

車載チップ向けナノチューブ/ナノ粒子ペースト複合材料の開発

Composites of carbon nanotubes and sintering metals for vehicle mounted devices

富士通研¹、協立化学² ○廣瀬 真一¹、近藤 大雄¹、小山 優²、乗松 正明¹、鈴木 幸一¹
岩井 大介¹、佐藤 信太郎¹

Fujitsu Labs.¹, Kyoritsu Chem.² ○Shinichi Hirose¹, Daiyu Kondo¹, Yu Oyama², Masaaki Norimatsu¹
Koichi Suzuki¹, Taisuke Iwai¹, Shintaro Sato¹

E-mail: hirose.shinichi@fujitsu.com

カーボンナノチューブ (Carbon nanotube: CNT) は、ダイヤモンド並みの高い熱伝導率[1,2]と従来の配線材料である銅を凌駕する優れた電流密度耐性[3]を有し、次世代の電子材料の候補として期待されている。近年、車載パワーモジュールへの SiC 素子導入に伴い、配線や放熱材料に対する耐熱性の要求が高まっており、接合材料である半田の置き換えとして CNT 適用の可能性が検討されてきた。その一方で、放熱材料としては樹脂に混ぜることでシート化する報告はなされているものの[4]、低い熱伝導性からは本来の特徴を活かしているとは言えず、また樹脂との組み合わせを考慮すると電気特性も期待できない。本研究では、車載用途を想定した高温下での利用を想定し垂直配向した多層 CNT 接合構造を作製し、さらに界面における熱抵抗及び電気抵抗の低減のためナノ粒子ペーストを適用しその効果を検証したので詳細を報告する。

CNT は厚み 300 nm の熱酸化膜付きシリコン基板上に熱化学気相成長 (Chemical vapor deposition: CVD) 法により合成した[5]。CNT 合成には、触媒金属としてアルミニウム薄膜 (1 nm) 及び鉄薄膜 (2 nm) を使用し、CVD 法には合成ガスとしてアセチレン (C_2H_2) とアルゴン (Ar) の混合ガス ($C_2H_2:Ar=1:9$) を用いた。合成温度は 640°C、圧力は 8 kPa であった。基板上に配向成長した CNT シートを電極に見立てた銅ブロック間に接合材として協立化学産業株式会社製のナノ粒子ペースト (銅ないしは銀) を適用し、垂直配向した多層 CNT シートを挟み込むことで界面抵抗を含めた熱特性及び電気特性を評価した。その結果、得られた熱伝導率は 40 W/mK 程度であり、過去に CNT の密度を 3 倍にした場合と比較しても向上していることが分かった[5]。この結果は、ナノ粒子ペーストが接合材として界面抵抗低減に大きく寄与していることを示唆している。図 1 は接合後に銅ブロックを機械的に剥離して観察した多層 CNT シートの先端部分の走査電子顕微鏡像である。多層 CNT シートの上部に銅ナノ粒子由来の接合層が構成されており、同時に表面から数百 nm に渡り粒子状に連なった粒子状の金属部分と CNT が絡んでいる様子からナノ粒子の効果が見て取れる。

また、電気抵抗としても半田よりも低抵抗化可能であることが分かった。詳細は当日報告する。

References: [1] Phys. Rev. B **59** (1999) R2514. [2] Phys. Rev. Lett. **87** (2001) 215502. [3] Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 2941.

[4] ACS nano **5** (2011) 4818. [5] Ext. Abstr. Solid-State Devices and Materials, 2015, p. 454.

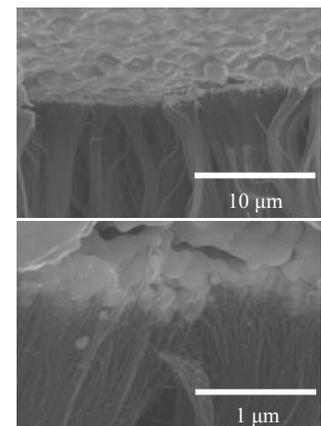


Figure 1 SEM images of vertically-aligned CNTs with Cu sintering metals.