

可視・電波透過性を持つプラズモニック遮熱技術に向けて： 酸化物半導体ナノ粒子間の電子伝導とマイクロ波分光

Reflective solar-thermal shielding with visible·electromagnetic transmissions:

Electron transport and microwave spectroscopy

東大工¹ °松井裕章¹、田畑 仁¹

Univ. of Tokyo¹, Central Customs Lab.², °Hiroaki Matsui¹, Takayuki Hasebe² and Hitoshi Tabata¹

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

省エネルギー技術の重要な課題の一つとして、可視・電波透過性を併せ持つ反射遮熱は、ビル・住宅や自動車等において快適空間の実現に必要不可欠である。本研究グループらは、酸化物半導体ナノ粒子の表面プラズモン制御によって、近赤外域で反射性能を示すことを見出した。それは、ナノ粒子間の局所空間における強い光相互作用に基づく [1, 2]。このナノ粒子間の空間制御は、同時にナノ粒子薄膜内の電子輸送に影響し、無線通信等で利用されているマイクロ帯域 (0.8 - 100 GHz)の電磁波性能を変化させた。本研究で扱うナノ粒子薄膜は、金属伝導性を有する ITO ナノ粒子から構成されている。しかし、そのシート抵抗は 0.1 [GΩ]程度の高抵抗を示し、マイクロ帯域で全く電波吸収を示さない。このナノ粒子間の空間制御が、可視・電波透過性を併せ持つ反射遮熱技術の創出において重要な観点となる。本発表では、ナノ粒子間の電気的特性とマイク帯域の電磁波特性に着目した議論を展開する。

ITO ナノ粒子間には、表面リガンド分子により空間分離されており、150°C の低温熱処理した試料では、低い電子伝導性を示す。一方、表面リガンド分子は 250°C から 300°C 近傍で熱分解され、ナノ粒子間が空間的に接触する。薄膜試料の熱処理温度を上げた場合、250°C から 300°C 近傍で急激に電子伝導性が向上し、低い抵抗値を示した[図 1(a)]。ナノ粒子間の電子伝導過程は、バリアブルレンジホッピングの Efros-Shlovskii モデル $\rho(T) = \rho_0 \exp[(T_0/T)^{1/2}]$ で説明される。ナノ粒子間薄膜の低い電子伝導性は、電子の短いコヒーレンス長に基づく。一方、マイクロ帯域の電磁波性能は、薄膜試料の熱処理温度が 300°C 以上において、電磁波シールド性能が増加した[図 1(b)]。故に、電子伝導性と電磁波性能には相関性があり。ナノ粒子間の光と電子制御が、可視・電波透過性を示す反射遮熱に向けて重要な要因となる。

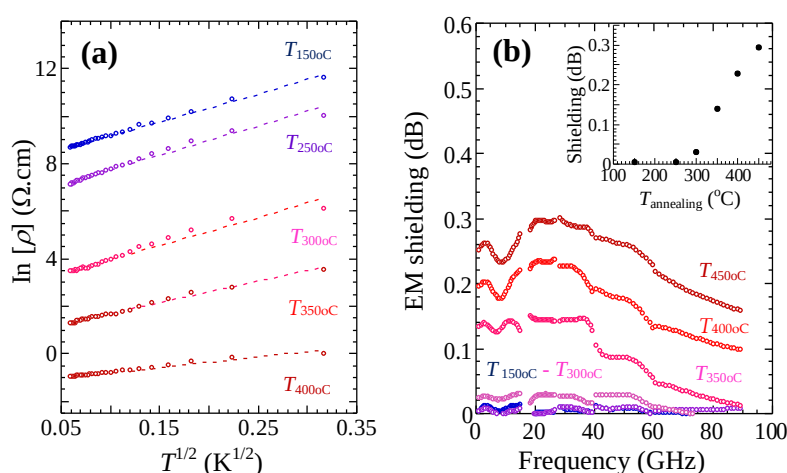


図1. (a) ナノ粒子薄膜の電子伝導性と熱処理温度の依存性。(b) 電磁波遮蔽の熱処理温度が与える影響。挿入図は、熱処理温度と遮蔽強度の相関。

Ref). ACS Appl. Mater. Inter. **8**, 11749 (2016).

「透明樹脂の高性能化と材料設計」、東レサーチ出版 p.112-114 (2017).