

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2012年11月22日(22.11.2012)



(10) 国際公開番号  
WO 2012/157449 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/061547
- (22) 国際出願日: 2012年5月1日(01.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-107995 2011年5月13日(13.05.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 富士  
フィルム株式会社(FUJIFILM Corporation) [JP/JP];  
〒1060031 東京都港区西麻布2丁目2番30  
号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 宮下 陽太  
(MIYASHITA Youta) [JP/JP]; 〒2588577 神奈川県足  
柄上郡開成町牛島577番地 富士フィルム株  
式会社内 Kanagawa (JP). 矢後 栄郎(YAGO Haruo)  
[JP/JP]; 〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島  
577番地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa  
(JP). 祐谷 重徳(YUYA Shigenori) [JP/JP]; 〒  
2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番  
地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 渡辺 望稔, 外(WATANABE Mochitoshi  
et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町2丁目1  
2番5号 早川トナカイビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,  
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,  
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,  
RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,  
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,  
VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ  
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ  
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

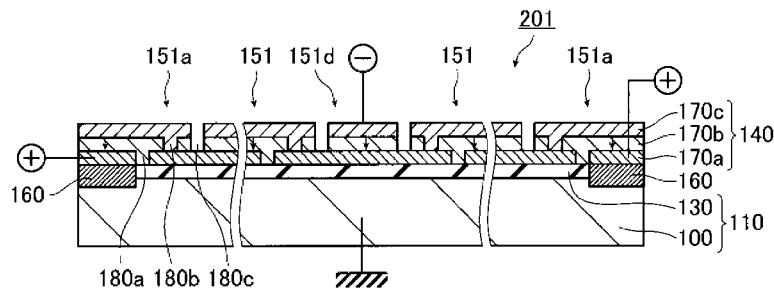
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE, SOLAR CELL MODULE, SOLAR CELL STRING, AND SOLAR CELL ARRAY

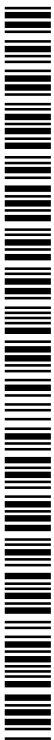
(54) 発明の名称: 半導体装置、太陽電池モジュール、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイ

[図2]



(57) Abstract: This semiconductor device has a conductive substrate formed from a conductive material, a nonconductive layer provided on at least part of the surface of the conductive substrate, a plurality of semiconductor elements provided on this nonconductive layer, wiring that electrically connects the plurality of semiconductor elements, and at least one electrical connection part between the nonconductive layer and semiconductor elements or wiring. The semiconductor element for which the potential difference with the conductive substrate is the greatest is disposed in a position other than the geometric terminal of the arrangement created by the plurality of semiconductor elements.

(57) 要約: 半導体装置は、導電性材料からなる導電性基板と、導電性基板の表面の少なくとも一部に設けられた非導電性層と、この非導電性層上に設けられる複数の半導体素子と、複数の半導体素子を電氣的に接続する配線と、非導電性層と半導体素子又は配線との少なくとも1つの電氣的接続部とを有する。導電性基板との電位差が最大となる半導体素子は、複数の半導体素子によって作られる配列の幾何学的な末端を除く位置に配置されている。



WO 2012/157449 A1

## 明 細 書

発明の名称：

半導体装置、太陽電池モジュール、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイ

### 技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置、太陽電池モジュール、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイに関し、特に、半導体装置において、導電性材料からなる導電性基板と半導体素子との間の絶縁性を向上させた半導体素子の配置方法、ならびにこの半導体素子を用いた、太陽電池モジュール、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイに関する。

### 背景技術

[0002] 軽量性、可撓性という特徴を持った金属、合金等の導電性材料からなる基板は、広い用途に適用できる可能性がある。さらに、上記導電性材料からなる基板は高温プロセスにも耐え得るため、ポリイミド等の樹脂基板では扱うことのできない半導体にも適用することができる。例えば、太陽電池用基板として用いれば光電変換効率を向上させることができ、太陽電池の高効率化が期待できる。

[0003] しかし、金属、合金等の導電性材料を基板として使用する場合、基板上に形成される半導体素子及び配線と基板との間に絶縁層を設け、各部の電位差が調整されている必要がある。通常は、導電性材料からなる基板の少なくとも片面に絶縁層を設ける。

絶縁層としては、基板材料を陽極酸化した酸化物等が用いられる（例えば、特許文献1）。

[0004] 絶縁層の絶縁性を向上させる方法として、特許文献1には、直列接続した素子（すなわち太陽電池セル）の中間付近の電位と導電性材料からなる基板（金属基板）の電位を等電位にすることによって、素子と基板との電位差を小さくすることが開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0005] 特許文献1：特許第4612731号公報  
特許文献2：国際公開第2010/049495号  
特許文献3：特開2007-35695号公報  
特許文献4：特開2009-260147号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、特許文献1において、半導体素子によって作られる配列の末端部（両端部）では基板との電位差が最大となり、沿面放電又は角部での電界集中等によって、絶縁性が低下するという問題があった。

図7（a）、（b）に電極角部での電界集中の様子をシミュレーションした結果を示す。図7（a）は角部の曲率を変化させた場合の結果を示し、図7（b）は角部の角度を変化させた場合の結果を示す。

図7（a）から直径25mmの電極端部（曲率半径12.5mmの電極角部に対応する）での電界 $E_{max}$ が電極中央部の電界 $E_0$ の1.3倍程度となることがわかり、図7（b）では角部が直角での電界 $E_{max}$ が電極中央部の電界 $E_0$ の1.1倍程度となることがわかる。

角部での電界集中を抑えるために、例えば、特許文献2では角部を丸くすることが開示されており、特許文献3では角部を鈍角にすることが開示されている。しかし、依然として末端部では基板との電位差が最大であるために、末端部では絶縁性が低いという問題があった。

- [0007] また、特許文献4には、基板上の配線間の電位差の平面分布を小さくするという課題に対して、配線配置を工夫することが開示されている。

しかし、特許文献4に開示されている方法は、基板が導電性材料からなる場合に、半導体素子及び配線と基板との電位を調整する方法が開示されていないため、この方法をそのまま適用しても基板との絶縁性を向上させること

はできない。

[0008] 本発明の目的は、前記従来技術に基づく問題点を解消し、導電性材料からなる導電性基板上に設けられる複数の半導体素子と導電性基板との間の絶縁耐電圧性が優れた半導体装置、太陽電池モジュール、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイ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

[0009] 上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、導電性材料からなる導電性基板と、基板の表面の少なくとも一部に設けられた非導電性材料からなる非導電性層と、非導電性層上に設けられる複数の半導体素子と、複数の半導体素子を電気的に接続する配線と、導電性基板と、半導体素子又は配線とを接続する少なくとも1つの電気的接続部とを有し、導電性基板との電位差が最大となる半導体素子は、複数の半導体素子によって作られる配列の幾何学的な末端を除く位置に配置されていることを特徴とする。

[0010] 本発明において、幾何学的な末端とは、例えば、複数の半導体素子によって作られる配列が一線分の場合は、図1(a)に示すように、複数の半導体素子51のうち、線分の頂点を含む半導体素子51aを指す。また、幾何学的な末端とは、図1(b)に示すように、複数の半導体素子51によって作られる配列が多角形の場合は、多角形の頂点を含む半導体素子51aを指す。また、幾何学的な末端とは、図1(c)に示すように、半導体素子51の形が多角形の場合は、その頂点を含む半導体素子51aを指し、図1(d)に示すように、複数の半導体素子51の配列が同心円状の場合、円周を含む半導体素子51aを指す。1つの半導体素子の形がどのような形であれ、本発明では、上述のいずれかを含む半導体素子51aを幾何学的な末端とする。

[0011] また、本発明においては、電気的接続部とは、例えば、半導体素子の一部に圧力をかけて押し付けるような機械的接触部、半田付け等の合金的接合部、該当箇所を加熱溶融してなる溶接部等が含まれる。また、基板と半導体素子が接触していなくても、例えば、薄い絶縁層があること、及び半導体的性

質を持っているものがあること等のように、実質的に基板に対する半導体素子の電位を決定できる部分も電氣的接続部に含まれる。

電氣的接続部によって、導電性基板（導電性材料部分）と半導体素子との電位差が調整される。

配線によって各半導体素子が直列又は並列に接続されることによって、導電性基板と、半導体素子又は配線との間の電位差分布が調整される。

[0012] 導電性基板（導電性材料部分）との間の電位差が最大となる半導体素子を、配線の幾何学的な末端を除く位置に配置することによって、末端部分での電界が緩和される。

末端部分での電界が緩和されることによって、導電性基板（導電性材料部分）と半導体素子との間の絶縁耐電圧性が向上する。

また、電氣的接続部と接する半導体素子は、好ましくは配列の少なくとも1つの末端から複数の半導体素子の数の10%の範囲に配置され、より好ましくは配列の少なくとも1つの末端から複数の半導体素子の数の5%の範囲に配置され、互いに等電位となる少なくとも1つの半導体素子であることを特徴とする。特に好ましくは配列の少なくとも1つの末端に配置される半導体素子であることを特徴とする。

配列の末端付近が導電性材料部分と等電位となることにより、末端部での電位差を小さくすることができる。

末端部周辺における電位差が小さくなることによって、電界集中が緩和され全体の絶縁性が高まる。

[0013] また、本発明の別態様の半導体装置において、非導電性層は、導電性基板を陽極酸化処理することにより形成されたものであり、複数の半導体素子のうち、最大電位となる少なくとも1つの半導体素子は電氣的接続部と接していることを特徴とする。

陽極酸化膜は、母体金属側を正極とした場合の方が絶縁性は高くなることが知られている。最大電位となる半導体素子と導電性基板（導電性材料部分）が等電位となることにより、常に導電性基板（導電性材料部分）が正極と

なるため、全体の絶縁性が高まる。

導電性基板としては、軽量性、可撓性があるチタン又はアルミニウムからなる基板が好ましく、安価なアルミニウムからなる基板がより好ましい。また、諸特性を向上させるために、アルミニウムからなる基板ではなく、複合材料からなる複合アルミニウム基板が好ましい。複合材料には、例えば、樹脂又は他金属とアルミニウムとを合わせた材料等が含まれる。中でも鋼板又はステンレス板とアルミニウム板とのクラッド基板は、アルミニウムの耐熱性を向上できるため、より好ましい。

[0014] また、本発明の別態様の半導体装置は、複数の半導体素子は、同心円状に配置されており、導電性基板との電位差が最大となる少なくとも1つの半導体素子は、同心円状の配置の中心に配置されることを特徴とする。

同心円状の配列によって電界集中が緩和され、導電性基板との電位差が最大となる少なくとも1つの半導体素子と導電性基板との電位差が配列の末端から最も離れた位置にあるために、導電性基板に平行な方向の電界が小さくなり、全体の絶縁性が向上する。

[0015] また、本発明の別態様の半導体装置は、複数の半導体素子が一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続されることを特徴とする。全ての半導体素子が一直線上に配置されることによって製造プロセスを増やすことがなく、かつ2つの直列回路が並列に接続されることによって出力電圧が半分になるため要求される耐電圧を半分にでき、かつ基板との電位差が最大となる半導体素子が半導体素子によって作られる配列の幾何学的な末端を除く位置に配置されていることによって電界集中点が減り絶縁性を改善することができる。同様の方法で、4つ、8つ、…と並列にする直列回路の数を増やすことで、出力電圧を4分の1、8分の1、…と小さくすることができる。耐電圧をさらに下げることができる。

さらに、2つの配列は配列の接続部と全ての配列の両端部に位置する半導体素子間で電位差が最大となるが、配列の両端に導電性基板との電位差が最大となる半導体素子が配置されないために、2つの配列の接続部に位置する

半導体素子又は配線において導電性基板との電位差が最大となり、電界集中の起きやすい配線の幾何学的末端部と導電性基板との間の絶縁性が向上するため、全体の絶縁性が向上する。

### 発明の効果

[0016] 本発明によれば、導電性基板上に設けられる複数の半導体素子と導電性基板との間の絶縁耐電圧性が優れた半導体装置を提供することができる。また、本発明によれば絶縁耐電圧性が向上することにより、半導体素子数を増やすことで高性能な装置を作ることができる。また、非導電性層の厚みを薄くすることで低コストで製造することができる。

また、装置の特に端部での絶縁性が向上しているため、装置の周囲との絶縁性も向上しており、例えば、軽くて丈夫な導電性フレームを装置の周囲に設けることができる。

また、複数の半導体素子が一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続される場合、並列回路によって出力を2系統に分けることができ、装置半面に故障が発生した場合でも、出力の半分を維持することができる。さらに並列回路を増やすことで、故障確率はさらに下がり、耐久性を上げることができる。

また、絶縁性が向上しているため、半導体装置としては直列接続して高電圧で出力する太陽電池モジュールが好ましく、軽量性及び可撓性が求められる薄膜型又は集積型の太陽電池モジュールがより好ましい。高効率化できるCIGS系の太陽電池モジュールは特に好ましい。そして、これらの太陽電池モジュールを用いて、太陽電池ストリング及び太陽電池アレイを作ることができる。

また、絶縁性が向上しているため、同じ電圧を出力する場合、基板の端部に生じる非有効エリアを減らすことができ、材料を効率的に使い、コストを削減することができる。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1] (a) は、複数の太陽電池セルが一線上に配列されている状態を示す模

式図であり、(b)及び(c)は、多角形の太陽電池セルが配列されている状態を示す模式図であり、(d)は、複数の太陽電池セルの配列が円である場合の状態を示す模式図である。

[図2]本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の模式的断面図である。

[図3]本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の回路構成図である。

[図4]本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の製造工程の一例を説明するための製造中の光電変換装置の模式的斜視図である。

[図5]本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]本発明の半導体装置の第2の実施形態の光電変換装置の模式的断面図である。

[図7](a)、(b)に電極角部での電解集中の様子をシミュレーションした結果を示すものであり、(a)は角部の曲率を変化させた場合の結果を示し、(b)は角部の角度を変化させた場合の結果を示す。

[図8]従来の光電変換装置を示す模式的断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 以下に、添付の図面に示す好適実施形態に基づいて、本発明の半導体装置を詳細に説明する。

本実施形態では、半導体装置として、半導体素子が光電変換半導体素子(光電変換素子)を備える光電変換装置(太陽電池モジュール)を例にして説明する。

図2は、本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の模式的断面図であり、図3は、本発明の半導体装置の第1の実施形態の光電変換装置の回路構成図である。

[0019] 図2に示すように、本発明の光電変換装置201(太陽電池モジュール)は、例えば、接地された略長形状の、導電性材料からなる導電性基板10

0及びこの導電性基板100上に形成された非導電性材料からなる非導電性層（絶縁層）130からなる支持基板110（導電性材料からなる基板＋非導電性材料からなる層）と、非導電性層130上に形成され、光電変換装置201の複数の太陽電池セル151（光電変換素子）からなる発電層140とを有する。

[0020] 発電層140は、複数の太陽電池セル151が一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続されることによって構成される。図2では、中央の負極の両側に直列接続された配列が1つずつ、合計2つあり、その2つの配列が並列に接続されている。

本発明の光電変換装置201は、発電層140の複数の太陽電池セル151の中の両端部にある少なくとも1つの太陽電池セル151aの正極（プラス）側を、正極端子として図示しないリボン状のリード線に介して図示しない接電箱の正極端子に接続するとともに、接地端子として、支持基板110の導電性基板100に直接電氣的に接続することにより接地し、複数の太陽電池セル151の略中央にある太陽電池セル151、すなわち、複数の太陽電池セル151の中央にある1つ又は2つの太陽電池セル151dの負極（マイナス）側を負極端子として図示しないリボン状のリード線に介して図示しない接電箱の負極端子に接続することを特徴とするものである。

[0021] 本発明の光電変換装置201においては、図3に示すように、支持基板110の導電性基板100は接地されており、その正極が支持基板110の導電性基板100に直接電氣的に接続される接地用太陽電池セル151aは発電層160を介して接地されるが、この接地用太陽電池セル151aは、複数の太陽電池セル151の中の両端部にある太陽電池セルとするのが最も好ましい。

こうすることにより、全ての太陽電池セル151の中で発電層中央部の太陽電池セル151dと導電性基板100との間の電位差 $V_{1d}$ が最も大きくなるため、光電変換装置201において発電層140と導電性基板100との間に要求される耐電圧 $V_{W1}$ は、電位差 $V_{1d}$ から要求される耐電圧 $V_w$

1 dと同程度になる。

一方、図8に示す特許文献1の第1の実施形態の従来の直列接続された太陽電池セル153だけで構成される光電変換装置203では、太陽電池セル153dのいずれか一方と導電性基板100との間の電位差 $V_{2d}$ が最も大きくなるため、発電層140と基板100との間に要求される耐電圧 $V_{W2}$ は、電位差 $V_{2d}$ から要求される耐電圧 $V_{w2d}$ と同程度になる。なお、光電変換装置203は、特許文献1の太陽電池モジュール10に相当する。

[0022] 本実施形態の光電変換装置201と従来の光電変換装置203における太陽電池セルの数が同じ場合、それぞれの出力は同程度となる。しかし、電界集中又は沿面放電の影響により、要求される耐電圧が高くなる発電層の周縁部では、本実施形態の光電変換装置201は太陽電池セル151dの基板端に対向する両端部の2辺のみが導電性基板100との電位差が最大となり、かつ電界が集中するのに対して、従来の光電変換装置203は太陽電池セル153a又は153dの基板端に対向する3辺に渡って導電性基板100との電位差が最大となり、かつ電界が集中するため、本実施形態の光電変換装置201の方が絶縁性に有利である。

なお、発電層140の両端部にあるセル153a又は153bの平面的な形を作っている4辺のうち、3辺は基板端に対向しており、残り1辺は隣のセルと対向している。

[0023] 以上のように、本実施形態の光電変換装置201においては、導電性基板100との電位差が最大となる太陽電池セル151が発電層140の複数の太陽電池セル151の中で両端部にある少なくとも1つの太陽電池セルを除く位置に配置されているので、発電層140の周縁部における導電性基板100との電位差を小さくすることができ、絶縁性が向上している。

[0024] なお、図2に示す光電変換装置201においては、接地用太陽電池セル151aの位置を発電層140の複数の太陽電池セル151の中で両端部にある少なくとも1つの太陽電池セルとしているが、本発明はこれに限定されず、発電層140の両端周辺の太陽電池セルとしてもよい。更には、発電層1

40の両端部から複数の太陽電池セル151の数の10%の範囲にある少なくとも1つの太陽電池セルとしてもよい。その理由は、太陽電池セル151dから1つの発電層140の複数の太陽電池セル151の中で両端部にある少なくとも1つの太陽電池セル151aまでは太陽電池セル151は直列に接続されており、太陽電池セル151dから両端周辺の1つの太陽電池セルまでの太陽電池セル151の数は全体の40%以上である。このため、電位差V1dは発電層140両端周辺の太陽電池セルと導電性基板100との間の電位差V1cの4倍以上になり、従って、光電変換装置201において、接地用太陽電池セル151aの位置を両端周辺の太陽電池セルとしても、上述の場合と同様に、全ての太陽電池セル151の中で電位差V1dが最も大きくなるためである。

[0025] なお、接地用太陽電池セル151aの位置を発電層140の両端部から複数の太陽電池セル151の数の5%の範囲にある少なくとも1つの太陽電池セルとすれば、電位差V1dはVa1の9倍以上となる。このため、両端部から複数の太陽電池セル151の数の10%の範囲にある少なくとも1つの太陽電池セルとするより好ましい。

[0026] 図示例の光電変換装置201に用いられる支持基板110は、導電性基板100とその上に形成された非導電性層130とを有する絶縁層付き金属板である。支持基板110としては、絶縁層付き金属板であれば、特に制限されるものではないが、アルミニウム(AI)板の少なくとも一方の面側を陽極酸化して陽極酸化膜を非導電性層130として形成し、陽極酸化されなかったAI板を導電性基板100とすることにより得られた支持基板110であるのが好ましい。

[0027] ここで、導電性基板100としては、非導電性層130を形成することができ、絶縁層付き金属板である支持基板110とした時に発電層140を支持することができれば特に制限されるものではない。導電性基板100としては、少なくとも片側表面がAI層であるAI基板が好ましく、例えば、AI基板、及びAIと他の金属との複合材料からなる複合AI基板等を挙げる

ことができる。

絶縁層付き金属板である支持基板110とした形態において、その厚さは0.05～10mmであるのが好ましい。なお、Al基板又は複合Al基板等から支持基板110を製造する際には、陽極酸化、及び陽極酸化の事前洗浄及び研磨による厚さの減少を見越した厚さとしておく必要がある。

[0028] 本発明では、Al基板としては、例えば、日本工業規格(JIS)の1000系純Al板であってもよいし、Al合金板、例えば、Al-Mn系合金板、Al-Mg系合金板、Al-Mn-Mg系合金板、Al-Zr系合金板、Al-Si系合金板、及びAl-Mg-Si系合金板等のAlと他の金属元素との合金板であってもよい。

また、複合Al基板としては、Al板と他の金属板とのクラッド板、例えば、ステンレス鋼(SUS)板とのクラッド板、種々の鋼板を2枚のAl板で挟み込んだクラッド板であっても良い。なお、本発明では、Al板とのクラッド板を構成する他の金属板は、各種のステンレス鋼板の他、例えば、軟鋼等の鋼、42インバー合金、コバル合金、又は36インバー合金からなる板材を用いることができるし、また、本発明の光電変換装置を屋根材一体型太陽電池パネルとして用いることができるように、家屋もしくは建物等の屋根材又は壁材として使用可能な金属板を用いてもよい。

ここで用いられるAl板又はAl合金板には、Fe、Si、Mn、Cu、Mg、Cr、Zn、Bi、Ni、及びTi等の各種微量金属元素が含まれていてもよい。

[0029] 導電性基板100上に形成される非導電性層130は、特に制限されるものではない。導電性基板100がAl基板又は複合Al基板である場合には、Al基板又は複合Al基板を陽極酸化することにより、その表面に形成された陽極酸化膜であるのが好ましい。なお、Al基板又は複合Al基板の陽極酸化は、Al基板又は複合Al基板を陽極とし、陰極とともに電解液に浸漬させ、陽極陰極間に電圧を印加して電解処理することにより実施できる。

[0030] なお、非導電性層130となる陽極酸化膜は、導電性基板100となるA

Al基板又は複合Al基板のAl層の片側表面に形成されていればよいが、Al基板又は2枚のAl板で挟んだクラッド板の場合には、発電層140の形成工程等において、Al層と陽極酸化膜との熱膨張係数差に起因した反り又は陽極酸化膜に発生するクラック等を抑制するために、両側のAl層表面に陽極酸化膜を設けるのが好ましい。

また、こうして形成される非導電性層130の厚さ、すなわち、陽極酸化膜の厚さは、特に制限されるものではない。非導電性層130は、絶縁性とハンドリング時の機械衝撃による損傷等を防止する表面硬度を有しておればよいが、非導電性層130が厚すぎると可撓性の観点で問題を生じる場合がある。このことから、非導電性層130の好ましい厚さは、0.5~50 $\mu$ mである。非導電性層130の厚さの制御は定電流電解又は定電圧電解とともに、電解時間により制御することができる。

また、非導電性層130の種類としては、Alの陽極酸化被膜以外に、Si、Ca、Zn、B、P、Ti等の元素を含んだガラス等の各種酸化物層を蒸着、ゾルゲル法等の各種方法で形成したものであっても良い。

[0031] 図2に示す本発明の第1の実施形態の光電変換装置201は、サブストレート型と呼ばれるものであり、光電変換装置201に設けられる発電層140は、薄膜集積型のものである。発電層140は、支持基板110の非導電性層130上に、発電層140の両端に配置された接地用太陽電池セル151aとこれと隣接して一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続された複数の太陽電池セル151とを有するものである。

[0032] 太陽電池セル151は、図8の支持基板110の非導電性層130の表面上に形成された裏面電極170aと、裏面電極170a上に形成され、受光した光を電気に変換する光電変換層170bと、光電変換層170b上に形成された透明電極170cとを有し、非導電性層130上に裏面電極170a、光電変換層170b及び透明電極170cが順次積層されてなるものである。

一方、接地用太陽電池セル151aは、本発明の特徴とする部分であって

、太陽電池セル151の支持基板110上に形成された非導電性層130の一部が導電層160となったものであり、導電層160上に、太陽電池セル151と同様に、裏面電極170a、光電変換層170b及び透明電極170cが順次積層されてなるものである。この接地用太陽電池セル151aは、裏面電極170aと導電性基板100とを導通して電氣的に接続する導電層160が形成されていれば、発電に寄与するセルであっても良いし、発電に寄与しないセルであっても良い。

[0033] なお、図2には図示されていないが、太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aにおいては、光電変換層170b上にバッファ層が形成され、裏面電極170a、光電変換層170b、バッファ層及び透明電極170cが順次積層されていても良い。

複数の太陽電池セル151においては、裏面電極170aは、隣接する（図中左隣り）の太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの端部側（図中右側の一部）の領域から当該太陽電池セル151（図中左側）の大部分の領域に配置されるように、隣接する太陽電池セル151の裏面電極170aと所定の間隔のP1スクライブの溝180aをあけて非導電性層130の表面上に形成されている。接地用太陽電池セル151aにおいても、裏面電極170aは、太陽電池セル151と同様に、隣接する（図中左隣り）の太陽電池セル151の端部側（図中右側の一部）の領域から接地用太陽電池セル151a（図中左側）の大部分の領域に配置されるように、隣接する太陽電池セル151の裏面電極170aと所定の間隔の溝180aをあけて導電層160及び非導電性層130の表面上に形成されている。なお、接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aの大部分は、導電層160上に配置される。

[0034] また、複数の太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aにおいては、光電変換層170bは、隣接する裏面電極170a間の溝180aを埋めるように裏面電極170a上に形成されている。従って、光電変換層170bは、この溝180aの部分では、非導電性層130及び／又は導電層

160に直接接することになる。

また、光電変換層170bには、隣接する太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aから延在する裏面電極170aにまで達するP2スクライプの溝180bが形成されている。従って、この溝180bは、隣接する裏面電極170a間の溝180aとは異なる位置（図中右側）に形成されている。

また、透明電極170cは、光電変換層170bの溝180bを埋めるように光電変換層170bの表面上に形成されている。従って、透明電極170cは、この溝180bの部分において、隣接する太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aに直接接触しており、電氣的に接続されている。こうして、隣接する2つの太陽電池セル151同士、及び隣接する太陽電池セル151と接地用太陽電池セル151aとは、直列に接続される。

[0035] さらに、複数の太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aにおいては、太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの透明電極170c及び光電変換層170bと、隣接する太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの透明電極170c及び光電変換層170bとの間には、裏面電極170aにまで達する溝180cが形成されている。この溝180cによって、隣接する2つの太陽電池セル151同士、及び隣接する太陽電池セル151と接地用太陽電池セル151aとは、分離されている。

上述したように、複数の太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aは、当該太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの透明電極170cと隣接する太陽電池セル151又は接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aとが接続されることにより、直列に接続される。

[0036] 図2に示す本実施形態の光電変換装置201においては、両端部の太陽電池セル151の裏面電極170aは、図示しない銅リボン等のリード線によってプラス端子（+端子）として引き出され、真中又は略中央の太陽電池セル151の透明電極170cは、同様なリード線によってマイナス端子（-

端子)として引き出され、両端部の接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aは、接地用太陽電池セル151aを介して接地された導電性基板100に電氣的に接続されることにより接地される。なお、導電性基板100は、同様なリード線によって接地端子に接続されている。

[0037] なお、太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aは、図2に示す断面に垂直な方向(図2の紙面に直交する方向)に、矩形状の導電性基板100の一辺にそって平行に延在するライン状に形成された短冊状の形状を有する。従って、裏面電極170a及び透明電極170cも、同様に、導電性基板100の辺に平行な一方向に長い短冊状の電極である。

[0038] 本実施形態の太陽電池セル151は、集積型のCIGS系太陽電池セル(CIGS系光電変換素子)と呼ばれるものであり、例えば、裏面電極170aがモリブデン電極で、光電変換層170bがCIGSで、透明電極170cがZnOで構成される。なお、バッファ層が形成される場合には、CdSで構成される。なお、接地用太陽電池セル151aも、同様な構成とされる。

[0039] なお、このような太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aは、例えば、公知のCIGS系の太陽電池の製造方法により製造することができる。また、裏面電極170a間の溝180a、光電変換層170bに形成された裏面電極170aにまで達する溝180b、光電変換層170b及び透明電極を一体として隣接する光電変換層170b及び透明電極から分離するための裏面電極170aに達する溝180c等のライン状の溝部は、レーザスクライブ又はメカニカルスクライブにより形成することができる。

[0040] 本実施形態の光電変換装置201において、太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aに、透明電極170c側から光が入射されると、この光が透明電極170c及びバッファ層(図示せず)を通過し、光電変換層170bに達すると起電力が発生し、例えば、透明電極170cから裏面電極170aに向かう電流が発生する。なお、図2に示す矢印は、電流の向きを示すものであり、電子の移動方向は、電流の向きとは逆になる。このため

、図2中、左側の端の太陽電池セル151の裏面電極170aが正極（+極）になり、右側の端の太陽電池セル151の透明電極170cが負極（-極）になる。

[0041] 次に、発電層140を構成する太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aの各要素について説明する。

太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aにおいて、裏面電極170a及び透明電極170cは、いずれも光電変換層170bで発生した電流を取り出すためのものである。裏面電極170a及び透明電極170cは、いずれも導電性材料からなる。光入射側の透明電極170cは透光性を有する必要がある。

裏面電極170aは、例えば、Mo、Cr、又はW、及びこれらを組み合わせたものから構成される。この裏面電極170aは、単層構造でもよいし、2層構造等の積層構造でもよい。

裏面電極170aは、厚さが100nm以上であることが好ましく、0.45～1.0 $\mu$ mであることがより好ましい。

[0042] また、裏面電極170aの形成方法は、特に制限されるものではなく、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法等の気相成膜法により形成することができる。

透明電極170cは、例えば、ZnO、ITO（インジウム錫酸化物）、又はSnO<sub>2</sub>及びこれらを組み合わせたものにより構成される。この透明電極170cは、単層構造でもよいし、2層構造等の積層構造でもよい。

また、透明電極170cの厚さは、特に制限されるものではなく、0.3～1 $\mu$ mが好ましい。

[0043] また、透明電極170cの形成方法は、特に制限されるものではなく、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法等の気相成膜法により形成することができる。

なお、透明電極170c上に、MgF<sub>2</sub>等の反射防止膜が形成されていても良い。

バッファ層は、透明電極 170c の形成時の光電変換層 170b を保護すること、透明電極 170c に入射した光を光電変換層 170b まで透過させるために形成される。

このバッファ層は、例えば、CdS、ZnS、ZnO、ZnMgO、又は ZnS (O、OH) 及びこれらの組み合わせたものにより構成される。

[0044] バッファ層は、厚さが、0.03~0.1 μm が好ましい。また、このバッファ層は、例えば、CBD (ケミカルバス) 法、溶液成長法等により形成される。

なお、CBD-CdS 等のバッファ層と ZnO:Al 等の透明電極 170c との間に、例えば、ZnO 等からなる高抵抗膜を形成しておいても良い。

[0045] 光電変換層 170b は、透明電極 170c 及びバッファ層を通過して到達した光を吸収して電流が発生する層である。本実施形態において、光電変換層 170b の構成は、特に制限されるものではなく、例えば、少なくとも 1 種のカルコパイライト構造の化合物半導体であるのが好ましい。また、光電変換層 170b は、Ib 族元素と IIIb 族元素と VIb 族元素とからなる少なくとも 1 種の化合物半導体であってもよい。

さらに光吸収率が高く、高い光電変換効率を得られることから、光電変換層 170b は、Cu 及び Ag からなる群より選択された少なくとも 1 種の Ib 族元素と、Al、Ga 及び In からなる群より選択された少なくとも 1 種の IIIb 族元素と、S、Se、及び Te からなる群から選択された少なくとも 1 種の VIb 族元素とからなる少なくとも 1 種の化合物半導体であることが好ましい。この化合物半導体としては、CuAlS<sub>2</sub>、CuGaS<sub>2</sub>、CuInS<sub>2</sub>、CuAlSe<sub>2</sub>、CuGaSe<sub>2</sub>、CuInSe<sub>2</sub> (CIS)、AgAlS<sub>2</sub>、AgGaS<sub>2</sub>、AgInS<sub>2</sub>、AgAlSe<sub>2</sub>、AgGaSe<sub>2</sub>、AgInSe<sub>2</sub>、AgAlTe<sub>2</sub>、AgGaTe<sub>2</sub>、AgInTe<sub>2</sub>、Cu(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub> (CIGS)、Cu(In<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub>、Cu(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)(S、Se)<sub>2</sub>、Ag(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub>、及び Ag(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)(S、Se)<sub>2</sub> 等が挙げられる。

光電変換層170bは、 $CuInSe_2$  (CIS)、及び／又はこれにGaを固溶した $Cu(In, Ga)Se_2$  (CIGS)を含むことが特に好ましい。CIS及びCIGSはカルコパイライト結晶構造を有する半導体であり、光吸収率が高く、高い光電変換効率が報告されている。また、光照射等による効率の劣化が少なく、耐久性に優れている。

[0046] 光電変換層170bには、所望の半導体導電型を得るための不純物が含まれる。不純物は隣接する層からの拡散、及び／又は積極的なドーピングによって、光電変換層170b中に含有させることができる。光電変換層170b中において、III-V族半導体の構成元素及び／又は不純物には濃度分布があってもよく、n型、p型、及びi型等の半導体性の異なる複数の層領域が含まれていても構わない。

例えば、CIGS系においては、光電変換層170b中のGa量に厚み方向の分布を持たせると、バンドギャップの幅／キャリアの移動度等を制御でき、光電変換効率を高く設計することができる。

[0047] 光電変換層170bは、III-V族半導体以外の1種又は2種以上の半導体を含んでいてもよい。III-V族半導体以外の半導体としては、Si等のIVb族元素からなる半導体(IV族半導体)、GaAs等のIIb族元素及びVb族元素からなる半導体(III-V族半導体)、及びCdTe等のIIb族元素及びVIb族元素からなる半導体(III-V族半導体)等が挙げられる。光電変換層170bには、特性に支障のない限りにおいて、半導体、所望の導電型とするための不純物以外の任意成分が含まれていても構わない。

[0048] また、光電変換層170b中のIII-V族半導体の含有量は、特に制限されるものではない。光電変換層170b中のIII-V族半導体の含有量は、75質量%以上が好ましく、95質量%以上がより好ましく、99質量%以上が特に好ましい。

本実施形態において、光電変換層170bをCIGS層とした場合、CIGS層の成膜方法としては、1)多源同時蒸着法、2)セレン化法(セレン

化／硫化法)、3)スパッタ法、4)ハイブリッドスパッタ法、及び5)メカノケミカルプロセス法等が知られている。

- [0049] 1) 多源同時蒸着法としては、3段階法 (J. R. Tuttle et al., Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 426 (1996) p. 143. 等) と、ECグループの同時蒸着法 (L. Stoll et al.: Proc. 13th ECPVSEC (1995, Nice) 1451. 等) とが知られている。

前者の3段階法は、高真空中で最初にIn、Ga、及びSeを基板温度300℃で同時蒸着し、次に500～560℃に昇温してCu及びSeを同時蒸着後、In、Ga、及びSeをさらに同時蒸着する方法である。

後者のECグループの同時蒸着法は、蒸着初期にCu過剰CIGS、後半でIn過剰CIGSを蒸着する方法である。

- [0050] CIGS膜の結晶性を向上させるため、上記方法に改良を加えた方法として、a) イオン化したGaを使用する方法 (H. Miyazaki, et al., phys. stat. sol. (a), Vol. 203 (2006) p. 2603. 等)、b) クラッキングしたSeを使用する方法 (第68回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 (2007秋 北海道工業大学) 7P-L-6等)、c) ラジカル化したSeを用いる方法 (第54回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 (2007春 青山学院大学) 29P-ZW-10等)、d) 光励起プロセスを利用した方法 (第54回応用物理学会学術講演会 講演予稿集 (2007春 青山学院大学) 29P-ZW-14等) 等が知られている。

- [0051] 2) セレン化法は2段階法とも呼ばれ、最初に、Cu層／In層又は(Cu-Ga)層／In層等の積層膜の金属プレカーサをスパッタ法、蒸着法、又は電着法等で成膜し、これをセレン蒸気又はセレン化水素中で450～550℃程度に加熱することにより、熱拡散反応によってCu(In<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>)Se<sub>2</sub>等のセレン化合物を生成する方法である。この方法を気相セレン化法と呼ぶ。このほか、金属プリカーサ膜の上に固相セレンを堆積し、この固相

セレンをセレン源とした固相拡散反応によりセレン化させる固相セレン化法がある。

[0052] セレン化法においては、セレン化の際に生ずる急激な体積膨張を回避するために、金属プリカーサ膜に予めセレンをある割合で混合しておく方法（T. Nakada et. al., Solar Energy Materials and Solar Cells 35 (1994) 204-214. 等）、及び金属薄層間にセレンを挟み（例えばCu層/In層/Se層…Cu層/In層/Se層と積層する）多層化プリカーサ膜を形成する方法（T. Nakada et. al., Proc. of 10th European Photovoltaic Solar Energy Conference (1991) 887-890. 等）が知られている。

また、グレーデッドバンドギャップCIGS膜の成膜方法として、最初にCu-Ga合金膜を堆積し、その上にIn膜を堆積し、これをセレン化する際に、自然熱拡散を利用してGa濃度を膜厚方向で傾斜させる方法がある（K. Kushiya et. al, Tech. Digest 9th Photovoltaic Science and Engineering Conf. Miyazaki, 1996 (Intn. PVSEC-9, Tokyo, 1996) p. 149. 等）。

[0053] 3) スパッタ法としては、CuInSe<sub>2</sub>多結晶をターゲットとした方法、Cu<sub>2</sub>SeとIn<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>をターゲットとし、スパッタガスにH<sub>2</sub>Se/Ar混合ガスを用いる2源スパッタ法（J. H. Ermer, et. al, Proc. 18th IEEE Photovoltaic Specialists Conf. (1985) 1655-1658. 等）、及びCuターゲットと、Inターゲットと、Se又はCuSeターゲットとをArガス中でスパッタする3源スパッタ法（T. Nakada, et. al, Jpn. J. Appl. Phys. 32 (1993) L1169-L1172. 等）が知られている。

[0054] 4) ハイブリッドスパッタ法としては、前述のスパッタ法において、Cu

とIn金属は直流スパッタで、Seのみは蒸着とするハイブリッドスパッタ法 (T. Nakada, et. al., Jpn. Appl. Phys. 34 (1995) 4715-4721, 等) が知られている。

[0055] 5) メカノケミカルプロセス法は、CIGSの組成に応じた原料を遊星ボールミルの容器に入れ、機械的なエネルギーによって原料を混合してCIGS粉末を得、その後、スクリーン印刷によって基板上に塗布し、アニールを施して、CIGSの膜を得る方法である (T. Wada et. al, Phys. stat. sol. (a), Vol. 203 (2006) p2593 等)。

[0056] その他のCIGS成膜法としては、スクリーン印刷法、近接昇華法、MOCVD法、及びスプレー法等が挙げられる。例えば、スクリーン印刷法又はスプレー法等で、Ib族元素、IIb族元素、及びVIb族元素を含む微粒子膜を基板上に形成し、熱分解処理 (この際、VIb族元素雰囲気での熱分解処理でもよい) を実施する等により、所望の組成の結晶を得ることができる (特開平9-74065号公報、特開平9-74213号公報等)。

[0057] 上述の第1の実施形態の光電変換装置201 (太陽電池モジュール) の太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aは、集積型のCIGS系太陽電池セルであったが、本発明はこれに限定されず、本発明の光電変換装置 (太陽電池モジュール) の太陽電池として機能する太陽電池セル、光電変換素子、特に、その光電変換層の構成は、例えば、アモルファスシリコン (a-Si) 系太陽電池セル、タンデム構造系太陽電池セル (a-Si/a-SiGeタンデム構造太陽電池セル)、直列接続構造 (SCAF) 系太陽電池セル (a-Si直列接続構造太陽電池セル)、CdTe (カドミウム・テルル) 系太陽電池セル、III-V属系太陽電池セル、薄膜シリコン系太陽電池セル、色素増感系太陽電池セル、又は有機系太陽電池セルであってもよいし、サブストレート型と呼ばれるものであっても、スーパーストレート型と呼ばれるものであっても良い。

[0058] なお、図2に示す実施形態の光電変換装置201では、裏面電極170a

側が正極（＋極）、透明電極 170c 側が負極（－極）であったが、本発明はこれに限定されず、太陽電池セルに応じて、裏面電極 170a 側を負極（－極）、透明電極 170c 側を正極（＋極）としても良い。

[0059] 例えば、太陽電池セル 151 及び接地用太陽電池セル 151a として、タンDEM構造系太陽電池セル（a-Si/a-SiGe タンDEM構造太陽電池セル）を用いる場合には、例えば、裏面電極 170a として、Ag（銀）及び ZnO が積層された電極を、透明電極 170c として、ITO を用い、光電変換層 170b として、例えば、n 型半導体層、微結晶シリコン及びアモルファスシリコンゲルマニウム（a-SiGe）等の真性半導体層、p 型半導体層が積層され、さらにその上に、n 型半導体層、アモルファスシリコン（a-Si）等の真性半導体層、p 型半導体層が積層された光電変換層を用いることができる。

また、太陽電池セル 151 及び接地用太陽電池セル 151a として、CdTe 系太陽電池セルを用いる場合には、光電変換層 170b として、例えば、CdTe（カドミウム・テルル）型と呼ばれる光電変換層を用いることができる。

[0060] 次に、接地用太陽電池セル 151a の導電層 160 について説明する。

導電層 160 は、本発明の最も特徴とする部分であって、接地用太陽電池セル 151a において、導電性基板 100 と裏面電極 170a との間に非導電性層 130 の代わりに配置されるもので、導電性を有し、裏面電極 170a を接地された導電性基板 100 に電氣的に接続して導通させ、接地させるためのものである。

導電層 160 は、導電性基板 100 の成分と非導電性層 130 の成分と裏面電極 170a の成分とが混合された状態となったもので、その結果導電性を持つようになったものである。

[0061] ここで、図 2 に示す例では、導電層 160 は、接地用太陽電池セル 151a の裏面電極 170a の下側部分にのみ形成され、溝 180a の下側部分には形成されておらず非導電性層 130 が残されているが、本発明はこれに限

定されず、接地用太陽電池セル151a内であれば、溝180aの下側部分及び隣接する太陽電池セル151の裏面電極170aの下側部分も導電層160となっても良い。しかし、この場合には、接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aと隣接する太陽電池セル151の裏面電極170aとが短絡されるので、接地用太陽電池セル151aは、発電には寄与しなくなる。

[0062] このような導電層160は、例えば、図4に示すように、接地用太陽電池セル151aとなる太陽電池セル151の透明電極170c上に超音波はんだ190を塗布し、超音波はんだ190が塗布された太陽電池セル151aのみに加熱超音波処理を施すことにより、当該太陽電池セル151aの超音波はんだ190が塗布された部分に対応する非導電性層130を破壊するとともに、破壊された非導電性層130に接していた導電性基板100及び裏面電極170aの表面を溶解して混合させ、導電性基板100と裏面電極170aと破壊された非導電性層130とを混合状態にすることにより形成することができる。なお、導電層14の混合状態の形成は、特に明らかにされていないが、例えば、超音波はんだ190が塗布された太陽電池セル151aのみに加熱超音波処理を施すことにより、当該太陽電池セル151aの超音波はんだ190が塗布された部分に対応する非導電性層130を破壊して微細な空隙を生じさせて多孔質とするとともに、破壊された非導電性層130に接していた導電性基板100及び裏面電極170aの表面を溶解して破壊された非導電性層130の微細な空隙に浸入して行くことにより混合状態が形成されるものと推定される。なお、接地用太陽電池セル151aの透明電極170c及び光電変換層170bも破壊される場合には、これら及び超音波はんだ190も混じった導電層160が形成されても良い。

はんだは接地用太陽電池セル151a全面に塗布しても良いが図4のように透明電極170cを一部に残しても良い。

[0063] また、はんだを塗布せずにセル上にはんだを供給しながら線状に順にはんだ付けしても構わないが、はんだを配置してから線上を一度にはんだ付けす

る、あるいは線状の複数個所を同時にはんだ付けするのが生産上好ましい。

[0064] なお、このようにして形成された導電層 160 の導電性は、導電層 160 の混合状態によって決まるものであると考えられるので、接地用太陽電池セル 151 a となる太陽電池セル 151 の構成又は機能及び発電機能の要否、特に非導電性層 130 等の厚さに応じて、超音波はんだ 190 の塗布量、加熱超音波処理における加熱温度、加熱時間、超音波の強さ及び超音波処理時間等を適切に制御することにより制御することができ、必要な導電性を得るようにすることができる。

[0065] 導電層 160 の導電性と、太陽電池セル 151 の構成及び機能、特に非導電性層 130 等の厚さと、超音波はんだ 190 の塗布量、加熱超音波処理における加熱温度、加熱時間、超音波の強さ及び超音波処理時間等との関係は、予め、実験又はシミュレーション等により求めておけばよい。

[0066] 本実施形態においては、上述のように導電層 160 を形成しているが、本発明はこれに限定されず、導電性材料からなる基板 101 上に非導電性層 130 が形成されていれば、光電変換装置の製造のどの段階で形成しても良い。

[0067] 例えば、導電性基板 100 上の非導電性層 130 の、接地用太陽電池セル 151 a となる該当部分に超音波はんだを塗布して加熱超音波処理を行って、破壊された非導電性層 130 と導電性基板 100 と超音波はんだとが混合された導電層 160 を形成しておき、その後、複数の太陽電池セル 151 及び接地用太陽電池セル 151 a を形成するようにしても良い。また、導電性基板 100 上の非導電性層 130 上に裏面電極 170 a を形成した後、接地用太陽電池セル 151 a となる該当部分の裏面電極 170 a に超音波はんだを塗布して加熱超音波処理を行って、破壊された非導電性層 130 と導電性基板 100 と裏面電極 170 a とが混合された導電層 160、又はさらに超音波はんだも混合された導電層 160 を形成し、その上に順次、光電変換層 170 b 及び透明電極 170 c を形成して、複数の太陽電池セル 151 及び接地用太陽電池セル 151 a を形成するようにしても良い。さらに、光電

変換層 170b を形成した後に、同様にして導電層 160 を形成し、その上に透明電極 170c を形成して、複数の太陽電池セル 151 及び接地用太陽電池セル 151a を形成するようにしても良い。

[0068] これらの方法は、いずれも、導電層 160 を形成した後に、太陽電池セル 151 が完成することになるので、裏面電極 170a、光電変換層 170b 及び透明電極 170c の 1 つ以上を形成する必要があることから、正確なアライメントが必要となるため、太陽電池セル 151 を形成した後に、導電層 160 を形成する方が好ましい。

[0069] 本発明の第 1 の実施形態の光電変換装置 201 は、基本的に以上のように構成されるものであり、以下のようにして製造される。

図 5 は、図 1 に示す本発明の第 1 実施形態の光電変換装置の製造方法の一例を示すフローチャートである。

[0070] 図 5 に示すように、導電性基板 100 として Al 基板を用いて、上述した方法で陽極酸化処理を行い、表面に非導電性層 130 となる陽極酸化被膜を形成して、陽極酸化被膜を持つ Al 基板を形成し、これを支持基板 110 として準備する（ステップ S100）。

もちろん、予め、陽極酸化被膜を持つ Al 基板を支持基板 110 として準備しても良い。

[0071] 次に、支持基板 110 の非導電性層 130 上に、上述した DC マグネトロンスパッタ法等の公知の成膜法により Mo を堆積して Mo 膜を形成する（ステップ S102）。

次に、こうして非導電性層 130 上に形成された Mo 膜を上述したレーザスクライビング法により切断して、パターン 1 にパターニングして溝 180a を形成し、裏面電極 170a を形成する（ステップ S104）。

次に、非導電性層 130 上に形成された裏面電極 170a 上に、溝 180a を埋めるように、上述したセレン化／硫化法又は多源同時蒸着法等の公知の方法により光電変換層 170b となる CIS 系化合物半導体膜（p 型 CIS 系光吸収膜）を形成する（ステップ S106）。

続いて、こうして形成されたCIGS系化合物半導体膜上に、上述したCB等の公知の方法によりバッファ層となるCdS膜（n型高抵抗バッファ層）を形成する（ステップS108）。

[0072] 次に、こうして裏面電極170a上に形成されたCIGS系化合物半導体膜及びCdS膜を一体として、上述したメカニカルスクライビング法により切断して、パターン2にパターニングして裏面電極170aにまで達する溝180bを形成し、光電変換層170b及びバッファ層を形成する（ステップS110）。

[0073] 続いて、こうして形成されたバッファ層（光電変換層170b）上に、溝180bを埋めるように、上述したMOCVD法又はRFスパッタ法等の公知の方法により透明電極170cとなるZnO膜（n型ZnO透明導電膜窓層）を形成する（ステップS112）。

次に、こうして形成されたZnO膜、バッファ層及び光電変換層170bを一体として、上述したメカニカルスクライビング法により切断して、パターン3にパターニングして、隣接する太陽電池セル151間に、裏面電極170aにまで達する溝180cを形成し、各太陽電池セル151毎に光電変換層170b、バッファ層及び透明電極170cを個々に分離して、複数の太陽電池セル151を形成する（ステップS114）。

[0074] 続いて、予め設定されている接地用太陽電池セル151aとなる太陽電池セル151の透明電極170c上に超音波はんだ190を塗布する（ステップS116）。

次に、超音波はんだ190が塗布された太陽電池セル151の透明電極170cに選択的に加熱超音波処理を施し、その非導電性層130を破壊してその成分と導電性基板100の成分と裏面電極170aの成分とを混合して導電層160を形成する（ステップS118）。

こうして、本実施形態の光電変換装置201が形成される（ステップS118）。

[0075] 次に、本発明の第2の実施形態の光電変換装置について説明する。

図6は、本発明の半導体装置の第2の実施形態の光電変換装置202（太陽電池モジュール）の模式的断面図である。

なお、図6に示す本実施形態の光電変換装置202と、図1に示す第1の実施形態の光電変換装置201とは、接地用太陽電池セル151aの導電層160の構成が異なる以外は、同一の構成を有するものであり、同一構成要素には同一参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。

[0076] 図6に示すように、本実施形態の光電変換装置202は、第1の実施形態の光電変換装置201の接地用太陽電池セル151aの導電層160の代わりに、隣接する太陽電池セル151から延在する裏面電極170aが直接導電性基板100と光電変換層170bとの間に配置されて導電層160が形成されている。従って、本実施形態の光電変換装置202では、裏面電極170aと接地された導電性基板100とが直接接触して電氣的に導通しているので、接地用太陽電池セル151aの裏面電極170aを導電性基板100を介して接地することができる。

従って、本実施形態の光電変換装置202においても、上述した第1の実施形態の光電変換装置201と同様に、太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aの構成は、どのような太陽電池セル（光電変換素子、光電変換層）であっても良いのはもちろんである。

[0077] このような光電変換装置202の導電層160は、接地用太陽電池セル151aに該当する部分のみに陽極酸化膜等の非導電性層130が形成されておらず、他の部分には陽極酸化膜等の非導電性層130が形成されているAl基板等の導電性基板100からなる支持基板110を用いて、上述した第1の実施形態の光電変換装置201の場合と同様に、発電層140を形成し、すなわち、順次、裏面電極170a及び導電層160と、光電変換層170b及びバッファ層と、透明電極170cとを形成し、複数の太陽電池セル151及び接地用太陽電池セル151aを形成することができる。こうして、本実施形態の光電変換装置202を形成することができる。

[0078] なお、接地用太陽電池セル151aに該当する部分のみに非導電性層130

0が形成されていない導電性基板100からなる支持基板110の代わりに、陽極酸化Al基板のように導電性基板100の全面に非導電性層130が形成された支持基板110の接地用太陽電池セル151aに該当する部分の陽極酸化膜等の非導電性層130をスクライブ又はエッチング等で取り除いた状態の支持基板110を用い、同様に、裏面電極170aの蒸着から始まる発電層140を形成して、本実施形態の光電変換装置202を形成しても良い。

[0079] なお、第1の実施形態の光電変換装置201（太陽電池モジュール）及び第2の実施形態の光電変換装置202（太陽電池モジュール）のいずれにおいても、導電性フレームを備えていてもよい。この導電性フレームとは、太陽電池モジュールを野地板又は防水下葺材等の屋根下地材の上に載置するために、太陽電池モジュールの周端縁部、すなわち、棟側、軒側、左側、右側の端縁部に装着される太陽電池モジュール用部材のことである。導電性フレームとしては、施工性及び耐環境性等に適したアルミフレームが主に用いられる。

さらには、第1の実施形態の光電変換装置201（太陽電池モジュール）及び第2の実施形態の光電変換装置202（太陽電池モジュール）のいずれにおいても、直列接続して太陽電池ストリングとしてもよい。さらには、この太陽電池ストリングを並列接続することにより太陽電池アレイとしてもよい。

[0080] 以下、第1の実施形態の光電変換装置201、第2の実施形態の光電変換装置202、従来の光電変換装置203、及び一般的な光電変換装置として特許文献1の図7に記載の太陽電池モジュール50を比較する。

[0081] 第1の実施形態の光電変換装置201、第2の実施形態の光電変換装置202、従来の光電変換装置203、及び一般的な光電変換装置として特許文献1の図7に記載の太陽電池モジュール50においては、それぞれ、例えば、短辺5mm、長辺1000mmの太陽電池セル151を307個並べることにより、それぞれ100W出力できる光電変換装置とすることができる。

このときの第1の実施形態の光電変換装置201、第2の実施形態の光電変換装置202、従来の光電変換装置203、及び一般的な光電変換装置として特許文献1の図7に記載の太陽電池モジュール50の各発電層140において、複数の太陽電池セルの中央にある1つ又は2つの太陽電池セルの端部X11、X12、複数の太陽電池セルの両端にある2つの太陽電池セルの端部X21、X22、X23、X24、複数の太陽電池セルの両端にある2つの太陽電池セルの中央部X31、X32の各点における太陽電池セルと導電性基板との間の電位差VX11、VX12、VX21、VX22、VX23、VX24、VX31、VX32を下記表1に示した。

[0082] [表1]

	光電変換装置201、202	光電変換装置203	太陽電池モジュール50
VX11	76.5V	0V	76.5V
VX12	76.5V	0V	76.5V
VX21	0V	76.5V	0V
VX22	0V	76.5V	153V
VX23	0V	76.5V	0V
VX24	0V	76.5V	153V
VX31	0V	76.5V	0V
VX32	0V	76.5V	153V

[0083] 上記表1から、同じ出力であっても光電変換装置201は各太陽電池セルと導電性基板との間の電位差が小さくなっていることがわかる。従って、発電層と導電性基板との間に要求される耐電圧VWを小さくすることができるため、絶縁耐電圧性を優れたものとすることができる。

[0084] 以上のようにして、本発明の第1の実施形態の光電変換装置201第1及び第2の実施形態の光電変換装置201においては、接地用太陽電池セル151aが発電層140の両端周辺に配置され、残りの太陽電池セル151がこれと隣接して一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続されることにより、太陽電池セル151dは全ての太陽電池セル151の中で導電性基板100との電位差V1dが最も大きな太陽電池セル151となる。従って、耐電圧VWが小さくなるために、絶縁性が向上し、絶縁耐電圧性が優れたものとなる。

[0085] 本発明は、基本的に以上のように構成されるものである。以上、本発明の半導体装置として光電変換装置を例にして詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良又は変更をしてもよいのはもちろんである。

### 符号の説明

- [0086] 100 導電性基板  
110 支持基板  
130 非導電性層  
140 発電層  
151 太陽電池セル  
151a 接地用太陽電池セル  
151d 太陽電池セル  
153 太陽電池セル  
153a 太陽電池セル  
153b 太陽電池セル  
153d 太陽電池セル  
160 導電層  
170a 裏面電極  
170b 光電変換層  
170c 透明電極  
180a P1スクライブの溝  
180b P2スクライブの溝  
180c P3スクライブの溝  
190 超音波はんだ  
201 光電変換装置  
202 光電変換装置  
203 光電変換装置  
X11 複数の太陽電池セルの中央にある1つ又は2つの太陽電池セルの端

部

X 1 2 複数の太陽電池セルの中央にある 1 つ又は 2 つの太陽電池セルの端

部

X 2 1 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの端部

X 2 2 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの端部

X 2 3 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの端部

X 2 4 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの端部

X 3 1 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの中央部

X 3 2 複数の太陽電池セルの両端にある 2 つの太陽電池セルの中央部

## 請求の範囲

- [請求項1] 導電性材料からなる導電性基板と、  
前記導電性基板の表面の少なくとも一部に設けられた非導電性層と、  
、  
前記非導電性層上に設けられる複数の半導体素子と、  
前記複数の半導体素子を電氣的に接続する配線と、  
前記導電性基板と、前記半導体素子又は前記配線とを接続する少なくとも1つの電氣的接続部とを有し、  
前記導電性基板との電位差が最大となる前記半導体素子は、前記複数の半導体素子によって作られる配列の幾何学的な末端を除く位置に配置されていることを特徴とする半導体装置。
- [請求項2] 前記少なくとも1つの電氣的接続部に、前記配列の少なくとも1つの末端から前記複数の半導体素子の数の10%の範囲に位置する少なくとも1つの半導体素子が接しており、前記電氣的接続部に接する前記半導体素子が複数の場合、互いに等電位である請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記少なくとも1つの電氣的接続部に、前記配列の少なくとも1つの末端から前記複数の半導体素子の数の5%の範囲に位置する少なくとも1つの半導体素子が接しており、前記電氣的接続部に接する前記半導体素子が複数の場合、互いに等電位である請求項1又は2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記少なくとも1つの電氣的接続部に、前記配列の少なくとも1つの末端に位置する半導体素子が接しており、前記電氣的接続部に接する前記半導体素子が複数の場合、互いに等電位である請求項1～3のいずれか1項に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記非導電性層は、前記導電性基板を陽極酸化処理することにより形成されたものであり、前記複数の半導体素子のうち、最大電位となる少なくとも1つの半導体素子は前記電氣的接続部と接している請求

項 1 に記載の半導体装置。

- [請求項6] 前記複数の半導体素子は、同心円状に配置されており、  
前記導電性基板との電位差が最大となる少なくとも1つの半導体素子は、前記同心円状の配置の中心に配置される請求項1～5のいずれか1項に記載の半導体装置。
- [請求項7] 前記複数の半導体素子が一直線上に配置され、直列接続される2つの配列が並列に接続される請求項1～5のいずれか1項に記載の半導体装置。
- [請求項8] 前記導電性基板は、アルミニウムからなる基板である請求項5に記載の半導体装置。
- [請求項9] 前記導電性基板は、複合材料からなる複合アルミニウム基板である請求項5に記載の半導体装置。
- [請求項10] 前記複合アルミニウム基板は、鋼板とアルミニウム板とのクラッド板、又はステンレス板とアルミニウム板とのクラッド板である請求項9に記載の半導体装置。
- [請求項11] 請求項1～10のいずれか1項に記載の半導体素子は、太陽電池として機能する光電変換素子であり、前記光電変換素子を備えることを特徴とする太陽電池モジュール。
- [請求項12] 前記太陽電池は薄膜型太陽電池である請求項11に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項13] 前記薄膜型太陽電池は集積型薄膜太陽電池である請求項12に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項14] 前記太陽電池は、C I S系薄膜型太陽電池、C I G S系薄膜型太陽電池、薄膜シリコン系薄膜型太陽電池、C d T e系薄膜型太陽電池、III-V属系薄膜型太陽電池、色素増感系薄膜型太陽電池及び有機系薄膜型太陽電池のいずれか1つの薄膜型太陽電池である請求項11～13のいずれか1項に記載の太陽電池モジュール。
- [請求項15] 前記太陽電池は、少なくとも1種のカルコパイライト構造の化合物

半導体を有する請求項 11～14 のいずれか 1 項に記載の太陽電池モジュール。

[請求項16] 前記太陽電池は、I b 属元素と III b 属元素と VI b 属元素とからなる少なくとも 1 種の化合物半導体を有する請求項 11～15 のいずれか 1 項に記載の太陽電池モジュール。

[請求項17] 前記太陽電池は、Cu 及び Ag からなる群より選択された少なくとも 1 種の I b 属元素と、Al、Ga 及び In からなる群より選択された少なくとも 1 種の III b 属元素と、S、Se 及び Te からなる群より選択された少なくとも 1 種の VI b 属元素とからなる少なくとも 1 種の化合物半導体を有する請求項 11～16 のいずれか 1 項に記載の太陽電池モジュール。

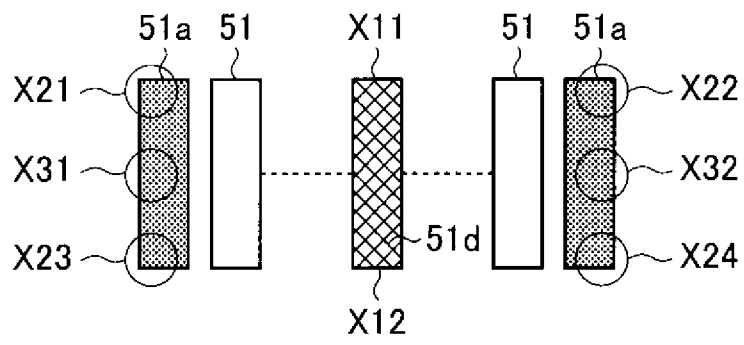
[請求項18] 導電性フレームを備える請求項 11～17 のいずれか 1 項に記載の太陽電池モジュール。

[請求項19] 請求項 11～18 のいずれか 1 項に記載の太陽電池モジュールを直列接続することによって作られることを特徴とする太陽電池ストリング。

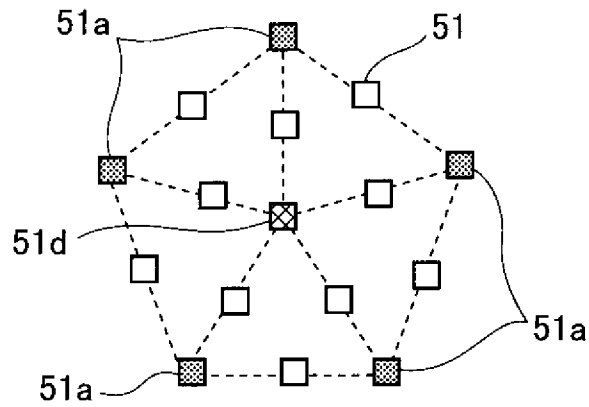
[請求項20] 請求項 19 に記載の太陽電池ストリングを並列接続することによって作られることを特徴とする太陽電池アレイ。

[図1]

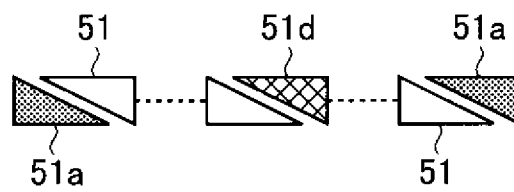
(a)



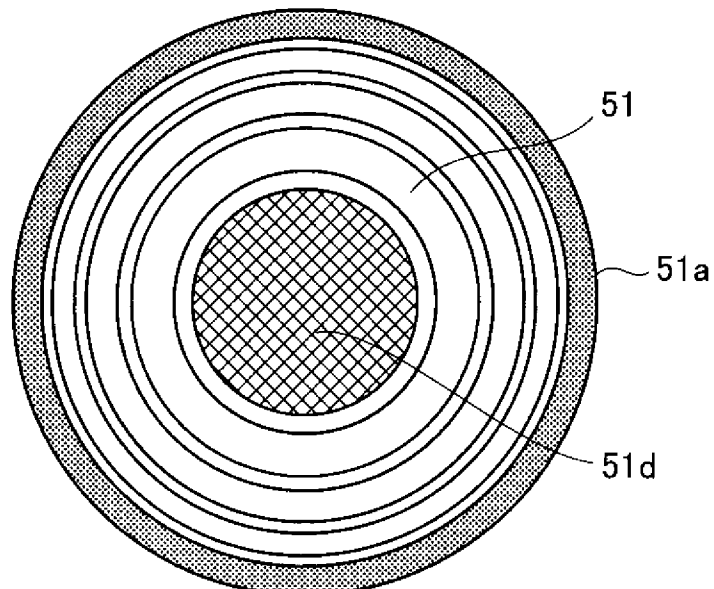
(b)



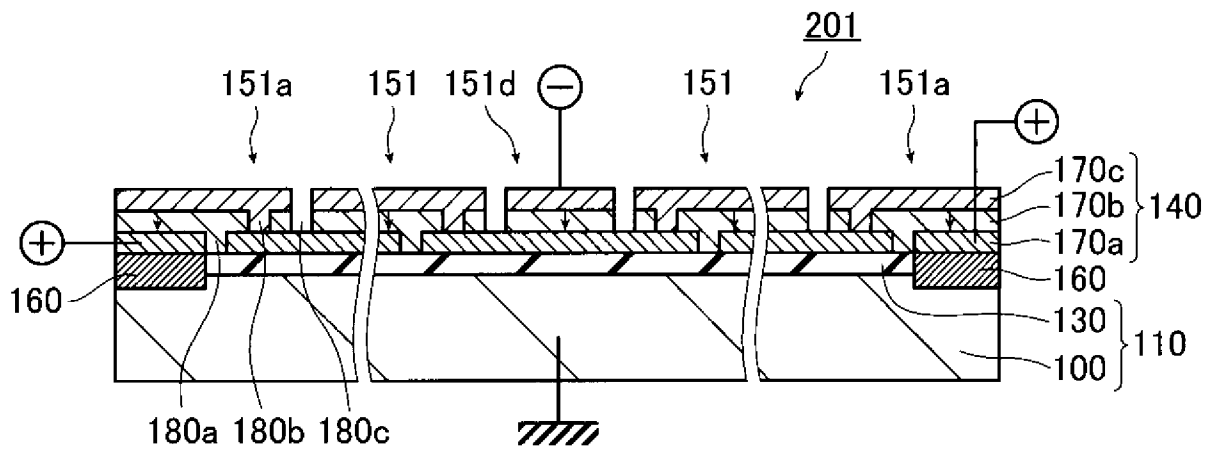
(c)



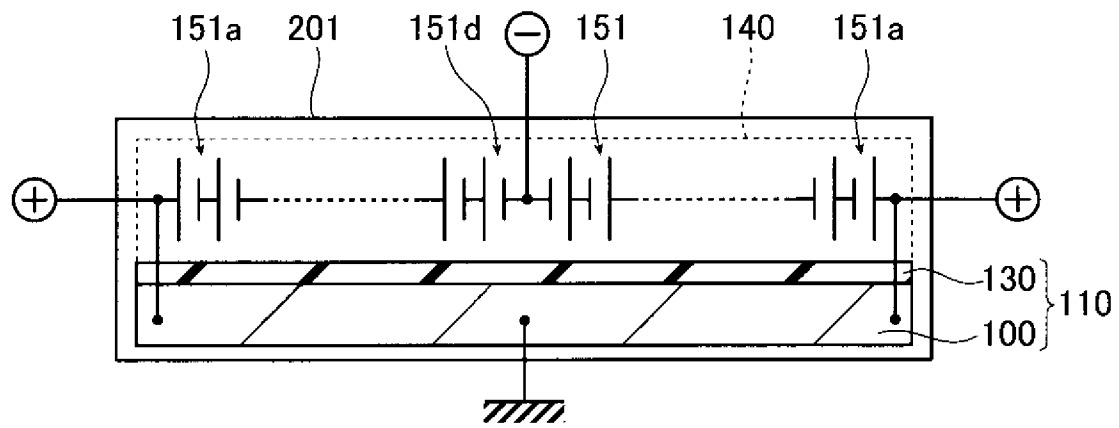
(d)



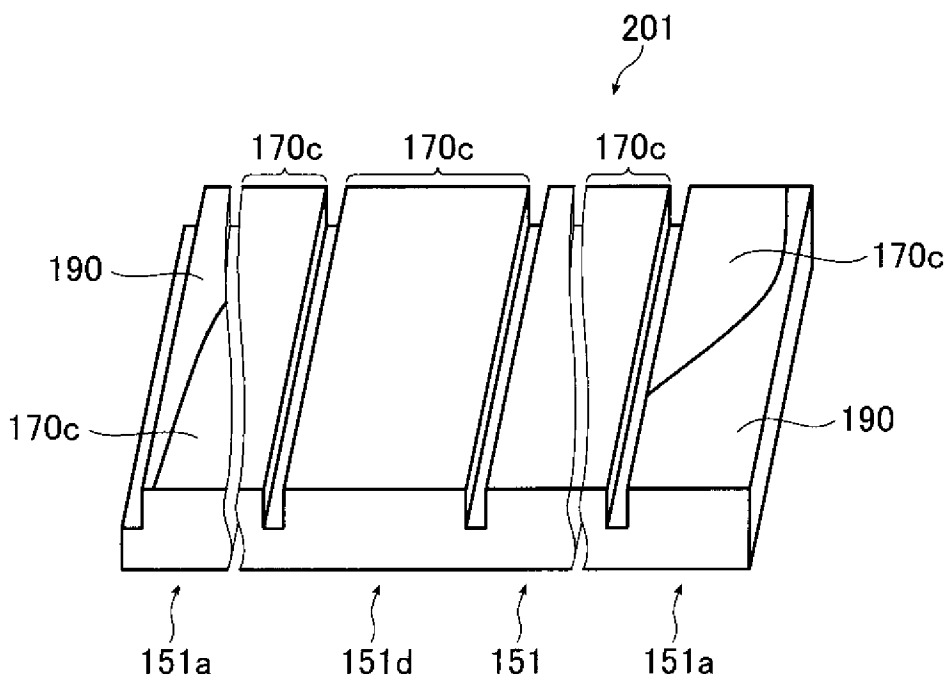
[図2]



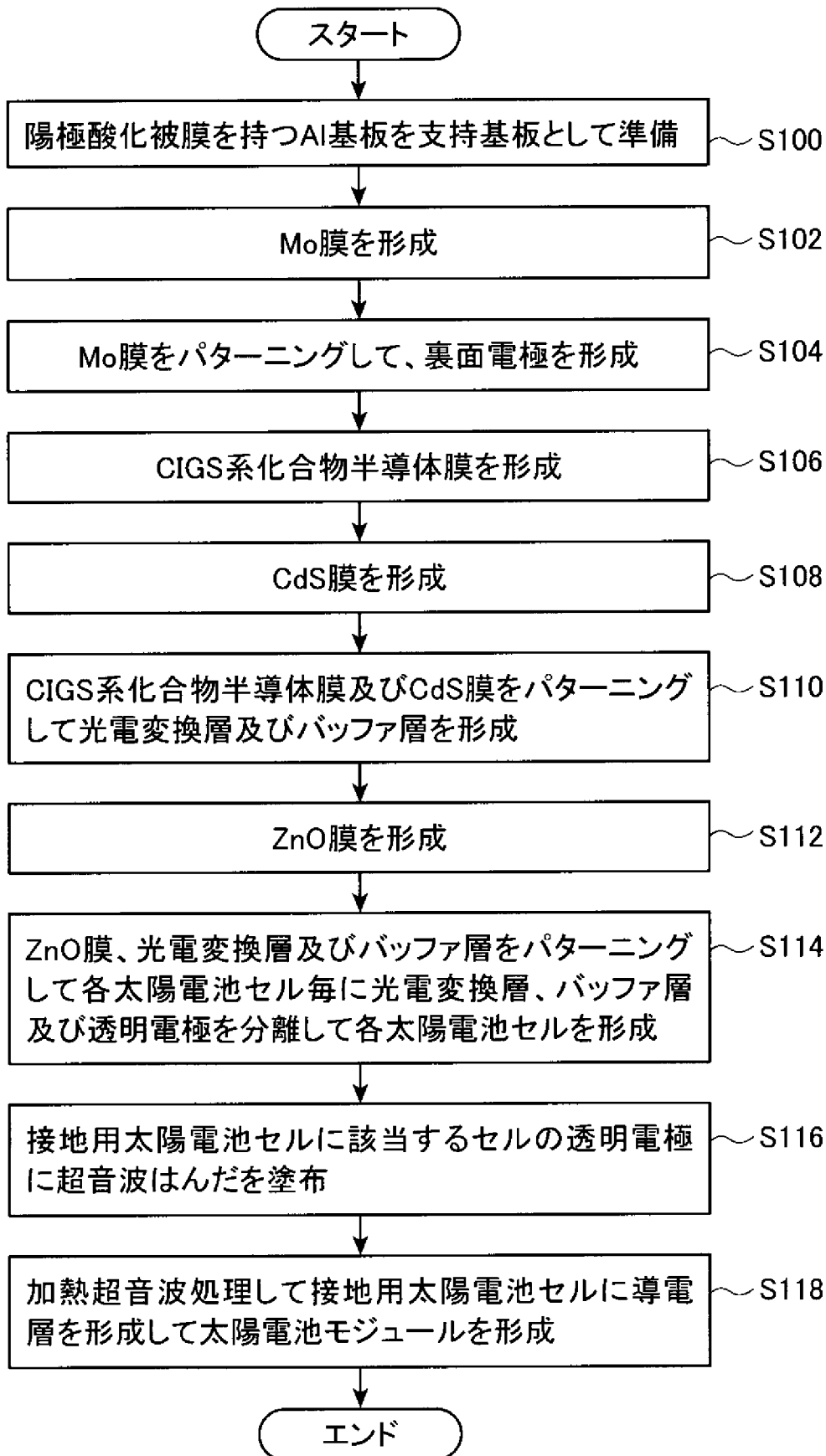
[図3]



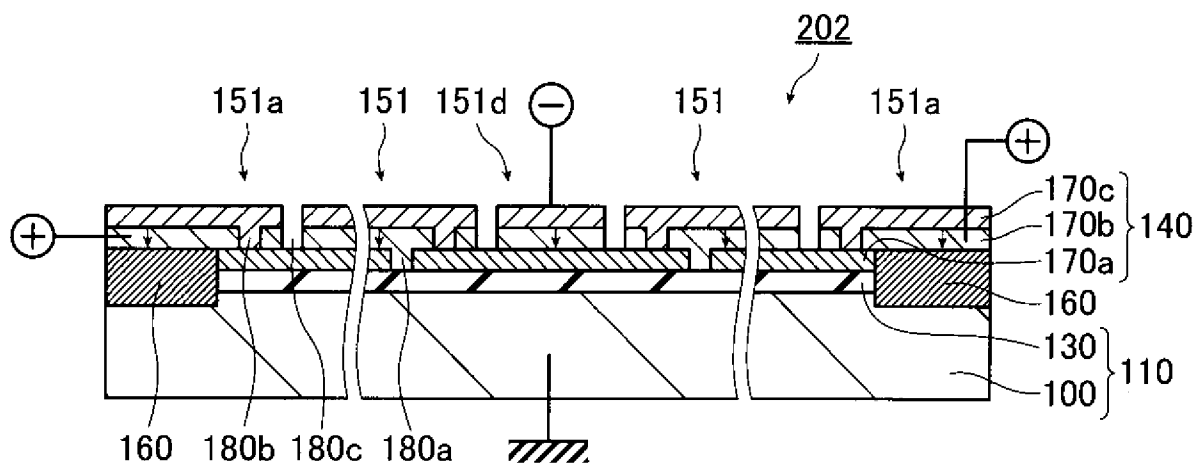
[図4]



[図5]

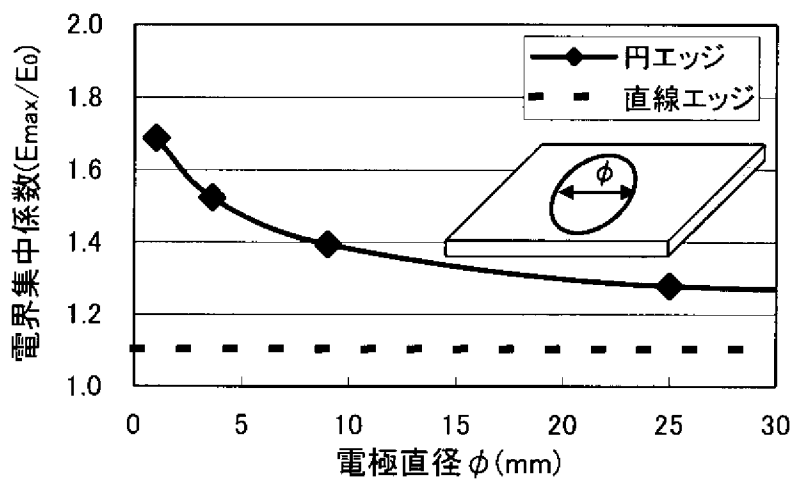


[図6]

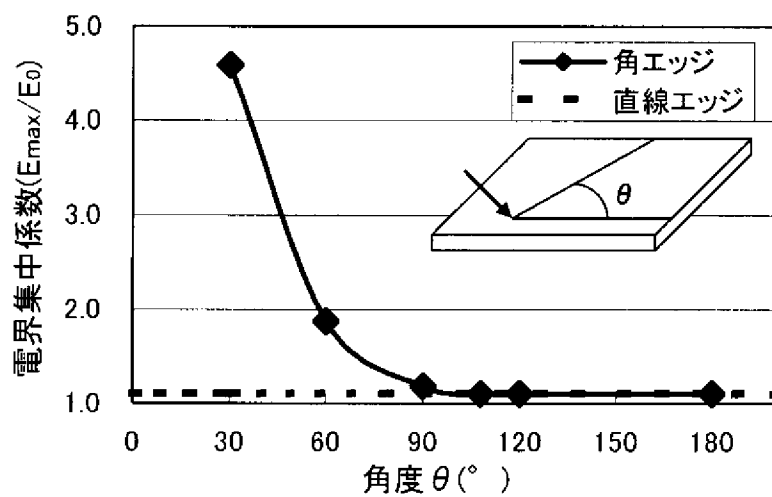


[図7]

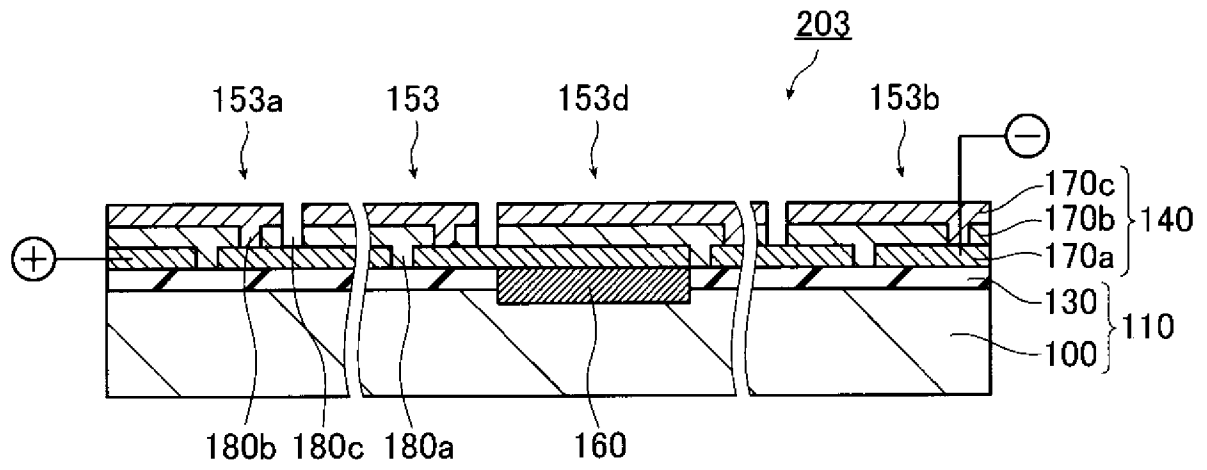
(a)



(b)



[図8]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061547

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L31/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 87699/1984 (Laid-open No. 4446/1986) (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 11 January 1986 (11.01.1986), page 3, line 5 to page 4, line 16; fig. 5 (Family: none)	1-4, 7, 11-13 5, 6, 8-10, 14-20
Y	JP 2011-77149 A (Fujifilm Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), entire text; all drawings & US 2011/0073151 A1	5, 8-10, 14-17, 19, 20

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
29 June, 2012 (29.06.12)Date of mailing of the international search report  
10 July, 2012 (10.07.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061547

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-35270 A (Sharp Corp.), 17 February 2011 (17.02.2011), paragraph [0152]; fig. 22 (Family: none)	6
Y	JP 3-165579 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 17 July 1991 (17.07.1991), page 6, lower left part, line 16 to lower right part, line 8; fig. 11 (Family: none)	6
Y	JP 2007-35695 A (Kaneka Corp.), 08 February 2007 (08.02.2007), paragraph [0045]; fig. 5 (Family: none)	18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	日本国実用新案登録出願 59-87699 号(日本国実用新案登録出願公開 61-4446 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクروفيلم (株式会社半導体エネルギー研究所) 1986.01.11, 第3頁第5行目~第4頁第16行目、第5図 (ファミリーなし)	1-4、7、 11-13
Y		5、6、8- 10、14- 20
Y	JP 2011-77149 A (富士フイルム株式会社) 2011.04.14, 全文、全図 & US 2011/0073151 A1	5、8-10、 14-17、 19、20

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.06.2012

国際調査報告の発送日

10.07.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森江 健蔵

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

4466

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-35270 A (シャープ株式会社) 2011.02.17, 【0152】、【図22】 (ファミリーなし)	6
Y	JP 3-165579 A (三洋電機株式会社) 1991.07.17, 第6頁左下段第16行目～第6頁右下段第8行目、第11図 (ファミリーなし)	6
Y	JP 2007-35695 A (株式会社カネカ) 2007.02.08, 【0045】、【図5】 (ファミリーなし)	18