

局在プラズモンを用いたナノスケール温度場造形 Nanoscale Temperature Shaping with Localized Surface Plasmon

神戸高専, ○瀬戸浦 健仁

Kobe City College of Technology

E-mail: setoura@kobe-kosen.ac.jp

局在表面プラズモン共鳴によって高効率な光熱変換を示す金ナノ粒子を「ナノヒーター」として用いる研究は、「サーモプラズモニクス (熱プラズモニクス)」と呼ばれ、近年大きな盛り上がりを見せている。これまでに提案および実証されているサーモプラズモニクスの応用には、腫瘍の温熱治療・触媒反応の増強・熱対流による流体操作、などがある[1]。

しかし、サーモプラズモニクスが抱えるナノテクノロジーとしての根源的な課題の一つに、「ナノスケールでの空間選択的な加熱が困難」ということある。ナノ粒子の光近接場を利用する「プラズモニクス」では、ナノ粒子のサイズおよび形状を変えることで、光電場の空間分布をナノメートル精度で自在にデザインできる。他方で、光熱変換による温度上昇は、古典的にはフーリエの熱伝導則で記述される拡散的な現象である。よって例えば、ナノ粒子の形状を球形・ナノロッド・ナノトライアングルなどと変更したところで、いずれの形状でも粒子表面および近傍のサブミクロン領域がボンヤリと拡散的に温度上昇するだけで、全体的な温度分布に差異は見られない。

そこで著者の研究グループでは、これまで広く用いられてきた金 (Au) に替わって、窒化チタン (TiN) をナノ粒子の材料に用いることで「ナノスケールでの空間選択的な光加熱」が実現できると考え、研究を進めている。

TiN は熱伝導率が $29 \text{ [W m}^{-1}\text{K}^{-1}]$ で、Au の熱伝導率: $314 \text{ [W m}^{-1}\text{K}^{-1}]$ の 10% 以下である。ナノ粒子の熱伝導率が低ければ、プラズモンの励起 (Fig. 1a) に伴って粒子内部でジュール熱が発生した際に (Fig. 1b)、そのジュール熱の散逸が抑制されるため、最終的な温度分布に局在プラズモンのモードが色濃く反映される (Fig. 1d); 対照的に Au は、熱伝導率が高すぎるために粒子表面が全くの等温になっている (Fig. 1c)。この結果は、照射する光の偏光などのパラメーターによって「ナノスケールでの空間選択的な光加熱」が可能であることを示している[2]。講演では、この「ナノスケール温度場造形」の手法の詳細と潜在的な応用を紹介する。

参考文献 [1] G. Baffou et al., *Nature Materials*, 19, 946, 2020. [2] M. Tamura, T. Iida, K. Setoura*, *Nanoscale*, 14, 12589, 2022.

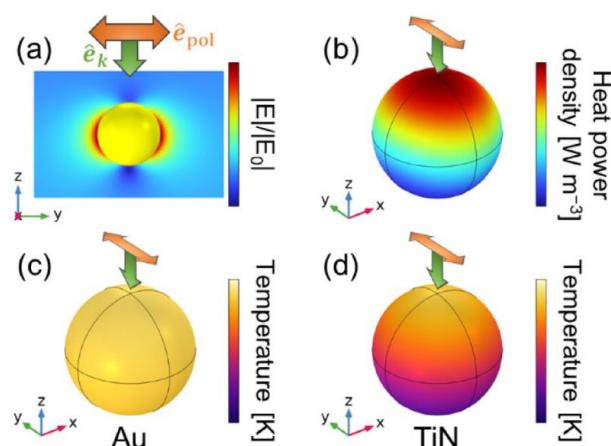


Fig. 1 (a) Electric field around a plasmonic nanoparticle under illumination of linearly polarized light. (b) Heat power density. (c) Surface temperature of a Au nanoparticle. (d) Surface temperature of a TiN nanoparticle.