X 線光電子分光による InGaZnO のキャリア生成メカニズムの解析
～He プラズマ処理時の基板バイアスの効果～

XPS analysis of carrier generation mechanism in He-plasma-treated InGaZnO
Effects of substrate bias during He-plasma treatment of IGZO.

高知工大 大学院 工学研究科 [1], 総研 [2] ○(M1)曲 勇作 [1], 牧野 久雄 [1,2], Dapeng Wang[1,2], 古田 守 [1,2]
Dep. Graduate School[1], Research Institute[2], Kochi Univ. of Technol.,
°Yusaku Magari[1], Hisao Makino[1,2], Dapeng Wang[1,2], and Mamoru Furuta[1,2]
E-mail: 195013f@gs.kochi-tech.ac.jp

【概要】近年、ディスプレイの大画面化・高精細化が著しく進展し、酸化物薄膜トランジスタ(TFT)に大きな期待が寄せられている。これまで In-Ga-Zn-O(IGZO)酸化物半導体へのドーピング技術として、Ar や He プラズマ処理が報告されているが、ポストアニールによるキャリア濃度（抵抗率）の安定性に課題がある[1,2]。前回我々は、プラズマ処理時に基板バイアスを印加することで熱処理前後における抵抗率の変動を抑制できることを報告した(図 1)。また、プラズマ処理の自己整合型(Self-alignment：SA)TFT ソース・ドレイン領域への応用により、350℃熱処理後においても良好な TFT 特性を実現した。そこで今回、IGZO へのプラズマ処理時の基板バイアス印加によるキャリア生成及び熱的安定化メカニズムを X 線光電子分光(XPS)法による解析を中心に評価した。

【実験】本研究ではマグネトロンスパッタリング法により IGZO を成膜した後、誘導結合プラズマ(ICP)装置を用い、He プラズマ処理を基板バイアス(P_B)0W、50W で 1 分間処理し、350℃ポストアニール(N_2雰囲気 1 時間)前後での XPS 解析を行った。XPS 分析は IGZO バルク薄膜の電子状態を知るため、Cr Kα X 線源を使用した。In3d,Ga2p,Zn2p,O1s 及び価電子帯付近のスペクトルを分析し、組成変化及び化学結合状態について評価した。またキャリア濃度増加に伴いフェルミレベルの変化による結合エネルギーのシフトが見られたため、価電子帯上端および O1s スペクトルを基準にシフト補正した。

【結果・考察】図 2 は熱処理前における O1sXPS スペクトルの基板バイアス依存性である。P_B=50W は P_B=0W に比較して 531eV 付近の金属酸化物に起因するピーク強度が減少し、高結合エネルギー側に酸素欠損(V_O)および水素結合(O_H)に起因するピーク強度が増加した。これは基板バイアス印加により IGZO に入射するイオンエネルギーが増大したことで、V_O を生成したと考えられる。V_O は IGZO 中でドナーとして働くことが実験的、また理論的研究により確認されている[3]。よって、基板バイアスを印加することで V_O が増大したことがキャリア生成に寄与したと考えられる。また、熱処理後においては P_B=0W は金属酸化物ピークの増大と V_O の減少がみられたが、P_B=50W ではスペクトルの変化が小さく、熱処理後においても V_O が残存することが確認された。これらの結果より、熱処理後に残存する V_O がキャリア濃度の熱的安定性に影響したと考えられる。

また、金属元素の結合スペクトルや組成変化、及び価電子帯近傍の欠陥準位についても基板バイスの影響が見られた。当日はこれらの結果及び、角度分解測定による深さ方向の電子状態、またポストアニールを実施したサンプルとの比較も含め報告する予定である。

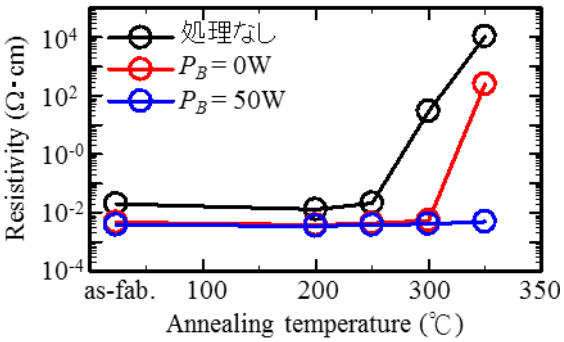

図.1. IGZO 抵抗率の基板バイアス・ポストアニール温度依存性

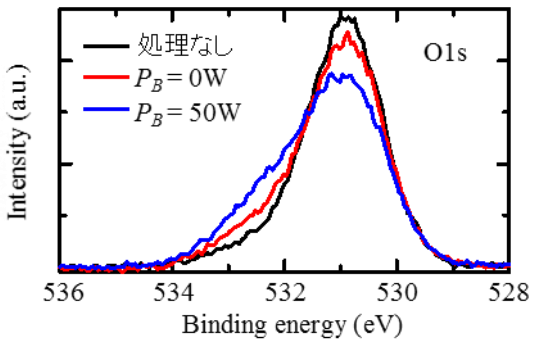

図.2. O1sXPS スペクトルの基板バイアス依存性

参考文献
[1] H. Y. Jeong *et al* ., Appl. Phys. Lett. **104** (2014) 022115.
[2] J. S. Park *et al* ., Appl. Phys. **90** (2007) 2753107.
[3] T. Kamiya *et al* ., Phys. Status. Solid A **207** (2010) 1698.

© 2015年 応用物理学会