

磁気配列法による微粒子 2 次元周期配列構造の形成

Arraying Two-dimensional Periodic Structure of Microspheres by External Magnetic Field

○青木 画奈、藤井 稔(神戸大工)

°Kanna Aoki, Minoru Fujii (Kobe Univ.)

E-mail: kanna.aoki@eedept.kobe-u.ac.jp

ナノ・マイクロ微細構造の比較的安価な作製方法として、微粒子を分散したコロイド溶液の乾燥過程を利用した溶液乾燥法¹、DNA を鋳型とした DNA 鋳型法²、磁性微粒子に外部磁場を印加する磁気配列法³などのボトムアップ型の手法がこれまでに提案されている。この中でも、磁気配列法は、材料の磁気的性質を利用して、単位部品が密集した構造のみならず、離散的に配列した規則構造を一括して形成できる点で、プラズモニック結晶やフォトニック結晶などの光学材料、DNA マイクロアレイ、微細はんだバンプ配列など、高精度な配列構造を必要とする分野への応用展開が期待できると考え、本技術の開発を進めている。これまでに、金被覆した常磁性微粒子が、反磁性微粒子の赤道上に等間隔で配列した、スプリットリングレゾネータ構造を一括作製できているが⁴、外部磁場が印加された状態でしか構造が維持できないため、構造の半永久的な固定方法の開発が課題であった。今回、3 次元構造固定化の前段階として、磁気配列法による 2 次元周期構造の形成と、その構造固定を検討したので、結果を報告する。

2 次元周期配列構造の鋳型として、カバーガラス上にフォトレジスト(AZ1500)を塗布し、3 μm 角の正方形凹パターンを所定の周期で作製した。この上に、直径 2.7 μm の常磁性微粒子(M-270, Dynabeads)を分散した磁性流体 (EMG707, Ferrotec) を滴下した。カバーガラス表面の法線方向に磁場を印加した場合、図 1 に示すように凹パターンの側壁部分が局所的に磁場の高い領域になることが数値計算により明らかになっており、常磁性微粒子は、そのポテンシャルエネルギーが最小となるよう、凹みに自ずと入ることが予測された。しかし、隣接する凹パターン間の距離が近くなりすぎると、磁場強度の差が小さくなるため、微粒子の捕獲率が低くなることが予想された。実際、凹パターンの周期を 4~9 μm へ徐々に広げるにつれ、微粒子の捕獲率が上がり、9 μm ではほぼ全ての凹パターンに微粒子が捕獲された。磁場印加下で、UV 光を照射して、レジストパターンと微粒子表面を反応接合させると、基板洗浄後も磁場配列した構造を維持することが出来た。

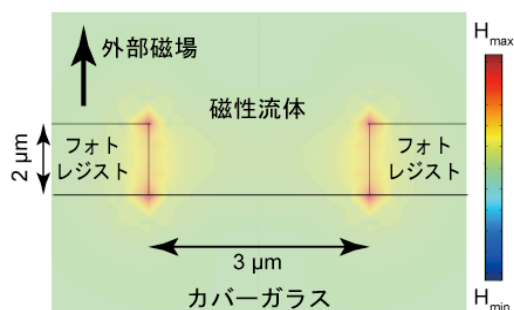


図 1 有限要素法による、外部磁場印加下のフォトレジスト凹パターン構造付近の磁場強度分布

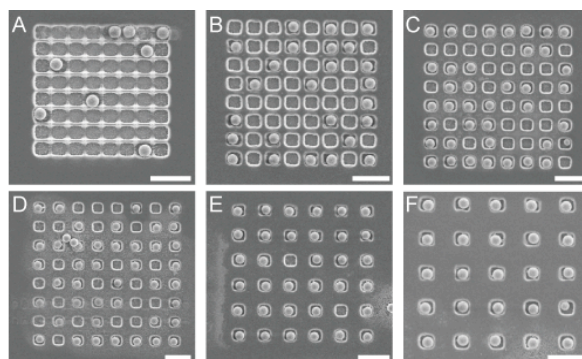


図 2 常磁性微粒子捕獲率の凹パターン周期長への依存性
周期 : A. 4 μm , B. 5 μm , C. 6 μm , D. 7 μm , E. 8 μm , F. 9 μm
Scale bar = 10 μm

参考文献 1. Nat. Nanotech. 2, 570 (2007), 2. Nat. Photonics 5, 523 (2011), 3. Nat. Materials 9, 745 (2010), 4. Appl. Phys. Lett. 100, 181106 (2012).