

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-534404

(P2004-534404A)

(43) 公表日 平成16年11月11日(2004.11.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 31/042

E04D 1/30

E04D 13/18

F I

H01L 31/04

E04D 1/30

E04D 13/18

テーマコード (参考)

2E108

5F051

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2003-511321 (P2003-511321)  
 (86) (22) 出願日 平成14年6月28日 (2002.6.28)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年12月22日 (2003.12.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2002/006562  
 (87) 国際公開番号 W02003/005457  
 (87) 国際公開日 平成15年1月16日 (2003.1.16)  
 (31) 優先権主張番号 特願2001-203196 (P2001-203196)  
 (32) 優先日 平成13年7月4日 (2001.7.4)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

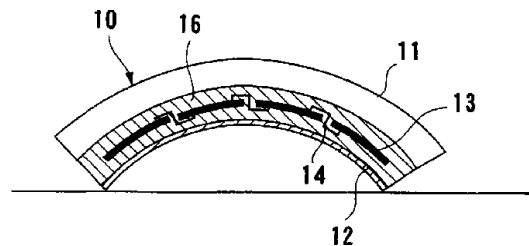
(71) 出願人 000000239  
 株式会社荏原製作所  
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号  
 (74) 代理人 100091498  
 弁理士 渡邊 勇  
 (74) 代理人 100092406  
 弁理士 堀田 信太郎  
 (74) 代理人 100093942  
 弁理士 小杉 良二  
 (74) 代理人 100109896  
 弁理士 森 友宏  
 (72) 発明者 江本 真樹子  
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会  
 社 荏原製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池モジュール及びその製造方法

## (57) 【要約】

半導体結晶基板 (13) を撓んだ状態で支持材に固定する。半導体結晶基板 (13) を、表面カバー材 (11) と裏面カバー材 (12) との間に設けられた透明樹脂材 (16) に固着することが好ましい。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体結晶基板と、  
曲面構造を有する支持材と、を備える太陽電池モジュールであって、  
前記半導体結晶基板を撓んだ状態で前記支持材に固定したことを特徴とする太陽電池モジュール。

## 【請求項 2】

前記半導体結晶基板は、曲面構造を有する表面カバー材と裏面カバー材との間に挟まれていることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 3】

前記半導体結晶基板は撓んだ状態で透明樹脂材に固定されていることを特徴とする請求項 2 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 4】

前記半導体結晶基板は、単結晶または多結晶のシリコン基板から構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 5】

前記半導体結晶基板は  $150\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さを有することを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 6】

前記透明樹脂材は、エチレンビニルアセテートフィルムからなることを特徴とする請求項 3 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 7】

複数の半導体結晶基板が前記支持材に固定され、前記半導体結晶基板は配線により互いに電氣的に接続されていることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 8】

前記太陽電池モジュールは半円筒形状であることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池モジュール。

## 【請求項 9】

半導体結晶基板を未硬化の樹脂材の間に挟み込み、  
未硬化の前記樹脂材を前記半導体結晶基板と共に曲面構造を有する表面カバー材に対して押圧し、  
未硬化の前記樹脂材を加熱して硬化させることで前記半導体結晶基板を撓んだ状態に保持させると共に前記樹脂材を前記表面カバー材に固着させることを特徴とする太陽電池モジュールの製造方法。

## 【請求項 10】

平面部材を用意し、  
前記平面部材を加熱し撓ませて前記曲面構造を形成することを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

## 【請求項 11】

平面部材を用意し、  
前記平面部材を押圧しながら加熱することにより前記平面部材を撓ませて前記曲面構造を形成することを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

## 【請求項 12】

前記樹脂材は真空炉内で加熱され硬化されることを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

## 【請求項 13】

前記半導体結晶基板は、単結晶または多結晶のシリコン基板から構成されることを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

## 【請求項 14】

前記半導体結晶基板は  $150\text{ }\mu\text{m}$  以下の厚さを有することを特徴とする請求項 9 に記載の

10

20

30

40

50

太陽電池モジュールの製造方法。

【請求項 15】

前記樹脂材の間に複数の半導体結晶基板を配置することを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

【請求項 16】

屋根瓦を形成するための型を使用して前記曲面構造を形成することを特徴とする請求項 9 に記載の太陽電池モジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽電池モジュール及びその製造方法に係り、特に薄膜状の半導体結晶基板を備えた太陽電池モジュール及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池は、太陽光の放射エネルギーを吸収して直接電力に変換する半導体の電気接合装置である。太陽光の放射エネルギーを効率よく吸収するためには、太陽電池モジュールを、曲面を有する屋根等の上に設置することが好ましい。従来から、曲面構造の表面に太陽電池モジュールを形成し、太陽光を電力に効率よく変換する要望が存在していた。このような、曲面構造、即ち曲面を有する構造、を有する場所に設置が可能な太陽電池モジュールは、曲面構造を有するシート上にアモルファス太陽電池を形成することにより製造することが可能である。しかしながら、アモルファス太陽電池は、太陽光の電力への変換効率が低く、比較的狭い面積で大きな電力を得ようとするには問題があった。

【0003】

一方で、単結晶・多結晶シリコン基板を用いた太陽電池は、太陽光を高効率で電力に変換することが可能である。ところが、これらの太陽電池は一般にその厚さが厚いため曲げることが難しく、平板状の太陽電池を用いた太陽電池モジュールが市場に供給されていた。しかしながら、太陽電池モジュールが平板状だけではなく曲面状に形成できれば、その設置可能な領域が格段に増加する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、上述した事情に鑑みて為されたもので、曲面構造を有し、太陽光を高効率で電力に変換することができる太陽電池モジュール及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る太陽電池モジュールは、半導体結晶基板と、曲面構造を有する支持材とを備え、前記半導体結晶基板を撓んだ状態で前記支持材に固定したことを特徴とする。

また、本発明に係る太陽電池モジュールの製造方法は、半導体結晶基板を未硬化の樹脂材の間に挟み込み、未硬化の前記樹脂材を前記半導体結晶基板と共に曲面構造を有する表面カバー材に対して押圧し、未硬化の前記樹脂材を加熱して硬化させることで前記半導体結晶基板を撓んだ状態に保持させると共に前記樹脂材を前記表面カバー材に固着させることを特徴とする。

【0006】

上述した本発明によれば、太陽電池を構成する半導体結晶基板は、例えばその厚みが 150  $\mu\text{m}$  以下と極めて薄いので、半導体結晶基板を撓ませて曲面構造を有する支持材に固定することが可能である。これにより、曲面構造を有する太陽電池モジュールが製造でき、しかも、半導体結晶基板を用いることにより太陽光を高効率で電力に変換することができる。

本発明の上述した又はそれ以外の目的、特徴、及び効果は、本発明の例示である好ましい

10

20

30

40

50

態様を示す図面と共に以下の説明で明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールについて図1乃至図4を参照して説明する。

図1に示すように、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュール10は、曲面構造（曲面を有する構造）を有する表面カバー材11と、裏面カバー材12と、表面カバー材11と裏面カバー材12との間に挟まれた複数の太陽電池13とを備えている。それぞれの太陽電池13は、厚さ150 $\mu$ m以下の単結晶または多結晶のシリコン基板から構成されている。これらの太陽電池13は、本来平板状である。図1に示すように、太陽電池13の厚さが薄いため、これらは湾曲した状態で透明樹脂材16の中に固定されている。太陽電池13は、配線14により相互に電氣的に接続されている。本実施形態では、表面カバー材11、裏面カバー材12、透明樹脂材16が支持材を構成する。厚さ150 $\mu$ m以下の単結晶シリコン基板として、例えば日本国特許出願11-125064号（日本国出願公開2000-319088号）、もしくは日本国特許出願2000-275315号に開示されている装置で作られるリボン状結晶またはウエブ結晶が利用できる。

10

【0008】

表面カバー材11は透明なガラスまたはプラスチックから作られている。例えば、表面カバー材11としては、厚さ約3.2mmの太陽電池モジュール用のガラス板を曲げ加工したものが好適に用いられる。裏面カバー材12は、フッ素系の薄膜、アルミニウム等の金属板、樹脂板、またはガラス板などが好適である。裏面カバー材12は、表面カバー材11に対応した曲率半径を有している。表面カバー材11の曲率半径は、太陽電池13の撓み性から最小50mm程度にまで小さくすることができる。透明樹脂材16には、エチレンビニルアセテート（EVA）などの接着フィルムが用いられる。この透明樹脂材16は、架橋した（硬化した）状態で撓んだ状態の太陽電池13を保持すると共に、表面カバー材11及び裏面カバー材12に接合されている。透明樹脂材16は可視光線に対して透明であり、表面カバー材11を通過して入射した太陽光をほとんど損失なく太陽電池13の受光面に伝達することができる。

20

【0009】

次に、太陽電池モジュール10の製造方法について説明する。図2Aは曲面構造を有する表面カバー材の製造方法を示す。まず、凹状の面21aを有する例えばSUS304などの金属から構成される型21を準備する。但し、型21の材料は1000程度の温度に耐えうるものであればよい。また、平板状の太陽電池モジュールに好適な、例えばソーダガラス、合成石英ガラスなどからなるガラス板22を準備する。そして、このガラス板22を凹面21aを有する型21の上に載置する。この状態で、型21及びガラス板22を750～850程度の温度にまで炉中で加熱する。これにより、ガラス板22は、型21の凹面21aに沿うように自重で曲げられる。そして、ガラス板22が割れないようにゆっくりとその温度を下げていくことで、曲面構造を有する表面カバー材11が形成される。このようにして、図2Bに示すように、ガラス22は曲面構造となり、表面カバー材11として用いられる。なお、本実施形態では、ガラス板22が平面部材に相当する。

30

40

【0010】

この実施形態では、凹面21aを有する型21を用い、平坦なガラス板22をその自重を利用して曲げることで曲面構造を有する表面カバー材11が形成される。これに代えて、2つの型などの適当な工具を用いて平坦なガラス板22を型などに挟み込んだ状態で加熱変形させることにより平坦なガラス板22を強制的に曲げるようにしてもよい。また、型21に代えて、軟化したガラスをロール等を用いて曲面構造に成形してもよい。市販の曲面ガラス板を表面カバー材11として使用してもよい。なお、表面カバー材11は、ポリカーボネート等のプラスチック材であってもよい。表面カバー材11がプラスチック材である場合には、射出成形法等を用いて湾曲した形状の表面カバー材を形成することができる。

50

## 【0011】

図3は、図1に示す太陽電池モジュールの製造方法の一例を示す。図3に示すように、図2A及び図2Bに示す方法や他の方法を用いて成形した表面カバー材11と、未硬化のエチレンビニルアセテート(EVA)フィルム16a、16bと、太陽電池13と、裏面カバー材12とを準備する。それぞれの太陽電池13は、長さ10cm、幅5cm、厚さ150 $\mu$ m以下の単結晶または多結晶のシリコン基板から構成されている。これらの太陽電池13は、配線14により相互に電氣的に接続されている。その太陽電池13を挟み込むようにEVAフィルム16a、16bが配置される。そして、表面カバー材11と裏面カバー材12は、EVAフィルム16a、16b、太陽電池13からなる積層構造の上下に配置される。ここで、裏面カバー材12は、例えばフッ素系のフィルム材であり、耐水性、耐湿性などの耐環境性に優れた材料が選定される。 10

## 【0012】

次に、凸型の押し型25と凹型の押し型26との間に、表面カバー材11、裏面カバー材12、EVAフィルム16a、16b、太陽電池13からなる積層構造を挟み込む。そして、凸型の押し型25を凹型の押し型26に対して押圧し、積層構造を真空炉内で200程度の温度で加熱圧着させる。この積層構造の加熱圧着は、133Pa以下の真空下で、約200に維持させたまま約30分程度行うことが好ましい。

## 【0013】

なお、この真空排気は、EVAフィルム16a、16b間に形成された微小な空間または空隙から空気を抜くことを主たる目的としているため、必ずしも真空炉を用いる必要はなく、局部的な真空排気方法を用いてEVAフィルム16a、16b間の空気を排気してもよい。加圧工程では、上述した押し型25、26を用いることなく、空圧や水圧などによって積層構造を加圧することもできる。 20

## 【0014】

また、図4に示すように、表面カバー材11を凸型の押し型25側に配置し、裏面カバー材12を凹型の押し型26側に配置してもよい。この配置では、EVAフィルム16a、16bは太陽電池13と共に表面カバー材11の凸面に固着される。したがって、完成した太陽電池モジュールを、凹面を有する屋根などに設置することができる。

## 【0015】

積層構造は真空炉にて加熱され固着されるため、EVAフィルム16a、16b間にある空気が抜かれ、このEVAフィルム16a、16bには架橋状態が形成され、これにより樹脂が硬化する。したがって、EVAフィルム16a、16bは、太陽電池13を撓んだ状態で保持すると共に、表面カバー材11と裏面カバー材12とに強固に接着される。加圧下で加熱すると、EVAフィルム16a、16bは透明樹脂材16になり、これにより、強固な太陽電池モジュールの積層構造が製作される。製作された太陽電池モジュールの積層構造の余分な部分をカッティングし、配線用電極の形成などの処理を行い、半円筒形状の太陽電池モジュール10が得られる。太陽電池モジュール10の曲率半径は、各太陽電池13の大きさ、配線材、その他の条件に依存するが、最小50mm程度の曲率半径の太陽電池モジュールが得られる。 30

## 【0016】

上記実施の形態では、凹面21aを有する型21を用いて太陽電池モジュールの曲面構造が形成される。これに代えて、太陽電池モジュールを屋根瓦の最表面に適合させるために屋根瓦の型を用いて太陽電池モジュールの曲面構造を形成してもよい。これにより、太陽電池モジュールを屋根瓦の最表面に設置することができ、太陽光を効率よく電力に変換することができる。各種建物の屋根はその美観上から曲面構造を有することが多いが、そのような曲面状の屋根の建材として本発明に係る太陽電池モジュールを好適に使用することができる。また、電柱に本発明に係る太陽電池モジュールを設置することも可能である。 40

## 【0017】

本発明に係る太陽電池モジュールは、曲面構造を有すると共に、高効率で太陽光を電力に変換することができる。本発明に係る太陽電池モジュールは曲面構造を有しているので、 50

従来の平板状の太陽電池モジュールに比べてその設置場所を著しく拡大することが可能となる。

【 0 0 1 8 】

これまで本発明の好ましい一実施例を詳細に示したが、本発明の趣旨を逸脱することなく種々の変形実施例が可能なことは勿論である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 1 9 】

本発明は太陽電池モジュール及びその製造方法に好適に用いられ、特に薄膜状の半導体結晶基板を備えた太陽電池モジュール及びその製造方法に好適に用いられる。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 2 0 】

【 図 1 】 図 1 は本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの断面図である。

【 図 2 】 図 2 A 及び図 2 B は表面カバー材の形成方法を説明するための図である。

【 図 3 】 図 3 は本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの製造方法を説明するための概略図である。

【 図 4 】 図 4 は本発明の他の実施形態に係る太陽電池モジュールの製造方法を説明するための概略図である。

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
16 January 2003 (16.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
**WO 03/005457 A1**(51) International Patent Classification: **H01L 31/042**

(21) International Application Number: PCT/JP02/06562

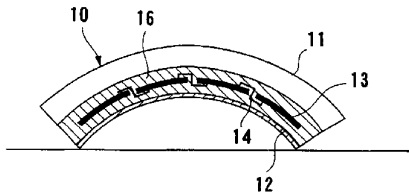
(22) International Filing Date: 28 June 2002 (28.06.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
2001-203196 4 July 2001 (04.07.2001) JP(71) Applicant: **EBARA CORPORATION** [JP/JP]; 11-1,  
Haneda Asahi-cho, Ohita-ku, Tokyo 144-8510 (JP).(72) Inventors: **EMOTO, Makiko**; c/o Ebara Corporation,  
11-1, Haneda Asahi-cho, Ohita-ku, Tokyo 144-8510 (JP);  
**SHIBATA, Akio**; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda  
Asahi-cho, Ohita-ku, Tokyo 144-8510 (JP).(74) Agents: **WATANABE, Isamu** et al.; GOWA Nishi-Shin-  
juku 4F, 5-8, Nishi-Shinjuku 7-chome, Shinjuku-ku, Tokyo  
160-0023 (JP).(81) Designated States (*national*): AI, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,  
CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GI,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LI, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MY, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,  
SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN,  
YU, ZA, ZM, ZW.(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM,  
KI, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,  
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent  
(BF, BJ, CI, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NI, SN, TD, TG).**Published:**  
with international search reportFor two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-  
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-  
ning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: SOLAR CELL MODULE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57) Abstract: A semiconductor  
crystal substrate (13) is fixed in  
a bent state to a support body.  
Preferably, the semiconductor  
crystal substrate (13) is bonded to  
a transparent resin member (16)  
provided between a surface cover  
member (11) and a back cover  
member (12).

WO 03/005457 A1

WO 03/005457

PCT/JP02/06562

1

**DESCRIPTION****SOLAR CELL MODULE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME****Technical Field**

5 The present invention relates to a solar cell module and a method of manufacturing a solar cell module, and more particularly to a solar cell module having a thin-film semiconductor crystal substrate and a method of manufacturing such a solar cell module.

10

**Background Art**

A solar cell is a semiconductor electric-junction device which absorbs the radiant energy of sunlight and converts it directly into electric power. In order to absorb the radiant energy of sunlight efficiently, it is desirable that a solar cell module should be placed on a roof or the like having a curved surface. There has heretofore been demand  
15 for forming a solar cell module on a surface of a curved structure to convert solar radiation into electric power efficiently. A solar cell module that can be placed in such a place having a curved surface structure, i.e. a structure having a curved surface, can be manufactured by making an amorphous solar cell on a sheet having a curved surface structure. However, the amorphous solar cell has been disadvantageous in that  
20 conversion efficiency to convert solar radiation into electric power is too low to generate large electric power in a relatively small area.

On the other hand, a solar cell comprising a monocrystalline or polycrystalline silicon substrate can convert solar radiation into electric power highly efficiently. However, since the solar cell comprising silicon substrate is generally thick, it cannot  
25 easily be bent into a curved shape. Therefore, solar cell modules comprising flat plate-shaped solar cells have been put on the market. If solar cell modules can be formed into not only a flat shape but also a curved shape, then they can be placed in much more sites than if they are limited to a flat shape.

30

**Disclosure of Invention**

It is therefore an object of the present invention to provide a solar cell module having a curved surface structure which can convert solar radiation into electric power at high conversion efficiency, and a method of manufacturing such a solar cell module.



WO 03/005457

PCT/JP02/06562

2

According to the present invention, there is provided a solar cell module comprising a semiconductor crystal substrate and a support body having a curved surface structure, the semiconductor crystal substrate being fixed in a bent state to the support body.

5 According to the present invention, there is also provided a method of manufacturing a solar cell module, comprising disposing a semiconductor crystal substrate between uncured resin members, pressing the uncured resin members with the semiconductor crystal substrate against a surface cover member having a curved surface structure, and heating the uncured resin members for curing the resin members so as to  
10 hold the semiconductor crystal substrate in a bent state and be bonded to the surface cover member.

With the above arrangement, the semiconductor crystal substrate, which serves as a solar cell, has a very small thickness of 150  $\mu\text{m}$  or less, for example, and hence can be bent and fixed to the support body having the curved surface structure. Thus, the solar  
15 cell module having a curved structure can be produced, and can convert solar radiation into electric power at high conversion efficiency by using the semiconductor crystal substrate.

The above and other objects, features, and advantages of the present invention will become apparent from the following description when taken in conjunction with the accompanying drawings which illustrate a preferred embodiment of the present invention  
20 by way of example.

#### Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a cross-sectional view of a solar cell module according to an  
25 embodiment of the present invention;

FIGS. 2A and 2B are views illustrating a process of forming a surface cover member;

FIG. 3 is a schematic view illustrating a method of manufacturing the solar cell module according to the embodiment of the present invention; and

30 FIG. 4 is a schematic view illustrating a method of manufacturing the solar cell module according to another embodiment of the present invention.

**Best Mode for Carrying Out the Invention**

Next, a solar cell module according to an embodiment of the present invention will be described with reference to FIGS. 1 through 4.

As shown in FIG. 1, a solar cell module 10 according to an embodiment of the present invention comprises a surface cover member 11 having a curved surface structure (structure having a curved surface), a back cover member 12, and a plurality of solar cells 13 sandwiched between the surface cover member 11 and the back cover member 12. Each of the solar cells 13 comprises a monocrystalline or polycrystalline silicon substrate having a thickness of 150  $\mu\text{m}$  or less. The solar cells 13 are originally flat in shape. As shown in FIG. 1, since the solar cells 13 are thin, they are bent into a curved shape and fixedly held in their bent state in a transparent resin member 16. The solar cells 13 are electrically interconnected by wires 14. In this embodiment, the surface cover member 11, the back cover member 12, and the transparent resin member 16 compose a support body. The monocrystalline silicon substrate having a thickness of 150  $\mu\text{m}$  or less may be available in the form of a ribbon-shaped crystal or web crystal manufactured by an apparatus disclosed in Japanese patent application No. 11-125064 (Japanese laid-open patent publication No. 2000-319088) or Japanese patent application No. 2000-275315.

The surface cover member 11 is made of transparent glass or plastic. For example, the surface cover member 11 preferably comprises a bent glass sheet having a thickness of about 3.2 mm for use in solar cell modules. The back cover member 12 preferably comprises a fluorine-based film, a metal sheet of aluminum or the like, a resin sheet, or a glass sheet. The back cover member 12 has a radius of curvature commensurate with the surface cover member 11. The radius of curvature of the surface cover member 11 may be reduced to a minimum of about 50 mm depending on the flexibility of the solar cells 13. The transparent resin member 16 may comprise an adhesive film of ethylene vinyl acetate (EVA) or the like. The transparent resin member 16 is in a crosslinked (cured) state and holds the solar cells 13 which are bent, and is joined to the surface cover member 11 and the back cover member 12. The transparent resin member 16 is transparent to visible radiation, and is capable of transmitting the incident solar radiation through the surface cover member 11 to the light receiving surfaces of the solar cells 13 without causing any substantial loss.

A method of manufacturing the solar cell module 10 will be described below. FIG. 2A illustrates a process of forming a surface cover member having a curved surface

structure. First, a die 21 made of a metal such as SUS304 and having a concave surface 21a is prepared. Alternatively, the die 21 may be made of any materials insofar as such materials can withstand a temperature of about 1000°C. A glass sheet 22 made of soda glass, synthetic quartz glass, or the like, which is suitable for use in a flat solar cell module is prepared. Then, the glass sheet 22 is placed on the die 21 having the concave surface 21a. In this state, the die 21 and the glass sheet 22 are heated in a furnace to a temperature ranging from about 750 to 850°C. Thus, the glass sheet 22 is bent by its own weight and formed into a shape corresponding to the concave surface 21a of the die 21. Then, the temperature of the glass sheet 22 is slowly lowered so that the glass sheet 22 will not crack, thus producing a surface cover member 11 having a curved surface structure. In this manner, as shown in FIG. 2B, the glass sheet 22 becomes the curved surface structure, and is then used as the surface cover member 11. In this embodiment, the glass sheet 22 corresponds to a flat member.

In the illustrated embodiment, the flat glass sheet 22 is bent by its own weight and formed into the surface cover member 11 having the curved surface structure by using the die 21 having the concave surface 21a. Alternatively, the flat glass sheet 22 may forcibly be bent using a suitable tool such as two dies in such a manner that the flat glass sheet 22 is heated and deformed in a sandwiched state by the dies or the like. Alternatively, a softened glass sheet may be formed into a curved surface structure by a roll or the like, instead of the die 21. A commercially available curved glass sheet may be used as the surface cover member 11. The surface cover member 11 may alternatively be made of a plastic material such as polycarbonate. If the surface cover member is to be made of the plastic material, then the surface cover member having a curved shape may be produced by injection molding process or the like.

FIG. 3 illustrates a method of manufacturing the solar cell module 10 shown in FIG. 1. As shown in FIG. 3, the surface cover member 11 produced by the process shown in FIGS. 2A and 2B or another process, ethylene vinyl acetate (EVA) films 16a and 16b which are not cured, the solar cells 13, and the back cover member 12 are prepared. Each of the solar cells 13 comprises a monocrystalline or polycrystalline silicon substrate having a length of 10 cm, a width of 5 cm and a thickness of 150 µm or less. The solar cells 13 are electrically interconnected by wires 14. The EVA films 16a and 16b are disposed such that the solar cells 13 are placed between the EVA films 16a and 16b. The surface cover member 11 and the back cover member 12 are positioned

below and above the laminated structure comprising the EVA films 16a and 16b and the solar cells 13. The back cover member 12 may comprise a fluorine-based film, for example, and this back cover member 12 should be selected in view of excellent environmental resistance properties including water resistance and humidity resistance.

5 Then, the laminated structure, which is composed of the surface cover member 11, the back cover member 12, the EVA films 16a and 16b, and the solar cells 13, is sandwiched between a convex pressing die 25 and a concave pressing die 26. The convex pressing die 25 is pressed against the concave pressing die 26 in a vacuum furnace at a temperature of about 200°C for thereby heating and bonding the laminated  
10 structure. It is preferable to perform the heating and bonding of the laminated structure in a vacuum of 133 Pa or less at a constant temperature of about 200°C for about 30 minutes.

Since the vacuum is produced for the purpose of evacuating air from a small space or a clearance between the EVA films 16a and 16b, the vacuum furnace may not  
15 necessarily be employed, but a local evacuating process may be used to evacuate air from the space between the EVA films 16a and 16b. In the compressing process, the laminated structure may be compressed under pneumatic or hydraulic pressure without using the pressing dies 25 and 26.

Alternatively, as shown in FIG. 4, the surface cover member 11 may be disposed  
20 at the convex pressing die 25 side and the back cover member 12 may be disposed at the concave pressing die 26 side. With this arrangement, the EVA films 16a and 16b with the solar cells 13 are bonded to the convex surface of the surface cover member 11. Therefore, the produced solar cell module can be placed on a roof or the like having a concave curved surface.

25 Because the laminated structure is heated and bonded in a vacuum furnace, air is evacuated from the space between the EVA films 16a and 16b, and the EVA films 16a and 16b are crosslinked and hence cured. Therefore, the EVA films 16a and 16b hold the solar cells 13 in their bent state and are firmly bonded to the surface cover member 11 and the back cover member 12. When thus being heated under pressure, the EVA films  
30 16a and 16b are turned into the transparent resin member 16, thus producing a rigid laminated solar cell module structure. Excessive portions of the produced solar cell module structure are cut off, and wiring electrodes are formed, thereby completing the solar cell module 10 which is semicylindrical in shape. While the radius of curvature of

WO 03/005457

PCT/JP02/06562

6

the solar cell module 10 depends on the size of each of the solar cells 13, the material of the wires, and other conditions, the solar cell module 10 may have a minimum radius of curvature which is of about 50 mm.

In the illustrated embodiment, the curved surface structure of the solar cell module is produced using the die 21 having the concave surface 21a. Alternatively, a mold for forming a roof tile may be used to produce the curved structure of the solar cell module so that the solar cell module can fit the uppermost surface of the roof tile. Therefore, the solar cell module can be placed on the uppermost surface of the roof tile, and can efficiently convert solar radiation into electric power. The roofs of various buildings often have a curved surface structure for aesthetic reasons, and the solar cell module according to the present invention can preferably be used as one of building materials for such curved roofs. It is also possible to place the solar cell module according to the present invention on utility poles including an electric pole.

The solar cell module according to the present invention has the curved structure and achieves a high conversion efficiency to convert solar radiation into electric power. As the solar cell module according to the present invention has the curved structure, it can be installed in much more sites than conventional flat solar cell modules.

Although a certain preferred embodiment of the present invention has been shown and described in detail, it should be understood that various changes and modifications may be made therein without departing from the scope of the appended claims.

#### Industrial Applicability

The present invention is applicable to a solar cell module and a method of manufacturing a solar cell module, and more particularly to a solar cell module having a thin-film semiconductor crystal substrate and a method of manufacturing such a solar cell module.

WO 03/005457

PCT/JP02/06562

7

## CLAIMS

1. A solar cell module comprising:  
a semiconductor crystal substrate; and  
5 a support body having a curved surface structure, said semiconductor crystal substrate being fixed in a bent state to said support body.
2. A solar cell module according to claim 1, wherein said semiconductor crystal substrate is sandwiched between a surface cover member having a curved surface  
10 structure and a back cover member.
3. A solar cell module according to claim 2, wherein said semiconductor crystal substrate is fixedly held in said bent state in a transparent resin member.
- 15 4. A solar cell module according to claim 1, wherein said semiconductor crystal substrate comprises a monocrystalline or polycrystalline silicon substrate.
5. A solar cell module according to claim 1, wherein said semiconductor crystal substrate has a thickness of 150  $\mu\text{m}$  or less.  
20
6. A solar cell module according to claim 3, wherein said transparent resin member comprises an ethylene vinyl acetate film.
7. A solar cell module according to claim 1, wherein a plurality of semiconductor  
25 crystal substrates are fixed to said support body, and said semiconductor crystal substrates are electrically interconnected by wires.
8. A solar cell module according to claim 1, wherein said solar cell module is semicylindrical in shape.

WO 03/005457

PCT/JP02/06562

8

9. A method of manufacturing a solar cell module, comprising:  
disposing a semiconductor crystal substrate between uncured resin members;  
pressing said uncured resin members with said semiconductor crystal substrate  
against a surface cover member having a curved surface structure; and  
5 heating said uncured resin members for curing said resin members so as to hold  
said semiconductor crystal substrate in a bent state and be bonded to said surface cover  
member.
10. A method according to claim 9, further comprising:  
preparing a flat member; and  
heating said flat member for bending said flat member so as to form said curved  
surface structure.
15. A method according to claim 9, further comprising:  
preparing a flat member; and  
heating said flat member while pressing said flat member for bending said flat  
member so as to form said curved surface structure.
20. A method according to claim 9, wherein said resin members are heated and  
cured in a vacuum furnace.
13. A method according to claim 9, wherein said semiconductor crystal substrate  
comprises a monocrystalline or polycrystalline silicon substrate.
25. A method according to claim 9, wherein said semiconductor crystal substrate  
has a thickness of 150  $\mu\text{m}$  or less.
15. A method according to claim 9, wherein a plurality of semiconductor crystal  
substrates are disposed between said resin members.
30. A method according to claim 9, wherein a mold for forming a roof tile is used  
for forming said curved surface structure.

WO 03/005457

PCT/JP02/06562

1/3

FIG. 1

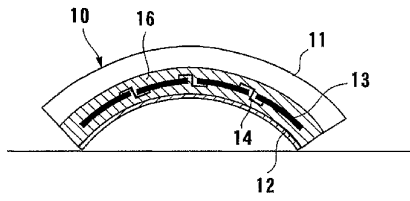


FIG. 2A

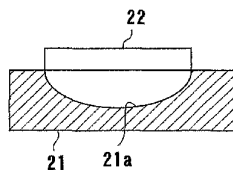
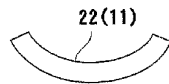


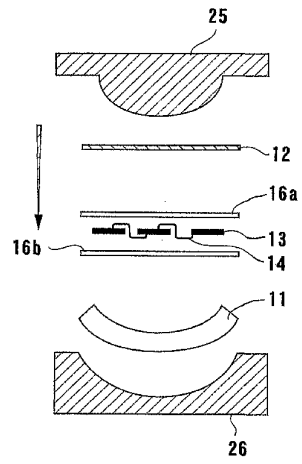
FIG. 2B





2/3

FIG. 3

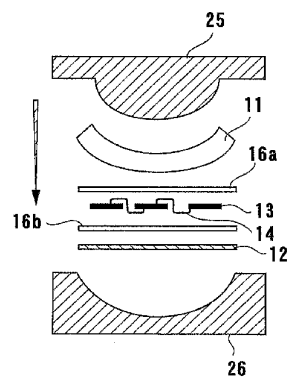


WO 03/005457

PCT/JP02/06562

3/3

FIG. 4



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/JP02/06562</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl <sup>7</sup> <b>H01L 31/042</b> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl <sup>7</sup> <b>H01L 31/04-31/078</b> Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Japanese Utility Model Gazette 1926-1996, Japanese Publication of Unexamined Utility Model Applications 1971-2002, Japanese Registered Utility Model Gazette 1994-2002, Japanese Gazette Containing the Utility Model 1996-2002 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 63-178357 U (Nippon Sheet Glass) 1988.11.18	1-4, 6, 9-13, 15-16
Y	patent family none	5, 7-8, 14
X	JP 9-92867 A (Asahi Glass) 1997.04.04	1-3, 6-7, 9-12, 15
Y	patent family none	4-5, 8, 13-14, 16
X	JP 63-43457 U (Sanyo Electric) 1988.03.23	1-3, 6, 4-5, 7-8, 9-16
Y	patent family none	
X	JP 63-178358 U (Sanyo Electric) 1988.11.18	1-3, 6, 9-12 4-5, 7, 13-16
Y	patent family none	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "G" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>05.08.02</b>		Date of mailing of the international search report <b>20.08.02</b>
Name and mailing address of the ISA/IP <b>Japan Patent Office</b> 3-4-3, Kasumigasacki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer <b>Shoji HAMADA</b> Telephone No. +81-3-3581-1101 Ext. 3254

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP02/06562
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 3-204979 A (Kyocera) 1991.09.06 patent family none	1-4, 6-7, 9-13, 15-16 5, 8, 14
X Y	JP 4-116987 A (Sharp) 1992.04.17 patent family none	1-3, 6-7 4-5, 8-16
X Y	US 52552139 A (Schmitt) 1993.10.12 patent family none	1-3, 8 4-7, 9-16
X Y	US 4717790 A (Goehrmann) 1988.01.05 & EP 221287 A & DE 3538986 A & JP 62-108581 A	1-3 4-16
Y	US 3565719 A (Webb) 1971.02.23 patent family none	1-16
Y	JP 2002-83992 A (Nissan Motor) 2002.03.22 patent family none	1-16

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,P L,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 柴田 明夫

東京都大田区羽田旭町1 1 番1 号 株式会社 荏原製作所内

Fターム(参考) 2E108 KK04 LL02 MM01 NN07

5F051 AA02 AA03 EA20 JA04