

タッチパネルディスプレイ用 Al 添加 Ag-Fe-O 系耐熱黒色絶縁膜の開発

Heat Resistant Black Insulative Al-Doped Ag-Fe-O Thin Films For Touch Panel Displays

東北大院工¹, 日本電気硝子^{2, (D)} 山口実奈¹, 石井暁大¹, 及川格¹, 山崎雄亮², 伊村正明², 高村仁¹

Tohoku Univ.¹, Nippon Electric Glass^{2, (D)} Mina Yamaguchi¹, Akihiro Ishii¹, Itaru

Oikawa¹, Yusuke Yamazaki², Masaaki Imura², Hitoshi Takamura¹

E-mail: minaymg@ceram.material.tohoku.ac.jp



【研究背景】可視光全域を強く等強度に吸収し高い電気抵抗を示す黒色絶縁材料が、タッチパネルディスプレイの意匠性と視認性の向上のため求められている。黒色性と電氣的絶縁性の両立は、単相材料では原理的に困難だが、金属微粒子が可視光波長以下のスケールで絶縁体中に分散された Ag-Fe-O 薄膜で実現された^[1]。高温デバイスへの応用に向け 400 °C 以上の耐熱性が求められるが、黒色絶縁 Ag-Fe-O 薄膜では非平衡相が確認され、高温下での安定性が低いと示唆された。本研究では高温でのカチオン拡散の抑制するため、Fe₂O₃ ($T_{m,Fe_2O_3}=1565$ °C) より高融点な Al₂O₃ ($T_{m,Al_2O_3}=2072$ °C) を Ag-Fe-O へ添加し、耐熱黒色絶縁薄膜の作製を試みた。また、Al 添加が Ag-Fe-O 薄膜の光学特性、電氣的特性及び耐熱性に及ぼす影響を DFT 計算により検討した。

【実験方法】60mol%Ag-40mol%(Fe_{1-x}Al_x)-O ($x=0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0$) 薄膜が、パルスレーザー蒸着法でガラス基板に作製された。成膜温度は 300 °C、酸素分圧 0.5 Pa に制御された。耐熱性評価のため、200 °C-500 °C で大気中後熱処理が行われた。試料は、分光エリプソメトリ、直流二端子測定、XRD、XPS、SEM、STEM で評価された。DFT 計算は WIEN2k コードを使用し、デラフォサイト型構造を対象に行われ、TB-mBJ 交換相関ポテンシャルを用いた。

【結果と考察】STEM 像から粒径 10 -100 nm の微粒子のマトリックス中への分散が観察された。シート抵抗は Al 増加に伴い 10⁷ Ω/sq. から 10¹² Ω/sq. に増加した。これは Al 添加によるマトリックス相の抵抗増加によると考えられる。全ての組成で可視光全域で 40 μm⁻¹ 程度の大きな吸収係数が得られた (図 1)。Fe を含まない $x=1.0$ 試料は、既報黒色材料の黒鉛や CrO_x より小さな吸収係数の標準偏差 ($s=2.1$ μm⁻¹) を示し、高い黒色性が確認された。

XPS から Al 添加による Ag 価数の増大が示唆された。Ag 固溶により本来透明な Al₂O₃ の吸収端がレッドシフトし可視光短波長の吸収が生じたと考えられる。Al 無添加 $x=0$ 試料では 400 °C 以上の熱処理により吸収係数の波長依存性が大きく変化し、色味の変化が確認された。一方、Al 添加試料では 500 °C 熱処理後も吸収係数の波長依存性の変化は小さく、色味の変化が小さかった。XRD、Raman、SEM 観察から、Al 添加によりマトリックスの結晶化や Ag 粒成長が抑制されたと示唆された。

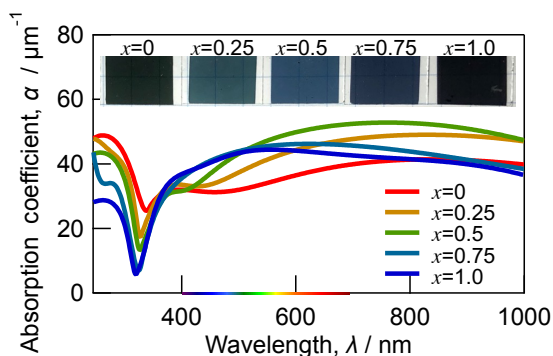


Fig. 1 Wavelength dispersion of the 60mol%Ag-40mol%(Fe_{1-x}Al_x)-O thin films.

[1] A. Ishii et al., *Phys. Stat. Sol. (RRL)* **14**, 2000160 (2020). [2] M. Yamaguchi et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **13**, 57971 (2021).