

IPES/PYS 及び KP 法を用いたヘテロジャンクション特性の評価

日大生産工 (院) ○遠藤 汰紀

日大生産工 清水 耕作

となり、 V_e を測定することで ΔV の大きさを評価することができる。

1 背景

無機物半導体と有機物半導体を接合することでできる効率的なヘテロジャンクション太陽電池の材料探索と作製を目標としている。材料の選択に際しては伝導帯および価電子帯それぞれのバンドプロファイルの情報が必要となる。本研究では、PYS/IPES/KP による非晶質半導体の基礎吸収端を測定・評価を行うべく検討を行った。

2 目的

PEDOT:PSS/n-Si、 CuAlO_2 と In-Ga-Zn-O を用いてジャンクション特性を評価し、バンドオフセットを検討する。

3 実験方法

3.1 作製条件

CuAlO_2 [1]、In-Ga-Zn-O[2]及び電極に使用する ITO の条件を表 1 に示す。PEDOT:PSS[3] は 5 mol/dm^3 になるよう純水で希釈をして使用した。n 型シリコン基板上にスピスコータを用いて堆積を行った。100°Cで、20 分間加熱処理した。 CuAlO_2 は、石英基板上にスパッタにて堆積し、結晶課するために空气中で 900°Cにて 1 時間アニール処理をした。

表 1 CAO 、IGZO 及び ITO の成膜条

Target	CAO	IGZO	ITO
Pressure [Pa]	0.5	0.5	0.5
Power [W]	30	100	150
Gas flow [sccm]	Ar	100	100
	O_2	10	1.0
substrate position [%]	20	20	20
Temperature [°C]	250	25	25

3.2 評価方法

金 (Au) を標準試料として用いた、また試料表面を接地としている。

(i) PYS

D_2 ランプから光源をとり、モノクロメーターで単色光にし、その後測定試料に単色光を照射する。光電効果によって電子が試料外部に放出される

(ii) IPES

試料に電子銃から電子線を照射することで、逆光電効果によって放出された光を観測する。

(iii) KP

Φ_R が参照電極の仕事関数で、 Φ_s が試料の仕事関数である。参照電極を試料に近づけるとフェルミ準位が一致して接触電位 ΔV が得られる。外部電圧 V_e を印加する。参照電極を上下に振動させることで容量 C が変動し、回路に交流電流 i_{ac} が流れる。 V_e を調節することで i_{ac} が 0 になる時があり、その時点で $V_e = \Delta V$

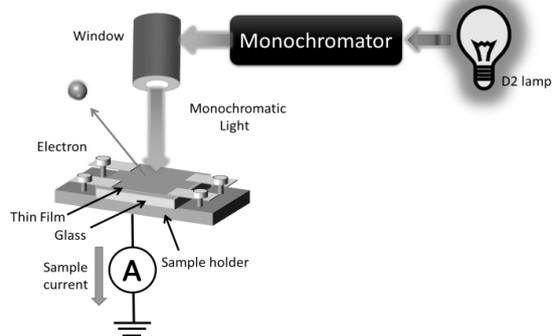


図 1 PYS の測定概念図

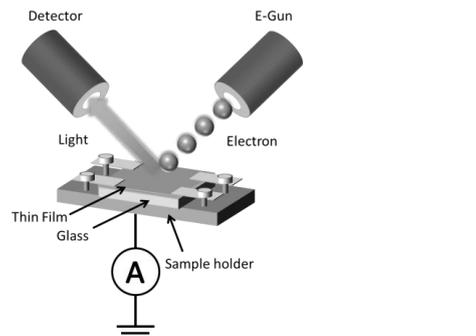


図 2 IPES の測定概念図

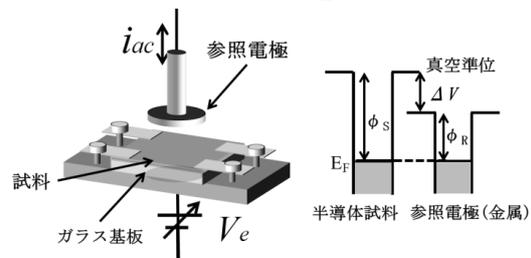


図 3 KP の測定概念図

4 結果

4.1 CuAlO_2 と In-Ga-Zn-O のバンドプロファイル

CuAlO_2 および In-Ga-Zn-O を個別に評価し、これらの結果を真空準位 (VL) を基準に作製したバンド図が図 4 である。 CuAlO_2 の光学バンドギャップは、 $2.40 \pm 0.2 \text{ eV}$ であり、PYS/IPES によって評価した 2.43 eV にほぼ等しいものが得られている。この時点で、 0.56 eV のオフセットが生じることになる。一方 In-Ga-Zn-O は、 3.73 eV と光学的に測定した値よりも大きな値であることがわかった。

Evaluation of heterojunction characteristics using IPES / PYS/ KP

Taki ENDO, Kousaku SHIMIZU

図 5 は、KP で測定したフェルミレベルが一致するように接合したものである。

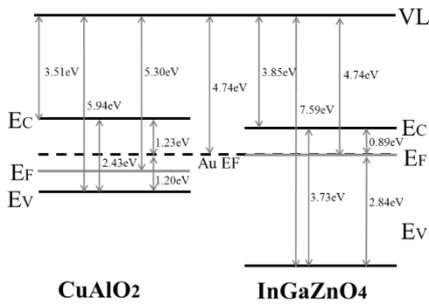


図 4 In-Ga-Zn-O と CuAlO₂ のバンドプロファイル

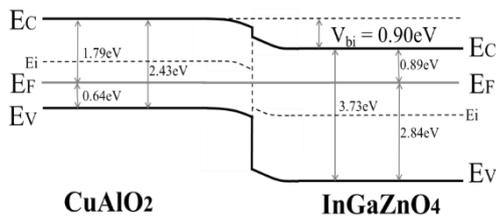


図 5 In-Ga-Zn-O と CuAlO₂ のバンド図

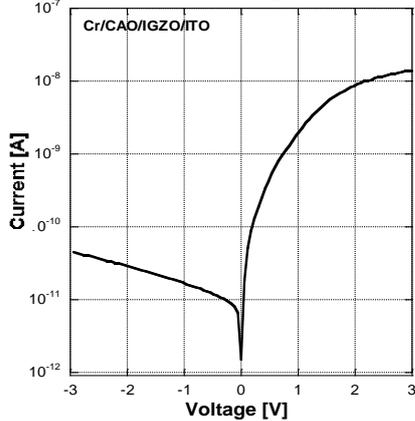


図 6 InGaZnO₄ と CuAlO₂ のダイオード特性

以上のバンドオフセットの検討を基に、ダイオードを作製し、電流電圧特性を評価した。整流比約 4.3×10^2 という結果が得られた。

4.2 c-n-Si と PEDOT:PSS のバンドプロファイル

4.1 と同様な手順にて PEDOT:PSS と n-Si のヘテロジャンクション特性について評価を行った。ダイオードの評価結果は、整流比 6.7×10^3 が得られた。

5 考察

(i) In-Ga-Zn-O/CuAlO₂ ダイオード

CuAlO₂ が顕著に p 型を示すには、結晶化させる必要があり、今回はスパッタで堆積させたのちにアニールによって結晶化を試みた。CuAlO₂ は、デラフォサイト型の結晶構造をとり、アモルファスから結晶化させる場合は高温が必要であり、今回の実験においては完全に結晶化させることはできなかった。

また、In-Ga-Zn-O は、アモルファスで n 型を示す材料であることから、比較的構造柔軟性があると考えている。残念ながらダイオードの特性は、2 桁程度の整流比であり、十分なものではない。この原因は界面欠

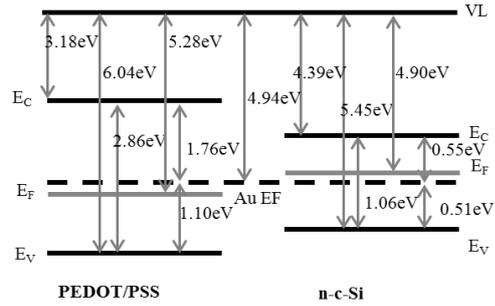


図 7 PEDOT:PSS と c-n-Si のバンドプロファイル

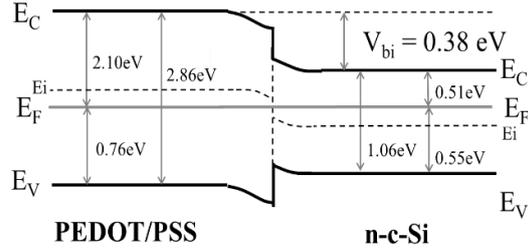


図 8 PEDOT:PSS と c-n-Si のバンド図

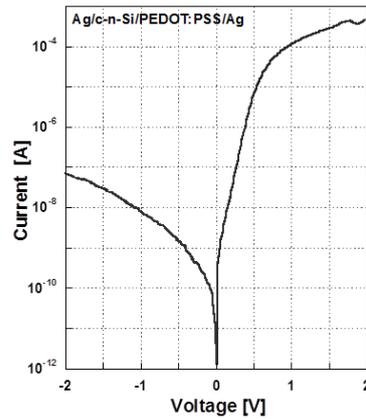


図 9 PEDOT:PSS と c-n-Si のダイオード特性

陥やバルク欠陥など多くの解決すべき課題が残った。

(ii) PEDOT:PSS/n-Si

KP および IPES の評価において、シリコンの評価が適正にできなかった可能性があり、n 型シリコンのフェルミレベルが、 0.57eV と非常に大きな値となった。

6 まとめ

PYS/IPES/KP を用いてヘテロジャンクション特性の評価を行った。本方法は、伝導体、価電子帯端を個別に評価できることから今後の材料組み合わせなどには効率的に利用できるものと考えている。

今後はヘテロジャンクション太陽電池への応用を目標に検討を行いたい。

謝辞

本研究は、文部科学省私学助成金によって行われた。この場を借りて御礼申し上げたい。