カーボンナノウォール/ダイヤモンドヘテロ接合の作製と電気特性

Fabrication of carbon nanowalls/diamond heterojunctions and their electronic properties

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。それに加え近年、グラフェン、ダイヤモンド単体のみならず、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や新規デバイス創製の源になり得るとして注目を集めている。一例としてダイヤモンドと垂直配向グラフェンの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ことが理論予測されている[1]。また我々も近年、グラフェン/ダイヤモンドヘテロ接合が光メモリスタとなることを初めて見出した[2]。この様に炭素 sp^2/sp^3 界面を用いることで優れた物理特性が発現し、新規デバイスの作製に繋がる可能性が高いと思われる。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、ダイヤモンド/垂直配向グラフェン(カーボンナノウォール(CNW))接合を作製し、その電気特性を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/CNW 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 像で長さが 1 μm、幅が数十 nm 程度の多数の米粒状の構造物が観察された(Fig. 1 inset)。また、このダイヤモンド上のカーボン薄膜についてラマン分光測定を行った結果、グラフェンに起因する 2 つのピーク(G:~1580 cm^{-1}、2D:~2700 cm^{-1})と D ピーク(1350 cm^{-1})が観測された(Fig. 1)。ここで D、G ピークの強度比(I_D/I_G)は 1.3 となったが、(I_D/I_G)は面内のグラフェン結晶粒サイズと関連しており、粒径は~15 nm と見積もられた。さらに G ピークの肩に CNW に特有の D′ピーク(~1620 cm^{-1})が観測された。これらラマン及び SEM 測定結果からマイクロ波プラズマ CVD 法により、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/ダイヤモンド半導体ヘテロ接合の電流-電圧（I-V）測定で、室温から 200℃までは整流性のないオーミック的伝導を示したが、250℃で整流性が現れ、整流比は~10^3 となった(Fig. 2)。また整流性が現れなかった RT~200℃の温度領域でも白色光を照射することで整流性が現れた（整流比 ：~10^2）。CNW/ダイヤモンド半導体接合の光・熱誘起伝導度変化のメカニズムについては現在調査中であるが、光照射下でのバイアス印加に伴うグラフェン層の酸化/還元が伝導度変化に重要な役割を果たしていると考えている。

Ref.: [1] S. Konabe et al. APEX 6 (2013) 045104. [2] K. Ueda et. al, Appl. Phys. Lett., 108(2016)222102.

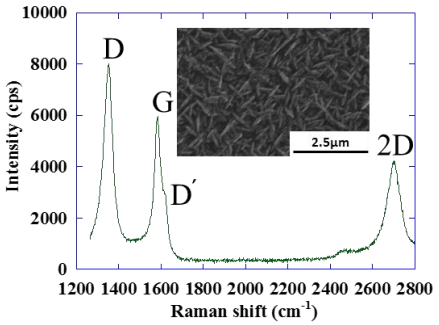

Fig. 1 Raman spectrum of the CNW on diamond formed by microwave plasma CVD. The inset shows SEM image of the CNW.

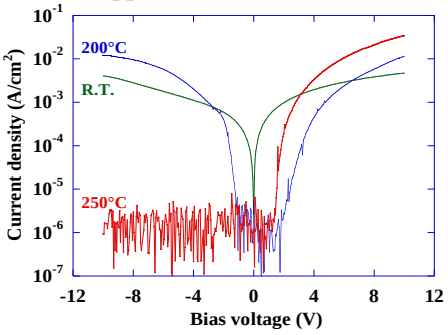

Fig. 2 Temperature dependence of current-voltage characteristics of the CNW/diamond heterojunction.