

垂直配向グラフェン／ダイヤモンド接合の脳型光記憶機能

Brain-mimic type optoelectronic memory function of vertically-aligned graphene/diamond heterojunctions

名大院工 水野 雄貴, 伊藤 悠河, [○]植田 研二

Nagoya Univ., Yuki Mizuno, Yuga Ito, [○]Kenji Ueda

E-mail: k-ueda@numse.nagoya-u.ac.jp

【序】グラフェン／ダイヤモンド（炭素 sp^2 - sp^3 ）界面は様々の新機能・物性が発現する事が理論予測されており機能の宝庫と考えられている。近年我々は、垂直配向グラフェン／ダイヤモンド（VG/ダイヤモンド）接合を新規に作製し、その電気特性について詳細に調査した所、青～紫色光照射（+バイアス）により接合の電気抵抗が大きく変化し、変化後の抵抗値が光遮断後も保持される事（光メモリスタ挙動発現）を初めて見出した^[1]。この結果は、VG/ダイヤモンド接合が新型の光検出・記憶素子となる事を示唆している。グラフェン/ダイヤモンド接合の新規光デバイス応用に向け、VG/ダイヤモンド接合の光伝導特性について詳細に調査した所、脳型光記憶機能（光パルス照射数による短期－長期記憶遷移等）を含む多様な光記憶特性を観測したので報告する。

【実験】マイクロ波プラズマ CVD 法により VG/ダイヤモンド積層構造を作製した^[1]。その後、フォトリソと RIE により VG/ダイヤモンド接合（40-160 $\mu\text{m}\phi$ ）を作製し、光伝導特性評価を行った。

【結果と考察】ラマン、SEM、TEM 測定から界面の急峻な VG/ダイヤモンド積層構造が作製できている事を確認した^[1]。VG/ダイヤモンド接合の光照射下での電流-電圧 (I - V) 測定で、履歴のある I - V 特性が観測された。光照射下での正（又は負）バイアス印加により、素子の抵抗状態は低抵抗状態 (LRS)（又は高抵抗状態 (HRS)）に切り替わり、抵抗状態はそのまま保持（記憶）された。次に、VG/ダイヤモンド接合のパルス光照射下（青色光強度：38 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、パルス幅：30 ms）での電気特性調査を行った所、接合抵抗が光パルスにตอบสนองして段階的に変化する事が分かった^[2] (Fig. 1)。接合電流値（伝導度）は光パルス数に比例し、1パルス毎に ~ 14 nA 増加（抵抗値は減少）した。また、光照射後の抵抗値はそのまま不揮発的に保持された。これらの結果は、VG/ダイヤモンド接合がパルス光により段階的に抵抗値を切替えて保持可能な多値光記憶デバイスとなる事を示唆している。

一方、CVD 成長条件を変えて作製した VG/ダイヤモンド接合で上記とは異なる光記憶特性が現れた。この接合では照射した光パルス数に応じて抵抗保持（記憶）時間が変化し、パルス数大で光記憶保持時間が大きく増加した (Fig. 2)。記憶（接合伝導度）の減衰特性は、 $\Delta G(t)/\Delta G_0 = \exp[-(t/\tau)^\beta]$ 型の減衰関数で良く記述でき、緩和時間 τ は低パルス数 ($< \sim 4$) と高パルス数 ($> \sim 7$) で 2 桁程度変化する事が分かった (Fig. 2 inset)。これらの結果は VG/ダイヤモンド接合が、光刺激の強弱（光パルス数、周波数等）により接合の光記憶保持特性が可塑的に変化（短期 $\leftrightarrow$ 長期記憶）する脳型の光記憶素子になり得る事を意味しており、将来的に、光刺激の強弱に応じて情報の記憶が選択的に行われる新型の脳型光情報処理デバイスの開発に繋がると思われる。

Ref. [1] K. Ueda et al., J. Mater. Res. 34 (2019) 626., [2] K. Ueda et al, Appl. Phys. Lett., 117 (2020) 092103.

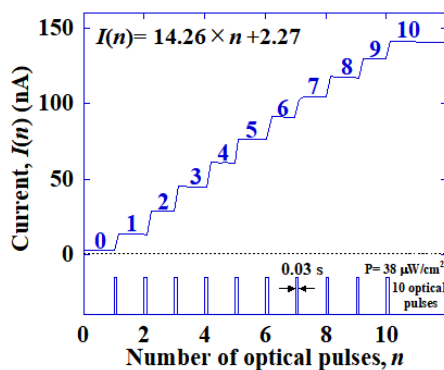


Fig. 1: Time dependence of output current for the VG/diamond junctions with optical pulses (38 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 30ms, 1Hz).

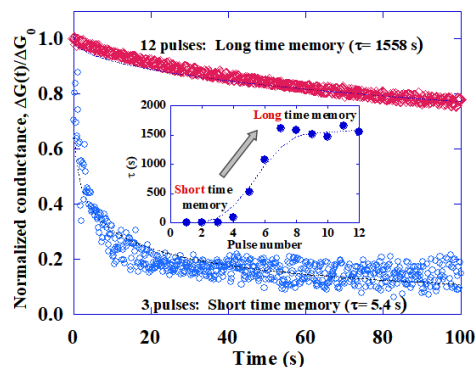


Fig. 2: Pulse number dependence (80 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 50ms, 0.05Hz) of conductance decay and relaxation time (τ) for the VG/diamond junctions.