

相対位相と偏光を制御した光パルス対による電子-フォノン結合系のコヒーレント制御理論

Coherent control theory of electron-phonon coupled state with relative-phase and polarization controlled optical pulses

東工大フロンティア材料研¹, 東工大物質理工², 大阪府立大³

○ 高木 一旗^{1,2}, 萱沼 洋輔^{1,3}, 中村 一隆^{1,2}

MSL Tokyo Tech¹, Master. Eng. Tokyo Tech², Osaka Prefecture Univ.³

○ Itsuki Takagi^{1,2}, Yosuke Kayanuma^{1,3}, Kazutaka. G. Nakamura^{1,2}

E-mail: takagi.i.aa@m.titech.ac.jp

コヒーレント制御とは、光パルスを通じて結晶内の量子状態を制御する技術であり、結晶表面に超短パルス光を照射する事で、コヒーレント光学フォノンを励起する事が可能である。我々の研究グループでは、これまでに n-GaAs 単結晶に相対位相同期フェムト秒パルスを平行および直交偏光に照射する事で、電子-フォノン結合系のコヒーレント制御を行ってきた [1, 2]。平行偏光での励起条件では、フォノンによる干渉に加えて、急速な発振を伴う電子干渉がポンプパルス間の光干渉よりも長い時間で確認された。これに対して直交偏光では、電子干渉は観測されず、フォノンによる干渉のみが観測された。これにより、偏光効果がコヒーレントフォノンの生成と制御に影響を与えることが示唆された。

本研究では、我々が提案しているコヒーレントフォノン生成モデルおよびコヒーレント制御理論に偏光効果を取り扱えるように拡張を行い、実験的に観測される現象に対して予測を行った。理論モデルとして、電子-フォノン相互作用には結晶構造によって決定されるラマンテンソルの対角・非対角要素の関係を取り入れ、電子励起状態に方向依存性を持たせることで偏光効果を定義した。電子-フォノン結合系の時間発展には、密度行列形式による 2 次の摂動計算を行った。

結果として、先行研究で報告された n-GaAs の実験結果を良く再現した。n-GaAs ではラマンテンソルの対角項が支配的であることから、理論計算においても直交偏光下では電子干渉は観測されなかった。しかしながら、i-GaAs のようなラマンテンソルの非対角項が寄与する場合では、直交偏光下でフォノン干渉に加えて電子干渉も起こることが示された。さらに、ラマンテンソルの非対角項が支配的な場合では、フォノン干渉の位相が平行および直交偏光により、フォノン振動の半周期変化することが得られた。

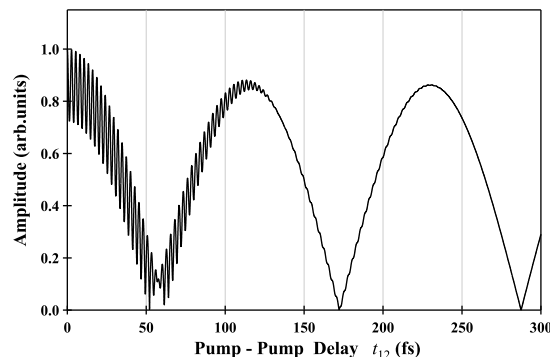


図 1: 理論計算結果; i-GaAs における直交偏光 2 連パルスによるコヒーレントフォノン生成

[1] K. G. Nakamura, *et al.*, Phys. Rev. B **99**, 180301(R) (2019).

[2] H. Matsumoto, *et al.*, Solid State Commun., **327**, 114215 (2021).