

## Ag 系 Low-E 多層膜の電気抵抗率を低減する最下層の特性

## Optimization of lowermost layer material for low-resistivity Ag-based multilayer structure in low-emissivity glass

北見工大<sup>1</sup>、YKK AP(株)<sup>2</sup>、YKK(株)<sup>3</sup> ○(D) 水越光司<sup>1, 2</sup>、山村剛史<sup>3</sup>、富岡泰宏<sup>3</sup>、川村みどり<sup>1</sup>Kitami Institute of Technology<sup>1</sup>, YKK AP Inc.<sup>2</sup>, YKK Corp.<sup>3</sup>°Koji Mizukoshi<sup>1, 2</sup>, Takafumi Yamamura<sup>3</sup>, Yasuhiro Tomioka<sup>3</sup>, Midori Kawamura<sup>1</sup>

E-mail: kawamumd@mail.kitami-it.ac.jp

**背景:** 開口部の断熱性を向上させる Low-E 膜は Ag 膜を酸化膜で挟み込んだ構造で、一般的には酸化金属膜/銀/酸化金属膜の構造を要素とし、成膜条件や膜材料の組合せによって機能化する研究が行われている。前回、ガラス/最下層/ZnO/Ag 構造にて最下層に TiO<sub>2</sub> を挿入することで電気抵抗率が改善されることを報告した<sup>1)</sup>。本研究では、最下層材料を変更し膜特性を評価することで、抵抗率を低減するために最下層が必要とする特性を導き出した。

**実験方法:** マグネトロンスパッタリング法により、ガラス/ZnO/Ag 膜、ガラス/最下層 /ZnO (8 nm) /Ag (14 nm) 構造の多層膜を成膜した。TiO<sub>2</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ZrO<sub>2</sub> を最下層 (20 nm) として挿入し、抵抗率を渦電流法で測定、結晶特性を X 線回折法 (XRD) の面内・面外測定により評価した。原子間顕微鏡 (AFM) により表面粗さを測定した。

**結果と考察:** Fig. 1 は、最下層を変化させた場合の抵抗率と Ag 及び ZnO の表面粗さ (Ra) を示している。TiO<sub>2</sub> 膜、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 膜が最下層の場合に Ag 膜 Ra 及び抵抗率が低減したが、ZrO<sub>2</sub> 膜では効果は認められなかった。ZnO(002) 面上へ Ag(111) が優先配向することで抵抗率が低減することが確認されているため、抵抗率と ZnO(002)、ZnO(100) の面間隔の相関を確認した (Fig. 2)。ZnO(002) と抵抗率には、ZnO 成膜時の O<sub>2</sub> 分圧を変化させた 2 層膜のみ傾向が見られた。最下層に、ZnO(100) 面間隔をより狭くできる物質を選択すると抵抗率を低減でき、それが達成できない物質では効果が現れなかった。結論として、最下層からの表面粗さの改善、ZnO の結晶性の促進、ZnO/Ag 界面のミスマッチを取り除くことへの寄与、これらが抵抗率を低減する最下層が保持すべき特性である。

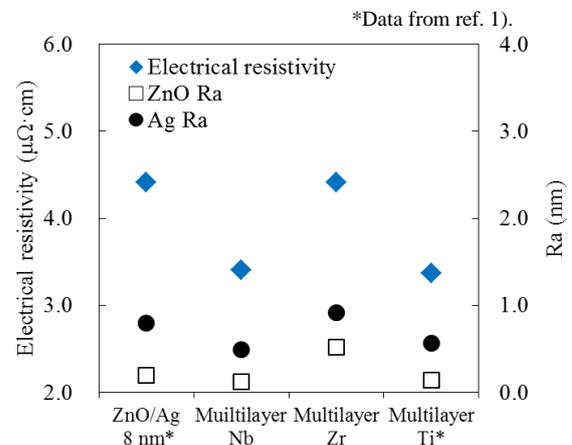


Fig. 1 Electrical resistivity and Ra of Ag and ZnO in glass/ZnO/Ag and glass/lowermost layer/ZnO/Ag.

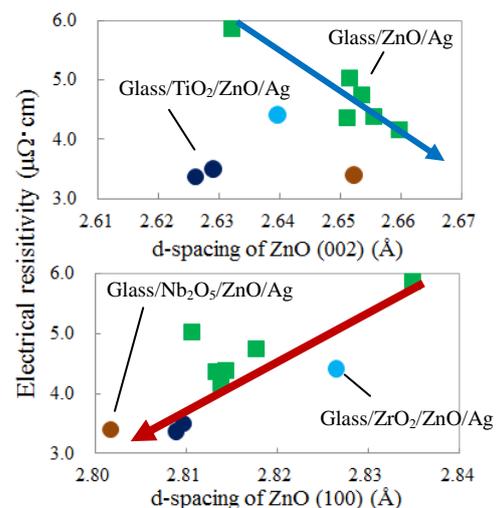


Fig. 2 Electrical resistivity and d-spacing in glass/ZnO/Ag and glass/lowermost layer/ZnO/Ag.

**参考文献:** 1) Mizukoshi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 60 (2021) 025501