

半導体三次元カイラルフォトリック結晶における 量子ドットの円偏光自然放出レートの制御

Controlling the Circularly Polarized Spontaneous Emission Rate of Quantum Dots in Semiconductor Three-Dimensional Chiral Photonic Crystals

高橋 駿¹、太田 泰友¹、田尻 武義²、館林 潤¹、岩本 敏^{1,2}、荒川 泰彦^{1,2}

(1.東大ナノ量子機構、2.東大生研)

Shun Takahashi¹, Yasutomo Ota¹, Takeyoshi Tajiri², Jun Tatebayashi¹, Satoshi Iwamoto^{1,2},

Yasuhiko Arakawa^{1,2} (1. NanoQuine, Univ. of Tokyo, 2. IIS, Univ. of Tokyo)

E-mail: shuntaka@iis.u-tokyo.ac.jp

量子力学的描像では、光子の自然放出は、周囲の真空場ゆらぎによる誘導放出である。したがって、真空場を制御することで、自然放出における光の強度や波長、偏光を自在に選択することができ、フィルタによる自然放出後の操作よりも効率的な光の抽出が期待できる。特にフォトリック結晶では、フォトリックバンド構造によって真空場の局所状態密度が変調されるため、自然放出レートの制御[1]およびバンド端レーザ発振[2]などが実現されている。しかし、従来のフォトリック結晶は鏡映対称性をもつため、その対称性のない円偏光に対する真空場制御は報告が少なく、変調された発光寿命の直接的な観測は行われてこなかった。本研究では、量子ドットを埋め込んだ三次元カイラルフォトリック結晶[3]において発光寿命を測定し、偏光バンドギャップによる円偏光自然放出レートの制御に成功したことを報告する。

対象とした構造は、500 nm の周期構造をもつ GaAs 層を 60°面内回転させながら 16 層積層させた 3 回対称回転積層型 woodpile 構造 (Fig. 1) であり、InAs 量子ドットを中央の 3 層に導入した。この埋め込まれたドットに対して、Ti:sapphire モードロックレーザおよび超伝導単一光子検出器による時間分解フォトルミネッセンス測定を行った。カイラルフォトリック結晶において、片方の円偏光の状態密度が抑制される偏光バンドギャップ内の発光波長 1200 nm に注目した。Fig. 2 は、左右円偏光したドットの発光強度の時間変化であり、左右円偏光で 10%程度異なる発光寿命が得られた。これは、円偏光の発光寿命の差を観測した初めての例である。この結果による、高効率な円偏光光源は、現在広く利用されている、三次元ディスプレイやカイラル分子検出への応用などに期待される。

[1] P. Lodahl, *et al.*, *Nature* **430**, 654 (2004), [2] S. Noda, *et al.*, *Science* **293**, 1123 (2001), [3] 高橋駿, 他: 応用物理学会学術講演会, 秋季第 75 回 17p-C8-8, 春季第 62 回 12p-A10-13.

謝辞: 本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業および NEDO プロジェクトにより遂行された。

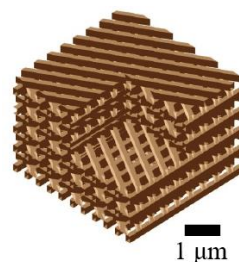


Fig. 1 Schematic of the studied photonic crystal.

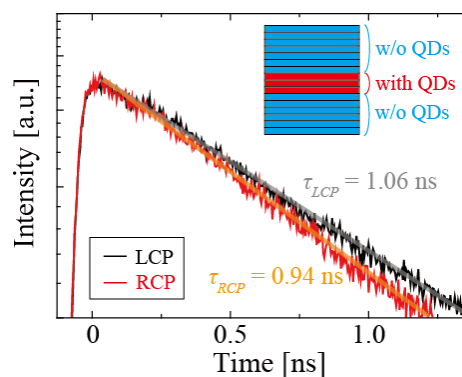


Fig. 2 Emission lifetime for each circular polarized light from the quantum dots.