

課題番号 : F-13-NU-0032
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : カーボンナノ物質の成長制御と電子源応用
Program Title (English) : Growth Control of Nanocarbon Material and Application to Electron Source
利用者名 (日本語) : 齋藤 弥八, 安坂 幸師, 中原 仁,
Username (English) : Y. Saito, K. Asaka, H. Nakahara
所属名 (日本語) : 名古屋大学大学院 工学研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

1. 概要 (Summary)

TiO₂ はカーボンナノチューブ (CNT) よりも仕事関数が低く、またワイドバンドギャップを持つことから、TiO₂ を CNT に蒸着することにより、CNT からの電界放出の閾値電圧の低減と電流安定性の効果が期待できる。電界放出中の CNT や TiO₂ の挙動を透過電子顕微鏡 (TEM) その場観察することにより、以下の結果を得た。1) TiO₂ の膜厚の増加とともに、電界放出の閾値電圧が増大した。2) 放出電流の安定性に関しては、TiO₂ の蒸着により、ステップ状の大きな電流変動は無くなったが、小振幅の高周波の変動が増加した。3) 放出電流密度が $\sim 10^7 \text{A/cm}^2$ 以下では TiO₂ に形状の変化はなかった。

2. 実験 (Experimental)

本研究に用いた CNT はアーク放電法により作製した多層 CNT である。CNT の電極への固定は、次の2つの方法を用いた。1つは、走査電子顕微鏡中でナノマニピュレータを用いて、1本の CNT をタングステン (W) 針の先端に電子ビーム誘起蒸着 (EBID) 法により接着する。第2の方法は、誘電泳動法により金箔の端に複数本の CNT を固定する。同一の CNT エミッタに対して、TEM 中での電界放出 (FE) 実験と TiO₂ の蒸着を繰り返して行った。TiO₂ の蒸着はベンチャービジネスラボラトリーの電子ビーム蒸着装置により、膜厚 0.3nm から 1.8nm の範囲で行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

室温の CNT 表面に蒸着された TiO₂ はアモルファスで CNT をコンフォーマブルに被覆していた。TiO₂ の膜厚が増加するとともに、電界放出の閾値電圧が増大した。これは、TiO₂ の膜厚の増加に伴い、CNT エミッタの先端の曲率半径が増加し、電界増強因子が減少したためと考えられる。TiO₂ の蒸着により、放出電流のステップ状の大きな電流変動は無くなったが、小振幅の高周波の変動が増加した。ステップ状の放出電流変化は、残留ガス分子の CNT 表面での吸脱着によるものである。これがなくなり、小振幅の高周波の変動が起きたことは、CNT 表面に比べ、アモルファス TiO₂ の表面状態の変化が激しく起こっているが、その変化が電界放出電流の変動に与える効果はそれほど大きくないことを示している。放出電流密度が $\sim 10^7 \text{A/cm}^2$ 以下では CNT 表面上の TiO₂ の形状に変化はなかった。この電流密度におけるジュール加熱による CNT の温度上昇は数百 K 程度であったと見積もられる。

4. その他・特記事項 (Others)

なし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。