埋め込み量子井戸フォトニック結晶ナノ共振器中の励起子効果の評価

Exciton effect of buried multiple quantum wells in a photonic crystal nanocavity

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトニクスセンタ [1], NTT 物性研 [2], NTT 先デ研 [2]
◦滝口雅人 [1,2], 野崎謙悟 [1,2], 角倉久史 [1,2], 武村尚友 [1,2], 藤井拓郎 [1,3], 倉持栄一 [1,2],
新家昭彦 [1,2], 松尾慎治 [1,3], 納富雅也 [1,2]
NTT Nanophotonics Center[1], NTT Basic Research Labs.[2], NTT Device Technology Labs.[3]
◦M. Takiguchi[1,2], K. Nozaki[1,2], H. Sumikura[1,2], N. Takemura[1,2], T. Fujii[1,3],
E. Kuramochi[1,2], A. Shinya[1,2], S. Matsuo[1,3], and M. Notomi[1,2]
E-mail: masato.takiguchi.mg@hco.ntt.co.jp

埋め込み量子井戸フォトニック結晶は、表面再結合やキャリア拡散などの非発光再結合が抑制でき、量子井戸をフォトニック結晶中の任意の場所に埋め込みを可能にする。これまでこの構造は量子井戸系での大きなパーセル効果[1]、高βナノレーザ[2, 3]、無閾値動作[4]を可能にした。そこで、次に本研究では、フォトニック結晶中に埋め込んだ多層量子井戸を用い、励起子の光非線形を利用したスイッチ素子の実現を目指す。高品質な量子井戸の励起子は、急峻な吸収スペクトルを持ち、効率良く光キャリアを注入できる。また、吸収変化により大きな分散変化も得られるため、共振器の波長を励起子吸収よりも長波側に設計することで、極限的に小さいエネルギーで共振器波長を制御でき、フォトニック結晶全光スイッチに応用できる。さらに、量子井戸の埋め込み再成長技術を使った励起子の閉じ込め構造は、励起子の拡散を抑制するため、将来のポラリトン素子への期待も高い。

そこで、本講演では、まず初めに、波長サイズの埋め込み量子井戸構造において、励起子の光非線形現象を調べた。今回用いた量子井戸（InGaAlAs/InGaAs）は 7 層で、InP フォトニック結晶素子に埋め込まれている。図 1.a はウエハの PLE（Photoluminescence excitation）スペクトル、図 1.b は W1 フォトニック結晶導波路に埋め込まれた量子井戸の透過測定から得られた吸収スペクトルである（測定は 4K）。どちらの結果も、1485 nm 近傍に 7nm 程度の吸収スペクトルが確認でき、バックグラウンドに比べて 7 倍ほど大きい吸収強度が得られた。量子井戸の発光中心は 1490 nm 程度であり、この吸収スペクトルは発光波長からやや短波に存在することから、励起子吸収によるものと考えられる。

次に、ポンプ光を入射したときの埋め込み量子井戸 L3 共振器の共振器のシフトについて測定した。図 1c は、共振器波長 1521.5nm の素子にポンプ光（1470 nm ~1500 nm）波長を変えながら透過強度を測定した時の結果である。図からも分かるように、ポンプ光の波長が励起子吸収に近い領域では、共振器の波長が大きくシフトしていることが確認できた。さらに、励起子と共振器の離調依存性も調べた（図 1d）。ポンプ光（641 nm）の ON/OFF の時の共振器の透過スペクトルを測定し、波長シフトと消光比をプロットした。この結果から、励起子吸収近傍（離調が小さい時）で、共振器シフトが大きいことが分かった。以上の結果はともに、励起子遷移近傍での光非線形増強していることを示している。

[1] M. Takiguchi, *et al*, Appl. Phys. Lett., **103**, 091113 (2013)
[2] S. Matsuo, *et al*, Nature Photon., **4**, 648 (2010)
[3] N. Takemura, *et al*, Phys. Rev. A, **99**, 053820 (2019)
[4] M. Takiguchi, *et al*, Opt. Express, **24**, 3441 (2016)

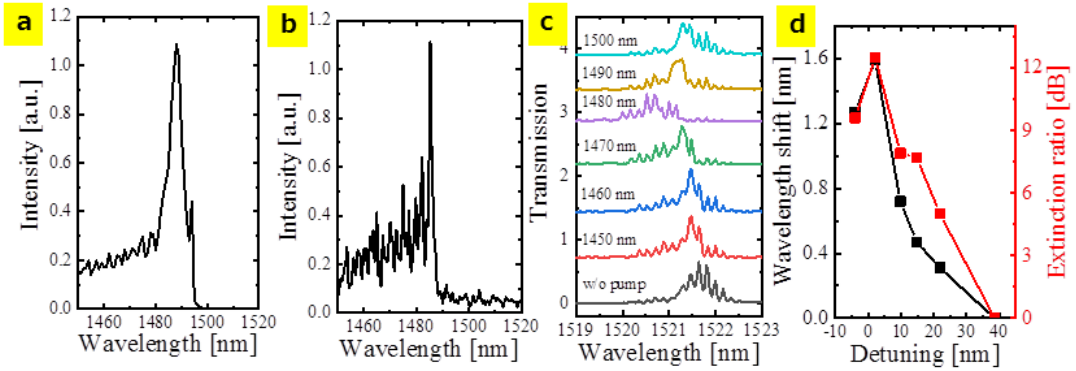

図 1. (a) PLE 測定から得られたウエハの吸収スペクトル (b) W1 導波路の透過スペクトルから得られた吸収スペクトル (c)ポンプ光の波長を変えた時の L3 共振器のスペクトル (d)ポンプ光 ON/OFF での波長シフトと消光比（離調依存性）

© 2019年 応用物理学会