

(様式第4号)

**X線光電子分光およびX線吸収分光による
酸化物半導体の電子状態解析**

**Characterization of electronic structure of oxide semiconductor using
x-ray photoelectron spectroscopy and x-ray absorption spectroscopy**

新井龍志, 工藤喜弘, 細井慎, 谷口理, 横関弥樹博

ソニー(株)先端マテリアル研究所
Advanced Materials Laboratories, Sony Corporation

1. 概要

酸化物半導体に対してX線光電子分光およびX線吸収分光測定を行い、価電子帯と伝導帯のエネルギー位置を測定した。いずれの酸化物半導体も伝導帯直下にフェルミレベルが位置していることが確認された。

We measured the energy levels of the valence band and the conduction band of the oxide semiconductors by X-ray photoemission spectroscopy and X-ray absorption spectroscopy. It was found that the Fermi level of any semiconductors is positioned close to the conduction band.

2. 背景と研究目的:

アモルファス酸化物半導体を用いた TFT デバイスは、透明ディスプレイやフレキシブルディスプレイといった次世代のディスプレイの駆動用として、盛んに研究開発がなされている。特にアモルファス InGaZnO などで $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える大きな移動度が確認され、注目されている。しかしながら、実用化のためにはさらなる TFT 特性の向上が求められており、個々の材料の電子状態や界面状態などの基礎物性の解明が急務となっている。特に、電極/半導体界面のショットキー障壁や半導体ヘテロ構造における界面電子状態が駆動電圧や信頼性などに多大な影響を及ぼしており、特性を向上させるためにはこれらの界面状態をうまく制御しながら、デバイス構造を設計することが必要となっている。ここで、界面状態の制御、つまり界面で生成される新たな電子状態を自由に調整するためには、半導体単体の価電子帯および伝導帯の電子状態が基礎的な物理量として非常に重要である。しかしながら、現状酸化物半導体では十分な知見が得られていない。

今回、In 系および Ga 系の酸化物半導体の電子状態を X 線光電子分光および X 線吸収分光に

より評価し、その基礎物性を明らかにすることを目的としている。X 線光電子分光から価電子帯状態密度、X 線吸収分光から伝導帯状態密度を解析し、これらの結果からエネルギーダイアグラム(フェルミレベルに対する価電子帯および伝導体のエネルギー位置)を得ることができる。

3. 実験内容:

測定試料は、PLD 法により Si 基板上に約 50nm 成膜した In_2O_3 , $\text{In}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ およびスパッタ法によりサファイア基板上に約 300nm 成膜した ITO , InGaO_3 , InGaZnO_4 である。

BL12 にて、X 線光電子分光により価電子帯スペクトルおよび内殻 $01s$ スペクトル、また X 線吸収分光により $01s$ 吸収スペクトルを測定した。価電子帯スペクトルから価電子帯上端の位置を決定し、内殻 $01s$ スペクトルと $01s$ 吸収スペクトルから伝導帯下端の位置を決定することができる。以上から、酸化物のエネルギーダイアグラムを求めた。

4. 結果、および、考察:

Fig.1 に価電子帯スペクトルを示す。価電子帯の立ち上がり位置が異なっていることが確認

された。Ga を含む InGaZnO_4 , InGaO_3 の立ち上がり位置は 3eV 以上と比較的高くなっているが、 ITO , In_2O_3 および $\text{In}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ の立ち上がり位置は 2.6~2.8eV である。さらに、 $01s$ のピーク位置についても同様の変化が確認されている。また、この価電子帯の立ち上がり位置の変化は光学測定から得られたバンドギャップの変化と定性的に一致している。

Fig.2 に $01s$ 吸収スペクトルを示す。価電子帯と同様に吸収の立ち上がり位置が異なっていることが確認され、 InGaZnO_4 , InGaO_3 は ITO , In_2O_3 および $\text{In}_2\text{Zn}_2\text{O}_5$ よりも高くなっている。また、いずれの試料においても吸収の立ち上がりエネルギーと $01s$ 束縛エネルギーの差異が 0.5eV 未満となっていることから、フェルミレベルが伝導帯直下に位置していると判断される。

以上の結果から酸化物半導体のエネルギーダイアグラムを得ることができた。

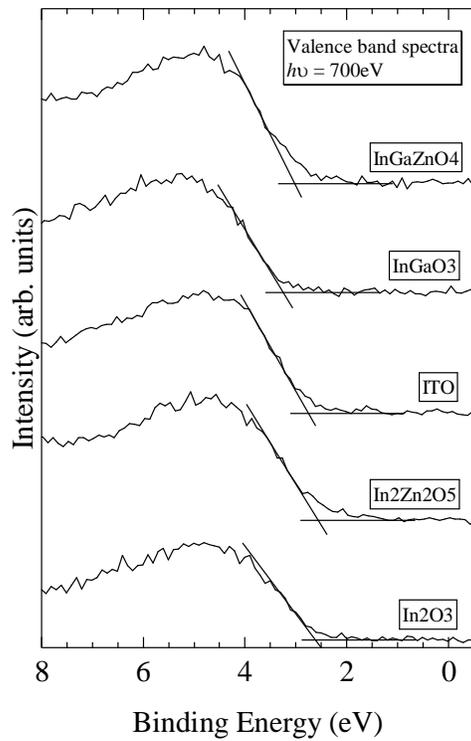


Fig.1 価電子帯スペクトル

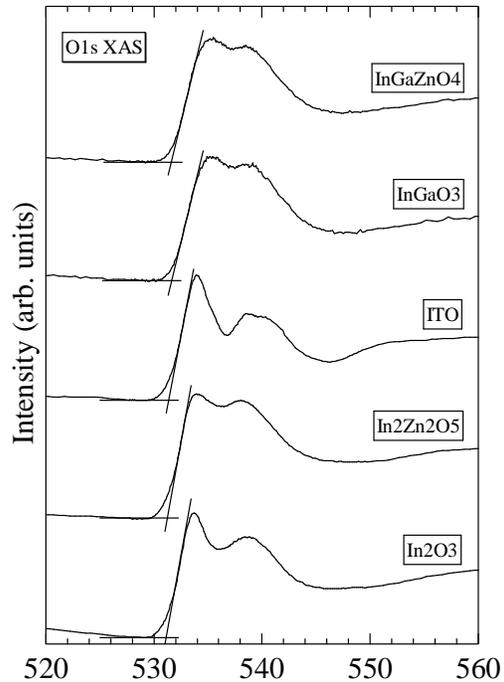


Fig.2 $01s$ 吸収スペクトル

5. 今後の課題：

本課題から様々な酸化物半導体のエネルギーダイアグラムを得ることができたが、今後は成膜条件やアニール条件などに対するエネルギー状態の変化およびそのメカニズムの解明を目指す。

6. 論文発表状況・特許状況
なし

7. 参考文献
なし

8. キーワード
酸化物半導体、X線光電子分光、X線吸収分光



