電気二重層キャパシタ用カーボンナノチューブ/ Cu 電極の作製と評価

Synthesis and Evaluation of Carbon Nanotubes / Cu Composite Electrode for Electric Double-Layer Capacitors

豊田工大 °原 正則，池田 義仁，吉村 雅満
Toyota Technological Institute, °Masanori Hara, Yoshito Ikeda, Masamichi Yoshimura
E-mail: haram@toyota-ti.ac.jp

【緒言】電気二重層キャパシタ（EDLC）は，急速充放電が可能であり，電極上での化学反応がないため、長寿命かつ低環境負荷といった利点を有する蓄電デバイスである[1]. EDLC の蓄電には電極表面のみが利用されるため，エネルギー密度の向上には高い表面積を持つ電極の開発が必要となる．カーボンナノチューブ（CNT）は，高いアスペクト比により大きな比表面積を示すため，EDLC の新規な電極材料として期待されている．垂直配向 CNT の合成には，これまで主に担持層として絶縁体である Al_2O_3 が用いられているが[2], EDLC には導電性の担持層が必要となる. 本研究では，導電性の Cu 電極上に垂直配向した CNT（以下 CNT/Cu）を合成し，静電容量の評価を行った.

【実験】CNT/Cu 電極は，拡散防止層として Cr を 50 nm スパッタ蒸着した Cu 基板上に，アークプラズマ蒸着法にて Co 触媒膜を 2 nm 蒸着した後，エタノールを炭素源としたアルコール触媒化学気相成長（ACCVD）法により 550 ℃で 10 分間 CNT の合成を行い作製した．合成した CNT の構造観察は走査型電子顕微鏡（SEM），静電容量の測定はクロノアンペロメトリー法により行った．電極には 1 cm^2 の Cu および CNT/Cu を，電解液には 0.01 M NaOH + 0.5 M Na_2SO_4 溶液を用いた.

【結果】Fig. 1 に, Cu 基板上に合成した垂直配向 CNT 膜の SEM 像を示す．Cr 層を Cu 基板上に作製することで，直径 12 nm，長さ約 1 μm，密度 4.5 x 10^{11} 本/cm^2 の垂直配向 CNT の合成に成功した．これは Cr 層により，Co 粒子の Cu 基板内への拡散が抑制されたためと考えられる.

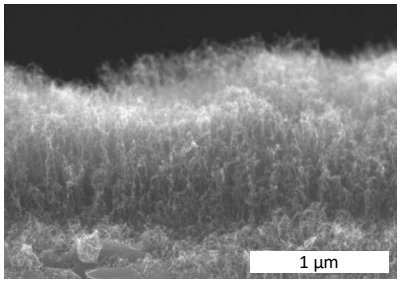

Figure 1 Cross sectional SEM image of CNT/Cu synthesized by ACCVD.

Fig. 2 にクロノアンペロメトリー法により計測した 0.01 M NaOH + 0.5 M Na_2SO_4 溶液中における Cu および CNT/Cu 電極の静電容量を示す．電位を−0.2 V vs Ag/AgCl から−0.5 V にステップした際の充電容量は, Cu 電極上では 0.04 mF cm^{-2}, CNT/Cu 電極上では 1.03 mF cm^{-2} であり，Cu 表面を垂直配向 CNT で修飾した CNT/Cu 電極では静電容量が 26 倍に増加することが分かった．これより，垂直配向 CNT 修飾による電極表面積の向上により，EDCL として高い性能を有する電極が作製できることが示された.

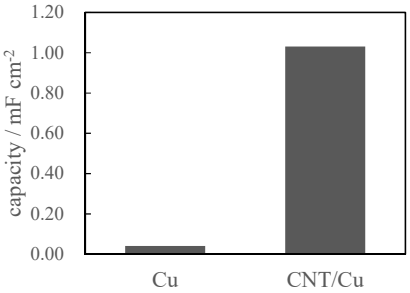

Figure 2 Capacities obtained on Cu and CNT/Cu electrodes in 0.01 M NaOH + 0.5 M Na_2SO_4. Potential step: -0.2 V to -0.5 V vs. Ag/AgCl.

【参考文献】 1) V. V. N. Obreja, Physica E 40 (2008) 2596.
2) C. Masarapu, B. Wei, Langmuir 23 (2007) 9046.

© 2019年 応用物理学会