

## 硬 X 線光電子分光法を用いた a-IGZO 薄膜表面の電子状態評価 Evaluation of Electric States on a-IGZO Thin Film Surface Using Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy

森田 晋也  
Shinya Morita

(株)神戸製鋼所  
Kobe Steel, Ltd.

酸エッチング液を用いて表面ダメージを付与したアモルファス IGZO 薄膜について、高エネルギー X 線光電子分光法を用いて電子状態および化学結合状態を調べた。酸浸漬により IGZO 薄膜の O1s スペクトルのピーク位置が高エネルギー側にシフトする現象を確認し、表面の酸素欠損増加を確認した。また、価電子帯付近のスペクトルにおいても酸浸漬によってテール部分の電子状態密度が増加したことから、酸浸漬によるダメージが IGZO 薄膜の電子状態に影響を与えていることを確認した。

**キーワード：** アモルファス材料、酸化物半導体、高エネルギー X 線、光電子分光法

### 背景と研究目的：

アモルファス酸化物半導体[1]は液晶または有機 EL ディスプレイ用薄膜トランジスタに使用される薄膜材料であり、デバイス特性と膜質や電子状態はデバイス特性に強く依存する。特に TFT 製造工程において酸化物半導体薄膜表面(バックチャネル)には、ソース・ドレイン電極加工時にダメージやコンタミが生じ、電界効果移動度の低下や照射下における信頼性低下といった問題が生じる[2][3]。そこで今回、酸浸漬ダメージによって酸化物半導体薄膜の電子状態がどのように変化するか調査するため、高エネルギー X 線を用いて IGZO 薄膜の価電子帯付近のスペクトルを評価した。

### 実験：

試料はシリコン基板に酸化物半導体薄膜(IGZO)を膜厚 40 nm で製膜し、ダメージあり、なし(PAN エッチング液への浸漬)の 2 試料について、HAX-PES 法を用いて価電子帯直上の深い準位を比較した。使用したビームラインは BL47XU であり、入射 X 線エネルギーは 7940 eV、光電子取出し角度は 87°とした。Binding Energy は C1s スペクトルを基に帯電補正して算出した。測定条件は以下のとおり。

- ・ X 線エネルギー：7940 eV、パルスエネルギー：200 eV
- ・ 光電子検出角度(TOA)：87 度
- ・ スリット開口/スポットサイズ：0.5×0.5 mm/40 μm×40 μm
- ・ 中和銃使用なし

### 結果および考察：

図 1 に酸素 2p バンドで構成される価電子帯付近のスペクトルを示している。IGZO 薄膜はその電子状態によって価電子帯近傍(2~3 eV 付近)とフェルミ準位直下(0~1 eV 付近)のスペクトルが変化することがわかっている。図 1 の測定結果を比較すると価電子帯近傍の信号はダメージを付与するとわずかながら増加していることがわかる。また、価電子帯近傍スペクトルの拡大図より、フェルミ準位直下のピークの信号はダメージ付与によって逆に減少している。我々が事前に行った実験では、ダメージ付与有無のサンプルを用いて TFT を作製・評価したところ、ダメージ付与によって照射下における信頼性が低下することが確認されている。したがって、ダメージを付与することで照射下における信頼性と関連する価電子帯近傍の欠陥準位が増加し、信頼性の低下を引き起こすことが、今回の HAX-PES 測定によって確認されたものと考えられる。

次にダメージ付与における酸素の結合状態への影響を調べるために、試料間で O1s スペクトルを比較した。図 2 に O1s スペクトルの測定結果を示しており、ダメージを付与することによって O1s ピークは高エネルギー側に向かってブロードになっている。これはダメージ付与によって酸化物半導体薄膜表面の化学結合状態が変化していることが原因であると考えられ、高エネルギー側にピークがシフトしていることから、ダメージによって酸化物半導体薄膜表面の酸素欠損が増加していると考えられる。

一連の実験により、ダメージ付与による酸化物半導体薄膜表面の状態変化を観測できたが、実際には薄膜内部の情報も混在した形で観測されているため、測定結果はわずかな差として検出された。表面状態の違いをより精度よく観測するためには、測定時間はかかってしまうが、光電子取出し角を小さくしたり、試料膜厚を薄くすることで表面の情報をより顕著にとらえることができたものと考えられる。

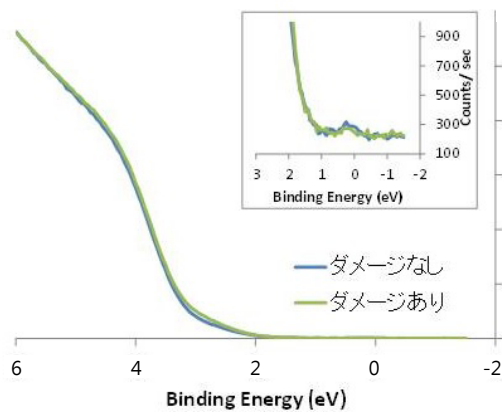


図 1. 価電子帯付近のスペクトル

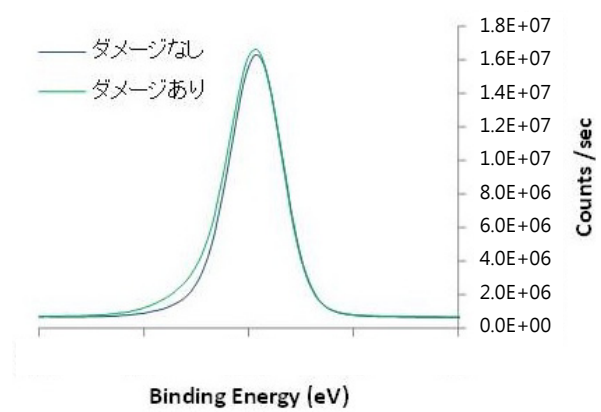


図 2. a-IGZO 薄膜の O1s スペクトル

#### 今後の課題：

今回の測定は膜厚 40 nm の a-IGZO 薄膜を使用しており、高エネルギー X 線の光電子脱出深さは深いため表面だけでなく内部の電子状態も測定されていることから電子状態や O1s スペクトルの差異が小さくなっている。表面の影響を測定する場合、X 線の入射角度や光電子取り出し角度を最適化する必要がある。

#### 参考文献：

- [1] K. Nomura et al., *Appl. Phys. Lett.* 92, 202127 (2008).
- [2] S. Morita et al., *Proceedings. IDW'12.*, 2012.
- [3] M. Ochi et al., *Proceedings. IDW'13.*, 2013.