

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(Ⅲ)

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

横国大・院工¹

○岸洋次, 酒本真衣, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ.¹

○Y. Kishi, M. Sakemoto, 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 ZrO₂ 薄膜を堆積することで, 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, 発振波長はほとんど変化せず, 発振強度だけが大きく増大 (減少) することを見出し⁴⁾, その機構として活性層/溶液間の電子の授受による表面再結合確率の変化が考えられると前回, 報告した⁵⁾。今回はこの機構の裏付けとなる種々の実験結果を得たので報告する。

図 1 は ZrO₂ の膜厚が異なるナノレーザ (n 型 GaInAsP への製作) のフォトルミネッセンス (PL) 強度の pH 依存性である。膜厚が薄いときには pH 依存性が見られるが, 厚くなると依存性が消えた。これは厚膜化により ZrO₂ での電子のトンネルやリークが減り, 活性層/溶液間の電子の授受がなくなったためと考えられる。図 2 は n 型と p 型の GaInAsP バルクにそれぞれ ZrO₂ を被膜したときの同様の依存性である。n 型はナノレーザと同様の依存性を示したが, p 型では特性が逆転した。これは n 型と p 型で表面近傍のショットキー障壁が逆向きとなり, 表面準位を埋めるキャリアの振る舞いも逆になるためと考えられる。図 3 は同様の ZrO₂ 被膜 GaInAsP バルクの pH 依存性で, 溶液の塩 (KCl) 濃度による変化である。塩濃度が低いときには, pH が十分低いときのみ大きな依存性が現れる。塩濃度が高いときには pH = 7 付近でも依存性が現れる。これは電子の授受を可能にする溶液中のイオンの量が, この現象に大きく関与することを示している。

以上より, この現象はナノレーザのみならずバルク半導体においても pH (電荷) が検出可能なことを示しており, 新しいタイプの pH センサやイメージングデバイスを生み出すと期待される⁶⁾。

本研究は科研費基盤(S)の援助を得て行われた。

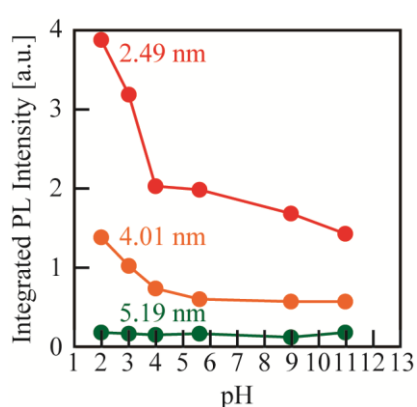


図 1 ナノレーザに被膜する ZrO₂ の膜厚 (図中の数字) を変化させたときの PL 強度の pH 依存性。

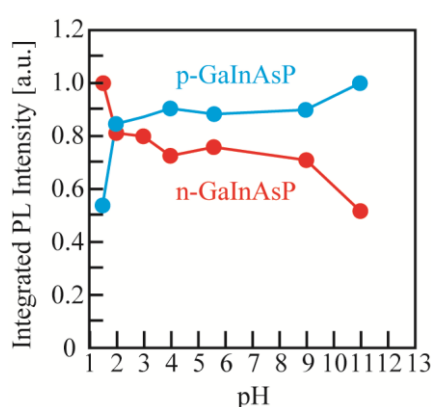


図 2 n 型と p 型の GaInAsP/InP 基板における PL 強度の pH 依存性。

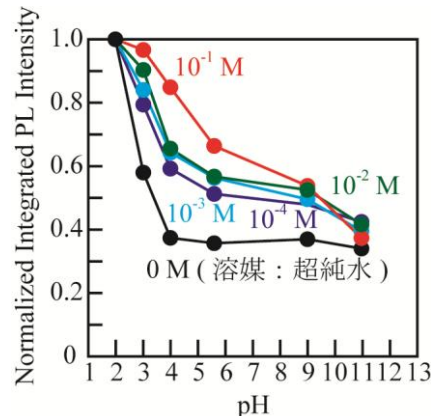


図 3 溶液の塩 (KCl) 濃度を変化させたときの n 型 GaInAsP/InP 基板における PL 強度の pH 依存性。

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. 5) 岸ら, 秋季応物 (2014) 19a-A2-3. 6) 酒本ら, 本大会。