

GaInAsP フォトニック結晶ナノレーザのイオン트로ニクス制御

Iontronic Control of GaInAsP Photonic Crystal Nanolasers

横国大院工 °西條義人, 渡邊敬介, 渡部工, 西島喜明, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ. °Y. Saijo, K. Watanabe, T. Watanabe, Y. Nishijima and T. Baba

E-mail: saiyo-yoshito-hw@ynu.jp

GaInAsP フォトニック結晶 (PC) ナノレーザは発振波長のシフトや発振強度の変化からタンパク質などの生体分子を検出するバイオセンサとなる¹⁾. 従来, この種のデバイスでは屈折率センサとしての原理が議論されてきたが, 我々は表面電荷の微小変化を読み取るイオン感応性を併せもつことも示してきた^{2,3)}. これは, 半導体/溶液界面のショットキー障壁高さ ΔU が表面の帯電に応じて変調され, さらに表面再結合によって強度²⁾が, キャリアプラズマ効果によって波長³⁾がそれぞれ変化すると考えられた. ところで, III 族窒化物系ナノワイヤの PL 強度の pH 依存性がバイアス電圧に依存して変化することが報告されている⁴⁾. この pH 依存性は PC ナノレーザと同様に ΔU に応じた表面再結合の変化に由来するが, バイアス印加によって伝導帯下端に対応する自然電位を調整することで, pH 依存性を最大化している (このときの最適なバイアスは電気化学的作用点と呼ばれる). そこで本研究においてもナノレーザを作用電極とした光電気化学回路を構成し, バイアスが発振特性に与える影響を評価した.

図 1(a)に示すようなスクリーンプリントセル (110, DropSens) を電気化学回路として用いた. In を使ってナノレーザチップ裏面をはんだ付けし, ナノレーザ表面以外を UV 硬化樹脂で絶縁することで作用電極とした. その他の電極は Ag 疑似参照電極とカーボン対電極であり, 飽和 Ag/AgCl 電極を用いて Ag 疑似参照電極の参照電位を測定し, 規格化した. 図 1(b)は発振スペクトルの一例であり, バイアス印加によって発振強度と波長が変化した. 図 1(c)はそれをまとめたものであり, 測定範囲内で強度が 4.7 dB, 波長が 0.9 nm 変化した. 強度に関しては, 上記のように ΔU に依存した表面再結合により説明できる. 一方, 波長については, 必ずしも強度とは電気化学的作用点が一致しない傾向が見られ, 水のポッケルス効果など, 表面電荷に依存した別の原理も関与していると考えられる⁵⁾. バイアスを最適化することにより, センシング信号の増幅のほか, 感度の増大, センシングの安定性や再現性の向上が期待される.

本研究は科研費基盤(S) #16H06334 の援助を得て行われた.

参考文献 1) T. Baba, *MRS Commun.*, **5**, 4, 555 (2015). 2) K. Watanabe et al., *Appl. Phys. Lett.*, **106**, 021106 (2015). 3) T. Watanabe et al., *Opt. Express*, **25**, 20, 24469 (2017). 4) J. Wallys et al., *Nano Lett.*, **12**, 6018 (2012). 5) Y. Nosaka et al., *Phys. Rev. B*, **77**, 224101 (2008).

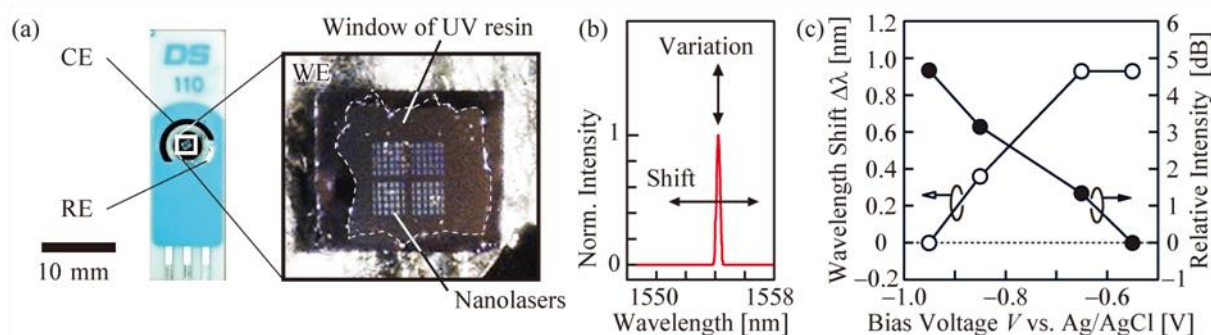


図 1. GaInAsP 半導体フォトニック結晶ナノレーザのイオントロニクス制御. (a) ナノレーザを作用電極とした電気化学回路を構成するスクリーンプリントセル. (b) 発振スペクトルの一例. (c) バイアス電圧の印加による波長シフトと強度変化.