

カーボンナノチューブ薄膜電極の絶縁破壊に伴う 薄膜表面モルフォロジの変化

Changes of Carbon Nanotube Film Morphologies Induced by Discharge Breakdown

○水嶋 悠貴, 古松 佑介, 佐藤 英樹 (三重大院工)

○Yuuki Mizushima, Yusuke Komatsu, Hideki Sato (Mie Univ.)

E-mail: sato@elec.mie-u.ac.jp

【はじめに】 カーボンナノチューブ (CNT) はナノサイズの先端曲率半径を有する高アスペクト比形状のため、比較的低い印加電圧でその先端に高電界が発生する。そのため、CNT を薄膜状に塗布した電極を用いることで、電極間に容易に絶縁破壊を発生させることが可能である。この現象は、ガスセンサや微細加工、空気清浄などに利用可能と考えられる。本研究では、より低印加電圧で高効率に絶縁破壊特性を発生させることが可能な CNT 薄膜電極を作製することを目的として、金属基板表面に CNT 薄膜を形成した電極サンプルの Ar ガス中における絶縁破壊特性を調べた。その結果、CNT 薄膜塗布電極による絶縁破壊現象は、その電界放出特性と強い相関を有することを確認した[1]。その絶縁破壊特性をさらに詳細に調べたところ、ある特定の条件において絶縁破壊に伴い CNT 薄膜のモルフォロジが大きく変化することを見出したので報告する。

【実験】 CNT 薄膜試料として、SUS304 基板上に熱 CVD 法により直接成長させたものを用いた。この基板を絶縁破壊特性測定装置の陰極側に取り付け、装置内を排気後、Ar ガスを所定の圧力 ($p=10\sim1.0\times10^5$ Pa) まで導入した。その後、陰極-陽極間隔を一定間隔に設定 ($d=0.025\sim1.000$ mm) の範囲の値に設定したのち、電極間に直流電圧を印加し、絶縁破壊電圧 (V_d) を測定した。測定後の試料について SEM を用いて表面モルフォロジの観察を行った。

【結果と考察】測定時の圧力 (p) と電極間距離 (d) の積 (pd) に対して絶縁破壊電圧 (V_d) をプロットしたグラフを図 1 に示す。この図で見られる V_d - pd 特性は、一般的に知られているパッシェンの法則に従う特性とは異なる様相を呈している。 pd が概ね 1×10^4 より大きい領域では火花放電が観られ、これより小さい領域ではグロー放電が観られた。火花放電が発生した後の CNT 薄膜表面の SEM 観察像を図 2 に示す。放電前は平坦なモルフォロジであったのに対し、放電後は起伏の激しいモルフォロジに変化している。このとき CNT は基板垂直方向に束状に起毛していることが確認できる。このようなモルフォロジ変化は火花放電が起こったときに観られ、グロー放電が起こった場合には観られなかった。このモルフォロジ変化は、放電が CNT 薄膜上で局所的に発生し、ここにイオン化された Ar ガスが集中的に入射することにより生じると考えられる。

【謝辞】 本研究は科学研究費補助金 (No.25390030) および村田学術振興財団の助成を受けて行われた。

[1] 古松 他, 2015年 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 16a-PA2-57.

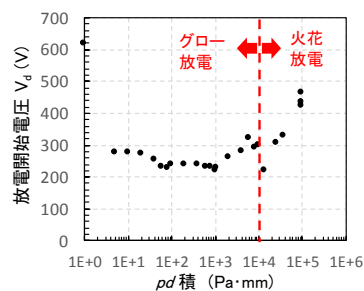


図 1: 絶縁破壊電圧 (V_d) の pd 積依存性

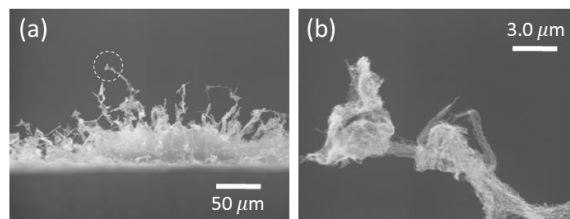


図 2. 絶縁破壊電圧測定後の CNT 薄膜電極の SEM 観察像 (a) 低倍像, (b) 高倍像