

走査トンネル顕微鏡探針を用いたナノ粒子の光圧操作の理論解析

Theory of optical manipulation of nanoparticles

by a scanning tunneling microscope probe

阪府大工¹, 理研², 阪大基礎工³

○山根 秀勝¹, 余越 伸彦¹, 今田 裕², 金 有洙², 石原 一^{1,3}

Osaka Pref. Univ.¹, RIKEN², Osaka Univ.³

○Hidemasa Yamane¹, Nobuhiko Yokoshi¹, Hiroshi Imada², Yousoo Kim², Hajime Ishihara^{1,3}

E-mail: yamane@pe.osakafu-u.ac.jp

ナノメートルスケールにおける粒子の自在な配置や操作、選別、分離を可能とする光マニピュレーション技術は、新奇現象の発見や、他のアプローチでは不可能な物性計測手法に結びつくと期待され、近年注目を集めている。単一のナノ粒子の光学応答を精密に測定することは、光マニピュレーション技術の基礎的、応用的展開において非常に重要である。

最近になって、走査トンネル顕微鏡 (Scanning Tunneling Microscope, STM) 探針と金属基板でつくられる金属ナノギャップ間におかれた単一ナノ粒子のダイナミクスが精密に測定、解析されるようになった[1,2]。

我々は、このような系にレーザー光を入射することで、ナノギャップ間に誘起される局在プラズモンが分子にどのような影響を与えるかについて理論的に考察した。ナノギャップ間に存在する分子と局在表面プラズモンとの強い相互作用のため、応答電場と誘起分極とを自己無撞着に取り扱う必要がある。我々は離散双極子近似を用いて分子に働く光圧を数値計算により求めた。

我々はこれまでの研究で入射光波長を変調することでナノ粒子に働く光圧の引力、斥力を制御できることを明らかにした[3]。今回特に、探針-金属基板間のナノギャップに2つのナノ粒子が存在する場合について、2粒子間に働く光圧の相関を調べた。その結果、ナノ粒子が付着したSTM探針を用いることで、基板上のナノ粒子の運動制御効率が飛躍的に向上することを明らかにした。本発表では、これらの2つのナノ粒子の種類や入射光波長の依存性の観点からも詳しく議論する。

[1] H. Imada, K. Miwa, M. Imai-Imada, S. Kawahara, K. Kimura and Y. Kim, Nature 538, 364 (2016).

[2] H. Imada, K. Miwa, M. Imai-Imada, S. Kawahara, K. Kimura and Y. Kim, PRL 119, 013901 (2017).

[3] 山根秀勝, 余越伸彦, 今田裕, 金有洙, 石原一, 日本物理学会第74回年次大会 16pK207 (2019).