

Effect of Boron Ion Implantation Temperature on the Crystallinity and Electrical Properties of Indium Oxide Thin Films for Thin-film Transistor Application

【研究目的】 薄膜トランジスタ (TFT) は、フレキシブルデバイスや LSI など多岐にわたる分野で応用されている。近年のデバイス進化に伴い、TFT にはさらなる高性能化、特にドレイン電流の増大が強く求められている。その手法の一つとして、ソース・ドレイン領域へのホウ素イオン注入により、金属/半導体間のコンタクト抵抗を低減し、電流ロスを抑制する手法が期待されている[1]。しかし、イオン注入は酸化インジウム薄膜内に注入欠陥を誘発する。これらの欠陥は後の熱処理によって回復させるが、この過程でチャネル領域からの酸素引き抜きなどが生じることから、実効チャネル長が減少することが課題と考えられている。そこで本研究では、加熱状態でイオン注入を行うことで欠陥の自己回復を図り、実効チャネル長の減少抑制を試みた。具体的には、注入温度が酸化インジウム薄膜の電気特性、結晶性および TFT 特性に及ぼす影響について評価を行った。

【実験方法】 スパッタ法を用いて、酸化インジウム薄膜 (膜厚 30 nm) を成膜した。成膜後、大気雰囲気下にて 300°C で結晶化を施し、次いで SiO₂ 絶縁膜 (膜厚 140 nm) を堆積させた。その後、ホウ素を注入イオン種として、注入エネルギー 30 keV、ドーズ量 $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件でイオン注入を行った。注入後は、窒素雰囲気下において 150~300°C の範囲で熱処理を行い、結晶性および電気特性を評価した。なお、TFT 特性については、本稿にて詳細に論じる。

【結果・考察】 図 1(a) に各加熱温度でホウ素イオン注入を行った後のシート抵抗を示す。また、図 1(b) に微小角 X 線回折 (GI-XRD) 測定から得られた (222) 面の格子定数を示す。図 1(a) より、300°C で加熱しながらイオン注入を行った薄膜のシート抵抗は 0.6 kΩ/sq であり、室温注入時の 1.3 kΩ/sq と比較して約 1/2 まで低減している。一方、加熱温度を 350°C まで上昇させると、キャリア密度の減少からシート抵抗は増加に転じた。図 1(b) より、(222) 面における格子定数は、室温注入では 10.067 Å であるのに対し、250°C で加熱注入した試料では 10.057 Å となり、未注入試料 (10.051 Å) により近い値を示した。また、250°C 付近までにおいては、注入時の加熱温度の上昇に伴うシート抵抗の低減と格子定数の回復が同様の傾向を示している。このことから、注入ダメージに起因する結晶構造乱れの自己回復が、シート抵抗低減の一因であると考えられる。

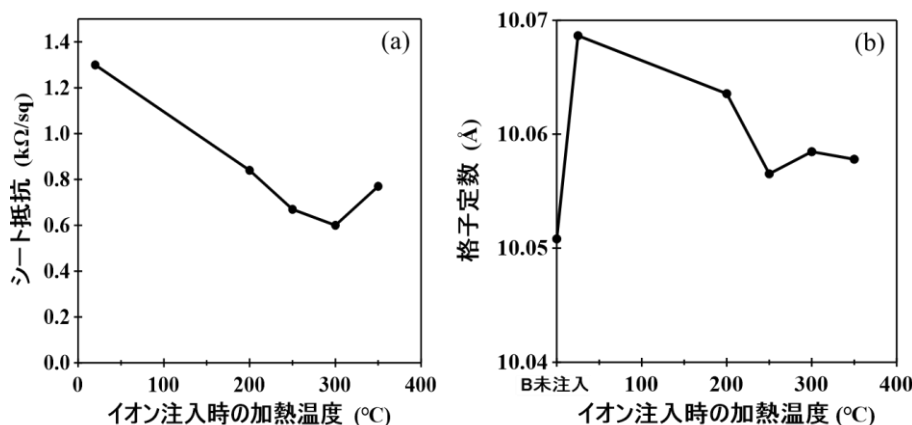


図 1 各加熱温度でのホウ素イオン注入に対する(a)シート抵抗の変化、(b) (222)面の格子定数の変化

【参考文献】 [1] UI, T, Yasuta, K., Matsuo, D. Sakai, T., Andoh, Y., and Tatemichi, J. “Investigation of Boron Implantation Technique Application for Oxide Semiconductor IGZO Device Processing,” Electronics, No. 95, pp. 22–27, Oct. 2022.