

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 31/0232

H01L 31/0236 H01L 31/04

H01L 31/18 H01L 21/00

H01G 9/20



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410008554.2

[43] 公开日 2004年9月29日

[11] 公开号 CN 1532950A

[22] 申请日 2004.3.24

[21] 申请号 200410008554.2

[30] 优先权

[32] 2003.3.24 [33] EP [31] 03006593.2

[71] 申请人 索尼国际(欧洲)股份有限公司

地址 德国柏林

[72] 发明人 M·杜尔 G·内勒斯 安田章夫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

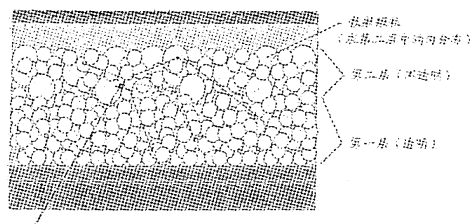
代理人 傅康梁永

权利要求书3页 说明书9页 附图10页

[54] 发明名称 使用在电子器件中的多孔膜

[57] 摘要

本发明涉及用在电子器件中的多孔膜、这种多孔膜的使用、制造多孔膜的方法以及通过所述方法制造的多孔膜。



ISSN 1008-4274

- 1、一种在电子器件、特别是太阳能电池中使用的多孔膜，所述膜具有前表面和后表面，其特征在于所述多孔膜具有从所述前表面向所述后表面延伸的光散射强度的梯度，所述光散射强度朝向所述后表面增加。
- 2、根据权利要求1所述的多孔膜，其特征在于所述光散射强度的所述梯度以在所述前表面上的零光散射开始。
- 3、根据权利要求1-2任一项所述的多孔膜，其特征在于所述多孔膜包括至少两层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，并且一层另外具有较大平均直径或长度的第二种颗粒。
- 4、根据权利要求3所述的多孔膜，其特征在于所述多孔膜包括至少三层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，并且至少一层另外至少具有较大平均直径或长度的第二种颗粒。
- 5、根据权利要求4所述的多孔膜，其特征在于所述多孔膜包括多层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，并且至少一层另外具有较大平均直径或长度的至少第二种颗粒。
- 6、根据权利要求3-5任一项所述的多孔膜，其特征在于所述颗粒具有选自棒、管、圆柱、立方体、平行六面体、球体、珠和椭球体的形状。
- 7、根据权利要求3-6任一项所述的多孔膜，其特征在于所述颗粒选自半导体材料颗粒、金属颗粒和绝缘颗粒。
- 8、根据权利要求3-7任一项所述的多孔膜，其特征在于依次施加至少两层/三层/多层。
- 9、根据权利要求8所述的多孔膜，其特征在于至少两层/三层/多层是通过选自丝网印刷、医用铲刮、点滴浇注、旋涂、溶胶凝胶处理和移去技术以及上述技术的任意组合来依次施加的。
- 10、根据权利要求3-9任一项所述的多孔膜，其特征在于第一种颗粒的平均直径在2nm-25nm范围内，优选为3nm-20nm，或者它们的平均长度为3nm-300nm，优选为10nm-100nm。
- 11、根据权利要求3-10任一项所述的多孔膜，其特征在于第二种颗粒的平均直径或长度在50nm-1 μ m范围内，优选为100nm-500nm，更优选为200nm-400nm。
- 12、根据权利要求3-11任一项所述的多孔膜，其特征在于，在另外

具有第二种颗粒的层中，第一种颗粒与第二种颗粒的比值在 10:1 到 1:1 的范围内，优选为 8:1 到 2:1。

13、根据权利要求 12 所述的多孔膜，其特征在于该比值为重量比。

14、根据权利要求 12 所述的多孔膜，其特征在于该比值是体积比。

5 15、根据前述任一项权利要求的多孔膜，包括多层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，除了一层之外的所有层都具有第二种颗粒，其中在具有第二种颗粒的每层中，

(i) 第二种颗粒的平均直径或长度在每层中都是相同的，并且存在于每层中的第二种颗粒的量因各个层而不同，

10 或者

(ii) 存在于每层中的第二种颗粒的量在每层中都是相同的，并且第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同。

16、根据权利要求 15 所述的多孔膜，其特征在于在存在于每层中的第二种颗粒的量因各个层而不同的情况下，该量是从一层至另一层增加，并且在存在于每层中的第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同的情况下，第二种颗粒的平均直径或长度从一层至另一层增加。

17、根据权利要求 15-16 任一项所述的多孔膜，其特征在于只有第一种颗粒的一层和靠近于所述多孔膜的所述后表面相比更靠近于所述前表面。

20 18、根据权利要求 17 所述的多孔膜，其特征在于只有第一种颗粒的所述一层与所述前表面相邻。

19、根据前述任一项权利要求的多孔膜在电子器件、特别是太阳能电池中的使用。

25 20、一种电子器件，包括根据权利要求 1-19 任一项权利要求的多孔膜。

21、根据权利要求 20 的电子器件，它是太阳能电池。

22、根据权利要求 21 的的太阳能电池，还包括反射后电极。

23、根据权利要求 21-22 任一项的太阳能电池，还包括光限制层。

24、根据权利要求 21-23 任一项的太阳能电池，还包括电解质。

30 25、一种形成多孔膜的方法，其中该多孔膜在穿过其厚度上具有光散射强度的梯度，该方法包括以下步骤：

a) 提供具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，

b) 提供第二种颗粒,

c) 提供基板,

5 d) 向所述基板上施加多个层, 每层具有一个平均直径或长度的所述第一种颗粒, 并且除了一层以外的所有层都具有所述第二种颗粒, 其中在具有第二种颗粒的所述层的每层中,

(i) 所述第二种颗粒的平均直径或长度在每层中都是相同的, 并且存在于每层中的所述第二种颗粒的量因各个层而不同,

或者

10 (ii) 存在于每层中的所述第二种颗粒的量在每层中都是相同的, 并且所述第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同。

26、根据权利要求 25 的方法, 其特征在于在存在于每层中的所述第二种颗粒的量因各个层而不同的情况下, 所述量是从一层至另一层增加, 并且在存在于每层中的所述第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同的情况下, 所述平均直径或长度从一层至另一层增加。

15 27、根据权利要求 25-26 任一项的方法, 其特征在于步骤) a、b) 和 c) 可以是任意的顺序。

28、根据权利要求 25-27 任一项的方法, 其特征在于所述多层是通过选自丝网印刷、医用铲刮、点滴浇注、旋涂、溶胶凝胶处理和移去技术及上述技术的任何组合来施加的。

20 29、根据权利要求 25-28 任一项的方法, 其特征在于每层是分开施加的。

30、根据权利要求 29 的方法, 其特征在于施加层之后, 是烘干步骤。

31、根据权利要求 25-30 任一项的方法, 其特征在于在施加了所有层之后, 烧结该多孔膜。

25 32、根据权利要求 25-31 任一项的方法制造的多孔膜。

33、根据权利要求 32 的多孔膜在电子器件、特别是太阳能电池中的使用。

34、一种电子器件, 包括根据权利要求 32 的多孔膜。

使用在电子器件中的多孔膜

技术领域

- 5 本发明涉及用在电子器件中的多孔膜这种多孔膜的使用、多孔膜的制造方法以及通过所述方法制造的多孔膜。

背景技术

- 单晶太阳能电池呈现高达~25%的能量转换效率。其中基于Si的晶体不再是单晶而是多晶，最高效率在~18%的范围内，采用非晶硅时的效率为~12%。然而，即使是非晶硅的形式，基于硅的太阳能电池制造起来也相当昂贵。因此，在有机化合物和/或有机和无机化合物的混合物的基础上人们已经研制了一种替代物，后种类型的太阳能电池通常被称为混合太阳能电池。已经证实有机和混合太阳能电池可以被廉价地制造，但是与非晶硅电池相比好象效率相对低。由于它们的固有优点，如重量轻、大面积的制造成本低、土族材料、或者可以在柔性基板上制备，因此有效的有机器件可以证实是技术上和商业上有用的“塑料太阳能电池”。近年来在基于染料-感光纳米晶体二氧化钛(多孔TiO₂)半导体和液体氧化还原电解质的太阳能电池上的进展证实了在有机材料中的高能量转换效率的可能性[B. O'Regan和M. Gratzel, Nature 353 (1991) 737]。这种混合太阳能电池的基本结构示于图1中。

- 基于通过分子染料的纳米晶体TiO₂感光的光电化学电池(染料感光太阳能电池, DSSC)已经引起了人们的很大注意,因为它们首先宣告成为有效的光生伏打器件(B. O'Regan和M. Gratzel, *ibid.*; WO 91/16719)。为了提高这种类型的太阳能电池的效率而所做的一个推动性的研究是对器件的光导的改进,以便提高光学路径长度,因此增强了在器件的给定厚度有源层上的光吸收能力。为此,有源层内的增强光散射已经成为几篇公报的主题。

关于DSSC的已报导的成果分类如下:

- 几个作者已经考虑了通过提高颗粒尺寸和/或混入大直径颗粒来增加纳米晶体TiO₂层的总散射能力。([1] C. B. Barbe 等人, J. Am. Ceram. Soc. 80, 3157 (1997); [2] G. Rothenberger, P. Comte, 和 M. Gratzel, 太阳能材料&太阳能电池 58, 321 (1998); [3] A Usami, 太阳能

材料&太阳能电池 62, 239 (2000); [4] A Usami, 太阳能材料&太阳能电池 64, 73 (2000))。

其他人已经在理论上考虑了具有不同层的不同光散射能力的两层系统 ([5] A Usami, 化学物理文摘 277, 105 (1997); [6] J. Ferber 和 J. Luther, 太阳能材料和太阳能电池 54, 265 (1998))。

人们也已经提出了具有增强的散射性的其它层用于提高薄膜晶体硅太阳能电池的效率。 ([7] J. Bruns 等人., 应用物理文摘 64, 2700 (1994); [8] V. A Skryshevsky 和 A Laugier, 薄固体膜 346, 261 (1999))。

10 现有状态的太阳能电池的缺点列举如下:

(1) 标准 DSSC 示于图 1 中。它由基板 (玻璃)、透明导电氧化物层、具有电解质的多孔 TiO_2 层 (非散射)、电解质层、和反电极 (铂) 构成。光路如图所示那样行进, 即在最佳情况下它在反电极上被反射并两次通过多孔层。

15 与此相关的缺点在于:

(i) 通过多孔层的光路很短。经过多孔层的两倍厚度的长度之后, 光损失。

(ii) 在后电极上反射之前和之后, 光部分地被电解质吸收。

20 (iii) 只能通过较厚的多孔层来提高吸收率。如果完全可以实现的话, 这对于多孔层的机械稳定性和电解质传输性能是个缺点。通常, 薄层是优选的。

(2) 附加地具有散射反电极的标准 DSSC 示于图 2 中。

与这种设置相关的缺点是:

(i) 通过多孔层的光路短。

25 (ii) 在后电极上反射之前和之后, 光部分地被电解质吸收。

(3) 如上面 (1) 或 (2) 那样, 通过在前电极反射而附加地进行光限制的标准 DSSC 示于图 3 中, 还可参见例如参考文献 [4]。

与此相关的缺点是:

30 (i) 虽然光路的长度在有源层中 (有利地) 增加了, 但是这在电解质中也是这样的情况, 即意味着在那里吸收的光损失了。

(ii) 需要用于前电极的附加的层/工艺。

(4) 具有光散射多孔层的标准 DSSC 示于图 4 中, 其中所述光散射

多孔层在整个层上具有恒定的散射强度；还可参见例如 Barbe 等人的
ibid.

与此相关的缺点在于：

(i) 相对大量的光从多孔层散射回去而没有吸收。

- 5 (5) 具有两层纳米晶体 TiO_2 层的标准 DSSC 示于图 5 中，其中第一层纳米晶体层是透明的，第二层由较大颗粒构成，如在参见上述文献 [5] 和 [6] 中提出的。

与此相关的缺点是：

- 10 (i) 较大颗粒呈现较低的比表面积，因此附着较少量的染料。在这个层中散射的光可能被电解质吸收的量比被染料分子吸收的量更多。在光散射层中几乎不存在吸收性。

(ii) 散射回给透明层的光具有不被吸收的非零概率。

(6) (3) 和 (5) 的组合。

与此相关的缺点是：

- 15 (i) 较大颗粒呈现较低的比表面积，因此附着较少量的染料。在这个层中散射的光可能被电解质吸收的量比被染料分子吸收的量更多。

(ii) 需要用于前电极的附加层/工艺。

作为上述的示意性的注意事项，需要说明的是：

- 20 (a) DSSC 的厚度与覆盖面积的比很小，这意味着在 DSSC 两侧上的损失可以忽略。

(b) 方案 (5) 和 (6) 不能实现，因为没有一种方法可以制造这种结构（比较，例如参考文献 [2]，见上述文献）。

发明内容

- 25 相应地，本发明的目的是避免与现有技术相关的上述问题。本发明的另一目的是提高光生伏打器件的效率。本发明的又一目的是提供光生伏打器件中的良好的光管理。

30 所有这些目的是通过用在电子器件中的多孔膜，尤其是太阳能电池来实现的，所述膜具有前表面和后表面，其特征在于所述多孔膜具有随着光散射强度朝向所述后表面增加而从所述前表面向所述后表面延伸的光散射强度的梯度。

在一个实施例中，所述光散射强度梯度在所述前表面以零光散射开始。

5 在一个实施例中，所述多孔膜包括至少两层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，一层具有另外的较大平均直径或长度的第二种颗粒，优选地，其中所述多孔膜包括至少三层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，并且至少一层附加地至少具有较大平均直径或长度的第二种颗粒。在一个实施例中，所述至少一个第二种颗粒是光散射颗粒。

术语“具有另外的第二种颗粒”意思是表示除了第一种颗粒之外在该层中还存在第二种颗粒。

10 更优选地，所述多孔膜包括多个层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，并且至少一层具有另外的较大平均直径或长度的至少第二种颗粒。

在一个实施例中，所述颗粒具有选自棒、管、圆柱、立方体、平行六面体、球体、珠和椭球体的形状，其中优选地，所述颗粒选自半导体材料颗粒、金属颗粒和绝缘颗粒。

15 优选地，半导体材料颗粒从包括 TiO_2 颗粒、 ZnO 颗粒、 SnO 颗粒、 Sb_2O_3 颗粒、 CdTe 颗粒、 CdSe 颗粒和 CdS 颗粒的组中选择。

如这里使用的，“绝缘颗粒”是非导电颗粒。

20 在一个实施例中，已经依次施加了至少两层/三层/多层，其中优选地，至少两层/三层/多层是通过选自丝网印刷、医用铲刮、点滴浇注、旋涂、溶胶凝胶处理和移去技术的技术依次施加的。

在一个实施例中，第一种颗粒的平均直径在 2nm - 25nm 范围内，优选为 3nm - 20nm ，或者它们的平均长度为 3nm - 300nm ，优选为 10nm - 100nm 。

在一个实施例中，第二种颗粒的平均直径或长度在 50nm - $1\mu\text{m}$ 范围内，优选为 100nm - 500nm ，更优选为 200nm - 400nm 。

25 在一个实施例中，在具有另外的第二种颗粒的层（一层或多层）中，第一种颗粒与第二种颗粒的比值在 $10:1$ 到 $1:1$ 的范围内，优选为 $8:1$ 到 $2:1$ ，其中优选地，该比值为重量比。

在另一实施例中，该比值是体积比。

30 在一个实施例中，多孔膜包括多层，每层具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，除了一层之外的所有层都具有第二种颗粒，其中在具有第二种颗粒的每层中，

(i) 第二种颗粒的平均直径或长度在每层中都是相同的，并且存在

于每层中的第二种颗粒的量因各个层而不同，
或者

(ii) 存在于每层中的第二种颗粒的量在每层中都是相同的，并且第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同。

5 优选地，在存在于每层中的第二种颗粒的量因各个层而不同的情况下，该量是从一层至另一层增加，并且在存在于每层中的第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同的情况下，第二种颗粒的平均直径或长度从一层至另一层增加。

10 在一个实施例中，只有第一种颗粒的一层与靠近所述多孔膜的所述后表面相比，更靠近所述多孔膜的前表面，其中，优选地，只有第一种颗粒的所述一层与所述前表面相邻。

在一个实施例中，具有另外的（至少）第二种颗粒的（至少）一层吸收和散射光，由此，优选地，光吸收率基本上不同于其它层的光吸收率，由此，更优选地，整个多孔膜中的光吸收率接近恒定。

15 在一个实施例中，根据本发明的多孔膜中的所有层都用染料处理过。

优选地，根据本发明的多孔膜是染料感光的。

20 在一个实施例中，每层含有至少一种类型的染料，其中，优选地，该染料分子涂覆第一和第二种颗粒（如果存在的话，第三、第四、等……种颗粒）。

本发明的目的还通过根据本发明的多孔膜在电子器件、特别是太阳能电池中的使用来实现。

它们还通过包括根据本发明的多孔膜的电子器件来实现。

优选地，该电子器件是太阳能电池。

25 在一个实施例中，太阳能电池包括反射后电极。

在一个实施例中，该太阳能电池包括光限制层。

如这里使用的，“光限制层”是允许例如通过反射来增加太阳能电池中的光路长度的层。

30 在一个实施例中，该太阳能电池包括电解质，其中，优选地，电解质选自包括液体电解质、聚合物凝胶电解质和固态电解质的组。

本发明的目的还通过形成多孔膜的方法来实现，其中该多孔膜在穿过其厚度上具有光散射强度的梯度，该方法包括如下步骤：

- a) 提供具有一个平均直径或长度的第一种颗粒，
b) 提供第二种颗粒，
c) 提供基板，
d) 向所述基板上施加多个层，每层具有一个平均直径或长度的所述
- 5 第一种颗粒，并且除了一层以外的所有层都具有所述第二种颗粒，其中在具有第二种颗粒的所述层的每层中，
- (i) 所述第二种颗粒的平均直径或长度在每层中都是相同的，并且存在于每层中的所述第二种颗粒的量因各个层而不同，
- 或者
- 10 (ii) 存在于每层中的所述第二种颗粒的量在每层中都是相同的，并且所述第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同。
- 优选地，在存在于每层中的所述第二种颗粒的量因各个层而不同的情况下，所述量是从一层至另一层增加，并且在存在于每层中的所述第二种颗粒的平均直径或长度因各个层而不同的情况下，所述平均直径或
- 15 长度从一层至另一层增加。
- 在一个实施例中，步骤) a、b) 和 c) 可以是任意的顺序。
- 在一个实施例中，所述多层是通过选自包括丝网印刷、医用铲刮、点滴浇注、旋涂、溶胶凝胶处理和移去技术及上述技术的任何组合的组中的技术来施加的，其中，优选地，每层是分开施加的。
- 20 如这里使用的，术语“移去技术”意思是表示从一个表面向另一个表面转移层（一层或多层）的任何技术。
- 在一个实施例中，施加层之后，是烘干步骤。
- 在一个实施例中，在已经施加了所有层之后，烧结该多孔膜。
- 本发明的目的还通过根据任何本发明的方法制造的多孔膜来实现。
- 25 它们还通过由根据本发明的方法制造的多孔膜在电子器件、特别是太阳能电池中的使用来实现。
- 它们还通过包括根据本发明的多孔膜的电子器件来实现。
- 优选地，该电子器件是太阳能电池。
- 在一个实施例中，该太阳能电池包括反射后电极。
- 30 在一个实施例中，该太阳能电池包括光限制层。
- 在一个实施例中，该太阳能电池包括电解质。
- 如这里使用的，“随着光散射强度朝向后表面增加，光散射强度的

梯度从前表面向后表面扩展”，随着光散射强度的逐步增加，可以是连续的梯度或不连续的梯度，或者可以是两种的组合。在优选实施例中，该梯度包括至少两个、优选为三个、优选为三个以上、更优选至少为四个不同的光散射强度，其个数优选与存在于根据本发明的多孔膜中的层的数量一致。

5 本发明人已经惊人地发现，通过应用具有从前电极的 $SS=0$ 开始向后电极增加 SS 的散射强度 (SS) 的梯度和具有在整个膜中几乎恒定的吸收率的多孔膜而克服了前面列举的缺点 (图 6)。最简单的实现方式是在具有不同散射强度的两层，即一层较厚的透明层和一层较薄的散射层之间的陡峭梯度 (图 7)。增加的 SS 是通过如下方式实现的：在较薄的散射层以及连续分布的散射强度中，向大多数的小颗粒 (优选为 3-20nm 的平均直径，或者 10-100nm 的平均长度) 中高度混入较大平均直径或平均长度 (优选为几百纳米) 的散射颗粒。这些颗粒可以采用多种形状，例如球状、棒状、平行六面体等，如上所述。在两层系统中，陡峭梯度可以通过依次丝网印刷如上所述的 SS 的两层不同多孔 TiO_2 材料来实现 (图 8)。更复杂的分布 (即接近连续梯度分布) 可以通过分别顺序丝网印刷不同多孔 TiO_2 材料来实现 (图 9)。除了丝网印刷以外的其它施加层的技术，这些对于本领域技术人员来说都是公知的，例如医用铲刮、点滴浇注、旋涂、溶胶凝胶处理、移去技术以及上述技术的任何组合都可用于形成根据本发明的多孔膜。

15 本发明人还惊人地发现，通过在电子器件例如太阳能电池的电子传输层例如纳米晶体 TiO_2 层内施加散射强度的梯度，可以在整个电子传输层即非散射部分以及散射部分中实现高吸收率，该吸收率几乎是恒定的。

25 结果是，可以制造具有以下特性的高效 DSSC:

- 具有长的光学路径长度
- 具有来自多孔层并通过最优化 SS 梯度分布的最小化的回散射
- 具有光路而无电解质的多次相交
- 没有在前电极上的附加反射层
- 在整个多孔层中具有吸收率

30 附图说明

下面参照附图进行说明，其中：

图 1 表示标准染料感光的太阳能电池，

图 2 表示附加地具有散射反电极的标准染料感光太阳能电池，

图 3 表示通过在前电极上的反射附加地进行光限制的标准染料感光太阳能电池，

5 图 4 表示具有光散射多孔层的标准染料感光太阳能电池，其中光散射多孔层在整个层中具有恒定的散射强度，

图 5 表示具有两个纳米晶体 TiO_2 层的标准染料感光太阳能电池，两个纳米晶体 TiO_2 层中，一个是非散射吸收层，另一个是散射、几乎非吸收层，

10 图 6 表示由本发明所希望的光散射强度的连续梯度分布的例子，散射强度和吸收率随本发明的多孔膜的厚度变化的曲线，图 6 中的层厚 0 表示前电极，

图 7 表示具有不同光散射强度的离散阶梯的梯度分布的例子，其中光散射强度和吸收率随本发明的多孔膜的厚度而呈曲线变化，图 7 中的层厚 0 表示前电极，

15 图 8 表示根据本发明的多孔膜的两层系统的例子，实现了不同光散射强度的离散阶梯梯度分布，

图 9 表示具有不同光散射强度的几个离散阶梯的梯度的例子，其中光散射强度和吸收率随本发明的多孔膜的厚度而呈曲线变化，和

20 图 10 表示具有和没有散射强度的梯度的两种电池的 I-V 特性。

现在借助下列例子进一步介绍本发明，这些例子只是示意性的，并不限制本发明。

具体实施方式

具有和没有 SS 陡峭分布的 A 和 B 两种太阳能电池的比较表明，与在整个多孔层上具有恒定 SS 的太阳能电池 B ($\eta=8.1\%$) 相比，具有陡峭分布（来自硫灯的在 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 光强度的功率转换效率： $\eta=9.7\%$ ）的太阳能电池 A 在效率上有明显改进。这些电池的电流-电压特性示于图 10 中。

30 详细地说，这种模型电池 A 由玻璃基板、具有体 TiO_2 涂层（约 30nm ）的导电 FTO 层（ 100nm ）、 $9\mu\text{m}$ 厚的第一多孔 TiO_2 层、以及 $2\mu\text{m}$ 厚的第二高散射多孔层构成，其中第一多孔层含有平均直径约为 18nm 和平均孔尺寸约为 26nm 的颗粒，第二高散射多孔层由具有平均直径为 18nm 的颗

粒 (80w%) 和平均直径为 300nm 的颗粒 (20w%) 的混合物构成。两个多孔层通过丝网印刷依次施加, 其中在施加第二层之前在 80 摄氏度下对第一层烘干半小时。在 80 摄氏度下 (半小时) 进行附加烘干之后, 在 450 摄氏度下对双层系统进行半小时的烧结。红色染料分子 (N3-双-TBA) 经过从乙醇 (0.3mM) 溶液的自组合而作为单层附着于 TiO_2 上。用具有碘/碘化物 (0.015mM) 的聚合物电解质 (PC/EC 中的 PEO) 填充着色的多孔层, 其中聚合物电解质用作氧化还原电对。相同聚合物电解质的 $6\mu\text{m}$ 厚的体层桥接于在多孔层和平坦的、光滑的铂后电极之间的间隙。

在说明书、权利要求书和/或附图中公开的本发明的特征可以分开地和任意组合地成为用于实现各种形式的本发明的材料。

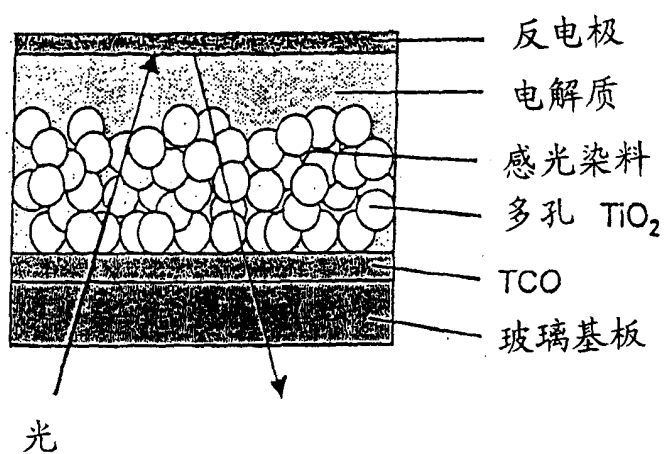


图 1

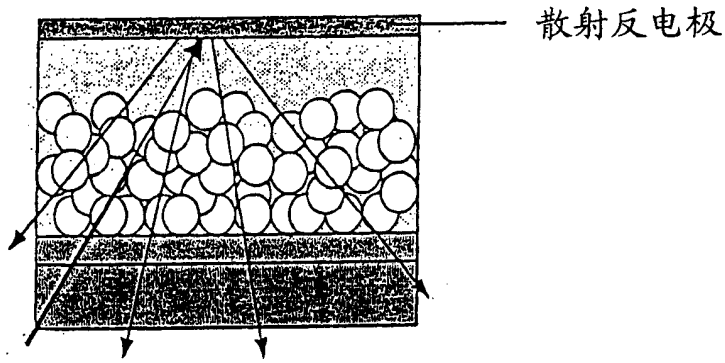


图 2

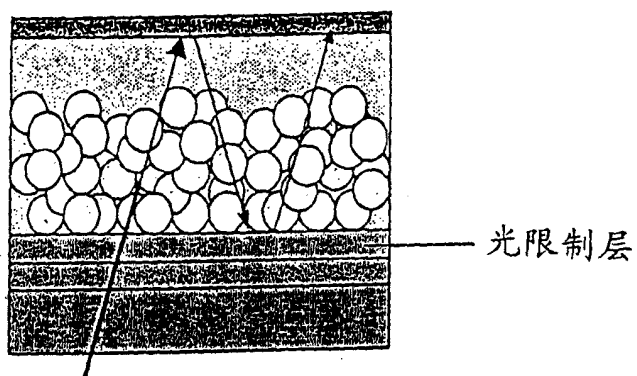


图 3

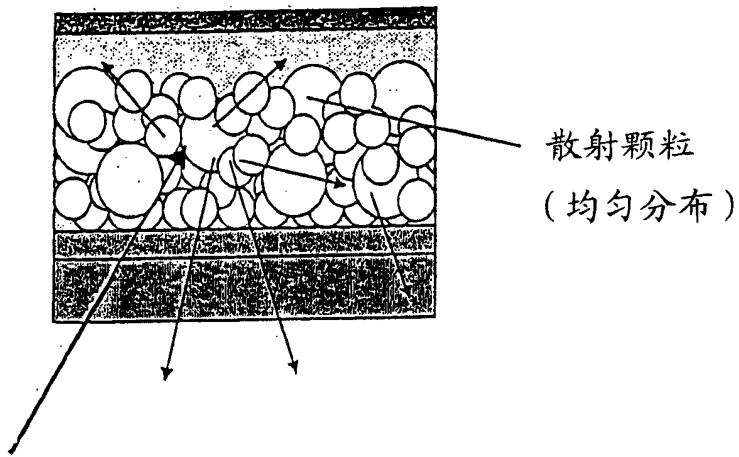


图 4

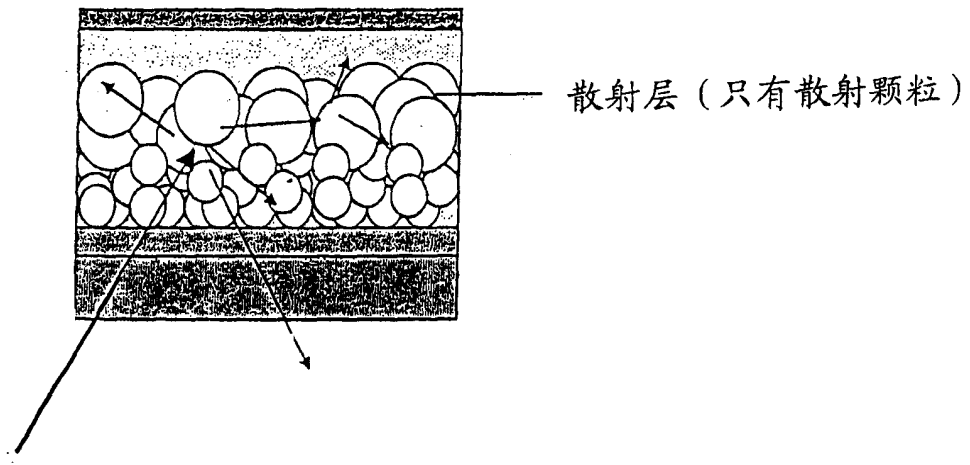


图 5

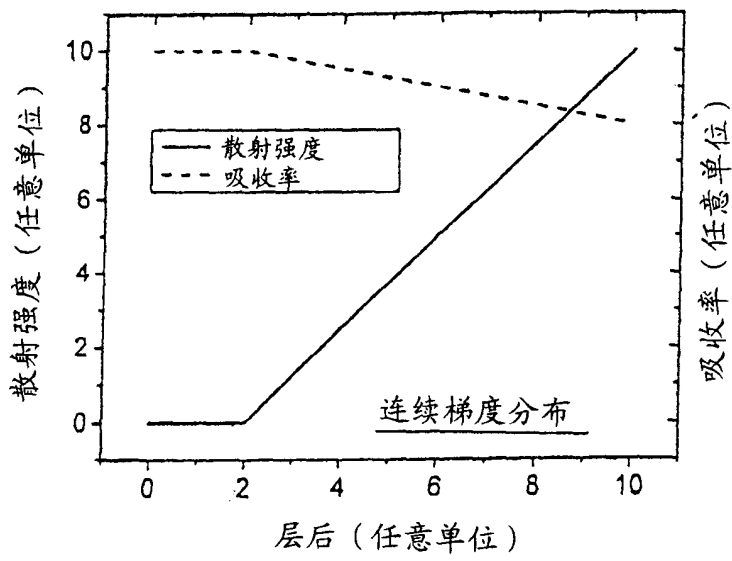


图 6

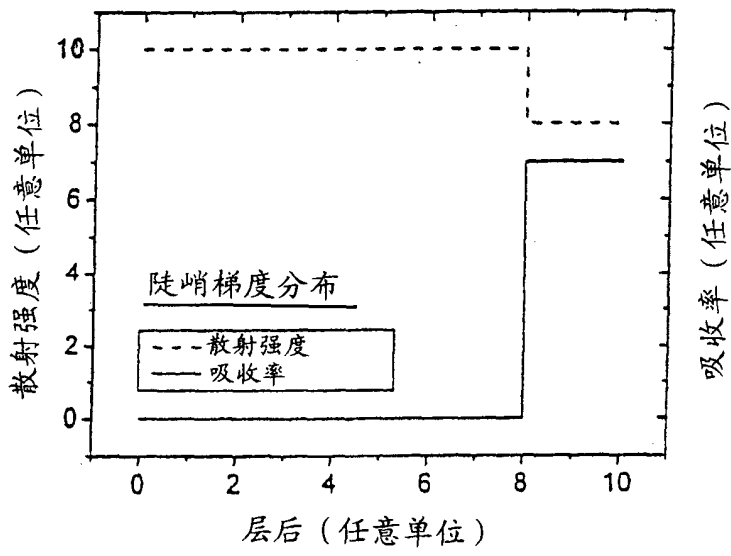


图 7

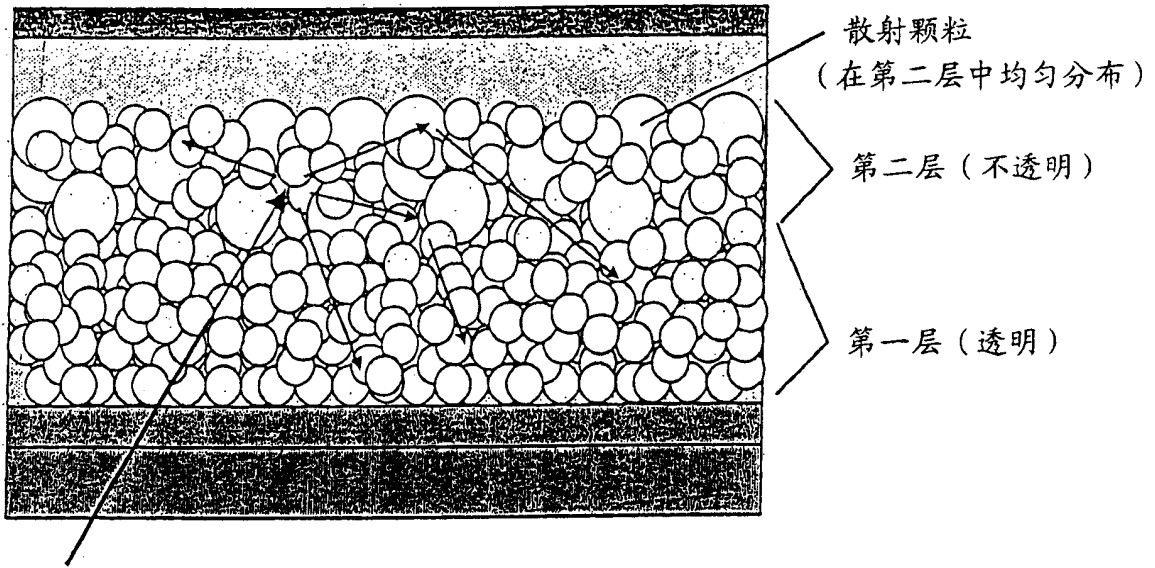


图 8

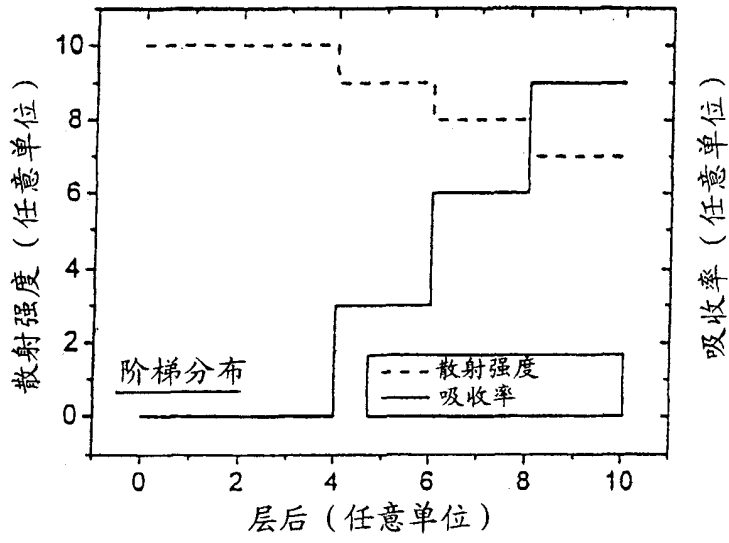


图 9

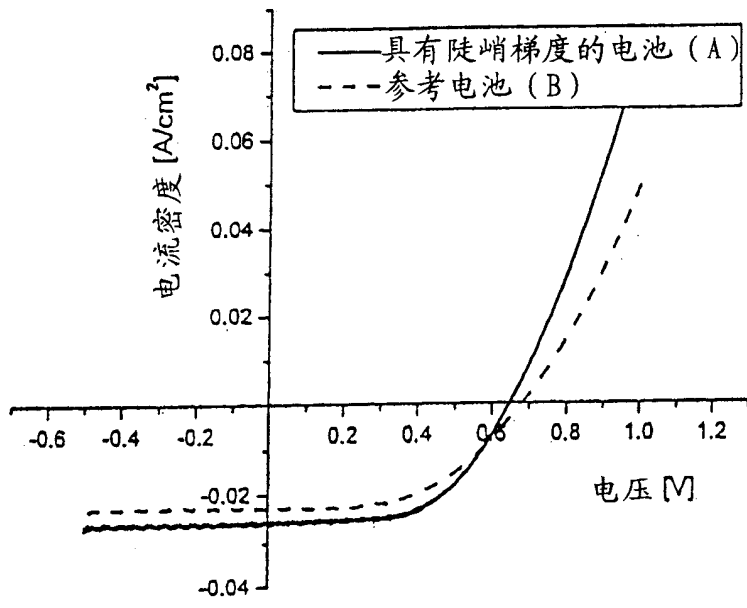


图 10