



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94109004.3

[51]Int.Cl⁶

G01D 5/12

[43]公开日 1995年9月20日

[22]申请日 94.6.22

[30]优先权

[32]93.6.22 [33]KR[31]11409/93

[71]申请人 株式会社金星社

地址 韩国汉城市

[72]发明人 李教熙 赵成文 金成泰

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 杨国旭

H01L 49/00 G01N 27/00

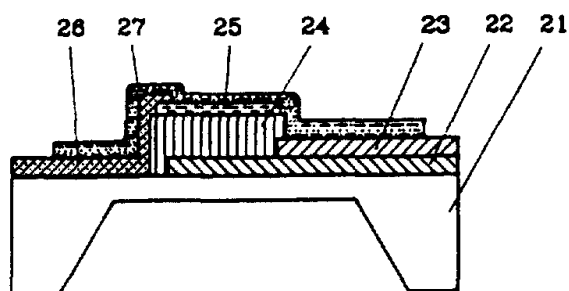
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 热电薄膜红外传感器及其制备方法

[57]摘要

一种热电薄膜红外传感器,包括:位于衬底上表面的底层Pt电极;位于底层Pt电极上表面的热电薄膜,其右侧部分与底层Pt电极的预定区域相重叠;以及位于热电薄膜之上的上层Cr电极,当衬底包括具有(100)面的MgO单晶衬底时,底层Pt电极厚度为150至400Å,以便增大热电薄膜的C轴取向。采用这种结构,热电薄膜呈现出改善的红外线灵敏度。



权利要求书

1. 一种热电薄膜红外传感器, 包括:

一个衬底;

一个底层电极, 它位于衬底上表面的一预定区域上;

一热电薄膜, 它位于底层电极上表面的一预定区域上;

一上层电极, 它位于热电薄膜上表面的一预定区域上, 并适于吸收红外线。

2. 根据权利要求1的热电薄膜红外传感器, 进一步包括一底垫层电极, 它位于底层电极上表面的另一预定区域上。

3. 根据权利要求2的热电薄膜红外传感器, 其中, 热电薄膜横向延伸至底垫层电极的一侧端。

4. 根据权利要求1的热电薄膜红外传感器, 其中, 底层电极由具有(100)面的Pt薄膜构成。

5. 根据权利要求1或4的热电薄膜红外传感器, 其中, 底层电极具有150至400 Å的厚度。

6. 根据权利要求1的热电薄膜红外传感器, 其中, 衬底包括具有(100)面的MgO单晶衬底。

7. 根据权利要求1的热电薄膜红外传感器, 其中, 衬底包括具有(100)面的 SrTiO_3 单晶衬底。

8. 根据权利要求1或6的热电薄膜红外传感器, 其中衬底下表面具有隔膜结构。

9. 根据权利要求1或3的热电薄膜红外传感器, 其中, 热电薄膜由具有 $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$ 组分的铁电材料制成, 其中X为0~0.15。

10. 一种制造热电薄膜红外传感器的方法，包括下列工序：

在一衬底的上表面上的一预定区域上形成一底层电极；

在底层电极的上表面上的一预定区域上形成一层热电薄膜；以及

在热电薄膜的上表面上的一预定区域上形成用于吸收红外线的一上层电极。

说明书

热电薄膜红外传感器 及其制备方法

本发明涉及一种热电薄膜红外传感器以及制造这种传感器的一种方法。

热电薄膜红外传感器通常用于实现更方便的检测系统，因为这种传感器具有下列优点：在长波长时具有高灵敏度；可在室温下工作，且不采用任何冷却系统。

参照图 1，这里示出传统的热电薄膜红外传感器的一个例子。如图 1 中所示，此热电薄膜红外传感器包括衬底 1 和居中地位于衬底 1 上表面上的热电薄膜 2。在热电薄膜 2 上设有一个 Ni-Cr 电极 3。一聚酰亚胺层覆盖在所形成的上述结构的全部暴露的上表面上，所述暴露的上表面包括 Ni-Cr 电极 3 的暴露的上表面和衬底 1 的暴露的上表面。聚酰亚胺层 5 具有一个接触孔 4，Ni-Cr 电极 3 通过此孔部分地暴露出其上表面。在聚酰亚胺层 5 的上表面的一侧部分（图 1 中的右侧部分）上设有一个由铝层制备的读出电极 6。读出电极 6 通过接触孔 4 电连接至 Ni-Cr 电极 3。除读出电极 6 的右端外，在读出电极 6 上设有另一聚酰亚胺层 7。该热电薄膜红外传感器还包括位于衬底 1 下面的另一 Ni-Cr 电极 9。Ni-Cr 电极 9 电连接至通过一个孔 8 暴露出的热电薄膜 2 的下表面，孔 8 是采用刻蚀工艺形成于衬底 1 中的。Ni-Cr 电极 9 位于孔 8 的表面的右侧部分和形成孔 8 时未蚀去的衬底

1 的下表面部分的右侧部分。

下面结合图 2 A 至 2 E 描述具有上述结构的现有热电薄膜红外传感器的制造方法。

根据此方法，首先，如图 2 A 所示，制备具有 (100) 面的衬底作为衬底 1。衬底 1 可以是 MgO ，单晶衬底。

在衬底 1 上，采用射频 (RF) 磁控溅射工艺，淀积一层厚度为 $3\ \mu\text{m}$ 的以 PbTiO_3 为主的热电薄膜。此热电薄膜具有钙钛矿结构和 C 轴取向。此后，此热电薄膜要经历公知的光刻工艺，以便它仅保留其中央部分。留下来的热电薄膜的中央部分构成居中地位于衬底 1 上的热电薄膜 2。

随后，采用真空蒸发工艺，如图 2 B 所示，在所得到的包括热电薄膜 2 和衬底 1 的结构上淀积 $0.4\ \mu\text{m}$ 厚的 Ni-Cr 薄膜。尔后采用公知的光刻工艺对此 Ni-Cr 薄膜进行选择刻蚀，以便蚀去除位于热电薄膜 2 上的部分以外的 Ni-Cr 薄膜，从而形成 Ni-Cr 电极 3。

在所得结构的全部暴露的上表面上，淀积一聚酰亚胺层作为上述的聚酰亚胺层 5。采用公知的光刻工艺选择性地刻蚀此聚酰亚胺层 5，以便在聚酰亚胺层 5 中形成接触孔。此接触孔构成上述的接触孔 4，以便由此暴露 Ni-Cr 电极 3 的上表面的中心部位。

如图 2 C 所示，采用溅射工艺或蒸发工艺，在所得结构的全部暴露的上表面上淀积一铝层，所述全部暴露的上表面包括 Ni-Cr 电极 3 的上表面和衬底 1 的暴露的上表面部分。尔后，采用公知的光刻工艺，选择性地刻蚀铝层，以便留存下位于聚酰亚胺层 5 的一侧部分即右侧部分的铝层部分。留下的铝层部分构成读出电极 6。

随后，采用公知的照相工艺，形成聚酰亚胺层 7。聚酰亚胺层 7

布置于读出电极 6 上，但读出电极 6 的一侧端即右侧端除外。聚酰亚胺层 7 还布置于与读出电极 6 左端相邻的聚酰亚胺层 5 的一部分上。

如图 2 D 所示，采用公知的各向异性刻蚀工艺，对衬底 1 的位于热电薄膜 2 下面的部分进行刻蚀，从而形成孔 8。在这种情况下，衬底 1 是通过 H_3PO_4 溶液各向异性地刻蚀的，直至热电薄膜 2 的下表面完全暴露出来。蚀刻完成后，热电薄膜 2 仅由聚酰亚胺层 5 固位。

此后，采用溅射工艺或蒸发工艺，在所得结构的全部暴露的下表面上淀积用于吸收红外线的 Ni-Cr 层，所述全部暴露的下表面包括孔 8 的侧壁表面、未蚀去的衬底 1 的下表面部分和热电薄膜 2 的暴露的下表面，如图 2 E 所示。接着，采用公知的光刻工艺，选择性地刻蚀 Ni-Cr 层，以使其仅留存于孔 8 的右侧壁部分和衬底 1 的下表面的右侧部分。留下的 Ni-Cr 层的部分构成 Ni-Cr 电极 9。

最后，进行封装工序。在封装工序中，Ni-Cr 电极 9 通过导电膏粘连到未示出的引线架的一个相应引线上。读出电极 6 的暴露部分通过 Au 线连至未示出的结型场效应晶体管 (JFET) 的栅极。

然而，根据上述现有方法，在各向异性地刻蚀 MgO 单晶衬底 1 的下表面时，热电薄膜 2 的下表面可能会被刻蚀溶液损坏。

另外，现有的薄膜红外传感器还具有封装工序复杂之问题，因为用于吸收红外线的 Ni-Cr 电极不能线连至引线架的引线。这是由于 Ni-Cr 电极位于衬底下表面上。

因此，本发明的一个目的是要提供一种热电薄膜红外传感器，此传感器通过在衬底上淀积预定厚度的底层 Pt 电极并随后在此底层 Pt 电极上淀积一层热电薄膜，增强了热电薄膜的 C 轴取向特性，从而能够实现改善的红外线灵敏度，本发明还要提供一种制造该传感器的方法。

根据本发明的一个方面，所提供的热电薄膜红外传感器包括：一个衬底；设置于衬底上表面的一预定区域上的一个底层电极；设置于底层电极上表面的一预定区域上的一层热电薄膜；以及设置于热电薄膜上表面的一预定区域上并适于吸收红外线的上层电极。

根据本发明的另一方面，所提供的用于制造热电薄膜红外传感器的方法包括下列工序：在一个衬底的上表面上的一预定区域上形成一个底层电极；在底层电极上表面上的一预定区域上形成一层热电薄膜；并且在热电薄膜上表面的一预定区域上形成一个用于吸收红外线的上层电极。

本发明的其它目的和其它方面可从参照附图所做的以下说明中清楚了解，附图中：

图 1 是显示现有的热电薄膜红外传感器的剖视图；

图 2 A 至 2 E 分别是显示制造图 1 所示的热电薄膜红外传感器的方法的各工序的剖视图；

图 3 是显示根据本发明的热电薄膜红外传感器的剖视图；

图 4 A 至 4 E 分别是显示制造图 3 所示的根据本发明的热电薄膜传感器的方法的各工序的剖视图；

图 5 是显示根据 X 射线衍射分析得到的底层Pt电极的取向的曲线图，此Pt电极构成图 3 所示的热电薄膜红外传感器的一部分；

图 6 是显示 C 轴取向随图 3 所示的底层Pt电极厚度变化的曲线图；

图 7 是显示根据 X 射线衍射分析得到的热电薄膜的取向的曲线图，此热电薄膜构成图 3 所示的热电薄膜红外传感器的一部分；

图 8 是显示热电薄膜红外传感器的输出随图 3 所示的底层Pt电极的厚度变化的曲线图；

图 9 是显示图 3 所示的热电薄膜红外传感器的输出随加至此热电薄膜红外传感器的频率变化的曲线图。

参照图 3，其中示出一种根据本发明的热电薄膜红外传感器。

如图 3 所示，本发明的热电薄膜红外传感器包括一个衬底 2 1 和一个底层Pt电极22，衬底21的下表面的中心部分有一隔膜（membrane），Pt电极 2 2 位于衬底 2 1 上表面的一部分上。在底层Pt电极 2 2 的上表面的一部分上设有一Pt垫层 2 3。所述的上表面的一部分从底层Pt电极 2 2 右端延伸至底层Pt电极 2 2 的一预定区域。在底层Pt电极22和Pt垫层 2 3 的左端部分的上表面上设有热电薄膜 2 4，以便其右侧部分与底层Pt电极 2 2 的预定部分相重叠。该热电薄膜红外传感器还包括：位于热电薄膜 2 4 之上的一个上层Cr电极 2 5；铝垫层 2 6，它位于衬底 2 1 的上表面的左侧区域和热电薄膜 2 4 的左侧部分，并电连接至上层Cr电极左端；以及一个钝化层 2 7，它位于Pt垫层 2 3 和铝垫层 2 6 之上，但Pt垫层 2 3 的右端部分和铝垫层 2 6 的左端部分除外。

下面参照图 4 A 至 4 E 描述具有上述结构的本发明的热电薄膜红外传感器的制造方法。

根据此方法，首先，如图 4 A 所示，制备具有（100）面的衬底作为衬底 2 1。衬底 2 1 可以为MgO单晶衬底或SrTiO₃单晶衬底。

采用溅射技术，在衬底 1 上淀积厚度为150至400Å的Pt薄膜。随后，采用公知的光刻工艺，选择性地刻蚀Pt薄膜，以便仅在衬底 2 1 上表面上的预定区域中留存Pt薄膜。结果，Pt薄膜的留存部分形成底层Pt电极 2 2。

虽然Pt薄膜是由金属制备的，但它具有的晶格常数与其上生长的

热电薄膜的晶格常数尤其是在一轴上的 $3.89\text{\AA}$ 的晶格常数有很好的
一致性，因为它具有 150 至 $400\text{\AA}$ 的厚度。因此，当Pt薄膜在具有
(100)面的衬底21的上表面上形成时，热电薄膜可随后形成于Pt
薄膜上，以便具有C轴取向，即具有(001)面。在这种情况下，具
有(100)面的衬底21、Pt薄膜和热电薄膜分别具有 $4.21\text{\AA}$ 、 $3.93\text{\AA}$
和 $3.89\text{\AA}$ 的晶格常数。结果，衬底21、Pt薄膜和热电薄膜之间晶格
常数的不一致在10%以内。

若采用溅射工艺，在下表1所列条件下，在具有(100)面的MgO
单晶衬底上淀积Pt薄膜，使之具有(100)面，在经X-射线衍射分
析之后，它呈现图5所示的特性。

表 1

靶	Pt
气体压强	$0.1-1\text{ Pa}$
气体	Ar
衬底温度	$580-610\text{ }^{\circ}\text{C}$
功率密度	$1-3\text{ W/cm}^2$

参照图5，可以发现，具有(200)面的MgO单晶衬底和具有
(200)面的Pt薄膜呈现出显著的束强度。还可发现，具有(200)面
的Pt薄膜外延生长为具有(100)面，因为Pt薄膜的束强度明显地呈
现在 46° 的 2θ 角附近。

在采用SEM设备观察了Pt薄膜的表面条件之后，还可发现，在Pt
薄膜生长至 150 至 $400\text{\AA}$ 的厚度时得到了最希望的结果。这将在下面详

细描述。

当Pt薄膜具有小于150Å的厚度时，在一后续步骤中在Pt薄膜上生长呈现良好C轴取向的热电薄膜是可能的。不过，Pt薄膜具有不希望的类似岛状结构的结构。

当在后续步骤中进行热电薄膜的溅射生长时，具有岛状结构的Pt薄膜可能经受来自用于热电薄膜的靶的溅射颗粒的再溅射，由此导致Pt薄膜的导电性下降。

另一方面，当Pt薄膜具有大于400Å的厚度时，在Pt薄膜生长时其块体特性增强。结果，在Pt薄膜上可能会产生微细小丘或应力。

因此，当Pt薄膜的厚度超出100至400Å的范围时，淀积于Pt薄膜上的热电薄膜呈现出强烈的C轴取向劣化。

换言之，随着Pt薄膜厚度由100Å增加至400Å，热电薄膜呈现出的C轴取向 α 由约1降至约0.9，如图6所示。当Pt薄膜厚度增大至500Å时，热电薄膜的C轴取向 α 降至约0.65。在Pt薄膜厚度不小于600Å时，热电薄膜的晶体生长取向变为随意的。

因此，Pt薄膜厚度的增加会导致热电薄膜的C轴取向 α 的减小，由此引起热电薄膜红外传感器的灵敏度的下降。

C轴取向 α 可由下列方程式(1)表示：

$$\alpha = I(001) / [I(100) + I(001)] \dots \dots \dots (1)$$

其中， $I(001)$ 表示(001)面的X-射线衍射强度， $I(100)$ 表示(100)面的X-射线衍射强度。

另一方面，热电薄膜红外传感器的灵敏度特性 F_v 可由下列方程式(2)表示：

$$F_v = r / C_v \epsilon_0 \epsilon_r \dots \dots \dots (2)$$

其中， r 表示热电系数， C_v 表示热电薄膜的容积比热， ϵ_0 为真空中的介电常数， ϵ_r 为热电薄膜的介电常数。

参照方程式(2)，可以发现，热电薄膜红外传感器的灵敏度特性 F_v 在较高热电系数 r 和较低热电薄膜介电常数 ϵ_r 的情况下得以改善。

同时，因为热电薄膜的C轴为极轴，因而热电薄膜在C轴方向呈现出减小的介电常数 ϵ_r 。由热电薄膜的温度变化决定的极性变化引生热电电流。为了获得提高的热电系数，要求在C轴即极轴方向上生长热电薄膜。

在形成图4A所示的底层Pt电极22之后，采用公知的发射(lift-off)工艺和溅射技术，在所得结构的全部暴露的上表面上淀积2000Å厚的另一层Pt薄膜，所述全部暴露的上表面包括底层Pt电极22的暴露的上表面和衬底21的暴露的上表面部分，如图4B所示。此后，对Pt薄膜进行公知的发射工艺，以便仅留下位于底层Pt电极22的一预定部分上的Pt薄膜，由此形成Pt垫层23。

在后续的线连工序中和另一后续的溅射热电薄膜的工序中，Pt垫层23适于防止具有150至400Å的小厚度的低层Pt电极22受到损坏。

在某些情况下，图4所示的形成Pt垫层23的步骤可以省除。

采用磁控溅射工艺，在所得结构的全部暴露的上表面上淀积由铁电材料构成的热电薄膜，所述暴露的上表面包括衬底21的暴露的上表面部分、底层Pt电极22的暴露的上表面部分和Pt垫层23的暴露的上表面。热电薄膜的淀积是在表2所列条件下进行的。在这种情况下，热电薄膜具有 $Pb_{0.95}La_{0.05}TiO_3$ 组分。

表 2

靶	$\text{Pb}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{TiO}_3 + 10\text{wt}\%\text{PbO}$
气体压强	$0.3 - 2 \text{ Pa}$
气体	$(\text{Ar} : \text{O}_2) 5 : 5 - 9 : 1$
衬底温度	$580 - 610^\circ\text{C}$
功率密度	$2 - 5 \text{ W/cm}^2$

随着底层Pt电极 2 2 厚度的增加所淀积的热电薄膜的C轴取向 α 是减小的, 如图 6 所示。因为此前已做了详细说明, 故其进一步描述省除。

随后, 采用公知的光刻工艺, 选择性地刻蚀热电薄膜, 以便仅留在于底层Pt电极 2 2 的上表面上的一预定区域。热电薄膜的留存部分形成热电薄膜 2 4。

此热电薄膜 2 4 具有分别位于Pr垫层 2 3 左端和相邻于底层Pt电极 2 2 左端的衬底 2 1 上表面的一部分上的右端和左端。

图 7 是显示在底层Pt电极上生长的热电薄膜的X射线衍射分析结果的曲线图, 此Pt电极具有 $300\text{\AA}$ 的厚度, 热电薄膜的C轴取向 α 不小于0.9。图 7 示出在(001)、(100)和(200)面观测到的热电薄膜PLT的束强度、在(200)面观测到的MgO单晶衬底的束强度、以及在(200)面观测到的Pt薄膜的束强度。

在形成热电薄膜 2 4 之后, 采用溅射工艺或蒸发工艺, 在所得结构的全部暴露的上表面上生长厚度为300至 $400\text{\AA}$ 的Cr薄膜, 此Cr薄膜呈现出高的红外线吸收率, 所述全部暴露的上表面包括热电薄膜 2 4 的暴露的上表面、Pt垫层 2 3 的暴露的上表面部分和衬底 2 1 的暴露

的上表面部分。Cr薄膜可由Ni-Cr薄膜替代。采用公知的光刻工艺，对Cr薄膜进行选择性蚀刻，以便仅留存其位于热电薄膜24之上的部分，如图4C所示。Cr薄膜的留存部分形成上层Cr电极25。

然后，采用蒸发工艺，在所得结构的全部暴露的上表面上淀积一铝层，所述全部暴露的上表面包括Cr电极25的上表面、Pt垫层23的暴露的上表面以及衬底21的暴露的上表面部分。随后采用公知的光刻工艺选择性地刻蚀铝层，从而形成用于上层Cr电极25的铝垫层26，如图4C所示。铝垫层26电连接至上层Cr电极25的一侧端部分。铝垫层26还布置于衬底21的上表面的一预定区域上以及热电薄膜24的一侧端部分。

采用公知的照相工艺，在包括上层Cr电极25、Pt垫层23、铝垫层26和衬底21的所得结构上形成一聚酰亚胺层，如图4D所示。此时，Pt垫层23的一侧端部分和与此侧端部分相对的铝垫层26的一侧端部分是暴露的。聚酰亚胺层是由呈现高的红外线透射率和高弹性的材料制备的。

为防止最终制成的热电薄膜红外传感器的热绝缘，即，为防止加至热电薄膜24的热量通过衬底外释，衬底21的下表面要经公知的光刻工艺处理，以除去其位于热电薄膜24之下的部分，如图4E所示。这将在下面详细说明。

采用 H_3PO_4 溶液，对衬底21的下表面进行各向异性刻蚀，由此形成一隔膜。在这种情况下，隔膜的厚度不超过 $20\mu m$ 。隔膜的厚度最好是尽可能地小。

在随后的封装工序中，以上述方式制造的热电薄膜红外传感器与具有高电阻率的一电阻器和一个JFET芯片一起封装于一个壳体中。

在完成封装工序之后，测量热电薄膜传感器的电压响应特性。为此测量，热电薄膜红外传感器的输出电压放大至60dB。电压响应测量结果将结合图8和9描述。

参照图8，可以发现，在1 Hz 的斩波频率时，随着底层Pt电极22的厚度由200 Å 增至1000 Å，电压响应由22 μ v 降至5 μ v。因此，可以理解，在底层Pt电极22厚度较小时，即，在热电薄膜24的C轴取向α较大时，热电薄膜红外传感器呈现较高的电压响应。

参照图9，还可发现，当底层Pt电极22具有300 Å 的厚度时，随斩波频率由1 Hz 升至100 Hz，电压响应由21 μ v 降至几微伏。

从上述说明可清楚地看出，根据本发明，底层Pt电极生长于具有(100)面的衬底之上，由此能使生长于底层Pt电极之上的热电薄膜呈现增大的C轴取向。结果，有可能增大最终制成的热电薄膜红外传感器的电压响应。根据本发明，可通过调节底层Pt薄膜的厚度，重复地控制热电薄膜的C轴取向。

由于热电薄膜直接生长在底层Pt电极上，因此可简化热电薄膜红外传感器的制备过程。

尽管为描绘目的已公开了本发明的优选实施例，但本领域的普通技术人员可以理解到，在不脱离所附权利要求公开的本发明的范围和精神的情况下，各种变化、增补和替换是可能的。

图.1

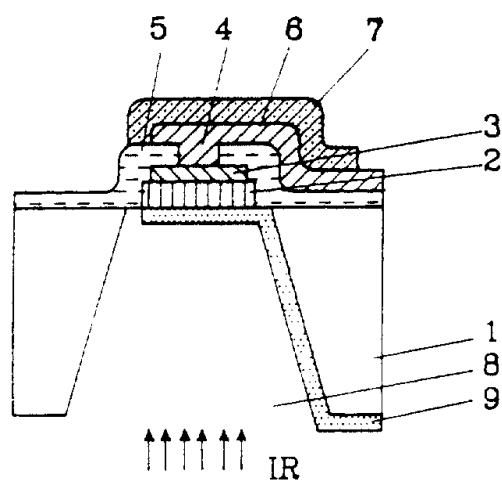


图.3

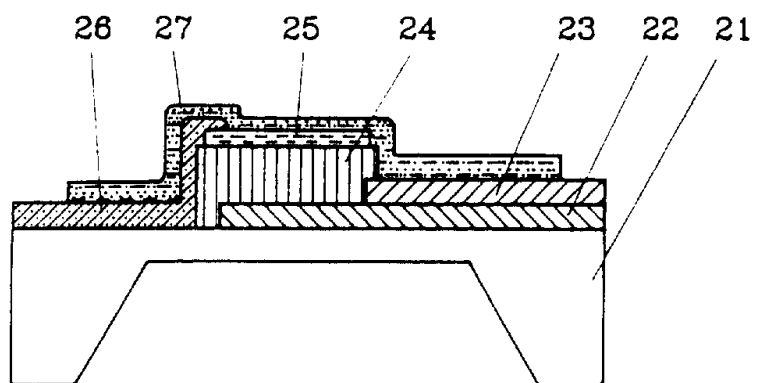


图.2A

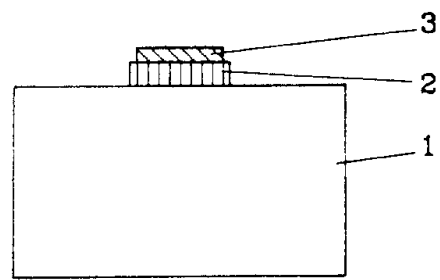


图.2B

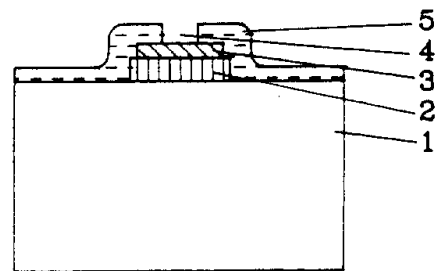


图.2C

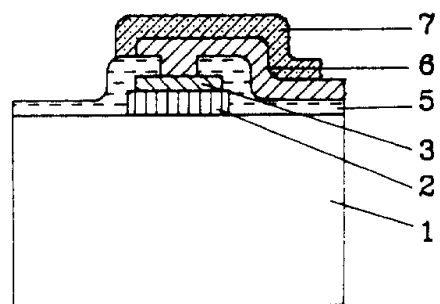


图.2D

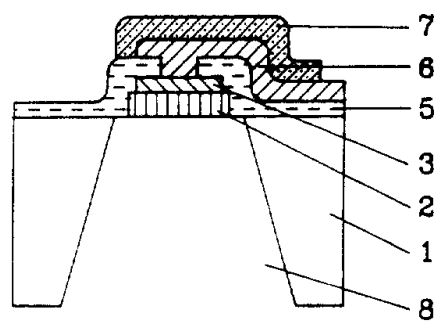


图.2E

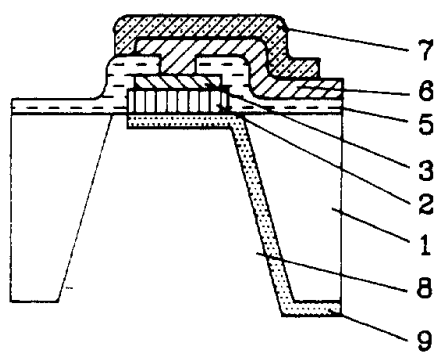


图.4A

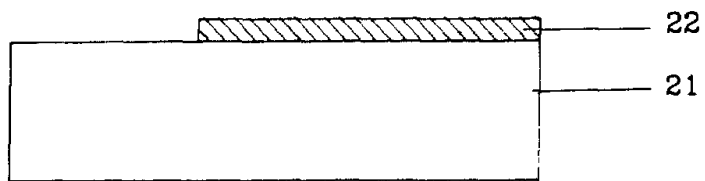


图.4B

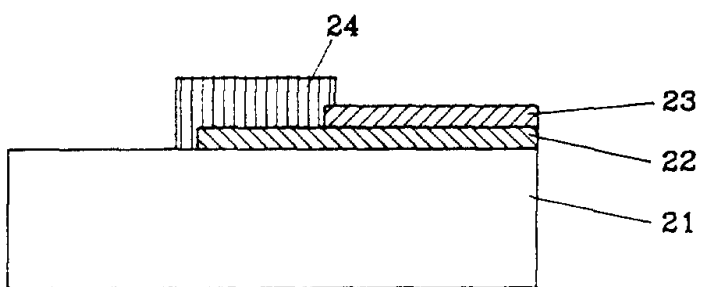


图.4C

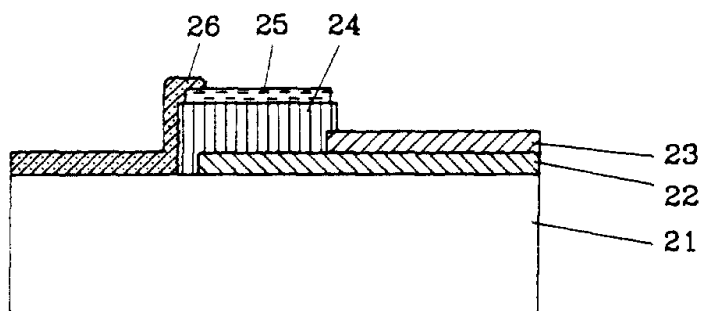


图.4D

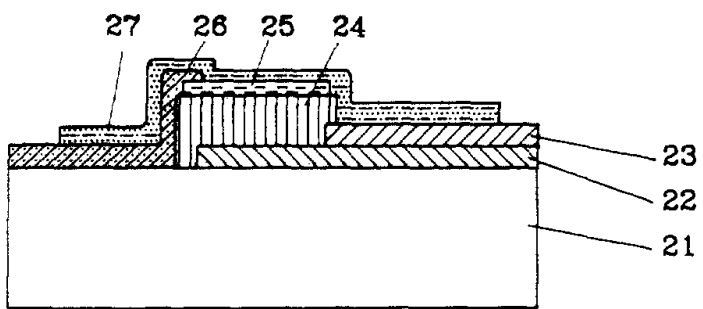


图.4E

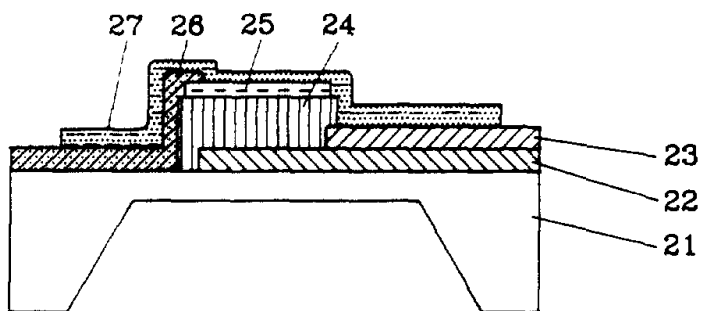


图.5

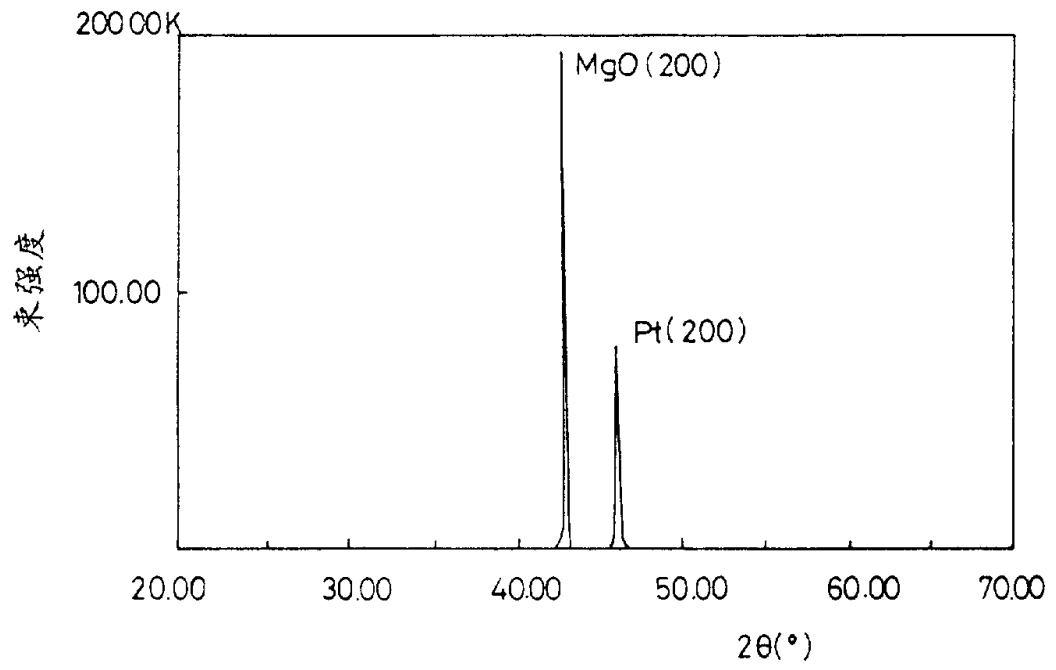


图.6

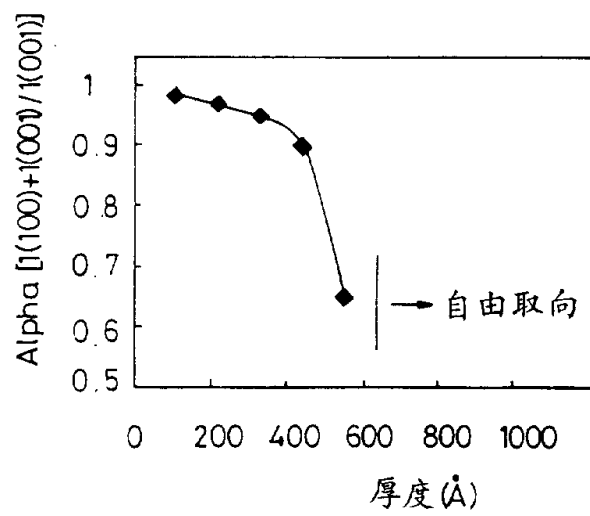


图.7

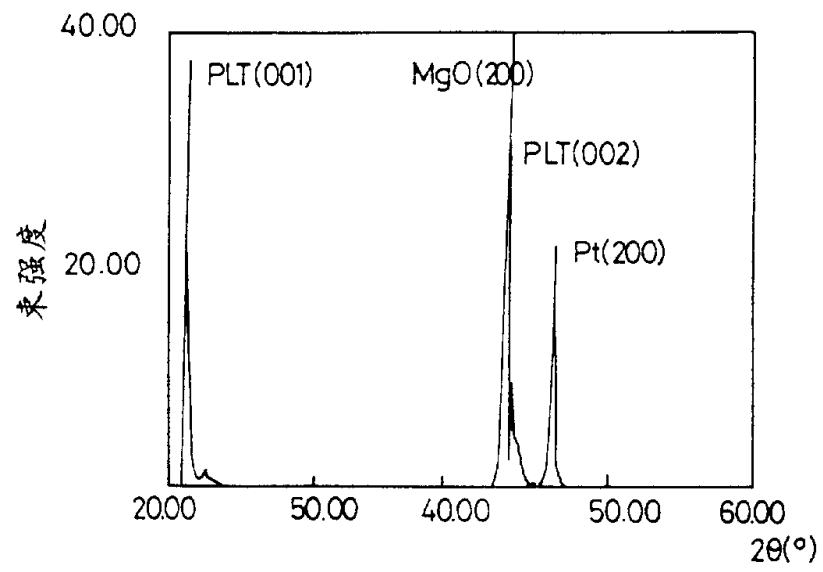


图.8

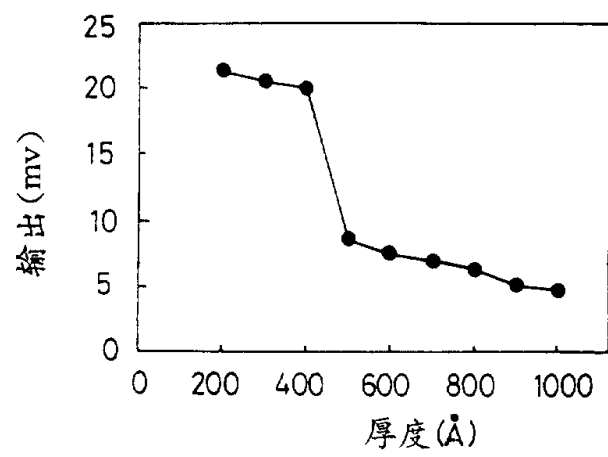


图.9

