

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号： 24403
 研究種目： 挑戦的萌芽研究
 研究期間： 2011 年～2012 年
 課題番号： 23656436
 研究課題名（和文）
 フレキシブル太陽エネルギー利用素子の開発
 研究課題名（英文）
 Development of hybrid solar energy conversion system
 研究代表者 津久井茂樹 (TSUKUI SHIGEKI)
 大阪府立大学：工学研究科・准教授
 研究者番号：40207353

研究成果の概要（和文）：

太陽電池に薄くて効率高くコスト削減が可能な CuInAlSe (CIAS) 系を用い、熱電材料には室温付近で性能が高い BiTe 系に変わる材料として、環境負荷の少ない Fe 系を利用して、太陽の光エネルギーと熱エネルギーを同時に利用可能な、太陽電池と熱電材料を接合したハイブリッド太陽光利用素子を試作した。

太陽電池は発電効率が小さかったが、熱伝材料はパワーファクターが $5\text{mW}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-2}$ を超える材料の開発に成功した。

研究成果の概要（英文）：

Fabrication of hybrid solar energy conversion system, using the CuInAlSe (CIAS) solar cell and Fe heusler thermoelectric thin film. The hybrid system converted the sunlight and heat energy to power simultaneously. Although power generation efficiency of the solar cell was small, thermoelectric material was succeeded in development of the high efficiency material which power factor exceeds 5 mW/mK^2 .

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：構造・機能材料

科研費の分科・細目：

キーワード：太陽電池、熱伝材料、ハイブリッド、CuInAlSe、Fe 系熱電材料

1. 研究開始当初の背景

太陽の光エネルギーは太陽電池で発電し、太陽の熱エネルギーは太陽熱給湯システムなどで利用し、それぞれのエネルギーが別々のシステムで使用されてきた。本研究のように、太陽の光と熱エネルギーの二つを、一体型の薄膜素子で同時に利用する研究は今までになされていない。

申請者はこれまでに、Si系太陽電池薄膜の作製、室温から100℃で性能の高い

BiTe系熱電素子の作製に成功しており、ハイブリッド化の条件は整っている。

2. 研究の目的

本研究では、今まで別々に利用されていた、太陽の光と熱エネルギーの二つを同時に利用することにより、高効率で夜間でも発電できる、薄型・省スペース・連続型の発電システムを開発することである。

具体的には、図に示すように、太陽電池薄膜と熱電変換素子薄膜を積層することにより、(1)太陽電池を利用して太陽光の波長の

エネルギーから電力を得る、(2) 太陽熱で加熱された表面と、裏面の放熱体に生じた熱勾配で電力を得て、太陽電池の出力と熱電素子の出力を加算することにより、同じ面積で出力密度を向上させることができる。さらに、(3) 太陽光のない夜間は、放熱体と太陽電池側との温度差を利用し、熱電素子により電力を得ることが可能となり、連続発電が可能となる。

3. 研究の方法

太陽電池素子は、光吸収係数が高く薄膜化に適している化合物半導体太陽電池で、単位面積当たりの発電効率がよく、可視光での発電効率が高い LaBiSrCdS/DC により PLD 法により作製する。作製した太陽電池薄膜の変換効率は、ソーラーシミュレータ（既設）により、また、出力の波長依存性の測定（既存）や、出力の温度依存性の測定（既存）により、高効率太陽電池薄膜を作製する。

熱電変換素子は、本申請で目標とする太陽熱エネルギーの温度が 100°C 程度以下であるため、この温度領域で熱電変換効率が高い BiTe 系 (n 型 : BiTe/BiSe 等、p 型 : BiTe/SbTe 等) や毒性の低い Fe ホイスラー系の熱電変換薄膜を、レーザーアブレーション装置 PLD（既設）により作製する。

4. 研究成果

太陽の光エネルギーと熱エネルギーを同時に利用可能な、太陽電池と熱電材料を接合したハイブリッド太陽光利用素子を試作した。

太陽電池には薄くて効率がよくコスト削減が可能な CuInAlSe (CIAS) 系を用い、熱電材料には室温付近で性能が高い BiTe 系に変わる材料として、環境負荷の少ない Fe 系を利用した。また、基板には比較的高温まで耐えられるポリイミドを用い、太陽電池や熱電材料の低温合成を試みた。

太陽電池はパルスレーザー法により作製した。しかし、300°C 以下の低温での合成が困難であり、CIAS (p 型) と ZnO-Al (n 型) との界面抵抗が高く、目的の発電効率は得られなかった。

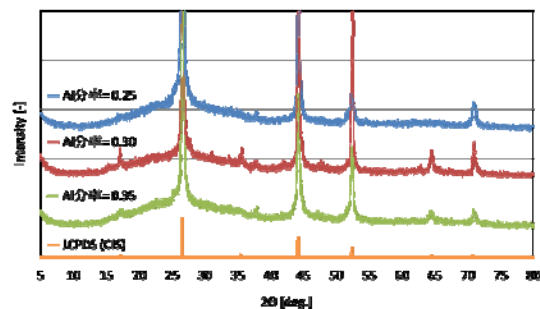


図 1 作製した CIAS 薄膜の XRD 結果。

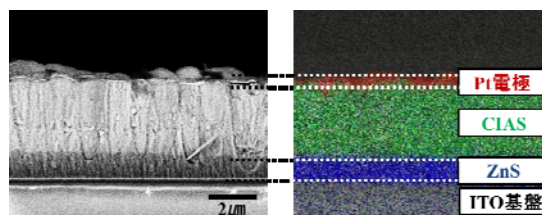


図 2 太陽電池断面の SEM、EDX 結果

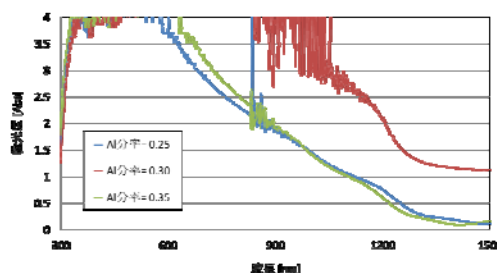


図 3 CIAS 薄膜の吸光度測定結果。

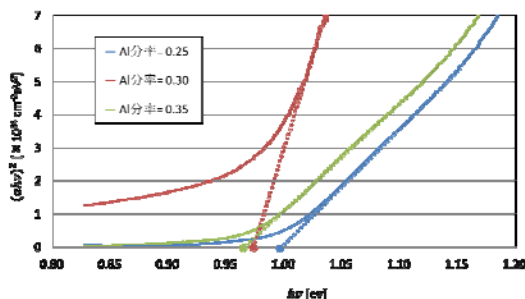


図 4 CIAS 薄膜における E_g の算出結果

表 1 作製した CIAS 薄膜における E_g の算出結果

Al 分率 [-]	0.25	0.30	0.35
E_g [eV]	0.963	0.966	0.992

表 2 開放電圧の CIAS 薄膜における
Al 分率依存

Al 分率 [-]	0.25	0.30	0.35
開放電圧 V_{oc} [mV]	0.60	1.93	0.01

一方、熱電材料ではゼーベック係数が $1000 \mu V/K$ を超える材料開発に成功した。この熱電材料の抵抗率（実測値）からパワーファクター PF を計算すると $5mW \cdot m^{-1} \cdot K^{-2}$ を超え、熱伝導率（文献値）から予想される無次元性能指数 ZT は 3 を越えており、熱伝導率の実測値が得られれば、熱電材料の実用化に向けて大きな 1 歩となる可能性が高い。

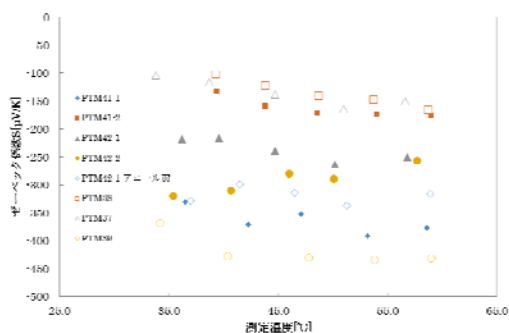


図 5 ゼーベック係数の測定結果

また、熱電材料は $250^{\circ}C$ 以下での合成が可能であり、合成の簡略化と低温プロセスによるコスト削減が可能となる。

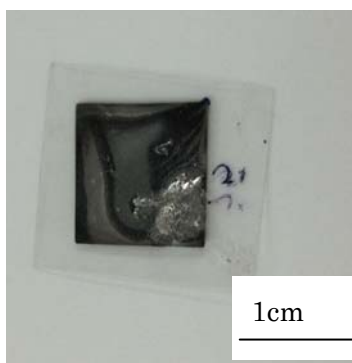


図 6 ポリイミド上の熱伝材料薄膜

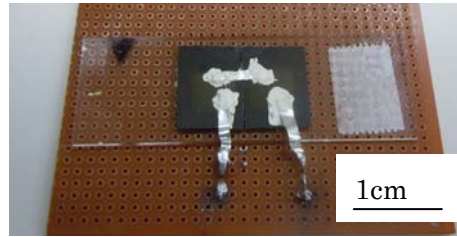


図 7 試作した熱電材料の π 結合素子

試作した熱電材料の π 結合素子部分に、人体を数 cm まで近づけると数 μV の発電が確認されたことから、熱電材料の赤外線センサーへの応用が期待できる。また、高い ZT が実現できれば、この熱電材料を用いたセンサー以外に、熱電発電や熱電加熱・冷却が可能となり、シート型エアコンが作製できる可能性がある。

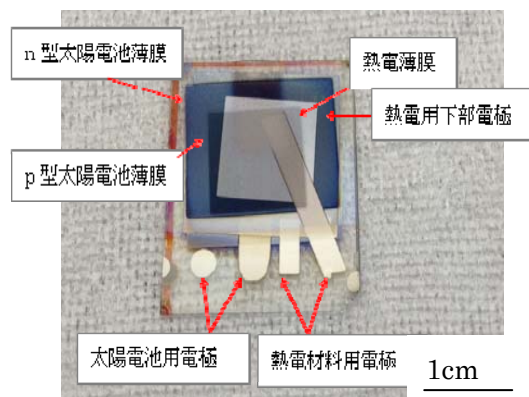


図 8 試作したハイブリッド素子

表 3 ハイブリッド素子の出力測定結果

	電圧	電流	
太陽電池薄膜	89 mV (開放電圧)	14 μA	出力 $1.2 \times 10^{-3} mW/cm^2$
熱電材料薄膜	15 μV	---	ゼーベック係数 3.8 $\mu V/K$

太陽電池、熱伝材料薄膜ともに出力は小さい

が、それぞれの素子を高性能化することにより、太陽の光と熱のエネルギーを同時に使用できるハイブリッド素子を作製することが可能となる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 1件)

(1)大阪オープン・イノベーション・マッチング会(グリーンイノベーション)(2011年8月8日,大阪) 津久井茂樹 「ハイブリッド太陽エネルギー利用素子」

6. 研究組織

(1)研究代表者

津久井茂樹 (TSUKUI SHIGEKI)

大阪府立大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：40207353