## ヘテロ接合バックコンタクト型の太陽電池

> 平成29年10月 APT代表 村田正義

### シャープ/ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の構造



ヘテロ接合バックコンタクト構造は、

太陽電池の裏面側に電極を集めるこ とで受光面のシャドーロスをなくした バックコンタクト構造と、単結晶シリコ ン基板表面に高品質アモルファスシリ コン膜を形成(ヘテロ接合)することで 再結合※1を低減する構造とを融合さ せたものです。

従来困難であった高い電流と電圧の 両立を実現することにより、結晶シリ コン太陽電池のセル変換効率※2

25.1%※3を達成しました。

(出典)シャープ/ニュースリリース 2015年6月26日

#### 1. (1/5) ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の構造(代表例)



【請求項1】一面および他面を有する結晶系半導体を備え、前記 結晶系半導体の前記一面の第1の領域に、真性の第1の非晶質 系半導体膜と、一導電型を示す不純物を含む第2の非晶質系半 導体膜と、第1の電極とを順に備え、

前記結晶系半導体の前記一面の第2の領域に、真性の第4の 非晶質系半導体膜と前記一導電型と異なる他導電型を示す不 純物を含む第3の非晶質系半導体膜と、第2の電極とを順に備 え、

前記第1の非晶質系半導体膜と前記第4の非晶質系半導体膜 とは連続する共通の非晶質系半導体膜であり、前記第3の非晶 質系半導体膜は、前記第2の非晶質系半導体膜上を含んで前 記第1の非晶質系半導体膜上の全面に形成されていることを特 徴とする光起電力素子。

#### 1. (2/5) ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の構造(代表例)



n型単結晶シリコン基板1の主面(表側の面) 上に

i型非晶質シリコン膜2(ノンドープ非晶質シリ コン膜)および非晶質窒化シリコン等からな る反射防止膜3が順に形成されている。

n型単結晶シリコン基板1の主面側が光入射 面となる。n型単結晶シリコン基板1の裏面に は、正極100および負極200が隣接するよ うに設けられている。

#### 1. (3/5) ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の構造(代表例)



結晶系半導体が他面側から受光すると正孔および電子が発生し、発生した正孔は第1の非 晶質系半導体膜、第2の非晶質系半導体膜および第1の電極を経由する経路と

半導体層および第2の電極を経由する経路と のいずれか一方の経路を通って外部へ取り出 され、発生した電子は正孔とは逆の経路を通っ て外部へ取り出される。

#### 1. (4/5) ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の構造(代表例)



裏面電極8,9は、ITO(酸化インジウム錫)、SnO<sub>2</sub> (酸化錫)、ZnO(酸化亜鉛)等からなる透明電極である。集電極10,11はAg(銀)等からなる。

i型非晶質シリコン膜2の膜厚は例えば10nm程度で あり、反射防止膜3の膜厚は例えば70nm程度であ り、i型非晶質シリコン膜4,5の膜厚は例えば15nm 程度であり、n型非晶質シリコン膜6の膜厚は例えば 20nm程度であり、p型非晶質シリコン膜7の膜厚は 例えば10nm程度であり、裏面電極8,9の膜厚は例 えば70nm程度であり、集電極10,11の膜厚は例 えば200nm程度であるが、それに限られない。

#### 1. (5/5) ヘテロ 接合 バックコンタクト 型太陽電池の構造 (代表例)



n型単結晶シリコン基板1とp型非晶質シリコ ン膜7との間におけるキャリアの走行距離を 短くすることにより発電効率が高まることから、 p型非晶質シリコン膜7の幅はn型非晶質シリ コン膜6の幅よりも広い方が好ましい。

## 2. ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の製造法 (1)フォトリソグラフィを用いる方法



【請求項1】 ヘテロ接合型バックコンタクトセルと、前記ヘ テロ接合型バックコンタクトセルと電気的に接続されてい る配線シートと、を備え、

前記ヘテロ接合型バックコンタクトセルは、

第1導電型または第2導電型の半導体基板と、前記半 導体基板の一方の側に設けられた、

第1導電型非晶質半導体膜と、第2導電型非晶質半導体 膜と、前記第1導電型非晶質半導体膜上の第1電極と、 前記第2導電型非晶質半導体膜上の第2電極と、を備え、

前記配線シートは、絶縁性基材と、前記絶縁性基材上 の第1配線と、第2配線と、を備え、前記第1電極は、前 記第1配線に電気的に接続され、前記第2電極は、前記 第2配線に電気的に接続されており、前記第1電極の幅 が前記第1配線の幅以上であること、および前記第2電 極の幅が前記第2配線の幅以上であることの少なくとも 一方の関係が満たされている、光電変換装置。

• 図1



• 図1

ヘテロ接合型バックコンタクトセル10は、 n型単結晶シリコン基板である半導体基板1と、 半導体基板1の一方側の表面(裏面)上に 隣り合うようにして 半導体基板1の裏面に接して 設けられた第1のi型非晶質半導体膜2と 第2のi型非晶質半導体膜4とを備えている。 実施形態1においては、 第1のi型非晶質半導体膜2および 第2のi型非晶質半導体膜4は、 それぞれ、i型非晶質シリコン膜である。



• 図1



• 🗵 2

図2に、ヘテロ接合型バックコンタクトセル10の裏面の模 式的な平面図を示す。
図2に示すように、ヘテロ接合型バックコンタクトセル10 の半導体基板1の裏面には、帯状の第1電極11と、
帯状の第2電極12とが、間隔を空けて、
第1電極11および第2電極12のそれぞれの長手方向が 同一の方向となるようにして、交互に配置されている。
実施形態1において、
第1電極11の幅(第1電極11の長手方向と直交する方 向の長さ)はW1とされ、
<b>第2電極12の幅</b> (第2電極12の長手方向と直交する方 向の長さ)はW2とされている。



• 図1



	次に、図5に示すように、第1のi型非晶質半導体膜2上に
1	第1導電型非晶質半導体膜3(p型)を形成する。
	第1導電型非晶質半導体膜3の形成方法は特に限定されないが、 たとえばプラズマCVD法を用いることができる。
• 図5	第1導電型非晶質半導体膜3としては、p <b>型非晶質シリコン膜</b> を 好適に用いることができるが、
プラズマCVD法で	p型非晶質シリコン膜に限定されず、たとえば従来から公知のp型 非晶質半導体膜を用いることもできる。
p型非晶質シリコン膜	
3を形成する	なお、第1導電型非晶質半導体膜3に含まれるp型不純物として は、たとえばボロンを用いることができる。また、本明細書におい て、
	「p型」とは、p型不純物濃度が1×1015個/cm3以上の状態を
	意味する。



エッチングマスク31 フォトリソグラフィエ程(1) (写真製版技術)

• 図6

次に、図6に示すように、 第1導電型非晶質半導体膜3上に、 第1のi型非晶質半導体膜2と 第1導電型非晶質半導体膜3との 積層体を厚さ方向にエッチングする箇 所に 開口部を有する フォトレジスト等の エッチングマスク31を 形成する。



# フォトリソグラフィエ程(2) (写真製版技術)

• 図7





# フォトリソグラフィエ程(2) (写真製版技術)

• 図7





• 図9





次に、図11に示すように、 半導体基板1の裏面上の 第2のi型非晶質半導体膜4と 第2導電型非晶質半導体膜5との 積層体を残す部分にのみ フォトレジスト等の エッチングマスク32を形成する。

フォトリソグラフィエ程(4) (写真製版技術)

• 🗵 1 1





次に、図13に示すように、	
第1導電型非晶質半導体膜3	
に接するように	
第1電極11を形成し、	
第2導電型非晶質半導体膜5に	
接するように	
第2電極12を形成する。	
第1電極11および第2電極12の形成方法も	
特に限定されないが、	
たとえば <b>蒸着法な</b> どを用いることができる。	
以上により、	
ヘテロ接合型バックコンタクトセル10	
が完成する。	

## 2. ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の製造法 (2)フォトリソグラフィを用いない方法

【請求項1】

結晶系半導体基板の一面側に、第1導電型のアモルファス系半導体膜を形成する第1 工程と、

前記第1導電型のアモルファス系半導体膜の一部をレーザ照射により除去して所定のパターンを形成する第2工程と、

前記所定のパターン上に第1電極を形成する第3工程と、

前記第1電極を形成した前記結晶系半導体基板の一面側の全面に第2導電型のアモルファス系半導体膜を形成する第4工程と、

前記結晶系半導体基板の一面側において前記所定のパターンの形成されていない領 域に形成された前記第2導電型のアモルファス系半導体膜上に第2電極を形成する第5 工程と、

前記結晶系半導体基板の一面側において前記第1電極と前記第2電極との間の領域 に残存する膜の一部を、前記第1電極と前記第2電極とをマスクに用いたエッチングまた はレーザ照射により除去して前記第1電極と前記第2電極とを電気的に分離する第6工 程と、を含むことを特徴とする太陽電池の製造方法。

#### 【背景】

・従来のヘテロ接合型とバックコンタクト型を組み合わせた構造を有する
ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池は、実用サイズで25%を超える
光電変換効率が実証されたこともあり、注目されている。

ヘテロ接合構造の太陽電池のアモルファスシリコン膜は、
表面パッシベーションに優れた効果を発揮することが知られている。

・また、結晶表面でのキャリアの消滅(再結合)を抑制するためには結晶表面にパッシベーションを施す必要があり、一般的にはシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、酸化アルミニウム膜などが単独、あるいは積層されて用いられる。

【背景】

・従来のヘテロ接合型バックコンタクト構造セルの製造プロセスでは、写真製版技 術を2回使用する必要があるためプロセスが複雑になり、また製造コストが高くな る、という問題があった。

 ・また、太陽電池特性が写真製版技術における位置合せ精度によって左右され、 良好な太陽電池特性が得られにくい、という問題があった。

【発明の効果】

本発明によれば、簡略なプロセスで光電変換効率に優れたヘテロ接合型バックコンタクト構造の太陽電池を製造可能である、という効果を奏する。



n型シリコン基板1は、例えばn型のドーパント(例えばP(リン))がドープされてなることでn型の導電型を呈する結晶系シリコン基板である。

結晶系シリコン基板には、単結晶シリコン基板および多結晶シリコン基板を含む。 i型アモルファスシリコン膜2は、n型シリコン基板1の受光面を被覆して積層形成 されており、n型シリコン基板1の受光面側の基板表面におけるキャリア再結合を 抑制する表面パッシベーション層として働く

p型電極7は、発電された電力を外部に取り出すための取り出し電極であり、p型 アモルファスシリコン膜5上に形成されている。

n型電極8は、発電された電力を外部に取り出すための取り出し電極であり、n型 アモルファスシリコン膜6上に形成されている。

1:結晶系半導体基板であるn型 シリコン基板 2:真性(i型)アモルファスシリコン <u>膜(パッベーション効果が得られ、</u> 開放電圧や短絡電流密度が向上 するという効果が得られる) 3:反射防止膜 4a:真性(i型)アモルファスシリコ ン瞑 4b:真性(i型)アモルファスシリコ 5:p型アモルファスシリコン膜 6:n型アモルファスシリコン膜6 7:p型電極 8:n型電極



図1

i型アモルファスシリコン膜4a

およびi型アモルファスシリコン膜4bは、

n型シリコン基板1の裏面の一部領域を被覆して積層形成され ており、

n型シリコン基板1の裏面の基板表面におけるキャリア再結合 を抑制する裏面パッシベーション層として働く。

1:結晶系半導体 基板であるn型シ 開放電圧や短絡電流密度でするという効果が得られ 3:反射防止膜 4a:真性(i型)アモルファスシリコン 4b:真性(i型)アモルファスシリコン 5:p型アモルファスシリコン膜 6:n型アモルファスシリコン膜6 7:p型電極 8:n型電極



p型アモルファスシリコン膜5は、i型アモルファスシリコン膜4a上に形成されており、 i型アモルファスシリコン膜4aを介してn型シリコン基板1とpn接合を形成する。 n型アモルファスシリコン膜6は、p型アモルファスシリコン膜5が形成されていない i型アモルファスシリコン膜4b上に形成されており、n型シリコン基板1よりもn型の ドーパント(例えばP)を高濃度に含有する。

p型電極7は、発電された電力を外部に取り出すための取り出し電極であり、p型ア モルファスシリコン膜5上に形成されている。

n型電極8は、発電された電力を外部に取り出すための取り出し電極であり、n型ア モルファスシリコン膜6上に形成されている。

1:結晶系半導体<u>基板</u>であるn型シ リコン基板 2:真性(i型)アモルファスシリコン 膜(パッベーション効果カ 開放電圧や短絡電流密度が向上 するという効果が得られる) 3:反射防止膜 4a:真性(i型)アモルファスシリコン 4b:真性(i型)アモルファスシリコン 5:p型アモルファスシリコン膜 6:n型アモルファスシリコン膜6 7:p型電極 8:n型電極



図2-1

まず、基板1のスライス加工の際に発生したダメージ層の除去も兼ねて、n型シリコン基板1を酸また は加熱したアルカリ溶液中、例えば水酸化ナトリウム水溶液に浸漬して表面をエッチングすることに より、シリコン基板の切り出し時に発生してn型シリコン基板1の表面近くに存在するダメージ領域を 取り除く。

このあと、受光面側表面に、エッチング工程により、凹凸形状を作製する。この凹凸形状は

受光面の光反射率を低下させ、基板1への入射光を増大させる効果がある。

・つぎに、n型シリコン基板1の両面にプラズマCVD法によりn型シリコン基板1の一面側にi型アモル ファスシリコン膜2を、n型シリコン基板1の裏面側にi型アモルファスシリコン膜4aを形成する。 つぎに、n型シリコン基板1の裏面の全面にプラズマCVDによりp型アモルファスシリコンを堆積して、 p型アモルファスシリコン膜5を形成する。

さらに、n型シリコン基板1の受光面側にプラズマCVD法により例えば窒化シリコン(SiN)を堆積して、 i型アモルファスシリコン膜2上に反射防止膜3を形成する



つぎに、n型シリコン基板1の裏面側において、n型電極8を形成するための領域に堆積したi型アモル ファスシリコン膜4aおよびp型アモルファスシリコン膜5を 例えばレーザ照射によるパターニングにより除去し、開口部11を形成する(図2-2)。 ここでのパターニングは、n型電極8を形成するための領域を開口し、p型電極7を形成するための領 域が残存する所定のパターンとされる。



つぎに、n型シリコン基板1の裏面側において、p型アモルファスシリコン膜5上にp型電極7を形成する (図2-3)。p型電極7の形成は、例えばスクリーン印刷法により電極材料ペーストを印刷、乾燥し、その後焼成することにより行う。



つぎに、n型シリコン基板1の裏面側に、再度プラズマCVD法によりi型アモルファスシリコンを堆積して、i型アモルファスシリコン膜4bを形成する。

さらに、n型シリコン基板1の裏面側に、プラズマCVD法によりn型アモルファスシリコンを堆積して、

i型アモルファスシリコン膜4b上に

n型アモルファスシリコン膜6を形成する(図2-4)。



図2-5

つぎに、n型シリコン基板1の裏面側において、開口部11内のn型アモルファスシリコン膜6上に n型電極8を形成する(図2-5)。

すなわち、i型アモルファスシリコン膜4aおよびp型アモルファスシリコン膜5のパターンが形成されて いない領域のn型アモルファスシリコン膜6上にn型電極8を形成する。

n型電極8の形成は、例えばスクリーン印刷法により電極材料ペーストを印刷、乾燥し、その後焼成することにより行う。



つぎに、n型シリコン基板1の裏面側において、p型電極7とn型電極8との間の領域に残存する膜の一部を除去して、p型領域とn型領域の間を分離する。

例えばn型シリコン基板1の裏面側において、p型電極7および型電極8を

エッチングマスクとしてウェットエッチングを行うことにより、p型電極7およびn型電極 8により覆われた領域を除いて

n型アモルファスシリコン膜6およびi型アモルファスシリコン膜4bを除去して、

p型電極7とn型電極8とを電気的に分離する(図2-6)。

### 【補足】

上述した実施の形態1においては、i型アモルファスシリコン膜4aおよびp型アモル ファスシリコン膜5のパターニングをレーザ照射により行う。

また、p型電極7とn型電極8との電気的分離をp型電極7とn型電極8とを

マスクに用いたウエットエッチングやレーザ加工により行う。

すなわち、レーザ加工やウエットエッチングを用いた簡便なプロセスを用いてヘテロ 構造バックコンタクト型太陽電池を作製する。

製造プロセスに写真製版技術を使用する場合は、プロセスが複雑になり、製造コス トが高くなり、また位置合せ精度によっては良好な太陽電池特性が得られにくい。

しかしながら、実施の形態1においては、製造プロセスに写真製版技術を使用しな いため、上記のような問題が発生しない。