

目录

会议组织机构	1
欢迎信	2
北京大学深圳研究生院简介	3
北京大学深圳研究生院新材料学院简介	3
深圳中国科学院院士活动基地简介	4
会议简要日程	5
会议报告日程	6
墙 报	11
参会须知	14
地图 1：会场及用餐和参观线路地图	17
地图 2：会场至酒店线路地图	18
赞助单位	19
致谢	20
摘要集-学术报告	22
摘要集-墙报	113

会议组织机构

● 会议学术委员会

名誉主席

朱道本

主席

黄维、刘云圻、胡文平、孟鸿

学术委员会委员

Antonio Facchetti、陈润锋、狄重安、董焕丽、高希珂、郭小军、郭旭岗、郭雪峰、郭云龙、韩素婷、黄飞、黄佳、江浪、解令海、李寒莹、李振、刘俊、盧月玲(Yueh-Lin Loo)、繆谦、欧阳建勇、Perepichka Igor、Perepichka Dmitrii、裴坚、彭练矛、彭俊彪、王朝晖、王建浦、王树、许建斌、颜河、严锋、仪明东、于贵、张德清、张浩力、张晗、张婕、张其春、张盛东、朱嘉

● 会议组织委员会

大会主席

孟 鸿

秘书长

张 非 18680322139 feizhang@pku.edu.cn

大会秘书

贺耀武 18565790920 heyw@pku.edu.cn

赵长斌 13692275586 zhaochb@pku.edu.cn

吴雨亭 13713595527 wyuting@pku.edu.cn

主办单位：北京大学深圳研究生院

承办单位：新材料学院

协办单位：深圳中国科学院院士活动基地

欢迎信

竭诚欢迎各位专家学者莅临“第二届全国有机场效应晶体管会议”！为进一步加快有机场效应晶体管（OFETs）研究的发展，第二届全国有机场效应晶体管会议于2019年12月12日至15日在北京大学深圳研究生院正式召开。会议邀请了国内外相关领域的知名学者，包括两院院士、长江学者、国家杰出青年基金获得者等，就OFETs材料、器件及其相关学术、技术及工程研究领域前沿的科学问题和科研成果进行广泛深入的交流和研讨，为OFETs工作者提供一个高水平的交流平台，共同探讨OFETs的未来，推动OFETs研究向更高目标迈进。会议组委会竭诚欢迎各位专家学者与企业界朋友莅临本届会议，共同探讨OFETs领域的重大科学共性问题与产业化发展路径，推动OFETs材料与器件进一步发展。

本届会议将围绕有机场效应晶体管材料、器件、产业化技术、工程化应用等相关最新的学术和技术问题展开讨论。主要内容包括以下方面：

1. 有机半导体材料的设计、分子计算模拟、合成和表征
2. 有机半导体薄膜的生长、共混、形貌控制和制备工艺
3. 介电材料、导电材料和界面材料的设计合成
4. 分子器件和有机单晶及共晶生长和晶体管器件制备工艺
5. 晶体管器件物理、机理、建模和结构设计
6. 晶体管存储、反相、忆阻器，发光晶体管，光探测和光调制器件及应用集成
7. 化学和生物晶体管传感器、生物可降解及柔性可拉伸电子材料与器件
8. 器件可靠性、光电稳定性及高低温评估
9. 二维材料/碳纳米管/钙钛矿/无机氧化物 FETs
10. 可印刷电子材料、电子纸、RFID 等印刷和图案化方法

会议地点：北京大学深圳研究生院国际会议中心

特别致谢：会议发起人“中国科学院朱道本院士、黄维院士、刘云圻院士和天津大学副校长胡文平教授”及第一届全国有机场效应晶体管会议主办单位“天津市分子光电科学重点实验室”。

衷心感谢您的指导和支持！

北京大学深圳研究生院简介



发展原则和办学理念

秉承北京大学“爱国、进步、民主、科学”的光荣传统；“思想自由，兼容并包”的学术精神，“勤奋、严谨、求实、创新”的优良学风，融合深圳创新、创业，不断改革的城市文化，逐步形成了深研院的办学原则、方针和培养目标：

发展原则：与校本部差异化发展，学科互补；面向深圳，服务广东，辐射华南，为地方经济发展服务

办学方针：前沿领域、交叉学科、应用学术、国际标准

培养目标：专业知识、综合素质、国际视野、社会责任

北京大学深圳研究生院新材料学院简介

学院简介&特色

新材料学院创建于 2013 年，是一所北大传统、深圳活力的新兴院系。

学院致力于 新材料“基因组”与清洁能源体系的研究，重点领域包括清洁能源的采集（热电、太阳能电池）、存储（储能和动力电池）与应用（新能源汽车、新型有机光电显示、照明）及通过高通量的材料计算、合成与检测等新材料“基因组”技术开展关键材料等研究，为新能源、新材料产业的发展提供技术支撑。

培养目标

学院以创建“一流的材料科学与工程学院”为办学目标，通过前沿领域的国际合作基础研究、应用领域的产业合作开发、及交叉学科的协同研究开发，培养具有全球视野和创新能力复合型新型人才。学院汇聚了来自哈佛大学、北大、清华等国际知名学府以及全球 500 强企业的一流研发和创新的师资团队，并与美国阿贡和伯克利国家实验室、哈佛和斯坦福等国际知名实验室合作，开展联合科学研究和人才培养。

深圳中国科学院院士活动基地简介

深圳中国科学院院士活动基地（以下简称“深圳院士基地”）由深圳市人民政府与中国科学院学部于 2001 年共同创建，是中国科学院与地方政府合作建立的第一个以院士为活动主体，为地方经济建设和社会发展服务的独立常设工作机构。其主要任务：组织中国科学院院士和专家为深圳市发展高科技规划、重大科技攻关项目、产业投资方向提供咨询，为深圳市的经济整体发展提供建议；举办有院士参加的国内、国际学术会议和科技论坛，传播和普及科技知识，联系港台及海外科技界，开展交流与合作；在高交会期间举办“院士论坛”；为促进深圳经济增长和产业发展，协助院士将各自领域中所取得的科技成果到深圳实现产业化；通过多种形式为深圳培养高层次科技人才。深圳院士基地领导小组组长、副组长由院、市双方领导同志担任，领导小组成员由中国科学院各学部分管咨询的院士及深圳市各部委负责人担任。

会议简要日程

12月12日-12月15日

日期	时间	内容	地点 (备注)
12日	10:00-21:00	大会报到注册	国际会议中心 (摆渡车往返各酒店)
	07:35-07:45	酒店接送	喜来登酒店 (07:35) - 里寓 (07:40) - 维也纳(07:45) - 国际会议中心
	08:00-11:55	会议开幕式、 学术报告/合影	国际会议中心 /北京大学深圳研究生院 A 栋阶梯
13日	12:05-13:00	自助午餐	快乐食间 3 楼/大学论语
	13:00-13:30	墙报展示 优秀墙报奖评审	国际会议中心大厅墙报展示区
	13:30-18:05	学术报告	国际会议中心
	18:05-19:30	自助晚餐	快乐食间 3 楼/大学论语
	07:35-07:45	酒店接送	喜来登酒店 (07:35) - 里寓 (07:40) - 维也纳(07:45) - 国际会议中心
	08:00-11:50	学术报告	国际会议中心
14日	11:50-13:00	自助午餐	快乐食间 3 楼/大学论语
	13:00-13:30	墙报展示 优秀墙报奖评审	国际会议中心大厅墙报展示区
	13:30-17:45	学术报告	国际会议中心
	17:45-19:30	自助晚餐	快乐食间 3 楼/大学论语
	07:35-07:45	酒店接送	喜来登酒店 (07:35) - 里寓 (07:40) - 维也纳(07:45) - 国际会议中心
15日	08:00-12:00	学术报告及闭幕式	国际会议中心
	12:00-13:30	自助午餐	快乐食间 3 楼/大学论语
	13:30-14:30	实验室参观	新材料学院 (镜湖旁)

会议报告日程

时间	内容	报告人	单位	报告题目
2019年12月13日				
8:00-8:10	开幕式	开幕致辞		
主持人:王朝晖(清华大学)				
8:10-8:35	大会报告	黄维	西北工业大学	柔性电子: 机遇与挑战
8:35-8:50	特邀报告	Antonio Facchetti	Northwestern University	Elastic Semiconductors for Mechanically Flexible Organic Transistor Architectures
8:50-9:05	特邀报告	缪谦	香港中文大学	基于有机场效应晶体管的化学与生物传感器
9:05-9:20	特邀报告	张浩力	兰州大学	双极性有机半导体材料的设计与性能调控
9:20-9:35	特邀报告	严锋	香港理工大学	柔性有机电化学晶体管在生物传感器中的应用
9:35-9:50	特邀报告	郭旭岗	南方科技大学	n-型高分子半导体及其在有机场效应中的应用
9:50-10:15	合影(请移步至A栋阶梯)、茶歇			
主持人:张浩力(兰州大学)				
10:15-10:25	邀请报告	张小涛	天津大学	基于有机场效应晶体管的晶体工程
10:25-10:35	邀请报告	李荣金	天津大学	二维分子晶体
10:35-10:45	邀请报告	史建武	河南大学	并五噻吩同分异构体的合成及其OFET性能
10:45-10:55	邀请报告	王伟	吉林大学	纸基多位铁电型有机晶体管非易失性存储器
10:55-11:05	邀请报告	王刚	东华大学	基于剪切加工的半导体纤维基柔性晶体管器件
11:05-11:15	邀请报告	李昀	南京大学	Interfacial Effects & Physics of Molecular Crystalline Semiconductors under Two-Dimensional Limit
11:15-11:25	邀请报告	胡鉴勇	陕西师范大学	NDTI基有机半导体材料:从分子设计到器件性能
11:25-11:35	邀请报告	高旭	苏州大学	基于有机晶体管存储器的选择性光监测研究
11:35-11:45	邀请报告	朱峰	中国科学院长春应化所	全集成微型高迁移率有机场效应晶体管与高频分子整流器
11:45-11:55	邀请报告	陈龙	天津大学	二维共轭高分子的制备与性能研究

11:55-13:30

午餐、墙报展示

主持人:缪谦 (香港中文大学)

13:30-13:55	大会报告	彭练矛	北京大学	Carbon nanotube based high performance and low power CMOS devices
13:55-14:10	特邀报告	王朝晖	清华大学	Nano-Carbon Imides: Precise Synthesis and Applications
14:10-14:25	特邀报告	董焕丽	中国科学院化学研究所	有机发光场效应晶体管材料与器件研究
14:25-14:40	特邀报告	于贵	中国科学院化学研究所	基于新型 D-A 共轭聚合物的高迁移率场效应晶体管
14:40-14:55	特邀报告	王建浦	南京工业大学	Perovskite LEDs: High Efficiency and High Brightness
14:55-15:10	特邀报告	刘俊	中国科学院长春应用化学研究所	面向 n-型 OFET 的硼氮配位键高分子与小分子半导体材料
15:10-15:25	特邀报告	黄辉	中国科学院大学	有机半导体材料的合成与应用研究
15:25-15:45				茶歇

主持人:于贵 (中国科学院化学研究所)

15:45-15:55	邀请报告	叶龙	天津大学	高迁移率聚合物半导体的薄膜结构与力学性质
15:55-16:05	邀请报告	王穗东	苏州大学	有机薄膜神经形态电子器件
16:05-16:15	邀请报告	邓云峰	天津大学	以茚满二酮为端基的酞式化合物的合成
16:15-16:25	邀请报告	单光存	北京航空航天大学	一种基于激光烧蚀策略的柔性电子器件制备技术
16:25-16:35	邀请报告	田园	湖南大学	Coherent charge transport in two-dimensional conjugated polymeric crystal
16:35-16:45	邀请报告	李立强	天津大学	有机晶体管电荷注入调控与应用
16:45-16:55	邀请报告	陈小龙	北京大学深圳研究生院	基于非经典噻吩酰亚胺的空气稳定 n-型半导体
16:55-17:05	邀请报告	郑永豪	电子科技大学	非破坏性手段精细调控分子体系的双自由基特性
17:05-17:15	邀请报告	解令海	南京邮电大学	Molecular and Nano Effects on Organic Charge Trapping Transistor Memory
17:15-17:25	邀请报告	王素梅	山东大学	红外光波退火制备高 k 氧化物薄膜及薄膜晶体管应用
17:25-17:35	邀请报告	李蒙蒙	中国科学院微电子研究所	Controllable Aggregation of Conjugated Polymer Monolayer: from Field-Effect Transistors to Integrated Circuits
17:35-17:45	邀请报告	张凤娇	中国科学院大学	基于 DNA 抑制剂的有机半导体材料与器件研究

17:45-17:55	邀请报告	王成亮	华中科技大学	共轭有机高分子储能材料研究
17:55-18:05	邀请报告	彭博宇	香港大学	单分子层有机半导体晶体在高性能晶体管中的应用

2019年12月14日

主持人:张盛东 (北京大学)

8:00-8:25	大会报告	胡文平	天津大学	有机场效应材料与器件基本物理化学问题的基础研究
8:25-8:40	特邀报告	王树	中国科学院化学研究所	有机共轭分子体系的设计、合成与生物光子应用
8:40-8:55	特邀报告	张其春	南洋理工大学	Enhancing FET performance through co-doping or modification
8:55-9:10	特邀报告	欧阳建勇	新加坡国立大学	Flexible Polymer/Nanoparticle Memristors
9:10-9:25	特邀报告	颜河	香港科技大学	Achieving non-fullerene organic solar cells with near 17% efficiency
9:25-9:40	特邀报告	许建斌	香港中文大学	Unique Optoelectronic Properties of Molecularly-Thin Organic Semiconductor Films
9:40-10:00	茶歇			

主持人:许建斌 (香港中文大学)

10:00-10:10	邀请报告	杨辉	天津大学	基于刺激响应型高分子的柔性器件
10:10-10:20	邀请报告	仪明东	南京邮电大学	机场效应晶体管多进制存储器
10:20-10:30	邀请报告	陈国梁	香港大学	OFET面临的挑战及了解用于OFET制造的弯月面引导溶液剪切法的参数
10:30-10:40	邀请报告	陈惠鹏	福州大学	基于垂直OFET的量子点发光晶体管的研制
10:40-10:50	邀请报告	张斌	常州大学	基于大环结构的高迁移率p-型小分子及应用
10:50-11:00	邀请报告	邱龙臻	合肥工业大学	高性能有机晶体管传感器研究
11:00-11:10	邀请报告	甄永刚	中国科学院化学研究所	Tailoring Aggregation Structures of Molecular Materials by Crystal Engineering
11:10-11:20	邀请报告	黄佳	同济大学	有机共轭分子传感器
11:20-11:30	邀请报告	雷霆	北京大学	n-型高分子半导体材料的掺杂及其热电应用
11:30-11:40	邀请报告	雷圣宾	天津大学	希夫碱二维聚合物薄膜的界面法制备及在忆阻器中的应用
11:40-11:50	邀请报告	何凤	南方科技大学	氯取代有机聚合物太阳能电池

11:50-13:30

午餐、墙报展示

主持人:张其春(南洋理工大学)

13:30-13:55	大会报告	张德清	中国科学院 化学研究所	官能化烷基侧链对共轭高分子半导体性能的影响
13:55-14:10	特邀报告	李寒莹	浙江大学	Solution-Grown Organic Single-Crystalline Heterojunctions
14:10-14:25	特邀报告	江浪	中国科学院 化学研究所	单分子层分子晶体光电材料与器件
14:25-14:40	特邀报告	高希珂	中国科学院 上海有机所	基于萘和萹的 n-型有机半导体:分子设计与合成
14:40-14:55	特邀报告	郭云龙	中国科学院 化学研究所	超薄柔性的有机场效应晶体管与光电传感
14:55-15:10	特邀报告	黄飞	华南理工大学	有机光伏材料的迁移率调控及器件应用
15:10-15:25	特邀报告	朱嘉	北京师范大学	Tuning the transport properties of D-A conjugated polymers by optimizing the substituents: ADFT study
15:25-15:45				茶歇

主持人:张德清(中国科学院化学研究所)

15:45-15:55	邀请报告	孔德圣	南京大学	基于新型印刷技术的可降解与可拉伸电子器件
15:55-16:05	邀请报告	陈润锋	南京邮电大学	基于分子内弱相互作用的有机光电材料设计与应用
16:05-16:15	邀请报告	万晓波	青岛生物能源 与过程研究所	含氮芳杂环的合成及其在场效应晶体管中的应用
16:15-16:25	邀请报告	汤庆鑫	东北师范大学	用于透明共形贴合有机场效应晶体管的光刻电极及其应用
16:25-16:35	邀请报告	任毅	上海科技大学	Phosphorus-Containing Semiconducting Materials for Optoelectronic Applications
16:35-16:45	邀请报告	Mingfeng Wang	南洋理工大学	π -Conjugated semiconducting molecules and polymers: from "greener" synthesis to applications
16:45-16:55	邀请报告	刘宏光	暨南大学	外电场对有机半导体电荷传输性能参数的影响
16:55-17:05	邀请报告	刘祖刚	中国计量大学	无镉量子点及其在显示上的应用
17:05-17:15	邀请报告	胡袁源	湖南大学	基于开尔文扫描探针显微镜的有机场效应晶体管器件物理研究
17:15-17:25	邀请报告	李金华	湖北大学	The wettability control of interface for high-performance organic thin-film transistors by soluble insulating polymer films
17:25-17:35	邀请报告	耿德超	天津大学	液态铜催化的单晶二维材料生长

17:35-17:45	邀请报告	葛从伍	中国科学院 上海有机所	新型插烯四硫富瓦烯类有机半导体的设计合成与光电功能
17:45-17:55	邀请报告	黄双武	深圳赛兰仕 科创有限公司	5G 通讯复合材料的开发与产业化

2019 年 12 月 15 日

主持人:韩素婷 (深圳大学)

8:00-8:25	大会报告	刘云圻	中国科学院 化学研究所	高分子半导体材料与器件
8:25-8:40	特邀报告	裴坚	北京大学	共轭高分子的聚集态微观结构与多级组装
8:40-8:55	特邀报告	彭俊彪	华南理工大学	Novel Metal Oxide Thin Film Transistor
8:55-9:10	特邀报告	张盛东	北京大学 深圳研究生院	金属诱导的非晶氧化物薄膜导体化研究
9:10-9:25	特邀报告	张婕	江南大学	可印刷有机场效应晶体管
9:25-9:40	特邀报告	狄重安	中国科学院 化学研究所	有机场效应晶体管感知功能器件的构筑与性能调控
9:40-9:55	特邀报告	张晗	深圳大学	基于喷墨打印的 MXene 二维材料超快光子应用
9:55-10:15	茶歇			

主持人:裴坚 (北京大学)

10:15-10:25	邀请报告	张敏	北京大学 深圳研究生院	Carbon Based Integratable Soft Thin Film Transistors
10:25-10:35	邀请报告	周航	北京大学 深圳研究生院	薄膜晶体管与有机钙钛矿材料的集成与光电探测应用
10:35-10:45	邀请报告	徐海华	深圳大学	Electrolyte-gated Organic Transistor for Optoelectronic Applications
10:45-10:55	邀请报告	揭建胜	苏州大学	Large-scale Precise Patterning of Organic Micro/Nano-Crystals for High-Performance Transistors
10:55-11:05	邀请报告	曹晓宇	厦门大学	新型手性分子光开关
11:05-11:15	邀请报告	陈苏杰	上海交通大学	低电压 OFET 的大面积溶液法制备、封装及传感应用
11:15-11:25	邀请报告	刘川	中山大学	有机晶体管的器件物理与特性测量
11:25-11:40	特邀报告	韩素婷	深圳大学	Organic Field-Effect Transistor for Neuromorphic Computing
11:40-12:00	闭幕式	刘云圻院士 致辞 优秀墙报颁奖及宣布第三届全国有机场效应晶体管会议主办方		

墙 报

序号	姓名	单位名称	报告题目
01	邓巍	苏州大学	面向高性能集成器件的有机单晶阵列图案化组装
02	叶欣	新加坡国立大学	“微距升华法”生长有机单/共晶及形貌调控
03	魏晓芳	中国科学院化学所	高性能的有机发光晶体管
04	黄新	中国科学院化学研究所	柔性钙钛矿晶体管的制备
05	程姗姗	天津大学	有机场效应晶体管在癌症诊断中的应用
06	王怡珊	北京师范大学	Substituents effect on charge injection and transport properties of PDPP-TVT based D-A conjugated polymers: A DFT study
07	裴梦皎	南京大学	pJ 级能耗低压铁电有机场效应晶体管存储器
08	马琦昊	南京邮电大学	High-capacity and multi-bit non-volatile memory with the double floating gate
09	王中丽	天津大学	一种可用非卤代溶剂加工的高性能共轭聚合物
10	裴丹丹	天津大学	基于共轭聚合物与弹性体共混的可拉伸半导体材料
11	赵长斌	北京大学深圳研究生院	Study of hysteresis in organic thin film transistors based on NDI derivatives
12	陈经纬	北京大学深圳研究生院	Mn ²⁺ Doped All-inorganic Lead-Free Cs ₂ PdBr ₆ for Near Infrared Photodetector
13	赵梦娜	香港中文大学	Synthesis, Properties, and Thin-Film Transistors of Indolo[3,2-b]carbazole
14	王钰晶	香港中文大学	Bioelectronic Sensors Based on Functionalized π -Stacks of Hexabenzoperylene
15	李清源	中国科学院化学研究所	基于有机近红外光电探测器的初步探索
16	孙云龙	中国科学院化学研究所	新型醌式二噻吩材料的合成以及在 OFET 中的应用
17	刘彦伟	中国科学院化学研究所	基于绿色溶剂制备的并吡咯二酮类聚合物均匀薄膜及其驱动阵列应用
18	姚文乾	中国科学院化学研究所	High quality wafer-scale Graphene & Boron Nitride on large monocrystalline copper by CVD method
19	陈金佯	中国科学院化学研究所	快速制备大面积取向聚合物薄膜及双极型场效应晶体管

序号	姓名	单位名称	报告题目
20	刘单	中国科学院化学研究所	Design, synthesis and properties of two new integrated optoelectronic anthracene derivatives
21	冉洋	中国科学院化学研究所	三氟甲基的引入及其在 OFET 中特殊性质的研究
22	贺超	北京大学深圳研究生院	Enhanced Performance in Doped Micro-Nano Porous Organic Thin-Film Transistors
23	王悦懿	北京大学深圳研究生院	Inverted Annealing Enhanced Performance of Organic Thin-Film Transistors and Phototransistors Based on 2-(4-dodecylphenyl) [1]benzothieno[3,2-b]benzothiophene
24	陈仁忠	复旦大学	通过可直接光刻的有机半导体构筑高性能场效应晶体管
25	丁帅帅	天津大学	有机单晶自旋电子学：具有高磁场响应灵敏度的磁阻器件
26	段树铭	天津大学	Solution Processed Centimeter-scale Highly-aligned Organic Single-crystal Arrays for High-performance Organic Field-effect Transistors
27	杜天	天津大学	以茛满二酮为端基的新型醌式分子的合成及其半导体性能研究
28	曾兴为	香港中文大学	High n-channel Mobility and Transport Kinks in C60 Field Effect Transistor with Phosphonic Acid Interfacial Layers
29	陈小松	天津大学	基于六方氮化硼介电层的高稳定有机场效应晶体管
30	刘大鹏	同济大学	Molecular and low-dimensional structure in organic semiconductor for high-performance chemical sensor
31	汪芸锐	北京大学深圳研究生院	Multifunctional Liquid Crystal Materials Based on Anthracene Derivatives Applied in Optoelectronic Devices
32	陈鸿铭	北京大学深圳研究生院	高性能柔性发光晶体管的制备与性能研究
33	史钦钦	中国科学院	一石三鸟：多取代烯烃环化制备 IDT, ADT 及 rubicene 以及场效应晶体管
34	赵慧娟	南京大学	单层分子晶体光学性质的研究
35	冯奎	南方科技大学	氟取代联噻吩苯并双酰亚胺基 N-型聚合物半导体的合成及在有机场效应晶体管中的应用
36	付倍倍	天津大学	A "Phase Separation" Molecular Design Strategy Towards Large-Area 2D Molecular Crystals
37	唐宇	西南大学	分子掺杂对有机场效应晶体管中迁移率栅压依赖性的调控

序号	姓名	单位名称	报告题目
38	夏雨	湖南大学	Application of organic/inorganic nanocomposites in piezoresistive sensors
39	王佳宁	南京工业大学	Wide Band Gap Pyromellitic Diimides for Photo Stable n-Channel Thin Film Transistors
40	何洋	南京工业大学	Single-Crystal Organic Field-Efffect Transistors of Dibenzofuran (DBF) linked BTBT
41	余慧男	南京工业大学	Thermal Stable Organic Thin Film Transistors Based on Tetracene
42	李洁	天津大学	2,6-位芳香延展蒽衍生物：有效电荷传输和强固态发光
43	丁亚飞	合肥工业大学	基于叠层法控制的 P3HT 超薄膜结构用于实现高性能 OFET
44	秦正生	中国科学院化学研究所	高效单组份有机发光场效应晶体管
45	张云朋	中国科学院化学研究所	手性农药甲胺磷及其衍生物检测
46	白钧午	北京大学深圳研究生院	Self-assembled Monolayers Induced Performance Difference in Organic Single Crystal Field-effect Transistors
47	朱亚楠	北京大学深圳研究生院	Heterocyclic substituents effects on anthracene-based OTFTs' transport performance
48	李爱源	北京大学深圳研究生院	基于有机单晶的光电晶体管以及光存储器件的研究

请自行准备墙报，墙报参考规格（宽 90 cm、高 120 cm）；

墙报张贴：

会务组人员将现场协助按照墙报序号张贴；

墙报张贴支持：王涛 18813986130 wang-tao@pku.edu.cn

会议设置**优秀墙报奖 10 名**，评审相关信息如下：

墙报评审：

- 1) 优秀墙报由会议学术委员会组建的评委会进行评选；
- 2) 墙报展示、评奖时间：12 月 13 日和 14 日，13:00-13:30；
- 3) 大会将在闭幕式宣布墙报奖评奖结果，并颁发奖励证书和奖金。

参会须知

1. 注册缴费

现场注册时间:	12月12日 13:00-21:00 12月13日 07:30-18:00 12月14日 07:30-18:00
----------------	--


现场注册地点: 北京大学深圳研究生院国际会议中心

注册报到流程: 注册缴费—领取发票—领取参会证、餐券、会议手册等物品—签到

签到组:	王悦懿 13796634967 wangyueyi@pku.edu.cn
	陈雯璐 18516991291 chenwl0302@pku.edu.cn
	付天宸 15650704401 heavenry@pku.edu.cn

	参会人员类别	注册费 (2019年11月15日后)
注册费标准:	学生参会人员	1500
	普通参会人员	2500
	企业参会人员	3000

注意事项: 现场缴费支持支付宝转账、微信扫码转账、POS机刷卡以及现金。

缴费方式:	银行账户转账	支付宝转账 (扫码支付)
	名称: 深圳市捷旅会展服务有限公司 开户行: 上海银行股份有限公司深圳分行 帐号: 0039 2903 0300 1756 655	

注意事项: 汇款/转账时请备注“姓名+单位+OFET2”
咨询缴费相关事宜请联系: 曹利萍 18675520881

发票事宜: 本次会议可提供普通发票, 提前缴费的参会人员可将开票信息 (抬头、税号、姓名、金额) 发送至 wang-tao@pku.edu.cn;
现场缴费的参会人员可扫码输入开票信息。

2. 注意事项

会议咨询:	赵长斌	13692275586	zhaochb@pku.edu.cn
	张 非	18680322139	feizhang@pku.edu.cn
餐饮联系:	陈经伟	15879136105	
	张雪乔	15930108215	
酒店联系:	博林天瑞喜来登酒店: 留仙大道 4088 号, 15338833859		
	维也纳酒店(大学城店): 西丽街道坪山一路 49 号, 13510309947 里寓酒店(大学城店): 西丽街道坪山一路 21 号, 18502018661		
车辆联系:	1) 入住喜来登、里寓和维也纳酒店的参会人员有车辆接送至会场;		
	2) 晚餐后, 请参会人员自行返回酒店, 酒店路线请见交通线路地图;		
	3) 入住其他酒店的参会人员, 请自行前往会场, 敬请谅解。		
	王江峰	15111425672	负责喜来登和里寓酒店的参会人员接送
	赵佳钧	17816879903	负责维也纳酒店的参会人员接送
PPT 展示:	请调整演示文稿(PPT)比例为 16:9 以达到最佳演示效果;		
	请于会前发送会议报告演示文稿(PPT)至邮箱(wangyueyi@pku.edu.cn), 以便安排会议报告展示。		
墙报张贴:	请自行准备墙报, 墙报参考规格(宽 90 cm、高 120 cm);		
	会务组人员将现场协助按照墙报序号张贴;		
	墙报张贴支持: 王涛 18813986130 wang-tao@pku.edu.cn		
墙报评审:	会议设置 优秀墙报奖 10 名 , 评审相关信息如下:		
	1) 优秀墙报由会议学术委员会组建的评委会进行评选;		
	2) 墙报展示、评奖时间: 12 月 13 日和 14 日, 13:00-13:30;		
	3) 大会将在闭幕式宣布墙报奖评奖结果, 并颁发奖励证书和奖金。		
合影留念:	会议安排于 第一个茶歇时间(12 月 13 日 09:50-10:15)		
	移步至北京大学深圳研究生院 A 栋阶梯处合影。		
会议交流:	欢迎参加 2019 年第二届全国有机场效应晶体管会议的专家学者及企业界朋友加入 OFET2 交流群。请您添加组委会联系人张非微信(18680322139)或赵长斌微信(bin_0613), 由组委会邀请入群。		
	请自觉遵守会场纪律, 服从会议安排, 按时参加会议和其他活动。参会证、会议袋及其内文件资料等请务必妥善保管。会议期间出入校门和会场时请佩戴参会证。		

3. 交通指南

本次会议在深圳市南山区西丽大学城北京大学深圳研究生院国际会议中心举行。

(1) 如何到达北京大学深圳研究生院

深圳宝安国际机场——北京大学深圳研究生院

地铁 11 号线机场站上车（往福田方向）——到达前海湾站，站内换乘地铁 5 号线（往黄贝岭方向）——到达西丽站，站内换乘 7 号线（往西丽湖方向）——到达西丽湖站，D 出口出站步行至北大园区（全程约 1 小时 6 分钟）。机场打车到北京大学深圳研究生院国际会议中心，距离约 26 公里，**用时约 30 分钟**。

深圳北站——北京大学深圳研究生院

地铁 5 号线深圳北站上车（往前海湾方向）——到达西丽站，站内换乘 7 号线（往西丽湖方向）——到达西丽湖站，D 出口出站步行至北大园区（全程约 36 分钟）。深圳北站打车到北京大学深圳研究生院国际会议中心，距离约 8 公里，**用时约 16 分钟**。

深圳东站——北京大学深圳研究生院

地铁 5 号线布吉站上车（往前海湾方向）——到达西丽站，站内换乘 7 号线（往西丽湖方向）——到达西丽湖站，D 出口出站步行至北大园区（全程约 60 分钟）。深圳东站打车到北京大学深圳研究生院国际会议中心，距离约 24 公里，**用时约 40 分钟**。

深圳站——北京大学深圳研究生院

地铁 1 号线罗湖站上车（往机场东方向）——到达车公庙站，站内换乘 7 号线（往西丽湖方向）——到达西丽湖站，D 出口出站步行至北大园区（全程约 1 小时 17 分钟）。深圳站打车到北京大学深圳研究生院国际会议中心，距离约 24 公里，**用时约 40 分钟**。

(2) 北京大学深圳研究生院及酒店附近地标

地铁站：西丽湖地铁站

距离北京大学深圳研究生院国际会议中心 1.1 公里，步行约 17 分钟

距离维也纳/里寓酒店 1.1 公里，步行约 17 分钟

大学城地铁站

距离北京大学深圳研究生院国际会议中心 1.9 公里，步行约 30 分钟

距离维也纳/里寓酒店 750 米，步行约 12 分钟

地铁站：公交站：

北大深圳研究生院由近及远公交站：北大园区、春园路口、学苑丽水路口、丽水路南

维也纳/里寓酒店由近及远公交站：哈工大园区、桃源康复中心

(3) 会场及用餐和参观线路地图：附地图 1

(4) 北京大学深圳研究生院国际会议中心前往各酒店路线：附地图 2

地图1：会场及用餐和参观线路地图



地图2：会场至酒店线路地图

北京大学深圳研究生院步行至酒店，可感受深圳大学城包括图书馆、汇丰、哈工大风景。



赞助单位

特别赞助

布劳恩惰性气体系统（上海）有限公司

M.Braun Inertgas Systems (Shanghai) Co., Ltd

Tel: +86 21 5032 257 **Fax:** +86 21 5032 0229 **Web:** www.mbraunchina.com

北京圣嘉辰科贸有限公司

公司主要经营化学、材料、能源等领域的分析仪器及加工设备。

Tel: 010-62987460 **Fax:** 010-62987460 **Web:** www.bjsjc.net

深圳市君胜知识产权代理事务所（普通合伙）

[JOHNSON INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (SHENZHEN), 简称 JohnsonIP]

张海英 **Tel:** 13410200796 0755-26406591 **Email:** zhaiying@johnsonip.cn

威格气体纯化科技（苏州）股份有限公司

Vigor Gas Purification Technologies (Suzhou) Co.,Ltd

手套箱技术解决方案提供商 The glovebox technology solutions provider

Web: www.vigorgb.com

科特莱思科（上海）商贸有限公司

Kurt Lesker (Shanghai) Trading Company

Tel: 86.21.50115900 **Email:** china@lesker.com **Web:** www.lesker.com

常阳工学株式会社

株式会社エイエルエステクノロジー

JOYO Engineering CO.,LTD ALS Technology Co.,Ltd

It is our pride that our vapor deposition system / Encapsulation for our organic device research has the top market share in Japan.蒸鍍/封裝的先驅。

Tel: 81-72-887-7788 **Email:** noriyuki.tsuru@joyo-eng.co.jp

普通赞助

杭州赛威斯真空技术有限公司

杨林 **Email:** yanglin@swsvac.com **Phone:** 13681643194 0571-82502385 **Web:** www.swsvac.com

广州善准仪器设备有限公司

Guangzhou SunJune Instrument and Equipment Co.,Ltd

Web: www.gzsunjune.com

上海懿宏科学仪器有限公司 Linkphysics co.,limited

国内领先的低温磁场设备整体解决方案供应商

Web: www.linkphysics.com

北京博达微科技有限公司

张海洋 **Tel:** 15900778578 **Web:** http://www.platform-da.com/

北京银河天虹化工有限公司

https://yhth.company.lookchem.cn/

Tel: 13821059864 **Email:** 1411179304@qq.com

友情支持

X-MOL 知识平台 **Web:** http://sapi.x-mol.com/news/20149

致谢

深圳市科技创新委员会孔雀计划（KQTD2014062714543296）

深圳市发改委工程实验室（深发改 2016-1592 号）

深圳有机光电磁功能材料重点实验室（ZDSYS20140509094114164）

深圳市科技创新委员会基础研究项目（JCYJ20170412150946440）

深圳市科技创新委员会基础研究项目（JCYJ20170412151139619）

深圳市科技创新委员会基础研究项目（JCYJ20170818085627903）

深圳市科技创新委员会基础研究项目（JCYJ20180302153406868）

第二届全国有机场效应晶体管会议特别致谢：会议发起人“中国科学院朱道本院士、黄维院士、刘云圻院士和天津大学副校长胡文平教授”及第一届全国有机场效应晶体管会议主办单位“天津市分子光电科学重点实验室”。

第二届全国有机场效应晶体管会议特别感谢深圳市科技创新委员会，深圳市发展和改革委员会，深圳市科学技术协会，北京大学深圳研究生院院领导及新材料学院院长领导的支持。

衷心感谢您的指导和支持！

摘要集-学术报告

Recent Advances in Flexible Optoelectronics

AN Zhongfu¹, CHAO Jie², CHEN Runfeng², CHEN Yonghua¹, FAN Quli², HUANG Ling¹, HUANG Xiao¹, HUO Fengwei¹, LAI Wenyong², LI Lin¹, LIU Juqing¹, SUN Huibin¹, WANG Jianpu¹, WANG Lianhui², WANG Nana¹, XIE Linghai², ZHAO Qiang², LIU Xiaogang³, YU Ting³, ZHANG Hua³, and HUANG Wei^{1,2,3,*}

¹ Key Laboratory of Flexible Electronics (KLoFE) & Institute of Advanced Materials (IAM), Nanjing Tech University (NanjingTech), 30 South Puzhu Road, Nanjing 211816, China

² Key Laboratory for Organic Electronics and Information Displays (KLOEID) & Institute of Advanced Materials (IAM), Nanjing University of Posts & Telecommunications (NUPT), 9 Wenyuan Road, Nanjing 210023, China

³ Institute of Flexible Electronics (IFE), Northwestern Polytechnical University (NPU), 127 West Youyi Road, Xi'an 710072, China

E-mail: iamwhuang@nwpu.edu.cn

In the past decades, organic optoelectronics has made great progress both in fundamental studies and commercial applications because of their excellent properties, such as solution processable, flexible, low-cost and able to be made at large area. Our recent work is devoted to the development of high-performance organic semiconductors for flexible electronics and optoelectronics. We will present our recent advancement on rational molecular design of organic semiconductors for light-emitting diodes, lasers, memories, chemo-/biosensors, and latest research results about ultralong organic phosphorescence, light-emitting perovskites and color display technologies.

References

- [1] Enabling long-lived organic room temperature phosphorescence in polymers by subunit interlocking, *Nature Communications*, 10: 4247, 2019.
- [2] Stable and bright formamidinium-based perovskite light-emitting diodes with high energy conversion efficiency, *Nature Communications*, 10: 3624, 2019.
- [3] Color-tunable ultra-long organic phosphorescence of a single-component molecular crystal, *Nature Photonics*, 13, 406–411, 2019.
- [4] Rational molecular passivation for high-performance perovskite light-emitting diodes, *Nature Photonics*, 13, 418–424, 2019.
- [5] Solving mazes with single-molecule DNA navigators, *Nature Materials*, 18: 273–279, 2019.
- [6] Perovskite light-emitting diodes based on spontaneously formed submicron structures, *Nature*, 562, 249–253, 2018.
- [7] All-inorganic perovskite nanocrystal scintillators, *Nature*, 561, 88–93, 2018.
- [8] Realization of vertical metal semiconductor heterostructures via solution phase epitaxy, *Nature Communications*, 9, 3611, 2018.
- [9] Minimising efficiency roll-off in high-brightness perovskite light-emitting diodes, *Nature Communications*, 9, 608, 2018.
- [10] Dynamic metal-ligand coordination for multicolour and water-jet rewritable paper, *Nature Communications*, 9, 3, 2018.
- [11] Domino-like multi-emissions across red and near infrared from solid-state 2-/2,6-aryl substituted BODIPY dyes, *Nature Communications*, 9: 2688, 2018.
- [12] High phase-purity 1T'-MoS₂- and 1T'-MoSe₂- layered crystals; *Nature Chemistry*, 10: 638–643, 2018.
- [13] Stereoselective photoredox ring-opening polymerization of *O*-carboxyanhydrides, *Nature Communications*, 9: 1559, 2018.
- [14] Room-temperature 2D semiconductor activated vertical-cavity surface-emitting lasers, *Nature Communications*, 8, 543, 2017.
- [15] Transcending the slow bimolecular recombination in lead-halide perovskites for electroluminescence, *Nature Communications*, 8, 14558, 2017.
- [16] Enhanced valley splitting in monolayer WSe₂ due to magnetic exchange field, *Nature Nanotechnology*, 12 (8): 757–762, 2017.
- [17] Facile synthesis of gold nanomaterials with unusual crystal structures, *Nature Protocols*, 12 (11): 2367–2378, 2017.
- [18] DNA origami-based shape IDs for single-molecule nanomechanical genotyping, *Nature Communications*, 8: 14738, 2017
- [19] Multicolour synthesis in lanthanide-doped nanocrystals through cation exchange in water, *Nature Communications*, 7, 13059, 2016.
- [20] Perovskite light-emitting diodes based on solution-processed self-organized multiple quantum wells, *Nature Photonics*, 10, 699–704, 2016.

- [21] Instantaneous ballistic velocity of suspended brownian nanocrystals measured by upconversion nanothermometry, *Nature Nanotechnology*, 11 (10): 851-856, 2016.
- [22] Stabilizing triplet excited states for ultralong organic phosphorescence, *Nature Materials*, 14 (7), 685-690, 2015.
- [23] Encapsulation of sulfur with thin-layered nickel-based hydroxides for long-cyclic lithium-sulfur cells, *Nature Communications*, 6, 8622, 2015.

Biography



HUANG Wei is Academician of Chinese Academy of Sciences (CAS), Russian Academy of Sciences (RAS), Academy of Engineering and Technology (ASEAN), Asian Pacific Academy of Materials (APAM), and Pakistan Academy of Sciences (PAS). He is Deputy President & Provost of Northwestern Polytechnical University, and an eminent scientist in the area of organic/plastic optoelectronics and flexible electronics. Academician Huang is one of the earliest and most renowned scientists in the field of organic optoelectronics and plastic electronics. Since early 1990s, he has focused on the frontier areas in organic optoelectronics which developed from Physics, Chemistry, Materials Science, Life Science, Electronics, and Information Science & Technology based interdisciplines. Academician Huang has established the principal framework for organic optoelectronics, achieved high-performance and multi-functionalization organic semiconductors, boosted the commercialization and industrialization of scientific and technological achievements, enabling him the founder and pioneer of organic optoelectronics and flexible electronics in China. In the area of organic optoelectronics and flexible electronics, he has made a large amount of systematic and innovative achievements and has published more than 760 papers as the first author or corresponding author in *Nature*, *Nature Materials*, *Nature Photonics*, *Nature Nanotechnology*, *Nature Communications*, *Advanced Materials*, *Journal of the American Chemical Society*, etc, with over 73,000 citations and an h-index of 123. He has held over 360 patents which are granted in USA, Singapore, and China, etc. Additionally, Academician Huang has published several books, such as *Organic Electronics*, *Bio-optoelectronics*, etc.

Elastic Semiconductors for Mechanically Flexible Organic Transistor Architectures

Antonio Facchetti

¹ Northwestern University 2145 Sheridan Road, Evanston IL, 60208 USA

*Email: a-facchetti@northwestern.edu

In this presentation we report the development of novel semiconductors, as well as thin-film engineering, for flexible organic transistors. In particular we show that “ultra-soft” polymers comprising naphthalenediimide units co-polymerized with “rigid” and “flexible” organic units can change how charge transport is affected by mechanical stress, demonstrating that polymer backbone composition is more important than film degree of texturing. Furthermore, by fabricating polymer/polymer blends by shear techniques, it provides a new avenue to enhance charge transport and achieve excellent mechanical robustness, which is further increased by modification of the film morphology. Finally, we report new “soft” transistor architectures using porosity as key element enhancing mechanical flexibility and tune charge transport. These devices can better sense analytes, intercalate ions, and be doped.

Reference

- [1] Wang, B.; Facchetti, A. Mechanically Flexible Conductors for Stretchable and Wearable E-Skin and E-Textile Devices. *Adv. Mater.* (Weinheim, Ger.) 2019, 31, 1901408
- [2] Bianchi, L.; Zhang, X.; Chen, Z.; Chen, P.; Zhou, X.; Tang, Y.; Liu, B.; Guo, X.; Facchetti, A. New Benzo[1,2-d:4,5-d']bis([1,2,3]thiadiazole) (iso-BBT)-Based Polymers for Application in Transistors and Solar Cells. *Chem. Mater.* 2019, 31(14), 5254-5263.
- [3] Usta, H.; Kim, D.; Ozdemir, R.; Zorlu, Y.; Kim, S.; Ruiz Delgado, M. C.; Harbuzaru, A.; Kim, S.; Demirel, G.; Hong, J.; Ha, Y.-G.; Cho, K.; Facchetti, A.; Kim, M.-G. High Electron Mobility in [1]Benzo[thieno[3,2-b][1]benzothiophene-Based Field-Effect Transistors: Toward n-Type BTBTs. *Chem. Mater.* 2019, 31 (14), 5254-5263.
- [4] Wang, B.; Guo, P.; Zeng, L.; Yu, X.; Sil, A.; Huang, W.; Leonardi, M. J.; Zhang, X.; Wang, G.; Lu, S.; Chen, Z.; Bedzyk, M. J.; Schaller, R. D.; Marks, T. J.; Facchetti, A. Expedient, scalable solution growth of metal oxide films by combustion blade coating for flexible electronics. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2019, 116, 9230-9238.
- [5] Wang, S.; Sun, H.; Erdmann, T.; Wang, G.; Fazzi, D.; Lappan, U.; Puttonong, Y.; Chen, Z.; Berggren, M.; Crispin, X.; Kiriy, A.; Voit, B.; Marks, T. J.; Fabiano, S.; Facchetti, A. A Chemically Doped Naphthalenediimide-Bithiazole Polymer for n-Type Organic Thermoelectrics. *Adv. Mater.* 2018, 1801898.

Biography



Antonio Facchetti is a co-founder and currently the Chief Technology Officer of Flexterra Corporation. He is also an Adjunct Professor at Northwestern University. He has published more than 480 research articles, 13 book chapters, and holds more than 130 patents. He received the ACS Award for Creative Invention, the Giulio Natta Gold Medal of the Italian Chemical Society, the team IDTechEx Printed Electronics Europe Award, the corporate Flextech Award. He is a Fellow of the National Academy of Inventors, MRS, AAAS, PMSE, Kavli, and RSC Fellow. He was selected among the "TOP 100 MATERIALS SCIENTISTS

OF THE PAST DECADE (2000-2010)" and recognized as a Highly Cited Scientist by Thomson Reuters.

基于有机场效应晶体管的化学与生物传感器

缪谦*, 李长青, 王钰晶

香港中文大学化学系

*Email: miaoqian@cuhk.edu.hk

基于有机场效应晶体管的传感器把化学反应或生物相互作用转换为电信号输出, 不仅可以避免使用昂贵的大型仪器, 而且可以集成到生物兼容和可穿戴的电子设备中。通过向有机半导体的共轭骨架引入特定的功能基团, 原则上可以实现高选择性、高灵敏度的化学和生物检测。然而这些功能基团会带来额外的分子间相互作用, 通常会破坏有机半导体分子之间的 π - π 堆积, 从而大大降低甚至完全破坏其导电能力。因此, 如何引入功能基团而又不破坏 π - π 堆积是一个具有挑战性的问题。在此我们报告一种独特的分子自组装模式, 它为传感器中有机半导体材料的功能化提供了全新的解决方案。我们设计、合成了带有不同功能基团的六苯并茈萘生物, 在其晶体结构中发现了一种罕见的分子堆积方式[1]。这些六苯并茈萘生物具有同样扭曲的共轭骨架, 在晶体中形成独特的砖砌结构, 保持基本相同的二维 π - π 堆积模式而不受各种功能基团的影响。利用这些六苯并茈萘生物, 我们制备了有机场效应晶体管, 并与微流管道结合制备了传感器, 成功检测了水溶液中的氟离子和某些蛋白质(如链霉亲和素[2]、C-反应蛋白), 实现了高选择性和高灵敏度, 还有效地从一级和二级胺中区分了三级胺[3]。

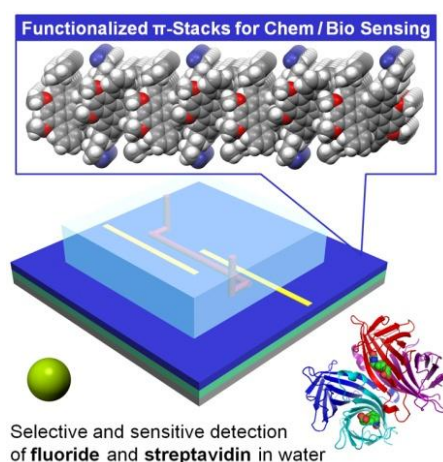
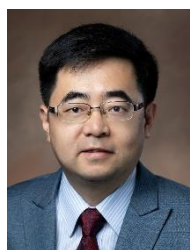


图 1. 六苯并茈萘生物体的自组装与基于有机场效应晶体管的传感器

参考文献

- [1] Shan, L.; Liu, D.; Li, H.; Xu, X.; Shan, B.; Xu, J. Miao, Q. *Adv. Mater.*, 27, 3418–3423 (2015)
 [2] Li, C.; Wu, H.; Zhang, T.; Liang, Y.; Zheng, B.; Xia, J.; Xu, J.; Miao, Q. *Chem.*, 4, 1416–1426 (2018)
 [3] Li, C.; Zhang, T.; Zheng, B.; Xu, J.; Miao, Q. *Chem. Asian J.*, 14, 1676–1680 (2019)

作者简介



缪谦教授, 2000 年于中国科技大学获得学士学位, 同年赴美国留学。在哥伦比亚大学化学系师从 Colin Nuckolls 教授, 2005 年获博士学位。在加利福尼亚大学洛杉矶分校 Fred Wudl 教授指导下进行一年博士后训练之后, 于 2006 年加入香港中文大学化学系任助理教授, 其后于 2012 年晋升副教授, 2016 年晋升教授。研究领域以有机化学为基础, 以有机合成、超分子化学及表面化学为工具, 设计、合成具有有趣结构和实际应用的稠环芳香分子, 探索全新的碳纳米结构, 开发高性能的有机半导体材料及有机电子器件。所获奖项包括: 日本化学会杰出讲座奖(2020), 香港中文大学理学院杰出学人(2019), 裘槎优秀科研者奖(2018), 香港中文大学杰出研究奖 (2017), 香港中文大学青年学者研究成就奖 (2012)。

双极性有机半导体材料的设计与性能调控

张浩力*

兰州大学功能有机分子国家重点实验室，甘肃省兰州市天水南路 222 号，邮编 730000

*Email: haoli.zhang@lzu.edu.cn

双极性 (ambipolar) 有机半导体材料是一类特殊的有机半导体材料，它们在器件中即可以有效地传输电子又可以有效地传输空穴。双极性有机半导体材料可以方便地构造一些新颖的器件，如 CMOS 反向器和有机发光场效应晶体管 (OLEFET) 等。一个理想的双极性半导体材料是它能够表现出高的 n-型和 p-型迁移率，而同时电子与空穴的传输性质性较为平衡。相比于单极性 (n-型或 p-型) 材料，获得高性能的有机双极性材料具有更大的挑战。

双极性材料的性能评价通常是在器件中进行的，因此在材料的设计中不但要考虑分子自身的性能，还要对器件中分子排列、取向及界面等因素进行合理的调控。我们设计合成了多种杂环并苯衍生物，并对其电荷传输性能与非线性光学特性进行系统的研究。通过在氮杂并五苯骨架上引入适当的取代基团，不但得到了良好的溶解性，而且稳定性较并五苯提高了 200 倍以上，并且获得了高且平衡的双极性传输性能。通过系统的研究，我们揭示了界面肖特基势垒对双极性传输性能的调控机理。同时，通过调节分子的堆积形式，也可以调控材料表现出单极性或者双极性的传输性质。通过控制活性层分子的晶相，获得了可以在 140°C 下稳定工作的器件。此外，近期研究还发现氮杂并五苯衍生物显示很高的单线态裂分效率，在晶体中其单线态裂分效率主要受分子堆积调控。在溶液中的单线态裂分现象产生了高的三线态激子，并导致特异的非线性光学性质。本研究为进一步优化材料设计，发展性能更为优异的双极性材料，并发展其在有机光电器件中的应用提供了思路。

参考文献:

- [1] Z.-P. Fan, X.-Y. Li, G. E. Purdum, C.-X. Hu, X. Fei, Z.-F. Shi, C.-L. Sun, X. Shao, Y. L. Loo, H.-L. Zhang *Chem. Mater.* 2018, 30, 3638
- [2] Z.-P. Fan, X.-Y. Li, X.-E. Luo, X. Fei, B. Sun, L.-C. Chen, Z.-F. Shi, C.-L. Sun, X. Shao, H.-L. Zhang *Adv. Funct. Mater.* 2017, 1702318
- [3] Z.-H. Wu, Z.-T. Huang, R.-X. Guo, C.-L. Sun, L.-C. Chen, B. Sun, Z.-F. Shi, X. Shao, H. Li, H.-L. Zhang *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 13031
- [4] H. Xu, Y.-C. Zhou, X.-Y. Zhou, K. Liu, L.-Y. Cao, Y. Ai, Z.-P. Fan, H.-L. Zhang, *Adv. Funct. Mater.* 2014, 24, 2907.

作者简介



张浩力教授 1999 年兰州大学获理学博士学位。1999 年和 2002 年先后在英国利兹大学与牛津大学从事博士后研究。2004 年被兰州大学聘为教授。主要进行新型有机半导体材料和有机固态发光材料的设计与合成工作。发表 SCI 论文 200 余篇，论文被引用超过 5000 次，H 因子 42。曾荣获亚洲化学会“Asian Rising Stars”、“甘肃青年五四奖章”、“中国侨界(创新人才)贡献奖”“甘肃省自然科学一等奖”等奖项。2015 年获自然科学基金委杰出青年基金资助，先后入选科技部科技创新人才推进计划(中青年科技领军人才)，中组部万人计划等。现为英国皇家化学会会士(FRSC)，Chem. Soc. Rev 等多个学术刊物编委，阿拉巴马大学兼职教授，享受国务院政府特殊津贴。

柔性有机电化学晶体管在生物传感器中的应用

严锋*

香港理工大学应用物理系, 香港九龙, 100000

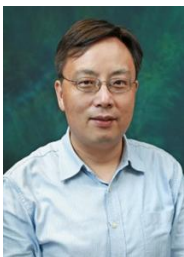
*Email: apafyan@polyu.edu.hk

有机电化学晶体管是有机薄膜晶体管的一种, 可应用于多种生物传感器, 并表现出较多的优势与很好的应用前景。该类型器件制备简单, 成本低廉, 柔韧性好, 可小型化, 有很高的灵敏度与低的工作电压。该类型器件已成功地用于多种生物传感器, 其检测原理主要基于界面处的电化学反应或生物分子与有机半导体层的相互作用, 由于晶体管的固有放大功能, 该器件通常具有很高的灵敏度。这里, 我将主要介绍我们小组开发的几种基于液体栅极有机电化学晶体管或石墨烯晶体管的生物传感器, 包括DNA, 葡萄糖, 多巴胺, 尿酸, 细胞, 细菌, 蛋白质等生物传感器。在器件制备中, 通过合理的器件设计, 纳米材料(例如石墨烯, 金属纳米颗粒)改性以及对栅极或沟道的生物材料(如酶, 抗体, DNA)修饰, 可大大提高器件的性能, 与传统电化学方法相比, 该传感器显示出高的灵敏度和选择性, 其检测限通常要低2至3个量级。此外, 基于该器件可以制备在多种柔性基底上, 包括纤维表面, 为实现多功能可穿戴电子铺平了道路。

参考文献

- [1] C. Z. Liao, F. Yan, et al. *Adv. Mater.*, 2015, 27, 676-681.
- [2] C. Z. Liao, M. Zhang, M. Y. Yao, T. Hua, L. Li, F. Yan, *Adv. Mater.*, 2015, 27, 7493.
- [3] Y. Fu, N. X. Wang, A. N. Yang, H. K.-W. Law, L. Li, F. Yan, *Adv. Mater.*, 2017, 29, 1703787.
- [4] A. N. Yang, Y. Z. Li, C. X. Yang, Y. Fu, N. X. Wang, L. Li, F. Yan, *Adv. Mater.*, 2018, 30, 1800051.
- [5] N. X. Wang, A. N. Yang, Y. Fu, Y. Z. Li, and F. Yan, *Acc. Chem. Res.*, 2019, 52, 277.

作者简介



严锋教授, 皇家化学会会士 (FRSC), 研究兴趣包括有机电子学, 二维材料, 太阳能电池, 薄膜晶体管, 生物传感器和智能材料等。于1997年在南京大学获得物理学博士学位, 然后在南京大学任副教授。于2001年2月加入剑桥大学工程系, 担任副研究员/研究员, 并于2006年4月加入英国国家物理实验室, 担任高级研究科学家, 于2006年9月成为香港理工大学应用物理系助理教授, 于2016年晋升为正教授。共发表SCI论文200多篇, 包括*Adv. Mater.*, *Nature Comm.*, *JACS*, *EES*等国际顶尖期刊, 引用超过1万次, h-因子58, 并在国际会议上作70多次邀请报告。

n-型高分子半导体及其在有机场效应中的应用

郭旭岗

南方科技大学材料科学与工程系, 广东省深圳市南山区学苑大道 1088, 518055

*Email: guoxg@sustech.edu.cn

Imide-functionalized arenes are excellent building blocks for constructing high-performance n-type organic and polymeric semiconductors due to their strong electron-withdrawing capability and good solubilizing ability. However, development of such arenes is highly challenging due to the synthetic barriers and the accompanying steric hindrance. Herein, various ladder-type imide-functionalized arenes up to 5 imide groups and 15 rings are successfully synthesized and characterized. Due to their unique physicochemical properties and compact structures, these imides are highly suitable for developing novel acceptor-acceptor (A-A) type homopolymers, which show well-tailored frontier molecular orbital (FMO) energy levels and film morphologies. Moreover, two imide-functionalized thiazoles, DTzTI and DTzI, are also invented, which enable access to a series of A-A homopolymers, donor-acceptor (D-A) copolymers, and donor-acceptor-acceptor (D-A-A) copolymers, showing distinct acceptor loadings in backbone and widely tunable FMO energy levels. When incorporated into organic thin-film transistors (OTFTs), the A-A type homopolymers exhibit unipolar n-type transport characteristics with the highest electron mobility $> 3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Notably, all homopolymers do not show undesirable kink in transfer curves, thus avoiding mobility overestimation. The deep-lying FMO levels result in greatly suppressed off-currents (I_{offS}) of 10^{-10} - 10^{-11} A and remarkable on-current/off-current ratios ($I_{\text{on}}/I_{\text{offS}}$) of 10^7 - 10^8 in transistors, which are critical for practical applications. In addition to imide group, another strong electron-withdrawing group, i.e. cyano, is also introduced to polymers, which also show highly promising device performance in n-type OTFTs,

参考文献

- [1] Y. Wang, H. Guo, S. Ling, I. Arrechea-Marcos, Y. Wang, J. T. L. Navarrete, R. P. Ortiz, X. Guo, *Angew. Chem. Int. Ed.* 56(33), 9924-9929 (2017).
- [2] Y. Shi, H. Guo, M. Qin, J. Zhao, Y. Wang, H. Wang, Y. Wang, A. Facchetti, X. Lu, X. Guo, *Adv. Mater.* 30(10), 1705745 (2018).
- [3] Y. Wang, H. Guo, A. Harbuzaru, M. A. Uddin, I. Arrechea-Macos, S. Ling, J. Yu, Y. Tang, H. Sun, J. T. L. Navarrete, R. P. Ortiz, H. Y. Woo, X. Guo, *J. Am. Chem. Soc.* 140(19), 6095 (2018).
- [4] Shi, S.; Wang, H.; Uddin, M. A.; Yang, K.; Su, M.; Bianchi, L.; Chen, P.; Cheng, X.; Guo, H.; Zhang, S.; Woo, H. Y.; Guo, X. *Chem. Mater.* 31(5), 1808-1817 (2109).
- [5] Shim S.; Chen, P.; Chen, Y.; Feng, K.; Liu, B.; Chen, J.; Liao, Q.; Tu, B.; Luo, J.; Su, M.; Guo, H.; Kim, M.-G.; Fachhetti, A.; Guo, X. *Adv. Mater.* 31(46), 1905161 (2019).

作者简介



郭旭岗, 男, 南方科技大学材料科学与工程系教授, 博士生导师, 于 2009 年在美国肯塔基大学获博士学位 (导师: Mark D. Watson 教授), 2009~2012 年在美国西北大学 Tobin J. Marks 教授课题组进行博士后研究。2012 年加入南方科技大学任副教授, 2018 年晋升为正教授, 同年被评为广东省珠江学者特聘教授。主要研究方向是有机和高分子半导体材料及其光电器件。

基于有机场效应晶体管的晶体工程

张小涛, 王聪, 李荣金, 胡文平*

天津市分子光电科学重点实验室, 天津大学理学院化学系, 天津市南开区卫津路 92 号, 邮编 310027

*Email: huwp@tju.edu.cn

晶体管是集成电路的基本构筑基元, 其电荷传输主要发生在半导体和绝缘层接触的少数分子层内, 因此高质量有机半导体/绝缘层导电界面层的构筑对于实现有机场效应晶体管的性能提升和行为调控具有重要意义。晶体具有分子长程有序、无晶界、缺陷密度低和分子堆积结构确定等独特优势, 是实现电荷高效传输和功能定向调控的最佳载体。尽管目前有机半导体单晶已经得到广泛研究, 但是如何制备高质量超薄有机半导体二维单晶传输层、发展高质量低成本新型晶态绝缘层材料以及构筑全晶态有机场效应晶体管器件等方面仍然面临诸多挑战。围绕这一课题, 我们进行了系列研究, 构筑了高性能晶态有机场效应晶体管器件。

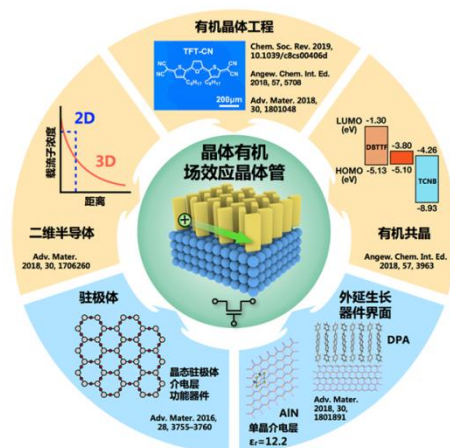


图 1. 有机场效应晶体管晶体工程研究

参考文献

- [1] Zhang, X. T.; Dong, H. L.; Hu, W. P.; *Adv.Mater.* 2018, 30, 1801048;
- [2] Zhang, X. T.; He, Y. D.; Li, R. J. et al., *Adv.Mater.* 2016, 28, 3755-3760;
- [3] Wang, C.; Ren, X. C.; Xu, C. H. et al., *Adv.Mater.* 2018, 30, 1706260;
- [4] Yang, F. X.; Jin, L.; Sun, L. J. et al., *Adv.Mater.* 2018, 30, 1801891;

作者简介



张小涛, 副研究员, 博士生导师。主要从事有机半导体光电材料的设计合成以及光电器件方面研究; 近年来在有机共晶体材料的制备及其高效光、电、热转化器件方面的研究取得系列进展, 近 5 年来发表 SCI 论文 60 余篇, 其中以第 1 作者或通讯作者发表文章 23 篇, 包括 Chem. Soc. Rev.(2 篇), Adv. Mater.(5 篇), Angew. Chem.Int. Ed. 2 篇。

二维分子晶体

李荣金*, 胡文平

天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

*Email: lirj@tju.edu.cn

二维分子晶体 (two-dimensional molecular crystals, 2DMCs) 是二维原子晶体的有机对应物, 指单分子层或数个分子层的有机分子通过分子间弱相互作用周期排列形成的二维固态薄膜。二维分子晶体的组成单元是有机分子, 理论上这赋予了二维分子晶体两个优点: (1) 可通过分子设计, “合成” 需要的光电磁性能; (2) 可溶液加工, 通过自组装大面积低成本制备。我们探讨了表面能在晶体生长过程中的关键作用[1], 进而提出了“相分离”的二维组装分子设计策略 [2]。发明了水面空间限域法生长大面积二维分子晶体的制备方法 [3]。在前期工作的基础上, 为了解决层数可控制备的难题, 该团队提出在黏性液态衬底上制备二维分子晶体的新策略。黏性衬底可阻止液滴在自组装过程中在液态衬底表面滚动和分散, 固定有机半导体溶液在液面上的位置。进而通过控制溶液在黏性液态衬底上的铺展厚度, 成功制备了层数可控的二维分子晶体。晶体厚度可从块体、数个分子层到单分子层调节[4]。

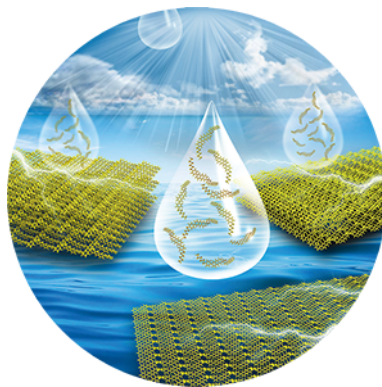


图 1. 在液态衬底表面生长二维分子晶体

参考文献

- [1] Li R, et.al, Gibbs–Curie–Wulff Theorem in Organic Materials: A Case Study on the Relationship between Surface Energy and Crystal Growth. *Advanced Materials*, 2016, 28, 1697, (2016)
- [2] Fu B, et. al, A “Phase Separation” Molecular Design Strategy Towards Large-Area 2D Molecular Crystals. *Advanced Materials*, 31, 1901437, (2019)
- [3] Wang, Q, et. al, Space-Confined Strategy toward Large-Area Two-Dimensional Single Crystals of Molecular Materials. *Journal of the American Chemical Society*, 2018, 140, 5339, (2018)
- [4] Yao J, et.al, Layer-Defining Strategy to Grow Two-Dimensional Molecular Crystals on a Liquid Surface down to the Monolayer Limit. *Angewandte. Chemie.*, DOI: 10.1002/anie.201909552, (2019).

作者简介



李荣金, 天津大学教授。2009年毕业于中科院化学所, 师从胡文平教授。2011-2015年在德国马普高分子所 K. Müllen 组做博士后研究。2015年回国, 主要从事二维分子晶体及其光电器件研究。

并五噻吩同分异构体的合成及其 OFET 性能

史建武*, 周文娟, 赵帅

¹ 河南大学, 河南省开封市, 475004

*Email: jwshi@henu.edu.cn

近年来, 有机光电子的迅速发展受到了人们的关注, 尤其是有机场效应晶体管驱动的液晶显示屏的研制成功, 更是向人们展示了它诱人的应用前景[1]。在高迁移率的有机半导体中, 噻吩类化合物一直受到人们的关注[2]。因为噻吩中的硫原子具有较高的电子极化度, 使分子间可能存在多种相互作用力。并五噻吩作为并五苯的类似物, 它可能具有好的稳定性, 高的迁移率。我们以不同的并三噻吩为构筑模块, 通过LDA夺质子、TMSCl淬灭、NBS选择性的上溴、LDA溴迁移、碘淬灭, 然后经过Suzuki偶联、硫代试剂关环得到多种并五噻吩, 然后通过单晶结构及和理论计算考察S原子位置变化对分子间作用力的变化规律的影响。

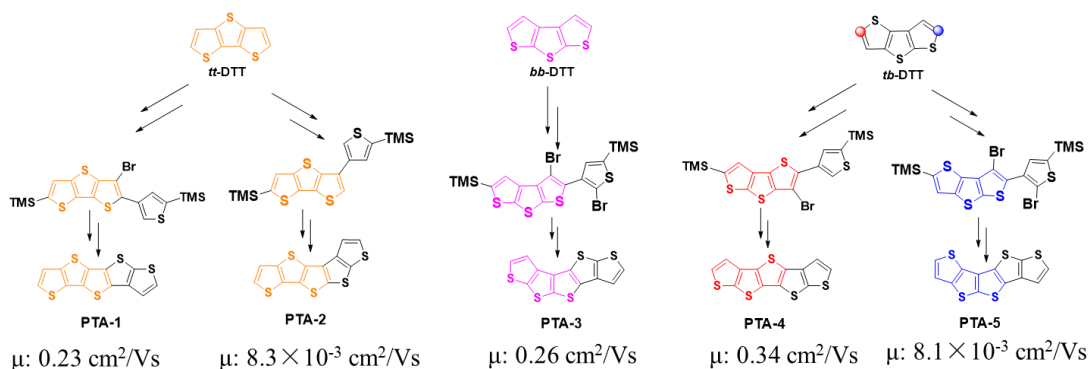


图 1. 并五噻吩同分异构体的合成及其迁移率

参考文献

- [1] Xiao, K.; Liu, Y. Q.; Zhang, W.; Hu, W. P.; Zhu, D. B.; *J. Am. Chem. Soc.*, 127, 13281 (2005).
 [2] Lei, T.; Wang, Y. Y.; Pei, J.; *J. Chem. Mater.*, 26, 594, (2014).

作者简介



史建武, 博士, 博士生导师, 河南大学特聘教授。本科毕业于吉林大学化学系 (2000), 博士毕业于中科院长春应用化学研究所 (2007)。2007 年入职河南大学特种功能材料重点实验室; 2015 年入职河南大学纳米材料工程研究中心。2016 年 3 月-2017 年 2 月赴韩国延世大学做博士后。主要从事有机光电功能材料和器件等方面的研究, 已发表论文 50 余篇, 获授权发明专利 2 项, 主持国家自然科学基金项目 3 项、河南省高校科技创新人才资助计划 1 项, 河南省高校骨干教师资助计划 1 项。

纸基多位铁电型有机晶体管非易失性存储器

徐妹婵, 齐伟皓, 李石章, 徐婷, 王伟*

集成光电子学国家重点联合实验室, 电子科学与工程学院, 吉林大学, 长春, 130012

*Email: wwei99@jlu.edu.cn

存储器是信息产业的核心元器件之一。有机晶体管非易失性存储器因具有工艺简单、易于溶液法制备、可低温加工、柔性应用等优点, 备受关注, 在柔性集成电路、信息存储、可穿戴电子等领域有重要的应用前景。在单一的晶体管器件中获得多位存储功能可显著提高数据的存储密度。以纸张作为衬底, 制备的有机晶体管非易失性存储器, 既具有柔性可弯曲的特点, 又易于生物降解, 能满足绿色环保型器件的要求。

我们在普通的纸张衬底上, 构建了基于铁电聚合物P(VDF-TrFE-CTFE)/AlOx/PMMA的复合型栅介质层, 获得了具有多位(2-bit)存储特征的高性能非易失性存储器。存储器的最高迁移率达到 $0.9 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 多位存储的擦写循环耐久性超过100个循环, 多位存储的数据保持时间超过2万秒, 最高擦写电压为40V。该存储器也具有良好的温度、湿度稳定性和良好的机械弯曲耐用性。

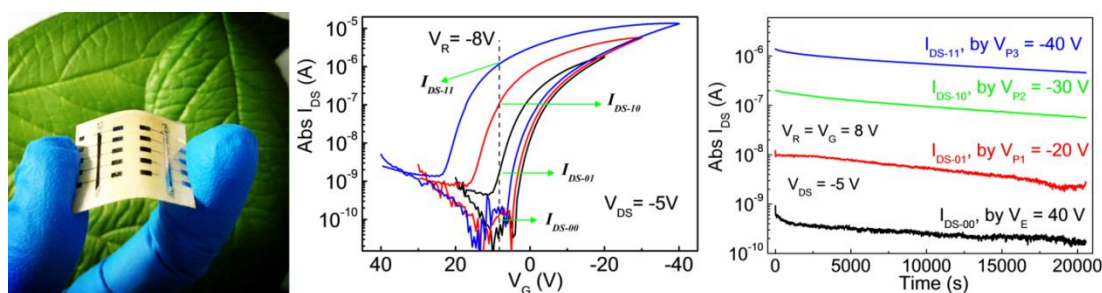


图 1. 纸基多位铁电型有机晶体管非易失性存储器的照片和电学存储特性

参考文献

- [1] S. J. Kang, et al, Nonvolatile polymer memory with nanoconfinement of ferroelectric crystals, *Nano Lett.* 11, 138 (2011).
- [2] M. Xu, et al, Low-voltage operating flexible ferroelectric organic field-effect transistor nonvolatile memory with a vertical phase separation P(VDF-TrFE-CTFE)/PS dielectric, *Appl. Phys. Lett.* 111, 183302 (2017).

作者简介



王伟, 教授。1996 至 2006 年在吉林大学先后获得学士、博士学位。之后, 留校任教至今; 科研方面主要从事有机场效应晶体管的研制及其功能性应用研究。

基于剪切加工的半导体纤维基柔性晶体管器件

王刚^{1*}, 王宏志¹, 朱美芳¹

¹ 东华大学纤维材料改性国家重点实验室, 材料科学与工程学院, 上海市松江区人民北路 2999 号, 201620

*Email: wanggang070501@hotmail.com

柔性半导体电子器件在国防军事、信息通讯、医疗保健等领域具有重要应用。如何在保持优异半导体性能的同时, 获得良好的柔韧性/可编织性, 进而融合工业制造技术是实现其在可穿戴智能织物领域应用的关键, 而通过剪切加工手段引入纤维结构是一种有效的实现路径。在本篇报告中, 我们在剪切加工及半导体纤维基柔性晶体管器件领域主要进行了以下三个方面的工作: (1) 半导体纳米纤维薄膜微纳结构调控: 通过“紫外光诱导-层流剪切”协同效应获取液晶态高取向共轭聚合物纳米纤维流体; (2) 大面积、高取向柔性薄膜晶体管器件的微流印刷制备: 基于“微流剪切取向成膜”思路, 搭建高精度微流印刷设备, 通过剪切及流形设计, 实现纳米纤维基柔性晶体管阵列的印刷制备; (3) 单纤维逻辑器件构筑: 提出“微流剪切-质子交换成纤”的微纳结构调控思路, 获得了具有良好逻辑响应性和可穿戴/可编织性的逻辑功能器件, 实现了其在信号放大、逻辑运算等领域的独特应用。



图 1. 基于剪切加工的半导体纤维器件制备: (左图) 高精度微流印刷设备用于半导体纳米纤维薄膜的制备及柔性器件构筑; (右图) 千米级半导体纤维的连续纺丝制备及单纤维逻辑器件构筑。

参考文献

- [1] Gang Wang, Antonio Facchetti*, Tobin J Marks*, et al. Photovoltaic blend microstructure for high efficiency post-fullerene solar cells. To tilt or not to tilt? *Journal of the American Chemical Society*, 141, 13410 (2019).
- [2] Gang Wang, Antonio Facchetti*, Tobin J Marks*, et al. Aggregation Control in Shear-Printed Conjugated Polymer Films: Implications for Enhancing Charge Transport. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114, E10066 (2017).
- [3] Kerui Li, Gang Wang*, et al. Lattice Contraction Triggered Pseudocapacitive Synchronous Electrochromic Actuator. *Nature Communications*, 2018, 9, 4798 (2018).
- [4] Gang Wang, Elsa Reichmanis*, et al. Microfluidic crystal engineering of π -conjugated polymers. *ACS Nano*, 9, 8220 (2015).
- [5] Gang Wang, Elsa Reichmanis*, Hongzhi Wang*, Meifang Zhu, Molecular-channel driven actuator with considerations for multiple configurations and color switching. *Nature Communications*, 9, 590 (2018).

作者简介



王刚, 上海市“东方学者”特聘教授, 东华大学纤维材料改性国家重点实验室研究员。2015 年获得东华大学博士学位, 2016-2019 年在美国西北大学进行博士后研究, 合作导师为 Tobin J Marks 教授及 Antonio Facchetti 教授 (期间赴瑞典林雪平大学进行短期博士后合作研究)。相关工作以第一/通讯作者在 PNAS、JACS、Angew Chem、Nature Communications 等期刊发表学术论文 17 篇, 获授权中国发明专利 7 项, 主编“柔性电子与智能服装”主题英文专著 1 部 (Wiley 出版社), 在美国化学会 ACS 年会担任分会场主席并做特邀报告。

Interfacial Effects & Physics of Molecular Crystalline Semiconductors under Two-Dimensional Limit

Yun Li

¹ School of Electronic Science & Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093

*Email: yli@nju.edu.cn

To achieve the sustainable advancement in organic electronics, elucidating the intrinsic microscopic motion of charge carriers and realizing functional organic devices with superior optoelectronic characteristics are of significant importance. Recently, we proposed techniques for efficient fabrication of ultrathin molecular crystalline semiconductors. Thus, a revolutionary opportunity to study and even utilize their unique interfacial effects under a two-dimensional limit, to directly examine related influences on the charge transport, and to achieve devices with high performance, is offered. For instance: 1) an interfacial flat-lying molecular monolayer has the buffering effect to reduce the interaction from the dielectric layer, thus narrowing the trap distribution near the HOMO level. 2) the interfacial vdW interaction is studied to be utilized for controlling the self-assembly of small-molecule semiconductors, and large-area mono- & bilayer 2D molecular crystals are fabricated for their applications in high-performance transistors. 3) the interfacial templating effect is presented from a spin-coated molecular monolayers for enhancing the device performance. 4) ultralow energy consuming ferroelectric organic transistor memories are achieved by virtue of very efficient charge injection and low operation voltage due to the ultrathin thicknesses of functional layers. 5) ultrathin crystalline semiconducting layer can well shorten the exciton diffusion length, thus leading to a much fast response speed as in a UV phototransistor.

References

- [1] J. Qian, Y. Li et al, *Adv. Mater. Technol.*, 4, 1800182 (2019).
- [2] Q. Wang, Y. Li et al, *ACS App. Mater. Inter.*, 10, 22513 (2018).
- [3] S. Jiang, Y. Li et al, *J. Phys. Chem. Lett.*, 9, 6755 (2018).
- [4] Q. Wang, Y. Li et al, *J. Phys. Chem. Lett.*, 9, 1318 (2018).
- [5] M. Pei, Y. Li et al, *J. Phys. Chem. Lett.*, 10, 2335 (2019).

作者简介



李昀，南京大学教授，博士生导师，2004，南京大学物理系学士；2010年，南京大学物理系博士；2010-2012年，日本物质材料研究所（NIMS），博士后研究员。研究方向：1) 二维有机分子晶体生长与器件物理；2) 有机铁电晶体管存储器；3) 超低能耗有机电子器件。

NDTI 基有机半导体材料：从分子设计到器件性能

冉会娟, 郑 荣, 胡鉴勇*

陕西师范大学, 陕西 西安, 710119

*E-mail: hujianyong@snnu.edu.cn

萘并二噻吩二酰亚胺(NDTI), 一种具有平面分子结构、低 LUMO 能级(-4.0 eV)和化学可修饰性的缺电子 π 功能模块, 其提供一个机会集成到各种 π 共轭体系, 用于开发新的有机半导体材料[1]。在本研究中, 我们报告了 NDTI 集成的聚合物(即 PNDTI-TV、PNDTI-NDT、PNDTI-V、PNDTI-BTz、PNDTI-NTz 等)和 NDTI 衍生的有机三分子(即 NDTI-BBT、NDTI-BNT; NDTI-BTE、NDTI-BPE、NDTI-B2PdE、NDTI-B4PdE; NDTI-B2Az、NDTI-B6Az 等)的设计、合成及器件性能(Fig.1)。得益于其低的 LUMO 能级(< -4.0 eV)和合适的 HOMO 能级, 所有开发的聚合物和三分子都能提供高性能空气稳定的、可溶液处理的双极性或 n 型 FET[2,3]。

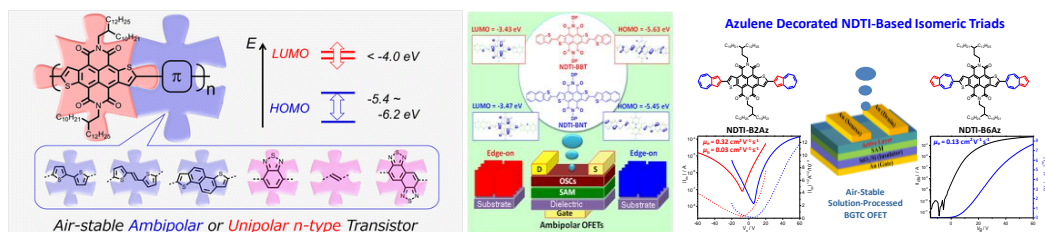


Fig 1. NDTI-integrated polymers (left) and NDTI-derived triad-type molecules (middle and right).

参考文献

- [1] Y. Fukutomi, et al, "Naphthodithiophenediimide (NDTI): Synthesis, Structure, and Applications", *J. Am. Chem. Soc.*, 135, 11445-11448 (2013).
- [2] J.-Y. Hu, et al, "Naphthodithiophenediimide (NDTI)-based triads for high-performance air-stable, solution-processed ambipolar organic field-effect transistors", *J. Mater. Chem. C.*, 3, 4244-4249 (2015).
- [3] J.-Y. Hu, et al, "Arylacetylene end capped naphthodithiophene diimide (NDTI)-based semiconductors for air-stable, solution-processed n-channel organic field-effect transistors", *Dyes and Pigments*, 169, 7-14 (2019).

作者简介



胡鉴勇, 2009 年在日本佐贺大学大和武彦教授(Prof. Takehiko Yamato)的指导下获得工学博士学位。之后在日本山形大学(2009-2013)城户淳二教授(Prof. Junji Kido)和夫勇进教授(Prof. Yong-Jin Pu)实验室进行了博士后研究, 并在日本理化学研究所 RIEKN(2013-2015) 龍宫和男教授(Prof. Kazuo Takimiya)研究组进行了特别研究员工作。2015 年, 他被聘为陕西师范大学教授。目前的研究领域包括共轭有机/高分子材料的设计、合成、表征及其在有机光电器件中的应用。

基于有机晶体管存储器的选择性光监测研究

高旭^{*}, 张中达, 吕晶晶, 张林夕, 徐建龙, 王穗东^{*}

苏州大学功能纳米与软物质研究院, 仁爱路 199 号, 苏州, 215123

*Emails: gaoxu@suda.edu.cn; wangsd@suda.edu.cn

伴随着人们对柔性可穿戴电子产品需求的不断增加, 有机晶体管存储器在压力探测、生物传感、智能存储等领域的研究越来越受到人们的关注。尤其在光监测领域, 集信号探测和信息存储功能于一体的晶体管存储器可以通过存储电荷的数量来记录光的辐射剂量。更为重要的是, 有机晶体管存储器的光辅助编程过程依赖于辐射光子的能量, 为识别不同波长的光提供了新的途径[1]。在我们工作中, 通过构筑几种类型的电荷存储层, 实现了对不同波长光的选择性监测。器件结构如图 1 所示, 采用 PVN 作为电荷存储层的器件仅对 254 nm 紫外光有响应[2]; 将光致变色材料 SP 分子掺入聚合物薄膜后, 器件响应波长拓展到 365 nm[3]; 近期研究发现, 逐渐增大 PCBM 在 PVN 薄膜中的比例, 器件的光响应截止边可以从紫外光扩展到可见光甚至近红外光[4]。因此, 有机晶体管存储器对光的选择性监测可以通过改变电荷存储层与半导体层的能级排列实现, 简单的器件结构能够满足未来柔性可穿戴电子对光监测的需求。

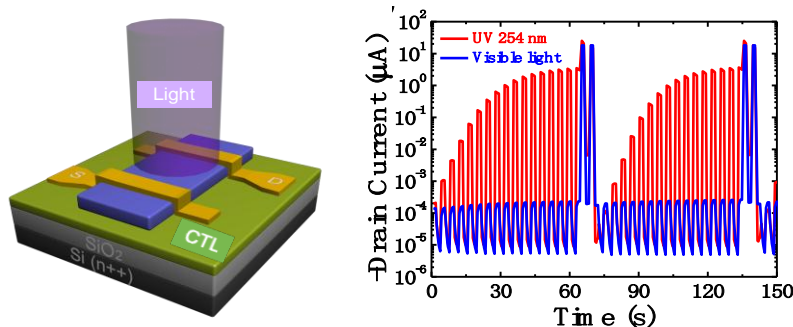


图 1. 有机晶体管存储器的器件结构示意图和读取电流随曝光时间的变化

参考文献

- [1] X. Gao et al., *Org. Electron.* 15, 2486, (2014)
- [2] Z. D. Zhang et al., *Adv. Electron. Mater.* 3, 1700052, (2017)
- [3] J. J. Lv et al., *Appl. Phys. Lett.* 115, 113302, (2019)
- [4] L. X. Zhang et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*. DOI: 10.1021/acsami.9b15342, (2019)

作者简介



高旭, 男, 副教授, 苏州大学功能纳米与软物质研究院。2011 年获南京大学物理学博士学位, 2013 年至 2014 年在日本国立材料科学研究所开展事博后研究, 主要从事有机晶体管存储器和有机半导体新型功能器件的研究工作。已发表 SCI 论文五十余篇, 被引用一千余次, H 因子 20。担任 Applied Physics Letters, IEEE Transactions on Electron Devices, ACS Applied Materials & Interfaces, Journal of Materials Chemistry C 等国际学术期刊的审稿人。

全集成微型高迁移率有机场效应晶体管与高频分子整流器

朱峰^{1,2,3,4*}, Vineeth Kumar Bandari^{2,3,4}, 李天明^{2,3,4},

田洪坤¹, 耿延候⁵, 闫东航¹, Oliver G. Schmidt^{2,3,4}

¹ 中国科学院长春应用化学研究所 高分子物理与化学国家重点实验室, 长春, 130022

² Material Systems for Nanoelectronics, TU Chemnitz, Chemnitz 09126, Germany

³ Center for Materials, Architectures and Integration of Nanomembranes (MAIN), TU Chemnitz, Chemnitz 09126, Germany

⁴ Institute for Integrative Nanosciences, Leibniz IFW Dresden, Dresden D-01069, Germany

⁵ 天津大学材料科学与工程学院, 天津, 300072

*Email: zhufeng@ciac.ac.cn

面向未来 3D 自组装微电子学的技术需要[1], 本报告重点介绍基于分子材料和全集成工艺技术的“微型场效应晶体管”和“微型整流器”两项工作。(1) 针对微米级尺寸有机薄膜晶体管和高密度阵列器件的加工难题, 报告人提出了分子限域自组装生长机制和无损光刻加工技术路线, 开发出沟道长宽为 5 μm 的“全集成微型有机场效应晶体管(Micro-OFET)[2]。利用有机异质结效应改善微型晶体管器件性能[3], 实现了最大值 34.6 cm²/Vs, 平均值 16 cm²/Vs 的场效应迁移率。(2) 针对分子纳米结构器件中微纳尺度电极制备的难题, 报告人突破了常规金属薄膜沉积方法和液态电极的局限, 发展出精确定位的、基于自组装软接触金属电极的微型 3D 分子二极管[4], 实现了分子级整流器件从目前报道的 50 Hz 到 10M Hz 的大幅提升[5]。

参考文献

- [1] D. Karnaushenko, F. Zhu, O. G. Schmidt, et al, 3D Self-Assembled Microelectronic Devices: Concepts, Materials, Applications, *Adv. Mater.* 1902994 (2019)
- [2] V. K. Bandari, H. Tian, F. Zhu, O. G. Schmidt, et al, Fully Integrated Microscale Quasi-2D Crystalline Molecular Field-Effect Transistors, *Adv. Funct. Mater.* 29, 1903738 (2019)
- [3] H. Wang, D. Yan, Organic Heterostructures in Organic Field-Effect Transistors, *NPG Asia Mater.* 2, 69 (2010)
- [4] F. Zhu, O. G. Schmidt, et al, Fully Integrated Organic Nanocrystal Diode as High Performance Room Temperature NO₂ Sensor, *Adv. Mater.* 28, 2971 (2016)
- [5] T Li, V. K. Bandari, F. Zhu, O. G. Schmidt, et al, Fully Integrated High-Frequency Molecular Scale Rectifiers Based on Organic Nanostructure Heterojunction, Submitted.

作者简介



朱峰, 2009 年于中国科学院长春应用化学研究所取得博士学位, 2014-2019 年在德国莱布尼茨固体材料研究所和开姆尼茨理工大学任课题组长, 2019 年加入长春应化所高分子物理与化学国家重点实验室, 任研究员。研究方向聚焦于有机分子、聚合物等软物质材料的薄膜物理、光电器件与微型器件集成方法。

二维共轭高分子的制备与性能研究

李玉森¹, 谢震¹, 宋肖瑜¹, 刘婧娟¹, 陈龙^{1,*}, 胡文平

¹ 天津大学化学系, 天津, 300072

*Email: long.chen@tju.edu.cn

二维高分子按链接方式主要可分为二维共价高分子(2D COF)和二维配位高分子(2D MOF)。共价有机框架(COFs)是一种新型的以强共价键链接的结晶性多孔聚合物材料。COFs 通常具有高比表面积和化学稳定性, 主要由碳、氮、氢等轻质元素组成。与传统的有机多孔聚合物材料不同, COFs 利用动态共价化学, 使得共价键可逆的形成与断裂, 并对缺陷进行自修复, 进而形成长程有序的多孔结构。虽然 COFs 的首例报道只比 MOFs 晚六七年, 但截至目前所有基于 COFs 的报道篇数仅为 MOFs 的 1/50 左右。其中的一个主要原因可能归因于 COFs 材料合成制备面临的挑战性。我们推测其可能的一个原因是共聚单体间化学计量比再非均相体系中难以实现, 以保证其在多尺度上的充分聚合。

因此我们通过“二合一”策略将醛基和氨基两种官能团嫁接到同一个构筑单体, 精确控制醛基和氨基的化学计量比, 从而摆脱或者降低 COFs 合成对特定溶剂的依赖性。我们进一步对这些新型的 COFs 材料的光催化性能进行了研究。这一策略可以推广到不同单体、不同化学链接方式、不同维度的 COFs 的制备。而且也适用于非溶液合成法, 如界面聚合、表面在位化学合成以及化学气相沉积等方法来制备相应的新型 COFs 材料及拓展其应用领域。

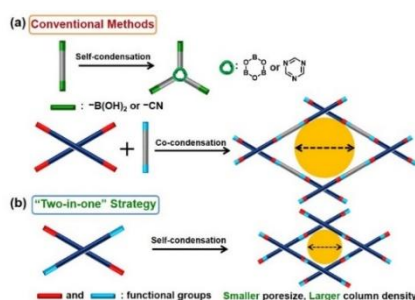


图 1. “二合一”策略构筑共价有机框架材料示意图与传统方法的比较。

参考文献

- [1] L. Chen*, et al, De Novo Design and Facile Synthesis of 2D Covalent Organic Frameworks: A Two-in-One Strategy, *J. Am. Chem. Soc.* 2019, *141*, 13822.
- [2] L. Chen*, et al, Stable 2D Heteroporous Covalent Organic Frameworks for Efficient Ionic Conduction, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, *58*, 15742.
- [3] L. Chen*, Y. Wang*, et al, High Lithium Affinity Chemically Exfoliated 2D Covalent Organic Frameworks, *Adv. Mater.* 2019, 1901640.
- [4] L. Chen*, W. Hu, et al, 2D Semiconductive Metal-Organic Framework Thin Films for Organic Spin Valves with Large Magnetoresistance, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, DOI: 10.1002/anie.201911543.
- [5] L. Chen*, et al, 2D Semiconductive Metal-Organic Frameworks for High Performance Supercapacitor, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, DOI: 10.1002/anie.201912642.

作者简介



陈龙, 1983 年生, 天津大学化学系教授。2003 年于上海大学化学工程与工艺专业获工学学士学位, 2006 年于上海交通大学有机化学专业获理学硕士学位, 导师为张万斌教授。2006 年 10 月赴日本分子科学研究所攻读博士, 师从江东林教授, 2009 年获得理学博士学位。2010 年 7 月至 2012 年 7 月在德国马普高分子研究所从事博士后工作, 合作导师为 Klaus Müllen 教授, 期间获得洪堡基金会的资助。2012 年 8 月至 2014 年 7 月担任德国马普高分子研究所课题组长, 2014 年 8 月加入天津大学化学系, 主要研究方向为有机共轭功能材料、二维高分子。

Carbon nanotube based high performance and low power CMOS devices

Lian-Mao Peng

Department of Electronics, Peking University, Beijing 100871, China

Email: lmpeng@pku.edu.cn / Phone: 86 10 62764967

Carbon nanotube (CNT)-based electronics has been considered one of the most promising candidates to extend Si complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology, which will soon meet its performance limit. In particular CNTs have been investigated for various electronic and optoelectronic device applications, such as sub-10nm CMOS devices which outperform that of state-of-the-art Si based CMOS devices in both speed and power consumption, as well as idea material for monolithic optoelectronic integration with complementary MOS-compatible signal processing circuit.

Prototype device studies on individual CNTs revealed that CNT based devices have the potential to outperform Si CMOS technology in both performance and power consumption. With a well-designed device structure and in combination with graphene, we showed that high-performance top-gated CNT FETs with a gate length of 5 nm can be fabricated. A scaling trend study revealed that sub-10 nm CNT CMOS FETs significantly outperform Si CMOS FETs. In particular, the 5 nm CNT FETs approach the quantum limit of FETs and involve only approximately one electron per switch. The contact length of the CNT CMOS devices has been scaled down to 25 nm, and the smallest CMOS inverter yet reported with a total pitch size of 240 nm is demonstrated. These results show that CNT CMOS technology has the potential to substantially outperform that of Si when approaching the quantum limits of a binary logic switch and to extend mainstream CMOS technology in the post-Moore era [1].

Significant progress has also been made in fabricating carbon nanotube low-power devices. An efficient way to reduce the power is to lower the supply voltage V_{DD} , but this voltage is restricted by the 60 millivolts per decade thermionic limit of subthreshold swing (SS) in FETs. A Dirac source (DS) with a much narrower electron density distribution around the Fermi level than that of conventional FETs was recently proposed and demonstrated using CNT to reduce SS [2]. In particular, a DS-FET with a carbon nanotube channel provided an average SS of 40 millivolt per decade over four decades of current at room temperature and high device current. When compared with state-of-the-art Si 14-nanometer node FETs, a similar I_{on} is realized but at much lower supply voltage of 0.5 versus 0.7 volts for Si, and a much steeper SS below 35 millivolts per decade in the off-state.

References

- [1] C. Qiu et al., *Scaling carbon nanotube complementary transistors to 5-nm gate lengths*, *Science* 255 (2017) 271.
- [2] C. Qiu et al., *Dirac source field-effect transistors as energy-efficient and high-performance electronic switches*, *Science* 361 (2018) 387.

作者简介



彭练矛，北京大学信息学院“博雅”特聘教授、电子学系主任、纳米器件物理与化学教育部重点实验室主任，2019年当选中国科学院院士。

研究方向：纳米电子及功能材料的合成；基于纳米材料的高性能电子、光电子器件的制备，器件物理，纳米集成电路的实现和系统集成；纳米器件在化学、生物传感及能源方面的应用。

Nano-Carbon Imides: Precise Synthesis and Applications

Zhaohui Wang

Key Laboratory of Organic Optoelectronics and Molecular Engineering, Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing, 100084, P. R. China

E-mail: wangzhaohuis@mail.tsinghua.edu.cn

Nano-carbon imides, especially extended rylene imides are attracting ever-increasing academic attention with aiming at seeking desirable functionality for various optoelectronic devices. The readily derivative nano-carbon skeleton combining easily modifiable imide chains results in a variety of robust materials with intense absorbance and fluorescence, well-tunable energy level, and molecular configuration. Up to now, there are a pool of successful applications based on nano-carbon scaffolding to provide compelling targets serving as n-type semiconductors in OFETs and OSCs.

参考文献

- [1] *J. Am. Chem. Soc.*, 2019, *141*, 5402-5408.
- [2] *J. Am. Chem. Soc.*, 2018, *140*, 12175-12180.
- [3] *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, *139*, 15914-15920.
- [4] *J. Am. Chem. Soc.*, 2016, *138*, 10184-10190.

作者简介



王朝晖，清华大学化学系教授，博士生导师。2005年入选中国科学院“百人计划”，2010年“百人计划”终期评估优秀，2012年获国家杰出青年基金，2014年获中国化学会—巴斯夫公司青年知识创新奖，2017年入选万人计划科技创新领军人才。长期从事新型共轭分子的设计、合成和可控组装以及分子器件的研究工作，在复杂结构有机功能分子的高效合成和半导体性能研究方面做出了重要贡献。迄今在国际学术刊物上发表SCI收录论文180余篇，其中在《自然综述材料》(*Nat. Rev. Mater.*)，《化学研究评述》(*Acc. Chem. Res.*)，《美国化学会志》(*J. Am. Chem. Soc.*)，《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*)等国际权威期刊上发表论文30余篇，并多次被作为研究亮点以及封面文章报道。在国际和国内学术会议上做邀请报告100多次。

有机发光场效应晶体管材料与器件研究

董焕丽

*Email: dhl522@iccas.ac.cn

有机发光场效应晶体管作为一种兼具有机场效应晶体管和发光二极管两种功能的光电集成器件，具有重要的科学和技术研究意义。一方面，有机发光场效应晶体管简单平面的集成工艺，被认为是下一代变革性柔性显示技术，另一方面，其也被认为理论上是实现机电泵浦激光的最佳途径之一。但是自2003年第一个有机发光场效应晶体管器件被报道以来，其发展严重滞后。这主要是由于作为有机发光场效应晶体管的核心半导体材料，需要同时兼具高迁移率和强发光的特性，但是目前高迁移率发光材料长期严重缺乏，因此限制了有机发光场效应晶体管及其相关器件的研究。最近，在国内外科科研工作者的共同努力下，高迁移率发光材料方面取得了一定的初步突破，为高性能有机发光场效应晶体管研究带来了新的契机。这里主要介绍下最近我们在高迁移率发光材料设计合成及其高性能器件构筑方面的相关研究工作。

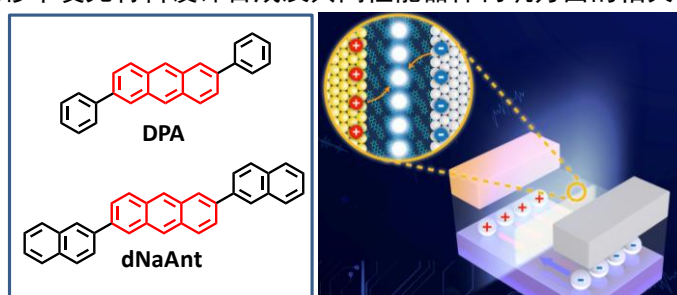
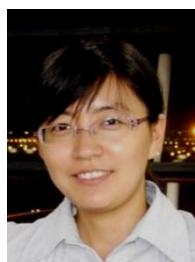


图 1. 代表性高迁移率发光分子材料结构式和单组份有机发光晶体管示意图

参考文献

- [1] Jie Liu, Hantang Zhang, Huanli Dong*, Lingqiang Meng, Longfeng Jiang, Lang Jiang, Ying Wang, Junsheng Yu, Yanming Sun, Wenping Hu,* Alan J. Heeger*, High mobility emissive organic semiconductor, *Nat. Commun.* 6, 10032 (2015)
- [2] Dan Liu, Jie Li, Jie Liu, Mengxiao Hu, Xiuqiang Lu, Yang Li, Zhibin Shu, Zhenjie Ni, Shang Ding, Lang Jiang, Yonggang Zhen, Huanli Dong,* Wenping Hu, A new organic compound of 2-(2,2-diphenylethenyl)anthracene (DPEA) showing simultaneous electrical charge transport property and AIE optical characteristics, *J. Mater. Chem. C.* 6, 3856-3860 (2018)
- [3] Suqian Ma, Ke Zhou, Mengxiao Hu, Qingyuan Li, Yingjie Liu, Hantang Zhang, Jiangbo Jing, Huanli Dong,* Bin Xu,* Wenping Hu, and Wenjing Tian, Integrating Efficient Optical Gain in High-Mobility Organic Semiconductors for Multifunctional Optoelectronic Applications, *Adv. Funct. Mater.* 28, 1802454 (2018).
- [4] Xiaotao Zhang, Huanli Dong,* Wenping Hu*, Organic Semiconductor Single Crystals for Electronics and Photonics, *Adv. Mater.* 30, 1801048 (2018).
- [5] Zhengsheng Qin, Haikuo Gao, Jinyu Liu, Ke Zhou, Jie Li, Yangyang Dang, Le Huang, Huixiong Deng, Huanli Dong,* and Wenping Hu*, High-efficiency single-component organic light-emitting transistors, *Adv. Mater.* 31, 1903175 (2019).

作者简介



董焕丽，中国科学院化学研究所 博导，研究员，课题组长。长期致力于有机光电功能材料与器件的研究，目前在 *Nature Chem.*、*Nat. Commun.*、*J. Am. Chem. Soc.*、*Angew. Chem. Int. Ed.*、*Adv. Mater.* 等上发表 SCI 论文 200 余篇，被 SCI 引用 8500 余次。国家优秀青年科学基金(2012)、国家杰出青年科学基金(2017)获得者；首批中科院青年创新促进会会员(2015年结题优秀)，先后获得中国化学会青年化学奖(2014)、国家自然科学基金二等奖(5/5, 2016)、国家万人计划青年拔尖人才(2017)等奖励与荣誉。应邀做中国化学会、美国化学会等国内外会议邀请报告 50 余次，作为中方组委会主席，组织了 2016 年第九届新加坡国际化学会-有机电子学分会。目前担任《高等学校化学学报》青年执行编委和《中国化学快报》编委会委员。

基于新型 D-A 共轭聚合物的高迁移率场效应晶体管

于贵

中国科学院化学研究所, 北京, 100190

*Email: yugui@iccas.ac.cn

有机/聚合物半导体材料及其场效应晶体管是一个学科高度交叉的前沿研究领域¹⁻⁴。发展高性能的新型共轭聚合物和拓展共轭聚合物的种类是该领域研究的首要任务, 为此我们发展了新型的二芳基乙烯的给体单元、六环蒽并二噻吩酰亚胺和氮杂异靛青衍生物的受体单元, 设计、合成了系列高迁移率的聚合物半导体材料, 在聚合物主链和侧链上引入烷基或烷氧基以提高其溶液加工性, 同时在聚合物主链上引入杂原子、氟原子和三氟甲基来调控其载流子的传输类型和传输性能; 获得了溶液加工性能优良、高迁移率的聚合物半导体材料, p-型聚合物的载流子迁移率达到 $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 以上, 双极性聚合物的电子和空穴迁移率均超过 $6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 以上; 制备了高性能柔性反相器, 其阈值超过 200。

参考文献

- [1] K. L. Shi, W. F. Zhang, D. Gao, S. Y. Zhang, Z. Z. Lin, Y. Zou, L. P. Wang, and G. Yu, Well-Balanced Ambipolar Conjugated Polymers Featuring Mild Glass Transition Temperatures towards High-Performance Flexible Field-Effect Transistors, *Adv. Mater.*, 30, 1705286, (2018).
- [2] C. Y. Wei, W. F. Zhang, J. Y. Huang, H. Li, Y. K. Zhou, and G. Yu, Realizing n-Type Field-Effect Performance via Introducing Trifluoromethyl Groups into the Donor-Acceptor Copolymer Backbone, *Macromolecules*, 52, 2911–2921, (2019).
- [3] J. Y. Huang, Z. H. Chen, J. Yang, H. X. Ju, W. F. Zhang, and G. Yu,* Semiconducting Property and Geometry-Directed Self-Assembly of Heptacyclic Anthradithiophene Diimide-Based Polymers, *Chem. Mater.*, 2019, 31, 2507–2515, (2019).
- [4] K. L. Shi, W. F. Zhang,* Y. K. Zhou, C. Y. Wei, J. Y. Huang, Q. Wang, L. P. Wang, and G. Yu,* Chalcogenophene-Sensitive Charge Carrier Transport Properties in A-D-A'-D Type NBDO-Based Copolymers for Flexible Field-Effect Transistors, *Macromolecules*, 51, 8662–8671, (2018).

作者简介



于贵, 现为中国科学院化学研究所研究员, 博士生导师, 2008 年获国家杰出青年科学基金, 2009 年入选新世纪百千万人才工程国家级人选, 2012 年获得政府特殊津贴, 2014 年作为负责人的"分子材料与器件创新团队"入选科技部创新人才推进计划的重点领域创新团队, 2016 年入选国家"万人计划"科技创新领军人才。

主要从事有机光电功能材料的设计合成、石墨烯的生长、有机场效应晶体管和有机自旋器件的制备及其性能的研究工作。发表 SCI 论文 300 多篇, 研究结果被 Chemistry World 和 High-Tech Materials Alert 等杂志介绍和评价, 论文被 SCI 他引 16000 多次。曾获国家自然科学基金二等奖、北京市科学技术一等奖、北京青年优秀科技论文一等奖等多项奖励。

Perovskite LEDs: High Efficiency and High Brightness

Jianpu Wang¹

¹*Key Laboratory of Flexible Electronics (KLOFE) & Institute of Advanced Materials (IAM), Jiangsu National Synergetic Innovation Center for Advanced Materials (SICAM), Nanjing Tech University*

iamjpwang@njtech.eud.cn

Solution-processed light-emitting diodes (LEDs) are attractive for applications in low-cost, large-area lighting sources and displays. Organometal halide perovskites can be processed from solutions at low temperatures to form crystalline direct-bandgap semiconductors with intriguing optoelectronic properties, such as high photoluminescence yield, good charge mobility and excellent color purity. In this talk, I will present our effort to boost the efficiency of perovskite LEDs to a high level which is comparable to organic LEDs. More importantly, organic LEDs are difficult to maintain high efficiency at high current densities due to their excitonic nature and low charge mobilities. Low temperature solution-processed perovskite LEDs demonstrate remarkably high efficiency at high current densities, suggesting unique potential to achieve large size planar LEDs with high efficiency at high brightness.

References

- [1] *Adv. Mater.* 2015, 27, 2311
- [2] *Nat. Photonics* 2016, 10, 699
- [3] *Adv. Mater.* 2017, 29, 1606600
- [4] *Nat. Comm.* 2018, 9, 608
- [5] *Nature* 2018, 562, 249

面向 n-型 OFET 的硼氮配位键高分子与小分子半导体材料

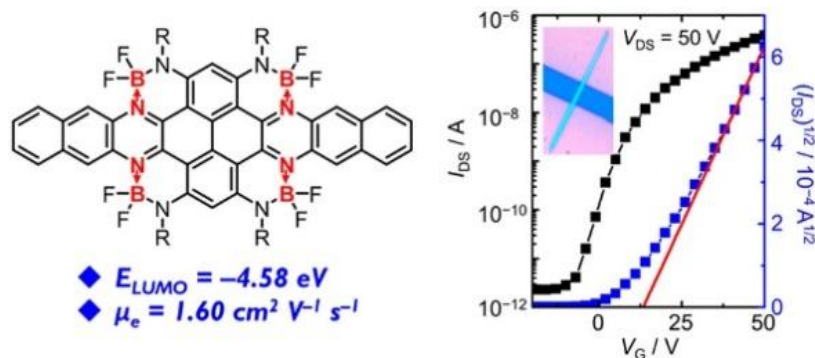
闵阳, 赵汝艳, 窦传冬, 刘俊*, 王利祥

中国科学院长春应用化学研究所高分子物理与化学国家重点实验室, 吉林长春, 130022

*Email: liujun@ciac.ac.cn

相比传输空穴的 p-型, 传输电子的 n-型有机高分子/小分子半导体种类和数量都非常少。有别于文献中采用酰胺、氮杂原子和氰基等缺电子结构设计 n-型有机高分子/小分子半导体的设计思路, 我们提出了“采用硼氮配位键 (B←N) 降低共轭体系 LUMO/HOMO 能级, 设计 n-型有机高分子/小分子半导体”的方法, 发展出硼氮配位键 n-型高分子/小分子半导体材料体系。在前期工作中, 我们将该类材料用作高分子电子受体材料, 发展有机太阳能电池, 实现了能量转换效率达到 10%。

在本报告中, 我们主要介绍硼氮配位键 n-型高分子/小分子半导体材料用于 n-型有机场效应晶体管 (OFETs) 器件的研究结果。1) 我们基于双硼氮配位键桥联的联吡啶单元, 与推电子单元共聚, 发展了 D-A 型共轭高分子。该类高分子材料应用于纯 n-型 OFETs, 得到了 $0.02 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 的电子迁移率。^[1] 2) 我们向氮杂并苯结构中引入两个或四个硼氮配位键, 发展出硼氮配位键稠环小分子 n-型有机半导体材料。其 LUMO 能级可低至 -4.58 eV ; 其溶液加工型 n-型 OFETs 器件的电子迁移率达到 $0.21 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$,^[2] 单晶 n-型 OFETs 器件的电子迁移率达到 $1.60 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。^[3] 这两部分工作, 不仅在实验上证明了有机硼高分子和小分子优异的电子传输性质, 而且为 OFETs 领域提供了分子设计新思路、材料新体系。



参考文献

- [1] Long, X.J., et al., *Chem. Commun.*, 53, 1649, (2017).
 [2] Min, Y., et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, 57, 2000, (2018).
 [3] Min, Y., et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 17015, (2019).

作者简介



刘俊, 1980 年生, 研究员。2001 年本科毕业于武汉大学, 2007 年在长春应用化学研究所获得博士学位, 2007~2012 年在德国维尔茨堡大学、美国加州大学洛杉矶分校、美国凯斯西储大学做博士后研究。2013 年加入中国科学院长春应用化学研究所工作。获得 2016 年国家杰出青年科学基金。研究方向为全高分子太阳能电池与共轭高分子化学。在硼氮配位键 n-型高分子与小分子半导体材料、溶液加工型石墨烯电极界面材料、单一高分子白光材料, 三个方面, 取得了具有创新性和系统性的研究成果。

有机半导体材料的合成与应用研究

黄辉^{1,*}, 朱婷², 李子杰, 杨雷, 吕磊

¹ 中国科学院大学, 北京雁栖湖, 100000

*Email: huihuang@ucas.ac.cn

低成本和高性能是有机高分子半导体材料的两个重要参数, 本报告将围绕两个重要参数开展系统的科学研究, 通过开发新型高效合成方法学的降低材料成本, 通过构象锁和三线态的引入提高材料性能, 并探索材料结构与性能的关系。

作者简介

黄辉, 中国科学院大学材料科学与光电技术学院教授, 博士生导师, 中科院百人计划学者, 2019 年国家杰出青年基金。本科、硕士、博士分别毕业于北京师范大学、中科院化学所、美国达特茅斯学院, 2008 进入美国西北大学跟随 Tobin J. Marks 教授开展博士后研究, 2010 年加入美国康菲石油公司全球研发中心从事有机太阳能电池的研发工作。2013 年加入中国科学院大学, 目前任中国化学会青年工作者委员会委员、中科院青联委员、InfoMat 杂志编委 (Wiley)。

黄辉主要从事功能高分子的合成与应用的研究, 在光电、光热和传感等方向开展了广泛研究。在 Nature Chem., J. Am. Chem. Soc., Angew. Chem. Int. Ed., Adv. Mater. 等著名学术杂志发表了 70 余篇 SCI 学术论文, 受邀为 Chem. Rev. 等期刊撰写综述论文多篇。现承担多项国家级和省部级基金。2017 年被遴选为 J. Mater. Chem. A 杂志 Emerging Investigator, 并得到中科院“青年拔尖科学家”资助。

高迁移率聚合物半导体的薄膜结构与力学性质

裴丹丹, 王中丽, 韩洋, 叶龙*, 耿延候

天津大学材料科学与工程学院, 天津市海河教育园雅观路 135 号, 300350

*Email: yelong@tju.edu.cn

光电功能高分子在新型柔性显示和可穿戴电子器件中发挥着重要作用, 显示了巨大的应用前景。准确地描述光电高分子及其共混光电高分子及其共混薄膜的完整力学性质有助于调控器件制备过程中和工作条件下的机械响应行为。目前领域内对半导体层的电学性能研究较多, 而对力学性能缺乏系统研究, 尤其对分子结构和聚集态结构[1]对聚合物半导体的力学性能的影响缺乏深刻认识。

基于吡咯并吡咯二酮单元的共轭聚合物 PDPPT3 合成简单, 可通过非卤代溶剂制备高空穴迁移率晶体管器件[2]。我们选取 PDPPT3 为研究对象, 成功合成了多分散指数相当 (~ 1.5)、数均分子量从 9 kg/mol 到 201 kg/mol 的六批聚合物。在半导体层薄膜厚度相近时, 随着分子量的增加, 空穴迁移率先增大, 当分子量为 128 kg/mol 时, 空穴迁移率达到最大, 随后迁移率逐渐降低。基于同步辐射掠入射 X 衍射(GIWAXS)、弹性体力学测量 (FOE) 以及原子力显微镜力学测量, 我们系统研究了分子量对薄膜聚集态结构和力学性能的影响, 并建立了相干长度、力学参数与空穴迁移率三者之间的构效关系。

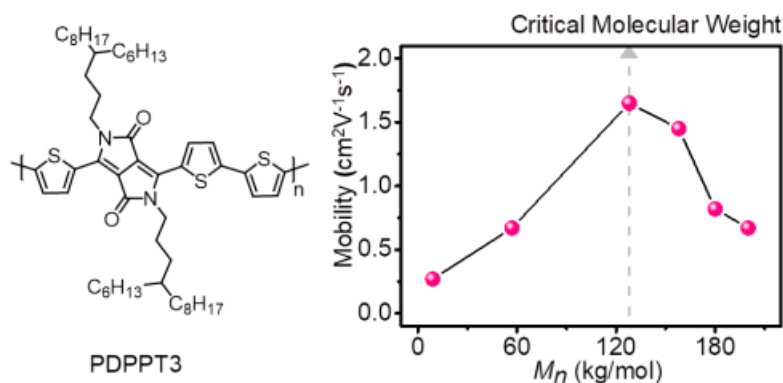


图 1. PDPPT3 的分子结构与空穴迁移率。

参考文献

- [1] Ye, L.; Ade, H. et al., Quenching to the Percolation Threshold in Organic Solar Cells. *Joule* 2019, 3 (2), 443-458.
 [2] Wang, Z.; Geng, Y. et al., A Simple Structure Conjugated Polymer for High Mobility Organic Thin Film Transistors Processed from Nonchlorinated Solvent. *Adv. Sci.* 2019, DOI:10.1002/advs.201902412.

作者简介



叶龙, 天津大学材料学院, 教授、博士生导师

研究方向: 基于同步辐射光源开展有机/聚合物光电材料的聚集态结构研究; 有机/高分子光电功能材料中的共混热力学; 有机光电材料的热/力学性质。

有机薄膜神经形态电子器件

仲亚楠, 封扬, 蔡佳伟, 李立星, 高旭, 徐建龙, 王穗东*

苏州大学功能纳米与软物质研究院, 江苏省苏州市工业园区仁爱路 199 号, 215123

*Email: wangsd@suda.edu.cn

受到人脑智能与高效运作的启发, 以类神经元和类突触器件作为基本单元的神经形态电路成为了广受关注的新兴研究领域[1]。有机功能材料具有生物兼容性好、易柔性化、可在分子尺度裁剪以开发新功能等诸多优点, 基于此我们研究了有机忆容器、忆阻器、记忆晶体管等有机薄膜神经形态电子器件及其对突触行为的模拟[2-5]。有机忆容器通过多介质层结构来实现, 在聚合物驻极体层中注入/抽出电荷可调控半导体层在介质层与导电层之间切换, 从而获得连续和可逆的电容变化。纵向架构的有机忆阻器通过离子掺杂聚合物来实现, 在聚合物薄膜中由电场驱动的离子再分布会改变薄膜导电性, 形成连续和可逆的电阻变化, 并伴随电致变色现象。另一方面, 横向架构的有机忆阻器通过晶体管结构来实现, 聚合物驻极体层中的电荷俘获/逃逸是累加式和非易失性的, 这可用于连续可逆地调制器件沟道电流。在此基础上, 引入紫外光作为光控栅极能大幅度调控电荷俘获/逃逸的速率, 进而实现忆阻强度可调的有机记忆晶体管。我们利用有机忆阻器与记忆晶体管在单一器件中成功模拟了不同层级的突触可塑性(图 1)、频率依赖可塑性等, 为构筑有机神经形态电路提供了新的思路。

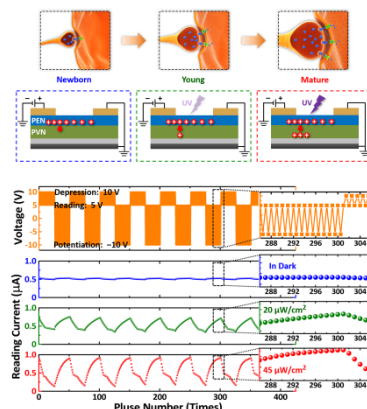


图 1. 在不同强度的紫外光照射下, 有机薄膜记忆晶体管表现出了不同层级的类突触可塑性行为

参考文献

- [1] Y. Burgt, Organic electronics for neuromorphic computing, et al., *Nat. Electron.*, 1, 386, (2018).
- [2] Y. N. Zhong, et al., Synapse-like organic thin film memristors, *Adv. Funct. Mater.*, 28, 1800854, (2018).
- [3] Y. N. Zhong, et al., Selective UV-gating organic memtransistors with modulable levels of synaptic plasticity, *Adv. Electron. Mater.*, 5, 1900955, (2019).
- [4] Y. Feng, et al., Solution-processed polymer thin-film memristors with an electrochromic feature and frequency-dependent synaptic plasticity, *Adv. Intell. Syst.*, 1, 1900022, (2019).
- [5] J. W. Cai, et al., Organic thin film memcapacitors, *Appl. Phys. Lett.*, 114, 043302, (2019).

作者简介



王穗东, 苏州大学功能纳米与软物质研究院 (FUNSOM) 教授。浙江大学物理学学士; 香港城市大学物理与材料科学博士。曾在日本名古屋大学、日本国立理化研究所和日本国立产业技术综合研究所从事研究工作, 2008 年底回国加盟苏州大学。主要从事有机忆阻器、忆容器、类突触记忆晶体管等有机神经形态器件, 有机/杂化光电探测器件等方面的应用基础研究; 已在 *Appl. Phys. Lett.*、*IEEE Elect. Dev. Lett.*、*Adv. Funct. Mater.*、*Adv. Electron. Mater.*、*Energy Environ. Sci.* 等期刊上发表了 SCI 论文 120 余篇, 他引 3000 多次。曾获国家级教学成果奖二等奖、江苏省教学成果奖特等奖等奖项。

以茚满二酮为端基的醌式化合物的合成

邓云峰

天津大学材料科学与工程学院，天津市海河教育雅观路 13 号，300350

*Email: yunfeng.deng@tju.edu.cn

醌式化合物由于其独特的光电磁性质而受到广泛关注。目前报道的醌式化合物大多是以双氰基封端，其主要通过 Takahashi 反应来合成。然而，由于氰基低的化学反应活性，这类醌式化合物难以实现端基的调控，其光电性质只能通过中间单元核来调节。构建以芳香单元为端基的醌式化合物，利用芳香单元的多个化学反应位点，可以实现对醌式化合物端基的调控。但是这类醌式化合物的稳定性较差。

我们以简单易得的苯醌衍生物（膦酯或膦盐，化合物 1）和芳基二甲醛（化合物 2）为底物，成功合成了茚满二酮封端的醌式化合物。该方法合成路线简单，无需对中间体进行分离，且具有很好的底物适用性，可以合成端基为不同茚满二酮衍生物、中间单元为不同醌式单元的共轭分子。通过端基和中间单元核的调节可以对醌式化合物的光物理性质和电子传输性能进行精细的调控。

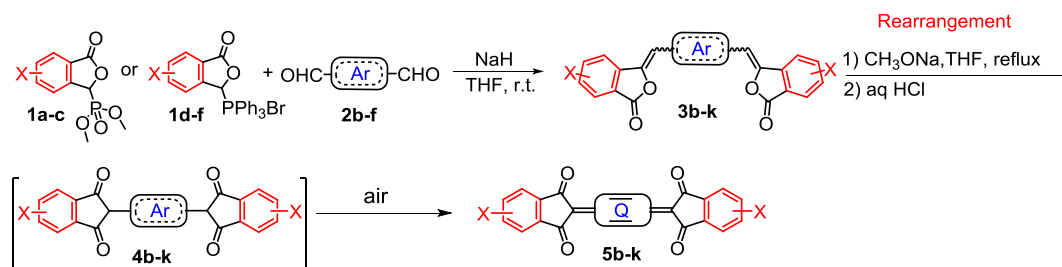
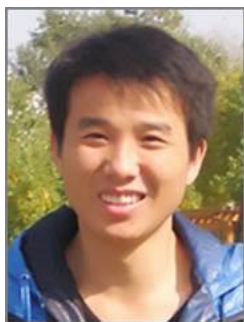


图 1. 以茚满二酮为端基醌式化合物的合成

参考文献

[1] Du, T.; Gao, R.; Deng, Y.; Wang, C.; Zhou, Q., Geng, Y., Indandione-terminated Quinoids: Facile Synthesis by Alkoxide-mediated Rearrangement Reaction and Semiconducting Properties. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, DOI: 10.1002/anie.201911530.

作者简介



邓云峰

工作经历

2017-至今 天津大学材料学院，副教授、博士生导师

2016-2017 以色列理工学院化学工程系，博士后

2015-2016 加拿大滑铁卢大学化学工程系，博士后

研究方向

- 1、有机高分子半导体材料与薄膜晶体管器件 (OTFTs)
- 2、新型醌式化合物的合成及其应用

一种基于激光烧蚀策略的柔性电子器件制备技术

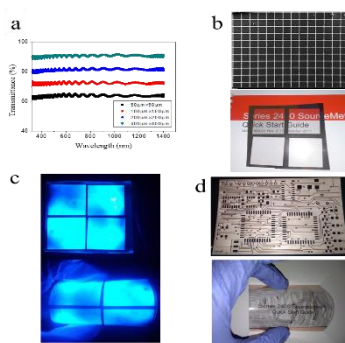
覃儒展¹, 胡明俊², 单光存^{1,*}

¹ 北京航空航天大学仪器科学与光电工程学院, 北京市, 100191

² 北京航空航天大学材料科学与工程学院, 北京市, 100191

*Email: gcshan@buaa.edu.cn

作者提出了一种基于紫外激光烧蚀方法用于制造大面积金属基柔性电子器件, 该方法所制备的铜基电极获得较好的光电性能(如图 a 所示, 90.9%透光率和 21.6 Ω /sq 薄层电阻), 所制备不同规格的柔性透明电极如图 b 所示, 可应用于电致发光显示(图 c), 此外, 作者提出的激光烧蚀策略还可用于生产各种具有优良电气性能和机械性能的柔性电路板(图 d)。



参考文献

- [1] N. Wang, J.Z. Liu*, M.J. Hu, RZ Qin, **G.C. Shan***, Laser-cutting fabrication of MXene-based flexible micro-supercapacitors with high areal capacitance, *Chem. Nano. Mat.* 5, 658-665 (2019).
- [2] Qin, Ruzhan; Hu, Mingjun*; et al., Shan, Guangcun*; Flexible fabrication of flexible electronics: a general laser ablation strategy for high-resolution large-area copper-based electronics, *Advanced. Electronic. Materials.*, 5, 1900365 (2019).

作者简介



单光存博士, 北京航空航天大学教授, 香港城市大学顾问委员会成员, 德国萨尔大学访问教授。先后主持或承担国家重点研发计划项目、科技部国家重点研发计划战略性国际合作项目以及香港政府 ITF 项目等。目前共发表 70 余篇 SCI 学术论文(包括两篇 ESI 高被引论文和五篇综述论文)。

基于硅基纳米结构的场效应晶体管的理论模拟研究

单光存^{1,*} 黄维²,

¹ 北京航空航天大学仪器科学与光电工程学院, 北京市, 100191

² 西北工业大学柔性电子研究院, 西安市, 7100

*Email: gcshan@buaa.edu.cn

作者首先回顾了各种低维硅纳米结构材料, 比如可用于锂离子电池的纳米级硅负极材料硅纳米线和硅纳米管以及近年制备得到的二维硅烯。近几年来, 硅烯已在不同的基底如 Ag(111)、ZrB₂(0001) 和 Ir(0001) 等表面上获得了成功制备。研究硅烯的生长机制、探索合适的基底生长大面积、高质量的硅烯对于基础研究和应用探索都具有十分重要的意义。目前, 对于硅烯的研究主要集中于 Ag(111) 基底上的生长; 然而在 Ag(111) 基底上制备出来的硅烯有多种畴, 畴与畴之间的晶界无疑会影响到器件的性质, 这也是目前基于硅烯的场效应晶体管的电子迁移率远远低于理论预期值的原因之一。因此, 作者将重点阐述基于非平衡格林函数计算方法对硅烯场效应晶体管(包括石墨烯场效应管)的研究探索。此外, 作者还将论述经过表面修饰的硅烯是量子反常霍尔效应绝缘体以及通过理论计算对其自旋流进行的理论估算。

参考文献

- [1] S. Wu, G.C. Shan, B. Yan, Prediction of Nearly Room-Temperature Quantum Anomalous Hall Insulator based on Honeycomb Materials, Phys. Rev. Lett. 113,256401 (2014). ESI Highly cited paper.
- [2] Guangcun Shan*, Yu Wang, and Wei Huang, Electronic Transport Characteristics in Silicon Nanotube Field-effect Transistors, Physica E, 43(9), 1655-1658 (2011).

作者简介



单光存博士, 北京航空航天大学教授, 香港城市大学顾问委员会成员, 德国萨尔大学访问教授。先后主持或承担国家重点研发计划项目、科技部国家重点研发计划战略性国际合作项目以及香港政府 ITF 项目等。目前共发表 70 余篇 SCI 学术论文(包括两篇 ESI 高被引论文和五篇综述论文)。

Coherent charge transport in two-dimensional conjugated polymeric crystal

Yuan Tian(田园)^{1,3}, Huanli Dong(董焕丽)¹, Wenping Hu(胡文平)^{1,2,*}, Daoben Zhu(朱道本)¹

¹ Beijing National Laboratory for Molecular Sciences, Key Laboratory of Organic Solids, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

² Tianjin Key Laboratory of Molecular Optoelectronic Sciences, Department of Chemistry, School of Sciences, Tianjin University, Tianjin 300072, China

³ School of Physics and Electronics, Hunan University, Changsha 410082, China

*Email: huwp@tju.edu.cn

Two-dimensional (2D) polymeric crystals are highly attractive for i) clarifying charge transport mechanism of conjugated polymers, ii) enriching the family of 2D materials, and iii) advancing their application in high performance device and circuit of plastic electronics. Here, a kind of novel, atomic thin, centimeter-sized scale, 2D conjugated polymeric (2DCP) crystals are demonstrated to approach these targets. Coherent charge transport, Hall-effect in diffusion regime and positive magnetoconductance due to weak localization are found for the first time in such 2DCP crystals. These results indicate that such high quality 2DCP crystals provide an ideal platform for new physics and device beyond conventional polymer thin films.

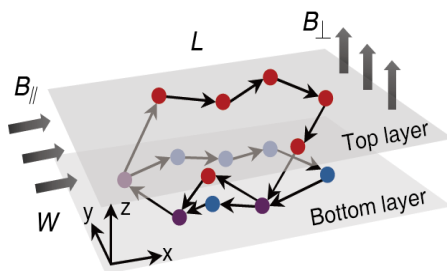


Figure 1. A possible closed-loop charge carrier trajectory in bilayer 2DCP crystals ^[1].

参考文献

- [1] Yuan Tian, Yifan Yao, Qingqing Yan, Huanli Dong, Yang Li, Jialing Zhang, Ye Zou, Wei Chen, Jianhua Gao, Shixuan Du, Hongjun Gao, Daoben Zhu & Wenping Hu*, Coherent charge transport in two-dimensional conjugated polymer crystals, *in submission*, 2019.

有机晶体管电荷注入调控与应用

王中武¹, 李立强^{1,*}

¹ 天津大学分子聚集态科学研究院, 天津市南开区卫津路 92 号, 300091

*Email: lilq@tju.edu.cn

有机场效应晶体管是构筑下一代电子器件的关键基元器件之一, 在电路、电视驱动、传感等领域具有广阔的应用前景。在有机晶体管中, 半导体/电极界面处的电荷注入效率是影响器件性能的关键因素之一, 因此, 制备与有机半导体具有良好兼容性的电极材料、开发半导体/电极界面修饰方法, 进而提升电荷注入效率是有机晶体管领域内的研究热点。我们在前期工作中开发了导电聚合物和氧化石墨烯电极材料, 提升了电荷注入效率, 进而获得了高性能有机场效应晶体管。在此工作基础上, 我们进一步利用半导体电荷注入效率可调的特点, 制备了基于有机晶体管构型的压力传感器件, 这是一种新型的基于半导体/导体界面压阻效应的压力传感器, 其表现出灵敏度可调的特点, 这为压力传感器在复杂环境中的应用提供了便利。

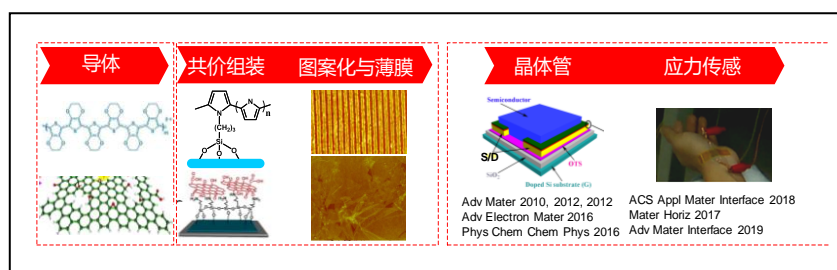


图 1. 有机晶体管电荷注入调控与应用

参考文献

- [1] Wang Z.; Guo S.; Li H.; Wang B.; Sun Y. Xu Z. Chen X. Wu K. Zhang X. Xing F. Li L. and Hu W. *Adv. Mater.* 2009, 31, 1805630.
- [2] Chen X.; Zhang S.; Wu K.; Xu Z.; Li H.; Meng Y.; Ma X.; Liu L.; Li L.; *Adv. Electron. Mater.* 2016, 2, 1500409. (Frontispiece)
- [3] Xu Z.; Chen X.; Zhang S. Wu K.; Li H.; Meng Y. Li L. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2016, 18, 13209. (Back cover)
- [4] Li, L.Q.; Hirtz, M.; Wang, W.; Du, C.; Fuchs, H.; Chi, L. *Adv. Mater.* 2010, 22, 1374-1377.
- [5] Li, L.Q.; Jiang, L.; Wang, W.; Du, C.; Fuchs, H.; Hu, W.; Chi, L. *Adv. Mater.* 2012, 24, 2159.

作者简介



李立强, 天津大学分子聚集态科学研究院教授, 中组部“青年千人计划”、江苏省“双创人才计划”、天津市“杰出青年基金”入选者。2002 年和 2005 年在南开大学分别获得学士和硕士学位(导师: 印寿根教授、黄文强教授), 2008 年在中科院化学所获得博士学位(导师: 胡文平教授、朱道本院士)。随后在德国明斯特大学从事博士后研究工作(合作导师: 迟力峰教授), 2014 年 5 月加入中科院苏州纳米所, 任研究员、博士生导师, 2018 年 6 月调入天津大学。研究方向为分子材料与器件领域, 以分子材料在场效应晶体管与传感器领域的应用为主要目标。相关工作以第一或通讯作者在 *Adv. Mater.*, *Adv. Energy Mater.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Adv. Funct. Mater.*, *Mater. Horiz.* 等期刊上发表论文 30 余篇, 与他人合作发表文章 30 余篇。全部文章被引 1600 余次, H 因子 19。

全部文章被引 1600 余次, H 因子 19。

基于非经典噻吩酰亚胺的空气稳定 n-型半导体

陈小龙¹, 贺耀武¹, 贺玉¹, 朱亚楠¹ 孟鸿^{1,*}

¹ 北京大学深圳研究生院, 深圳, 518055

*Email: menghong@pku.edu.cn

有机场效应晶体管 (OTFT) 由于具有可溶液加工、柔性可折叠等优点, 在柔性显示、可穿戴设备、电子皮肤和生物医用等领域内有着广阔的应用前景。在 n-型半导体中, 电子在传输过程会与空气中的水氧反应, 极大的程度上限制了迁移率和稳定性, 使得其器件性能远远落后于 p 型半导体。这种 p/n 型有机场效应晶体管的不均衡发展, 严重的限制了有机场效应晶体管的实际应用。因此, 发展新型高迁移率、高稳定性的 n-型有机半导体是一个亟需解决的问题。

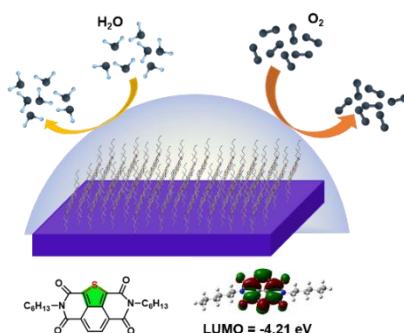


图. 1 BTDI-C6结构与能级

萘酰亚胺 (NDI) 类材料是一种研究广泛的 n-型半导体材料, 核上四个羰基可以有效降低 LUMO 能级, 提高其空气稳定性, 降低有机层与金属电极的电子注入能垒。目前, 对于 NDI 的研究主要集中在三个方面, N 原子上进行取代, 可以改变分子堆积; 萘上吸电子基团取代, 可以有效调控能级; 延长 π 共轭体系, 既能增大分子间相互作用, 又能调控能级。通过这些修饰, 衍生了一系列空气稳定的、高迁移率的 n-型半导体。这些对 NDI 的修饰都是围绕着 NDI 母核进行修饰的, 而我们直接用非经典噻吩—异苯并噻吩 (Isothianaphthene) 取代, 设计合成了新的酰亚胺化合物—BTDI-C6。与 NDI-C6 相比, BTDI-C6 具有更低的 LUMO (-4.21eV) 能级, 保证了基于 BTDI-C6 的 OTFT 器件能在空气中稳定运行。两种材料的 OTFT 器件在 N_2 氛围下具有相近的迁移率, 但 BTDI-C6 器件具有更低的阈值电压 (7.5V), 而 NDI-C6 的阈值电压为 34V。更重要的是, BTDI-C6 在溶液中显示出较强的荧光, 预示着其在发光器件中的应用。这些结果表明, BTDI 核在有机光电领域内有着比较广阔的应用前景。

参考文献

- [1] Chen, X.; He, Y.; Ali, M. U.; He, Y.; Zhu, Y.; Li, A.; Zhao, C.; Perepichka, I. F.; Meng, H., Isothianaphthene diimide: an air-stable n-type semiconductor. *Science China Chemistry* **2019**, *62* (10), 1360-1364.
- [2] Li, H.; Shi, W.; Song, J.; Jang, H.-J.; Dailey, J.; Yu, J.; Katz, H. E., Chemical and Biomolecule Sensing with Organic Field-Effect Transistors. *Chemical Reviews* **2019**, *119* (1), 3-35.

作者简介



陈小龙, 男, 本科毕业于兰州大学化学化工学院基地班, 现为北京大学深圳研究生院新材料学院博士生, 导师为孟鸿教授。主要研究方向为非经典噻吩酰亚胺类 n-型半导体材料的设计合成以及 OTFT 器件制备和性能测试。

非破坏性手段精细调控分子体系的双自由基特性

王文翔, 苗芳, 郑永豪*

电子科技大学光电科学与工程学院, 成都, 610054

*Email: zhengyonghao@uestc.edu.cn

精细调控分子内部的自由电子含量一直是有机半导体领域的一个难点。同时, 这类分子在非线性光学、有机电子学和自旋电子学等领域具有重要的应用。然而目前报道的双自由基还普遍存在稳定性差以及合成路线繁琐的问题, 这大大限制了对这类材料的进一步研究和应用。我们研究出一种以非破坏性的手段来精细调控稳定双自由基体系的自由基含量。我们合成了一种基于吡咯并吡咯二酮的苯氧自由基衍生物, 同时引入不同大小的杂原子来调控体系的自由基特性。电子顺磁共振测试表明, 含有 O, S 和 Se 杂环的苯氧双自由基分子的单线态和三线态能级差分别为 -3.75, -4.03 和 -7.97 kcal/mol (图一)。同时, 随着杂原子半径增大, 受到分子的自由基性质影响, 分子的吸收光谱出现了从含硒酚到噻吩衍生物的蓝移现象。在有机场效应晶体管器件中, 含硒酚杂环自由基分子的电子迁移率可以达到 $0.004 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 这也是首次报道含苯氧自由基分子的电子迁移率, 我们也将进一步开发这类分子在器件中的应用。我们希望能够进一步加深对自由基分子体系中结构性能关系的理解, 为开发新型的自由基材料提供新思路。

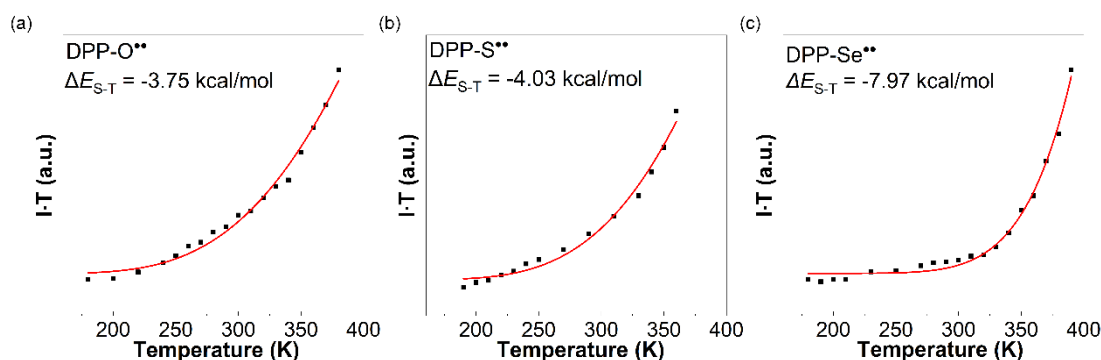


图 1. 变温 ESR 的 I-T 数据点及其拟合曲线: DPP-O^{••} (a), DPP-S^{••} (b) and DPP-Se^{••} (c)。

参考文献

- [1] W. Wang, et al, A Non-destructive Strategy: Fine-tune the Diradical Character in Molecular Systems, *Chem. Commun.*, under review.
- [2] A. Ueda, et al, Three-Dimensional Intramolecular Exchange Interaction in a Curved and Nonalternant π -Conjugated System: Corannulene with Two Phenoxyl Radicals. *Angew. Chem. Int. Edit.*, 49, 1678, (2010).
- [3] M. Abe, Diradicals, *Chem. Rev.*, 113, 7011, (2013).
- [4] D. Schmidt, et al, F. Perylene bisimide radicals and biradicals: Synthesis and molecular properties. *Angew. Chem. Int. Edit.*, 54, 13980, (2015).

Molecular and Nano Effects on Organic Charge Trapping Transistor Memory

Linghai Xie^{1,*}, Yang Yu¹, Haifeng Ling¹, Linyi Bian¹, Qihao Ma¹, Mingdong Yi¹, and Wei Huang^{1,2,*}

¹ Centre for Molecular Systems and Organic Devices (CMSOD), Key Laboratory for Organic Electronics and Information Displays & Institute of Advanced Materials (IAM), Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210023 (China).

² Shaanxi Institute of Flexible Electronics (SIFE), Northwestern Polytechnical University (NPU), 127 West Youyi Road, Xi'an 710072, Shaanxi, China.

E-mail: iamlhxie@njupt.edu.cn; iamwhuang@nwpu.edu.cn

Molecular charge trapping is the key physical process in organic transistor memory for data storage that dominate various parameters such as writing/erasing voltage, memory window, on/off ratio, response speed and retention time as well as endurance. As a result, it is very important to explore the structure-property relationship for the guideline of rational design of molecular electrets. Herein, we talk about the molecular and nano effects on charge trapping and memory performance.

We are developing new molecular materials and materials engineering approaches towards high-performance and functional memory systems, including topological nano-molecule (grids & polygrids), organic nanostructures (nanosheets & arrays). Starting from the stable steric hindrance molecular structure, the hierarchical design and regulation of molecular structure, nanostructure and thin films are carried out, and series of stable wide-bandgap memory media are developed. We found that the alkyloxy group is not favorable for the charge storage if molecular structure without alkyloxy have enough film-forming capability. Steric bulk can tune the charge trapping kinetics via the pi-interrupted linkage with sp³ carbon that can protect charge from the relaxation with the longer retention time regarding the controlled models. Nanogrids are high-performance charge trapping elements for multibit memory. Pi-stacked polystyrene is promise matrix with the role of tunneling layers for small-dipole SFX-TCN as charge trapping elements. The nanocolumn effect was first explored for improvement of response speed and data retention. With the p-n junction, the charge can be stored at the interface in the active semiconducting layers.

In this process, breakthroughs have been made in principle design, green synthesis, nano-assembly, thin film technology and device performance. Our researches try to give a collective understanding of the structure-activity relationship between molecular structure and electrical properties in memory devices and will guide molecular design and performance optimization into rational way in future.

Reference

- [1] Yu, Y, et al, Small-Molecule-Based Organic Field-Effect Transistor for Nonvolatile Memory and Artificial Synapse. *Advanced Functional Materials*, 1904602, (2019).
- [2] Wang, K, et al, A Centimeter-Scale Inorganic Nanoparticle Superlattice Monolayer with Non-Close-Packing and its High Performance in Memory Devices. *Advanced Materials*, 30, 1800595, (2018)
- [3] Yu, Y, et al, 4,5-Diazafluorene-Based Donor-Acceptor Small Molecules as Charge Trapping Elements for Tunable Nonvolatile Organic Transistor Memory, *Advanced Science*, 5, 1800747, (2018)
- [4] Li, W, et al, Solution-Processed Wide-Bandgap Organic Semiconductor Nanostructures Arrays for Nonvolatile Organic Field-Effect Transistor Memory, *Small*, 14, 1701437, (2018).
- [5] Li, W, et al, High-Performance Nonvolatile Organic Field-Effect Transistor Memory Based on Organic Semiconductor Heterostructures of Pentacene/P13/Pentacene as Both Charge Transport and Trapping Layers, *Advanced Science*, 4, 1700007, (2017)

红外光波退火制备高 k 氧化物薄膜及薄膜晶体管应用

王素梅^{1*}, 陆凯达¹, 夏国栋^{2,*}

¹ 山东大学材料液固演变与加工教育部重点实验室, 山东, 济南, 经十路 17923 号, 250061

² 齐鲁工业大学(山东省科学院)材料学院, 山东省济南市长清区大学路 3501 号, 250353

*Email: wangsumeimei3000@sdu.edu.cn, xia@qlu.edu.cn

随着集成电路规模的不断扩大, 传统的 SiO₂ 栅介质层, 由于其介电常数较小 (k=3.9), 不能满足晶体管特征尺寸不断缩小的要求。使用高 k 介电材料, 可以很好的解决这一问题。相比于真空沉积薄膜制备技术, 液相沉积技术制备氧化物薄膜由于价格相对低廉, 而且易于与 roll-to-roll 兼容, 近年来引起了很多人的关注。但是, 高质量的氧化物薄膜通常需要至少 400°C 的高温退火, 使得液相沉积薄膜的技术很难应用于柔性衬底。

我们使用溶胶凝胶旋涂的方法, 制备了 Al₂O₃ 栅介质薄膜, 并借助普通的家用光波炉, 在 200°C 左右的低温下进行了红外光波退火处理。红外光波 40 min 的 Al₂O₃ 薄膜在 3 MV/cm 时漏电流低至 5.60×10⁻⁸ A/cm², 1 KHz 下的电容为 158 nF/cm²。我们以光波处理的氧化铟薄膜为半导体层, 制备了 In₂O₃/Al₂O₃ 薄膜晶体管。在 4V 的操作电压下, 器件的载流子迁移率高达 33.6 cm²V⁻¹s⁻¹, 远高于高温退火器件的 16.1 cm²V⁻¹s⁻¹。

我们还将这种方法扩展到了氧化物半导体薄膜的制备。在 230 °C 的低温下, 以红外光波处理的 InGaZnO 薄膜为半导体层制备的薄膜晶体管载流子迁移率高达 60 cm²V⁻¹s⁻¹, 开关比高达 10⁶。此迁移率不仅是高温 (450 °C) 退火处理器件的 4 倍, 而且也基本达到了真空技术制备的氧化物薄膜晶体管的水平。

对红外光波对薄膜退火处理的作用机制做了分析。红外光波技术为液相制备氧化物薄膜提供了一个潜在的可能。

参考文献

[1] S. Wang, et al, Eco-friendly, low-temperature solution production of oxide thin films for high-performance transistors via infrared irradiation of chloride precursors, *Ceramics International*, 45: 9829-9834(2019).

[2] G. Xia, Q. Zhang, S. Wang, High-Mobility IGZO TFTs by Infrared Radiation Activated Low-Temperature Solution Process, *IEEE Electron Device Letters*, 2019, 39: 1868-1871 (2019).

[3] W. Xia, G. Xia, G. Tu, X. Dong, S. Wang, R. Liu, Sol-gel processed high-k aluminum oxide dielectric films for fully solution-processed low-voltage thin-film transistors, *Ceramics International*, 44: 9125-9131 (2018).

作者简介



王素梅, 博士毕业于中科院上海光学精密机械研究所。曾先后在香港和韩国进行博士后研究工作, 现为山东大学副教授。目前的研究兴趣有: (1) 信息材料与器件。发展新型半导体信息材料的合成及制备方法, 开展其在薄膜晶体管、存储器等相关器件中的应用。(2) 新能源材料与器件研究新材料的合成及制备技术, 发展新型清洁能源材料及器件, 包括太阳能电池、超级电容器等, 解决目前环境污染、能源短缺等问题。

Controllable Aggregation of Conjugated Polymer Monolayer: from Field-Effect Transistors to Integrated Circuits

Mengmeng Li*

Key Laboratory of Microelectronic Devices and Integrated Technology, Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

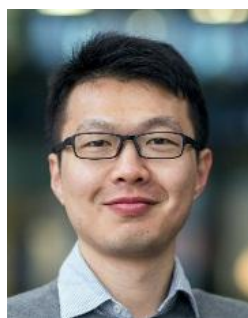
*Email: limengmeng@ime.ac.cn

In spite of their great potentials in bottom-up organic electronics, it is challenging to fabricate conjugated polymer monolayer field-effect transistors due to intricate crystallization and film formation of conjugated polymers.^[1-3] Here, we demonstrate transistors based on a single molecular layer of a conjugated polymer. The resulting polymer monolayer transistors are highly reproducible and exhibit field-effect mobilities reaching $3 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. The high performance is attributed to the strong interactions of the polymer chains present already in solution leading to pronounced edge-on packing and well-defined microstructure in the monolayer. The high reproducibility enables the integration of discrete unipolar polymer monolayer transistors into inverters and ring oscillators. Real logic functionality has been demonstrated by constructing a 15-bit code generator in which hundreds of self-assembled polymer monolayer transistors are addressed simultaneously. Our results open prospective pathways for bottom-up organic electronics.

References

- [1] Li, M. et al. Integrated Circuits Based on Conjugated Polymer Monolayer, *Nat. Commun.* 9, 451 (2018).
[2] Li, M. et al. Impact of Polymorphism on the Optoelectronic Properties of a Low-Bandgap Semiconducting Polymer, *Nat. Commun.* 10, 2867 (2019).
[3] Li, M.* et al. Controlling the Microstructure of Conjugated Polymers in High-Mobility Monolayer Transistors via the Dissolution Temperature, *Angew. Chem. Int. Ed.* DOI: 10.1002/anie.201911311 (2019).

作者简介



李蒙蒙，2016 年博士毕业于德国马克思普朗克高分子研究所，师从欧洲科学院院士、美国艺术与科学院院士 Klaus Müllen 教授。随后在埃因霍温理工大学和荷兰基础能源研究所从事博士后研究工作，分别主持欧盟玛丽居里独立项目和荷兰科学研究组织资助的 Veni 基金，合作导师为荷兰皇家艺术与科学院院士 Ren é Janssen 教授。2019 年加入中国科学院微电子研究所工作，任研究员。主要从事有机半导体自组装及有机场效应晶体管方面的研究。迄今为止已在 *Nat. Commun.*, *Adv. Mater.*, *JACS*, *Angew. Chem.*, *Acc. Chem. Res.* 等国际著名期刊发表论文 40 余篇，引用超 2000 次。曾获山东省自然科学奖二等奖，国家优秀自费留学生奖学金等。入选中组部青年千人计划。

基于 DNA 抑制剂的有机半导体材料与器件研究

张凤娇

中国科学院大学，北京，100049

*Email: fjiaozhang@ucas.ac.cn

功能性有机半导体分子的设计与合成是促进有机场效应晶体管应用研究的有效策略。很多生物和天然产物具有的芳香结构可以促进分子形成短程和长程的电荷传输，是发展功能器件的重要材料来源；但是多重分子间作用力影响分子的长程有序堆积和载流子的有效传输。针对该问题，我们发展了一类 DNA 拓扑异构酶抑制剂的有机半导体材料，通过溶液加工技术精细调控分子堆积，拓展了其在有机电子学中的应用研究（图 1）。以一类小分子玫瑰树碱（Ellipticine）为例，我们通过界面调控以及流体诱导分子排列，获得了分子沿氢键方向和 π - π 堆积方向高度取向性堆积的薄膜。这种高度取向性的分子堆积方式可以有效地分离载流子传输路径，利用时间分辨微波电导法测得沿 π - π 堆积方向和氢键方向的空穴迁移率可分别达 6.5 和 4.2 $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。我们还制备了基于玫瑰树碱的有机场效应晶体管，通过氢键辅助作用可以高效识别检测低浓度的乙酸乙酯。上述研究为有机电子器件的多功能应用提供了新策略，并为有机生物电子器件的构建奠定了基础。

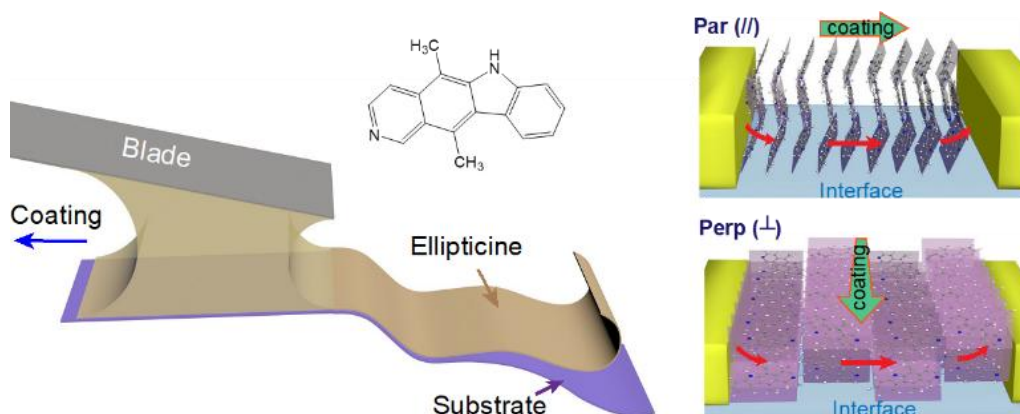


图 1. 溶液法加工的玫瑰树碱在有机电子学中的研究示意图

参考文献

- [1] Zhang, F. J. et al. Repurposing DNA-binding agents as H-bonded organic semiconductors. *Nat. Commun.* 10, 4217, (2019).
- [2] Horstman, E. M. et al. Solution Coating of Pharmaceutical Nanothin Films and Multilayer Nanocomposites with Controlled Morphology and Polymorphism. *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 10, 10480, (2018).
- [3] Zhang, F. J., Qu, G., Mohammadi, E., Mei, J. & Diao, Y. Solution-processed nanoporous organic semiconductor thin films: Toward health and environmental monitoring of volatile Markers. *Adv. Funct. Mater.* 27, 1701117, (2017).

作者简介



张凤娇，2015 年于中国科学院化学研究所获理学博士学位，后赴美国伊利诺伊大学从事博士后工作，2019 年她加入中国科学院大学化学科学学院，主要从事有机电子器件的制备、性能与应用研究，探索新型有机生物电子器件。至今以第一作者发表论文 11 篇，含 *Nat. Commun.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Adv. Mater.* 以及 *Adv. Funct. Mater.* 等期刊论文。曾获中科院院长优秀奖等奖项，入选 2019 年中国科学院百人计划（百人 B）。

共轭有机高分子储能材料研究

王成亮

(华中科技大学, 光学与电子信息学院, 武汉光电国家研究中心, 武汉, 430074,

Email: clwang@hust.edu.cn

共轭有机高分子材料带动了有机电子学(包括OFET、OLED和OPV等)的发展。面对锂电池性能发展缓慢现状和多样化储能需求,共轭有机高分子材料似乎也可以占有一席之地。基于我们前期在OFET中获得的材料设计、单晶、多功能微纳米结构及电荷传输性能的调控经验[1],利用共轭有机高分子材料本身的特点,有望为未来锂电池的大规模应用提供新思路。本报告将介绍我们近期在储能领域取得的研究进展[2-4]。

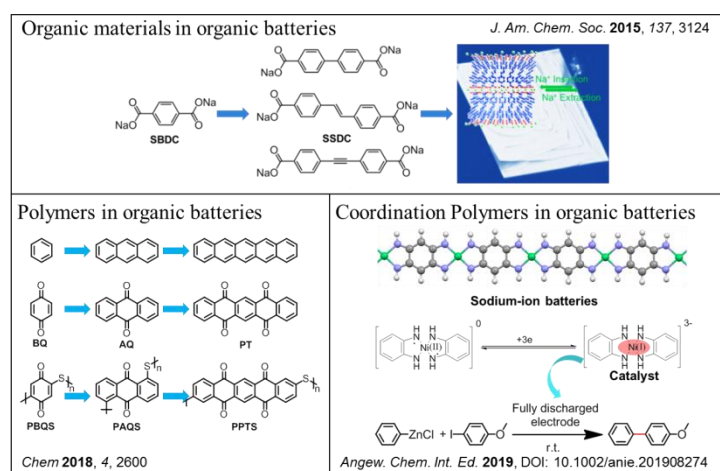


图 1. 共轭有机高分子材料在储能领域的应用研究

参考文献

- [1] Wang, C.*; Dong, H.; Jiang, L.; Hu, W.*, *Chem. Soc. Rev.* 2018, 47, 422.
 [2] Chen, Y.; Tang, M.; Wu, Y.; Su, X.; Li, X.; Xu, S.; Zhuo, S.; Ma, J.; Yuan, D.; Wang, C.*; Hu, W., *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 58, 14731.
 [3] Jiang, C.; Tang, M.; Zhu, S.; Zhang, J.; Wu, Y.; Chen, Y.; Xia, C.; Wang, C.*; Hu, W.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 57, 16072.
 [4] Tang, M.; Zhu, S.; Liu, Z.; Jiang, C.; Wu, Y.; Li, H.; Wang, B.; Wang, E.; Ma, J.; Wang, C.*, *Chem.* 2018, 4, 2600.

作者简介



王成亮, 华中科技大学光学与电子信息学院教授, 博导。2005、2010 年分别本科、博士毕业于南京大学和中科院化学所。2016 年入选中组部青年千人计划, 并于该年 6 月入职华中科技大学。长期从事于有机、高分子共轭材料的设计和合成, 单晶及微纳米结构的控制生长, 及其在有机光电子学和储能电池领域中的应用研究。

单分子层有机半导体晶体在高性能晶体管中的应用

彭博宇 1,*

¹ 香港薄扶林道香港大学黄克兢楼, 机械工程系

*Email: brpe@hku.hk

在有机场效应晶体管具有重大潜力的应用前景中, 场效应晶体管的电流承载能力和运行速度是满足实用化的关键指标。随着材料化学的进步和新型制备方法的引入, 有机半导体材料的迁移率保持快速增长, 同时器件的小型化(较短的沟道长度)和集成化方面的研究逐渐开展。相关研究发现, 器件的接触电阻, 尤其对于高迁移率和短沟道器件, 对于场效应晶体的性能具有重大影响。我们利用溶液剪切法制备出大面积的有机半导体单分子层晶体, 并研究器件的相关性能。我们发现单分子层晶体可以有效地减低场效应晶体管的接触电阻。与同种材料的双分子层相比, 单分子层在保持同样迁移率($12.5 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)的前提下, 接触电阻降低至 $40 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 。以单分子层晶体为活性层的器件, 可以保证在仅 8 微米的短沟道情况下, 沟道电阻仍然起主导作用。较低的接触电阻表现出欧姆接触的特性, 使器件在低至 $100 \text{ } \mu\text{V}$ 的源漏电压下, 仍能保持较高的表现迁移率。该研究证明了单分子层有机半导体晶体是场效应晶体管中较为理想的活性层材料, 具有较大的研究价值和产业化潜力。

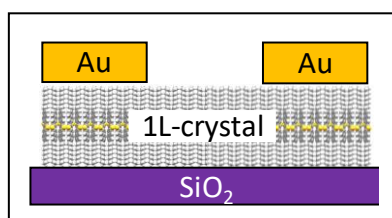


图. 1 基于单分子层半导体的有机场效应晶体管

作者简介



彭博宇, 香港大学博士、博士后, 师从香港大学陈国樑博士。主要研究方向是有机半导体晶体生长机理、低维有机半导体单晶、基于场效应晶体管的电路和传感器。

有机场效应材料与器件基本物理化学问题的基础研究

胡文平

¹ 天津大学理学院, 天津市南开区卫津路 92 号, 天津 310072, 中国

*E-mail: huwp@tju.edu.cn

有机半导体场效应晶体管概念的提出可以追述到上个世纪 70 年代。当时“导电聚合物”的发现震惊了整个世界, 传统的被认为是绝缘体的聚合物, 经过适当的掺杂处理变成了半导体、甚至导体。人们在惊叹材料世界丰富多样的同时, 也在积极开拓导电聚合物的应用领域, 譬如在电子器件、晶体管方面的应用就是当时最活跃的领域之一。有机场效应晶体管主要的优点是: 材料来源广、成膜技术多(如甩膜、滴膜、LB, 分子自组装等成膜技术)、低温加工、电学性质容易调制(通过引入侧链或取代)、可与柔性衬底兼容、器件尺寸小(可达分子尺度)、集成度高、适合大批量生产和低成本等。正是由于有机场效应晶体管具有这些比无机场效应晶体管更突出的优势, 使得有机场效应晶体管具有更为广阔的市场前景。有机场效应晶体管可以制成大面积器件, 大规模互补集成电路; 用于平板显示器的驱动电路, 作为记忆组件用于交易卡、智能卡和身份识别卡等; 还可以用于制备各种气体传感器; 利用场效应晶体管结构可以研究高度有序有机材料的超导性, 实现有机激光。这里我们主要就有机场效应材料与器件基本的物理化学问题进行汇报。

参考文献

- [1] Yugeng Wen, Yunqi Liu, Yunlong Guo, Gui Yu, and Wenping Hu, *Chem. Rev.* 2011, 111(5), 3358-3406.
- [2] Chengliang Wang, Huanli Dong, Wenping Hu, Yunqi Liu and Daoben Zhu, *Chem. Rev.* 2012, 112, 2208–2267.
- [3] 胡文平, **有机场效应晶体管**, 北京, 科学出版社, 2011.8.
- [4] Wenping Hu, *Organic Optoelectronics*, Weinheim, WILEY-VCH, 2012.10, Germany.

作者简介



胡文平, 天津大学副校长, 天津大学理学院教授, 天津市分子光电科学重点实验室主任。国家杰出青年科学基金获得者(2007), 教育部长江学者特聘教授(2014, 中国科学院大学)。

1993 年本科毕业于湖南大学化学化工系, 1996 年硕士毕业于中国科学院金属研究所, 1999 年博士毕业于中国科学院化学研究所(导师: 朱道本院士、刘云圻院士)。在德国洪堡基金会和日本学术振兴会的支持下 1999-2003 年在日本大阪大学和德国斯图加特大学从事研究, 2003 年加入日本电话电讯株式会社, 同年 9 月, 入选科学院“百人计划”, 回到中国科学院化学研究所工作。2013 年任天津大学校长助理、理学院院长。2016 年任天津大学副校长。

胡文平教授主要从事有机场效应材料与器件的研究, 在国内率先开展了有机场效应晶体管的研究, 建立了国际有机半导体微纳晶电子学新领域, 引领了高迁移率有机半导体材料的发展。先后被评为中国科学院优秀导师、中国科学院优秀研究生指导教师和全国优秀博士学位论文指导教师。先后获中国化学会—英国皇家化学会青年化学奖, 中国科学院朱李月华优秀教师奖, 中国化学会—赢创化学创新奖, 以及国家自然科学基金二等奖(有机场效应晶体管基本物理化学问题的研究, 2016 年度, 排名第一)。发表 SCI 论文 500 余篇, 其中 IF>10 的 150 余篇, 被 SCI 引用 20,000 余次(H index=70)。编有中文专著《有机场效应晶体管》一部(科学出版社), 英文专著《Organic Optoelectronics》一部(Wiley 出版社), 合著《分子材料与薄膜器件》一部(化学工业出版社)。

有机共轭分子体系的设计、合成与生物光电子应用

王树^{1*}

¹中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 邮编 100190

*Email: wangshu@iccas.ac.cn

生物电子学 (Bioelectronics) 是生物学与电子信息科学相互交叉渗透所形成的一门新兴学科, 在生物分子的电子学特性研究、生物系统中信息存贮和信息传递, 以及生物医学检测等领域具有重要的意义。功能有机共轭分子材料由于具有优异的光电性质, 在生物光电子器件研究中发挥了重要作用, 一方面可以对生物体系的物理和化学性质及其性能进行有效分析和研究, 另一方面集成功能有机共轭分子材料与生物可获得新功能器件。我们通过纳米沉淀的方法制备了两种强光捕获能力的共轭聚合物纳米粒子, 将该纳米粒子与叶绿体组装可形成生物-光学杂化体系, 利用纳米粒子优异的光吸收能力, 叶绿体的吸收光谱可拓宽至紫外区, 从而增加对光能的吸收, 促进光合作用的光反应, 进而提高光合作用效率。在此基础上我们设计了一种新型的共轭聚合物 (PFP)-类囊体杂化生物电极用以提高光合作用光反应速率和光电转换性能。PFP可以作为“分子天线”, 将吸收的紫外光能量转移给类囊体, 加速光反应速率。同时, PFP作为“电子桥梁”将类囊体光反应产生的电子传递给电极, 加速了界面电子转移速率。类囊体的光合放氧速率由 $130 \mu\text{mol O}_2 (\text{mg chl h})^{-1}$ 提高到了 $270 \mu\text{mol O}_2 (\text{mg chl h})^{-1}$ 。光照下的光电流由 $316.6 \pm 14.0 \text{ nA cm}^{-2}$ 提高到了 $1245 \pm 41.1 \text{ nA cm}^{-2}$ 。该新型杂化生物电极成功利用了共轭聚合物优异的光学和导电性能, 同时优化了生物材料与电极材料的界面性能, 为生物电子器件的构筑提供了新体系。另外, 我们构建了基于有机共轭分子体系的电驱动抗菌器件。该体系中电化学发光 (ECL) 用于驱动激发光敏剂产生活性氧, 仅需通电5秒钟, 抗菌可持续10分钟以上, 这一独特的持久发光特性与长余辉寿命使该器件具有持久、可控的抗菌能力。

参考文献

- [1] S. Liu, H. Yuan, H. Bai, P. Zhang, F. Lv, L. Liu, Z. Dai, J. Bao, S. Wang, *J. Am. Chem. Soc.* 2018, 140, 2284.
- [2] L. Zhou, F. Lv, L. Liu, S. Wang, *Acc. Chem. Res.* 2019, ASAP
- [3] H. Sun, J. Liu, S. Li, L. Zhou, J. Wang, L. Liu, F. Lv, Q. Gu, B. Hu, Y. Ma, S. Wang, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2019, 131, 6049.
- [4] X. Zhou, L. Zhou, P. Zhang, F. Lv, L. Liu, R. Qi, Y. Wang, M. Shen, H. Yu, G. C. Bazan, S. Wang, *Adv. Electron. Mater.* 2019, 5, 1800789.
- [5] Y. Wang, S. Li, L. Liu, F. Lv, S. Wang, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 5308-5311.

Enhancing FET performance through co-doping or modification

Qichun Zhang¹

School of Materials Science and Engineering, Nanyang Technological University (NTU), 50 Nanyang Avenue, Singapore 639798, Singapore.

E-mail: QCZhang@ntu.edu.sg. Website: <http://www.ntu.edu.sg/home/qczhang/>.

Abstract

In this talk, I will present three strategies (the replacement of O with S, Cocrystal, and doping) in my research to enhance the FET performance of the existed materials including NDI, PEDOT and DTPTP.

References

- (1) Jing Zhang*, Jianqun Jin, Haixiao Xu, Qichun Zhang* and Wei Huang,* “Recent Progress on Organic Donor-Acceptor Complexes as Active Elements in Organic Field-Effect Transistors”, *J. Mater. Chem. C.*, 2018, 6, 3485 – 3498.
- (2) Jing Zhang, Peiyang Gu, Guankui Long, Rakesh Ganguly, Yongxin Li, Naoki Aratani, Hiroko Yamada, and **Qichun Zhang*** “Switching Charge-Transfer Characteristic from p-Type to n-Type through Molecule “Doping” (Co-crystallization)” *Chem. Sci.* 2016,7, 3851.
- (3) Wangqiao Chen, Jing Zhang, Guankui Long, Yi Liu, Qichun Zhang* “From Non-Detectable to Decent: Replacement of Oxygen with Sulfur in Naphthalene Diimide Boosts Electron Transport in Organic Thin-Film Transistors (OTFT)”. *J. Mater. Chem. C.* 2015, 3, 8219 – 8224.
- (4) Jing Zhang, Chengyuan Wang, Wangqiao Chen, Jiansheng Wu, Qichun Zhang* “Fabrication and Physical Properties of Self-Assembled Ultralong Polymer/small molecule Hybrid Microstructures” *RSC advances.*, 2015, 5, 25550 - 25554

作者简介



Dr. **Qichun Zhang** is an Associate Professor at the School of Materials Science and Engineering and at Nanyang Technological University, Singapore. His research focuses on conjugated rich carbon materials and applications. Currently, he is an associate editor for *J. Solid State Chemistry*, Advisory board members of *Materials Chemistry Frontiers*, *Chemistry - an Asian Journal*, *Journal of Materials Chemistry C*, and *Inorganic Chemistry Frontiers*. He also is a fellow of the Royal Society of Chemistry. In 2018 and 2019, he has been recognized as one of highly-cited researchers (top 1%) in cross-field in Clarivate

Analytics. Till now, he has published more than 330 papers (H-index: 68) and 4 patents.

Flexible Polymer/Nanoparticle Memristors

Jianyong Ouyang

Department of Materials Science and Engineering, National University of Singapore, Singapore 117576

*Email: mseoj@nus.edu.sg

Electronic devices with resistive switches can be used as memory devices. They are considered as the next-generation hardware for artificial intelligence (AI). Resistive switches have been observed on devices with a polymer film embedded with nanoparticles between two electrodes. These devices have advantages of low fabrication cost and high mechanical flexibility of the active layer. They can be important units in next-generation electronic systems, such as wearable electronic and transient electronic systems. However, the resistive switches are insensitive to the interfaces between the active layer and electrodes for early devices with the nanoparticles capped with oxides or saturated organic ligands.

The interface between two electronic materials usually plays a pivotal role for the electrical behavior of electronic devices. Here, I would like to present polymer:nanoparticle devices with resistive switches sensitive to the interface between nanoparticles and electrodes. When nanoparticles capped with conjugated organic ligand and two different metals are used as the electrodes, the resistive switches are asymmetrical. The resistive switch from low current to high current takes place only along one polarity, and the reversal switch occurs only along the opposite polarity. The electrical behavior, materials effect and mechanism for the resistive switches will be presented and discussed.

Reference

- [1] J. Ouyang, Two-terminal resistive switching memory devices with a polymer film embedded with nanoparticles, *J. Mater. Chem. C*, **3**, 7243 (2015).
- [2] J. Ouyang, Electronic transfer from aluminum into the core of gold nanoparticles capped with conjugated 2-naphthalenethiol, *Org. Electron.*, **21**, 138 (2015).
- [3] J. Ouyang, Temperature-sensitive asymmetrical bipolar resistive switches of polymer:nanoparticle memory devices, *Org. Electron.*, **15**, 1913 (2014).
- [4] J. Ouyang, Electron transfer at the contact between Al electrode and gold nanoparticles of polymer:nanoparticle resistive switching devices studied by ac impedance spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.*, **103**, 233508 (2013).
- [5] J. Ouyang, C.-W. Chu, C. Szmanda, L. Ma, and Y. Yang, Programmable polymer thin film and nonvolatile memory device, *Nat. Mater.* **3**, 918 (2004).

作者简介



欧阳建勇 教授，于清华大学化学系、中国科学院化学所和日本分子科学研究所获得学士、硕士和博士学位。然后在日本北陆先端科学技术大学院大学作助理教授和美国加州大学洛杉矶分校作博士后。2006 年加入新加坡国立大学材料与科学学院，研究方向为有机电子、存储器件、纳米材料等方面的研究，在 *Nature Materials*、*Nature Nanotechnology*、*Nature Communications*、*Advanced Materials*、*Nano Letters* 等学术刊物上发表论文 180 余篇。多篇研究成果被 *MIT Technology Reviews*、*world journal*、*azonano.com*、*Nanotechweb*、*Journal of Materials Chemistry* 等报道或评为年度亮点文章。他的主要研究成果包括发明了世界上第一个高分子/纳米颗粒存储器和多次刷新可加工导电高分子电导和热电性能的世界记录。获得 IUPAC 的 Distinguished Award for Novel Materials and Their Synthesis, NUS Young Investigator Award, 北京科学技术奖一等奖, 日中科学技术交流协会天田科学技术奖励奖 和中国科学院院长奖学金特别奖（获得此奖的唯一硕士研究生，其余获奖者都是博士研究生）。平均单篇论文引用 >80 次。

Achieving non-fullerene organic solar cells with near 17% efficiency

He Yan

Department of Chemistry

Hong Kong University of Science and Technology

Organic solar cells (OSCs) are flexible, semi-transparent and environmentally friendly devices which can be installed in areas where silicon panels are not suitable (such as glass windows on buildings). Conventional OSCs are based on fullerene acceptors as a key component. However, fullerene-based OSCs can only achieve modest efficiency of 12% at best, due to their large voltage loss (above 0.8V), and poor device stability.

Recently, there has been a major revolution in the OSC field, as researchers developed many high-performance non-fullerene acceptors that can overcome the limitation of traditional fullerene acceptors and open a new era for the OSC field. One of the unique features of non-emerging non-fullerene OSCs is the surprisingly small voltage losses of the devices ($\sim 0.5V$). Since 2016, our team at HKUST has developed a range of non-fullerene systems that can simultaneously generate high photocurrent (near 100% yield) with small voltage losses (first published in *Nature Energy*). Moreover, we have recently achieved record-breaking OSCs based on a state-of-the-art non-fullerene acceptor, achieving an unprecedented efficiency of 16.7% in single-junction OSC device. Our work clearly indicate that OSCs have the potential to reach the high efficiency of inorganic solar cells.

Our results show that the key factor is the long charge transfer life-time that allows for efficient charge separation despite of a small energy offset. In the other aspect, we study structure-property relationship of high-performance donor and non-fullerene acceptor materials and reveal the key structure features that enable highly efficient non-fullerene organic solar cell devices with over 16% efficiency. With these understandings of mechanism and structure-property relationship, it is feasible to further increase the efficiency of organic solar cells to the range of 18 to 20% in near future.

Unique Optoelectronic Properties of Molecularly-Thin Organic Semiconductor Films

Beilei Sun¹, Xin Xu¹, Zefeng Chen¹, and Jianbin Xu^{1,2}, Xiran Wang³

¹Department of Electronic Engineering and Materials Science and Technology Research Center, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, NT, Hong Kong, Hong Kong SAR, China

²Institute of Advanced Electronic Materials, Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Xi Li Town, Nan Shan District, Shenzhen, China

³School of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, China

Keywords: two-dimensional, optoelectronics, organic semiconductors, *J*-aggregation

Organic semiconductor (OSC) is of scientific and technological significance for optoelectronic application, since they have numerous advantages over their inorganic counterparts. Here we interrogate the optoelectronic properties of organic semiconductors in two dimensional limits. We find that the PTCDI-C₁₃ can form high-quality monomolecular layer with *J*-aggregation on *h*-BN substrate. Very strong light emission with a narrow bandwidth down to 10 nm is observed in the monolayer PTCDI-C₁₃ film. Beyond the first molecule layer, the multilayer PTCDI-C₁₃ crystal on BN is dominated by *H*-aggregation. Different from the *h*-BN substrate, only *H*-aggregation film is found from PTCDI thin films on SiO₂ substrates. This monolayer *H*-aggregation film provides an idea platform for exploring the intrinsic carrier transport properties because the crystal cracks and step edges, which widely exist in the bulk crystal, can be excluded in the monolayer film. We find that the monomolecular PTCDI-C₁₃ film exhibits a high mobility anisotropy ratio up to ~80, which is one order of magnitude higher than those reported previously from bulk single crystals of organic semiconductors, and highly consisted with theoretical result. Hopping mechanism with an activation energy $k_B T_0 \sim 30$ meV is also observed in monomolecular PTCDI-C₁₃ film.

Reference

- [1] X. Xu, Z. Chen, B. Sun, Y. Zhao, L. Tao, J. B. Xu, *Science Bulletin* 64 (22), 1700-1706 (2019)
 [2] H. J. Zhao, J. B. Xu, X. R. Wang, et al., *Nature Communications* (in press)

Jianbin XU Shenzhen Institute of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen, China

Department of Electronic Engineering Department
 The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong SAR, China
 E-mail: jbxu@cuhk.edu.hk, jb.xu@siat.ac.cn

Prof. Dr. Jian-Bin Xu is currently a Distinguished Professor at the Shenzhen Institutes of Advanced Technology, CAS. Meanwhile he has been a Professor of Department of Electronic Engineering since 2002; Director of Materials Science and Technology Research Center at The Chinese University of Hong Kong (CUHK) since 2007, Chang Jiang Scholar Chair Professor. Also he is a Fellow of IEEE and HKIE.

Dr. Xu received his B.Sc. and M.Sc. from Nanjing University in 1983 and 1986, respectively, in Physics and Information Physics. Since 1988, he was privileged to pursue his PhD study in the University of Konstanz (an elite university), where he earned his doctorate (Dr. rer. nat.) in 1993. Afterwards, he has been with the Department of Electronic Engineering, CUHK. His research interests currently include perovskite optoelectronics, organic semiconductors, two-dimensional layered materials, functional oxide materials, advanced electronic packaging materials, etc.



基于刺激响应型高分子的柔性器件

杨辉¹, 陈晓东^{2,*}

¹ 天津市分子光电科学重点实验室, 天津大学理学院, 天津大学第三教学楼, 300072

² School of Materials Science and Engineering, Nanyang Technological University, 50 Nanyang Avenue, 639798, Singapore

Email: yanghui2018@tju.edu.cn

柔性器件具有较大的变形, 容易与人体皮肤相贴合, 能够满足人体对于可穿戴电子器件形变的要求, 在人体健康监测和生物医疗领域中发挥着越来越重要的作用。然而, 结构复杂、热失控以及力学性能差等重要问题限制了柔性器件的进一步发展。基于此, 利用刺激响应型高分子的材料加工技术制备了多种柔性器件, 为构建新一代柔性器件提供了新策略: (1) 发展了熔融沉积三维打印技术, 简便构筑了结构复杂的柔性驱动器; (2) 采用溶胶凝胶法制备了储能器件的电解液, 实现了器件的自保护功能, 解决了柔性储能器件的热失控问题; (3) 利用热压法制备了自修复柔性传感器, 延长了器件寿命。

参考文献

- [1] Hui Yang, Wan Ru Leow, Xiaodong Chen. Thermal-responsive polymers for enhancing safety of electrochemical storage devices. *Adv. Mater.*, 2018, 30, 1704347.
- [2] Hui Yang, Wan Ru Leow, Ting Wang, Juan Wang, Jiancan Yu, Ke He, Dianpeng Qi, Xiaodong Chen. 3D printed photo-responsive devices based on shape memory composites. *Adv. Mater.*, 2017, 29, 1701627.
- [3] Hui Yang, Dianpeng Qi, Zhiyuan Liu, Bevita K. Chandran, Ting Wang, Jiancan Yu, Xiaodong Chen. Soft thermal sensor with mechanical adaptability. *Adv. Mater.*, 2016, 28, 9175-9181.
- [4] Hui Yang, Zhiyuan Liu, Bevita K. Chandran, Jiyang Deng, Jiancan Yu, Dianpeng Qi, Wenlong Li, Yuxin Tang, Chenguang Zhang, Xiaodong Chen. Self-protection of electrochemical storage devices via a thermal reversible sol-gel transition. *Adv. Mater.*, 2015, 27, 5593-5598.

作者简介



杨辉, 男, 天津大学理学院教授, 第十三批天津市人才计划青年项目。2007 年于山东大学化学与化工学院获理学学士学位; 2012 年于山东大学高分子化学与物理专业获理学博士学位 (导师: 谭业邦教授)。2012 年至 2014 年在清华大学化学系进行博士后研究工作 (导师: 张希院士); 2014 年至 2018 年在新加坡南洋理工大学材料科学与工程学院进行博士后研究工作 (导师: 陈晓东教授); 2018 年 10 月进入天津大学理学院开展研究工作。研究方向为光电功能高分子材料与柔性器件, 研究对象主要为有机光电高分子和刺激响应型高分子及其在人体健康监测系统中的应用, 研究范围涉及柔性传感器、多功能纳米材料、可拉伸有机场效应晶体管、可贴敷电极和人体电生理信号传感等。在国际权威期刊 *Acc. Chem. Res.*, *Adv. Mater.*, *Adv. Funct. Mater.* 等上共发表 SCI

论文 41 篇, SCI 引用 1386 次, H 因子 19, 平均引用次数 33.8。其中, 以第一作者身份发表高水平论文 20 篇。

有机场效应晶体管多进制存储器

仪明东^{1*}, 李雯¹, 黄维^{1, 2}¹南京邮电大学信息材料与纳米技术研究院, 南京市文苑路9号, 210023²西北工业大学, 西安市友谊路127号, 710072

*Email: iammdyi@njupt.edu.cn

针对多进制存储实现难且存储性能低并主要依赖栅介质存储功能层来实现的问题, 我们提出叠层有机半导体异质结有源层、有机半导体电荷存储功能层阵列化和构建有机半导体光子感应层等半导体层调控理念[1,2], 研制出最高具有8阶存储特性的多进制存储器, 大幅提升了存储器的单位存储容量, 创造了当时多进制存储器存储容量的最高纪录, 并且具有 μs 级别的存储速度和10年以上的存储寿命, 其存储性能指标位居有机半导体存储器的前列, 进而研制出高性能的柔性有机晶体管存储器, 在反复挠曲10000次后存储性能仍然保持稳定。

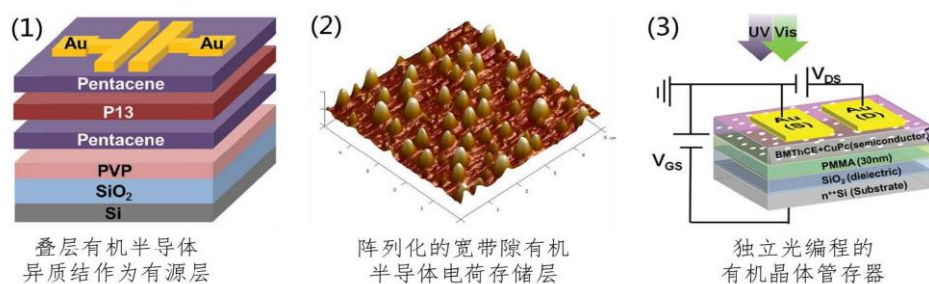


图 1. 有机场效应晶体管非易失性存储器

参考文献

- [1] Ke Wang, Haifeng Ling, Yan Bao, Mengting Yang, Yi Yang, Mubashir Hussain, Huayang Wang, Lianbin Zhang, Linghai Xie*, Mingdong Yi*, Wei Huang, Xiaolin Xie, and Jintao Zhu*, *Advanced Materials*, 30, 1800595, 2018.
- [2] Wen Li, Fengning Guo, Haifeng Ling, Peng Zhang, Mingdong Yi*, Laiyuan Wang, Dequn Wu, Linghai Xie*, and Wei Huang*, *Advanced Science*, 4, 1700007, 2017.

作者简介



仪明东, 南京邮电大学信息材料与纳米技术研究院教授、博士生导师。研究领域为高性能有机半导体存储器, 以第一作者或通讯作者在 *Adv. Mater.*、*Adv. Sci.*、*Small*、*Adv. Electron. Mater.*、*Appl. Phys. Lett.*、*Org. Electron.* 等在内的国际学术期刊发表论文 50 余篇, 申请和授权中国发明专利 21 项, 申请 PCT 专利 1 项, 部分研究成果获得了 2018 年度教育部高等学校科学研究成果奖自然科学奖一等奖。

Understanding the processing parameters of meniscus guided coating method for OFET fabrications

陈铭, 陈国梁*

香港大学, 机械工程系

Email: pklc@hku.hk

弯月面引导溶液剪切法 (MGC) 主要适用于具有强 π - π 重叠的可溶性有机半导体, 以实现单晶有机薄膜和高性能有机场效应晶体管 (OFET)。在这项工作中, 包括剪切速度 (v), 溶质浓度 (c), 沉积温度 (T) 和溶剂沸点 (T_b) 在内的四个基本因素被统一起来, 以分析弯液面引导涂层中的晶体生长行为。通过仔细地变化和研究的这四个关键因素, 可以确定 v 是厚度调节因子, 而 c 与晶体生长速率成正比。MGC 晶体的生长速率还与溶剂的潜热 (L) 和 Arrhenius 形式的沉积温度相关。溶剂的潜热与 T_b 成正比。通过优化的 MGC 参数生长的 OFET 通道显示出均匀的晶体形态 (粗糙度 $R_q < 0.25$ nm), 载流子迁移率也不错 (平均 $\mu = 5.88$ $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 和最大 $\mu = 7.68$ $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$)。研究提供了一个通用公式来估算这些制造参数的影响, 这些参数可以作为 MGC 方法的晶体生长指南。它也是扩大用于复杂有机电路或大规模生产的 OFET 的重要基石。

作者简介



陈国梁博士于 2002 年获得香港大学机械工程学士学位, 并于 2007 年获得密歇根大学机械工程博士学位。他还拥有密歇根大学电气工程和计算机科学硕士学位。他目前是香港大学的副教授, 并领导纳米级能量转换器件和物理实验室。陈国梁博士的研究重点是高性能有机场效应晶体管, 二维有机半导体, OFET 物理和能量转移。

基于垂直 OFET 的量子点发光晶体管的研制

陈惠鹏*

¹ 福州大学, 平板显示技术国家地方联合工程实验室, 福州, 350026

*Email: hpchen@fzu.edu.cn

Integrating transistor and display pixels into light emitting transistor (LET) is anticipated to optimize the active matrix display, which would significantly reduce the number of transistors in pixel drivers and the space occupied by the transistors simultaneously. In this work, a novel vertical quantum-dot light emitting transistor (VQLET) based on vertical organic thin film transistor (VOTFT) is successfully fabricated. Benefitted from the new vertical architecture, VQLET is able to afford an extremely high current density, which allows most of organic thin film transistors (OTFT) even with low mobility (for instance P3HT) to drive quantum-dot light emitting diode (QLED), which is previously unavailable. Moreover, the hole injection barrier is able to be modulated by the additional gate electrode, which precisely optimizes charge balance in the device, a critical issue in QLED, resulting in precise control of current density and brightness of VQLET. The VQLET shows high performance with a maximum current efficiency of 37 cd/A. Furthermore, integrating OTFT and QLED into single device, VQLET features drastic advantages by realizing active matrix quantum-dot light emitting diodes (AMQLED), which significantly reduces the number of transistors and frees the large area fraction occupied by transistors. Hence, these results indicate that VQLET provides a new strategy for realizing low-cost, solution-processed, high-performance OTFT-AMQLED for flat panel display technology. Moreover, the novel design offers a unique method to exquisitely control charge balance and maximize the efficiency of QLED.

作者简介



陈惠鹏, 福州大学教授。主要从事光电材料与器件、印刷电子等方面的研究。研究对象包括薄膜晶体管、存储器、光探测器、类神经元电子器件与系统等。主持国家重点研发计划课题、国家自然科学基金等项目, 发表论文 60 余篇。

基于大环结构的高迁移率 p-型小分子及应用

张斌

常州大学, 江苏省常州市武进区滆湖中路 21 号, 213164

*Email: msbinzhang@outlook.com

设计和开发具有高迁移率和高稳定性的 p-型有机半导体是一类重要的和急迫的研究课题。在本研究中, 将吲哚咔唑和苯并噻吩进行有效地结合, 合成了具有九元并环结构的大环化小分子 ICzDBT。该小分子具有优秀的热学稳定性; 同时具有较适宜的 HOMO 能级 (接近 -5.2 eV)。该 HOMO 能级与金的功函数较匹配, 能够形成较好的欧姆接触, 有利于空穴载流子的注入。通过制备底栅结构的有机场效应晶体管器件, ICzDBT 表现出优异的 p-型半导体特性。ICzDBT 实现了 $0.17 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 的空穴迁移率和 1.2×10^6 的开关比, 同时表现出极低的阈值电压, 达到 -0.8V。而且, 通过长时间的扫描测试, ICzDBT 展现出较高的器件稳定性。在 60 分钟内的连续扫描测试, 其 OFET 性能变化较小。另外, 由于 ICzDBT 大平面结构、较高的空穴迁移率和富电子硫元素的存在, 将其应用于钙钛矿太阳能电池中有望实现较好的光伏性能。通过制备正置结构的基于 CsPbI₂Br 的全无机钙钛矿太阳能电池, ICzDBT 能够实现非掺杂型空穴传输层 (HTL) 的功能。而且, ICzDBT 作为 HTL, 具有一定的厚度非依赖性, 即使在较厚的 HTL 条件下, 仍然能够获得较高的光伏性能, 最终能量转换效率超过 16%。因此, 基于此类分子内环化思想, 可以获得稳定、高迁移率的 p-型小分子或者聚合物; 并且, 此类聚合物具有应用于有机/无机杂化太阳能电池中的潜力。

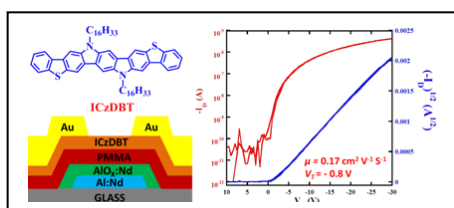


图 1. 基于大环结构的p-型小分子结构式及有机场效应晶体管性能

参考文献

- [1] Guiting Chen, Sheng Sun, Linfeng Lan, Yong Yang, Wei Yang, Bin Zhang, Yong Cao, A Solution-Processed and Low Threshold Voltage p-Type Small Molecule Based on Indolocarbazole- and Benzothiophene-Fused Rings, *Dyes and Pigments*, 144, 32-40, 2017.

作者简介



张斌, 于 2005 年获得东华理工大学学士学位, 之后分别于 2008 年和 2012 年获得华南理工大学工学硕士和理学博士学位; 2013-2017 年间, 分别在华南理工大学“发光材料与器件国家重点实验室”和深圳大学“光电子器件与系统教育部重点实验室”进行博士后研究; 于 2018 年, 加入常州大学材料科学与工程学院, 聘为副研究员。目前, 主要研究方向为有机电致发光材料与器件、聚合物/钙钛矿光伏材料与器件, 以及光电器件界面材料与工程的研究。发表 SCI 研究论文 30 多篇, 其中以第一作者或通讯作者发表 SCI 论文 20 多篇, 包括 *Advanced Energy Materials*, *Small*, *Journal of Materials Chemistry A*, *ACS Applied Materials and Interfaces*, *Journal of Materials Chemistry C* 和 *Polymer Chemistry* 等; 参与申请中国发明专利 26 件, 其中以第一发明人申请中国发明专利 10 件, 授权 5 件; 以第一作者参编英国皇家学会专著一章。

高性能有机晶体管传感器研究

邱龙臻

1 合肥工业大学, 光电技术研究院, 合肥, 230009

*Email: lzhqiu@hfut.edu.cn

We reported an effort to improve the sensitivity and selectivity of organic-transistor sensors using porous polymer film. A facile and controllable phase-separation route using polymer semiconductor blends for fabricating microporous semiconductor films is proposed. The microporous film-based gas sensor exhibited excellent selectivity to ammonia with a detection limitation of 0.5 ppm, a high sensitivity of over 800 at 10 ppm NH_3 , and response / recovery time of few seconds. We also demonstrated a sensor modified with molecularly imprinted polymer (MIP), a porous film with empty cavities complementing the analyte molecules in terms of size, shape and functionality, for specifically recognizing ascorbic acid (AA). The MIP sensor exhibited excellent specific recognition ability to AA which could avoid the interference of other structurally similar compounds, such as aspartic acid, glucose, uric acid and glycine.

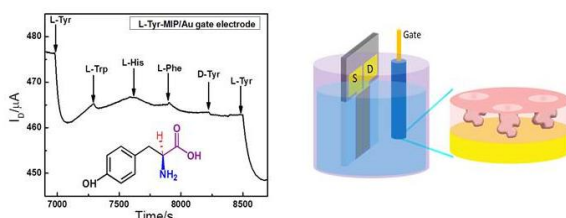


图 1. Schematic diagram and performance of MIP-OECT device

参考文献

- [1] L. Qiu. Highly selective and sensitive sensor based on an organic electrochemical transistor for the detection of ascorbic acid. *Biosensors & Bioelectronics*, 100: 2352 (2018)
- [2] L. Qiu. Chirality detection of amino acid enantiomers by organic electrochemical transistor. *Biosensors and Bioelectronics*, 105: 121 (2018)

作者简介



邱龙臻, 合肥工业大学教授, 博导。主要开展柔性电子器件及其在有机传感器、生物成像及检测等方面的应用研究, 开发多功能光电原型器件。

Tailoring Aggregation Structures of Molecular Materials by Crystal Engineering

甄永刚¹, 何平², 张宗鹏, 纪德洋, 李洁, 易院平, 胡文平^{2,*}

¹ 中国科学院化学研究所, 北京市中关村北一街 2 号, 100190

² 天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

*Email: zhenyg@iccas.ac.cn, huwp@tju.edu.cn

Crystal engineering including polymorph control and co-assembly is one of important strategies to tailor aggregation structures to improve the optoelectronic properties of molecular materials.¹ Herein, we report the controllable growth of different crystal phases of organic semiconductors, i.e. pentacene², thienoacene (BDTDT)³, phthalocyanine derivatives (TiOPc)⁴ as well as porphyrins⁵ through polymorph induction of surface nanogrooves, solution supersaturation, vapor transport temperature gradient or protonic acid.

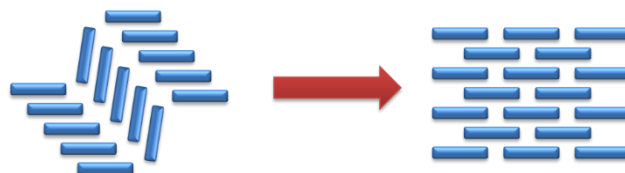
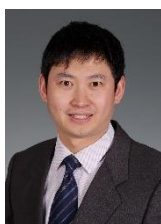


Fig 1. Schematic tailoring packing structures of molecular materials.

参考文献

- [1] P. Yu, et al, Crystal Engineering of Organic Optoelectronic Materials. *Chem*, 5, in press, (2019).
- [2] D. Ji, et al, Surface polarity and self-structured nanogrooves collaboratively oriented molecular packing for high crystallinity toward efficient charge transport. *J. Am. Chem. Soc.*, 139, 2734, (2017).
- [3] P. He, et al, Tuning the crystal polymorphs of alkyl thienoacene via solution self-assembly toward air-stable and high-performance organic field-effect transistors. *Adv. Mater.*, 27, 825, (2015).
- [4] Y. Zhen, et al, Acid-Responsive Conductive Nanofiber of Tetrabenzoporphyrin Made by Solution Processing. *J. Am. Chem. Soc.*, 140, 62, (2018).
- [5] Z. Zhang, et al, The impact of interlayer electronic coupling on charge transport in organic semiconductors: a case study on titanylphthalocyanine single crystals. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55, 5206, (2016).

作者简介



甄永刚, 中科院化学所研究员。2010 年 7 月于中科院化学所获得化学博士学位, 2010 年 8 月至 2013 年 3 月在日本东京大学做博士后研究, 随后加入中科院化学所有机固体实验室。主要研究领域为有机光电功能材料设计合成、自组装和晶体工程。2016 年入选“中国科学院青年创新促进会”, 2018 年获得国家优秀青年基金项目资助。发表 SCI 文章 70 篇, 以第一作者或通讯作者发表 *J. Am. Chem. Soc.* 4 篇、*Angew. Chem. Int. Ed.* 1 篇、*Adv. Mater.* 2 篇、*Chem* 1 篇。

有机共轭分子传感器

黄佳^{1*}

¹ 同济大学材料科学与工程学院

上海市嘉定区曹安公路 4800 号, 邮编: 201804

*Email: huangjia@tongji.edu.cn

随着科学技术的发展以及人民生活水平的提高, 安全与健康受到越来越多的关注。在此背景下, 能有效监测环境中气体组成变化的电子传感器应运而生, 尤其是在日常生活中可以便携式应用的气敏传感器正显得日益重要。近年来, 基于有机共轭分子的场效应晶体管传感器在化学传感领域被愈发关注。有机共轭分子具有制备工艺简单, 成膜技术多样化, 易溶解, 易加工, 成本低廉, 重量轻等特点。以其为核心制备的晶体管能进一步提升传感器的可调控性, 有效地提升电流输出信号强度, 将环境气体浓度的变化高效的转化成电学信号并输出到终端。因此, 基于有机共轭分子的气敏传感器有着成本低, 室温操作, 检测快速等诸多优点, 在柔性可穿戴器件方面具备得天独厚的优势。

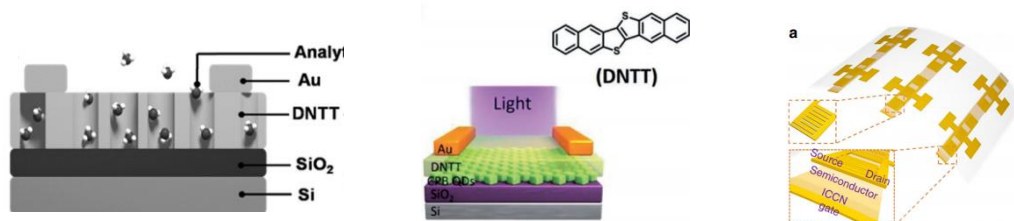


图 1. 多种构型的有机共轭分子传感器

参考文献

- [1] Jia Huang*, et al, Porous Organic Field-Effect Transistors for Enhanced Chemical Sensing Performances. *Adv. Funct. Mater.* 27, 1700018 (2017)
- [2] Jia Huang*, et al, High-Performance Inorganic Perovskite Quantum Dot-Organic Semiconductor Hybrid Phototransistors. *Adv. Mater.* 29, 1704062 (2017).
- [3] Jia Huang*, et al, Intrinsically ionic conductive cellulose nanopapers applied as all solid dielectrics for low voltage organic transistors. *Nat. Commun.* 9, 2737 (2018).
- [4] Jia Huang*, et al, Self-assembled core-shell structured organic nanofibers fabricated by single-nozzle electrospinning for highly sensitive ammonia sensors, *InfoMat* (2019)

作者简介



黄佳 教授, 同济大学材料科学与工程学院教授, 博士生导师。国家优秀青年基金获得者, 入选中组部青年千人计划、上海市曙光计划、浦江计划等。2009 年于美国约翰霍普金斯大学获博士学位。

n-型高分子半导体材料的掺杂及其热电应用

雷霆^{1,*}

¹ 北京大学工学院材料科学与工程系, 北京, 100871

*Email: tinglei@pku.edu.cn

无机半导体材料相比, 有机共轭高分子由于其低毒、低热导率及良好的溶液加工性使其在柔性可穿戴热电器件方面具有广泛的用途。目前, 以 PEDOT 为代表的 p-型热电材料已经表现出了优异的性能, 热电优值 (ZT) 超过 0.4, 已经可以媲美无机半导体材料。构建高效的热电器件通常需要性能相当的 p 型和 n 型热电材料, 然而目前 n 型共轭聚合物材料的热电性能远低于 p 型^[1]。相比于 p 型共轭聚合物表现出的高电导率 ($> 1000 \text{ S/cm}$), 只有少数 n 型有机共轭聚合物材料的电导率接近或略超过 1 S/cm , 因此 n-型聚合物的热电功率因子通常也低于 $10 \mu\text{W/m K}^2$ 。

由于 n-型聚合物的载流子迁移率和 p-型聚合物相近, 我们认为低 n-掺杂效率和低电导率是目前 n-有机高分子热电材料功率因子较低的主要原因。通过设计合成新的 n-型聚合物结构单元、调控聚合物溶液和固相下的聚集态结构, 我们实现了 n-型高分子半导体材料电导率和热电效率的大幅提升。

参考文献

[1] Russ, B.; Glauddell, A.; Urban, J. J.; Chabiny, M. L.; Segalman, R. A., *Nat. Rev. Mater.* 2016, *1*, 16050.

作者简介



雷霆, 博士。2008 年和 2013 年在北京大学化学与分子工程学院获得学士和博士学位; 2013 年 9 月至 2018 年 3 月在斯坦福大学化工系从事博士后研究。2018 年 3 月至今, 任北京大学工学院材料科学与工程系特聘研究员, 博士生导师。主要从事新型有机高分子功能材料在电子、能源和环境科学中的应用研究。设计合成了多个国际上新颖的共轭聚合物材料, 并成功将这些材料应用于柔性电子器件、碳纳米材料分离和能量转换器件中。

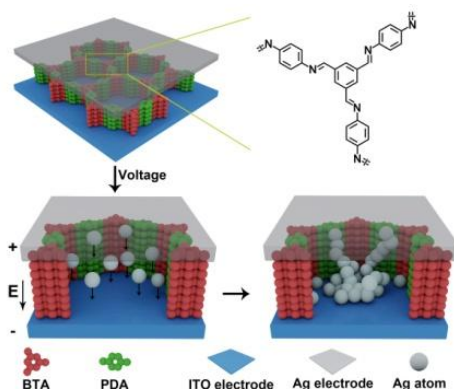
希夫碱二维聚合物薄膜的界面法制备及在忆阻器中的应用

刘洁, 杨方旭, 雷圣宾*, 胡文平

天津大学理学院化学系, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

*Email: shengbin.lei@tju.edu.cn

忆阻器由于其简单的金属/绝缘层/金属的三明治结构, 利于制备高密度集成电路和数据维护, 有望成为下一代非易失性数据存储设备。本论文利用希夫碱反应在气-液界面上制备了厚度可控的大面积二维共价聚合物薄膜, 并将其应用在忆阻器上。我们在室温下利用希夫碱反应在空气-水界面上制备了厚度可调的、大面积、均匀的二维共价有机聚合物薄膜材料。通过对结构单体化学结构的合理设计, 在气液界面上制备了孔径、孔环境可调的二维聚合物薄膜。二维聚合物薄膜多孔、绝缘, 尤其是共价连接的特性非常适合构建基于电化学金属化机制的非易失性忆阻器。基于 $2DP_{BTA+PDA}$ 的忆阻器表现出稳定的电阻转换性能。通过对 $2DP_{BTA+PDA}$ 薄膜厚度的调节, 忆阻器的开关比可以在 10^2 至 10^5 的范围内进行有效的调控。此外我们将羟基成功引入二维聚合物薄膜, 有效增强了忆阻器的电阻转换性能。通过深度 X-射线光电子能谱(XPS)测试表明, 材料里的羟基和亚胺键与银元素形成了配位结构, 有利于 Ag 离子在薄膜中的迁移以及银导电丝的的稳定, 从而增加了器件的稳定性。基于二维聚合物所具备的优异的柔韧性, 我们制备了以聚酰亚胺为柔性基底的石墨烯/ $2DP_{BTA+PDA}$ / Ag 忆阻器, 该器件表现出与硬性基底上类似的数据存储性能。



参考文献

- [1] Jie Liu, Fangxu Yang, Lili Cao, Baili Li, Kuo Yuan, Shengbin Lei, Wenping Hu, *Adv. Mater.*, 2019, 1902264.
 [2] Xianfei Guo, Jie Liu, Lili Cao, Qiu Liang, Shengbin Lei, *ACS Omega*, 2019, DOI: 10.1021/acsomega.9b01224.

作者简介

雷圣宾, 天津大学, 分子光电材料与器件天津市重点实验室, 教授。主要研究方向为以扫描探针显微技术结合密度泛函、分子力学模拟等研究二维聚合物的形成机制和物理化学性质。在 *Angew. Chem. Int. Ed.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Adv. Mater.* 等杂志发表 SCI 收录论文 130 余篇, 论文被引用 4800 余次, 个人 H 因子 34。获 2005 年度中国化学会青年化学奖, 2009 年获教育部新世纪优秀人才计划支持。

氯取代有机聚合物太阳能电池

何凤^{1,*}

¹ 南方科技大学, 广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号 518055

*Email: hef@sustech.edu.cn

有机共轭功能聚合物材料的性能主要是由有机分子主链成键方式以及其分子内或者分子间的二级弱相互作用共同决定, 而且众多高性能特种有机材料往往都具有协同的分子间非共价相互作用, 对材料的优良特性起着至关重要的作用。通过过去五年的不懈研究, 我们基于精准控制分子间非共价相互作用调控材料结构形貌和性能的基本研究思路, 通过氯原子的 Cl-S、Cl- π 等超分子相互作用调控有机光电材料分子的排列方式, 构筑了更加适合有机太阳能电池器件的氯取代材料体系, 并借助单晶结构阐明了材料性能差异的重要原因。通过氯原子取代位置和数目的精确控制, 我们发展了一类具有 3D 互穿网络状结构的受体分子, 这种结构可以使得电子向多个方向进行传输, 其特性类似于富勒烯材料的各向同性传输。此外, 与传统的线性堆积结构的异构体相比, 这类具有 3D 互穿网络状结构的受体分子会表现出更好的分子平面性和更小的 π - π 堆积距离, 这会提高分子堆积的有序度和结晶性, 非常有利于电子的传输, 对提升相应有机太阳能电池体系的器件性能具有重要意义, 也为下一代高性能有机光伏材料的设计提供了指导依据。

参考文献

- [1] Hanjian Lai, Hui Chen, Jiadong Zhou, Jianfei Qu, Pengjie Chao, Tao Liu, Xiaoyong Chang, Nan Zheng, Zengqi Xie, and Feng He*, "Isomer-free: Precise Positioning of Chlorine Induced Interpenetrating Charge Transfer for Elevated Solar Conversion", *iScience.*, 17, 302-314 (2019).
- [2] Hui Chen, Zhiming Hu, Huan Wang, Longzhu Liu, Pengjie Chao, Jianfei Qu, Anhua Liu, Wei Chen and Feng He*, "A Chlorinated π -Conjugated Polymer Donor for Efficiency Organic Solar Cells", *Joule*, 2, 1623-1634, (2018).
- [3] Lang Han, Meijing Wang, Xiangmeng Jia, Wei Chen, Hujun Qian and Feng He*, "Uniform two-dimensional square assemblies from conjugated block copolymers driven by π - π interactions with controllable sizes", *Nat. Commun.*, 9, 865-876, (2018).

作者简介



何凤博士 2014 年 8 月受聘为南方科技大学化学系研究员, 课题组长。近五年紧紧围绕有机功能材料分子间非共价分子间相互作用的精确调控集中开展科学研究, 并在有机氯取代光伏材料和超分子聚合物二维自组装两个方向上都取得了突破性进展。2006 年入选中德科学中心林岛学者项目, 2015 年入选国家特聘专家(青年)项目, 2019 年获得中国化学会氯元素代言青年科学家。至今在 *J. Am. Chem. Soc.*、*Nat. Commun.*、*Joule* 以及 *Adv. Mater.* 等国际顶尖专业杂志上已发表论文超过 70 篇, 引用次数超过 3200 次, h-指数 26。

官能化烷基侧链对共轭高分子半导体性能的影响

张德清

北京分子科学国家研究中心, 中国科学院化学研究所有机固体重点实验室

北京市中关村北一街 2, 邮编 100190

E-mail: dqzhang@iccas.ac.cn

由于其优异的半导体性能和可溶液加工等特性, 近年来共轭高分子的研究受到极大的关注。通常人们认为共轭主链间的 π - π 相互作用和有序排列影响其半导体性能, 而烷基侧链仅仅会影响其溶解性。然而, 近年来越来越多的实验表明, 烷基侧链不仅会提高共轭高分子的溶解性, 而且会影响共轭主链的有序排列, 进而影响其半导体性能。我将介绍以下工作: 1) 通过用直链烷基取代支链烷基侧链, 可以提高共轭主链的平面性和链间的排列有序性, 进而提高共轭高分子的迁移率; 2) 通过向烷基侧链中引入 urea 和 thymine 等官能团, 可以大幅提高共轭高分子薄膜的半导体性能, 并提高基于场效应半导体传感器的选择性; 3) 通过向烷基侧链中引入偶氮基团, 发现偶氮基团的顺反异构化可以改变链间的排列方式, 进而实现通过紫外/可见光照对共轭高分子半导体性能的可逆调控。

参考文献

- [1] Zitong Liu, Guanxin Zhang, **Deqing Zhang**, *Acc. Chem. Res.*, 2018, 51(6), 1422.
- [2] Hewei Luo, Chenmin Yu, Zitong Liu, Guanxin Zhang, Hua Geng, Yuanping Yi, Katharina Broch, Yuanyuan Hu, Aditya Sadhanala, Lang Jiang, Penglin Qi, Zhengxu Cai, Henning Sirringhaus, **Deqing Zhang**, *Sci. Adv.*, 2016, 2 (5), e1600076.
- [3] Yang Yang, Guanxin Zhang, Hewei Luo, Jingjing Yao, Zitong Liu, **Deqing Zhang**, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2016, 8 (6), 3635.
- [4] Jingjing Yao, Chenmin Yu, Zitong Liu, Hewei Luo, Yang Yang, Guanxin Zhang, **Deqing Zhang**, *J. Am. Chem. Soc.* 2016, 138 (1), 173.
- [5] Si-Fen Yang, Zi-Tong Liu, Zheng-Xu Cai, Matthew J. Dyson, Natalie Stingelin, Wei Chen, Hua-Jun Ju, Guan-Xin Zhang, **De-Qing Zhang**, *Adv. Sci.* 2017, 1700048.

作者简介



张德清, 研究员, 于 1996 年 10 月在德国海德堡大学获得自然科学博士学位, 同年回到中国科学院化学研究所工作。2002 年获得国家杰出青年基金, 2005 年获得政府特殊津贴, 2008 年入选国家新世纪百千万人才工程, 并获得国家自然科学基金二等奖, 2010 年获全国优秀科技工作者荣誉称号。担任北京大学化学与分子工程学院兼职教授, *Asian. J. Org. Chem.* 国际期刊编委会共同主席, 《科学通报》、《有机化学》期刊编委, *Adv. Funct. Mater.*, *Dyes and Pigments*, *Polymer J.* 国际学术期刊的顾问编委。现任化学所研究员、博士生导师, 中国科学院有机固体重点实验室副主任, 中国科学院化学研究所所长。

Solution-Grown Organic Single-Crystalline Heterojunctions

Hanying Li

Department of Polymer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, P. R. China.

*Email: hanying_li@zju.edu.cn

Organic heterojunctions are widely used in electronics and well ordering in the molecular packing inside the heterojunctions is highly desired. However, it is still challenging to interface organic single crystals to form single-crystalline heterojunctions. In this work, two novel methods will be introduced to describe how to prepare, from solutions, single-crystalline heterojunctions. On one hand, organic single-crystalline planar heterojunctions are grown in a single step from a mixed solution of p-type and n-type molecules. Based on crystallization of six organic semiconductors from a droplet on a substrate, two distinct crystallization mechanisms have been recognized in the sense that crystals form at either the top interface between the air and solution or the bottom interface between the substrate and solution. The preference for one interface rather than the other depends on the semiconductor-substrate pair and, for a given semiconductor, it can be switched by changing the substrate, suggesting that the preference is associated with the semiconductor-substrate molecular interaction. Furthermore, simultaneous crystallization of two semiconductors at two different interfaces to reduce their mutual disturbance results in the formation of bilayer single crystals interfaced together for organic heterojunctions. On the other hand, single crystals are prepared in organogels of a typical conjugated polymer. Instead of pure crystals, crystals containing the gel nanofibers are obtained. Essentially, nanofiber networks are incorporated into growing crystals and penetrate through the crystals, resulting in a crystal/gel-network interpenetrating composites. Based the two types of single-crystalline heterojunctions, charge transport and charge transfer process are studied. Hence, by demonstrating these two solution methods for the preparation of single-crystalline heterojunctions, this work should greatly harvest the highly ordered organic crystalline materials for high performance electronics.

Reference

1. Wu JK, Li QF, Xue GB, Chen HZ, Li HY*, Preparation of Single-Crystalline Heterojunctions for Organic Electronics, *Adv. Mater.* 2017, 201606101
2. Li HB, Wu JK, Takahashi K, Ren J, Wu RH, Cai HY, Wang JR, Xin HL, Miao Q, Yamada H, Chen HZ, Li HY*, Organic Heterojunctions Formed by Interfacing Two Single Crystals from a Mixed Solution, *J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 10007-10015

作者简介



李寒莹，男，浙江大学教授，1980年生。本科和硕士毕业于浙江大学高分子科学与工程学系，2009年获美国 Cornell 大学材料系博士学位。之后，在美国 Stanford 大学做博士后研究。2011年入选国家首批“青年千人计划”，同年底到浙江大学工作。2012年获国家基金委优秀青年科学基金资助。2016年获国家基金委杰出青年科学基金资助。其研究致力于将材料有序化与复合化思想有机融合，面向光电应用，形成“单晶复合有机光电功能材料与器件”的独特研究方向。2013年在柏林 12th Polymers for Advanced Technologies (PAT) conference 上获得首届 PAT Lifetime Achievement Award (Junior)。2019年，获 Feng Xinde Polymer Prize (冯新德高分子奖最佳文章提名奖)。2017年担任 Chinese Chemical Letters 杂志执行副主编 (Associate Editor)。

单分子层分子晶体光电材料与器件

江浪^{1,*}

¹中国科学院化学研究所, 有机固体院重点实验室 100190

*Email: ljiang@iccas.ac.cn

有机场效应晶体管 (OFETs) 具有巨大应用前景, 但电荷传输机理的缺失以及未来应用面临的器件阵列性能波动性问题两个方面限制了该领域进一步跨越式发展。实验和理论研究都表明 OFETs 的导电沟道主要集中在邻近绝缘层的单分子层半导体内。单分子层分子晶体 FETs 拥有均一厚度的半导体层、避免了体电阻的存在以及暴露出的导电沟道传输层, 为揭示有机半导体材料本征性能、探索载流子传输模式、构筑均一性器件阵列和大规模集成应用提供了独特的视角。我们设计合成了系列新型半导体材料, 研究了其电荷输运过程, 探索了新的应用。进一步发展了高质量单分子层分子晶体光电材料, 展示其优异的光电性能。

参考文献

- [1] L. F. Jiang, *et al. Adv. Mater.* Accepted. 10.1002/adma.201906122
- [2] J. Z. Wang, *et al. Adv. Mater.* **2019**, *31*, 1902618
- [3] Y. J. Shi, *et al. Nat. Commun.* **2018**, *9*, 2933
- [4] H. Duan, *et al. J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 18051
- [5] Q. Zhao, *et al. Adv. Mater.* **2017**, *29*, 1701907

作者简介



江浪, 中科院化学所研究员、博士生导师。2004 年于湖南大学应用物理系获得学士学位, 2011 年于中科院化学所获得博士学位。随后作为助理研究员留中科院化学所工作。2013 年获得英国皇家学会中英奖学金进入剑桥大学卡文迪许实验室从事博士后研究。2016 年入选中科院百人计划, 2018 年获得中科院百人计划择优支持。曾获得中科院院长特别奖、中科院百篇优秀博士论文、英国皇家学会中英奖学金、中国科学院卢嘉锡青年人才奖。现发表 SCI 期刊论文 110 余篇, 其中发表在 *Nat. Commun.* (3)、*J. Am. Chem. Soc.* (11)、*Adv. Mater.* (23) 和 *Nano Lett.* (1), 其中第一作者和通讯作者 30 余篇。论文他引 5200 余次。

基于萘和萹的 n-型有机半导体：分子设计与合成

高希珂*

中国科学院上海有机化学研究所，上海市零陵路 345 号，200032

*Email: gaouxk@mail.sioc.ac.cn

有机共轭分子作为有机半导体材料，可分为富电子共轭体系（多为 p-型，空穴传输）和缺电子共轭体系（多为 n-型，电子传输）。对于有机场效应晶体管（OFET）的发展，p-型和 n-型有机共轭分子材料同等重要、缺一不可。缺电子型核心共轭分子骨架的匮乏在一定程度上制约了 n-型 OFET 及有机互补电路的发展，如何创制新型缺电子核心共轭分子骨架，并在此基础上发展具有自主知识产权的高性能 n-型有机半导体成为急需解决的关键问题。本报告将重点介绍报告人课题组及合作者在基于萘和萹的二酰亚胺类 n-型有机半导体材料方面的研究工作，包括材料的分子设计、合成及光电性能研究。其中，核扩展的萘二酰亚胺类 n-型有机半导体材料（如 NDI-DTYM2 等）的 OFET 器件电子迁移率可达 $0.3\text{-}3.5\text{ cm}^2\text{ V}^{-1}\text{ s}^{-1}$ ；最新发展的新型共轭分子骨架——联萹二酰亚胺（BAzDI）在构筑高性能 n-型有机半导体材料方面也显现出良好的发展潜力。

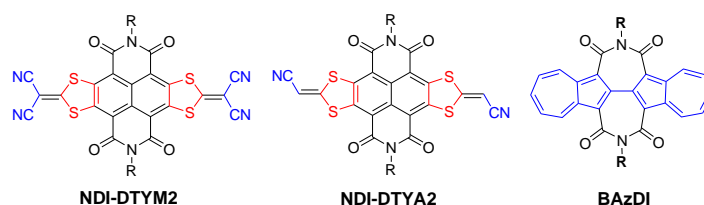
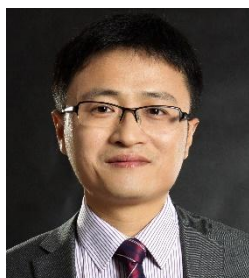


图 1. 基于萘和萹的二酰亚胺类核心共轭分子骨架

参考文献

- [1] X. Gao, C. Di, Y. Hu, X. Yang, H. Fan, F. Zhang, Y. Liu, H. Li, D. Zhu. *J. Am. Chem. Soc.* 132, 3697 (2010).
- [2] Z. Zhao, F. Zhang, Y. Hu, Z. Wang, B. Leng, X. Gao, C. Di, D. Zhu. *ACS Macro Lett.* 3, 1174. (2014).
- [3] Y. Hu, Z. Wang, X. Zhang, X. Yang, C. Ge, L. Fu, X. Gao. *Org. Lett.* 19, 468 (2017).
- [4] H. Xin, C. Ge, X. Yang, H. Gao, X. Yang, X. Gao. *Chem. Sci.* 7, 6701 (2016).
- [5] H. Xin, C. Ge, X. Jiao, X. Yang, K. Rundel, C. R. McNeill, X. Gao. *Angew. Chem. Int. Ed.* 57, 1322 (2018).

作者简介



高希珂，博士，现任中科院上海有机所研究员，博士生导师。2008 年于中科院化学所获理学博士学位，同年 10 月进入上海有机所工作，历任副研究员和研究员。2011 年入选上海市青年科技启明星计划；2015 年获得国家优秀青年科学基金资助，入选中科院青促会首批优秀会员；2019 年入选上海市优秀学术带头人计划。研究领域：有机分子功能材料化学，侧重于新型有机共轭分子骨架的设计与合成。已发表学术论文 80 余篇；申请发明专利 16 项，其中授权 13 项，部分专利已许可给公司使用。

超薄柔性的有机场效应晶体管与光电传感

郭云龙^{1,*}, 刘云圻¹¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街 2 号, 100190

*Email: guoyunlong@iccas.ac.cn

有机场效应晶体管器件是利用有机半导体材料作为活性层, 通过栅极电场的调控来实现开关的一类电子器件, 由于其在柔性显示驱动、低成本电子射频标签、柔性存储、传感器等方面的潜在应用受到了学术和工业界的广泛关注。

我们的研究集中在了高性能双极性半导体材料的研究当中, 因为这类材料不仅可以传输电子还可以传输空穴, 从而极大的简化 CMOS 电路的准备过程。通过 D-A 聚合物的结构优化, 利用受体二聚和受体增强策略得到了一系列的高性能双极性聚合物半导体分子。如: 2DPP 系列, 2PT 系列以及含 F 的异靛青系的材料体系, 最高的电子迁移率已经超过了 $9 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 双极性的传输速率同时超过 $6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。同时棒涂法实现了大面积有机聚合物分子的站立排布和均匀薄膜的制备。最后, 利用有机聚合物分子材料的光谱可调特性, 研究了一系列基于 OFET 为读取单元的超薄光电传感集成器件, 为推动有机光电子器件的研究奠定了基础。[1-3]

参考文献

- [1] Yingying Jiang, Jingyang Chen, Yunlong Sun, Qingyuan Li, Zhengxu Cai, Junyu Li, Yunlong Guo, Wenping Hu, Yunqi Liu, Fast Deposition of Aligning Edge-on Polymers for High Mobility Ambipolar Transistors, *Advanced Materials*, 2019, 31, 1805761.
- [2] Jie Yang, Zhiyuan Zhao, Yunlong Guo, Shuai Wang, Yunqi Liu, Insight into High Performance Conjugated Polymers for Organic Field-Effect Transistors, *Chem*, 2018, 4, 2748-2785.
- [3] Hanlin Wang, Qiang Zhao, Zhenjie Ni, Qingyuan Li, Hongtao Liu, Yunchang Yang, Lifeng Wang, Yang Ran, Yunlong Guo, Wenping Hu and Yunqi Liu, A Ferroelectric/Electrochemical Modulated Organic Synapse for Ultraflexible, Artificial Visual-Perception System, *Advanced Materials*, 2018, 30, 1803961.

作者简介



郭云龙, 研究员, 博士生导师, 化学所引进国外青年杰出人才入选者。主要从事有机聚合物光电材料与器件以及有机-无机杂化材料与器件的研究工作; 在 Chem. Rev., J. Am. Chem. Soc., Adv. Mater. 等期刊上共发表 SCI 论文 140 余篇, 他引 >8000 次, H 指数 50。在“Science China Materials”杂志上, 作为客座编辑, 组织了“Flexible and Stretchable Energy”专刊。任国际著名杂志 Advanced Electronic Materials 的国际顾问委员会成员。曾获中国科学院优秀博士学位论文, 入选中国科学院青年创新促进会会员, 北京市科技新星等。主持国家自然科学基金委重大项目课题、优秀青年基金、科技部重点研发项目课题以及中科院先导 B 项目子课题等。

有机光伏材料的迁移率调控及器件应用

黄飞*

发光材料与器件国家重点实验室，华南理工大学，广州，510640

*Email: msfhuang@scut.edu.cn

有机光伏器件具有柔性、质轻、低成本印刷加工等优势。然而，大面积印刷加工的有机光伏器件仍然存在挑战。高迁移率有机光伏材料以及给/受体光伏材料之间的迁移率匹配是实现高性能有机光伏器件及其大面积印刷的关键。^[1]我们通过制备具有立构规整性的共轭聚合物，调节共轭主链氟原子取向，实现了光伏材料迁移率的显著提升，并实现了活性层形貌的优化及光伏性能提升。^[2]我们还采用稠环方式扩大了共轭单元平面，合成了具有较高迁移率的给体材料，实现了效率超过 11% 的富勒烯太阳能电池。^[3]除此之外，我们还通过采用加工溶剂调节给/受体薄膜的形貌，提高了给/受体材料迁移率的匹配性，实现了效率超过 11% 的全聚合物太阳能电池。^[4-5]

参考文献

- [1] F. Huang, *et al*, Regioregular Narrow-Bandgap Conjugated Polymers for Plastic Electronics, *Nature Commun.*, 8, 14047(2017)
- [2] F. Huang, *et al*, Toward High Efficiency Polymer Solar Cells: Influence of Local Chemical Environment and Morphology, *Adv. Energy Mater.*, 7, 1601081(2017)
- [3] F. Huang, *et al*, Thick Film Polymer Solar Cells Based on Naphtho[1,2-c:5,6-c]bis[1,2,5]thiadiazole Conjugated Polymers with Efficiency over 11%, *Adv. Energy. Mater.*, 1700944, (2017)
- [4] F. Huang, *et al*, Optimisation of Processing Solvent and Molecular Weight for the Production of Green-Solvent-Processed All-Polymer Solar Cells with a Power Conversion Efficiency over 9%, *Energy Environ. Sci.* 10, 1243, (2017).
- [5] F. Huang, *et al*, A Generic Green Solvent Concept Boosting the Power Conversion Efficiency of All-Polymer Solar Cells to 11%, *Energy Environ. Sci.*, 12, 157, (2019).

作者简介



黄飞，男，教授、博士生导师。2000 年于北京大学化学与分子工程学院获理学学士学位，2005 年于华南理工大学材料科学与工程学院获工学博士学位，同年赴美国华盛顿大学材料系进行博士后研究，2009 年回国任华南理工大学材料科学与工程学院教授、博士生导师，2011 年担任华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室副主任。长期从事新型有机高分子光电功能材料领域的研究，具体包括高分子发光材料及器件、太阳能电池材料及器件等，特别在水醇溶性共轭聚合物界面材料、新型高效聚合物太阳能电池材料等方面做了系列创新工作。申请国内外专利 50 余项，授权 20 余项。发表 SCI 学术论文 200 余篇，被 SCI 他人引用累积超过 13000 余次。

Tuning the transport properties of D-A conjugated polymers by optimizing the substituents: A DFT study

Yishan Wang¹, Wanying Huang¹, Wei Hao², Hu Zhao³, Shuzhou Li², Jia Zhu^{1*}

¹College of Chemistry, Key Laboratory of Theoretical & Computational Photochemistry of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China

²School of Materials Science and Engineering, Nanyang Technological University, 50 Nanyang Avenue, 639798 Singapore

³Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China

*E-mail: zhu.jia@bnu.edu.cn

Donor-acceptor (D-A) polymers have attracted extensive attentions because of their tunable transport polarity and promising potential in the application of high mobility electronic devices.^[1,2] Here, we have designed a series of PDPP-TVT based D-A conjugated polymers with different substituent groups (i.e. -F, -CN, -NH₂, -OH, -CF₃, -COCH₃ and -CN) in the β -positions of thiophene and explored the effects of substituents on their charge injection and transport properties by employing density functional theory. Ionization Potentials (IPs), Electron Affinities (EAs), and HOMO/LUMO energy levels followed by charge injection barriers of the PDPP-TVT polymers were calculated to evaluate their charge injection properties. The results show that -F and -CN can significantly improve the planarity of backbone, which can facilitate the charge transport. Secondly, electron donating groups contribute to increased HOMO and lowered IP, thus improving the hole injection capacity, while electron withdrawing groups are helpful to electron injection. Thirdly, narrowest band gap as well as smallest difference between IP and EA of PDPP-TVT-CN suggests that it is an excellent candidate for ambipolar device. Furthermore, the calculations of intra-chain and inter-chain charge carrier mobilities (μ) were also performed to study the charge transport properties. Our theoretical results indicate that -NH₂, -OH and -F are helpful to enhance intra-chain hole transport of D-A polymers, while -H and -F can enhance the intra-chain electron mobilities. Besides, -NH₂, -COCH₃ and -CF₃ benefit to balance hole and electron transport along the backbone. Inter-chain mobilities results indicate that -CN can greatly improve inter-chain hole transport and PDPP-TVT-CN has balanced hole and electron mobilities along the stacking direction. Our findings show that substituents on conjugated backbone can significantly regulate the molecular as well as electronic structure, and ultimately play an important role in charge injection and transport. More importantly, the incorporation of appropriate substituents is an effective strategy to balance hole and electron injection as well as transport properties and thus contributing to obtain promising candidates of ambipolar electronic devices.

Reference

- [1] Yao, J. et al, Significant Improvement of Semiconducting Performance of the Diketopyrrolopyrrole–Quaterthiophene Conjugated Polymer through Side-Chain Engineering via Hydrogen-Bonding, *J. Am. Chem. Soc.* 138, 173 (2016).
- [2] Yuen, J. D. et al, High Performance Weak Donor–Acceptor Polymers in Thin Film Transistors: Effect of the Acceptor on Electronic Properties, Ambipolar Conductivity, Mobility, and Thermal Stability, *J. Am. Chem. Soc.* 133, 20799 (2011).

基于新型印刷技术的可降解与可拉伸电子器件

孔德圣^{1*}, 周赞磊¹, 王佳辰¹, 封淑萱¹, 曹世泰¹, 朱航宇²,

¹南京大学现代工程与应用科学学院, 南京市鼓楼区汉口路 22 号, 210093

*Email: dskong@nju.edu.cn

可降解与可拉伸器件是具有仿生特点的新型器件形式, 代表了柔性可穿戴电子的前沿方向。可降解电子器件在自然条件下能够被有效分解, 将有效遏制电子垃圾快速增长对环境的威胁^{1,2}。可拉伸器件则能够弯曲、扭转、拉伸和动态变形, 其独特的机械性能有望大大拓展传统电子技术的应用领域^{3,4}。然而, 这一领域由于大量新材料的引入, 器件制造与现有技术往往难以直接兼容, 就迫切需要发展相匹配的材料图案化方法⁵⁻⁷。各类新型印刷技术则代表了实现柔性电子高效、低成本制造的理想途径。近年来, 本课题组针对可降解与可拉伸电子材料的理化特性, 发展了一系列基于丝网印刷、激光印刷和三维打印的工艺方法, 实现了具有降解性的柔性导体以及可拉伸透明电极的高效图案化, 制备了以可降解近场通信标签、拉伸发光显示器等为代表的原型器件, 展示了新型印刷技术在可降解与可拉伸器件研究中的方法应用潜力。

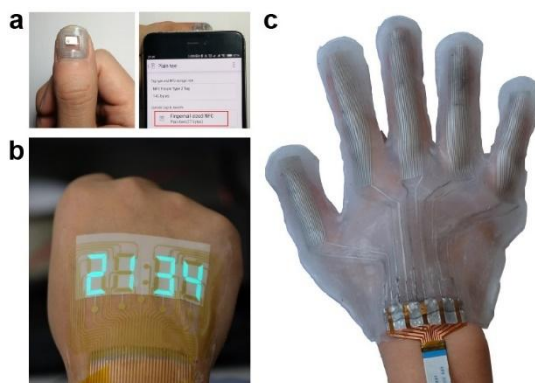


图 1. (a) 可置于指甲上的迷你可降解近场通信标签 (b) 可拉伸电致发光显示器 (c) 基于三维打印的应变传感智能手套。

参考文献

- (1) Feig, V. R.; Tran, H.; Bao, Z. *ACS Central Science* 2018, 4, 337.
- (2) Irimia-Vladu, M.; Głowacki, E. D.; Voss, G.; Bauer, S.; Sariciftci, N. S. *Materials Today* 2012, 15, 340.
- (3) Chortos, A.; Liu, J.; Bao, Z. *Nature Materials* 2016, 15, 937.
- (4) Rogers, J. A.; Someya, T.; Huang, Y. G. *Science* 2010, 327, 1603.
- (5) Zhou, Y.; Zhao, C.; Wang, J.; Li, Y.; Li, C.; Zhu, H.; Feng, S.; Cao, S.; Kong, D. *ACS Materials Letters* 2019, 511.
- (6) Feng, S.; Tian, Z.; Wang, J.; Cao, S.; Kong, D. *Advanced Electronic Materials* 2019, 5, 1800693.
- (7) Wang, J.; Yang, S.; Ding, P.; Cao, X.; Zhang, Y.; Cao, S.; Zhang, K.; Kong, S.; Zhou, Y.; Wang, X.; Li, D.; Kong, D. *ACS Applied Materials & Interfaces* 2019, 11, 18590.

基于分子内弱相互作用的有机光电材料设计与应用

陈志才¹, 李明光¹, 胡梦笑², 陈润锋^{1,*}, 董焕丽^{2,*}, 黄维¹

¹ 南京邮电大学, 南京市栖霞区文苑路9号, 210023

² 中科院化学所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 100049

*Email: iamrfchen@njupt.edu.cn.

通过共价键连接合成的稠环分子具有刚性的骨架, 可以拓宽 π 电子离域、调节分子的光电性能, 但是也存在合成复杂等问题。近年来, 利用非共价键作用调节分子平面性的策略受到越来越多的关注, 这种方法可以革新分子的设计理念、解决光电性能和加工性能的矛盾和材料的简便宏量制备等。最近, 我们系统研究了非共价键作用的种类和强度, 利用杂环结构的分子单元, 设计开放了一系列含分子内弱相互作用的有机光电材料, 理论计算表明: 分子内的 S...N、N...H, 和 F...S 作用有足够的强度调节分子的构象、增强分子的平面性等, 在很多有机光电器件领域都有很好的应用前景: 设计的主体材料分子三线态能级较高, 蓝光有机发光二极管的外量子效率超过 20%; 选择吡嗪、吡嗪分别和吡咯并吡咯二酮(DPP)共聚, 得到两个新型的聚合物 PDPP-Pya 和 PDPP-Pyi, 分子内的 S...N 作用使两个聚合物的主链具有高度的平面性和不同的曲率, 形貌测试表明, PDPP-Pya 在薄膜中具有非常有序的堆积结构, 将 PDPP-Pya 应用到有机场效应晶体管 (OFET) 中, 空穴/电子迁移率分别可以达到 $0.39/0.30 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 表现出很好的双极性电荷传输行为。

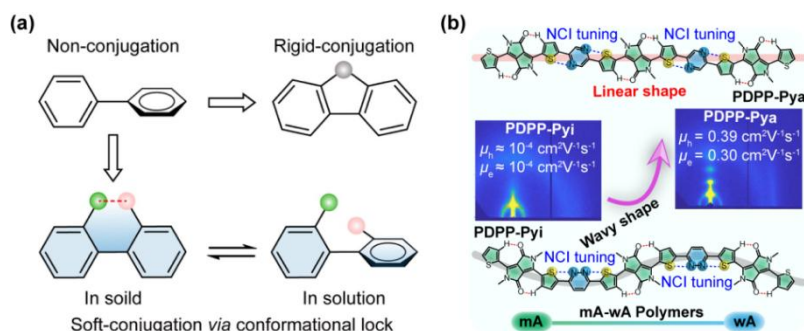


图 1. (a)非共价作用调节分子构象的示意图, (b)基于非共价键作用设计的聚合物应用于OFET中。

参考文献

- [1] Cheng Y-F, Chen R-F, Huang W, et al. Controlling intramolecular conformation through nonbonding interaction for soft-conjugated materials: molecular design and optoelectronic properties. *J. Phys. Chem. Lett.*, 7, 3609-3615, 2016.
- [2] Qi Y-Y, Chen Z-C, Chen R-F, et al. Constructing soft-conjugated materials from small molecules to polymers: a theoretical study. *Theor. Chem. Acc.*, 137, 135, 2018.
- [3] Li H, Tao Y, Jin L, Chen C, Jia L, Chen R,* Li H, Xing G, Xu S, Huang W*; Evoking Non-bonding S- π Interaction by Aryl Phosphine Sulfide for Selectively Enhanced Electronic Property of Organic Semiconductors; *Chem. Eng. J.*, 380, 122562, 2020.

含氮芳杂环的合成及其在场效应晶体管中的应用

万晓波^{1,2*}

¹ 光电化学材料与器件教育部重点实验室, 江汉大学, 武汉, 430056

² 中国科学院青岛生物能源与过程研究所, 青岛, 266101

*Email: wanxb@jhun.edu.cn; wanxb@qibebt.ac.cn

根据具体结构的不同, 含氮芳杂环既可能是优秀的给体单元, 也可能是优秀的受体单元。在新的含氮芳杂环给受体单元的研究中, 往往伴随着新的合成方法的探索; 而新的给受体单元又赋予了相应的共轭小分子及聚合物不同的电荷传输性能。其构效关系的研究对我们进一步改进设计分子结构提供了基础。

参考文献

- [1] Li, C.; Wan, X. et al, A new approach to thiazoloisindigo and derivatives using a lithium tetramethylpiperidine promoted cyclization to thiazoloisatin. *Org. Chem. Front.*, 5, 442-446 (2018).
- [2] Li, C.; Wan, X. et al, Thiazoloisindigo: a building block that merges the merits of thienoisindigo and diazaisindigo for conjugated polymers. *Chem. Eur. J.*, 24, 9807-9811 (2018).
- [3] The influence of structural variations on the heteroacenes containing dihydropyrrolo[3,2-b]pyrrole core on their OFET performances. *Chemistry Select*, 4, 5918–5924 (2019).
- [4] Qiu, L.; Wan, X. et al, Reductive ring closure methodology toward heteroacenes bearing a dihydropyrrolo [3,2-*b*] pyrrole core: scope and limitation. *J. Org. Chem.* 79, 11339-11348 (2014).
- [5] Qiu, L.; Wan, X. et al., An expedient synthesis of fused heteroacenes bearing a pyrrolo [3,2-*b*] pyrrole core. *Chem. Commun.* 48, 12225-12227 (2012).

作者简介



万晓波, 教授, 博士生导师, 入选中国科学院百人计划。2010年4月至2018年11月受聘于中科院青岛生物能源与生物过程研究所, 任研究员, 团队负责人。2018年12月起受聘于江汉大学, 任光电化学材料与器件教育部重点实验室常务副主任。已在 *J. Am. Chem. Soc.*、*Chem. Mater.*、*Chem. Commun.* 等国际一流 SCI 杂志发表论文及综述 60 余篇, 申请美国专利 2 项、中国专利 20 余项。主要研究方向包括有机场效应晶体管、仿生及功能高分子材料。

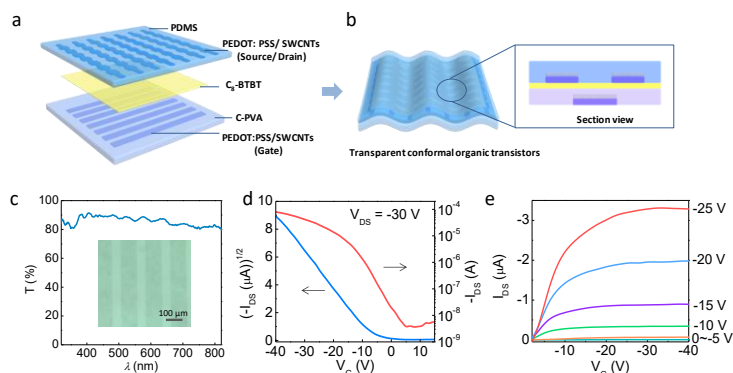
用于透明共形贴合有机场效应晶体管的光刻电极及其应用

崔楠¹, 任航¹, 童艳红¹, 汤庆鑫^{1,*}, 刘益春^{1,*}¹ 东北师范大学物理学院, 紫外光发射材料与技术教育部重点实验室, 吉林长春人民大街 5268 号, 130024

*Email: tangqx@nenu.edu.cn

随着电子皮肤、物联网、可穿戴透明显示和人机界面等新兴领域取得重大进步,“透明可贴合”特性已成为下一代便携式电子产品的重要特征之一。高精度图案化可拉伸的透明电极是这些应用的基础。光刻是广泛应用于现代微电子工业的图案化技术,具有高精度,特征尺寸小等优势,可以用于制备复杂且高分辨率的电极微图案。但目前将光刻技术用于可拉伸透明电极制备仍存在很多挑战。我们通过单步光刻和全干蚀刻技术结合,制备了一种新型可拉伸透明复合电极。该电极由旋涂聚(3,4-亚乙基):聚(苯乙烯磺酸盐)(PEDOT:PSS)和喷涂单壁碳纳米管(SWCNT)组成。PEDOT:PSS层为SWCNT水分散液提供了良好的界面润湿性,从而形成了超薄均匀的导电薄膜,不仅可以光刻出高精度的电极图案,而且还可以确保透明可拉伸电极在波长为550 nm时光学透明度高达84%,并具有良好的循环拉伸稳定性。将光刻可拉伸透明电极通过迭层制备的方式与旋涂的C8-BTBT薄膜结合,获得了全溶液法全透明可贴合有机场效应晶体管,器件在可见光全波段的透过率均大于80%,最高迁移率可达 $2.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$,平均迁移率为 $1.2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$,可在曲面上实现对商业化功率LED的长时驱动。

图 1. 透明可拉伸电极器件示意图及器件性能



参考文献

[] N. Cui, Q. X. Tang*, H. Ren, X. L. Zhao, Y. H. Tong, Y. C. Liu*, A Photolithographic Stretchable Transparent Electrode for All-Solution-Processed Fully Transparent Conformal Organic Transistor Array, *Journal of Materials Chemistry C*, 7, 5385-5393 (2019).

作者简介



汤庆鑫, 东北师范大学教授。2007 年博士毕业于中国科学院化学研究所。主要从事有机半导体超柔性器件和电路的制备及其应用研究,在器件本征性能、超柔性集成和器件功能拓展等方面获得突破性研究成果,在国际知名杂志 *J. Am. Chem. S.*、*small.*、*Adv. Func. Mater.*、*Adv. Mater.* 等共发表论文 70 余篇,授权美国发明专利 2 项,中国发明专利 10 项。曾获 2009 年“全国优秀博士学位论文”、2010 年“教育部新世纪优秀人才”、2013 年“基金委优秀青年科学基金”、2014 年“吉林省长白山学者”、2016 年“国家自然科学基金二等奖”(第四参加人)等荣誉。

Phosphorus-Containing Semiconducting Materials for Optoelectronic Applications

Yi Ren^{1,*}, Kai Yang¹, Yueh-Lin Loo^{2*}

¹ School of Physical Science and Technology, Shanghai Tech University, Shanghai 201210, P.R. China.

² Department of Chemical and Biological Engineering and ‡Princeton New Jersey 08544, United States

*Email: renyi@shanghaitech.edu.cn

Designing new organic semiconducting materials (OSMs) have been playing important roles for advancing high performance organic optoelectronic devices.[1] Diverse organic chemistry has been explored to fine-tune both chemical structures and optoelectronic properties of OSMs. We and others have demonstrated that incorporation of main-group elements (B, N, P, S) can effectively fine tune optoelectronic properties of OSMs.[2] However, incorporating of main-group elements into OSMs generally involves harsh reaction conditions, less selective reactivity, and low reaction yields. In this presentation, we will discuss our recent efforts on how to use phosphorus-nitrogen chemistry to build the new semiconducting materials. Compared to the previous synthetic protocols, our method show highly desirable characteristics, such as high selectivity, high reaction yield, mild reaction conditions. Finally, we investigated their optoelectronic properties in devices. The preliminary results show that these new semiconducting materials are very promising candidates in applications of organic optoelectronic devices.

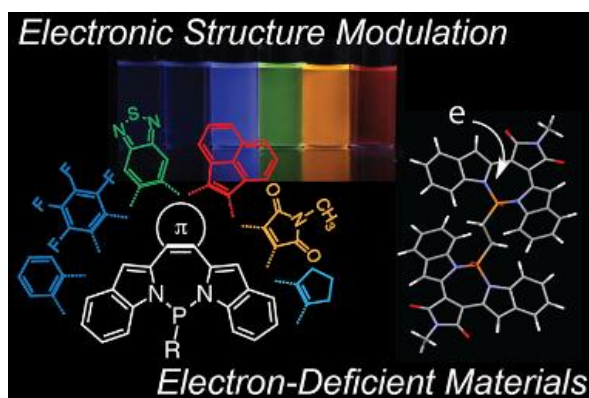


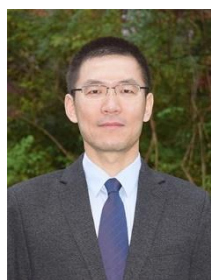
图 1. Phosphorus-Containing Semiconducting materials

参考文献

[1] Oksana Ostroverkhova, Organic Optoelectronic Materials: Mechanisms and Applications, *Chem. Rev.* 2016, 116, 22, 13279-13412.

[2] Masto Hirai, Naoki Tanaka, Mika Sakai, Shigehito Yamaguchi, Structurally Constrained Boron-, Nitrogen-, Silicon-, and Phosphorus-Centered Polycyclic π -Conjugated Systems, *Chem. Rev.* 2019, 119, 14, 8291-8331.

作者简介



任毅, 2018年1月 - 现在 上海科技大学物质科学与技术学院, 研究员/博士生导师; 2017年2月 - 2017年12月 美国宾夕法尼亚州立大学化学系, 博士后; 2016年2月 - 2017年1月 美国罗格斯大学化学系, 博士后; 2012年6月 - 2015年1月 美国普林斯顿大学化工系, 博士后; 2007年9月 - 2012年4月 加拿大卡尔加里大学, 博士学位。**研究方向:** 本课题组以“主族元素”有机合成化学为基础, 构建新型光电材料, 探索它们在能源材料领域中的潜在应用。主要研究内容包括: (1) 设计并合成含“硼、氮、磷、硫”等主族元素的分子化合物、超分子化合物、高分子聚合物。(2) 确定其化学结构-物理性质-器件功能之间关系, 探索如何利用“主族元素”调节、优化材料的光电学、磁学、力学性质的规律。(3) 利用“主族元素”独特的化学结构和电子结构, 开发自组装杂化纳米材料, 并应用于柔性电子器件。

π -Conjugated semiconducting molecules and polymers: from “greener” synthesis to applications

Mingfeng Wang*

School of Chemical and Biomedical Engineering, Nanyang Technological University, 62 Nanyang Drive, 637459, Singapore

*Email: mfwang@ntu.edu.sg

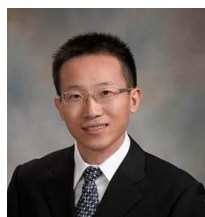
π -Conjugated molecules and polymers have emerged as key materials for next generation of printable flexible electronic devices such as sensors, light-emitting diodes, field-effect transistors, solar cells, and more recently bioelectronics. Most of the π -conjugated molecules and polymers have been synthesized through conventional coupling methods such as Suzuki coupling and Stille coupling, both of which involve the tedious C-H activation using organometallic reagents that suffer from their high flammability, high toxicity and poor stability.

In this presentation, I will first present our recent efforts towards synthesis of a variety of π -conjugated small molecules and polymers under the scheme of C-H direct arylation as a new atomically efficient and ecologically “greener” method. I will discuss how the rational selection of monomers and catalytic systems enable the facile synthesis of π -conjugated molecules and polymers in fewer steps, no need of C-H bond preactivation and without involvement of stannyl toxic reagents. The second part of this presentation will address the emerging applications of these π -conjugated polymers, including organic field-effect transistors (OFETs), photovoltaic devices, and photoconductive neural stimulation.

参考文献

- [1] H. Bohra, M. Wang, Direct C-H arylation: a ‘Greener’ approach towards facile synthesis of organic semiconducting molecules and polymers, *J. Mater. Chem. A*, **5**, 11550 (2017).
- [2] Y. Wu, M. Wang et al., Photoconductive Micro/Nanoscale Interfaces of a Semiconducting Polymer for Wireless Stimulation of Neuron-Like Cells, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **11**, 4833 (2019).

作者简介



Mingfeng Wang is currently a Nanyang Assistant Professor in the School of Chemical and Biomedical Engineering at Nanyang Technological University, Singapore. He received his B.Sc. degree in Chemistry at Jilin University in 2001, followed by his M.Sc. degree in Polymer Chemistry and Physics under the supervision of Prof. Xi Zhang. In 2004, he joined Prof. Mitchell A. Winnik’s group at the University of Toronto and obtained his Ph.D. degree in Polymer Chemistry and Materials in 2009. Then he was awarded with a Postdoctoral Fellowship supported by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), and moved to Prof. Fred Wudl’s group at the University of California, Santa Barbara. He joined the faculty of Chemical and Biomedical Engineering at Nanyang Technological University in 2012. His current research focuses on polymeric materials with bioinspired structures and advanced functions for optoelectronic and biomedical applications.

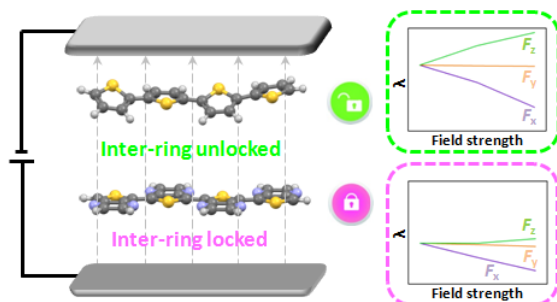
外电场对有机半导体电荷传输性能参数的影响

詹晓玲, 黄维聪, 刘宏光*

暨南大学化学与材料学院, 广州市黄埔大道西 601 号, 邮编 510632

*Email: huangguang_liu@jnu.edu.cn

电荷内重组能与电子或空穴在传输过程中引起的分子结构变化有关, 是影响小分子有机半导体电荷传输速率的重要因素。具有较小内重组能的有机半导体有望获得较大的晶体管载流子迁移率。通过调研文献, 我们发现目前利用马库斯理论对内重组能的理论计算大都忽略了一个重要的环境因素, 即广泛存在于电子器件当中的电场, 我们分析这可能是导致部分理论计算结果与实验结果出现偏差的原因。通过密度泛函理论计算, 我们比较了两类具有代表性的有机半导体—全稠环和非全稠环 π 共轭多环化合物, 发现二者的内重组能变化在电场下存在显著差异, 前者数值在不同电场方向和强度下几乎不变而后者数值变化显著, 说明对于非全稠环 π 共轭多环化合物要想准确计算其内重组能, 外电场的影响不可忽略。^[1,2] 通过理论模拟, 我们还发现外电场能显著影响空气中氧化剂分子与材料分子的相互作用, 改变材料分子的内重组能, 进而影响材料的电荷传输性能。^[3]



Electric field affects the charge transport indicator

参考文献

- [1] Zhan, X. et al, Applying Strong External Electric Field to Thiophene-Based Oligomers: A Promising Approach to Upgrade Semiconducting Performance, *J. Comput. Chem.*, 38, 304, (2017)
- [2] Huang, W. et al, The Influence of External Electric Fields on Charge Reorganization Energy in Organic Semiconductors, *Chem. Commun.*, 55, 2384, (2019)
- [3] Zhan, X. et al, Ambient Degradation of Perylene Diimide-Based Organic Transistors: Hidden Role of Ozone and External Electric Field, *J. Phys. Chem. C*, 122, 7067, (2018)

作者简介



刘宏光, 暨南大学化学与材料学院副研究员, 2013 年取得成均馆大学化学系博士学位, 随后在洛桑联邦理工学院从事博士后研究工作, 2015 年入职暨南大学。主要从事石墨烯表面化学和有机半导体载流子传输机制的理论研究。主持国家自然科学基金、广东省自然科学基金多项, 在 *J. Phys. Chem. Lett.*、*Chem. Commun.*、*Sensor. Actuat. B-Chem.* 等国际主流期刊上发表论文 19 篇。曾获 2012 年度国家优秀自费留学生奖学金。

无镉量子点及其在显示上的应用

赵虹¹, 刘祖刚^{1,*}

¹ 中国计量大学, 浙江省杭州市下沙高教园区学源街 258 号, 310018

*Email: zgliu@cjlu.edu.cn

量子点材料因为具有量子限域效应而拥有各种特性, 荧光量子点是使用其中的荧光特性的纳米材料。相对于传统的发光材料, 荧光量子点具有发光效率高、发光颜色根据尺寸大小可调、发光光谱窄、以及可以在溶液中使用的特点。目前市场上主要有两种量子点材料, 硒化镉量子点, 和不含镉的无镉量子点。无镉量子点, 没有重金属的毒性, 是更加环境友好和用户友好的材料。经过多年的研发, 无镉量子点在光谱半高宽 (FWHM)、光致发光效率 (PLQY)、以及稳定性等方面, 都在不断地赶上含镉量子点。

本报告将介绍无镉量子点的发展及其在显示方面的应用进展。无镉量子点在显示方面的应用包括: 利用量子点的光致发光性能, 用于液晶显示背光源, 提高液晶显示器的色域; 两种量子点电致发光的应用-基于量子点的发光二极管 (QLED) 和基于量子点的有机发光晶体管 (OLET)。

作者简介



刘祖刚教授, 毕业于武汉大学化学系, 并在厦门大学物理系获得博士学位。从事光电材料与器件的研发工作 30 多年。最早在中国从事 OLED 的研究, 并在英国牛津大学、剑桥显示技术公司 (CDT) 等单位开展溶液法 OLED 的研发。曾任全球无镉量子点材料先锋公司 Nanoco 的首席科学家, 以及意大利纳米结构材料研究所 (ISMN) 的技术指导。现任中国计量大学“印刷光电子研究所”所长, 从事印刷 OLED、无镉量子点 QLED、钙钛矿基 LED、以及印刷薄膜太阳能电池等方面的研究工作。

基于开尔文扫描探针显微镜的有机场效应晶体管器件物理研究

胡袁源^{1,*}

¹ 湖南大学物理与微电子科学学院

*Email: yhu@hnu.edu.cn

开尔文扫描探针显微镜 (Scanning Kelvin probe microscopy, SKPM) 是一种表面探针技术, 能有效测量样品表面的功函数或电势分布, 非常适合用于研究有机场效应晶体管 (OFET) 等具有平面结构的器件中的器件物理问题。该报告将介绍我们在利用 SKPM 研究 OFET 器件物理方面开展的部分工作: 1. 利用 SKPM 研究 OFET 中的电荷注入和接触电阻问题, 阐明了接触电阻及少数注入对器件性能的影响; 2. 利用 SKPM 研究 OFET 中半导体的态密度及介电层偶极子对态密度的影响, 从实验上证实了偶极子无序会导致态密度的展宽。

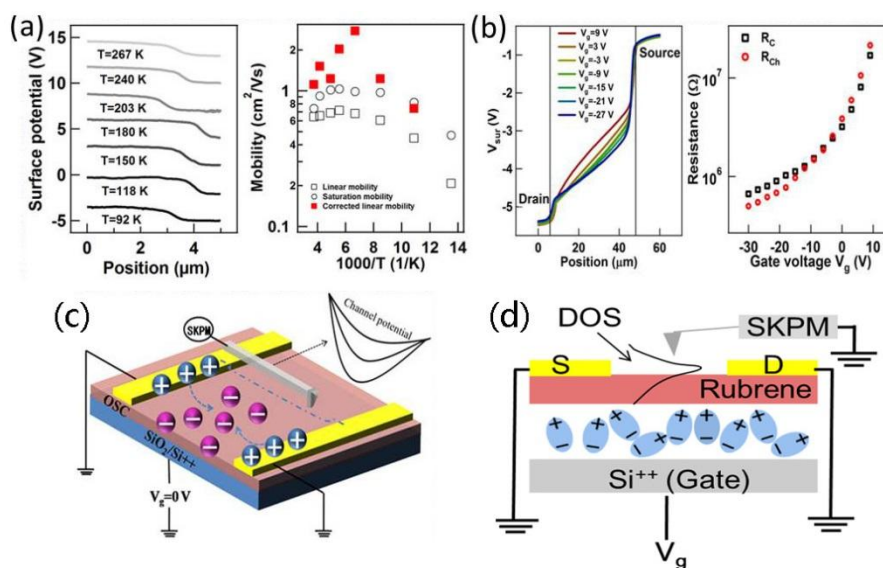


图 1. 利用SKPM研究OFET中的器件物理。(a) 接触电阻的温度依赖特性及其对迁移率的影响; (b) 接触电阻的栅压依赖特性; (c) 用SKPM观测OFET中少子的注入与传输; (d) 利用SKPM研究介电层偶极子对态密度的影响

参考文献

- [1] Y. Hu et al, Scanning Kelvin Probe Microscopy Investigation of the Role of Minority Carriers on the Switching Characteristics of Organic Field-Effect Transistors, *Adv. Mater.*, 28, 4713, (2016)
- [2] Y. Hu* et al, The Importance of Contact Resistance in High-Mobility Organic Field-Effect Transistors Studied by Scanning Kelvin Probe Microscopy, *IEEE EDL*, 39, 276, (2018)
- [3] Y. Hu* et al, Comparing the Gate Dependence of Contact Resistance and Channel Resistance in Organic Field-Effect Transistors for Understanding the Mobility Overestimation Issue, *IEEE EDL*, 39, 421, (2018)
- [4] Y. Hu* et al, Direct Observation of the Dipole-Induced Energetic Disorder in Rubrene Single-Crystal Transistors by Scanning Kelvin Probe Microscopy, *JPCL*, 9, 2869, (2018)

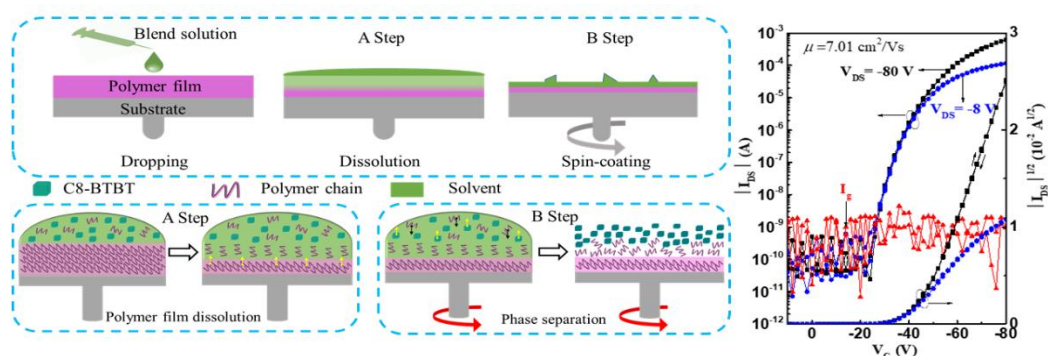
The wettability control of interface for high-performance organic thin-film transistors by soluble insulating polymer films

沈涛, 王贤保, 李金华*

湖北大学材料科学与工程学院, 武汉 430062

Email: jinhua_li@hubu.edu.cn

Organic small molecule semiconductors have higher carrier mobility compared to polymer semiconductors, while the actual performances of these materials are susceptible to morphological defects and misalignment of crystalline grains.[1-2] Here, a new strategy is explored to control the crystallization and morphologies of solution-processed small organic molecule semiconductor 2,7-dioctyl[1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene (C8-BTBT) by using soluble polymer films to control the wettability of substrates. Different from the traditional surface modification method, the dissolved polymer alters the state of semiconductor solution, which in turns changes the crystallographic morphologies of the semiconductor films. By controlling the solubility and thickness of the polymer modification layers, it is possible to regulate the grain boundary and domain size of C8-BTBT films, which determines the performances of OTFTs. It is expected that this new modification method will be applicable to high-performance OTFTs based on other small molecular semiconductors and dielectrics.



References

- [1] J. Li, et al., Solution-processable organic and hybrid gate dielectrics for printed electronics, *Mat. Sci. Eng. R* 2018, 127, 1–36.
 [2] T. Shen, et. al., *Appl. Surf. Sci.* 2019, 498, 143822.

作者简介



李金华, 男, 哲学博士, 湖北大学材料学院教授、博导, 2017 年受聘湖北省“百人计划”专家。近年来主要从事有机薄膜晶体管及其功能器件在柔性功能器件中的应用方面研究。发表 SCI 论文 80 余篇, 总引用次数 3400 余次, H 因子 33 (Google scholar)。主持国家自然科学基金 2 项, 湖北省杰出青年基金等多项。

液态铜催化的单晶二维材料生长

耿德超*, 胡文平*

天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

*Email: gengdechao_1987@tju.edu.cn

huwp@tju.edu.cn

化学气相沉积方法因具有可控性高、可大面积制备及成本较低等优点, 近年来被广泛应用于大规模高质量二维材料的可控制备。报告人发展了一种液态铜催化制备大面积高质量二维材料的化学气相沉积法, 实现了对一系列单晶二维材料的可控合成。首先制备了大面积的单晶石墨烯, 同时实现了对石墨烯尺寸的调控; 进一步通过调控生长条件, 实现了对单晶石墨烯形貌的精确控制, 得到了一系列具有高度对称结构形貌的单晶石墨烯; 最后将液态铜金属催化剂进一步应用到六方氮化硼、碳化钼、碳化硅等二维材料及其异质结的制备中[1-4], 实现了液态金属催化剂在生长单晶二维材料中的有效推广(图 1)。

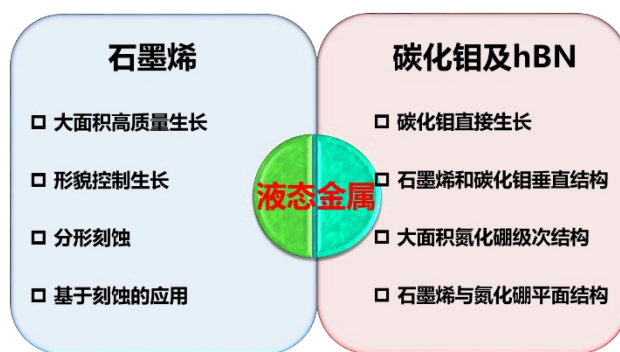


图 1. 液态铜上单晶二维材料的生长

参考文献

- [1] Geng, D. C. et al., Uniform graphene film on liquid Cu surface, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 7992 (2012).
 [2] Geng, D. C. et al., Fractal etching of graphene. *J. Am. Chem. Soc.* 135, 6431 (2013).
 [3] Geng, D. C. et al., Direct synthesis of large-area Mo₂C on in-situ grown graphene. *Adv. Mater.* 29, 201700072 (2017).

作者简介



耿德超, 教授, 天津大学理学院化学系, 于 2015 年在中国科学院化学研究所获得博士学位。先后在新加坡国立大学 Kian Ping Loh 教授课及新加坡科技设计大学 Hui Ying Yang 教授课题组开展博士后研究, 已于 2019 年 9 月全职加入天津大学开展研究工作。报告人长期从事石墨烯等二维材料的可控制备、性能调控及应用探索的研究, 已在国际著名学术期刊发表论文 40 余篇, 论文总引用 2300 余次, h 因子 23。作为主要完成人 (6/7) 获 2017 年度北京市科学技术一等奖, 另获 2016 年度中国科学院优秀博士学位论文及 2015 年度中国科学院院长特别奖。

新型插烯四硫富瓦烯类有机半导体的设计合成与光电功能

葛从伍*, 胡云宾, 吴文婷, 李晶, 高希珂*

中国科学院上海有机化学研究所, 上海市零陵路 345 号, 200032

*Email: gecongwu@sioc.ac.cn, gaoxk@mail.sioc.ac.cn

构建给体-受体 (D-A) 结构是获得高性能有机光电功能材料的有效策略, 然而, 目前给体单元局限于噻吩等传统富电子芳环^[1], 这在一定程度上制约了新型高性能有机光电功能材料的发展及其新性质和新功能的发现。插烯四硫富瓦烯 (VTTF) 是强的电子给体而且构象可调, 其与受体单元结合有望获得高性能、新功能的有机共轭 D-A 小分子/聚合物。如图 1 所示, 我们利用高效、绿色的 C-H/C-H 偶联反应设计合成了系列硫杂共轭萘二酰亚胺 (NDI) 稠合的 VTTF 衍生物, 该系列化合物均表现出较强的近红外吸收特点和良好的电子传输性能^[2]。其中 VTTF 类小分子材料 (NDI-DTYA)₂、(DTYM-NDI-DTYA)₂ 具有扭曲的共轭分子骨架、窄的光学带隙, 用溶液加工方法可制备得到高性能、空气稳定的 n-型有机场效应晶体管 (OFETs) 器件, 基于 (NDI-DTYA)₂ 的 OFET 器件电子迁移率可达 $0.45 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ^[3]。而 (DTYM-NDI-DTYA)₂ 作为钙钛矿太阳能电池的电子传输材料, 电池光电转化效率可达 13% (与明星分子富勒烯衍生物 PCBM 性能相当)^[4]。近期研究表明, VTTF 类共轭聚合物材料表现出优异的光热转换性能和良好的电子传输性能^[5]。上述研究结果表明, VTTF 作为给体单元在构筑含 D-A 结构的新型有机光电功能材料中极具潜力。

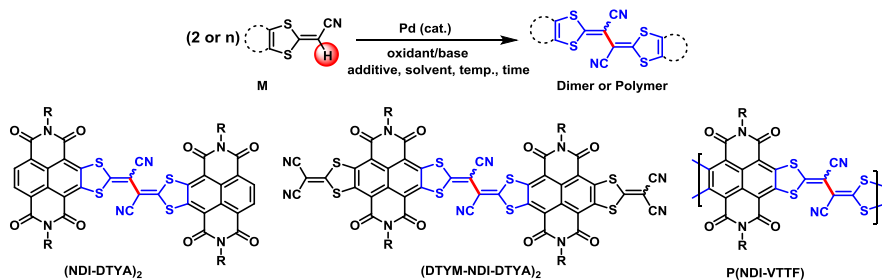


图 1. 偶联反应制备的VTTF类有机共轭D-A小分子/聚合物

参考文献

- [1] Beaujuge, P. M.; Amb, C. M.; Reynolds, J. R. *Acc. Chem. Res.* 43, 1396–1407 (2010).
- [2] Wu, W.; Li, J.; Zhao, Z.; Yang, X.; Gao, X. *Org. Chem. Front.* 4, 823–827 (2017).
- [3] Hu, Y.; Wang, Z.; Zhang, X.; Yang, X.; Ge, C.; Fu, L.; Gao, X. *Org. Lett.* 19, 468–471 (2017).
- [4] Ge, C.; Wu, W.; Hu, L.; Hu, Y.; Zhou, Y.; Li, W.-S.; Gao, X. *Org. Electron.* 61, 113–118 (2018).
- [5] Wu, W.; Li, J.; Ge, C.; X, Gao.; et al. Unpublished results.

作者简介



葛从伍, 博士, 副研究员, 2014年7月于华东理工大学获得博士学位; 2014年7月-2018年4月在中科院上海有机所从事博士后研究; 2018年5月-至今, 任中科院上海有机所副研究员。主要从事有机新能源材料与器件研究, 目前已在 *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Chem. Sci.*, *Chem. Commun.*, *ACS Macro Lett.* 等期刊上发表学术论文 20 余篇; 作为项目负责人曾主持国家自然科学基金青年基金一项。

5G 通讯复合材料的开发与产业化

黄双武

huangshuangwu@nbu.edu.cn

2019 年为 5G 元年，5G 技术是国家战略之一，但是，用于 5G 通讯关键材料如液晶高分子 LCP 覆铜板以及元器件等主要依赖进口，成为该领域的瓶颈。如何突破之一瓶颈，需要国内企业携手合作，已国家利益为重，整合各行业资源，尤其是稀缺人才资源，尽快解决材料难题。该项目专注 5G 关键材料的开发，包括 low-K 低损耗 PTFE 复合膜材料，多空复合材料等；同时研究超导电材料如纳米银浆和超导电石墨烯在低损耗复合膜材料上粘合力挑战性难题；系统检测和表征这些复合材料在 28GHz-100GHz 范围内高频电性能，探讨 5G 通信复合材料的产业化。

作者简介



黄双武 博士，合肥工业大学高分子材料工程学士（1988）和硕士（1991），中国科学院化学所高分子化学博士（1996），1996-1998 年新加坡国立大学化工系博士后。曾在日立化成担任高级工艺工程师、美国美光科技首席工程师、美国布鲁尔科技首席技术顾问兼高级经理等。拥有 30 多项中国专利，50 多项美国专利，发表论文 50 多篇。2016 年中组部国家千人计划特聘专家（第 12 批企业长期创新），2019 年深圳海外高层次 A 类人才。2018 年受聘于宁波大学材化学院任讲席教授，惠州学院特聘教授。2019 年创立深圳赛兰仕科创有限公司，董事总经理（CEO），负责 5G 新材料的开发和产业化。

高分子半导体材料与器件

刘云圻

中国科学院化学研究所, 北京 100190

E-mail: liuyq@iccas.ac.cn

高分子场效应晶体管由于其易于溶液法加工和优良的力学柔性, 有可能制备低成本、柔性和环境友好的产品, 从而吸引了极大注意。最近几年, 其主要物理指标, 包括迁移率、开关比、阈值电压已基本能满足应用的要求。另外在稳定性、重复性、非卤溶剂加工、成本等方面也取得了进展。随着有机电致发光材料在显示屏上的成功应用, 柔性显示屏成为未来的发展方向。从技术上来讲, 柔性的实现有不同的技术路线。物理柔性, 任何刚性物质, 如果很薄、很细, 都能展示柔性。结构柔性, 芯片是刚性的, 连接芯片的连线具有分形结构或弹簧结构, 则宏观上也具有柔性。再一种就是本征柔性, 也就是制备器件的主体材料具有柔性, 即分子材料, 包括有机分子、高分子和碳材料。本报告将介绍一些新型高性能p-型、n-型和双极性半导体聚合物的设计合成, 溶液法加工技术, 器件和电路的制备和电性能研究, 以及它们在本征柔性屏方面的应用探索。

参考文献

- [1] Hanlin Wang, Qiang Zhao, Zhenjie Ni, Qingyuan Li, Hongtao Liu, Yunchang Yang, Lifeng Wang, Yang Ran, Yunlong Guo, Wenping Hu, and Yunqi Liu, *Adv. Mater.*, **2018**, 30(46), 1803961.
- [2] Yingying Jiang, Jinyang Chen, Yunlong Sun, Qingyuan Li, Zhengxu Cai, Junyu Li, Yunlong Guo, Wenping Hu, and Yunqi Liu, *Adv. Mater.*, **2019**, 31(2), 1805761.
- [3] Zhen Wang, Kongyang Yi, Qiuyuan Lin, Lei Yang, Xiaosong Chen, Hui Chen, Yunqi Liu, and Dacheng Wei, *Nat. Commun.*, **2019**, 10, 1544.
- [4] Yunpeng Zhang, Xiaotong Liu, Shi Qiu, Qiuqi Zhang, Wei Tang, Hongtao Liu, Yunlong Guo, Yongqiang Ma, Xiaojun Guo, and Yunqi Liu, *J. Am. Chem. Soc.*, **2019**, 141, 14643–14649.
- [5] Wei Shi, Yunlong Guo, and Yunqi Liu, *Adv. Mater.*, **2019**, 31, 191493.

作者简介



刘云圻, 中国科学院化学研究所研究员、中国科学院院士、发展中国家科学院院士。主要从事分子材料的设计、合成, 包括 π -共轭小分子、高分子和石墨烯; 以及这些材料在光电子器件中的应用, 包括场效应晶体管和分子器件。发表 SCI 论文 600 余篇, 他人引用 3 万余次, h 因子大于 90, 获授权中国发明专利 70 项, 出版专著两部及 17 章节。2007 年、2016 年分别获国家自然科学基金二等奖各 1 项, 2017 获北京市科学技术一等奖。十次获中国科学院优秀导师奖等。2014 年起连续入选汤森路透全球“高被引科学家”目录。

共轲高分子的聚集态微观结构与多级组装

王婕妤, 裴 坚*

北京大学化学与分子工程学院, 北京, 100871

*Email: jianpei@pku.edu.cn

分子自组装现象普遍存在于自然界和生物体系中, 是生物大分子形成特定结构与功能的重要过程。生物大分子如蛋白质、核酸等, 其复杂、精巧的功能来源于它们特定的多级组装结构。生物大分子的多级组装通过分子间多种弱相互作用协同实现: 例如, 在蛋白质的多级组装结构中, 一级结构为多肽或蛋白质中多种氨基酸的线性序列; 二级结构为多肽链中利用非共价作用, 自发组装形成的 α 螺旋, β 折叠等有规则的多肽链构象; 三级结构指由二级结构元件(α 螺旋, β 折叠, β 转角, 无规卷曲等)构成的蛋白质三维结构; 四级结构是指由多条各自具有一、二、三级结构的肽链通过非共价键相互作用连接起来的结构形式。小至氨基酸种类、序列的改变, 大至肽链空间结构的不同, 都有可能影响蛋白质功能的发挥。

共轲高分子体系可以通过复杂多变的非共价相互作用进行组装, 形成具有不同微观结构的聚集态, 因此, 聚合物半导体器件有着不同于无机半导体材料的电荷传输过程。聚合物薄膜器件的载流子传输机理通常为快速的链内传输与较慢的链间跳跃传输的结合。载流子通过沿聚合物骨架的 π 电子离域实现链内传输, 理论预测此过程可实现超高迁移率。在共轲聚合物薄膜的微观形貌中, 有序结晶区常常与无序非晶区共存, 链间传输通常通过两种途径: (1) 在有序堆积区域的传输, 可能类似有序堆积的小分子的跃迁机理; (2) 无序区域传输, 载流子传输速率很慢。显然, 电荷在有序堆积区域中的传输过程能有效补偿无序区域中的, 从而促进整体的链间传输过程。

为得到更好的光电性能, 我们需要了解并精细调控各尺度范围内的共轲高分子聚集体结构。我们将共轲高分子体系中的多级组装结构和蛋白质的多级组装进行类比: 我们将通过共价作用形成的一维聚合物链结构视作一级结构; 在溶液或固相加工过程中, 聚合物链段通过分子间相互作用如 π - π 堆积、层状堆叠和链缠结等形成的一条或多条聚合物链组装结构视作二级结构; 共轲聚合物不同相行为对应的聚集结构如结晶、无定形及过渡区域视作三级结构; 最后, 我们可以将多组分相互作用及相分离的材料体系视作其四级结构。共轲高分子不同尺度的聚集态结构的变化都可能影响其作为功能材料的最终性能, 由于多级组装的驱动力——非共价作用的多样性使得组装结构变化复杂、多样, 建立一个研究多级组装及器件性能联系的明确脉络较为困难; 另外, 对于多数有机半导体器件, 聚合物组装过程始于溶液, 过去的研究往往在化学结构, 固相聚集体行为与器件性能之间建立联系, 并未研究聚合物溶液组装过程的细节, 实际上, 对聚合物溶液自组装行为的研究亦为摸索多级组装结构的演变提供了基础。

作者简介



裴坚, 博士, 教授, 博士生导师。1967 年 12 月生。1985 年-1995 年就读于北京大学化学与分子工程学院, 有机化学专业, 分别获得学士、硕士、博士学位。1995 年-1997 年在新加坡国立大学化学系从事博士后研究工作。1997 年-1998 年在新加坡材料与工程研究院任副研究员, 研究方向为有机光电材料。1998 年-2000 年在美国加州大学圣塔巴巴拉分校有机固体和高分子研究所, 2000 年诺贝尔化学奖得主 Alan J. Heeger 教授实验室从事博士后研究工作, 研究方向为有机光电材料。

2000 年-2001 年在新加坡材料与工程研究院, 任副研究员。2001 年-2005 年在北京大学化学与分子工程学院, 任副教授。2005 年至今在北京大学化学与分子工程学院, 任教授。1999 年获“新加坡陈嘉庚青年科学家奖银奖”; 2004 年获得国家自然科学基金委杰出青年基金资助; 2009 年获第五届“中国化学会-巴斯夫公司青年知识创新奖”; 2011 年获第七届“北京市高等学校教学名师奖”; 2011 年获“宝钢优秀教师奖”; 2012 年被聘为教育部长江学者特聘教授; 2013 年获教育部自然科学奖一等奖(第一完成人)、第七届北京市高等教育教学成果一等奖; 2014 年获第三届“中国化学会-赢创化学创新奖”, 国家级教学成果二等奖; 2016 年获北京市科学技术二等奖(第一完成人)。应邀担任高分子半导体领域最重要会议-合成金属国际大会的 International Advisory Board, 国际学术期刊 Chem. Asian J. 的 International Advisory Board、Asian J. Org. Chem. 的 Editorial Board Chair 等。

Novel Metal Oxide Thin Film Transistor

Miao Xu^{1,2}, Hua Xu², Min Li², Jianhua Zou², Hong Tao², Lei Wang^{1,2}, Junbiao Peng¹

¹ State Key Laboratory of Luminescent Materials and Devices, South China University of Technology, Guangzhou, China ²Guangzhou New Vision Opto-Electronic Technology Co., Ltd, Guangzhou, China

Keywords: thin film transistor; metal oxide; Praseodymium doping; transparent display

Rear earth element-doped indium zinc oxide (Re:IZO) has been employed as the channel layer of thin film transistors (TFTs). The TFTs with Re doping exhibited a remarkable suppression of the light induced instability. A negligible photo-response and remarkable enhancement in negative gate bias stress under illumination (NIBS) were achieved in the Re:IZO TFTs. Meanwhile, the Re:IZO TFTs showed reasonable characteristics with a high field effect mobility of $18.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, SS value of 0.15 V/decade , and $I_{\text{on}}/I^{\text{off}}$ ratio of 10^9 . A prototype of fully transparent AMOLED display was successfully fabricated to demonstrate the potential of Re-doping TFTs applied in transparent devices.

金属诱导的非晶氧化物薄膜导体化研究

周晓梁¹, 杨欢¹, 付海时¹, 张盛东^{1,2*}

¹ 北京大学信息工程学院, 深圳, 518055

² 北京大学微纳电子学系, 北京, 100871

*Email: zhangsd@pku.edu.cn

自对准顶栅氧化物薄膜晶体管在大尺寸微电子技术、三维集成电路等方面有着重要应用。高电导的源漏区域的形成方法是获得高性能器件的关键之一。报告将介绍我们采用金属诱导方法获得高电导非晶氧化物薄膜的研究结果。主要内容包括多种金属对若干非晶氧化物薄膜的诱导方法及其导体化效果, 非晶氧化物薄膜导体化前后材料特性的表征, 提供载流子的缺陷产生和扩散模型等。采用该方法的自对准顶栅氧化物薄膜晶体管的制备和性能等。对金属诱发方法的机理进行了研究, 给出了可实现导体化的金属选择所遵循的原则。

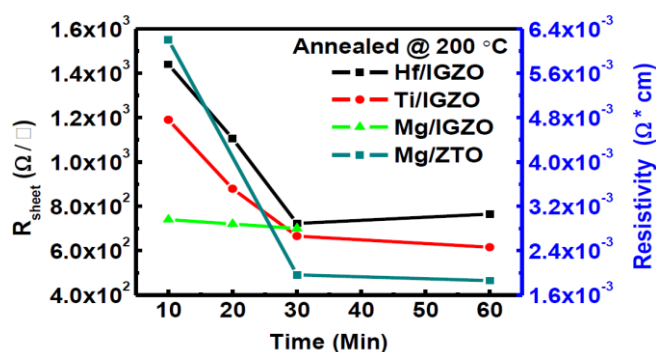


图 1. 各种非晶氧化物薄膜电阻率（方块电阻）与金属处理时间的关系

参考文献

- [1] K. Nomura, H. Ohta, A. Takagi, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, "Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors," *Nature*, vol. 432, no. 7016, pp. 488–492, Nov. 2004,
- [2] Yang Shao, Xiaoliang Zhou ; Huan Yang ; Baozhu Chang ; Ting Liang ; Yi Wang ; Shengdong Zhang, "Homo-Junction Bottom-Gate Amorphous In-Ga-Zn-O TFTs with Metal-Induced Source/Drain Regions", *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, Volume: 7, pp. 52-56, 2019.
- [3] Liang Ting, Shao Yang, Lu Huiling, Zhou Xiaoliang, Deng Xuan, and Shengdong Zhang, "Scalability and Stability Enhancement in Self-Aligned Top-Gate Indium- Zinc-Oxide TFTs with Al Reacted Source/Drain", *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, Vol. 6, pp 680 - 684, 2018.
- [4] N. Morosawa, Y. Ohshima, M. Morooka, T. Arai, and T. Sasaoka, "Self-Aligned Top-Gate Oxide Thin-Film Transistor Formed by Aluminum Reaction Method," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 50, no. 9, pp. 096502-1–096502-4, Sep. 2011.

作者简介



张盛东获东南大学学士和硕士学位、北京大学博士学位。从事微纳电子和半导体显示技术科研教学工作 30 余年。2002 年前分别在南京电子器件研究所和香港科技大学从事科研工作。2002 年起入职北京大学信息科学技术学院。2009 年 1 月起同时任职于北京大学深圳研究生院信息工程学院。

可印刷有机场效应晶体管

侯晓雅¹, 常晶晶², 张婕^{1,*}

¹ 江南大学, 无锡滨湖区蠡湖大道 1800 号, 214122

² 西安电子科技大学, 陕西省西安市雁塔区太白南路 2 号, 71012

*Email: jiezhang@jiangnan.edu.cn

传统微电子生产工艺是在洁净室通过高真空蒸镀及减材制造技术来完成的。其工艺成本高, 且运行费用昂贵。与传统微电子相比, 印刷电子技术运用优化的图形印刷作为其增材制造工艺, 使功能性材料在衬底上一次成形, 无需后续减材成形, 可实现绿色制造柔性光电及传感电子器件。团队开发了用增材印制工艺卷对卷和单张印刷的方式制成了全印刷三极管和集成逻辑电路。印刷三极管电流和电压变化特征曲线与非晶硅基三极管相似: 其电荷迁移率 $\geq 1.4\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, 开/关电流 ($I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$) 比可达到 10^5 , 而且阈值电压 (V_{th}) 近于零。这一工作通过对印刷工艺优化, 界面处理, 和材料系统的整合, 实现可印刷三极管器件性能可控、稳定和一致性。

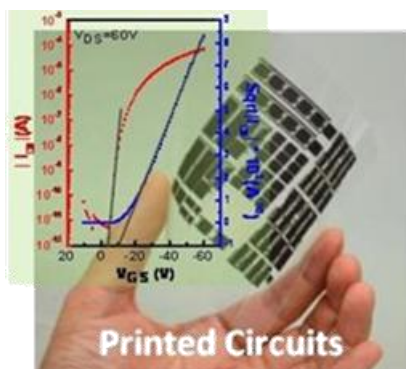


图 1. 印刷柔性晶体管及电路

参考文献

- [1] Kyaw K.K., Zhang J. et al, A nanogroove-guided slot-die coating technique for highly ordered polymer films and high-mobility transistors, *Chem Commun.* 52(2), 358-61, (2016)
- [2] Hou X.Y., et al, Formulation of novel screen-printable dielectric ink for fully-printed TIPs-pentacene OFETs, *RSC Adv.*, 4, 37687-37690 (2014)
- [3] Chang, J.J., et al, Controlled Growth of Large Area High Performance Small Molecule Organic Single Crystalline Transistors by Slot Die Coating Using Mixed Solvent System, *Adv. Mat.*, 25(44), 6442 - 6447, (2013)

作者简介



张婕博士毕业于美国伊利诺伊大学芝加哥分校。曾在摩托罗拉从事微电子集成封装和柔性电子微纳材料和工艺开发 13 年。随后, 作为资深高级科学家、印刷电子计划经理任职于新加坡科技局材料与工程研究院。曾任常州印刷电子产业研究院任副院长, 开发低成本传感器在智能包装和医疗保健领域中应用。张婕教授现在在江南大学机械学院, 从事微纳及增材制造柔性电子前沿科学研究。她先后入选国家、省、市人才计划, 主导江苏省重点研发计划等。她已在 SCI 期刊上发表了超过 70 篇学术论文, 拥有超过 25 项国际授权专利。她主持并参与主编了多项电子行业 (IPC, IEEE, iNEMI) 的印刷电子标准和产业化发展路线图的制定。

有机场效应晶体管感知功能器件的构筑与性能调控

狄重安

中国科学院化学研究所，北京市海淀区中关村北一街 2 号，100190

Email: dichan@iccas.ac.cn

有机半导体秉承有机材料质量轻、柔韧性好和可溶液法加工等特点，在多种光电功能器件中具有广阔的应用前景。本文报道系列有机晶体管传感器与感知功能器件的构建策略。¹⁻⁵ 在有机晶体管传感器方面，构筑了柔性悬浮栅极有机晶体管（SGOTFTs），³ 为超灵敏压力传感器件的构筑提供了理想载体。此外，结合突触晶体管的构筑，制备了有机晶体管触觉感知系统。⁴ 发展并制备了适应型有机晶体管（OAT），实现了生物功能适应行为的模拟。⁵ 在此基础上，结合器件构筑与集成展示了上述材料与器件在健康监测与智能电子器件方面的应用前景。

参考文献

- [1] C. A. Di, et al, Enabling Multifunctional Organic Transistors with Fine-Tuned Charge Transport, *Acc. Chem. Res.* 52, 1113, (2019).
- [2] Y. P. Zang, et al, Sensitive Flexible Magnetic Sensors using Organic Transistors with Magnetic-Functionalized Suspended Gate Electrodes, *Adv. Mater.* 27, 7979, (2015).
- [3] Y. P. Zang, et al, Flexible suspended gate organic thin-film transistors for ultra-sensitive pressure detection, *Nat. Commun.* 6, 6269, (2015).
- [4] Y. P. Zang, et al, A Dual-Organic-Transistor-Based Tactile-Perception System with Signal-Processing Functionality, *Adv. Mater.* 29, 1606088 (2017).
- [5] H. G. Shen, et al, Mimicking Sensory Adaptation with Dielectric Engineered Organic Transistors, *Adv. Mater.* 31, 1905018, (2019).

作者简介



狄重安，2008 年于中科院化学所获得博士学位，之后在化学所工作至今，历任助理研究员、副研究员和研究员；先后访问了剑桥大学卡文迪什实验室和斯坦福大学化工系。主要从事有机半导体的电荷输运调控与器件功能化方面的研究工作。现为 *Adv. Mater. Tech.* 和 *J. Energ. Chem.* 期刊的国际顾问编委，曾获中国化学会青年化学奖，入选全国百篇优秀博士论文，先后获得国家自然科学基金委优秀青年基金和中组部万人计划青年拔尖项目资助，主持国家重点研发计划纳米科技专项的课题 1 项。

基于喷墨打印的 MXene 二维材料超快光子应用

蒋先涛¹, 张晗^{1,*}

¹ 深圳大学微纳光电子学研究院, 深圳市南山区南海大道 3688 号, 邮编 518060

*Email: hzhang@szu.edu.cn

超快脉冲激光可以提供超高的光场强度和峰值功率, 超短并可调的脉冲宽度, 以及超高并可调的重复频率, 因而具有广阔的应用空间, 已在国防、医疗、通讯和工业加工中占据了不可或缺的重要席位^[1-4]。然而, 其核心器件可饱和吸收体正面临着产品升级和改造的迫切需求。最近, 新型二维材料 MXene 由于具有诸多优越的物理化学性能而引起了科研人员的广泛关注, 如超宽带的非线性光学响应、高导电率、高弹性模量、高电容率、可调谐的带隙、高光学透过率等。基于此, 我们利用 MXene 材料 $Ti_3C_2T_x$ 优异的非线性光学性能, 通过喷墨打印 (Inkjet printing) 技术制备了一系列的可饱和吸收体, 基底包括柔性透明衬底、侧抛光纤、二氧化硅/硅芯片、金镜等^[5]。利用制备出的可饱和吸收体, 我们成功实现了近红外到中红外 (1~3 μm) 的超短脉冲激光输出, 谐振腔包含光纤激光器以及全固态激光器, 最短脉冲宽度低至 100 fs。

由于喷墨打印可灵活实现零维点, 一维线, 二维面, 到一定程度的三维结构以及复合维度结构的加工; 还具有一次成型、不需模板和刻蚀、精度高、溶剂(有机/无机)和基底(纸/陶瓷/塑料/光纤/硅片等)可选、室温条件制备、成本低、加工速度快等诸多优点。以及 MXene 二维材料的化学多样性, 已报道的 MXene 材料超过 70 种。我们相信该工作可以为今后二维材料增材制造光电子器件的工业制造提供参考, 并进一步拓展 MXene 材料的光电应用范围。

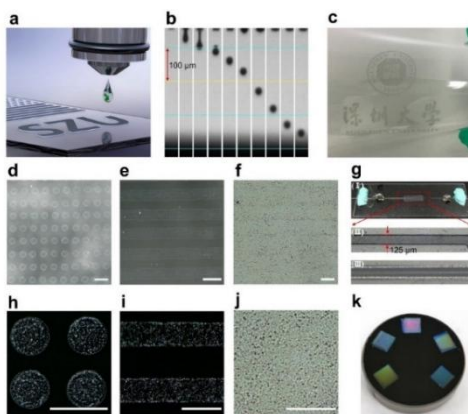


图 1. 基于MXene的喷墨打印光电器件

- [1] X. Jiang, S. Liu, W. Liang, S. Luo, Z. He, Y. Ge, H. Wang, R. Cao, F. Zhang, Q. Wen, J. Li, Q. Bao, D. Fan, and H. Zhang, *Laser & Photonics Reviews* **12**, 1700229 (2018).
- [2] X. Jiang, S. Gross, H. Zhang, Z. Guo, M. J. Withford, and A. Fuerbach, *Annalen der Physik* **528**, 543-550 (2016).
- [3] X. Jiang, H. Lu, Q. Li, H. Zhou, S. Zhang, and H. Zhang, "Epsilon-near-zero medium for optical switches in a monolithic waveguide chip at 1.9 μm ," in *Nanophotonics*, (2018), p. 1835.
- [4] X. Jiang, L. Zhang, S. Liu, Y. Zhang, Z. He, W. Li, F. Zhang, Y. Shi, W. Lü, Y. Li, Q. Wen, J. Li, J. Feng, S. Ruan, Y.-J. Zeng, X. Zhu, Y. Lu, and H. Zhang, *Advanced Optical Materials* **6**, 1800561 (2018).
- [5] Xiantao Jiang, Ting Hai, Rui Yue, Zhangwei Chen, Changshi Lao, Yanqi Ge, Guoqiang Xie, Qiao Wen, Han Zhang, *NPJ 2d Materials and Applications* **3**, 34 (2019).



张晗, 广东省政协委员、民盟中央委员, 深圳市民盟副主委, 现任深圳大学特聘教授, 广东省功能纳米材料与智能器件重点实验室主任, 2010年毕业于南洋理工大学, 2012年入选国家青年千人计划, 首届国家优青、2018年获得深圳市青年科技奖、中国产学研合作创新奖(个人)、教育部科技二等奖、广东省丁颖科技奖, 2018、2019连续两年荣膺全球高被引科学家称号、2019入选美国光学学会会士等。张晗教授 SCI 引用 24000 多次, H 指数 80, 获得基金委 2015 年重点项目、2017 年面上项目、2018 年面上项目和 2019 年重点项目等资助, 同时兼任 Photonics Research 副主编、中国激光杂志社青年编委会秘书长等职务。团队成员获得国家青年基金资助 20 项, 面上项目 4 项, 国家重点项目 2 项(含联合基金)、重大项目培育 1 项等。已有 15 人被评为深圳市高层次人才孔雀 B/C 类, 获得各项资助累计达 8000 万。

Carbon Based Integratable Soft Thin Film Transistors

Min Zhang*, Chunhui Du, Ziwei Zhang, Qiuyue Huang, Jiaona Zhang, Qinghua Wang, Haoxuan Jiao
 School of Electronic and Computer Engineering, Peking University, Shenzhen, China
 Tel.:86-755-26032482, *E-mail: zhang.min@pku.edu.cn

Internet-of-Things, human-machine interface, advanced displays and wearable electronics are proposing more requests and challenges on soft thin film transistors (TFTs) recently years. For high-speed low-power applications, driving capability and operation voltage of TFTs are focused. For soft systems, flexibility, rollability, stretchability, and transparency are more critical. At the same time, device repeatability, uniformity, and reliability are required. To address these requirements and challenges, we have built up an advanced carbon-based soft thin film transistor platform. In this platform, with carbon nanotubes (CNTs) as channel and electrodes, organic and inorganic soft material as gate dielectric, we have realized intrinsically flexible all-carbon TFTs, high-mobility low-power transparent rollable all-carbon TFTs, and high-mobility high-stretchability all-carbon TFTs. Besides, we have combined the advantages of carbon nanotubes with the general a-IGZO platform to realize carbon nanotube embedded enhanced a-IGZO TFTs for high drivability. Integrating every low-dimensional flexible layer into a flexible or stretchable device is a compelling challenge to realize all-flexible transistors. We have also proposed new solutions for these flexible integrations, including photolithography incorporated filtration, hydrophilization, low temperature annealing process for flexible devices, and organic based dielectric processing. The platforms with the realized devices provides promising solutions for future electronics.

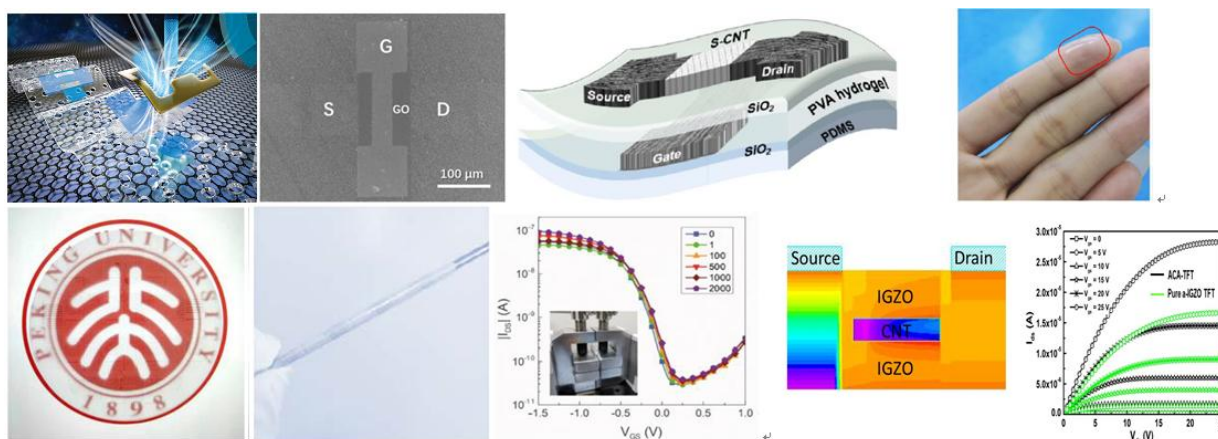


Fig 1. Carbon based advanced TFTs for advanced displays.

References

1. C. Du, M. Zhang*, Q. Huang, S. Zhang, Y. Chai, *Nanoscale*, Vol. 11, pp.15029-15036, 2019. (Cover Paper)
2. Z. Zhang, M. Zhang*, C. Du, L. Li, K. Chang, *IEEE Electron Device Letters*, Vol. 40, Issue 6, pp.921-924, 2019.
3. J. Zhang, M. Zhang*, C. Du, S. Zhang, Z. Liao, Z. Rong, L. Zhang, *IEEE Electron Device Letters*, Vol. 40, Issue 3, pp.407-410, 2019.

Biography

Min Zhang is an Associate Professor of Electronic and Computer Engineering in Peking University Shenzhen Graduate School and a Vice-Director of Thin Film Transistor and Advanced Display Lab. She received her B.S. and M.S. degrees from Department of Microelectronics in Xi'an Jiaotong University and her Ph.D. degree from the Department of Electronic and Computer Engineering in Hong Kong University of Science and Technology. She was with Solomon Systech Ltd. in Hong Kong from 2006-2012 and joined Peking University Shenzhen Graduate School in 2012. Her research interests are focused on nanoelectronic devices, stretchable and flexible devices, as well as advanced displays. She has published over 70 peer-reviewed papers and over 10 patents granted or pending. She was the treasurer of IEEE Shenzhen section, and has served on organizing committees for several international conferences, including IEEE-EDSSC and IEEE CAD-TFT etc. She has been serving as a reviewer for some famous journals, including Electron Device Letters, Nanoscale, Transactions on Nanotechnology, and Transactions on Electron Devices etc.

薄膜晶体管与有机钙钛矿材料的集成与光电探测应用

王娅¹, 向焱¹, 周航^{1,*},

¹ 信息工程学院, 北京大学深圳研究生院, 深圳市南山区西丽大学城, 518055

*Email: zhouh81@pkusz.edu.cn

有机金属卤化物钙钛矿是性能优异的光电材料, 它在光电探测领域有很广的用途, 可以应用于 X 射线, 紫外甚至近红外的探测。将有机钙钛矿与薄膜晶体管集成, 有望得到新型的高灵敏低噪声图像传感器, 实现成像应用。在这里, 我们介绍一种集成有光敏层的钙钛矿-IGZO 薄膜光电晶体管。在器件中, 钙钛矿光敏层叠加在在晶体管的沟道层上, 通过引入 PCBM/PMMA 作为电子传导层, 是的光生电子可以注入到晶体管的沟道内, 形成光电流。同时, PMMA 的引入有效地保护了晶体管的特性。通过优化, 杂化型的薄膜晶体管对可见光拥有 1.35×10^{12} Jones 的探测度和极低的暗电流 (~ 10 pA)。该器件结合了晶体管低噪声和钙钛矿高灵敏度的特点。

参考文献

[1] X. Xu, L. Yan, et.al. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2018, 10, 44144–44151

作者简介



周航 毕业于剑桥大学, 曾在伦敦纳米技术中心从事博士后研究员工作。2011 年回国, 任职于北京大学深圳研究生院, 现职为副教授、博士生导师, 并担任深圳市薄膜晶体管与先进显示重点实验室副主任。主要研究领域为钙钛矿光电器件、金属氧化物半导体薄膜、柔性电池等。近 5 年来, 主持国家自然科学基金项目 2 项、省级项目 2 项, 主持市级基础科研项目 5 项, 累计发表 SCI/EI 论文 50 余篇。

Electrolyte-gated Organic Transistor for Optoelectronic Applications

徐海华^{1,*}

¹ 深圳大学医学部生物医学工程学院, 深圳, 518060

*Email: hhxu@szu.edu.cn

Electrolyte-gated organic transistor (EGOT), which possesses the advantages of low-voltage and low-cost, have drawn extensive attentions. Here, we will report our recent progresses on EGOT optoelectronic devices. Firstly, we will introduce the charge modulation spectroscopy to in-situ probe the charge transports at the electrolyte/organic semiconductor interface. By correlating the impedance spectroscopy and gating-voltage dependence of the mobility, we show that the large disordered regions of the organic layers will cause significant electrochemical doping effects at the electrolyte/organic semiconductor interface, resulting in strong carrier-ion interactions as well as deep trap states. These fundamental works will help us to design high-performance EGOT optoelectronic devices. Next, we will introduce our recent work on EGOT devices for photodetection and optical modulation applications. We will introduce a flexible, low-voltage and highly-sensitive photodetector based on the EGOT structure with an ionogel/AgNW electrolyte gate. The device exhibits high responsivity of $7.5 \times 10^5 \text{ A} \cdot \text{W}^{-1}$ and ultrahigh sensitivity ($\sim 7.5 \times 10^5$). Moreover, as the bending radius is reduced as small as 2 mm, the sensitivity remains in the level of 10^5 . Finally, we will introduce a flexible and efficiency-enhanced hybrid optical modulation transistor (h-OMT) based on the EGOT in which organic semiconductors are blended with silver nanoparticles (AgNPs). As a results, the device exhibits unipolar transport and ultra-high on-off ratio of $\sim 4.8 \times 10^6$ in a small voltage range of $\sim 2 \text{ V}$. Using charge modulation reflection spectroscopy, we demonstrate that the device shows a broad spectral response from 400 nm to 2000 nm and maximum optical modulation of $\sim 15 \%$ at $\lambda=785 \text{ nm}$, 6-fold of magnitude higher than that of the device without AgNPs. Our work provides the possibility of EGOT devices for constructing novel optoelectronic systems in the future.

参考文献

- [1] H. H. Xu*, Y. Lv, Y.C. Deng, Q.Q.Zhu. In situ probing electronic dynamics at organic bulk heterojunction/aqueous electrolyte interfaces by charge modulation spectroscopy. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 20, 1267-1275 (2018).
- [2] H. H. Xu*, Y. Lv, D.X.Qiu, H.X. Zeng, Y.C. Chu, Q.Q. Zhu. Flexible and broad spectral hybrid optical modulation transistor based on a polymer-silver nanoparticle blend. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 10, 26586–26593(2018).
- [3] Dexing Qiu , Yican Chu, Haoxuan Zeng, Haihua Xu* and Guo Dan*. Stretchable MoS2 Electromechanical Sensors with Ultrahigh Sensitivity and Large Detection Range for Skin-on Monitoring. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 11, 37035–37042 (2019).

作者简介



徐海华, 深圳大学医学部生物医学工程学院副研究员, 深圳市海外高层次人才 “孔雀计划” C 类人才, 深圳市高层次人才(后备人才)。2011 年中科院半导体所获微电子学与固体电子学博士学位, 2011 年至 2014 年香港中文大学电子工程系从事博士后研究工作。目前主要从事有机半导体器件机理及应用研究, 承担国家自然科学基金、广东省科技计划、广东省医学基金、深圳市孔雀创新计划、深圳市基础研究等各级项目共 7 项, 申请发明专利 8 项, 2 项已授权。近 5 年以第一作者及通讯作者在国际权威期刊发表论文 10 多篇, 引用次数超过 500 次。应邀参加多次国际学术会议, 如美国材料学会 (MRS)、国际电气和电子工程师协会 (IEEE) 等会议。

Large-scale Precise Patterning of Organic Micro/Nano-Crystals for High-Performance Transistors

Jiansheng Jie*

Institute of Functional Nano & Soft Materials (FUNSOM), Soochow University, Suzhou 215123,

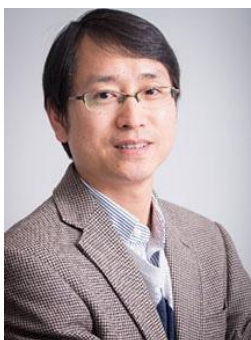
Email: jsjie@suda.edu.cn

Small-molecule organic micro/nanocrystals (OMNCs) have unique properties that can complement or rival their counterpart inorganic semiconductor nanocrystals, like flexibility, versatility, and tunability in electronic and optical properties. They are identified to be prospective system to construct new-generation low-cost flexible, stretchable and wearable electronic and optoelectronic devices. However, the scale-up of OMNCs for technological applications is difficult because their growth orientation and location are usually stochastic in nature. The alignment and patterning of OMNCs at desired locations are prerequisite for their device applications in practice. In this talk, we will introduce our recent advances in the large-area alignment and patterning of ordered OMNCs for high-performance optoelectronic devices. A highly efficient yet simple method that combines surface micro/nano-structured templates and conventional organic coating techniques, such as spin-coating, dip-coating, and blade-coating, was developed to produce organic micro/nanowire arrays at designated locations. This strategy enables wafer-scale fabrication of organic nanowire arrays with ultrahigh accuracy, reliability, and flexibility. Besides the single-component OMNCs, single-crystalline organic p-n heterojunction microbelt arrays were successfully fabricated through a surface-energy controlled stepwise crystallization approach. Moreover, fluid dynamics numerical simulation was utilized to understand the underlying mechanisms for the alignment and patterning of OMNCs. Our work opens up the opportunities for future high-performance, low-cost organic electronic and optoelectronic devices.

参考文献

- [1] Zhibin Shao, Tianhao Jiang, Xiujuan Zhang, Xiaohong Zhang, Xiaofeng Wu, Feifei Xia, Shiyun Xiong, Shuit-Tong Lee, Jiansheng Jie, *Nat. Commun.* **2019**, *10*, 1294
- [2] Wei Deng, Xiujuan Zhang, Huanli Dong, Jiansheng Jie, Xiuzhen Xu, Jie Liu, Le He, Wenping Hu, Xiaohong Zhang, *Mater. Today*, **2019**, *24*, 17.
- [3] Xiujuan Zhang, Jian Mao, Wei Deng, Liming Huang, Xiaohong Zhang, Shuit-Tong Lee, Jiansheng Jie, *Adv. Mater.* **2018**, *30*, 1800187
- [4] Xiujuan Zhang, Jiansheng Jie, Wei Deng, Qixun Shang, Jincheng Wang, Hui Wang, Xianfeng Chen, Xiaohong Zhang, *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 2475.
- [5] Wei Deng, Xiujuan Zhang, Liang Wang, Jincheng Wang, Qixun Shang, Xiaohong Zhang, Liming Huang, Jiansheng Jie, *Adv. Mater.* **2015**, *27*, 7305.

Biography



Prof. Jiansheng Jie received his Ph. D. degree in physics from University of Science and Technology of China (USTC) in 2004. In 2010, he joined Institute of Functional Nano & Soft Materials (FUNSOM), Soochow University. His research focuses on assembly and patterning of organic micro/nanocrystals for electronic and optoelectronic devices, including organic field-effect transistors (OFETs), light-emitting diodes (LEDs) and photodetectors. He is the author or co-author of over 190 research articles in peer-reviewed journals such as *Nat. Commun.*, *Adv. Mater.*, *Nano Lett.*, *ACS Nano* with a paper H-index factor of 48. These works have received over 7600 citations. He is awarded Excellent Young Scientists Fund of NSFC and New Century Excellent Talents in University of China.

新型手性分子光开关

陆如强¹, 严笑云¹, 朱磊², 杨琳琳¹, 瞿航¹, 王忻昌¹, 罗明¹, 王宇¹, 陈蕤¹, 王小野^{3,*},
蓝宇^{2,*}, 裴坚⁴, 翁文桂¹, 夏海平¹, 曹晓宇^{1,*}

¹ 厦门大学化学化工学院, 化学系, 固体表面物理化学国家重点实验室, 能源材料化学协同创新中心 (iChEM), 福建省化学生物学重点实验室, 福建省厦门市, 361005, *Email: xcao@xmu.edu.cn。 ² 重庆大学化学化工学院, 重庆市, 400030, *Email: lanyu@cqu.edu.cn。 ³ 南开大学元素有机化学国家重点实验室, 化学学院, 天津市, 300071, *Email: xiaoye.wang@nankai.edu.cn。 ⁴ 北京大学化学与分子工程学院, 北京市, 100871。

近来, 通过光辐射调控分子手性性质的研究受到人们的重视, 因为将手性引入光开关分子, 增加了一维手性光开关性质, 可被应用于超分子手性调控、不对称催化以及基于互穿网络的液晶响应调控等领域。已有光开关基元本身大都不具备手性, 手性的引入常需额外修饰手性基团或置于手性环境。我们意外发现了一类新型的基于环戊二烯酮二聚体分子的手性分子光开关 *Endo-dimer* 与 *Exo-dimer*, 其中 *Exo-dimer* 兼具耐疲劳性高、光致异构前后几何结构变化大、分子能级变化大、偶极矩变化大等特点^[1]。 *Exo-dimer* 不仅丰富了现有光开关分子库, 也为未来设计新型手性光开关提供了新思路。 *Exo-dimer* 优异的手性光开关性质有望被用于超分子手性调控、不对称催化、液晶性质调控等领域。

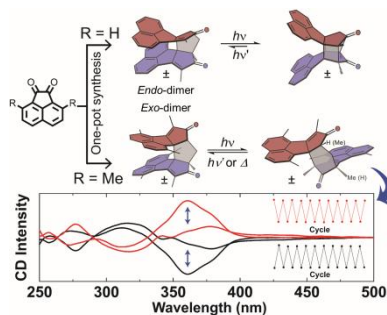


图 1. *Endo-dimer*及*Exo-dimer*合成与手性光开关性质

参考文献

[1] R.-Q. Lu, X.-Y. Yan, L. Zhu, L.-L. Yang, H. Qu, X.-C. Wang, M. Luo, Y. Wang, R. Chen, X.-Y. Wang, Y. Lan, J. Pei, W. Weng, H. Xia, X.-Y. Cao, *Nat. Commun.* **2019**, DOI: 10.1038/s41467-019-13428-3.

作者简介



曹晓宇, 教授, 2017 基金委“优秀青年基金”及中组部“万人计划”青年拔尖人才。2017.8 至今 厦门大学化学系 教授。2014.8 至今任厦门大学化学系课题组长、博导。2011.2-2017.8 厦门大学化学系 副教授。主要研究方向: 超分子化学; 催组装; 核磁-微流控联用表征技术; 新型共轭有机材料的设计、合成及其光电材料与传感器应用。

低电压 OFET 的大面积溶液法制备、封装及传感应用

陈苏杰, 黄钰坤, 宋亚文, 唐一笑, 韩磊, 欧阳邦, 唐伟, 郭小军*

¹ 上海交通大学 电子工程系, 东川路 800 号, 200240

*Email: x.guo@sjtu.edu.cn

利用可溶性小分子半导体与聚合物的共混体系, 实现成膜过程中的结晶调控, 从而可以在聚合物栅绝缘层的表面形成低带隙态密度的沟道层, 有效的降低亚阈值摆幅 [1]。该方法大大降低了制备低电压 OFET 对栅介电层高电容密度的要求, 为采用厚膜低 k 聚合物介电材料实现低电压、稳定性好的 OFET 提供了可能 [2,3]。本论文在此基础上, 结合电极的诱导结晶, 利用“软接触”的快速涂布方法[4], 在 10 cm × 10 cm 尺寸的衬底上制备了均一性良好的低电压(亚阈值摆幅~80 mV/dec)OFET 器件(> 100 个器件, 阈值电压扰动小于 200 mV)。器件表现出良好的 FET 特性和偏置稳定性。进一步, 发展了封装工艺, 实现了 OFET 电极与外部接触的可靠连接。利用该器件设计实现了不同的传感应用, 包括多离子、核酸分子的生化检测, 以及其它的物理信号检测。

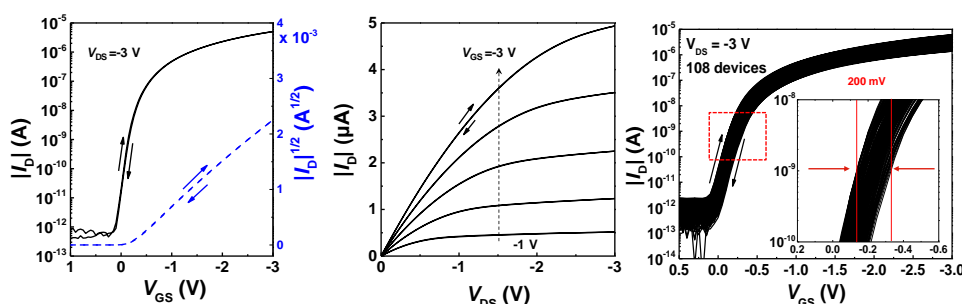
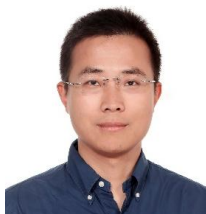


图 1. 所制备的低电压OFET器件的典型转移和输出特性曲线, 以及108个器件的转移特性曲线

参考文献

- [1] L. Feng, et al., Ultralow-voltage solution-processed organic transistors with small gate dielectric capacitance, *IEEE Electron Device Lett.*, 34, 129 (2012).
- [2] W. Tang, et al., Highly efficient all-solution-processed low-voltage organic transistor with a micrometer-thick low-k polymer gate dielectric layer, *Adv. Electron. Mater.*, 2, 1500454 (2016).
- [3] L. Feng, et al., Unencapsulated air-stable organic field effect transistor by all solution processes for low power vapor sensing, *Sci. Rep.*, 6, 20671 (2016).
- [4] Y. Huang, et al., Scalable processing of low voltage organic field effect transistors with a facile soft-contact coating approach, *IEEE Electron Device Lett.*, doi: 10.1109/LED.2019.2950345 (in press)

作者简介



郭小军教授, 2002 年毕业于吉林大学; 2007 年获得英国 Surrey 大学电子工程博士学位; 曾在英国 Plastic Logic 公司 (现 FlexEnable) 从事有机薄膜晶体管和柔性显示的研发工作。2009 年 8 月加入上海交通大学电子工程系 TFT-LCD 关键材料与技术国家工程实验室。主要研究面向友好“人-机-环境”界面电子的关键器件技术 (晶体管、传感、显示)、混合器件电路设计、异质异构集成、以及新型制造工艺。以第一/通讯作者在 *IEEE EDL/TED* 等期刊上发表 60 多篇论文。担任 *IEEE Transaction on Electron Devices*、半导体学报的编委、*IOP* 期刊 *Flexible and Printed Electronics* 的高级编委、*IEEE* 电子器件学会“柔性电子与显示”技术委员会主席、*SID* 技术委员会委员等。入选国家基金委优青、教育部“新世纪优秀人才计划”、上海高校特聘教授 (东方学者) 计划以及上海市浦江人才计划。

有机晶体管的器件物理与特性测量

刘川^{1,*}

¹ 中山大学, 广州市番禺区大学城, 邮编 510275

*Email: liuchuan5@mail.sysu.edu.cn

对于非理想的场效应晶体管 (FET) 或薄膜晶体管 (TFT), 传统的电流-电压特性不能准确地探测电荷传输, 特别是对于新开发的半导体。在这里, 我们探讨了非均匀累积 FET 的器件物理原理, 并开发了通用门控四探针 (G-GFP) 技术,

该技术可检测载流子累积和传输中的动态变化。基于渐变通道功能, 该技术排除了接触效应, 适用于阈值以上的任何运行方式下具有任意接触的通用 FET 或 TFT。在模拟晶体管中的应用证实了其在探测具有接触受限操作和无序半导体的 FET 的沟道电势, 漂移场和载流子迁移率方面的能力和准确性。在实验中, 制造了具有可控注入的 FET, 并且 G-GFP 技术证明可以避免常规表征带来的误差, 排除温度依赖性注入, 原位检测沟道电势并阐明栅极依赖性流动性和非理想特征的起源[1]。G-GFP 方法可用于探索基于有机, 氧化物或 2D 半导体的非理想晶体管, 因为它具有普遍适用性。我们用 G-GFP 方法测量了非线性的载流子浓度、电场和迁移率的变化。

参考文献

[1] C. Liu, et al, *Advanced Functional Materials*, DOI: 10.1002/adfm.201903889 (2019)

[2] C. Liu, et al, *Advanced Functional Materials*, DOI: 10.1002/adfm.201901700 (2019)

Organic Field-Effect Transistor for Neuromorphic Computing

Yan Wang, Ziyu Lv, Yi Ren and Su-Ting Han*

Institute of Micro Optoelectronic, Shenzhen University, Shenzhen, 518060 P. R. China

Fax: +86-755-26534624, Tel: +86-755-26900877; E-mail: sutinghan@szu.edu.cn

The computing performance and energy efficiency demands of future data-intensive applications will markedly exceed the computing capabilities of modern technologies. Compared with classic von Neumann architecture, neuromorphic computing that possesses advantages of low power assumption, high storage efficiency and good fault tolerance has attracted tremendous attention. Chemical synapses are functional links between pre- and post-neurons that are the basic structure and functional units of the nervous system. The biological information not only can be transmitted through releasing and accepting neurotransmitters in the synaptic cleft from the presynaptic neuron to the postsynaptic neuron but also can be stored and processed concurrently by adjusting the synaptic plasticity. Inspired by such promising biological function, the development of novel neuromorphic artificial synapse can imitate learning, memory and data processing like bio-synapse by modulating the connection strength between neurons to break the von Neumann bottleneck.

One of the most representative synaptic devices is organic field-effect transistors (OFETs), which not only possess advantages of biocompatibility, low cost, flexibility and compatibility with printing and roll-to-roll processes but also can realize simultaneous signal transmission and learning functions via separated lateral conductive channel and vertical gate channel, respectively. In addition, the variation margin of updated weight and linearity in OFETs can also be controlled and the low power consumption of interconnection ensures the energy efficiency of the computing system. Despite synaptic functions have been extensively emulated in OFETs, the vast majority of these devices rely on electric signals to trigger conductance changes which may be restricted from bandwidth-connection-density trade-off and slow kinetics of ion diffusion. Alternatively, optical mean is capable of offering a confined stimulation with ultrahigh spatial and temporal resolution, ensuring the fast signal transmission, high energy efficiency and fewer crosstalk inherently from optical stimulations. In another aspect, combination of photonic and electric operation in a single hardware synapse allows the implementation of comprehensive sophisticated synaptic functions including heterosynaptic plasticity and unsupervised synaptic adaptations. To address the above critical issues and achieve novel photonic neuromorphic computing, we did a lot of works on the materials design, device fabrication and characterization for novel photonic synaptic OFETs.

References

- [1] Z. Lv, Y. Zhou, S.-T. Han, V. A. L. Roy, *Mater. Today* **2018**, *21*, 537.
- [2] Y. Wang, Z. Lv, J. Chen, Z. Wang, Y. Zhou, L. Zhou, X. Chen, S. T. Han, *Adv. Mater.* **2018**, *30*, e1802883.
- [3] Z. Lv, M. Chen, F. Qian, V. A. L. Roy, W. Ye, D. She, Y. Wang, Z. X. Xu, Y. Zhou, S. T. Han, *Adv. Funct. Mater.* **2019**, *29*, 1902374.
- [4] Y. Ren, J.-Q. Yang, L. Zhou, J.-Y. Mao, S.-R. Zhang, Y. Zhou, S.-T. Han, *Adv. Funct. Mater.* **2018**, *28*, 1805599.

摘要集-墙报

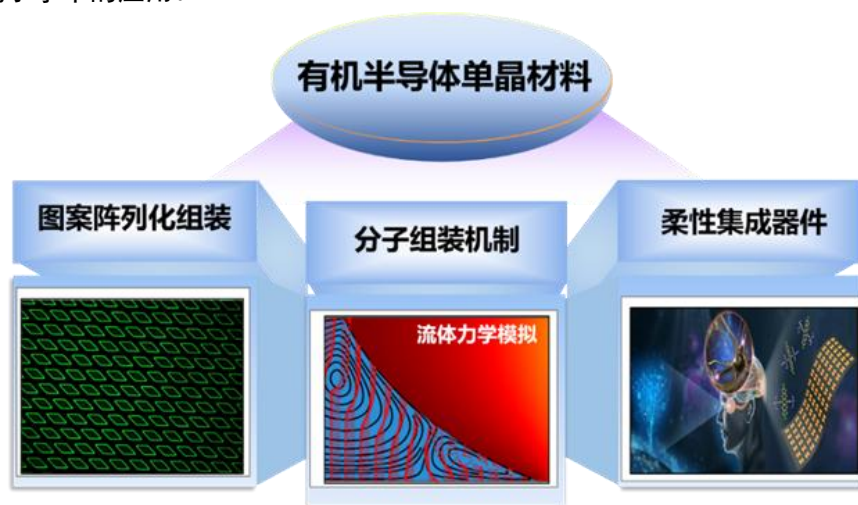
面向高性能集成器件的有机单晶阵列图案化组装

邓巍, 揭建胜*

苏州大学, 功能纳米与软物质研究院, 苏州, 215123

*Email: dengwei@suda.edu.cn, jsjie@suda.edu.cn

有机场效应晶体管是有机电路中应用最广泛、最核心的有源器件之一。近十年来, 随着高迁移率有机材料的不断涌现, 有机场效应晶体管的性能在逐渐提高[1, 2]。相比非晶与多晶的有机薄膜, 无晶界、缺陷密度低、激子扩散长度长的有机半导体单晶被认为是理想的场效应晶体管材料。然而, 由于有机分子间仅依靠弱的范德华力相结合, 因此有机单晶材料通常较小, 多数以形貌和结晶取向随机分布的微纳晶形式存在, 这给其规模化器件应用带来了极大的困难[3]。为此, 我们以可溶性、高迁移率的并苯类有机分子为主要研究对象, 采用微沟道模板辅助涂布技术引导有机分子沿模板稳定、连续、定向地组装, 实现有机小分子单晶的图案化生长; 通过原位表征手段结合流体力学模拟, 揭示并苯类单晶阵列化组装机制; 并以此为研究基础, 调整模板结构及涂布条件等参数, 最终实现形貌均匀和结晶取向高度一致的并苯类单晶阵列[4]; 最后, 在此基础上构筑基于可溶性并苯类单晶图案化的高性能有机场效应晶体管矩阵及其集成器件, 并展示其在仿生电子眼中的应用前景[5]。这些研究极大地促进了高迁移率有机半导体单晶材料在高性能、规模化、集成化有机柔性电子学中的应用。



参考文献

1. Wei Deng, Xiujuan Zhang, Huanli Dong, Jiansheng Jie, Xiuzhen Xu, Jie Liu, Le He, Lai Xu, Wenping Hu, Xiaohong Zhang, Mater. Today, 2019, 24, 17-25.
2. Wei Deng, Xiangcheng Jin, You Lv, Xiujuan Zhang,* Xiaohong Zhang, and Jiansheng Jie*, Adv. Funct. Mater., 2019, 29, 1903861.
3. Wei Deng, Liming Huang, Xiuzhen Xu, Xiujuan Zhang, Xiangcheng Jin, Shuit-Tong Lee, and Jiansheng Jie* Nano Lett. 2017, 17, 2482-2489.
4. Wei Deng, Xiujuan Zhang,* Liming Huang, Xiuzhen Xu, Liang Wang, Jincheng Wang, Qixun Shang, Shuit-Tong Lee,* and Jiansheng Jie* Adv. Mater., 2016, 28, 2201-2208.
5. Wei Deng, Xiujuan Zhang,* Liang Wang, Jincheng Wang, Qixun Shang, Xiaohong Zhang,* Liming Huang, and Jiansheng Jie,* Adv. Mater., 2015, 27, 7305-7312.

“微距升华法”生长有机单/共晶及形貌调控

叶欣^{1,*}, 刘阳², 陶绪堂², 陈伟¹

¹新加坡国立大学, 化学系, 3 Science Drive 3, 117543

²山东大学晶体材料研究所, 山东济南市山大南路 27 号, 250100

*Email: chmyex@nus.edu.sg

有机晶体在衬底上的原位集成是有机光电器件应用的基础, 在几十年的研究中只能采用溶液法和物理气相沉积法制备有机单晶。由于受制于低溶解度和复杂的工艺等限制, 有机单晶器件通常只适合作为材料基本性质和极限性能的展示, 并不能大规模应用。为此, 我们开发了一种全新的微距升华法原位生长有机晶体。新方法无需真空, 速度快, 成本低、易操作, 适用材料范围广。其重要特征在于原料与衬底之间的超微距离, 因而使晶体生长遵循气体-熔体-晶体的新机理, 可以制备高质量的单晶。我们以最具代表性的有机半导体材料红荧烯单晶场效应器件为例, 获得了同类结构器件的最高迁移率记录。

除单一组分晶体外, 两种或两种以上的分子结合形成的分子共晶通过协同效应和集合效应可以展示出更多新颖的性质, 在光、电、磁等领域有着广阔的应用前景。如何对共晶进行原位形貌调控, 一直是相关领域研究人员关注的课题。我们通过微距升华法, 实现了高质量有机共晶的生长, 并对晶体生长形貌进行了精准调控, 获得了一维针状与二维片状晶体。该方法可适用于多种电荷转移复合物体系以及药物共晶。

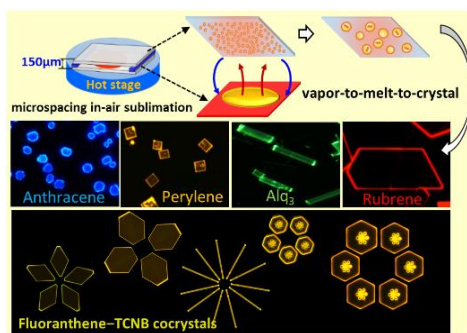


图 1. 微距升华法装置图及晶体图片

参考文献

- [1] Ye X, Liu Y, Han Q, et al. Microspacing in-air sublimation growth of organic crystals[J]. Chemistry of Materials, 30(2): 412-420, (2018).
- [2] Ye X, Liu Y, Guo Q, et al. 1D versus 2D cocrystals growth via microspacing in-air sublimation[J]. Nature communications, 10(1): 761, (2019).

作者简介



叶欣, 现为新加坡国立大学化学系博士后。博士毕业于山东大学晶体材料研究所(2018年)。主要从事微纳有机半导体晶体生长及其光电性质的研究。

高性能的有机发光晶体管

魏晓芳¹, 郭云龙^{1,*}, 刘云圻¹

¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街 2 号, 100190

*Email: weixiafang@iccas.ac.cn

有机场效应晶体管 (OFET) 在电子报纸、智能识别卡、大面积平板及柔性显示、传感器、数字逻辑电路等方面具有非常广阔的应用前景。有机电致发光二极管 (OLED) 在发光和照明领域具有广阔的应用前景。有机发光晶体管 (OLETs) 是将 OFET 和 OLED 两种器件集成, 从而简化器件的结构。但是该类分子需要同时具有高的迁移率和固体发光量子产率。OLED 器件中的发光材料要求分子尽可能的扭曲, 从而实现分子 HOMO 和 LUMO 轨道能级有效的分离, 与此同时, 分子的 HOMO 和 LUMO 要具有部分的重叠, 从而实现高的荧光量子产率 (PLQY)。因此也就导致了分子的迁移率不高。而具有高迁移率的分子, 需要具有强的分子间相互作用力, 实现 π - π 堆积, 但是这样会导致分子因为聚集而荧光猝灭。本研究计划提出了通过设计合适的分子结构, 实现分子的堆积方式的调控, 从而实现同时具有高迁移率和高 PLQY 的分子构筑。

柔性钙钛矿晶体管的制备

黄新¹, 郭云龙^{1,*}, 刘云圻^{1,*},

¹中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 100090

*Email: huangx@iccas.ac.cn

近年来, 卤化物钙钛矿凭借其优异的光电性能吸引了众多研究人员的关注, 成为一类极其重要的光电功能材料, 在太阳能电池、光电探测、照明显示等领域展现出了极大的应用前景, 然而关于钙钛矿场效应晶体管的报道相对较少。二维(2D)无铅钙钛矿 PEASnI₄ 被认为是场效应晶体管材料的潜在候选者。因为 Sn 替代了有毒的 Pb 元素, 不会引起环境问题, 并且是有机层和无机层的交替堆叠, 可以有效阻止空气中的水分和氧气进入薄膜, 具有一定的稳定性, 为商业用途提供优势。本研究制备了柔性钙钛矿场效应晶体管, 器件的迁移率达到了 0.35, 具有良好的可操作性。

有机场效应晶体管在癌症诊断中的应用

程姗姗^{1,*}, 孙辰芳², 胡文平^{1,*}

¹ 天津大学, 天津市分子光电科学重点实验室, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

*Email: chengss@tju.edu.cn

癌症的早期诊断与国民健康息息相关, 由于有机场效应晶体管具有免标记, 成本低廉, 可通过溶液法大规模制备, 易于集成等优势, 已被广泛应用于癌症相关标志物的检测。其检测原理主要基于界面处生物分子与有机半导体层的相互作用, 通过晶体管固有的信号转换和放大作用将生物信号转换为电学信号, 从而对目标分子进行检出。因此如何在有机半导体表面高效接枝敏感探针分子成为构筑有机场效应晶体管生物传感器的关键所在。这里, 我将主要介绍我们小组开发的一些在有机半导体表面高效接枝敏感探针的方法, 在不改变器件性能甚至提高性能的基础上实现了敏感探针的高效接枝, 将其应用于血清中肝癌标志物甲胎蛋白的检出后, 检出限可达飞摩级别, 其结果能够与传统酶联免疫吸附试验和医院给出的参考数据相吻合。此外, 基于该器件可以通过溶液法实现大规模制备, 为日后阵列化构筑集成电路, 实现多目标分析物的检出奠定基础。

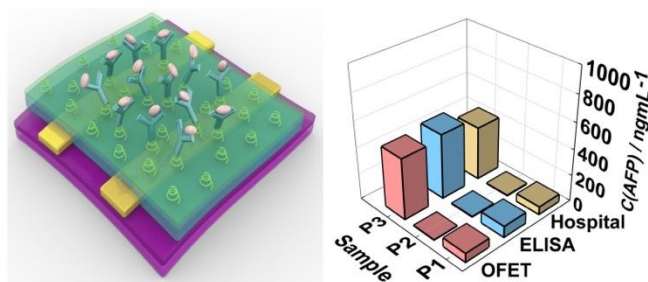


图 1. Schematic illustration of anti-AFP immobilized OFET biosensor. Comparison with ELISA kit and the reference data given by hospital.

参考文献

- [1] Wang, A. Yang, Y. Fu, Y. Li, F. Yan, *Acc Chem Res* 2019, 52, 277-287.
 [2] P. Preechakasedkit, W. Siangproh, N. Khongchareonporn, N. Ngamrojanavanich, O. Chailapakul, *Biosens Bioelectron* 2018, 102, 27-32.

作者简介



程姗姗, 天津大学理学院、天津市分子光电科学重点实验室, 讲师。早稻田大学工学博士。研究方向: 有机场效应晶体管生物传感器、生物光电子器件、癌症标志物检测。

Substituents effect on charge injection and transport properties of PDPP-TVT based D-A conjugated polymers: A DFT study

Yishan Wang¹, Wanying Huang¹, Wei Hao², Hu Zhao³, Shuzhou Li², Jia Zhu^{1*}

¹College of Chemistry, Key Laboratory of Theoretical & Computational Photochemistry of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China

²School of Materials Science and Engineering, Nanyang Technological University, 50 Nanyang Avenue, 639798 Singapore

³Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, P. R. China

*E-mail: zhu.jia@bnu.edu.cn

Donor-acceptor (D-A) polymers attract much more attention because of their tunable transport polarity and excellent potential in high mobility electronic devices through molecular design.^[1,2] Hence, a series of PDPP-TVT based D-A conjugated polymers are designed by introducing different groups in the β -positions of thiophene and effects of substituents on the charge injection and transport properties are explored by density functional theory. Ionization Potentials (IPs), Electron Affinities (EAs), and HOMO/LUMO energy levels followed by charge injection barriers are calculated to evaluate the charge injection capacity. Furthermore, intra-chain and inter-chain charge carrier mobilities (μ) are performed to study charge transport properties. The results show that -F and -CN can significantly improve the planarity of backbone, which can conductive to charge transport. Secondly, electron donating groups contribute to increase HOMO and lower IP, thus improve hole injection capacity, while electron withdrawing groups are helpful to electron injection. Besides, narrowest band gap as well as smallest difference between IP and EA of PDPP-TVT-CN suggests that it is an excellent candidate of ambipolar device. Considering charge carrier mobilities, -NH₂, -OH and -F are helpful to enhance intra-chain hole transport of D-A polymers. For another, PDPP-TVT and PDPP-TVT-F have higher intra-chain electron mobilities. Furthermore, -NH₂, -COCH₃ and -CF₃ benefit to balance hole and electron transport along the backbone. Inter-chain mobilities results indicate that -CN can greatly improve inter-chain hole transport and PDPP-TVT-CN has balanced hole and electron mobilities along the stacking direction. Our findings show that substituents on conjugated backbone can significantly regulate the molecular as well as electronic structure, and ultimately play an important role in charge injection and transport. More importantly, the incorporation of appropriate substituents is an effective strategy to balance hole and electron injection as well as transport properties and thus contributing to obtain promising candidates of ambipolar electronic devices.

Reference

- [1] Yao, J. et al, Significant Improvement of Semiconducting Performance of the Diketopyrrolopyrrole-Quaterthiophene Conjugated Polymer through Side-Chain Engineering via Hydrogen-Bonding, *J. Am. Chem. Soc.* 138, 173 (2016).
- [2] Yuen, J. D. et al, High Performance Weak Donor-Acceptor Polymers in Thin Film Transistors: Effect of the Acceptor on Electronic Properties, Ambipolar Conductivity, Mobility, and Thermal Stability, *J. Am. Chem. Soc.* 133, 20799 (2011).

pJ 级能耗低压铁电有机场效应晶体管存储器

裴梦皎, ⁺ 钱君, ⁺ 姜赛, 郭建航, 杨成东, 潘丹峰, 王启晶*, 王欣然, 施毅, 李昀*

南京大学电子科学与工程系, 江苏南京, 210093

*Email: yli@nju.edu.cn, qijingwang@nju.edu.cn.

当今世界, 电子信息技术在创新驱动、智能转型、融合发展的新形势下正日益成为推动新一轮跨越式科技革命的战略主导力量。尤其地, 随着智能终端和云服务、先进传感和物联网技术、大数据管理等新兴功能型信息技术的不断涌现, 半导体存储器无疑将成为当前时代背景下支撑信息科学领域变革的重要基石。现代电子科技的发展对于信息存储的速度、能耗和集成密度提出了越来越高的要求。

近年来, 有机铁电晶体管 (Fe-OFET) 型存储器由于具有工艺简单、存储速度快、非破坏性读取等特点而成为了下一代高密度、非挥发性存储器的有力竞争者[1-2]。然而, 目前器件的研发仍然存在能耗过高的问题[3], 主要表现在高操作电压和缓慢的数据转换速度。在这项工作中, 研究团队采用超薄有机功能薄膜实现了超低能耗低压铁电有机晶体管型存储器。器件表现出仅为 pJ 量级的能量损耗 (写入: ~ 1.2 pJ/bit; 擦除: ~ 1.6 pJ/bit; 开状态读取: ~ 1.9 pJ/bit; 关状态读取: ~ 0.2 fJ/bit), 低于传统由体薄膜构建的晶体管型存储器消耗能量的 0.1%。此外, 我们的器件还具有较低的接触电阻和陡峭的亚阈值摆幅。因此, 基于超薄有机功能薄膜构建并实现的超低能耗低压铁电晶体管型存储器将为未来面向可穿戴便携式消费类电子产品的应用奠定可靠的器件基础。

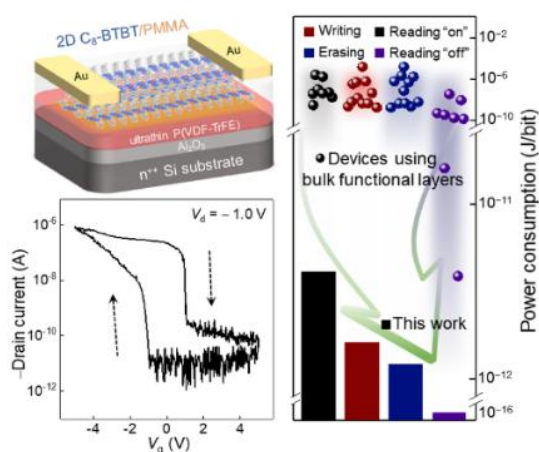


图 1. 基于超薄有机功能薄膜材料的有机铁电晶体管型存储器展现出超低能耗、低压的优异器件特性。

参考文献

- [1] Kim, R. H. et al. Nat. Commun., **5**, 3583 (2014).
- [2] Naber, R. C. G. et al. Nat. Mater., **4**, 243–248 (2005).
- [3] Gao, M., Li, L. & Song, Y. J. Mater. Chem. C, **5**, 2971–2993 (2017).

作者简介



裴梦皎 (1996-)、女, 江苏常州人, 南京大学电子与工程学院, 微电子科学与工程, 2019 级研究生, 主要研究有机铁电存储器。

High-performance and multi-bit organic field-effect transistor memory with the molecular double-floating-gates

Qihao Ma¹, Yang Yu¹, Keyang Cao¹, Yun Guo¹, Mingdong Yi¹, Linyi Bian¹, Haifeng Ling^{1,*}, Linghai Xie^{1,*}, and Wei Huang^{1,2,*}

¹ Key Laboratory for Organic Electronics and Information Displays; Institute of Advanced Materials; Nanjing University of Posts and Telecommunications; Nanjing 210023, China

² Shaanxi Institute of Flexible Electronics; Northwestern Polytechnical University; Xi'an 710072, China

*Email: iamhfling@njupt.edu.cn; iamlxie@njupt.edu.cn; iamwhuang@nwpu.edu.cn

Compared with the traditional memory based on inorganic materials, organic field-effect transistor (OFET) memory have attracted great attention because of their advantages of low cost, excellent flexibility, solution processability and low-temperature processing. Among them, the floating-gate memory based on OFET structure has controllable and isolated charge storage sites, which can be as a promising way to achieve high-performance and multi-bit memory.^[1,2]

In this work, we used the organic small-molecule material G₄ blending with C₆₀ to fabricate a molecular double-floating-gates OFET memory. The G₄ can effectively distribute the aggregation of C₆₀, which makes trapping-charges difficult to escape, and compared with pure rough C₆₀ film, the blending films have very smooth surface. In addition, G₄ itself has strong charge trapping ability, which can enhance storage density. Consequently, the memory devices had a very high performance, the memory with the blending ratio 10:2 (G₄:C₆₀) has achieved a big memory window of 70 V, fast writing speed of 20 ms, and excellent stability (the current ratio over 10⁶ after 10⁴ s). This work had great promise for high-performance OFET memory

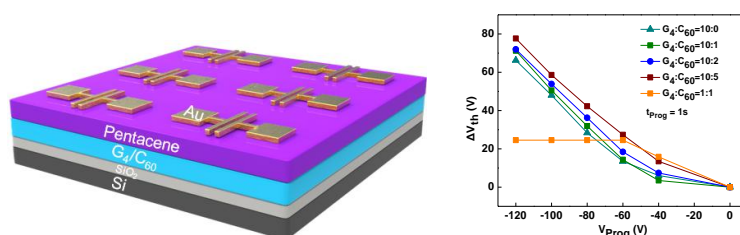


Figure 1. The schematic structure of OFET memory based on double-floating-gates and the memory window of memory devices based on different blending ratio (G₄:C₆₀)

参考文献

- [1] Y. Yu, Q. H Ma, H. F. L*, L. H. Xie*, W. Huang*, et al., Small-Molecule-Based Organic Field-Effect Transistor for Nonvolatile Memory and Artificial Synapse. *Adv. Funct. Mater.*, 1904602, (2019)
- [2] Y. Yu, Q. H Ma, L. H. Xie*, W. Huang*, et al., 4,5-Diazafluorene-Based Donor-Acceptor Small Molecules as Charge Trapping Elements for Tunable Nonvolatile Organic Transistor Memory. *Adv. Sci.*, 1800747, (2018)

作者简介



Qihao Ma are currently studying for a master's degree at Nanjing University of Posts and Telecommunications (NJUPT), he is studying in Prof. Linghai Xie's group at Institute of Advanced Materials of NJUPT. His research interests focus on organic field-effect transistor, including memory and neuromorphic devices.

一种可用非卤代溶剂加工的高性能共轭聚合物

王中丽¹, 宋贤能², 于曦², 邓云峰¹, 韩洋^{1,*}, 胡文平², 耿延候^{1,*}

¹天津大学材料科学与工程学院, 天津市海河教育园雅观路 135 号, 300350

²天津大学理学院, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072.

*Email: yanhou.geng@tju.edu.cn, yang.han@tju.edu.cn

有机薄膜晶体管 (OTFTs) 是目前有机光电子领域的研究焦点之一, 在显示驱动、生物传感、射频识别标签等方面具有广阔的应用前景。至今, 大部分基于共轭聚合物为有源层的 OTFTs 均采用有毒的卤代溶剂加工, 严重影响了环境和人体安全。因此, 开发高迁移率、可通过环境友好溶剂加工的共轭聚合物对于 OTFTs 的工业化发展尤为重要。

在此, 我们引入增加烷基侧链密度策略设计合成了一个基于吡咯并吡咯二酮 (DPP) 的共轭聚合物 PDPPT3-HDO, 通过 DPP 与小尺寸的噻吩共聚, 提高了共轭骨架上烷基链的密度, 使聚合物在非卤代溶剂邻二甲苯中溶解性提高, 达到了 50 mg/mL。通过刮涂的加工手段, 采用邻二甲苯为加工溶剂制备 OTFTs, PDPPT3-HDO 可以形成高度取向的薄膜, 在室温附近体现出类能带传输的特性, 迁移率高达 $9.24 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。此外, 基于 PDPPT3-HDO 为有源层制备的刮涂 OTFTs 显示了理想的晶体管特性, 迁移率可信度高达 87%。增加烷基侧链密度策略对于设计可溶于非卤代溶剂制备高性能 OTFTs 的共轭聚合物非常关键, 有利于促进 OTFT 材料和设备的大规模生产。

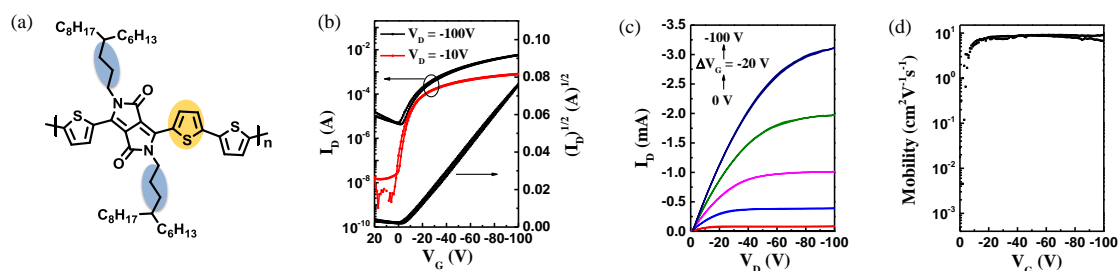


图 1. PDPPT3-HDO 的结构 (a) 及相应顶栅-底接触 OTFTs 的转移特性曲线 (b), 输出曲线 (c) 和栅压依赖性曲线 (d)。

参考文献

- [1] Cho, J.; Chung, D. et al. Environmentally benign fabrication processes for high-performance polymeric semiconductors. *J. Mater. Chem. C*, 5, 2745-2757, (2017).
- [2] Wang, Z.; Geng, Y. et al., A Simple Structure Conjugated Polymer for High Mobility Organic Thin Film Transistors Processed from Nonchlorinated Solvent. *Adv. Sci.* 2019, DOI:10.1002/advs.201902412.

作者简介



王中丽

天津大学在读博士研究生, 研究方向为: 基于吡咯并吡咯二酮 (DPP) 类共轭聚合物的高性能有机薄膜晶体管的研究。

基于共轭聚合物与弹性体共混的可拉伸半导体材料

裴丹丹, 韩洋*, 耿延候*

天津大学材料科学与工程学院, 天津市海河教育园雅观路 135 号, 300350

*Email: yanhou.geng@tju.edu.cn, yang.han@tju.edu.cn

共轭聚合物具有性能可调、柔性、低成本和可溶液加工等优点, 在柔性及可拉伸电子产品领域具有广阔的应用前景。为制备兼具良好电荷传输性能和弹性性能的电子器件, 需要共轭聚合物在拉伸过程中能够维持分子有序度(结晶性)的同时, 保持薄膜连续性, 不产生拉伸裂纹。目前, 同时具有高迁移率和良好弹性性能共轭聚合物还未见报道。在本工作中, 我们提出通过将高迁移率共轭聚合物与弹性体进行物理共混的方法来解决这一问题。

我们选用基于吡咯并吡咯二酮(DPP)的共轭聚合物作为半导体组分^[1], 聚二甲基硅氧烷(PDMS)作为弹性体组分进行物理共混。发现随着 PDMS 共混比例的增加, 半导体的可拉伸性能增加, 在 PDMS 质量分数为 50% 时, 空穴迁移率无明显降低, 而裂纹起始应变(COS)从 40% 增加到 80%。基于动态机械分析(DMA)、弹性体力学测量(FOE)、原子力显微镜(AFM)和同步辐射掠入射 X 衍射(GIWAXS), 系统研究了共混造成的热学、薄膜形貌以及结晶有序程度的变化, 从而得到共混前后薄膜微观结构、力学性能以及电学性能三者之间的关系。结合有机场效应晶体管(OFET)器件表征与优化, 最终得到兼具高迁移率与良好拉伸性能的共混半导体材料及其 OFET 器件。

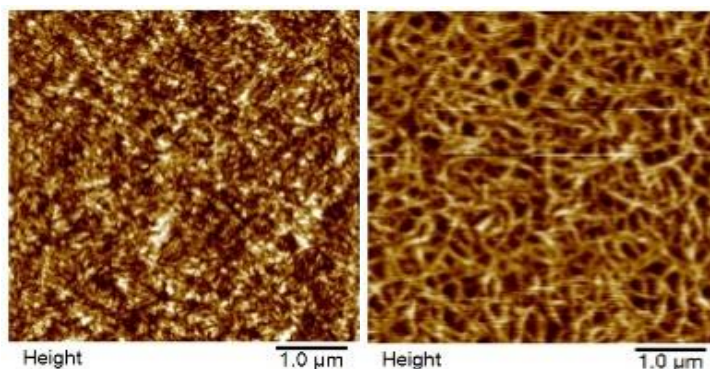


图 1. 半导体薄膜的AFM高度图。左图为单组分基于DPP的共轭聚合物的, 右图为共轭聚合物/PDMS共混物的薄膜形貌。

参考文献

- [1] Wang, Z.; Geng, Y. et al. , A Simple Structure Conjugated Polymer for High Mobility Organic Thin Film Transistors Processed from Nonchlorinated Solvent. *Adv. Sci.* **2019**, DOI:10.1002/advs.201902412.

作者简介



裴丹丹 天津大学材料学院在读博士生, 课题方向为半导体聚合物的力学性能以及本征可拉伸半导体聚合物的制备及性能研究。

基于 NDI 衍生物的有机薄膜晶体管的迟滞特性研究

赵长斌¹, 李爱源^{1*}, 陈小龙¹, 孟鸿^{1,*}

¹ 北京大学深圳研究生院新材料学院, 深圳市南山区西丽大学城, 518055

*Email: menghong@pku.edu.cn

控制 OFETs 的迟滞效应是获得可靠器件并应用于复杂电路并最终实现 OFETs 商业化的关键。本项工作中, 以 NDI 为核心的 NDI-BOCF3 和 ND-C6 为 n 型有机半导体分子, 制备了 TFT 器件, 并研究了它们的迟滞效应。虽然这两种化合物具有相同的 NDI 核, 但其侧链不同, 电子陷阱引起的迟滞效应也存在显著差异。从分子结构、晶界和表面能三个方面分析了这两种化合物电子陷阱不同的原因。具有适当表面能和微小晶粒尺寸的 NDI-BOCF3 薄膜器件表现出可忽略的迟滞, 而具有较大表面能和晶粒尺寸的 NDI-C6 薄膜器件表现出明显的滞后。因此, 提出 NDI-BOCF3 薄膜表面能与基体表面能相匹配, 使得 OTS/SiO₂ 表面晶粒生长均匀, 晶界电子陷阱较少的模型。研究结果可更好地指导化学家设计和合成具有更小迟滞的 n 型有机半导体。

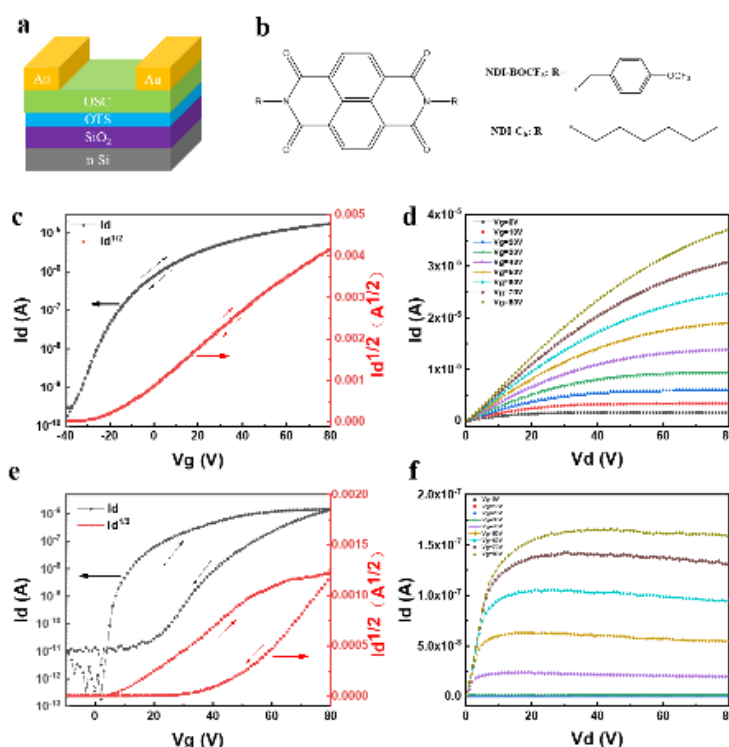


图 1. a) 器件结构; b) NDI-BOCF3 和 ND-C6 分子结构; c) NDI-BOCF3 和 d) NDI-C6 输出特性曲线; e) NDI-BOCF3 和 f) NDI-C6 转移特性曲线

参考文献

[1] Changbin Zhao, et al, Study of hysteresis in organic thin film transistors based on NDI derivatives, submitting.

作者简介

赵长斌, 2018 年本科毕业于兰州大学, 现为北京大学深圳研究生院新材料学院在读博士, 导师为孟鸿教授。研究方向为有机场效应晶体管机理和其功能化。

Mn²⁺ Doped All-inorganic Lead-Free Cs₂PdBr₆ for Near Infrared Photodetector

Jingwei Chen, Ming Liu, Hong Meng*

北京大学深圳研究生院, 中国深圳, 518000

*Email: menghong@pku.edu.cn

Perovskite nanocrystals (NCs) are seen as the most promising alternative materials in the field of photovoltaic energy. However, these perovskite NCs are now not widely used due to lead's toxicity to humans and phase instability exposed in humidity and air. We synthesized lead-free Cs₂PdBr₆ NCs and Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs by simple thermal injection. The redshift appeared in Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs, and they have great stabilization exposed in humidity and air for a long time. In addition, we tested the performance of photoelectric detection at wavelengths of 600 nm, 700 nm and 800 nm by designing OTFT photodetector with a floating gate. The results showed that Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs had a good response in the near infrared region, while Cs₂PdBr₆ NCs had little change. Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs had lower cut-off voltage and higher I_{on/off} ratio (>10⁶) than Cs₂PdBr₆ nanocrystals. At the wavelength of 800 nm, the R_{max} (=286.9 A/W) of Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs was better than the R_{max} (=11.2 A/W) of Cs₂PdBr₆ NCs, which resulted to suggest that Mn²⁺ doped Cs₂PdBr₆ NCs offered a tremendous opportunity in photodetector, especially in the near infrared region.

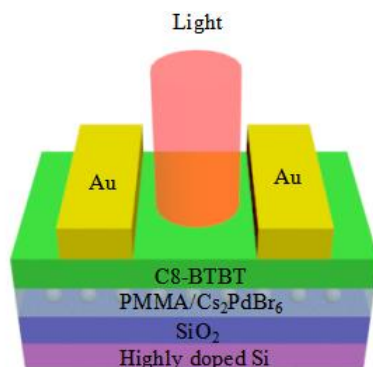


Figure 1. The device structure of OTFT photodetector with a floating gate.

References

- [1] L. Zhou, J.-F. Liao, Z.-G. Huang, X.-D. Wang, Y.-F. Xu, H.-Y. Chen, D.-B. Kuang and C.-Y. Su, *Acs Energy Lett*, 2018, 3, 2613-2619.
- [2] N. Sakai, A. A. Haghighirad, M. R. Filip, P. K. Nayak, S. Nayak, A. Ramadan, Z. Wang, F. Giustino and H. J. Snaith, *J Am Chem Soc*, 2017, 139, 6030-6033.

Synthesis, Properties, and Thin-Film Transistors of Indolo[3,2-*b*]carbazole

Mengna Zhao¹, Binghao Zhang¹, Qian Miao^{1,*}

¹ Department of Chemistry, the Chinese University of Hong Kong,
Shatin, New Territories, Hong Kong, China

*Email: miaoqian@cuhk.edu.hk

Indeno[1,2-*b*]fluorene has been intensively studied as organic semiconductors since the five-membered rings makes the conjugated systems inherently antiaromatic, resulting in high electron affinity and low-lying LUMO energy levels.^[1] By replacing the C–C double bonds in the five-membered rings of indeno[1,2-*b*]fluorene with imine bonds, we successfully synthesized new indolo[3,2-*b*]carbazole derivatives (**1a-b** as shown in Figure 1). As revealed by NICS-XY scans and ACID calculations, indolo[3,2-*b*]carbazole contains an antiaromatic core fused by two aromatic benzene rings. With *p*-triethylsilylethynylphenyl groups introduced at the 6- and 12- position, **1b** exhibited high stability and good electron-transporting performance with mobility of up to 0.52 cm²/Vs in organic thin film transistors.

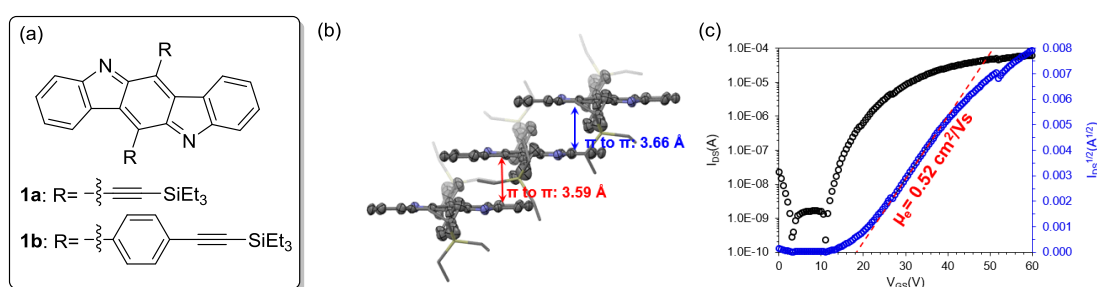


Figure 1. (a) The structure of **1a-b**. (b) Molecular packing of **1b**. (c) Transfer curve for the best-performing OTFT of **1b** as measured in vacuum.

Reference

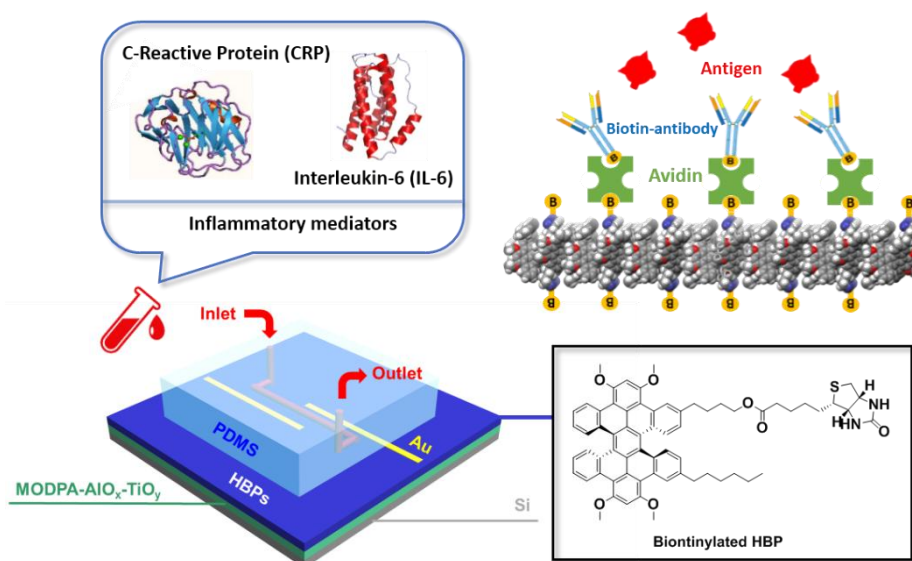
[1] C. K. Frederickson, B. D. Rose, M. M. Haley, *Acc. Chem. Res.* **2017**, *50*, 977–987.

Bioelectronic Sensors Based on Functionalized π -Stacks of Hexabenzoperylenes

Yujing Wang¹, Qian Miao^{1,*}

¹ Department of Chemistry, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, New Territories, Hong Kong, China;
*Email: miaoqian@cuhk.edu.hk

One challenge in tailoring organic semiconductors for sensing applications is that the introduction of reactive groups or binding sites usually impairs p-p interactions. To meet this challenge, our group recently discovered that Hexabenzoperylenes can accommodate a wide variety of functional groups without sacrificing π - π interactions in the solid state, suggested a general platform for OFET sensing by self-assembling into a semiconducting nanosheet.^{1,2} This study demonstrates that this platform allows for the quantitative, in situ, and in real time monitoring of bio-affinity reactions between analytes from solution to the surface-immobilized receptors as a bioelectronic sensor. The examples given include the binding of two different antigens (C-Reactive Protein (CRP) and Interleukin-6 (IL-6)) from solution to relative antibodies immobilized on the surface of biotin-functionalized HBP (1a) which has been modified with avidin. The preliminary results show that these bioelectronic sensors have enabled quantitative and highly sensitive detection of different antigens with the increase of electrical current, demonstrating detection capability as low as 5 ng mL⁻¹ of concentrated CRP and 50 ng mL⁻¹ of concentrated IL-6. The bioelectronic sensor is promising to enable the highly sensitive and selective detection of biological species that are important in medical diagnosis.



References

1. L. Shan, D. Liu, H. Li, X. Xu, B. Shan, J.-B. Xu, Q. Miao, *Adv. Mater.* 2015, 27, 3418–3423.
2. C. Li, H. Wu, T. Zhang, Y. Liang, B. Zheng, J. Xia, J. Xu, Q. Miao, *Chem* 2018, 4, 1416–1426.

基于有机近红外光电探测器的初步探索

李清源¹, 郭云龙^{1,*}, 刘云圻^{1,*}

¹ 中国科学院化学研究所, 北京, 邮编 100190

*Email: guoyunlong@iccas.ac.cn; liuyq@iccas.ac.cn

有机近红外光电探测器具有可调的光电性能、易于加工、与柔性基底良好的兼容性以及室温可操作性等优点, 这些特性使其不仅便于小型化, 还可以制成能够贴附于皮肤上的超柔性器件用于对人体的健康进行状况进行实时监测。考虑到有机近红外光电探测器的这些优势, 以及未来可穿戴电子器件和生物医学应用的需求, 使其成为可用于未来电子产品上的最佳选择。如何制备出性能可与无机器件相媲美的有机近红外光电探测器成为各个领域研究工作者的共同目标。然而受限于有机材料高的激子结合能以及窄带隙材料低的载流子迁移率, 基于有机材料的近红外光电探测器性能普遍偏低。^[1] 我们希望从优化器件的结构入手, 找到一个能够充分利用有机材料优势的器件结构, 从而实现高性能有机近红外光电探测器的成功制备。我们通过两步溶液法加工成功制备了双层沟道的晶体管型有机近红外光探测器, 该器件表现出较高的光探测性能。

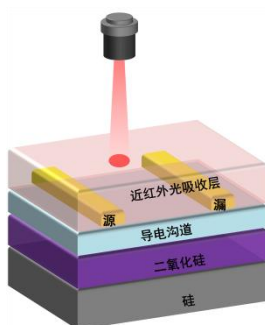


图 1. 双层沟道的晶体管型有机近红外光电探测器。

参考文献

- [1] Q. Y. Li, Y. L. Guo, Y. Q. Liu, Exploration of Near-Infrared Organic Photodetectors, *Chemistry of Materials*, 31, 6359-6379, (2019)

新型醌式二噻吩材料的合成以及在 OFET 中的应用

孙云龙¹, 张云鹏², 郭云龙^{1,*}, 刘云圻^{1,*}

¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街 2 号, 100190

² 中国农业大学, 北京市海淀区圆明园西路 2 号, 100193

*Email: liuyq@iccas.ac.cn

醌式二噻吩(QBT)作为一种窄带隙高性能半导体材料受到广泛关注。然而, 利用噻吩啉反应制备单一构型的 QBT 的砌块是一个挑战。在此, 我们在 QBT 中引入甲氧基, 利用位阻效应, 从而确保反应产物(MQBT)的立体专一性。MQBT 分别与 2,2'-联二噻吩 (BT) 和 3,3'-二氟噻吩(2,2'-双噻吩) (DFBT)共聚形成 2 个给-受体(D-A)型聚合物, 其光学带隙较窄(< 1.20 eV)。给体引入氟原子, 通过非共价相互作用增强了分子平面性和结构的有序性, 聚合物 PMQBT-DFBT 在薄膜中表现出较强的堆积, 其空穴迁移率高达 $1.35 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。最重要的是, 制备单一构型的 MQBT 在合成新型 QBT 高性能聚合物方面是可行的。

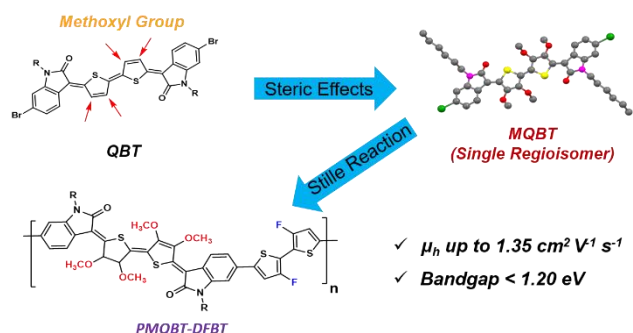


图 1. 新型醌式二噻吩材料的合成以及在OFET中的应用

参考文献

- [1] Lei, T.; Xia, X.; Wang, J. Y.; Liu, C. J.; Pei, J., "Conformation locked" strong electron-deficient poly(p-phenylene vinylene) derivatives for ambient-stable n-type field-effect transistors: synthesis, properties, and effects of fluorine substitution position. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 136, (5), 2135-41.
- [2] Deng, Y.; Sun, B.; He, Y.; Quinn, J.; Guo, C.; Li, Y., Thiophene-S,S-dioxidized Indophenine: A Quinoid-Type Building Block with High Electron Affinity for Constructing n-Type Polymer Semiconductors with Narrow Band Gaps. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **2016**, 55, (10), 3459-62.

作者简介



孙云龙, 2014 年硕士毕业于广西大学, 2014-2016 年在北京大学高分子系从事研究助理工作, 2016 年考入中国科学院化学研究所, 目前攻读博士学位。

基于绿色溶剂制备的并吡咯二酮类聚合物均匀薄膜及其驱动阵列应用

刘彦伟¹, 赵志远¹, 郭云龙^{1*}, 刘云圻^{1*}

¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 100190

*Email: guoyunlong@iccas.ac.cn liuyq@iccas.ac.cn

基于聚合物 OFET 的 AMOLED 可以通过溶液法大面积加工实现低成本柔性显示。目前, 高性能聚合物迁移率提升明显 (不少材料的迁移率超过 $10 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$), 开关比达到 10^6 以上, 开态电流和关态电流都能满足驱动 OLED 的要求。然而, 聚合物的批量制备难, 大面积薄膜均匀性差等问题均制约了聚合物在显示领域的应用。针对以上问题, 我们选用经典的 DPP 类材料 PDVT-C10, 通过对聚合度的控制来实现迁移率和溶液加工特性的平衡, 在非氯溶剂 (o-xylene) 中 PDVT-10 在 20 mg/mL 的浓度下仍然未凝胶, 具有优异的溶液加工特性。基于 PDVT-C10 为半导体, 我们实现了对 OLED 的阵列驱动控制。

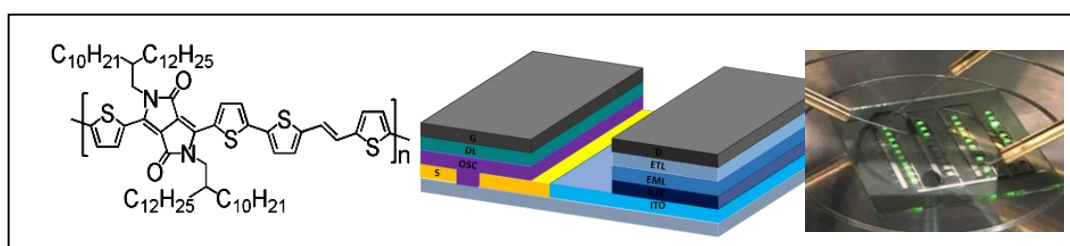


图 1. PDVT-10 分子结构式及对应的驱动阵列示意图

作者简介

刘彦伟, 2015 年本科毕业于北京理工大学, 2018 年硕士毕业于中国科学院大学, 目前就读于中国科学院化学研究所。主要研究方向: AMOLED, OFET 及对应高性能材料的应用。



High quality wafer-scale Graphene & Boron Nitride on large monocrystalline copper by CVD method

Wenqian Yao¹, Jianing Zhang², Bin Wu^{*}, Yunqi Liu^{*}

Beijing National Laboratory for Molecular Sciences, Key Laboratory of Organic Solids, Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P.R. China*
Email: yaowenqian@iccas.ac.cn

Graphene has received highly attention since it was prepared by mechanical exfoliation in 2004 by Geim and Novoselov. It has enormous excellent properties in mechanical, thermal, electrical and optical aspects. However, the grain boundaries will severely reduce its physical properties, especially electrical properties. But the electrical properties of graphene can be largely improved by using hexagonal boron nitride (h-BN) as a dielectric layer. Therefore, the synthesis of large-scale monocrystalline graphene & h-BN remains a tricky challenge. Here, we developed a “polishing-annealing” approach that allows reliable preparation of single crystal Cu(111) confirmed by XRD and EBSD techniques. Monolayer graphene has been successfully grown on Cu(111) surface. Interestingly, we demonstrated that highly orientated h-BN and continuous film can be also grown on Cu(111) at ambient condition, promising a growing method for high quality dielectric material.

快速制备大面积取向聚合物薄膜及双极型场效应晶体管

陈金佺¹, 姜莹莹¹, 郭云龙^{1*}, 刘云圻^{1*}¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 邮编 100190

*Email: guoyunlong@iccas.ac.cn; liuyq@iccas.ac.cn

研究发现, 在聚合物有机场效应晶体管中, 除了聚合物自身的分子结构设计对迁移率有很大影响之外, 分子的排列方式也有很大的影响。聚合物分子由于分子量较大, 因此极易发生弯折、扭曲、折叠, 这会在薄膜内部产生大量缺陷, 影响载流子传输。

为了提高载流子传输, 我们课题组采用与工业 roll-to-roll 兼容的 bar-coating 方法制备大面积的分子排列取向的聚合物半导体薄膜。在加热的基底上, 通过调节涂膜速度来控制分子排列的取向程度, 高效率的 bar-coating 方法可以提高聚合物分子排列的有序度, 并且使分子更趋向于 edge-on 排列。

Bar-coating 方法制备的聚合物薄膜中, 聚合物主链方向、晶畴方向与载流子传输方向一致。相应晶体管的空穴迁移率高达 $5.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 电子迁移率 $4.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 是 spin-coating 制备的晶体管迁移率的 9 倍。我们的结果表明, Bar-coating 是快速制备大面积取向聚合物薄膜及双极型场效应晶体管的一种有效方法。

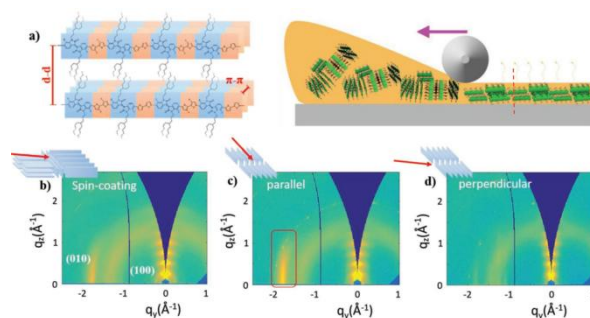


图 1. a) 聚合物分子 edge-on 堆积示意图; PFIBI-BT 薄膜的 2D-GIWAXS 图, b) spin-coating 法制备的薄膜; bar-coating 法制备的薄膜, GIWAXS 入射光方向与晶粒方向 c) 平行; d) 垂直。

参考文献

1. J. Chen[#], Y. Jiang[#], J. Yang[#], Y. Guo,^{*} Y. Liu^{*}, Copolymers of Bis-Diketopyrrolopyrrole and Benzothiadiazole Derivatives for High-Performance Ambipolar Field-Effect Transistors on Flexible Substrates. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2018**, *10*, 25858–25865.
2. Yingying Jiang[#], Jinyang Chen[#], Yunlong Guo,^{*} Wenping Hu,^{*} and Yunqi Liu^{*}. Fast Deposition of Aligning Edge-On Polymers for High-Mobility Ambipolar Transistors. *Adv. Mater.* **2019**, *31*, 1805761.

作者简介



陈金佺, 女, 2017 年本科毕业于湘潭大学化学学院, 并被保送至中科院化学所硕博连读。目前已以第一作者身份在 *ACS Applied Materials & Interfaces* 杂志发表一篇论文 (DOI:10.1021/acsami.7b16516) 和一篇专利“二氟异靛青类三元聚合物及其制备方法与应用” (专利号: 201710417872.1), 以共同第一作者身份在 *Advanced Materials* 杂志发表一篇论文 (DOI: 10.1002/adma.201805761)。

Design, synthesis and properties of two new integrated optoelectronic anthracene derivatives

Dan Liu¹, Jie Li², Chenguang Li², Huanli Dong^{1*}, and Wenping Hu^{2*}

¹Key Laboratory of Organic Solids Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190

²Collaborative Innovation Center of Chemical Science and Engineering (Tianjin)& Department of Chemistry, School of Science, Tianjin University, Tianjin 300072

*Email: dhl522@iccas.ac.cn, huwp@tju.edu.cn

Anthracene, featuring with high luminescence for crystals (64 %) and moderate mobility ($\mu = 0.02 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$), is believed to be a promising skeleton to obtain high performance optoelectronic semiconductors.¹ We design, synthesis and assembly two anthracene derivatives with the high mobility and efficient solid state emission, 2-(2,2-diphenylethenyl) anthracene (DPEA: by simply introducing the half tetraphenylethene (TPE) AIE unit into the 2-position of anthracene with the AIE semiconductor materials)² and 1,4-di(anthracen-9-yl)buta-1,3-diyne (DABD: by simply incorporating anthracene units and ethynyl groups with different molecular configurations *via* tuning the crystallization process)³. DPEA and the β -phase DABD crystals initiate two directions for developing high performance integrated optoelectronic organic semiconductors for potential multifunctional applications.

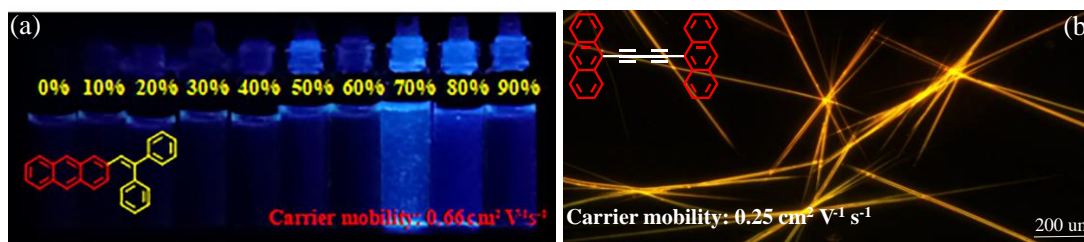


Figure 1. (a) The molecular structure of DPEA, and its AIE property of the fluorescence photographs with mobility. (b) The molecular structure of DABD, the fluorescence microscopy images of DABD crystals with β -phase DABD crystals with mobility.

Reference

- [1] Pope M, Magnante P, Kallmann HP. *J Chem Phys* **1963**, 38, 2042-2043.
 [2] Dan Liu, Jie Li, Jie Liu, Huanli Dong and Wenping Hu. *J. Mater. Chem. C*, **2018**, 6, 3856-3860.
 [3] Dan Liu, Chenguang Li, Huanli Dong and Wenping Hu. *J. Mater. Chem. C*, **2019**, 7, 5925-5930.

作者简介



Dan Liu is a doctor's student at the Institute of Chemistry, Chinese Academy of Sciences. Her current research work is focused on designing, synthesis and characterization of optoelectronic devices based on novel organic semiconductor materials.

三氟甲基的引入及其在 OFET 中特殊性质的研究

冉洋¹, 李清源¹, 郭云龙^{1,*}, 刘云圻^{1,*}

¹ 中科院化学所, 北京市海淀区中关村北一街 2 号, 100190

Email: liuyq@iccas.ac.cn

单一 n 型性质和可非氯溶剂加工是当前聚合物半导体领域的研究热点。近年来, 在传统的供体单元中加入具有吸电子能力的原子或基团(EWGs)可以有效地实现“弱”供体单元。¹ 弱施主-强受主策略是实现 n 型性能的一种有效途径。另一方面, 要实现工业化生产, 聚合物材料必须满足环境友好的非氯溶剂加工方式。然而, 传统的无规共聚物、不对称共聚和增加烷基链长度的这三种方法来实现可非氯溶解和加工, 会产生不规则的交替结构或者会导致结晶度低下, 从而对迁移率产生负面影响。从目前来看, 很难同时实现高迁移率和可非氯溶剂加工。

我们报道了一种新型 CF₃TVT 的绿色合成方法及其聚合物的合成和性能研究。利用 Ozawa 条件, CF₃TVT 可以通过直接(杂)芳基化缩聚反应进行聚合。CF₃基团具有很强的吸电子能力和高亲脂性, 这使得其具有较低的 FMO 能级和非氯溶剂的可加工性。通过引入 F-H 相互作用来调节聚合物主链的扭转角, 最高的单一 n 型迁移率, μ_e 达到了 1.37 cm²/(V s), 并且开/关比率高于 10⁸。这一结果是当前通过非氯溶剂加工的 n 型器件中最好的结果之一。

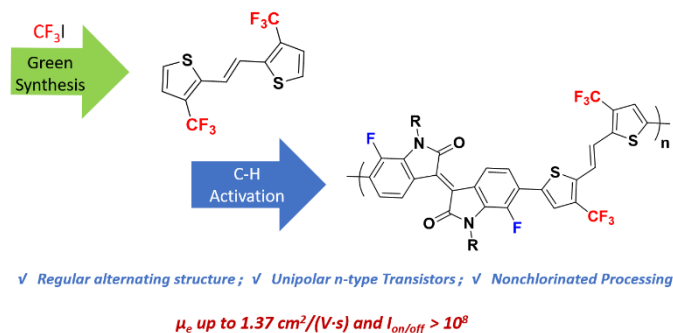


图 1. 三氟甲基的引入及其聚合物

参考文献

[1] Gao, Y. and Geng, Y. et al. *Adv. Mater.* **2015**, *27*, 6753–6759.

作者简介



冉洋, 本科毕业于四川大学, 17 年硕士毕业于上海有机所, 同年进入化学所攻读博士学位至今。

Enhanced Performance in Doped Micro-Nano Porous Organic Thin-Film Transistors

Chao He, Yaowu He, Aiyuan Li and Hong Meng*

School of Advanced Materials, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, P. R. China.

*Email: menghong@pku.edu.cn

Molecular doping is an effective method to improve the device performance of organic thin-film transistors. One critical challenge is the disruption of structure order upon doping of highly crystalline organic semiconductors, which significantly reduces the charge carrier mobility. Here, we demonstrate a new method to achieve enhanced performance in solution processed organic thin-film transistors based on C8-benzothieno[3,2-b]benzothiophene (C8-BTBT) via channel doping without disrupting the molecular ordering. Central to the method is the formation of micro-nano porous organic semiconductor thin films via hot spin coating method and blending a proper amount volatile [1]benzothieno[3,2-b][1]benzothiophene (BTBT). Using this method, the charge carrier mobility of C8-BTBT transistors is enhanced twice after doping with 2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane F_4 -TCNQ. Combining UV-vis-NIR absorption and PL spectra, the doping mechanism is identified as partial-charge-transfer induced trap filling.

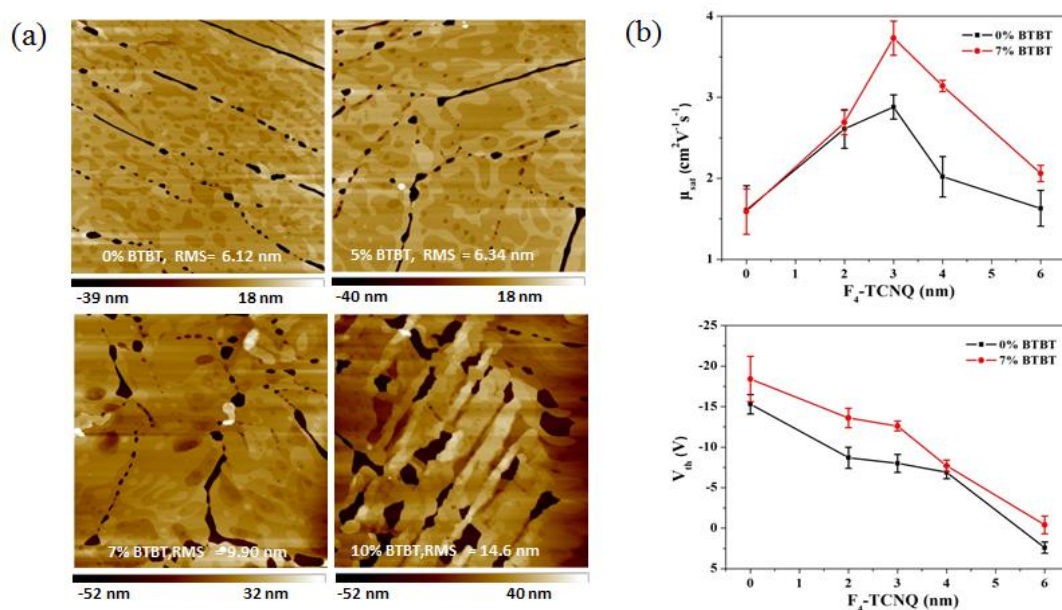


Figure 1. (a) AFM height images ($20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$) of C8-BTBT thin films with different amount of BTBT, (b) Mobility and threshold voltage of C8-BTBT devices as a function of F_4 -TCNQ thickness

Author Introduction

Chao He is currently a research scientist at Peking University Shenzhen Graduate School. His research interests focus on solution-processed organic electronics.

Inverted Annealing Enhanced Performance of Organic Thin-Film Transistors and Phototransistors Based on 2-(4-dodecylphenyl) [1]benzothieno[3,2-b]benzothiophene

Yueyi Wang¹, Yaowu He¹, Aiyuan Li¹, Liangjie Zhang^{2,*}, Chao He^{1,*} and Hong Meng¹

¹ School of Advanced Materials, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, P. R. China.

² Institute of Polymer Optoelectronic Materials & Devices, State Key Laboratory of Luminescent Materials & Devices, South China University of Technology, Guangzhou 510640, P. R. China

*Email: hechao@pkusz.edu.cn

Thermal annealing is an effective process method for regulating the arrangement of liquid crystalline molecules and preparing high performance devices. Although numerous researches have been reported on thermal annealing in recent years, it's still challenging to fine control the molecular packing and arrangement in thin films. Herein, we propose an inverted annealing process to solve this problem, which successfully improves the performance of the organic thin film transistors based on 2-(4-dodecylphenyl) [1]benzothieno[3,2-b]benzothiophene (C12-Ph-BTBT) with ~25% increase in mobility demonstrated compared to conventional annealing. In addition, the photoelectronic properties of C12-Ph-BTBT based phototransistors treated with inverted annealing display a similar improvement, with the highest photoresponsivity increased from 461.6 A/W for conventional annealed devices to 541.7 A/W under the incident beam intensity of 179.2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. The main reason for the device improvement is ascribed to the gravity induced alignment of C12-Ph-BTBT molecules due to their soft nature at high temperature. Our results provide an effective way to improve the performance of organic electronics based on liquid crystalline molecules.

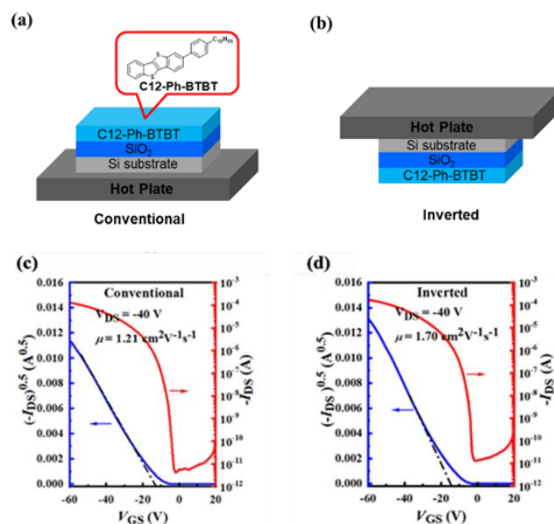


Figure 1. (a), (b) Schematic of the OTFTs based on conventional and inverted annealing processes, respectively. (c), (d) Transfer curves of OTFTs.

Author Introduction

Yueyi Wang is currently studying for a master's degree at Peking University, she is studying in Prof. Hong Meng's group at School of Advanced Materials. Her research interests focus on solution-processed organic thin-film transistor.

通过可直接光刻的有机半导体构筑高性能场效应晶体管

陈仁忠¹, 李阳², 李鑫², 王宏祥², 贺明谦², 王学军¹, 魏大程^{1,*}

¹复旦大学高分子科学系, 上海, 200433

²康宁公司, 康宁, 14831

*Email: weidc@fudan.edu.cn

有机半导体的图案化对于制备单个器件和复杂的有机电路都是至关重要的。虽然印刷图案化已经成为学术界和产业界的研究热点, 但实现工业化仍需克服图案分辨率和对准精度低等问题。光刻作为一种经济高效的高通量、大面积表面图案化技术, 具有对准精确、形状可控和分辨率高的优点^[1]。基于光刻技术, 本文报道一种免光刻胶的可直接光刻有机半导体 (OSC), 可大幅简化光刻流程。可直接光刻 OSC 是由 P 型高分子 PTDPTFT4 和基于小分子的交联组分组成的共混体系: 三丙烯酸单体交联剂在硫醇辅助下能在大气环境中高效聚成交联网络锁住 PTDPTFT4, 形成半互穿网络结构。半互穿网络结构一方面赋予 PTDPTFT4 良好的耐溶剂性, 另一方面提供连续的载流子传导通道。通过优化组分和光刻工艺, 实现了亚微米线宽的高光刻精度、高器件成功率和 high 迁移率: 8*8 阵列 TFT 器件可 100% 工作, 且平均迁移率为 $1.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 最高迁移率达 $1.64 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。该方法同样适用于制备可光刻的 N 型有机半导体 P(NDI2OD-T2), 从而通过光刻可制备 PN 互补反相器、加法器等逻辑电路。可短流程、大面积加工的免光刻胶直接光刻的图案化方法在大规模加工有机电子器件方面具有广阔应用前景。

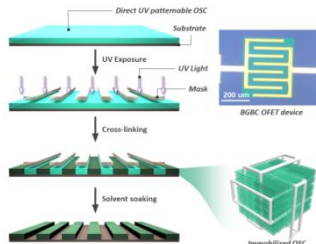


图 1. 可直接光刻 OSC 光刻流程示意图及其制备的 BGBC 结构 OFET 器件光学显微镜照片

参考文献

[1] Park, H. W., et al, Universal Route to Impart Orthogonality to Polymer Semiconductors for Sub-Micrometer Tandem Electronics, *Advanced Materials*, 31, 1901400, (2019)

作者简介



陈仁忠, 博士研究生, 就读于复旦大学高分子科学系, 师从魏大程研究员, 目前主要从事可直接光刻有机半导体材料及其场效应晶体管器件研究。

有机单晶自旋电子学：具有高磁场响应灵敏度的磁阻器件

丁帅帅^{1,2}, 田园^{1,3}, 胡文平^{1,2,*}

¹ 中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街 2 号, 100190

² 天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

³ 湖南大学, 湖南省长沙市岳麓区麓山南路 2 号, 410082

*Email: huwp@tju.edu.cn

有机磁阻 (OMAR) 器件作为有机自旋电子学研究中的重要组成部分, 具有成本低廉、工艺简单、重现性好、对磁场响应灵敏等优点, 在降低能耗和提高器件效率等方面具有巨大的前景。具有周期长程有序性的有机半导体单晶材料, 分子排列规则, 杂质和缺陷较少, 可以有效减少自旋和电荷受到的散射作用, 是理想的自旋输运介质。通过对有机材料中陷阱态密度的严格控制, 可以增强外加磁场对自旋信号的操控作用, 从而获得高灵敏度的磁场响应。

我们通过对器件双极化子输运模式的严格限制, 将物理气象传输法生长的 p 型高质量有机单晶 BDTT 引入有机磁阻的研究中, 在严格双极化子模型中实现了基于单晶的 Au/BDTT/Au 垂直结构有机磁阻器件。该器件具有结构简单、磁场响应快速灵敏、机理清晰等优点, 其磁场响应灵敏度值优于大多数报道的结果。通过对具有不同聚集态的有机磁阻器件进行研究, 发现单晶器件的磁场响应灵敏度远高于薄膜器件。我们利用计算模拟论证了有机材料中聚集态和本征缺陷态对磁阻性质的影响, 阐明了陷阱态密度对有机磁阻曲线形状的影响, 提出了提高器件磁场响应灵敏度的通用方法。这种基于有机半导体单晶的有机磁阻器件加工方法, 不仅为高灵敏度磁场检测提供了一种改进的策略, 而且也促进了有机半导体单晶材料在自旋电子学领域的研究和发展。

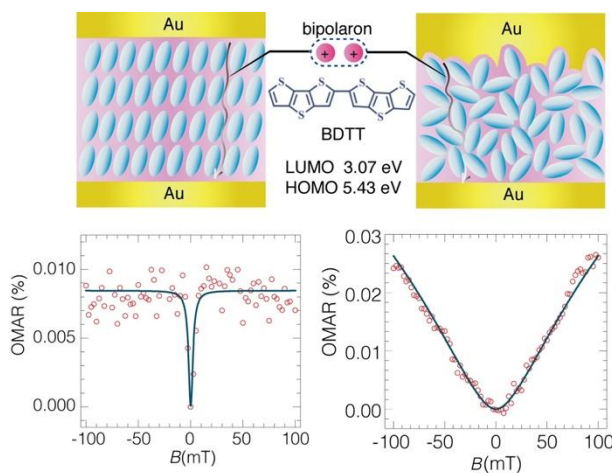


图 1. 基于单晶和薄膜的有机磁阻器件示意图与测试结果.

参考文献

[1] Shuaishuai Ding, Yuan Tian*, Yang Li, Hantang Zhang, Ke Zhou, Jinyu Liu, Liang Qin, Xiaoxian Zhang, Xiaohui Qiu, Huanli Dong, Daoben Zhu, Wenping Hu*, Organic Single-Crystal Spintronics: Magnetoresistance Devices with High Magnetic-Field Sensitivity, ACS Nano, 13, 9491-9497, (2019)

Solution Processed Centimeter-scale Highly-aligned Organic Single-crystal Arrays for High-performance Organic Field-effect Transistors

Shuming Duan, Xiaotao Zhang, Xiaochen Ren* and Wenping Hu*

Tianjin Key Laboratory of Molecular Optoelectronic Sciences

Department of Chemistry, School of Science, Tianjin University & Collaborative Innovation Center of Chemical Science and Engineering (Tianjin) Tianjin, 300072, China

E-mail: renxiaochen@tju.edu.cn, huwp@tju.edu.cn

Organic single crystal, which exhibits few grain boundary, free defect and long-range order molecular packing, is the key to achieve excellent and uniform characteristics for organic electronics. In practical application, the organic field-effect transistors (OFETs) array must accompany with high performance and small device-to-device variation. However, scalable fabrication of highly aligned organic single crystal arrays is difficult because the lack of control of the nucleation and growth of organic crystals. We report a facile solution printing method to fabricate centimeter-sized highly aligned organic single crystal array with controlled thickness. The OFETs based on organic single crystal array on the different substrates show good devices performance and uniformity. A pseudo-CMOS inverter fabricated based on this method shows high voltage gain and static noise margin over 80%. These demonstrations bring solution printing close to industrial applications and expand its applicability to various printed flexible electronics.

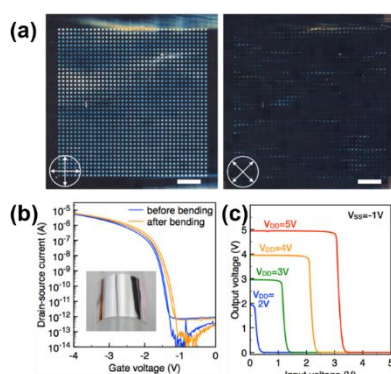


Figure 1. a) POM images of inch-scale single crystalline thin film array on the flexible substrate. The scale bar in the picture is 5 mm. b) Representative transfer I-V curve of patterned single crystalline transistor on flexible substrate before and after bending, inset is OM image of the patterned single crystalline transistor array on flexible substrate. c) The voltage input-output characteristics of the pseudo-CMOS inverter.

参考文献

- [1] S. Duan, et al, Scalable Fabrication of Highly Crystalline Organic Semiconductor Thin Film by Channel-Restricted Screen Printing toward the Low-Cost Fabrication of High-Performance Transistor Arrays. *Adv. Mater.*, **31**, 1807975, (2019).
- [2] S. Bae, et al, Tailored single crystals of triisopropylsilylethynyl pentacene by selective contact evaporation printing. *Adv. Mater.*, **23**, 3398, (2011).

作者简介



段树铭, 2019年6月博士毕业于天津大学理学院, 研究的主要方向为印刷法制备大面积高质量的有机单晶薄膜阵列以及其在光电方面的应用。

以茚满二酮为端基的新型醌式分子的合成及其半导体性能研究

杜天¹, 邓云峰^{1,*}¹ 天津大学材料科学与工程学院, 天津市海河教育园雅观路 135 号, 300350

*Email: yunfeng.deng@tju.edu.cn

醌式化合物具有平面性好、刚性强以及 LUMO 能级低的特点, 是一类重要的高迁移率的 n 型半导体材料品种, 其光电性质可以通过调节端基和中间核单元来调控。目前报道的醌式化合物多为双氰基封端, 但双氰基端基难以进一步修饰, 分子的光电性质只能通过中间核单元核来调控^[1]。这一问题在一定程度上限制了对于醌式化合物光电性质的精细调控。

我们以芳香二醛与苯酐衍生物(磷酯或磷盐)为原料, 通过 Wittig 或 Wittig-Horner 反应生成双键中间体, 随后在甲醇钠的作用下发生重排反应得到以茚满二酮为端基的醌式化合物^[2]。该反应路线简洁高效, 无需对中间体进行分离且具有良好的底物适用性(图 1)。所得醌式分子均表现出较高的消光系数($> 10^5 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), 较低的 LUMO 能级($< -4.0 \text{ eV}$), 且光物理及电化学性质可通过端基和中间单元核精细调控。基于此类醌式分子的顶栅底接触 OFET 器件表明其具有纯 n 型传输特性, 最高电子迁移率为 $0.38 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。

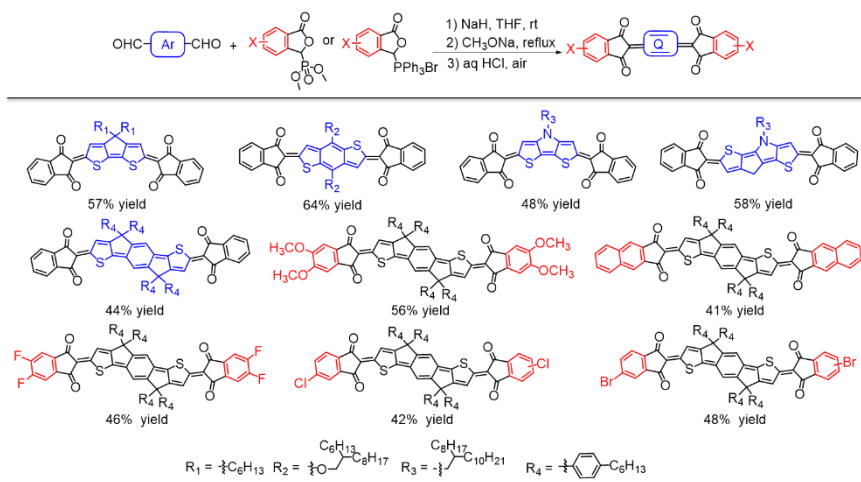


图 1. 以茚满二酮为端基醌式化合物的合成方法及底物适用性

参考文献

- [1] Sun Y.; Liu Y. et al, Design and synthesis of high performance π -conjugated materials through antiaromaticity and quinoid strategy for organic field-effect transistors. *Mater. Sci. Eng. R*, 136, 13-26, (2019)
- [2] Du T.; Deng Y. et al, Indandione-terminated Quinoids: Facile Synthesis by Alkoxide-mediated Rearrangement Reaction and Semiconducting Properties. *Angew. Chem. Int. Ed.*, DOI:10.1002/anie.201911530, (2019)

作者简介



杜天, 天津大学材料学院, 高分子材料科学与工程专业博士。

本科就读于郑州大学材料化学专业, 2017 年进入天津大学攻读研究生学位, 现研究方向为有机共轭分子的设计与合成及半导体性能研究。

High n-channel Mobility and Transport Kinks in C₆₀ Field Effect Transistor with Phosphonic Acid Interfacial Layers

SHAN Bowen¹, ZENG Xingwei¹, ZHAO Mengna¹, WANG Yujing¹, MIAO Qian^{1,*}

¹Department of Chemistry, the Chinese University of Hong Kong, Shatin, New Territories, Hong Kong SAR, China

*Email: miaoqian@cuhk.edu.hk

Several cycloalkyl-terminated phosphonic acids have been applied as interfacial Self-assembled monolayer (SAM) of C₆₀-based n-channel field-effect transistors (FET). By careful optimization, vacuum-deposited OTFTs of C₆₀ on AlO_x/SiO₂ dielectric modified with 12-Cyclohexyldodecylphosphonic acid (CDPA) exhibited an unprecedentedly high apparent electron mobility, averaging over 30 cm²/Vs, and reached 65.2 cm²/Vs in the best devices. The unprecedented mobility was attributed to the epitaxial growth of C₆₀ film on CDPA SAM layer, confirmed by two-dimensional grazing-incident wide-angle X-ray scattering (2D-GIWAXS) and atomic force microscope (AFM) analysis. However, transfer curves used to determine the apparent mobility demonstrated evident non-linear “kinks”, which indicates overestimation of transport characteristics. Several factors have been analyzed in search for the mechanism behind non-linearity, including the gate voltage dependence of contact resistance, and charge injection into deep levels of insulating layers.

基于六方氮化硼介电层的高稳定有机场效应晶体管

陈小松^{1,2}, 李立强¹, 魏大程^{2,*}

¹ 天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 200433

² 复旦大学, 上海市杨浦区邯郸路 220 号, 300072

*Email: dcwei@fudan.edu.cn

有机场效应晶体管 (OFET) 因其廉价, 柔性, 可溶液加工等特点具有广阔的应用前景。通过近些年的发展, 高迁移率 OFET 取得了重大的进展。迄今, 数十种有机半导体材料的迁移率高于或比拟于氢化非晶硅。然而, 随着商业化应用的需求, OFET 的稳定性问题逐渐凸显。^[1]

通过对半导体层 / 绝缘层之间界面进行优化, 可以得到稳定性较好的 OFET。比如采用有机无机双介电层 (PMMA / 氧化铝, PVA / 二氧化硅) 和聚合物介电层 (PMMA, PVA, CYTOP) 等可以改善 OFET 的操作稳定性。^[2]但是聚合物介电层的加工工艺要求很高, 聚合物介电常数相对较低, 而且需要旋涂等溶液方法。

h-BN 具有化学稳定性, 绝缘, 原子级平整, 表面无悬键, 高热导等特点, 是一种理想的介电层材料。h-BN 可以起到界面调控作用, 使有机分子可以在 h-BN 表面形成结晶度更高的有序薄膜, 相应 OFET 的迁移率得到很大的提升。^[3]我们通过等离子体增强化学气相沉积方法, 在二氧化硅表面制备了 2D-BN, 该方法无需催化剂, 低温, 厚度可控, 而且可大面积制备。使用该方法制备的 2D-BN 作为 OFET 的介电层, 得到的并五苯 OFET 迁移率高达 $1.29 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, 其转移曲线几乎没有回滞; 经过一年半的存放, 迁移率没太大变化。此外, 由于 2D-BN 的存在, 其散热效果更出色, 所得到的有机场效应晶体管的耐热温度高达 150°C 。说明 2D-BN 作为介电层的 OFET 具有好的稳定性, 具有重要的应用潜力。

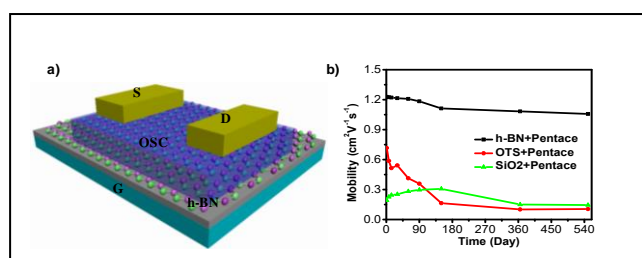


图 1. h-BN作为介电层的OFET及不同介电层器件的稳定性

参考文献

- [1] Lee, et al, Microstructure Dependent Bias Stability of Organic Transistors, *Adv. Mater.*, 26, 1660, (2014)
- [2] Nikolka, et al, High operational and environmental stability of high-mobility conjugated polymer field-effect transistors through the use of molecular additives, *Nat. Mater.*, 16, 356, (2017)
- [3] He, et al, Ultrahigh mobility and efficient charge injection in monolayer organic thin-film transistors on boron nitride, *Sci. Adv.*, e1701186, pages, (2017)

作者简介



陈小松, 天津大学分子聚集态科学研究院副研究员。研究方向: 有机场效应晶体管的器件物理研究; 新型二维材料的生长; 二维材料对有机分子生长调控及其场效应器件应用。

Molecular and low-dimensional structure in organic semiconductor for high-performance chemical sensor

Dapeng Liu, Jia Huang*

Interdisciplinary Materials Research Center, School of Materials Science and Engineering, Tongji University, Shanghai, 201804, P. R. China.

*Email: huangjia@tongji.edu.cn

Organic field-effect transistors (OFETs) offer great potential applications in chemical and biological sensing for homeland security, environmental monitoring, industry manufacturing, and medical/biological detection. We report four organic semiconductors with different alkyl side chain lengths but the same π -conjugated core structure for OFETs. Alkyl side chains can hinder the diffusion of ammonia into the OSCs layer, which blocks the interaction between ammonia and conducting channel. The result also reveals the relationship between the alky chain and the film thickness in sensitivity control. For the low-dimensional materials, we demonstrated chemical sensors based on the semiconducting nanofibers with core-shell structure by simple single-nozzle electrospinning with the spontaneous phase separation. The core-shell structure nanofiber has large active sites which make it highly sensitive to chemical analytes. The thickness of the sensing shell can be tuned by controlling the mass ratio of core and shell components. As a demonstration, the nanofiber-based sensor exhibits high sensitivity to low-concentration ammonia (ppb level), as well as stability and reversibility.

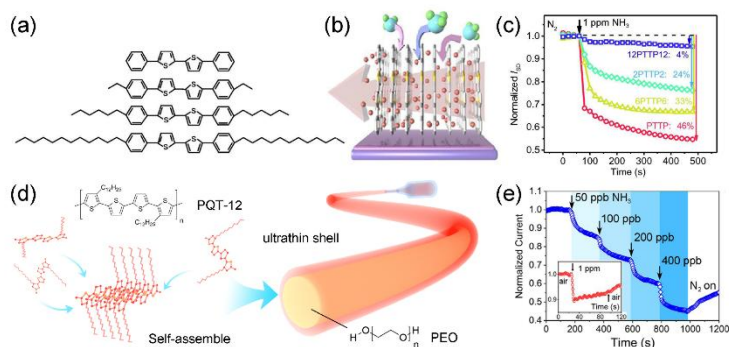


Figure 1. (a) Chemical structure of nPTTPn (0, 2, 6, 12). (b) Schematic diagram of the molecule diffusion. (c) Response to 1ppm NH_3 . (d) Electrospinning core-shell nanofiber. (e) Response to ppb level ammonia.

Reference

- [1] Dapeng Liu, et al, Side-chain effect of organic semiconductors in OFET-based chemical sensors, *Science China Materials*, 60, 977, (2017)
- [2] Dapeng Liu, et al, Self-assembled core-shell structured organic nanofibers fabricated by single-nozzle electrospinning for highly sensitive ammonia sensors, *InfoMat*, (2019)



Dapeng Liu received his bachelor's degree from the School of Materials Science and Engineering at Tongji University, Shanghai, China. He is currently a PhD student in the School of Materials Science and Engineering, Tongji University. His main research area includes sensors based on organic semiconductor.

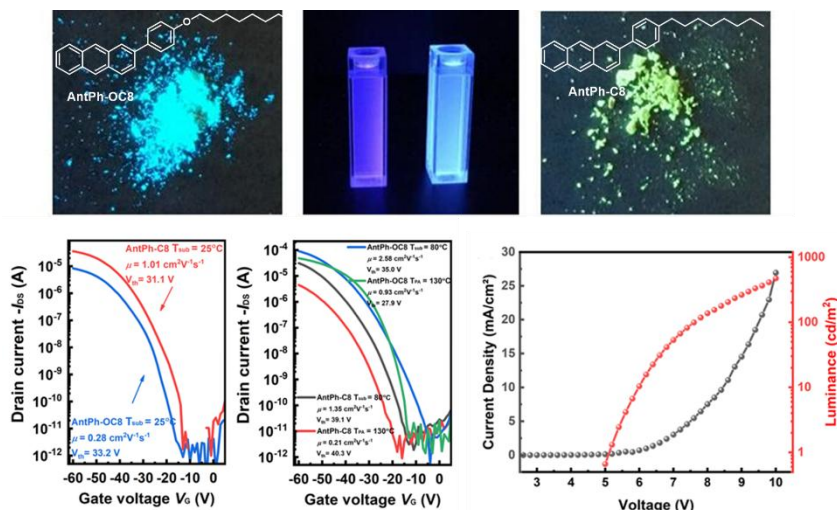
Multifunctional Liquid Crystal Materials Based on Anthracene Derivatives Applied in Optoelectronic Devices

Yunrui Wang¹, Daqi Fang¹, Yaowu He¹, Hong Meng^{1*}

¹ School of Advanced Materials, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, People's Republic of China

*Email: menghong@pku.edu.cn

Device integrating is one of the development trends of organic electronics. Under this circumstance, developing novel multifunctional materials is crucial to accelerate the progress of integrated devices such as OLET, OFEW and OEFC. Two liquid crystal (LC) materials, AntPh-OC8 and AntPh-C8, based on the conception of combining LC properties and strong fluorescence, were designed and synthesized. PLQY of AntPh-OC8 and AntPh-C8 were determined to be 40.9% and 37.6%. Highest hole mobility up to $2.59 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ was obtained in the OTFT based on AntPh-OC8. Solid-state blue emission of AntPh-OC8 was confirmed in the OLED with a CE of 1.82 cd/A^{-1} . The introduction of side chain played an important role in the modification of charge transporting and photophysical properties for anthracene derivatives.



Reference

- [1] Chen, Y.; Li, C.; Xu, X.; Liu, M.; He, Y.; Murtaza, I.; Zhang, D.; Yao, C.; Wang, Y.; Meng, H., Thermal and Optical Modulation of the Carrier Mobility in OTFTs Based on an Azo-anthracene Liquid Crystal Organic Semiconductor. *ACS Appl Mater Interfaces* **2017**, 9 (8), 7305-7314.
- [2] Xu, Y.; Ren, L.; Dang, D.; Zhi, Y.; Wang, X.; Meng, L., A Strategy of "Self-Isolated Enhanced Emission" to Achieve Highly Emissive Dual-State Emission for Organic Luminescent Materials. *Chemistry* **2018**, 24 (41), 10383-10389.

Author Introduction



Prof. Hong Meng received his Ph.D. from University of California Los Angeles (UCLA) in 2002. He has been working in the field of organic electronics for more than 20 years. His career experiences including working in the Institute of Materials Science and Engineering (IMRE) at Singapore, Lucent Technologies Bell Labs, DuPont Experimental Station. In 2014, he moved to School of Advanced Materials Peking University Shenzhen Graduate School

高性能柔性发光晶体管的制备与性能研究

陈鸿铭¹, 邢星², 缪景生¹, 赵长斌¹, 朱淼³, 白钧午¹, 贺耀武¹, 孟鸿^{1,*}

¹ 北京大学深圳研究生院新材料学院, 深圳市南山区西丽大学城, 518055

² 西北工业大学深圳研究院, 深圳南山, 518057

³ 岭南师范学院物理科学与技术学院, 湛江, 524048

*Email: menghong@pku.edu.cn

有机发光晶体管在有源阵列显示和电致有机激光方面具有潜在的应用。这里, 我们研究了采用高聚物交联聚乙烯醇(C-PVA)为介质层的柔性有机发光晶体管的光电性能。该器件能够在较低的工作电压 (-24 V) 下获得最高 14500 cd m^{-2} 的亮度和约 9.0% 的外量子效率(EQE)。采用全氟(1-丁烯基乙烯醚)聚合物(CYTOP)修饰 C-PVA 后, 器件具有良好的空气稳定性, 在高湿度(相对湿度 RH = 70%)环境条件下, 其最大亮度为 13400 cd m^{-2} , EQE 为 7.31%。此外, 基于 CYTOP/C-PVA 介电层的柔性 OLET 的达到了 8300 cd m^{-2} , EQE 峰值为 9.01%, 这是首次报道的具有 $> 500 \text{ cd m}^{-2}$ 亮度的柔性 OLET 器件。此外, 该器件在弯折半径达到 6.5 mm 状态下仍然能够很好地工作。由于传输层具有优良的空穴传输性能和较好的载流子平衡特性, 使得该器件具有优异的性能, 可以作为开发高性能柔性发光晶体管的一种切实可行的策略。

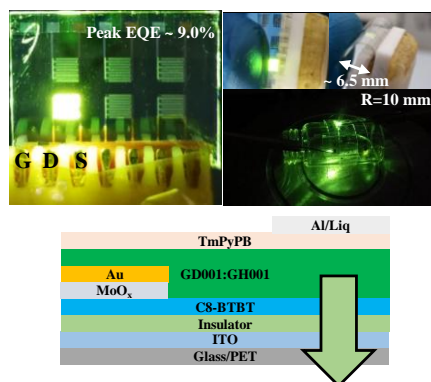


图 1. 发光状态下的柔性发光OLET器件

参考文献

[1] Hongming Chen, et al, Highly Efficient Flexible Organic Light Emitting Transistor Based on High-k Polymer Gate Dielectric, Adv. Opt. Mat., Just Accepted (2019).

作者简介

陈鸿铭, 北京大学深圳研究生院新材料学院, 在读博士, 研究方向为柔性低电压场效应晶体管和发光晶体管。

一石三鸟：多取代烯烃环化制备 IDT, ADT 及 rubicene 以及场效应晶体管性能研究

史钦钦, 黄辉

中国科学院大学, 北京雁栖湖校区, 101408

稠环分子由于大的共轭刚性结构, 是众多高载流子迁移率材料的重要构筑单元。然而, 稠环分子关环受分子应力以及苛刻的关环条件影响, 导致产率低, 成本高。以 IDT, ADT 分子为例, 分子结构的刚性决定了其较高的载流子迁移率, 以及在有机太阳能电池以及场效应晶体管的优异性能。但是烷基链的引入增加了合成难度, 限制了材料的深入研究。Rubicene 是 C₆₀ 分子的重要结构组成, 由于非平面的结构, 较大的环应力, 从合成上来说具备挑战性, 尤其杂原子掺杂的 Rubicene, 目前只有一例报道。但是 Rubicene 分子具有有序堆积, 带隙较窄, Miao 组已经报道了全碳基 Rubicene 的 Rubicene 优异的空穴迁移率, 展示了 Rubicene 分子在有机半导体领域的应用潜力。

利用酰肼作为亲核试剂与卤代芳烃欧联, 可以制备烷基或者芳烃取代的烯烃。作为前驱体通过质子加成, 光关环以及 Scholl 反应, 我们制备了 IDT, ADT 以及含噻吩的 Rubicene。与江浪课题组合作, 我们制备具有较高空穴迁移率的单晶场效应晶体管。并研究了晶体结构与性能之间的关系。

参考文献

- [1] Gu, X.; Xu, X.; Li, H.; Liu, Z.; Miao, Q., Synthesis, Molecular Packing, and Thin Film Transistors of Dibenzo[a,m]rubicenes. *J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137, 16203-8.
- [2] Li, X.; Pan, F.; Sun, C.; Zhang, M.; Wang, Z.; Du, J.; Wang, J.; Xiao, M.; Xue, L.; Zhang, Z. G.; Zhang, C.; Liu, F.; Li, Y., Simplified synthetic routes for low cost and high photovoltaic performance n-type organic semiconductor acceptors. *Nat. Commun.* 2019, 10, 519.

单层分子晶体光学性质的研究

赵慧娟¹, 赵英博², 宋胤瑄³, 马海波^{3,*}, Ali Javey^{2,*}, 王欣然^{1,*}

¹ 固体微结构物理国家重点实验室, 南京大学电子科学与工程学院先进微结构协同创新中心, 中国江苏南京, 210023

² 加州大学伯克利分校电气工程与计算机科学系, 材料科学部, 劳伦斯伯克利国家实验室, 美国加利福尼亚州伯克利, 94720

³ 南京大学化学化工学院教育部介观化学重点实验室, 中国江苏南京, 210023

*Email: xrwang@nju.edu.cn, ajavey@berkeley.edu, haibo@nju.edu.cn

二维(2D)材料中由于库仑屏蔽作用的减小而表现出丰富的物理特性¹。二维半导体中的光致发光主要由 Wannier-Mott 激子控制, 但在分子体系中存在具有独特性质的 Frenkel 激子(FE)。我们研究了一类具有强烈光响应 J 聚积单层染料分子晶体的光学性质。当薄膜厚度降低到单层时, 其发光由红光变为绿光且强度骤增。激子在共振激发时具有很大的振子强度和吸收(单层超过 30%), 以及 60-100% 的光致发光量子效率。随着温度降低, 振子强度增加, 峰位蓝移, 线宽变窄等一系列现象表明单层有机分子晶体中具有超辐射效应。由于层间电荷转移过程受到抑制且面内存在巨大的偶极子, 所以这种独特效应只存在单层中。另外, 基于上述独特性质我们制备了固有速度可能超过 30 GHz 的单层 J 聚积发光器件, 有希望用于下一代超快光通信芯片。

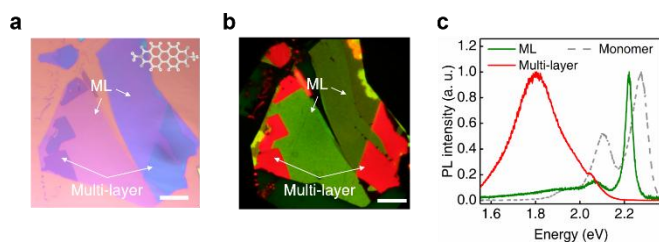


图 1. 二维Me-PTCDI晶体光学性质随层数的变化。a, 显微镜照片 b, 荧光照片 c, 室温荧光光谱

参考文献

[1] Xia, F., Wang, H., Xiao, D., Dubey, M. & Ramasubramaniam, A. Two-dimensional material nanophotonics. *Nature. Photon.* **8**, 899–907 (2014). (该项工作已被 Nature Communications 接收)

作者简介



赵慧娟, 南京大学电子科学与工程学院博士研究生, 导师王欣然教授
科研方向: 二维有机材料的生长及光学性质的研究

氟取代联噻吩苯并双酰亚胺基 N-型聚合物半导体的合成及在有机场效应晶体管中的应用

冯奎, 张显鹤, 郭旭岗*

南方科技大学, 广东省深圳市南山区学苑大道 1088 号, 518055

*E-mail: guoxg@sustech.edu.cn

除了经典的花二酰亚胺 (PDI) 和萘二酰亚胺 (NDI) 外, 近年来, 苯并酰亚胺 (PHI)、噻吩酰亚胺 (TPD)、及联噻吩酰亚胺 (BTI) 等新合成的酰亚胺功能化的芳环引起了有机电子领域的广泛关注 (图 1a) [1][2]。以它们为单体制备出一系列高性能高分子半导体材料, 并取得了优异的 N-型器件性能。在这些酰亚胺基单体中, BTI 的二聚体(BTI2)是一个优异的缺电子单元, 其构筑的高分子半导体在有机场效应晶体管 and 全聚合物太阳能电池中都取得了突出器件性能[3]。然而, BTI2 中间核为给电子的噻吩并[3,2-*b*]噻吩, 基于 BTI2 的聚合物 HOMO 能级通常较高, 这将会利于空穴的注入并易于产生 P-型性能。因此, 在 BTI2 的基础上设计合成了新的受体单元 TBDI, 该单元使用电中性的苯环代替给电性的噻吩并[3,2-*b*]噻吩。结合对 BTI 系列衍生物氟化的前期工作[4], 为了进一步降低 TBDI 的前线轨道能级, 本文将氟原子引入 TBDI 中间核中, 获得全新的受体单元 TFBDI (图 1b)。通过克服合成上的挑战, 成功制备出溴化单体 TFBDI-Br₂ 单体并构建出其高分子半导体。将聚合物半导体制备成有机场效应晶体管后, 均获得大于 0.10 cm² V⁻¹ s⁻¹ 的电子迁移率。其中, 基于 TFBDI-Se 的晶体管具有最高 0.3 cm² V⁻¹ s⁻¹ 的电子迁移率。随后通过形貌表征研究了 TFBDI-Se 器件具有更高晶体管迁移率的原因。该研究拓展了酰亚胺芳环体系, 对构建高性能 N-型高分子半导体材料具有重要的指导意义。

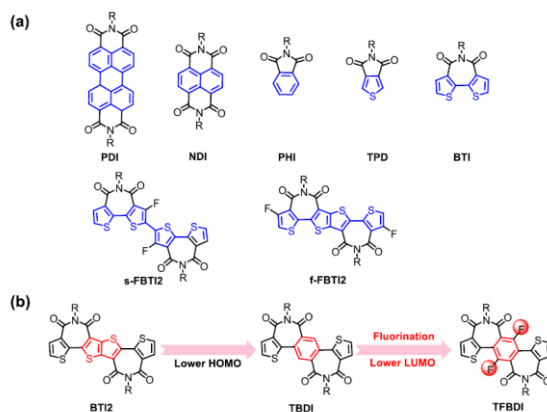


图 1. (a)代表性的酰亚胺功能化受体单元的化学结构; (b)氟化酰亚胺基单体 TFBDI 的分子设计策略

参考文献

- [1] Xugang Guo *et al.* Bithiophene-Imide-Based Polymeric Semiconductors for Field-Effect Transistors: Synthesis, Structure-Property Correlations, Charge Carrier Polarity, and Device Stability. *J. Am. Chem. Soc.* 133, 1405–1418 (2011).
- [2] Xugang Guo *et al.* Imide- and Amide-Functionalized Polymer Semiconductors. *Chem. Rev.* 114, 8943–9021 (2014).
- [3] Yingfeng Wang, Xugang Guo *et al.* Ladder-type Heteroarenes: Up to 15 Rings with Five Imide Groups. *Angew. Chem. Int. Ed.* 56, 9924–9929 (2017).
- [4] Huiliang Sun, Xugang Guo *et al.* High-Performance All-Polymer Solar Cells Enabled by an n-Type Polymer Based on a Fluorinated Imide-Functionalized Arene. *Adv. Mater.* 31, 1807220 (2019).

A “Phase Separation” Molecular Design Strategy Towards Large-Area 2D Molecular Crystals

Molecular Crystals

Beibei Fu,¹ Cong Wang,¹ Yantao Sun,² Yu Wang,¹ Fayuan Ge,³ Fangxu Yang,¹ Zheyuan Liu,¹ Yanfeng Dang,¹ Xiaotao Zhang,¹ Xiangfeng Shao,² Rongjin Li,^{*1} and Wenping Hu¹

1. School of Science, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. State Key Laboratory of Applied Organic Chemistry, Lanzhou university, Lanzhou 730000, China

3. State Key Laboratory of Coordination Chemistry School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing 210023, China

*Email: lirj@tju.edu.cn

Two-dimensional molecular crystals (2DMCs) have attracted considerable attention because of their unique optoelectronic properties and potential applications. Taking advantage of the solution processability of organic semiconductors, solution self-assembly is considered an effective way to grow large-area 2DMCs. However, this route is largely blocked because a precise molecular design towards 2DMCs is missing and little is known about the relationship between 2D self-assembly and molecular structure. Here, a phase separation molecular design strategy towards 2DMCs is proposed and layer-by-layer growth of millimeter-sized monolayer or few-layered 2DMCs is realized. High-performance organic phototransistors (OPTs) were constructed based on the 2DMCs with unprecedented photosensitivity (2.58×10^7), high responsivity ($1.91 \times 10^4 \text{ A W}^{-1}$) and high detectivity (4.93×10^{15} Jones). The phase separation molecular design strategy provides a guide for the design and synthesis of novel organic semiconductors that self-assemble into large-area 2DMCs for advanced organic (opto)electronics.

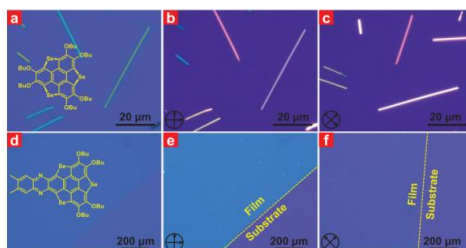


Figure 1. a) OM image of the microribbons of **1**. The inset shows the chemical structure of **1**. b,c) POM images of the microribbons of **1**. d) OM image of a 2DMC of **2**. The inset shows the chemical structure of **2**. e,f) POM images of a 2DMC of **2**.

Reference

- [1] Fu, B.; Wang, C.; Sun, Y.; Yao, J.; Wang, Y.; Ge, F.; Yang, F.; Liu, Z.; Dang, Y.; Zhang, X.; Shao, X.; Li, R.; Hu, W. A "phase separation" molecular design strategy towards large-area 2D molecular crystals. *Adv. Mater.* **2019**, *31*, 1901437.
- [2] B. Fu, X. Hou, C. Wang, Y. Wang, X. Zhang, R. Li, X. Shao, W. Hu, A bowl-shaped sumanene derivative with dense convex-concave columnar packing for high-performance organic field-effect transistors *Chem. Commun.* **2017**, *53*, 11407
- [3] C. Wang, X. Ren, C. Xu, B. Fu, R. Wang, X. Zhang, R. Li, H. Li, H. Dong, Y. Zhen, S. Lei, L. Jiang, W. Hu, N-type 2D organic single crystals for high-performance organic field-effect transistors and near-infrared phototransistors *Adv. Mater.* **2018**, *30*, 1706260.

About the author



Beibei Fu grew up in Liaocheng, Shandong Province, P. R. China. In 2018, she received her MSC degree from the Department of Chemistry, School of Science, Tianjin University. Since september 2019, she has been a PhD student in the same department (Supervisor: Prof. Wenping Hu). Her interest is in the fields of organic electronics. Currently, she is working on functional electronic devices fabricated by two-dimensional organic crystalline materials.

分子掺杂对有机场效应晶体管中迁移率栅压依赖性的调控

唐宇, 雷衍连*

¹ 西南大学 物理科学与技术学院, 重庆市北碚区天生路 2 号, 400715

*Email: yllei@swu.edu.cn

有机场效应晶体管有着广泛的应用前景。随着新材料和新技术的广泛应用, 近年来有机场效应晶体管迁移率得到了显著提高, 各种高迁移率的有机场效应晶体管被报道。漏电流(I_{DS})的平方根和栅极电压(V_G)偏离线性相关的现象也得到了重视, 解释与消除这一现象引起广泛研究。我们通过掺杂匹配的有机小分子实现了对有机场效应晶体管中迁移率栅压依赖性的调控——将有机聚合物半导体材料与小分子受体材料以一定比例共混来改变聚合物半导体中电荷陷阱的性质特征。例如将典型 D-A 结构聚合物半导体(DPP-DTT)与小分子受体材料(DP-CO)按一定比例混合成膜后, 可制作出具有理想的转移特性曲线的有机场效应晶体管, 避免了不同栅压下迁移率差别较大的情况出现。

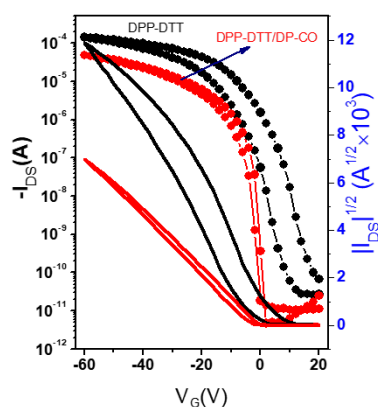


图 1. DPP-DTT (黑色) 与 DPP-DTT/DP-CO (红色) 传输特性曲线
(点-线表示 I_{DS} , 实线表示 $|I_{DS}|^{1/2}$)

作者简介



雷衍连, 博士, 副教授, 入选重庆市“巴渝学者”青年学者。2016年毕业于香港浸会大学(HKBU)物理系, 获博士学位, 师从朱福荣教授和 Beng S. Ong 教授。主要从事有机电子材料与器件方面的研究, 研究兴趣包括有机半导体器件及物理、量子点发光器件、光电探测和印刷电子等方面。目前, 以第一作者和通讯作者身份在 Advanced Materials、Advanced Functional Materials 和 Advanced Optical Materials 等学术刊物上发表研究论文 20 余篇, 论文总引用 800 多次。

Application of organic/inorganic nanocomposites in piezoresistive sensors

Yu Xia¹ (夏雨), Yuan Tian^{1*} (田园), Zhihui Qin^{1*} (秦志辉)

¹School of Physics and Electronics, Hunan University, Changsha 410082, China

*Email: ytian@hnu.edu.cn, zhqin@hnu.edu.cn

In recent years, with the development of cross-integration in the fields of medicine, machinery, sensors, and intelligent control, the rapid advancement of disability rehabilitation robots in biomedical engineering has been promoted, in which medical equipment has been boosted to be more sophisticated, multifunctional, automated and intelligent.¹ The application of sensors on such robots makes it possible to display various parameters such as pressure, acceleration and etc. in an easy-to-understand form, thus achieving better human-computer interaction. Meanwhile, some organic/inorganic nanocomposites stand out with great potential for the application in piezoresistive pressure sensors due to better mechanical properties and stability. Elective organic/inorganic nanocomposites for piezoresistive sensors are highly expected along with corresponding design towards qualified sensitivity and response time for the foot pressure detection of assisted robots.

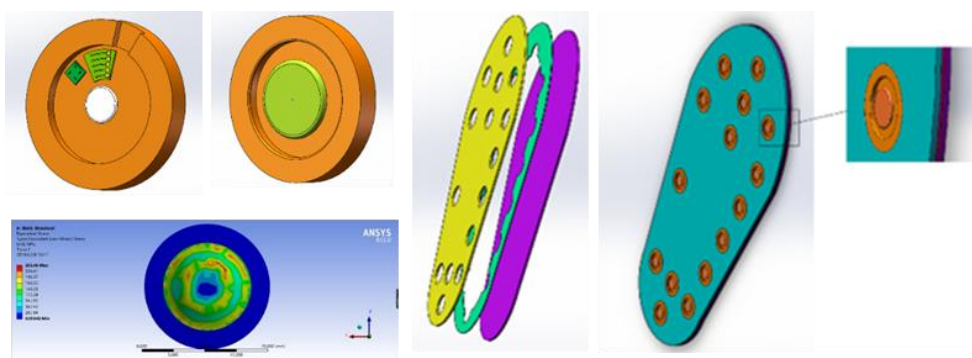


Figure 1. Piezoresistive sensor structure and array layout.

References

- [1] Y. H. Lee, O. Y. Kweon, H. Kim, et al., Recent advances in organic sensors for health self-monitoring systems. *J. Mater. Chem. C* **6**, 8569-8612 (2018).

Wide Band Gap Pyromellitic Diimides for Photo Stable n-Channel Thin Film Transistors

Jianing Wang,^a Tianchen Fu,^c Changbin Zhao,^c Hongtao Yu,^{a,c} Dongwei Zhang*^b and Hong Meng^{a,c}

^a Key Laboratory of Flexible Electronics (KLOFE) & Institute of Advanced Materials (IAM), Jiangsu National Synergetic Innovation Center for Advanced Materials (SICAM), Nanjing Tech University (Nanjing Tech), 30 South Puzhu Road, Nanjing, 211816, China. E-mail: iamhmeng@njtech.edu.cn

^b The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8581, Japan, E-mail: zhangdw@issp.u-tokyo.ac.jp

^c School of Advanced Materials, Peking University Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen, 518055, China

*Email: iamhmeng@njtech.edu.cn

Organic semiconductors (OSCs) have attracted much attention from both academe and industry in the past few decades due to their diverse applications in organic electronics, including flexible displays, sensors, complementary circuits, etc. The progress in this field has been focused on the molecular design to achieve high charge carrier mobility, which requires densely and periodically molecular packing in their thin films. Up to now, a lot of high mobility OSCs have been designed and synthesized based on π -extended acenes, heteroacenes and their derivatives for p-type transistors (ref), as well as perylene diimide and naphthalene diimide derivatives for n-type transistors.¹⁻² However, it remains a challenge to simultaneously satisfy high mobility and transparency in the visible range within a molecule, which is important for transparent organic field-effect transistors (TOFETs) since it is a fundamental building block in transparent electronics for a variety of applications.

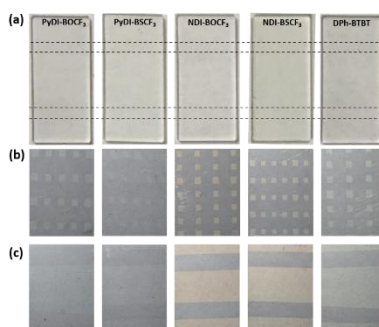


Figure 1. The photographs of 40 nm-thick solid-state thin films of PyDI-BOCF₃, PyDI-BSCF₃, NDI-BOCF₃, NDI-BSCF₃ and DPh-BTBT deposited on (a) transparent quartz (the dashed lines represent the area without film) and (b,c) flexible PET substrates.

References

- [1] F. Wirthner and M. Stolte, *Chemical Communications*, 2011, **47**, 5109-5115.
 [2] D. Shukla, S. F. Nelson, D. C. Freeman, M. Rajeswaran, W. G. Ahearn, D. M. Meyer and J. T. Carey, *Chemistry of Materials*, 2008, **20**, 7486-7491.

Author Introduction

Jianing Wang is currently studying for a master's degree at Nanjing Tech University, he is studying in Prof. Hong Meng's group. His research interests focus on organic thin-film transistor.

Single-Crystal Organic Field-Efffect Transistors of Dibenzofuran (DBF) linked BTBT

Yang He¹, Aiyuan Li², Hong Meng^{*}, and Wei Haung^{*}

¹Nanjing Tech University

²Peking University, Shenzhen

*Email: iamhmeng@njtech.edu.cn

In the field of organic electronics, It's no exception that the organic semiconductor materials based on the thiophene derivatives are the research focus and competitive. in contrast, furan, it has received far less attention, especially the applications of the device. Dibenzofuran (DBF) is one of the aromatic units that widely utilized in organic light-emitting diodes (OLEDs). However, there are few reports on the application of dibenzofuran (DBF) derivatives for the single crystal OTFTs devices. herein, we design and synthesis which combines the promising core (BTBT) with DBF units called BTBT-DBF and DBF-BTBT-DBF, devices based on the two materials revealed p-type properties and field-effect mobility as high as $0.74 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ and $4.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

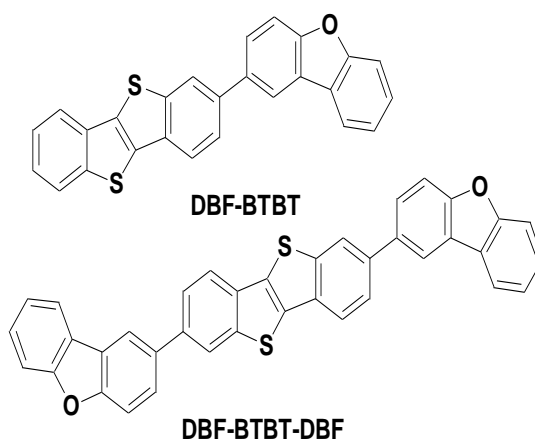


Figure 1. Structures of DBF-BTBT and DBF-BTBT-DBF

Reference

- [1] Yang Zhao, et al, A thermally stable anthracene derivative for application in organic thin film transistors, *Organic Electronics*, 43, 105-111, (2017)
- [2] Chikahiko Mitsui, et al, Single-Crystal Organic Field-Efffect Transistors of Naphthodifurans, *Bull. Chem. Soc.Jpn.*, 88, 776–783, (2015)

Author Introduction



Yang He received a BSc in Polymer Chemistry from Shenyang University of Technology in 2017 and now a Postgraduate student in Nanjing Tech University co-supervised by Prof. Wei Huang and Prof. Hong Meng. Her research interest is the organic field effect transistors.

Thermal Stable Organic Thin Film Transistors Based on Tetracene

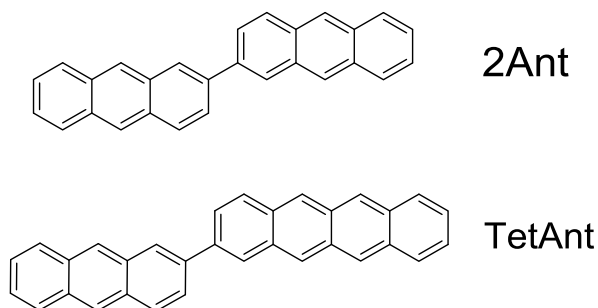
Huinan Yu ¹, Chao He ², Hong Meng ^{*}, and Wei Haung ^{*}

¹Nanjing Tech University

²Peking University, Shenzhen

*Email: iamhmeng@njtech.edu.cn

Tetracene, one of the polyacene derivatives, shows eminent optical and electronic properties with relatively high stability. To take advantage of the intrinsic properties of the tetracene molecule and explore new semiconductors, herein, we report the design and synthesis of a novel p-channel tetracene derivatives, 2-(anthracen-2-yl)tetracene (TetAnt). Top contact OTFTs were fabricated using this materials as semiconductor layers, with charge mobilities up to $0.79 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. And 2-anthryl-2-anthracene (2A) was a comparison to research the thermal stability of TetAnt OTFT device, with charge mobilities hold on $0.27 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ at $270 \text{ }^\circ\text{C}$



Reference

- [1] Wenjun Xu, et al, Phenyl substitution in tetracene: a promising strategy to boost charge mobility in thin film transistors, *J. Mater. Chem. C*, 5, 2852, (2017)
- [2] Mengyun Chen, et al, A Unique Blend of 2-Fluorenyl-2-anthracene and 2-Anthryl-2-anthracene Showing White Emission and High Charge Mobility, *Angew. Chem*, 128, 1–7, (2016)
- [3] Yang Zhao, et al, A thermally stable anthracene derivative for application in organic thin film transistors, *Organic Electronics*, 43, 105-111, (2017)

Author Introduction



Huinan Yu received a BSc in Applied Chemistry from Yancheng Teachers University in 2017 and now a Postgraduate student in Nanjing Tech University co-supervised by Prof. Wei Huang and Prof. Hong Meng. Her research interest is organic semiconductor materials and organic field effect transistors.

2,6-位芳香延展蒽衍生物：有效电荷传输和强固态发光

李洁^{1,3}, 周科³, 刘洁³, 甄永刚^{3*}, 董焕丽^{3*}, 张小涛², 江浪, 胡文平^{1,2,3*}¹ 天津大学分子聚集态科学研究院, 天津, 300072, 中国。² 天津市分子光电科学重点实验室, 天津大学化学化工协同创新中心, 天津, 300072, 中国。³ 北京分子科学国家实验室, 中国科学院有机固体重点实验室, 中国科学院化学研究所, 北京, 100190, 中国。

*Email: zhenyg@iccas.ac.cn, dhl522@iccas.ac.cn, huwp@tju.edu.cn

兼具高迁移率、强固态荧光的有机光电功能半导体的设计合成是实现有机发光晶体管和有机电泵激光的基础, 也是一大难点: 高迁移率半导体分子通常具有紧密的堆积和较强的分子间相互作用, 而根据 Kasha 规则, 较强的分子间相互作用易于导致固态荧光的淬灭。

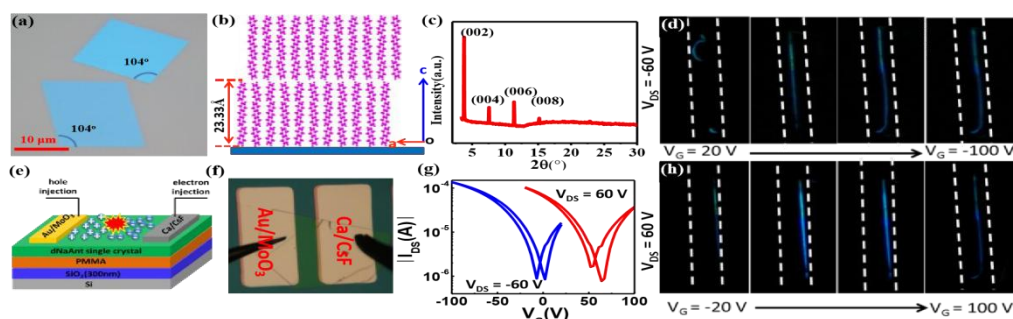


图 1. (a) 2,6-DNA 微纳晶的光学显微镜照片; (b) 2,6-DNA 晶体在基底排列方式; (c) 2,6-DNA 微纳晶 XRD 结果; (e, f) 发光晶体管器件结构以及光学照片; (g) 单晶发光晶体管的双极性转移曲线; (d, h) 基于 2,6-DNA 的发光晶体管发光区域随着栅压变化移动照片 (d: $V_{DS} = -60$ V; g: $V_{DS} = 60$ V)。

通过在蒽的 2,6-位引入萘环进行芳香延展, 我们获得了更长共轭度、堆积更紧密的分子 2,6-DNA。其单晶场效应晶体管具有优异的电荷传输特性 ($\mu_{\max} = 12.25 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)、较低的阈值电压 (~ -10 V) 和缺陷密度 ($6.88 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)。光物理研究表明, 2,6-DNA 分子聚集类型属于 J-聚集, 其单晶发光量子产率达 29.2%。基于 2,6-DNA 的单晶发光晶体管实现了电子、空穴传输较为平衡的双极性传输 ($\mu_h = 1.10 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $\mu_e = 0.87 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$), 并且清晰观察到发光区域随栅压变化在沟道内移动, 实现 2,6-DNA 的光电集成器件应用[1,2]。

参考文献

- Li, J.; Zhou, K.; Liu, J.; Zhen, Y.; Liu, L.; Zhang, J.; Dong, H.; Zhang, X.; Jiang, L.; Hu, W. *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 139, 17261–17264.
- Qin Zhengsheng, Gao Haikuo, Liu Jinyu, Zhou Ke, Li Jie, Dang Yangyang, Huang Le, Deng Huixiong, Zhang Xiaotao, Dong Huanli*, Hu Wenping*. *Adv. Mater.* 2019, 31(37), 1903175.
- Liu, J.; Zhang, H.; Dong, H.; Meng, L.; Jiang, L.; Jiang, L.; Wang, Y.; Yu, J.; Sun, Y.; Hu, W.; Heeger, A. *J. Nat. Commun.* 2015, 6, 10032.

基于叠层法控制的 P3HT 超薄膜结构用于实现高性能 OFET

丁亚非

合肥工业大学

基于共轲聚合物的高性能有机场效应晶体管 (OFETs) 近年来受到广泛关注。然而, 共轲聚合物的多尺度结构与电学性能之间的关系还没有很好的建立。本文采用连续、重复的转移刻蚀工艺, 从前体共轲/绝缘聚合物共混膜中制备了叠层超薄聚(聚 3-己基噻吩) (P3HT) 薄膜, 研究了薄膜结构从 2D 向 3D 转变时的结构与性能关系。经掠入射 X 射线衍射、紫外-可见光谱和拉曼光谱证实了改善了薄膜的分子堆积性能。叠层超薄 P3HT 薄膜表现出优异的电性能, 在 3 层时表现出最大迁移率为 0.23 平方厘米每伏每秒, 这是接近报道的未掺杂的 P3HT-OFETs 的最高值。与温度相关的场效应晶体管特性表明, 无论层数多少, 叠层薄膜都具有较低的激活能和二维电荷输运特性。这些电荷输运特性归因于薄膜中有序分子堆积和较低的陷阱密度, 这是由前体共混膜的相分离和叠层工艺实现的。此外, 基于这些薄膜的 OFETs 在不同波长的光下具有良好的光稳定性, 表明该方法具有很好的实际应用前景。

高效单组份有机发光场效应晶体管

秦正生¹, 高海阔¹, 董焕丽^{1,*}, 胡文平^{2,*}

¹中国科学院化学研究所, 北京市海淀区中关村北一街2号, 100190

²天津大学, 天津市南开区卫津路92号, 300072

*Email: dhl522@iccas.ac.cn, huwp@tju.edu.cn

有机发光场效应晶体管(OLET)作为一种同时兼具有机场效应晶体管(OFET)和有机发光二极管(OLED)两种功能的有机光电器件, 具有制备工艺简单、集成度高、电流放大等优势, 被认为是下一代变革性柔性显示技术和实现机电泵浦激光的理想途径之一, 其研究具有重要的科学和技术意义。但是, 因为实现高性能OLET器件构筑的材料体系严重缺乏, 所以造成OLET器件, 特别是高性能单组份OLET器件的发展严重滞后, 限制了相关应用领域的研究。基于两例高迁移率发光有机半导体材料, 2,6-diphenylanthracene(DPA)和2,6-di(2-naphthyl)anthracene(dNaAnt)作为活性层构筑了单组份有机发光场效应晶体管。不对称器件结构和界面能级调控策略实现了OLET器件中高效平衡的双极性注入和传输。研究表明, 所构筑DPA-和dNaAnt-OLET器件均展现了稳定且较强的沟道发光特性, 在栅压调控下, 其电子和空穴复合发光位置在p型沟道和n型沟道中均可得到很好的调控, 证实其为典型的双极性发光特性。该研究结果表明, 高迁移率发光材料在实现高效单组份OLET器件方面的重要应用, 高迁移率发光材料的发展有望促进有机发光场效应晶体管器件及其相关领域研究的快速发展。

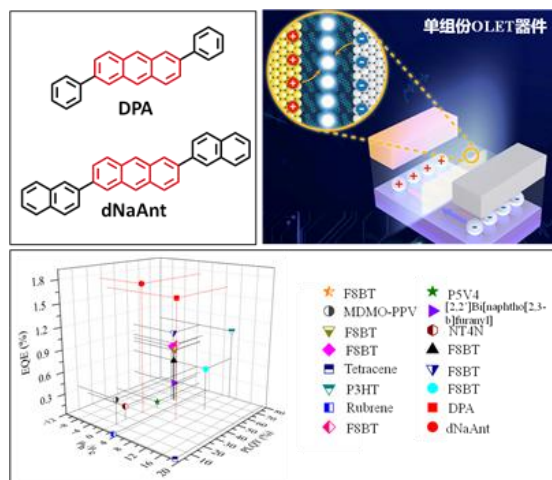


图 1. DPA 和 dNaAnt 分子结构式、OLET 器件示意图和目前报导的单组份 OLET 效率总结图

参考文献

- [1] A. Hepp, H. Heil, W. Weise, M. Ahles, R. Schmechel, H. von Seggern, *Phys. Rev. Lett.* **2003**, *91*, 157406.
 [2] Z. Qin, H. Gao, J. Liu, K. Zhou, J. Li, Y. Dang, L. Huang, H. Deng, X. Zhang, H. Dong, W. Hu, *Adv Mater.* **2019**, *31*, 1903175.

手性农药甲胺磷及其衍生物检测

张云朋¹, 刘晓彤¹, 郭云龙^{1*}, 刘云圻^{1*}, 马永强^{2,*}¹ 中国科学院化学研究所, 中关村北一街2号, 100190² 中国农业大学, 圆明园西路2号, 100193

*Email: 851218889@qq.com

我们搭建了石墨烯和乙酰胆碱酯酶复合器件, 利用不同的手性农药分子对酶的毒性不同, 将之由化学信号转化为电信号, 从而实现了对于甲胺磷手性分子的检测识别。最低信号相比目前圆二色等探测仪器要大大降低, 灵敏度和响应度都非常好。

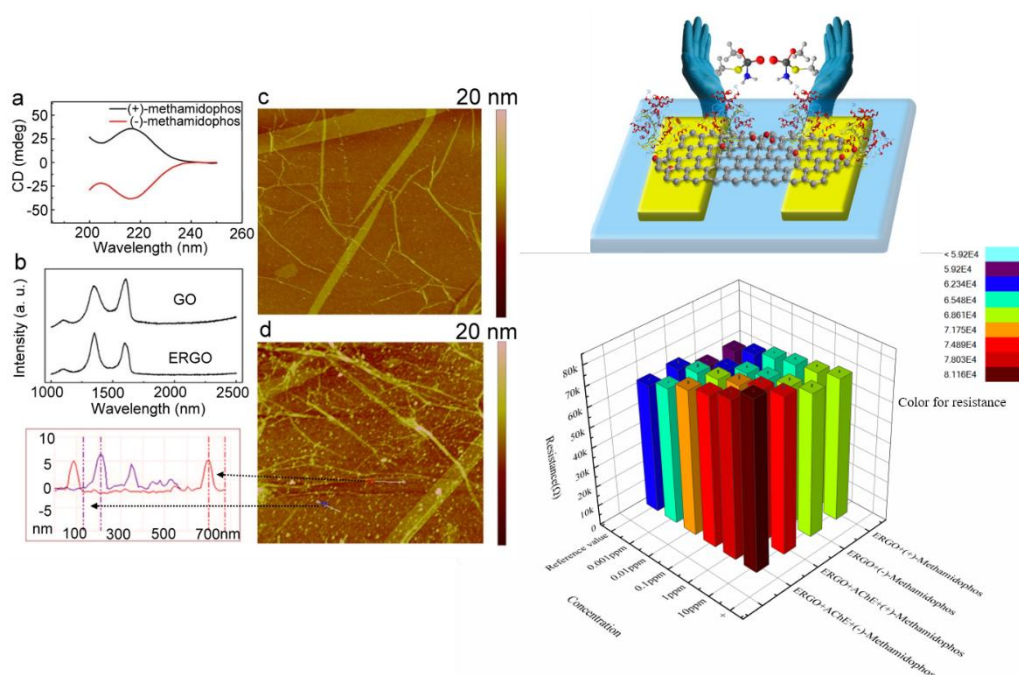


图 1. 在负载与非负载 AChE 的情况下, 测试器件对于甲胺磷异构体的响应变化。

参考文献

(1) Zhang, Y.; Liu, X.; Qiu, S.; Zhang, Q.; Tang, W.; Liu, H.; Guo, Y.; Ma, Y.; Guo, X.; Liu, Y. A Flexible Acetylcholinesterase-Modified Graphene for Chiral Pesticide Sensor. *J Am Chem Soc*, 14643-14649, 2019.

作者简介



2015.9 至今

中国农业大学

博士

化学

2016.9 至今

中科院化学所

博士

有机固体

2011.9-2015.6

中国农业大学

学士

化学

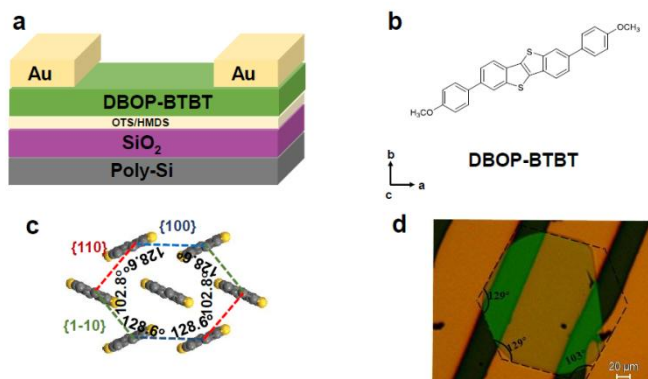
Self-assembled Monolayers Induced Performance Difference in Organic Single Crystal Field-effect Transistors

白钧午, 孟鸿*

¹ 北京大学深圳研究生院, 深圳, 518055

*Email: menghong@pku.edu.cn

在这篇工作中, 我们制备基于不同的自组装单分子层的有机单晶场效应晶体管 (OSCFET) 并且研究了其中存在的迟滞效应。经过实验发现正辛基三氯硅烷 (OTS) 和六甲基二硅氨烷 (HMDS) 所处理后的有机单晶场效应晶体管呈现出了不同的特性。经过三次的连续扫描后, 不同单晶方向经过 HMDS 修饰过的场效应晶体管几乎都不存在迟滞效应。并且三次扫描后的 HMDS 修饰的晶体管的迁移率最高可达 $12.9 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, 而 OTS 修饰的迁移率只能达到 $7.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。最后我们通过研究发现迟滞效应的不同是与界面缺陷直接俘获载流子的情况直接相关, 并且是由自组装单分子层与空气中的水分子之间的作用力决定的。同时, 我们利用载流子之间的散射理论成功的解释了实验中迁移率变化的现象。



Heterocyclic substituents effects on anthracene-based OTFTs' transport performance

Yanan Zhu, Hong Meng*

*Email:menghong@pku.edu.cn

Based on the former work about the influence mechanism of the mobility difference of phenyl and thienyl substituent semiconductors, we have made further exploration towards to design high performance organic thin film transistors. The heterocyclic substituent group effect plays a significant role on materials properties and device performance as well. For theoretical study, simulation of materials property and crystal packing can supply a scientific guidance for materials synthesis in experiments. This time, we have taken the computational methods to design a new material substituent with furan groups which is potential to be used in organic thin film transistors and organic single crystal transistors. The reorganization energy have been calculated and much lower than phenyl substituent (DPAnt) which performs a large mobility as more than $30 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$. Moreover, the other important parameter, charge transfer integral is larger than DPAnt, which suggested the furan substituent material may get a much better charge transport data. On the whole, the mechanism investigation based on phenyl and thienyl assisted to design a novel materials with furan substituent which is predicted to be an outperformed organic field effect transistors.

基于有机单晶的光电晶体管以及光存储器件的研究

李爱源^{1*}, 贺超¹, 孟鸿¹

¹ 北京大学深圳研究生院新材料学院, 深圳市南山区西丽大学城, 518055

*Email: liay@pkusz.edu.cn

我们通过物理气相法(PVT)生长基于蒽衍生物的有机单晶, 得到尺寸微米级别, 厚度 60 nm 以下的 2D 有机单晶, [1]研究了该材料迁移率跟分子排列方向之间的关系, 得到迁移率达到 $15 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 以上的各向同性单晶 TFT 器件。[2]进一步的, 我们对比了薄膜和单晶的光电晶体管性能, 由于单晶具有更长的激子迁移距离, 其光响应度在 0.11 mW/cm^2 350 nm 光照下得到 3100 AW^{-1} 的光响应度。[3]此外, 我们制备了红荧烯单晶的光电晶体管, 发现其具有光存储效应, 在光照和外加栅压条件下, 能实现快速写入信号 (+100 V, 0.2 s), 其保存在 10000 s 以上, 在 -60 V 下 2s 能擦除该信号。通过 XPS 和更换疏水型绝缘层的方法, 我们将此光存储效应的产生归结为深能级电子陷阱的存在。[4]

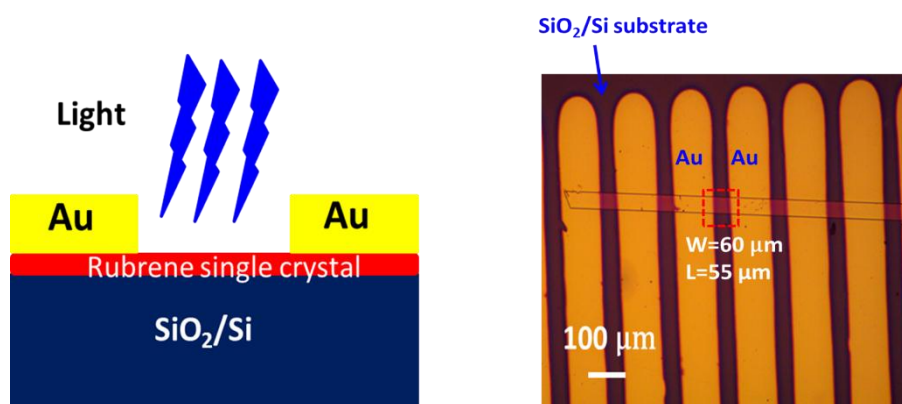


图 1. 基于红荧烯单晶的光存储器件制备

参考文献

- [1] Chao He, Aiyuan Li, Lijia Yan, Dongwei Zhang, Yanan Zhu, Haibiao Chen, Hong Meng and Osamu Goto*. 2D and 3D crystal formation of 2,6-bis[4-ethylphenyl]anthracene with isotropic high charge-carrier mobility. *Advanced Electronic Materials*, 1700282 (2017)
- [2] Aiyuan Li, Lijia Yan, Chao He, Yanan Zhu, Dongwei Zhang, Imran Murtaza, Hong Meng* and Osamu Goto*. In-plane isotropic charge transport characteristics of single-crystal FETs with high mobility based on 2,6-bis(4-methoxyphenyl)anthracene: experimental cum theoretical assessment. *Journal of Materials Chemistry C*, 5, 370-375(2017)
- [3] Aiyuan Li, Lijia Yan, Ming Liu, Imran Murtaza, Chao He, Dongwei Zhang, Yaowu He and Hong Meng*. Highly responsive phototransistors based on 2,6-bis(4-methoxyphenyl)anthracene single crystal. *Journal of Materials Chemistry C*, 5, 5304 (2017)
- [4] Aiyuan Li, Xiaoyun Wei, Yaowu He, Muhammad Umair Ali, Huai Yang, Osamu Goto, Hong Meng*. Traps induced memory effect in rubrene single crystal phototransistor, *Applied Physics Letters*, 113, 103301 (2018)