

【基盤研究(S)】

理工系（総合理工）



研究課題名 ナノマテリアル・ナノフォトニクス融合による新しい光集積技術の創製

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所・ナノフォトニクスセンタ長

のうとみ まさや  
納富 雅也

研究課題番号： 15H05735 研究者番号： 50393799

研究分野： 応用物理学、光工学、光量子科学、ナノフォトニクス

キーワード： フォトニック結晶、ナノワイヤ、プラズモニクス、グラフェン

【研究の背景・目的】

近年、直径が数 10nm 以下のナノワイヤや単原子層厚しかないグラフェンに代表されるナノフィルムが様々な材料系で次々と実現され、様々な新奇な物性が見つかっている。一方、これらナノ材料を光デバイスに応用する試みも行われているが、その大きさが光の波長よりも圧倒的に小さいため、光をナノ材料の中に閉じ込めることができず、光と十分な相互作用がとれないという問題が生じている。

本研究では、次に説明する特殊なナノフォトニクス構造とナノ材料を結合させることにより、光とナノ材料の相互作用を飛躍的に増強し、光回路の中にナノ材料を組み込む新たなプラットフォームを提案する。

【研究の方法】

(1) ナノワイヤ・フォトニック結晶結合系

このテーマでは「フォトニック結晶」と呼ばれるナノ構造をナノワイヤと組み合わせる。フォトニック結晶とは、屈折率が数百 nm 周期で変調された人工構造で、自然界には存在しない光の絶縁体を実現できることで知られている。我々は最近図 1 のようにフォトニック結晶上の 100nm 幅程度の溝の中にナノプローブを用いてナノワイヤを置くだけで、ナノワイヤ位置に強く光が局在した閉込めモード（高い Q 値を持った共鳴モード）が形成されることを発見した。フォトニック結晶中では、光の閉込めモードを自在に導波路や光回路に接続できるため、前述の問題点を解決する可能性を持つ。

そこで本研究では、多様なナノ材料とフォトニック結晶の組み合わせによって、導波路と接続した光閉じ込めモードを形成する技術を追究し、光とナノ材料の強い結合の実現を狙う。この手法はナノフィルムにも適用可能である。

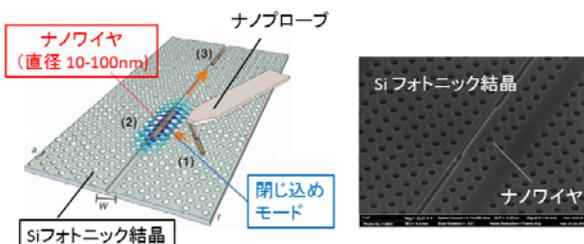


図1 ナノワイヤ・フォトニック結晶結合系の概念図(左)と電子顕微鏡写真(右)

(2) ナノワイヤ・プラズモニクス導波路結合系

もう一つのテーマとして、プラズモニクス導波路と呼ばれるナノ構造を用いる。この構造は、金属中の集団電子の応答を用いて金属に挟まれた数 10nm 幅のギャップ中に強く光を閉込めることができる。この手法では高い Q 値の共振器は形成できないが、より狭い領域に光を閉込めることができる。この性質はギャップにナノ材料を置いても保たれるため、ナノ材料と光の強い結合が実現可能となる。本手法もナノフィルムに適用できる。

本研究では、このプラズモニクス導波路の特異な性質を利用して、数 10nm のギャップに、(1)よりもさらに小さいナノ材料を配置して、導波路光とナノワイヤを強く結合することを目指す。

(3) ナノマニピュレーション技術の研究

(1)(2)を実現するため、ナノ材料を任意の場所に配置するナノマニピュレーション技術を研究する。

【期待される成果と意義】

我々の手法は、特定のナノワイヤやナノフィルムに限定されず、様々なナノ材料を強く光と相互作用させるプラットフォームになると期待される。本研究は、劇的に進展しつつあるナノ材料研究とシンクロしながら、ナノ材料の光デバイス応用への新しいルートを提示すると共に、ナノ材料と光の強い相互作用を実現する新しいプラットフォームとしての役割も果たすと期待している。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- M. D. Birowosuto et al., "Movable high-Q nano resonators realized by semiconductor nanowires on a Si photonic crystal platform", Nature Materials 13, pp. 279-285 (2014).
- M. Notomi, "Manipulating light with strongly modulated photonic crystals", Reports on Progress in Physics 73, 096501 (2010).

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度－31 年度 142,600 千円

【ホームページ等】

<http://www.brl.ntt.co.jp/group/ryouna-g/index-j.html>;  
mailto: notomi.masaya@lab.ntt.co.jp