

※課題番号 : F-12-NU-0033
※支援課題名 (日本語) : 極微細カーボンナノチューブデバイスの作製
※Program Title (in English) : Fabrication of ultra-small carbon nanotube devices
※利用者名 (日本語) : 大野雄高
※Username (in English) : Yutaka Ohno
※所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科
※Affiliation (in English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

※概要 (Summary) :

カーボンナノチューブ電界効果型トランジスタ (CNFET) のゲート絶縁膜界面に生ずる界面電荷について調べ、Au 電極や SiO₂ 基板との界面付近に高濃度の正電荷が偏在することを見出した。また、これらの界面電荷が CNFET の特性に及ぼす影響について調べ、主に Au 電極とゲート絶縁膜との界面に存在する電荷が CNFET の伝導型極性を変化させることを明らかにした。

※実験 (Experimental) :

CNFET において、ゲート絶縁膜はソース・ドレイン電極や SiO₂/Si 基板、CNT と界面を形成する。今回は、電極や SiO₂/Si 基板とゲート絶縁膜の界面の影響に着目した。これらの界面を調べる試料として、Au 電極上および SiO₂/Si 上に HfO₂ を堆積した構造を準備した。試料の作製には、電子線描画装置、電子線蒸着装置、反応性イオンエッチング装置などを用いた。界面電荷の解析はケルビンプローブフォース顕微鏡 (KFM) を用いて真空中にて行った。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

Au 上に HfO₂ を堆積した試料において、HfO₂ 表面の電位は Au 表面の電位より約 1 V 高く測定され、HfO₂ 中もしくは Au と HfO₂ の界面に正の電荷が存在することを示した。また、SiO₂ 上に HfO₂ を堆積した試料についても同様に正の表面電位が測定された。

HfO₂ 膜の厚さ方向の電荷分布を調べたところ、Au 電極上に堆積した HfO₂ の場合、Au との界面から 10 nm 程度の領域にかけて正電荷が偏在していた。SiO₂ 上に堆積した HfO₂ の場合も、Au 電極上の場合と同様の傾向が見られたが、1 モノレイヤの HfO₂ を堆積した場合においても、~0.4 V の内蔵電位が現れた。これは、HfO₂ と SiO₂ の界面にダイポールが存在すること

を示唆している。

KFM から見出した絶縁膜界面近傍の電荷が CNFET の特性に及ぼす影響について、デバイスシミュレーションにより調べた。チャンネルへのキャリア注入に関わるショットキ障壁は、主に電極と絶縁膜の界面に導入される電荷によって変調されることが分かった。

※その他・特記事項 (Others) :

Y. Ohno, "[Tutorial] Physics and Devices of Nanocarbon Materials", MRS Spring Meeting, 2012.04.09, San Francisco.

論文・学会発表

(Publication/Presentation) :

1. K. Suzuki, Y. Ohno, S. Kishimoto, and T. Mizutani, "Investigation of Interface Charges of High-k Gate Dielectrics and Their Effects on Carbon Nanotube Field-Effect Transistors", Appl. Phys. Exp. 6, 024002-1-4 (2013).
2. 大野雄高, 「[招待講演] CNT FET-ゲート絶縁膜界面と特性制御-」, 固体材料における電界効果の物理と応用の進展 -第 4 回若手ミニワークショップ-, 2012.08.25, 仙台, 1.
3. 大野雄高, "第 3 篇 ポストシリコン・トランジスタとゲート絶縁膜 第 1 章 カーボンナノチューブ電界効果型トランジスタのゲート絶縁膜", ナノエレクトロニクスにおける絶縁超薄膜技術~成膜技術と膜・界面の物性科学~ エヌ・ティー・エス, 139-151 (2012).