

非線形光学応答に基づいた単一分子の 2 色光マニピュレーション

Two-color laser manipulation of single organic molecules based on nonlinear optical response

阪府大院工, °工藤 哲弘, 石原 一

Osaka Prefecture University, °Tetsuhiro Kudo, Hajime Ishihara, E-mail: kudo@pe.osakafu-u.ac.jp

光マニピュレーションとはレーザーにより誘起された輻射力を利用して、微小物体を力学的に操作する技術である[1]。特に微小物体を捕捉することができる光ピンセットは様々な学術領域で利用されている。しかし対象物質の体積に比例して輻射力が減少するため、通常、ナノ物質の操作には困難を伴う。これまで我々のグループでは、物質の電子準位に共鳴する光を利用することでナノ物質に誘起される輻射力が増大すること、また量子サイズ効果を利用したサイズ選別が可能であること、を理論的に提案してきた[2]。この原理は、光進行波や光定在波の場合に有効であり、実験的にも共鳴光進行波を利用して、ナノ粒子の輸送に成功している[3]。しかし特に応用上重要な光ピンセットの場合では、共鳴効果による散逸力増強のため対象物質が集光点から押し出されてしまい、むしろ捕捉困難であることが理論的にわかっている[4]。一方で、実験では正反対に多くのポジティブな結果が得られており[5]、なぜ共鳴光利用が分子捕捉を効率的にしているのかを解明することが重要な課題となっていた。これまで我々は、この矛盾点を解き明かす鍵は非線形光学効果にあることを突き止め、この効果が分子捕捉に本質的な役割を果たしている可能性を理論的に明らかにした[6]。さらに非線形光学効果を利用した新しい光マニピュレーションを提案し、その理論的基礎を提示してきた[6]。

今回我々はこの非線形効果を有効に利用することにより実験原理の説明だけではなく、さらに、単分子の操作性が向上する手法を見出した。①始めに、従来よりも高効率な単分子捕捉方法を見出した。具体的には、分子の共鳴付近で周波数がわずかに異なる 2 色のレーザーを同時に照射することにより、実験[5]を想定して計算した輻射力（図中の赤線）よりも、力が大きくなること（図中の青線）がわかった（図中の青線）。実験[5]は単一分子の拡散運動の抑制については、これまでで最も有効と思われる結果を示しているの、それを大幅に上回る本提案は、現時点で最適な手法を与えると期待される。②次に様々な励起準位を持つ分子の集まりから特定の準位を持つ分子のみ

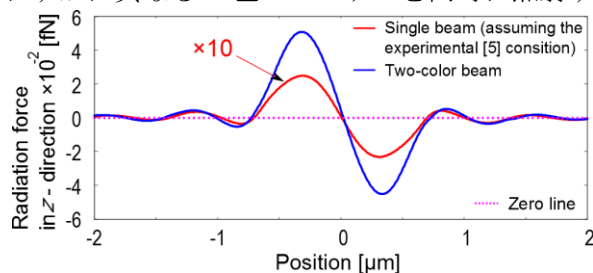


FIG 1: Spatial dependence of the radiation force along the z-direction. The red line shows the case of a single beam whose values are upscaled by factor of 10. The blue line indicates the case when a two-color beam of two slightly different colors is used. In both cases, we assume identical total incident intensities (1 mW).

を効果的に選別する手法を提案した。これらの結果は非線形光学効果の活用に基づいており、レーザーの誕生以来、非線形分光の発達が物性探索の自由度を格段に高めたのと同様、光マニピュレーションにおいても非線形効果の利用が、物質の操作自由度を大きく高めるものと期待される。

[1] A. Ashkin, Phys. Rev. Lett. **24**, 156 (1970). [2] T.Iida and H.Ishihara, Phys. Rev. Lett. **90**, 057403 (2003). [3] K. Inaba, *et al.*, Phys. Status Solidi B **243**,3829 (2006). [4] T. Kudo and H. Ishihara, Phys. Stat. Solid. C **8**, 66 (2011). [5] M. A. Osborne, *et al.*, J. Phys. Chem.B **102**, 3160 (1998). [6] T. Kudo and H. Ishihara, Phys. Rev. Lett. **109**, 087402 (2012).