

ナノ粒子の誘電泳動捕集における構造因子の影響

Influence of the structural factors on dielectrophoretic trapping of nanoparticles

首都大理工, °片岡 良介, 白井 直機, 内田 諭, 朽久保 文嘉

Tokyo Metro. Univ., °Ryosuke Kataoka, Naoki Shirai, Satoshi Uchida, Tochikubo Fumiyoshi

E-mail: kataoka-ryosuke@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

ナノ材料は、マクロ材料に対し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、ナノ材料の自在な配列化が可能となれば、極微細電極や高機能センサの構築に繋がると予想される^(1,2)。

そこで、筆者らは微粒子操作技術として誘電泳動 (Dielectrophoresis: DEP) 法に着目した。誘電泳動とは不均一電界中に置かれた誘電微粒子が、電界勾配に沿って泳動する現象である。誘電泳動力は、電界勾配や駆動周波数に依存する。そのため、粒子の挙動を電氣的に制御することが可能である。また、本手法には簡易かつ低コストで粒子を操作できるといった利点もある。先行研究では、TiO₂ ナノワイヤを誘電泳動によって捕集し、有機蒸気を感知するセンサの研究が行われている⁽³⁾。

本研究の目的は、十分に整理がなされていない多様な形状におけるナノ粒子の誘電泳動特性を検証することである。そこで本報では、基本部材である銀ナノ粒子及び銀ナノワイヤの誘電泳動捕集試験を行った。さらに、粒子捕集数、捕集形及びインピーダンスの変化から泳動捕集の周波数特性を検証した。

2. 実験装置及び実験方法

Fig. 1 に誘電泳動試験に使用した実験装置を示す。本実験装置は DEP マイクロデバイス、電気回路系及び媒質送液系で構成される。DEP マイクロデバイスは電極基板と流路カバーから成る。本報告で使用した電極はギャップ 10 μm の ITO 製くし型電極である。

対象粒子として粒径 100 nm の粉末状銀粒子 (Sigma-Aldrich 製) 及び長さ 10 μm 、直径 60 nm の銀ナノワイヤ (同) を使用した。粉末状粒子は蒸留水に懸濁し、濃度 0.55 mg/ml とした。懸濁時の凝集を防ぐため、分散処理として 30 分間の超音波洗浄処理を施した。処理後に 10 倍希釈を行った。また、粒子径を調整するため、メンブレンフィルタを用いてろ過した。銀ナノワイヤ溶液については、銀ナノワイヤのコロイド 2 μl に蒸留水 10 ml で懸濁した。

実験手順として、ペリスタルティックポンプを用いて懸濁液を流路内に送液した。流量は 10 ml/h とした。次に電極部に正弦波電圧 (15 V, 1 kHz-10 MHz) を印加した。捕集状態は周波数毎に顕微鏡 CCD カメラで観測した。

3. 実験結果及び考察

銀粉末状粒子の捕捉結果を Fig. 2 に示す。10 kHz, または 100 kHz の低周波数帯では、捕集粒子が大きく減少した。本実験条件では、1 MHz における粒子捕集が最大となった。なお、1 kHz 及び 10 MHz での捕集については、顕微鏡視野内で確認できなかった。周波数が増えると、粒子と媒質の界面分極に関するクラウジウス-モソッティ因子の値も変動する。結果的に、DEP 力の大きさも変化し、捕集量に差

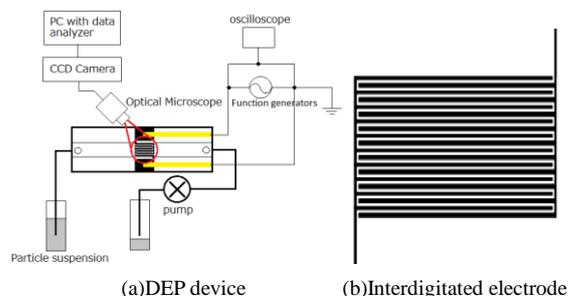


Fig. 1 Schematic of the present experimental apparatus



Fig. 2 Dielectrophoretic trapping of Ag nanoparticles

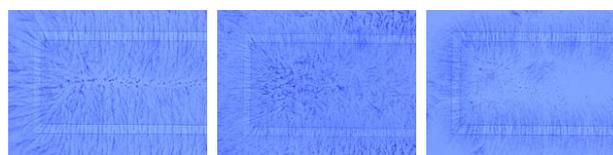


Fig. 3 Dielectrophoretic trapping of Ag nanowires

が生じたと考えられる。

銀ナノワイヤの捕捉結果を Fig. 3 に示す。1 kHz 及び 10 MHz で電圧を印加した場合、捕集は確認されなかった。一方、10 kHz においては、粒子が電極上を覆うように捕集されるが、電極中央部でナノワイヤの凝集体も同時に捕集された。100 kHz では、ワイヤが電極全体を覆うように網目状に捕集された。1 MHz ではギャップ間を埋めるように直線状に捕集された。ワイヤの場合、先端での分極により、等価的に径が拡大とみなせる。ゆえに、DEP 力に大きな差が生じ、粒子の場合とは異なる形状変化が現れたと考えられる。

なおインピーダンス計測の詳細に関しては、当日説明する予定である。

参考文献

- (1) H. J. Lee, T. Yasukawa *et al.*, *Sensors and Actuators B*, **136**, 320-325 (2009)
- (2) K. H. Bhatt, O. D. Velve, *Langmuir*, **194**, 467-476 (2004)
- (3) S. Wang, Z. X. Lin *et al.*, *Sensors and Actuators B*, **194**, 1-9 (2014)