

光渦レーザー誘起前方転写法による超解像金属ナノ微粒子パターンニング Plasmonic Nano-Core Formation with Optical Vortex Laser Induced Forward Transfer

○川口 晴生¹, 梅里 慧¹, 高橋 幹太¹, 柚山 健一², 山根 啓作³, 宮本 克彦^{1,4}, 尾松 孝茂^{1,4}

(1. 千葉大学融合理工, 2. 大阪市大院理, 3. 北大工研究院, 4. 千葉大分子キラリティー)

○H. Kawaguchi.¹, K. Umesato.¹, K. Takahashi.²,

K. Yuyama.³, K. Yamane.³, K. Miyamoto.^{1,4}, T. Omatsu.^{1,4}

(1. Chiba Univ., 2. Osaka City Univ., 3. Hokkaido Univ., 4. MCRC, Chiba Univ.)

E-mail: omatsu@faculty.chiba-u.jp

金属ナノ微粒子によるプラズモニクナノ-マイクロ構造[1]は回折限界を超えたナノスケールでの光場を制御しうる手段として注目を集めている。これらを利用したメタマテリアル、プラズモン結晶などの新奇デバイス[2]は負屈折率、クローキングなどのユニークで多様な現象を示す。また、表面増強ラマン分光法など医療、バイオ分野への応用もなされている。

光渦[3]は螺旋状の波面に由来する軌道角運動量 ℓ と円環上の空間強度分布を持つ光波の総称である。近年、レーザー誘起前方転写法の励起光源に光渦を適用することで、ドナー液膜がマイクロメートルスケールの極細ジェットとなり自転しながら飛翔するスピンジェット現象を発見した[4]。このスピンジェットに立脚するパターンニング法をわれわれは光渦レーザー誘起前方転写法(OV-LIFT)と呼んでいる。

本研究では、OV-LIFT によって回折限界を超えた単一金属ナノ微粒子のパターンニングに成功したので報告する。波長 532 nm、パルス幅 3ns、パルスエネルギー $\sim$ 70 μ J の可視ナノ秒光渦パルスレーザーを光源として使用した。また、ドナー物質として金ナノ微粒子分散液(微粒子径 $\sim$ 150 nm)を使用した。光渦照射により、直径 30 μ m の単一液滴を形成し、0.6 mm 離れたレシーバー基板に転写した。形成されたドットを光学顕微鏡で観察したところ、金ナノ粒子は光渦の特異点部分に 1 点のみ存在しており、円環強度領域には全く存在しないことが明らかとなった。

本研究は、光渦の軌道角運動量による飛翔液滴の内部構造の秩序化という全く新しい物理現象を示すとともに、技術的に STM や光トラッピングより簡単でかつ自由度の高い、単一ナノ粒子の配置を実現する。

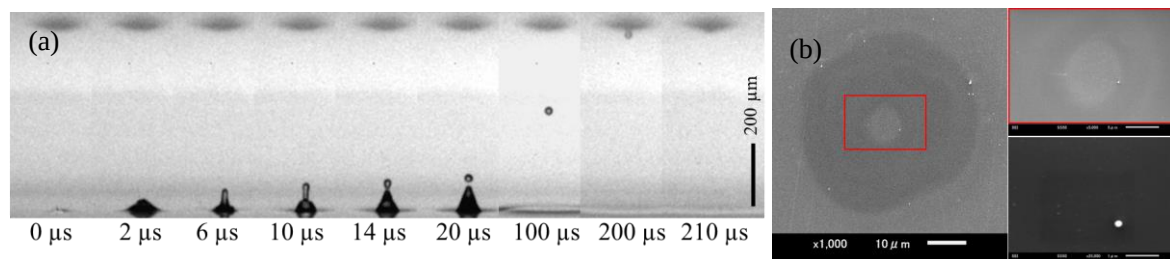


Fig.1 (a)パターンニングのダイナミクス (b)ドットの SEM 像

[1] D. K. Gramotnev, and S. I. Bozhevolnyi, "Plasmonics beyond the diffraction limit," Nat. Photonics 4, 83–91 (2010).

[2] S. A. Maier, M. L. Brougersma, P. G. Kik, S. Meltzer, A. A.G. Requicha, H. A. Atwater, and H. A. Atwater "Plasmonics - A route to nanoscale optical devices," Adv. Mater. 13, 1501–1505 (2001).

[3] L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, "Orbital angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes," Phys. Rev. A 45(11), 8185 (1992).

[4] R. Nakamura, H. Kawaguchi, M. Iwata, A. Kaneko, R. Nagura, S. Kawano, K. Toyoda, K. Miyamoto, and T. Omatsu, "Optical vortex-induced forward mass transfer : manifestation of helical trajectory of optical vortex," Opt. Express 27(26), 38019 (2019).