Kr スパッタと最下層挿入による Ag 多層膜の電気抵抗率低減

Effects of sputtering with Kr gas and insertion of lowermost layer on electrical resistivity of Ag-multilayer

北見工大[1]、YKK AP(株)[2]、YKK(株)[3]　○(D) 水越光司[1, 2]、山村剛史[3]、冨岡泰宏[3]、川村みどり[1]

Kitami Institute of Technology[1], YKK AP Inc.[2], YKK Corp.[3]

°Koji Mizukoshi[1, 2], Takafumi Yamamura[3], Yasuhiro Tomioka[3], Midori Kawamura[1]

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

背景：Ag 膜を酸化膜で挟み込んだ構造（酸化膜/銀/酸化膜）を含む Low-E 膜は、開口部の断熱性を向上させる有益なツールである。Low-E 膜はスパッタリング法で成膜されるが、銀の電気抵抗率を低減することが課題である。我々は Kr ガス中での Ag（150 nm）成膜により抵抗率低減を報告した[1]。またガラス/酸化膜/銀の構成において、TiO_2 等の最下層の挿入によっても抵抗率を低減し、そのメカニズムを解明してきた[2]。本研究では、この二つの手法を合わせて適用して、更なる抵抗率低減を目指した。

実験方法：マグネトロンスパッタリング法によりガラス/Ag(14 nm)膜、ガラス/ZnO(8 nm)/Ag 膜、ガラス/TiO_2(20 nm)/ZnO/Ag 膜を成膜した。Ag 成膜ガスを Ａｒ、Kr とした。抵抗率は四探針法で測定。結晶特性は X 線回折法で評価。表面粗さは原子間力顕微鏡により測定した。Ag 膜中の Ar, Kr の含有は、ガラス/Ag(100 nm)膜において二次イオン質量分析法(SIMS)で分析した。

結果と考察：Fig. 1 は、各膜構成の Ag を Ar 又は Kr 雰囲気で成膜した試料の抵抗率の比較を示している。すべての膜構成で、Kr ガス中での成膜の方が抵抗率が低くなった。Ag 単層膜では、膜厚が 14 nm でも Kr の効果が発現されることが確認され、下地層(ZnO)、最下層(TiO_2)を挿入した場合でも効果が現れた。ガラス/ZnO/Ag_Ar で 4.3 μΩcm、最下層を挿入すると 3.4μΩcm となった。Fig. 2 (a)(b)に Ag 成膜ガスを Ａｒ、Kr とした Ag 膜の SIMS 測定結果を示す。(a)では膜中に Ar が確認されたが、(b)では Kr が検出限界以下であった。Ag と Kr の質量差から Kr では後方散乱エネルギーが低く、膜中に Kr が入らなかったことにより抵抗率が低減したと考えられた。結果として Kr ガス中での成膜と最下層挿入、二つの手法を適用して約 20%の抵抗率低減を達成できた。

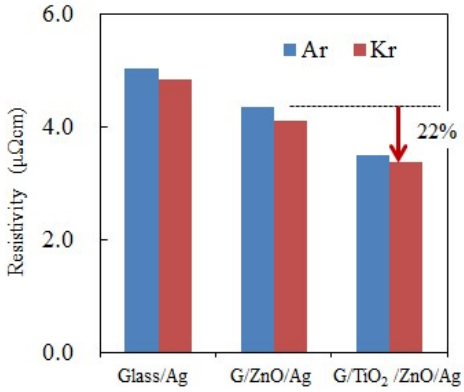

Fig. 1 Resistivity of Ag single layer and Ag multilayers sputtered with Ar gas or Kr gas.

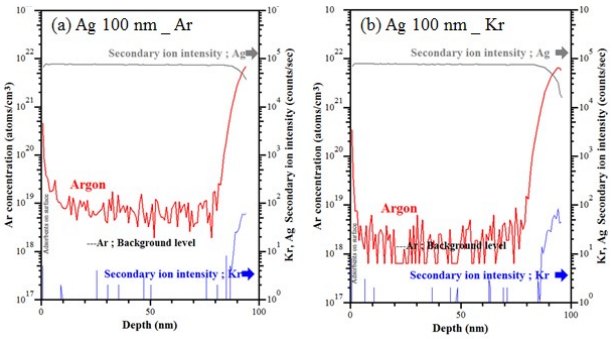

Fig. 2 Depth profile of Ar and Kr in Ag layers measured by SIMS.

参考文献：

[1] Kawamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59 (2020) 048001.

[2] Mizukoshi et al., Thin Solid Films, 739 (2021) 138996.