

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98116373.4

[43]公开日 1999年4月7日

[11]公开号 CN 1213081A

[22]申请日 98.7.24 [21]申请号 98116373.4

[30]优先权

[32]97.7.25 [33]EP [31]97401796.4

[71]申请人 摩托罗拉半导体公司

地址 法国图卢兹

[72]发明人 让-保罗·吉莱迈特 米利亚姆·库贝
斯特凡·阿斯迪耶
伊马努埃尔·水德[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

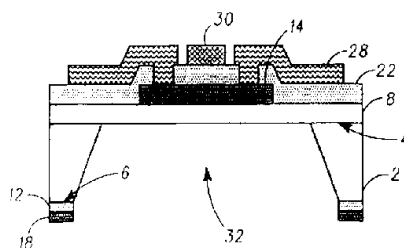
代理人 王永刚

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 电子器件及为电子器件形成膜的方法

[57]摘要

一种电子器件,包含半导体衬底(2),并具有延伸进入衬底(2)的腔(32),在半导体衬底上面制备膜(8)使其跨越半导体衬底中的腔(32),利用膜(8)支持位于腔(32)邻近的有源区(14,30)。膜(8)由氮氧化物材料制成的单一介质层组成。



ISSN 1000-8427 4

权利要求书

1.一种电子器件，包括：

具有延伸入衬底的腔的半导体衬底；

制备于半导体衬底上面以便跨越半导体衬底中的腔的膜；以及

位于腔邻近并由膜支持的有源区，其中膜包括氮氧化物材料制成的单一介质层。

2.按照权利要求 1 的电子器件，其中半导体衬底由半导体材料组成而且氮氧化物材料是具有组分 SiO_xN_y 的氮氧化硅材料，其中 x 和 y 的选择是使氮氧化硅材料的杨氏模量大致与衬底半导体材料的杨氏模量相同，其热膨胀大致与衬底半导体材料的相同并且其热导率范围为 $1 - 30\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。

3.按照权利要求 1 或 2 的电子器件，其中氮氧化物材料具有组分 SiO_xN_y ，其中 $x=0.89$ 及 $y=0.74$ 。

4.按照上述任一权利要求的电子器件，其中电子器件包含半导体传感器件，有源区包括：

制备于膜上面的导电层；

制备于导电层上面的隔离层；以及

制备于隔离层上的敏感层。

5.支持电子器件有源区的膜的制造方法，该方法包括下列步骤：

提供半导体衬底；

在半导体衬底上面制备由氮氧化物材料单一介质层组成的膜；

在单一介质层上面制备电子器件的有源区；以及

去除部分半导体衬底以便在衬底中提供腔，单一介质层跨越腔延伸。

6.按照权利要求 5 的方法，其中半导体衬底具有第一表面及第二表面，其中制备膜的步骤包括在半导体衬底的第一表面上制备膜，去除部分半导体衬底的步骤包括下列步骤：

在制备膜以后在半导体衬底的第二表面上制备掩模层；

去除部分掩模层以便提供通过掩模层延伸至第二表面的窗口；以及通过窗口腐蚀半导体衬底以便提供延伸于第二表面与膜之间的腔。

7.按照权利要求 5 或 6 的方法，其中半导体衬底由半导体材料制成并且氮氧化物材料是具有组分 SiO_xN_y 的氮氧化硅材料，其中 x 和 y 的选择是使氮氧化硅材料的杨氏模量大致与衬底半导体材料的杨氏模量相同，其热膨胀大致与衬底半导体材料的热膨胀相同以及其热导率范围为 $1 - 30\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。

8.按照权利要求 7 的方法，其中氮氧化物材料具有组分 SiO_xN_y ，其中 $x=0.89$ 及 $y=0.74$ 。

电子器件及为电子器件形成膜的方法

本发明一般涉及电子器件及其制造方法。本发明具体涉及低功率电子器件以及制造它们的方法。

化学传感器是一种监控液体或气体中给定化学物种浓度的器件。化学传感器件包含有一个对将要由传感器件检测到的某一特定化学物种敏感的敏感层以及一个集成在诸如硅衬底的半导体衬底上的加热器。加热器使敏感层的温度增加以增加传感器件的灵敏度，而且当传感器工作时通常需要将敏感层加热至 25℃ 至 600℃ 的范围。在这样的温度下，通过硅衬底有可观的热能损失，因此这样的器件功率消耗很高。

当传感器件需要由电池供电时，高的功率消耗是一个特别的问题。例如，某些应用或许需要电池备用工作。对于这样的电池供电应用，在 400℃ 下 DC 模式的功率消耗将为 60mw 左右。

为了降低半导体化学传感器中的功率消耗，例如法国专利申请 FR - A - 2615287 提出了对体硅衬底的背面进行微细加工使在传感器件的有源区下面（即加热器及敏感层下面）形成一个薄膜。此薄膜的制备是利用旋转涂布在硅衬底上淀积氧化硼（ B_2O_3 ）溶液，然后通过扩散使硼掺杂剂进入衬底。虽然此技术减小了通过体硅衬底的热损失，但是由于此膜是由掺有 P^+ 型材料的硅层组成，而该材料具有高的热导率（ $35Wm^{-1}K^{-1}$ ），对于诸如电池备用的低功率工作的情况使用传感器的热损失因而其功率消耗仍太高。例如对于这样的—个传感器，在 400℃ 下作为 DC 模式的功率消耗高达 200mW。

另一种降低热损失的技术是由美国专利 No.5,545,300 描述的。该专利使用了一种由氮化硅膜上制备的玻璃膜组成的复合膜。由于用于复合膜中的氮化硅膜具有高的热导率（ $23Wm^{-1}K^{-1}$ ），限制了利用所述技术的功率消耗的降低。在此专利中公布的器件的功率消耗在 400℃ DC 模式接近于 110mW，对于电池工作仍然太高。

由于膜的完成需要二个不同的步骤（淀积氮化硅膜随后淀积氧化硅膜），该专利具有几个步骤也如所述不利于降低成本。在该专利中描述的加工的另外的不利因素是在于氮化硅层淀积在硅衬底顶部，这一加工步骤会在硅表面产生位错因而与集成电路（IC）工艺不相容。换言之，这样的加工不可能在同一衬底上集成控制芯片作为传感器件。

由 J.Werno, R.Kersjes, W.Mokwa 及 H.Vogt 发表于 Sensors and Actuators A, 41-42(1994)578 - 581 页题为“利用沟槽腐蚀技术降低硅膜的热损失”的文章描述了一种利用氧化物填充沟槽以改进单晶硅膜热绝缘的解决办法。这个解决办法的功率消耗在 400 °C DC 模式为 230mW，对于电池工作是太高了。此外，所描述的沟槽腐蚀技术使用三个连续的加工步骤（氧离子注入隔离/外延/氧化物填充沟槽），因而是一种制造成本昂贵的技术。

因此，需要提供一种能工作于低功率的改进的电子器件及制备这一电子器件的方法。

按照本发明的第一方式，提供了一种电子器件，包括：具有延伸入衬底的腔的半导体衬底；制备于半导体衬底上面以便跨越半导体衬底中的腔的膜；以及个位于腔邻近并由膜支持的有源区，其中膜包括氮氧化物材料制成的单一介质层。

按照本发明的第二方式，提供了支持电子器件有源区的膜的制造方法，该方法包括下列步骤：提供半导体衬底；在半导体衬底上面制备由氮氧化物材料单一介质层组成的膜；在单一介质层上面制备电子器件的有源区；以及去除部分半导体衬底以便在衬底中提供腔，单一介质层跨越腔延伸。其中半导体衬底具有第一表面及第二表面，其中制备膜的步骤包括在半导体衬底的第一表面上制备膜，去除部分半导体衬底的步骤包括下列步骤：在制备膜以后在半导体衬底的第二表面上制备掩模层；去除部分掩模层以便提供通过掩模层延伸至第二表面的窗口；以及通过窗口腐蚀半导体衬底以便提供延伸于第二表面与膜之间的腔。

现参照附图仅举例描述按照本发明的电子器件及其制备方法，其中：

图 1 - 9 表示本发明电子器件一部分在不同制造阶段的简化示意剖

面图；以及

图 10 表示不同类型膜的功率消耗与温度的依赖关系图。

在以下描述中，本发明将描述一种化学传感器件。然而应了解本发明可应用于诸如热传感器，热量传感器，压力传感器，扬声器，喷墨传感器，微泵以及微系统等其它电子器件，它们用膜来支撑体衬底中腔上方的电子器件的有源区。

现参照图 1 - 9（表示各制造阶段化学传感器件的一部分的简化示意剖面图）描述按照本发明的最佳实施例的化学传感器件的制备方法。虽然在下面的描述中会牵涉到半导体衬底、层和区域具有某种导电类型以及由某种材料组成，但这仅仅是为了说明的目的。这并不意味本发明限于此处涉及的特定的导电类型或特定的材料。

首先参见图 1，提供半导体衬底 2，最好是硅<100>衬底。半导体衬底 2 有第一表面 4 和与第一表面 4 相对的第二表面 6。在图 2 中可见氮氧化物材料介质层 8 形成于半导体衬底 2 的第一表面 4 上。介质层 8 的厚度 10 的范围为 30nm - 3 μ m。

在最佳实施例中，介质层 8 由组分为 SiO_xN_y 的氮氧化硅材料制成。组分（即 x 和 y 的值）的选择是使介质层 8 有良好的机械性能和低的热导率范围 1 - 30Wm⁻¹K⁻¹（最好 5Wm⁻¹K⁻¹）。具有良好机械性能的介质层 8 可保证高器件成品率（直至 100 %）。

介质层 8 的机械性能依赖于制备介质层 8 的氮氧化硅材料的杨氏模量和热膨胀。氮氧化硅材料组分的选择是使材料的热膨胀大致等于衬底材料的热膨胀。在最佳实施例中为硅衬底，组分的选择是使氮氧化硅材料的热膨胀大致等于硅的热膨胀（即 $2.5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ）。这就保证了介质层 8 具有小的残余应力水平。

氮氧化硅材料组分的选择还要使其杨氏模量接近于衬底材料的杨氏模量。由于硅的杨氏模量为 170GPa，要使氮氧化硅材料的杨氏模量在 100 - 180GPa 的范围。

介质层 8 可由等离子增强化学汽相淀积（PECVD）或化学汽相淀积（CVD）制备。最好采用 PECVD，因为通过调节等离子体的压力及功率易于控制氮氧化物材料组分，因而能优化氮氧化物介质层 8 使之同

时具有低的热导率和低的应力。

在最佳实施例中，将硅烷，氨，氮氧化物以及氮以 0.17:0.14:0.14:0.55 的比例混合而用于 PECVD 工艺以提供具有组分 SiO_xN_y ($x=0.89$, $y=0.74$) 的介质层 8。PECVD 工艺是在由应用材料公司提供的 CVD5000 容器中进行的，该容器被加热至 400℃。等离子体压力为 4.5 毛而等离子体功率为 325W。

现参见图 3，在半导体衬底 2 的第二表面 6 上制备氧化硅层 12。氧化硅层 12 可以由硅衬底的热氧化或由 PECVD 或 CVD 来制备。最好用热氧化，因为在硅衬底氧化的同时也对介质层 8 进行了退火。

在介质层 8 的上面制备导电层。见图 4，将导电层图形化并腐蚀留下一部分导电层 14 形成化学传感器件的加热器 14。导电层由具有好的导电性能的多晶硅层或金属层组成，其电阻率范围为 $10^{-6}\Omega\text{cm} - 10^{-3}\Omega\text{cm}$ 。导电层 14 的厚度 16 为 30nm - 3 μm 。

在图 5 中，在半导体衬底 2 背面的氧化硅层 12 上面制备掩模层 18。掩模层 18 的厚度 20 为 30nm - 3 μm 。在最佳实施例中，用 PECVD 淀积介质层 8 的同样设备在氧化硅层 12 上 PECVD 淀积氮化硅掩模层。由于氮化硅掩模层 18 对硅衬底 2 的粘附性很差因而需要氧化硅层 12。当进行硅衬底 2 的背面微加工时，掩模层 18 作为背面硬掩模。作为变更，可以用氮氧化硅层作为掩模层 18，因为当用氢氧化钾溶液来腐蚀半导体衬底 2 时，氮氧化硅在氢氧化钾溶液中的腐蚀速率是很低的。

然后在介质层 8 和部分导电层 14 上面淀积第一隔离层 22。在最佳实施例中，第一隔离层 22 是利用 PECVD 或低压化学汽相淀积 LPCVD 淀积于介质层 8 上的二氧化硅层组成。对第一隔离层 22 进行图形化和腐蚀以形成延伸至导电层的接触孔 24 (图 6)。

在图 7 中，对掩模层 18 图形化，然后腐蚀掩模层 18 和氧化硅层 12 以形成延伸至半导体衬底 2 的第二表面 6 的窗口 26。窗口 26 确定了半导体衬底 2 的腐蚀区域。

然后，在部分第一隔离层 22 上制备敏感层 30，使其处于加热器 14 上方。敏感层 30 是这样制备的，首先在整个器件上利用溅射，蒸发，CVD 或旋转涂布淀积一层对将由传感器件感知的化学品种敏感的一层材

料，然后用图形化去除一部分材料层留下敏感层 30。在最佳实施例中，敏感材料为金属氧化物并采用标准的剥离技术。也可以采用聚合敏感材料。

然后形成对加热器 14 和敏感层 30 的电接触。利用蒸发在晶片上方形成诸如铬/钛/铂的金属化。利用剥离或腐蚀对金属化进行图形化留下加热器金属导体 28（图 8）和敏感层金属导体（未示出）。

为了改善化学传感器件的有源区（该区包括敏感层 30 和加热器 14）的热绝缘，如图 9 所示，通过窗口 26 对半导体衬底 2 进行腐蚀或体微加工以形式从半导体衬底 2 的第二表面 6 延伸至第一表面 4 的腔体 32。氮氧化物材料的单一介质层 8 形成了本发明的化学传感器件的膜，该膜至少跨越腔体 32 并支持化学传感器件的有源区。

体微加工工艺是各向异性腐蚀工艺。在最佳实施例中，氢氧化钾（KOH）组成的湿法腐蚀溶液用来去除硅衬底 2 的本体。由于氮氧化物材料在 KOH 中的腐蚀速率极低（每小时 $0.04\mu\text{m}$ ），介质层 8 可作为腐蚀停止层。下表 1 数据列出对不同种类膜的 KOH 加工成品率及 90°C 时的腐蚀速率。

表 1

膜材料	KOH 加工成品率(%)	KOH 腐蚀速率($\mu\text{m}/\text{h}$)
氧化物	20	0.25
氮氧化物	100	0.04
氮化物/氧化物	95	0.02
沟槽	N/A	0.25
P^+ 硅	100	15

这样非常小的腐蚀速率意味着可以准确控制介质膜 8 的厚度，因此可以在晶片上，晶片与晶片之间以及批次与批次间控制传感器件具有相同的功率消耗。从表 1 中的腐蚀速率可看出，由上述法国专利申请 FR-A-2615287 描述的用 P^+ 硅层制备的膜不具备这样的情况。

表 1 也表示了对于不同类型材料的膜的加工成品率。由表 1 看见，

依照本发明由 PECVD 淀积的氮氧化物膜具有良好的机械性能。

在以上描述的最佳实施例中，利用湿法腐蚀工艺背面微加工去除一部分硅衬底。也可以采用其它工艺去除硅衬底以便在腔体上面留下一层膜。例如，采用湿法腐蚀工艺对硅衬底进行表面微加工（在第一表面 4 上），或采用诸如等离子腐蚀那样的干法腐蚀工艺对硅衬底进行背面或表面微加工，或者可采用晶片直接键合技术。对于后一种工艺，二个晶片键合在一起，然后对其中一片进行微加工形成膜。

本发明的氮氧化物膜 8 在去除体衬底后具有低的热导且也作为衬底与加热器之间的绝缘层。由膜提供的热隔离效果决定于 PECVD 氮氧化物膜的热导率，它主要依赖于膜的组分。

图 10 表示不同类型膜的功率消耗与温度的依赖关系。如曲线 40 所示，在跨越相当宽的温度范围内，按照本发明的氮氧化物膜能符合电池工作下的低功率需要。

总之，本发明提供了一种器件，具有由氮氧化物单一介质层组成的支持器件有源区的膜，该膜具有低的热导率（即低的功率消耗），低的应力水平，在 KOH 中极低的腐蚀速率而且只需要单一的工艺步骤。本发明提供了一种膜，它能支持诸如后备电池那样的低功率操作并且制作工艺简单和廉价。

说明书附图

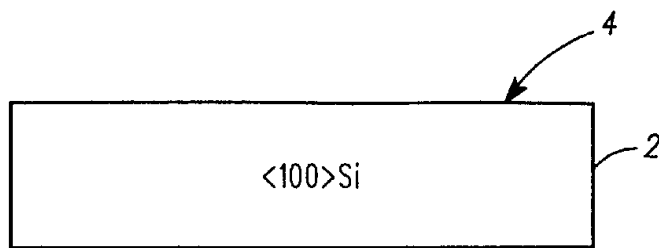


图 1

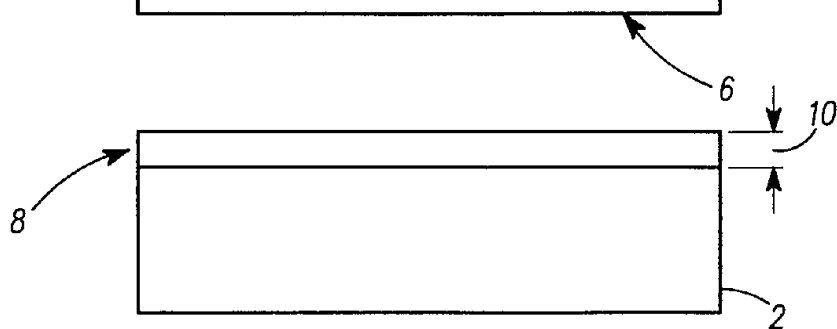


图 2

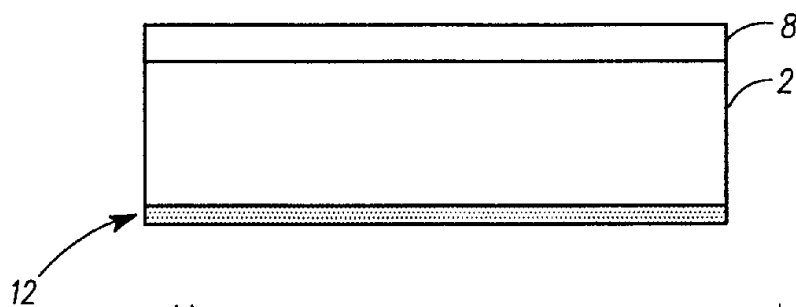


图 3

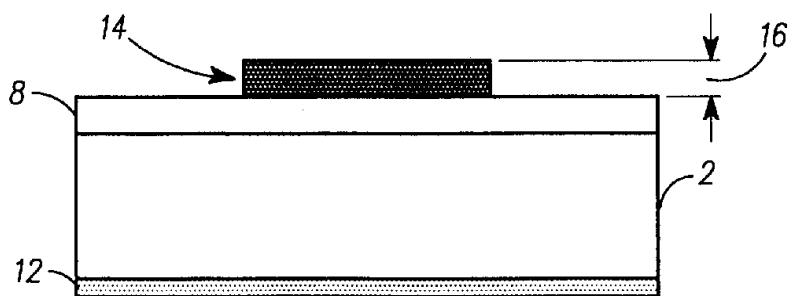


图 4

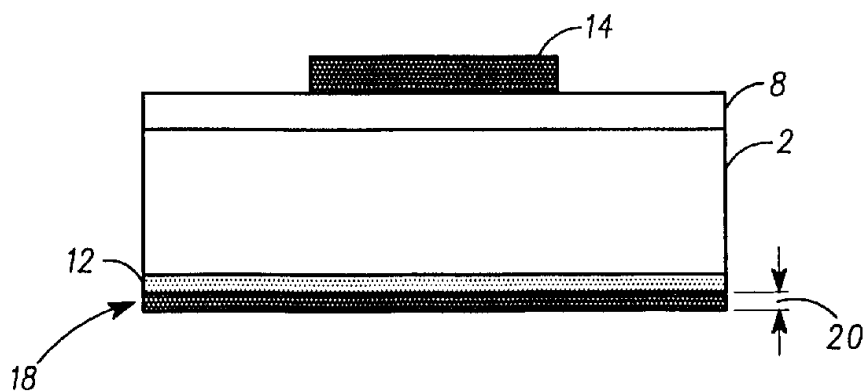


图 5

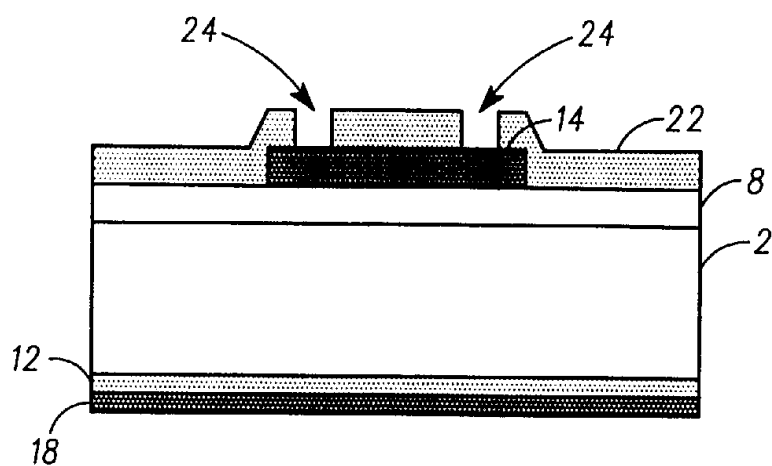


图6

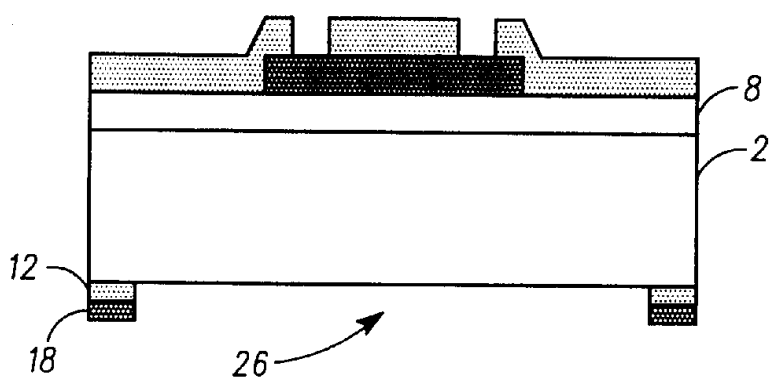


图7

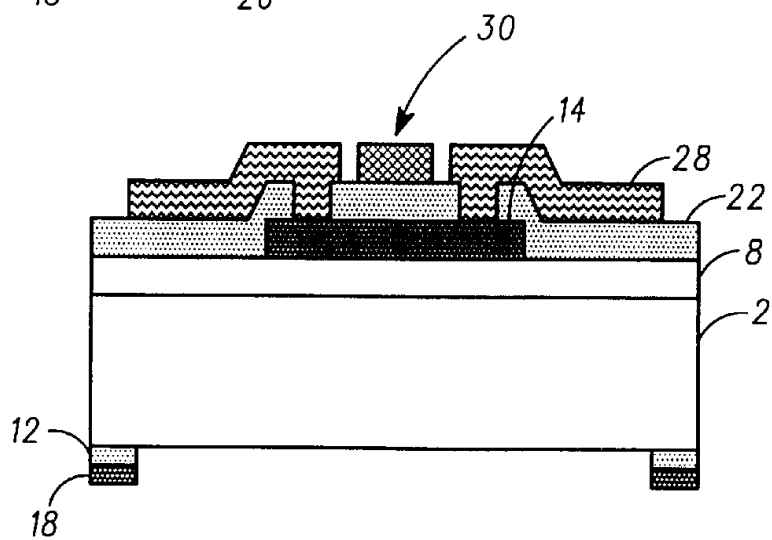


图8

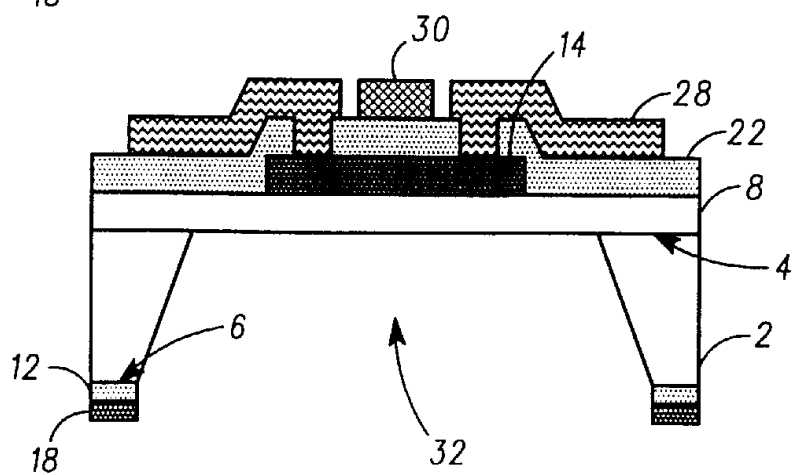


图9

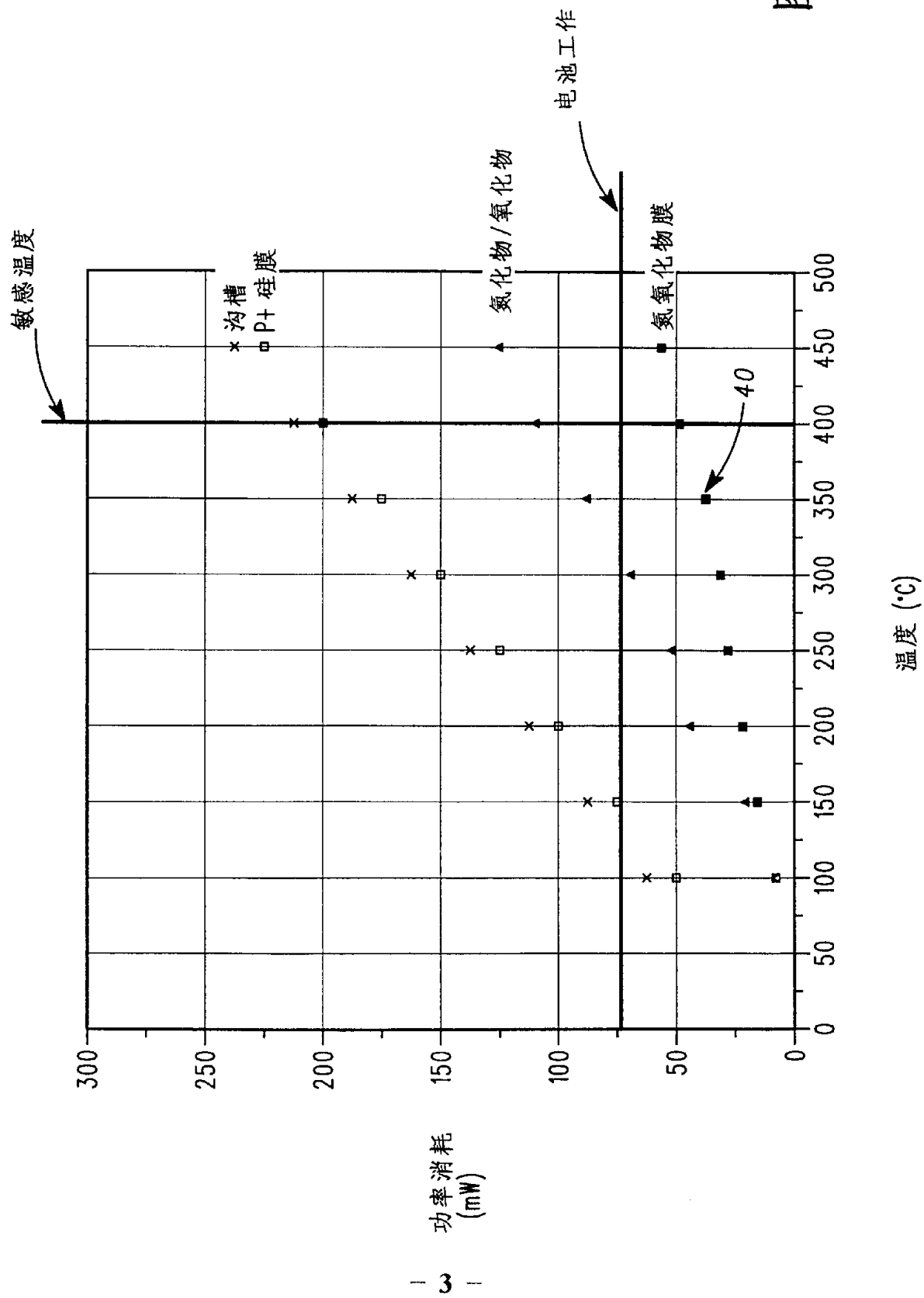


图10