

イオン注入されたアモルファス InGaZnO 膜の抵抗値熱安定性

Thermal stability of resistance of ion-implanted amorphous-InGaZnO film

日新イオン機器 ○安田 圭佑, 宇井 利昌, 立道 潤一

NISSIN ION EQUIPMENT CO., LTD., °Keisuke Yasuta, Toshimasa Ui, and Junichi Tatemichi

E-mail: yasuta_keisuke@nissin.co.jp

1. 序論

アモルファス InGaZnO (a-IGZO)は、高電子移動度、低温プロセス、良好な膜厚・膜質均一性が実現可能であり、次世代フラットパネルディスプレイへの応用が期待されている[1]。a-IGZO 薄膜トランジスタは、イオンあるいはプラズマを用いたソースおよびドレイン領域の抵抗低減により、高性能化を実現することができる[2, 3]。一方、抵抗値低減後の熱安定性は、デバイスプロセスにおいて重要であるにも関わらず、その報告はほとんどない。本研究では、一般的に抵抗値低減に用いられている Ar を a-IGZO 薄膜へ注入し、熱処理前後でのシート抵抗を測定することにより、熱安定性を評価した。さらに、既存技術であるプラズマ照射についても評価を行った。

2. 実験方法および結果

膜厚 ~ 50 nm, シート抵抗 ~ $10^{13} \Omega/\text{sq}$ の a-IGZO 薄膜を、ガラス基板 (EAGLE XG glass) 上に誘導結合プラズマスパッタリングにより、ガス流量 Ar/O = 95/5 sccm, 圧力 0.9 Pa, RF パワー 7 kW, ターゲット InGaZnO₄, 電圧 -400 V で成膜を行い、a-IGZO/glass 構造を得た[4]。抵抗値低減のため、iG シリーズを用いて Ar⁺イオンを a-IGZO/glass 構造へ注入量 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、イオンエネルギー 20 - 80 keV で注入 (imp.)した。一方、既存技術である Ar プラズマも同様に圧力 20 Pa, RF パワー 10 - 30 W, 照射時間 1 - 10 min で照射した。これらのサンプルを大気中 250, 300 °C でアニール (ani)し、アニール前後のシート抵抗を測定した。

シミュレーター (Transport or Ions in Matter, TRIM)を用いて、 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で注入した場合の、a-IGZO (50 nm)/glass 構造中における各イオンエネルギーの Ar 密度深さ方向分布を計算した結果を図 1 に示す[5]。20, 40 keV 注入の場合、Ar 密度ピークは a-IGZO 膜中にあるが、80 keV 注入の場合、a-IGZO/glass 界面に到達する。図 2 (a)にイオン注入後、あるいは 250 °C アニール後の a-IGZO 膜シート抵抗イオンエネルギー依存性を示す。イオン注入後のシート抵抗は、 $3 \times 10^3 - 10^4 \Omega/\text{sq}$ に減少する。20, 40 keV 注入の 250 °C アニール後では、シート抵抗は $10^4 - 10^5 \Omega/\text{sq}$ に増大するが、80 keV の場合、注入直後と同程度の値を維持している。さらに、図 2 (b)に示すように、20, 40 keV 注入の 300 °C アニール後では、シート抵抗は $\sim 10^6 \Omega/\text{sq}$ に増大するが、80 keV の場合、 $\sim 10^4 \Omega/\text{sq}$ となる。一方、図 2 (c)にプラズマ照射後、あるいは 250 °C アニール後の a-IGZO 膜シート抵抗照射エネルギー依存性を示す。プラズマ照射後のシート抵抗は、照射エネルギー、時間に関係なく $\sim 10^3 \Omega/\text{sq}$ に減少する。250 °C アニール後では、 $10^4 - 10^7 \Omega/\text{sq}$ に増大する。さらに、図 2 (d)に示すように、300 °C アニール後では、シ

ト抵抗はさらに増大し、 $10^6 - 10^8 \Omega/\text{sq}$ となる。以上の結果は、プラズマ照射では、電子密度を増大させ、抵抗値を減少させる酸素欠損 (Vo) が a-IGZO 表面近傍に生成されるため、大気中の O₂ および H₂O により減少するのに対し、イオン注入では、表面から離れた深い領域に Vo が生成され、a-IGZO 表面から侵入する原子、分子を抑制するため、熱安定性が高いことを示している。以上の知見は、a-IGZO デバイスプロセスにおいて有用である。

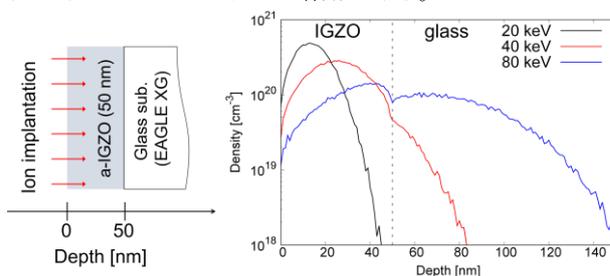


図 1 シミュレーター TRIM により得られた、Ar⁺イオンを $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で a-IGZO (50 nm)/glass 構造に対して注入した場合の、各イオンエネルギーにおける注入深さプロファイル[5]。

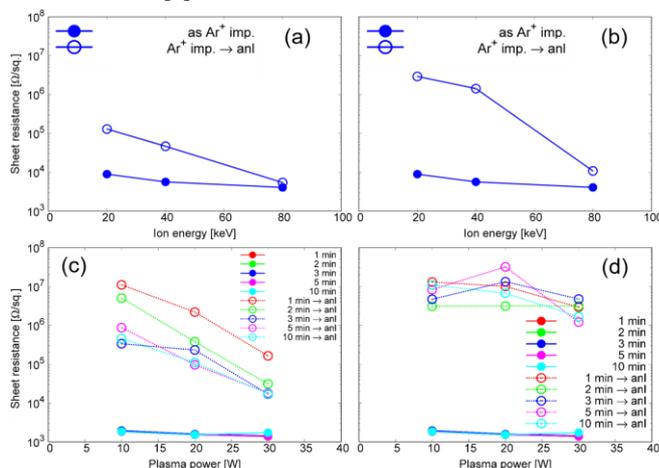


図 2 Ar⁺イオン $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 注入後、あるいは (a) 250 °C アニール後、(b) 300 °C アニール後の a-IGZO 膜シート抵抗イオンエネルギー依存性。及び、Ar プラズマ 20 Pa, 1 - 10 min 照射後、あるいは (c) 250 °C アニール後、(d) 300 °C アニール後の a-IGZO 膜シート抵抗照射エネルギー依存性。

3. 参考文献

- [1] K. Nomura *et al.*, Nature **432** (2004) 488.
- [2] T. Ui *et al.*, **27th** AM-FPD '20 (2020) 115.
- [3] T. Ui *et al.*, the **27th** IDW '20, FMCp3-5 (2020).
- [4] D. Matsuo *et al.*, the **25th** IDW '18, FMCp7-2L (2018) 560.
- [5] J. Ziegler *et al.*, Stopping Power and Range of Ion in Matter (2008).