

中国科学院物理研究所

Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences

北京凝聚态物理国家研究中心

BEIJING NATIONAL LABORATORY FOR CONDENSED MATTER PHYSICS

首页 > 新闻动态 > 科研动态

中国科学院物理研究所

北京凝聚态物理国家研究中心

SF10组供稿

第140期

2024年12月12日

固体高次谐波探测非绝热电声相互作用

高次谐波 (High Harmonics Generation, HHG) 是指通过光与物质相互作用, 将入射激光转换为数倍于激光频率的强相干辐射。它也是产生阿秒激光脉冲的最常用方法之一。近年来, 基于固体的HHG迅速发展, 成为超快科学的重要前沿。利用HHG探索固体材料特性引起了阿秒科学和强场凝聚态物理领域的极大关注。

考虑到固体HHG主要源于激光场驱动的带内和带间电子的非线性动力学过程, 以往对固体材料HHG的探索往往忽视准粒子效应 (例如声子动力学) 对HHG过程的影响。然而这样的假设在电子、声子响应时间相当时会失效, 此时电子-声子相互作用及其非绝热效应变得不可忽视。这些效应不仅在固体材料动力学例如相变过程中被证明有重要的作用, 也会极大影响HHG光谱以及由此产生的极紫外阿秒激光。

最近, 中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心SF10研究组的博士后胡史奇等在孟胜研究员的指导下, 借助第一性原理含时密度泛函理论, 利用组内自主开发的非绝热含时密度泛函分子动力学方法和软件 (TDAP), 研究了二维过渡金属硫化物 MoS_2 中相干声子耦合的HHG动力学。研究发现, 相干声子通过绝热和非绝热的电声相互作用, 强烈影响了固体HHG的动力学行为。这些影响极大地改变HHG产率的振荡周期和相位, 从而能够在实验上直接测量非绝热电子-声子耦合作用。具体表现在: (1) HHG产率随声子周期性的振荡归因于声子形变效应引起的能带结构的绝热调制。(2) 一些特别阶次的HHG产率振荡与声子运动之间存在很大的相位延迟, 这起源于 MoS_2 谷能带中光激发载流子的非绝热动力学过程。基于上述结果, 他们理论上提出了利用声子耦合的HHG光谱对固体电声耦合及其非绝热效应进行直接实验探测的新方案, 这对于理解固体中的电荷密度波以及高温超导微观机理都将发挥重要作用。

相关研究成果以“Phonon-Coupled High-Harmonic Generation for Exploring Nonadiabatic Electron-Phonon Interactions”为题发表在《物理学评论快报》上 (Physical Review Letters 133, 156901 (2024))。中国科学院物理研究所博士后胡史奇为该工作的第一作者, 中国科学院物理研究所孟胜研究员为通讯作者。参与工作的还有博士后陈大强和博士生陈擎、张欣原, 以及已毕业的刘新豹博士 (现为以色列希伯来大学博士后) 和赵惠博士 (现为斯洛文尼亚Jožef Stefan研究所博士后)。该项研究受到了科技部重点研发计划项目、国家自然科学基金委和中国科学院先导专项的支持。

文章链接: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.133.156901>

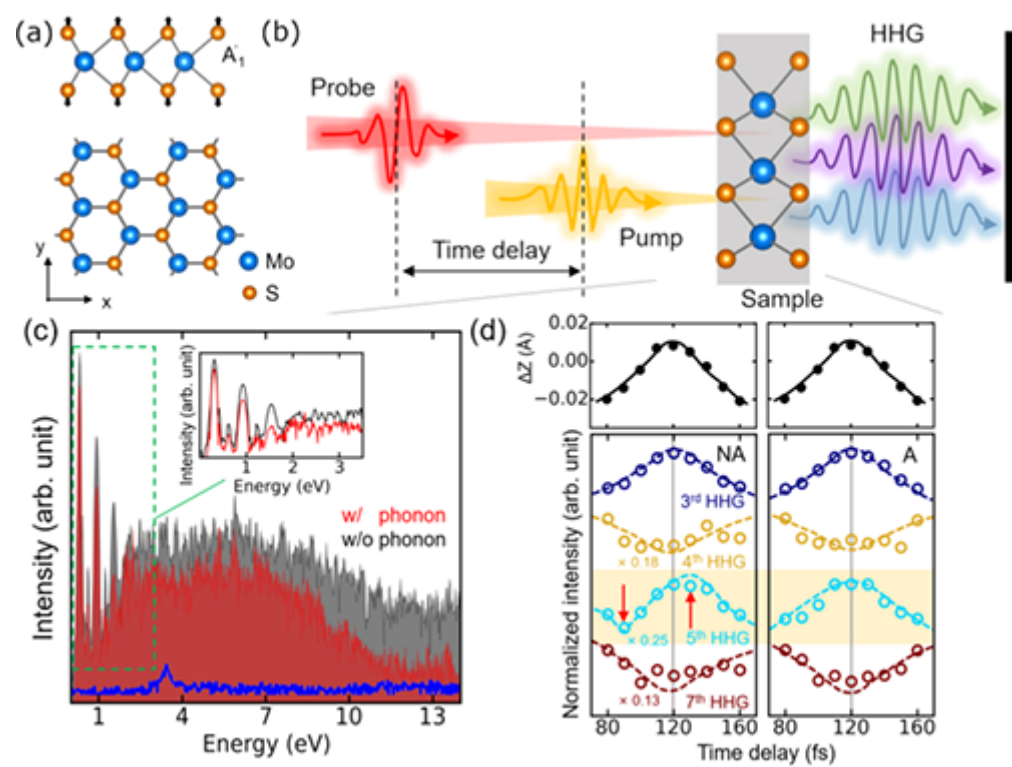


图. (a, b)利用泵浦-探测 (pump-probe) 方法测量相干声子耦合的高次谐波(HHG)示意图。 (c, d) 声子动力学对HHG谱以及产率的调制。

[PHYSICAL REVIEW LETTERS 133, 156901 \(2024\).pdf](#)

电子所刊 公开课 微信 联系我们 友情链接 所长信箱 违纪违法举报



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES