

放射光硬X線光電子分光による非晶質酸化物半導体の電子構造評価
**Evaluation of Electric Structure on Amorphous Oxide Semiconductor
 by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
 using Synchrotron Radiation**

福田一徳, 国賀泰廣

Kazunori FUKUDA, Yasuhiro KOKUGA

キヤノン株式会社

CANON INC.

InGaZnO系透明アモルファス酸化膜半導体について、プロービング長が深くバルクとしての評価が行える硬X線光電子分光(HX-PES)を利用し、電気特性との相関が高いと期待されるフェルミ準位近傍の電子構造評価について検討した。その結果、X線の入射角を通用使用の角度より浅くすること、光電子アナライザへの光電子取込み角を調整することで価電子帯スペクトル強度を20倍程度に増大させることに成功した。これにより、2 eV以上の領域で価電子帯の立ち上がりとみられるプロファイルを観測することができた。

キーワード：硬X線光電子分光、非晶質、酸化膜半導体

はじめに

非晶質酸化物半導体は、例えば水素化アモルファスシリコンに比べ非常に高い電子移動度を示し、3 eV程度のワイドバンドギャップ構造をもつ。InGaZnO系透明アモルファス酸化膜半導体(TAOS)は、室温において樹脂基板上に形成でき、屈曲させてもトランジスタ動作をすることが東工大の野村らにより報告されている[1]。このように優れた機能をもつ非晶質酸化物半導体には、従来の半導体材料では実現できない高機能な透明フレキシブルディスプレイなどの次世代デバイス材料となりえることから、大きな期待が寄せられている。

本課題ではTAOSについて、プロービング長が深くバルクとしての評価が行える硬X線光電子分光(HX-PES)を利用し、電気特性との相関が高いと期待されるフェルミ準位近傍の電子構造評価を行うことを目的とした。

結果

TAOSの放射光硬X線光電子分光による評価はすでにSPring-8 BL47XUにおいて行われている[2, 3]。本課題の測定領域であるフェルミ準位近傍のシグナル強度は非常に弱いため、測定系についてエネルギー分解能よりも観測強度を高めることを優先した調整を行った。BL46XUにおける光電子分光装置の標準の試料マウントを利用すると、試料へのX線の入射角度は10°である(2008/4現在)。ここで試料マウント背面のX線入射側片端にカーボンテープを貼り重ね、入射角を浅くしたところ、

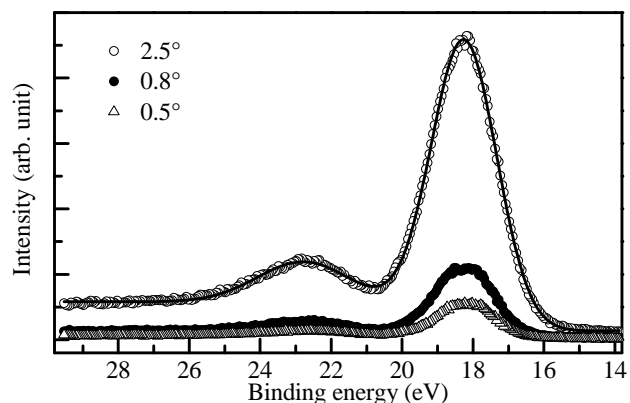


Fig. 1 アナライザの取込み角を変化させた光電子分光スペクトル

観測されるピーク強度は 2~3 倍程度に増大した。この状態からアナライザへの光電子取込み角 (θ_a) を、 0.5° 、 0.8° 、 2.5° と大きく取りながら測定した光電子分光スペクトルが Fig. 1 である。 θ_a が 2.5° であるものには、ガウス関数 (ベースラインは Shirley法による) によりフィットした曲線を実線で示した。 θ_a が 2.5° である場合の 22.7 eV に見られるピークの強度は、 θ_a が 0.5° である場合にくらべ 8.20 倍となった。Fig. 1 に示した範囲において、測定値とフィッティング曲線の差分絶対値合計をノイズ、フィッティング曲線の積分値をシグナルとすると、 θ_a が 2.5° である場合のS/N比は、 θ_a が 0.5° である場合に比べ 2.88 倍であった。これは先のピーク強度比の平方根程度であり、統計誤差範囲と考えられる。したがって以上の調整を行った場合も光電子の強度検出に大きな問題はなく、さらに測定時間を多くとることでよりS/N比の高い測定結果が得られると考える。一方、 θ_a を大きく変化させるのに伴い 18.2 eV に見えるピークの半値幅は、 0.80 eV 、 0.83 eV 、 0.92 eV と増大している。なお、以上のX線の入射角および θ_a の調整により観測強度は 20倍程度に増大した。

Fig. 2 に θ_a が 0.5° 、 2.5° である場合のフェルミ準位近傍の光電子分光スペクトルを示す。ここでは比較のため、得られたスペクトルをそれぞれの積算回数で割り、さらに θ_a が 2.5° であるものについては Fig. 1 に見られたピークの相対強度比で割ったものを示した。それぞれのプロファイルを比べると、 2 eV 以上の領域では双方についてバレンスバンドの立ち上がりとみられるプロファイルが観測される。また θ_a が 2.5° である場合には $0 \sim 1 \text{ eV}$ 付近に微弱なピークが観測できる一方で、 θ_a が 0.5° であるものについては、試料からのシグナルがノイズに埋もれていると考えられる。この場合には積算回数を増やしても、 θ_a が 2.5° である場合と同様なピークは観測できなかった。ここで観測された微弱なピークについて、今回のマシンタイムでは試料の違いによりプロファイルが異なることが確認できた。今後は、異なる試料のデータを取得しデバイス特性との間に相関があるかを確認していきたい。

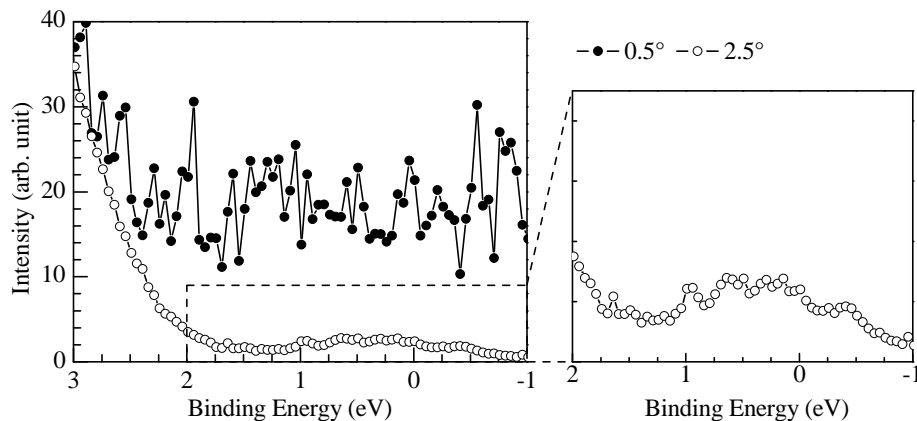


Fig. 2 アナライザの取込み角を変化させた光電子分光スペクトル

最後に

BL46XUの刷新では大変ご苦労されたことと思いますが、非常に安定した入射光学系を立ち上げられたことうれしく思います。産業利用推進室の御担当の方から、試料へのX線の入射角について新たに調整マウントを用意されるとお聞きしました。実験ステーションの整備についても、ますますのご活躍を期待しております。

- [1] K. Nomura *et al.*; Nature, 432 (2004) 488
- [2] 野村ら, SPring-8 利用報告書 (課題番号2007A1971, 実験責任者:細野秀雄)
- [3] 渋谷ら, 第55回応用物理学関係連合講演会 (2008年春季) 予稿集