

# ナノ構造に基づく光マニピュレーション法の探索： プラズモニック/ノンプラズモニック光ピンセット

坪井泰之（大阪市立大学 理学研究科）

私たちは、ナノ物質に対する自由度の高いマニピュレーション法の確立を目指し、「プラズモン光ピンセット」(=図.1)に関する研究を展開してきた<sup>1,2)</sup>。貴金属のプラズモン光電場増強効果は捕捉の“握力”となる光圧の増大にそのまま適用できる。確かにプラズモン光ピンセットは、通常の集光レーザービーム型光ピンセットの1%以下の光強度で微粒子を捕捉できる優れたマニピュレーションツールである。しかし、特にナノ物質が小さくなればなるほど、超えるべきハードルは少なくないことがわかってきた。

まず、プラズモンを生む貴金属の局所的な発熱が安定な光捕捉を妨げる<sup>3)</sup>。さらに、高い光電場増強機能を持つ貴金属ナノギャップの作製が難しい。ナノ構造の大面积化も問題となる。そこで、私たちは、比較的平易に、かつ大面积に光学機能を変調できる方法で微細構造を付与した物質を探索してきた。

このような要求を満たす物質として、ナノニードルが集積した表面構造を有するケイ素結晶板(=ブラックシリコン)に着目した。このようなナノ構造はシリコンウエハをドライエッチングするだけで簡単に得ることが出来る。インチサイズの大面积化も何ら問題ない。このブラックシリコンではナノニードルのため屈折率の急勾配が発生し、反射率を著しく低下させる。さらに、多重散乱の効果により、入射光電場を表面近傍にて数倍程度は増強させる働きを持つ。

そこで、このブラックシリコンを基板とし、シリコンの吸収が少ない近赤外光を照射して微粒子の捕捉を試みた。その結果、捕捉能の増強が確認され、熱効果の影響も全く無視できることがわかった。捕捉の“握力”はプラズモン光ピンセットを凌駕することも示唆された。私たちはこの方法論をNano-Structured SemiConductor-Assisted (NASSCA) 光ピンセットと呼び(=図2)、その特徴を明らかにしつつある<sup>4)</sup>。例えば、この方法は、シリコンの実励起を必要としないため、広い範囲の波長の光を利用できる。

講演では、これらの相補的な二つの方法論の長所、利点や可能性をお話いたします。

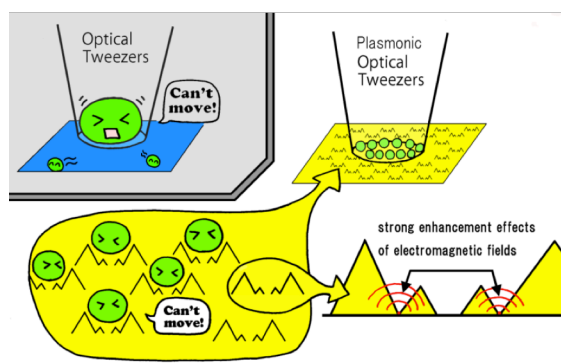


図.1 プラズモン光ピンセットの概念図

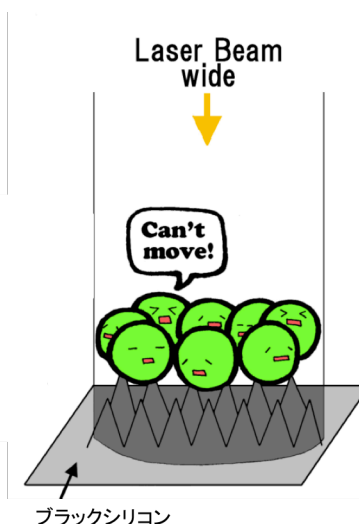


図.2 NASSCA光ピンセットの概念図

1) 東海林竜也, 坪井泰之, *応用物理*, Vol. 86 (1), (2017) p.45-49.

2) 坪井泰之, 東海林竜也, *現代化学*, No. 555 (6月号) (2017) p.50-54.

3) Y. Tsuboi, *Nature Nanotechnology* 11, 5–6 (2016) doi:10.1038/nnano.2015.253.

4) T. Shoji et al. & Y. Tsuboi, *Scientific Reports* 7, 12298 (2017), doi:10.1038/s41598-017-12470-9.