

近接場光を利用した光-電気-機械結合系

Opto-electro-mechanical system based on an optical evanescent light

NTT 物性基礎研¹、阪大基礎工² ○浅野 元紀¹、太田 竜一¹、山本 俊²、岡本 創¹、山口 浩司¹

NTT BRL¹, Osaka Univ². ○Motoki Asano¹, Ryuichi Ohta¹, Takashi Yamamoto²,

Hajime Okamoto¹, and Hiroshi Yamaguchi¹

E-mail: asano.motoki@lab.ntt.co.jp

光共振器および電気回路と機械振動とが結合した光-電気-機械結合系は、光-マイクロ波変換や電荷・スピンの高感度センサへの応用が期待されている[1]。しかし従来の光電気機械結合系は、光機械結合に最適化した素子構造を有するため、光学特性、機械特性、電気特性を独立に設計することが難しい。これに対して我々は、光共振器と半導体電気機械共振器を近接場光によって結合させることでそれぞれの特性を独立に設計可能な光-電気-機械結合系を構築した[2]。これにより、多様な半導体ナノ量子構造を含む光-電気-機械結合系の実現が期待できる上、光機械結合の反作用を介した光スクイーミング[3]を利用することで、標準量子限界以下の光量子計測を可能にするハイブリッド量子センサが実現できる。

本研究では、光ファイバ上に作成したボトル型光共振器（最大径 80 μm 、最小径 40 μm ）と 600 nm の GaAs 多層膜から成る電気機械共振器（長さ 150 μm 、幅 20 μm ）を作製し、それぞれの間隔を光の波長程度まで近づけることで近接場を介した光-電気-機械結合系を実現した（図 1）。この 3 体間の結合を介して、電気機械共振器に印加する AC 電圧の変化を、光の位相変化として読み出すことが可能となる（図 2）。機械振動を介した電気-光間の信号変換は、光機械結合定数 g_0 と電気機械変換係数 η_{EM} との積によって定量化でき、本実験では $g_0 = 3 \text{ Hz}$, $\eta_{\text{EM}} = 35 \text{ nm/V}$ が得られた。更に我々は、ボトル光共振器の近接場光の分布を考慮した光・電気機械共振器の最適な位置関係を理論的に導出することで、 g_0 が二桁以上改善することを明らかにした。これにより、低パワーのプローブ光を用いた低外部雑音下での光スクイーミングが期待できる。今後は、標準量子限界下での光量子計測を目指すとともに、 η_{EM} の最適化によるハイブリッド量子センサの実現を目指す。

謝辞：本研究は科研費 (JP15H05869, JP15K21727, JP16H01054, JP18H04291) の助成を受けた。

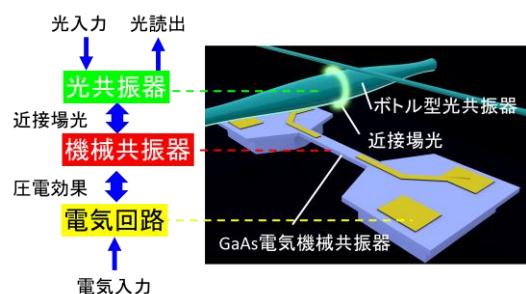


図 1 近接場光を利用した
光電気機械結合系の概略図

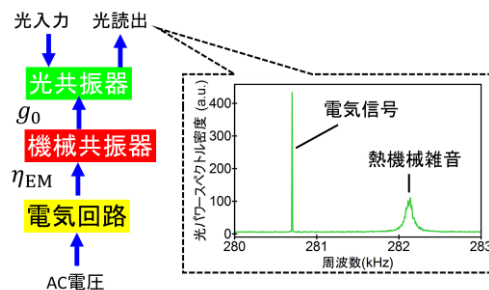


図 2 機械振動を介した電気信号の光読み
と測定光スペクトル

[1] L. Midolo *et al.*, *Nat. Nanotech* **13**, 11 (2018).

[2] M. Asano *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **112**, 201103 (2018).

[3] V. Sudhir *et al.*, *Phys. Rev. X* **7**, 01101 (2017).