h-BN/2 層グラフェンヘテロ構造における光応答

Photoresponse in *h*-BN/bilayer graphene heterostructures 東大¹, KMITL², NIMS³ 〇ウワンノー ティーラユット^{1,2},谷口尚³,渡邊賢司³,長汐晃輔¹ Univ. of Tokyo¹, KMITL², NIMS³ 〇T. Uwanno^{1,2}, T. Taniguchi³, K. Watanabe³ and, K. Nagashio¹ E-mail: uwanno@ncd.t.u-tokyo.ac.jp

1. 緒言 グラフェンは赤外検出素子として期待されるが、2.3%の光吸収率ゆえ検出感度が低いことが課題である.これまで*h*-BN/2層グラフェン(BLG)へテロFET構造により外的ポテンシャル揺らぎを1 meV程度に低減することが可能であり、100 meVとギャップは小さいものの空間的な均一性向上により高い電流のon/off比を報告してきた^[1]. BLGでは、直接遷移のギャップ変調によるマルチカラー化が可能であり、ギャップエッジの状態密度が発散するというVan Hove singularityに由来し20%近い光吸収が実験的に報告されている^[2].さらに、フォトトランジスタ構造の増幅作用により室温動作が理論的に提案されており^[3]、BLGは室温動作赤外検出素子として有望である.本研究では*h*-BN/BLG ヘテロ構造による赤外検出フォトトランジスタへの応用展開に向けて、まず*h*-BN/BLGヘテロ構造における可視光に対する光応答を検討した.

2. デバイス作製 所望のゲートスタック構造は,機械的剥離法と光学顕微鏡下での貼合わせ機構 を駆使することで作製した^[1]. *h*-BN/BLG/*h*-BN構造においてBLGは*h*-BNに覆われているため,*h*-BNとの化学反応性の強いCF4プラズマにより*h*-BNを選択的エッチングし,EBリソによりNi/Au電 極を形成した(Fig.1). トップゲート電極は光が透過するように厚さ20nm程度のNiを使用した.測 定は真空中で10Kにおいて行った.

3. 結果及び考察 フォトトランジスタ動作のためには光がトップゲートを透過しチャネルで検出 される必要がある. Fig.2 に示すように *I*_D-*V*_{TG} だけでなく *C*-*V*_{TG} 測定において,トップゲート領域 の Dirac point 付近に光電流が観察されたことから,トップゲートの光透過性を確認した. 次に, Dirac point 付近でのゲート印加条件で *I*_D-time を測定した. *n*⁺-Si/SiO₂ 基板上のデバイスでは *I*_D-*V*_{TG} 結果の光応答が Fig.3 に示すように *I*_D-time で再現できるが,石英基板上のデバイスでは再現でき ず,明確な応答が確認できなかった. BLG の温度変化による抵抗変化は Dirac point で最も大きい ことから,光応答メカニズムとしてボロメトリック効果によるものだと考えられ,熱伝導率が 6 桁低い石英基板上のチャネルは光照射後の温度低下が遅く,暗電流増加により明確な応答が見ら れなかったためと考えられる.酸化物ゲートを利用した先行研究では,ボロメトリック効果によ る光電流は 10 K でほぼ消滅したが^[4],本研究ではヘテロ構造による外的ポテンシャル揺らぎの低 減により,光電流が 50 K まで観察できた.これらのことから,室温での光検出のためには,フォ トトランジスタ動作下での光応答の検討が必須である.

謝辞 本研究は科研費及び JSPS「研究拠点形成事業(A.先端拠点形成型)」により助成を受け行われた. 参考文献 [1] ウワンノー他, 2017 年秋季応用物理学会 7a-C16-10. [2] L. Ju *et al. Science* **358** (2017) 907. [3] Y. Ryzhii & M. Ryzhii, *Phys. Rev. B* **79**, (2009) 245311. [4] J. Yan *et al. Nature Nanotechnol.* **7** (2012) 472.







Fig. 1 Optical image of the device.

Fig. 2 (a) Drain current as a function of gate voltage before and after illumination. (b) Capacitance normalized by geometric capacitance as a function of gate voltage before and after illumination.

Fig. 3 Photoresponse at the Dirac point in Fig. 2 (a)