

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-100444

(P2016-100444A)

(43) 公開日 平成28年5月30日(2016.5.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
HO 1 L 31/0236 (2006.01)	HO 1 L 31/04 2 8 2	5 F 1 5 1
HO 1 L 31/075 (2012.01)	HO 1 L 31/06 5 0 0	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-235865 (P2014-235865)	(71) 出願人	301023238
(22) 出願日	平成26年11月20日(2014.11.20)		国立研究開発法人物質・材料研究機構
	(出願人による申告)平成26年度、文部科学省、革新的エネルギー研究開発拠点形成事業、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	(72) 発明者	新倉 ちさと
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1
		(72) 発明者	小長井 誠
			東京都目黒区大岡山2-12-1 NE15
			東京工業大学大学院理工学研究科 電子物理学専攻
		Fターム(参考)	5F151 AA05 CB12 CB15 CB27 DA04
			FA02 FA06 FA08 FA13 FA15
			FA18 FA19 FA23 GA03 GA06
			GA16 HA07

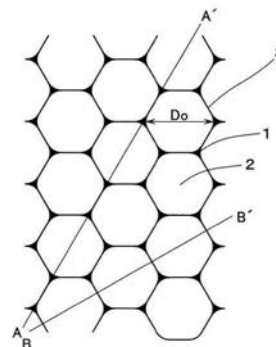
(54) 【発明の名称】 薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板と薄膜太陽電池

(57) 【要約】

【課題】三次元微細構造パターンを有する太陽電池構造として、より高いエネルギー変換効率を得る。

【解決手段】平面パターンとして、円形レンズ状窪みが、その円形の直径より短いピッチで、隣接する二つの円形レンズ状窪みの平面円形が一部重なり、隣接する三つの円形レンズ状窪みの平面円形が同時に重なる部分がないように三方配列されており、立体形状として、前記一部重なり合った部分が部分的に除去されて隔壁部となり、三つの円形レンズ状窪みの平面円形に囲まれた部分が、円形レンズ状窪み底部からなだらかに続いた曲面で三角錐状凸部となっている薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン構造とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平面パターンとして、円形レンズ状窪みが、その平面円形の直径より短いピッチで、隣接する二つの円形レンズ状窪みの平面円形が一部重なり、隣接する三つの円形レンズ状窪みの平面円形が同時に重なる部分がないように三方配列されており、

立体形状として、前記一部重なりが部分的に除去されて隔壁部となり、三つの円形レンズ状窪みの平面円形に囲まれた部分が、円形レンズ状窪みの底部から続いた曲面で三角錐状凸部となっている、

ことを特徴とする薄膜太陽電池用の三次元微細構造パターン基板。

【請求項 2】

前記曲面は、位置が高くなるほど勾配が大きくなることを特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池用の三次元微細構造パターン基板。

【請求項 3】

前記基板は、表面に配設された電極膜を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の太陽電池用の三次元微細構造パターン基板。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のうちのいずれか一項に記載の三次元微細構造パターン基板をその構成の一部として含むことを特徴とする太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜太陽電池、特に、アモルファスシリコン薄膜等のシリコン系薄膜等の、シングル接合又はタンデム接合薄膜太陽電池に使用される三次元微細構造パターン基板に関するものであり、さらに詳しくは、基板の表面パターン構造、又は、基板表面に形成される電極膜の表面パターン構造とこれを用いた薄膜太陽電池に関するものである。

【背景技術】

【0002】

アモルファスシリコン薄膜は、ステプラー・ロンスキー効果と呼ばれる光劣化（光誘起欠陥生成）という弱点が、太陽電池の高効率化への障壁となっている。このような光劣化率の低減のためには、太陽電池の活性層（ i 層）薄型化の有効性が認められているが、従来からアモルファスシリコン薄膜太陽電池の作製に使用されている、ピラミッド型等のナノサイズ表面テクスチャーを有する SnO_2 や ZnO 等の電極膜を表面に形成したフラットガラス等の基板を使用した場合、 i 層を薄膜化すると十分に光吸収できなくなり、エネルギー変換効率が低下してしまう。そこで、透明導電膜又は基板表面にマイクロな三次元構造を形成し、その上に薄いアモルファスシリコン太陽電池を形成する、“電気的には薄く、光学的には厚い”アモルファスシリコン太陽電池構造が提案されている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2011-511464 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の提案されているアモルファスシリコン薄膜太陽電池の光安定性の向上が期待できる“電気的には薄く、光学的には厚い”太陽電池構造では、マイクロサイズのロッド、ピラー、コーン、ホール等の三次元構造の配列パターンを形成した基板を使用する試みが行なわれている。しかし、これらの三次元マイクロ構造の配列パターンでは十分でなく、従来のテクスチャ基板を使用する場合と比較してより高い効率は得られていない。“電気的には薄く光学的には厚い”太陽電池構造としての有効性が予想される、アスペクト比の高いパ

10

20

30

40

50

ターンを使用した場合ほど、作製した太陽電池の特性が低い傾向がある（参考文献1：文部科学省「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」研究成果報告書（平成25年度）チーム3グループ3-3）。

【0005】

本発明は、以上のとおりの事情に鑑みなされたものであって、従来に比べて格段に高い効率を実現することのできる薄膜太陽電池用の三次元微細構造パターン基板とこれを用いた薄膜太陽電池を提供することを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板は、平面パターンとして、円形レンズ状窪みが、その平面円形の直径より短いピッチで、隣接する二つの円形レンズ状窪みの平面円形が一部重なり、隣接する三つの円形レンズ状窪みの平面円形が同時に重なる部分がないように三方配列されており、立体形状として、前記一部重なり合った部分が部分的に除去され、三つの円形レンズ状窪みの平面円形に囲まれた部分が、円形レンズ状窪み底部から続いた曲面で三角錐状凸部となっていることを特徴としている。

【0007】

また、本発明の薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板は、前記曲面は、位置が高くなるほど勾配が大きくなることや、基板はその表面に電極膜が形成されていてもよいことも特徴としている。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、円形レンズ状窪み底部から三角錐状凸部頂部までの高さと同様な高さのハニカム状微細ウォールパターンよりも、窪みの深さ/径の比が小さくなり、製膜種に対して影となる部分が少ない。また、円形レンズ状窪み底部から三角錐状凸部頂部までの高さと同様な高さの円錐状等の凸部単体の配列パターンよりも、凸部の実質的な高さが小さくなり、凸部ピッチが等しい場合に、製膜種に対して影となる部分が少ない。さらに、角張った窪みが存在せず、パターンを形成する曲面がぶつかり合う部位も角のない微細構造パターンとなる。これらのことから、その表面上に、薄膜太陽電池の各構成層を均一な膜厚で高品質に形成することが可能となり、高効率な薄膜太陽電池の作製が可能となる。また、三次元微細構造パターン形成手法として、低コスト製造の可能性を有するインプリント技術を、インプリントの際のパターン転写性、離型性に優れた形状であることより、採用可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明に係る基板平面パターンの一例の概要図

【図2】図1のパターンにおける、円形レンズ状窪みの重なり合う部分を図示したパターン概要図

【図3】図1のA-A'断面概要図

【図4】図1のB-B'断面概要図

【図5】実施例1におけるSEM画像である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

（パターン構造）

図1から図4は、本発明の薄膜太陽電池用の三次元微細構造パターン基板の概要を示した図である。

【0011】

図1は、基板パターンの平面の位置と形状の概要を示しており、図2は、円形レンズ状窪みの重なり合う部分を示している。また、図3は、図1のA-A'断面、図4は図1のB-B'断面の概要を示した図である。

【0012】

これらの図 1 から図 4 に沿って説明すると、本発明の三次元微細構造パターン基板は、次の構成を有している。

【0013】

<a>平面パターンとしては、円形レンズ状窪み 2 を、その平面円形 2 1 の直径 D_0 より短いピッチで、隣接する二つの円形レンズ状窪み 2 の平面円形 2 1 が重なり位置 2 2 において一部重なり、隣接する三つの円形レンズ状窪み 2 の平面円形 2 1 が同時に重なる部分がないように三方配列されている。円形レンズ状窪み 2 を、その平面円形 2 1 の直径 D_0 と等しいピッチで三方配列し、重なり位置 2 2 が点であることも可能だが、直径 D_0 より短いピッチで三方配列することが、好ましい。

【0014】

この三方配列によって、一つの円形レンズ状窪み 2 の平面円形 2 1 は、その周囲の六つの円形レンズ状窪み 2 の平面円形 2 1 と、等間隔で六ヶ所の重なり位置 2 2 において重なる。

【0015】

立体形状としては、重なり位置 2 2 の部分が図 4 のように部分的に除去されて隔壁部 3 となり、三つの円形レンズ状窪み 2 の平面円形に囲まれた部分が、図 3 のように円形レンズ状窪み 2 の底部 2 3 からなだらかに続いた曲面 2 4 で三角錐状凸部 1 となっている。

【0016】

そして、上記構成においては、複数の円形レンズ状窪み 2 は、その平面円形 2 1 が成形誤差が許容されてほぼ円形、実質的に円形であればよく、その平面円形 2 1 の直径 D_0 は、成形時の誤差が考慮されて実質的に同じであることが好ましい。重なり部 2 2 の平面幅、そして重なり部 2 2 の部分的に除去される大きさと、円形レンズ状窪み 2 の深さも同様に実質的に均等であることが好ましい。

【0017】

また、上記の曲面 2 4 は、底部 2 3 からの位置が高い程勾配が大きくなる曲面であることが好ましく考慮される。この場合、三角錐状凸部 1 は、それを形成する曲面 2 4 の勾配が特に大きい、パターンのどの部位においても水平面（マクロに見た基板表面）に垂直となる面はなく、水平面との角度は 90° より小さい。

【0018】

本発明における「基板」の用語については、絶縁性基板だけでなく、表面に電極膜が形成されていてもよいことから、この電極膜を有するものも包含している。

【0019】

そこで、パターンを形成する曲面 2 4 がぶつかり合う部位については、電極膜にパターンを形成する場合は、表面へ高品質な薄膜太陽電池構成層を形成するために、パターン形状は、丁寧に面取りされたような曲面からなる角のない形状とする。絶縁性基板にパターンを形成する場合は、表面に形成する電極膜によりパターンの角がとれ曲面状となるために、基板表面のパターン形状に角がある形状も可能であるが、面取りされたような曲面からなる角のない形状とすることが好ましい。角がある場合、角部において低品質な膜が形成されるだけでなく、アモルファスシリコン活性層の膜厚に差異が生じ、効率を損うことになるので好ましくない。

【0020】

円形レンズ状窪み 2 については、図 3 に示した図 1 の A-A' 断面において表わされる窪み断面の直径 D_0 の $1/2$ の長さ（三角錐状凸部 1 のピッチ）は、基板表面に形成する電極膜と活性層ならびにそれを挟むドープ層の厚みの総和の 2 倍より長いことが好ましい。絶縁性基板にパターンを形成する場合は、表面に形成する電極膜の厚みの分、大きめにすることが望ましく、電極膜の厚みにも依るが、 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度が好ましい。電極膜ならびに薄膜太陽電池の各構成層の厚みを考慮する必要があるが、パターンの密度が高いことが好ましく、直径 D_0 は $1 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ 程度がより好ましい。

【0021】

円形レンズ状窪み 2 においては、図 3 および図 4 の断面図に示したように、三角錐状凸部 1 の頂部間の最大距離となる前記平面円形の直径を直径 D_0 とし、円形レンズ状窪み 2 の底部 23 からの隔壁 3 の最小高さを深さ：B、この深さ B から上の三角錐状凸部 1 の頂部までを高さ：A として表示すると、深さ B が、直径 D_0 に対して深すぎると円形レンズ状窪み 2 の表面への均一な薄膜太陽電池構成層の製膜が困難となるため（参考文献 1）、円形レンズ状窪み 2 の深さ B は、直径 D_0 の $1/2 \sim 1/5$ が好ましく、 $1/3 \sim 1/4$ がより好ましい（参考文献 1、参考文献 2：H.Sai et al., Appl. Phys. Lett. 101, 173901 (2012).）。

【0022】

三角錐状凸部高さ A は、円形レンズ状窪み 2 の深さ B と同等以下も可能であるが、円形レンズ状窪み 2 の深さ B と同等以上が好ましい。 10

【0023】

すなわち、

$$B = (1/2 \sim 1/5) D_0$$

$$B \leq A$$

であることが好ましく考慮される。なお、ここで、当然にも、

$$B > 0$$

である。

【0024】

三角錐状凸部 1 の頭頂部は、点であることも可能であるが、微小な面積の三角形の水平面（マクロに見た基板表面）に平行な平面であってよい。特にパターン形成部の材質が導電体で、電極膜を表面に形成しない場合は、三角錐状凸部 1 の頭頂部は、微小な面積の平面であることが好ましい。 20

【0025】

（材質）

パターン形成部の材質は、絶縁体でも、導電体でも可能である。絶縁体の場合は、電極膜を表面に形成することになる。

【0026】

基板側から入射するスーパーストレート構造の薄膜太陽電池の場合は、透明な絶縁性基板表面にパターンを形成し、パターン表面に透明導電膜を形成する。または、透明基板表面に形成した透明導電膜にパターンを形成する。 30

【0027】

基板と反対側から光が入射するサブストレート構造の薄膜太陽電池の場合は、透明又は不透明基板にパターンを形成し、パターン表面に電極膜を形成する。又は、基板表面に形成した電極膜にパターンを形成する。

【0028】

透明基板材料としては、ガラス、石英、樹脂等が可能である。不透明基板としては、ステンレス等金属、シリコン、樹脂等が可能である。

【0029】

電極材料としては、 ZnO 、 ITO 、 SnO_2 、 TiO_2 等の透明導電膜、 Ag 、 Al 、 Cu 等の金属膜が可能である。透明導電膜、金属膜の積層膜も可能である。 40

【0030】

絶縁性基板の表面にパターンを形成し、パターン表面にピラミッド型等のナノサイズテクスチャの形成された電極膜を形成する構成は、光閉じ込め効果を増大するため、好ましい。表面テクスチャを有さない低抵抗電極膜の上に、ナノサイズ表面テクスチャを有する比較的高抵抗な電極膜を形成し、全体で低シート抵抗かつナノサイズテクスチャを有する電極膜とする構成は、電極膜の薄型化によるパターンの高密度化が可能となり、より好ましい。

【0031】

さらに、パターン基板上に電極膜を形成し、活性層とドープ層ならびに裏面反射層（Z 50

n O / A g 等)を形成した後に、Z n O 膜等の導電膜を、3 D パターンの隙間が埋まり表面がほぼ平らになるまで厚く形成する構成は、3 D パターン上太陽電池の保護のために好ましい。スーパーストレート構造の場合の裏面反射層の一部として活性層とドープ層等を形成した後 A g 等の金属膜を形成する前に、サブストレート構造の場合の活性層とドープ層等を形成した後の光入射側に、ナノサイズテクスチャーを有する Z n O 膜等の透明導電膜を、3 D パターンが埋まってほぼ平らになるまで厚く形成する構成もまた、3 D パターン上太陽電池の保護と光閉じ込め効果のために、好ましい。

【0032】

(パターン形成方法)

パターン形成方法としては、電子ビーム (E B) リソグラフィー、フォトリソグラフィー等のリソグラフィーと、エッチング (反応性イオンエッチング (R I E) 等のドライエッチング、又は、ウェットなケミカルエッチング) による方法が可能である。ミクロサイズの粒子等を基板表面に細密状等に配列した膜をエッチングの際のマスクとすることも可能である。上記エッチングによる方法で基板 (石英、シリコン等) 等の表面にパターンを形成したものをモールド (型) として使用し、U V 硬化樹脂又は熱硬化樹脂、ゾルゲル S i O x、又はゾルゲル Z n O 等の基板表面への塗布膜へパターン形状を転写するインプリント法による作製も可能である。上記エッチングによる方法で作製したパターン形状を、電鍍で N i 等の金属へ転写したものの、poly(dimethyl)siloxane (P D M S) 等の樹脂へ転写したものをモールド (型) として使用するインプリント法による作製も可能である。

【0033】

そして、本発明のパターン構造は、インプリント法によるパターン転写を行う場合には、パターン転写性、ならびに、離型性に優れた形状であり、インプリント法による形成に適しているという利点を有する。インプリント法による低コストでの量産の可能性を有し、工業的価値は大きい。

【0034】

前記の三角錐状凸部 1 は、3 箇所の (円形レンズ窪みの底部より位置の高い部分) により支えられており、従来提案されている三角錐状凸部の高さと同円形レンズ窪みの深さの和 A + B と同等な円錐状等の凸部単体の配列パターンよりも、パターンの壊れにくさが向上し、かつ、インプリントにおける転写性、離型性も向上している。

【0035】

(薄膜太陽電池)

本発明は、以上のような三次元微細構造パターン基板を用い、これをその構成の一部としているアモルファスシリコン太陽電池をも提供するものであるが、上記の本発明のパターン基板を用いることにより、例えば、「レンズ状窪み単体の配列パターン」よりも、また、「三角錐状凸部単体の配列パターン」よりも、パターンの表面積が増大するため、表面に形成する光吸収層の厚みを一定にした場合には光吸収層の体積が増大する。また、「レンズ状窪みの配列パターン」による、レンズ径程度の波長の光の (散乱による) 閉じ込め効果と、「三角錐状凸部の配列パターン」による、凸部ピッチ程度 (レンズ径の 1 / 2 程度) の波長の光の (散乱による) 閉じ込め効果が組み合わされる。反射率の低減と内部での光散乱による光路長の増大による光閉じ込め効果により、“電気的に薄い”薄膜太陽電池を、“光学的には厚く”する効果が増大する。ナノサイズテクスチャーが形成される電極膜の三次元微細構造パターン表面への形成は、上記光閉じ込め効果をさらに増強させる。

【0036】

これらの効果より、パターン基板上に高効率な薄膜太陽電池の形成が可能となる。“電気的には薄く、光学的には厚い”アモルファスシリコン薄膜太陽電池が作製可能となり、光安定性に優れた、高効率シングル接合アモルファスシリコン薄膜太陽電池、高効率アモルファスシリコン薄膜太陽電池を使用したタンデム接合太陽電池の実現が可能となる。

【0037】

もちろん本発明のパターン基板による光閉じ込め効果の有効性は、アモルファスシリコ

10

20

30

40

50

ン太陽電池等のシリコン薄膜太陽電池に限定されることはないので、薄膜太陽電池一般に広く利用することができる。

【実施例】

【0038】

以下に本発明の実施例を説明する。もちろん、本発明は以下の例によって限定されることはない。

【0039】

<実施例1>

基板表面パターンのピッチ、すなわち、隣接する円形レンズ状窪みの平面中心間の距離が約 $2\ \mu\text{m}$ で、三角錐状凸部の高さと同形円形レンズ状窪みの深さの和、すなわち、前記の $A + B$ が約 $800\ \text{nm}$ である、薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板を、PDMS樹脂をモールドとして使用してガラス基板上へ塗布した液相hydrogen silsesquioxane (HSQ) 膜へパターン転写を行う液相室温インプリント技術（参考文献3； Y. Kang et al., Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 06GL13.）により作製した。

【0040】

パターン基板の表面には、透明電極として、RFスパッター法にてAlドープZnO膜を形成した。次いで、アモルファスシリコン層を、

p層 p型 $\mu\text{c-Si:H}$, p型 a-SiC:H , (iバッファ a-SiC:H)

i層 i-a-Si:H

n層 (iシード $\mu\text{c-Si:H}$), n型 $\mu\text{c-SiO:H}$

の構成としてPECVD法により形成した。

【0041】

そして、さらに、裏面反射層・電極として有機金属気相成長(MOCVD)法により形成したBドープZnO膜(約 $250\ \text{nm}$)、Ag膜、BドープZnO膜(約 $2\ \mu\text{m}$)の積層膜を形成して、p-i-nスーパーストレート型アモルファスシリコンシングル接合薄膜太陽電池を作製した。図5は、このもののSEM画像であって、(a)セル断面と、(b)ガラス基板表面に形成した SiO_x パターン上に作製したAlドープZnOとアモルファスシリコンの積層膜を示している。基板表面パターンに起因する、有効面積中の実効的な太陽電池(表)面積の増大ならびに光閉じ込め効果により、薄膜太陽電池を“光学的に厚く”する効果が得られ、短絡電流密度が改善され、 8.7% (短絡電流密度 $15.7\ \text{mA}/\text{cm}^2$) の初期エネルギー変換効率が得られた。なお、I-V測定には、電極よりやや小さいマスクを使用した。

【0042】

<実施例2>

実施例1と同様の基板表面パターンのピッチが約 $2\ \mu\text{m}$ で、三角錐状凸部の高さと同形円形レンズ状窪みの深さの和が約 $800\ \text{nm}$ である、薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板を、PDMS樹脂をモールドとして使用してガラス基板上へ塗布した液相hydrogen silsesquioxane (HSQ) 膜へパターン転写を行う液相室温インプリント技術により、作製した。パターン基板の表面に、透明電極として、RFスパッター法にてAlドープZnO膜を形成した上に、有機金属気相成長(MOCVD)法によりBドープZnO膜を形成した。作製したパターン基板を使用し、アモルファスシリコン層を、

p層 p型 $\mu\text{c-Si:H}$, p型 a-SiC:H , (iバッファ a-SiC:H)

i層 i-a-Si:H

n層 (iシード $\mu\text{c-Si:H}$), n型 $\mu\text{c-SiO:H}$

の構成として形成した。そして、さらに裏面反射層・電極としてBドープZnO膜(約 $1.5\ \mu\text{m}$)を形成した上にAg膜を形成して、p-i-nスーパーストレート型アモルファスシリコンシングル接合薄膜太陽電池を作製した。基板表面パターンに起因する、有効面積中の実効的な太陽電池(表)面積の増大ならびに光閉じ込め効果により、薄膜太陽電池を“光学的に厚く”する効果が得られ、短絡電流密度が改善され、 $16.4\ \text{mA}/\text{cm}^2$ の高い値が得られた結果、 10.6% の高い初期エネルギー変換効率が得られた。なお

、I-V測定には、電極よりやや小さいマスクを使用した。

【0043】

<実施例3>

実施例1と同様の基板表面パターンのピッチが約 $2\mu\text{m}$ で、三角錐状凸部の高さと同形レンズ状窪みの深さの和が約 800nm である、薄膜太陽電池用三次元微細構造パターン基板を、PDMS樹脂をモールドとして使用してガラス基板上へ塗布した液相hydrogen silsesquioxane (HSQ)膜へパターン転写を行う液相室温インプリント技術により、作製した。パターン基板の表面に、透明電極として、RFスパッター法にてAlドープZnO膜を形成した上に、有機金属気相成長(MOCVD)法によりBドープZnO膜を形成した。作製したパターン基板を使用し、アモルファスシリコン層を、

10

p層 p型 $\mu\text{c-Si:H}$, p型a-SiC:H, (iバッファー a-SiC:H)

i層 i a-Si:H

n層 (iシード $\mu\text{c-Si:H}$), n型 $\mu\text{c-SiO:H}$

の構成として形成した。そして、さらに裏面反射層・電極としてBドープZnO膜(約 250nm)、Ag膜、BドープZnO膜(約 $2\mu\text{m}$)の積層膜を形成して、p-i-nスーパーストレート型アモルファスシリコンシングル接合薄膜太陽電池を作製した。基板表面パターンに起因する、有効面積中の実効的な太陽電池(表)面積の増大ならびに光閉じ込め効果により、薄膜太陽電池を“光学的に厚く”する効果が得られ、短絡電流密度が改善され、 $16.4\text{mA}/\text{cm}^2$ の高い値が得られた結果、 10.7% の高い初期エネルギー変換効率が得られた。同様に、I-V測定には、電極よりやや小さいマスクを使用した

20

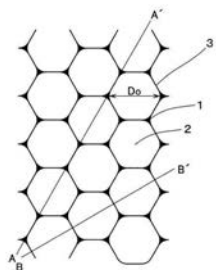
【符号の説明】

【0044】

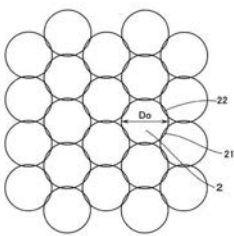
- 1・・・三角錐状凸部
- 2・・・円形レンズ状窪み
- 21・・・平面円形
- 22・・・重なり位置
- 23・・・底部
- 24・・・曲面
- 3・・・隔壁部

30

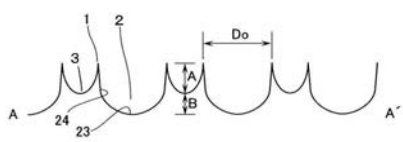
【 図 1 】



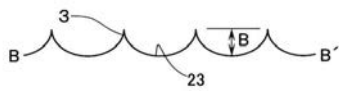
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

