

加熱イオン注入法によるアモルファス InGaZnO 薄膜の シート抵抗値低減の検討

Investigation of amorphous-InGaZnO sheet resistance reduction technique using a hot ion-implantation method

日新イオン機器株式会社 °山根 裕也, 安田 圭佑, 宇井 利昌, 立道 潤一

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

E-mail: yamane_yuya@nissin.co.jp

1. 序論

ディスプレイ技術において重要なアモルファス InGaZnO (a-IGZO) 薄膜トランジスタは、イオン注入法によるソースおよびドレイン領域の抵抗値低減により、高性能化・高集積化が実現可能である[1, 2]。しかしながら、シート抵抗 R_s 低減および注入プロセスウィンドウ拡大の観点において改良の余地が大きい。本研究では、室温下あるいは 300 °C 下でホウ素イオン(B^+)を注入した a-IGZO 薄膜の R_s 測定、および昇温脱離ガス分析(TDS)による弱結合酸素の温度依存性を評価し、加熱イオン注入法による a-IGZO R_s 低減効果を検討した。

2. 実験方法および結果

ガラス基板上に膜厚 ~ 50 nm, シート抵抗 ~ 10^{13} Ω /sq. の a-IGZO 薄膜をスパッタリング: 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。a-IGZO R_s 低減のため、a-IGZO/glass に対し、室温下あるいは 300 °C 下で B^+ を注入量 1×10^{15} ions/cm², イオンエネルギー $E_{ion} = 10$ -80 keV で注入した。さらに、室温注入した a-IGZO/glass は、窒素(N_2)雰囲気中 300 °C で 1 時間の熱処理を行った。図 1 に室温注入(RT imp.)、室温注入後に N_2 雰囲気中でアニール(RT imp.+ 300 °C, 1 h anl)、および 300 °C 下注入(300 °C hot imp.)を行った a-IGZO 薄膜 R_s の E_{ion} 依存性を示す。RT imp. の場合、 $E_{ion} = 10$ -80 keV において $R_s < 10^4$ Ω /sq. である。さらに、RT imp. と比較して RT imp. + 300 °C, 1 h anl の場合、 $E_{ion} = 10$ -20 keV において R_s が減少、 $E_{ion} = 30$ -80 keV において R_s が増大する。以上の結果は、イオン注入を行うと a-IGZO 膜中では電子を供給する酸素欠損 V_o が生じるが[3]、注入後アニールによって V_o が修復され、 R_s が増大することを示す。しかしながら、 $E_{ion} = 10$ -20 keV では a-IGZO 膜中に留まる B 元素が B-O 結合することにより V_o が増大し、 R_s がさらに低減する可能性も示している[4]。一方、RT imp. および RT imp. + 300 °C, 1 h anl と比較して、300 °C hot imp. の場合、 $E_{ion} = 10$ -80 keV において R_s が減少し、いずれの E_{ion} においても数 10^3 Ω /sq. 以下を示した。加熱による V_o の変化を調べるため、未注入(No imp.)あるいは B^+ RT imp. の a-IGZO/glass の TDS 分析を行った。図 2 に TDS 分析により得られた a-IGZO/glass の脱ガス量の基板温度依存性を示す。No imp. の場合と比較して、 B^+ imp. の場合、温度 300 °C 以下で酸素(O)や水酸化物(OH)ガスの脱離が増大する。この結果より、注入後に N_2 雰囲気アニールを行うと電子を供給する V_o が減少し、 R_s が増大するが、真空中で加熱注入することにより、

注入によって生じる弱結合酸素が真空中に脱離して V_o の減少を抑制する可能性が示唆された。以上より、室温下の注入と比較して、加熱下の注入により a-IGZO 薄膜 R_s のさらなる低抵抗化およびプロセスウィンドウ拡大が示された。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。

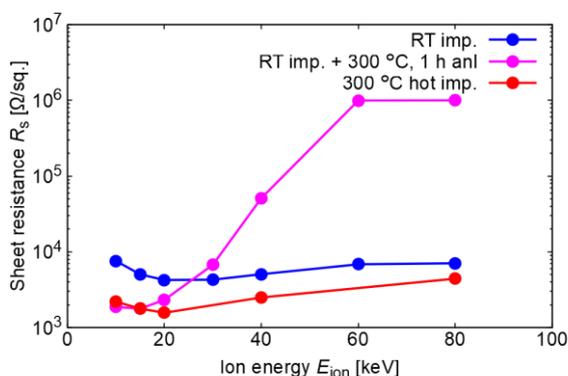


図 1 B^+ 注入量 1×10^{15} ions/cm² で室温イオン注入(RT imp.)、室温イオン注入後 N_2 雰囲気中でアニール(RT imp.+ 300 °C, 1 h anl)、および 300 °C 加熱イオン注入(300 °C hot imp.)をした a-IGZO 膜のシート抵抗のイオンエネルギー依存性。

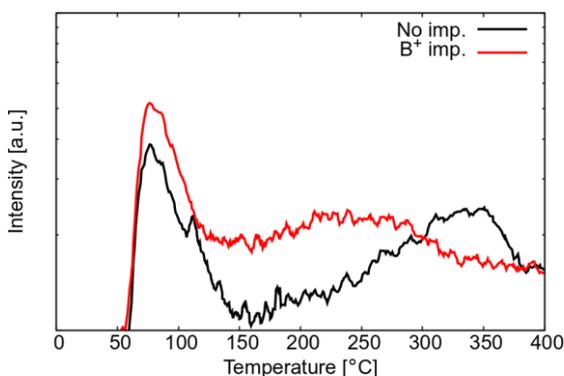


図 2 昇温脱離ガス分析により得られた未注入(No imp.)および B^+ エネルギー 15 keV, 注入量 1×10^{15} ions/cm² で注入(B^+ imp.)された a-IGZO 膜の脱ガス量(質量電荷比 17)の基板温度依存性。

3. 参考文献

- [1] R. Chowdhury *et al.*, ECS Transactions **92** (2019) 135.
- [2] L. Qian *et al.*, ECS Solid State Lett. **3** (2014) 87.
- [3] T. Ui *et al.*, the **27th** IDW '20 (2020) 315.
- [4] K. Yasuta *et al.*, the **28th** IDW '21 (2021) 956.