

ワイドギャップ酸化物半導体のプラズモニック技術: 可視電波透過性を有するフレキシブル熱線反射シートの創出

Plasmonic technology in oxide semiconductors

“Applications to thermal-shielding nanosheets with visible/electromagnetic transmissions

°松井裕章¹、古田晋也²、長谷部貴之³、蓮池紀幸⁴、田畑仁¹

¹東大工、²巴製作所、³税関中央分析所、⁴京都工繊大

°Hiroaki Matsui¹, Shinya Furuta², Takayuki Hasebe³, Noriyuki Hasuike⁴, Hitoshi Tabata¹

¹The Univ. of Tokyo, ²Tomoe Works Co., ³Custom Central Lab., ⁴Kyoto Institute of Technology

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

近年、快適な都市環境の実現に向けて、省エネルギーが必要とされている。特に、人間が感じる熱線(近赤外光)を光反射によって効率的に遮蔽可能な光学技術の需要は増加傾向にある。窓枠等へのカットフィルムとしての利用を考慮すると、球面追従性や可視・電磁波透過性も同時に要求される。熱線のみ選択的に反射遮蔽が可能なスマートウインドは、低消費の社会活動に対して重要な役割を果たす。

本発表において、可視・電波透過性を併せ持つフレキシブルな熱線反射シートの創出に向けて、酸化物半導体ナノ粒子を基盤としたプラズモニック(近接場)技術を提案する。ナノ粒子内における電子の集団運動は粒子表面に強い電場増強を誘起し、近赤外でプラズモン共鳴を与える。酸化物半導体ナノ粒子単体のプラズモニック共鳴は強い吸収効果を示し、反射性能が無い。しかし、ナノ粒子間の局所空間で生じる近接場は、プラズモニック混成による電磁相互作用が生じ、近赤外・中赤外域で選択的な光反射性能が発現する。それは同時にマイクロ波帯域における電磁透過性に寄与する。本研究は、酸化物半導体材料にプラズモニック技術を導入し、反射熱線カットフィルムの構築へ向けての指針を提供する。

図1に、ITOナノ粒子シートの反射スペクトルを示す。近赤外から中赤外域にかけて強い反射性能が確認され、遠赤外域にかけて反射率が低下する(同時に透過率も上がる)。一方、マイクロ波帯域における電磁シールド性能は、一般的なスパッタリング薄膜では強い電波遮断を示すが、ナノ粒子シートにおいては、電磁シールドは殆ど無い。近・中赤外域における選択的な反射特性は、ナノ粒子間の局所空間で生じるプラズモン混成に由来する。特に、近赤外域の高い光反射は、高次のプラズモン励起モードは関与していることが、3次元電磁界計算から明らかにされた。反射型の熱線遮蔽フィルムの創出に向けて、ナノ粒子間隙を電場増強の場として与えるコンセプトが有効的であることが実証された。

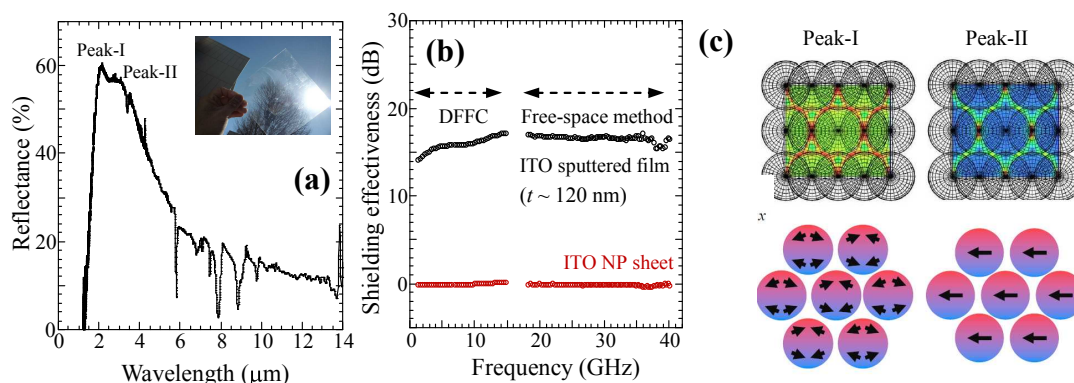


図1. (a) ITOナノ粒子シートの近・中赤外域における反射性能. (b) マイクロ波帯域における電磁シールド性能. (c) 3次元電磁界分布と電荷分布のイメージング.

“本研究の一部は科研費基盤研究(B):25289084、挑戦的萌芽研究:25600073/15K13331、科研費基盤研究(S):24226014 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。”