



科研进展

究方面取得进展

- 半导体所成果“新型高效中间能带太阳能电池”在港参展“第四届科创博览2022”
- 半导体所等在高质量半导体-超导纳米线研究方面取得系列进展

官方微信



扫描关注中科院半导体所

友情链接



--- 各分院 ---

--- 中科院各研究单位网站 ---

首页 > 新闻动态 > 科研进展

半导体所在激子-声子的量子干涉研究方面取得进展

2023-01-18

近日，半导体所半导体超晶格国家重点实验室在二维半导体 WS_2 中研究了布里渊边界声学声子与暗激子之间量子干涉导致的法诺（Fano）共振行为（示意图1a, b），并揭示了对称性在其中扮演的重要作用。2023年1月06日，相关研究成果以“少数层 WS_2 中暗激子与边界声学声子的量子干涉”（Quantum interference between dark-excitons and zone-edge acoustic phonons in few-layer WS_2 ）在线发表于《自然·通讯》（Nature Communications）。

由于库伦屏蔽减弱，低维半导体材料的光学性质主要由激子决定。除了为大家熟悉的可通过光学上直接跃迁来观测的亮激子外，暗激子却难以直接观测。暗激子的复合往往需要其他元激发如声子等的协助。因此共振拉曼散射是比较理想的研究暗激子等的实验手段。近年来，二维半导体过渡金属二硫化物，如 MoS_2 ， WS_2 等具有强的光-物质相互作用，能带上具有丰富的能谷结构，如同时具有 Γ 、K、Q等能谷，在布里渊区不同位置且能量接近，是研究暗激子及与声子相互作用的绝佳平台。

研究团队首先通过不同数值孔径下的光致发光（PL）谱确认了少数层 WS_2 亮态A激子与自旋禁戒暗态A激子的存在（见图1c,d）。对于多层 WS_2 ，其导带底从K谷变为Q谷，而Q-K之间跃迁的动量正好可由布里渊边界M点声子的波矢来补偿（见图1b, e）。因此边界M点的一阶声子就有可能通过拉曼光谱直接进行测量，在这个过程中预期能观察由导带Q谷的电子和价带K谷空穴形成的暗激子。

研究团队选择了与暗态A激子共振的激发激光，进行了低温拉曼光谱的测量。如先期预期，在该共振激发下不仅边界M点一阶声学声子的拉曼光谱可以被实验观测到（TA(M), ZA(M)和LA(M)），并且还发现了这些拉曼模式表现为不对称的Fano线型，且与平面内剪切声子的Fano线型呈现出镜像分布的现象（见图2a,c）。特别是在双层 WS_2 中，暗激子-声子的强耦合导致其ZA(M)声学模式表现为一个Fano凹陷（对应相消干涉行为）而非Fano峰（对应相涨干涉行为）。Fano共振来源于连续态和分立态之间的量子干涉。通过理论分析，研究团队确定了连续态来源于K谷空穴和Q谷电子所形成的暗激子态，而分立态来源于M点声子。由于暗激子的长寿命特征以及二维激子低的态密度，在光激发下暗激子形成准连续态。进一步地，研究团队通过改变激发光波长（改变激子的弛豫通道以及参与声子的模式从而破坏共振条件）和变温拉曼光谱（改变激子能量从而破坏共振条件）对上述结果与理论解释进行了验证。最后，研究团队从对称性角度分析了平面内剪切模声子，边界声学声子和暗激子耦合的物理机制，揭示了声子振动方向以及激子对称性对它们之间耦合的重要角色。

谭青海博士（现为新加坡南洋理工大学博后）和厦门大学李运美副教授为本论文共同第一作者。谭平恒研究员和张俊研究员为论文共同通讯作者。主要合作者还包括新加坡南洋理工大学高炜博教授，法国Toulouse大学Xavier Marie教授等。

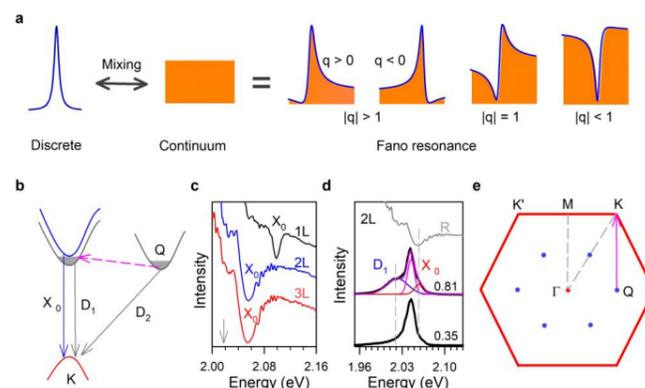


图1.Fano共振示意图，暗激子跃迁示意图，亮激子暗激子的实验观测以及布里渊区QK与GM波矢匹配示意图。

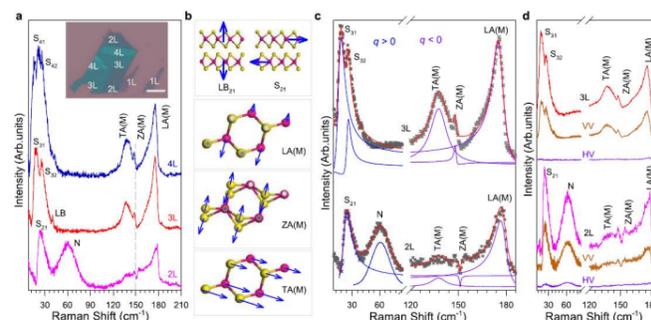


图2. 边界声学声子Fano共振的实验观测与振动示意图。



下载视频观看

北京市海淀区清华东路甲35号(林大北路中段) 北京
912信箱(100083)

电话

010-82304210/010-82305052(传真)

E-mail

semi@semi.ac.cn

交通地图

中国工程院

国家自然科学基金委员会

中国科学院大学

中国科学技术大学

中国科学院科技产业网



版权所有 中国科学院半导体研究所

备案号: 京ICP备05085259-1号 京公网安备110402500052 [中国科学院半导体所声明](#)

