

28a-C1-5

埋込ヘテロ構造フォトリック結晶中の量子井戸発光増強・抑制効果の構造依存性

Structural dependence of enhanced and suppressed emissions
from a buried-heterostructure photonic-crystal日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトリックスセンタ¹, NTT 物性研², NTT フォトリックス研³○滝口雅人^{1,2}, 角倉久史^{1,2}, ダナン ビロウソト², 倉持栄一^{1,2}, 佐藤具就^{1,3}, 武田浩司^{1,3},
松尾慎治^{1,3}, 納富雅也^{1,2}NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Photonics Labs.³, NTT Corporation○Masato Takiguchi^{1,2}, Hisashi Sumikura^{1,2}, Danang Birowosuto¹, Eiichi Kuramochi^{1,2},
Tomonari Sato^{1,3}, Koji Takeda^{1,3}, Shinji Matsuo^{1,3}, Masaya Notomi^{1,2}E-mail: takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp

我々は超低消費電力で高速な発光素子を目指し、フォトリック結晶 (PhC) と埋め込みヘテロ構造-量子井戸 (BH-QW) を使った発光素子の研究を行っている[1][2]。これまでの量子井戸型 PhC 発光素子は、基板全体に量子井戸があるため、PhC 空孔における表面再結合やキャリアの拡散により発光効率が低下していた。一方で我々の BH-QW PhC 素子は、キャリア閉じ込め効果が高く、表面再結合が少ないため、高効率・高出力化が期待できる。

本研究ではこの BH-QW PhC 素子の設計を最適化しパーセル効果を利用することで発光の高速を目指す。前回の報告では、InP 幅変調型 PhC 共振器に埋め込まれた InGaAsP/InP 量子井戸の発光の高速化について報告した[2]。そこで今回は空孔を 2 つ抜いた構造をもち (図 1)、幅変調型に比べてモード体積を小さくできる L2 共振器と、サイズが $0.85 \mu\text{m} \times 0.35 \mu\text{m} \times 0.15 \mu\text{m}$ の BH-QW を用いてパーセル効果の測定を行う。まず、BH-QW PhC の発光の高速化が、非発光過程ではなく、パーセル効果によることを、Q 値依存性とモード体積依存性の測定から確認する。次に、フォトリックバンドギャップ (PBG) の発光抑制効果についても格子定数依存性の測定から評価する。図 1 は 4K での、L2 共振器からの発光の時間分解測定の結果である。BH-QW の発光寿命 (0.75 ns) は L2 共振器共鳴と一致しているときに 0.2 ns となり 3.8 倍に高速化された。また、格子定数依存性を測定することで、PBG の効果による発光寿命の抑制が 7.5 倍であることが確認でき、少なくとも非発光再結合によるキャリア寿命は 6 ns より長いことが分かった。図 2 は、L2 共振器中の BH-QW の発光レート (=1/発光寿命) の Q 値依存性で、Q が大きくなると発光レートも大きい。さらに、モード体積の異なる L3・L5 共振器からの発光レートを測定し、モード体積の小さい素子は発光レートが大きいことも確認した。これらの結果から、発光の高速化はパーセル効果によるものであると考えられる。

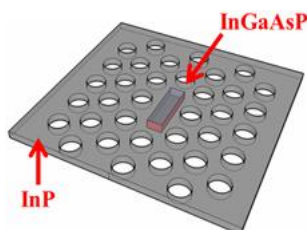


図 1. InGaAsP/InP 量子井戸を埋め込んだ L2 共振器

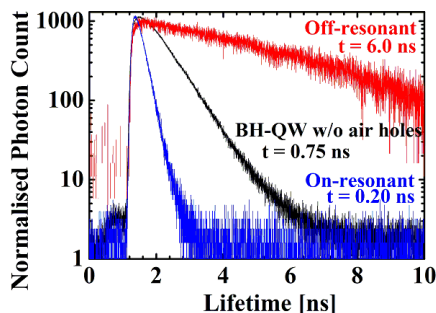


図 2. L2 共振器の共鳴、非共鳴、共振器構造のない BH-QW から発光寿命

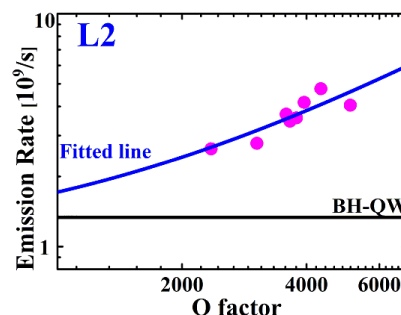


図 3. L2 共振器の発光レートの Q 値依存性

[1] S. Matsuo, *et al*, Nat Photonics. **4**, 648 (2010)

[2] 滝口他, 第 59 回応用物理学関係連合講演会 16p-E5-3 (2012)