



“微量掺锗直拉硅单晶”获2015年浙江省技术发明一等奖

2016年3月23日, 浙江省委、省政府隆重举行全省科学技术奖励大会。浙江省委副书记、省长李强等为获奖单位和个人颁奖。浙江大学材料学院/硅材料国家重点实验室杨德仁教授团队研发的“微量掺锗直拉硅单晶”项目获2015年浙江省技术发明一等奖。

直拉硅单晶是微电子和光伏产业的基础材料, 数十年以来, 国内外通常认为: 直拉硅单晶生长时除了掺杂剂以外应尽量避免其它杂质的引入, 这样才能提高晶体质量以及器件的性能。杨德仁教授的团队在10多年前就在国际上首先提出“有意掺入微量杂质来调控直拉硅单晶中缺陷”的新思路, 发明了微量掺锗直拉硅单晶及系列技术。通过系统研究和开发, 实现了直径150-300 mm掺锗直拉硅单晶的生长, 阐明了微量掺锗抑制“空洞型缺陷”等规律, 提出了调控直拉硅单晶中缺陷的“杂质工程”的新概念。在此基础上, 发明了微量掺锗直拉硅单晶的外延、吸杂等微电子技术, 器件相关技术, 实现其在微电子产业中的应用。利用掺锗实现重掺直拉硅单晶的晶格畸变补偿, 制备了无失配位错的厚外延片; 发明的吸杂工艺使掺锗硅片在近表面形成无缺陷区, 在体内形成高密度吸杂点, 能有效吸除有害金属。而且, 发明了微量掺锗直拉硅单晶的低光衰减、薄片化等太阳能电池相关的技术, 实现其在光伏产业中的应用。通过掺锗抑制直拉硅单晶中硼-氧复合体的产生, 使太阳能电池效率的光衰减量得到降低; 掺锗提高硅片的机械强度, 其碎片率明显得到降低。

金属-有机框架材料ZJU-68, 并利用孔道的限域作用原位组装且高度取向的有机激光染料分子, 使其量子效率从溶液状态的0.45%大幅提高到24.28%, 同时利用框架材料单晶的天然晶面作为谐振腔的反射镜面, 在国际上首次获得了高偏振度(大于99.9%)的三光子泵浦激光, 其品质因子Q值高达1700。这一研究思路为新型微腔激光材料和器件的设计制备提供了新的途径和方法。



图1 DMASM分子在金属-有机框架材料ZJU-68中的原位组装

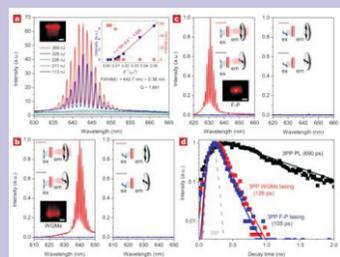


图2 组装染料后框架材料的三光子泵浦激射性能

此外, 该课题组在利用金属-有机框架材料开展荧光传感、白光LED、光信息存储等光子功能应用方面也取得了系列进展。通过在含Eu³⁺的稀土-有机框架材料ZJU-88孔道中原位组装二萘嵌苯分子, 成功实现了在20-80°C生理温度区间的比例型自校准荧光温度传感(Adv. Mater., 2015, 27:1420); 采用后功能化组装方法制备获得了具有优异白光发射性能的金属-有机框架材料ZJU-28(DSM/AF (0.02 wt% DSM, 0.06 wt% AF), 其发光颜色的色坐标为(0.34, 0.32), 显色指数与色温

分别为91和5327 K, 已满足白光LED器件照明的应用要求, 研究结果作为Frontispiece论文发表于Adv. Funct. Mater. (2015, 25:4796); 设计合成了具有光敏响应的金属-有机框架材料ZJU-56-0.20, 利用710 nm的飞秒激光在框架材料单晶内部诱导制备了具有多层结构的高分辨单/双光子荧光微图案, 其体积分辨率可高达1×1×5 μm³(存储密度为Tbits/cm³量级), 相关成果发表于J. Am. Chem. Soc. (2015, 137:4026-4029)。

基于上述系列成果, 该课题组应邀在以介绍者自身工作为主的国际著名综述期刊Acc. Chem. Res.上发表了综述论文“Metal-organic frameworks as platforms for functional materials”(Acc. Chem. Res., 2016, 49:483-493)(第一作者崔元靖副教授)。

钱国栋教授和崔元靖副教授课题组在光子功能金属-有机框架材料领域取得系列进展

与单光子泵浦激光相比, 多光子泵浦激光的激发波长位于长波波段, 对生物组织的穿透性强、光学损伤小、空间选择性高。具有高偏振度的多光子泵浦激光由于兼具偏振光和多光子泵浦激光的优势因而在医学成像、光动力学治疗等生物光子学领域有着重要的应用前景。然而, 由于现有激光增益材料难以同时满足大的多光子吸收截面和激射效率以及高度一致的取向性等要求, 目前仍无法获得高偏振度的多光子泵浦激光。

针对这一难题, 材料科学与工程学院/硅材料国家重点实验室的钱国栋教授和崔元靖副教授课题组创新性地提出在金属-有机框架材料的孔道中有序组装有机激光染料来获得高偏振度多光子泵浦激光的设计思路。他们采用锌离子与多齿有机配体7-(4-羧基苯基)-3-羧基-喹啉配位合成了具有一维孔道的

近日, 浙江大学高分子科学与工程学系、硅材料国家重点实验室陈红征教授团队的李昌治研究员小组开发了一种免掺杂有机空穴传输材料, 实现可低温溶液加工的高效平面异质结钙钛矿太阳能电池器件(光电转换效率达18.6%)。

太阳能作为最丰富的清洁能源年达地表辐射总量8000倍于当前人类能源年度需求总量, 开发高光-电转换效率、低成本清洁能源技术因此引人关注。从2009年至今的七年时间内, 有机胺卤化铅(例如甲胺碘化铅)为活性层的钙钛矿太阳能电池发展迅速, 原型器件最高效率可以和具有60年发展历史的晶硅电池相媲美, 成为受关注的新兴太阳能电池技术。但是, 钙钛矿电池中关键的传输层材料发展相对滞后, 例如常用的空穴传输材料PEDOT:PSS、Spiro-OMeTAD和PTAA表现出能级不匹配、制备成本相对较高、掺杂工艺复杂、以及长期稳定性差等不足, 成为钙钛矿太阳能电池发展的制约因素之一。

本研究中, 我们报道了一种新型空穴传输层材料, Trux-OMeTAD由C3h对称性的三聚茚(Truxene)内核、二苯胺端基以及正己基侧链组成。这种平面刚性全共轭有机分子具有热驱动自组装特性, 适当退火处理可以实现免掺杂条件下优异的空穴迁移率。同时材料具有匹配的能级和适宜表面能, 可优化上层钙钛矿结晶生长并钝化钙钛矿缺陷态。最终, 以Trux-OMeTAD空穴传输材料制备的p-i-n型钙钛矿太阳能电池, 在AM 1.5G的光源光照下, 测得18.6%的光电转换效率。这也是目前为止基于免掺杂有机空穴传输层p-i-n型钙钛矿太阳能电池中报道的最高效率。该工作初步揭示了有机空穴传输层与钙钛矿吸光层之间的相互构效关系, 并为开发新型传输层材料和制备高效钙钛矿太阳能电池提供了新思路。

ITO/Trux-OMeTAD/MAPbI₃/PCBM/ZnO NPs/Al