

フォトニック結晶ナノレーザバイオセンサにおける 屈折率・電荷同時検出の可能性(Ⅱ)

Feasibility Study on Simultaneous Detection of Refractive Index and Surface Charge in Photonic Crystal Nanolaser Bio-Sensors (Ⅱ)

横国大・院工¹

○岸洋次, 渡邊敬介, 羽中田祥司, 渡部工, 酒本真衣, 西島喜明, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ.¹

○Y. Kishi, K. Watanabe, S. Hachuda, T. Watanabe, M. Sakemoto, Y. Nishijima, T. Baba

E-mail: kishi-yoji-vf@ynu.jp

医療・バイオ応用に向けて, 様々なフォトニックセンサが研究されている. 我々は GaInAsP フォトニック結晶 (PC) ナノレーザセンサを提案し¹⁾, タンパク質を高感度にセンシングしてきた²⁾. またナノレーザに厚さ数 nm の ZrO₂ を原子層堆積することで, 化学的に安定な表面を形成してきた³⁾. これらの実験の中で, ZrO₂ 被膜ナノレーザを浸漬する溶液の pH を小さく (大きく) すると, 発振波長は変化せず発振強度だけが大きく増大 (減少) することを前回, 見出した⁴⁾.

今回はこの機構を解明するために, 図 1 に示すように ZrO₂ 被膜ナノレーザを pH の異なる溶液に浸漬した際の蛍光寿命を測定した. 結果を図 2 に示す. (a), (b) はそれぞれ PC がない領域とある領域 (共振器部を含まない) におけるパルス励起時の自然放出の時間応答である. 励起パルスをデコンボリューションして寿命を解析すると, PC がない領域では寿命が 3.6 ns 以上で大きな変化はなかった. 一方, PC がある領域では全般に寿命が短くなり, pH の増加と共に寿命が 1.4 ns から 0.7 ns へと減少した. 以上の現象の妥当な説明として, 界面非発光再結合が pH と共に変化したことが考えられる. この場合, PC がないときの寿命の変化は量子井戸活性層の分離閉じ込め層表面での再結合, PC があるときは PC の円孔側面に露出されている量子井戸での再結合が支配的となる. pH が低いとき, ナノレーザ表面の ZrO₂ は正に帯電し, アンドープで n 型となる GaInAsP 界面付近には多数キャリアである電子の蓄積が起これ, これが界面付近での光励起によるキャリアの発生と界面再結合を抑制するため pH が高いときと比べて発光強度が強くなると定性的に説明できる.

この結果は PC ナノレーザが表面近傍の屈折率と電荷密度を独立に取得可能であることを示し, 新しいタイプの pH センサなどの新たな応用を生み出すと期待される.

本研究は文科省科研費基盤(S)の援助を得て行われた.

参考文献 1) S. Kita et al., Opt. Express, 97, 161108 (2011). 2) S. Hachuda et al., Opt. Express, 21, 12815 (2013). 3) 渡邊ら, 秋季応物 (2013) 18a-P5-10. 4) 渡邊ら, 春季応物 (2014) 18a-PG5-5.

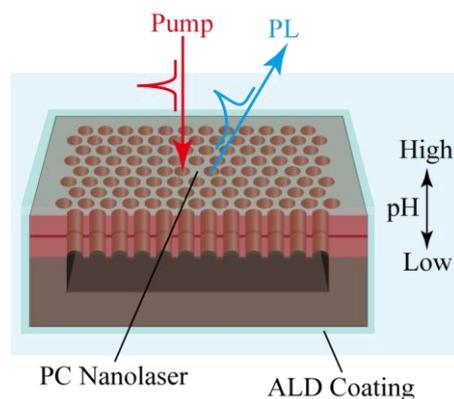


図 1 pH が異なる溶液に浸漬した PC ナノレーザの蛍光寿命測定.

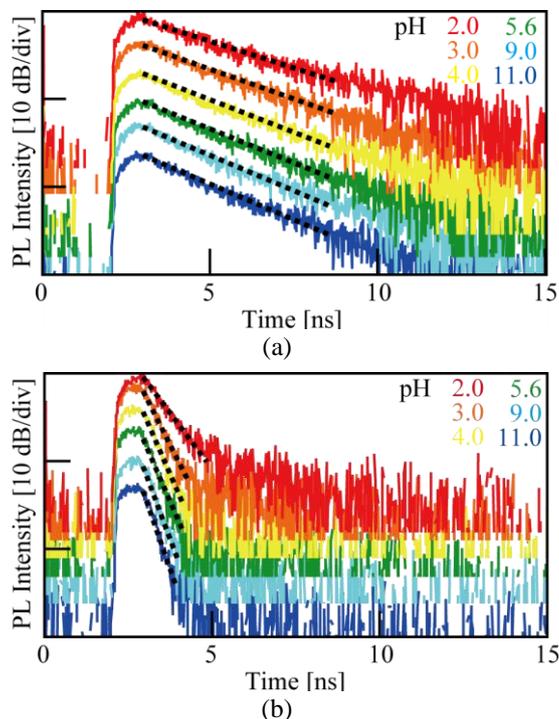


図 2 ナノレーザを浸漬する溶液の pH を変化させたときの (a) PC がない領域と (b) PC がある領域 (共振器部を含まない) におけるパルス励起時の自然放出の時間応答.