

透明導電膜として機能する InGaZnO の物性評価

Study of transparent conductive InGaZnO thin films

株式会社 半導体エネルギー研究所¹, アドバンスドフィルムデバイスインク株式会社²○太田 将志¹, 石原 典隆¹, 黒澤 陽一¹, 野中 裕介¹, 廣橋 拓也¹, 高橋 正弘¹, 山崎 舜平¹生内 俊光², 保坂 泰靖², 肥塚 純一²Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,¹ Advanced Film Device Inc.,²○M. Oota¹, N. Ishihara¹, Y. Kurosawa¹, Y. Nonaka¹, T. Hirohashi¹, M. Takahashi¹, and S. Yamazaki¹T. Obonai², Y. Hosaka², J. Koezuka²

E-mail: mo1152@sel.co.jp

昨今、酸化物半導体(Oxide Semiconductor; OS)を用いた電子デバイスが大変に注目されている。その中でも c-axis aligned crystal (CAAC) OS を活性層として用いた OS-FET では活性層のギャップ内準位が低減されることによって、高特性・高信頼性が実現され、チャンネルエッチ構造を採用することも可能である[1]。また、プラズマ CVD 法で成膜した SiN:H を用いることにより InGaZnO を透明性を維持したまま低抵抗化できることを見出した(Oxide Conductor; OC)。一方で、酸化物半導体のキャリアの起源については未だ完全な解明には至っていない。我々は CAAC-InGaZnO、および OC-InGaZnO に対し多様な実験手法を用いた複合的な解析を行った。これによって、OC-InGaZnO の低抵抗化のメカニズムを探るとともに、InGaZnO のキャリア生成源の特定を試みた。分析には、硬 X 線光電子分光(HX-PES), SIMS, 導電率測定, TDS, ESR を用いた。

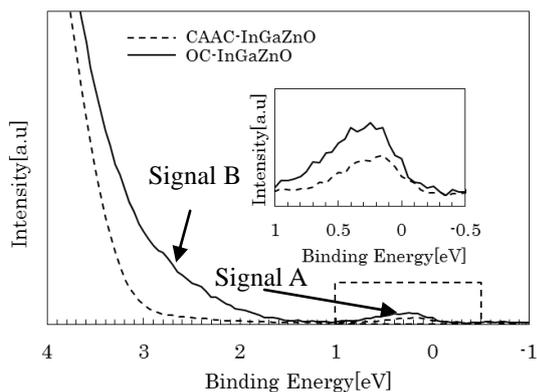


Fig. 1 HX-PES spectra of InGaZnO thin films

Fig. 1 に HX-PES 分析によって Si ウェハ上に成膜した CAAC および OC-InGaZnO 薄膜の価電子帯近傍の光電子スペクトルを示す。OC-InGaZnO では Binding Energy=0[eV]に位置するフェルミレベルより約 2.3eV の位置にある深いギャップ内準位(Signal B)とフェルミレベルから約 0.2[eV]の位置にある浅いギャップ内準位(Signal A)の増大が

確認された。深い準位 Signal B と浅い準位 Signal A はそれぞれ膜中酸素欠損(V_O)と SiN:H より導入された水素が関係していると考えられる。

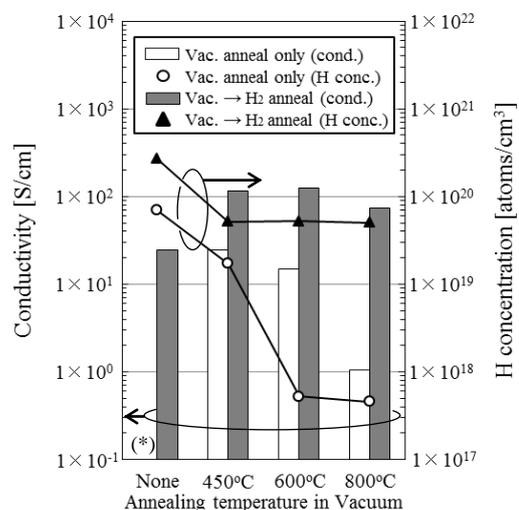


Fig. 2 Conductivity and hydrogen concentration of InGaZnO annealed under various temperatures. The conductivity of non-annealed sample (*) is lower than detection limit.

Fig. 2 に真空ベークと H₂ ベークによって V_O および H を導入した InGaZnO の、熱処理条件毎の導電率および SIMS 分析で求めた H 濃度を示す。真空ベークで V_O を導入し H を減らしたサンプルでは導電率が減少している。一方で、真空ベーク後に H₂ ベークしたサンプルでは伝導率の上昇が見られている。

これらの結果から、我々は V_O 中に捕獲された H 原子(V_OH)がドナーとしての役割を果たし、主要なキャリア生成源となっていると結論付けた。当日は V_O , H, V_OH の切り分けについても報告する。この原理を応用すれば、OS 膜の一部を低抵抗化し透明な酸化物導電膜(Oxide-conductor; OC)として利用することも可能である。このような技術的応用は OS 材料を採用するメリットを更に拡大するものであると考えられる。

[1] M. Tsubuku et al., *Proc. SID'13 Digest*, **166** (2013)