

鉄内包カーボンナノチューブの磁気特性の 酸化ニッケル触媒膜厚依存性

Effect Oxidized Nickel Catalyst Film Thickness on Magnetic Properties of Iron-filled Carbon Nanotubes

三重大院工 °飯田望, 佐藤英樹, 藤原裕司

Mie Univ., °Nozomi Iida, Hideki Sato, Yuji Fujiwara

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

【背景及び目的】鉄内包カーボンナノチューブ(Fe@CNT)は, CNT 空洞部分に強磁性体である鉄を内包させた CNT である。内包された鉄ナノワイヤは高アスペクト比形状に起因する大きな形状磁気異方性のため, 室温で著しく高い保磁力を示す[1]。さらに, CNT に内包された鉄ナノワイヤは, グラファイト層に保護されることにより酸化および腐食に対して高い耐性を示す。これらの特性により, Fe@CNT はフレキシブル磁石をはじめとした様々な磁気応用へ適用可能であると期待できる。本研究では, Fe@CNT の磁気特性のさらなる向上を目指し, 研究を行ってきた。これまでに, あらかじめ基板上に形成する触媒金属に酸化させたニッケル(Ni)薄膜を用いることで Fe@CNT の保磁力が向上することを見出した[2]。本研究では, 触媒金属として用いる酸化 Ni 触媒薄膜が, この上に成長する Fe@CNT の磁気特性に及ぼす影響を調べた。

【実験手順】SiO₂ 膜(300 nm)付き Si(100)基板上に真空蒸着法により触媒金属として Ni 薄膜(0.5~2.0 nm)を成膜後, これを大気中にて 300 °C で 60 分間強制酸化させ CNT 成長用基板とした。前駆体として使用するフェロセン[Fe(C₅H₅)₂]を, Ar ガス雰囲気下にて 200 °C で 2 時間加熱して昇華させた。その後, 基板を CVD リアクタに導入し, 1 atm の Ar 雰囲気下で 815 °C まで昇温させた後, キャリアガスとして Ar を 120 sccm 流し, 昇華したフェロセンを導入し Fe@CNT の成長を行った。

【結果及び考察】基板上に成長した Fe@CNT の SEM 断面観察像を図 1 に示す。基板に対して垂直配向した Fe@CNT の成長が確認できる。図 2 は, Fe@CNT の成長方向(基板垂直方向)の保磁力の Ni 触媒膜厚依存性を示す。Ni 触媒 1.0 nm のときに保磁力が最大になった。そのときの平均保磁力は 2.07 kOe, 最大保磁力は 2.20 kOe であった。XRD により, 成長した Fe@CNT に内包される金属の結晶構造を調べた結果を図 3 に示す。測定した全ての条件において, γ -Fe (111), (200) 及び α -Fe (110), (211)のピークが見られる。保磁力が最大となった酸化 Ni 1.0 nm において, γ -Fe (111)のピーク比が大きくなっている。これより, γ -Fe の相対存在量が保磁力に影響を与えると考えられる。

【謝辞】本研究は科学研究費補助金(No. 16K04899)の助成を受けて行われた。

[1] H. Sato *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 52, 11NL03 (2013).

[2] E. Tamaki *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. A 34 (2016) 02D105.

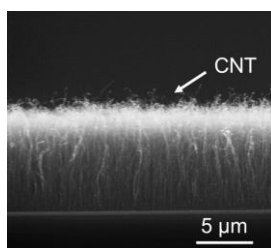


Fig. 1 Cross sectional SEM image of Fe@CNT film grown on SiO₂/Si substrate.

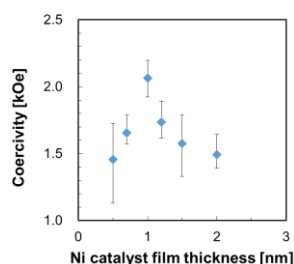


Fig.2 Perpendicular coercivity of Fe@CNTs plotted as a function of oxidized Ni film thickness.

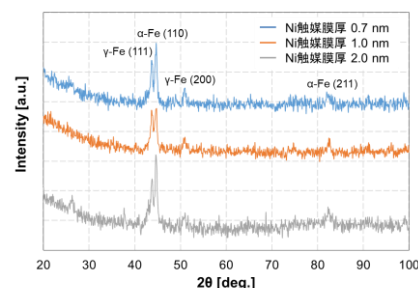


Fig.3 XRD spectra of Fe@CNTs.