ヘテロ接合型 Si 系太陽電池の新規正孔選択輸送層 p 型 CuI の熱安定性

Investigation on Thermal Stability of p-type CuI as Hole Selective Contact for Silicon Heterojunction Solar Cells

名大院工 [1]，°(M1)崔 敏 [1]，後藤 和泰 [1]，高橋 勲 [1]，黒川 康良 [1]，宇佐美 徳隆 [1]
Nagoya Univ. [1], °(M1) Min Cui[1], Kazuhiro Gotoh[1], Isao Takahashi[1], Yasuyoshi Kurokawa[1], Noritaka Usami[1]
E-mail: cui.min@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

1．はじめに

Si 系太陽電池を更に高効率化するアプローチの一つとして，ヘテロ接合型キャリア選択輸送層が注目されている．中でも，p 型半導体であるヨウ化銅（CuI）は Si に対し，価電子帯頂上ではほとんど障壁がない一方，伝導帯底では高い障壁を形成するため，正孔のみを輸送する新規正孔選択輸送層として期待されている．

我々は CuI 薄膜を n-Si 基板上に製膜して太陽電池に導入し，太陽電池動作を確認することができた[1]．しかし，CuI は熱安定性が課題となっている．本研究では，Si 基板上に作製した CuI 薄膜の熱安定性を調査し，CuI 薄膜上に製膜した ITO 膜が CuI の熱分解を抑制する「Capping 効果」を持っていることを突き止め，太陽電池の *J-V* 特性への影響を調べた．

2．実験方法

CuI 薄膜は Si 基板上に Cu を真空蒸着した後，100 ºC でヨウ素ガスにさらすことで Cu をヨウ化させる 2 段階作製法で製膜した．熱安定性は，高抵抗 Si 基板（≧1 kΩ cm）上に CuI 薄膜を大気中各温度において 10 分～60 分間加熱し，エネルギー分散型 X 線分析法（EDX）で CuI の組成を求めることにより調べた．また，CuI 薄膜上に RF Sputtering で製膜した ITO の効果についても検討を行った．更に，次のプロセスで太陽電池を作製し，*J-V* 特性を評価した．裏面に n^+層を導入した n-Si 基板を 30% H_2O_2 水で酸化してから，表面に CuI を約 100 nm 製膜し，その上に ITO を約 80 nm 製膜した．これを大気中 180 ºC で 10 分間加熱し，表面に Ag Finger 電極，裏面に Al 電極を真空蒸着した．

3．実験結果および考察

EDX で CuI 薄膜の組成比 I/Cu を測定し，加熱後と加熱前の値の比をヨウ素残存率（I_S）と定義した．I_S の時間変化を Fig.1 (a)に示す．また，各温度で 60 分間加熱した後の I_S について ITO の有無を比較して Fig.1 (b)に示す．I_S は 90 ºC ではほぼ一定であるが，高温になるにつれて激減し，CuI の熱分解が進むことがわかった．また，ITO は各温度において，CuI の熱分解を大きく抑制する「Capping 効果」を有することが分かった．

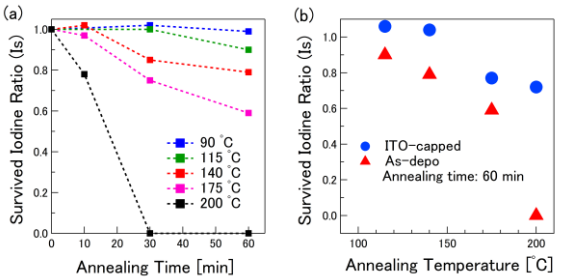

Fig.1 (a) Survived Iodine Ratio (I_S), (b) ITO Capping

ITO は 150 ºC より結晶化する[2]．結晶化は通常製膜中に行うが，CuI はこの温度で熱分解するため，ITO を Capping してから大気中で行う必要がある．ITO 抵抗率の結晶化温度依存性を Fig.2 (a)に示す．ITO 抵抗率が最小となる 180 ºC を採用し作製した太陽電池の *J-V* 特性を Fig.2（b）に示す．比較として，以前作製した太陽電池[1]の *J-V* 特性も併せて示す．新試料は以前作製したものより CuI の膜厚が 20 nm ほど厚いため，CuI 薄膜による直列抵抗成分がやや大きくなったものの，ITO 抵抗率が大幅に低下したため，開放電圧が大きく改善した．CuI を更に薄くして曲線因子を改善することで，更なる変換効率の向上が期待できる．

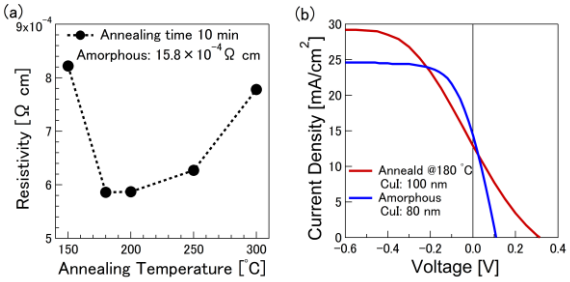

Fig.2 (a) Resistivity of ITO, (b) *J-V* Curve

4．結論

CuI 薄膜は 90 ºC より高温で熱分解するが，CuI 上に ITO を製膜することで，CuI の熱分解を抑制できることが分かった．ITO の Capping 効果と大気中での加熱による結晶化は，太陽電池の *J-V* 特性を向上させた．

参考文献

[1] 崔，学振 175 委員会第 14 回シンポジウム（2017）．
[2] P.K. Song *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 37 (1998) 1870.