

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01J 1/30

H01J 31/12 H01J 9/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00105457.0

[43] 公开日 2001 年 2 月 7 日

[11] 公开号 CN 1282974A

[22] 申请日 1995.10.5 [21] 申请号 00105457.0

分案原申请号 95118252.8

[30] 优先权

[32] 1994.10.5 [33] JP [31] 241221/1994

[32] 1995.3.15 [33] JP [31] 056016/1995

[32] 1995.3.20 [33] JP [31] 060755/1995

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪

[72] 发明人 田中博由 小寺宏一 内田正雄

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

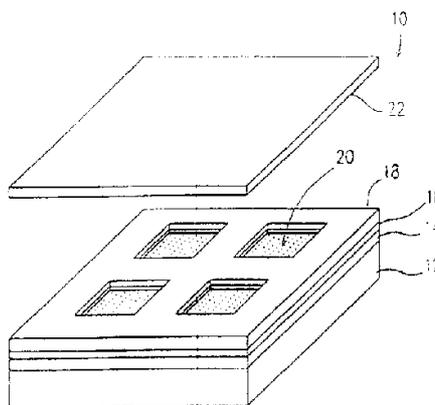
代理人 韩 宏

权利要求书 4 页 说明书 26 页 附图页数 11 页

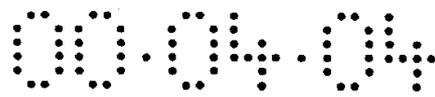
[54] 发明名称 电子发射阴极及其制造方法以及其应用

[57] 摘要

一种电子发射阴极包括：一个 n 型半导体膜，该膜包含部分地从该 n 型半导体膜表面上突出的金刚石颗粒；及一个与 n 型半导体膜对置的阳极，并在它们之间具有真空。利用在阳极与 n 型半导体膜之间施加电压使电子发射。

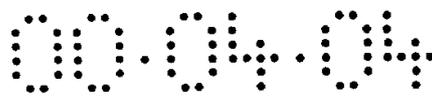


ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 电子发射阴极，包括：
一个导电膜；
形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜；
形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜，
及
与导电膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空，
其中利用在阳极及第二半导体膜之间施加一电压使电子发射。
2. 根据权利要求 1 的电子发射阴极，其中第一半导体膜被作成岛状形状。
3. 电子发射阴极，包括：
一个导电膜；
形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜；
形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出第一个半导体膜的一个表面；及
与导电膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空；
其中利用在阳极及第二半导体膜之间施加一电压使电子发射。
4. 根据权利要求 3 的电子发射阴极，其中在第一半导体膜上也设有多个孔，由此曝露出导电膜的一个表面。
5. 根据权利要求 1 的电子发射阴极，其中第一半导体膜及第二半导体膜中的一个包含掺硼的金刚石。
6. 根据权利要求 3 的电子发射阴极，其中第一半导体膜及第二半导体膜中的一个包含掺硼的金刚石。
7. 根据权利要求 1 的电子发射阴极，其中第一半导体膜及第二半导体膜中的一个是由含氮的薄碳膜构成的，该薄碳膜是利用从由吡啶



(pyridine)、吡嗪(pyridazine)、嘧啶(pyrimidine)及1, 3, 5-三嗪(triazine)组成的族中选择出的一个制成的。

8. 根据权利要求3的电子发射阴极, 其中第一半导体膜及第二半导体膜中的一个是由含氮的薄碳膜构成的, 该薄碳膜是利用从吡啶、吡嗪、嘧啶及1, 3, 5-三嗪组成的族中选择出的一个制成的。

9. 电子发射装置, 包括:

一个阴极, 它包括一个导电膜, 形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜, 及形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜; 及

与第一半导体膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空;

其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。

10. 电子发射装置, 包括:

一个阴极, 它包括一个导电膜, 形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜, 及形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜, 该多个孔至少曝露出第一半导体膜的一个表面; 及

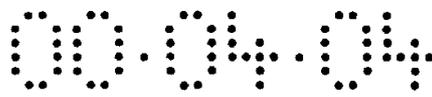
与第一半导体膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空,

其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。

11. 根据权利要求9的电子发射装置, 还包括设在阴极与阳极之间的一个栅极, 该栅极具有孔, 用于至少曝露阴极的一部分, 其中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

12. 根据权利要求11的电子发射装置, 其中阴极及栅极被作成沿不同方向延伸的条, 以致彼此相交叉, 及该孔被设置成阴极与栅极交叉处中的孔。

13. 根据权利要求10的电子发射装置, 还包括设置在阴极与阳极之间的一个栅极, 该栅极具有孔, 用于至少曝露阴极的一部分, 其



中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

14. 根据权利要求 13 的电子发射装置，其中阴极及栅极被作成沿不同方向延伸的条，以致彼此相交叉，及该孔被设置成阴极与栅极交叉处中的孔。

15. 平板显示器，包括：

一个支承衬底；

一个设在支承衬底上的阴极，该阴极包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜；

一个透明衬底；及

设置在透明电极表面的荧光物质，

其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一真空。

16. 平板显示器，包括：

一个支承衬底；

一个阴极，它包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出来第一半导体膜的一个表面；

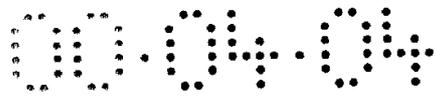
一个透明衬底；及

设置在透明电极表面的荧光物质，

其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一真空。

17. 根据权利要求 15 的平板显示器，还包括设在阴极与荧光物质之间的一个栅极，该栅极具有孔，用于至少曝露阴极的一部分，其中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

18. 根据权利要求 17 的平板显示器，其中阴极及栅极被作成沿



不同方向延伸的条，以致彼此交叉，及该孔被设置在阴极与栅极交叉处中。

19. 根据权利要求 16 的平板显示器，还包括设在阴极与荧光物质之间的一个栅极，该栅极具有孔，用于至少曝露阴极的一部分，其中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

20. 根据权利要求 19 的平板显示器，其中阴极及栅极被作成沿不同方向延伸的条，以致彼此交叉，及该孔被设置在阴极与栅极交叉处中。

烧结涂在衬底上的糊剂。

21. 用于制造电子发射阴极的方法，包括下列步骤：

在一衬底上设置金刚石颗粒；及

形成其厚度小于金刚石颗粒的颗粒直径及部分具有金刚石结构的碳膜。

22. 用于制造电子发射阴极的方法，包括下列步骤：

形成部分具有金刚石结构的碳膜；及

将金刚石颗粒加入到碳膜中。



说明书

电子发射阴极及其制造方法以及其应用

本申请是 1995 年 10 月 5 日递交的，题目为“电子发射阴极及其制造方法及其应用”的专利申请号为 95118252.8 的中国专利申请的分案申请。

本发明涉及一种电子发射阴极；电子发射装置，平板显示器，及包括该电子发射阴极的热电型冷却装置；及制造该电子发射阴极的方法。

近年来，使用半导体小型化技术来集成小型电子发射装备并旨在实现高性能装置，如超高速装置的研究已经蓬勃地开展。这个研究领域被称为“真空微电子学”。真空微电子学尤其将其注意力一直聚集在平板显示器（或场发射显示器；以下为“F E D S”）的应用上，因为用于 F E D 的电子发射装置的使用被考虑会导致产生比传统阴极射线管显示器更薄且更轻的显示装置。

在包括电子发射装置的 F E D 中，电子发射装置布置成两维的排列并使得它们与其上涂有荧光物质的一个阳极相对置。利用在每个阴极与该阳极之间施加电压，使电子吸现进入真空，在那里电子将和荧光物质碰撞，致使其受激励并发射出光。

以下将描述传统的电子发射装置。通常，当从一固体电极中拉出电子时，其电流在密度 J 根据福勒尔—诺德海姆（F o w l e r—N o r d h e i m）公式（式 1）来求得：

$$J = (A \cdot F^2 / \phi) \cdot \exp(-B \cdot \phi^{3/2} / F)$$

式 1



在上式中， A 和 B 代表正常数； F 代表电场；及 ϕ 代表阴极的逸出功。假定当拉出电子时所施加的电压为 V ，电场 F 则根据式 2 来求得：

$$F = \beta V \quad \text{式 2}$$

在上式中， β 是由阴极的几何形状决定的常数。

根据式 1 及式 2，当保持施加电压 V 恒定时，通过增大 β 和/或减小 ϕ 可以使电流密度 J 增大。但是，在使用半导体作阴极的情况下，可用减小电子亲和力 x （它是真空能级和半导体电带之间的能量差）取代逸出功 ϕ 来增加电流密度 J 。为了增大 β ，必须对阴极处理使其具有尖锐的点。尤其是，例如常使用蚀刻 n 型硅衬底并使其形成具有尖锐点突起的电子发射部分的方法。

图 1 8 是表示具有作为电子发射部分的尖锐点突起的传统电子发射装置的概要横截面图。如图 1 8 所示，电子发射装置 5 0 0 包括具有电子发射部分 5 0 2 的硅衬底 5 0 4 及形成在该硅衬底 5 0 4 上的栅极 5 0 8，在它们之间夹有一绝缘膜 5 0 6 并使其围绕着电子发射部分 5 0 2。具有尖顶锥状电子发射部分 5 0 2 是由蚀刻硅衬底 5 0 4 获得的。在硅衬底 5 0 4 上设置了一个电极 5 1 0。

利用将电子发射装置 5 0 0 放置在真空中并使其与一阳极对置，及相对于硅衬底 5 0 4 的电位对栅极 5 0 8 施加几十伏至几百伏的正电压，由于其尖顶，电场将集中在电子发射部分 5 0 2 上。然后，由真空度形成的势垒对于电子发射部分 5 0 2 中的电子来说被降低了，并且该势垒变薄了，因此由于隧道效应使电子从电子发射部分 5 0 2 的表面被吸出进入到真空中。被吸出的电子受到放置在硅衬底 5 0 4 对面的阳极的捕获，在阳极上相对栅极 5 0 8 的电位施加了几百至几千伏的正电压。



在仅有硅衬底 5 0 4 及电子发射部分 5 0 2 组成的电子发射阴极，没有任何栅极包括在内的情况下，电子将直接地被拉出并被对置的阳极捕获，这时在阳极及硅衬底 5 0 4 之间施加了几百至几千伏的电压。

作为用来使电能转换成热能的传统热电式装置，已公知了如图 1 9 所示的热电式冷却装置 5 2 0。该热电式冷却装置 5 2 0 具有其中通过金属板 5 2 6 及 5 2 8 使 n 型半导体层 5 2 2 和 p 型半导体层 5 2 4 彼此交替串联连接的结构。利用在端子 5 3 0 及 5 3 2 之间施加电压，可使金属板 5 2 6 或金属板 5 2 8 被冷却，而另一金属板 5 2 8 或 5 2 6 则被加热。

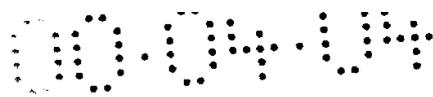
但是，上述传统的电子发射装置具有以下的问题。

首先，对电子发射部分的尖顶必须以毫微米级的精度进行加工，因此需要高复杂的半导体处理技术。因而，用低成本来制包括这种电子发射装置的 F E D S 是有困难的。再者，电子发射装置的该尖顶形状易趋于改变，由此会产生由 F E D 的非均匀显示。此外，电子发射装置的该尖顶易于被真空中的离子粒子撞击而产生溅蚀，由此会在较短的时间周期中形成该尖顶的损伤。其结果是，不能期望实现具有长寿命的 F E D。

在使用上述电子发射装置构成 F E D 的情况下，必须实现约 10^{-8} 托 (t o r r) 的真空度。使用这种真空度的 F E D S 的商用生产是不现实的。

此外，用作衬底的硅衬底限制了 F E D 的显示器尺寸。这将导致实现大型显示的 F E D 的困难问题。

在传统的热电式冷却装置中，被冷却的金属板及被加热的金属板彼此通过 n 型半导体层 5 2 2 及 p 型半导体层 5 2 4 相连接。热量将通过这些半导体层 5 2 2 及 5 2 4 从被冷却的板传递到被加热的板上，这就形成了大的热泄漏。这便产生了非常低的冷却/加热效率。



本发明的目的在于提供一种电子发射阴极及一种电子发射装置，它们可相对地免于时效的损坏，允许构成大面积的装置，并甚至在低真空度时也能高效地发射电子并且成本低及是有优异的批量生产率。并且，提供包括该电子发射电极的一种高亮度、长寿命及大型显示的平板显示器。

本发明的另一目的在于提供一种包括该电子发射电极的一种重量轻、效率高及功率大的热电式冷却装置。

根据本发明的一方面，电子发射阴极包括：一个 n 型半导体膜，其包含从该 n 型半导体膜表面上部分地突出的金刚石（diamond）颗粒；及一个阳极，它被放置在 n 型半导体膜的对面，并在这两者间设有真空，其中利用在阳极与 n 型半导体膜之间施加一电压使电子发射。

在本发明的一个实施例中，该金刚石颗粒是由 p 型半导体构成的。

根据本发明的另一方面，电子发射阴极包括：一个碳膜，其包含从该碳膜表面上部分突出的金刚石颗粒；其中利用在一阳极与碳膜之间施加一电压使电子发射。

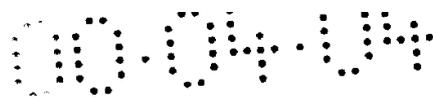
在本发明的一个实施例中，该碳膜是 n 型半导体或 p 型半导体。

在本发明的一个实施例中，该碳膜包含作为 n 型杂质的氮，及部分的碳膜包含具有金刚石结构的颗粒。

根据本发明的又一方面，电子发射阴极包括：一个导电膜；形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜；形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜；其中利用在一阳极及第二半导体膜之间施加一电压使电子发射。

在本发明的一个实施例中，第一半导体膜被作成岛状形状。

根据本发明的另一方面，电子发射阴极包括：一个导电膜；形成



在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜；形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出第一半导体膜的一个表面；其中利用在一阳极及第二半导体膜之间施加一电压使电子发射。

在本发明的一个实施例中，在第一半导体膜上也设有多个孔，由此曝露出导电膜的一个表面。

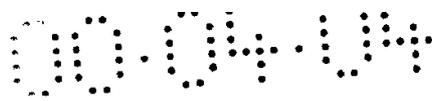
在本发明的一个实施例中，第一半导体膜及第二半导体膜中的一个包含掺硼的金刚石。

在本发明的一个实施例中，第一半导体膜及第二半导体膜中的一个是由含氮的薄碳膜构成的，该薄碳膜是利用由吡啶 (p y r i d i n e)、哒嗪 (p y r i d a z i n e)、嘧啶 (p y r i m i d i n e)、及 1, 3, 5—三嗪 (t r i a z i n e) 组成的族中选择出的一个的制成的。

根据本发明的又一方面，电子发射装置包括：一个由一 n 型半导体膜组成的阴极，该膜包含部分地从该 n 型半导体膜的表面突出的金刚石颗粒；及一个与该 n 型半导体膜对置的阳极并在这两者之间设有真空，其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。

根据本发明的另一方面，电子发射装置包括；一个由碳膜组成的阴极，该碳膜包含部分地从该碳膜表面突出的金刚石颗粒；及一个与该碳膜对置的阳极并在这两者之间设有真空，其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。

根据本发明的又一方面，电子发射装置包括；一个阴极，它包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜；及与第一半导体膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空，其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。



根据本发明的另一方面，电子发射装置包括：一个阴极，它包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出第一半导体膜的一个表面；及与第一半导体膜对置的一个阳极并在这两者之间设有真空，其中利用在阳极及阴极之间施加一电压使电子从阴极发射出来。

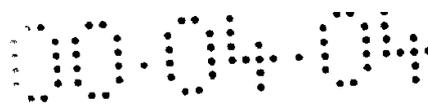
在本发明的一个实施例中，该电子发射装置还包括设在阴极与阳极之间的一个栅极，该栅极具有孔，用于至少曝露阴极的一部分，其中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

在本发明的一个实施例中，阴极及栅极被作成沿不同方向延伸的条，以致彼此相交叉，及该孔被设置成阴极与栅极交叉处中的孔。

根据本发明的又一方面，平板显示器包括：一个支承衬底；一个设在支承衬底上的阴极，它由一个 n 型半导体膜组成，该膜包含部分地从该 n 型半导体膜的表面突出的金刚石颗粒；一个透明衬底；及设置在透明电极表面的荧光物质，其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一真空。

根据本发明的另一方面，平板显示器包括：一个支承衬底；一个设在支承衬底上的阴极，它由碳膜组成，该碳膜包含部分地从该碳膜表面突出的金刚石颗粒；一个透明衬底；及设置在透明电极表面的荧光物质，其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一个真空。

根据本发明的又一方面，平板显示器包括：一个支承衬底；一个设在支承衬底上的阴极，该阴极包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的第二导电型的一个岛状第二半导体膜；一个透明衬底；及设置在透明电极



表面的荧光物质，其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一真空。

根据本发明的另一方面，平板显示器包括：一个支承衬底；一个阴极，它包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出第一半导体膜的一个表面；一个透明衬底；及设置在透明电极表面的荧光物质，其中支承衬底及透明衬底以这种方式布置，即阴极与荧光物质成彼此对置，及在支承衬底及透明衬底之间的内空间中设有一真空。

在本发明的一个实施例中，该平板显示器还包括设在阴极与荧光物质之间的一个栅极，该栅极具有孔，用于至少曝露阴极的一部分，其中利用在栅极上施加一电压使电子从阴极拉出。

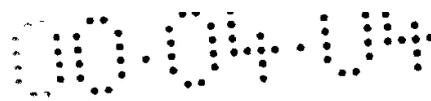
在本发明的一个实施例中，阴极及栅极被作成沿不同方向延伸的条，以致彼此交叉，及该孔也被设置在阴极与栅极交叉处中。

根据本发明的又一方面，热电式冷却装置包括：具有一个表面的第一导电衬底；形成在第一导电衬底表面上的一个阴极；及与第一导电衬底表面对置的第二导电衬底及在它们之间设有一真空，其中电压施加在第一导电衬底与第二导电衬底之间，由此使电子从阴极经真空进入第二导电衬底，及在第一导电衬底及第二导电衬底之间流过电流，因此获得吸热效应并使第一导电衬底冷却。

在本发明的一个实施例中，阴极是由一个 n 型半导体膜组成的，该膜包含部分地从该 n 型半导体膜表面上突出的金刚石颗粒。

在本发明的一个实施例中，阴极由一个碳膜组成，该碳膜包含部分地从该碳膜表面突出的金刚石颗粒。

在本发明的一个实施例中，阴极包括一个导电膜，形成在该导电膜上的第一导电型的一个第一半导体膜，及形成在第一半导体膜上的



并具有多个设在其中的孔的第二导电型的一个第二半导体膜，该多个孔至少曝露出第一半导体膜的一个表面。

在本发明的一个实施例中，阴极包括具有一个低逸出功的表面的材料。

在本发明的一个实施例中，阴极包括多个微小突起。

在本发明的一个实施例中，阴极是由一种半导体组成的。

在本发明的一个实施例中，第一导电衬底及第二导电衬底分别是两个同轴的圆筒的侧面。

在本发明的一个实施例中，第一导电衬底及第二导电衬底各具有肋条。

在本发明的一个实施例中，第一导电衬底及第二导电衬底以约 100 μm 或更小的间隔布置。

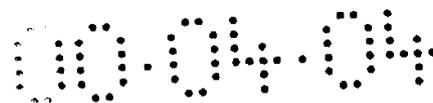
根据本发明的另一方面，用于制造电子发射阴极的方法包括下列步骤：制备包括金刚石颗粒及 n 型半导体粉末或碳粉末的糊剂；将该糊剂涂在一个衬底上；及烧结涂在衬底上的糊剂。

根据本发明的另一方面，用于制造电子发射阴极的方法包括下列步骤：在一衬底上散布金刚石颗粒；及形成其厚度小于金刚石颗粒的颗粒直径及部分具有金刚石结构的碳膜。

根据本发明的另一方面，用于制造电子发射阴极的方法包括下列步骤：形成部分具有金刚石结构的碳膜；及将金刚石颗粒加入到碳膜中。

因此，这里所描述的本发明实现了下列优点：（1）提供了低成本及高寿命的电子发射阴极，它具有高的生产率并能够提供大的显示面积；（2）提供了包括该电子发射阴极的电子发射装置；（3）提供了包括该电子发射阴极或电子发射装置的平板显示器；及（4）提供了包括该电子发射阴极或电子发射装置的高效热电式装置。

当阅读及理解了以下参照附图的详细说明时，对熟悉本领域的技



术人员来说，本发明的这些及另外的优点将会变得清楚。

图 1 A 是根据本发明例 1 的一个电子发射装置的透视图；

图 1 B 是根据本发明例 1 的另一个电子发射装置的透视图；

图 2 是用于图 1 中电子发射装置的一个电子发射阴极的透视图；

图 3 是根据本发明的另一电子发射阴极的透视图；

图 4 A 是根据本发明例 2 的一个电子发射装置的透视图；

图 4 B 是图 4 A 中的电子发射装置的横截面图；

图 4 C 是根据本发明例 2 的另一电子发射装置的横截面图；

图 5 是根据本发明的另一电子发射装置的横截面图；

图 6 是用于图 4 A， 4 B 及 5 中的电子发射装置的一个电子发射阴极的能带概图；

图 7 是说明电子如何从用于图 4 A、 4 B 及 5 中的电子发射装置的一个电子发射阴极释放出来的概图；

图 8 是根据本发明的另一电子发射阴极的横截面图；

图 9 是根据本发明的另一电子发射阴极的横截面图；

图 1 0 是根据本发明的另一电子发射阴极的横截面图；

图 1 1 是根据本发明的另一电子发射阴极的横截面图；

图 1 2 A 是根据本发明的一个平板显示器的横截面概图；

图 1 2 B 是根据本发明的一个平板显示器的横截面概图；

图 1 3 是适用于图 1 2 A 或 1 2 B 中的平板显示器的一个电子发射阴极结构的透视图，该电子发射阴极相应于一个像素；

图 1 4 是根据本发明的一个热电式冷却装置的横截面概图；

图 1 5 是根据本发明的另一个热电式冷却装置的横截面概图；

图 1 6 是根据本发明的又一个热电式冷却装置的横截面概图；

图 1 7 是根据本发明的另一个热电式冷却装置的透视图；

图 1 8 是一个传统的电子发射装置的横截面图；

图 1 9 是一个传统的热电式冷却装置的透视图。



以下将参照附图通过例子来描述本发明。

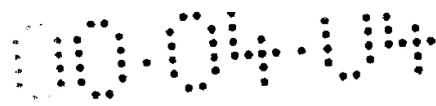
【例 1】

图 1 A 是根据本发明例 1 的一个电子发射装置 1 0 的透视图。如图 1 A 中所示，该电子发射装置 1 0 包括设置在一个衬底 1 2 上的电子发射阴极 1 4，一个设置在电子发射阴极 1 4 上的绝缘膜 1 6，及一个设置在绝缘膜 1 6 上由导电膜构成的栅极 1 8。该栅极 1 8 及绝缘膜 1 6 两者都具有孔 2 0。每个孔 2 0 最好其直径或在横向上具有约几毫微米至几十微米的尺寸。图 1 A 中所示的孔 2 0 具有矩形形状，但也 2 0 可具有任何种类的形状，即圆形，三角形，五边形等。

该电子发射装置 1 0 还包括一个阳极 2 2，它对衬底 1 2 保持约几毫微米到几十微米的距离并使其置于栅极 1 8 的对面。阳极 2 2 与电子发射阴极 1 4 之间的内空间为约 10^{-2} 至 10^{-5} 托的真空。利用在电子发射阴极 1 4 及栅极 1 8 之间施加几十至几百伏的电压及在电子发射阴极 1 4 及阳极 2 2 之间施加几百至几千伏的电压，施加在电子发射阴极 1 4 及栅极 1 8 之间的电压将使电子从电子发射阴极 1 4 的表面发射出来。大部分发射出的电子朝向阳极 2 2 发射，而一些发射出的电子进入到栅极 1 8。可以利用施加于栅极 1 8 的电压调整被发射电子的量。

虽然在图 1 A 中所示的电子发射装置 1 0 具有三个端子，但也可以应用并提供仅具有两个端子的电子发射装置 1 0。在此情况下，省掉了栅极 1 8 及绝缘膜 1 6，由此使电子发射阴极 1 4 直接地与阳极 2 2 对置。换一种方式，如图 1 B 所示，可将栅极 1 8 直接形成在电子发射阴极 1 4 上。在此情况下，当电流从电子发射阴极 1 4 经过孔 2 0 发射时，一部分电子将在栅极 1 8 及电子发射阴极 1 4 之间流过。

图 2 是电子发射阴极 1 4 的一个透视图。如图 2 中所示，电子发



射阴极 1 4 由碳膜 2 4 构成，在其中加有金刚石颗粒 2 6。该金刚石颗粒 2 6 是 p 型导电性的。至少一些金刚石颗粒 2 6 部分地从碳膜 2 4 的表面中突出来。最好金刚石颗粒 2 6 的表面以氢原子为限界，由此使表面的电导率改善。

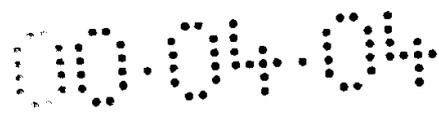
电子通常在碳膜内部迁移。当电场通过碳膜 2 4 施加到金刚石颗粒 2 6 的表面上时，在碳膜 2 4 内部的电子转移到金刚石颗粒 2 6 的表面能级。金刚石天生具有非常小的电子亲和力，因此适于作电子发射材料。尤其是，金刚石的 (1 1 1) 面具有负的电子亲和力，并在该 (1 1 1) 面上其真空能级低于导带能级。其结果是，在金刚石颗粒 2 6 表面能级上的电子通过 (1 1 1) 面的导带能级发射到真空中。

电子发射到真空中是由于负的电子亲和力，因此不需要施加高的电压，并以大的转移几率发生。因而，非常大数目的电子可用非常低的电压发射。再者，这种电子发射机构不需要传统电子发射装置所需的高真空度。该电子发射装置 1 0 可在仅约 10^{-2} 至 10^{-5} 托的真空度下发射电子。

该电子发射装置 1 0 例如是用以下方法制造的。

首先，在衬底 1 2 上形成电子发射阴极 1 4。将具有 p 型导电性的金刚石颗粒与碳的细粉末相混合，对其添加合适的溶剂，以便形成糊剂。该金刚石颗粒 2 6 的颗粒直径最好在几毫微米至几微米的范围中。然后，在衬底 1 2 上由该糊剂形成合适厚度的膜并进行烘焙，以致得到碳膜 2 4。在形成碳膜 2 4 时使其厚度小于金刚石颗粒 2 6 的颗粒直径，可保证金刚石颗粒 2 6 部分地从碳膜 2 4 的表面突出来。利用烧结处理，由于原子能级的结合或原子的相互作用在碳膜 2 4 的碳及金刚石颗粒 2 6 之间形成了表面能级。因此，电子从碳膜 2 4 移动到金刚石颗粒 2 6 中变得容易了。

衬底 1 2 可以是任何材料，只要它具有的热阻能使衬底 1 2 在烧结处理期间免于其变型即可；它可以是导电的或绝缘的。也可以在另



一衬底上用上述方法形成碳膜 2 4，并然后将碳膜 2 4 转移到衬底 1 2 上。

接着，将绝缘膜 1 6 及栅极 1 8 形成在由碳膜 2 4 作成的电子发射阴极 1 6 上。该绝缘膜 1 6 可由诸如氧化硅或氮化硅材料或其它的绝缘材料作成。导电膜 1 8 由导电材料如铝作成。

然后，穿过栅极 1 8 及绝缘膜 1 6 形成孔 2 0，以使电子发射阴极 1 4 的表面曝露出来。

最后，设置阳极 2 2 使其放置在电子发射阴极 1 4 的对面。将阳极 2 2 及电子发射阴极 1 4 之间的内空间密封住并使其保持真空状态，或者用另一方式，使整个阳极 2 2 及电子发射阴极 1 4 保持在真空中。于是就完成了电子发射装置 1 0。可使用用于传统电子发射装置的导电元件，如形成在玻璃衬底上的透明电极，具有低电阻的硅衬底等来作阳极 2 2。

虽然在上例中是对碳膜添加了具有 p 型导电性的金刚石颗粒，但也可以使用任何材料作成的膜，只要它能使电子有效地注入到 p 型导电性的金刚石颗粒中就行。

图 3 是由在其中添加了金刚石颗粒 2 6 的半导体膜 3 0 作成的电子发射阴极 1 4 的透视图。尤其是，该半导体膜 3 0 是被称为 D L C（金刚石状的碳）的 n 型或赝 n 型非晶碳膜，它被掺入氮及包含微小的金刚石颗粒。该 D L C 膜具有的维氏硬度约为 2 0 0 0 至 6 0 0 0 kg/mm^2 ，并且可由 R a m a n 散射频谱中 1 5 5 0 cm^{-1} 及 1 2 4 0 cm^{-1} 附近的特定宽峰来识别。词“赝 n 型”定义为虽然具有由电子组成的带隙及载流子但具有很小或不具有 n 型特性。

在使用半导体膜 3 0 的情况下，最好在铝衬底 3 2 上形成半导体膜 3 0，以便对半导体膜 3 0 提供电子。在使用铝时，在半导体膜 3 0 及衬底 3 2 之间获得一种欧姆接触。

利用结合上述结构的电子发射阴极 1 4，对 p 型金刚石颗粒提供



电子甚至可变得更容易，以致可在低电压下发射大量的电子。

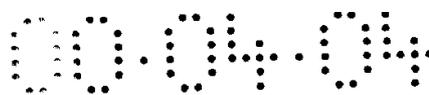
利用在衬底 3 2 上分散金刚石颗粒 2 6，及然后在该衬底 3 2 上形成半导体膜 3 0（由 n 型 D L C 膜构成）可实现将金刚石颗粒 2 6 加到半导体膜 3 0 中。也可以首先在衬底 3 2 上形成半导体膜 3 0（由 D L C 膜构成），再将金刚石颗粒 2 6 压入半导体膜 3 0，然后烘焙该半导体膜 3 0。

该 D L C 膜例如可用以下方法形成。

将吡啶 (p y r i d i n e) 蒸气导入到排除了空气的真空室中。也可以将一惰性气体扩散到吡啶中并将其导入到一个室中。接着，对室内部的吡啶施加几十至几百伏的电压以使蒸发的吡啶电离，并以几千伏的电压使电离粒子加速及使其沉积在装在室内部的一个衬底上。由于该沉积膜包括氮原子，该膜的功能如一种 n 型半导体。也可以用哒嗪 (p y r i d a z i n e) 及嘧啶 (p y r i m i d i n e) 或它们的衍生物来取代吡啶。也可以使用溶解在一种溶剂如苯中的吡嗪 (p y r a z i n e)，1, 3, 5—三嗪 (t r i a z i n e) 或它们的衍生物。

如上所述，在根据本例的电子发射阴极中，金刚石颗粒被分散在一个碳膜或一个 n 型半导体膜上，以使它能够以印刷或类似方式形成。因此，可以容易地及以低成本地生产大面积的电子发射阴极。再者，因为电子从一平状面发射出来，电极不容易受损变坏。该与传统的机构不同的电子发射机构可使得在低的真空度下发射电子。此外，可以通过对在单位电极区域中的金刚石颗粒数目的控制方便地控制被发射电子的数量。与传统电子发射阴极相比可获得明显增大的单位面积的电流。

虽然在上述例中使用 D L C 膜作为半导体膜 3 0，但也可使用由另外的半导体材料如硅或锗等作成的膜。



【例 2】

图 4 A 表示根据本发明例 2 的电子发射装置 4 0 的透视图。如图 4 A 中所示，该电子发射装置 4 0 包括设在衬底 4 2 上的电子发射阴极 4 4，设在电子发射阴极 4 4 上的绝缘膜 4 6，及设在绝缘膜 4 6 上的栅极 4 8。栅极 4 8 及绝缘膜 4 6 两者均具有孔 5 0。电子发射阴极 4 4 的部分在孔 5 0 的底部上曝露出来。

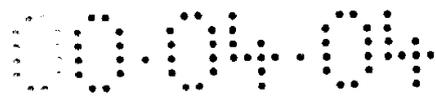
该电子发射装置 4 0 还包括一个阳极 2 2，它被保持在孔 5 0 中的电子发射阴极 4 4 的对面。在阳极 2 2 及电子发射阴极 4 4 之间的内空间是约为 10^{-2} 至 10^{-5} 托的真空。利用在电子发射阴极 4 4 及栅极 4 8 之间施加几十至几百伏的电压及在电子发射阴极 4 4 及阳极 2 2 之间施加几百至几千伏的电压，施加在电子发射阴极 4 4 及栅极 4 8 之间的电压引起电子从电子发射阴极 4 4 的表面发射出来。大部分被发射出的电子流向阳极 2 2，而一些被发射的电子进入到栅极 4 8。利用对施加在栅极 4 8 上电压的调节可以调节被发射电子的量。

图 4 B 是该电子发射阴极 4 4 的横截面图。电子发射阴极 4 4 包括一个导电膜 5 2，形成在该导电膜 5 2 上的 n 型半导体膜 5 4，及形成在 n 型半导体膜 5 4 上的岛状 p 型半导体膜 5 6。

虽然电子发射装置 4 0 在图 4 A 及 4 B 中被表示为具有三个端子，但是也可提供具有仅为两个端子的电子发射装置 4 0。在此情况下，省略了栅极 4 8 及绝缘膜 4 6，由此使电子发射阴极 4 4 直接与阳极对置，如图 5 中所示。另外，如图 4 C 中所示，栅极 4 8 可直接形成在电子发射阴极 1 4 上。在此情况下，当电流从电子发射阴极 4 4 通过孔 5 0 发射时，一部分电子将在栅极 4 8 及电子发射阴极 4 4 之间流过。

以下将描述根据本例的电子发射装置 4 0 的工作。

当一 n 型半导体与一 p 型半导体彼此形成接触时，载流子将在结



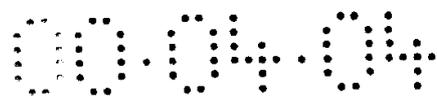
面上从高密度侧向低密度侧扩散。其结果是，在结面附近载流子消失，因此在热平衡状态时在 n 型半导体及 p 型半导体之间出现扩散势位。假定该扩散势位的值为 $e V_D$ ，则 p 型半导体的下端具有的能级比 n 型半导体的下端的能级高 $e V_D$ 。因此，变成 p 型半导体中少数载流子的电子注入到导带中，从能量利用来说使由 p 型半导体的导带发射电子比由 n 型半导体的导带发射电子更为有利。

图 6 是在相对阳极 2 2 将负电压施加到导电膜 5 2 的情况下电子发射阴极 4 4 的能常概图。

导电膜 5 2，n 型半导体膜 5 4 及 p 型半导体膜 5 6 具有它们各自的费米能级 ϵ_2 ， ϵ_4 及 ϵ_6 ，如图 6 所示，在 p 型半导体膜 5 6 的一端与真空能级之间形成了一个势垒 ϵ_8 。

由于在阳极 2 2 和导电膜 5 2 之间施加了电压，电子 γ_0 从导电膜 5 2 注入到 n 型半导体膜 5 4 的导带。也由于该施加的电压，电子 γ_0 被注入到 p 型半导体膜 5 6 的导带中，该导带具有较高的能级。如上所述，在 p 型半导体膜 5 6 中电子亲和力似乎变得小于 n 型半导体膜 5 4 的导带中的亲和力。其结果是，注入到 p 型半导体膜 5 6 中的电子 γ_0 穿过势垒 ϵ_8 被释放到真空中，该势垒是由真空能级形成的但是由于施加电压而变得薄一些，并且电子被阳极 2 2 捕获。

作为 p 型半导体膜 5 6 中少数载流子的电子 γ_0 的状态是很重要的。在某些情况下，在 p 型半导体膜 5 6 的导带中的电子 γ_0 是由 p 型半导体膜 5 6 的价带及 p 型半导体膜 5 6 的表面能级由于热能或类似能激励产生的；在另外情况下，在 p 型半导体膜 5 6 的导带中的电子是由 n 型半导体膜 5 4 注入的。为了阻止 p 型半导体膜 5 6 中的电子 γ_0 通过与空穴 γ_2 的再结合而消失（后者是 p 型半导体膜 5 6 中的多数载流子），当电子被释放到真空中时，电子 γ_0 流经 p 型半导体膜 5 6 的迁移长度应小于电子 γ_0 在 p 型半导体膜 5 6 中的扩散长度。因而，在 p N 结中 n 型半导体膜 5 4 及 p 型半导体膜 5 6 的薄层



彼此附着的情况下，p 型半导体膜 5 6 的厚度应被减小，以便避免上述问题。但是，均匀地产生非常薄的膜是困难的。因此，根据本例的电子发射装置的特点是局部地积沉在 n 型半导体膜 5 4 上的岛状 p 型半导体膜 5 6。

图 7 是表示该 n 型半导体膜 5 4 及 p 型半导体膜 5 6 之间的结的放大横截面图。厚度 W 小于电子 τ_0 的扩散长度的情况下，电子 τ_0 将如轨迹 7 6 所示地穿过 p 型半导体膜 5 6 而被释放。

另一方面，在厚度 W 大于电子 τ_0 的扩散长度的情况下，将难于沿图 7 中所示轨迹 7 6 释放电子 τ_0 。但是，在 p N 结 7 4 的附近，由 n 型半导体膜 5 4 注入的电子 τ_0 可以扩散到 p 型半导体膜 5 6 的表面。如轨迹 8 0 所示，已经扩散到 p 型半导体膜 5 6 表面的电子 τ_0 在其与 p 型半导体膜 5 6 中的空穴再结合前变得可以被释放到真空中。某些类型的半导体用来构成 p 型半导体膜 5 6 能使电子 τ_0 在 p 型半导体膜 5 6 的表面流过并如轨迹 7 8 所示地由 p 型半导体膜 5 6 的表面被释放出去。轨迹 7 6，7 8 及 8 0 意在作为示范的轨迹，电子释放的真实路径将不一定流过这些轨迹。

因此，根据本例，部分地积沉在 n 型半导体膜上的 p 型半导体膜保证电子亲和力有所减小，由此使经过 p 型半导体膜扩散的电子易于达到 p 型半导体膜的表面。其结果是，能有效地发射电子。

以下将参照图 4 A，4 B 及 5 描述制造该电子发射装置 4 0 的示范方法。

首先，在衬底 4 2 上形成电子发射阴极 4 4。在衬底 4 2 上形成导电膜 5 2，及在导电膜 5 2 上形成 n 型半导体膜 5 4。然后，在短时间里在 n 型半导体膜 5 4 上积沉 p 型半导体膜 5 6，这将不能使 p 型半导体膜 5 6 整体地覆盖住 n 型半导体膜 5 4。另一种方式是，形成整体覆盖 n 型半导体膜 5 4 的 p 型半导体层，然后利用有选择的蚀刻去除一部分 p 型半导体层，使得留下岛状 p 型半导体膜 5 6。还可



以使用具有岛状孔的掩模在 n 型半导体膜 5 4 上形成 p 型半导体层再除去掩模，或是在 n 型半导体膜 5 4 的表面上散布细的粒状 p 型半导体来获得 p 型半导体膜 5 6。最好是将 p 型半导体膜 5 6 作成具有约几毫微米至几微米尺寸的岛。对导电膜 5 2 及 n 型半导体膜 5 4 进行选择，以使得在它们之间产生欧姆接触，并使得电子从导电膜 5 2 注入到 n 型半导体膜 5 4 变得容易。这样，就形成了电子发射阴极 4 4。n 型半导体膜 5 4 及 p 型半导体膜可以由掺过硼，磷或氮的金刚石或 DLC 膜来形成。

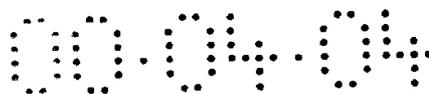
在电子发射阴极 4 4 上形成绝缘膜 4 6 及栅极 4 8。该绝缘膜 4 6 可由氧化硅，氮化硅或类似物，及其它绝缘材料构成。栅极 4 8 由导电材料如铝构成。然后穿过栅极 4 8 及绝缘膜 4 6 形成孔 5 0，以使得电子发射阴极 4 4 的表面被曝露出来。在形成图 5 中所示结构的电子发射装置的情况下，不需要形成栅极与绝缘膜 4 6。

最后，将阳极设置成与电子发射阴极 4 4 相对置。阳极 2 2 及电子发射阴极之间的内空间被密封起来，以致保持真空状态，或用另一方式，使整个阳极 2 2 及电子发射阴极 4 4 保持在真空中。这样，就完成了该电子发射装置 4 0。

如以下所描述的，可以获得上例所述电子发射阴极 4 4 的各种变型。

图 8 概要地表示电子发射阴极 8 0 的横截面图。该电子发射阴极 8 0 包括形成在衬底 4 2 上的导电膜 8 2，形成在导电膜 8 2 上的岛状 n 型半导体膜 8 4，及形成在导电膜 8 2 上的岛状 p 型半导体膜 8 6，并且后者成为局部地与 n 型半导体膜 8 4 相重叠。岛状 n 型半导体膜 8 4 及岛状 p 型半导体膜 8 6 可使用与上述电子发射阴极 4 4 所用方法相同的方法来形成。

电子发射阴极 8 0 当其替代电子发射阴极 4 4 被构在如图 4 A 或 5 所示的电子发射装置 4 0 中时可类似地发射电子。



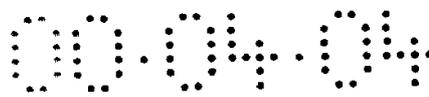
由于 n 型半导体膜 8 4 及 p 型半导体膜 8 6 之间的界面曝露在表面上，经过 n 型半导体膜 8 4 内部或表面在 p 型半导体膜 8 6 内扩散的电子能容易地到达界面附近的 p 型半导体膜 8 6 的表面。因为 p 型半导体膜 8 6 具有似电子亲和力，它在 p 型半导体膜 8 6 被施加电压时小于 n 型半导体膜 8 4 的亲和力，故电子能有效地从 p 型半导体膜 8 6 的表面释放出来。

在图 9 中所示的电子发射阴极 9 0 包括形成在衬底 4 2 上的一个导电膜 9 2，形成在导电膜 9 2 上的岛状 n 型半导体膜 9 4，及形成在 n 型半导体膜 9 4 上的 p 型半导体膜 9 6。这种结构是由：形成覆盖整个导电膜 9 2 的 n 型半导体层，在 n 型半导体层上形成岛状 p 型半导体膜 9 6，及使用 p 型半导体膜 9 6 作为掩模对 n 型半导体层进行蚀刻由此产生岛状 n 型半导体膜而获得的。

该电子发射阴极 9 0 当其替代电子发射阴极 4 4 被结合在如图 4 A 或 5 所示的电子发射装置 4 0 中时可类似地发射电子。

因为 n 型半导体膜 9 4 及 p 型半导体膜 9 6 之间的界面被曝露在表面上，经过 n 型半导体膜 9 4 内部或表面在 p 型半导体膜 9 6 内扩散的电子能容易地到达界面附近的 p 型半导体膜 9 6 的表面。因为 p 型半导体膜 9 6 具有似电子亲和力，它在 p 型半导体膜 9 6 被施加电压时小于 n 型半导体膜 9 4 的亲和力，故电子能有效地从 p 型半导体膜 9 6 的表面释放出来。

在图 1 0 中所示的电子发射阴极 1 0 0 包括形成在衬底 4 2 上的导电膜 1 0 2，形成在导电膜 1 0 2 上的 n 型半导体膜 1 0 4，及形成在 n 型半导体膜 1 0 4 上的 p 型半导体膜 1 0 6，该 p 型半导体膜 1 0 6 具有孔 1 0 8。具有孔 1 0 8 的 p 型半导体膜 1 0 6 可通过形成 n 型半导体膜 1 0 4 并使其覆盖整个导电膜 1 0 2，形成限定孔 1 0 8 的岛状掩模，然后在 n 型半导体膜 1 0 4 上形成 p 型半导体膜 1 0 6，再利用提起方法取走掩模来获得。



该电子发射阴极 1 0 0 当其替代电子发射阴极 4 4 被结合在如图 4 A 或 5 所示的电子发射装置 4 0 中时可类似地发射电子。

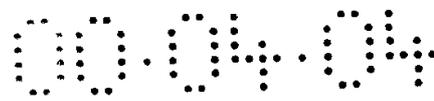
因为 n 型半导体膜 1 0 4 及 p 型半导体膜 1 0 6 之间的界面被暴露在表面上，经过 n 型半导体膜 1 0 4 内部或表面在 p 型半导体膜 1 0 6 内扩散的电子能容易地到达界面附近的 p 型半导体膜 1 0 6 的表面。因为 p 型半导体膜 1 0 6 具有似电子亲和力，它在 p 型半导体膜 1 0 6 被施加电压时小于 n 型半导体膜 1 0 4 的亲和力，故电子能有效地从 p 型半导体膜 1 0 6 的表面释放出来。

在图 1 1 中所示的电子发射阴极 1 1 0 包括形成在衬底 4 2 上的导电膜 1 1 2，形成在导电膜 1 1 2 上的 n 型半导体膜 1 1 4，及形成在 n 型半导体膜 1 1 4 上的 p 型半导体膜 1 1 6，该 n 型半导体膜 1 1 4 及 p 型半导体膜具有多个孔 1 1 8。导电膜 1 1 2 部分地在孔 1 1 8 的底部曝露出来。通过用光刻胶的蚀刻，阳极氧化或类似方法可以形成孔 1 1 8。通过用光刻胶的蚀刻，可以形成其孔直径为微米 (um) 级的孔 1 1 8。利用阳极氧化，可以形成其孔直径为毫微米 (nm) 级的孔 1 1 8。对于孔 1 1 8 的直径及数目没有专门的限制。

该电子发射阴极 1 1 0 当其替代电子发射阴极 4 4 被结合在如图 4 A 或 5 所示的电子发射装置 4 0 中时，可类似地发射电子。

因为 n 型半导体膜 1 1 4 及 p 型半导体膜 1 1 6 之间的界面被暴露在表面上，经过 n 型半导体膜 1 1 4 内部或表面在 p 型半导体 1 1 6 内扩散的电子能容易地到达界面附近的 p 型半导体膜 1 1 6 的表面。因为 p 型半导体膜 1 1 6 具有似电子亲和力，它在 p 型半导体膜 1 1 6 被施加电压时小于 n 型半导体膜 1 1 4 的亲和力，故电子能有效地从 p 型半导体膜 1 1 6 的表面释放出来。

如上所述，本例的电子发射阴极具有这样的结构，其中电子从 n 型半导体膜中提供，及在 n 型半导体膜及 p 型半导体膜之间的结的附近被曝露在真空中。其结果是，从 n 型半导体膜注入到 p 型半导体膜



的电子将沿在其与 p 型半导体膜中的空穴再结合前就能释放到真空中的路径移动。因此，电子能有效地从 p 型半导体膜中释放出来，该 p 型半导体膜与 n 型半导体膜相比具有较小的电子亲和力。

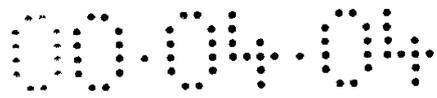
此外，不需要用突出形状的电子发射部分。因此，电子发射阴极可以形成在各种类型的衬底上，并且易于形成具有大面积的电子发射阴极。因为没有突出的部分，就不容易引起电场的聚集，由此随着时间电极的状态仅产生非常小的变化。

虽然在上述例中是在衬底 4 2 上形成导电膜，但如果衬底 4 2 本身是导电的，则不需要在衬底 4 2 上形成导电膜。也可以使用 n 型半导体衬底，并将衬底及 n 型半导体膜看成一个整体单元。

使用掺硼的金刚石作 p 型半导体将会产生更为有效的电子发射装置，如例 1 中所述因为相对另外的材料金刚石的电子亲和力非常小；及金刚石的某些晶体面具有负的电子亲和力。这种电子发射装置也可工作在低真空度（约 10^{-2} 托）中，因为金刚石对大气是惰性的，而硅基电子发射装置需要一定的真空度，因为它在大气中易受到污染，即，因为会形成氧化膜。最好是金刚石的表面以氢原子为限界，以便在金刚石表面获得优良的导电性能。

使用金刚石作 n 型半导体膜看来是可能的，但难以获得具有满意特性的 n 型金刚石。因此，最好如例 1 中所述的，使用包括小金刚石颗粒的 D C L 膜作为 n 型半导体膜。在此情况下，铝适于作导电膜，以致能获得极佳的欧姆接触。

此外，在上述的电子发射阴极中，n 型半导体膜形成在导电膜上及 p 型半导体膜形成在 n 型半导体膜上。但是电子发射阴极也可包括形成在导电膜上的 p 型半导体膜及形成在 p 型半导体膜上的 n 型半导体膜。这是因为 p—n 结曝露在真空气氛中便带来了本发明的某些效果。



【例 3】

在本例中，将描述包括例 1 及例 2 中所述的电子发射阴极或电子发射装置的平板显示器。

图 1 2 A 是平板显示器 1 5 0 的横截面概图。虽然，图 1 2 A 所描绘的例中使用的是例 2 中所述的电子发射阴极（见图 5），但是在例 1 及 2 中所述的任何电子发射阴极均可用于该平板显示器 1 5 0。

在该平板显示器 1 5 0 中，如例 2 中所述的包括一个导电膜 5 2，一个 n 型半导体膜 5 4 及一个 p 型半导体膜 5 6 的电子发射阴极 4 4 被形成在一个支承衬底 1 5 2 上。

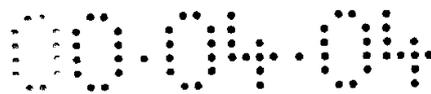
该平板显示器 1 5 0 还包括一个由玻璃或类似物作成的透明衬底 1 5 6。由 I T O（铟锡氧化物）或类似物作成的透明电极 1 5 8 形成在透明衬底 1 5 6 上，在该透明电极上设有荧光膜 1 6 0。该荧光膜 1 6 0 是由无机材料如 $ZnO:Zn$ 或有机材料如荧光染料及一种荧光导电聚合物构成的。

透明衬底 1 5 6 及支承衬底 1 5 2 彼此保持一定距离，在它们之间夹有绝缘体 1 5 4，以使得透明电极 1 5 8 与电子发射阴极 4 4 彼此对置。在透明衬底 1 5 6 及支承衬底 1 5 2 之间形成的内空间 1 6 2 中是真空。

利用在该平板显示器 1 5 0 的透明电极 1 5 8 及电子发射阴极 4 4 之间施加电压，电子将从电子发射阴极 4 4 中释放出来并被加速。被加速的电子与透明电极 1 5 8 上的荧光膜 1 6 0 相撞击且荧光膜受激励，由此发光。

在该平板显示器 1 5 0 中，当一个加速装置设置于电子发射阴极 4 4 及透明衬底 1 5 6 之间来取代透明电极 1 5 8 的情况中，可以省掉透明电极 1 5 8。在此情况下，最好在荧光膜 1 6 0 上设置一层薄铝膜。

也可以设置栅极 4 8 来拉出靠近电子发射阴极 4 4 的电子，如图



1 2 B 中所示的平板显示器 1 7 0 内那样。栅极 4 8 设置在电子发射阴极 4 4 上并在它们之间夹有绝缘膜 4 6。如参照图 4 在例 2 中所解释的，栅板 4 8 可直接地形成在电子发射阴极 4 4 上。在图 1 2 B 中也曾出现在图 1 2 A 中的构件使用与其中相同的标号。在平板显示器 1 7 0 中，利用在栅极 4 8 及电子发射阴极 4 4 之间施加电压使电子从电子发射阴极 4 4 中拉出，并被透明电极 1 5 8（它是阳极）加速，以使得透明电极 1 5 8 上的荧光膜 1 6 0 受激励，由此发光。

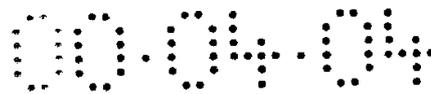
在图 1 2 A 中的平板显示器具有两个端子，因此具有简单的结构。图 1 2 B 中的平板显示器 1 7 0 具有三个端子，因此它具有相对复杂的结构，但是由于它的栅板，有利于灰色色调的显示器。

为了能构成具有多个象素的平板显示器，可以使用如 1 3 中所示结构的电子发射阴极。图 1 3 是表示相对于一个象素的电子发射阴极结构的透视图。如图 1 3 中所示，条状信号电极线 1 8 0 作成沿着方向 Y 延伸，并有如例 1 或例 2 中所述的电子发射阴极设置在该条状栅极线 1 8 0 上。另外，延 X 方向延伸的条状栅极线 1 8 2 形成在信号电极线 1 8 0 上，因此与信号电极线 1 8 0 相交叉并在它们之间夹有绝缘膜 1 8 4。在栅极线 1 8 2 及信号电极线 1 8 0 的交叉处，有一个孔 1 8 6 形成在栅极线 1 8 2 中，由此使电子发射阴极 4 4 的表面曝露出来。如果需要的话，可以在不与栅极线 1 8 2 交叉的电子发射阴极 4 4 的部分设置绝缘膜。

利用多个信号电极线 1 8 0 及多个栅极 1 8 2 按上述结构布置，以致构成一个其上设有一象素矩阵的衬底，并将该衬底放置在带有设了荧光膜的透明电极的对面，便可实现具有多个象素的平板显示器。

【例 4】

如例 1 及 2 中所述的，本发明的电子发射阴极能在真空中高效地发射大量电子。利用这个特点，可以实现具有一种新颖结构的热电式



冷却装置。

图 1 4 表示一种热电式冷却装置 2 0 0 的横截面概图。该热电式冷却装置 2 0 0 包括第一导电衬底 2 0 2，形成在该第一导电衬底 2 0 2 上的阴极 2 0 4，及第二导电衬底 2 0 6。在例 1 及 2 中所述的任何一种电子发射阴极均可用作阴极 2 0 4，第一导电衬底 2 0 2 及第二导电衬底 2 0 6 布置成彼此对置并使阴极 2 0 4 面向内。在第一导电衬底 2 0 2 及第二导电衬底之间的空间 2 1 0 中是用密封玻璃 2 0 8 密封的真空。第一导电衬底 2 0 2 与第二导电衬底 2 0 6 之间的间隙保持在约 1 0 0 μm 或更小。

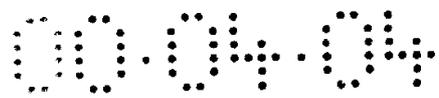
利用在第二衬底 2 0 6 上施加电压并使第一导电衬底 2 0 2 处于负电位，来自电源的电子从第一导电衬底 2 0 2 移向阴极 2 0 4。在该时间点上，由于珀尔贴 (p e l t i e r) 效应第一导电衬底 2 0 2 将吸热。

如例 1 或例 2 所述的，阴极 2 0 4 能高效率地将电子发射到真空中。因此，第一导电衬底 2 0 2 流入阴极 2 0 4 的电子被吸出到真空 2 1 0 中，由于电子发射效应使第一导电衬底 2 0 2 或阴极 2 0 4 失去热。

被发射的电子在吸出到真空 2 1 0 中后进入到与第一导电衬底 2 0 2 对置的第二导电衬底 2 0 6。在此时刻，电子以热释放了它们自己的位能及动能，因而使第二导电衬底 2 0 6 受加热。

因此，当操作热电式冷却装置 2 0 0 时，第一导电衬底 2 0 2 被冷却，而第二衬底 2 0 6 被加热。因为导电衬底 2 0 2 及 2 0 6 放置在真空 2 1 0 中，该真空 2 1 0 阻止热量从第二衬底 2 0 6 传送到第一衬底 2 0 2，由此就阻止了由于热漏损产生的冷却或加热效率的任何实质性下降。被从第一导电衬底 2 0 2 取走的热量愈大及施加的吸出电子的电压愈高则热效应愈大。

于是，就获得了一种高效率及大功率的热电式冷却装置。因为电



极可由金属板及薄膜作成，故不需要如在传统的珀尔贴元件的情况中那样使用大量稀有金属，表现出资源有效使用的优点。由于仅需要少量的相应材料，该装置可作成具有小重量，并导致低的制造成本。由于真空的空间可设计成很窄，可以实现非常薄的冷却装置。

如以下所述的，可作出对这种热电式冷却装置的各种改型。

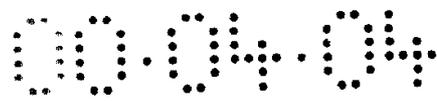
如图 1 5 所示的热电式冷却装置 2 2 0 包括一个阴极 2 2 6，它取代图 1 4 中所示的热电式冷却装置 2 0 0 的阴极 2 0 4。该阴极 2 2 6 包括一个 n 型半导体膜 2 2 2 及形成在 n 型半导体膜 2 2 2 表面上的氧化铯膜 2 2 4。此外，该热电式冷却装置 2 2 0 包括形成在第二导电衬底 2 0 6 面上的阳极 2 3 6，该阳极与第一导电衬底 2 0 2 相对置。阳极 2 3 6 包括 p 型半导体膜 2 3 6 及氧化铯膜 2 3 4。

因为氧化铯具有小的逸出功，故上述结构能以高效率将电子释放到真空中。通过构成具有相反导电型的阴极 2 2 6 的半导体膜 2 2 2 及阳极 2 3 6 的半导体膜 2 3 2（即分别为 n 型及 p 型），可以减低第一导电衬底 2 0 2 及第二导电衬底 2 0 6 之间所施加的电压。此外，利用使电流流动方向反向，可以变为使第二导电衬底 2 0 6 冷却及使第一导电衬底 2 0 2 加热。

表示在图 1 6 中的热电式冷却装置 2 4 0 包括一个 n 型半导体膜 2 4 2，它取代图 1 5 中所示的热电式冷却装置 2 2 0 的阴极 2 2 6，及一个 p 型半导体膜 2 4 6，它取代热电式冷却装置 2 2 0 中的阳极 2 3 6。该 n 型半导体膜 2 4 2 在其表面上具有多个微小的突起 2 4 4。该 p 型半导体膜 2 4 6 在其表面上也具有多个微小的突起 2 4 4。

根据上述结构，甚至在使用具有相对大逸出功的半导体材料时也可以释放大量电子到真空中。

该微小突起 2 4 4 可以直接地形成在 n 型半导体膜 2 4 2 及 p 型半导体膜 2 4 6 上。另一方式是，可以在第一导电衬底 2 0 2 及第二



导电衬底 2 0 6 上形成微小突起，然后在它们各自表面上形成 n 型半导体膜 2 4 2 及 p 型半导体膜 2 4 6。

也可以对该热电式冷却装置的外部结构进行改型。

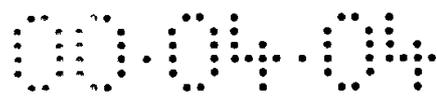
图 1 7 中所示的热电式冷却装置 3 0 0 包括一个起第一导电衬底作用的圆筒形导体 3 0 2，设置在该圆筒形导体 3 0 2 表面的阴极 3 0 4，起第二导电衬底作用的一个圆筒形导体 3 0 6，及设置在该圆筒形导体 3 0 6 内壁面上的阳极 3 0 8。圆筒形导体 3 0 6 布置成与圆筒形导体 3 0 2 相共轴。

任何参照图 1 5 及 1 6 所描述的阴极及阳极可用来作为相应的阴极 3 0 4 及阳极 3 0 8。也可以使用在例 1 及 2 中所述的任何电子发射阴极来作电子发射阴极 3 0 4，而省掉阳极 3 0 8。

利用密封件 3 1 2 将圆筒形导体 3 0 2 及圆筒形导体 3 0 6 固定住，并使其保持真空 3 1 0。在圆筒形导体 3 0 2 的内壁面及圆筒形导体 3 0 6 的外壁面上分别设有多个肋片 3 1 4 及 3 1 6。

从电源流出的电子进入圆柱形导体 3 0 2，并当其移到形成在圆柱形导体 3 0 2 表面的阴极 3 0 4 时，由于珀尔贴效应而吸热。该吸热效应用于绕肋片 3 1 4 流动的流体做功，因此该流体失去热，即被冷却。另一方面，由于在圆筒形导体 3 0 6 及圆筒形导体 3 0 2 之间施加了电压，进入阴极 3 0 4 的电子被从阴极 3 0 4 的表面拉出，在真空 3 1 0 中飞行，穿过阳极 3 0 8 并进入到圆筒形导体 3 0 6，这时电子将释放它们保留的能量，这使得圆筒形导体 3 0 6 被加热。辐射热将通过肋片 3 1 6 传送并到达在肋片 3 1 6 外侧流动的流体，于是使该流体加热。根据这种结构，甚至当其作得非常紧凑时也可使流体被高效地冷却或加热。

圆筒形导体 3 0 2 及 3 0 6 也可具有任何形状，只要它们分别能起到第一导电衬底及第二导电衬底的作用，尽管圆筒形状能提供更好的热效率。例如，圆筒导体 3 0 2 及 3 0 6 也可具有多边形形状，以取



代圆筒形状。

可以理解，根据本例的热电式冷却装置，加热件及冷却件彼此被小真空内空间隔开，因此大大地降低了从高温侧到低温侧的热量漏损。因为该真空内腔非常的小，故由于空间电荷效应出现的电子屏障是很小的。因此，电子的发射能有效地进行。在使用了例 1 或例 2 中所述的高效率电子发射阴极的情况下，由于电子发射效应可获得显著的冷却效果。其结果是，可以实现重量轻、效率高及功率大的热电式冷却装置。

虽然对例 3 及 4 所述的平板显示器及热电式冷却装置作为例 1 及 2 中所述的电子发射装置的应用例作出描述，但本发明的电子发射阴极及电子发射装置也可应用于工作于高速度的一种开关装置。

因此，根据本发明，提供了一种电子发射阴极及一种电子发射装置，它们可相对地免于时效的损坏，允许构成大面积的装置，并甚至在低真空度时也能高效地发射电子并且成本低及是有优异的批量生产率。并且，提供了包括该电子发射电极的一种高亮度、长寿命及大型显示的平板显示器。

另外，也提供了一种包括该电子发射电极的一种重量轻、效率高及功率大的热电式冷却装置。

在不偏离本发明的精神和范围的情况下对于熟悉本领域的技术人员显然易于作出各种另外的变更。因此所附权利要求书的范围并不局限于所给出的说明上，而应具有较宽的结构。

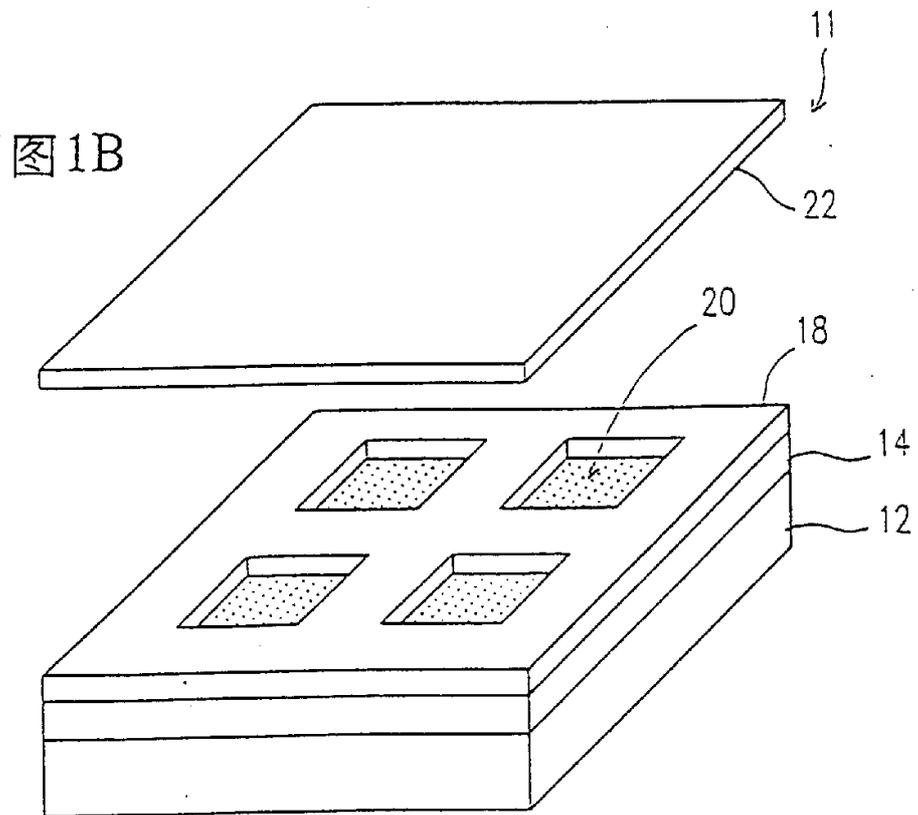
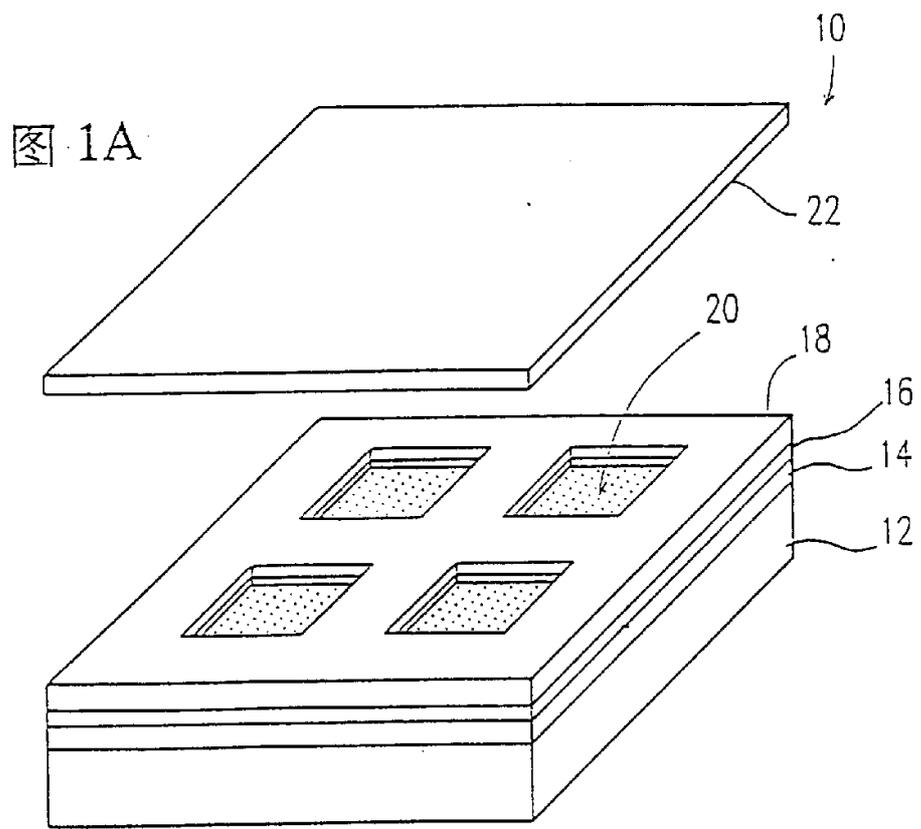


图 2A

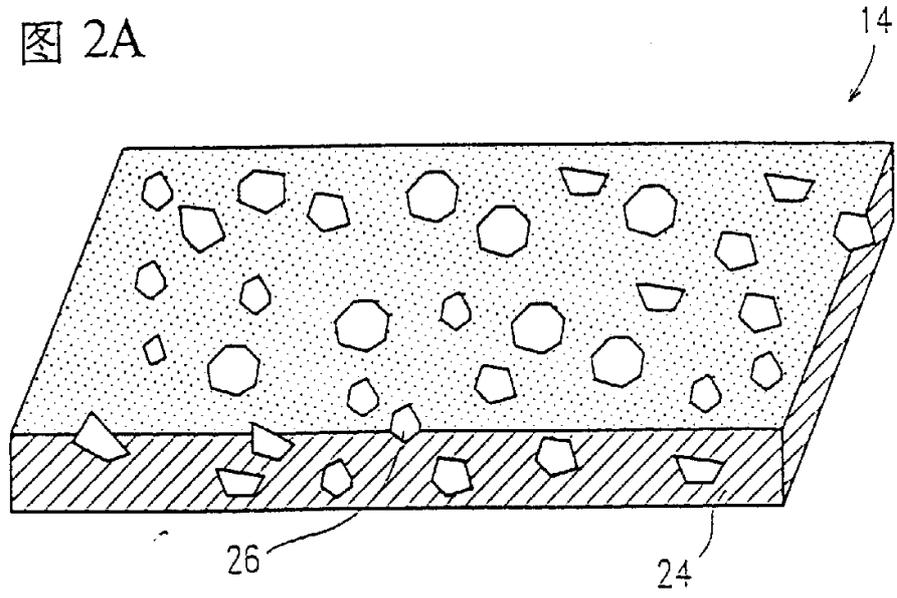


图 3

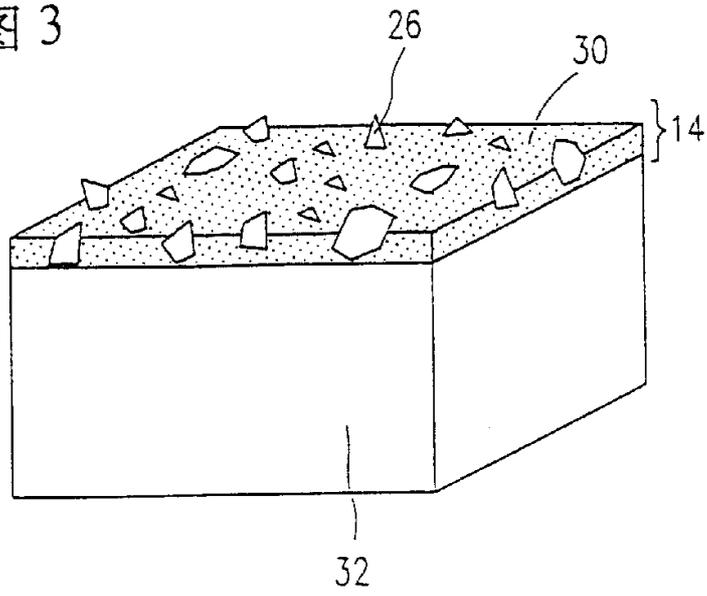


图 4A

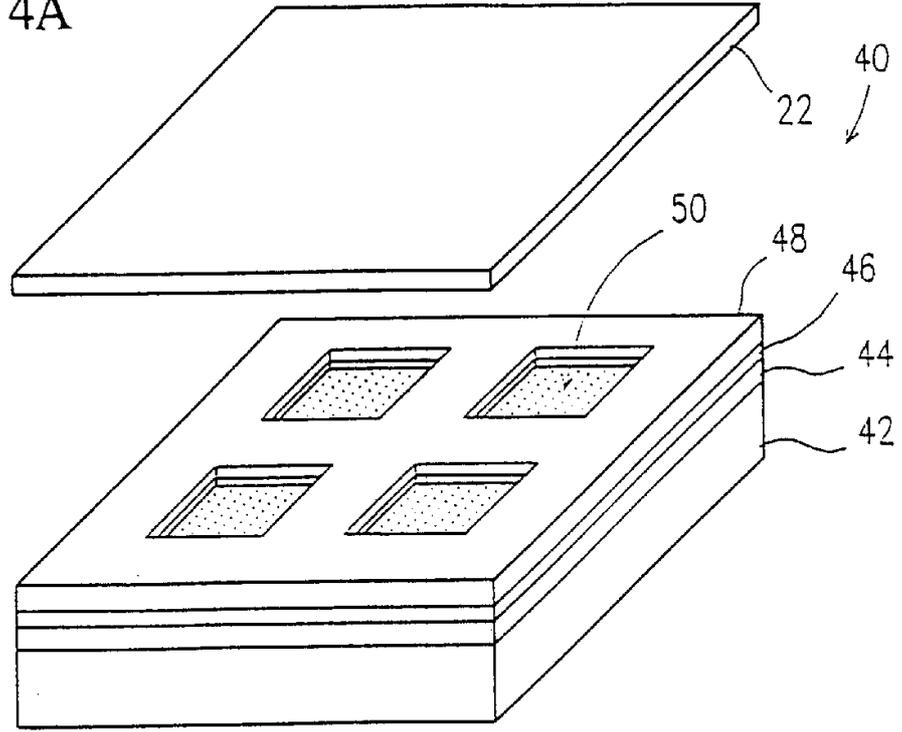


图 4B

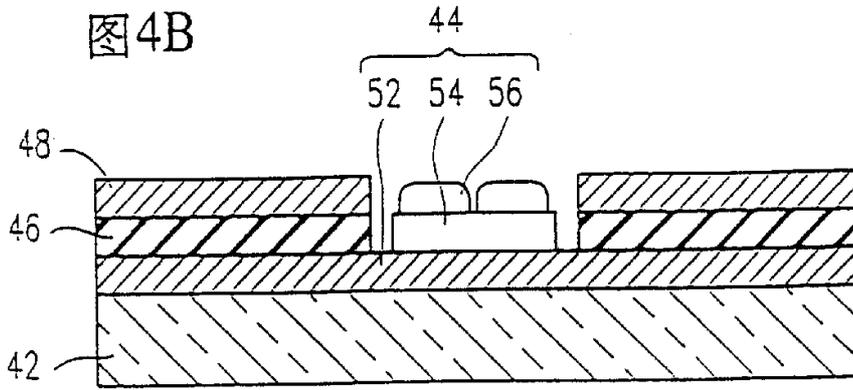


图 4C

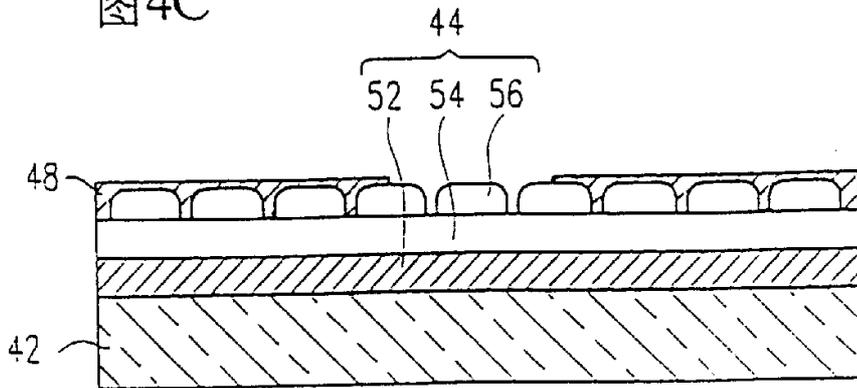


图 5

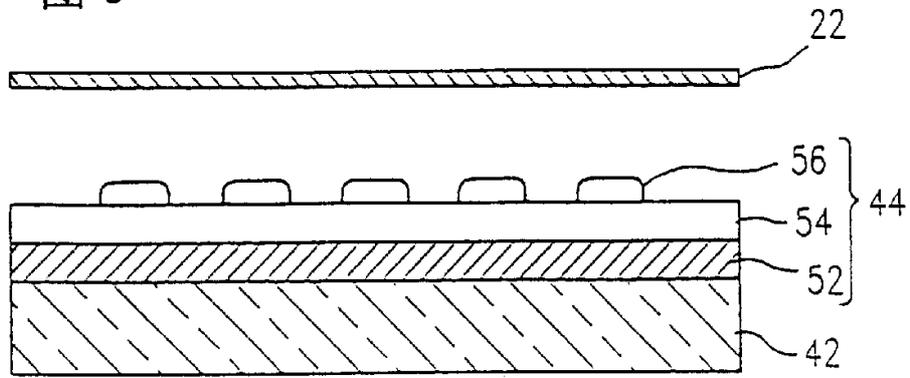


图 6

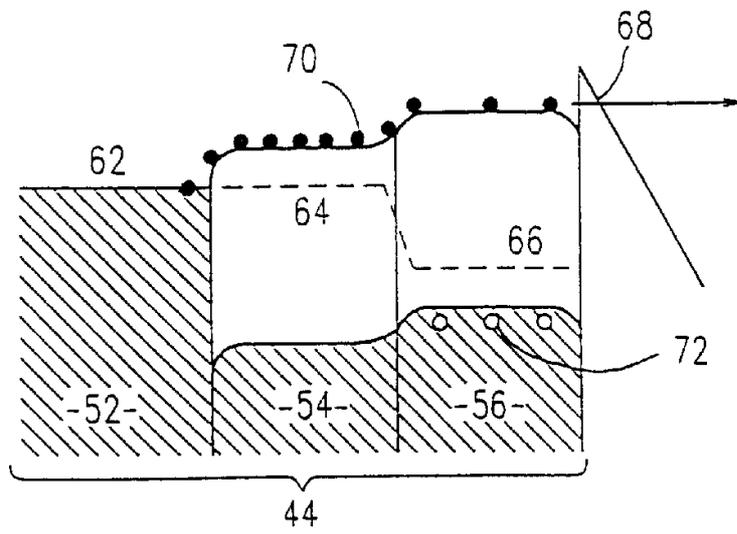




图 7

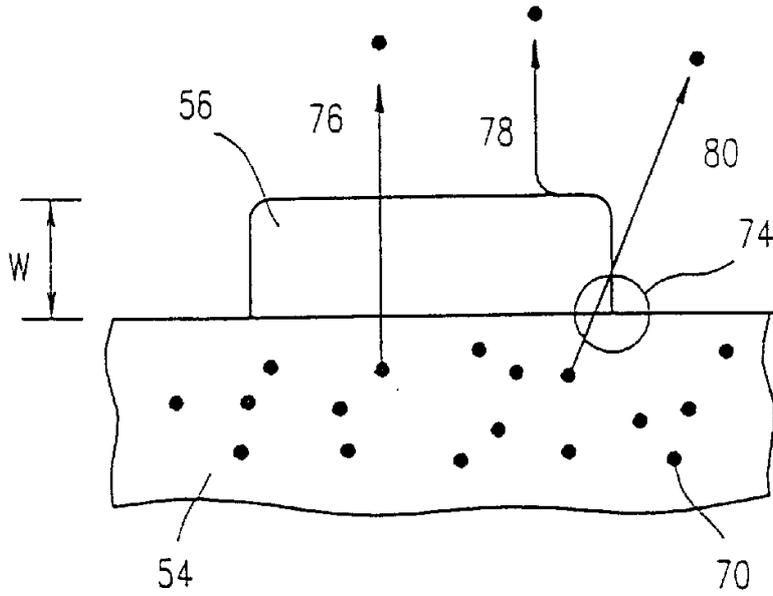


图 8

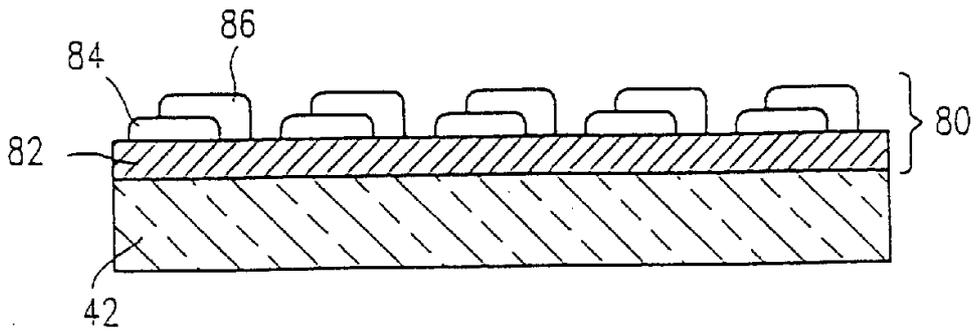


图9

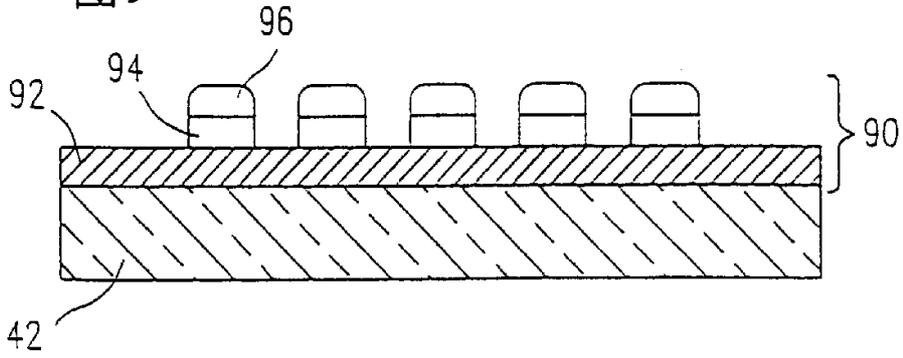


图10

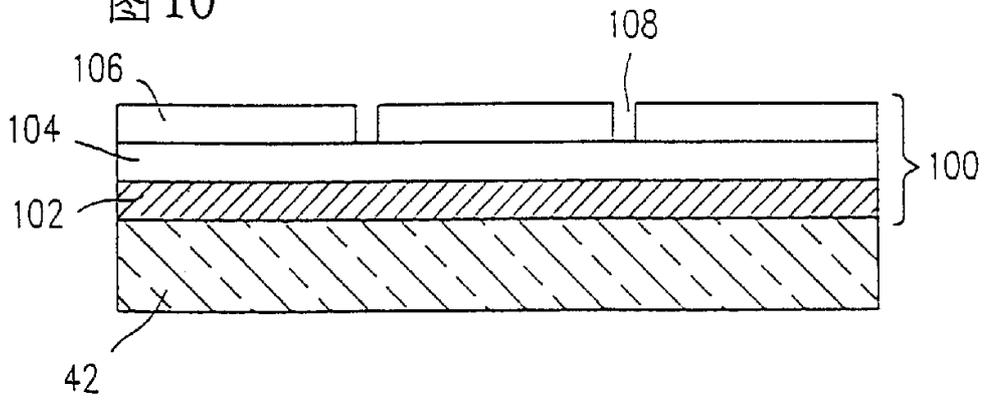


图11

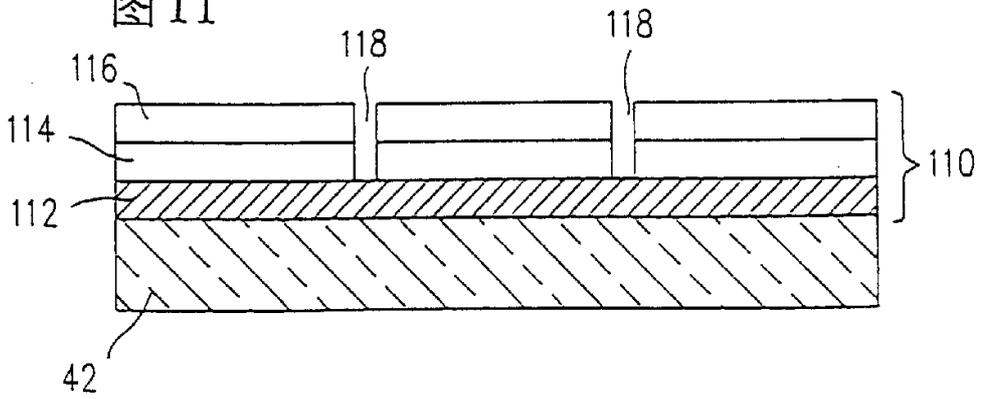


图 12A

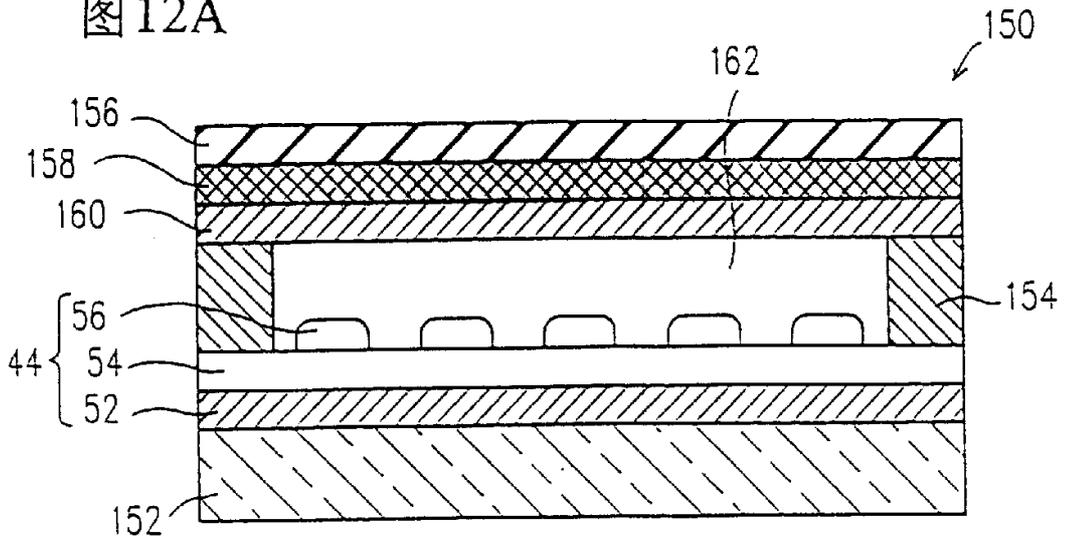


图 12B

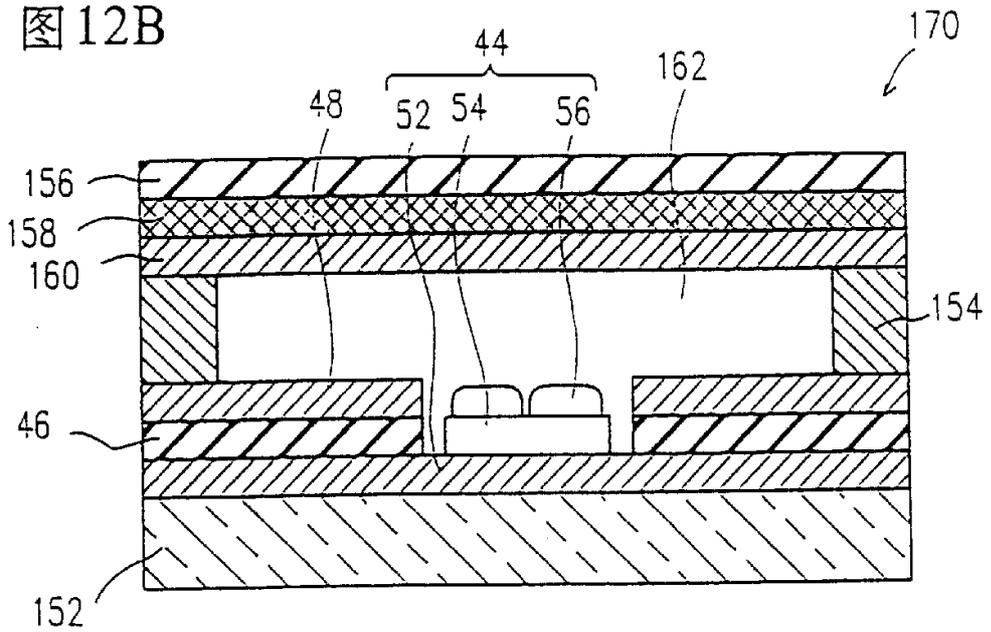


图 13

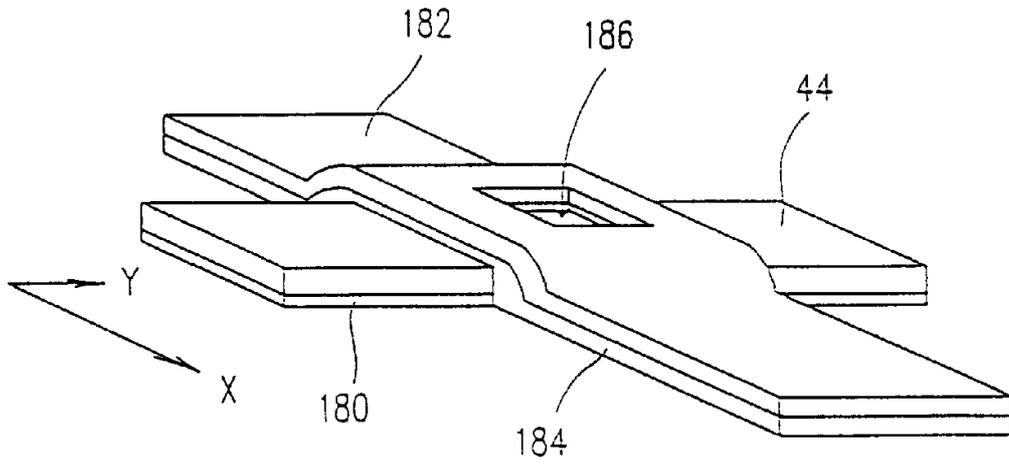


图 14

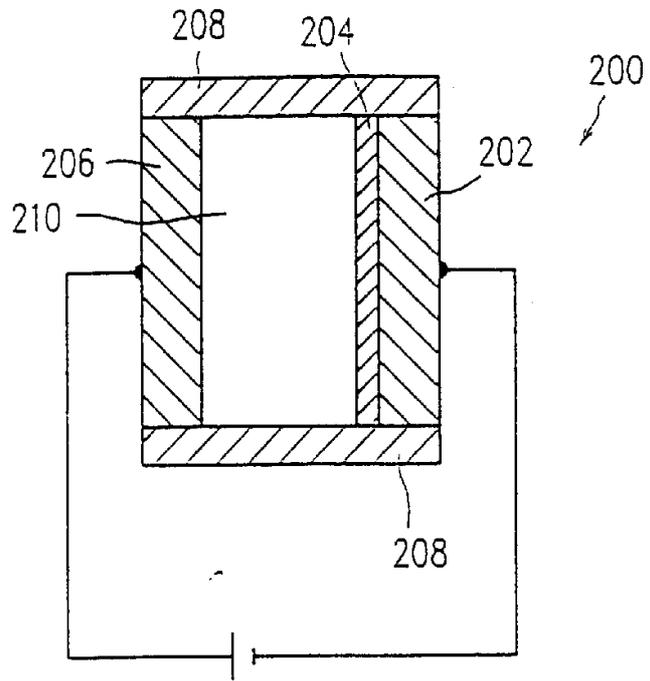


图 15

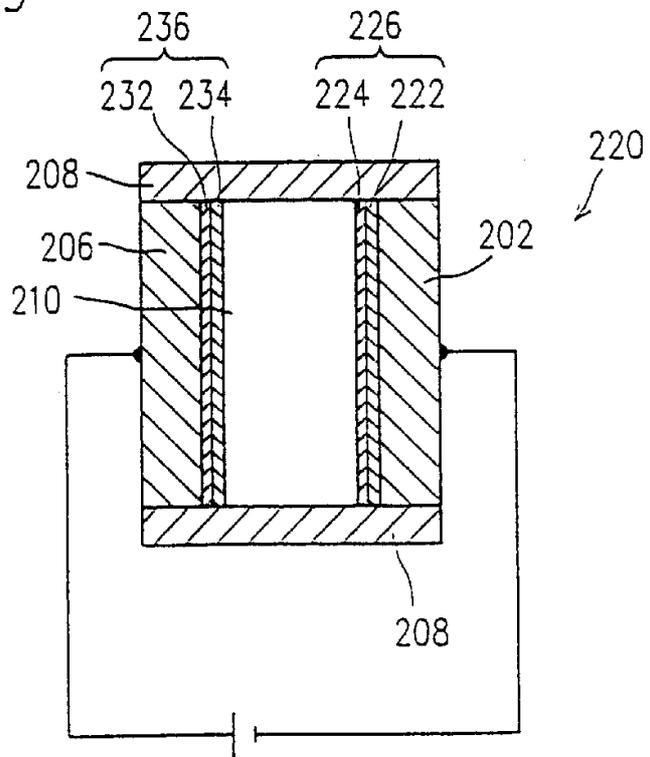


图16

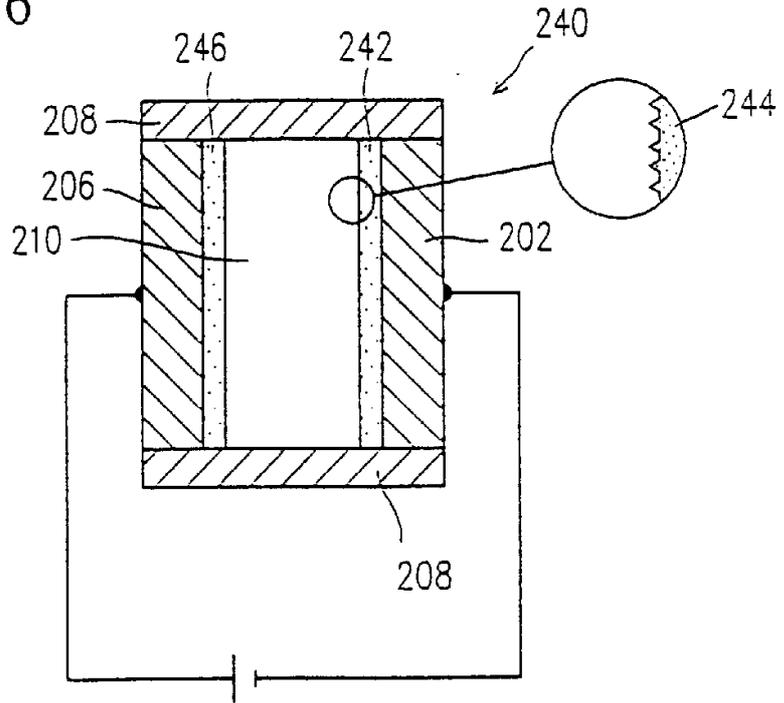


图17

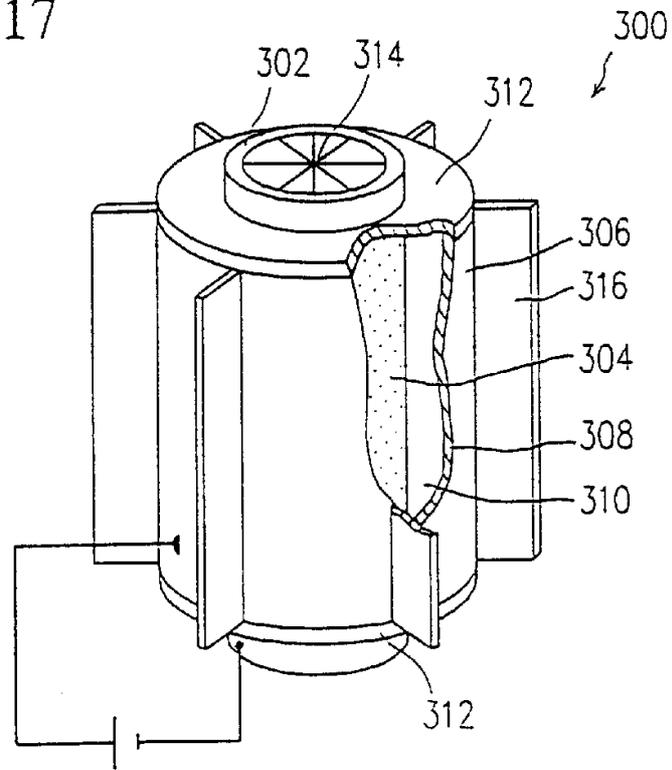


图 18

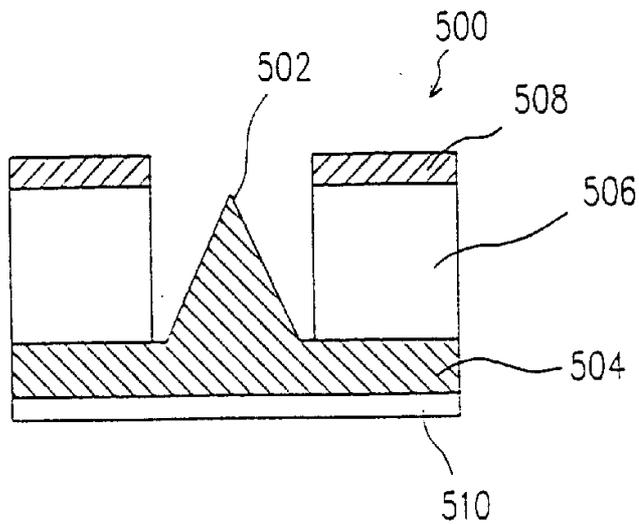


图 19

