

超流動ヘリウム下におけるプラズモン共鳴トラッピング

Plasmon-enhanced optical trapping in superfluid helium

大阪大学大学院基礎工学研究科¹, 北海道大学電子科学研究所² 小門 慶祐¹, 蓑輪 陽介¹,
瀬戸浦 健仁¹, 伊都 将司¹, 宮坂 博¹, 石田 周太郎², 笹木 敬司², 芦田 昌明¹

Osaka Univ.¹, RIES, Hokkaido Univ.² K.Kokado¹, Y.Minowa¹, K.Setoura¹, S.Ito¹, H.Miyasaka¹,
S.Ishida², K.Sasaki², and M.Ashida¹

E-mail minowa@mp.es.osaka-u.ac.jp

微小物の正確な操作はナノサイエンスの発展には不可欠であり、光を用いて微小物質を非接触で操作する光マニピュレーション技術は盛んに研究が行われている。特に極低温では光と物質の相互作用が共鳴的に先鋭化するためより高精度な光マニピュレーションが期待される^[1]。そこで、我々は超流動ヘリウムという特殊な極低温環境での光マニピュレーションの研究に取り組んできた^[2]。ヘリウムの自然対流や、ブラウン運動などの影響を排除するためには、より強い力で光捕捉を行う必要がある。

そこで我々は、極低温下で光によって輸送した半導体微粒子を、輸送後に強固に捕捉できるよう、局在表面プラズモン共鳴に注目した。金属ナノギャップ構造体に光を当てて表面プラズモン共鳴を励起し、発生する強い電場による勾配力で半導体微粒子の捕捉を試みた。これまでの研究では、加工のしやすさや劣化しにくいことから、金がプラズモン共鳴材料として用いられることが多かったが、金の場合、共鳴波長が近赤外に限られるため、汎用性や応用性に制限があるという問題点があった。そこで、本研究では可視光の広い範囲でプラズモン共鳴を持ちうる、アルミニウムを金属ナノギャップ構造体の材料として用いることとした。

実験は極低温である超流動ヘリウム環境で高強度のパルスレーザー(波長: 532 nm、繰り返し周波数: 10 Hz、パルスエネルギー: 1 mJ)を用いてバルクである CdSe 表面を瞬間的に溶解・蒸発・プラズマ化させた。これらが直後に、再度固体化することで多くの微粒子を作製・分散させた。その後、別のレーザー(連続波、波長: 532 nm)によって微粒子に運動量を与えることで輸送した。輸送先に金属ナノギャップ構造体基板があり、輸送に用いたレーザーの局在表面プラズモン共鳴により、強い勾配力を発生させ、微粒子の捕捉を行った。図 1 に、

実際に作製した CdSe 微粒子をプラズモントラップした基板を、室温下で蛍光顕微鏡で観察した画像を示す。この画像の輝点は微粒子からの発光を表し、金属ナノ構造基板上に多くの微粒子が捕捉されていることが確認できた。発光の励起光偏光依存性など、詳細については講演で報告する。

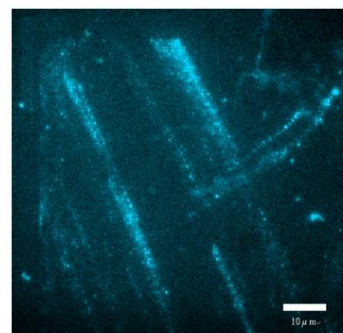


Fig.1 fluorescence microscope image

[1]Phys. Rev. Lett. 109, 087402 (2012) [2]Phys. Stat. Sol. (b) 243, 3829 (2006)