

誘導放出に基づく負の光圧による微粒子の微小機械運動

(阪大院基礎工¹・阪公大 LAC-SYS 研²) ○溝口 貴斗¹・森 真人¹・伊都 将司^{1,2}・五月女 光¹・宮坂 博¹

Micromechanical Motion of Small Particles Driven by Negative Radiation Pressure Based on Stimulated Emission (¹Graduate School of Engineering Science, Osaka University, ²Research Institute for Light-induced Acceleration System (RILACS), Osaka Metropolitan University)

○Takato Mizoguchi¹, Masato Mori¹, Syoji Ito^{1,2}, Hikaru Sotome¹, Hiroshi Miyasaka¹

Change of the momentum of photons by light-matter interactions can act as optical forces to the small object. Optical force generated via the photo-absorption (absorption force) acts in the propagation direction of the incident laser, leading to the transportation of small particles along this direction. On the other hand, stimulated emission, taking place through the interaction between the incident photon and excited states, can induce, in principle, the optical force toward the opposite direction of the light propagation. The present study aims to pioneer an optical manipulation by using this “negative absorption force” through the resonant coupling between the excited states of materials and photons. To realize this, a polymer micro-particle containing resonant dyes was optically trapped in solution by NIR pulsed laser. The trapped particle was photo-excited with VIS light pulses to produce excited states of the dyes, and the stimulated emission was induced by the trapping pulses (Fig. 1). The displacement of the particle toward the light source by the negative absorption force was confirmed and quantitatively analyzed.

Keywords : Radiation Pressure; Negative Absorption Force; Laser Trapping; Optical Manipulation; Stimulated Emission

微小物体による光の吸収や散乱に伴って光子の運動量が変化し、物体に対して光圧が発生する。光吸収による光圧（吸収力）は光の進行方向に作用し、微小物体の光輸送が実現される。一方、入射光子に対して光子を光の進行方向に放出する誘導放出では、運動量保存則から光の進行方向と逆方向の「負の吸収力」が発生する。本研究では、誘導放出を用いることで負の光圧の発生と制御を行い、微小物体に対する負の吸収力による光操作を実証した。

試料として、近赤外域に誘導放出を示すベンゾチアゾール誘導体色素を内包した高分子マイクロ粒子の水分散液を作製した。Fig. 1に示すように、微粒子を近赤外パルスで光捕捉し、励起パルスにより色素励起状態を生成し、捕捉光で誘導放出を誘起した。自作の光学系を用いて2パルスの照射タイミングを制御することで負の吸収力をスイッチングし、微粒子の光軸方向の位置変化を非点収差イメージングによって追跡した。同様の実験を種々の条件で行い、負の光圧を定量的に評価し、誘導放出による運動を確認した。

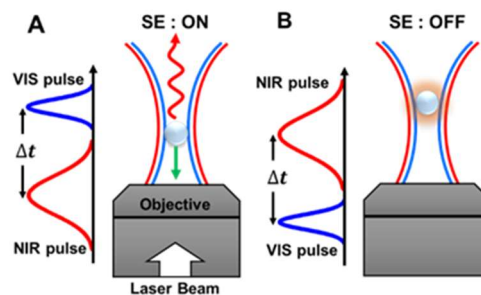


Fig. 1. Schematic illustration of the switching of “negative absorption force” by changing time delay between the VIS and NIR pulses, Δt ; (A) $\Delta t > 0$, (B) $\Delta t < 0$.