

## CZTS薄膜太陽電池の研究開発

E-mail : hiro@nagaoka-ct.ac.jp

電気電子システム工学科 片桐 裕則

## 「Next次世代」を見据えた環境調和型薄膜太陽電池

## 【要約】

研究対象であるCZTS( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ )は、CIS( $\text{CuInSe}_2$ )の希少元素インジウムを亜鉛(Zinc)およびスズ(Tin)で、セレンを硫黄(Sulfur)で置換する事によって得られるI<sub>2</sub>-II-IV-VI<sub>4</sub>族化合物半導体である。CZTSの特徴は、その構成元素が地殻中に豊富に存在すること(Cu:50ppm、Zn:75ppm、Sn:2.2ppm、S:260ppm)、及びいずれの元素も毒性が極めて低い事にある。しかも、光吸収係数がシリコンより2桁程度大きいため、数ミクロンの厚みで太陽光を吸収することができる。従って、CZTS太陽電池は、希少元素・有毒性元素を含有せず、しかも省資源という夢の薄膜太陽電池である。本研究室では、6.77%という本材料系における世界最高データを達成している。

## 【きっかけ】

1985年、筆者は東京工業大学に文部省内地域研究員として派遣され、各種の真空機器の取り扱い、薄膜の作製技術等を習得することができた。長岡高専復職後は、エネルギー問題に関心が高かったこともあり、多結晶薄膜太陽電池の作製、具体的には多元蒸着法によるCIS薄膜太陽電池の研究を開始した。1994年、新潟大学で開催された講演会において、信州大学伊東謙太郎教授から希少元素インジウムを使用しない太陽電池材料CZTSに関する情報を得る機会に恵まれた。上記要約においても記述したように、CISの希少元素(In、Se:いずれも0.05ppm以下)を汎用原料で置換した材料がCZTSである。1995年より、学生と共にCZTS薄膜に関する研究を継続している。

## 【プロセス】

1. 1999年、長岡市産学共同研究事業に申請し採択された。新規硫化システム等の導入を行った。
2. 2001年、新潟県提案公募型研究開発事業に申請し採択された。電気的測定システムの導入を図った。
3. 2003-2005年、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「太陽光発電技術研究開発・革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発委託事業」に「汎用原料を使用したCZTS光吸収層による新型薄膜太陽電池の研究開発」で申請し採択された。新規薄膜作製システム、組成分析システム、光学測定システム等を導入し、変換効率5.74%を達成した。
4. 2006-2007年、NEDO「太陽光発電技術研究開発・太陽光発電システム未来技術研究開発委託事業」に「同時蒸着法による超高品質CZTS光吸収層の研究開発」で申請し採択された。単結晶を基板として配向したCZTS薄膜の作製に成功し、RHEED、PL等による評価を行った。
5. 2006年より民間企業との共同研究を開始した。この成果として、6.77%の最高変換効率を記録している。

## 【成果】

図1に、本研究室で作製したCZTS薄膜太陽電池の表面写真を示す。基板には1mm厚のソーダライムガラス(SLG)を用いた。SLG/Mo/CZTS/CdS/ZnO:Al構造のデバイスである。下部電極Moはスパッタ法で、光吸収層CZTSは同時スパッタ硫化法で、界面層CdSは溶液成長法で、窓層ZnO:Alはスパッタ法で作製した。最後に、蒸着法で楕形Al電極を構成している。図1では、左側の下部電極に塗布した銀ペーストと、9個の楕形Al電極つまり9個のセルが明瞭に示されている。

図2は、変換効率6.77%を達成したセルのJ-V特性である。本測定は、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電研究センター化合物太陽電池グループにお願いしたものである。

また、溶液成長法によるCdSの代替として、大気開放CVD法で作製したZnO界面層を用いたセルで、5%台の変換効率を確認している。脱希少元素および脱カドミウムの薄膜太陽電池において、これらの値は現在の世界最高値である。

## 『主な学会招待講演』

- ・WCPEC-3(第3回太陽光発電世界会議) 2003, Osaka, Japan
- ・E-MRS(ヨーロッパ材料科学国際会議) 2004, Strasbourg, France
- ・応用物理学会 シンポジウム 2005, 徳島大学
- ・E-MRS(ヨーロッパ材料科学国際会議) 2008, Strasbourg, France
- ・MRS(材料科学国際会議) 2009, San Francisco, USA
- ・Mexican-MRS(メキシコ材料科学国際会議) 2010(予定) Cancun, Mexico

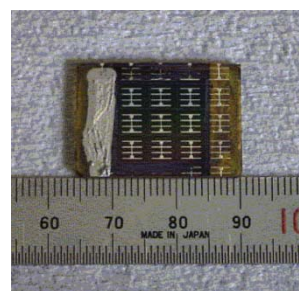


図1 試作したCZTS薄膜太陽電池

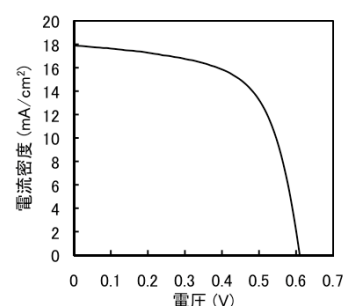


図2 最高効率を記録したJ-V特性