

## 受領者投稿

## フォトニック結晶による超高感度バイオセンシング

横浜国立大学 大学院 工学研究院 教授 馬場俊彦

(第17回受領者)

フォトニック結晶は光学波長程度の周期をもつ多次元構造であり、発光や光伝搬を強力に制御できるという特長をもつ。また最も汎用な構造である2次元フォトニック結晶スラブは構造が露出されており、周囲の媒質に対して特性を敏感に変化させる。これを利用すれば、高感度センサを構成することができる。本研究では特に微量のタンパク質の付着、あるいは抗原抗体反応を検出するバイオセンサの実現を目指した。

周囲媒質に敏感な特性として、当初、二つの候補が考えられた。一つは光伝搬角度が大きく変化するスーパープリズム効果、もう一つは光を3次元的に閉じ込め鋭いスペクトルを示す微小共振器効果である。立石財団に援助いただいた当初は主に前者を検討したが、伝搬角度が変化したときのビーム広がり著しいためセンサとして高分解能が得られないという問題が明らかになり、研究を断念した。一方、並行して研究を進めていた後者にも光の入出力が難しいという問題があったが、本研究では微小共振器をIII-V族半導体ウエハに形成して微小レーザとすることで問題を解決した。この場合、簡単な顕微光学系によりレーザを光励起すれば鋭敏な発振スペクトルが得られ、その波長を観測することでタンパク質の付着が容易に検知される。

本研究では、さらにレーザの中央にナノスロットと呼ばれる50ナノメートル以下の細い溝を導入し、感度を大幅に高めることに成功し

た。その機構は未解明であるが、スロット中に強く局在したレーザ光による光ピンセット効果（光によるタンパク質の捕獲）が候補として考えられる。試験的に

ビオチン-ストレプトアビジンという疑似抗原抗体反応の検出を試したところ、ストレプトアビジンが100 zM ( $10^{-19}$  M) 以下という前例のない超低濃度でも検出できることが確認された。これは光学的なバイオセンサとしてしばしば議論される表面プラズモン共鳴センサの1,000倍以上の高感度である。またストレプトアビジンと共に100  $\mu$ M という大量の不純物タンパク質（アルブミン系）を混入させても、100 zM のストレプトアビジンを選択的に検出できることがわかった。これは選択比10兆倍に相当する。

人の血中には重度疾病の兆候を示すマーカータンパク質が数多く存在する。各疾病を高確度で診断するためには、対応する微量のマーカーを高感度かつ高選択比で検知する必要があり、そのため高性能センサが待望されている。上記のセンサ性能はこの条件を満足する可能性があり、今後の医療応用への発展が大いに期待される。

