

複数の円偏光集光ビーム照射による安定な金属ナノ粒子の配列形成

Stable assembly formation of metallic nanoparticles by multiple circularly polarized beam irradiation

阪大院基礎工¹, 大阪府大院工² ○(D) 埜 幸宏¹, 横山 知大¹, 石原 一^{1,2}

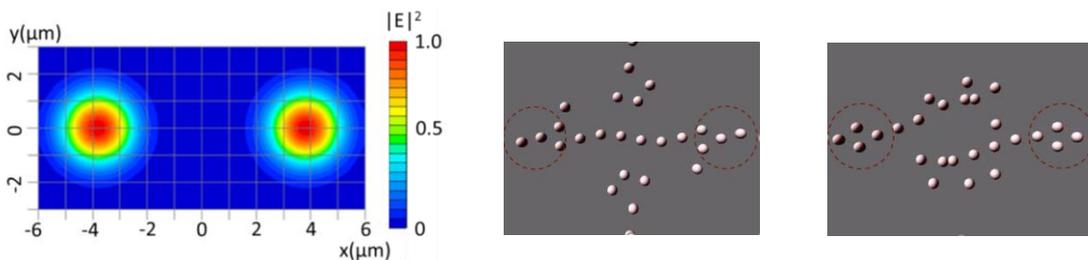
Osaka Univ.¹, Osaka Pref. Univ.², °Y. Tao¹, T. Yokoyama¹, H. Ishihara^{1,2}

E-mail: tao.y@opt.mp.es.osaka-u.ac.jp

単一の集光レーザーを水中の金属ナノ粒子に照射すると、そのナノ粒子の配列と偏光に応じた集団運動を誘起する[1]。その際、粒子群からの強い散乱光が照射領域外の粒子にも光圧を及ぼし、広域的・自己形成的な配列秩序の形成や、間接的な角運動量転写による粒子の軌道運動をもたらす[2,3]。しかし、円偏光照射では、この角運動量の転写のために静止した配列を形成することは難しい。

本研究では、複数の円偏光集光ビームの照射による広域的で、安定的な静止2次元ナノ粒子配列の形成を提案する。複数ビームの照射位置がそれぞれの集光半径よりも十分に離れている場合、それぞれの照射領域に対して独立にナノ粒子の配列が形成され、円偏光に応じた配列の回転が得られる。照射位置が近づくと、粒子配列がギアの噛み合わせのように静止することが期待されるが、双方の照射光の干渉や粒子間での複雑な多重散乱によって、各々の波長、NA、集光点間の距離、円偏光の位相差、などのパラメータに複雑に依存した光捕捉が得られる。

我々は集光点間の距離と円偏光の位相差に着目して、2つの集光ビームによる広域的で安定的に静止した配列形成を試みる。集光の裾が重なる程度に近い場合、円偏光の位相差に応じて照射光が干渉し、干渉した照射光の構造に応じた光捕捉粒子群の構造を形成する。その際、集光点間の中間領域では軌道角運動量の釣り合いによって粒子群は静止する。また、位相差が0の時、2つのビームによる粒子群が1つの連続的な配列となり、広域化に寄与する。この領域を広げつつ、規則的な粒子配列形成のために2つの集光点を遠ざけていくと、粒子からの散乱光による光圧が配列形成に支配的となる。我々は円偏光の位相差が0の場合に2つのビーム間に規則的な鎖状配列を、 π の場合には捕捉されない結果を得た(下図)。これは、2つのビームによって形成された粒子群が、散乱光が誘起する光圧による結合した粒子配列形成を示唆する。粒子間相互作用などの他の要因も関わる現実的な条件によって、これらの安定的な配列化が可能になると予想する。また、3つ以上の集光ビームや全体への参照光照射を議論し、安定的な2次元配列形成を試みる。



左図：入射ビーム(波長 1064nm)の粒子運動面での電場強度分布

中図、右図：同一初期条件から、同程度の時刻、光を照射した際の直径 200nm 金粒子の位置。ビーム間位相は、中図： 0° 、右図： 180° 。ビームスポットを暗赤色破線○で表示、粒子のサイズは視認性向上のため、2倍程度に拡大して表示。

[1] T. Kudo, S.-J. Yang, and H. Masuhara, *Nano Lett.*, **18**, 5846–5853 (2018).

[2] Y. Tao, T. Yokoyama, and H. Ishihara, arXiv:2104.11387 (2021).

[3] J. Parker, *et al.*, *Optica* **7**, 1341-1348 (2020).