

誘電泳動を用いた金属ナノ材料の組立手法の検討

Examination of the assembly technique of the metal nanomaterials using dielectrophoresis

首都大理工¹, 芝浦工大² ○時田 寛也¹, 内田 諭¹, 佐野 遼², 西川 宏之²TMU¹, SIT², ○Hiroya Tokita¹, Satoshi Uchida¹, Sano Ryo², Hiroyuki Nishikawa²

E-mail: tokita-hiroya@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

ナノ粒子はマクロ材料と比べて比表面積が大きく、高い反応性や活性度を有する。そのため、新たな電子材料や光学素子への応用が進められている[1][2]。特に、カーボンナノチューブ(CNTs)やナノワイヤーは半導体集積回路を含む機能性センサーに用いる基本構成金属材料として期待されている。ボトムアッププロセスにおいてナノ粒子やナノワイヤーを望むべき位置に精密に配置することが必要である[3]。

最近、新たな有効な配置の手段として誘電泳動(Dielectrophoresis: DEP)法が挙げられる。本手法では、簡易かつ低コストでナノ粒子操作を可能とする[4]。一方、著者らは陽子線描画により電極間に誘電体柱(ピラー)を形成した DEP デバイスを試作し[5]、3 次元的な捕集領域の拡大を行ってきた。本報では、これらの知見を元に誘電泳動を用いた高効率な粒子操作及び捕集の実現を目的とし、ナノ材料の組立手法を検討した。

2. 実験材料及び方法

本実験では対象粒子として、平均粒径 100 nm の粉末状銀ナノ粒子および直径 60 nm 長さ 10 μm の銀ナノワイヤーを用いた。粉末状粒子 5.5 mg を 10ml の蒸留水に懸濁した。懸濁時に凝集が発生するため、分散処理として 15 分間の超音波振動を 2 回施した。また、ナノワイヤーのコロイド 20 μl を 10ml の蒸留水に懸濁し試料とした。

本実験装置はDEPデバイス、電気回路系、溶液送液系及び光学計測系として光学計測系で構成した。DEP デバイスは電極基板と流路カバーから成る。基板はギャップ 200 μm の Cr 共面電極である。実験手順として、ナノ材料の捕集状況を観測するため顕微鏡下に DEP デバイスを設置し配置調整した。ナノ材料の懸濁液を DEP デバイス流路内へ送液した。流れが十分に安定した後、正弦波電圧(振幅 10-60 V_{pp}, 周波数 100 kHz または 1 MHz)を印加した。

3. 実験結果

Fig.1 に銀ナノワイヤーの捕集状況を示す。実験条件は電圧 10 V, 周波数 100 kHz, 流量 2 ml/h である。結果

より、電圧を印加してから 10 分後には電極間にナノワイヤーから成るチェーンが形成された。そして 30 分後には形成されたチェーンが集結し径の太いチェーンが組立られる。

Fig.2 にピラー有り電極の捕集状況を示す。流量を 10 ml/h に設定した。結果より、ピラー群全体のみでナノワイヤーを捕集かつ濃縮することができた。また、径の太いチェーンは組み立てられず、電圧を切ると捕集したナノワイヤーは分散し電極に残らず流される。以上のことから、誘電泳動によりナノ材料の配置制御を可能とした。

今後は、誘電泳動によるボトムアップ技術を確立するために捕集したナノワイヤーをボンディングする工夫が必要となる。なお、ナノ粒子については当日の発表で報告する。

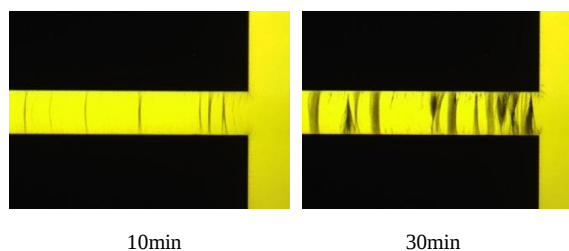


Fig.1. Nanowire trapped by DEP without pillar array

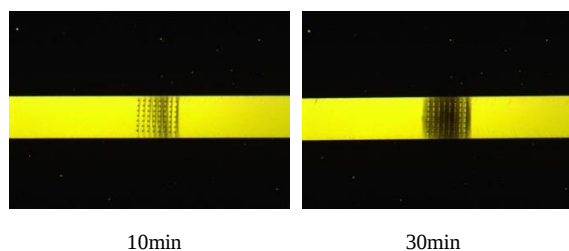


Fig.2. Nanowire trapped by DEP with pillar array

参考文献

- [1] J. Suehiro, *Biomicrofluidics* 4, 022804, (2010)
- [2] K. H. Bhatt, O. D. Velte, *Langmuir*, 20, pp. 467-476 (2004)
- [3] N. Ranjan *et al.*, *Langmuir*, 26, pp. 552-559, (2010)
- [4] H. A. Pohl, *Dielectrophoresis*, Cambridge University Press, (1978)
- [5] Y. Shiine *et al.*, *Microelectronic Engineering*, 87, pp. 835-838, (2010)