

キャリア密度変調による伝搬型グラフェン表面プラズモンの反射率制御

Tuning of plasmonic reflection in graphene by carrier density modulation

NTT 物性基礎研 ○高村真琴、熊田倫雄、Shengnan Wang、熊倉一英、谷保芳孝

NTT Basic Res. Labs., ○M. Takamura, N. Kumada, S. Wang, K. Kumakura, Y. Taniyasu

E-mail: takamura.makoto@lab.ntt.co.jp

グラフェンは、キャリア密度を変調することで表面プラズモン伝搬を制御できることから、電圧制御可能なプラズモニックデバイスの基盤材料として期待されている[1]。我々はこれまでに、基板表面を自己組織化単分子膜(SAM 膜)で部分的に修飾することでグラフェンのキャリア密度を空間的に変調し、これによりプラズモン波長を制御できることを報告した[2]。今回、キャリア密度が異なる領域の境界でプラズモンの反射が起き、その反射係数を電圧印加により制御できることを実証したので報告する。

試料は、SiO₂ 表面に SAM 膜をパターンニング形成し、その上に CVD 法で成膜したグラフェンを転写することで得た[Fig. 1(a)]。van der Pauw 法で測定したキャリア密度は、SiO₂ 上で $n_1 \sim 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、SAM 膜上で $n_2 \sim 4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ である。本試料のプラズモン特性は散乱型近接場光学顕微鏡(s-SNOM)を用いて評価した。s-SNOM では、金属コートされた AFM 針に赤外光を照射し、針先端に形成される近接場光によりプラズモンを励起し、その散乱光を記録することでプラズモン観測を行うことができる。Fig. 1(b)の s-SNOM 像では、キャリア密度が異なる領域の境界に沿って、散乱光の強度にピークとディップ(Fig. 1(b)の矢印)が見られる。これは境界でプラズモンの反射が起き、干渉縞が観測されたものである。その反射係数は、プラズモンが完全に反射されるグラフェンエッジでの反射強度に比較して、0.2 であった。この反射は、キャリア密度が異なることでプラズモンモーメントが不連続になるため起こると考えられ、反射係数は、境界の両側でキャリア密度が同じ時に 0、一方のキャリア密度がプラズモンが伝搬できない程低くなった時に 1 となると予測される。そこでバックゲート電圧でキャリア密度差(Δn)を変化させると、 Δn の増大に伴う反射係数の増大が観測された[Fig. 1(c)]。これは、グラフェンを用いることでプラズモンの反射係数をゲートにより制御可能であることを示している。

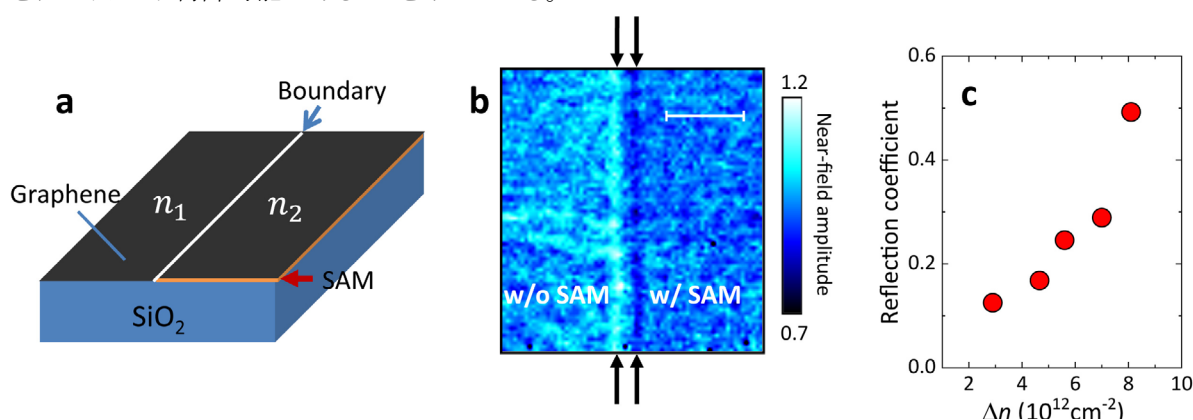


Figure 1. (a) Schematic of a sample. (b) Near-field amplitude image of a sample. Scale bar is 500 nm. (c) Reflection coefficient of plasmon at the boundary between graphene with different carrier densities.

[1] A. Vakil and N. Engheta, Science 332, 1291, (2011). [2] 高村ら, 2017 年秋季応物, 7a-C16-5.