

高濃度ドーピングによる CNT/SiC 界面の接触抵抗の低減

Reduction of the contact resistivity at CNT/SiC interface by heavy doping

早稲田大理工¹, 名古屋大エコトピア研², [○]鈴木和真¹, 稲葉優文¹, 渋谷恵¹,明道三穂¹, 平岩篤¹, 増田佳穂², 乗松航², 楠美智子², 川原田洋¹Waseda Univ.¹, Nagoya Univ.², [○]Kazuma Suzuki¹, Masafumi Inaba¹, Megumi Shibuya¹, Miho Myodo¹,Atsushi Hiraiwa¹, Yoshiho Masuda², Wataru Norimatsu², Michiko Kusunoki², Hiroshi Kawarada¹

E-mail: gloria-274@asagi.waseda.jp

1. CNTフォレストのSiCパワーデバイス応用

SiC表面分解法^[1,2]で作成した高密度垂直配向CNTs (CNT on SiC) は、 $\sim 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ もの非常に高い本数密度の稠密なCNTフォレストであり、その高い熱伝導率と併せて、CNTを高電流密度用電極として用いる場合に理想的である。CNT/SiC界面の接触抵抗の評価がパワーデバイスへのCNTフォレスト電極応用に不可欠である。今回、 10^{18} cm^{-3} 程度の窒素高濃度ドーピングSiCとCNTとの接触抵抗とSchottky障壁を調査したので報告する。

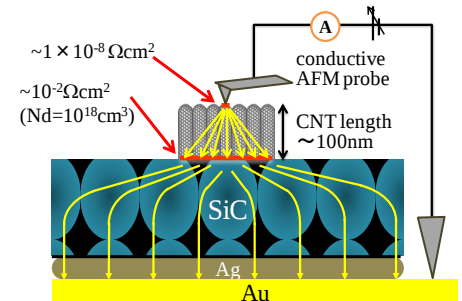


図1 測定系と電流模式図

2. CNT/SiC 界面の接触抵抗評価

n型4H-SiC基板(抵抗率: $4 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$)を 10^{-2} Pa 程度の真空中で 1700°C で加熱してCNT on SiCを形成し、図1のような測定系にて電気測定を行った。一般にCVD法による垂直配向CNTフォレストは伝導率の異方性が高く、水平方向にはCNT-CNT間の隙間で電気伝導率が低い。しかし、CNT on SiCは稠密なCNTフォレストであり、CNT-CNT間にグラファイトシートが存在するために軸に垂直な方向にも比較的高い伝導率を持つためCNTフォレストの水平方向にも伝導する。このため、伝導面積を変化して抵抗測定することでCNT-SiCの接触抵抗成分を分離することができる。図1の抵抗値と伝導面積の逆数の関係からCNT/SiC界面の接触抵抗を見積もり、これを図2にCNT長毎にプロットした。CNT長が増加するにつれて接触抵抗が増加するように見えるが、CNT on SiCの場合、CNTが長く成長すると、CNT/SiC界面で界面に平行なグラファイト層(図2右側)が形成されるためと考えられる。

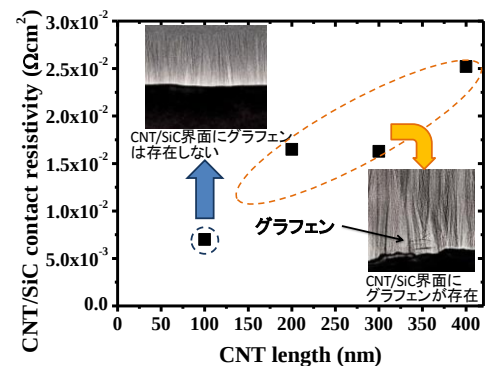


図2 CNT/SiC 界面の接触抵抗とCNT長の関係

導電性AFMによる電流-電圧測定からSiC基板のドーパ濃度ごとの接触抵抗を評価したところ、CNT/SiC界面の接触抵抗はドーパ濃度 $\sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のとき $\sim 1 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}^2$ 、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のとき $\sim 3 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}^2$ と見積もられた。式(1)に接触抵抗のSchottky障壁高さとドーパ濃度に対する依存性を示す。

$$R_c = \frac{k\sqrt{E_{00}} \cosh(E_{00}/kT) \coth(E_{00}/kT)}{A^{**} T q \sqrt{\pi} q(\phi_{Bn} - \phi_n)} \exp \left[\frac{q(\phi_{Bn} - \phi_n)}{E_{00} \coth(E_{00}/kT)} + \frac{q\phi_n}{kT} \right] \dots (1)$$

この理論曲線と基板のドーパ濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のときの接触抵抗

をプロットしたものが図3である。基板の窒素ドーパ密度が増加するとSchottky障壁が薄くなりトンネル電流が増加し、CNT/SiC界面の接触抵抗は減少する。今回得られた2点の接触抵抗は式(1)にてSchottky障壁高さ0.5 eVでフィッティング(実線)される。この障壁高さはSiCでは非常に低いものであり、CNTがドーパ濃度 10^{19} cm^{-3} 以上の4H-SiCで良好なオーミック電極になり得ることを示している。

1. M. Kusunoki et al., Appl. Phys. Lett. 77, 531 (2000)

2. M. Kusunoki et al., Appl. Phys. Lett. 87, 103105 (2005)

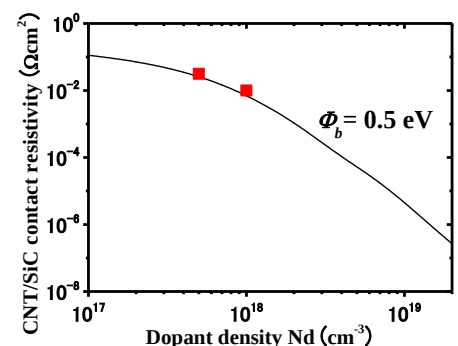


図3 CNT/SiC 界面の接触抵抗とSiC基板の窒素ドーパ濃度の関係