

カーボンナノウォール/ダイヤモンド接合における光誘起巨大伝導度変調

Large photoconductivity change in carbon nanowalls/diamond heterojunctions

名大院工, °伊藤 秀治, 植田 研二, 浅野 秀文

Nagoya Univ., °H. Itou, K. Ueda, H. Asano

E-mail: itou.hideharu@g.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】 グラフェンとダイヤモンドはその優れた物理特性から、次世代電子デバイス材料として期待されているが、近年、グラフェンとダイヤモンドの両者を組み合わせた炭素 sp^2/sp^3 界面が新しい物理現象の発現や新規デバイス創製の源になり得るとして期待されている。例えば、Konabeらは垂直配向グラフェン/ダイヤモンド接合界面で多重励起子生成に起因した高効率光電変換が生じると理論予測しており[1]、さらに Shiga らもグラフェン/ダイヤモンド界面において磁性イオン無しでもスピン偏極が生じると理論予測している[2]。しかし、これらの興味深い理論予測にも関わらず垂直配向グラフェン/ダイヤモンド接合に関する実験報告は無い。そこで本研究で我々は、炭素 sp^2/sp^3 界面を利用した新規デバイス応用に向け、垂直配向グラフェン (CNW: カーボンナノウォール) /ダイヤモンド接合を作製し、その光伝導度特性について詳細に調査したので報告する。

【実験】 マイクロ波プラズマ CVD 法によりダイヤモンド(100)基板上にダイヤモンド半導体薄膜([B]: $\sim 10^{16} \text{cm}^{-3}$, $\mu = \sim 1000 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ @R.T.)を成長後、in-situ で CNW を成長した。その後、これらの二層膜を用いて CNW/ダイヤモンドヘテロ接合を作製しその電気特性について調査した。

【結果】 ダイヤモンド半導体上に作製したカーボン薄膜の SEM 像でウォールライクな構造が観察された。また、ラマン分光測定の結果から、グラフェン構造に起因する 2 つのピーク (G: $\sim 1580 \text{cm}^{-1}$, 2D: $\sim 2700 \text{cm}^{-1}$) とグラフェン端に起因する D ピーク (1350cm^{-1}) に加え、CNW に特有の D' ピーク ($\sim 1620 \text{cm}^{-1}$) が観測された (Fig. 1)。これらの結果から、ダイヤモンド半導体上に CNW が成長していることが分かった。CNW/ダイヤモンドヘテロ接合の電流-電圧(I-V)特性は RT $\sim 150^\circ\text{C}$ の温度範囲でオーミック的な特性を示したが、白色光の照射により整流性が現れた。整流比は温度の上昇と共に増加し、 150°C で $\sim 10^4$ となった。そこで様々な波長の光照射下で I-V 測定を行った所、青 $\sim$ 紫色光の照射でのみ大きな光伝導度変化が現れ、赤 $\sim$ 緑色光の照射では変化が生じない、即ち波長選択性がある事が分かった。青色光を $\pm 10\text{V}$ のバイアス時に 30s のみ照射して測定した I-V 曲線を Fig. 2 に示す。履歴のある I-V 特性が現れ、素子の抵抗状態が正バイアスと青色光照射で高抵抗状態(HRS)から低抵抗状態(LRS)へ、負バイアスと青色光照射では LRS $\rightarrow$ HRS となった。この結果は光照射とバイアス極性制御により素子の抵抗状態が可逆的に切り替えられる事を意味している。また抵抗状態が切り替わった後はそのまま保持される、即ち、揮発性記憶機能を有することも明らかとなった。これらの結果は CNW/ダイヤモンド接合がバイアス+光によるスイッチングと不揮発性記憶機能を併せ持つ新規受光-記憶デバイスとなり得ることを示唆している。

Ref.: [1] S. Konabe et al., APEX 6 (2013) 045104. [2] T. Shiga et al., Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 233101

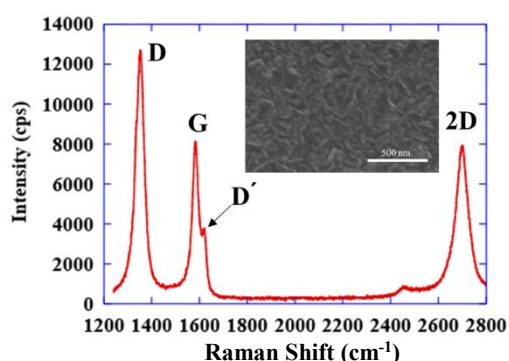


Fig. 1 Raman spectrum of the CNW on diamond formed by microwave plasma CVD. The inset shows the SEM image of the CNW.

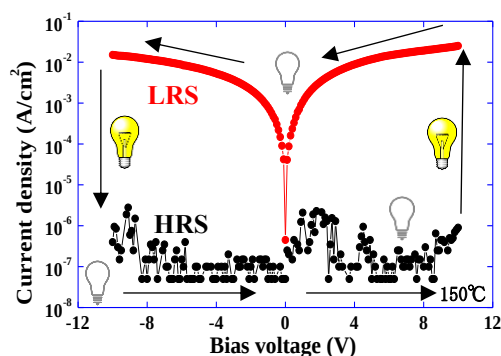


Fig. 2 I-V of CNW/diamond junctions under blue light irradiation at $\pm 10\text{V}$ for 30s.