

液レベル操作式移流集積法を用いた 貴金属ナノ粒子ネットワーク構造の形成と周期性制御

(京大工) ○渡邊 哲・渡部純士・三野泰志・宮原 稔

【緒言】

金属ナノ粒子のネットワーク状配列膜は透明導電膜への応用が期待されている。我々は、これまでに液面の高さを制御することで粒子細線の間隔を自在に変化させることが可能な液レベル制御式移流集積法を開発し、シリカ、金、銀ナノ粒子の格子状ネットワーク構造を作製することに成功している¹⁾。本手法は、テンプレートや基板への加工を全く必要とせず、安価に構造形成できることから、透明導電材料の作製手法として極めて有用と期待できる。しかし、実用化を考えると作製時間が長いことや、また透明導電膜の性能向上のために重要な粒子堆積部の厚みを制御できていないという課題が残っている。本研究ではストライプ構造作製プロセスの高速化を目指し種々の因子の検討を行った。さらに精密な液面操作を新たに追加することによって粒子膜厚みの制御を試みた。

【結果と考察】

液レベル操作式移流集積法の概要を Fig.1 に示す。表面を親水化処理したガラス基板を銀コロイド(12 nm)懸濁液に垂直に浸し、インキュベータ内で静置した。シリンジポンプの吸引・注入操作によって、液面を制御できる。溶液の吸引が停止している間(形成時間 τ_p)、粒子はメニスカス先端に集積する。 τ_p 後、吸引することで液面が瞬間的に降下し(液面降下距離 λ_p)、同時に粒子膜の成長が止まることで粒子の付着しない非堆積部が形成される。本法を用いて作製したストライプ構造の一例として、 $\tau_p = 15$ s、 $\lambda_p = 100$ μm の操作条件下で得られた構造を Fig.2 に示す。銀色の細線が堆積部(幅 13 μm)、暗色帯は粒子が存在しない非堆積部(幅 92 μm)で、基板全域に渡って均一な構造が得られた。粒子堆積量は、メニスカス先端部における物質収支に立脚したモデル式で記述でき、また非堆積部幅は λ_p に一致することを確認した。このように、本手法では τ_p と λ_p を操作し、様々な構造周期を予測した上でストライプ構造を作製可能である。

堆積部厚みについては、粒子濃度を増加させることで約 100 nm までの厚み増加は期待できるものの、堆積部形状がメニスカスの形状によって制限されるため、粒子濃度の増加による厚みの増加は頭打ちとなる。そのため、さらなる厚みの増加のために、余分に液面降下させた後に、目的の非堆積部幅となるように再び液面上昇させるという操作を新たに追加した。後退接触角より前進接触角の方が大きいことを利用し、堆積部厚みの増加を狙ったものである。その結果、液面上昇操作を加えることで堆積部の厚みを約 2.5 倍増加することができた。導電性の良し悪しは断面積の大小により決まるので、断面積の増大に成功した本手法は導電性の向上に有用と言える。

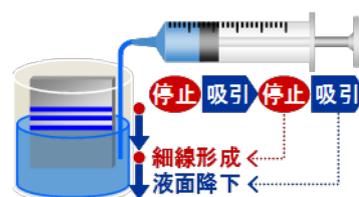


Fig. 1 実験概略図

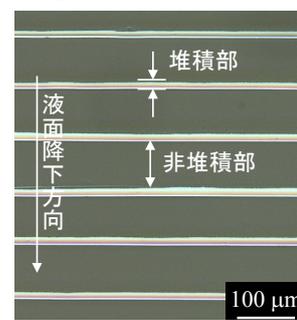


Fig. 2 ストライプ構造

1) Y. Mino, S. Watanabe, and M. T. Miyahara, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **4**, 3184 (2012)

Grid Network Formation of Metal Nanoparticles

by Convective Self-Assembly with Liquid-Level Manipulation

S. Watanabe, Y. Watanabe, Y. Mino, and M. T. Miyahara (Kyoto Univ., nabe@cheme.kyoto-u.ac.jp)

Microwire networks composed of noble metal particles are promising for the use of transparent conductive films. Bottom-up approaches can offer a route to establishing a fabrication technique that is robust and cost-effective. In the present study, we explore a template-free bottom-up technique to fabricate colloidal networks of metal nanoparticles. We combine the convective self-assembly method with a liquid-level manipulation scheme in which the suspension is periodically pumped out. By using the technique, we successfully fabricate stripe, grid, and triangle patterns with controlled periodicity and examine the relation between operation parameters and the resultant structures.