

【基盤研究(S)】

理工系(総合理工)



研究課題名 イオン感応性を原理とする超高感度ナノレーザバイオセンサ

横浜国立大学・大学院工学研究院・教授

ばば としひこ
馬場 俊彦

研究課題番号: 16H06334 研究者番号: 50202271

研究分野: 光工学・光量子科学

キーワード: フォトニック結晶

【研究の背景・目的】

ガリウムインジウムヒ素燐半導体フォトニック結晶ナノレーザは単純なプロセスで製作され、室温光励起により近赤外波長で発振する高性能な微小レーザである。その表面に抗体修飾等の機能化を施し、検体溶液に浸漬すると、溶液中の生体分子などを発振波長や発振強度の変化としてセンシングできる。

直前の基盤研究(S)「ナノスロットレーザの極限的な光局在を利用する超高感度バイオマーカーセンサ」(平成24-27年度)においては、汎用タンパク質に加え、癌やアルツハイマー病といった重度疾病のバイオマーカータンパク質、環境毒素、生細胞などをこのナノレーザによりセンシングしてきた。特にタンパク質に対してはfMオーダー以下の極低濃度検体の超高感度検出、 10^9 倍以上の高濃度不純物下での選択検出などに成功した。これらの高性能は、従来のフォトニックセンサに対して議論されてきた屈折率センシングの原理では説明できず、むしろ溶液中のイオンとの相互作用や、半導体の表面電荷が大きく関与することが判明した。

この発見をもとに、本研究では、これまでのフォトニックセンサでは調査されてこなかった「イオントロニクス」効果(図1)をナノレーザに対して探求、機能制御を可能にすること、医療応用が可能なレベルの高性能化と安定化を図ることを目的とする。

【研究の方法】

イオントロニクス効果の検証と制御については、ナノレーザ周辺の静電的相互作用、ナノフルディクス効果、電気光学効果を精密に解析する。また、マルチプローブ顕微鏡と高感度カメラによるモード局在、分子吸着、表面電位などを総合的に評価し、理論との対応を検証する。さらに一分子挙動の観測、外部電界による表面修飾の制御、各抗原に対する修飾の個別最適化などを通じて、各効果の定量化と制御を可能にする。

一方、医療応用システムの開発では、原子層堆積法による一貫した表面修飾プロセスにより表面を安定化する。また精神疾患である統合失調症のためのバイオマーカーを目標分子に設定し、様々な希釈試料の生成を可能にする微小流体デバイスと組み合わせた定量計測法を開発する。最終的に、使い捨て可能なプロテインチップを構築し、ほぼ全自動での計測の実現を目指す。

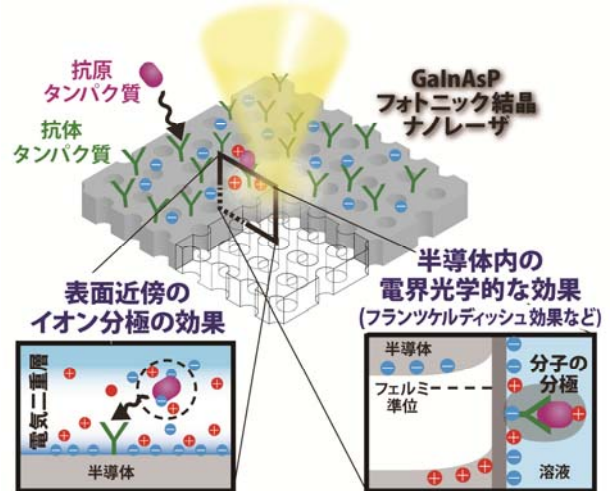


図1 フォトニック結晶ナノレーザとイオントロニクス効果の概念

【期待される成果と意義】

従来、研究されてきたプラズモン共鳴、微小共振器などのフォトニックセンサでは、分子吸着による周囲の屈折率上昇のセンシングの原理であると考えられてきた。しかし、実際にナノ領域でこれを検証した研究は、皆無に等しかった。本研究はこれとは異なる新原理を議論し、これによる高性能や新機能を提供するものであり、フォトニックセンサに新たな展開をもたらすと期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・K. Watanabe, Y. Kishi, S. Hachuda, T. Watanabe, M. Sakemoto, Y. Nishijima and T. Baba, Appl. Phys. Lett. **106**, 021106 (2015).
- ・T. Baba, MRS Commun. **5**, 555 (2015).
- ・M. Sakemoto, Y. Kishi, K. Watanabe, H. Abe, S. Ota, Y. Takemura and T. Baba, Opt. Exp. **24**, 11232 (2016).
- ・S. Hachuda, T. Watanabe, D. Takahashi and T. Baba, Opt. Exp. **21**, 12815 (2016).

【研究期間と研究経費】

平成28年度-32年度 130,400千円

【ホームページ等】

<http://www.baba-lab.ynu.ac.jp/>