

フォトンエコー生成効率向上に向けた共振器付き量子ドットの作製

Fabrication of Quantum Dots Embedded in Optical Resonator for improving Photon Echo efficiency

1. 慶應義塾大学, 2. 情報通信研究機構 [○](M1) 井手 隆太郎¹, 赤羽浩一², 早瀬潤子¹

1. Keio Univ., 2. NICT [○]Ryutaro Ide¹, Kouichi Akahane², Junko-Ishi Hayase¹

E-mail: ide.a5@keio.jp

【背景・目的】量子ドット(Quantum Dots; QD)集合体を用いたフォトンエコー(Photon Echo; PE)法は、10 THzにも及ぶ帯域をもつ広帯域量子インターフェースとして注目されている。先行研究では通信波長帯 1 ps パルスの転写再生実験が報告されているが[1]、PE 生成効率は 0.01 % と結晶中希土類イオンを用いる方法に比べて低い値となっており、その向上が課題である。生成効率が低い原因は、Rephasing 過程の不完全性と QD の光の吸収量の少ないことが挙げられる。前者はリード光にチャープパルスを用いることで改善が期待される。しかしながら Rephasing が完全な場合でも、生成効率の上限の理論値は QD の光の吸収量によって制限されており[2]、光共振器構造を付加しない QD のみの現在のサンプルでは 5 % が上限となっている。そこで本研究では、PE 生成効率の上限値向上を目指し、QD に光共振器を組み合わせることで光と QD の相互作用の増強を試みたので報告する。

【方法】Figure 1(a)に作製したファブリー・ペロー共振器付 QD サンプルの模式図を示す。InAs QD は歪補償法を用いることで InP(311)B 基板の上に 150 積層し成長した。共振器のミラーは 2 種類の分布ブラッグ反射鏡(Distributed Bragg Reflector; DBR)を用いた。1 つはスパッタリングにより作製した誘電体(SiO₂/TiO₂)DBR、もう 1 つは分子線エピタキシーを用いて作製した半導体(InP/InAlGaAs)DBR である。光共振器は両面を誘電体 DBR とする対称構造のものと、基板側を半導体 DBR、表面側を誘電体 DBR とする非対称構造のもの 2 種類を作製した。本研究では広帯域性と効率の両立を目指すため、転送行列法によるスペクトル計算を行い、帯域が 1 THz 以上で吸収量が最大となるサンプル構造を設計・作製した。作製したサンプルにおいて、Pump-Probe 法による吸収係数評価と、PE 実験における効率の評価を行った。

【結果】転送行列法により求めた最適構造は、非対称構造では基板側に 20 ペアの半導体 DBR、表面側に 3 ペアの誘電体 DBR を、対称構造では基板側に 10 ペア、表面側に 3 ペアの誘電体 DBR を、それぞれ積層した場合であることが分かった。それぞれのサンプルのスペクトルの計算結果を Fig. 1 (b), (c)に示す。この構造での理論的な PE 生成効率は、非対称構造で 47 %、対称構造で 87 % となり、QD 単体の 5 % と比較して大幅に改善可能であることが分かった。発表では、計算結果をもとに作製したサンプルの特性と、Pump-Probe 測定及び PE 実験の結果を示す。

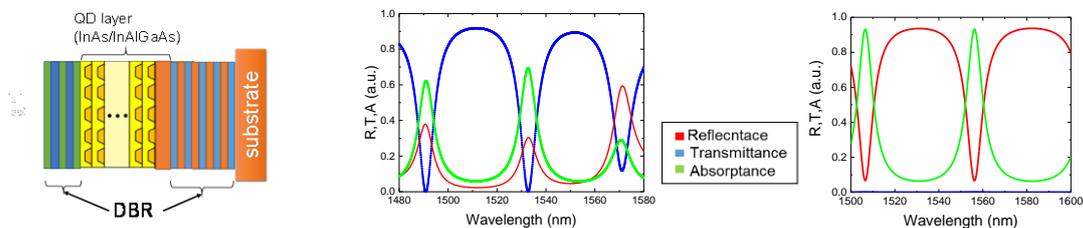


Fig. 1 (a) Schematic structure of fabricated sample. Stacked InAs QDs embedded in a Fabry-perot resonator. Calculated reflectance (red), transmittance (blue), and absorptance (green) spectra of (b)asymmetry and (c)symmetry structures.

本研究の一部は、科研費(15H05868)、先端量子科学アライアンス(APSA)、ASPS core-to-core Program、Spin-RNJ の支援を受けて行われた。また、本研究のサンプル作製には NICT のフォトニクスデバイスラボに協力して頂いた。

参考文献

[1] K. Suzuki *et al.*, CLEO-PR, Kyoto, Japan, WG2-41 (2013). [2] M. U. Staudt *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 113601 (2007).