

GaAs/AlGaAs 多重量子井戸における励起子量子ビートのコヒーレント制御

Coherent control of exciton quantum beats in GaAs/AlGaAs multiple quantum well

東工大フロンティア研

○古庄裕也, 八木涼子, 丸橋司, 須田匡紀, 南不二雄, 中村一隆

MSL Tokyo Tech.

○Yuya Furusho, Ryoko Yagi, Tsukasa Maruhashi, Masaki Suda, Fujio Minami, Kazutaka Nakamura

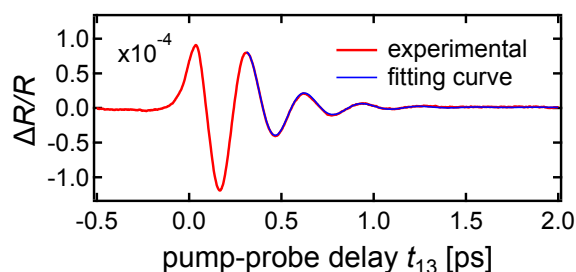
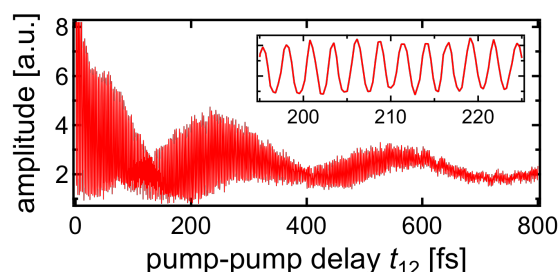
E-mail: furusho.y.ab@m.titech.ac.jp

超高速コヒーレントダイナミクスの制御は量子コンピュータを代表とする次世代の量子情報デバイスへの応用が期待されている。我々の研究室では、ダブルポンププローブ法により半導体を中心とする様々な材料におけるフォノンのコヒーレント制御に成功している^[1,2]。フォノンは物質に固有の周波数を持つが、量子井戸構造は電子と正孔の周波数を制御することができるため、より自由度の高い量子デバイスへの応用が期待できる。本研究では半導体量子井戸の励起子量子ビートに着目し、そのコヒーレント制御を行った。

試料にはGaAs層 (10 nm)とAlGaAs層 (10 nm)を交互に 100 層重ねた多重量子井戸構造を使用し、冷凍機により 10 K に冷却している。中心波長 790 nm、パルス幅 51 fs のパルス光を使用し、2つのポンプ光強度をそれぞれ 5 mW、プローブ光強度を 1 mW とした。反射型EO サンプリグ法により過渡反射率を計測した。ポンプ-ポンプ遅延 t_{12} は 0.3 fs 刻みで変化させることでダブルポンププローブ測定を行った。

シングルパルス励起による過渡反射率のポンプ-プローブ遅延 t_{13} 依存性を fig. 1 に示す。減衰振動のフィッティングにより得られた周波数 3.20 ± 0.03 THz から、重い正孔励起子-軽い正孔励起子間の量子ビートと同定した。減衰時間は 231 ± 3 fs であった。ダブルパルス励起による量子ビートの振幅のポンプ-ポンプ遅延 t_{12} 依存性を

fig. 2 に示す。縦軸の振幅は過渡反射率を 0.3 - 5.3 ps の範囲で FFT することにより算出している。約 300 fs 周期の振動はポンプ 1 で生成された量子ビートとポンプ 2 で生成された量子ビートの干渉を表す。一方、約 2.7 fs 周期の速い振動は重い正孔励起子と軽い正孔励起子の分極の振動であり、量子ビートと同程度の時間までコヒーレンスが保持されていることがわかる。遅延時間 t_{12} を変化させることで、励起子量子ビートの振幅を制御することができた。

fig.1: t_{13} dependence of transient reflectance.fig.2: t_{12} dependence of amplitude of exciton quantum beats. (insertion: expanded view around $t_{12} = 200$ fs)[1] K. G. Nakamura *et al.* Phys. Rev. B99, 180301(R) (2019)[2] H. Sasaki *et al.* Scientific Reports 8, 9609 (2018)