単一窒化チタンナノ粒子の光散乱特性評価

Light scattering properties of single titanium nitride nanoparticles

神戸大院工，　○生野 陽一，杉本　泰，藤井　稔

Kobe Univ. ○Yoichi Ikuno, Hiroshi Sugimoto, Minoru Fujii

E-mail: fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

近年、金や銀などの貴金属ナノ粒子に加えて、遷移金属窒化物ナノ構造の局在表面プラズモン共鳴（LSPR）が注目されている。特に、窒化チタン（Titanium Nitride: TiN）は、500 nm 付近にプラズマ周波数を有し、上記の貴金属と比較して、高い耐熱性・CMOS プロセスとの整合性という利点がある。また、TiN のナノ粒子は可視-近赤外域で LSPR に起因する大きな吸収・高い光熱変換性能を示すことから、太陽光熱変換やホットエレクトロンを用いた光電気化学デバイス、温熱治療など様々な分野への応用が検討されている[1-3]。TiN ナノ粒子の光学特性はその形成手法や粒子サイズ及び形状に強く依存する。しかしながら、これまでの研究ではナノ粒子の集合体を対象としており、その光学特性はサイズ等の不均一分布を反映しているため、TiN ナノ構造の LSPR 特性は定性的な理解に留まっている。本研究では、前述の応用に向けて、単一粒子レベルの構造物性評価と光学特性評価を同一の粒子に対して行うことで、TiN ナノ粒子の LSPR 特性を実験・理論の両面から理解することを目的とする。

高周波熱プラズマ法により作製した TiN ナノ粒子（日清エンジニアリング株式会社提供）は負のゼータ電位（-44 mV）を有し、極性溶媒に高い分散性を示す。図 1 はエタノール中に分散した TiN ナノ粒子集合体の吸光度スペクトルと透過型電子顕微鏡（TEM）像である。700 nm 近傍に LSPR に起因するブロードな吸光ピークを示す。TEM 像より、異なるサイズの立方体 TiN ナノ粒子（TiN ナノキューブ）がみられ、吸光度スペクトルがサイズの不均一性に大きく影響を受けていることが示唆される。次に、TEM グリッド上の単一 TiN ナノキューブについて、TEM 観察と散乱スペクトル測定を行った（図 2）。一辺が 58 nm の TiN ナノキューブは 708 nm に散乱ピークを示す。また、集合体の吸光度スペクトルと比較して、スペクトル幅が減少している。しかしながら、単一粒子においても線幅は約 300 meV であり、同じサイズの金ナノ粒子と比べて非常に大きい。講演では、境界要素法による単一粒子の散乱シミュレーション結果と詳細に比較し、散乱強度、ピーク波長、スペクトル幅の粒径や形状依存性について詳細に議論する。

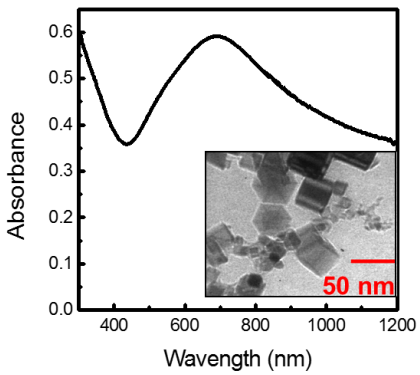

Figure 1. Absorbance spectrum and TEM image of colloidal TiN nanoparticles.

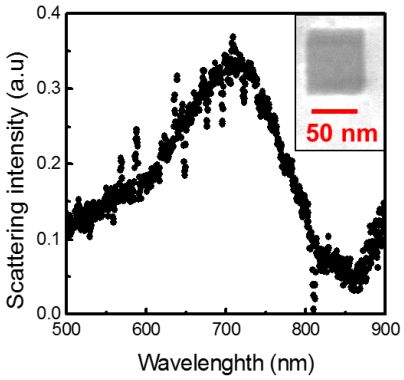

Figure 2. Scattering spectrum and TEM image of a single TiN nanoparticle.

[1]S. Ishii et al., *ACS Sustain Chem. Eng.* **5**, 8523(2017). [2]S. L. Shinde et al., *ACS APPL. MATER. INTER.* **10**, 2460 (2018). [3]L. Lu et al., *Biomaterials* **132**, 37(2016).

© 2018年 応用物理学会