

搜索...

## 科技动态

[本篇访问: 5171]

## 最近更新

## 王枫秋课题组在低维材料光学激发态寿命调控领域取得系列进展

发布时间: [2019-10-29] 作者: [电子科学与工程学院] 来源: [科学技术处] 字体大小: [小 中 大]

低维半导体材料具有丰富的光学激发态和诸多超越传统体材料的物理性质，已成为构建下一代信息光电器件的重要可选材料。一方面，深入理解这类体系的光生载流子弛豫过程是当前该领域基础研究的重要课题，可以为实现新原理器件（如自旋-能谷功能器件）提供潜在的技术途径；另一方面，在较大范围内实现光学激发态寿命调控，也是实现高性能光电和光子器件的重要需求。然而，二维材料由于具有原子层厚的特点，很难直接照搬面向传统半导体块体开发的载流子调控方案。近期，南京大学电子科学与工程学院王枫秋教授课题组利用宽带超快光谱技术，在低维半导体材料光生载流子寿命调控方面取得了系列进展。

二维过渡金属硫化物（TMD）是最具代表性的二维半导体材料，有望作为基础材料制备一系列光电功能器件。目前对于单层TMD材料，尚没有高效的载流子寿命调控方案。课题组利用界面工程，在不同的氧化物衬底( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{HfO}_2$ )上沉积单层 $\text{MoSe}_2$ ，首次实现了单层TMD中激子弛豫时间的大范围调整。通过多种光学表征手段（如时间分辨荧光光谱）进一步研究发现，调控效应主要作用于激子的非辐射复合过程，且由声子参与。结合理论计算发现，这种由不同衬底诱导的载流子寿命调控源于TMD/氧化物界面处的层间电子-声子耦合(e-ph coupling)。该研究结果揭示了可利用界面工程作为操纵TMD中光生载流子动力学的有效手段，实现较大范围的光生载流子寿命的调控。相关成果发表于Communications Physics 2, 103 (2019)。

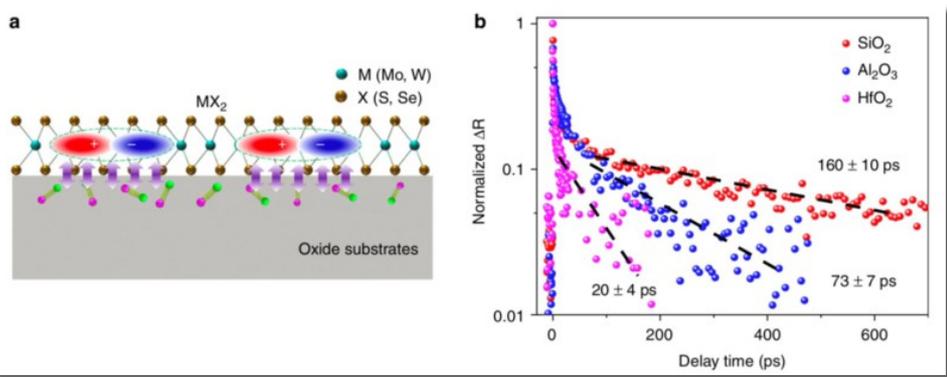


图 1 (a) 单层TMD和氧化物衬底间的界面电声子 (e-ph) 耦合示意图。(b) 不同氧化物衬底上的单层 $\text{MoSe}_2$ 载流子动力学特征。

同时，课题组研究了BP/ $\text{MoS}_2$ 二维半导体异质结中自由载流子的超快动力学。研究发现，相比于两种组成材料(BP和 $\text{MoS}_2$ )较慢的本征载流子/激子复合寿命，异质结层间电子空穴复合的寿命显著缩短(~5 ps)。这种超快的层间复合过程可以用基于库伦相互作用的Langevin复合模型很好地描述，且其

- 勿忘历史 珍爱和平 我校举行国家公祭日纪念活动
- “杨小民和贝特朗·巴龙中法艺术展”在法国巴黎...
- 第四届国家语言战略高峰论坛召开
- 南京大学成功研制超薄栅介质层的二维晶体管器件
- 2019“南京大学学生年度人物”入围人选风采展评...
- “知联大讲堂”第七讲聚焦“绿水青山看中国”
- 校领导参加世界中文教育大会
- 医学院刘新峰教授团队在脑卒中临床研究领域取得...
- “筑基层·耀青春”第一届选调实训大赛决赛举行
- 我校召开巡察工作领导小组第四次会议

## 一周十大

- 国际著名气候学家陈德亮院士受聘我... [访问: 2268]
- 我校召开党外知识分子联谊会换届大... [访问: 1783]
- 南京大学召开2019年度校友工作会议 [访问: 1667]
- 利兹大学校长率团来访 携手搭建中英... [访问: 1457]
- 我校举办纪念“一二·九”运动84周... [访问: 1444]
- 现代工程与应用科学学院谭海仁课题... [访问: 1376]
- 中国国际电视台 (CGTN) 最美校... [访问: 1363]
- 我校召开人事服务平台和网上办事大... [访问: 1326]
- 我校召开巡察工作领导小组第四次会... [访问: 1247]
- 南京大学和建邺区共建海外校友经济... [访问: 1077]

较高的层间复合速率可归结于BP较高的载流子迁移率。该研究结果为调控二维半导体异质结中基本光物理性质，尤其是载流子的层间复合过程，提供了新的物理手段。这种通过控制载流子迁移率来加速异质结载流子复合寿命的新方法，对高速光电器件的设计也具有具有一定的实际意义。相关成果发表于Nanoscale Horizons 4, 1099 (2019)。

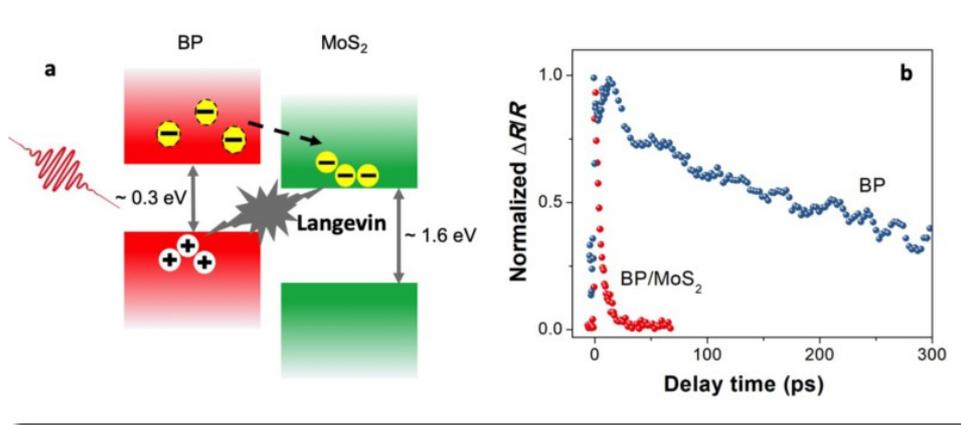


图2 (a) BP/MoS<sub>2</sub>异质结能带结构示意图 (b) BP和异质结的瞬态反射信号。

作为新型量子材料，狄拉克半金属近年来受到广泛的关注。三维狄拉克半金属具有和石墨烯类似的能带结构，兼具高迁移率和宽谱吸收等优异特性，因而也被称为“三维石墨烯”。相比于石墨烯，三维狄拉克半金属薄膜具有介观厚度，与中红外光子具有更强的相互作用，且不易受到介电环境的干扰，在制备实用光学器件方面具有更突出的优势。实验结果表明，Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub>薄膜在3-6 μm这一重要的中红外波段具有显著的超快光开关效应。通过Cr元素掺杂的方式，课题组成功在3-6 μm的波长范围内有效缩短光生载流子的寿命（约一个数量级）。对薄膜的晶体结构表征和理论计算显示，被引入的Cr原子周期性的占据特定的晶格位置，从而导致了晶格对称性的改变和带隙的打开。这一拓扑效应激活了新的电-声子弛豫通道，从而有效缩短光生载流子复合时间。在另一项近期对Mn元素掺杂的Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub>薄膜的研究中发现，Mn元素的掺杂可引起光生载流子寿命的显著延长（通过引入长寿命杂质能级）。以上研究显示，通过引入掺杂元素的方式，可以使得Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub>薄膜的光生载流子寿命在较宽的中红外波段实现百飞秒至纳秒量级的大范围调节。相关成果分别发表于Nature Communications 8, 14111 (2017)和Optics Letters 44, 17 (2019)。

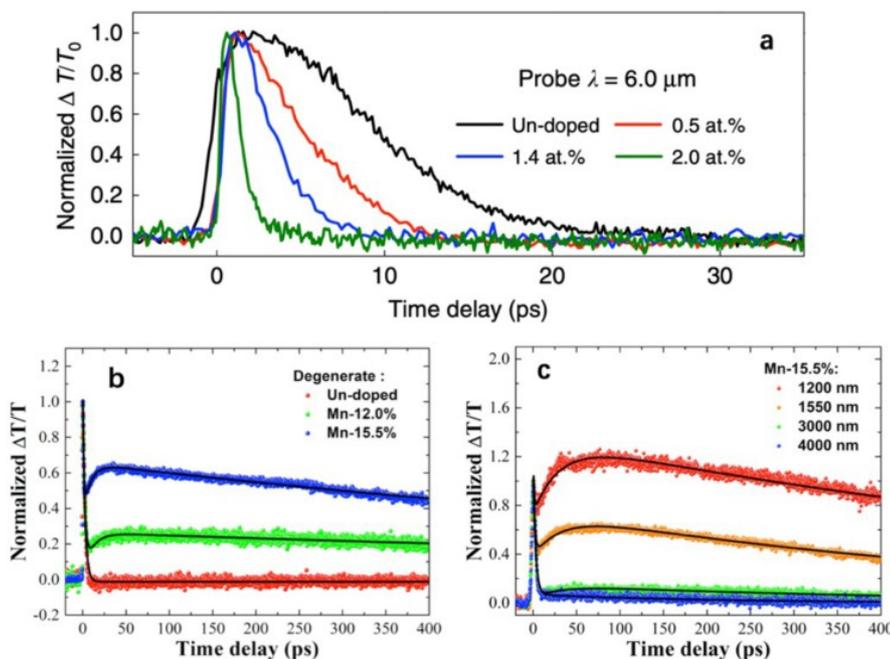


图 3 (a) 探测波长6.0  $\mu\text{m}$ 时,不同Cr掺杂浓度下 $\text{Cd}_3\text{As}_2$ 的瞬态透射谱。(b) 不同Mn掺杂浓度下 $\text{Cd}_3\text{As}_2$ 的瞬态透射谱, 探测波长1550 nm。(c) 800 nm泵浦下, 掺Mn  $\text{Cd}_3\text{As}_2$ 在不同探测波长下的瞬态透射谱。

该系列工作以南京大学电子科学与工程学院、人工微结构科学与技术协同创新中心为主要研究平台, 得到了张荣教授、施毅教授、以及徐永兵教授的有力支持, 并受到科技部重点研发计划、国家自然科学基金委、“江苏省双创团队计划”、“江苏省杰出青年基金”等的资助。

(电子科学与工程学院 科学技术处)



分享到

0