

微小球キャビティと光機械結合した化合物半導体ナノワイヤ

A compound semiconductor nanowire optomechanically coupled to a microsphere cavity

¹NTT 物性基礎研、²NTT ナノフォトニクスセンタ 浅野 元紀¹, 章 国強^{1,2}, 俵 毅彦^{1,2},
山口 浩司¹, °岡本 創¹

¹NTT BRL, ²NTT NPC Motoki Asano¹, Guoqiang Zhang^{1,2}, Takehiko Tawara^{1,2},
Hiroshi Yamaguchi¹ and °Hajime Okamoto¹

E-mail: hajime.okamoto.sd@hco.ntt.co.jp

超軽量で超小型な半導体ナノワイヤは、ナノフォトニクスやナノエレクトロニクスの分野のみならず、ナノメカニクスの分野においても注目される。とりわけ、エピタキシャル成長により形成される III-V 族半導体ナノワイヤは、内部に組み込む量子ヘテロ構造の調整により、光共鳴波長を広範囲で任意設定できる特徴があり [1]、さらには量子構造と機械振動との歪を介した結合が可能となる[2]。このような III-V 族半導体ナノワイヤは、フォノン・フォトン・エレクトロンを結び付ける新規ハイブリッド量子系として期待されるが、電気容量が小さく光反射の弱いナノワイヤ構造において、その微小な機械振動（フォノン）を高感度に読み取り、これを制御するのは容易ではない。この問題を解決する手法の一つとして、光キャビティの融合による“キャビティオプトメカニクス[3]”の適用が期待されるが、ナノワイヤ機械振動子への光キャビティの融合は、サイズ相違の観点からこれまで殆ど実現されていない。

本研究では、直径 40 μm のシリカ微小球キャビティと結合した InP/InAs ナノワイヤ機械振動子（長さ 14 μm 、直径 500 nm）を報告する（Fig.1）。この系では、微小球キャビティのウィスパーリングギャラリモードとナノワイヤの機械振動モードとが近接場を介して光機械結合する。微小球キャビティはピエゾポジショナを用いた空間位置制御が可能であるため、キャビティとナノワイヤのギャップ間隔を調節し、光機械結合の大きさを制御することが可能である。我々は、光キャビティを用いたナノワイヤ熱振動の高感度ホモダイン検出（Fig. 2）、並びに、共振周波数と線幅の変調および振動軸の回転制御に成功した。今回実験で使用した光キャビティの Q 値は 1.8×10^5 であるが、Q 値を一桁改善することにより、量子極限におけるナノワイヤの超高感度振動検出とフォノン制御が視野に入る。このナノワイヤ系におけるキャビティオプトメカニクスをエピタキシャル結晶設計技術と組み合わせることにより、様々な量子ナノ構造との組み合わせに基づく量子オプトエレクトロメカニクスへの展開が期待される。

[1] G. Zhang et. al., Sci. Adv. **5**, eaat8896 (2019). [2] M. Munsch et. al., Nat. Commun.**8**, 1 (2017).

[3] M. Aspelmeyer, T. J. Kippenberg, and F. Marquardt, Rev. of Mod. Phys. **86**, 1391 (2014).

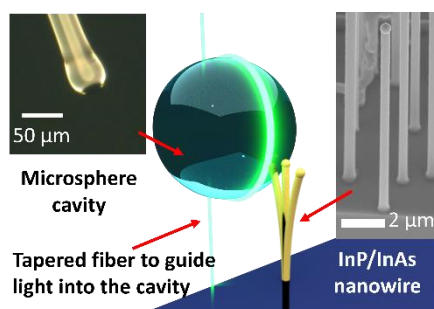


Fig.1 Conceptual illustration of near-field optomechanical coupling between an optical microsphere and InP/InAs nanowire together with optical and electron scanning micrographs.

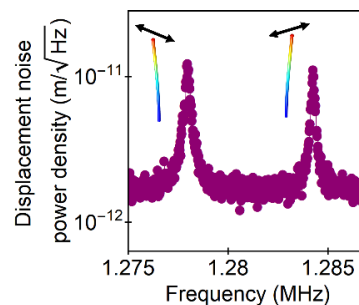


Fig.2 Thermomechanical noise power spectrum of the two orthogonalized mode of the nanowire measured by balanced homodyne interferometry.