

In₂O₃:Sn ナノ粒子間界面からの赤外プラズモン励起と応力制御

Control of near-infrared plasmon excitations at nanoparticle interfaces of In₂O₃: Sn

東京大工¹, 関税中央分析所² °松井裕章¹, 田畑仁¹

The Univ. of Tokyo¹, Custom Central Lab.²

°Hiroaki Matsui¹ and Hitoshi Tabata¹

E-mail: hiroaki@ee.t.u-tokyo.ac.jp

近赤外熱線遮断技術は省エネルギー社会の実不可欠な社会要請であり、紫外から電波帯域まで幅広い光学制御が要求される。本研究では、酸化物半導体ナノ粒子の表面プラズモニック機能を熱線遮断技術へ応用展開する。昨年度、我々のグループは、In₂O₃:Sn ナノ粒子間界面のギャッププラズモン励起に基づいて近赤外域 (peak-I) と中赤外域 (peak-II) に強い光反射共鳴を観測し、ナノ粒子間界面に生じる強い近接場増強が重要な役割を果たすことを見出した[1]。本講演では、近・中赤外域の光反射共鳴について詳細に考察する。

図1に、In₂O₃:Sn ナノ粒子シートの反射特性における粒子径依存性を示す。粒子径の増大に伴い中赤外: peak-II は系統的なレッドシフトを示し、表面プラズモンの双極子結合に類似する。一方、近赤外: peak-I には強いシフト効果が見られない。図2に、PDMSシート (200 μm) 上に作製したフレキシブルな In₂O₃:Sn ナノ粒子シート (D = 20 nm, t = 225 nm) の引っ張り応力試験下における反射特性を示す。測定中は顕微赤外分光を用いて照射箇所 (20 μm²) を固定した。引っ張り応力に対して、中赤外: peak-II はブルーシフトに伴い反射強度の減少を示し、ナノ粒子間界面における双極子結合に関連する結果を与えた。一方、近赤外: peak-I は引っ張り応力に対してレッドシフトを与えた。反射強度及びピークシフトは繰り返し試験 (挿入図) に対して可逆的な応答を示し、それはナノ粒子間界面からのプラズモン励起の応力印加に伴う耐久性も同時に実証した。上記の結果から、peak-II はナノ粒子間の基底励起モードである双極子結合が関与し、一方、peak-I は高次の励起モード (例えば、四重極子結合) に由来すると考慮され、近赤外反射性能の向上には高次のプラズモン励起の光制御が要求される。

“本研究は、挑戦的萌芽研究:25600073/15K13331 及び(独)日本学術振興会の「研究拠点形成事業(A. 先端拠点形成型)」の下に遂行された。”

[1] H. Matsui, S. Furuta, T. Hasebe and H. Tabata, *ACS Appl. Mater. Inter.* 8, 11749 (2016).

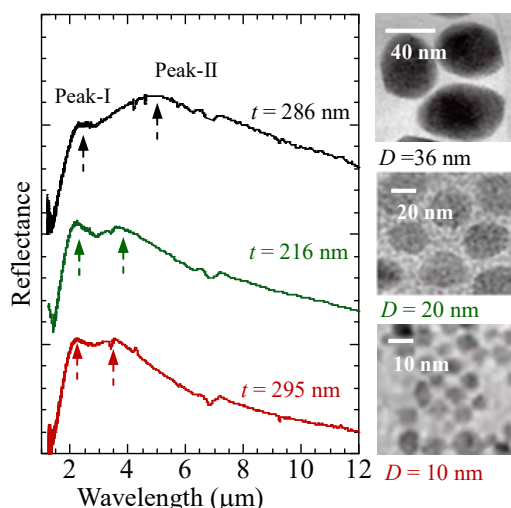


図1. In₂O₃:Sn ナノ粒子シートからの反射特性の粒子径依存性 (右図はナノ粒子の等価電子顕微鏡像)。

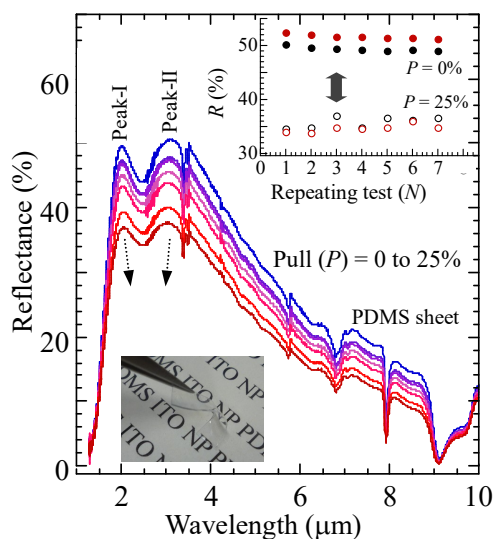


図2. PDMSシート上に作製された In₂O₃:Sn ナノ粒子シートの応力印加 (一軸引っ張り試験) 下の反射特性。挿入図は、応力印加の繰り返し試験 (N = 7 回)。