[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01L 21/66
H01L 31/18
G01R 31/26
G01R 31/36

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01122131.3

[45] 授权公告日 2005 年 4 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1199255C

[22] 申请日 2001.7.4 [21] 申请号 01122131.3

[30] 优先权

[32] 2000. 7. 4 [33] JP [31] 202358/2000

[71] 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 松山深照

审查员 冀小强

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

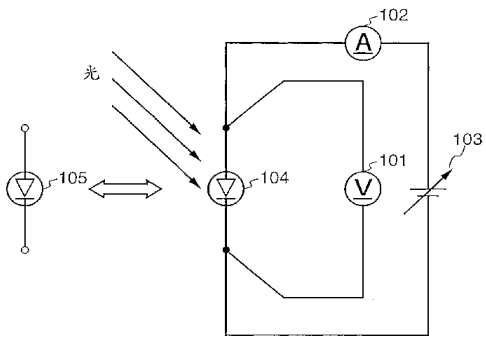
代理人 王以平

权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 19 页

[54] 发明名称 测量光电转换特性的方法和装置

[57] 摘要

对于适用于测量层叠太阳能电池的光电转换特性的多光源方法，待测试的太阳能电池的光吸收面积受限于实验室水平的最小面积，并且此方法难以测量面积大于 400cm^2 的电池、模件或阵列。 为解决此问题，测量或调节照射光的辐射度，测量参考电池的电流－电压特性，并测量试样电池的电流－电压特性。 随后，参考电池在标准测试条件下的电流－电压特性与参考电池的电流－电压特性的测量结果进行比较，由此根据照射光与标准测试条件的偏差得到测量结果与标准测试条件的偏差。 根据所得到的测量结果的偏差，修正试样电池的电流－电压特性的测量结果，并得到试样电池的光电转换特性。



ISSN1008-4274

1. 一种测量待测试的测试物体的光电转换特性的方法，此测量通过改变作用到物体上的电压并测量此物体的电流-电压特性来进行，所述方法包括以下步骤:

在标准测试条件下得到参考物体的电流-电压特性，以与测试物体相同的材料且以相同的方式形成此参考物体的半导体部分;

在与标准测试条件不同的光照射测试条件下测量测试物体和参考物体的电流-电压特性；以及

根据上述光照射测试条件下测量的测试物体和参考物体的电流-电压特性、以及在标准测试条件下所获得的参考物体的电流-电压特性，计算测试物体的光电转换特性。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，根据参考物体的短路电流的测量结果与其在标准测试条件下的短路电流之比、以及参考物体的占空因数的测量结果与其在标准测试条件下的占空因数之比，修正测试物体的电流-电压特性的测量结果，由此计算测试物体的光电转换特性。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中，根据参考物体的短路电流的测量结果与其在标准测试条件下的短路电流之比、以及参考物体的最大功率的测量结果与其在标准测试条件下的最大功率之比，修正测试物体的电流-电压特性的测量结果，由此计算测试物体的光电转换特性。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其中，进一步包括调节用于光照射的准日光的辐射度的步骤，以使参考物体的最大功率与参考物体在标准测试条件下的最大功率之间的差在±1%的范围内。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其中，测试物体和参考物体中的每一个都是具有多个层叠的半导体结的光电转换器件。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其中，在层叠的多个半导体结中，用于限制参考物体短路电流的限流电池与测试物体的限流电池相同。

7. 一种测量待测试的测试物体的光电转换特性的测量装置，该测量是通过在光照射下测量测试物体的电流-电压特性来进行的，其中此装置包括:

为控制作用到物体上的电压而设置的电压控制器;

为检测此物体的电压和电流而设置的检测仪；以及

为计算测试物体光电转换特性而设置的计算器，用于根据在测试条件下测量的测试物体和参考物体的电流-电压特性以及参考物体事先在与测试条件不同的标准测试条件下测量的电流-电压特性计算测试物体的光电转换特性，其中以与测试物体相同的材料且用相同的方式形成参考物体的半导体部分。

8. 如权利要求 7 所述的装置，其中，根据参考物体的短路电流的测量结果与其在标准测试条件下的短路电流之比、以及参考物体的占空因数的测量结果与其在标准测试条件下的占空因数之比，所述计算器修正测试物体的电流-电压特性的测量结果，由此计算测试物体的光电转换特性。

9. 如权利要求 7 所述的装置，其中，根据参考物体的短路电流的测量结果与其在标准测试条件下的短路电流之比、以及参考物体的最大功率的测量结果与其在标准测试条件下的最大功率之比，所述计算器修正测试物体的电流-电压特性的测量结果，由此计算测试物体的光电转换特性。

10. 如权利要求 7 所述的装置，进一步包括用于光照射的准日光，其中，调节准日光的辐射度，以使参考物体的最大功率与参考物体在标准测试条件下的最大功率之间的差在±1%的范围内。

11. 如权利要求 7 所述的装置，其中，测试物体和参考物体中的每一个都是层叠光电转换器件。

测量光电转换特性的方法和装置

技术领域

本发明涉及测量光电转换特性的方法和装置，更具体地，本发明涉及测量光电转换器件如太阳能电池、光电二极管、光敏元件或电照相感光体、尤其是层叠光电转换器件的光电转换特性的方法和装置。

背景技术

在层叠光电转换器件中，具有不同光谱响应的多个光电转换元件层叠在一起，不能在光入射侧被上部光电转换元件完全吸收的长波长光被下部光电转换元件吸收，由此增加输出或感光度。因而，此种层叠光电转换器件已经得到广泛的开发。

由于以下原因，准确测量层叠光电转换器件的输出特性是非常重要的。

例如，在制造和传送其最大功率是关键因素的层叠光电转换器件时，通过检查，其最大功率小于额定值的光电转换器件判定为不合格产品。然而，要传送的光电转换器件的最大功率不能得到保证，除非其输出特性能准确地测量。另外，如果输出特性的测量误差大，并且测量误差随测量装置的状态而改变，那么即使对于相同质量的光电转换器件，检查阈值也会发生变化，从而导致不稳定的产量。进而，如果检查阈值包括测量误差以保证要传送的光电转换器件的质量时，那么产量就不可避免地下降。

如果层叠光电转换器件的输出不能被准确地预计，那么在用层叠光电转换器件构建系统时，就不会得到预期的系统特性或者系统效率下降。当层叠光电转换器件是太阳能电池时，例如，它显著地影响太阳能电池的保证最大功率、产量、发电系统的发电期望值以及系统效率。

然而，要准确测量层叠光电转换器件的输出特性是非常困难的。

其主要原因是层叠光电转换器件的输出特性随着照射光光谱而发生很大改变。例如，以下详细描述双层型太阳能电池（下称“双电池”），其中两个半导体结层叠并串联在一起。在光入射侧的上部半导体结称作顶层电池，而下部半导体结称作底层电池。由于这些电池具有不同的光谱响应，因此每个电池的短路电流随着照射光光谱而发生改变。结果，整个双电池的短路电流、占空因数和开路电压都发生变化，从而双电池的输出特性有很大改变。

相反，在仅有单个半导体结的单层电池（下称“单电池”）中，只有短路电流随着照射光光谱而发生改变，而占空因数和开路电压则很少受影响。为此，当短路电流的光谱依赖关系得到修正时，输出特性就可近乎准确地测量。

一般而言，为准确测量光电转换器件的输出特性，必须确定测试条件，如：照射光的强度、光谱以及光电转换器件的温度。例如，对于太阳能电池，标准测试条件定义如下：

太阳能电池的温度：25℃

照射光的光谱：标准日光（标准日光光谱由 JIS C 8911 定义）

照射光的辐射度：$1000W/m^2$

然而，在这些标准测试条件中，即便使用室外日光也难以得到标准日光光谱。这是因为标准日光仅在有限制的气象条件下才能获得。使用室内的准日光光源是不可能获得标准日光光谱的。

对于单电池，基于光谱、辐射度随位置的变化（下称“位置变化”）以及时间变化比，准日光光源（日光模拟器）按与标准日光的接近程度依次分成 A、B 和 C 级。此分级在 JIS C 8912 和 JIS C 8933 中描述。使用 A 级或 B 级日光模拟器以及其光谱响应与待测量的太阳能电池相似的二次参考太阳能电池，设定日光模拟器的辐射度，由此修正因光谱偏差而引起的误差。此测量方法在 JIS C 8913 和 JIS C 8934 中描述。

上述方法对于光谱几乎只能影响其短路电流的单电池而言是可行的。然而如上所述，在层叠太阳能电池中，光谱不但影响短路电流而且还影响占空因数和开路电压，并且，用上述测量方法不能准确地测量输出特性。因此，层叠太阳能电池不包括在上述 JIS 的范围之内。

已经提出下列技术作为准确测量层叠太阳能电池输出特性的方法。

用于测量层叠太阳能电池的日光模拟器制作成其光谱是可调节的，并把光谱调节到获得一定的短路电流和占空因数数值，该数值是层叠太阳能电池在标准日光下有可能产生的，由此准确测量输出特性（此技术以下将称作“多光源方法”）（“用于确定多电池光电器件的转换效率的方法”，T.Glatfelter 和 J.Burdick， 1987 年第 19 期 IEEE Photovoltaic Specialists Conference， 1187-1193 页）。

也就是说，层叠太阳能电池的多个半导体结中的每一个定义成单元电池。以 In.ref（n 为单元电池的数目）作为层叠太阳能电池中每个单元电池在标准日光下所产生的短路电流，以 In.test 作为在日光模拟器下所产生的短路电流。接着，当日光模拟器的光谱对于每个单元电池调节到满足下式时，

$$In.test = In.ref \quad \ldots(1)$$

层叠太阳能电池此时的短路电流和占空因数与在标准日光下的值相匹配。

用于上述测量技术中的假设也用于具有可调节光谱的日光模拟器中。在上述参考中，为调节每个单元电池的短路电流，来自三个光源，即一个氙（Xe）灯和两个卤素灯的光分量分成三个波长带，然后合成。通过调节三个光源的辐射度，控制三个波长带中的光分量的强度，由此调节合成光的光谱。

具有可变光谱的日光模拟器对于 $400cm^2$ 或更小的小照射面积是可行的。但是，基于以下原因，制造面积大于 $400cm^2$ 的光谱可调节的日光模拟器是相当困难的。

(i) 由于对多个具有不同光谱的光分量合成，在合成光光谱中和在辐射度中的位置变化变大。照射面积越大，这些变化就越严重。

(ii) 由于使用来自光源的部分光的光谱，光的强度趋于降低。当照射面积变大时，难以获得标准测试条件的辐射度 $1000W/m^2$。

(iii) 结构变得复杂，并且与使用单个光源的普通日光模拟器相比，制造成本大大增加。

(iv) 具有可变光谱的日光模拟器的调节非常麻烦，对它的控制需要技巧。

多光源方法可以准确测量层叠太阳能电池的输出特性。然而，基于上述原因，待测量太阳能电池的光接收面积受限于实验室水平的最小面积，此方法难以测量面积大于 $400cm^2$ 的电池、模件或阵列。即使可以制造用于多光源方法的测量装置，成本也是相当高的。另外，多光源方法不能用于使用室外日光的测量中。

发明内容

本发明已单个地或全部解决上述问题，其目的是以低成本准确地测量光电转换特性且不受光接收面积、待测量物体的形式、测量位置及测量光的影响。

根据本发明的一方面，提供一种测量待测试的测试物体的光电转换特性的方法，此测量通过改变作用到物体上的电压并测量此物体的电流-电压特性来进行，所述方法包括以下步骤：在标准测试条件下得到参考物体的电流-电压特性，以与测试物体相同的材料且以相同的方式形成此参考物体的半导体部分；在与标准测试条件不同的光照射测试条件下测量测试物体和参考物体的电流-电压特性；以及根据上述光照射测试条件下测量的测试物体和参考物体的电流-电压特性、以及在标准测试条件下所获得的参考物体的电流-电压特性，计算测试物体的光电转换特性。

根据本发明的另一方面，提供一种测量待测试的测试物体的光电转换特性的测量装置，该测量是通过在光照射下测量测试物体的电流-电压特性来进行的，其中此装置包括：为控制作用到物体上的电压而设置的电压控制器；为检测此物体的电压和电流而设置的检测仪；以及为计算测试物体光电转换特性而设置的计算器，用于根据在测试条件下测量的测试物体和参考物体的电流-电压特性以及参考物体事先在与测试条件不同的标准测试条件下测量的电流-电压特性计算测试物体的光电转换特性，其中以与测试物体相同的材料且用相同的方式形成参考物体的半导体部分。

从以下结合附图而进行的描述中可看出，本发明的其它特征和优点是显而易见的，在所有这些附图中，对于相同或相似的部件分配相

同的参考号。

附图说明

图 1 示出用于解释一实施例的测量装置的布置图;

图 2 示出参考电池在光照射下的电流-电压特性（IVref.t*）以及在标准测试条件下的电流-电压特性（IVref.o）;

图 3 示出试样电池在光照射下的电流-电压特性（IVsam.t*）;

图 4 示出实例 1 中试样电池的光谱响应（实线）以及参考电池的光谱响应（虚线）;

图 5 为示出实例 1 的测量结果的表格;

图 6 为示出实例 1 中对电池中的单元电池在标准测试条件下所产生的短路电流的计算结果的表格;

图 7 为示出比较实例 1 中的测量结果的表格;

图 8 为示出实例 1 的检验结果的表格;

图 9 为示出实例 2 的测量结果的表格;

图 10 为示出实例 2 的检验结果的表格;

图 11 为示出实例 3 的测量结果的表格;

图 12 为示出实例 3 的检验结果的表格;

图 13 为示出实例 4 的测量结果的表格;

图 14 为示出实例 4 的检验结果的表格;

图 15 为示出实例 5 的测量结果的表格;

图 16 为示出实例 5 的检验结果的表格;

图 17 为示出实例 6 的测量结果的表格;

图 18 为示出实例 6 的检验结果的表格; 以及

图 19 为示出实施例的测量程序的流程图。

具体实施方式

下面以太阳能电池为例，结合附图来详细描述根据本发明实施例的测量系统。

[参考光电转换器件]

层叠参考光电转换器件在此实施例中是最重要的元件。如果此器

件是太阳能电池，就称为层叠参考太阳能电池，在此亦称作“参考电池”或“参考物体”。待测量的层叠光电转换器件称作“试样电池”、“测量物体”或“测试物体”。参考电池所要求的事项在下面描述。

(A)参考电池具有与试样电池相同的结构。

也就是说，参考电池优选由与试样电池相同的材料形成。至少用于执行光电转换的半导体部分必须由与试样电池相同的材料且以相同的方式形成。由于具有此结构，在参考电池中每个单元电池的光谱响应变得与试样电池中的相似，而且试样电池的输出特性可得到准确修正。但是，半导体层不需要有相同的厚度。

(B)限制参考电池短路电流的单元电池（下称“限流电池”）优选与试样电池的相同。

用作限流电池的单元电池根据照射光的光谱而改变。至少在上述标准测试条件下，参考电池的限流电池优选与试样电池的相同。当限流电池相同时，试样电池的短路电流可得到准确修正。

(C)参考电池的发电部分面积优选与最小单元部分的发电部分面积相近，优选其面积之差在±20%或更小的范围内，更优选在±10%或更小的范围内，并最优选在±5%或更小的范围内，此最小单元部分在一个构造试样电池的基片上形成。

这是因为当参考电池的发电部分面积与试样电池的相近时，在照射光下任何因位置变化引起的误差都可被大幅减小。当试样电池制作成所谓的模件或阵列时，在模件或阵列中多个层叠光电转换器件串联和/或并联，在单个串联和/或并联的基片上的最小单元部分（下称“子模件”）的发电面积仅需要与参考电池的发电部分面积相近。

(D)优选对参考电池的特性进行处理并使之在时间上是稳定的。

当参考电池的特性对于光、热和湿度稳定时，在标准测试条件下参考电池的电流-电压特性的可靠性就变大，并且试样电池的输出特性可得到准确修正。另外，在标准测试条件下电流-电压特性的再测量时间间隔可增加。

(E)在标准测试条件下参考电池的电流-电压特性优选事先进行测

量。

为了在标准测试条件下测量电流-电压特性，可使用多光源方法或另一已知的测量方法。如果参考电池的面积较大，就难以使用多光源方法来测量特性。在此情形中，优选白天在室外当标准日光条件或等效条件被满足时（标准日光方法）进行测量。标准日光方法之外的任何其它方法都可使用，只要它能模拟与在标准日光下的电流-电压特性几乎相同的特性即可。

(F)参考电池的电流-电压特性的温度系数优选是已知的。

更具体地说，开路电压、短路电流和占空因数的温度系数优选是已知的。如果难以测量参考电池自身的温度系数，那么可使用等效层叠光电转换器件的温度系数值。在使用参考电池测量试样电池时，参考电池的温度优选调节到 25℃。如果难以调节温度，就用温度系数进行温度修正，获得在 25℃下的特性。

(G)以 Jref.n 作为参考电池中的第 n 个单元电池在标准测试条件下产生的短路电流，且以 Jsam.n 作为试样电池中第 n 个单元电池在标准测试条件下产生的短路电流，Jref.n 优选落在 Jsam.n 的 ± 20%范围之内，更优选落在 ± 10%范围之内。亦即，优选满足下面的公式(2)或(3)。

Jref.n 或 Jsam.n 不能被直接测量。然而，以 Qr.n(λ)和 Qs.n(λ)作为各个单元电池的光谱响应，当光谱响应和标准日光的光谱 Eo(λ)的乘积对包括电池的光谱响应的波长积分时，可得到 Jref.n 和 Jsam.n。也就是说，Jref.n 和 Jsam.n 可由下面的公式(4)和(5)得到。用已知方法测量光谱响应。当参考电池或试样电池具有较大面积并且光谱响应难以测量时，它可从小电池的光谱响应测量结果估计得到，所述小电池假定具有与参考电池或试样电池几乎相同的光谱响应。

$$0.8 \times Jsam.n \leqslant Jref.n \leqslant 1.2 \times Jsam.n \quad \ldots(2)$$

$$0.9 \times Jsam.n \leqslant Jref.n \leqslant 1.1 \times Jsam.n \quad \ldots(3)$$

$$Jref.n = \int Eo(\lambda) Qr.n(\lambda) d\lambda \quad \ldots(4)$$

$$Jsam.n = \int Eo(\lambda) Qs.n(\lambda) d\lambda \quad \ldots(5)$$

其中，

Jref.n: 参考电池的第 n 个单元电池的短路电流

Jsam.n: 试样电池的第 n 个单元电池的短路电流

Qr.n(λ): 参考电池的第 n 个单元电池的光谱响应

Qs.n(λ): 试样电池的第 n 个单元电池的光谱响应

Eo(λ): 标准日光的光谱

(H)以 Et(λ)作为照射光的光谱，所谓的失配系数 Mn 由下式给出

$$Mn=\int Eo(\lambda)Qr.n(\lambda)d\lambda / \int Et(\lambda)Qr.n(\lambda)d\lambda \times \int Et(\lambda)Qs.n(\lambda)d\lambda / \int Eo(\lambda)Qs.n(\lambda)d\lambda \quad \ldots(6)$$

其中 Et(λ): 照射光在测量时的光谱

公式(6)表示参考电池和试样电池之间的关系优选落在 0.98-1.02 范围之内。

[修正方法]

以下描述对通过测量层叠太阳能电池的输出特性而得到的结果进行修正的方法。

•当辐射度不能调节时

(a)在测量时，对于当光照射时所获得的试样电池的电流-电压特性 IVsam.t 以及参考电池的电流-电压特性 IVref.t 的数据，修正到当辐射度为 1000W/m^2 且温度为 25℃时的数据。

对此修正采用一种已知方法。以 IVsam.t*和 IVref.t*作为修正辐射度和温度之后的数据。当辐射度落在 1000±10W/m^2 的范围之内且电池温度落在 25℃±2℃的范围之内时，不需要进行修正。在此情形中，就有

IVsam.t*= IVsam.t

IVref.t*= IVref.t

(b)从上述 IVsam.t*和 IVref.t*，得到修正辐射度和温度之后的参考电池和试样电池的下列特性参数（见图 2 和 3）。

Pm.r*: 参考电池的最大功率

Pm.s*: 试样电池的最大功率

Voc.r*: 参考电池的开路电压

Voc.s*: 试样电池的开路电压

Isc.r*: 参考电池的短路电流

Isc.s*: 试样电池的短路电流

FF.r*: 参考电池的占空因数

FF.s*: 试样电池的占空因数

占空因数 FF 一般由下式给出

$$FF=Pm/(Voc \times Isc)$$

(c)从参考电池在标准测试条件下事先测量的电流-电压特性 IVref.o，得到参考电池在标准测试条件下的下列特性参数，

Pm.r.o: 参考电池在标准测试条件下的最大功率

Voc.r.o: 参考电池在标准测试条件下的开路电压

Isc.r.o: 参考电池在标准测试条件下的短路电流

FF.r.o: 参考电池在标准测试条件下的占空因数

(d)由于照射光的光谱会从标准日光光谱偏移，上述 IVref.t*和 IVref.o 具有如图 2 所示的偏差。Pm.s.o 通过修正试样电池的最大功率 Pm.s*来计算，如下所示

$$Pm.s.o= Pm.s^* \times Isc.r.o/Isc.r^* \times FF.r.o/FF.r^* \quad \ldots(7)$$

$$Pm.s.o= Pm.s^* \times Isc.r.o/Isc.r^* \times Pm.r.o/Pm.r^* \quad \ldots(8)$$

公式(7)修正电池的占空因数 FF 和短路电流 Isc 的光谱依赖关系，但不修正开路电压 Voc 的光谱依赖关系。公式(8)也修正开路电压 Voc 的光谱依赖关系。

除了短路电流 Isc 之外，占空因数 FF 主要有对光谱的依赖关系。开路电压 Voc 的光谱依赖关系是较小的。另外，由于开路电压 Voc 的温度系数一般比短路电流或占空因数的更大，开路电压 Voc 易于受到温度测量误差或温度修正系数误差的影响，也易于受到辐射度的影响。也就是说，为修正开路电压 Voc，必须隔离光谱的影响。如果此影响难以隔离，那么在某些情况下就优选禁止进行此修正。

因而，当电池温度难以调节到25℃或辐射度难以调节到1000W/m^{2}时，并且当辐射度修正和温度修正假定包含误差时，光谱对开路电压Voc的影响不能被隔离，因此，优选使用公式(7)。

相反，当电池温度可以调节到25℃且辐射度可调节到1000W/m^{2}时，即当辐射度修正和温度修正中的误差假定较小时，光谱对开路电压Voc的影响就能被隔离，因此，优选使用公式(8)。

为了进行基于此室外实施例的测量，测量光辐射度的时间、获得参考电池电流-电压特性的时间、以及获得试样电池电流-电压特性的时间之间的偏差优选为10秒或更小，更优选为5秒或更小，最优选为2秒或更小。室外日光的辐射度和光谱每时每刻在改变。因此，当待比较的测量在尽可能相同的时间执行时，这些测量可以在几乎相同的日光条件下进行，并且可进一步提高测量的准确度。

•当辐射度可以调节时

(e)同上述的节(a)类似地，测量参考电池的电流-电压特性，并用辐射度和温度修正。

(f)如果 $Isc.r^*>Isc.r.o$，光源的辐射度降低。相反，如果 $Isc.r^*<Isc.r.o$，光源的辐射度增加。

(g)重复进行节(e)和(f)，直到 $Isc.r^*$和 Isc.r.o 匹配的准确度优选为±1%，更优选地为±0.5%。当此条件满足时，可认为 $Isc.r^*=Isc.r.o$。

(h)同上述的节(a)类似地，测量试样电池的电流-电压特性，并用辐射度和温度修正。

(i)用公式(9)修正试样电池的最大功率。试样电池的最大功率可用公式(10)修正。

$$Pm.s.o= Pm.s^* \times FF.r.o/FF.r^* \quad \ldots(9)$$

$$Pm.s.o= Pm.s^* \times Pm.r.o/Pm.r^* \quad \ldots(10)$$

使用这些公式的方式与使用公式(7)和(8)的相同。在此情形中，辐射度调节到1000W/m^2。因而，当温度修正包含误差并且光谱对开路电压 Voc 的影响不能被隔离时，优选使用公式(9)。当温度修正中的误差较小并且光谱对开路电压 Voc 的影响可以隔离时，优选使用公式

(10)。

(j)当光源的辐射度在时间上是稳定的，可省略节(e)-(g)，并且可连续地测量不同的试样电池。

根据光源的时间稳定性，在每个预定的时间插入与节(e)-(g)对应的步骤以调节光源的辐射度。当改变试样电池的光谱特性以改变限流电池时或当失配系数 Mn 偏离范围 0.98-1.02 时，根据上述观点，参考电池优选改变成合适的电池，并且再次执行节(e)-(g)。

●当辐射度可以调节时的简化测量方法

(k)同上述的节(a)类似地，测量参考电池的电流-电压特性，并用辐射度和温度修正。

(l)如果 $Pm.r^{*} > Pm.r.o$，光源的辐射度降低。相反，如果 $Pm.r^{*} < Pm.r.o$，光源的辐射度增加。

(m)重复进行节(k)和(l)，直到 $Pm.r^{*}$ 和 Pm.r.o 匹配的准确度优选为 ±1%，更优选地为 ±0.5%。此时，假设

$$Pm.r^{*}=Pm.r.o \qquad \ldots(11)$$

(n)同上述的节(a)类似地，测量试样电池的电流-电压特性，并用辐射度和温度修正。在此情形中，对于最大功率可认为 $Pm.s.o=Pm.s^{*}$。然而，短路电流 Isc 和占空因数 FF 是不准确的。当强调测量速度时优选使用此方法，尽可能准确的最大功率 Pm.s 通过简单修正来测量。

(o)根据与上述的节(f)中相同的参考，可连续测量试样电池。

[试样电池]

试样电池的结构中层叠有多个半导体结。当从层叠的两个半导体结中的每一个都引出一电极，此电池称为四端子型。当多个半导体结串联并且电极在两端形成时，此电池称为双端子型。此实施例的测量方法可用于试样电池，并对双端子型电池产生显著影响。

试样电池（层叠光电转换器件）的实例为太阳能电池、光电二极管、光敏元件以及电照相感光体。

半导体结的实例为 pn 结、pin 结和 MIS 结。

半导体材料包括晶体、多晶、微晶和非晶体材料。基片的实例为:

Ⅳ族或Ⅳ族化合物如 Si、SiC、SiGe、C 和 Ge; Ⅲ-Ⅴ族化合物如 GaAs、AlGaAs、InP 和 InSb; Ⅱ-Ⅵ族化合物如 ZnSe、ZnO、CdS、CdTe 和 Cu_2S; Ⅰ-Ⅲ-$Ⅵ_2$族化合物如 $CuInSe_2$ 和 $CuInS_2$; 有机半导体; 以及上述化合物的混合物。

对于此实施例的测量方法，试样电池的大小和面积是不受限制的。例如，对于太阳能电池，可测量具有不同尺寸和面积的器件如电池、子模件、模件和阵列。

试样电池的电流-电压特性的温度系数优选是已知的。更具体地，开路电压、短路电流和占空因数的温度系数优选是已知的。如果难以测量试样电池自身的温度系数，可使用等效层叠光电转换器件的温度系数值。在测量试样电池时，试样电池的温度优选调节到 25℃。如果难以调节温度，此特性就必须用上述温度系数来修正，并且必须获得在 25℃下的特性。

[照射光]

在此实施例的测量方法中所用的光可以是自然光或来自人工光源的光。例如，对于太阳能电池，优选使用日光或准日光光源。

当使用日光时，测量优选在 500-1500W/m^2 的辐射度范围之内进行，更优选在 800-1200W/m^2 的辐射度范围之内进行。由于参考电池或试样电池的温度容易升高，所以日光在开始测量之前被屏蔽，而在即时测量之前照射到参考电池或试样电池上。采用此操作，由于能抑制电池温度的任何升高，并且用上述温度系数进行的修正量变小，因此可减小由温度修正带来的任何误差，测量就可更准确地进行。

当使用准日光光源时，优选使用已知的日光模拟器。氙灯或金属卤化物灯优选用作光源灯。照明方法可为连续照明或脉冲照明。当使用准日光光源时，根据灯的使用时间，光谱在一定程度上发生变化。由于此实施例的测量方法修正因光谱引起的误差，对光谱敏感的层叠光电转换器件的输出特性可得到准确测量。

当要测量具有大面积的电池或模件时，日光模拟器还必须具有大的有效照射面积。另外，需要在光谱吻合程度和辐射度位置变化方面

俱佳的日光模拟器。如上所述，当面积变大时，日光模拟器的制造成本加速增加。在此实施例的测量方法中，由于强调日光模拟器辐射度的位置变化且同时折衷考虑光谱吻合程度，所以处理大面积的准确测量系统的运行成本就较低。

[辐射度检测仪]

用于照射电池的光的辐射度可通过使用热电偶的已知太阳能电池、光电二极管或日射强度计来检测。最后，此辐射度由参考电池校正。因此，参考电池从一开始就可用作辐射度检测仪。

[电压检测仪和电流检测仪]

对于图 1 所示的电压和电流检测仪 101 和 102，可使用已知的仪器如数字式万用表或电阻器-模数转换卡组合。

[电源]

如图 1 所示，对于为电池 104 或 105 供电的电源 103，例如，使用能改变电压的双极电源。如果作用到电池 104 或 105 的电压可以变化或波动，可使用已知的器件，如电子负荷或在电容器中所积累的电荷的放电，以取代电源 103。

[分光计]

为计算上述失配系数 Mn，必须测量照射光的光谱。为此，优选使用已知的分光辐射谱仪进行测量。

[测量控制和数据处理装置]

对于控制上述测量器件的装置和用于处理测量数据的装置，优选使用诸如个人计算机的测量控制和数据处理装置。

[测量程序]

图 19 为示出此实施例的测量程序的流程图。

首先，照射光的辐射度用辐射度检测仪进行测量或调节（S1）。测量参考电池的电流-电压特性（S2），并测量试样电池的电流-电压特性（S3）。也就是说，在改变作用到待测量物体上的电压的同时，对作用到待测量物体上的电压和电流进行测量，由此获得电流-电压特性。优选至少在短时间内执行步骤 S2 和 S3。

参考电池在标准测试条件下的电流-电压特性与参考电池的电流-电压特性测量结果进行比较，由此获得测量结果与标准测试条件的偏差（S4），此偏差基于照射光与标准测试条件的偏差。根据所获得的测量结果的偏差，修正试样电池的电流-电压特性的测量结果（S5），并且得到试样电池的光电转换特性（S6）。

实例 1

使用氙灯作为光源并借助已知的脉冲-光型日光模拟器，测量三层太阳能电池的输出特性，此太阳能电池具有三层的结构，其中包括：具有 pin 结的顶层，其 i－层使用非晶体硅（下称“a-Si”）；具有 pin 结的中间层，其 i－层使用非晶体硅锗（下称“a-SiGe”）；以及具有 pin 结的底层，其 i－层使用 a-SiGe。

三层太阳能电池的尺寸为约 1cm × 1cm 且在单个不锈钢基片上形成，并且在电池串联或并联之前处于单个元件的状态。没有表面保护层形成。日光模拟器的有效照射面积为约 10cm × 10cm。辐射度的时间变化比为 ± 1%或更小，辐射度的位置变化为 ± 2%或更小。

使用已知的双极电源作为电源 103。通过个人计算机使电压波动。对于电压和电流检测仪 101 和 102，使用已知的数字式万用表，通过个人计算机获得测量电压和电流的数据。采用上述配置，得到电池的电流-电压特性。

对于参考电池，使用与试样电池具有相同结构和尺寸的三层太阳能电池，此电池事先用来自日光模拟器的光照射 1000 小时并老化使特性随时间的变化稳定。事先用多光源方法测量参考电池在标准测试条件下的电流-电压特性。当参考电池的特性稳定时，即使在测量时用光照射也不会改变参考电池的特性，从而可获得准确的测量结果。另外，在标准测试条件下参考电池的电流-电压特性的再测量时间间隔可以增加。

对于辐射度检测仪，使用参考电池，并且日光模拟器的辐射度调节到 1000W/m^2，以便参考电池的短路电流与在标准测试条件下的匹配。因而，在此实例中，根据以上关于修正方法的描述可以认为

$Isc.r^*=Isc.r.o$。

在每个试样电池和参考电池的不锈钢基片的下表面上设置铜块和珀尔帖元件，以将电池温度调节为 25℃ ± 1℃。因而，此实例与上述关于其“辐射度可以调节”的修正方法的情形相对应。由于辐射度和电池温度调节到 $1000W/m^2$ 和 25℃，为获得电流-电压特性所进行的辐射度修正和温度修正就没必要了。

从试样电池的电流-电压特性得到最大功率 $Pm.s^*$；从参考电池的电流-电压特性得到 $FF.r^*$；从参考电池在标准测试条件下的电流-电压特性得到 FF.r.o，此特性事先测量；以及用公式(9)进行修正得到最大功率 Pm.s.o。图 5 示出这些结果。

试样同时用试样电池制备的，并且假定其具有与试样电池相同的特性，当此试样的光谱响应用已知方法测量时，得到由图 4 中实线 401-403 所示的特性。另外，测量参考电池的光谱响应时，得到由图 4 中虚线 404-406 所示的特性。由于参考电池老化直至特性稳定，每个单元电池的光谱响应和短路电流稍微比试样电池的更小。

当所测量的光谱响应和标准日光的光谱根据公式(4)和(5)对波长求积分时，得到如图 6 所示的结果。图 6 还示出通过测量日光模拟器的光谱并用公式(6)计算失配系数而获得的结果，此测量使用已知的分光辐射谱仪。

从图 6 可明显看出，对于试样电池和参考电池，在整个三层太阳能电池中用于限制电流的单元电池都是顶层电池。另外，在试样电池和参考电池中的单元电池的短路电流比落在 ± 10%的范围之内。进而，在光照射下，试样电池的每个单元电池相对于参考电池的失配系数是 0.99-1.00。

如上所述，由于参考电池具有与试样电池相似的光谱响应和与试样电池相同的限流电池，并且失配系数几乎为 1，所以，对于试样电池输出特性的修正结果的准确度得到提高。

比较实例 1

为检验上述实例 1 的测量结果的准确度，实例 1 的试样电池用多

光源方法测量。

也就是说，使用具有可调节光谱的日光模拟器（多光源模拟器），调节日光模拟器的光谱，以便试样电池的顶层电池、中间电池和底层电池每一个的电流都与在标准测试条件下的相等。此时日光模拟器的光谱用已知的分光辐射谱仪测量。

除了使用多光源模拟器之外，根据与实例 1 相同的程序，使用与实例 1 相同的参考电池，并且测量电流-电压特性，同时由参考电池调节日光模拟器的辐射度到 1000W/m^2，且参考电池的温度调节到 25℃。在此情形中，输出特性不用参考电池修正。图 7 示出测量结果。

图 8 示出实例 1 在修正之前和之后的结果除以图 7 所示的值而获得的结果，并且用百分比表示每个值的增加/减小。从图 8 所示的结果明显看出，根据本实施例的不使用诸如多光源模拟器的装置的测量方法，即修正由普通日光模拟器得到的测量结果的测量方法，可获得与多光源方法几乎相同的准确的测量结果。

实例 2

根据与实例 1 相同的程序，测量与实例 1 相同的试样电池。图 9 示出由公式(10)而不是由公式(9)修正测量结果而得到的结果。图 10 示出实例 2 在图 9 所示修正之前和之后的结果除以图 7 所示的值而获得的结果，并且用百分比表示每个值的增加/减小。从图 10 所示的结果明显看出，即使采用本实施例中使用公式(10)的测量方法，也可获得与多光源方法几乎相同的准确的测量结果。

实例 3

使用氙灯作为光源并借助已知的日光模拟器，测量双层太阳能电池的输出特性，此太阳能电池具有两层的结构，其中包括：具有 pin 结的顶层电池，其 i－层使用 a-Si；以及具有 pin 结的底层电池，其 i－层使用微晶粒（下称“μc-Si”）。

双层太阳能电池是在单个不锈钢基片上形成的尺寸约为 25cm × 18cm 的子模件，并且在子模件串联或并联之前处于单个元件的状态。没有表面保护层形成。日光模拟器的有效照射面积为约 130cm ×

80cm。辐射度的位置变化为±3%或更小，且在子模件面积之内的辐射度的位置变化为±1.5%或更小。

使用已知的电子负荷作为电源 103。通过个人计算机使电压波动。对于电压和电流检测仪 101 和 102，使用电阻器-模数转换卡组合，通过个人计算机获得测量电压和电流的数据。采用上述配置，得到子模件的电流-电压特性。

对于参考子模件，使用与试样子模件具有相同结构和尺寸的双层太阳能电池子模件，此子模件事先用来自日光模拟器的光照射 1000 小时并老化使特性随时间的变化稳定。当日光条件满足标准日光条件或等效气象条件时，事先在室外测量参考子模件的电流-电压特性，并修正辐射度和温度，由此获得在标准测试条件下的电流-电压特性。

当参考子模件的面积制作得与试样子模件的匹配时，任何因日光模拟器的辐射度的位置变化引起的误差可大大降低。

对于辐射度检测仪，使用参考子模件，并且日光模拟器的辐射度调节到 $1000W/m^2$，以便参考子模件的短路电流与在标准测试条件下的匹配。因而，在此实例中，根据以上关于修正方法的描述可以认为 $Isc.r^*=Isc.r.o$。

试样子模件的温度为 27℃而参考子模件的温度为 27.5℃。这两个子模件的电流-电压特性用温度修正系数进行修正，此温度修正系数是事先使用与上述结构相同的双层太阳能电池而得到的。

从试样子模件的修正电流-电压特性得到最大功率 $Pm.s^*$；从参考子模件的修正电流-电压特性得到 $FF.r^*$；从参考子模件在标准测试条件下的电流-电压特性得到 FF.r.o，此特性事先测量；以及用公式(9)进行修正得到最大功率 Pm.s.o。图 11 示出这些结果。

当日光条件满足标准日光条件或等效气象条件时，在室外测量试样子模件的电流-电压特性，并修正辐射度和温度，由此获得在标准测试条件下的电流-电压特性。从这些结果得到的输出特性 Pm、Voc、Isc 和 FF 与图 11 所示的在测量中和在修正之后的输出特性相比较。图 12 示出比较结果。

从图 12 所示结果明显看出，当用普通日光所获得的测量结果采用本实施例的测量方法进行修正时，即使不在严格的气象条件下用标准日光进行室外测量，也可获得与标准日光方法几乎相同的准确的测量结果。

实例 4

在室外测量双层太阳能电池模件的输出特性，此太阳能电池模件具有两层的结构，其中包括：具有 pin 结的顶层电池，其 i－层使用 a-Si；以及具有 pn 结的底层电池，其 n-层使用单晶硅（下称“c-Si”）。

双层太阳能电池模件是尺寸为约 95cm × 55cm 的所谓超级直模件，其中 15 串 × 3 并的双层太阳能电池连接在一起，每个电池都是在尺寸为约 10cm × 10cm 的单晶硅晶片上形成。在晴天进行室外测量，此时直射日光的入射角为 10° 或更小，且辐射度为 800W/m^2 或更大。由于测量不是在标准日光方法的受限气象条件下进行，而是在更为普通的气象条件下进行，日光的光谱不满足标准日光的条件。

使用已知的电子负荷作为电源 103。通过电子负荷的作用使电压波动。对于电压和电流检测仪 101 和 102，使用已知的数字式万用表，通过笔记本个人计算机获得测量电压和电流的数据。采用上述配置，得到模件的电流-电压特性。

对于参考模件，使用具有相同模件结构和尺寸为约 10cm × 10cm 的双层太阳能电池子模件，此子模件事先用来自日光模拟器的光照射 1000 小时并老化使特性随时间的变化稳定。用多光源方法事先测量参考模件在标准测试条件下的电流-电压特性。

当参考模件的面积制作得与试样子模件的匹配时，温度修正中的任何误差和输出特性中的任何测量误差都被降低。参考模件和试样模件安装在相同框架的相同平面上，直射日光的入射角相等，并且同时测量电流-电压特性，由此使测量条件相同。

对于辐射度检测仪，使用参考模件。辐射度用参考模件的短路电流测量。

试样模件的温度根据温度系数进行计算，此温度系数来自：使用

脉冲型日光模拟器同时控制温度为 25℃而在室内测量的开路电压 Voc、以及在室外测量的开路电压 Voc。参考模件的温度也根据温度系数进行计算，但此温度系数来自：采用多光源方法同时控制温度为 25℃而在室内测量的开路电压 Voc、以及在室外测量的开路电压 Voc。接着，根据温度修正系数值和串联电阻值，对两个模件的电流-电压特性进行温度修正和辐射度修正，此串联电阻值是使用结构与上述相同的双层太阳能电池而得到的。

在温度修正和辐射度修正之后，从试样模件的电流-电压特性得到最大功率 $Pm.s^*$；在温度修正和辐射度修正之后，从参考模件的电流-电压特性得到 $FF.r^*$；从参考模件在标准测试条件下的电流-电压特性得到 FF.r.o，此特性事先测量；以及用公式(7)进行修正得到最大功率 Pm.s.o。在此实例中，即使用公式(8)进行修正时，所得到的值也与用公式(7)得到的值相同。图 13 示出这些结果。

当日光条件满足标准日光条件或等效气象条件时，在室外测量试样模件的电流-电压特性，并修正辐射度和温度，由此获得在标准测试条件下的电流-电压特性。从这些结果得到的输出特性 Pm、Voc、Isc 和 FF 与图 13 所示的在测量中和在修正之后的输出特性相比较。图 14 示出比较结果。

从图 14 所示结果明显看出，当用本实施例的测量方法修正室外测量所得到的结果时，不用等到在严格气象条件下获得标准日光条件的那天，就可获得与标准日光方法几乎相同的准确的测量结果。

在日本，一年中仅有几天能得到适用于标准日光方法的气象条件。然而，根据本实施例的测量方法，在一天中可进行任意次数的测量，只要在晴天获得 $800W/m^2$ 或更大的辐射度就行，并且室外测量的天数有可能大大增加。

实例 5

在尺寸为约 25cm × 35cm 的单个不锈钢基片上形成与实例 1 相同的三层太阳能电池，以制备子模件。使用镀锌钢板作为支撑串联五个子模件，并且增加表面保护层、旁通二极管和接线盒等，形成尺寸为

约 140cm × 42cm 的屋面材料形状的模件。二十个模件串联形成一串，五串并联形成太阳能电池阵列。太阳能电池阵列的输出为 3.2kW。此太阳能电池阵列还用作屋面材料，安装后作为建筑物的屋顶并经过连接盒与诸如变换器的功率调节器相连，以便用作光电发电系统的一部分。

一直安装在屋顶的太阳能电池阵列的输出特性用日光测量。在晴天，当直射日光的入射角为 10° 或更小且辐射度为 800W/m^2 或更大时，进行测量。由于测量不是在标准日光方法的受限气象条件下进行，而是在更为普通的气象条件下进行，日光的光谱不满足标准日光的条件。

在连接盒断开太阳能电池阵列与功率调节器的连接之后，太阳能电池阵列的输出连接到电源 103。对于电源 103，使用一种对电容器里所积累的电荷进行放电的已知方法。通过对电容器放电而使电压波动。对于电压和电流检测仪 101 和 102，使用已知的数字式万用表，通过笔记本个人计算机获得测量电压和电流的数据。采用上述配置，得到太阳能电池阵列的电流-电压特性。

对于参考模件，使用具有与试样相同的模件结构且尺寸为约 25cm × 35cm 的三层太阳能电池子模件，参考模件已事先通过用已知的向前偏流注入方法注入电流 1500 小时进行老化，以使特性随时间的变化稳定。用标准日光方法事先测量参考模件在标准测试条件下的电流-电压特性。

当参考模件的面积制作得与作为试样的太阳能电池阵列的子模件的面积匹配时，温度修正中的任何误差和输出特性中的任何测量误差都降低。参考模件和作为试样的太阳能电池阵列相对于日光设置成相同的角度，以使直射日光的入射角相同，并同时测量电流-电压特性，由此使测量条件相同。

对于辐射度检测仪，使用参考模件。辐射度用参考模件的短路电流测量。

太阳能电池阵列的温度由在多个点测量的温度的加权平均值得

到，各点温度用辐射温度计从阵列表面侧以在阵列上不产生阴影的估计角度进行测量。参考模件的温度用片状铜康铜热电偶和数字式温度计测量，热电偶和温度计粘结到模件下表面的近乎中央的部分。接着，根据温度修正系数值和串联电阻值，对模件和阵列的电流-电压特性进行温度修正和辐射度修正，该串联电阻值用结构与上述相同的三层太阳能电池而得到。另外，估计太阳能电池阵列上的污垢程度，并用污垢修正系数修正电流-电压特性。

在温度修正、辐射度修正及污垢修正之后，从太阳能电池阵列的电流-电压特性得到最大功率 $Pm.s^*$；在温度修正和辐射度修正之后，从参考模件的电流-电压特性得到 $FF.r^*$；从参考模件在标准测试条件下的电流-电压特性得到 FF.r.o，此特性事先测量；以及用公式(7)进行修正得到最大功率 Pm.s.o。图 15 示出这些结果。

在日光满足标准日光条件的气象条件下，难以在室外测量太阳能电池阵列的电流-电压特性。为解决这个问题，在制造形成太阳能电池阵列的太阳能电池模件的过程中，用脉冲-光型日光模拟器测量每个模件的电流-电压特性，根据与实例 4 相同的程序得到输出特性。对 20×5 串并联模件的输出特性进行综合，得到太阳能电池阵列的输出特性。最后，对光引发的老化比和在安装太阳能电池阵列之后因连接电缆和阻塞二极管引起的损失量进行修正，获得在构造太阳能电池阵列之后太阳能电池阵列的修正输出特性。这些输出特性与如图 15 所示的在测量中和在修正之后的输出特性相比较。图 16 示出比较结果。

从图 16 所示结果明显看出，当用本实施例的测量方法修正室外测量所得到的测量结果时，不用等到在严格气象条件下获得标准日光条件的那天，就可获得与对标准日光方法的测量结果综合而得到的结果几乎相同的准确的测量结果。

实例 6

使用金属卤化物灯作为光源并借助已知的日光模拟器，测量光敏元件的的输出特性，此光敏元件具有层叠结构，其中包括：具有由 AlGaAs 形成的 pn 结的顶层电池；以及具有由 GaAs 形成的 pn 结的

底层电池。

光敏元件在单个 GaAs 晶片上形成，然后切成约 1cm × 1cm 的大小，并且处于形成传感器单元之前的状态。日光模拟器的有效照射面积为约 10cm × 10cm。辐射度的时间变化比为 ± 1%或更小，辐射度的位置变化为 ± 2%或更小。

使用已知的电子负荷作为电源 103。通过个人计算机使电压波动。对于电压和电流检测仪 101 和 102，使用电阻器-模数转换卡组合，通过个人计算机获得测量电压和电流的数据。采用上述配置，得到光敏元件的电流-电压特性。

制备 100 个具有相同尺寸的层叠光敏元件，从中选一个具有平均输出特性和光谱响应的光敏元件并用作参考电池。事先用多光源方法测量参考电池在标准测试条件下的电流-电压特性。

当参考电池的面积制作得与试样的相匹配时，任何因日光模拟器的辐射度的位置变化引起的误差可大幅降低。

对于辐射度检测仪，使用参考电池，并且日光模拟器的辐射度调节到 1000W/m^2，以便参考电池的最大功率与在标准测试条件下的相匹配，即满足修正方法的上述公式(11)。

在基片的下表面上设置铜块和珀尔帖元件，以调节试样和参考电池的温度到 25℃ ± 1℃。

因而，此实例与上述辐射度可以调节的情形相对应。由于辐射度以及电池和试样的温度调节到 1000W/m^2 和 25℃，因此对于所得到的电流-电压特性进行辐射度修正和温度修正就没必要了。

对由上述测量所得到的光敏元件输出特性的计算结果在图 17 的功率校正测量列中示出。

作为与本实施例测量方法的比较，根据与上述实例相同的程序进行测量，不同地是，日光模拟器的辐射度通过匹配参考电池的短路电流来调节，而不是通过匹配最大功率以满足公式(11)来调节。图 17 在电流校正测量列中示出测量结果。

用多光源方法测量光敏元件在标准测试条件下的电流-电压特性。

从这些结果得到的输出特性 Pm、Voc、Isc 和 FF 与图 17 的功率校正测量和电流校正测量中所示的输出特性相比较。图 18 示出比较结果。

从图 18 所示结果明显看出，根据本实施例的测量方法，即使在使用普通日光模拟器时，不用多光源方法进行测量也可得到与使用多光源方法所得到的结果几乎相同的准确的最大功率测量结果。

在此实例的功率校正测量中，由于强调最大功率测量，最大功率测量准确度变得比常规电流校正测量更高，尽管短路电流和占空因数也包含误差。

此实例的功率校正测量是简单的测量程序，测量所需的时间缩短，在短时间内可测量若干试样。因而，此方法适用于生产线的检查系统，此系统必须自动测量若干试样。

如上所述，根据本实施例的测量方法，可准确测量层叠光电转换器件的输出特性。另外，与多光源方法不同，由于不用任何昂贵的测量装置也能获得等效的测量准确度，因此成本降低。进而，与多光源方法或标准日光方法不同，尽管既不需要复杂的控制也不需要严格选择测量条件，也可获得等效的测量准确度并有利于测量进行。

在层叠光电转换器件的单个半导体结中，当在光照射下用于限制层叠光电转换器件短路电流的半导体结被定义成限流电池时，由于限流电池由测试器件和参考器件之间的相同半导体结形成，在待测试的层叠光电转换器件和作为参考的层叠光电转换器件之间的光谱响应的近似程度提高；短路电流和占空因数中的误差减小；并且可提高层叠光电转换器件的输出特性的测量准确度。

显而易见，只要不脱离本发明的精神和范围，可广泛制作很多不同的本发明实施例，容易理解，除了后附权利要求中所定义的之外，本发明不受其具体实施例的限制。

图1

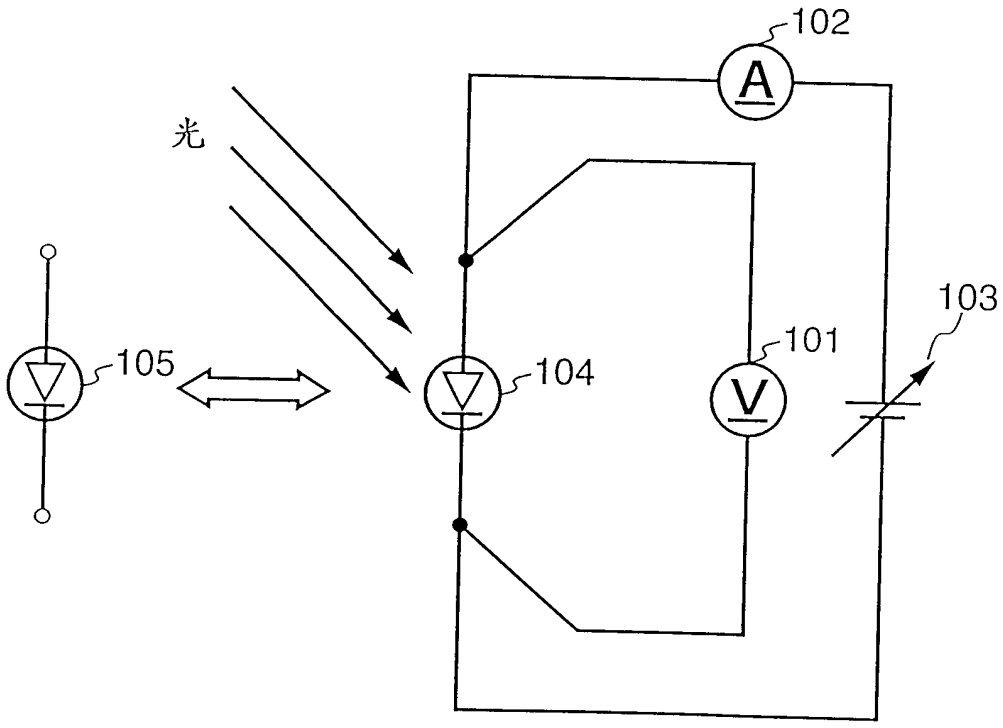


图2

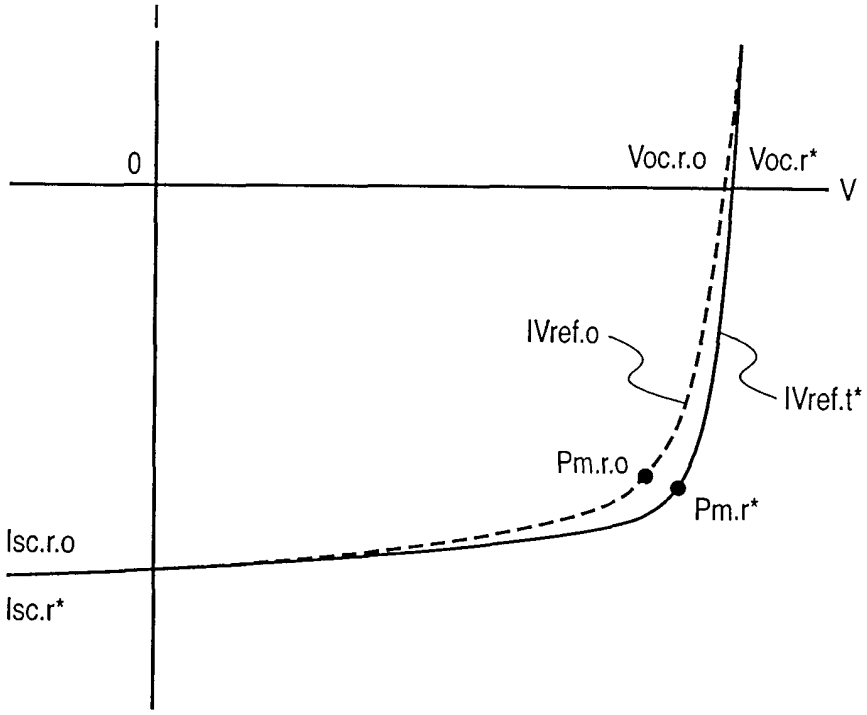


图3

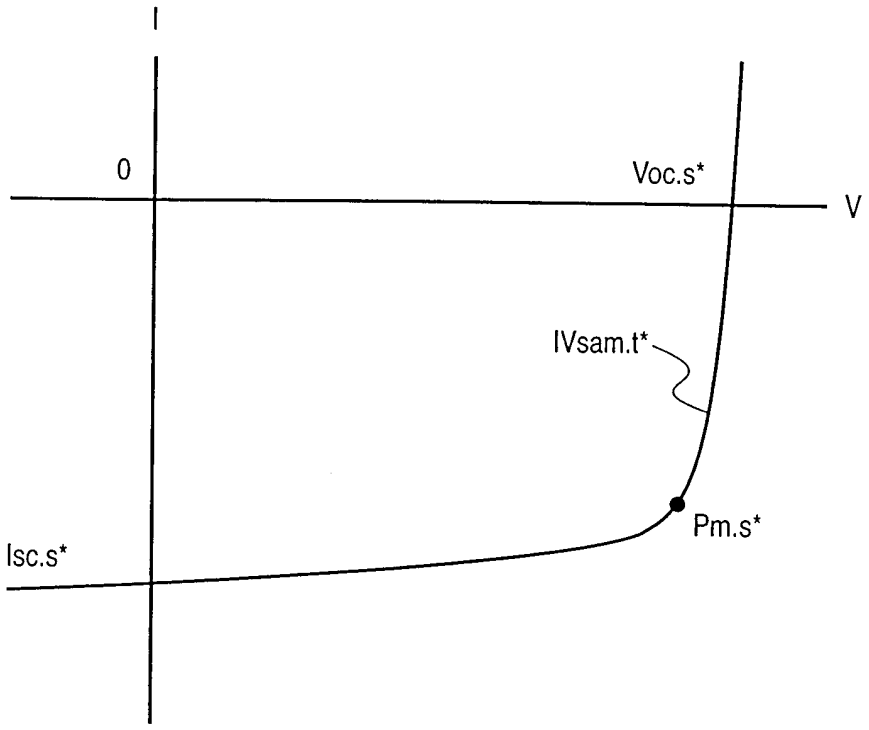


图4

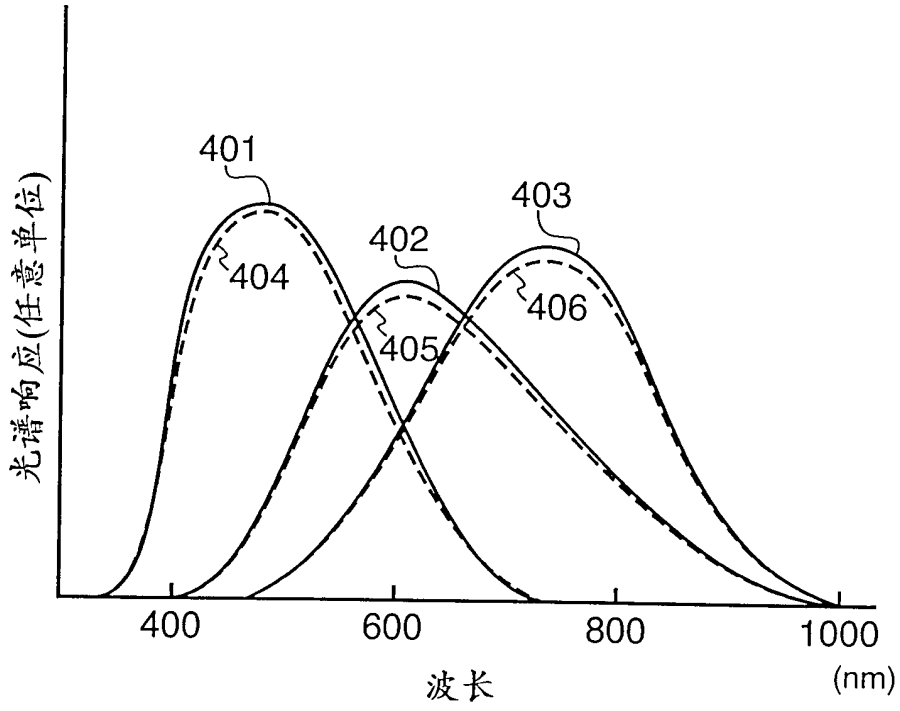


图5

参考电池				试样电池			
在标准测试条件下		在测量中		在测量中		修正后	
Pm.r.o(mW)	9.4	Pm.r*(mW)	10.0	Pm.s*(mW)	11.3	Pm.s.o(mW)	10.7
Voc.r.o(V)	2.04	Voc.r*(V)	2.05	Voc.s*(V)	2.1	Voc.s.o(V)	2.1
Isc.r.o(mA)	6.9	Isc.r*(mA)	6.9	Isc.s*(mA)	7.2	Isc.s.o(mA)	7.2
FF.r.o	0.67	FF.r*	0.71	FF.s*	0.75	FF.s.o	0.71

图6

	试样电池的电流 (Jsam) (mA／cm²)	参考电池的电流 (Jref) (mA／cm2)	电流比 Jsam／Jref	失配系数
顶层电池	7.0	6.8	1.03	1.00
中间电池	7.6	7.1	1.07	0.99
底层电池	8.0	7.4	1.08	0.99

图7

测量结果	
Pm (mW)	10.7
Voc (V)	2.09
Isc (mA)	7.2
FF	0.71

图8

试样电池			
在测量中		修正后	
ΔPm.s*(%)	6.1	ΔPm.s.o(%)	0.2
ΔVoc.s*(%)	0.5	ΔVoc.s.o(%)	0.5
ΔIsc.s*(%)	0.0	ΔIsc.s.o(%)	0.0
ΔFF.s*	5.6	ΔFF.s.o	-0.3

图9

参考电池				试样电池			
标准测试条件下		测量中		测量中		修正后	
Pm.r.o(mW)	9.4	Pm.r*(mW)	10.0	Pm.s*(mW)	11.3	Pm.s.o(mW)	10.6
Voc.r.o(V)	2.04	Voc.r*(V)	2.05	Voc.s*(V)	2.1	Voc.s.o(V)	2.09
Isc.r.o(mA)	6.9	Isc.r*(mA)	6.9	Isc.s*(mA)	7.2	Isc.s.o(mA)	7.2
FF.r.o	0.67	FF.r*	0.71	FF.s*	0.75	FF.s.o	0.71

图10

试样电池			
测量中		修正后	
ΔPm.s*(%)	6.1	ΔPm.s.o(%)	-0.3
ΔVoc.s*(%)	0.5	ΔVoc.s.o(%)	0.0
ΔIsc.s*(%)	0.0	ΔIsc.s.o(%)	0.0
ΔFF.s*	5.6	ΔFF.s.o	-0.3

图11

参考子模件				试样子模件			
在标准测试条件下		在测量中		在测量中		修正后	
Pm.r.o(W)	5.0	Pm.r*(W)	4.7	Pm.s*(W)	5.2	Pm.s.o(W)	5.4
Voc.r.o(V)	1.4	Voc.r*(V)	1.39	Voc.s*(V)	1.42	Voc.s.o(V)	1.42
Isc.r.o(A)	4.95	Isc.r*(A)	4.95	Isc.s*(A)	5.1	Isc.s.o(A)	5.1
FF.r.o	0.72	FF.r*	0.69	FF.s*	0.72	FF.s.o	0.75

图12

试样电池			
在测量中		修正后	
ΔPm.s*(%)	-3.7	ΔPm.s.o(%)	0.5
ΔVoc.s*(%)	-0.4	ΔVoc.s.o(%)	-0.4
ΔIsc.s*(%)	0.0	ΔIsc.s.o(%)	0.0
ΔFF.s*(%)	-3.4	ΔFF.s.o(%)	0.8

图13

参考模件				试样模件			
在标准测试条件下		在测量中		在测量中		修正后	
Pm.r.o(W)	1.5	Pm.r*(W)	1.5	Pm.s*(W)	73.7	Pm.s.o(W)	69.7
Voc.r.o(V)	1.48	Voc.r*(V)	1.48	Voc.s*(V)	22.5	Voc.s.o(V)	22.5
Isc.r.o(A)	1.4	Isc.r*(A)	1.4	Isc.s*(A)	4.2	Isc.s.o(A)	4.2
FF.r.o	0.7	FF.r*	0.74	FF.s*	0.78	FF.s.o	0.74

图14

试样模件			
在测量中		修正后	
ΔPm.s*(%)	4.7	ΔPm.s.o(%)	-1.0
ΔVoc.s*(%)	-0.4	ΔVoc.s.o(%)	-0.4
ΔIsc.s*(%)	0.0	ΔIsc.s.o(%)	0.0
ΔFF.s*(%)	5.1	ΔFF.s.o(%)	-0.6

图15

参考模件				太阳能电池阵列			
在标准测试条件下		在测量中		在测量中		修正后	
Pm.r.o(W)	6.4	Pm.r*(W)	6.8	Pm.s*(kW)	3.44	Pm.s.o(kW)	3.27
Voc.r.o(V)	2.04	Voc.r*(V)	2.05	Voc.s*(V)	202	Voc.s.o(V)	202
Isc.r.o(A)	5.45	Isc.r*(A)	5.45	Isc.s*(A)	27	Isc.s.o(A)	27
FF.r.o	0.58	FF.r*	0.61	FF.s*	0.63	FF.s.o	0.60

图16

太阳能电池阵列			
在测量中		修正后	
ΔPm.s*(%)	5.6	ΔPm.s.o(%)	0.4
ΔVoc.s*(%)	-0.2	ΔVoc.s.o(%)	-0.2
ΔIsc.s*(%)	0.0	ΔIsc.s.o(%)	0.0
ΔFF.s*(%)	5.9	ΔFF.s.o(%)	0.7

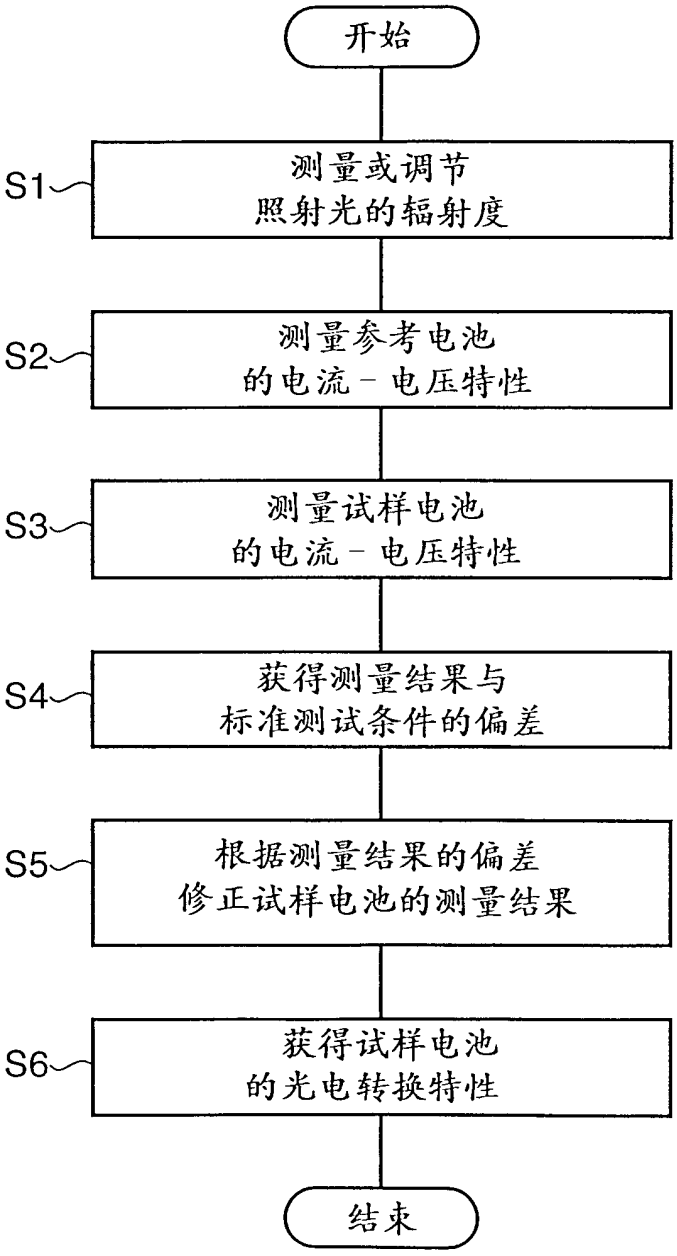
图17

参考电池				试样光敏元件			
在标准测试条件下		在测量中		功率校正测量		电流校正测量	
Pm.r.o(mW)	16.6	Pm.r*(mW)	16.6	Pm.s*(mW)	17.0	Pm.s*(mW)	16.3
Voc.r.o(V)	2.00	Voc.r*(V)	1.99	Voc.s*(V)	2.01	Voc.s*(V)	2.01
Isc.r.o(mA)	11.5	Isc.r*(mA)	12.0	Isc.s*(mA)	12.5	Isc.s*(mA)	11.98
FF.r.o	0.72	FF.r*	0.69	FF.s*	0.68	FF.s*	0.68

图18

试样光敏元件			
功率校正测量		电流校正测量	
ΔPm.s*(%)	0.6	ΔPm.s.o(%)	-3.6
ΔVoc.s*(%)	0.0	ΔVoc.s.o(%)	0.0
ΔIsc.s*(%)	4.2	ΔIsc.s.o(%)	-0.2
ΔFF.s*(%)	-3.4	ΔFF.s.o(%)	-3.4

图19


开始
S1
测量或调节
照射光的辐射度
S2
测量参考电池
的电流－电压特性
S3
测量试样电池
的电流－电压特性
S4
获得测量结果与
标准测试条件的偏差
S5
根据测量结果的偏差
修正试样电池的测量结果
S6
获得试样电池
的光电转换特性
结束