

p 型、n 型酸化物半導体の作製と太陽電池への応用

日大生産工(院) ○酒井作周
日大生産工 清水耕作

1 背景

近年未利用エネルギーの開拓として紫外光太陽電池が多方面で研究されている。現在主流の Si 系太陽電池は太陽光スペクトルの約 400 nm から 1000 nm の波長(可視光)を利用して発電している。太陽光スペクトルのうち 400 nm 以下の近紫外光は表面での吸収係数が大きいので、発電に寄与せず余剰フォトンエネルギー効果により熱が発生し、発電効率が下がるという問題があった。

2 目的

余剰フォトンエネルギー効果による発電効率の低下を改善するためにワイドギャップの酸化物半導体を利用して、近紫外光を吸収可能な透明太陽電池を作製する。p 型酸化物半導体は非晶質アルミン酸銅 (以後 CuAlO_2) と n 型酸化物半導体は InGaZnO_4 を用いる。

前年度までに CuAlO_2 はバンドギャップ (Eg)2.06 eV、導電率 2.56 $\mu\text{S}/\text{cm}$ という結果が得られている。また透明太陽電池は、整流比 4 桁という結果が得られていた。前年の透明太陽電池よりも性能を高くするため、 CuAlO_2 の成膜ガス圧力を変えることにより理想の成膜条件を探すことを目的とする。

3 実験方法

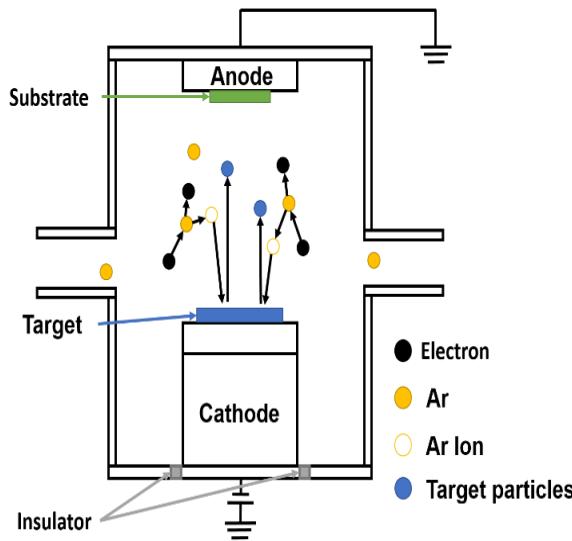


Fig. 1 Schematic illustration of DC sputtering

3.1 DC スパッタリング法

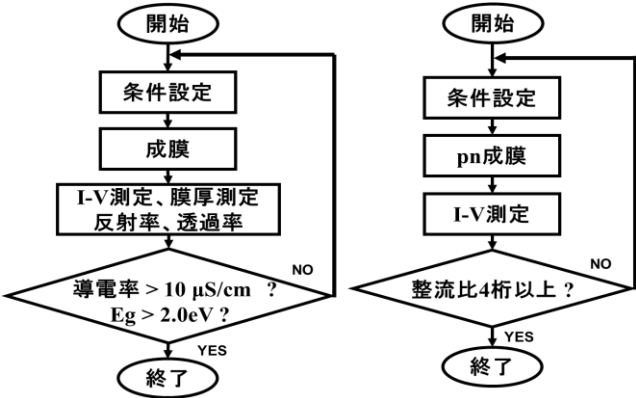
Fig. 1 に DC スパッタリング装置の概念図を示す。

真空排気したチャンバ内にアルゴン(Ar)を導入し、直流バイアスを印加することによりイオン化した Ar がターゲットに衝突する。ターゲット表面からは、粒子が弾き出され、ガラス基板上にターゲット成分が堆積される。

3.2 I-V 測定

成膜した基板にメタルマスクを用いて電極を作製する。電極間の電流電圧特性から抵抗を計算し、ギャップ幅 W、ギャップ長さ L および膜厚から導電率を計算する。

3.3 実験方法



(a) CuAlO_2 condition (b) pn junction

Fig. 2 Flow chart of experiment

Fig. 2 にフローチャートを示す。

Fig. 2(a)では CuAlO_2 の条件だし、Fig. 2(b)では pn 接合のフローチャートを示している。また Fig. 2(a) の成膜条件パラメータを Table 1 に示す。今回は、成膜ガス圧力を 0.25 Pa から 1.0 Pa まで変化させて行う。

Table 1 Deposition conditions

Target		CAO
Pressure [Pa]		0.5
Power [W]		30
Gas flow [sccm]	Ar	100
	O ₂	10
Substrate Temperature [°C]		25-250

4 結果・考察

4.1 pn 接合

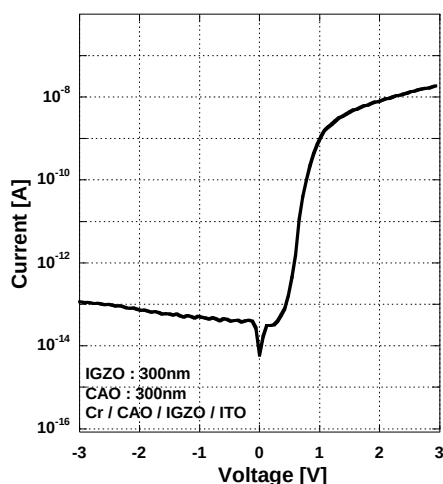


Fig. 4 I-V characteristic of pn diode

InGaZnO₄/CuAlO₂ 接合の I-V 特性を Fig. 4 に示す。整流比は 5 桁であった。前年の透明太陽電池よりも整流比が大きい。

Table 2 に上記ダイオードの CuAlO₂/ITO および InGaZnO₄ の成膜条件を示す。

Table 2 Deposition conditions

Target	CAO	IGZO	ITO
Pressure [Pa]	0.5	1.0	0.5
Power [W]	30	100	150
Gas flow [sccm]	Ar	100	100
	O ₂	10	1.0
Growth time [min]	240	14	4
Substrate Temperature [°C]	220	25	25
Substrate distance [%]	20	20	20

4.2 CuAlO₂ の条件だし

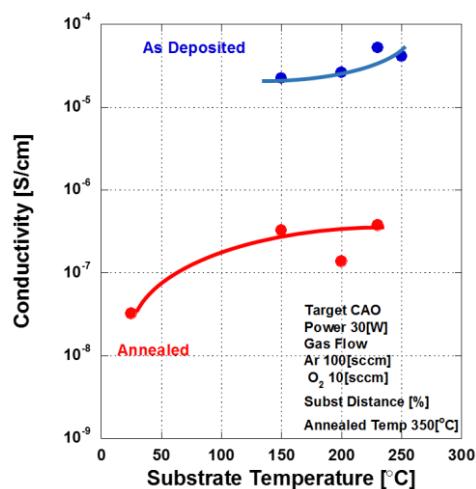


Fig. 5 Conductivity dependence of Substrate Temperature

Fig. 5 は、基板温度の変化に対する導電率の特性である。基板温度が 150°C 以上のとき、基板温度が室温のときと比べ導電率が 1 桁上昇している。アニール後の導電率はアニール前と比べて 2 桁下がるのがわかった。

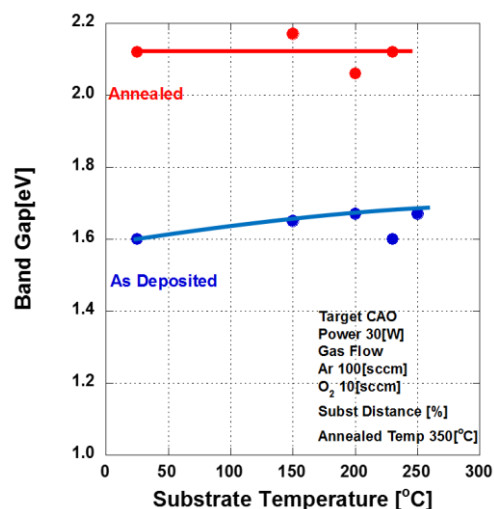


Fig. 6 Optical bandgap dependence of Substrate Temperature

基板温度の変化に対するバンドギャップの変化を Fig. 6 に示す。アニール後のバンドギャップは全体的に 0.3 eV 広がり、基板加熱温度に依存しないことがわかった。アニール前は、基板温度を 50°C 高くするほどバンドギャップが 0.2 eV 広がるのがわかった。

5 まとめ

CuAlO₂ は成膜条件の基板温度を上げることで導電率が目標に満たしたが、バンドギャップは目標に満たなかった。アニールすることによりバンドギャップは目標を満たしたが、導電率は目標に満たなかった。

今後は導電率、バンドギャップの目標を満たした成膜条件を探し、CuAlO₂ の性能を向上させたい。pn 界面の改善を行うことで高効率化を図る。また CuAlO₂ の組成比を調べることで、より適した成膜条件を選択し、性能を向上させたい。

参考文献

- [1] 永井 将司：酸化物半導体の pn 制御と太陽電池への応用 (2011)
- [2] 小野瀬 匡彦：酸化物半導体 InGaZnO₄/CuAlO₂ 透明太陽電池の作成と評価 (2010)