ラゲールガウシアンビームを用いたレーザートラップ支援電気泳動堆積によるチューブ形状微細立体構造物の作製

Fabrication of microtube structures using electrophoresis deposition assisted by laser trapping with a Laguerre-Gaussian beam

静大院工 [1]，静大電研 [2]，○大澤 俊哉 [1]，中澤 謙太 [1]，岩田 太 [1, 2]

Graduate school of Engineering, Shizuoka Univ. [1], Research Institute of Electronics, Shizuoka Univ.[2],

○Shunya Ozawa[1], Kenta Nakazawa[1], and Futoshi Iwata[1, 2]

E-mail: iwata.futoshi@shizuoka.ac.jp

1. はじめに

近年、微小電気機械システム (Micro Electro Mechanical Systems: MEMS) などの 3 次元微小デバイスの作製手法が盛んに研究されている。作製には，一般的にフォトリソグラフィーや集束イオンビーム化学気相成長 (Focused Ion Beam-Chemical Vapor Deposition: FIB-CVD)などが用いられる。しかしながら、加工プロセスが複雑で、設備が高価といった問題を有する。そこで、容易で安価な微細立体造形法の開発が望まれている。我々は安価な微細加工法としてレーザートラップにより局所的に捕捉されたコロイドナノ微粒子を基板上に電気泳動堆積する手法（レーザートラップ支援局所的電気泳動堆積法）を開発してきた [1、2)]。また、本手法と空間光変調器 (Spatial Light Modulator: SLM) を用いてスパイラル形状など、より複雑な構造物の作製を実現している [3)] 。しかし回折限界より小さな構造を作製することは困難であった。そこで本研究では中心の光強度がゼロとなるラゲールガウシアンビーム(Laguerre-Gaussian Beam: LG beam)を用いて回折限界より小さな穴を有するチューブ形状の微細立体構造の製作手法の開発に取り組んだ。LG beam の特徴はその光波面が螺旋状であるため、中心に位相特異点と呼ばれる光強度がゼロとなる部分が出現する。よって光強度分布はリング形状になり、その内径は回折限界以下となる。この LG beam をレーザートラッピングに用いてチューブ形状の微細立体構造物の作製を実現した。

2. 実験方法および結果

Fig. 1 に LG beam を援用した微細立体造形法の概略図を示す。SLM を用いて形成した LG beam を Au ナノ微粒子を含むコロイド溶液中に集光することでナノ微粒子をリング状に捕捉する。この状態で電界を印加することで局所的な電気泳動堆積を行う。さらに集光点を z 方向に移動させることでマイクロチューブを作製する。Fig. 2(a)は形成した LG beam のビームスポットの光学顕微鏡像である。光強度分布がリング形状になっていることが確認できる。Fig. 2(b)は微細加工したマイクロチューブの走査型電子顕微鏡像である。ピラー長さは 6 μm、外径 750 nm、内径 250 nm であり、本実験光学系におけるレーザーの回折限界以下の内径を有していることがわかる。発表では作製したピラーの内径、外径についてレーザー強度や、堆積速度などのパラメータ依存性を紹介する。

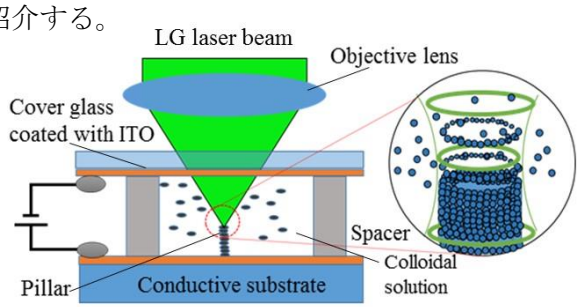
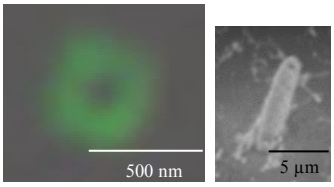


Fig. 1: Schematic of the experimental set

1) F. Iwata et al, Nanotechnology, 20 (2009) 235303
2) T. Takai and F. Iwata, Opt. Express, 22 (2014) 28109-28117
3)T.Matsuura,T. Takai, and F. Iwata, Jpn. J.Appl. Phys. 56(2017) 105502



(a) (b)

Fig. 2: (a) Optical microscope image of a beam spot of a Laguerre-Gaussian Beam. (b) SEM image of the fabricated micro tube