

グラフェン接触による カーボンナノチューブトランジスタの電気特性の向上

Electrical Characteristic Improvement of Carbon Nanotube Transistor with Graphene Contacts

○潮海麻生、中田尚吾、今北悠貴、望月裕太、有江隆之、秋田成司、竹井邦晴（大阪府立大学）

○M. Shiomi, S. Nakata, Y. Imakita, Y. Mochizuki, T. Arie, S. Akita, K. Takei (Osaka Pref. Univ.)

E-mail: shiomi-4@pe.osakafu-u.ac.jp

【はじめに】 グラフェンやカーボンナノチューブ (CNT) などのナノカーボンが高い移動度や特異なバンド構造を持つ物質として注目されている。本研究ではグラフェンのバンド構造を応用することにより、高い性能を有するカーボンナノチューブネットワークトランジスタの開発を目指す。

【試料構造】 基板に $\text{SiO}_2/\text{n}^+\text{-Si}$ を用いたグローバルバックゲート型 CNT ネットワーク薄膜トランジスタ (CNT-TFT) を作製した (図 1)。電子ビーム蒸着により堆積した Cr/Au 電極上に CVD 成長させた単層グラフェンを転写・成形した。次に、99%半導体 CNT 分散溶液を塗布及び化学吸着させたのち、リフトオフによりグラフェンと重なるように成形した。最後に原子層堆積法 (ALD) により Al_2O_3 を 50 nm 堆積させた。比較のため、グラフェンの無い金属電極のみの CNT-TFT も作製した。測定は大気中で行った。

【結果と検討】 図 2 にグラフェンの有無による CNT-TFT の伝達特性を示す。ALD プロセスにより CNT-TFT 表面の水分子等が除去されアンビポーラ特性が観察された。図 2 の結果から、p 型及び n 型特性共にグラフェンが挿入されたデバイスにおいてオン電流が増大しているのがわかる。ピーク電界効果移動度を算出すると、グラフェン有の場合、p 型特性が $7.0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、n 型特性で $1.2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であった。ここで、グラフェンが無い場合の移動度は、p 型特性が $0.47 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、n 型特性で $0.37 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、グラフェンを挿入することで移動度が大幅に向上した。本特性向上は、電極/チャネル間のバンドアライメントによって説明される。金属電極ではフェルミ準位が固定されるため一定のコンタクト抵抗が存在してしまう。一方グラフェンのフェルミ準位は電界効果により容易に変化するため、CNT の価電子帯・伝導帯端にフェルミ準位が近づき、p 型及び n 型特性共にショットキー障壁が低くなったと考えられる。これによりコンタクト抵抗が小さくなり、移動度が大幅に向上したと考えられる。

【まとめ】 本研究では、CNT-TFT の特性向上に向け、グラフェンの特異なバンド構造を用いることを提案し、実際に電界効果移動度を大幅に向上することが確認できた。

【謝辞】 本研究は、科研費 (17H04926) 及び東電記念財団の補助によって実施された成果です。

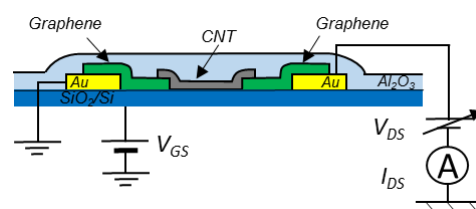


図 1 作製したバックゲート構造の CNT-グラフェントランジスタの模式図。

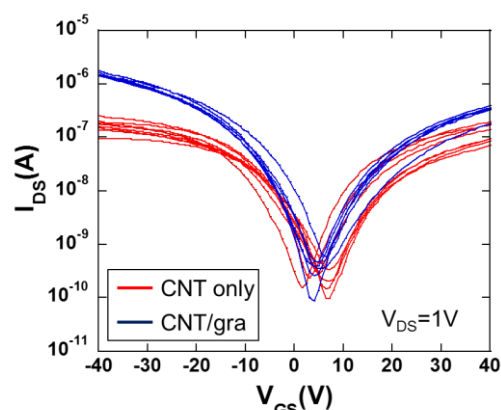


図 2 グラフェン電極の有無 (CNT only: グラフェン無し, CNT/gra: グラフェン有り) による CNT トランジスタの I_{DS} - V_{GS} 特性。