

量子ドット集合体におけるチャープパルスを用いた ロバストなフォトンエコー生成

Robust photon-echo generation using chirp pulses in quantum dot ensemble

慶應義塾大学¹、情報通信研究機構² ○佐藤嘉高¹、青沼直登¹、赤羽 浩一²、早瀬 潤子¹

Keio Univ¹, NICT² ○Yoshitaka Sato¹, Naoto Aonuma¹, Kouichi Akahane², and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: yoshitaka@a2.keio.jp

【背景・目的】量子情報技術において、光と物質間で自由に量子状態をやり取りできる量子インターフェースの開発は重要な課題である。とくに、量子もつれ光子対や単一光子パルスの超短パルス化に伴い、量子インターフェースの広帯域化が望まれている。我々のグループでは、広帯域化に有利な量子インターフェースとして量子ドット(QD)集合体とフォトンエコー(Photon Echo; PE)法の組み合わせに注目している^[1]。この手法では、帯域幅は物質の不均一幅にのみ依存するため広帯域化に伴うトレードオフが存在しない。しかし PE 法では、情報を読み出す際の高強度パルスにより、反転分布が形成され、誘導放出による単一光子性の劣化や自然放出光によるノイズという避けられない問題が存在する^[2]。さらに QD を用いる場合は 10 THz もの広い不均一幅による PE 生成過程の不完全性も問題となる。反転分布を起こさないために、Controlled Reversible Inhomogeneous Broadening(CRIB)が提案されている^[3]が、この手法では広帯域化は困難である。そこで本発表では、これらの問題点を全て解決しうる、チャープパルスを用いた新しい PE の手法を紹介し、数値計算によりその性能を評価する。

【方法】数値計算は、レーザーの強度分布や Detuning の不均一分布の効果を取り入れ、半古典論を用いて、二準位系集合体の密度行列の時間発展を解くことにより行った。以下の結果では、Data Pulse は時間幅 1.3 ps で十分微弱なものを用いている。Read Pulse は 2 パルス PE では π パルスを、チャープパルスは線形チャープをもち、パルス面積 10π のものをそれぞれ用いた。この値は、Detuning に対する位相反転のロバストネスが、パルス面積を大きくすることで向上することから設定したものである。

【結果】Figure 1 に 2 パルス PE の数値計算結果を示す。理想的な PE 生成過程では、Data Pulse により生じた分極と全く同じものが PE により復活する。PE の時間幅は 2.1 ps であり、Data pulse と比較して 1.6 倍に延伸されている。これは Data Pulse に含まれる周波数の一部が PE 生成に寄与していないことを意味し、帯域が劣化することを意味する。チャープパルスを用いた PE の数値計算結果を Fig. 2(a)に示す。PE の時間幅は 1.3 ps であり Data Pulse の時間幅と等しいものが得られた。さらに、Data Pulse と PE のパルス面積の二乗の比は 0.8 であり、チャープパルスを用いることで、ほぼ理想的に PE の生成が行われていることが分かった。Fig.2(b)は PE 生成過程におけるポピュレーションの時間変化を表しており、PE 生成時に反転分布が解消されていることが確かめられた。本研究の一部は NICT フォトニクスデバイスラボの協力、また科研費(15H05868)および先端光量子化学アライアンスの協力の下行った。

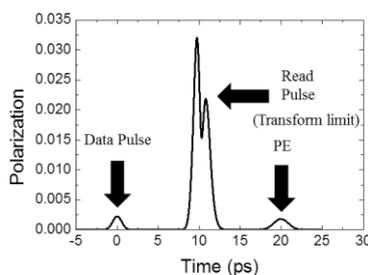


Fig.1 Amplitude of 2-pulse PE simulation

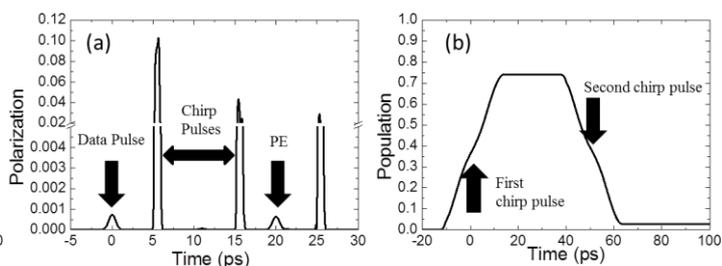


Fig.2 PE Amplitude and population inversion for chirp pulse read-out

[1] K.Suzuki *et al.*, CLEO-PR, Kyoto, Japan, WG2-41 (July 2013). [2] J. Ruggiero *et al.*, Phys. Rev. A. **79**, 053851(2009). [3] G.Hetet *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 203601 (2008).