

グラフェン/hBN 構造における光熱電効果による光通信波長光の検出

Photo-thermoelectric effect-driven detection of optical communication wavelength light in graphene/hBN heterostructures

東京電機大¹, 物材機構², 徳島大³, [○]大胡 真実¹, 佐藤 遥大¹, オ ビュンフン¹, 小澤 大知²,
北浦 良², 渡邊 賢司², 谷口 尚², 森山 悟士¹, 藤方 潤一³, 岩崎 拓哉²

Tokyo Denki Univ.¹, NIMS², Tokushima Univ.³

[○]Makoto Ogo¹, Yodai Sato¹, Byunghun Oh¹, Daichi Kozawa², Ryo Kitaura², Kenji Watanabe²,
Takashi Taniguchi², Satoshi Moriyama¹, Junichi Fujikata³, and Takuya Iwasaki²

E-mail: 23kmj09@ms.dendai.ac.jp

グラフェンは優れた電子・光学特性を持つことから、光通信帯域における高速光電子素子の構成要素として期待されている。波長 1550 nm に対して、これまで Si、SiN 光導波路結合型グラフェン素子等の光応答特性が報告されているが、化学気相成長グラフェンや品質劣化を招くゲート絶縁膜の使用により、グラフェン素子の品質・性能は制限されている[1]。高品質グラフェン素子における光通信帯域の光検出特性を調べ、その光応答メカニズムを理解することは、グラフェン光検出器の性能を向上させる上で重要である。本研究では、六方晶窒化ホウ素 (hBN) を用いた SiO₂/Si 基板上的の高品質グラフェン素子を作製し、波長 1550 nm に対する光応答特性を調べた。

機械的剥離によるグラフェン、hBN を用いて、ドライ転写法により hBN/グラフェン/hBN 積層構造を作製し、電子線リソグラフィ、エッチング、蒸着により電極を作製した (Fig.1(a))。ソース-ドレイン間 (V_{sd})、Si バックゲート (V_g) に DC 電圧を印加し、ドレイン電流 (I_d) を計測した。

Fig.1(b)に室温、 $V_g = 1$ V および -1 V 印加時の光照射に対する I_d の経時変化を示す ($V_{sd} = 0$)。光照射 ON/OFF に対応した I_d の増減を観測した。また、 V_g に依存して光電流の極性が反転していることがわかる。Fig.1(c)に Mott の式から導出したゼーベック係数 S と各光強度に対する光電流 I_{ph} ($V_{sd} = 0$) の V_g 依存性を示す。 I_{ph} は V_g 、光強度に依存しており、室温、ゼロバイアス下での最大検出感度は ~ 0.55 mAW⁻¹ となった。また、 S と I_{ph} は共に電荷中性点 ($V_g \sim 0$ V) で符号が反転していることがわかる。これらの温度依存性等を解析した結果、ゼロバイアス下における光電流生成メカニズムは光熱電効果が支配的であることが示唆された[2]。この結果は、高品質化 (S 向上) および素子構造を非対称的に設計することで、より検出感度が向上する可能性を示している。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 (JP21H01400, JP21H01749, JP22H01555, JP22H01893, JP23H00274, JP23H05469)、文科省 ARIM 事業 (JPMXP1224NM5118, 24NM5392) の支援を受けて行われた。

参考文献 [1] J. E. Muench, et al., Nano Lett. **19**, 7632 (2019). [2] T. Iwasaki et al., Jpn. J. Appl. Phys. **63**, 030903 (2024).

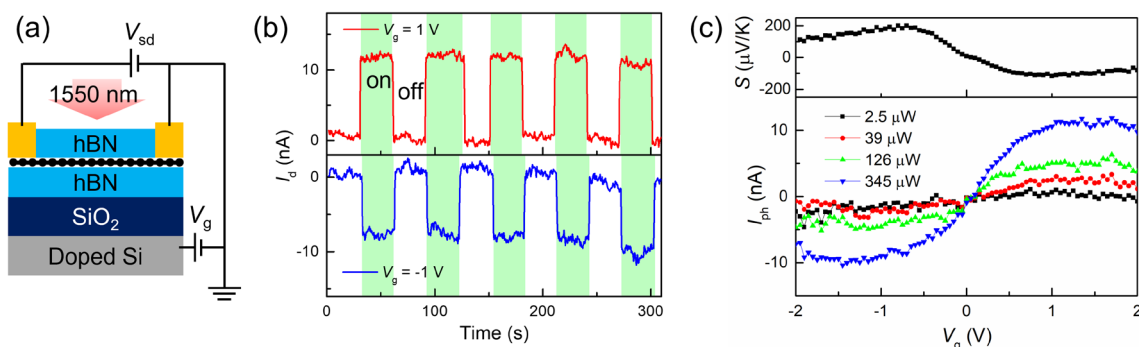


Fig.1. (a) Schematic cross-section of our device. (b) Zero-bias switching cycles. The green-shaded region represents the data from the device under illumination. (c) S (top) and zero-bias I_{ph} (bottom) as a function of V_g .