

# 色素増感太陽電池透明電極に関する研究

1190120 西田 大輝 (機能性薄膜工学研究室)  
(指導教員 牧野 久雄 教授)

## 1. 研究背景と目的

近年、地球温暖化やエネルギー自給率が問題視され、再生可能エネルギーが着目されている。本研究では太陽電池のなかでも、安価に作製可能である色素増感型太陽電池に着目した。

ナノクリスタル色素増感型太陽電池の作製過程において、TiO<sub>2</sub> ナノ結晶層を形成する際に、ヒーターで 500℃の加熱が必要である。そのため、透明導電膜としては 500℃の耐熱性が求められる。ZnO 透明電極として、耐熱性の高い TZO 膜が検討されてきたが[1]、色素増感太陽電池への応用例は少ない。そこで本研究では、ZnO 透明電極の色素増感太陽電池への応用可能性を検討する。

## 2. 実験方法

ZnO 下地層のついた TZO 及び GZO の積層膜と、プラズマ基板処理を行った場合の TZO と行わなかった場合の TZO 膜を DC マグネトロンスパッタ装置により成膜した。ZnO 下地層を付ける理由としては、ZnO が良好な結晶性を持ち、電気特性が良くなるためである。成膜した膜の電気特性及び光学特性の耐熱性を、Hall 効果測定装置、分光光度計によりそれぞれ評価した。製膜した膜を太陽電池作成キット[2]の手順に従い、ナノクリスタル色素増感型太陽電池を作製した。また、ZnO 極性が耐熱性に与える影響を評価するために、窒素中及び大気中で 500℃で 30 分間の熱処理を行いそれぞれの特性を評価した。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 極性の影響

GZO の Zn 極性と O 極性の膜を窒素中及び大気中で熱処理を行った時の抵抗率の変化を調べた。熱処理後の抵抗率を比較したところ、O 極性は Zn 極性の抵抗率よりも高くなり、極性によって雰囲気の影響が異なることが分かった。

### 3.2 膜厚の測定

表 1 に太陽電池の電極として用いた電極の膜厚を示す。ZnO 下地層の分、積層膜の膜厚は大きくなった。FTO の膜厚は測定できなかった。理由として、膜厚の測定過程において、酸性の溶液に浸す事により膜を剥離し、その高低差をもって膜厚測定を行うが、FTO は酸に対する強い耐性を持つため剥離が起こらなかったのではないかと考えた。

表 1 電極の膜厚

TZO	ZnO+GZO	基板処理無しTZO	ZnO+TZO	GZO	FTO
523	930	525	770	424	

### 3.3 電気特性

図 1 に熱処理前後のシート抵抗の比較を示す。熱処理前の as-depo 膜は、0℃にプロットした。熱処理後の GZO はシート抵抗が非常に高く、耐熱性が悪い事が分かった。また、ZnO 下地層のついた、TZO の積層膜と GZO の積層膜を比較したところ、TZO の電気特性は高く、耐熱性も良い事が分かった。同様に、単層膜どうしを比較したところ、GZO よりも TZO の方が耐熱性は優れていた。このことから、GZO と TZO では TZO の方が優れている事は確認された。特に、積層膜の TZO では熱処理を行う事によって電気特性は向上した。また、TZO の単層膜は基板プラズマ処理を行わなかった場合とくらべて、シート抵抗はとて小さくなり、基板プラズマ処理が耐熱性に

おいて効果を示す事が分かった。また、積層膜の TZO と GZO は熱処理後も FTO と同等の電気特性を示すことが分かった。

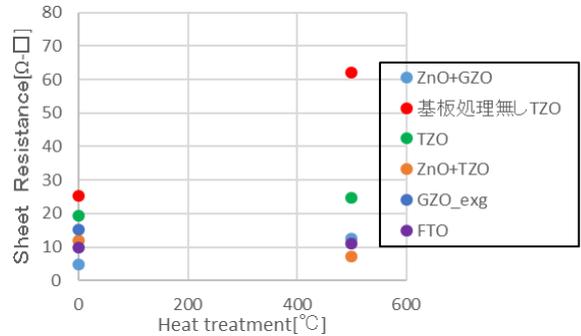


図 1 熱処理前後のシート抵抗

### 3.4 光学特性

表 2 に可視光での透過率の平均値を示す。積層膜では膜厚のために透過率が低くなってしまった。また、単層膜の GZO では、熱処理を行う事による透過率の低下が見られた。

表 2 可視光での透過率の平均値

	ZnO+TZO	基板処理無しTZO	ZnO+GZO	TZO	GZO	FTO
熱処理前	73.2	77.8	75.0	77.3	81.8	80.6
熱処理後	74.5	77.4	74.8	77.6	74.2	81.2

### 3.5 太陽電池の特性

組み立てた太陽電池の開放電圧と短絡電流を表 3 に示す。FTO では短絡電流が流れたが、FTO 以外の膜では電流がほぼ流れず、動作しなかった。単層膜より積層膜の方が開放電圧は低く、膜の電気特性とは異なる結果となった。FTO と同等の耐熱性を示した積層膜でも、むしろ悪い結果を示した。このことから、耐熱性とは別の問題があると考えられる。太陽電池の作製段階において、TiO<sub>2</sub> サスペンションの酢酸により、FTO 以外の膜が酸によって破壊されたのではないかと予想する。理由として、3.2 の膜厚測定において、FTO は酸に対する強い耐性を示すことにより膜の剥離が起こらず、膜厚が測定できなかったが、FTO 以外の膜は剥離できたためである。

表 3 太陽電池の I-V 特性

	開放電圧[mV]	短絡電流[μA]	シート抵抗[Ω/□]
FTO	329	22.24	0.55
TZO	203	0.24	12.57
基板処理無しTZO	167	0.24	24.86
GZO	56.4	0.12	15093.33
GZO+ZnO	11.8	0.04	62.22
TZO+ZnO	2.3	0.01	7.26

## 4. まとめ

本研究では、耐熱性の高い ZnO 透明電極を用いて、色素増感太陽電池への適用可能性を検討したが、耐熱性とは別に課題があることが分かった。

### 参考文献

- [1] 北尾寿貴, 高知工科大学システム工学群, 卒業研究報告, H28 年
- [2] Dr. Greg P. Smestad, Nanocrystalline Solar Cell Kit