

課題番号 P-10

高電気・熱伝導カーボンナノチューブファイバーの開発

[1] 組織

代表者：井上 翼
(静岡大学工学部電気電子工学科)
対応者：三村 秀典
(静岡大学電子工学研究所)

[2] 研究経過

カーボンナノチューブ(CNT)は、炭素原子のみで構成された直径数十ナノメートル程度のチューブ状の分子である。グラフェン構造であるため、電気特性、機械特性及び熱特性などが他の素材に比べて非常に優れているため、これまで多くの基礎研究・応用研究がなされている。

本プロジェクトは、昨年度に引き続き3年目の研究として取り組んだ。本グループでは、これまで全く新規なCNT合成方法を開発してきている。CNTは基板に垂直に配向したアレイ構造であり、10分間の成長時間で1mmに達する高速成長である。この合成技術にはさらに、無限にCNTウェブを引き出せるという大きな特徴がある。CNTウェブとは、CNTが網目状に結合した二次元ネットワーク構造である。このCNTウェブを加工することにより、さまざまな形状の大型CNT構造体を作製可能となる。

本プロジェクトの目的は、これまででないCNTアレイの加工技術と新規CNT構造体の形成、及びその応用技術開発である。これまで、CNTファイバーを熱フィラメントとする熱電子放出源の研究を実施してきた。本年度は、CNTファイバーを軽量高強度電力伝送線として利用するための電気特性向上を目的とした研究を実施した。以下、研究活動状況の概要を記す。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本CNTプロジェクトの最大の特徴であるCNTウェブは、合成したままのCNTアレイ試料の一端をつまみだすだけで容易に形成される(図1)。CNTは引き出された方向に高度配列している。ここでCNT同士はファンデルワールス結合している。このCNTウェブにスピンドルにて撚りを加え、CNTファイバーを作製した。図2に示すように、1mm

以上の長さのCNTを紡績可能であり、CNT同士の強い結合が得られる。このようにして作製したCNTファイバーを図3に示す。化学結合剤を一切使用せずにCNTの長繊維化が可能な技術である。CNTファイバー直径は約50 μm である。



図1 CNTウェブ

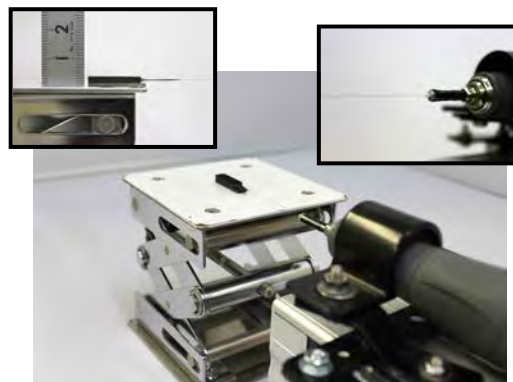


図2 CNTファイバー紡績の様子

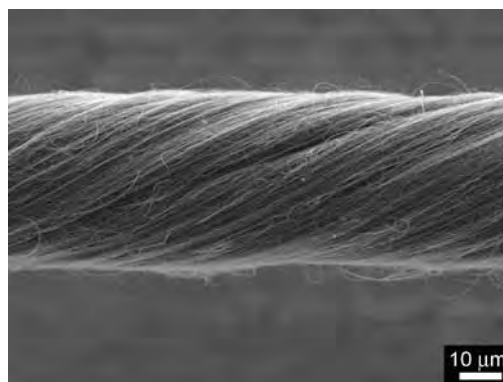


図3 CNTファイバーSEM像

4端子法によりCNTファイバーの電気抵抗率を測定した。アレイから紡績した直後のCNTファイバーでは、抵抗率は0.0008 Ωcm 程度である。また、同ファイバーについて重量密度を測定したところ、0.8g/cm³であった。CNTは層数と内径、及び外径で

重量密度が変化する。単層CNTでは 1.3g/cm^3 程度であるが、直径が大きくなり総数が増加するとグラフアイトの密度 2.25g/cm^3 に近づいていく。したがって、直径 40nm 程度の多層CNTを紡績して作製したCNTファイバーの密度は予想される重量密度より非常に小さいといえる。これは、ファイバー中に多くの空隙を含んでいることを示唆している。この場合、CNTファイバー中において電流はCNT表面を伝搬するため、体積当たりの電流チャンネルが小さく、見かけの抵抗率は大きくなってしまふ。そこで、一旦作製したCNTファイバーにさらに追加で撚りを加える追撚処理を施してCNTファイバー充填率と電気抵抗率の関係を調べた。CNTファイバーの重量密度と電気抵抗率の関係を図4に示す。重量密度が大きくなるほど抵抗率は小さくなった。なお、密度が変化しても抵抗値に変化は見られなかった。このことより、CNTファイバーの体積充填率が変化しても電流チャンネルは変化しないことがわかった。

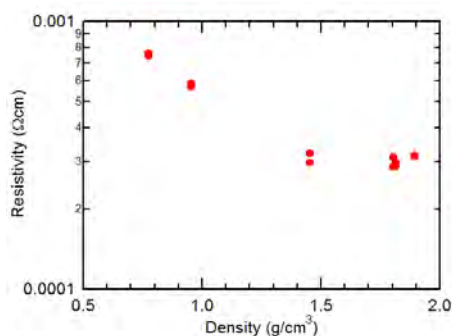


図4 CNTファイバー電気抵抗率の密度依存性

本研究で得られた $0.0003\ \Omega\text{cm}$ という抵抗率は、これまでに報告されているCNTファイバーの電気特性としては非常に小さなものである。追撚処理により、高度配列したCNTが効果的にファイバー中でバックされ、体積あたりの電流チャンネルが増加したことによると言える。

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトは、学外研究者との交流が飛躍的に活性化し、JST 先端的低炭素化技術開発(ALCA)プロジェクトに発展した。CNTファイバーは軽量かつ高強度の繊維素材として応用可能であり、将来的には炭素繊維を置き換える複合材料強化材となることが期待される。また、本プロジェクトで明らかになったCNTファイバーの電気特性、熱特性はCNTをフィラメントとして利用する電子源装置及びX線源デバイスとして今後の発展が期待されている。

[4] 成果資料

- (1) "Mechanical properties of milli-meter-long unidirectional MWCNT-polymer composites", Yoku Inoue, Hidenori Mimura, Yoshinobu Shimamura, 2011 MRS Fall Meeting (Nov/2011), Boston, USA
- (2) "Electrical properties of spun MWCNT fibers ", M. Enomoto, A. Ghemes, M. Okada, H. Mimura and Y. Inoue, 2011 MRS Fall Meeting (Nov/2011), Boston, USA
- (3) "Pulsed thermionic electron emission from CNT fiber filament ", Y. Inagaki, M. Okada, H. Mimura and Y. Inoue, 2011 MRS Fall Meeting (Nov/2011), Boston, USA7.
- (4) "High performance carbon nanotube fibers spun from long multi-walled carbon nanotubes ", A. Ghemes, J. Muramatsu, Y. Minami, M. Okada, Y. Inoue, and H. Mimura, 10th Inter-Academia 2011, (Sep/2011), Sucevita, Romania
- (5) "Tensile Property of Carbon Nanotube Spun Yarn Reinforced Composite", Mikihisa Ishihara, Yoshinobu Shimamura, Keiichiro Tohgo, Tomoyuki Fujii, Yoku Inoue and Junichi Muramatsu, ATEM'11, (Sep/2011), p.38, Kobe, Japan

出張報告

なし