

三次元構造誘電泳動デバイスを用いた金属ナノ材料の立体形成

Steric formation of metallic nanomaterials using three dimensional structure dielectrophoretic device

首都大理工¹, 芝浦工大² ○片岡 良介¹, 時田 寛也¹, 内田 諭¹, 佐野 遼², 西川 宏之²
 TMU¹, SIT², °Ryosuke Kataoka¹, Hiroya Tokita¹, Satoshi Uchida¹, Ryo Sano², Hiroyuki Nishikawa²
 E-mail: kataoka-ryosuke@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

特有な性質を有するナノ構造体の組立法として、ナノ粒子を用いたボトムアッププロセスがある。本工程は、機能的で複雑な構造を作り上げるのに適したアプローチであるといえる[1]。ただし、ナノ材料をいかに精密配置できるかが、本工程の進展を決める重要な検討項目である[2]。

最近、効果的な配置手段として誘電泳動 (Dielectrophoresis: DEP) の利用が注目されている。本手法では、簡易かつ安価な物理的粒子操作を可能とする[3]。そこで、著者らはより効果的な DEP 作用を得るため、電極間に誘電体柱 (ピラー) [4]、または誘電体孔 (ピット) [5] を形成した三次元構造誘電泳動デバイスを試作してきた。ピラー型では、立体的な捕集領域の拡大により、ナノ材料の高濃縮及び架橋を可能とした。一方、ピット型では、形状操作及び複合型構造体の作製が容易となり、ナノ材料の集束及び立体形成も実現した。しかしながら、本デバイスでは、ピット外での捕集あるいは捕集粒子が接合されないといった問題があった。

本報では、上記デバイスにおいて印加周波数及び電圧振幅などの電圧パラメータを精査し、誘電泳動を用いたナノ粒子操作の条件設定及びナノ構造体の実作製を検討した。

2. 実験装置及び方法

対象粒子として、平均粒径 100 nm の粉末状銀ナノ粒子を用いた。粉末状粒子 (20 mg) は 2 ml の蒸留水に懸濁した。懸濁時の分散方法として、10 分間の超音波処理を 2 回施した。本実験装置は DEP デバイス、電気回路系および光学計測系で構成した。DEP デバイスは上底面電極基板とシリコンカバーから成る。基板はギャップ 500 μm の ITO 電極である。

実験手順として、懸濁液をシリコンカバー内に充填させた後、正弦波電圧を印加した。そして、DEP デバイスの直上に設置した CCD カメラ付き光学顕微鏡を用いて、銀ナノ粒子群の挙動を撮影した。

3. 実験結果及び考察

Fig.1 に銀ナノ粒子の捕集状況を示す。実験条件は電圧 10-30 Vpp, 周波数 100 kHz である。10 Vpp では粒子が捕集されなかったが、20 Vpp で外側のピット内へ集束した。また、30 Vpp 時に粒子群がピット外で樹状に

成長した。これらは、誘電泳動力 (電界値) が捕集状況に大きく依存することを意味する。すなわち、本誘電泳動デバイスでは電圧パラメータの調整のみで、ナノ粒子の配置制御が可能であることを示した。

なお、その他の条件における捕集状況及び数値解析を用いた検証結果は当日報告する。

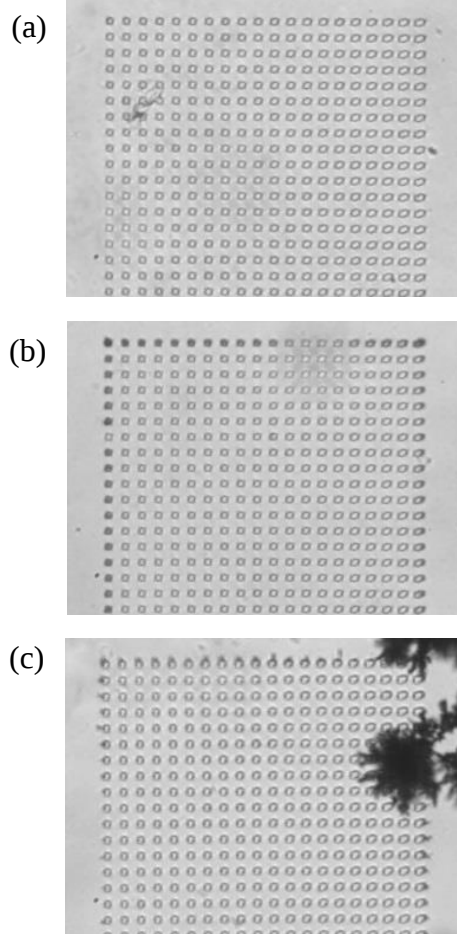


Fig.1. Ag nanoparticles trapped by DEP within pit array
 (a)10 Vpp (30 min), (b)20 Vpp (30 min) , (c)30 Vpp (5 min)

参考文献

- [1] C. Yilmaz *et al.*, *ACS NANO*, **8**, 4547-4558 (2014)
- [2] N. Ranjan *et al.*, *Langmuir*, **26**, 552-559 (2010)
- [3] H. A. Pohl, *Dielectrophoresis*, Cambridge University Press (1978)
- [4] Y. Shiine *et al.*, *Microelectronic Engineering*, **87**, 835-838 (2010)
- [5] C. Yilmaz *et al.*, *IEEE Trans. Nanotech*, **9**, 653-658 (2010)