

テーパーファイバーを用いたナノ粒子操作

Nanoparticle manipulation using a tapered fiber

北大電子研 °藤原英樹, 笹木敬司

RIES, Hokkaido Univ., °Hideki Fujiwara, Keiji Sasaki

E-mail: fuji@es.hokudai.ac.jp

近年、工藤らは、ナノ粒子に作用する光圧に対する共鳴吸収や非線形効果の影響について理論的な提案を行い、共鳴光を用いることによって粒子の光捕捉効率・時間が増大することを実験的に示し、共鳴吸収によりナノ粒子に作用する光圧が増大することを示した[1,2]。この共鳴遷移に基づく光圧の違いを精密に測定できれば、発光や発熱などの緩和過程に左右されず、励起プロセス(光吸収)による粒子の運動量変化の観測により、共鳴遷移の情報を直接的に取得する光圧分光とも呼べる単一ナノ粒子の吸収測定が可能となる。しかし、背景誘電率による散乱力や勾配力の影は、共鳴遷移に基づく散逸力よりも一般的には大きく、対向ビーム配置などの工夫により、背景誘電率に基づく影響(散乱力)を打ち消す必要がある。この目的に対し、高 NA レンズによる粒子捕捉に代わり、数 mm の長さのテーパー部(直径が波長程度)を持つテーパーファイバーを用いたナノ粒子捕捉に注目した[3]。このテーパーファイバーは、波長程度の領域に集光したレーザー光を単一モードで長距離伝搬させる事が可能となるため、テーパー部では均一な電場分布が形成され、熱勾配による粒子揺動を抑制できるだけでなく、エバネッセント場による勾配力で表面に粒子を捕捉するため、粒子の運動をテーパー部に沿った一次元の運動に制限できる。これらの利点により、テーパーファイバーに異なる波長の対向ビームを入射することにより粒子に作用する散乱力を打ち消し、共鳴遷移の影響を粒子の運動量変化として高精度に観測できれば、単一ナノ粒子の分光情報を直接的に取得することが可能となる。

本発表では、この実現に向け、テーパーファイバーを用いてナノダイヤモンド粒子を光捕捉、輸送、回転といった粒子操作に成功した結果について紹介するとともに、入射波長やパワーの適切な選択により、個々の粒子の吸収特性の違いに基づく粒子選別に成功した結果について報告する。これらの成果は、入射波長やパワーを厳密に制御することによって、生体分子や半導体ナノ材料の吸収特性に依存した選択的な捕捉・輸送が可能となるだけでなく、入射波長や吸収特性の違いによる運動変化を解析することで、単一粒子レベルの吸収分光が可能となることを示唆している。

[1] T. Kudo, H. Ishihara *et al.*, Phys. Status Solidi C **8**, 66 (2011).

[2] T. Kudo, H. Ishihara *et al.*, Opt. Express **25**, 4655 (2017).

[3] F. Ren, H. Fujiwara, K. Sasaki *et al.*, Opt. Express **23**, 21730 (2015).

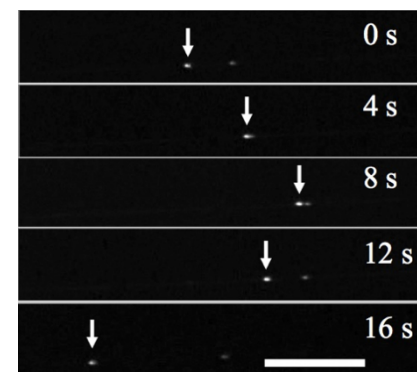


Figure 1. Emission images of nano-diamond manipulation along a thin tapered fiber when the intensity ratio between counter propagating green (from left) and NIR (from right) lasers were changed. White bar indicates the scale of 100 μm .