

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

近年エネルギーハーベストの一環として紫外光を利用した太陽電池が研究されている。現在主流の結晶 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 以下の近紫外光は吸収係数が大きいので、表面で吸収されるため発電にほとんど寄与していない。しかも余剰フォトンエネルギー効果により熱を発生し、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 CuAlO₂ (以後 CAO) と n 型酸化物半導体は InGaZnO₄ (以後 IGZO) を用いる。

前年度までに CAO はバンドギャップ(E_g)2.0 eV、導電率 2 μS/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 2 桁という結果が得られていた。近年論文では CAO は結晶化させないと p 型を示さない。CAO は Al₂O₃ の 8 面体と Cu が層状に重なった構造(デラフォサイト構造)であるためである。そのため高効率な透明太陽電池を作成するうえで結晶化は必要不可欠であると考えた。CAO の成膜条件、アニール条件を変えることにより CAO の結晶化を目指し、透明太陽電池の高効率化を目的とする。

3 実験方法

3.1 実験方法

石英基板上に CAO を堆積させた後管状炉でアニールを行い、結晶性、導電性、バンドギャップによる評価を行った。CAO の成膜条件を Table 1 に示す。また、石英基板上に下部電極 ITO 膜を堆積させた後 CAO を堆積しその上から IGZO、上部電極 ITO を堆積して pn 素子を作製し、分光感度特性を評価した。上記の pn 素子の CAO, ITO, IGZO の成膜条件 Table 2 に示す。Fig. 1 にスパッタリング装置の概念図を示す。

Table 1 Deposition conditions

Target		CAO
Pressure [Pa]		0.5
Power [W]		150
Gas flow [sccm]	Ar	100
	O ₂	40
Substrate Temperature [°C]		250
Annealing Temperature [°C]		800-1000

Table 2 Deposition conditions

Target	CAO	IGZO	ITO
Pressure [Pa]	0.5	1.0	0.5
Power [W]	150	150	150
Gas flow [sccm]	Ar	100	100
	O ₂	40	1.0
Growth time [min]	110	7	4
Substrate Temperature [°C]	250	25	25
Substrate distance [%]	20	20	20

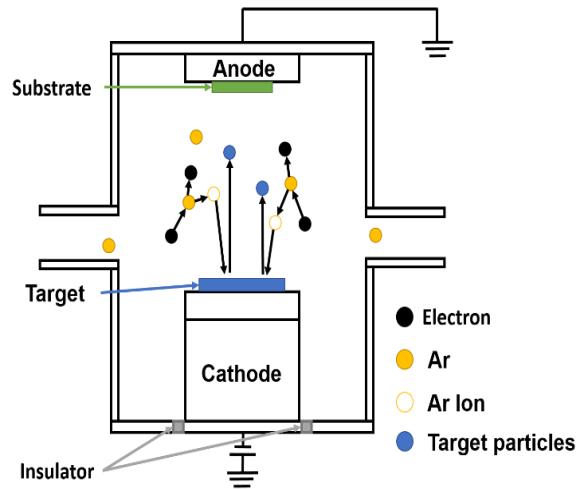


Fig. 1 Schematic illustration of pulse DC sputtering Method

4 結果・考察

4.1 pn 接合

Fig. 2 に IGZO/CAO 接合の I-V 特性を示す。順方向と逆方向に差ができており、整流特性が得られている。整流比は 2 桁である。pn 界面の欠陥が主たる原因と考えられる。また順方向側の立ち上がりが緩やかなことから膜自身の抵抗が

高いことがわかった。

Fig.3 に IGZO/CAO 接合の分好感度特性を示す。短波長領域で、高い分好感度を示した。

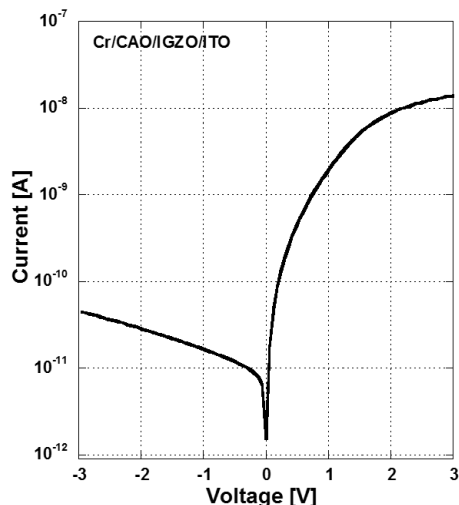


Fig. 2 IV characteristic of wide gap solar cell.

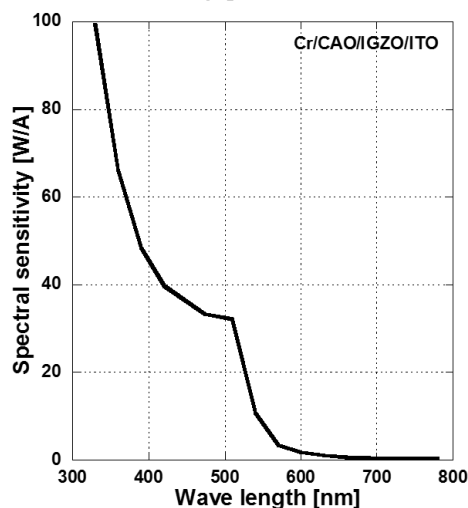


Fig. 3 Spectral sensitivity of Wide gap solar cell.

4.2 CAO 結晶化

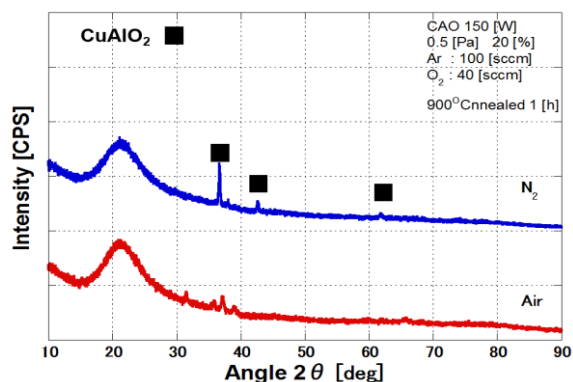


Fig. 4 X-ray Diffraction Pattern of Crystallinity, compared with annealed in air and in nitrogen.

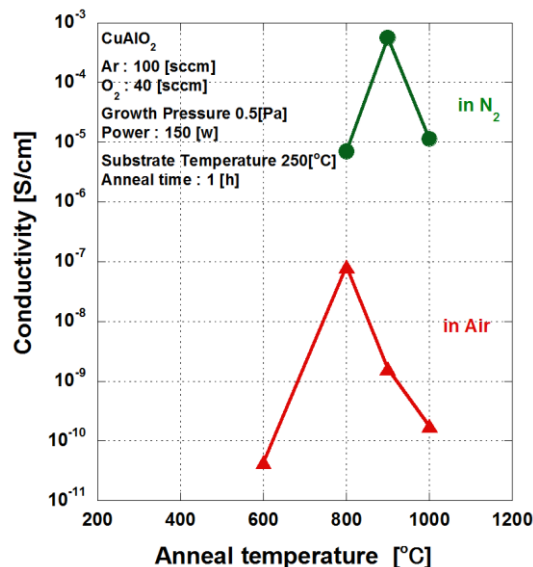


Fig. 5 Conductivity dependence of annealing temperature.

Fig. 4 にアニール雰囲気中の変化に対する XRD の特性を示す。20°付近のゲルパターンは石英基板によるものである。空気中のアニールでは、CuO と CuAl₂O₄ のピークが見られた。酸素が存在する空気中では酸素と結合し、副生成物が生成されることが分かった。N₂ 中では、CAO のピークを確認できた。このことから CAO を結晶化させるには、N₂ 雰囲気中でアニールする必要があることがわかった。

Fig. 5 にアニール温度に対する導電率の特性を示す。空気中では 800°C が最も導電率が高く、さらに温度を上昇させると導電率は 3 桁下がる。空気中のアニールでは、800°C から結晶化が始まり、温度上昇とともにピークが大きくなることが分かっている。温度上昇とともに CuO のピークが大きくなるため、導電率が低下した原因は、CuO の可能性が大きい。N₂ 雰囲気中、900°C の条件で最も高い値を示した。N₂ 中でアニールしたものは空気中でアニールしたものに比べて導電率が 4 桁高いことが分かった。CAO は結晶化することで高い導電率を示した。

5 まとめ

CAO を N₂ 雰囲気中でアニールすることで結晶化できることがわかった。昨年より導電率 2 桁上昇した。また副生成物は導電率への影響が大きく空気中でアニールしたものは導電率が 3 桁下がった。今後は素子構造の模索、pn 界面の改善を行うことで高効率化を図る。また CAO 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。