

デュアルコム分光による量子ドットの過渡応答評価

Transient Response Measurement of Quantum Dots using Dual-comb Spectroscopy

¹慶應義塾大学, ²電気通信大学, ³JST,ERATO 美濃島知的光シンセサイザ, ⁴情報通信研究機構○新井 悠人¹, 浅原 彰文^{2,3}, 美濃島 薫^{2,3}, 赤羽 浩一⁴, 早瀬 潤子¹¹Keio Univ., ²Univ. of Electro-Communications, ³JST, ERATO Intelligent Optical Synthesizer, ⁴NICT○Yuto Arai¹, Akifumi Asahara^{2,3}, Kaoru Minoshima^{2,3}, Kouichi Akahane⁴, and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: rl3-y24-is4@keio.jp

【背景・目的】 量子ドット(QD)中の励起子を光デバイスへ応用するためには、励起子の過渡応答を観測・制御することが重要である。QD 励起子の過渡応答は、超短パルスレーザーを用いた非線形分光により調べられてきたが^[1], 分解能や S/N など不十分な点も多い。そこで本研究では、2 台の光コムを用いたデュアルコム分光^[2]と、従来の超高速非線形分光を組み合わせた新しい過渡応答評価法を開発し、従来よりも分解能・時間範囲・測定時間・S/N を格段に向上させることや、振幅・位相を高分解能で同時に測定することに成功したので報告する。

【方法・結果】 本研究では、歪補償積層 InAs QD を対象として、デュアルコムを応用した 2 種類の測定を行った。1 つはデュアルコムを用いた非同期光サンプリング(ASOPS)であり^[3,4], 繰り返し周波数が異なる 2 台の光コムをそれぞれポンプ光、プローブ光としてポンプ光により生じるプローブ光強度変化を測定した。図 1(a)に室温における測定結果を示す。QD のポピュレーション緩和に起因する遅い緩和(>10 ns)と、2 光子吸収に起因する時間原点付近の速い挙動(<200 fs)を観測した。本測定では、機械ステージによる掃引が必要ないこと、低ジッターな光コムを用いることで、従来の方法よりも高い時間分解能・広い時間範囲・短い測定時間・高い S/N を同時に満たす測定に成功した。この結果は、信号強度が弱くかつ速い応答と遅い応答が混在する QD の過渡応答評価に、デュアルコム ASOPS が非常に有効であることを示している。

もう 1 つは時間分解デュアルコム分光である^[5]。これはデュアルコム分光を用いて光励起により誘起されたプローブ光の振幅と位相変化の周波数分解測定を、遅延時間の関数として行う 2 次元分光である。室温における結果を図 1(b)と(c)に示す。その結果、プローブ光の振幅($\sim 10^{-3}$)と位相($\sim 10^{-2}$ rad.)の微小な変化を同時に測定することに成功した。発表では、測定結果から QD の物性について詳しく議論する。

本研究の一部は、科研費 (15H05868), 先端光量子科学アライアンス, Spin-RNJ の支援を受けて行なわれた。

[1] W. Langbein *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 033301 (2004). [2] I. Coddington *et al.*, Phys. Rev. A **82**, 043817 (2010).

[3] J. T. Good *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **86**, 103107 (2015).

[4] 浅原 彰文 他, 第63回応用物理学会春季学術講演会, 21p-S622-9 (2016).

[5] 浅原 彰文 他, 第77回応用物理学会秋季学術講演会, 15ap-C301-7 (2016).

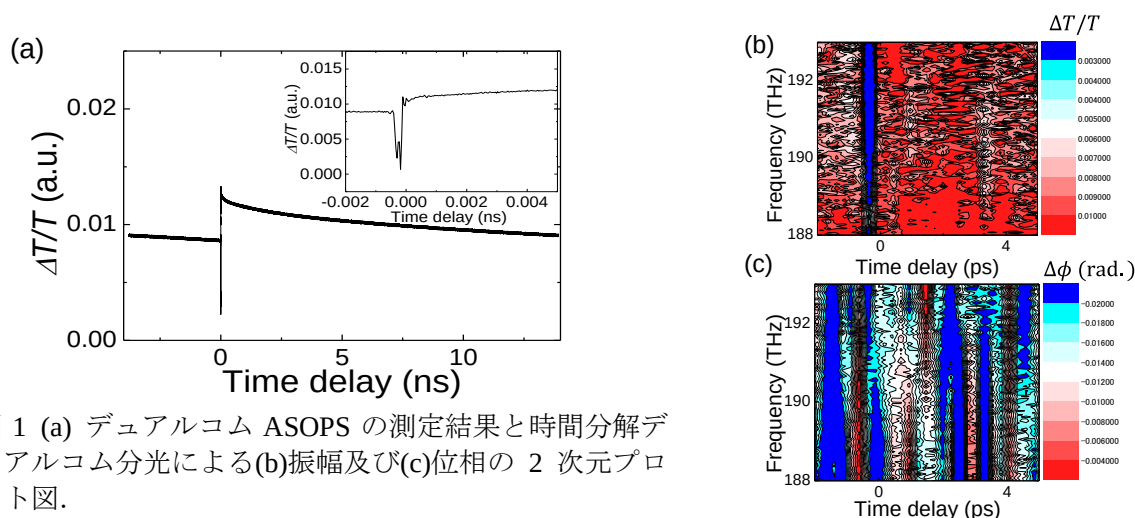


図 1 (a) デュアルコム ASOPS の測定結果と時間分解デュアルコム分光による(b)振幅及び(c)位相の 2 次元プロット図。