

# ナノ物質操作を実現するノンプラズモニック NASSCA 光ピンセット

## Nanostructured Semiconductor-Assisted (NASSCA) Optical Tweezers

大阪市大院理 °坪井 泰之

Osaka City Univ., °Yasuyuki Tsuboi

E-mail: twoboys@sci.osaka-cu.ac.jp

**[序]** 光圧によりレーリー散乱領域のサイズを持つナノ物質を捕捉し、操ることは難しい。捕捉に働く勾配力の大きさは微粒子のサイズが小さくなれば急激に低下し、10 nm 以下のナノ物質では勾配力は熱揺らぎに打ち勝てなくなり、捕捉は極めて困難になる[1]。生体物質などの分子系ナノ物質の光捕捉が難しい理由はここにある。これを可能にするには、物理的な“仕掛け”がどうしても必要になってくる。

**[プラズモン光ピンセット]** プラズモンの電場増強効果で勾配力 (=ツマむ力) も著しく強くしたものがプラズモン光ピンセットである。私たちはこのプラズモン光ピンセットに早くから注目し、量子ドットや、DNA の捕捉に成功してきた[2, 3]。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。しかし一連の研究の中で、ナノ物質や分子の安定な捕捉・操作を目指せば、超えるべきハードルは少なくないことがわかってきた[4]。

**[NASSCA 光ピンセット]** 私たちは、このようなプラズモン光ピンセットの弱点を克服する新しい方法論の開発を見据え、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 (市販品) をドライエッチング (反応性イオンエッチング) で表面処理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積化も何ら問題ない。このブラックシリコンではナノニードル構造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、入射光はシリコン表面近傍に一時的に束縛される。さらに、散乱効率の増大により、一種の“光閉じ込め効果”を有し、入射光電場を表面近傍にて増強させる働きを持つことが期待される。またシリコン電子の実励起を全く必要としないため、広い範囲の波長の光を利用できる (ブロードバンド)。

このような系を用いて詳細な光捕捉実験を繰り返した。その結果、ブラックシリコン基板が光捕捉を強力に支援することが明らかとなった。私たちは、この新しいタイプの光ピンセットを Nano-Structured SemiConductor-Assisted (NASSCA) 光ピンセットと呼んでいる (=図)。 NASSCA 光ピンセットはプラズモン光ピンセットよりも強固・安定な捕捉ができることが明らかとなった。さらに、微粒子の大量捕捉も NASSCA 光ピンセットでは実現できる。このように、全く新しい光ピンセットが、光マニピュレーション化学を開拓できる可能性が示唆された[5]。

[1] 坪井泰之, 東海林竜也, 生物物理 49, 252-255 (2009) .

[2] T. Shoji & Y. Tsuboi, *J. Phys. Chem. Lett.*, 5, 2957-2967 (2014).

[3] T. Shoji et al., & Y. Tsuboi, *J. Am. Chem. Soc.* 135, 6643-6648 (2013).

[4] Y. Tsuboi, *Nature Nanotechnology* 11 5-6 (2016).

[5] T. Shoji et al., & Y. Tsuboi, *Sci. Rep.*, 7, 12298 (2017).

