



基于掺杂硅量子点和石墨烯杂化结构的光电探测器取得系列进展

近日,浙江大学硅材料国家重点实验室杨德仁教授(材料科学与工程学院)领衔的硅材料研究团队的皮孝东教授研究组与浙江大学信息与电子工程学院的徐杨教授研究组以及中国科学院上海技术物理研究所的胡伟达研究员研究组合作在ACS Nano期刊上发表了题为“Plasmonic Silicon Quantum Dots Enabled High-Sensitivity Ultrabroadband Photodetection of Graphene-Based Hybrid Phototransistors”的论文,倪朕伊博士和马玲玲为共同第一作者。

当前,物联网技术和军事科技的快速发展正在有力推动高灵敏度、宽光谱尤其是能拓展至中红外波段的光电探测器的研究。基于石墨烯和量子点的二维/零维杂化结构的光电探测器在这方面被寄予厚望。然而目前基于石墨烯和量子点(如PbS和PbSe量子点)的杂化结构的光电探测器只能在紫外到近红外波段工作,无法实现对中红外光的有效探测。中红外光的探测仍然依赖于传统的窄禁带半导体材料如HgTe等。然而这类材料面临着稳定性、毒性和资源稀缺的问题,在大规模的应用方面面临挑战。

该论文报道了一种基于掺杂硅量子点和石墨烯杂化结构的晶体管型光电探测器,利用掺杂硅量子点在中红外光波段的局域表面等离子共振效应(LSPR)和紫外到近红外光波段的电子跃迁光学吸收特性,实现了从紫外光(375nm)到中红外光(4 μ m)的超宽光谱探测。器件在紫外到近红外光波段的响应度可达 10^9 A/W,比探测率可达 10^{13} Jones;在中红外光波段响应度可达45 A/W,比探测率可达 10^5 Jones,其性能在具有同类型结构的器件中处于国际先进水平。这一成果展示了硅量子点在光电器件中的应用有望通过与二维材料如石墨烯形成杂化结构而取得突破,也为其他具有等离子共振效应的量子点在光电器件中的应用提供了借鉴。

在中红外光(MIR)波段,掺杂硅量子点的LSPR效应能够在量子点和石墨烯之前产生增强的局域电场,该局域电场能够显著增加石墨烯在中红外光波段的光学吸收,形成光电响应;在紫外到近红外光(UV-NIR)波段,硅量子点带边或带尾态上的电子吸收光子产生跃迁,形成电子-一空穴对,其中电子被硅量子点的缺陷态所俘获,空穴在内建电场的的作用下转移到石墨烯中,产生增大的光电流。

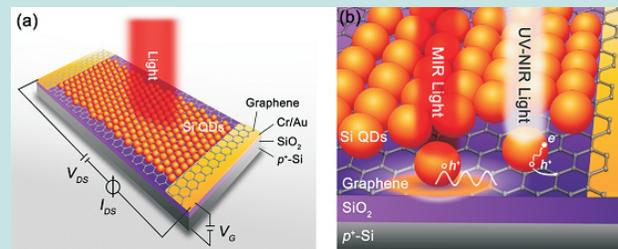
此外,研究发现把掺杂硅量子点置于石墨烯和体硅之间可以形成具有级联结构的肖特基光电探测器,其高性能的光响应在波长长至约2 μ m的近红外波段也能观察到,器件的最大响应度可达0.6 A/W,响应时间为 10^{-6} s,比探测率可达 10^{11} Jones,在同类型器件中达到国际先进水平。该研究成果“Graphen/silicon-quantum-dot/silicon Schottky-PN cascade heterojunction for short-wavelength infrared photodetection”最近被电气和电子工程师协会(IEEE)的知名国际会议International Electron Devices Meeting (IEDM) 2017所收录,杜思超博士、倪朕伊博士和刘雪梅为文章的共同第一作者。

有机半导体课题组EES论文入选2016年度“中国百篇最具影响国际学术论文”

2017年10月31日,中国科学技术信息研究所(简称中信所)在北京召开“2017年中国科技论文统计结果发布会”,公布了入选2016年度“中国百篇最具影响国际学术论文”的名单,有机半导体课题组发表在能源领域权威期刊Energy & Environmental Science (EES, IF=29.518)上的论文——“A spirobifluorene and diketopyrrolopyrrole moieties based non-fullerene acceptor for efficient and thermally stable polymer solar cells with high open-circuit voltage”名列其中。在该论文中,浙江大学硅材料国家重点实验室陈红征教授(高分子系)和施敏敏教授(高分子系)研究团队的博士生李水兴和刘文清(论文的共同第一作者)设计合成了一种新型非富勒烯受体,和廉价易得的聚合物给体P3HT匹配,获得了基于P3HT的非富勒烯有机太阳能电池的当时世界最高效率,而且电池表现出优异的热稳定性,为高效稳定非富勒烯受体材料的分子设计提供了新思路,将有力促进有机太阳能电池的产业化进程。

论文发表后,1年多时间被引用110次,被ESI遴选为全球最优秀的1%高引用论文(Highly Cited Paper)、0.1%的热点论文(Hot Paper)和研究前沿(Research Front)。

文章链接: www.dx.doi.org/10.1039/c5ee03481g



(a) 硅量子点和石墨烯杂结构的晶体管型光电探测器示意图。(b) 器件的工作原理示意图。

近日,硅材料国家重点实验室赵毅教授(信电学院)课题组关于先进工艺节点14nm鳍式场效应晶体管

(FinFET)器件的论文被2017 IEEE国际电子器件会议IEDM (International Electron Devices Meeting)接收。该项工作利用皮秒级脉冲电流-电压扫描技术,直接实验研究了14nm FinFET器件在开启和工作时的自热效应,及其对器件可靠性的影响。IEDM是微电子领域的顶级会议,有着60多年的历史,在国际半导体技术界享有很高的学术地位和广泛影响。2017 IEDM会议将于12月2日至12月6日在美国旧金山召开。

为了进一步缩小电子器件尺寸,半导体产业界在14nm中引入三维立体结构的鳍式场效应晶体管(FinFET)制造逻辑开关器件。不同于传统硅基器件所具备的良好的导热性能,这一特殊结构会使晶体管工作时,沟道电流产生的热量不断积累,器件工作温度升高,从而导致器件性能退化。在更为先进的技术节点下,自热效应被认为是未来的10 nm、7/5 nm这些技术节点下的关键难点。赵毅教授课题组在自主搭建国际上最快的电学特性表征系统的基础上,运用皮秒级脉冲电流-电压扫描技术,成功捕捉了晶体管产热和散热的过程中漏极电流的变化,并评估了自热效应对电路中晶体管器件的热载流子注入效应的影响。这次论文被2017 IEEE IEDM接收,表明课题组这几年在器件快速测试技术以及先进集成电路器件方面的深入研究取得了一定的成效,得到了国内外同行的认可和关注。该论文的第一作者为博士研究生曲益明同学。这也是赵毅教授课题组连续第二年在国际电子器件大会(IEDM)上发表论文,标志着课题组科研实力的提升。

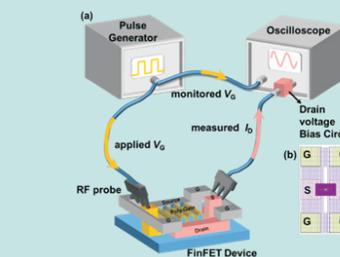


图1.(a) 所搭建的电学特性表征系统
图1.(b) 所研究的14 nm FinFET版图

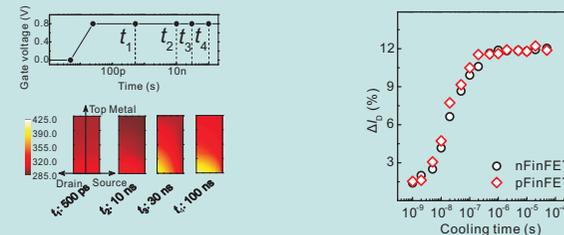


图2. 仿真的FinFET开启后Fin中温度变化
图3. 实验的FinFET器件性能随不同散热的退化