

フェムト秒パルス対によるダイヤモンド光学フォノンのコヒーレント制御理論

Coherent control theory of the optical phonons in diamond by using a pair of femtosecond pulses

○ 木全哲也¹, 田邊弘行¹, 松本花菜¹, 南不二雄¹, 萱沼洋輔^{1,2}, 中村一隆¹

(1. 東工大フロンティア研, 2. 阪府大理)

○ T. Kimata¹, H. Tanabe¹, H. Matsumoto¹, F. Minami¹, Y. Kayanuma^{1,2} and K.G. Nakamura¹

(1.Tokyo Tech, 2. OPU)

E-mail: kimata.t.aa@m.titech.ac.jp

我々はこれまでに、フェムト秒パルス対を用いて光学フォノンのコヒーレント制御を行ってきた。特に、光周波数の相対位相をロックしたパルスを用いることで電子フォノン結合系の制御を行うとともに、その制御理論を構築した。共鳴条件の光励起の場合には、光吸収過程と ISRS (ラマン過程) で量子干渉のようすが大きくことなるを見出した [1]。本研究では非共鳴条件でフォノン生成が ISRS 経路で生成する場合のコヒーレント制御の理論計算を行い、近赤外パルス対を用いたダイヤモンド光学フォノンのコヒーレント制御実験の結果 [2,3] との比較から、その有効性を確認した。

Fig. 1 にパルス対励起での ISRS 経路のファインマンダイアグラムを示す。\$E_1(t)\$ 及び \$E_2(t)\$ は、それぞれ pump1 及び pump2 の光電場を表す。また、光と物質の相互作用は \$t_1\$ 及び \$t_2\$ で起こる。pump1 と pump2 が十分離れている場合、フォノンの励起、電子の励起及び脱励起は同一パルス内で起こるため、Fig.1(a,b) のパスによって説明される。一方、励起パルス間隔が短い場合では、電子の励起及び脱励起がそれぞれ異なるパルスで起こるため、Fig.1(c,d) に示すパスも含まれる。これら 4 つのパスを合計した

密度演算子 \$\rho(t)\$ は、

$$\begin{aligned} \rho(t) = & \alpha \left(\frac{\mu}{\hbar} \right)^2 e^{-i\omega t} \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \int_{-\infty}^t dt_2 \int_{-\infty}^{t_2} dt_1 \\ & \times E_j(t_1) E_k(t_2) e^{-\frac{\epsilon}{\hbar}(t_2-t_1)} \\ & \times (e^{i\omega t_1} - e^{i\omega t_2}) |g, 1\rangle \langle g, 0| + H.c. \end{aligned}$$

と表すことができる (\$\mu\$: 遷移双極子モーメント, \$\omega\$: フォノンの周波数, \$\epsilon\$: 励起エネルギー)。pump2 の光電場は \$E_2(t-\tau) = E_1(t)\$ と定義される。光電場については、実験の光学干渉を再現できるように 5 個のガウス型パルスの重ね合わせを用いた。pump1-pump2 間の遅延時間 (\$\tau\$) に対するフォノン振幅の期待値を算出したところ、Fig. 2(a) に示す結果となった。この結果は、実験によって観測された Fig. 2(b) を良く再現した。

参考文献

- [1] K. G. Nakamura et al., *Phys. Rev. B* **99**, 180301(R) (2019).
 [2] H. Sasaki et al., *Sci. Rep.* **8**, 9609 (2018).
 [3] 依田, 松本, 木全ら, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 21p-211A-10 (2018).

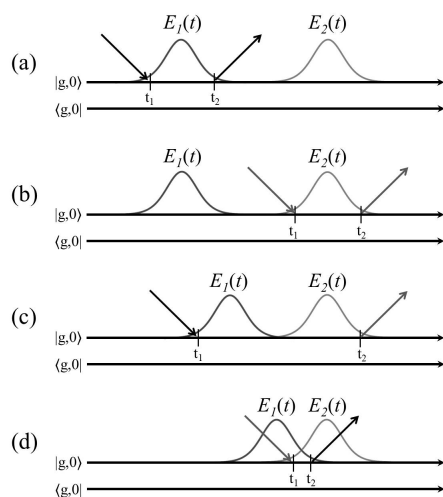


Fig. 1 Feynman diagram of the ISRS paths.

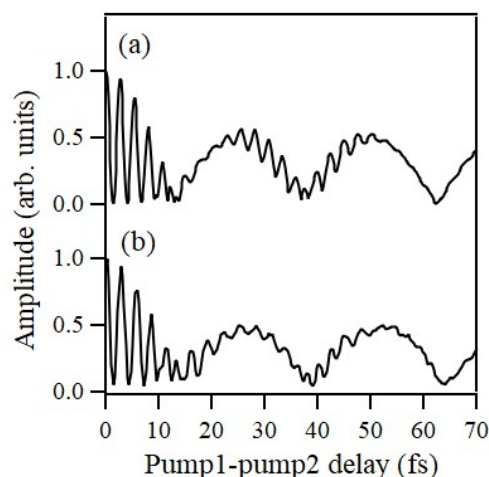


Fig. 2 The (a) calculated and (b) measured phonon amplitude.