

グラフェン/h-BCN 超格子構造の超格子ポテンシャルを用いた 量子閉じ込めが光誘起電流に及ぼす影響

Effects of quantum confinement formed by superlattice potential on photo-induced current in graphene/h-BCN superlattice

神戸大院工 ○栗原 健汰, 岡本 一希, 小川 真人, 相馬 聡文

○Kenta Kurihara, Kazuki Okamoto, Matsuto Ogawa, Satofumi Souma

Department of Electrical and Electronic Engineering Kobe University

IoT (Internet of Things) 社会の実現に向け、より多くのモノがインターネットと繋がることが重要となる。中でも、光、温度、加速度等の情報を高精度に感知することが出来るセンサは、IoT を支える基盤であるため技術革新に向けた研究が重要である。そのような背景の中、近年、二次元原子膜材料のグラフェンが光吸収率や電子移動度に優れ、バンドギャップがないため幅広い波長の光を吸収できるから光センサの材料として期待されている[1]。中でも、グラフェンに類似の二次元原子膜材料である六方晶窒化ホウ素 (h-BN) にグラフェンを混在させた h-BCN は原子の割合や配置により様々な構造を考えることができ、構造ごとに吸収できる波長帯や特性が異なるので、狙った波長帯の光のセンシングに適していると考えられる。バンドギャップを制御する事が原理的には可能であり、実験的試みも報告されているが[2]、現状では原子数比率の詳細な制御は困難である。そこで本研究では、h-BCN とグラフェンから構成される超格子構造を考え、この超格子構造全体に光を照射した場合の光誘起による電気伝導特性を明らかにし、光センサとしての可能性を検討する事を目的とする。具体的には、この構造の光吸収係数と光照射による電流の増加量をタイトバインディング法、ボルツマン方程式を用いた数値シミュレーションによって解析した。

図 1 はグラフェン/h-BCN 構造の例の一つを示し、図 2 はバンドギャップの存在する二次元原子膜の光誘起電流を示す。グラフェンとの比較のため、計算にはランダムに配置される h-BCN を仮想的な 2 原子で表現する近似、Virtual crystal approximation (VCA) を用いている。 $\hbar\omega$ がバンドギャップエネルギーに近づくとピークをとり、バンドギャップエネルギーが大きくなるにつれ、そのピーク値は小さくなる事が分かる。これは照射する光が同じ光電界強度であれば、 $\hbar\omega$ が小さくなると、単位時間当たりに入射するフォトン数が大きくなることに関係する。そのため、フォトン 1 個で電子 1 個が励起されることから、バンドギャップが大きくなると励起される電子数は少なく、励起確率が小さくなる事が分かる。よって、電子密度が減少し、光誘起電流に影響を与えたと考えられる。講演ではこれらの物理的解釈の詳細に加え、超格子構造での光誘起電流についても報告する。更に、光センサとしての性能を定量的に評価するため、受光感度の比較検討についても報告する。

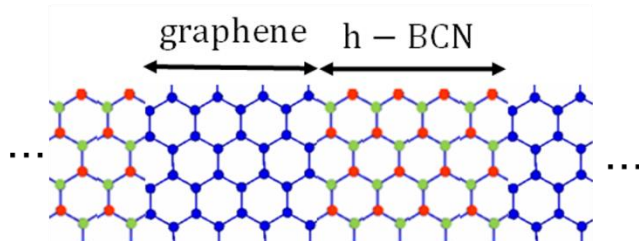


Fig. 1. One example of graphene/h-BCN superlattice structures.

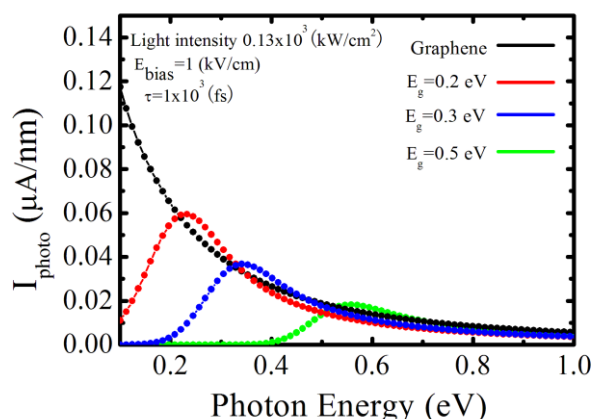


Fig. 2. Photon energy dependence of photo induced current for graphene and VCA model for a fixed light intensity.

[1] R. Nair et al., Science **320**, 1308 (2008).

[2] S. Beniwal et al., ACS Nano **6**, 8136 (2017).