

# 量子ドット集合体におけるチャープパルスを用いた フォトンエコー生成条件の検討

## Investigation of Conditions for Photon Echo Generation using Chirped Pulses in Quantum Dots

<sup>1</sup>慶應義塾大学, <sup>2</sup>情報通信研究機構 ○渡辺 眞成<sup>1</sup>, 青沼 直登<sup>1</sup>, 赤羽 浩一<sup>2</sup>, 早瀬 潤子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Keio Univ., <sup>2</sup>NICT

○Masanari Watanabe<sup>1</sup>, Naoto Aonuma<sup>1</sup>, Kouichi Akahane<sup>2</sup>, and Junko Ishi-Hayase<sup>1</sup>

E-mail: wat.m.rikou@keio.jp

**【背景・目的】** 光の量子状態を保存・再生する量子インターフェースは、量子情報技術において不可欠である。我々は広帯域量子インターフェースの候補として、量子ドット(QD)集合体とフォトンエコー(PE)の組み合わせに注目している。しかしPE法では、読み出し光のパルス面積とQDsの共鳴周波数の不均一性に依存して量子制御が不完全となり、再生効率が低くなる問題があった。この問題を解決する方法として、チャープパルスを用いた Adiabatic Rapid Passage(ARP)による量子制御が有効である<sup>[1]</sup>。我々は以前、数値シミュレーション並びに実験によって ARPs が不均一性の大きな QDs における rephasing の不完全性を改善するのに有効であることを示した<sup>[2]</sup>。本研究では、チャープ条件やパルス強度を変更して PE の再生効率の測定を行い、ARPs による PE 生成条件の検討を詳細に行ったため、その結果を報告する。

**【方法】** 用いた QDs サンプルは 150 層積層 InP(311)B 基板上歪補償 InAs QDs であり、不均一幅は 30 meV である<sup>[3]</sup>。PE 実験の模式図を Fig. 1 に示す。まず Data pulse(313 fs)による共鳴励起(1520 nm)で巨視的なコヒーレンスを生成する。生成した巨視的なコヒーレンスは、QDs の不均一性のために急速に減衰するが、一對のチャープパルスを用いて rephase することにより PE を生成させる。生成した PE 信号と Data pulse は光ヘテロダイン検出を用いて測定した。ここで用いたチャープパルスとは、FWHM=313 fs のフーリエ限界パルス(TLP)に近いパルスを、パルスストレッチャーにより延伸したものである。本実験ではチャープパルスのパルス幅を 350 fs~1.7 ps まで変化させた場合、及びパルス強度を 3 mW~30 mW まで変化させた場合のフォトンエコー生成特性の検証を行った。

**【結果】** チャープパルスを用いた PE 生成効率の実験結果を Fig. 2 に示す。実験結果からチャープパルスのパルス幅を広くするほど再生効率が改善し、一定値で効率の上昇が頭打ちになることが分かる。この結果は数値シミュレーションによって得た挙動と一致している。また、パルス強度についても強度を強くするほど再生効率が向上し、徐々に効率の上昇値が小さくなることが分かった。これらの結果から ARPs による制御ではチャープ量が十分に大きく、パルス強度が大きいほど効率的にフォトンエコーを生成できると考えられる。本実験結果からは各チャープパルスの強度が 15 mW、パルスの幅が 1.2 ps としたときにほぼ上限の効率が得られることが分かった。

本研究の一部は、科研費(15H05868)およびスピントロニクスセンターの支援を受けて行われた。また本研究で用いたサンプルは、NICTフォトリックデバイスラボの協力の下作製された。

[1] M. F. Pascual, *et al.*, *New. J. Phys.* **15**, 055024 (2013).

[2] 青沼他, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 6p-A405-8 (Sep, 2017).

[3] K. Akahane, *et al.*, *J. Crystal Growth* **254**, 31 (2002).

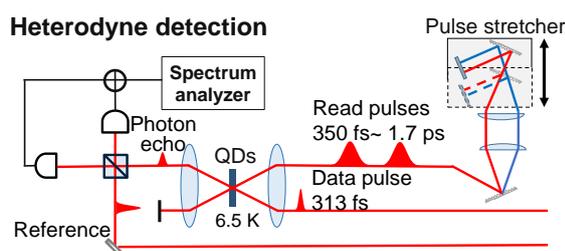


Fig. 1 フォトンエコー実験の概略図

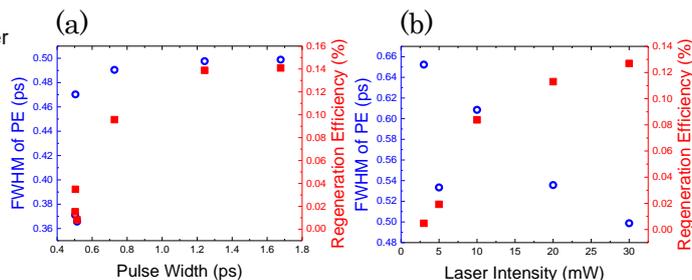


Fig. 2 (a)フォトンエコーのチャープ量依存性

(b)フォトンエコーのパルス強度依存性