

プラズモニック・ナノボウル基板によるナノ粒子の光濃縮検出

Detection of Nanoparticles by Optical Condensation with Plasmonic Nano-bowl Substrate

大阪府大院理¹, 大阪府大 LAC-SYS 研(RILACS)², 大阪府大院工³, 阪大院基礎工⁴

○叶田 雅俊^{1,2,3}, 林 康太^{1,2,3}, 田村 守^{2,4}, 床波 志保^{2,3}, 飯田 琢也^{1,2*}

Grad. Sch. Sci.¹, RILACS², Grad. Sch. Eng.³ in Osaka Pref. Univ., Grad. Sch. Sci. Eng.⁴ in Osaka Univ.

○Masatoshi Kanoda^{1,2,3}, Kota Hayashi^{1,2,3}, Mamoru Tamura^{2,4}, Shiho Tokonami^{2,3}, Takuya Iida^{1,2*}

E-mail: t-iida@p.s.osakafu-u.ac.jp

光の波長以下のサイズのナノ細孔の周囲に金属ナノ突起構造をランダムに配置することで、局在表面プラズモン(LSP)に由来する近接場光による光誘起力でナノ物質を引き寄せ、トラップされた時に生じる遠隔場光の変化を計測することでウイルスなどの低屈折率のナノ粒子の検出が可能であることが理論的に提案された[1]。この提案を受けて、自己組織化により形成されたミクロンサイズのボウル状細孔を金属薄膜でコートした場合に、低パワーのレーザー照射下での発熱効果で生じた対流(光誘起対流)によりマイクロ粒子を誘導濃縮できることを示す実験が報告された[2]。また、細孔の形状や骨格となる材料の熱伝導率を設計することで集積サイトへの熱伝達を抑制し、高生存率で細菌などの微生物を高密度トラップできることも実験的に報告された[3,4]。これらの先行研究では対流による輸送が比較的容易なマイクロ粒子を主な対象としていた。しかしながら、ウイルスなどの 100 nm 程度のサイズのナノ粒子を対象とした場合の光濃縮検出では、[1]の理論提案に近いナノスケールなプラズモニック構造が鍵となるが、その作製自体が困難であった。

本研究では、高効率なナノ物質の光濃縮検出を主な目的とし、LSP が可視域で顕著なナノボウル基板の自己組織的作製法の条件探索を行うことで課題を解決し、ナノ粒子に対する光濃縮性能を評価した。さらに、光濃縮後の蛍光イメージ解析と反射スペクトル変化からナノ粒子分散液の濃度の定量評価法の開発を目指した。Fig.1(a)の概念図と対応する(b)のような直径数百 nm のボウル構造が周期的に配列した構造体を作製し、上部に金ナノ薄膜を形成した。ウイルスと同サイズの蛍光ナノ粒子(直径 100 nm)の分散液を基板の上に滴下し、数 mW 程度の低出力の CW レーザーの照射をしたところ、光誘起バブルと対流を安定に発生し、Fig.1(c)のように光濃縮できることが分かった。その後、レーザー照射点近傍に集積したナノ粒子の蛍光画像解析や反射スペクトル分析を通じて集合面積と濃度に正の相関があることを示した。本成果は、様々なナノ粒子の定量評価の新技术を提供するものであり、環境中のウイルス数評価や有害ナノ粒子検出など多様な応用展開が期待される。

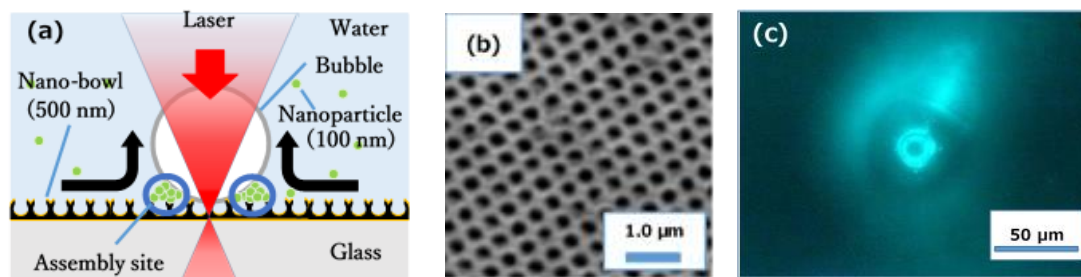


Fig. 1 (a) Schematic diagram of light-induced assembly of nanoparticles (NPs) by nano-bowl substrate (NBS). (b) Scanning electron microscope image of NBS. (c) The fluorescent image of assembled NPs.

[1] T. Yoshikawa, M. Tamura, S. Tokonami, T. Iida, *J. Phys. Chem. Lett.*, **8**, 370 (2017).

[2] K. Yamada, S. Tokonami, T. Iida, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, SDDK08 (2019).

[3] S. Tokonami, O. Karthaus, T. Iida, et al., *Sci. Adv.* **6**, 5757(2020).

[4] K. Hayashi, S. Tokonami, T. Iida, et al., *Commun. Biol.* **4**, 385 (2021).