

PEDOT:PSS を用いた有機ヘテロジャンクション 太陽電池の高性能化

日大生産工(院) ○熱海 智耶
日大生産工 清水 耕作

1. まえがき

近年、太陽電池を用いた電力発電、家庭用製品や車両が多く開発されている。しかしながら、太陽電池の性能は高性能になるほどコストも増大していくため、これを改善する必要がある。そこで、高効率かつ低コストを実現できる、Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)

:Poly(styrene sulfonate)(以後PEDOT:PSSとする)を用いた、有機ヘテロジャンクション型太陽電池の開発が求められている。

2. 目的

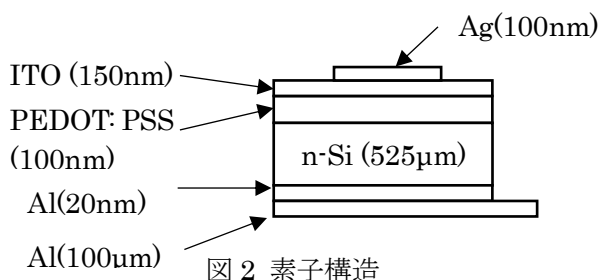
太陽電池の効率向上には、界面欠陥、バルク抵抗の低下が望まれる。そこで、PEDOT:PSSとSiウエハとの界面向上、ITOの低抵抗化、高透過率の実現による太陽電池の効率向上を目指す。

3. 実験方法

素子の作製工程を図1、素子構造を図2に示す。

- 基板洗浄(RCA洗浄)
- Al蒸着
- 水素クリーニング
- PEDOT:PSS塗布
- 加熱処理(大気中 20 min 130°C)
- ITO成膜
- Ag蒸着(フィンガー電極)

図1 素子作製工程



今回用いた基板は、CZ法により作製されたn型シリコンウエハを使用し、抵抗率は3.86~4.85 Ω cmで結晶面(100)を使用した。

ホットワイヤを用いた水素クリーニングの条件を表1に示す。

PEDOT:PSSにTriton-X100とエチレングリコールを添加し、スピコート法を用い3000 rpm 60 secのもと成膜をした。

DCスパッタを用いたITOの成膜条件を表2に示す。また、ITOの低抵抗化に向けて、ガラス基板上にITOのみを製膜した素子において、シート抵抗と透過率を測定した。

AlとAg電極は真空蒸着法により真空度 3.0×10^{-6} Torr下で成膜をした。

表1 水素クリーニング条件

Pressure[Pa]	10
Time[min]	1
Flow Rate[sccm]	5.0
S-T Distance[mm]	84.5
Substrate Temp[°C]	300
HW-Temp[°C]	1000

表2 ITO成膜条件

Pressure[Pa]	0.5	
Power[W]	100	
Gas flow[sccm]	Ar	100
	O ₂	0~1.0
Time[min]	15	
Substrate position[%]	80	

4. 結果

4.1 ITOの低抵抗化

ITOの低抵抗化に向けて、アルゴン流量一定のもと酸素流量を変化させた。シート抵抗の酸素流量依存性を図3に示す。

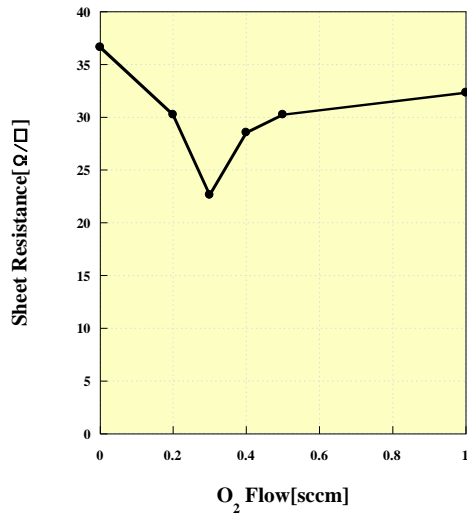


図3 シート抵抗にける酸素流量依存性

図3より、0.3 sccmの時のシート抵抗 22 Ω/□ が最も良い条件となった。

また作製したITO基板の酸素流量0.2~0.4 sccmで作製をした透過率を図4に示す。

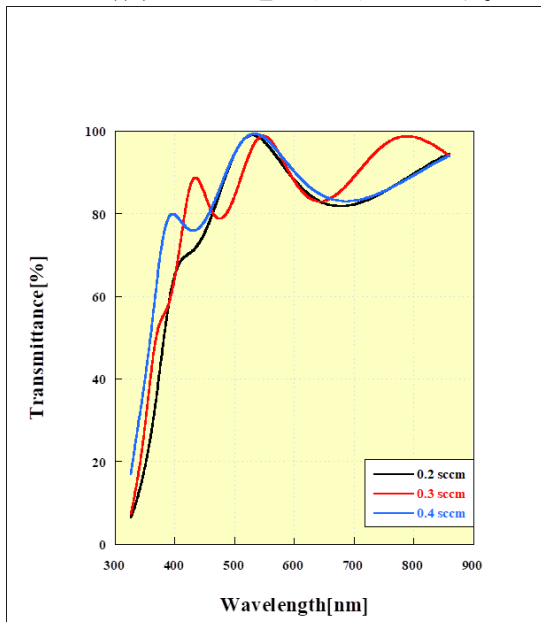


図4 ITO透過率

図4から平均透過率を求めた。0.2 sccmの時 87.2%、0.3 sccmの時89.4、0.4 sccmの時86.7% となった。ここから0.3 sccmの時の平均透過率

が一番高いことがわかる。高透過率ITOの実現ができた。

4.2 ダイオード特性

ITOの低抵抗化において表2の条件のもと最適な酸素流量となった0.3 sccmで素子の作製を行った。図5にダイオード特性を示す。

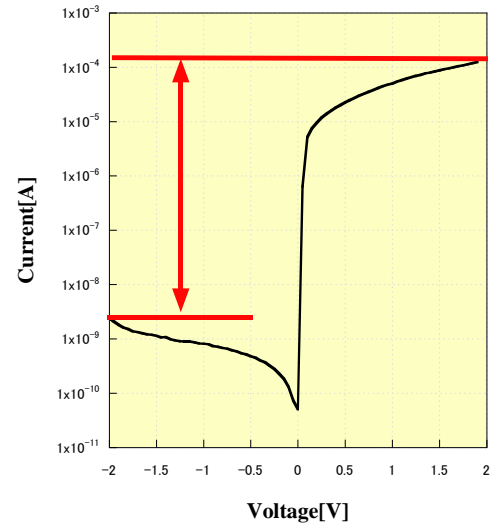


図5 ダイオード特性

図5から4桁以上の整流比を得ることができた。

4.3 太陽電池特性

ダイオード特性を行った素子での発電効率を示す太陽電池特性を図6に示す。また比較として、ITOシート抵抗300 Ω/□、水素クリーニング無しでの素子の太陽電池特性を図7に示す。

AM1.5、16mA/cm²、25°Cの条件のもと行った。

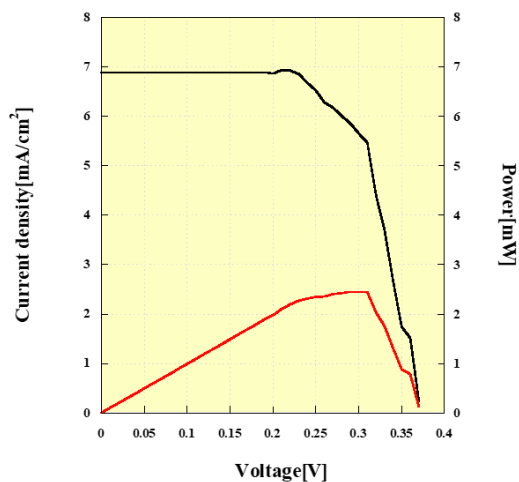


図6 太陽電池特性

本研究では、 $P_{max}=2.4 \text{ mW}$ 、 $FF=0.67$ 、変換効率 $\approx 10.6\%$ となった。

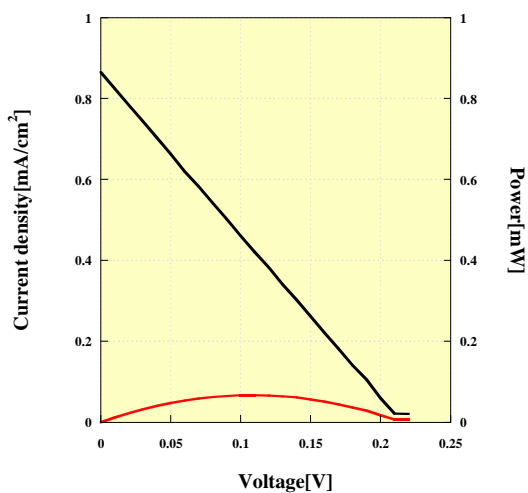


図7 従来の太陽電池特性
従来の素子では $P_{max}=0.067 \text{ mW}$ 、 $FF=0.24$ 、変換効率 $\approx 0.3\%$ であった。

5. 考察

5.1 ITO低抵抗化

ITOは、酸素流量の増加に伴い化学量論組成の In_2O_3 に近づくことで移動度が上昇するが、酸素空乏による自由電子の放出が減り、酸素過多においては In^{3+} を置換している Sn^{4+} が酸化することでキャリア密度が低下することから酸素流量をコントロールする必要があった。そのことから、適切な酸素流量によってシート抵抗の減少につながったと考える。

5.2 太陽電池特性

ITOの低抵抗化の実現によりバルク抵抗の低下につながった。また水素クリーニングにおいて、シリコンウエハ表面の酸化物の除去による界面が向上することが先行研究で分かっている。このことから発電効率を向上させることができたと考える。

6. まとめ

バルク抵抗の低下、界面の向上により変換効率が向上した。

今後はさらなる低抵抗化にむけてITOのアニール温度依存性、ITOの組成の変化による低抵抗化を検討していきたい。

参考文献

- 1) 岩崎真宝(2016), CAT-CVD法を用いたヘテロジャンクション型太陽電池, 日本大学大学院生産工学研究科修士論文(未公開)