



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104769726 B

(45)授权公告日 2018.10.09

(21)申请号 201380057704.6

(72)发明人 安德鲁·利奥·海恩斯

(22)申请日 2013.09.04

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104769726 A

代理人 黄志华 何月华

(43)申请公布日 2015.07.08

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

H01L 31/0236(2006.01)

61/696,956 2012.09.05 US

H01L 31/075(2012.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.04.30

H01L 31/076(2012.01)

H01L 31/056(2014.01)

H01L 31/18(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2013/001917 2013.09.04

(56)对比文件

US 2005/0011549 A1,2005.01.20,

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/037790 EN 2014.03.13

WO 2011/128757 A1,2011.10.20,

CN 102187470 A,2011.09.14,

CN 101360595 A,2009.02.04,

(73)专利权人 兹尼亚泰克有限公司  
地址 新西兰奥克兰

审查员 李云

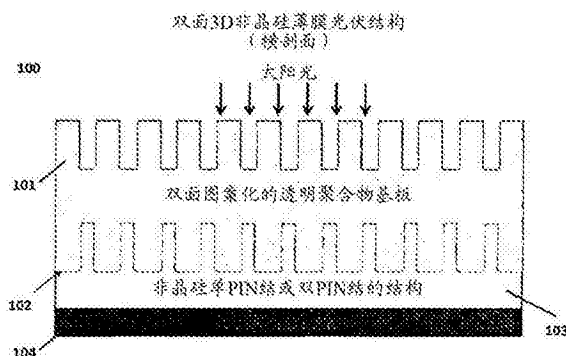
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

具有三维表面特征的光伏设备及制造该光伏设备的方法

(57)摘要

本公开提供了具有三维光学结构的光伏电池和基板以及制造上述光伏电池和基板的方法。特别地,本发明涉及连续形成的光伏基板,且涉及针对这类产品的系统、设备、方法和用途,包括太阳能的收集。



1. 一种光伏设备,包括具有三维表面图案的至少一个透光层,其中,所述透光层包括前表面和与所述前表面相对布置的后表面,其中,所述前表面和所述后表面二者都具有三维表面图案,其中所述前表面和所述后表面的所述三维表面图案包括多个表面特征,所述多个表面特征中的至少一个具有不同的尺寸或不同的形状,所述透光层布置在所述光伏设备的光伏有源层的上面从而所述前表面和所述后表面上的三维表面图案都布置在所述光伏有源层的一个单一连续的层,其中所述光伏有源层沉积在所述透光层上,其中所述透光层以穿过所述三维表面图案的前表面和所述三维表面图案的后表面的平面大致对称;以及

所述三维表面图案配置成能使至少部分光穿过所述透光层并在所述透光层的所述前表面和所述后表面之间反射多次。

2. 如权利要求1所述的光伏设备,还包括:

(a) 位于所述透光层下方的第一电极层,其中,所述第一电极层是透明的;

(b) 位于所述第一电极层下方的所述光伏有源层;和

(c) 位于所述光伏有源层下方的第二电极层。

3. 如权利要求2所述的光伏设备,其中,所述第一电极层包括透明导电层,所述透明导电层包括铟锡氧化物(ITO)、镓铟锡氧化物(GITO)、锌铟锡氧化物(ZITO)和/或薄金。

4. 如权利要求2所述的光伏设备,其中,所述光伏有源层包括非晶硅。

5. 如权利要求2所述的光伏设备,其中,所述第二电极层包括金、银、铝和/或铜。

6. 如权利要求2所述的光伏设备,其中,所述光伏有源层具有从10纳米到5000纳米的厚度。

7. 如权利要求1至6中任一项所述的光伏设备,其中,所述透光层包括聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。

8. 如权利要求1至6中任一项所述的光伏设备,其中,所述设备为薄膜光伏设备。

9. 如权利要求2所述的光伏设备,其中,所述第二电极层包括前表面和后表面,所述前表面与所述光伏有源层相接触,所述后表面与所述前表面相对布置,以及其中所述后表面包括涂料。

10. 如权利要求9所述的光伏设备,其中,所述涂料为黑色。

11. 如权利要求1所述的光伏设备,其中,所述前表面和所述后表面至少其中之一所述三维表面图案包括高度大约100微米的特征,测量从底部特征到顶部特征。

12. 如权利要求1所述的光伏设备,其中,所述三维表面图案包括丘形特征。

13. 如权利要求1所述的光伏设备,其中所述三维表面图案包括丘形,所述前表面上的丘形于所述后表面上的丘形面向对齐。

14. 如权利要求1所述的光伏设备,还包括第二个光伏有源层,所述第二个光伏有源层是透光的并布置在所述透光层的前表面。

15. 一种用于制造光伏设备的方法,包括:

提供具有三维表面图案的至少一个透光层,其中,所述透光层包括前表面和与所述前表面相对布置的后表面,其中,所述前表面和所述后表面二者都具有三维表面图案,其中所述前表面和所述后表面的所述三维表面图案包括多个表面特征,所述多个表面特征中的至少一个具有不同的尺寸或不同的形状,其中所述三维表面图案配置成能使至少部分光穿过所述透光层并在所述透光层的所述前表面和所述后表面之间反射多次;

在所述后表面上沉积透明导电氧化物层,使得沉积的透明导电氧化物层具有接触所述后表面的第一表面和与所述第一表面相对布置的第二表面;

在所述第二表面上沉积光伏有源层,使得所述光伏有源层配置成接收穿过基板层和所述透明导电氧化物层的电磁辐射,使得所述电磁辐射能够穿过所述透光层的前表面和后表面上的所述三维表面图案进入所述光伏设备的光伏有源层,其中所述透光层以穿过所述三维表面图案的前表面和所述三维表面图案的后表面的平面大致对称。

16. 如权利要求15所述的方法,还包括:在所述透光层的所述前表面上沉积光伏有源层。

17. 如权利要求15所述的方法,其中,通过化学气相沉积将所述透明导电氧化物层沉积在所述后表面上。

18. 如权利要求15所述的方法,其中,通过化学气相沉积或溅射将所述光伏有源层沉积在所述第二表面上。

19. 一种用于制造透光膜的方法,所述方法包括:

向连续成形机器的成形表面中的至少一个成形表面提供材料供给,所述材料在被模制在提及的第一成形表面与第二成形表面之间后能够呈现且保持形状;以及

当在同一方向上使这些表面行进时,允许该成形发生;

其中,输出为适用于组装到薄膜光伏电池中的三维表面图案的形式,

其中,所述透光膜包括前表面和与所述前表面相对布置的后表面,其中,所述前表面和所述后表面二者都具有三维表面图案,光穿过所述三维表面图案进入所述薄膜光伏电池的光伏有源层,其中所述前表面和所述后表面的所述三维表面图案包括多个表面特征,所述多个表面特征中的至少一个具有不同的尺寸或不同的形状,以及

其中所述三维表面图案配置成能使至少部分光穿过所述透光层并在所述透光层的所述前表面和所述后表面之间反射多次,其中所述透光层以穿过所述三维表面图案的前表面和所述三维表面图案的后表面的平面大致对称。

20. 如权利要求19所述的方法,其中,所述材料为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。

21. 一种将电磁能转换为电能的方法,包括:

通过具有3D表面特征的透光基板层接收电磁辐射,其中,所述透光基板层包括前表面和与所述前表面相对布置的后表面,其中,所述前表面和所述后表面二者都具有三维表面图案,其中所述前表面和所述后表面的所述三维表面图案包括多个表面特征,所述多个表面特征中的至少一个具有不同的尺寸或不同的形状,其中所述三维表面图案配置成能使至少部分光穿过所述透光层并在所述透光层的所述前表面和所述后表面之间反射多次,以及其中所述透光层以穿过所述三维表面图案的前表面和所述三维表面图案的后表面的平面大致对称;

通过在所述透光基板层下方的透明电极将所述辐射传输到至少一个光伏有源层,其中所述辐射被传输穿过所述透光基板层的前表面和后表面上的所述三维表面图案进入所述至少一个光伏有源层;

在所述光伏有源层中产生激子,并将所述激子分离成电子和空穴;以及将所述电子迁移到外部电路中。

## 具有三维表面特征的光伏设备及制造该光伏设备的方法

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在2012年9月5日递交的申请号为61/696,956的美国临时专利申请的权益,出于所有目的,上述美国临时专利申请的全部公开内容通过引用并入在本文中,就像完全提供在本文中。

### 技术领域

[0003] 本技术总体涉及光伏电池和光伏设备的制造。特别地,本技术涉及用在薄膜光伏设备中的单面三维基板和双面三维基板。

### 背景技术

[0004] 提供以下描述以帮助读者的理解。所提供的信息或所引用的参考文献不被认为是对于本发明的现有技术。

[0005] 光伏电池将光能转换成电能,因此可用于将太阳能转换成电能。光伏太阳能电池可以被制造得非常薄且模块化。来自一个光伏电池的单个电输出可以从几毫瓦特变化到几瓦特。可以按照阵列电连接且封装若干个光伏电池以产生期望量的电力。光伏电池可以用在大范围的应用中,例如向卫星和其它航天器提供电力、向住宅和商业地产提供电力、为汽车蓄电池充电等。

[0006] 在传统的薄膜太阳能电池中,电极层、光伏层和另一电极层按顺序叠放。当光从外部进入薄膜太阳能电池时,太阳能在光伏层中产生自由的电子空穴对,并且通过PN结所形成的内部电场使电子和空穴分别移向两个层,从而产生电力的存储态。同时,如果连接负载电路或电子设备,则电力可以被提供以驱动该电路或该设备。

[0007] 当前的薄膜太阳能电池的平均光电转换效率为约6%-10%,主要是因为低的光利用率。光穿过光伏层的光路径受光伏层的厚度限制,从而光不能被有效地吸收。因此,尽管光伏设备具有降低对化石燃料的依赖的潜能,但是,无效率问题和关于生产这类设备所需的材料成本的问题已经阻碍了光伏设备的广泛使用。因此,效率和/或制造成本上的改善可以提高光伏设备的使用率。

### 发明内容

[0008] 本公开提供具有三维光学结构的光伏电池和基板以及制造上述光伏电池和基板的方法。特别地,本公开涉及连续形成的光伏基板,且涉及针对这类产品的系统、设备、方法和使用,包括太阳能的收集。

[0009] 在一个方面,本公开提供一种光伏电池或光伏设备,该光伏电池或光伏设备包括具有三维表面图案的至少一个透光层。在一个实施方式中,该设备为薄膜光伏设备。

[0010] 在一个实施方式中,透光层包括前表面和与前表面相对布置的后表面,其中,该前表面具有三维表面图案且该后表面是基本上平的。在另一个实施方式中,透光层包括前表面和与前表面相对布置的后表面,其中,该后表面具有三维表面图案且该前表面是基本上

平的。在另一个实施方式中,透光层包括前表面和与前表面相对布置的后表面,其中,前表面和后表面二者都具有三维表面图案。表面特征在长度、高度、宽度和/或直径方面的尺寸范围可以从纳米到微米到毫米。

[0011] 在一些实施方式中,该光伏电池或光伏设备还包括:(a)位于透光层下方的第一电极层,其中,该第一电极层是透明的;(b)位于第一透明导体下方的光伏有源层;和(c)位于光伏有源层下方的第二电极层。在一些实施方式中,第二电极层是反射的。

[0012] 在一个实施方式中,第一电极层包括铟锡氧化物(ITO)、镓铟锡氧化物(GITO)、锌铟锡氧化物(ZITO)和/或薄金。在一个实施方式中,光伏有源层包括非晶硅,例如p-i-n掺杂的非晶硅。在一个实施方式中,第二电极层包括金、银、铝和/或铜。在另一个实施方式中,第二电极为第二透明导电电极,例如包括ITO、GITO、ZITO和/或薄金。在一个实施方式中,光伏有源层具有从10纳米到5000纳米的厚度。在一个实施方式中,透光层包括PMMA。

[0013] 在第二方面,本公开提供一种制造光伏电池或光伏设备的方法,包括:(a)提供具有三维表面图案的至少一个透光膜,其中,透光膜包括前表面和与前表面相对布置的后表面;(b)在后表面上沉积透明导电层,使得沉积的透明导电层具有接触后表面的第一表面和与第一表面相对布置的第二表面;(c)在第二表面上沉积光伏有源层,使得该光伏有源层配置成接收穿过基板层和第一透明导电层的电磁辐射。在一个实施方式中,通过化学气相沉积将透明导电层沉积在后表面上。在一个实施方式中,在透光膜的前表面上也沉积光伏有源层。在一个实施方式中,通过化学气相沉积、溅射、印刷或喷射将光伏有源层沉积在第二表面上。

[0014] 在第三方面,本公开提供一种制造透光膜的方法,该方法包括:(a)向连续成形机器的成形表面中的至少一个成形表面提供材料供给,所述材料在被模制在提及的第一成形表面与第二成形表面之间后能够呈现且保持形状;以及(b)当在同一方向上使这些表面行进时,允许该成形发生;其中,输出为适用于组装到薄膜光伏电池中的三维表面图案的形式。在另一实施方式中,通过压花加工、冲压、注射成型或滚压制造具有3D表面特征的基板。在一个实施方式中,材料为PMMA。

[0015] 在第四方面,本公开提供一种将电磁能转换为电能的方法,包括:(a)通过具有3D表面特征的透光基板层接收电磁辐射;(b)通过在透光基板层下方的透明电极将辐射传输到至少一个光伏有源层;(c)在光伏有源层中产生激子,并将上述激子分离成电子和空穴;以及(d)将电子迁移到外部电路中。

[0016] 以上发明内容仅为说明性的,不意图做任何限制。除了上述说明性的方面、实施方式和特征外,参照以下附图和详细描述,其它方面、实施方式和特征将变得明显。

## 附图说明

[0017] 图1是根据本文中所描述的一个实施方式的包括双面三维基板层的说明性的光伏设备的横剖面图。

[0018] 图2A是根据本文中所描述的一个实施方式的说明性的双面三维基板层的横剖面图。图2B是根据本文中所描述的一个实施方式的带有在两面都具有透明电极的PV电池的说明性的双面三维基板层的横剖面图。

[0019] 图3是示出本文中所描述的材料说明性实施方式的光学透射特性、反射特性和

吸收特性的图表。

[0020] 图4是示出本文中所描述的材料说明性实施方式的光学透射特性、反射特性和吸收特性的图表。

[0021] 图5是示出本文中所描述的材料说明性实施方式的角度依赖性的图表。

### 具体实施方式

[0022] 应当理解,下文按照各种细节层次描述本发明的特定方面、模式、实施方式、变型和特征,以便提供对本技术的基本理解。

[0023] 在本文中使用如在整个说明书中所提出的若干定义描述本技术。除非另有说明外,单数形式“一”、“一个”和“该”包括复数引用。例如,对“一个设备”的引用包括多个设备。

[0024] 如在本文中所用,术语“和/或”指“和”或“或”或二者。

[0025] 如在本文中所用,修饰名词的“一个或多个”指该名词的复数形式和/或单数形式。

[0026] 在本文中可以使用相对术语,例如“下部”或“底部”、“上部”或“顶部”、以及“前”或“后”,来描述一个元件与另一元件的关系,如图所示。应当理解,相对术语意图包含设备的除图中所绘的取向以外的不同取向。例如,如果将一幅图中的设备翻转,则描述成在其它元件的“底部”侧的元件于是将被取向在上述其它元件的“顶部”侧。因此,示例性术语“底部”包含“底部”和“顶部”两种取向,这取决于图的具体取向。类似地,如果将一幅图中的设备翻转,则描述成在其它元件“之下”或“下方”的元件于是将被取向在上述其它元件“之上”。因此,示例性术语“之下”或“下方”可以包含之上和之下两种取向。

[0027] 如在本说明书中所使用的术语“包括”指的是“至少部分地由……组成”。当理解本说明书中包括该术语的陈述时,在各陈述中用该术语作为开端的特征都需要被呈现,但其它特征也可以被呈现。将以相同的方式理解例如“包含”和“具有”的相关术语。

[0028] 概述

[0029] 无效率问题和生产成本已经妨碍了光伏(PV)设备的广泛采用。本发明描述包括具有三维表面特征的一个或多个层的光伏设备,入射光在到达光伏有源层之前必须穿过上述一个或多个层。这些三维表面特征使光发生散射,从而增大光穿过光伏设备的路径。增大穿过光伏有源层的光路径可以增大流经光伏有源层的光电流,因此增大该设备所产生的整体电力。因此,可以提高光伏设备的效率(例如所产生的电力的量)和/或可以减小光伏有源层的厚度,从而致使较低的材料成本。

[0030] 减小光伏有源层的厚度也可以帮助减小设备损坏(例如,非晶Si中的光致衰退效应),从而延长光伏设备的稳定的性能寿命。此外,散射的入射光的扩散性质减小了光伏设备效率对太阳的位置的依赖性。例如,当太阳光以相对于光伏设备倾斜的角度入射在光伏设备上时,一个或多个三维表面特征可以起到减小被反射而离开设备的光的量的作用。减小对入射光的角度依赖性可以扩展光伏设备的安装灵活性且增大总的电力输出。

[0031] 将在下文详细地描述本技术的各个方面。

[0032] 三维的透光基板层

[0033] 在一个方面,本技术提供一种光伏电池或光伏设备,该光伏电池或光伏设备包括具有三维表面图案的至少一个透光层。在一些实施方式中,该层仅在一面被图案化,另一面是基本上平的。在其它实施方式中,该层在两面都被图案化,其中,各面上的图案可以是相

同的或不同的。在一些实施方式中,透光层基本上覆盖整个光伏电池或光伏设备。在其它实施方式中,透光层覆盖小于整个光伏电池或光伏设备。例如,透光层可以在设备上形成网格图案。适于用在透光层中的材料包括聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、含聚合物的八氟环丁烷 (PFBC) (例如八氟环丁烷聚(芳醚))、乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE)、硅酮、聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN) 和热塑性聚氨酯 (TPU)。在一些实施方式中,三维基板层被并入薄膜光伏设备中。

[0034] 透光层通常包括前表面和后表面。前表面、后表面、或前表面和后表面二者可以包括三维表面图案。该三维表面图案可以具有任何期望的形状和尺寸。在一些实施方式中,该三维表面图案是纳米结构或微结构的阵列,将这些纳米结构或微结构进行形状设计和取向以产生期望的对齐。在一些实施方式中,每个表面可以具有各种各样的表面特征。例如,特定表面可以具有不同尺寸和形状的表面特征的混合或组合。在一些实施方式中,该三维表面图案配置成用于从各种入射角的最佳光捕获。

[0035] 在一个实施方式中,三维表面特征包括直立的丘 (mound) 的阵列。在其它实施方式中,这些特征可以包括方桩、圆桩、圆柱、杆、锥状物、圆顶状物、壁、纤维物、突起物、凹陷物、井状物、以及形状设计和/或取向成允许从多个入射角的光捕获的其它隆起。在另一实施方式中,在透光层的一面或两面上,将较小的三维结构图案化在较大的三维结构上。

[0036] 在说明性实施方式中,三维表面特征是多个丘。这些丘可以具有任何期望的直径和高度。在一些实施方式中,这些丘为纳米尺寸、微米尺寸或毫米尺寸。在一些实施方式中,这些丘在基底处的直径从约1nm变化到约2mm,高度从约1nm变化到约2mm。在其它实施方式中,这些丘在基底处的直径从约50 $\mu\text{m}$ 变化到约1mm,高度从约50 $\mu\text{m}$ 变化到约1mm。在一些实施方式中,这些丘在基底处的直径从约20 $\mu\text{m}$ 变化到约800 $\mu\text{m}$ ,高度从约20 $\mu\text{m}$ 变化到约800 $\mu\text{m}$ 。在合适的实施方式中,这些丘在基底处的直径约为100 $\mu\text{m}$ ,且高度约为100 $\mu\text{m}$ 。适当地,各个丘是分离的结构,但相邻的丘可以通过其基底处的材料而连接在一起。

[0037] 在另一说明性实施方式中,三维表面特征是多个桩。这些桩可以是方形的或圆形的,且这些桩的顶部可以是圆形的或平的。这些桩可以具有基本上直的边,这些边相对于基板的主平面是垂直的或倾斜的,或者这些桩可以具有弯曲的或不规则的表面形状或配置。例如,这些桩的横截面可以是三角形的、方形的、圆形的、椭圆形的或多边形的。在一些实施方式中,这些桩的长度和/或宽度从约1 $\mu\text{m}$ 变化到约2mm,高度从约1 $\mu\text{m}$ 变化到约2mm。适当地,各个桩是分离的结构,但相邻的桩可以通过其基底处的材料而连接在一起。

#### [0038] 透明电极层

[0039] 光伏电池或光伏设备可以包括位于透光层下方的第一电极层,其中,该第一电极层是透明的,即能够至少部分地透射光。如本文中所使用,术语“电极”指的是提供用于向外部电路传送电流或者向光伏电池或光伏设备提供偏压的介质的层。在一些实施方式中,电极提供光伏有源层与电线、引线或用于传送给往或来自外部电路的载流子的其它部件之间的界面。在一些实施方式中,透明电极层将具有三维表面特征,这些三维表面特征对应于上述透光层的后表面上的三维表面特征或为上述透光层的后表面上的三维表面特征的镜像。

[0040] 在一些实施方式中,透明第一电极包括透明导电氧化物和/或金,导电氧化物包括但不限于铟锡氧化物 (ITO)、镓铟锡氧化物 (GITO)、锌铟锡氧化物 (ZITO)。在一些实施方式中,透明第一电极包括一种或多种导电聚合物材料,例如聚苯胺 (PANI)、3,4-聚乙烯二氧噻吩 (PEDOT)、石墨烯、碳纳米管或其任何组合。在一些实施方式中,透明第一电极被掺入掺杂

物(例如钠)以实现较低的电阻率。在一些实施方式中,透明第一电极层可以包括用于提高导电性的金属(例如铜、金)网。

[0041] 在一些实施方式中,透明第一电极的厚度从约1nm变化到约10 $\mu$ m。在其它实施方式中,透明第一电极的厚度从约10nm变化到约800nm。在一些实施方式中,透明第一电极的厚度从约100nm变化到约900nm。

#### [0042] 光伏有源层

[0043] 光伏电池或光伏设备可以包括位于透明第一电极下方的一个或多个光伏有源层。本文中所描述的光伏设备的光伏有源层可以具有各种厚度。在一些实施方式中,光伏有源层的厚度从约1nm变化到约10 $\mu$ m。

[0044] 在一些实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括非晶体材料。在一些实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括非晶硅(a-Si)。非晶硅可以是非钝化的或基本上非钝化的。在一些实施方式中,用氢(a-Si:H)或卤素钝化非晶硅。

[0045] 在一些实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括晶体材料或多晶材料。在一个实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括有机材料。该有机材料可以包括聚(3-己基噻吩)、聚(3-辛基噻吩)、富勒烯、碳纳米管或其混合物中的一者或多者。

[0046] 在一些实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括IV族半导体材料、II/VI族半导体材料、III/V族半导体材料、或其组合物或混合物。在一些实施方式中,光伏有源层包括IV族、II/VI族或III/V族二元体系、三元体系或四元体系。在一些实施方式中,光伏有源层包括I/III/VI材料,例如铜铟镓硒。在一些实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括多晶硅(Si)。在一个实施方式中,所述一个或多个光伏有源层包括量子点。

[0047] 在一些实施方式中,光伏电池或光伏设备包括至少一个光敏层,该光敏层包括n型区、本征区和p型区。在一些实施方式中,n型区包括n掺杂的半导体。在一些实施方式中,p型区包括p掺杂的半导体。在一些实施方式中,本征区包括未掺杂的半导体。在一些实施方式中,光伏电池或光伏设备包括多结结构。在一个实施方式中,光伏设备包括多个光伏有源层,每一层包括n型区、本征区和p型区。在另一实施方式中,光伏设备包括两个光伏有源层,从而提供双结设备。在另一实施方式中,光伏设备包括三个光伏有源层,从而提供三结设备。

#### [0048] 第二电极

[0049] 光伏电池或光伏设备可以包括位于光伏有源层下方的第二(或背)电极层。在一些实施方式中,第二电极是透明的。在其它实施方式中,第二电极不透光。在一些实施方式中,第二电极是反射性的。在一些实施方式中,第二电极包括金属。如本文中所使用,术语“金属”既指元素上纯的金属(例如金),也指金属合金(例如由两种或更多种元素上纯的金属组成的材料)。在一些实施方式中,第二电极包括金、银、铝和铜中的一种或多种。在一些实施方式中,第二电极的厚度可以从约1nm变化到约10 $\mu$ m。在其它实施方式中,第二电极的厚度可以从约10nm变化到约1 $\mu$ m。在一些实施方式中,第二电极的厚度可以从约100nm变化到约900nm。在一些实施方式中,第二电极是反射性的且能够将未被光敏层吸收的辐射的至少一部分反射回光敏层中,用于附加的吸收机会。

[0050] 在一些实施方式中,光伏电池或光伏设备还可以包括外部金属触点。在一些实施方式中,外部金属触点围绕第二电极且与第二电极电通信。外部金属触点可以操作以在光



伏设备的圆周和长度的至少一部分上提取电流。外部金属触点可以包括金属,例如金、银或铜。

#### [0051] 设备的组装

[0052] 在一些实施方式中,本文中所描述的光伏电池或光伏设备包括具有三维表面图案的至少一个透光层、位于透光层下方的透明第一电极层、位于透明第一电极下方之下的光伏有源层、以及位于光伏有源层下方且电连接到光伏有源层的第二电极层。该设备还可以包括塑料基板或支承件以及用于电连接到负载或电路的金属触点。

[0053] 图1示出根据本文中所描述的一个实施方式的具有双面3D基板101结构的光伏设备100的横剖面图(未按比例示出)。图1中所示的光伏设备100包括双面图案化的透明聚合物基板101。如上文所讨论,透明聚合物基板101可以是例如PMMA。

[0054] 双面图案化的透明聚合物基板层位于透明第一电极102之上。透明第一电极102可以包括例如透光性导电氧化物(TCO),例如铟锡氧化物、镓铟锡氧化物或锌铟锡氧化物。

[0055] 透明第一电极102位于光伏有源层103之上,光伏有源层103例如为a-Si单PIN结或双PIN结的结构。在一些实施方式中,光伏有源层103可以与透明第一电极102直接电通信。在其它实施方式中,电荷传递层(未示出)可以位于透明第一电极102和光伏有源层103之间,以提供透明第一电极102和光伏有源层103之间的间接电通信。

[0056] 光伏有源层103位于第二(背)电极104之上。光伏有源层103可以与背电极104直接电通信。在其它实施方式中,电荷传递层(未示出)可以位于光伏有源层103和背电极104之间,以提供光伏有源层103和背电极104之间的间接电通信。在一些实施方式中,背电极104包括金属,例如铝、金、银、镍或铜。

[0057] 图2A示出根据本文中所描述的一个实施方式的替代的双面3D基板结构的横剖面图。在该实施方式中,三位表面特征包括直立的丘的阵列。图2B示出替代的双面3D基板结构的横剖面图,该基板结构示出在两面都具有透明电极的PV电池。

#### [0058] 制造方法

[0059] 在一个方面,本公开提供了制造如本文中所描述的透光3D基板的方法。在一个实施方式中,通过包含连续形成步骤的连续过程或“CFT过程”(参看PCT/NZ2006/000300,被公开为W02007/058548;以及PCT/NZ2009/000214,被公开为W02010/041962),按照长条状制造具有3D表面特征的基板,因此可以根据需求按照各种长度制造该基板。生产使得适于整卷薄膜光伏电池的单模基板可以被制造。在一些实施方式中,基板的长度为约1米至20米、约3米至10米、或约4米至8米、或约2米至4米,但制造过程允许容纳定制长度。在其它实施方式中,通过压花加工、冲压、注射成型或滚压制造具有3D表面特征的基板。

[0060] 在另一方面,本公开提供了制造如本文中所描述的光伏电池或光伏设备的方法。例如,一旦已经生产出具有3D表面特征的透光基板,则可以增加薄膜光伏设备的额外的层。在一个实施方式中,在透光基板上放置透明第一电极包括将透光性导电氧化物溅射或浸涂到基板的表面上。在一些实施方式中,放置与第一电极电通信的光伏有源层包括使用一种或多种标准制作方法沉积有源层,一种或多种标准制作方法包括基于溶液的方法、气相沉积方法和外延方法中的一种或多种。在一些实施方式中,所选的制作方法基于所沉积的光伏有源层的类型。

[0061] 在一些实施方式中,可以使用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)、热丝化学气相

沉积 (HWCVD)、溅射或光-CVD来沉积a-Si层。在一些实施方式中,放置与光伏有源层电通信的第二电极可以包括通过气相沉积、旋涂或浸涂将第二电极沉积在有源层上。

#### [0062] 使用的方法

[0063] 在一个方面,本公开提供将电磁能转换为电能的方法。在一些实施方式中,一种将电磁能转换为电能的方法包括:通过具有3D表面特征的透光基板层接收电磁辐射,通过在具有3D表面特征的透光基板层下方的透明电极将该辐射传输到至少一个光伏有源层中,在光伏有源层中产生激子,以及将上述激子分离成电子和空穴。在一些实施方式中,具有3D表面特征的透光基板层包括本文中所描述的任何材料。在一些实施方式中,光伏有源层包括本文中所描述的任何材料。在一些实施方式中,透明电极包括本文中所描述的任何透明电极。在一些实施方式中,该方法还包括将电子迁移到外部电路中。

#### [0064] 示例

[0065] 参考以下示例将更容易理解由此总体描述的本发明的结构和方法,这些示例以说明性方式提供,不意图进行限制。

#### [0066] 示例1-针对单面3D基板的透光/反射测试

[0067] 对六个样本进行透光/反射/吸收:平的PMMA、具有100 $\mu\text{m}$ 表面特征的PMMA (PMMA-100)、具有3 $\mu\text{m}$ 表面特征的PMMA (PMMA-3)、ETFE板和玻璃。使用具有与样本相同的尺寸的不锈钢管和光功率计传感器来避免因光散射而导致的任何可能的光损失。将样本和光源(LED)对齐在同一条线(角度)上。

[0068] 仅通过测试空气来获得光的总功率。该功率为146(透射)+5.45(反射)=151.95 $\mu\text{W}$ 。通过将LED中的电流设置为锁定光强度的70mA,来使该功率稳定。对于玻璃样本,在151.95 $\mu\text{W}$ 光功率中,149.04 $\mu\text{W}$ 被透射和反射。仅2.91 $\mu\text{W}$ 功率被吸收。然后吸收的光功率被转换为热,或被重定向且发射到其它方向,或二者都发生。

[0069] 对于样本的结果如图3所示。对于PMMA-100,在正面的功率损失为86.38%,来自于背面的功率损失为82.79%。因此,在正面,86.38%的光被吸收(未被透射,也未被反射),而在背面,82.79%的光被吸收。吸收的光部分地被转换为热或被重定向到其它方向。然而,在正面相比平的PMMA多吸收71.14%的光,而在背面相比平的PMMA多吸收67.55%的光。在PMMA-100样本的内部捕获这个量的过量的光。不希望用理论进行限制,相信PMMA-100的陷阱机制是光在构成的PMMA/空气的界面处向前或向后行进的结果,这一部分归因于三维图案化所提供的增大的入射角。

[0070] 此外,光陷阱在PMMA-100的正面和背面是不同的。对于正面和背面,透射几乎是相同的;但是从背面反射的光比从正面反射的光多。然而,相比于平的PMMA,当构成的表面正对光时反射较少的光,当样本的背面(平的)正对光时反射较多的光。这表明构成的面是抗反射表面。对PMMA-100材料的这些研究可以总结成如下:

[0071] (1) PMMA-100是良好的光吸收器/光捕获器。相比于其它样本,在该样本内部捕获较多的光。这表明可以使用较多的光(例如,用于转换为其它形式的能量);

[0072] (2) 当正对光时,PMMA的构成的面是良好的抗反射表面;

[0073] (3) 当PMMA的平的面正对光时,由于较大的表面区域界面,因此将发生较多的反射;和

[0074] (4) 在表面PMMA-100上的特征的几何形状增大了从所有入射角捕获的光的量。

[0075] 对于PMMA-3,透射、反射和吸收类似于PMMA-100的情况。然而,吸收比PMMA-100少。这是因为PMMA-3相比于PMMA-100具有较大的透射性。对此的原因可以是PMMA-3的特征尺寸远小于PMMA-100,这导致较弱的光捕获能力。

[0076] 示例2-针对双面3D基板的透光/反射测试

[0077] 对八个样本进行透光/反射/吸收:平的PMMA、在一面上具有100 $\mu\text{m}$ 表面特征的PMMA (PMMA-100)、和六个样本(1-6),上述六个样本在两面上利用100 $\mu\text{m}$ 表面特征进行图案化。样本1至样本4是透明的,且在两面上的表面特征的对齐上不同。样本5和样本6分别与样本1和样本2相同,除了一面被涂黑使得光无法通过。

[0078] 使所有样本相对空气标准化。使用具有与样本相同的尺寸的不锈钢管和光功率计传感器来避免因光散射而导致的任何可能的光损失。将样本和光源(LED)对齐在同一条线(角度)上。

[0079] 结果如图4所示。双面3D样本大幅度吸收光,尤其是一面涂色的双面3D样本。这些结果表明极大量的光已经被保留在样本内。这些结果也表明双面3D基板比单面基板吸收的光多。

[0080] 示例3-角度依赖性测试

[0081] 对六个样本进行角度依赖性测试:平的PMMA、具有100 $\mu\text{m}$ 表面特征的PMMA (PMMA-100)、具有3 $\mu\text{m}$ 表面特征的PMMA (PMMA-3) 和玻璃。当样本经受处于不同角度的入射光时,该测试检查光的透射。

[0082] 数据如图5所示。当入射角小时,具有三维表面特征的样本比平的样本捕获和透射更多的光。PMMA-100样本执行最好的情况。

[0083] \* \* \* \*

[0084] 不利用在本申请中所描述的具体实施方式限制本发明。可以进行多种修改和变型,而不脱离本发明的精神和范围,如将对于本领域的技术人员所显而易见的。根据以上描述,除了在本文中所列举的方法和装置外,在本发明的范围内的功能上等效的方法和装置对于本领域的技术人员将是显而易见的。这类修改和变型意图落在所附的权利要求的范围内。将仅利用所附的权利要求以及称作这些权利要求的等效物的全部范围来限制本发明。应理解,本发明不限于具体的方法、反应物、化合物组合物或生物系统,当然,这些是可变化的。也应理解,本文中所使用的术语仅出于描述具体实施方式的目的,并不意图进行限制。

[0085] 此外,在利用马库西(Markush)群组描述本发明的特征和方面的情况下,本领域的技术人员将认识到,也由此利用马库西群组的任何个体成员或成员的子群组来描述本发明。

[0086] 如本领域的技术人员将理解的,出于任何和所有目的,特别是在提供书面描述方面,本文中所公开的所有范围也包含任何和所有可能的子范围及其子范围的组合。任何所列的范围可以很容易被认为是充分地描述和提供被分解成至少相等的二分之一、三分之一、四分之一、五分之一、十分之一等的同一范围。作为非限制性示例,本文中所讨论的每个范围可以很容易地被分解成下三分之一、中三分之一和上三分之一等。也如本领域的技术人员将理解的,例如“多达”、“至少”、“大于”、“小于”等的所有用语包括所列的数,并指的是随后可被分解成上文所讨论的子范围的范围。最后,如本领域的技术人员将理解的,范围包括每个个体成员。因此,例如,具有1-3个粒子的组指的是具有1个粒子、2个粒子或3个粒子

的组。类似地,具有1-5个粒子的组指的是具有1个粒子、2个粒子、3个粒子、4个粒子或5个粒子的组,以此类推。

[0087] 尽管本文中已经公开了各个方面和实施方式,但是其它方面和实施方式对于本领域的技术人员来说是显而易见的。本文中所公开的各个方面和实施方式出于说明性目的,并不意图进行限制,由下文的权利要求指示真实范围和精神。

[0088] 出于所有目的,本文中所引用的所有参考文献的全部内容以相同的程度通过引用并入,就像出于所有目的,每个单个的出版物、专利或专利申请的全部内容专门地且各自地通过引用并入。

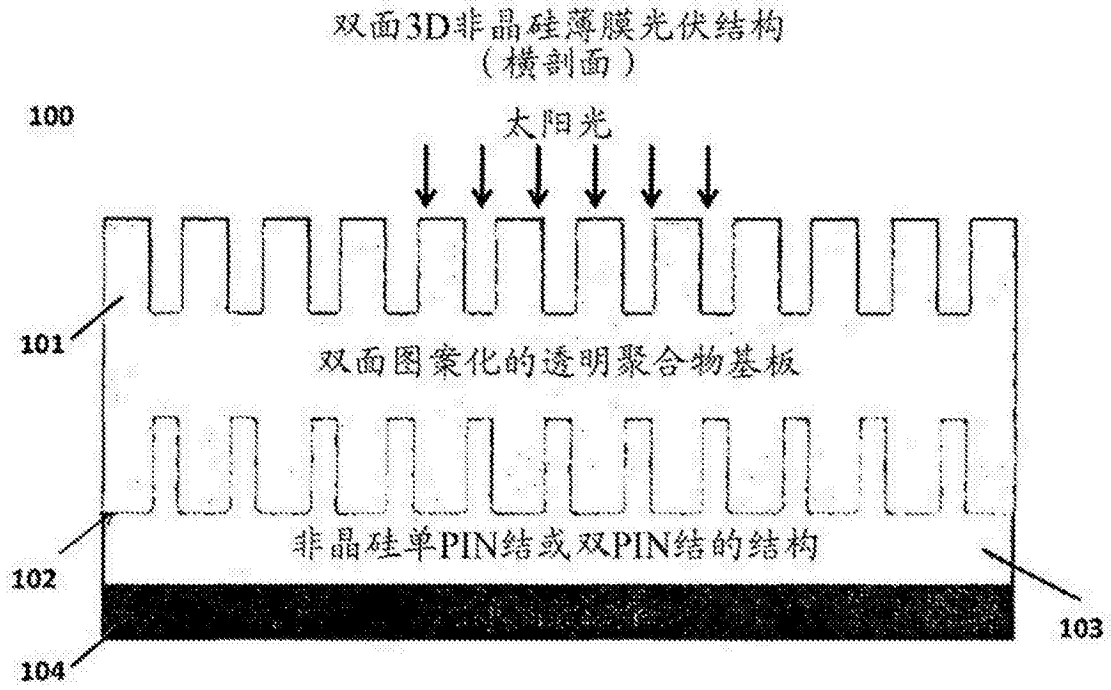


图1

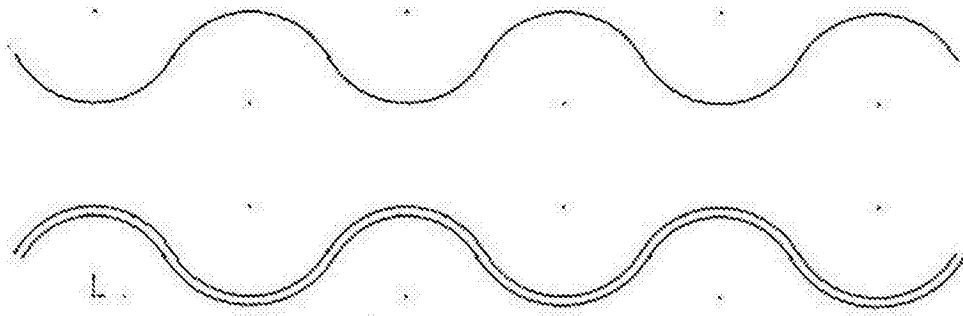


图2A

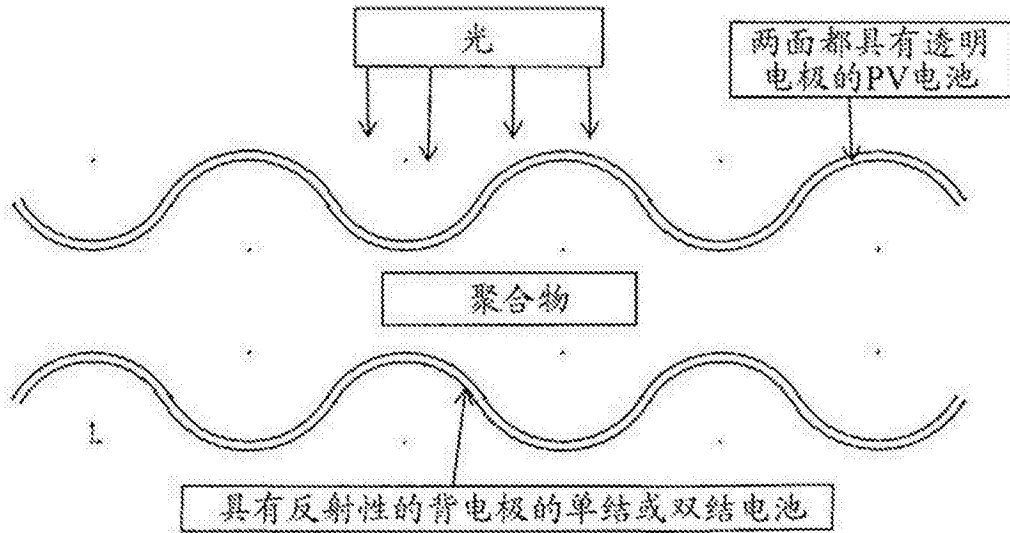


图2B

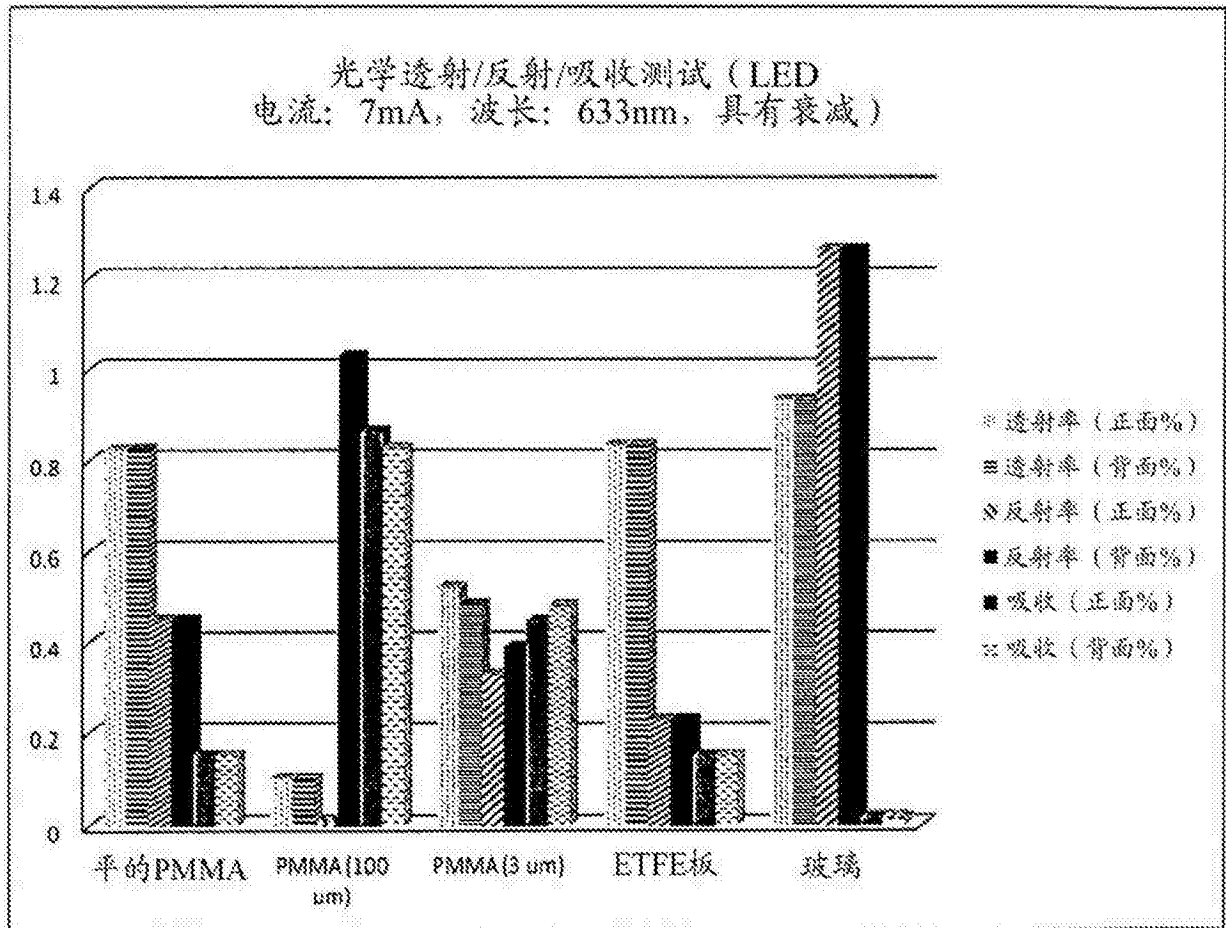


图3

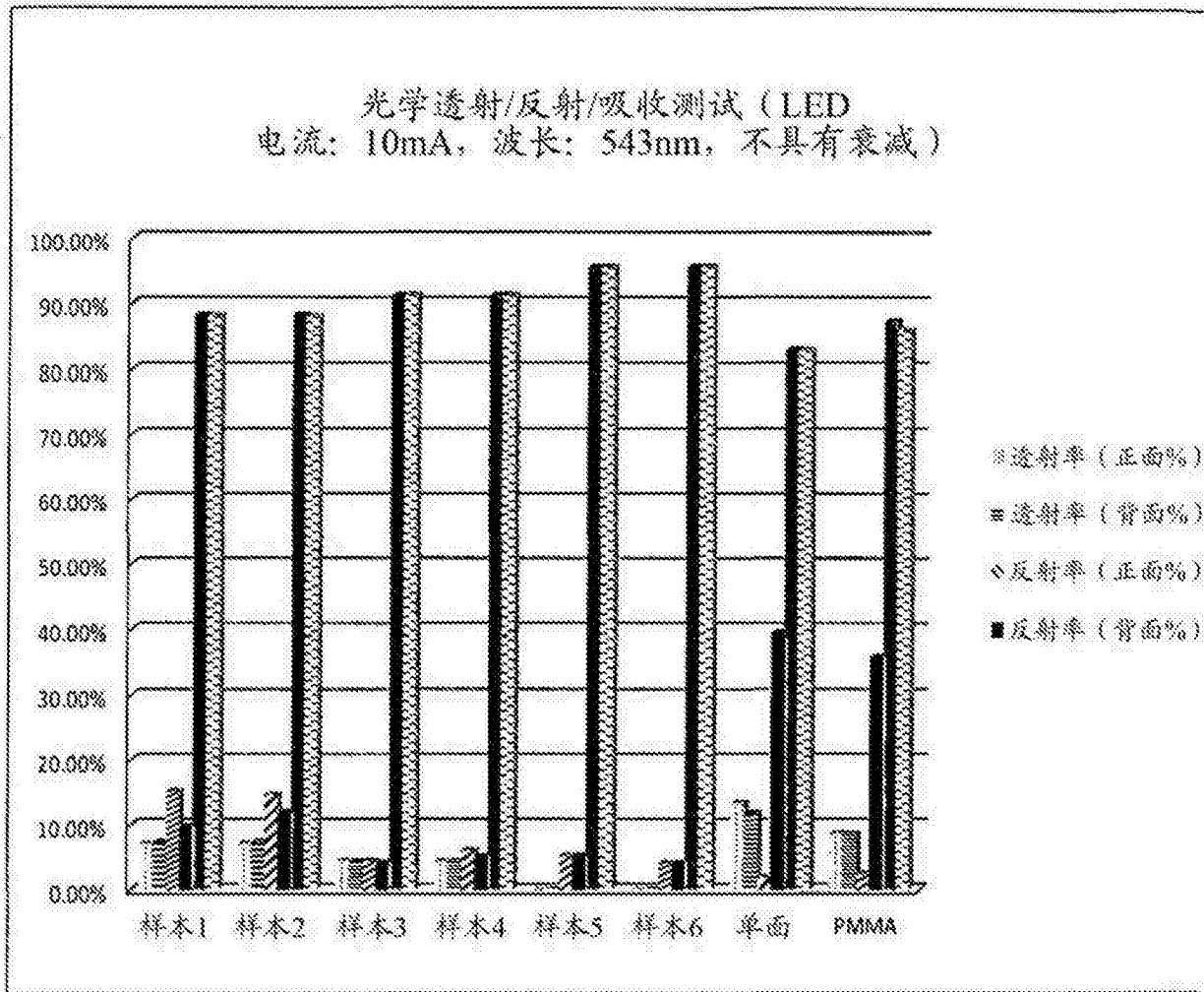


图4

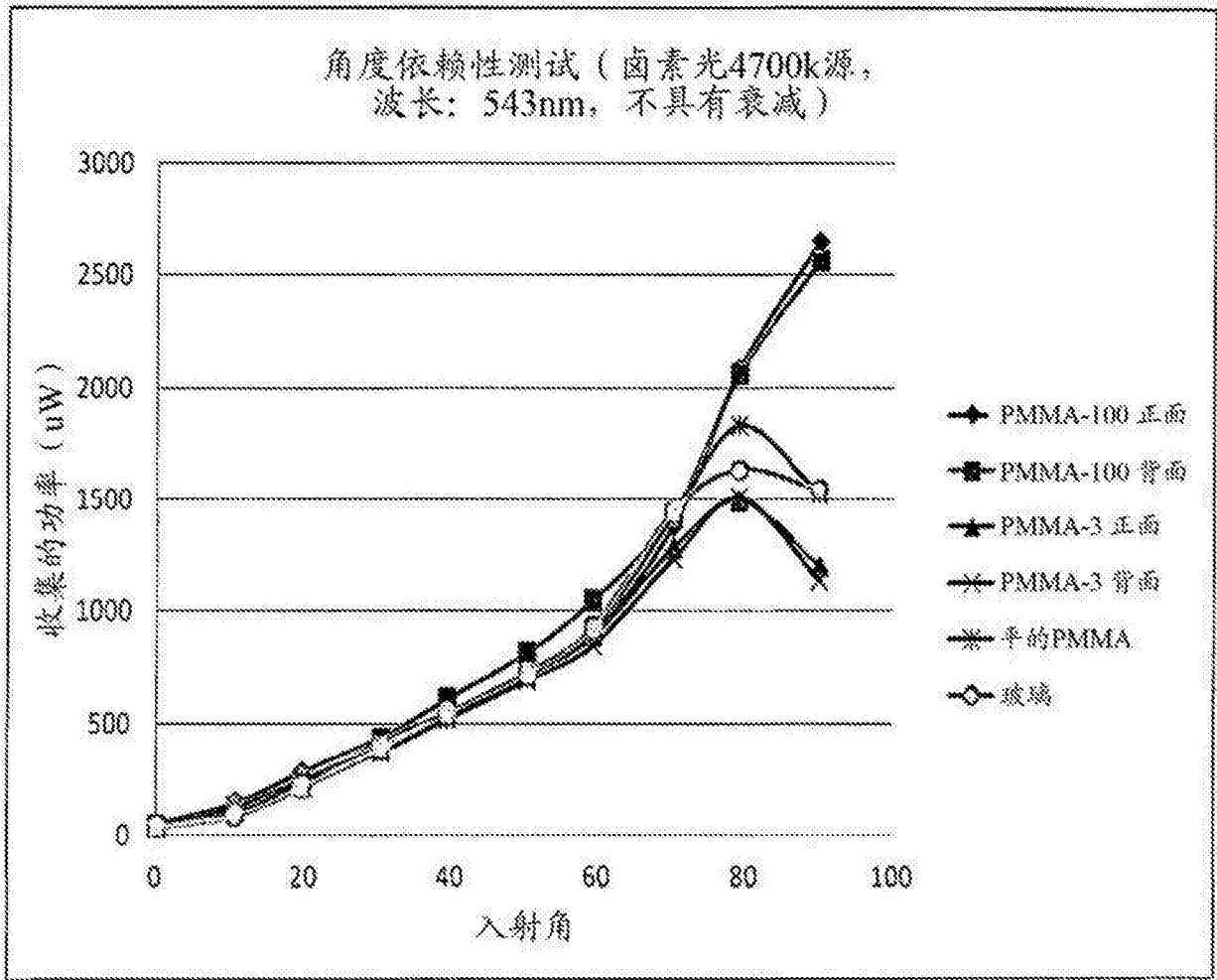


图5