

グラフェン装荷型プラズモニクス導波路における光吸収の増強

Enhancement of Optical Absorption in Graphene-loaded plasmonics waveguides

常川 雅人^{1,2}、小野 真証^{1,3}、納富 雅也^{1,2,3} (1. NTT 物性研、2. 東工大、3. NTT NPC)

°Masato Tsunekawa^{1,2}, Masaaki Ono^{1,3}, Masaya Notomi^{1,2,3}

(1. NTT BRL, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. NTT NPC)

E-mail: tsunekawa.m.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】多彩な興味深い光学特性を持つグラフェンは近年注目され、光吸収型変調器に適用する研究が進んでいる[1]。しかし、グラフェンは単原子膜厚しかないために光との相互作用が小さいため素子が長くなる、という問題がある。本研究では 金属-絶縁体-金属 (MIM) 型プラズモニクス導波路上にグラフェンを装荷することにより、導波路伝搬光とグラフェンの結合を大きく増強し、小型化を可能とする構造を考案し、設計した。電磁界解析により、シリコン導波路上のグラフェンに比べて 30 倍以上の吸収長の短縮に成功したので、ここに報告する。

【素子構造とシミュレーション結果】Fig. 1 はシリコン導波路と本研究で提案する MIM 型プラズモニクス導波路の、どちらもグラフェンを装荷した構造を示す。入射光の波長は $1.55 \mu\text{m}$ とした。シリコン導波路の高さは 200 nm 、幅は 400 nm とした。金属として金を使用した MIM 型導波路部分 (スロット) は空気とした。Fig. 2 は両方の導波路におけるシミュレーション結果を示す。MIM 型導波路では、スロットの厚さ h と幅 w の、一方を 50 nm で固定したときの結果をそれぞれ示す。シリコン導波路でのグラフェン吸収 $0.10 \text{ dB}/\mu\text{m}$ に対して、プラズモニクス導波路での “ $w = 50 \text{ nm}$, $h = 5 \text{ nm}$ ” におけるグラフェン吸収は約 $3.8 \text{ dB}/\mu\text{m}$ にも達した。すなわち、30 倍以上の吸収長の短縮に成功した。これは、表面プラズモンの効果により光が MIM 型導波路内に閉じ込められ、光の密度が増加したことで、光とグラフェンとの結合が増強したことによると考えられる。しかし、MIM 型導波路では金属による光吸収も考慮されなければならない。Fig. 3 は、MIM 型導波路でのグラフェンと金属の吸収比におけるシミュレーション結果を示す。 $h = 50 \text{ nm}$ 、 $w = 10 \text{ nm}$ 、 50 nm を固定したときの結果をそれぞれ示す。 h 固定では幅を狭くすると吸収比が大きくなるのに対して、 w 固定では w と h が同程度のときに吸収比のピークが表れた。またスロットサイズが小さくなるとピーク値は大きくなった。以上より、導波路伝搬光とグラフェンの結合が大きく増強することを可能にした。本構造は、光受光器や変調器、光スイッチなどの

光素子への応用が考えられる。光吸収を最大にするスロット構造の最適化はさらなる可能性があり、MIM 型導波路構造についての詳細は検討中である。

[1] M. Liu et al., *Nature*, vol.474, no.7349, pp.64-67 (2011)

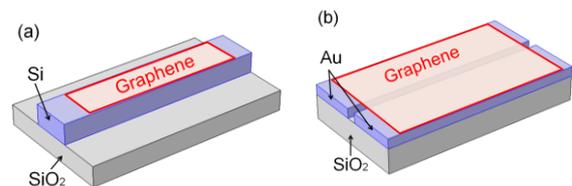


Fig. 1 Geometry of 3-D waveguides with graphene. (a) Si waveguide. (b) MIM waveguide.

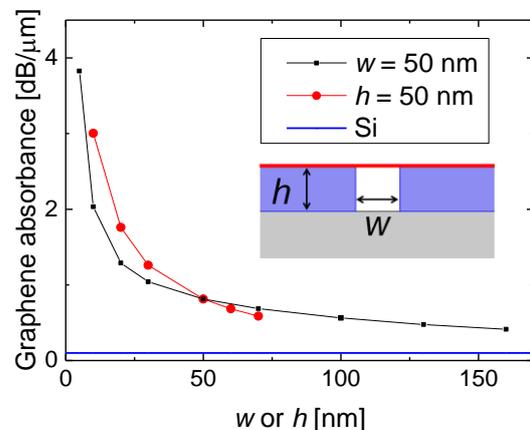


Fig. 2 The relation between graphene absorbance and slot width or thickness. w and h are slot width and thickness relatively. In the case of Si, graphene absorbance is $0.10 \text{ dB}/\mu\text{m}$.

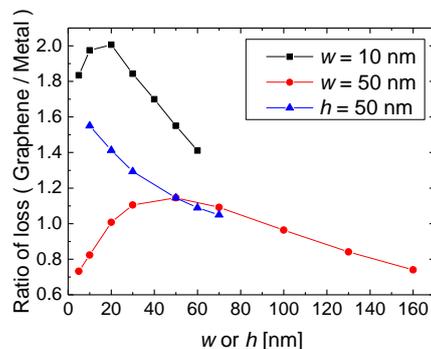


Fig. 3 The relation between ratio of loss and slot width or thickness. w and h are slot width and thickness relatively.