

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01L 33/00

H01L 31/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97190741.2

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1146060C

[22] 申请日 1997.5.26 [21] 申请号 97190741.2

[30] 优先权

[32] 1996. 6. 19 [33] JP [31] 157840/1996

[32] 1996. 11. 27 [33] JP [31] 315934/1996

[32] 1996. 11. 27 [33] JP [31] 315957/1996

[86] 国际申请 PCT/JP1997/001750 1997.5.26

[87] 国际公布 WO97/49119 英 1997.12.24

[85] 进入国家阶段日期 1998.2.19

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府门真市

[72] 发明人 山田由佳 吉田岳人 武山茂

松田祐二 武藤胜彦

审查员 骆素芳

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

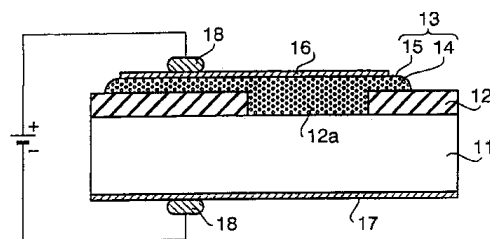
代理人 洪玲

权利要求书 5 页 说明书 52 页 附图 19 页

[54] 发明名称 光电子材料、使用该材料的器件

[57] 摘要

一种光电子材料，它包括具有可控电学特性的均匀介质；以及分布于该介质中且平均微粒尺寸为 100nm 或更小的半导体特细微粒，本发明还涉及使用该材料的应用器件。本发明也涉及光电子材料的制造方法，通过用激光辐射置于处在低压惰性气体环境下的反应室中一种半导体材料的第一靶以及置于该反应室中具有可控电学特性的第二靶，在置于反应室中的衬底上，凝聚/生长从第一靶烧蚀的半导体材料，以集中成为平均微粒尺寸为 100nm 或更小的特细微粒。



ISSN 1008-4274

1. 一种光电子材料, 其特征在于包括:
具有可控电学特性的均匀介质; 以及
分布于所述介质中的半导体特细微粒,
其中所述特细微粒具有 100nm 或更小的平均微粒尺寸, 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。
2. 如权利要求 1 所述的光电子材料, 其特征在于分布于所述介质中的所述半导体特细微粒之间的距离等于或大于所述半导体特细微粒的半径。
3. 如权利要求 1 所述的光电子材料, 其特征在于所述介质中的所述半导体特细微粒的聚集率等于或小于 30%。
4. 如权利要求 1 所述的光电子材料, 其特征在于所述介质的标准形成焓低于构成分布于所述介质中的所述半导体特细微粒的元素的氧化物的标准形成焓。
5. 如权利要求 1 所述的光电子材料, 其特征在于分布于所述介质中的所述半导体特细微粒覆盖有构成所述半导体特细微粒的元素的氧化物。
6. 如权利要求 5 所述的光电子材料, 其特征在于所述介质的标准形成焓高于分布于所述介质中的所述半导体特细微粒的氧化物的标准形成焓。
7. 一种光电子材料, 其特征在于包括:
特细微粒分布层, 具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒; 以及
透明材料层, 所述特细微粒分布层与所述透明材料层相互交替堆叠,
其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小, 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。
8. 一种光电子材料, 其特征在于包括:
特细微粒分布层, 具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒;
置于所述特细微粒分布层的一个表面上的高反射层; 以及
置于所述特细微粒分布层的另一个表面上的局部反射层,
其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小, 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

9. 如权利要求 8 所述的光电子材料, 其特征在于所述局部反射层和所述高反射层中的至少一层是折射率不同的两种层相互堆叠的多层薄膜。

10. 如权利要求 9 所述的光电子材料, 其特征在于所述特细微粒分布层包含在所述多层薄膜中。

11. 一种发光器件, 其特征在于包括:

特细微粒分布层, 具有分布于具有可控电学特性的均匀介质的半导体特细微粒; 以及

把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极, 从而当把电压加到所述电极对时, 载流子注入所述半导体特细微粒中, 由载流子注入引起电子-空穴对的放射性复合产生发光,

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小, 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

12. 如权利要求 11 所述的光电子材料, 其特征在于发光光子能量是可控制的。

13. 一种发光器件, 其特征在于包括:

在半导体衬底的一个主表面上形成的第一电极;

在所述半导体衬底的另一个主表面上形成并具有局部暴露所述半导体衬底的开口的绝缘体层;

特细微粒分布层, 通过所述开口与所述半导体衬底接触并具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒; 以及

在所述特细微粒分布层上形成的第二电极,

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小, 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

14. 如权利要求 13 所述的发光器件, 其特征在于当把电压加到所述第一电极和第二电极时, 载流子注入所述半导体特细微粒中, 由载流子注入引起电子-空穴对的放射性复合产生发光, 发光强度的增加比正比于注入电流更为剧烈。

15. 一种单色显示器件, 其特征在于包括:

发光元件, 每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极, 所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒, 所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素, 通过改变所

述单元像素所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度，

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

16. 一种彩色显示器件，其特征在于包括：

发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

17. 一种便携式显示设备，其特征在于所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包括：

发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

18. 一种头部安装的显示器，其特征在于包括：

便携式显示设备，所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特

细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率；以及

固定部件，用于把所述显示器件固定于待安放所述显示元件的人的头部；光学系统，用于给所述人的左右眼形成显示在所述显示器件上的信息。

19. 一种利用头部安装显示器来显示信息的电子字典，其特征在于所述头部安装的显示器包括：

便携式显示设备，所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率；以及

固定部件，用于把所述显示器件固定于待安放所述显示元件的人的头部；光学系统，用于给所述人的左右眼形成显示在所述显示器件上的信息。

20. 一种光电转换器件，其特征在于包括：

特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；

以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，

所述光电转换器件具有通过检测因对所述特细微粒分布层的光辐射而产生的载流子所引起的内部电阻变化而进行的光电检测功能，

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

21. 一种光电转换器件，其特征在于包括：

特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；以及

把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，

位于所述特细微粒分布层与所述电极之间界面处的肖特基结或位于所形成

的所述特细微粒分布层内的 p-n 结，

所述光电转换器件具有通过检测从光辐射而产生的载流子所引起的光电势变化而进行的光电检测功能，

其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

22. 如权利要求 20 所述的光电转换器件，其特征在于可控制检测到的光子能量。

23. 一种彩色传感器，其特征在于包括光电转换层，所述光电转换层包括通过透明绝缘体薄膜堆叠的光电转换元件，所述光电转换元件包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述光电转换器件具有通过检测因对所述特细微粒分布层的光辐射而产生的载流子所引起的内部电阻变化而进行的光电检测功能，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率，

每个所述光电转换元件具有通过调节所述光电转换元件特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列来控制光隙能量，从而在不同的预定波长范围内进行光电检测的功能。

24. 如权利要求 23 所述的彩色传感器，其特征在于所述堆叠的光电转换层具有不同的光隙能量，所述光电转换层越靠近光电表面，则所述光隙能量变得越大。

光电子材料、使用该材料的器件

5 技术领域

本发明涉及一种光电子材料、其应用器件和制造该光电子材料的方法。尤其是，本发明涉及一种光电子材料，它包括作为核心的尺寸受控制的半导体特细微粒，由数量不限且不受环境沾污的材料形成，而且有优良的硅(Si)-LSI技术匹配、自发发光、快速响应、像素小型化、低功耗、高环境对抗力以及无装配工艺，本
10 发明还涉及该光电子材料的应用器件以及制造此光电子材料的方法。

背景技术

常规的发光器件包括已推广到实际应用的发光二极管和利用电致发光的器件。用于这些发光器件的光电子材料不是硅(Si)，而是主要包含周期表中 II 族
15 元素和 V 族元素(以下叫做“III-V 主族”)的复合半导体或主要包含周期表中 II 族元素和 VI 族元素的复合半导体。这是因为硅是一种间接跃迁半导体，带隙为 1.1eV 在近红外区域中，被认为不可能实现可见光范围内的发光器件。

自从 1990 年在室温下观察到多孔 Si 的可见发光(例如，L. T. Canham 在 Applied Physics letters Vol. 57, No. 10, 1046 (1990)中所揭示的)以来，
20 已对把 Si 作为基底材料的室温下可见发光特性作出了大量研究。这些报告中的大多数都与多孔 Si 有关。

基本上通过使单晶 Si 衬底的表面在主要包含氟化氢的溶剂中阳极化来形成发光的多孔 Si，迄今为止已观察到 800nm(红)到 425nm(蓝)范围内几个波长的光致发光(PL)。近年来，已尝试通过电流注入激发(电致发光; EL)(例如，5-206514
25 号公开的未审查专利申请)来进行发光。

这些多孔 Si 的 EL 具有以下特性。(1)虽然在强度上有所不同，但 EL 和 PL 的光谱示出基本上相同的形状。(2)在推测实际可使用的注入电流密度范围内，EL 强度正比于注入电流。然而，注意在注入电流密度低于前一范围的范围内，已报道说 EL 强度正比于注入电流的平方。

30 特性(1)示出通过近似相等的发光电平使载流子复合(受激的电子-空穴对)

而引起 EL 和 PL, 特性(2)示出主要通过 $p-n$ 结附近注入少量载流子来实现 EL 所必需的载流子的产生。

对于间接跃迁半导体 Si 的发射机理, 有一种观点认为在多孔形状内纳米(nm)数量级的三维微小结构区域中放松了光跃迁的波数选择标准, 从而保证电子-空穴对的放射性复合, 还有一种观点认为在多孔 Si 的表面上形成许多复合的环形氧化物(聚硅氧烷), 在聚硅氧烷/Si 界面处形成有助于放射性复合的新能级。在任一种情况下好象都可以确定, 对于光致激发, 因量子限制效应引起能带结构的变化(带隙能量增加的现象)。

此外, 多孔 Si 的发光具有近似 0.3eV 或更宽的频谱宽度。因此, 为了在最初产生的连续光谱中增强特定波长范围的强度, 已尝试使用此多孔 Si 来形成空腔结构(例如, L. Pavesi 等人在 Applied Physics Letters Vol. 67, 3280 (1995) 中所述)。

由于常规的光电子材料使用主要由直接跃迁型 III-V 族元素或 II-VI 主族元素构成的复合半导体, 然而, 这些半导体还包含数量非常少且加工成本高而发射效率也高的元素(In 或类似元素)。此外, 作为一种半导体制造技术, 与 Si 的精细构图相比, 这些复合半导体的精细构图还不成熟, 使得难于形成微米(μm)数量级或更小的精细图案。此外, III 和 V 族元素在 Si 中用作掺杂剂, 从而影响导电率。即, 虽然自发发光器件主要由半导体材料构成, 但与典型电子器件 Si-LSI 的工艺和器件技术匹配不良, 基本上不可能用集成的 Si 和 LSI 制造器件。此外, 一个主要的问题在于为了调节发射波长, 必须改变材料类型(即, 应发现新的材料)而且必须重新构成制造方法。

对于发光的多孔 Si, 通过溶剂中的阳极化在单晶 Si 衬底的表面上形成多孔层, 虽然多孔层中的结晶体具有优良的结晶度, 但难于控制结晶体的形状和尺寸。要有效地生产粒子尺寸为 5nm 或更小的球状结晶体尤为困难。如果 Si 基 IV 族材料的可见发光机理是一种量子规模效应(波数选择标准放松且因量子限制效应或类似效应而引起能带结构变化), 产生粒子尺寸为 nm 数量级的球状结晶体仍是关键。因此, 不能说这种制造技术是最佳的。

在试图通过规则地排列多孔 Si 基发光元件并对它们进行独立操作来说明显示器件的性能时, 也有困难。尤其是, 由于在 Si 衬底中直接形成多孔 Si, 所以不可能在元件之间保持电气独立性(绝缘)。此外, 不可能用类似于在可见光范围

内有高透射率的其它透明材料来形成层叠结构。

虽然揭示了在发光电极之间排列 IV 族元素微粒或其局部氧化微粒的方案(例如, 第 7-52670 号公开的审查专利申请), 但难于控制其电学性质, 而且它也不适用于各种类型的发光器件和光电检测器。因此, 已有技术没有提供可通过控制电学性质而适用于各种类型的发光器件和光电检测器的光电子材料。

发明内容

因此, 本发明的一个目的是提供一种光电子材料它包括数量不限且不受环境沾污的材料, 该材料具有诸如 Si-LSI 技术匹配、自发发光、快速响应、像素小型化、低功耗、高环境对抗力和无装配工艺等特性, 还提供了此光电子材料的应用器件以及制造此光电子材料的方法。

为了实现此目的, 依据本发明的光电子材料具有分布于基本上均匀的介质中的特细微粒, 并可控制该介质的导电率或介电常数。这允许有效地实现和控制把载流子注入特细微粒中或把量子限制的载流子注入特细微粒。

此外, 依据本发明的光电子材料具有特细微粒分布层和透明材料层相互交替堆叠的周期性结构。这给光电子材料提供了这样的性能, 即增强检测到或特细微粒所产生的连续光谱中特定波长区域的强度。

此外, 依据本发明的光电子材料具有包含特细微粒的有源层, 还提供了把有源层夹在中间的高反射层和局部反射层。这可使检测到以及发射的光的波长变窄, 并可增加强度。

此外, 使用上述任一种光电子材料来构成发光器件、显示器件或光电转换器件, 这些器件的一对电极把光电子材料夹在中间从而与其直接接触, 这样可适当地控制电极与光电子材料层之间的电气接触, 以有效地实现发光或光电转换功能。

主要使用这种显示器件来设计本发明的便携式显示设备。此设计可提供一种便携式显示设备, 它适合于减少尺寸和重量并具有低功耗和高分辨率, 它也适于用作 HMD 或电子字典。

此外, 依据本发明制造光电子材料的方法包括: 第一靶材料放置步骤, 把第一靶材料置于低压惰性气体环境下的真空反应室中; 第二靶材料放置步骤, 把第二靶材料置于与第一靶材料以及作为环境元件的淀积衬底隔离的反应室中; 烧蚀

步骤，把激光束射到在第一靶材料放置步骤中所放置的第一靶材料上，使得对靶材料进行解吸和注入；以及蒸发步骤，使第二靶材料放置步骤中所放置的第二靶材料蒸发。由此结构，蒸发步骤中产生的材料集中在淀积衬底上，基本上与此同时，通过在烧蚀步骤中解吸和注入的材料在惰性气体环境中凝聚(condense)和生长而获得的特细微粒集中在淀积衬底上，从而获得一种光电子材料，其特细微粒分布于第二靶材料所构成的材料中。

依据本发明的第一方面，提供了一种光电子材料，其特征在于包括：具有可控电学特性的均匀介质；以及分布于所述介质中的半导体特细微粒，其中所述特细微粒具有 100nm 或更小的平均微粒尺寸，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第二方面，提供了一种光电子材料，其特征在于包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；以及透明材料层，所述特细微粒分布层与所述透明材料层相互交替堆叠，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第三方面，提供了一种光电子材料，其特征在于包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；置于所述特细微粒分布层的一个表面上的高反射层；以及置于所述特细微粒分布层的另一个表面上的局部反射层，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第四方面，提供了一种发光器件，其特征在于包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质的半导体特细微粒；以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，从而当把电压加到所述电极对时，载流子注入所述半导体特细微粒中，由载流子注入引起电子-空穴对的放射性复合产生发光，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第五方面，提供了一种发光器件，其特征在于包括：在半导体衬底的一个主表面上形成的第一电极；在所述半导体衬底的另一个主表面上形成并具有局部暴露所述半导体衬底的开口的绝缘体层；特细微粒分布层，通过所述开口与所述半导体衬底接触并具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半

导体特细微粒；以及在所述特细微粒分布层上形成的第二电极，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第六方面，提供了一种单色显示器件，其特征在于包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，通过改变所述单元像素所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第七方面，提供了一种彩色显示器件，其特征在于包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第八方面，提供了一种便携式显示设备，其特征在于所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第九方面，提供了一种头部安装的显示器，其特征在于包括：便携式显示设备，所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包

括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率；以及固定部件，用于把所述显示器件固定于待安放所述显示元件的人的头部；光学系统，用于给所述人的左右眼形成显示在所述显示器件上的信息。

依据本发明的第十方面，提供了一种利用头部安装显示器来显示信息的电子字典，其特征在于所述头部安装的显示器包括：便携式显示设备，所述便携式显示设备包括彩色显示器件，所述彩色显示器件包括：发光元件，每个元件具有特细微粒分布层以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述特细微粒分布层具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒，所述发光元件构成均匀而规则排列的单元像素，每个单元像素包括多个发出特定色彩的光的发光元件，其发光是由所述发光元件的所述特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列而引起的，通过改变所述单元像素的所述发光元件的激励电流来调节每个所述单元像素的发光强度和色彩，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率；以及固定部件，用于把所述显示器件固定于待安放所述显示元件的人的头部；光学系统，用于给所述人的左右眼形成显示在所述显示器件上的信息。

依据本发明的第十一方面，提供了一种光电转换器件，其特征在于包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述光电转换器件具有通过检测因对所述特细微粒分布层的光辐射而产生的载流子所引起的内部电阻变化而进行的光电检测功能，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第十二方面，提供了一种光电转换器件，其特征在于包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的半导体特细微粒；

以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，位于所述特细微粒分布层与
所述电极之间界面处的肖特基结或位于所形成的所述特细微粒分布层内的 p-n 结，
所述光电转换器件具有通过检测从光辐射而产生的载流子所引起的光电电动势
变化而进行的光电检测功能，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为 100nm 或更小，
5 且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电阻率。

依据本发明的第十三方面，提供了一种彩色传感器，其特征在于包括光电转
换层，所述光电转换层包括通过透明绝缘体薄膜堆叠的光电转换元件，所述光电
转换元件包括：特细微粒分布层，具有分布于具有可控电学特性的均匀介质中的
10 半导体特细微粒；以及把所述特细微粒分布层夹在中间的一对电极，所述光电转
换器件具有通过检测因对所述特细微粒分布层的光辐射而产生的载流子所引起
的内部电阻变化而进行的光电检测功能，其中所述特细微粒的平均微粒尺寸为
100nm 或更小，且所述介质具有与所述半导体特细微粒的电阻率相同或更大的电
阻率，每个所述光电转换元件具有通过调节所述光电转换元件特细微粒的平均微
15 粒尺寸或表面原子排列来控制光隙能量，从而在不同的预定波长范围内进行光电
检测的功能。

附图概述

- 图 1A 到 1C 是依据本发明第一实施例的发光器件的剖面结构图；
图 2A 和 2B 是示出发光器件的电流对电压特性曲线的图；
20 图 3 是示出发光器件的发光强度对电流特性曲线的图；
图 4 是示出发光器件的发光强度对占空比特性曲线的图；
图 5 是示出发光器件 PL 和 EL 的发光强度对光子能量特性曲线的图；
图 6 是示出发光器件的特细微粒的微粒尺寸与带隙能量之间关系的特性图；
图 7 是依据本发明第二实施例的发光器件的剖面结构图
25 图 8A 到 8C 是依据本发明第三实施例的单色显示器件的结构图；
图 9 是依据本发明第四实施例的彩色显示器件的结构图；
图 10 是示出本发明第五实施例的便携式显示设备基本结构的概念图；
图 11A 和 11B 是本发明第六实施例的 HMD 的剖面结构图；
图 12 是所安装的眼镜型 HMD 的透视图；
30 图 13 是依据本发明第七实施例的 HMD 的剖面结构图；

- 图 14 是依据本发明第八实施例的光电转换器件的剖面结构图；
图 15 是依据本发明第九实施例的光电转换器件的剖面结构图；
图 16 是依据本发明第十实施例的彩色传感器的剖面结构图；
图 17 示出彩色传感器每个光电转换层的吸收光谱；
5 图 18A 和 18B 是依据本发明第十一实施例的光电子材料的剖面结构图；
图 19A 和 19B 示出图 18 所示光电子材料的发射光谱；
图 20 是依据本发明第十二实施例的光电子材料的剖面结构图；
图 21A 到 21C 是形成依据本发明第十三实施例的混合靶的步骤说明图；
图 22 是特细微粒制备设备的概念图；
10 图 23 是示出惰性气体压强与特细微粒平均微粒尺寸之间关系的特性图；
图 24 是用于特细微粒的微粒尺寸控制设备的概念图；
图 25 是依据本发明第十四实施例用于制造光电子材料的设备的概念图；
图 26 是依据本发明第十五实施例的混合阴极设备的结构图；以及
图 27 是用于制造光电子材料的组合淀积设备的结构图。

15

本发明的较佳实施方式

依据本发明的光电子材料包括具有可控电学性质的均匀介质；以及分布于介质中并具有 100nm 或更小平均微粒尺寸的特细半导体微粒。这可提供特细微粒的量子限制效应。

- 20 依据本发明的光电子材料或特细微粒分布层中特细半导体微粒的实际尺寸(直径)最好小于用于特细微粒的半导体材料的 de Broglie 波长的近似两倍。

由于通过在具有均匀导电率的介质中分布特细微粒来构成依据本发明的光电子材料，所以可说明特细微粒的量子限制效应而没有不平衡。此外，由于特细微粒分布于具有可控导电率或介电常数的基本上均匀的介质中，所以可控制特细
25 微粒中载流子的量子限制效应。

介质最好具有与特细微粒近似相同或较大的电阻率。这允许有效地说明特细微粒中的量子限制效应。

分布于介质中的特细微粒之间的距离最好等于或大于特细微粒的半径。介质中特细微粒的聚集率可等于或小于 30%。这可有效地说明特细微粒的量子俘获。

- 30 如果介质的标准形成焓低于介质中所分布的特细微粒氧化物的焓，则特细微

粒可稳定地存在于介质中。

此外，介质中所分布的特细微粒可被构成特细微粒的元素的氧化物覆盖。在此情况下，即使介质的标准形成焓高于介质中所分布的特细微粒氧化物的焓，特细微粒也可稳定地存在于介质中。

- 5 上述光电子材料中的特细微粒适合包含 IV 族半导体。由此结构，由数量不限且不受环境沾污的材料来形成特细微粒，这些微粒的 Si-LSI 技术匹配优良、具有环境对抗力和无装配工艺特点。特细微粒可包含 III-V 或 II-VI 族的复合半导体。此外，介质为透明导电材料或介电材料薄膜是合适的。

10 依据本发明的光电子材料的特征是这样一种结构，其中特细微粒分布层与透明材料层相互交替堆叠，该特细微粒分布层的特细半导体微粒具有平均微粒尺寸为 100nm 或更小且分布于具有可控电学性质的均匀介质中。这可增强特细微粒固有产生的连续光谱中特定波长范围的强度。

由薄的透明导电薄膜或介电薄膜来适当形成透明层。期望特细微粒分布层具有上述特征。

- 15 实施本发明的光电子材料包括：特细微粒分布层，具有平均微粒尺寸为 100nm 或更小且分布于具有可控电学性质的均匀介质中的特细半导体微粒；以及设在特细微粒分布层上下的局部反射层和高反射层。这可增强特细微粒固有产生的连续光谱中特定波长范围的强度。可由薄的金属薄膜来形成局部反射层和高反射层中的至少一层。

20 局部反射层和高反射层中的至少一层最好具有多层结构，它具有折射率不同的至少两种类型的层相互交替堆叠的周期性结构。这可增强包含在特细微粒分布层中的特细微粒固有产生的连续光谱中特定波长范围的强度。

25 此外，可由具有折射率不同的至少两种类型的层相互交替堆叠的多层薄膜与薄的金属薄膜来形成高反射层。多层薄膜可包括具有上述特征的特细微粒分布层。

上述光电子材料中的特细微粒分布层最好具有上述特征。在此情况下，特细微粒分布层的光学薄膜厚度为发光波长的整数倍是适合的。

- 30 依据本发明的发光器件包括：特细微粒分布层，具有平均微粒尺寸为 100nm 或更小且分布于具有可控电学性质的均匀介质中的特细半导体微粒；以及把特细微粒分布层夹在中间的一对电极，从而当把电压加到电极对时，载流子注入特细

半导体微粒中，因载流子注入而使得在电子-空穴对的放射性复合中产生光发射。这允许控制电极和光电子材料层之间的电气连接。

5 可通过调节特细微粒的微粒尺寸或调节特细微粒表面的原子排列来控制所发射的光子能量。电极对为透明或半导体电极是适合的，这样可提供优良的外部光透射率。

此外，金属电极薄膜可与特细微粒分布层接触。在此情况下，特细微粒分布层与金属电极最好具有肖特基结型接触。金属电极薄膜适合包含镁、铟、铝、铂、金、银、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钡中的任一种。

10 此外，适合的是半导体衬底设有一个电极以及形成在半导体衬底的一电极侧上并具有用于局部暴露出半导体衬底的开口的绝缘体层，形成的光电子材料层覆盖此开口以使开口部分形成有源区，通过倍增现象实现特细微粒内部或特细微粒表面附近电子-空穴对的放射性复合，发光强度具有比正比于发光器件注入电流增加更多的特性。利用此倍增现象可保证非常有效地利用将在初始电子注入中所消耗的功率以及离子碰撞时的有效量子效率，而且对于增加发光强度的动态范围
15 也非常有效。

如果在光电子材料层中形成 p-n 结，则与只具有肖特基结型接触(它显然是实现发光器件的最简单结构)的情况相比，可保证较高的功率效率。

20 单色显示器件用于调节以平面形式规则排列的每个单元像素的发光强度，此调节通过改变单元像素发光元件(使用这些发光元件来形成相应于这些单元像素的发光元件)的激发电流而进行。彩色显示器件用于调节在一平面上规则排列的每个单元像素的发光强度和色彩，此调节通过改变构成单元像素的发光元件的激发电流而进行，可设计具有平均微粒尺寸不同的特细微粒的发光元件从而发出三原色中不同色彩的光，以及使用这些发光元件来形成相应于单元像素并能发出三原色中所有色彩的发光元件，如此来构成该彩色显示器件。

25 本发明还提供了一种具有上述显示器件的便携式显示设备。在此情况下，把沿一个方向的单元像素长度设定为大约 1 到 100 μm ，可获得非常高的分辨率。具有此种显示器件的便携式显示设备可以是头部安装显示器，该显示器包括：一固定部件，用于把显示设备固定于待安装该显示设备的人的头部；以及一光学系统，用于对此人的左右眼形成显示在显示器件上的信息。由此结构，此显示设备非常
30 小巧且可提供高清晰度，从而与眼睛接触的光学系统也变得非常小巧，于是有助

于减小头部安装显示器主体的尺寸和重量而且也保证了宽的视角和高分辨率。

头部安装显示器的光学系统也可在配戴此显示器的人眼上形成外部信息。具有此透射率的发光器件最好定位于透射部件上以获得透射率，从而把外部的光引入该光学系统。由于此透射率，此结构可实现小巧的透过观看型头部安装显示器，
5 而不需要半反射镜或类似器件。

可以与配戴此设备的人的向外视线不同的视线方向来安排此显示器件，从而此人可通过向上下或类似方向移动视线而容易地观察外部，而不必移动他的头部。

本发明也提供了一种利用这些显示器件显示信息的电子字典。由于该显示设备非常小巧而且具有高清晰度，所以可实现具有与常规书本字典相同的高分辨率水平的小巧而轻便的字典。
10

依据本发明的光电检测器包括：特细微粒分布层，具有平均微粒尺寸为 100nm 或更小且分布于具有可控电学性质的均匀介质中的特细半导体微粒；以及把特细微粒分布层夹在中间的一对电极，该检测器还具有检测因特细微粒分布层的光辐射而产生的载流子所引起的内部电阻变化的光电检测功能。
15

依据本发明的光电检测器包括：包含上述光电子材料的光电子材料层；以及设在该光电子材料层上下的一对电极，在光电子材料层和电极之间的界面处形成肖特基结或在光电子材料层中形成 p-n 结，该检测器还具有检测因光辐射而产生的载流子所产生的光电电动势变化的光电检测功能。

20 可通过调节特细微粒的微粒尺寸或调节特细微粒的表面原子排列来控制发出的光子能量。

依据本发明的光电转换器件是这样的光电转换器件，它包括包含上述光电子材料的光电子材料层以及设在该光电子材料层上下的一对电极，它还具有在通过电极对把少数载流子注入光电子材料层的特细微粒时表现出在由载流子注入所引起电子-空穴对的放射性复合中发光的功能，以及检测在对光电子材料层进行光辐射时由载流子产生所引起内部电阻变化的光电检测功能。
25

依据本发明的光电转换器件是这样的光电转换器件，它包括包含上述光电子材料的光电子材料层以及设在该光电子材料层上下的一对电极，在光电子材料层与电极间界面上形成的肖特基结或光电子材料层上形成的 p-n 结，它还具有在通过电极对把少数载流子注入光电子材料层的特细微粒时表现出在由载流子注入
30

所引起电子-空穴对的放射性复合中发光的功能，以及检测在对光电子材料层进行光辐射时由载流子产生所引起光电电动势的光电检测功能。

可通过调节特细微粒的微粒尺寸或调节特细微粒的表面原子排列来控制发出和检测到的光子能量。

5 在上述光电转换器件中，电极对可以是透明或半透明电极。

通过调节上述光电检测器中特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子的排列结构来控制光学缝隙能量，从而可把依据本发明的光电检测器用作紫外线检测器，该检测器包括对紫外光具有光电检测功能的光电检测器。此结构不需要滤光器或类似器件，而且还在 Si-LSI 技术匹配、环境对抗力和无装配工艺方面提供优良的特性。

通过调节上述光电检测器中特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子的排列结构来控制光学缝隙能量，从而本发明提供了一种蓝色传感器，该传感器包括对蓝光具有光电检测功能的光电检测器。此结构不需要滤光器或类似器件，而且还在 Si-LSI 技术匹配、环境对抗力和无装配工艺方面提供优良的特性。

15 通过调节上述光电检测器中特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子的排列结构来控制光学缝隙能量，从而本发明提供了一种彩色传感器，该传感器包括通过一透明绝缘体薄膜堆叠的光电转换层，这些光电转换层包括对不同预定波长范围具有光电检测功能的光电检测器。由此结构，在进行光辐射时，只有对该波长分量敏感的光电子材料层才进行光电转换，从而提供彩色传感器的功能。

20 考虑到光接收灵敏度，堆叠的光电转换层具有不同光学缝隙能量且较靠近光接收表面的层具有较大的光学缝隙能量是合适的。此外，光电转换层可包括三个光电转换层，这三层在可见光范围内具有不同的光学缝隙能量。

本发明提供了一种单片集成半导体器件，该器件具有至少一个或多个上述发光器件、显示器件、光电转换器件、紫外线检测器、蓝色传感器和彩色传感器。

25 由此结构，由数量不限且不受环境沾污的材料来形成该器件，该器件在 Si-LSI 技术匹配、环境对抗力和无装配工艺方面具有优良的特性。

依据本发明的光电子材料制造方法的特征在于，把激光光束射到半导体材料的第一靶上，该材料置于低压惰性气体环境下的反应室中，从第一靶烧蚀的半导体材料经凝聚/生长以获得平均微粒尺寸为 100nm 或更小的特细微粒，特细微粒

30 包含在具有可控电学性质的介质材料中。使特细微粒包含在具有可控电学性质的

介质材料中的方案包括激光烧蚀以及把特细微粒掩埋入块状介质材料的方案。

即，此方法的特征在于，把第一靶材料置于处在低压惰性气体环境下的真空反应室中，把淀积衬底置于该真空反应室中，用激光光束辐射在第一靶材料放置步骤中所放置的第一靶材料，以使靶材料解吸和注入(烧蚀)，在惰性气体环境中，
5 把通过凝聚和生长一种材料而获得并在此烧蚀步骤中被解吸和注入的特细微粒集中在淀积衬底上，以获得包含特细微粒的光电子材料。

由上述结构，通过在惰性气体环境中进行激光烧蚀步骤，可保证把微粒尺寸控制在纳米数量级的特细微粒淀积在衬底上。

依据本发明的光电子材料制造方法包括：把激光光束射到置于处在低压惰性气体环境下反应室中的半导体材料的第一靶上，激光光束也射到具有可控电学性质的介质材料的第二靶上，该材料置于该反应室中，凝聚/生长从第一靶处烧蚀的半导体材料，以在置于反应室中的衬底上集中而成平均微粒尺寸为 100nm 或更小的特细微粒，凝聚/生长从第二靶处烧蚀的集中材料，以介质在置于反应室中的衬底上，从而形成半导体特细微粒分布于衬底上介质中的特细微粒分布层。

10 依据本发明的方法把第二靶材料置于放置了第一靶材料的真空反应室中，并对第二靶材料进行溅射，在淀积衬底上集中了通过溅射而产生的材料，基本上与此同时，通过在惰性气体环境下，凝聚和生长在烧蚀步骤中解吸和注入的材料而获得的特细微粒也集中在此淀积衬底上，从而获得特细微粒分布于包括第二靶材料材料中的光电子材料。由此结构，通过使用烧蚀和溅射进行同步淀积，在衬
20 底上形成分布有特细微粒的薄的介电薄膜。

此外，依据本发明的方法把第一靶材料置于处在低压惰性气体环境下的第一反应室中，把淀积衬底置于淀积室中，把第二靶材料置于与第一靶材料以及作为环境元件的衬底隔离的第二反应室中，把激光光束射到在第一靶材料放置步骤中所放置的第一靶材料上，以引起靶材料的解吸和注入(烧蚀)，以及使第二靶材料
25 放置步骤中所放置的第二靶材料蒸发。由此结构，在蒸发步骤中在第二靶材料上产生的材料集中在淀积衬底上，基本上与此同时，通过在惰性气体环境下，在烧蚀步骤中在第一靶材料上解吸和注入的材料经凝聚和生长而获得的特细微粒集中在淀积衬底上，从而可获得特细微粒分布于包括第二靶材料材料中的光电子材料。

30 最好在用于蒸发第二靶材料的蒸发步骤中使用激光，以及可使用把第二激光

光束射到第二靶材料以使靶材料解吸或注入的烧蚀。

制造光电子材料的上述方法最好还包括改变低压惰性气体的输入压强的步骤，此结构可控制特细微粒的平均微粒尺寸。

还可提供对烧蚀步骤所获得的特细微粒进行质量分离的步骤。此结构可控制
5 特细微粒的平均微粒尺寸。在此情况下，对特细微粒进行质量分离的步骤可包括对特细微粒进行离子化的步骤以及把一电场或磁场加到离子化特细微粒的步骤。

在以上方法中，第一靶材料可包括半导体、金属和介电物质中的至少一种。此外，第一靶材料可以是包含多个 IV 族半导体的混合材料，此混合材料可以是
10 处于混合晶态的硅锗混合物。由此结构，通过使用混合晶体的特细微粒，可把混合晶体的组分比用作调节发光特性的辅助参数。此外，这种混合结晶作用有助于放宽制造特细微粒时的波数选择标准，或者有助于产生放射性复合。

最好通过对多种原始的条状微粒进行机械混合的混合步骤以及通过热压来烧结混合微粒的烧结步骤来形成此混合材料。

由于第一靶材料是 II-VI 族半导体或 III-V 族半导体，所以激光烧蚀方法基本
15 上是一种与靶元素的熔点或蒸发压强没有多大关系的工艺，从而可制造保持化学计量成分的半导体特细微粒。

此外，还可提供给集中在淀积衬底上的特细微粒所形成的半导体层引入 n 型导电杂质和 p 型导电杂质的步骤，从而在半导体层中形成 p-n 结。在此情况下，
20 可以不同的扩散深度引入半导体层待引入的 n 型导电杂质和 p 型导电杂质，从而可在理想的位置处形成 p-n 结。

第二靶材料是透明导电材料或介电材料是合适的。

此外，可提供对衬底上光电子材料的表面进行氧化的步骤。此结构消除了混
25 有晶格缺陷或杂质的表面层而且也提高了结晶度和纯度。在氧化步骤中，在与空气相结合的步骤中获得的特细微粒适合在含氧环境气体下受到热处理，从而以热氧化物薄膜来涂敷特细微粒的表面。在形成热氧化物薄膜前，可在比涂敷步骤中形成热氧化物薄膜时的温度更高的温度下，在非氧化环境中进行热处理，可更完全地恢复特细微粒结晶度。

本发明提供了一种通过以上光电子材料的制造方法而制造的光电子材料。此结构可使特细微粒分布材料中特细微粒的微粒尺寸得到控制。本发明还提供了一
30 种特细微粒分布层或光电子材料层，该层由通过上述光电子材料制造方法而制造

的光电子材料来形成。此结构可使特细微粒分布材料中特细微粒的微粒尺寸得到控制。

本发明提供了一种发光器件，其光电子材料层由通过上述方法获得的的光电子材料所构成。此外，本发明提供了一种包括所述发光器件的单色显示器件或彩色显示器件。此外，本发明提供了具有所述显示器件的便携式显示设备。

本发明提供了一种光电转换器件，其光电子材料层由上述光电子材料构成。此外，本发明提供了一种包括所述光电转换器件的紫外线检测器和蓝色传感器。此外，本发明涉及包括所述光电转换器件的彩色传感器。

此外，本发明提供了一种单片集成半导体器件，它具有上述发光器件、显示器件、光电转换器件、紫外线检测器、蓝色传感器和彩色传感器中的至少一个或多个。

第一实施例

现在参考图 1 到 5 详细描述作为第一实施例的发光器件的原理结构，此器件使用依据本发明的光电子材料。

依据本实施例，将对电致发光(EL)器件进行描述，其中发光(有源)区域为光电子材料层，该层具有 Si(IV 族半导体中典型的一个)特细微粒，这些微粒分布于具有可控导电率或介电常数的基本上均匀的透明介质中，该层表面覆盖有其本身的热氧化物薄膜。

在这个以及随后的实施例中，“基本上均匀的介质”意味着介质的电学性质尤其是导电率在介质中是近似均匀的。即，分布于介质中的特细微粒为一组几十到几百个原子/分子，而介质本身由一组(束)较少原子/分子或几个原子/分子构成。例如，通过诸如淀积等方法在预定衬底或类似结构上形成一均匀薄膜，该薄膜包括比特细微粒的原子/分子小的一组(束)原子/分子或几个原子/分子，如此一来获得此均匀介质。在此情况下，可通过类似于以下将讨论的激光烧蚀等方法来调节反应室中的差压例如反应室和淀积室之间的差压，如此一来实现在衬底上均匀地淀积该束。

在本发明中，当确认选取的任意微小区域(例如，包含大约十个特细微粒)中特细微粒的聚集率相等时，则叫做均匀而透明的特细微粒分布介质。此均匀透明的特细微粒分布介质的形成抑制了电子动能的分布宽度，于是保证有效发光。

图 1 示出使用依据本实施例的光电子材料的发光器件的剖面结构。在图 1A

中，“11”是衬底。此衬底11中，使用平面取向为(100)、磷掺杂n型导电率且电阻率为 $10\Omega \cdot \text{cm}$ 的n型Si衬底作为一个例子。在此n型Si衬底的顶面上形成100nm厚的隔离绝缘体薄膜12，以二氧化硅(SiO_2)膜作为一个例子。此隔离绝缘体薄膜12具有直径为大约1到2mm或更小的开口12a，在应成为发光器件的发光
5 (有源)区域的部分处形成此开口12a，从而暴露出衬底11的表面。

淀积光电子材料层13以至少覆盖开口12a。由分布于透明介质15中的Si特细微粒14来形成如图1B所示的光电子材料层13。Si特细微粒14具有基本上为球体的形状、与本征Si相同的晶体结构、低浓度磷掺杂的n型导电率以及大约3到10nm的可调微粒尺寸。此特细微粒淀积层的厚度为大约150nm。此外，Si
10 特细微粒14的表面覆盖有未示出的 SiO_2 薄膜，该薄膜的厚度应为例如3nm或更薄。因为光电子材料层13和衬底11都是n型，所以在它们之间的界面处不形成势垒。

透明介质15是薄的均匀薄膜，它具有可见光范围内的高透射率并具有可控导电率或介电常数，这里使用薄的氧化锡(SnO_2)膜作为一个例子。此薄的 SnO_2 薄
15 膜具有超过80%的可见光透射率，可通过调节其形成条件(衬底温度、氧分压等)来控制其导电率或介电常数。与待分布的特细微粒的电阻率相比，该介质的电阻率可与之大致相同或相等或更大。例如，由于特细微粒的电阻率因杂质浓度而在大约 10 到 $10^{-3}\Omega \cdot \text{cm}$ ，所以依据待分布的特细微粒的电阻率，薄 SnO_2 薄膜的电阻率只得控制在大约 10^3 到 $10^{-2}\Omega \cdot \text{cm}$ 范围内。通过在从例如室温到大约 600°C 范围
20 内的衬底温度下形成薄的 SnO_2 薄膜来实现此电阻率。这样可允许控制特细微粒中载流子的量子限制效应。

期望光电子材料层13中Si特细微粒14的聚集率变得更高，因为来自整个光电子材料层13的发光量增加了。然而，当聚集率变高或特细微粒之间的距离变近时，特细微粒中载流子的波函数变宽，而且载流子也渗入透明介质内，从而
25 相邻特细微粒中载流子波函数的重叠度变大。结果，减少了特细微粒中载流子的量子限制效应。因此，期望实现如此分布，即如此保持特细微粒之间的距离，于是使波函数绝对值平方的重叠度变得例如等于或小于峰值的百分之一。此距离等于特细微粒的半径r。在此情况下，假定半径为 $1.5r$ 的球状特细微粒具有密集结构，则聚集率变为大约22%。如上所述，光电子材料层13中Si特细微粒14的
30 聚集率设定为近似于20%。

作为一个例子，厚度为 10nm 的半透明铂(Pt)电极 16 与光电子材料层 13 的顶面接触，从而，它与光电子材料层 13 形成电学意义上的所谓肖特基接触，该光电子材料层 13 包括具有可控导电率的透明介质 15。作为一个例子，在衬底 11 的底面设有后部银(Ag)电极 17，从而它与衬底 11 形成电学意义上的欧姆接触。

5 此外，可在衬底 11 和后部电极 17 之间设置厚度为大约 20nm 的薄的镁(Mg)薄膜，以减少该界面处的势垒高度。代替 Pt 和 Ag，可由镁、铟、铝、金、银、钨、钼、坦、钛、钴、镍和钇中的一种来形成电极 16 和 17。

虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料，也可使用诸如锗(Ge)或其混合晶体的其它 IV 族半导体，或者可使用 III-V 族或 II-VI 族化合半导体。

10 虽然已把薄的 SnO₂ 用作均匀而透明的介质，也可使用电阻率与待分布的特细微粒的电阻率基本相同或更大的其它薄的介电薄膜，诸如氧化钛(TiO₂)、氧化铟(InO₂)、铟-锡氧化物(ITO)、氧化镉(CdO)、氧化钨(WO₃)、氧化锌(ZnO)、氧化镁(MgO)或硫化锌(ZnS)薄膜。如果薄膜厚度处在可通过隧道或跳动效应而导电的范围内，则也可使用薄的 SiO₂、氧化铝(Al₂O₃)、氟化镁(MgF₂)、或氟化钙(CaF₂)介电薄膜。

15 虽然这里 Si 特细微粒被覆盖了其本身的热氧化物薄膜，但特细微粒的氧化物薄膜不是必要的。即，当透明介质的标准形成焓低于构成光电子材料层的特细微粒氧化物的标准形成焓时，则意味着透明介质更稳定，则在透明介质中分布特细微粒时不发生氧化，于是不需要氧化物薄膜。另一方面，当透明介质具有更高的标准形成焓时，则意味着特细微粒的氧化物更稳定。因此，当特细微粒分布于透明介质时，特细微粒的表面被氧化并减少透明介质。因此，在此情况下，在特细微粒分布于透明介质前，最好以氧化物薄膜覆盖特细微粒。

20 尤其是，在表 1 中给出构成光电子材料和透明介质的特细微粒材料的典型组合。在表 1 中，组合 A 相应于透明介质具有较低标准形成焓从而不需要特细微粒的氧化物薄膜的情况。相反，组合 B 相应于透明介质的标准形成焓比特细微粒氧化物薄膜的标准形成焓高从而最好以氧化物薄膜覆盖特细微粒的情况。

表 1

透明介质	特细微粒	透明介质
Ge		Si
A	Al ₂ O ₃	A
A	TiO ₂	A
A	In ₂ O ₃	A
A	SiO ₂	A
A	WO ₂	B
A	MgO	B
B	SnO ₂	B
B	ZnO	B
B	CdO	B

以下将讨论具有上述结构的 EL 器件的操作特性。

- 5 为了操作依据本实施例的 EL 器件，把相对于半透明电极 16 为负的直流偏压加到后部电极 17。这意味着以正向偏置操作本实施例的发光器件。

图 2 示出在此条件下操作使用依据本实施例的光电子材料的发光器件时，发光器件的电流对电压的特性曲线。

- 10 图 2A 示出竖直标尺(电流)和水平标尺(电压)均为线性标度的情况；对于水平标尺上所加的电压，把在图 1 中的半透明电极 16 和光电子材料层 13 之间界面处形成的肖特基结的正向偏置电势取作图上的正方向。图 2A 示出由半透明电极 16 和光电子材料层 13 之间界面处形成的肖特基结而引起的强烈整流特性。通过在加上正向偏置电压时高电流一侧的推断来估计，整个发光器件的外部串联电阻近似于 400Ω。

- 15 图 2B 示出只有竖直标尺(电流)为对数标尺，而水平标尺(电压)为线性标尺，把肖特基结处的正向偏置电势取作图上的正方向。从图中特性曲线的斜率可获得肖特基结理想因素 n 的值。然而，很明显，由于依据本实施例的发光器件的 n 值与所加电压有关，所以当所加电压为 0.2V 或更低时 n 为 1.8，而对于较高的区域， n 增加到大约 15。一般， n 明显大于 1 的高值意味着界面水平密度较高，且它们

被充电。如上所述，很明显，在把正向偏置电压加到半透明电极 16 和光电子材料层 13 之间界面处形成的肖特基结时，依据本发明本实施例的 EL 器件发光。

图 3 示出 EL 器件的发光强度对电流的特性曲线，该器件使用依据本实施例的光电子材料。在图中，以对数标尺示出竖直标尺(发光强度)和水平标尺(电流)。

- 5 从图 3 中可理解，在正向偏置电流密度为 $30\text{mA}/\text{cm}^2$ (在此情况下，正向偏置电压为大约 7.0V) 时开始发光，其后，发光强度随正向偏置电流的增加而单调增加。即，由以下公式(1)来表示发光强度 I_{EL} 与正向偏置电流 j

$$I_{\text{EL}} \propto j^m (m=3.5) \quad (1)$$

- 10 发光强度正比于正向偏置电流的 3.5 次幂意味着发光强度与正向偏置电流关系密切，这是一个在以结晶 Si 作为有源层的所有常规发光器件中从未观察到的新结果。在以多孔 Si 层作为有源区的 EL 器件中，例如在背景技术部分中所讨论的，基本上，发光强度的增加只正比于正向偏置电流(图中的虚线)。发光强度与正向偏置电流突变关系意味着可实现具有大动态范围(即，高对比度)和高质量的发光/显示器件。

- 15 图 4 示出依据本实施例的 EL 器件的发光强度对占空比的曲线。在图中，以对数标尺示出竖直标尺(发光强度)和水平标尺(占空比)。加到 EL 器件的电压具有 $20\mu\text{s}$ 的脉宽和 32V 的电压值，通过改变频率使占空比从 0.25% 变为 100% (DC)。图 4 中很明显，发光强度的下降正比于占空比的减小。此结果示出发光效率为常数。换句话说，可以说本实施例的 EL 器件几乎不受内部产生的热量的影响。由于即使在以 $20\mu\text{s}$ 或更窄的多孔来驱动 EL 器件时，也可获得与 DC 的发光效率相同的发光效率，可以说此 EL 器件具有 μs 数量级或更快的响应速度。
- 20

- 图 5 示出使用依据本实施例光电子材料的 EL 器件的光致发光(PL)和 EL 的光谱(发光强度对光子能量的特性曲线)。通过使用光子能量为 2.54eV 和功率为 10mW 的氩离子(Ar^+)激光并把激光光束直接射到将变为有源层的光电子材料层，以激发 PL。EL 的激发条件是对光电子材料层的注入功率为 0.55W 到 1.10W 而且发光有源区为圆形 ($3.1 \times 10^{-2}\text{cm}^2$)。
- 25

图 5 示出，PL 具有主峰值在 2.10eV (绿色) 以及次峰值在 1.65eV (红色) 的光谱，而 EL 具有峰值为 1.65eV (红色) 的较宽的发光光谱。EL 光谱的峰值位置随 EL 器件的注入功率的增加而向较低能量一侧移动。

- 30 这些结果示出，使用依据本实施例光电子材料的 EL 器件的发光原理不是以

黑体辐射为基础。这是因为辐射峰值随黑体辐射中温度的升高而向较高能量移动，然而，如上所述，在此实施例中的峰值随注入功率的增加(即，温度升高)而向低能量移动。此外，当黑体发出峰值在 1.65eV 的光时，估计温度为 3800K，这个温度不可能达到本实施例中那样高。

5 依据本实施例的发光器件的操作原理好象可示出以下将说明的上述结果。首先，把通过所加的正向偏置电压而加速的热电子注入光电子材料层 13。注入的热电子在到达 Si 特细微粒 14 的核心时，通过碰撞离子化而激发(产生)电子-空穴对。此激发过程中的量子效率在注入电子的能量为 4.0eV 时达到大约 1.0，并在能量进一步增加时继续增大。

10 电子一旦被注入或电子-空穴对一旦被激发，就被 Si 特细微粒 14 与 SiO₂ 薄膜薄膜之间的界面(形成于它们的表面或透明介质 15)限制在 Si 特细微粒 14 内部，以进一步因 Si 特细微粒 14 中所加的电压而产生电子-空穴对。即，发生所谓的倍增现象，以进一步产生成倍的受激电子-空穴对。因此，由围绕与保持以倍增方式产生的受激电子-空穴对有关的放射性复合的复合现象而引起发光现象，此发光现象的发光强度与正向偏置电流有突变关系。

此外，由于靶 Si 特细微粒 14 具有依据本实施例的 nm 数量级的球体形状，所以限制在特细微粒 14 中的电子或受激电子-空穴对的平均自由程很短，好象可以更有效地通过碰撞离子化来产生受激电子-空穴对。

20 在背景技术部分中所述的以多孔 Si 作为有源层的 EL 器件中，基本上，只通过在结(p-n)处注入少数载流子来产生受激的电子-空穴对，而且受激电子-空穴对的数目正比于注入电流。结果，发光强度也正比于注入电流。依据此已有技术，多孔 Si 虽然具有 nm 数量级的微小结构，但它实际上具有线性形状，当载流子有多孔 Si 中流动时的平均自由程相对较长，这表现出对产生受激电子-空穴对的效率有不良影响。

25 此外，如图 5 所示，以下可能是 PL 和 EL 光谱没有相互匹配的原因。在 EL 过程中的倍增而发生碰撞离子化以及产生受激电子-空穴对中，待注入的热电子的能量比 Si 的带隙(1.1eV)高得多(在图 5 的激发条件下，所加的电压为 26 到 32V)，从而即使在导带中，跃迁到较高能量(所谓的较高带间跃迁)也变得可能。这不仅使放射性复合处于最小带隙能量处，而且使放射性复合具有较高的能量差，这好象将进一步扩展发光光谱的宽度。

30

相反，对于 PL，待注入的光子能量为 2.54eV，这相对较低。于是，引起较高带间跃迁的几率较低，看上去这将使发光光谱的宽度比 EL 的宽度窄。

此外，在 EL 中，在 Si 特细微粒表面附近的 Si 特细微粒 14 的核心内发生注入电子引起的碰撞离子化。因此，虽然激发过程对界面的状态相当敏感，但由于该界面处存在充电的许多表面能级，所以不能期望与本征同样地激发电子-空穴对；所以看上去尤其是在高能量一侧的激发效率正在下降。

相反，对于 PL，考虑到由于在辐射能量为 2.54eV 的受激光时吸收系数较大，而使强度近似相同的受激光穿透整个 Si 特细微粒，所以可估计到，与本征相类似，近似从整个 Si 特细微粒 14(包括中心)上激发电子-空穴对，从而高能量一侧的激发效率不下降。

在使用依据本实施例的光电子材料的发光器件的结构中，可在光电子材料层 13 中形成 p-n 结。图 1C 示出一例具有 p-n 结的发光器件的剖面结构。

在图 1C 中，使用平面取向为(100)、硼掺杂的 p 型导电率以及电阻率为 $10\Omega \cdot \text{cm}$ 的 p 型 Si 衬底作为衬底 19 的一个例子。在此 p 型 Si 衬底 19 的顶面上淀积 p 型光电子材料层 1010。由分布于透明介质 1012 中的 Si 特细微粒 1011 来形成此 p 型光电子材料层 1010。Si 特细微粒 1011 具有基本上为球体的形状、与本征 Si 相同的晶体结构、具有低浓度硼掺杂的 p 型导电率以及大约 3 到 10nm 的可调微粒尺寸。此外，把薄的 SiO_2 薄膜用作透明介质 1012 的一个例子，Si 特细微粒 1011 的聚集率为大约 20%。此 p 型特细微粒淀积层的厚度为大约 100nm。由于 p 型光电子材料层 1010 和衬底 19 都是 p 型，所以在它们之间的界面处不形成势垒。

然后，淀积与 p 型光电子材料层 1010 接触的 n 型光电子材料层 1013。此 n 型光电子材料层 1013 具有与图 1A 所示光电子材料层 13 相同的结构，并具有近似 50nm 的厚度。当此 n 型光电子材料层的淀积结束时，通过离子注入来引入硼离子，以使该材料层变为高浓度掺杂的 n 型。离子注入条件是加速能量为 20keV 以及剂量为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 。

此外，作为一个例子，银制成的厚度为 10nm 的半透明电极 1014 与 n 型光电子材料层 1013 的顶面接触，从而与 n 型光电子材料层 1013 形成电学意义上所谓的欧姆接触。银制成的后部电极 1015 设在衬底 19 的底面，从而与衬底 19 形成电学意义上的欧姆接触。此外，可在 n 型光电子材料层 1013 和半透明电极 1014 之间以及在衬底 19 和后部电极 1015 之间设置厚度为大约 20nm 的薄 Mg 薄膜，以

减小这些界面处的势垒高度。替代银，可由镁、铟、铝、铂、金、银、钨、钼、钽、钛、钴、镍、钇和类似金属中的一种来形成电极 1014 和 1015。

在需要时，半透明电极 1014 和后部电极 1015 通过引线或类似电线经由导电糊 1016 或类似物质连到电源。

- 5 由上述结构，当加上正向偏置电压(半透明电极 1014 相对于后部电极 1015 为负)时，则相互注入少数载流子，如同电子从高浓度的 n 型区域到低浓度的 p 型区域以及空穴从低浓度的 p 型区域到高浓度的 n 型区域。与先前通过肖特基结只允许注入电子的结构相比，此 p-n 结有利于实现更有效地产生电子-空穴对。

10 现在将描述如何把使用依据本实施例的光电子材料的发光器件的发光波长(光子能量)控制在可见光范围内。首先，第一个方案是调节 Si 特细微粒 14 核心的微粒尺寸(尺寸)，以及通过此时发生的量子限制效应来直接改变带隙能量和有关的发出光子的能量。为了引起量子限制效应，特细微粒的靶尺寸是 de Broglie 波长的大约两倍。表 2 示出特细微粒的半导体材料的 de Broglie 波长以及给出量子限制效应的微粒尺寸(直径)。从该表中很明显，例如，为了用 Si 给出量子
15 限制效应，则 Si 特细微粒的直径应为 5nm 或更小。

图 6A 示出各种半导体特细微粒的带隙能量，它是根据满足有效质量近似的区域中量子限制效应的原理而在理论上计算出来的。从此图中很明显，应选择表 2 中给出的微粒尺寸，以保证可见光范围内的发光。

20

表 2

半导体材料		de Broglie 波长 (nm)	保证量子限制效应的 特细微粒的直径(nm)
IV 族	Si	2.23	5 或更小
	Ge	3.26	5 或更小
III-V 族	InP	10.0	20 或更小
	GaAs	10.4	20 或更小
	InSb	48.7	100 或更小

图 6B 示出球状 Si、Ge 和 Si-Ge 特细微粒的带隙能量，它们是根据满足有效

质量近似的区域中量子限制效应的原理而在理论上计算出来的。从此图中很明显，例如，通过把微粒尺寸控制在 2.8nm 到 4.0 纳米范围内，可以 Si 单质的特细微粒来实现发出三原色 (RGB) 的光。即，可以 4.0nm 的直径发出红光，可以 3.2nm 的直径发出绿光。

5 2.8nm 的直径相应于蓝色，但实际上要把直径的尺寸控制在 2-nm 范围内是非常困难的。此外，如上所述，朝向较高能量一侧，由碰撞离子化所引起的电子-空穴对的激发效率变得较低。此外，直径在 2nm 范围内的特细微粒表面原子的比率达到大约 70%，从而不可忽略表面缺陷以及最终表面能级的影响。因此，可以说，由 Si 特细微粒 14 中的量子限制效应来产生蓝光是不容易的。

10 如上所述，作为第二个方案，为了以作为有源发光层的 Si 特细微粒 14 产生蓝色，实际上要在 Si 特细微粒 14 和表面氧化物薄膜之间的界面处重新构造表面氧化物薄膜的分子排列，并形成相应于蓝光光子能量的发光中心。尤其是，通过把特细微粒 14 的最高表面设计成具有链状聚硅氧烷的结构(链状聚硅烷框架)，可发出蓝光。

15 在化合物半导体的情况下，如果化合物半导体特细微粒可被氧化，而另一种介电薄膜不能氧化，则可通过重新构造氧化物薄膜的分子排列来控制发出的光子能量。

第二实施例

20 现在参考图 7 详细描述作为第二实施例的另一个发光器件的主要结构，此器件使用依据本发明的光电子材料。

图 7 示出依据本实施例的发光器件的剖面结构。在图 7 中，作为一个例子，在 Si 单晶衬底 71 上形成也示为一个例子的厚度为 50nm 的硅化钨层 72，该层是下部电极。在硅化钨层 72 上形成厚度为 50nm 的介电层(SiO₂)74，其中分布有 IV 族的半导体特细微粒(分子比为 0.2:0.8 的 SiGe 混合晶体(Si_{0.2}Ge_{0.8}))73，微粒尺寸控制在 nm 数量级。150nm 厚的铟-锡氧化物(ITO)层 75 粘到其中分布有半导体特细微粒 73 的介电层 74 的顶部，该层 75 示为上层透明电极的一个例子，它具有 90%或更大的可见光透射率。此 ITO 的成分为 In₂O₃-(大约 10 分子%)SnO₂。

30 虽然把硅化钨层 72 用作下部电极的低电阻部分以及保证半导体特细微粒所产生的光具有正向反射率的反射层，但若优先权倾向于较低的电阻率，则也可使用硅化钛。如果不太需要电极的低电阻以及正向光反射率，则可将 Si 衬底 71 的

表面制成可用作下部电极的 n 型高浓度的扩散层。从制造成本的观点看, 此结构是可行的。

此外, 可把氧化铝(Al_2O_3)等用作介电材料。

此外, 可在硅化钨层 72 与分布有半导体特细微粒的介电层 74 中间设置厚度为大约 20nm 薄的镁(Mg)薄膜, 以减小界面(金属电极/氧化物)处势垒的高度。这在有效地实现把隧道感应的载流子(电子)注入氧化物薄膜(这里的分布有半导体特细微粒的介电层 74)中是可行的。

使用透明或半透明薄膜作为下部电极可获得具有透射性能的发光器件, 在此情况下, 期望使用与上部电极相比具有较低可见光透射率的材料。

10 现在将描述具有上述结构的发光器件的发光操作。首先, 下部电极的硅化钨层 72 接地, 把来自未示出的正电压 12.0V 加到作为上层透明电极的 ITO 薄膜 75。与此同时, 把平均强度为大约 $10^6V/cm$ 的电场加到分布有半导体特细微粒的介电层 74 的 SiO_2 部分。一般, SiO_2 薄膜的绝缘击穿电压约是 $10^7V/cm$, 在其场强的 10% 处, 发生隧道引入的载流子电子的注入并导电。 SiO_2 薄膜中的电子被加速以增
15 加其动能, 然而, 这些电子因声光子的影响而开始散射。因此, 动能的增加趋向于饱和和稳定。

在大约 $10^6V/cm$ 的强度处, 电子加速和速度饱和所需的运动距离是大约 10nm, 在 $2.0 \times 10^6V/cm$ 、 $5.0 \times 10^6V/cm$ 和 $8.0 \times 10^6V/cm$ 的每个场强处, SiO_2 薄膜内电子的平均动能分别为 2.0eV、3.0eV 和 4.0eV。速度饱和后, 动能的分布随着场强的
20 增大而趋于变宽, 且特别倾向于卷边而朝向更高的能量侧。

现在将描述, 当电子在分布有半导体特细微粒的介电层 74 的 SiO_2 薄膜中以此方式运动从而碰撞 IV 族半导体特细微粒 73 的表面时的现象。

假设以 Si、Ge 或 Si-Ge 混合晶体作为 IV 族半导体特细微粒, Si 的带隙能量 (E_g) 最大为 1.10eV。由于如上所述, 在 $10^6V/cm$ 数量级的场强处, 在 10nm 或更
25 大的运动距离内加速的电子具有 2.0eV 或更大的动能, 所以完全可通过碰撞离子化来激发 Si 表面的电子-空穴对。尤其是, 在此过程中, 在电子的平均动能 $E_{av}=2.0eV$ 处, 量子效率 γ'' (所产生的电子-空穴对的数目/碰撞电子的数目) 为大约 0.1, 但 γ'' 随 E 的增大而急剧增加并在 $E_{av}=4.0eV$ 处达到 $\gamma''=1.0$ 以及在 $E_{av}=8.0eV$ 处达到 $\gamma''=2.0$ 。此受激电子-空穴对在复合过程中表现出依据带隙 E_g
30 的发光, 通过复合可确认依据本实施例的发光器件的操作。

由于 IV 族半导体本质上是一种非直接跃迁的类型，所以在带间跃迁中实际上存在光子。在复合过程中不可避免地产生许多热量，放射性复合的几率非常小。然而，微粒尺寸为本实施例中几 nm 数量级的特细微粒可提供一些效果，诸如放松波数选择标准以及增加带间跃迁的振子强度。这增大了发生电子-空穴对放射性复合的几率，于是允许表现出很强的发光。

此外，由混合结晶而引起能带结构变化，诸如能量(E)-波数(k)空间的形状变化以及吸收终结能量值的变化，从而便于在设计特细微粒时放松波数选择标准。即，具有更容易地进行放射性复合的效果。即，我们认为由于导带底部位于单质 Si 的 E-k 空间中的点 X 附近，且导带底部位于单质 Ge 的 E-k 空间中的点 L 附近，然而在 Si-Ge 混合晶体的情况下，在点 X 和 L 的中点处形成导带底部(最小能量点)，尤其是当组分为 $\text{Si}_{0.2}\text{Ge}_{0.8}$ 时，在点 Γ 附近形成最小导带能量(最大价带能量)。

应利用带隙 E_g 因量子限制效应而增加的现象(如本发明的第一实施例(见图 6)所示)来实施对发光波长(发光光子能量)的控制。

尤其是，通过调节 IV 族半导体特细微粒 73 的微粒尺寸，可获得所需的发光波长。对于 Si-Ge 混合晶体，可实现由组份比来改变带隙 E_g 。对于 Si-Ge 混合晶体特细微粒，组份比提供了图 6 所示介于单质 Si 的特性曲线和单质 Ge 特性曲线之间的特性曲线。在本实施例中所使用的克分子组份比为 $\text{Si}_{0.2}\text{Ge}_{0.8}$ 的 Si-Ge 混合晶体特细微粒提供了图 6 所示微粒尺寸对带隙能量的特性曲线。

当内部量子效率 γ' (放电的光子数目/电子-空穴对的数目)为大约 0.5% 时，如果在大约 $E=4.0\text{eV}$ 和 $\gamma''=1.0$ 处进行使用为标准器件的操作条件，则可保证外部量子效率 $\gamma=\gamma' \cdot \gamma''$ 为大约 0.5%。

当然，可把其它类型的单质或混合其它类型或其它组份比的单质用于光电子材料。例如，可使用诸如镓-砷(Ga-As)(直接跃迁类型的半导体)等 III-V 族混合物或象硫化镉(CdS)等 II-VI 族混合物。

虽然，假设把 SiO_2 (带隙能量：大约 9eV)用于半导体特细微粒分布介电层 74 的介电层，但大约 12.0V 的所加电压限制了所获得的电流密度。因此，如果注入电子密度或发光强度具有优先级，则该介电层可以透明导电薄膜来替代，该薄膜的电阻率与待分布的特细微粒的电阻率基本上相同或更大，诸如导电透明材料氧化锡(SnO_2)、氧化钛(TiO_2)或氧化铟(InO_2)的薄膜。

第三实施例

以下将参考图 8 描述作为第三实施例的依据本发明的单色显示器的结构。

图 8 示出依据本实施例的单色显示器一个像素部分(单元像素部分)的剖面结构、其等效电路和像素的阵列电路。在图 8A 中,把类似于第二实施例中发光器件的发光器件用作单色显示器一个像素的器件 81。当然,也可使用如第一实施例部分中所述的发光器件。

把具有 90%或更大可见光透射率的 ITO 薄膜用于上部电极 83,并把硅化钨薄膜用于下部电极 84,以改进发光能量的正向反射并保证低的电阻。在第一实施例的发光器件中,半透明电极 16 相应于上部电极 83,后部电极 17 相应于下部电极 84。可把等效电路看作图 8B 所示并联的电容器和电阻器。

对于 IV 族的半导体特细微粒,使用组分为 $\text{Si:Ge}=0.2:0.8$ 的 Si-Ge 混合晶体,平均微粒尺寸设定为 4.2nm。在依据第一实施例的发光器件中,将使用它的光电子材料。则带隙能量为 2.27eV(见图 6)并示出清晰的绿色。

然后,以图 8C 所示的格栅形式和矩阵形式规则地排列上述像素,来制备如此构成的单色显示器面板。

依据本实施例,把以公共电极分割方式和时间分割方式进行驱动的复用驱动系统用作基本的驱动系统,把不需要连接有源器件的简单矩阵驱动系统用于每个像素。通过使门对加到扫描(Y)电极一侧连接器端以依次扫描方式导通,并把相应于显示方式和设置对比度的选择/非选择电压加到另一个信号(X)电极来操作具有此结构的 X-Y 矩阵型显示器面板。由于依据本实施例的显示器像素具有非存储特性,所以通过对扫描(Y)电极一侧的反复扫描以及累加的响应效果来形成整个屏幕。

上述实施例可提供一种单色显示器面板,其每个像素具有非常快的响应(1 微秒数量级)并可发射清晰的绿光,于是该面板最适用于一英寸或更小的小型显示器器件。

如需要进一步提高图像质量,则不必说,有源矩阵驱动方法是可的,该方法的驱动器 MOS 晶体管加到每个像素。

第四实施例

以下将参考图 9 描述作为第四实施例的依据本发明的彩色显示器的结构。图 9 示出依据本实施例的彩色显示器一个像素(单元器件)结构的概念图。

等效于依据本实施例的彩色显示器件一个像素的器件基本上包括三种发光器件，它们作为一组具有与第一实施例或第二实施例相同的结构，它们排列成类似于条状的几何形状。

5 把具有 90%或更大可见光透射率的 ITO 薄膜用于上部电极 92，并把硅化钨薄膜用于下部电极 93，以改进发光能量的正向反射并保证低的电阻。在使用第一实施例的发光器件时，相关性如第三实施例中所述的相关性相同。

依据本实施例，把三种发光器件组合在一起，每个发光器件发出三原色中的一种颜色而且具有不同平均微粒尺寸的 IV 族半导体特细微粒，以使一个像素 91 发出所有三原色的光。这三种发光器件分别是用于红色的发光器件 91R、用于绿色的发光器件 91G 以及用于蓝色的发光器件 91B。

如同先前所述的实施例，对于在发光中起主要作用的 IV 族半导体特细微粒，使用组分为 $\text{Si}:\text{Ge}=0.2:0.8$ 的 Si-Ge 混合晶体。如果使用依据第一实施例的发光器件，则将使用它的光电子材料。构成一个像素的这三种发光器件的平均微粒尺寸和发光光子能量对红光发射器件 91R 设定为 4.8nm 和 1.77eV，对绿光发射器件 91G 设定为 4.2nm 和 2.27eV，以及对蓝光发射器件 91B 设定为 3.6nm 和 2.84eV(见图 6)。

以矩阵方式在一个平面上排列由一组这三种发光器件构成的每个彩色显示器像素 91，由构成每个像素的每个发光器件激发电流的变化来调节发光强度和每个像素的色彩。结果，通过把从这三种发光器件中发射的三原色累积地混合起来可实现彩色显示。

此外，与常规的彩色显示器像素相比，可实现非常微小的彩色显示器像素 91，每个像素的尺寸为 1 到 100 μm 。显示像素的尺寸下限为衍射极限。即，由于可见光的波长(λ^*)为 500nm 且光学系统 NA 的最大值为 0.5，所以衍射极限($=\lambda/\text{NA}$)变为 1 μm 。

25 虽然在对各个实施例的上述描述中讨论了 IV 族或类似的半导体材料以及类似于 SiO_2 的介电单质，但有时依据用途，在必要时也可使用其它金属、半导体或介电单质或其组合。

类似于第一实施例或第二实施例中获得的光电子材料层描述了第三实施例或第四实施例中的光电子材料层，也可使用包含其它特细微粒的光电子材料层的发光器件。

30

第五实施例

现在将参考图 10 描述作为第五实施例的依据本发明的便携式显示设备的基本结构。图 10 示出该显示设备主要结构的概念图,该设备包括一显示器屏幕 101、行解码器 102 和列解码器 103。

5 显示器屏幕 101 具有彩色显示器像素 91,通过图 9 所示一组三种发光器件以矩阵方式排列在一平面而构成每个像素,该设备可通过依据来自行解码器 102 和列解码器 103 的信号,通过改变构成每个像素的各个发光器件的激发电流来调节每个像素的发光强度和色彩。在单色显示器的情况下,只要调节发光强度。

10 由于这种彩色显示器件使用包括微小像素的自发光器件,所以可获得低功耗和高分辨率。在显示设备为大约一英寸(例如,用于常规的 HMD)的情况下,在彩色显示器中可实现超过百万个像素。

此外,通过在 Si 衬底上实现以上结构以获得大规模集成,可使该设备薄到 1mm,并保证自由装配以及与现有的 LSI 技术相匹配,从而该设备可适用于便携式显示设备。

15 第六实施例

现在将参考图 11 和 12 讨论作为第六实施例的依据本发明的便携式显示设备的特定应用器件的 HMD(头部安装的显示器)。

20 图 11A 表示 HMD 结构的剖面图,HMD 包括壳体 111、安装在壳体 111 内用于左右眼的显示设备 112、目镜光学系统 113 和用于把壳体 111 固定到头部的带状部件 114。由目镜光学系统 113 在用户的左右眼上形成来自显示设备 112 的左右眼图像。图 11B 示出透过观看型 HMD 结构的剖面图,它具有两个半反射镜 115,其余的部分与图 11A 所示的相同。

25 由半反射镜 115 反射来自显示设备 112 的左右眼图像,这些图像导入目镜光学系统 113 并形成于用户的两眼上。由于经过半反射镜 115 的外部光也到达用户的眼睛,所以给出透过观看功能。

在任一种情况下,把图 10 所示的显示设备由于显示设备 112 都可实现减小尺寸和减少重量,并可给 HMD 提供超过使用常规 LCD 的 HMD 十倍多的分辨率。此外,HMD 可适用于需要快速响应和高度可靠性的飞行模拟器或类似器件。

30 如果通过对第一实施例或第二实施例发光器件中的下部电极使用透明或半透明薄膜,从而在使用具有透明度的发光器件的类似于玻璃的透明部件上形成上

述结构，可实现透过观看型显示设备。使用该设备不需要半反射镜或类似器件，而且可使透过观看型 HMD 变得更紧凑和轻便。

图 12 示出使用图 11A 或图 11B 中结构的目镜型 HMD 的透视图。由于更轻便和紧凑的设计，用户可容易地配戴该设备并可长时间使用。

- 5 虽然以上已描述了一种能通过分开显示左右图像而保证三维显示的 HMD，但也可实现只使用单个显示设备来观看普通 TV、视频或类似图像的 HMD。

第七实施例

现在将参考图 13 讨论作为第七实施例的依据本发明的便携式显示设备的特殊应用器件 HMD 的另一种结构。图 13 示出依据本发明的 HMD 另一种结构的剖面
10 图，此 HMD 包括壳体 131、安装在壳体 111 中的显示设备 132 和目镜光学系统 133 以及把壳体 131 固定到头部的带状部件 134。由目镜光学系统 113 在用户的眼睛上形成来自显示设备 132 的图像。

由此结构，用户可在视线向前或向上以便观察外部时看到外部景象，并可在
15 视线向下移动时看到来自显示设备的高清晰度的图像。即，用户可简单地通过移动视线而不移动头部，从而分别或同时看到外部景象以及来自显示设备的高清晰度图像。

例如，在医学领域中，在外科手术期间发送来自显示设备的表示手术人员状态的图像或类似图像，可使手术人员获取信息而不必移动头部，从而明显地提高
工作效率和准确度。这个效果对于观察微小部分等也是如此。

- 20 虽然，在本实施例中，显示设备安装于壳体的下部，但也可把这些设备安装于壳体的上部或侧面部分，无论工作靶的方向如何，它们都具有相同的功能。

把图 10 的显示设备用作电子字典的显示设备不仅可实现减小尺寸和重量，而且也可提供分辨率为使用 LCD 的常规电子字典分辨率的十倍以上电子字典。
相应地，可以显示由具有现有电子字典尺寸的几行构成的单字的说明，并可与书
25 本字典同样容易地观看。

虽然已示出 HMD 和电子字典作为本发明便携式显示设备的应用，当然该设备也可适用于许多便携式单元，诸如便携式视频电话和便携式终端。

第八实施例

现在将参考图 14 详细地描述作为第八实施例的使用依据本发明光电子材料
30 的光电转换器件的原理结构。

依据本实施例，如同第一实施例一样，将描述一种电动势型光电检测器，其中光接收(有源)区域是一光电子材料层，该层具有表面覆盖有其自己的热氧化物薄膜的 Si(IV 族半导体中典型的半导体)特细微粒，这些微粒分布于具有可控导电率或介电常数的基本上均匀的透明介质中。

5 图 14 示出依据本实施例使用光电子材料的光电转换器件的剖面结构。在图 14 中，“141”是衬底，作为它的一个例子，使用 n 型 Si 衬底，平面取向(100)、磷掺杂的 n 型导电率以及电阻率为 0.02 到 $0.05\Omega \cdot \text{cm}$ 。在此 n 型 Si 衬底 141 的顶面形成 100nm 厚的隔离绝缘体薄膜 142，作为一个例子使用 SiO_2 薄膜。此隔离绝缘体薄膜 142 具有直径为大约 1 到 $10\mu\text{m}$ 的开口 142a，此开口形成于应为光电
10 转换器件的光接收(有源)区域的部分，从而暴露出衬底 141 的表面。

淀积光电子材料层 143 以覆盖至少开口 142a。如上所述，由分布于透明介质 145 中的 Si 特细微粒 144 来形成此光电子材料层 143。此光电子材料层 143 的结构与在第一实施例部分中已讨论的光电子材料层 13 的结构相同。即，Si 特细微粒 144 具有基本上为球体的形状、与本征 Si 相同的晶体结构、具有磷掺杂(浓度
15 近似于 10^{16} 到 10^{18}cm^{-3})的 n 型导电率以及大约 3 到 10nm 的可调微粒尺寸。此光电子材料层 143 的厚度是大约 150nm 。此外，Si 特细微粒 144 的表面覆盖有未示出的 SiO_2 薄膜，例如，该薄膜的厚度应为 3nm 或更薄。

透明介质 145 是一均匀薄膜，它具有可见光范围内的高透射率以及可控的导电率或介电常数，这里使用薄的 SnO_2 薄膜作为一个例子。此薄的 SnO_2 薄膜的可见
20 光透射率为 80% 或更高，可通过调节其形成条件(衬底温度、氧分压等)来控制其导电率或介电常数。该介质的电阻率与待分布的特细微粒的电阻率相同或相等或更大都是合适的。由于 Si 的电阻率为 0.02 到 $0.05\Omega \cdot \text{cm}$ ，所以这里薄 SnO_2 薄膜的电阻率设定为 0.1 到 1Ω 。

光电子材料层 143 中 Si 特细微粒 144 的聚集率被设定为 20% ，以有效地进
25 行如第一实施例部分中所述的量子俘获，于是形成如第一实施例部分中所述的分布有特细微粒的均匀透明介质。

作为一个例子，厚度为 10nm 的半透明 Pt 电极 146 与光电子材料层 143 上表面接触，从而在电学意义上，与包括透明介质 145(具有可控导电率)的光电子材料层 143 形成所谓的肖特基结。在衬底 141 的底面处设有 Ag(作为一个例子)制成的
30 的后部电极 147，从而与衬底 141 形成电学意义上的欧姆接触。此外，可在衬底

141 和后部电极 147 之间设置厚度为大约 20nm 的薄 Mg 薄膜，以减低界面的势垒高度，替代 Pt 和 Ag，可由镁、铟、铝、金、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钯或类似元素中的一种形成的电极 146 和 147。

5 半透明电极 146 和后部电极 147 在必要时经由导电糊 148 或类似物质通过电线或类似引线连到电源。最好避免把光接收(有源)区域作为待连到电源的半透明电极 146 的位置或导电糊 148 的位置。

10 虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料，但也可使用在第一实施例部分中所讨论的诸如 Ge 或其混合晶体等其它 IV 族半导体或 III-V 或 II-VI 族复合半导体。虽然把薄的 SnO₂ 用作均匀的透明介质，但也可使用电阻率与待分布的特细微粒的电阻率基本上相同或更大的其它薄的导电薄膜或薄的介电薄膜。例如，应通过杂质浓度把特细微粒的电阻率控制在近似于 1 到 10⁻³Ω·cm 的范围内，依据特细微粒的电阻率，应把透明介质的电阻率控制在近似于 10² 到 10⁻²Ω·cm 的范围内。虽然 Si 特细微粒覆盖有氧化物薄膜，但通过如第一实施例部分的表 1 所示把特细微粒和透明介质结合起来可省略氧化物薄膜。

15 以下将讨论具有上述结构的光电电动势型光电检测器的操作原理，为了操作使用本实施例的光电子材料的光电检测器，开始把相对后部电极 147 为负的 DC 偏置加到半透明电极 146。由此器件结构，示出如第一实施例中图 2A 所示的强烈整流特性，该特性是由半透明电极 146 与光电子材料层 143 界面的肖特基结而引起的，此反向偏压应近似于几伏到几十伏。

20 在此情况下，当光子能量比 Si 特细微粒 141 的带隙能量大的光射到光电子材料层 143 上时，在 Si 特细微粒 144 中产生电子—空穴对这样的载流子，且产生的电子向光电子材料层 143 移动，产生的空穴向半透明电极 146 移动。结果，在半透明电极 146 与光电子材料层 143 所形成的肖特基结处产生光电电动势。通过检测此光电电动势来提供光接收功能。

25 由使用本实施例的光电子材料的光电检测器的结构，如在第一实施例部分中使用图 1C 所讨论的，通过使光电子材料 143 的上半部分成为高浓度 n 型，并使其下半部分成为低浓度的 P 型，在光电子材料层 143 和半透明金属电极 146 之间提供类欧姆接触，并在光电子材料层 143 的中央形成 p-n 结。

30 现在将讨论以 p-n 结作为一个例子光电检测器的结构。作为衬底，使用具有平面取向(100)、硼掺杂 p 型导电率以及电阻率为 10Ω·cm 的 p 型 Si 衬底。通

5 过在透明介质中分布 Si 特细微粒，在光电子材料层的下部形成低浓度的 p 型区域。Si 特细微粒具有基本上为球体的形状，与本征 Si 相同的晶体结构，以及低浓度硼掺杂的 p 型导电率，其微粒尺寸调节到大约 3 到 10nm。此外，把薄的 SiO₂ 薄膜用作透明介质的一个例子，Si 特细微粒的聚集率设定为约 20%。此 p 型特细微粒淀积层具有大约 10nm 的厚度。由于低浓度 p 区域和衬底均为中型，所以在其界面处不形成势垒。

10 光电子材料层上部的高浓度 n 型区域具有与图 14 所示光电子材料层 143 相同的结构，其厚度设定为近似 50nm。在此 n 型区域的淀积结束时，通过离子注入而引入硼所提供的高浓度掺杂的 n 型。离子注入的条件为 20keV 的加速能量以及 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的浓度。

15 由以上结构，当光子能量大于 Si 特细微粒 144 的带隙能量的光射到加有反向偏置电压(半透明电极 146 相对于衬底 141 为正)的光电子材料层 143 时，在 Si 特细微粒 144 中产生电子—空穴对这样的载流子。少量载流子在光电子材料层 143 中被相互加速，电子向高浓度 n 型区域，空穴向低浓度 p 型区域，于是在 p-n 结处产生光电电动势。此 p-n 结超越肖特基结构的优点是具有较小的暗电流。

由于 Si 带隙能量为 1.1eV(发光波长极限为 100nm)，所以本征 Si 几乎具有在整个可见光范围内的光接收灵敏度。现在将描述如何控制本实施例光电转换器件中的发光波长范围。

20 首先，第一个方案调节 Si 特细微粒 144 主体的微粒尺寸(大小)，并通过此时发生的量子限制效应来直接改变带隙宽度。带来量子限制效应的特细微粒尺寸随表 2 所示的材料而不同。例如，对于 Si 单质特细微粒，如图 6 所示，作为吸收终止范围，4.0nm 的直径用于红色，3.2nm 的直径用于绿色，以及 2.8nm 的直径用于蓝色。因此，由于 Si 单质特细微粒的直径被设定为 3nm 或更小，所以可实现在比蓝色区域能量更高的一侧具有敏感度的光电检测器，它无需使用彩色滤光器。

然而，如第一实施例部分所述，实际上要把直径控制在 2nm 范围内是非常困难的。此外，直径在 2nm 内的特细微粒表面原子的比例达到大约 70%，从而不能忽略表面缺陷以及表面能级的影响。

30 由此，作为可行的第二方案，要重新构成 Si 特细微粒 144 与表面氧化物薄膜之间界面处表面氧化物薄膜的分子排列，并形成相应于例如蓝色光子能量的本

地发光中心。尤其是，通过把特细微粒 144 的上表面设计成具有链状的聚硅氧烷结构(链状聚硅化物框架)，来提高蓝色区域内的光接收敏感度。

在复合半导体的情况下，如果复合半导体特细微粒可被氧化，可通过重新构成氧化物薄膜的分子排列来控制光接收波长范围，或在不能氧化时通过重新构成
5 其它类型介电薄膜的分子排列来进行此控制。

使用依据本实施例具有上述光接收特性的光电转换器件，可构成不需要滤光器或类似器件并包括 IV 族半导体的紫外线检测器或蓝色传感器。

此外，从以上描述以及对第一实施例的描述，使用本实施例的光电子材料的光电转换器件具有光电检测器的功能。即，当把相对于半透明电极 146 为负的 DC
10 偏置加到后部电极 147 时，热电子被注入光电子材料层 143，从而激发电子—空穴对。受激的电子—空穴对依据在复合过程中，特细微粒的带隙能量而表现出发光。因此，可提供以同样的结构实行光发射和接收的光电转换器件。

第九实施例

现在将参考图 15 描述作为第九实施例的依据本发明的另一个光电转换器件
15 的原理结构。

依据本实施例，与第一实施例相同，将描述一种光导型光电检测器，其中光接收(有源)区域为光电子材料层，该层具有分布于具有可控导电率或介电常数的基本上均匀的透明介质中的 Si(IV 族半导体)特细微粒，微粒表面覆盖有其本身的热氧化物薄膜。

20 图 15 示出使用依据本实施例的光电子材料的光电转换器件的剖面结构。在图 15 中，“151”为衬底，作为一个例子使用玻璃衬底。在此玻璃衬底 151 的上表面形成下部 pt(作为一个例子)电极 152。光电子材料层 153 淀程在此下部电极 152 的上表面。如上所述，通过在透明介质 155 中分布 Si 特细微粒 145 来形成上光电子材料层 153。此 Si 特细微粒 154 其有基本上为球体的形状，与本征 Si
25 相同的晶体结构以及低浓度硼掺杂的 n 型导电率，微粒尺寸调节到近似于 3 到 10nm。透明介质 155 是具有可见光范围内的高透射率和可控导电率或介电常数的均匀薄膜，这里用薄的 SnO₂ 作为一个例子。此薄的 SnO₂ 薄膜具有 80% 或更高的可见光透射率，可通过调节其形成条件(衬底温度，氧分压等)来控制其导电率或介电常数。

30 由于本实施例是光导型光电检测器，所以电阻最好在暗状态中为最大，而在

亮状态(光辐射时)减小近似于两个数值。例如,电阻状态在暗时应为一百到几百 k Ω ,在光辐射时应为大约十到 n 十 K Ω ,作为一个例子,Si 特细微粒与作为透明介质 155 的 SnO₂ 的电阻率都设定为 1 Ω ·cm,光电子材料层 153 的厚度设定为 100nm。由此结构,暗状态下光电子材料层的电阻变为大约 100K Ω 。当光射到此光电子材料层上时,产生的载流子被外部电场加速,从而表现出倍增现象,这样使电阻降到大约 10k Ω ,但将在以后讨论操作原理。

虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料,但如第一或第二实施例部分所述,也可使用诸如 Ge 的其它 IV 族半导体或其混合晶体的或 III-V 或 II-VI 族复合半导体。虽然把薄的 SnO₂ 用作均匀的透明介质,但也可使用其电阻率基本上与特细微粒的电阻率相同或更大的其它薄的导电薄膜或薄的介电薄膜。

作为一个例子,厚度为 10nm 的半透明 Pt 电极 156 与光电子材料层 153 的上表面接触。替代 Pt,电极 152 和 156 可由镁、银、铟、铝、金、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钇或类似金属中的一种构成。

半导体电极 156 和后部电极 152 在必要时经由导电糊或类似物质通过电线或类似引线连到欧姆计。

以下将讨论具有上述结构的光导型光电检测器的操作原理。对于使用本实施例的光电子材料的检测器操作,当光射到光电子材料层 153 时,在光电子材料层 153 的 Si 特细微粒 154 中吸收光的能量,价带或施主能级的电子在导带中受到激发并变为自由电子。这些电子被外部电场加速,从而表现出倍增现象,以进一步产生成倍的自由电子并到达电极。结果,光电子材料层的 153 的内部电阻下降。通过检测此内部电阻的变化提供光接收功能。

为了控制使用本实施例的光电子材料的光电转换器件的光接收波长区,如第一实施例部分所述,一种方法是调节 Si 特细微粒主体的微粒尺寸(大小),并通过此时发生的量子限制效应来直接改变带隙宽度,另一种方法是在特细微粒可被氧化时重新构成氧化物薄膜的分子排列,或者在不能进行氧化时重新构成其它类型介电薄膜的分子排列。

使用依据本实施例具有上述光吸收特性的光电转换器件可构成包括 IV 族半导体且不需要滤光器或类似器件的紫外线检测器或蓝色传感器。

第十实施例

现在将参考图 16 和 17 详细地描述作为第十实施例的使用依据本发明的光电

子材料且作为光电转换器件的一个更特殊例子的彩色传感器的原理结构。

依据此实施例，如同第一实施例一样，将描述包括光导型光电检测器的彩色传感器，其中光吸收(有源)区域为具有 Si(IV 族半导体)特细微粒的光电子材料层，这些微粒的表面覆盖有其本身的热氧化物膜并分布于具有可控导电率或介电常数的基本上均匀的透明质中。

图 16 示出使用这种光电子材料的彩色传感器的剖面结构。参考图 16，“161”、“162”和“163”为第一、第二和第三光电转换层。每个光电转换层具有与在第九实施例部分中所述的光导型光电检测器相同的结构，且包括具有分布于透明介质 166 中的 Si 的特细微粒 165 的光电子材料层 164，厚度为 10nm 的透明 Pt 电极 167(作为一个例子)位于该层的上下。上下透明电极 167 在必要时经由导电糊或类似物质通过电线或类似引线连到欧姆计。

此光电子材料层 164 的 Si 特细微粒 165 具有基本上为球体的形状，与本征 Si 相同的晶体结构以及低浓度硼掺杂的 n 型导电率，以成为电阻率为大约 $1\Omega\cdot\text{cm}$ 的 p 型。透明介质 166 是具有可见光范围内的高透射率以及可控导电率或介电常数的均匀薄膜，这里使用电阻率为大约 $1\Omega\cdot\text{cm}$ 的薄 SnO_2 薄膜作为一个例子。光电子材料层 164 的厚度设定为 100nm。在此结构中，暗状态下光电子材料层的电阻变为近似于 $100\text{k}\Omega$ 。

由于光电子材料层 164 中 Si 特细微粒 165 的聚集率变得较高，所以光电子材料层 164 整个内部电阻的变化变得较大或光吸收敏感度变得较高。然而，如第一实施例部分所述，如果聚集率太高，则减小了特细微粒的量子限制效应，从而聚集率最好设定为大约 20%。

虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料，如第二实施例部分中所讨论的，可使用诸如 Ge 或其混合晶体等其它 IV 族半导体或 III-V 或 II-VI 族复合半导体。虽然把薄的 SnO_2 用作均匀的透明介质，也可使用电阻率与待分布的特细微粒的电阻率其本上相同或更大的其它薄导电薄膜或薄介电薄膜。此外，替代 Pt，半透明电极 167 可使用镁、银、铟、铝、金、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钯或类似金属中的一种构成。

具有上述结构的各个光电转换层 161、162 和 163 由隔离绝缘体薄膜 168 相互电气绝缘，该薄膜 168 的材料以具有高可见光透射率的 SiO_2 薄膜作为一个例子。虽然这里使用 SiO_2 薄膜，也可使用诸如 Al_2O_3 薄膜等具有高可见光透射率的绝缘

体。

以下将讨论具有上述结构的彩色传感器的光吸收操作的原理。首先，对于使用依据本实施例的光电子材料的每个光电转换层的操作，当光射到光电子材料层 164 上时，在光电子材料层 164 的 Si 特细微粒 165 中产生载流子，它们被外部电场加速，因碰撞和离子化引起倍增现象，从而进一步产生成倍的自由电子并到达电极。结果，例如，光电子材料层 164 的内部电阻降到大约 10Ω 。通常检测此内部电阻的变而提供光化接收功能。

如第一实施例部分中特别所述，通过使用...可控制具有此光接收功能的每个光电转换层的光接收波长范围。对于非直接跃迁半导体 Si 的发射机理，有一种观点是，在多孔形状中纳米(nm)数量级的三维微小结构区域中，放松对光跃迁的波数选择标准，于是保证电子-空穴对的放射性复合，另一种观点是，在多孔 Si 的表面上形成许多有记忆功能的环形氧化物(聚硅氧烷)，并在聚硅氧烷 / Si 界面处形成对放射性复合作出贡献的新能级。在任一种情况下，看上去确定的是，对于光子激发，通过把 Si 的形状设计成具有微粒尺寸为几纳米数量级的特细微米，而引起能带结构的变化(因量子限制效应而使 E_g 增加的现象)。即，通过调节包含在每个光电转换层内 Si 特细微粒的平均微粒尺寸或表面原子排列，各个光电转换层可给出不同的光接收特性。

如果第一、第二和第三光电转换层 161、162 和 163 的 Si 特细微粒的尺寸以此顺序增加，则 E_g 随特细微粒尺寸的变小而增加，从而对于更靠近光接收表面的层，光隙变得更大。此性质如图 17 所示。尤其是，作为一个例子，第一、第二和第三光电转换层的特细微粒的直径分别设定为 3.0nm、3.5nm 和 4.0nm，其光隙分别设定在蓝、绿和红色区域内。结果，红(R)光通过第一和第二光电转换层而不被吸收，并在第三光电转换层中被吸收。同样，绿(G)光通过第一光电转换层而不被吸收，并在第二光电层中被吸收根据厚度，也可在第三光电转换层中被吸收)，蓝(B)光主要在第一光电转换层中被吸收。因此，从各个光电转换层处接收到的光的强度之差可获得 R、G、B 的强度。此外，这三种原色经过适当的信号处理，以区分包括中间色彩的颜色。

虽然把光导光电检测器用作此彩色传感器中的光电转换层，但可使用第八实施例部分中所讨论的光电电动势型光电检测器。此情况的优点在于对入射光有线性、快速响应特性和低噪声性能。

第十一实施例

以下将参考图 18 和 19 特别描述作为第十一实施例的另一种依据本发明的光电子材料的原理结构。

依据本实施例，将对作为光致(PL)发光部件的光电子材料进行描述，其中光接收(有源)区域为特细微粒分布层，该层有分布于均匀透明介质中的 Si(IV 族半导体中的典型)特细微粒，这些微粒的表面覆盖有其本身的热氧化物薄膜。如使用表 1 的第一实施例部分所述，依据特细微粒与透明介质的组合可省略特细微粒的氧化物薄膜。

图 18 示出依据本实施例的光电子材料的剖面结构。图 18A 中，“181”是衬底，作为它的一个例子，使用平面取向为(100)、磷掺杂的 n 型导电率以及电阻率为 $10\Omega\cdot\text{cm}$ 的 n 型 Si 衬底。具有低折射率的透明材料层 182 和具有高折射率的特细微粒分布层 183 以预定循环交替堆叠在此 n 型 Si 衬底 181 的上表面，从而形成周期性结构。透明材料层 182 是具有可见光范围内的高透射率以及可控导电率或介电常数的均匀薄膜，使用薄的铟氧化物—锡($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2\text{:ITO}$)薄膜作为一个例子。此薄的 ITO 薄膜具有 90%或更高的可见光透射率，可通过调节其形成条件(衬底温度、氧分压等)来控制其导电率或介电常数。例如，在通过淀积来制备薄的 ITO 薄膜时，把 SnO_2 的添加比例调节在重量百分比为百分之几到百分之几十的范围内，可把电阻率控制在 10^{-4} 到 $10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ 范围内。此外，可把介电常数控制在大约 4 到 5 的范围内。

虽然把薄的 ITO 薄膜用作均匀的透明材料层，但最好依据以下将讨论的周期性结构的设计而使用具有所需介电常数的均匀薄膜作为低折射率层，也可使用诸如 SnO_2 、 TiO_2 或 In_2O_3 薄膜等其它导电薄膜或 SiO_2 、 Al_2O_3 或类似的介电薄膜。此外，如第一到第十实施例部分所述，依据本实施例的光电子材料可用于发光器件、显示器件、光电转换器件或彩色传感器的光电子材料层。在此情况下，透明材料层最好具有高的导电率。

如图 18B 所示，由分布于透明介质 184 中的 Si 特细微粒 185 来形成特细微粒分布层 183。此特细微粒分布层 183 的结构与第一实施例部分中的所讨论光电子材料层 13 的结构相同。即，Si 特细微粒 185 具有基本上为球体的形状、与本征 Si 相同的晶体结构以及低浓度磷掺杂的 n 型导电率，微粒尺寸调节到大约 3 到 10nm。此外，Si 特细微粒 185 的表面覆盖有未示出的 SiO_2 薄膜，其厚度应为

例如 3nm 或更薄。

透明介质 184 具有可见光范围内的高透射率和可控的导电率或介电常数，这里把薄的 SnO₂ 薄膜作为一个例子。介质的电阻率最好与待分布的特细微粒的电阻率大致相同或相等或更大，作为一个例子把它设定为 10Ω·cm。

5 此外，为了有效地进行如第一实施例部分中所述的载流子的量子俘获，把光电子材料层 183 中 Si 特细微粒 185 的聚集率设定为大约 20%。

10 虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料，但可使用诸如 Ge 或其混合晶体等其它 IV 族半导体或 III-V 或 II-VI 族复合半导体。虽然把 SnO₂ 用作均匀透明介质，但最好依据以下将讨论的周期性结构的设计，使用具有所需介电常数的均匀薄膜作为高折射率层，也可使用其它导电薄膜或介电薄膜。如第一到第十实施例所述，可把依据本实施例的光电子材料用于发光器件、显示器件、光电转换器件或彩色传感器的光电子材料层。在此情况下，此特细微粒分布层的透明介质最好具有与待分布的特细微粒的电阻率大致相同或相等或更大的电阻率。

15 现在将描述用于依据本实施例光电子材料的周期性结构的设计方法。当依据本实施例的光电子材料表现出发光现象，而 λ 为所需发光中央波长时，如此进行交替层叠，从而透明材料层 182 与特细微粒分布层 183 叠层的一个周期的光学薄膜厚度(折射率×薄膜厚度)变为 λ/2，依据本实施例，作为周期性结构的一个设计例子，λ 为 600nm，每一层的光学薄膜厚度设定为 150nm(λ / 4)。尤其是，由于薄 ITO 薄膜的典型折射率为 2.1，则透明材料层的厚度设定为 72nm。

20 根据平均有效介质原理来设计特细微粒分布层 183。假定由介电常数为 ε 的球状特细微粒以聚集率 f 分布于介电常数为 ε_n 的透明介质中来形成特细微粒分布层。当特细微粒的微粒尺寸与波长相比足够小时，则由以下公式(2)来表示特细微粒分布层的平均介电常数 ε_{av}。

$$25 \quad \epsilon_{av} = \epsilon_n [1 + f \times 3(\epsilon - \epsilon_n) / \{\epsilon(1-f) + \epsilon_n(2+f)\}] \quad (2)$$

30 依据本实施例，通过对 Si 特细微粒的介电常数进行近似，薄 SnO₂ 薄膜的典型介电常数为 4.8，使用本征 Si 的值(11.9)。假定聚集率为 20%，则从以上公式，特细微粒分布层的平均介电常数变为 5.8。由于折射率可近似为介电常数的 1/2 次幂，所以获得的特细微粒分布层的平均折射率为 2.4。因此，作为高折射

率层的特细微粒分布层的厚度设定为 63nm。

虽然每一层的光学薄膜厚度设定为 $\lambda/4$ ，但可把透明材料层 182 和特细微粒分布层 183 叠层的一个周期的光学薄膜厚度设定为 $\lambda/2$ ，则可将特细微粒分布层的光学薄膜厚度设定为小于 $\lambda/4$ 。相应地，可增强从依据本实施例的光电子材料获取光发射的效率。

以下将描述具有上述结构的光电子材料的发光的操作原理。首先，对于依据本实施例的光电子材料的 PL 发光部件的操作，当辐射光子能量等于或大于特细微粒的带隙能量(E_g)的光时，如第一实施例部分中特别所述，在特细微粒分布层 183 的 Si 特细微粒 185 中产生电子—空穴对。由于经由相关放射性复合中心的复合现象，使产生的电子—空穴对表现出依据特细微粒 E_g 的发光。

由于 IV 族半导体原本是非直接跃迁型，所以产生放射性复合的几率非常低，但如果使用特细微粒具有几纳米数量级的微粒尺寸，则几率增大，于是保证强烈发光。注意，这里如第一实施例部分所讨论的来使用量子限制效应所引起的 E_g 增加现象。即，通过调节 Si 特细微粒的微粒尺寸(大小)或表面原子排列，可获得所需的发光波长。

然而，特细微粒本身的发光光谱具有如图 19A 所示的宽的光谱宽度。依据本实施例的 Si 特细微粒具有如第一实施例部分中图 5 所示大约 0.3eV 的光谱宽度。

相反，依据本实施例，依据上述周期性结构设计，透明材料层 182 和特细微粒分布层以此方式相互交替堆叠，从而叠层一个周期的光学薄膜厚度变为 $\lambda/2$ 。相应地，因透明材料层与特细微粒分布层折射率的不同，而在各层的界面处产生多次干涉，使得只增强 λ 周围波长范围的发光强度。此现象如图 19B 所示。由于此光谱宽度随周期性结构层数的增加而变窄，所以应依据必需的光谱宽度来调节层数。

此外，通过如此调节 Si 特细微粒的微粒尺寸或表面原子排列，从而使 Si 特细微粒原始发光的中央波长与周期性结构所增强的中央波长相匹配，以及依据上述周期性结构的设计来调节每一层的厚度，可改善增强连续光谱(由特细微粒固有产生)所需波长范围的强度的效果。

虽然已在本实施例部分中讨论了作为 PL 发光部件的光电子材料，但也可把依据本实施例的光电子材料用于第一到第十实施例中的光电子材料层。在此情况下，在第一到第十实施例部分中所述的发光器件、显示器件、光电转换器件或彩

色传感器中，可增强特细微粒固有产生的连续光谱的所需波长范围的光发射和接收强度。

第十二实施例

以下将参考图 20 描述作为第十二实施例时依据本发明的另一种光电子材料的原理结构。依据本实施例，将对作为光致(PL)发光部件的光电子材料进行描述，其中光接收(有源)区域为有源层，该层有分布于均匀透明介质中的 Si(IV 族半导体中的典型)特细微粒，这些微粒的表面覆盖有其本身的热氧化物薄膜。如使用表 1 的第一实施例部分所述，依据特细微粒与透明介质的组合可省略特细微粒的氧化物薄膜。

图 20 示出依据本实施例的光电子材料的剖面结构。在图 20 中，“201”是衬底，使用玻璃衬底作为一个例子，在衬底 201 的上表面设置厚度为 100nm 的铝(作为一个例子)制薄金属层 202。应把具有可见光范围内的高反射率的材料用于薄的金属层 202，替代 Al，实际上它可由铂、镁、铟、金、银、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钡或类似金属中的一种来形成。

在薄金属层 202 的上表面形成多层薄膜 203。此多层薄膜 203 具有折射率不同并相互交替堆叠的至少两种层，从而形成周期性结构。作为一个例子，如第一实施例中所述，由光电子材料形成此多层薄膜，它由薄 ITO 薄膜形成的透明介质层与 Si 特细微粒分布于薄 SnO₂ 薄膜中的特细微粒分布层相互交替层叠而成。

如此形成多层薄膜 203 的周期性结构，从而在依据本实施例的光电子材料表现出发光现象时，依据第十一实施例部分中特别所述的设计，一个周期的光学薄膜厚度(折射率×薄膜厚度)将变为 $\lambda/2$ (λ : 发射的光的中央波长)。依据本实施例，作为一个例子，如 λ 设定为 600nm，则厚度为 72nm 的透明介质层与厚度为 63nm 的特细微粒分布层交替堆叠而形成多层薄膜 203。虽然把第十一实施例的光电子材料用于多层薄膜 203，但可把通常所使用的介电多层薄膜或类似薄膜用作可见光范围内的多层反射薄膜。

在多层薄膜 203 的上表面形成有源层 204。此有源层 204 具有与第十一实施例部分中所讨论的特细微粒分布层 183 相同的结构，也是由分布于透明介质 206 中的特细微粒 205 而形成。Si 特细微粒 154 其有基本上为球体的形状，与本征 Si 相同的晶体结构以及低浓度硼掺杂的 p 型导电率，微粒尺寸调节到近似于 3 到 10nm。此外，Si 特细微粒 205 的表面覆盖有未示出的 SiO₂ 薄膜，其厚度应为例如

3nm 或更薄。透明介质 206 是具有可见光范围内的高透射率和可控导电率或介电常数的均匀薄膜，这里用薄的 SnO_2 作为一个例子。

此外，此有源层 204 的光学薄膜厚度(折射率 \times 薄膜厚度)设定为 λ 的整数倍。依据本实施例，作为一个例子， λ 设定为 600nm, 有源层 204 的光学薄膜厚度设定为 2λ 。尤其是，如果聚集率以 20% 作为一个例子，则在第十一实施例部分中所获得的有源层 204 的折射率为 2.4。因此，有源层 204 的厚度设定为 500nm。

虽然把 Si 用作构成光电子材料层的特细微粒的材料，但如第十一实施例部分所讨论的，可使用诸如 Ge 或其混合晶体等其它 IV 族半导体或 III-V 或 II-VI 族复合半导体。虽然把 SnO_2 用作均匀透明介质，但最好依据如第十一实施例部分所讨论的周期性结构的设计，使用具有所需介电常数的均匀薄膜作为高折射率层，也可使用其它导电薄膜或介电薄膜。此外，如第一到第十实施例所述，可把依据本实施例的光电子材料用于发光器件、显示器件、光电转换器件或彩色传感器的光电子材料层。在此情况下，此特细微粒分布层的透明介质最好具有与待分布的特细微粒的电阻率大致相同或相等或更大的电阻率。

在有源层 204 的上表面设置厚度为 10nm 的 Pt (作为一个例子) 的局部反射层 207。应把具有可见光范围内适当反射率的材料用于局部反射层 207，替代 Pt，该层可由镁、铟、铝、金、银、钨、钼、钽、钛、钴、镍和钯或类似金属中的一种来形成。此外，可把常规所使用的介电多层薄膜用作可见光范围内的局部反射薄膜。

以下将描述具有上述结构的光电子材料发光的操作原理。当辐射光子能量等于或大于特细微粒带隙能量(E_g)的光时，由第十一实施例部分中所述的原理引起具有图 19A 中所示宽的光谱宽度的发光。

相应地，如果如此进行交替层叠，从而一个周期中多层薄膜 203 的光学薄膜厚度变为 $\lambda/2$ 来形成周期性结构，且如上所述把有源层 204 的光学薄膜厚度设计成 λ 的整数倍，则形成有源层 204 夹在多层薄膜与局部反射层 207 之间的共振结构。因此，可如图 19B 所示，增强只在 λ 处具有峰值的波长范围的发光强度。

此外，由于把第十一实施例部分中所讨论的光电子材料用于本实施例的多层薄膜 203，所以多层薄膜 203 中的 Si 特细微粒也表现发光，从而进一步增强发光强度。

此外，通过如此调节 Si 特细微粒的微粒尺寸或表面原子排列，从而使 Si 特

细微粒原始发光的中央波长与周期性结构所增强的中央波长相匹配，以及依据上述周期性结构的设计来调节每一层的厚度，可改善增强连续光谱(由特细微粒固有产生)所需波长范围的强度的效果。

5 虽然已在本实施例部分中讨论了作为 PL 发光部件的光电子材料，但也可把依据本实施例的光电子材料用于第一到第十实施例中的光电子材料层。在此情况下，在第一到第十实施例部分中所述的发光器件、显示器件、光电转换器件或彩色传感器中，可增强特细微粒固有产生的连续光谱的所需波长范围的光发射和接收强度。

第十三实施例

10 现在将参考图 21 到 24 详细地描述作为第十三实施例的制造依据本发明的光电子材料的适当方法。

图 21 示出制造作为光电子材料一个例子的 IV 族特细微粒方法的步骤图，“211”表示硅(Si)粉末而“212”表示锗(Ge)粉末，它们都具有大约 1.0 到 2.0 μm 的微粒尺寸和 6N 或更大的纯度。“214”是热压机，“215”是 Si-Ge 混合靶。

15 首先，如图 21A 所示，对 Si 粉末 211 和 Ge 粉末 212 进行机械混合而使其均匀分布，以制备 Si-Ge 混合粉末 213。虽然混合比可任意设定，但为了如以下所讨论的控制发光波长，以发光效率为先，把克分子比设定为 Si:Ge=0.2:0.8。

接着，如图 21B 所示，把 Si-Ge 混合粉末 213 密封在热压机 214 内，在热压机内，在压缩烧结时进行加热和压缩。虽然此时的加热温度一般最好是作为基准的共熔点(K)的 0.8 倍，但在此实施例中设定为 700 $^{\circ}\text{C}$ 。压强值设定在 15 到 20MPa 20 范围内，压缩烧结时的气氛为惰性气体(氩气)。然而，使用真空热压法，最终可获得高密度的模制产品。也可通过在低温和低压下进行压缩，来获得密度与使用惰性气体的热压法中获得的密度基本上相同的模制产品。如图 24 所示，从热压机 214 中取出模制的 Si-Ge 混合靶 215。

25 于是，模制 Si-Ge 混合靶 215 具有均匀地分布于微米水平的 Si 和 Ge，且密度达到或高于 99%的理想值。

图 22 示出用于制备 IV 族 (Si-Ge) 混合晶体特细微粒的设备的概念图，通过对以图 21 中制造方法获得的 Si-Ge 混合靶进行激光烧蚀，把微粒的尺寸控制在 nm 数量级。

30 激光烧蚀是指以高能量密度(脉冲密度：1.05/cm²或更大)的激光光束辐射靶

材料，从而使受辐射靶材料的表面熔化和解吸，其特征是非热量平衡及质量减少的过程。非热量平衡的一个特殊效果是能实行以空间和时间为基础的选择性激发。尤其是，空间上的选择性激发只允许激发必需的材料源，而常规的热处理或等离子体处理使反应槽（ tank ）的很大面积或整个面积暴露于热或离子。于是

5 它是一个抑制杂质混合的清洁的处理。

与具有相同非热量平衡的离子处理相比，“质量减少”意味着明显较低的破坏。激光烧蚀中的解吸材料主要由离子动能达到几十 eV 以及中子动能达到几 eV 的离子和中子微粒或原子、分子或群(由大约几个到几十个原子构成)来构成。此能量虽然大大高于热蒸发原子的能量，但还处在比离子束的能量低得多的能量范

10 围内。

具有很少破坏的清洁激光烧蚀工艺适用于制备其杂质混合、结晶度、表面状态和类似性质受到控制的特细微粒。这是因为，在制备具有非常大的表面面积比和易受结构影响的特细微粒时，低破坏率是不可避免的因素。如果在热量平衡工艺中生长特细微粒，则类似于微粒尺寸等结构参数的分配变得不可避免。

基本设备结构是这样的，从而来自氩-氟激发剂激光源 2201 的激光光束(波长：193nm)通过包括狭缝 2202、会聚透镜 2203、反射镜 2204 和透光窗 2205 的光学系统引入真空反应室 2206，并聚焦和射到置于真空反应室 2206 内部的 Si-Ge 混合靶 2207 的表面。此时的辐射能量状态为，脉冲能量密度是 1.0 秒到 3.0J/cm²，重复频率是 10Hz。此外把 Si-Ge 混合靶 2207 置于具有旋转机构的靶

15 20 支架 2208 上。在沿法向距离 Si-Ge 混合靶 2207 的表面 7 到 10mm 处平行于靶表面放置淀积衬底 2209，收集和淀积从 Si-Ge 混合靶 2207 的受辐射表面解吸的材料。即，由于在本实施例的辐射条件下，解吸材料实质上是原子、分子或群，所以通过高真空环境中的激光烧蚀淀积来形成包含这些材料的薄。

在几托的 He 气氛中以上述辐射条件进行激光烧蚀淀积时，解吸材料的动

25 能在周围气体原子中分散，从而加速了空气中的缔合与生长，且在材料到达并集中于淀积衬底 2209 上时，已生成为微粒尺寸为几 nm 到几十 nm 的特细微粒。

尤其是，在主要包括涡轮分子泵的高真空抽气系统 2210 把真空反应室 2206 预先排气到 1×10^6 Pa 后，把此高真空抽气系统密封起来。然后，通过惰性气体供应管 2211 引入氦（He）气，由质量流量控制器 2212 来实现对惰性气体（He）

30 气氛的流量控制，并由差动排气系统 221 对该气体实行差动排气，该差动排气系

统 221 主要包括干燥旋转泵或高压涡轮分子泵。He 气氛中控制压强的范围是 1.0 到 20.0 托。

通常，难于通过 1000℃ 的本征熔化和热处理来形成高级 Si-Ge 混合晶体，而本实施例可在 Si-Ge 混合靶 2207 的表面上表现出与几万度的极高温等效的非热量平衡状态，于是可保证形成理想的 Si-Ge 混合晶体。

因为 Si-Ge 混合靶 2207 具有以微米数量级均匀分布的 Si 和 Ge，辐射激光光点的面积具有几平方毫米的尺寸，并且处在与几万度(就温度而言)等效的非常热的状态，即可忽略 Si 和 Ge 熔点与蒸发温度之差，多个脉冲解吸材料的组分足以与 Si-Ge 混合靶 2207 本身的组分(克分子比：0.2：0.8)相匹配。

不用说，不仅使用混合靶，当然还可使用类似于 Si 或 Ge 等单组 IV 族材料的靶或其混合靶，可使微粒尺寸调节到 nm 数量级的特细微粒淀积在衬底上。

现在将描述对依据本实施例的 Si-Ge 混合晶体特细微粒的平均微粒尺寸进行控制的方法。基本上，通过质量流量控制器 2212 所进行的流量控制以及差动排气系统 2213(主要包括干燥旋转泵)所进行的电导 (conductance) 调节来恒定地改变真空反应室 2206 中惰性气体(He 气)气氛的压强，从而实现依据本实施例的平均微粒尺寸的控制。

图 23 示出表示引入的 He 气压强与粘附到淀积衬底 2209 的 Si-Ge 混合晶体特细微粒的平均微粒尺寸之间关系的特性曲线。从图中可理解，当 He 气压强处于 2.0 托到 10.0 托范围内时，特细微粒的微粒尺寸随 He 气压强的上升而单调增加。从定量方面也很明显，微粒尺寸的增加正比于 He 气压强(P)的 1/3 次幂。此关系可解释为解吸(注入)微粒的动能在作为惯性阻力介质的 He 气氛中分散。当然，此尺寸控制不仅可用于混合材料靶，也可用于类似于 Si 或 Ge 的单种材料靶。

简言之，依据本实施例，首先在惰性气体气氛中进行激光烧蚀步骤，以保证在衬底上形成微粒尺寸控制在 nm 数量级的特细微粒的淀积。接着，恒定地改变真空反应室中惰性气体气氛的压强，以保证平均微粒尺寸的控制，尤其是虽然如第二实施例部分的图 6 所示，微粒尺寸是调节带隙能量的主要参数，但由于使用了混合晶体特细微粒，所以可把混合晶体的组分比用作一次要参数。

作为光电子材料，也可使用其他类型或其它组分比的单质或混合晶体。例如，也可使用如直接跃迁型半导体镓-砷 (GaAs) 等 III-V 族化合物或如硫化镉

(CdS)等 II-VI 族化合物。

在以上描述中，把真空反应室中产生的特细微粒直接淀积在衬底上，在此情况下，特细微粒的微粒尺寸的分配变得更宽。因引，将使用图 24 描述在制造依据本发明的光电子材料的步骤中控制特细微粒微粒尺寸的方法。

5 图 24 示出微粒尺寸控制设备的示意图，该设备在通过激光烧蚀淀积特细微粒时使用质量分离来控制微粒尺寸。在图 24 中，当脉冲激光光束射到置于惰性气体气氛中反应室中央的靶 241 表面时，在靶 241 表面上产生激光烧蚀现象并加速了空气中的缔合与生长，从而产生特细微粒 242。对于所产生的特细微粒 242，使用质量分离器 244，它包括用于引入所产生的特细微粒 242 的喷嘴 245、使引
10 入的特细微粒离子化的离子化室 246、通过电场加快离子化特细微粒速度的加速管 247 以及用于加上电场而使特细微粒进行质量分离的偏转电极 248。

接着将描述对上述结构中特细微粒尺寸的控制方法。首先，如上所述，当脉冲激光光束射到置于惰性气体气氛中真空反应室中的靶 241 表面时，产生特细微粒 242。经由喷嘴 245 把特细微粒 242 引入离子化室 246。在引入的特细微粒通
15 过在此离子化室 246 中形成的生长放电区时，它们被离子化。接着，离子化特细微粒依据加到加速管 247 的电压而加速，并到达偏转电极 248。如果一电场已加到偏转电极 248，则一些特细微粒的注入方向变到朝向淀积衬底 243。由于由待淀积的特细微粒的微粒尺寸(质量是精确的)、加速管 247 中的加速电压以及对偏转电极 248 所加的电场来确定注入方向，所以可通过调节这些物理量而只向淀积
20 衬底 243 注入待淀积的特细微粒。

在靶 241 与淀积衬底 243 之间安装上述质量分离器 244，使得具有匹配微粒尺寸的特细微粒可淀积在淀积衬底 243 上。虽然在以上描述中使用偏转电极加上电场来改变特细微粒的注入方向，但可通过加上磁场来改变注入方向。

第十四实施例

25 现在将参考图 25 详细地描述作为第十四实施例的制造依据本发明光电子材料的另一种合适的方法。依据上述本发明的第十三实施例，已描述了 IV 族特细微粒的制造方法。如果把特细微粒直接粘接并淀积到淀积衬底上，则最终有可能形成包括特细微粒的多孔形状的薄膜。对于此多孔形状，假定连接电极而形成器件时可能需要更加优化的形状，为了使球状特细微粒原始的量子限制效应表现出
30 与发光有关的新功能，可能也需要更加优化的形状或类似形状。

因此,将描述光电子材料的制造方法,该材料包括分布有依据本实施例的 Si 特细微粒的透明导电薄膜。依据本实施例,有一个步骤是在同一衬底上同时淀积 Si 特细微粒和透明导电材料以使 Si 特细微粒分布于透明导电薄膜内,在惰性气体(Ar、He 或类似气体)气氛下使用激光烧蚀,在衬底上制备并粘积 Si 特细微粒,并且如此在同一衬底上形成透明导电薄膜,从而通过蒸发步骤(最好是氧气气氛中的激光烧蚀)在内部分布 Si 特细微粒。

尤其是,图 25 示出一光电子材料制造设备的概念图,该设备通过对 Si 靶和透明导电靶进行同步激光烧蚀,来形成 Si 特细微粒分布于均匀透明导电薄膜中的薄光电子材料层。

10 参考图 25,在主要包括涡轮分子泵的高真空抽气系统使完全由金属制成的第一反应室 2501 排气到 1.0×10^9 托后,经由惰性气体供应管 2503 通过质量流量控制器 2502 引入氩气。与主要包括干燥旋转泵或高压涡轮分子泵的排气系统 2504 相结合,把第一反应室 2501 中的惰性气体压强在 0.1 到 10 托范围内设定为固定值。

15 在此情况下,把来自第一脉冲激光源 2507 的脉冲激光光束射到置于第一靶支架 2505(包括旋转机构)上的 Si 靶 2506 的表面上。结果,在 Si 靶 2506 的表面上产生激光烧蚀现象,解吸出 Si 离子或中子(原子、群),首先它们主要沿靶法向注入,离子的动能在 50ev 数量级,中子的动能在 5ev 的数量级。当解吸材料与惰性气体原子碰撞时,其飞行方向受到干扰,且动能在环境中分散,于是加速空气中的缔合与凝聚。结果,生长了微粒尺寸在几 nm 到几十 nm 的特细微粒。此惰性气体气氛中的激光烧蚀步骤与参考图 22 所述的步骤基本上相同。

同时,在由高真空抽气系统使完全由金属制成的第二反应室 2508 排气到 1.0×10^9 托后,经由氧气供应管 2510 通过质量流量控制器 2509 引入含氧气体。适合以百分之几的氧混合比把氧混入氩气中。与主要包括干燥旋转泵或高压涡轮分子泵的排气系统 2511 的操作相结合,把第二反应室 2508 内惰性气体的压强设定在 0.1 到 10 托内的固定值。当来自第二脉冲激光源 2514 的脉冲激光光束射到置于第二靶支架 2512(包括旋转机构)上的 SnO_2 靶 2513 表面上时,在此情况下,在 SnO_2 靶 2513 表面上产生激光烧蚀现象,解吸出 SnO_2 离子或中子(分子、群),首先它们以靶法向注入,离子的动能在 50ev 的数量级,中了的动能在 5ev 数量级,而保持分子或群能级的大小。通过在此时提供氧气气氛,注入的材料变为均处于在

稳态的 SnO_2 分子或以分子为单位的群，并且保持化学当量组分。

此外，淀积衬底 2516 被置于真空反应室 2515 中，该反应室已被主要包括涡轮分子泵的高真空抽气系统 2517 排气到近似于 1.0×10^{-5} 托的极限真空。由于真空反应室 2515 与第一反应室 2501 之间的差压，使得第一反应室 2501 中产生的 Si 特细微粒通过第一喷嘴 2518 和第一分液器 (skimmer) 2519 注入真空反应室 2515，从而淀积在衬底 2516 上。

同样，由于真空反应室 2515 与第二反应室 2508 之间的差压，使得第二反应室 2508 中产生的 SnO_2 分子或群通过第二喷嘴 2520 及第二分液器 2521 注入真空反应室 2515，从而淀积在衬底 2516 成为均匀薄膜。

10 因此，对 Si 和 SnO_2 同时进行激光烧蚀，可形成 Si 特细微粒分布于淀积衬底 2516 上的薄 SnO_2 (透明导体)。此外，由于制备透明导电薄膜用的活性氧只存在于本实施例的第二反应室 2508 中，非常容易被氧化的 Si 特细微粒可分布于透明导电薄膜中，而不会暴露于活性氧环境中。

15 由激光烧蚀时在靶上的激光功率和重复频率来控制所淀积的特细微粒的聚集率。它也可通过调节喷嘴及分液器的形状以及真空反应室与每个反应室之间的差压来控制。

使用氩和氦作为环境惰性气体的区别在于 Ar 的压强设定为取作基准的 He 压强的 0.1 到 0.2 倍。

20 在淀积后，Si 特细微粒的表面立即受到因高能微粒或辐射的破坏而引起晶体缺陷或杂质混合。为了除去此不理想的表面层并形成具有优良结晶度和纯度的 Si 特细微粒，可使 Si 特细微粒经受氧气气氛中的氧化或热处理。作为此表面处理步骤，依据在第一实施例部分中使用表 1 所讨论的特细微粒与透明介质的组合，以下方案是适合的。

25 首先，在表 1 中组合 A 的情况下，当透明介质的标准形成焓低于特细微粒氧化物的标准形成焓时，则在特细微粒分布于透明介质时不容易被透明介质中的氧发生氧化，从而在淀积后使分布有特细微粒的透明薄膜经受热处理。尤其是，在淀积结束后，使真空反应室 2515 暂时抽空到高真空状态后，其后引入氮气而形成氮气环境。然后，加热特细微粒分布于淀积衬底上的透明薄膜。在此热处理中，把温度设定为特细微粒熔点 (绝对温度) 的 0.5 到 0.8 倍并低于透明介质的熔点。
30 此外，期望透明介质的熔点高于特细微粒的熔点。例如，Si 的熔点为 1414°C ，

而 SnO_2 的熔点为 1127°C ，从而热处理的温度应设定在 600 到 1000°C 范围内。在此氮气气氛中的表面处理步骤可消除不理想的表面层并可形成具有优良结晶度和纯度的特细微粒。虽然在氮气环境下进行热处理，但该处理也可在氧气或类似环境下进行。在此情况下，可在特细微粒的表面上形成氧化物薄膜。

5 在本实施例表 1 中组合 B 的情况下，当特细微粒分布于透明介质中时，他们被透明介质中的氧所氧化。因此，在特细微粒分布于透明介质内以前，应给特细微粒涂覆氧化物薄膜。尤其是，在对 Si 和 SnO_2 进行上述激光烧蚀前，应把氧气引入真空反应室 2415 中。应如此设定其压强，从而在第一反应室和第二反应室之间提供例如 10^2 托或更低的差压。当第一反应室 2501 中产生的 Si 特细微粒通
10 过第一喷嘴 2518 注入真空反应室 2515 时，这些微粒与真空反应室内的氧分子接触，从而加速表面氧化。同时，与氧气的这种混合不会减少所淀积的薄 SnO_2 薄膜中氧的组分，并可保持化学当量组分。此氧气气氛中的表面处理步骤可消除不理想的表面层并可形成具有优良结晶度和纯度的特细微粒。

 如上所述，依据本实施例，可获得分布有 Si 特细微粒的薄 SnO_2 薄膜，于是
15 消除了多孔形状。因此，可制备包含特细微粒的薄膜，它们可用于连接电极而形成器件，并可有效地带来量子规模效应。

 此外，可通过对特细微粒进行表面处理来除去不理想的表面层，以形成具有优良结晶度和纯度的特细微粒。

 虽然以上描述讨论了包括分布于薄 SnO_2 薄膜中的 Si 特细微粒的光电子材料的
20 的制造方法，但当然可使用其它类型或其它组分比的单质或混合晶体作为光电子材料，也可把 SiO_2 或类似的介电薄膜而不是透明导电薄膜用作待分布特细微粒的透明介质材料。

 在以上描述中，经由第一喷嘴把第一反应室中产生的 Si 特细微粒直接淀积在衬底上，因而特细微粒的微粒尺寸分配变得更宽。因此，在制造本发明的光电子材料的步骤中，使用在第十三实施例部分中用图 24 所述的控制特细微粒的微粒尺寸的方法，可淀积具有匹配微粒尺寸的特细微粒。
25

第十五实施例

 现在将参考图 26 和 27 详细地描述作为第十五实施例的制造依据本发明的光电子材料的另一种方法。将描述一种光电子材料的制造方法，该材料包括依据本
30 实施例主要分布有 IV 族特细微粒的介电薄膜。此实施的一个步骤是在同一衬底

上同时淀积 IV 族混合晶体特细微粒以及介电材料，以使 IV 族混合晶体特细微粒分布于介电薄膜中。在同一衬底上，同时进行通过激光烧蚀而粘积 IV 族混合晶体特细微粒以及通过溅射而淀积介电薄膜。

尤其是，图 26 和 27 示出依据本实施例的设备的概念图。图 26 示出本实施例中所使用的烧蚀—溅射混合阴极 261 的结构。在图 26 中，把用于激光烧蚀的盘状 IV 族 (Si-Ge) 混合靶 262 置于中央。在靶 262 周围同心地放置用于溅射的介电材料 (SiO₂) 靶 263。IV 族 (Si-Ge) 混合靶 262 与本发明第十三实施例中所使用的靶相同。

介电材料靶 263 的底部连到 RF 电源 264 (13.56 Mhz, 1.0KW)，具有永磁体的磁控管结构 267 置于介电材料靶 263 下方，以提高介电材料靶 263 附近的等离子体密度以及增加溅射率。

设有适当形状的阳极环 265，以防止用于激光烧蚀的 IV 族混合靶 262 表面或其它非必要部分上因溅射而引起的交叉沾污。

虽然用水来冷却 IV 族混合靶 262 及介电材料靶 263 的底部以防止过热，但也可设置铜制成的垫片 266 来提高冷却效率。

图 27 示出一组合淀积设备的概念图，该设备用于形成 IV 族混合晶体特细微粒分布于介电薄膜的光电子材料层。

参考 27，首先，由主要包括涡轮分子泵的高真空抽气系统 2702 使完全为金属的真空反应室 2701 排气到 1.0×10^7 帕的极限真空。然后，由阀门关闭高真空抽气系统 2702，其后经由惰性气体供应管 2704 通过质量流量控制器 2703 引入 Ar 或 He 气。与主要包括干燥旋转泵或高压涡轮分子泵的差压排气系统 2705 的操作相结合，把真空反应室 2701 中惰性气体的压强设定在 10.0 毫托到 10.0 托范围内的固定值。

在此情况下，通过光入射窗 2706 把来自 excimer 激光源 2707 的 ArF excimer 激光光束射到置于混合阴极 261 中央的 Si-Ge 靶 262 表面。随后，在 Si-Ge 靶 262 的表面上产生激光烧蚀现象，解吸出 Si 和 Ge 的离子或中子 (原子、群)，首先它们主要沿靶的法向注入，离子的动能可在 50eV 的数量级，中子的动能可在 5eV 的数量级。由于解吸材料的动能在周围气体原子中分散，于是加速了空气中的缔合和生长。因此，在该材料到达并集中在淀积衬底 2708 (垂直地置于 Si-Ge 靶 262 中央的上方) 上以前，已生长成为微粒尺寸在几 nm 的特细微粒。

此惰性气体环境中的激光烧蚀步骤与参考图 22 所述的步骤基本上相同。由激光烧蚀时靶上的激光功率以及重复频率来控制所淀积的特细微粒的聚集率。

与此同时，当把高频功率加到处于惰性气体环境中的混合阴极 261 的 SiO_2 靶 263 时，通过溅射而淀积 SiO_2 。

5 上述通过烧蚀 (Si-Ge) 和溅射 (SiO_2) 的同步淀积可在淀积衬底 2708 上形成分布有 Si-Ge (IV 族)混合晶体特细微粒的薄 SnO_2 (介电)薄膜。

在淀积结束后，使真空反应室 2701 暂时抽空到高真空状态，其后经由氧供应管 2709 引入氧气而形成氧气环境。然后，把来自辐射与加热设备 2710(包括设在淀积衬底 2708 背后的卤化物灯 2710a 和均匀反射镜 2710b) 的红外光(不相干光)射到淀积衬底 2708 上，以加热淀积衬底 2708 上分布有 Si-Ge 混合晶体特细微粒的薄 SiO_2 薄膜。与此同时，把类似于石英的透明材料用于衬底支架 2711。在氧气环境中进行此热处理，如果温度设定在 600 到 900°C 范围内，则 IV 族混合晶体特细微粒的表面将被氧化。

15 在淀积后，IV 族混合晶体特细微粒的表面立即受到因高能微粒或辐射的破坏而引起的晶体缺陷或杂质混合。可通过氧气环境中的表面氧化步骤来除去不理想的表面层，以形成具有优良结晶度和纯度的 IV 族混合晶体特细微粒。

由于在空气中飞行期间特细微粒的表面是活性的，所以它们与氧分子接触，从而加速表面氧化。与氧气的这种混合不会减少所淀积的薄 SnO_2 薄膜中氧的组分，并可保持化学当量组分。适合以百分之 1.0 的混合比在 Ar 气中混合氧。

20 如上所述，依据本实施例，可获得分布有 Si-Ge 混合晶体特细微粒的薄 SnO_2 薄膜，于是消除了多孔形状。因此，可制备包含特细微粒的薄膜，该薄膜可用于连接电极而形成器件，并可有效地带来量子规模效应。

25 使用 Ar 和 He 作为环境惰性气体的区别在于，Ar 的压强应该设定为取作基准的 He 压强的 0.1 到 0.2 倍。实际上，考虑到与常规溅射淀积的匹配，适于把 Ar 的压强设定在大约 0.01 到 0.1 托的范围内。

在同步淀积中，通过氧气环境中的加热而进行的表面氧化步骤可除去不理想的表面层，并可形成具有优良结晶度和纯度的 IV 族混合晶体特细微粒。

30 当然，与第十三或十四实施例相同，可把其它类型或其它组分比的单质混合晶体用作半导体材料，作为介电材料，可使用类似于氧化铝 (Al_2O_3) 等其它材料。这是因为如果使用 Al_2O_3 ，则与 SiO_2 的情况相比，氧化铝化学当量组分的偏

差对混合 IV 族半导体特细微粒很少有不利影响(这主要意味着对 IV 族半导体的过氧化)。

从以上所述很明显的,依据本发明,特细微粒分布于具有可控导电率或介电常数而且基本上为均匀的介质中,可有效地执行和控制特细微粒中的载流子注入或特细微粒中载流子的量子限制效应,于是可实现发生器件和光电检测器,这些器件的光发射和接收特性(类似于波长)可受到控制,而且这些器件具有高的光发射和接收效率。

由于使用这种光电子材料的特细微粒分布层与透明介质层相互交替堆叠而成的周期性结构,所以可提供这样的光电子材料,它具有诸如增强特细微粒所发射或产生的连续光谱内特定波长范围强度的特性,于是可实现这样的发光器件、光电检测器等,它们可使所接收或反射的光的光子能量受到控制。

此外,设置使用此光电子材料的有源层以及把有源层夹在中间的高反射层和局部反射层可提供一种光电子材料,最终提供发光器件、光电检测器和类似器件,使所接收或发射的光的波长变窄并可增加强度。

此外,通过提供把包含这类光电子材料的光电子材料层夹在中间的一对电极,且这对电极中的至少一个电极与该层直接接触,可适当地控制电极与光电子材料层之间的电气连接,并可获得具有高光发射和接收效率的发光器件、显示器件、光电检测器等。

如果这种光电子材料特别适用于紫外线检测器或类似器件,则不再需要彩色滤光器或类似器件。

使用上述显示器件,提供了尺寸和重量减少、具有低功耗和高分辨率的便携式显示设备,该设备也适于用作 HMD 或电子字典。

此外,依据本发明的上述光电子材料、发光器件,光电检测器和类似器件使用其数量不受限制不受环境沾污的材料,这些器件还具有与 Si-LSI 技术匹配、高环境对抗力以及无组装性质,而且可适用于各种多媒体自适应器件。

依据上述光电子材料的制造方法,在惰性气体环境中对第一靶进行激光烧蚀步骤,以保证在衬底上形成微粒尺寸控制在 nm 数量级的特细微粒的淀积,并可实行对平均微粒尺寸进行控制以及对混合晶体的组分比进行控制,从而允许以更高的自由度来调节光发射和接收特性。

此外,适于提供使第二靶材料蒸发的蒸发步骤。相应地,把蒸发步骤中产生

的材料集中在淀积衬底上，基本上与此同时，在淀积衬底上集中烧蚀步骤中解吸和注入的材料在空气中凝聚与生长而获得的特细微粒，从而实际上可获得特细微粒分布于包括第二靶材料的均匀材料中的光电子材料。

5 工业应用性

本发明具有与硅(Si)-LSI技术匹配、自发光、快速响应、像素小型化、低功耗、高环境对抗力以及无装配工艺的优质特性，并可适用于各种便携式终端和其它显示设备。

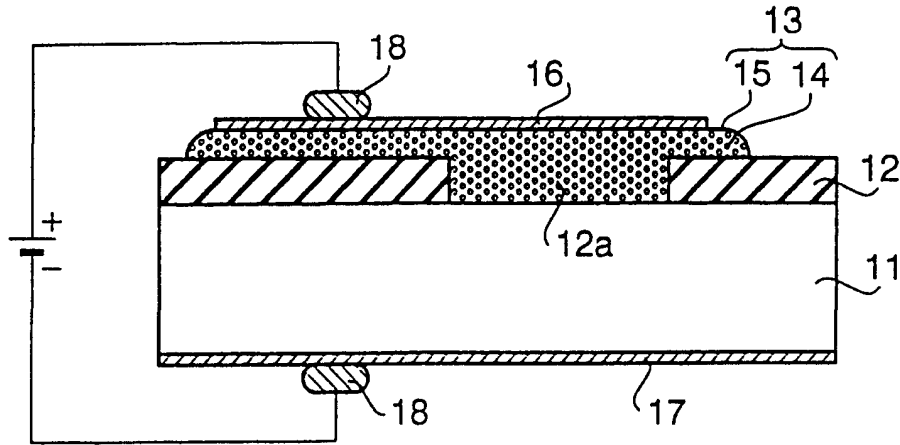


图 1A

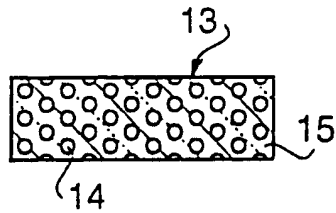


图 1B

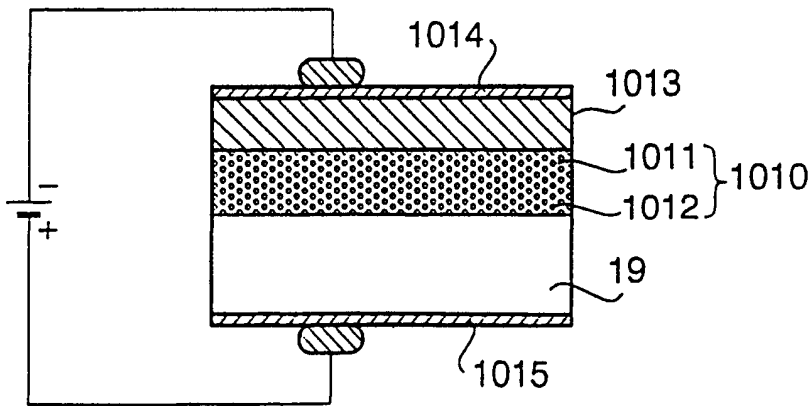


图 1C

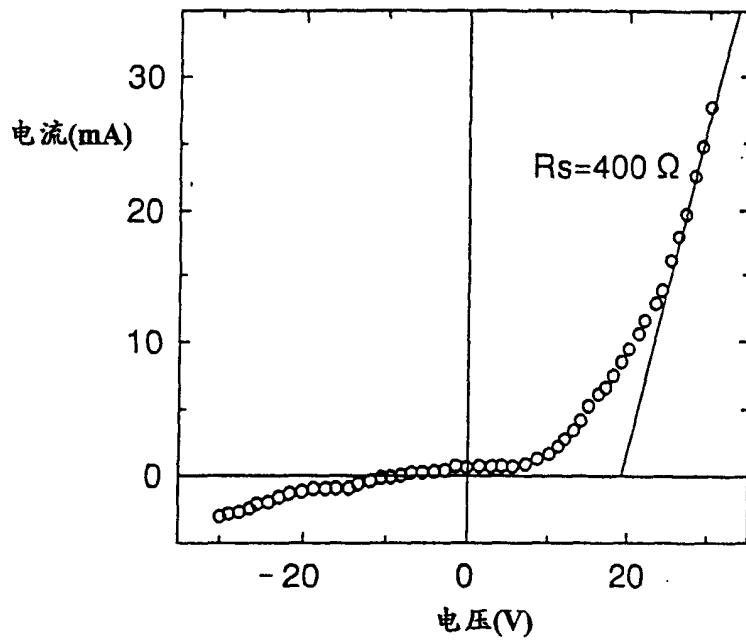


图 2A

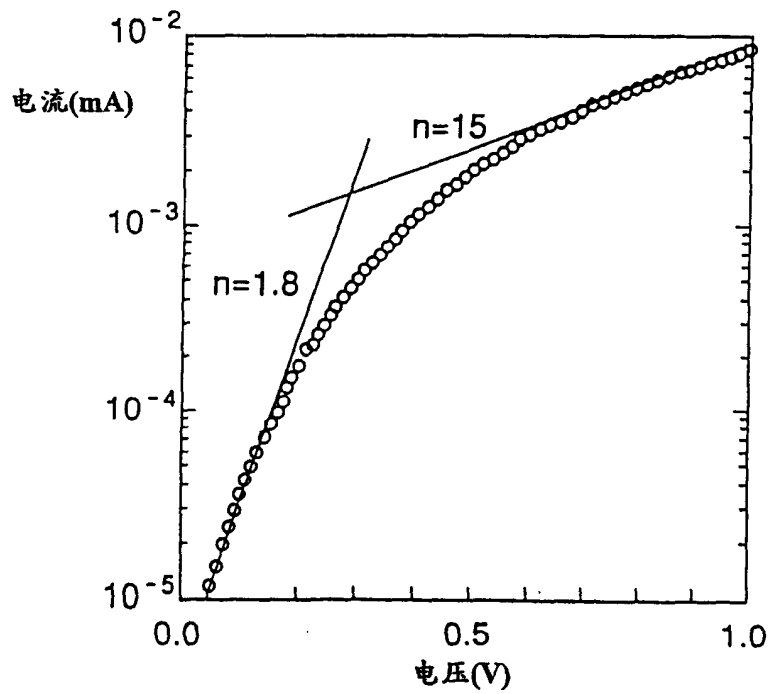


图 2B

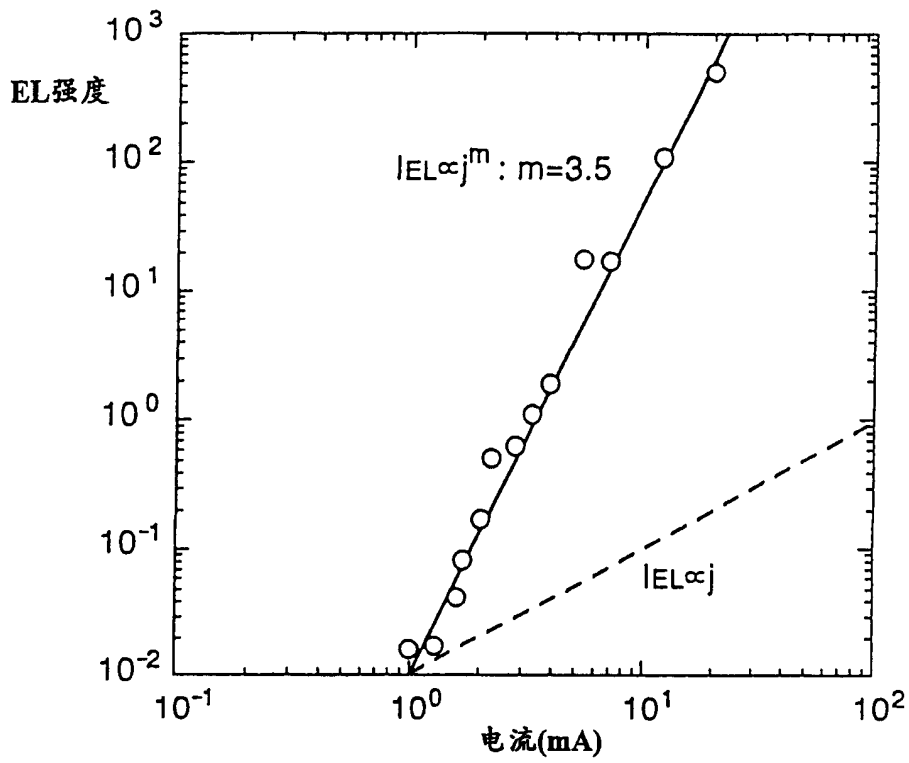


图 3

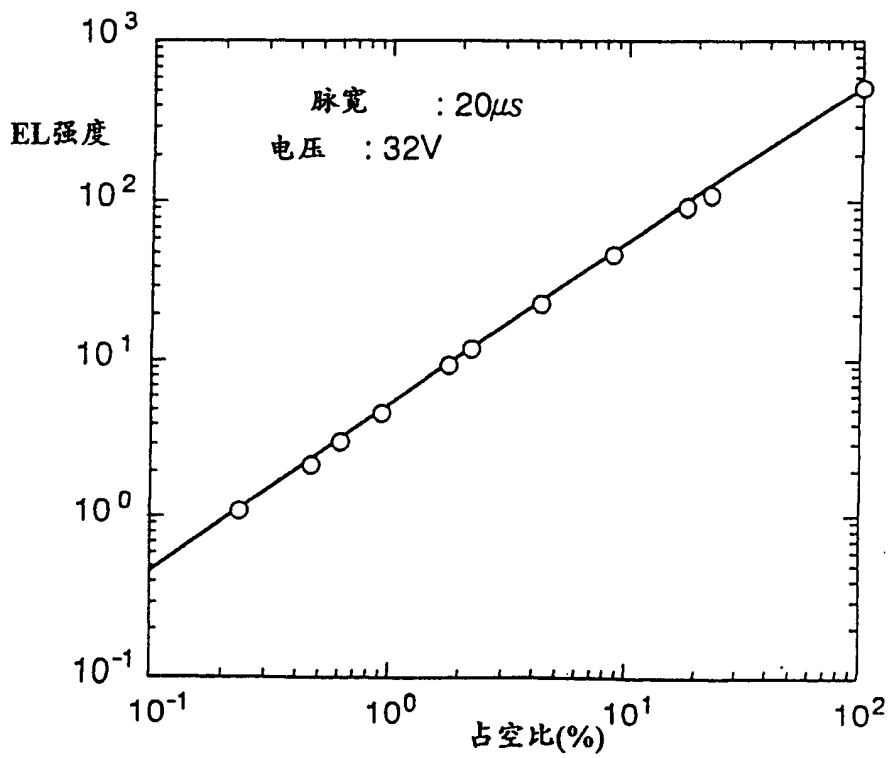


图 4

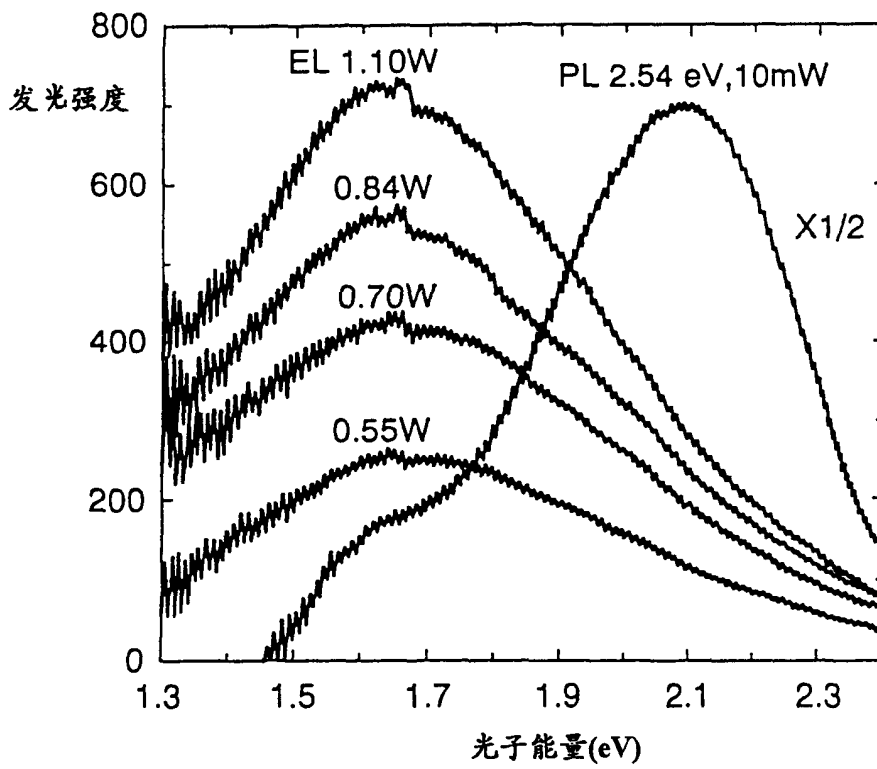


图 5

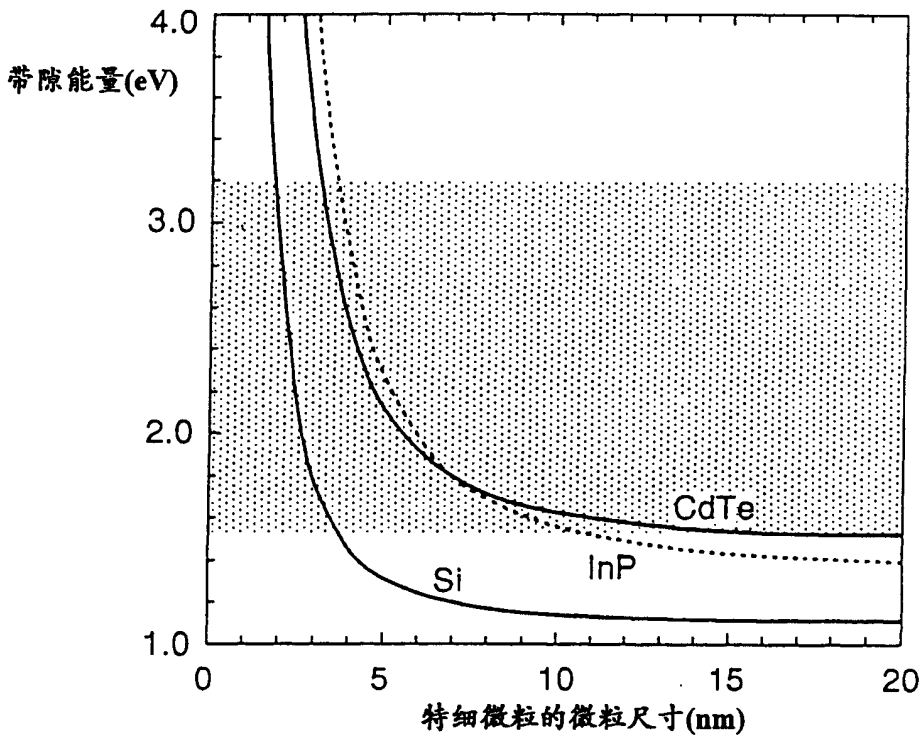


图 6A

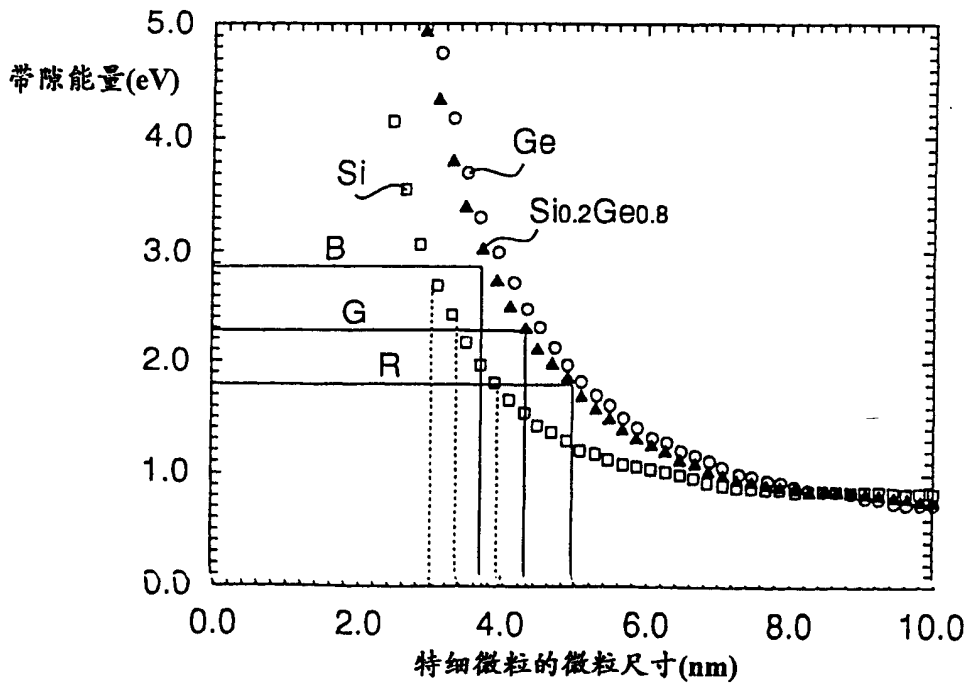


图 6B

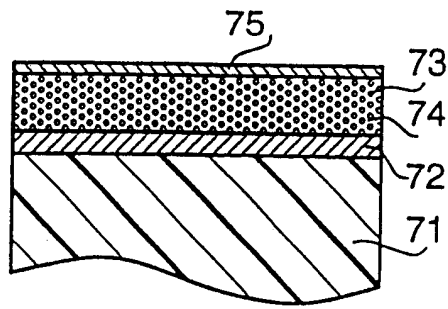


图 7

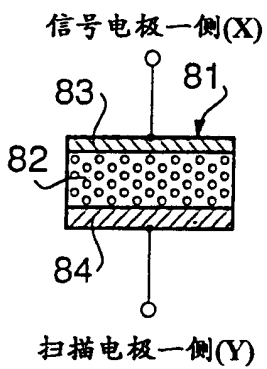


图 8A

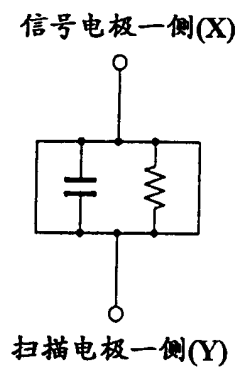


图 8B

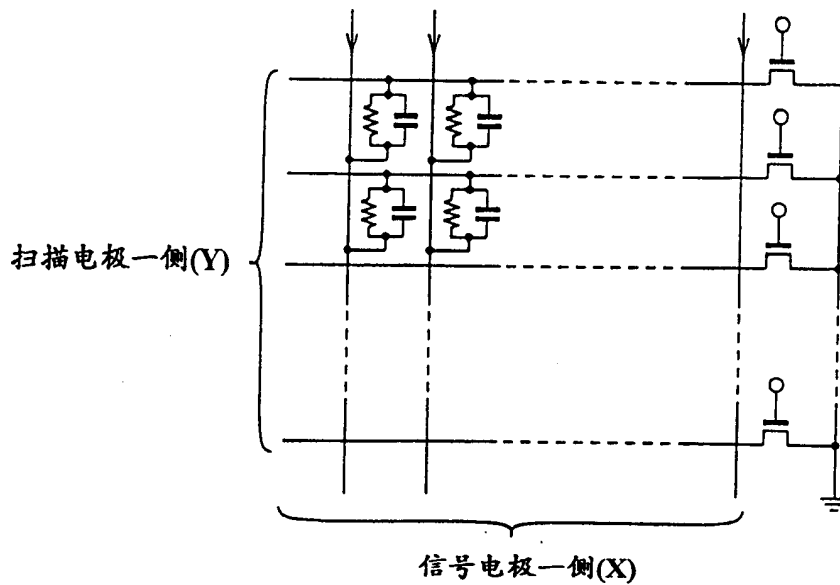


图 8C

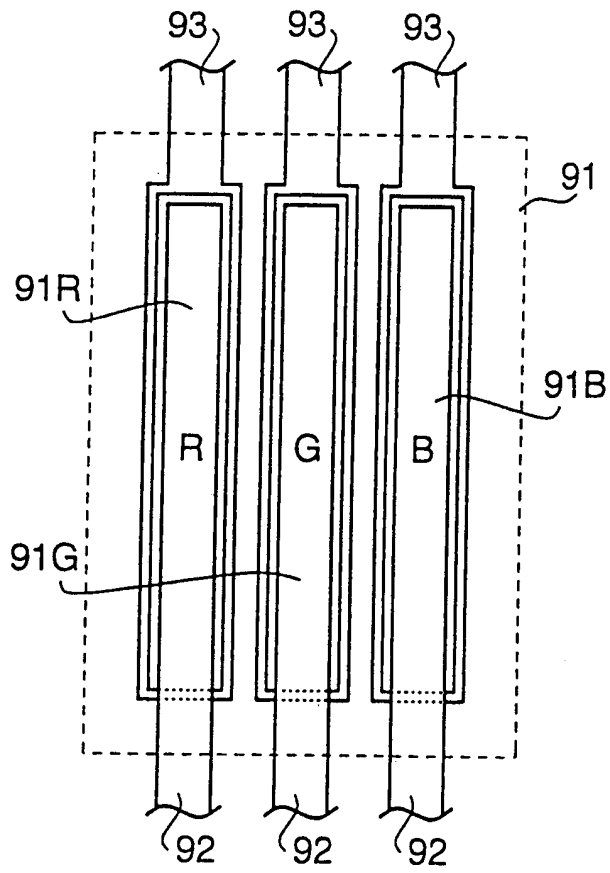


图 9

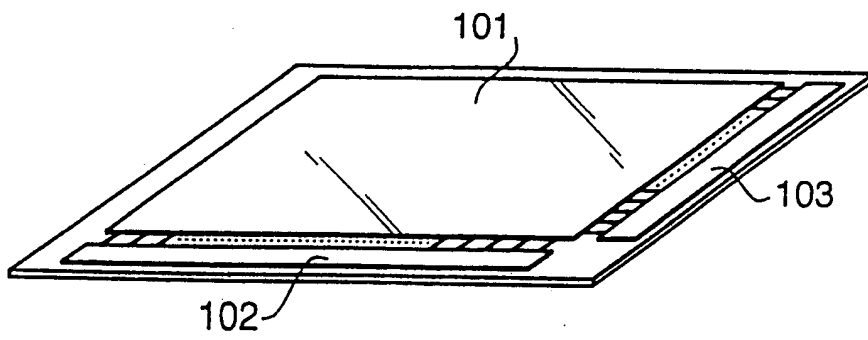


图 10

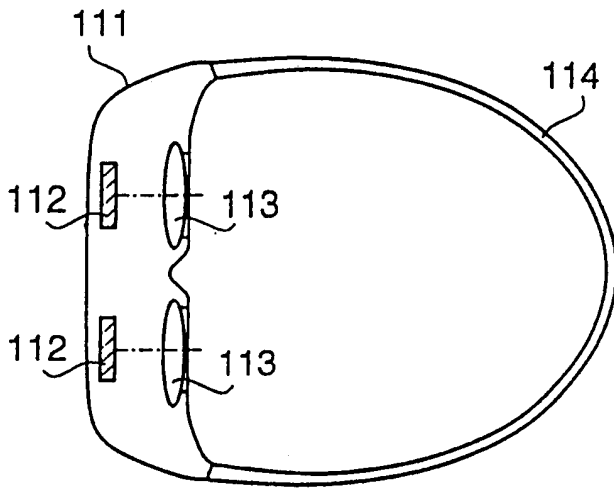


图 11A

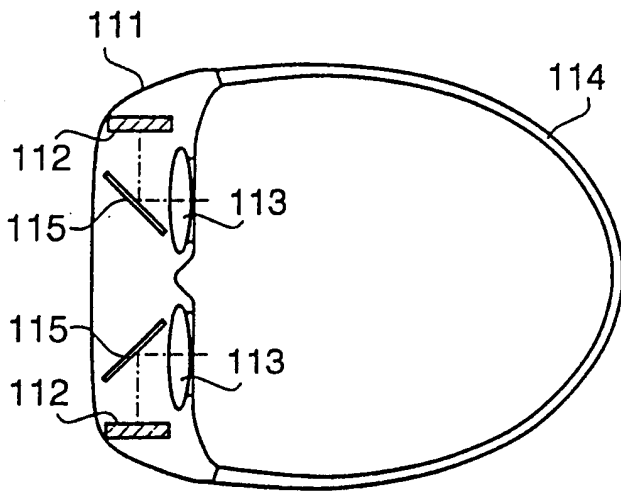


图 11B

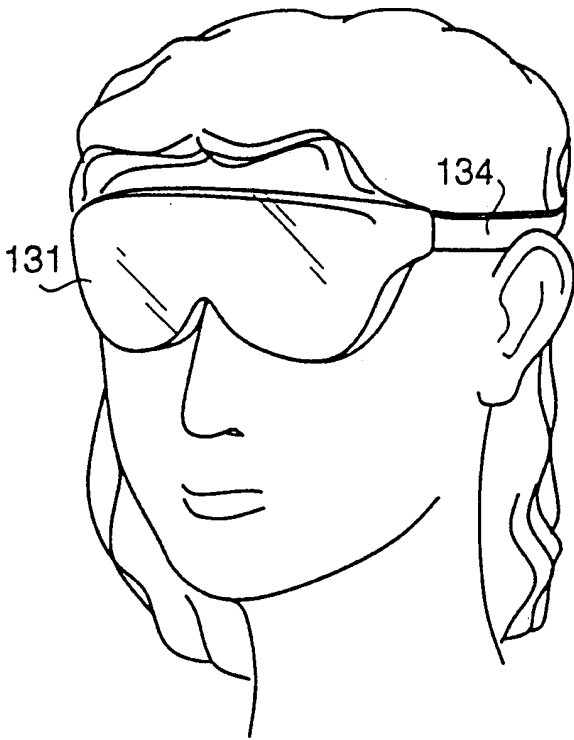


图 12

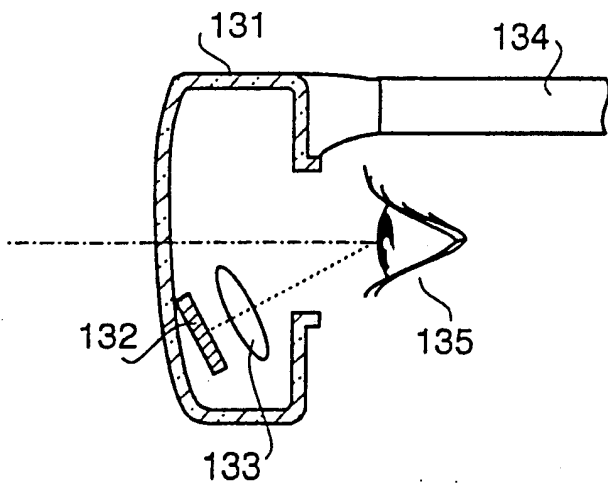


图 13

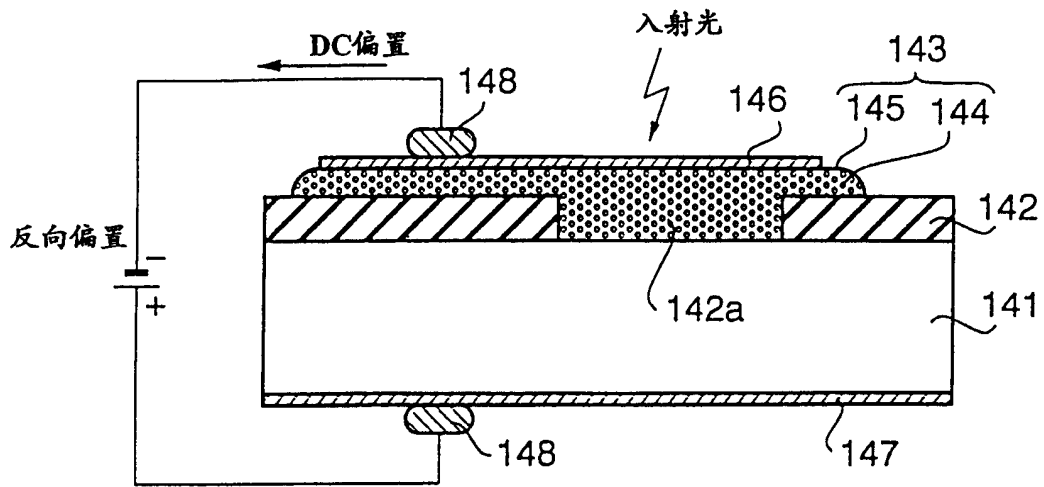


图 14

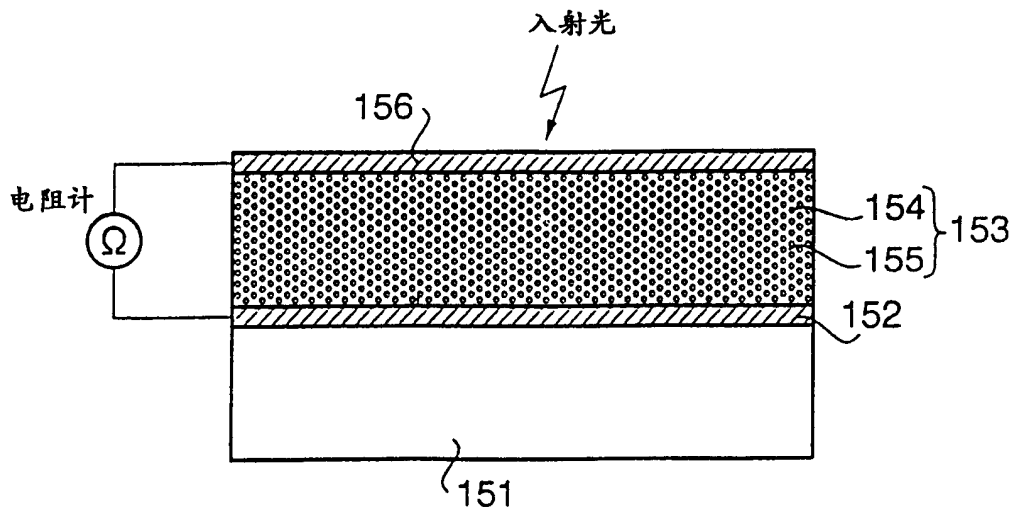


图 15

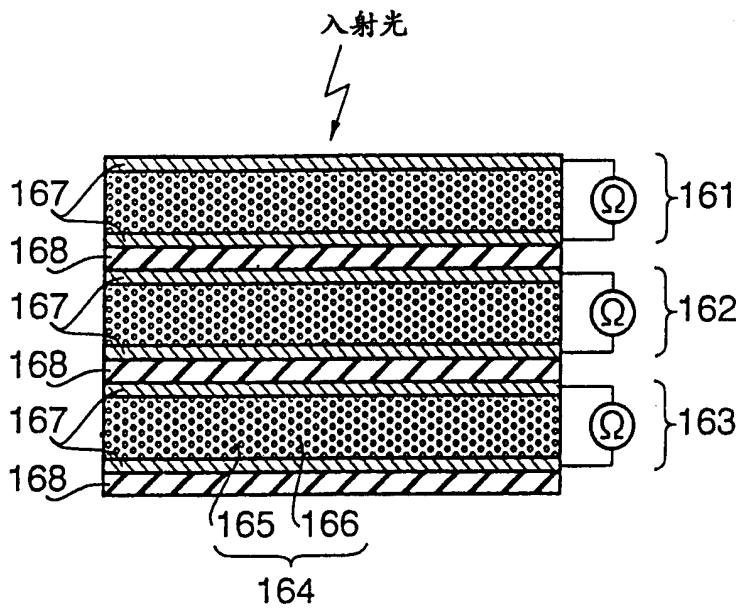


图 16

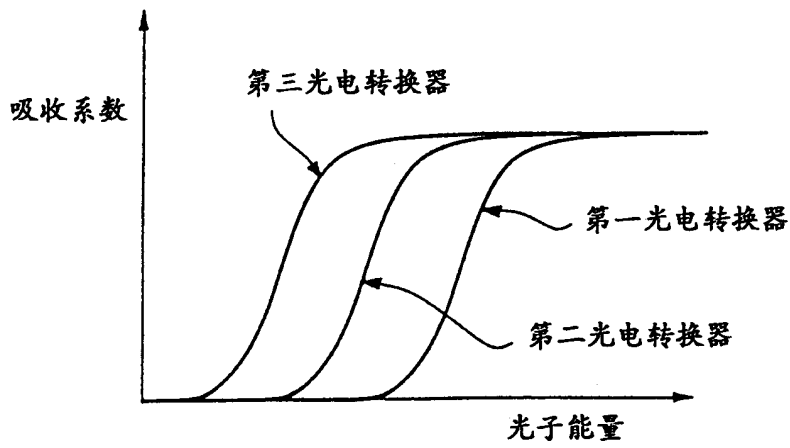


图 17

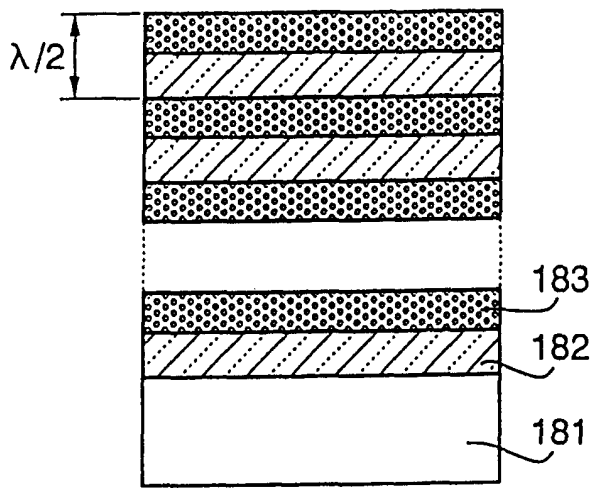


图 18A

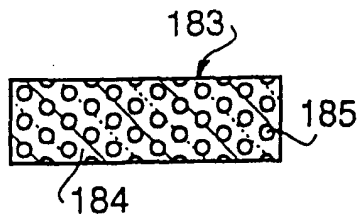


图 18B

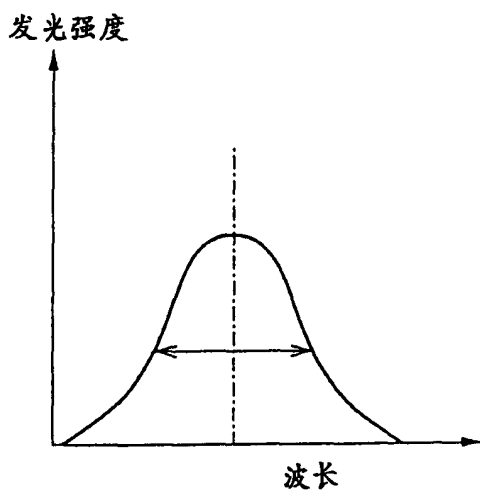


图 19A

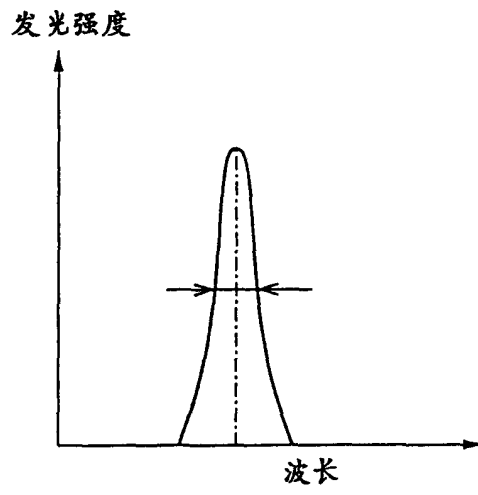


图 19B

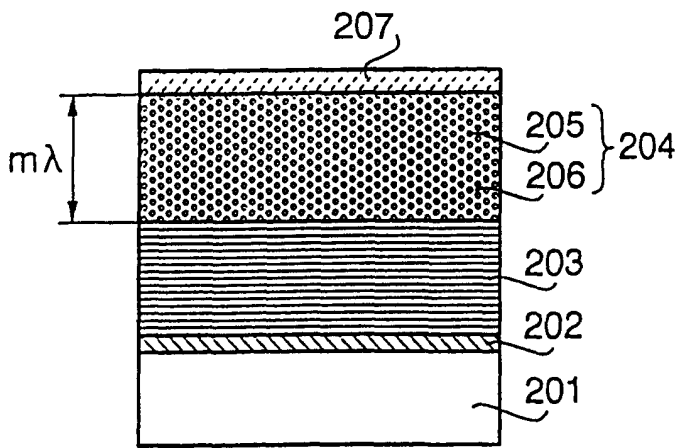


图 20

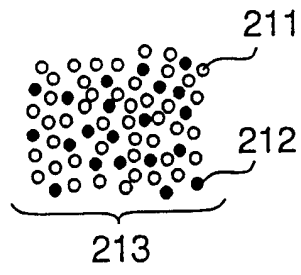


图 21A

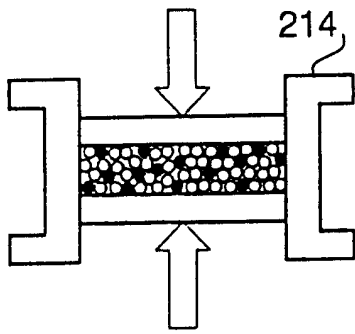


图 21B

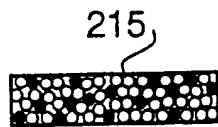


图 21C

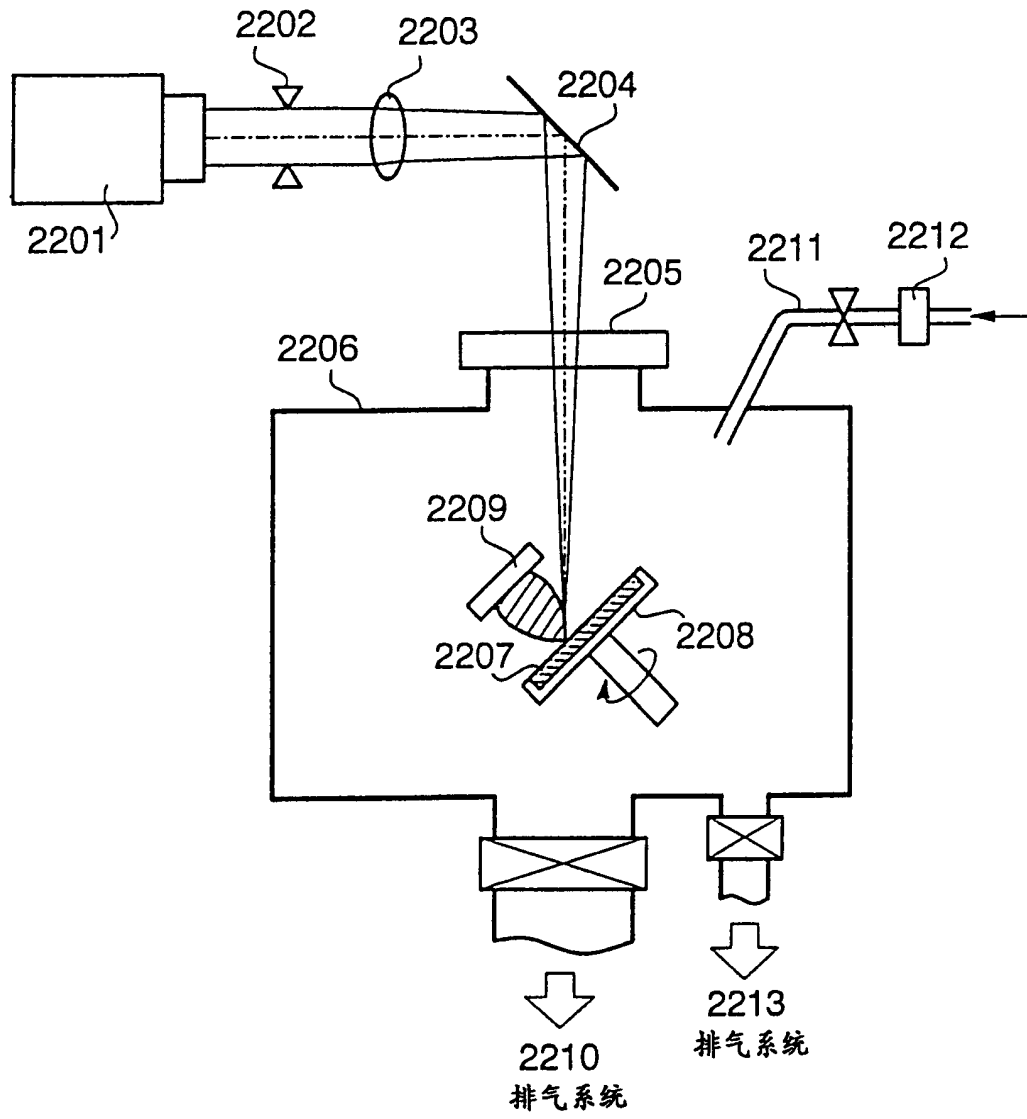


图 22

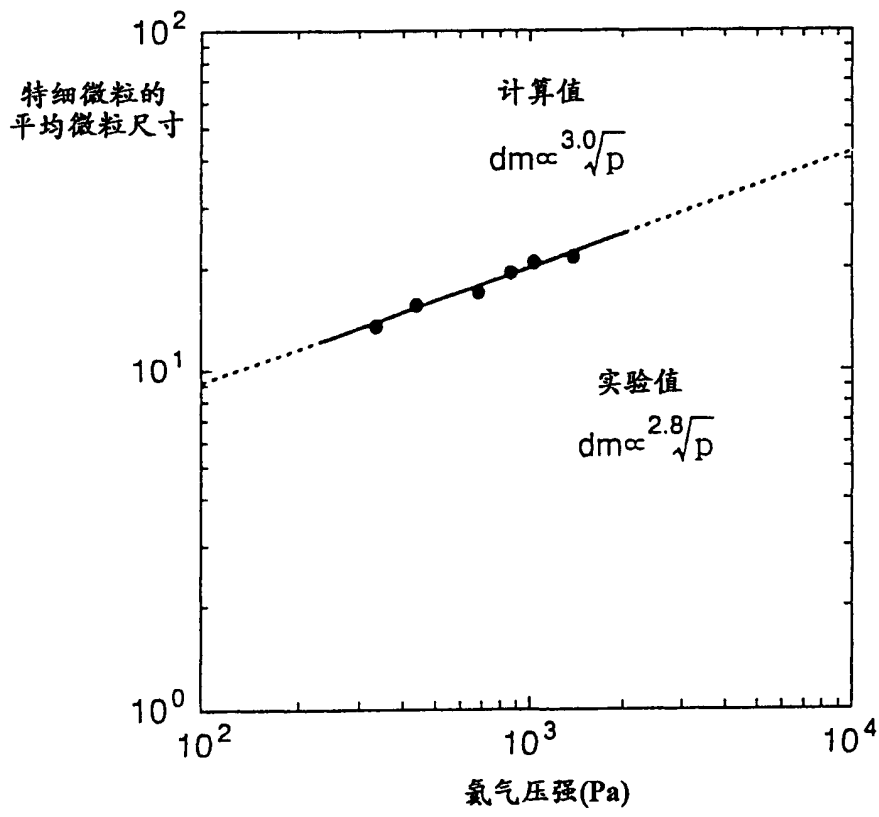


图 23

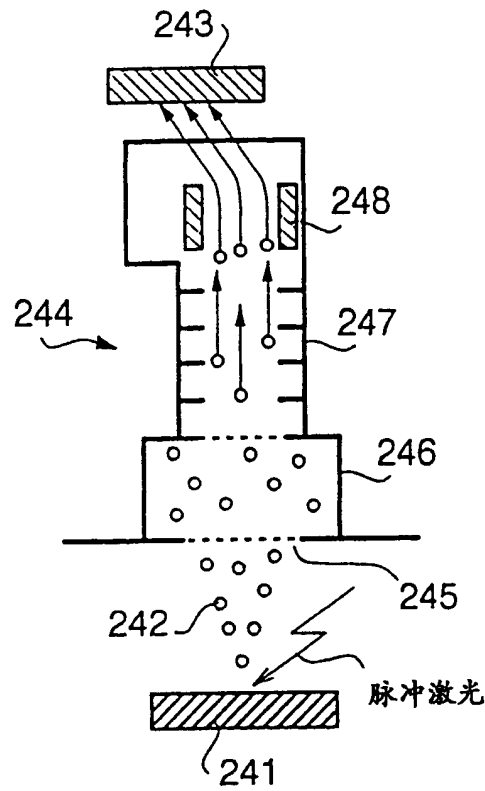


图 24

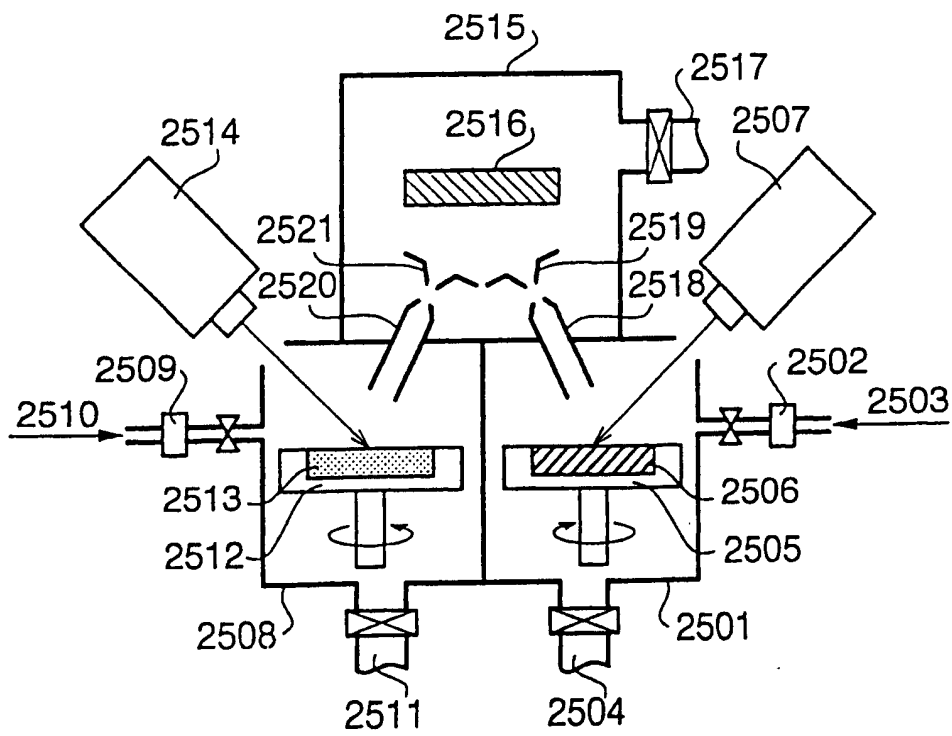


图 25

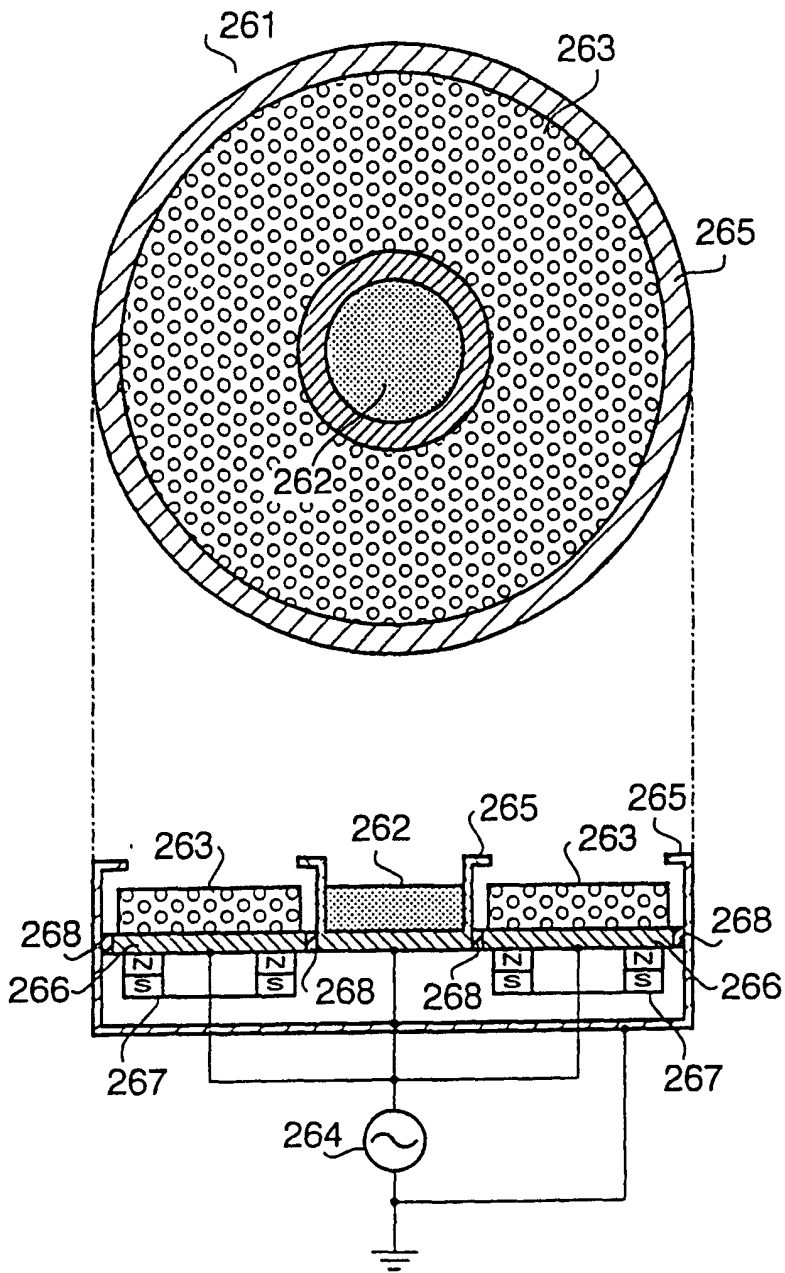


图 26

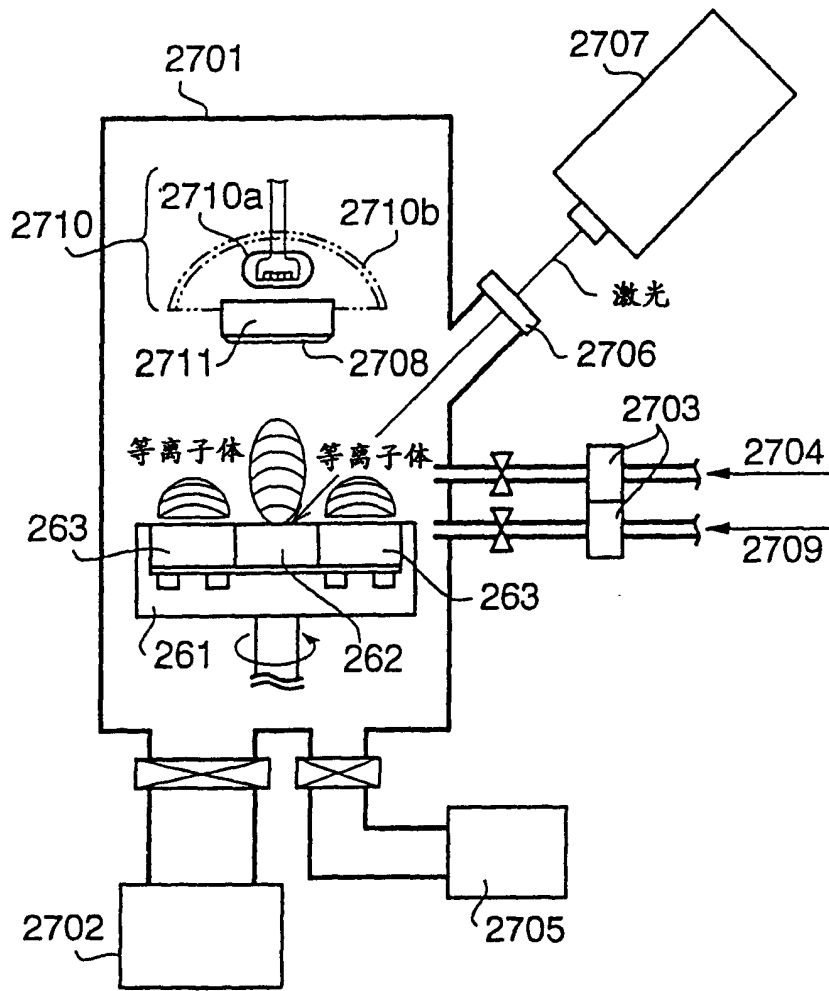


图 27