



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118633015 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 10

(21) 申请号 202380019148.7

(22) 申请日 2023.02.21

(30) 优先权数据

2202135 2022.03.11 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2023/050243 2023.02.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/170353 FR 2023.09.14

(71) 申请人 丽瑞德公司

地址 法国

(72) 发明人 马克·纪劳蒙特

威利·卢杜尔卡兹克

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 张会华 岳红杰

(51) Int.Cl.

G01J 5/02 (2022.01)

G01J 5/04 (2006.01)

G01J 5/48 (2022.01)

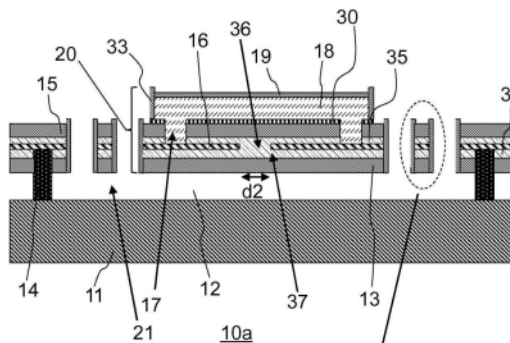
权利要求书1页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

红外成像微测辐射热计

(57) 摘要

本发明涉及一种集成有膜(20)的红外成像微测辐射热计(10a),膜(20)借助于附接到锚钉(14)的保持臂悬在衬底(11)上方,红外成像微测辐射热计包括:•支撑层(13),其在膜(20)和保持臂内延伸;•电极(16),其配置在支撑层(13)上并与锚钉(14)接触,各电极(16)均在保持臂内延伸;•热阻材料(18),其与电极(16)电接触地配置在膜(20)内;和•用于保持臂和热阻材料(18)的至少一个上封装层(15);•用于保持臂的侧面封装层(33),其配置为与所述保持臂的侧面边缘接触,所述侧面封装层(33)抵抗基于氢氟酸的蚀刻。



1. 红外成像微测辐射热计 (10a至10g), 其集成有膜 (20), 所述膜 (20) 借助于附接到锚钉 (14) 的保持臂 (21) 悬在衬底 (11) 上方地安装, 所述微测辐射热计 (10a至10g) 包括:

- 支撑层 (13), 其在所述膜 (20) 和保持臂 (21) 内延伸;
- 电极 (16), 其配置在所述支撑层 (13) 上并与所述锚钉 (14) 接触, 各电极 (16) 均在所述保持臂 (21) 内延伸;
- 热阻材料 (18), 其与所述电极 (16) 电接触地配置在所述膜 (20) 内; 和
- 用于所述保持臂 (21) 和所述热阻材料 (18) 的至少一个上封装层 (15、19);

其特征在于, 所述微测辐射热计 (10a至10g) 还包括用于所述保持臂 (21) 的侧面封装层 (33), 所述侧面封装层 (33) 被配置为与所述保持臂 (21) 的侧面边缘接触, 所述侧面封装层 (33) 抵抗基于氢氟酸的蚀刻, 从而与所述保持臂 (21) 的支撑层 (13) 和上封装层 (15) 一起形成对基于氢氟酸的蚀刻气密的封装。

2. 根据权利要求1所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述保持臂的上封装层 (15) 和所述保持臂的侧面封装层 (33) 具有不同的性质。

3. 根据权利要求1或2所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述保持臂的上封装层 (15) 和所述保持臂的侧面封装层 (33) 具有不同的厚度。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述保持臂的侧面封装层 (33) 包括凸部 (50), 所述凸部 (50) 从所述保持臂的上封装层 (15) 突出至少10纳米。

5. 根据权利要求1所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述保持臂的侧面封装层 (33) 和所述保持臂的上封装层 (15) 由具有高含量的硅或硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅或碳化硼的非晶合金制成。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述微测辐射热计 (10a至10g) 还包括:

- 下电阻层 (34), 其配置在所述支撑层 (13) 和所述电极 (16) 之间; 和
- 上电阻层 (35), 其配置在所述电极 (16) 和所述保持臂的上封装层 (15) 之间;

所述下电阻层和所述上电阻层在在所述膜 (20) 内延伸的所述电极 (16) 的端部 (37) 之间彼此连续, 从而在所述电极之间形成绝缘屏障 (36), 由此能够增加在所述膜 (20) 内延伸的所述电极 (16) 的表面积。

7. 根据权利要求6所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述下电阻层和所述上电阻层具有大于 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率。

8. 根据权利要求6和7中任一项所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述下电阻层和所述上电阻层由二氧化铪、氮化硅、氧化硅、氮氧化硅、氮化硼、氮化铝、碳化硅、碳氮化硅、硼化硅、硼氧化硅、硼氮化硅、硼碳化硅、或碳氧化硅制成。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述热阻材料 (18) 由具有高含量的硅、氧化钒、氧化钛或氧化镍的非晶合金制成。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的红外成像微测辐射热计, 其中, 所述电极 (16) 由从包括钛、铜、铬、钴和铝的群组中选择的金属制成。

红外成像微测辐射热计

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁辐射探测领域,并且更具体地,涉及红外辐射的探测。

[0002] 本发明关注一种具有高灵敏度的红外成像微测辐射热计。

背景技术

[0003] 在为了红外成像而实施的探测器领域中,已知使用以阵列形式配置的装置,所述装置很有可能在室温下操作,也就是说,不要求冷却到非常低的温度,这与要求在非常低的温度下操作的被称为“量子探测器”的探测装置不同。

[0004] 根据在300K附近的温度,这些探测器传统上利用材料的物理量的变化或适当材料的组合。

[0005] 在最通常使用的微测辐射热探测器的具体情况下,该物理量是电阻率,但也可以使用其它量,诸如介电常数、偏压、热膨胀、折射率等。

[0006] 这种非冷却探测器通常关联有:

[0007] -用于吸收热辐射并将其转化为热的部件;

[0008] -用于以使得探测器能在热辐射的作用下发热的方式将探测器热绝缘的部件;

[0009] -测温部件,其在微测辐射热探测器的背景中实施为电阻随温度变化的电阻元件;

以及

[0010] -用于读取由测温部件提供的电信号的部件。

[0011] 意欲用于热成像或红外成像的探测器传统上以根据一维或二维的形成图像点或像素的基本探测器的阵列的形式制造。为了保证探测器的热绝缘,探测器经由保持臂悬在衬底上方。

[0012] 衬底通常包括用于对基本探测器顺序地寻址的部件和用于电激励和预处理从这些基本探测器产生的电信号的部件。该衬底和集成的部件通常用术语“读取电路”来命名。

[0013] 为了经由这些探测器实现一个场景,该场景通过基本探测器阵列上的适配光学件被捕获,并经由读取电路对各基本探测器或各排这样的探测器施加额定电刺激,以获得形成各所述基本探测器所达到的温度的图像的电信号。该信号由读取电路或多或少地精细处理并且然后可能由包装外部的电子装置处理,以生成观察到的场景的热图像。

[0014] 更具体地,基本探测器是由膜形成,所述膜通过保持臂被保持为固定地悬在衬底上方。所述膜集成有热阻材料,所述热阻材料进行红外辐射的转换,形成测温部件。

[0015] 通过两个电极进行热阻材料的电阻的测量,电极例如为金属的,在测温材料下方和保持臂中延伸。

[0016] 除了跨越热阻材料读取信号以外,电极还可以具有吸收至少一部分红外通量以将其转化为热并将其传输到热阻材料的功能。

[0017] 在这种情况下,红外辐射的吸收量取决于该吸收体的表面积。为了优化红外辐射的吸收,电极在像素覆盖区中覆盖最大的表面积。实际上,电极的表面积被膜的表面积限制。

[0018] 调整电极的厚度和电阻率,使其每平方有效阻抗适于真空的每平方阻抗: $Z_0 = 377\text{ohm}/\text{平方}$ 。

[0019] 基本探测器通常形成在包括读取电路的硅衬底上。借助于金属或介电层沉积法、光刻法和微电子蚀刻法,在衬底上形成牺牲层,然后在该牺牲层上形成对红外辐射敏感的膜,同时将该膜结构化,以确保膜与读取电路之间的电连续。

[0020] 根据不同的方法,牺牲层由聚酰亚胺或氧化硅制成,因为可以借助于各向同性方法来蚀刻这些材料,使得能够去除膜下方的所述牺牲层并将该膜留在悬在衬底上方的状态。该特性对于基本探测器的操作是必要的。传统上实施的蚀刻方法是分别致力于去除由聚酰亚胺或氧化硅制成的牺牲层的基于氧的等离子体方法或基于氢氟酸的蚀刻方法。

[0021] 使用与基于氢氟酸的蚀刻关联的氧化硅牺牲层是特别有利的。事实上,这能够重新使用最高性能微电子方法。由此,与使用与基于氧的蚀刻关联的由聚酰亚胺制成的牺牲层相比,可以获得更好的蚀刻精细度,从而以所需的性能获得更小的像素间距。

[0022] 膜借助于至少一种热阻材料形成,该热阻材料通常通过由硅和锗的合金制成的沉积物或通过由氧化钒制成的沉积物获得。该层还可以包括诸如氮、硼、碳等的元素。为了将膜结构化,还需要其它材料,因此该膜是包括热阻材料(添加了一种或多种介电材料)和通过金属沉积物形成的电极的堆叠体的结果。该堆叠体被结构化成沉积、光刻和蚀刻的多个序列,以形成也称为微测辐射热计的基本探测器。

[0023] 图1a至图1f图示了诸如在例如文件EP 3 182 081中说明的形成现有技术的微测辐射热计100的方法。

[0024] 图1a中图示的第一步骤包括在集成了读取电路的衬底11上沉积和结构化有牺牲层12和支撑层13。这两个层12和13的结构化使得能够在形成锚钉14的地方获得开口。

[0025] 如图1b中图示,在开口中形成锚钉14的目的是获得至少一直延伸到支撑层13的上表面的导电焊盘。

[0026] 然后在支撑层13上和锚钉14的上部上沉积并结构化有至少两个电极16。当具有沉积在其上的电极16的支撑层13具有低电阻率时,需要将电极16的端部37移开距离 d_1 ,以限制所述电极16之间的漏电流。该距离 d_1 可以大致等于像素间距的50%,即锚钉14之间的距离的50%。

[0027] 然后在支撑层13上和电极16上沉积热阻材料18,以确保所述电极16之间的电连续性。该热阻材料18的蚀刻能够将其位置界定在微测辐射热计100的中央,即界定在意欲形成微测辐射热计100的膜20的区域中,如图1d所示。

[0028] 通过停止在两个电极16上的蚀刻,传统上通过也称为RIE的活性离子蚀刻来执行热阻材料18的蚀刻。由于两个电极16常常特别薄,厚度通常小于20纳米,因此该蚀刻步骤引发了技术问题。现在,如果没有完美地校准,则实施RIE来界定热阻材料18的位置具有风险,会使电极16劣化并降低微测辐射热计100的性能。

[0029] 如图1e中图示,然后在电极16上和热阻材料18上沉积上封装层190。该上封装层190能够形成对热阻材料18的上保护和侧面保护,以及对电极16的上保护。事实上,为了获得低频噪声系数,已知使用由氧化钒制成的热阻材料18。然而,氧化钒对传统上用在去除由二氧化硅制成的牺牲层12的步骤期间的氢氟酸敏感。

[0030] 因此,常常需要保护热阻材料18,至少使得去除牺牲层的步骤不会使所述材料劣

化。为此目的,传统上沉积上封装层190以封装热阻材料18。

[0031] 根据期望的应用,即根据期望的对微测辐射热计100的冲击的抗性,该上封装层190还具有封装电极16的功能以确保膜20的机械抗性。

[0032] 另外,期望限制保持臂21的热传导,以使膜20与衬底11的温度隔离。

[0033] 因此,对于每个微测辐射热计100,保持臂21和上封装层190都存在理想厚度,对于该理想厚度,保持臂21具有最小厚度,并因此具有最小热导性,同时遵从期望的机械约束。

[0034] 为了获得具有高灵敏度的微测辐射热计100,期望具有保持臂21的低热导性和显著的红外辐射吸收表面积。为此目的,电极16优选地执行红外辐射吸收器的功能。除电极16外,还可以将另一吸收材料在膜上方沉积在上封装层190上,例如在文件EP 3 870 945中所述的示例那样。因此,电极16和吸收材料的联合能够获得显著的红外辐射吸收表面积。

[0035] 然而,这种吸收材料的沉积要求在所述吸收材料的沉积之前和之后在两个步骤中沉积上封装层190,以避免所述吸收材料直接沉积在测温材料18上并且保护测温材料18免受牺牲层12的蚀刻的影响。

[0036] 在完成该上封装层190的沉积后,在一个或两个步骤中,然后根据期望的图案对层13、16和190进行蚀刻以形成膜20的保持臂21。

[0037] 最后,步骤1f图示了牺牲层12的去除,因此清出了经由保持臂21悬在锚钉14上的膜20。

[0038] 在该清除步骤期间,通过支撑层13和上封装层190保护测温材料18和可能的吸收材料免受牺牲层12的蚀刻的影响。因此,这些层13和190被选择为抵抗为了实现牺牲层12的去除而实施的蚀刻方法,例如基于氧或基于氢氟酸的蚀刻,同时,为了热电转换和红外辐射吸收性能,可以分别选择测温材料18和可能的吸收材料。

[0039] 类似地,在清除步骤之前形成膜20的保持臂21的图案,所述蚀刻还蚀刻了保持臂21的侧壁,使得在层13和层190之间的电极16和可能集成在保持臂21中的所有材料也必须抵抗牺牲层12的蚀刻。

[0040] 该约束大幅度地限制了形成保持臂21的可能性,并且在某些情况下,由于对牺牲层12的蚀刻的抵抗的该约束,特别是当牺牲层12由氧化硅制成并且蚀刻采用氢氟酸时,不可能使用在电阻率、热阻和/或机械抗性方面性能最高的材料来形成所述保持臂21。

[0041] 本发明旨在解决的技术问题是获得一种红外成像微测辐射热计,在所述红外成像微测辐射热计中,集成在保持臂中的材料被保护免受基于氢氟酸的牺牲层的蚀刻的影响,从而能够使用在电阻率、热阻和/或机械抗性方面性能较高的材料来形成保持臂,由此提高微测辐射热计性能。

发明内容

[0042] 为了解决这个技术问题,本发明提供了形成保持臂,保持臂的侧面封装层抵抗牺牲层的蚀刻,也就是说,抵抗基于氢氟酸的蚀刻,以保护集成在保持臂中的材料。

[0043] 因此,本发明关注一种集成有膜的红外成像微测辐射热计,所述膜借助于附接到锚钉的保持臂悬在衬底上方地安装,所述微测辐射热计包括:

[0044] ●支撑层,其在膜和保持臂内延伸;

[0045] ●电极,其配置在支撑层上并与锚钉接触,各电极均在保持臂内延伸;

[0046] ●热阻材料,其与电极电接触地配置在膜内;和

[0047] ●用于保持臂和热阻材料的至少一个上封装层。

[0048] 本发明的特征在于,微测辐射热计还包括用于保持臂的侧面封装层,所述侧面封装层被配置为与所述保持臂的侧面边缘接触,所述侧面封装层抵抗基于氢氟酸的蚀刻,从而与保持臂的支撑层和上封装层一起形成对基于氢氟酸的蚀刻气密的封装。

[0049] 在本发明的含义中,“气密封装”表示通过保持臂借助于保持臂的侧面封装层、支撑层和上封装层的联合被保护免于基于氢氟酸的蚀刻。

[0050] 通过对保持臂进行封装,本发明能够在保持臂的内部使用电阻率、热阻和/或机械抗性方面的高性能材料。例如,形成电极的材料可以对牺牲层的去除敏感,而不会有由于去除所述牺牲层的步骤而劣化的风险。例如,现在可以使用金属形式的钛来形成电极,尽管该材料与基于氢氟酸的蚀刻不相容。

[0051] 类似地,可以在电极的任一侧,在保持臂中集成两层材料,所述材料的电阻率足够高,从而通过限制漏电流允许这些电极一起处于膜的中央。

[0052] 为此目的,这两个电阻层在膜内存在的电极的端部之间彼此连续,以便在所述端部之间形成绝缘屏障。由此,该实施方式能够在不使用沉积在测温材料上的吸收材料的情况下获得显著的吸收表面积。

[0053] 在该实施方式中,微测辐射热计还包括:

[0054] ●配置在支撑层和电极之间的下电阻层;和

[0055] ●配置在电极和保持臂的上封装层之间的上电阻层;

[0056] 下电阻层和上电阻层在膜内延伸的电极的端部之间彼此连续,从而在电极之间形成绝缘屏障,从而能够增加膜内延伸的电极的表面积。

[0057] 在本发明的含义中,“电阻”层对应于具有比热阻材料的电阻率至少大10,000倍的层。例如,热阻材料可以由具有高含量的硅、氧化钒、氧化钛或氧化镍的非晶合金制成。由此,热阻材料可以具有在0.1至1000hm.cm范围内的电阻率。与之不同,下电阻层和上电阻层可以具有大于 10^4 hm.cm的电阻率。

[0058] 电阻层的电阻率主要是为了避免在膜内延伸的电极的端部之间很有可能发生的漏电流。由此,可以根据电极的注入物的期望接近度(proximity)来搜索电阻率。

[0059] 除了下电阻层和上电阻层的电阻率特性以外,这些层还可以定制尺寸(就厚度或构成材料而言),以满足保持臂的热阻和机械抗性需求。为了满足这些不同的约束,下电阻层和上电阻层可以由二氧化矽、氮化硅、氧化硅、氮氧化硅、氮化硼、氮化铝、碳化硅、碳氮化硅、硼化硅、硼氧化硅、硼氮化硅、硼碳化硅或碳氧化硅制成。

[0060] 在本发明的含义中,以及在本公开的其余部分中,微测辐射热计的“高度”对应于垂直于附接有微测辐射热计的衬底的平面的尺寸。

[0061] 由此,支撑层形成用于膜和保持臂的“下”封装层;它对应于最靠近衬底的层,并在膜和保持臂的下平面中延伸,与衬底的平面平行。

[0062] “上”封装层对应于距离衬底最远的封装层,并且它在膜和保持臂的上平面中延伸,也平行于衬底的平面。

[0063] 本发明可以使用多个不同的上封装层:用于膜的上封装层和用于保持臂的上封装层。

[0064] 另外,“下”电阻层对应于被放置成与最靠近衬底的电极接触的层,“上”电阻层对应于被放置成与最远离衬底的电极接触的层。

[0065] 在保持臂的支撑层和上封装层之间,保持臂的“侧面”封装层对应于存在于保持臂的侧面周边的材料的厚度。由此,侧面封装层在垂直于保持臂的下封装层和上封装层的平面的平面中延伸。

[0066] 优选地,保持臂的上封装层和侧面封装层具有不同的性质或厚度。例如,保持臂的上封装层可以由氮化硼、氧化铝、碳化硅或氮化铝制成。侧面封装层可以由具有高含量的硅或硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅或碳化硼的合金制成。例如,侧面封装层可以包括至少25%的硅(可能与氮、硼、碳或氢合金化)。

[0067] 可替代地,保持臂的上封装层和保持臂的侧面封装层由相同的材料制成,该材料通常是具有高含量的硅或硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅或碳化硼的非晶合金。

[0068] 氮化硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅以及富硅非晶合金具有抵抗基于氢氟酸(HF)的蚀刻的特性,氢氟酸(HF)传统上用于去除由氧化硅(SiO_x)制成的牺牲层。

[0069] 当不同的封装层由相同的材料制成时,可以通过它们各自的厚度来区分这些不同的层。

[0070] 厚度的含义是:

[0071] ●对于保持臂的上封装层,垂直于其中有微测辐射热计的衬底的平面的尺寸;和

[0072] ●对于保持臂的侧面封装层,平行于衬底的所述平面的尺寸;该最后一层的厚度通常在侧面封装层的基部测量。

[0073] 另外,保持臂的侧面封装层可以包括从保持臂的上封装层突出至少10纳米的凸部。该特征形状可以因独立于保持臂的上封装层地形成侧面封装层而产生。

附图说明

[0074] 通过阅读以下说明将很好地理解本发明,其细节仅作为示例给出,并且与附图有关地展开,其中相同的附图标记涉及相同的元件:

[0075] ■图1a至图1f图示了形成现有技术的微测辐射热计的步骤;

[0076] ■图2a是根据本发明的第一实施方式的微测辐射热计的简化截面图;

[0077] ■图2b是图2a的简化截面图的部分放大;

[0078] ■图3是根据本发明的第二实施方式的微测辐射热计的简化截面图;

[0079] ■图4是根据本发明的第三实施方式的微测辐射热计的简化截面图;

[0080] ■图5是根据本发明的第四实施方式的微测辐射热计的简化截面图;

[0081] ■图6是根据本发明的第五实施方式的微测辐射热计的简化截面图;

[0082] ■图7是根据本发明的第六实施方式的微测辐射热计的简化截面图;和

[0083] ■图8是根据本发明的第七实施方式的微测辐射热计的简化截面图。

具体实施方式

[0084] 如图2a中图示,本发明针对一种微测辐射热计10a,其包括悬在衬底11上安装的膜20。衬底11传统上集成有读取电路,即,特别地允许偏压、寻址和测量微测辐射热计10a的膜20的电阻的部件的组件。更具体地,读取电路进行封装在膜20中的热阻材料18的电阻测量。

[0085] 为此目的,通过电极16和锚钉14将热阻材料18电连接到读取电路。膜20具有对红外辐射进行热/电阻转换的功能。

[0086] 为了限制衬底11的温度的影响,该膜20被安装为经由保持臂21悬在锚钉14上。因此,锚钉14相对于衬底11垂直地延伸,并且保持臂和膜20在平行于衬底11的平面的平面中延伸。微测辐射热计存在两种主要形式:悬在两个锚钉14之间的微测辐射热计和悬在四个锚钉14之间的微测辐射热计。

[0087] 无论使用何种微测辐射热计,这些锚钉都可以由诸如氮化钛、铜、钨或铝的金属材料制成。它们可以具有直径接近500纳米的柱形横截面。

[0088] 为了保证膜20和保持臂21的机械结构,支撑层13形成膜20和保持臂21的下层。该支撑层13可以例如由具有高含量的硅、碳化硅、氧化铝或氮化铝的非晶合金制成,并且具有10至100纳米范围内的厚度。

[0089] 根据本发明,在支撑层13和电极16之间配置下电阻层34。该下电阻层34可以由二氧化铪、氮化硅、氧化硅、氮氧化硅、氮化硼、氮化铝、碳化硅、碳氮化硅、硼化硅、硼氧化硅、硼氮化硅、硼碳化硅或碳氧化硅制成。

[0090] 支撑层13和下电阻层34被锚钉14贯穿。因此,电极16接合到下电阻层34和锚钉14的上端,以确保与这些锚钉14电接触。这些电极16可以由厚度在5至20纳米范围内的氮化钛制成。另外,这些电极16被结构化在膜20的中央部,使得两个电极16之间的电阻的测量能够测量热阻材料18的电阻。与现有技术相反,电极16的端部37可以彼此非常靠近。

[0091] 例如,所述端部37可以相距距离 d_2 ,距离 d_2 短于500纳米,通常在200纳米和1微米之间。应该注意的是,由于该距离 d_2 ,沉积在电极16上的层的拓扑结构可能会出现变化,类似于图1f中图示的拓扑结构变化。然而,与图1f的距离 d_1 相比,距离 d_2 较短,并且电极16的厚度较小,该拓扑结构可以忽略不计以致该拓扑结构变化未在图2至图8中示出。

[0092] 另外,形成电极16的材料可以选择为仅满足电阻率、热导率或红外辐射吸收的约束,而与对牺牲层的去除的抵抗的约束无关。例如,在此可以形成金属形式的钛电极16,甚至可以由铜、铬、钴或铝制成。

[0093] 为了增加电极16的表面积,在保持臂的电极16和上封装层15之间配置上电阻层35。该上电阻层35优选地由与下电阻层34相同的材料制成,并且在电极16的端部37之间延伸以在电极16之间形成绝缘屏障36。

[0094] 如图2b中图示,上电阻层35的厚度 e_2 优选地等于下电阻层34的厚度 e_2 。

[0095] 保持臂的上封装层15可以由非晶富硅合金(可以与氮、硼、碳或氢合金化)制成,其厚度 e_1 等于支撑层13的厚度,这两层形成保持臂21的封装层。

[0096] 对于数值示例,在保持臂21的封装层13、15由具有高含量的硅或硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅或碳化硼的非晶合金制成的情况下,可以使用由二氧化铪制成的电阻层34至35,这是因为这种材料具有 $0.35\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 量级的低热导率以及显著的机械抗性,也就是说,杨氏模量接近150GPa。

[0097] 例如,考虑保持臂21具有固定的108纳米厚度,其中电极16具有8纳米厚度并且封装层13、15具有100纳米的总厚度,可以估计集成有电阻层34至35相对于作为封装层13、15的体积的一部分是有利的。

[0098] 通常,在封装层13、15的相同的总共100纳米厚度的情况下,对于各电阻层34至35

的20纳米的厚度 e_2 ,保持臂21的有效热导率与厚度 e_2 为零时相比通常低三倍。因此,电阻层34至35的集成能够实质降低保持臂21的热导率。

[0099] 除了保持臂的支撑层13、电阻层34至35、电极16和上封装层15以外,保持臂21还可以包括沉积在保持臂的上封装层15上的停止层30。例如,该停止层30可以由氮化硼或氮化铝制成,并且具有5至100纳米范围内的厚度。另外,可以用厚度在10至100纳米范围内的氧化铝层和/或碳化硅层完善或替换该停止层30。

[0100] 在图2a的示例中,该停止层30在膜20处限制性地存在于保持臂的上封装层15上。在该实施方式中,热阻材料18沉积在停止层30上并穿过开口17沉积在电极16上,开口17形成穿过保持臂的上电阻层35、上封装层15和停止层30。优选地,热阻材料18由沉积厚度在10至200纳米范围内的氧化钒制成。

[0101] 图5的实施方式图示了与图2a的实施方式类似地形成但不具有电阻层34和35的微测辐射热计10d。

[0102] 图8的实施方式的示例更简单。具体地,类似于现有技术,微测辐射热计10g包括沉积在电极16上的热阻材料18。另外,图8的电极16还被封装在保持臂的支撑层13和上封装层15以及热阻材料18之间。除了现有技术的图1f所示的这些元件以外,微测辐射热计10g还包括保持臂21的配置为与所述保持臂21的侧面边缘接触的侧面封装层33。

[0103] 该实施方式能够将任何材料用于电极16,特别是具有非常低的热导率但与基于氢氟酸的释放不相容的材料。根据该参数的增益,以及材料的各自体积,尽管增加了侧面封装33,但增益可能是显著的。

[0104] 在图3的实施方式中,微测辐射热计10b包括沉积在停止层30上的和在形成在开口17中的导电过孔40上的热阻材料18。优选地,导电过孔40由钨或硅化钨制成。导电过孔40的厚度在100至300纳米的范围内。为了保证开口17的填充,导电过孔40的沉积厚度优选地大于开口17的一半宽度。开口17的填充还可以通过由化学气相沉积法沉积的氮化钛薄膜的沉积、然后的钨或硅化钨的CVD或PVD沉积来获得。因此,厚度在10至50纳米范围内的氮化钛层可以用于形成导电过孔40的外壁。

[0105] 图6的实施方式图示了类似于图3的实施方式形成但不具有电阻层34和35的微测辐射热计10e。

[0106] 在图4的实施方式中,微测辐射热计10c包括沉积在停止层30上的热阻材料18,停止层30被蚀刻在膜20的中央处并且仅限制在膜20的侧面边缘处。在膜的中央,当保持臂掺有硅时,热阻材料18沉积在支撑层13上和形成在保持臂的上封装层15中的硅化区域41上。为了在电极16和硅化区域41之间形成电接触,可以在上电阻层35中局部注入金属材料42。

[0107] 这些硅化区域41可以通过将金属硅化材料掺入介电层或通过局部注入来获得。例如,保持臂的上封装层15可以由非晶合金制成,所述非晶合金具有高含量的硅或硼、氧化铝、氮化铝、碳化硅或碳化硼。金属硅化材料可以由镍或钴(并且可以添加铂)制成,以形成硅化镍。

[0108] 为了获得金属硅化材料的局部沉积,可以在保持臂的上封装层15上沉积牺牲层,并且可以在该牺牲层中结构化有开口以到达保持臂的所述上封装层15。然后可以将金属硅化材料沉积在牺牲层上和开口中。

[0109] 例如,可以以5至50纳米范围内的厚度沉积金属硅化材料。

[0110] 然后,金属硅化材料在保持臂的上封装层15和上电阻层35中的掺入可以通过扩散步骤执行由热退火(温度在100°C至200°C范围内、持续时间至少30秒)实现。该热退火能够实现硅化区域41,在硅化区域41中,存在金属硅化材料的至少部分原子。

[0111] 图7的实施方式图示了类似于图4的实施方式形成但不具有电阻层34和35的微测辐射热计10f。

[0112] 无论实施方式如何,热阻材料18沉积为与电极16电接触。

[0113] 热阻材料18的上表面由膜的上封装层19保护,上封装层19可以不同于保持臂的上封装层15。膜的该上封装层19可以由例如由厚度在10至100纳米范围内的氮化硼或氮化铝制成的停止层形成。作为变型,如图3至图5所图示,膜的该上封装层19可以由厚度在10至100纳米范围内的富硅非晶合金层制成。

[0114] 热阻材料18和保持臂21还被侧面封装层33进行侧面保护。

[0115] 该侧面封装层33可以由厚度 e_3 在5至50纳米范围内的富硅非晶合金层制成。侧面封装层33可以非常薄,以确保对基于氢氟酸的蚀刻具有非常好的气密性,同时保证添加最少量的材料,以避免使热阻材料18的热绝缘劣化。

[0116] 优选地,保持臂的上封装层15、侧面封装层33和膜的上封装层19通过至少两种不同的沉积法形成,使得这些层的厚度和/或性质在这些层之间不同。

[0117] 更特别地,如图2b中图示,保持臂的上封装层15的厚度 e_1 与侧面封装层33的厚度 e_3 不同。

[0118] 如图2b中图示,侧面封装层33在垂直于保持臂的支撑层13和上封装层15的平面的平面中延伸,所述侧面封装层33的厚度 e_3 对应于保持臂21周围存在的材料的厚度。

[0119] 形成该侧面封装层33的方法可以导致形成凸部50,凸部50从保持臂的上封装层15突出至少10纳米的高度 h 。

[0120] 这些微测辐射热计10a至10g可以通过使用牺牲层的方法、特别是在文件FR 3 098 904和WO 2018/122382中公开的方法来形成。

[0121] 通常,本发明提供了形成包括侧面封装层33的保持臂21,侧面封装层33能够限制集成在保持臂21中的材料的选择的约束。现在可以使用在电阻率、热阻和/或机械抗性方面性能较高的材料来形成保持臂。

[0122] 因此,本发明能够获得性能提高的微测辐射热计10a至10g。

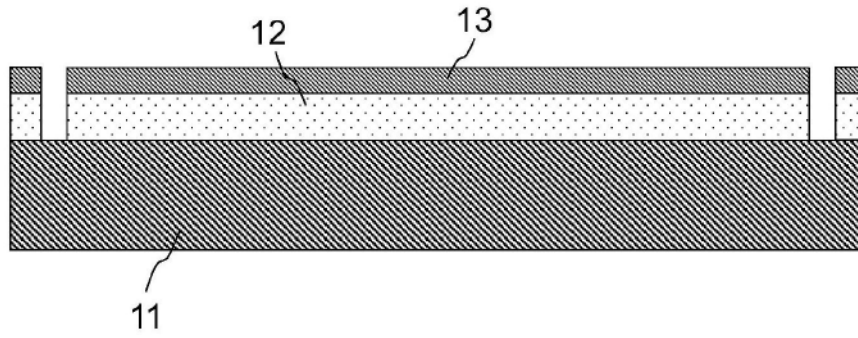


图1a

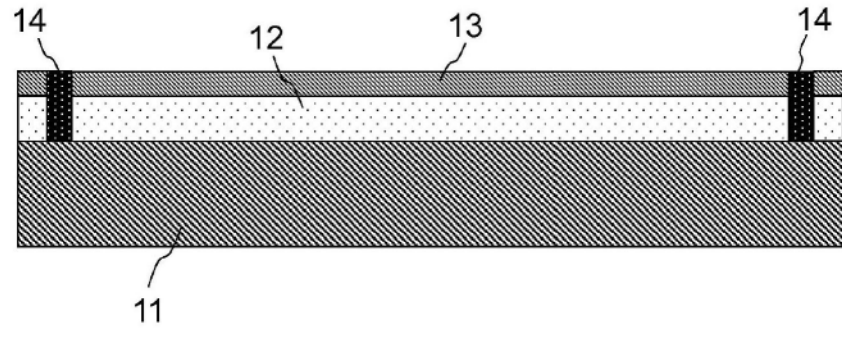


图1b

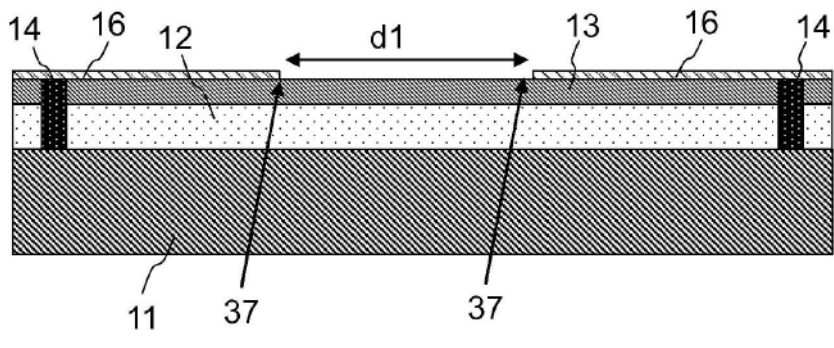


图1c

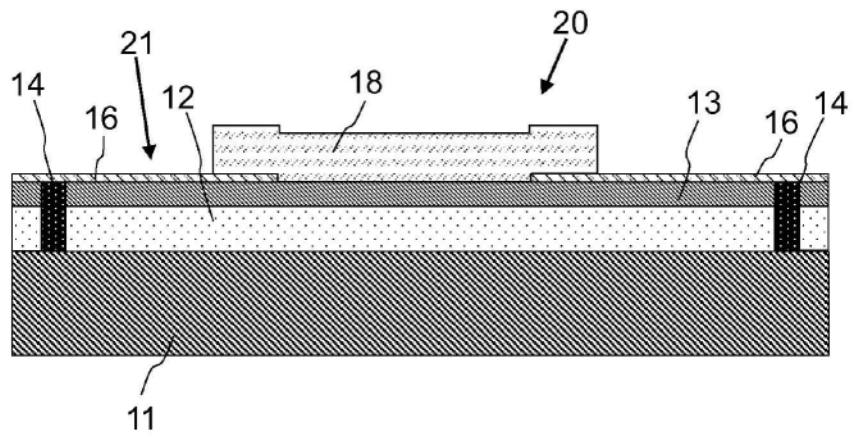


图1d

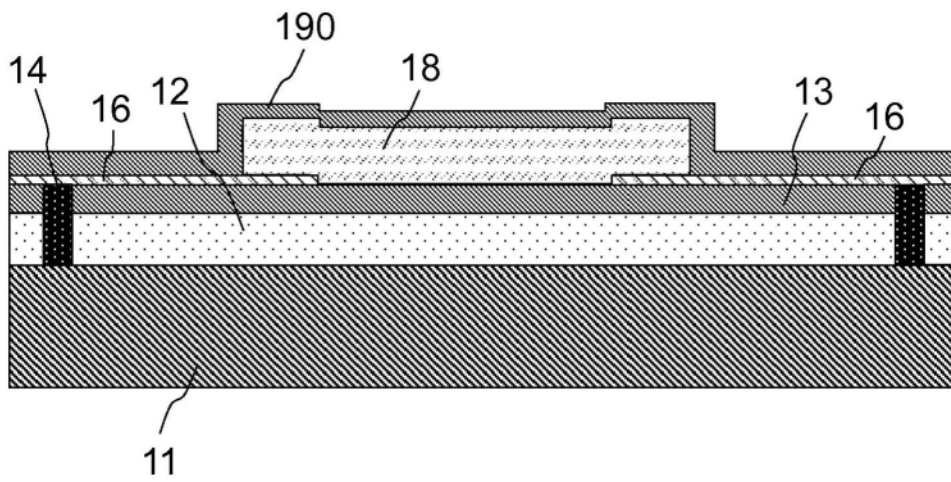
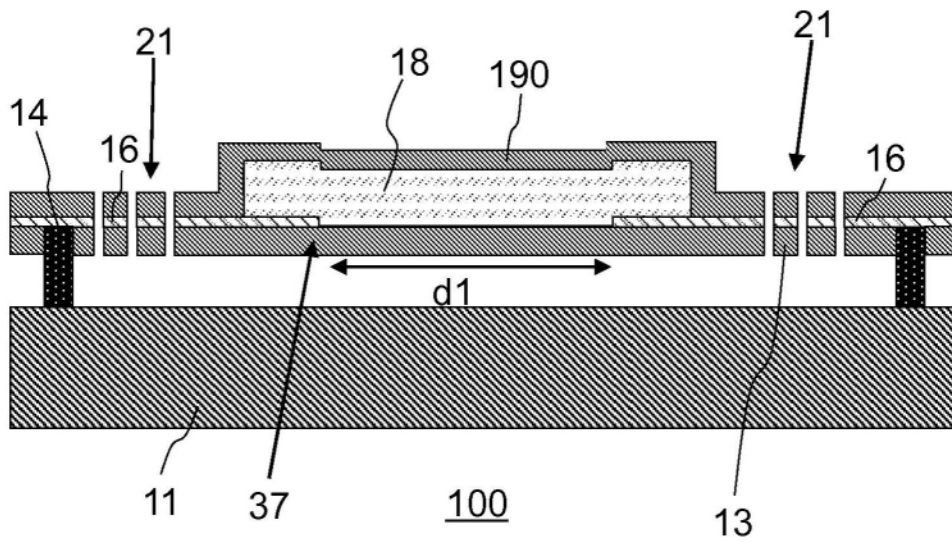


图1e



现有技术

图1f

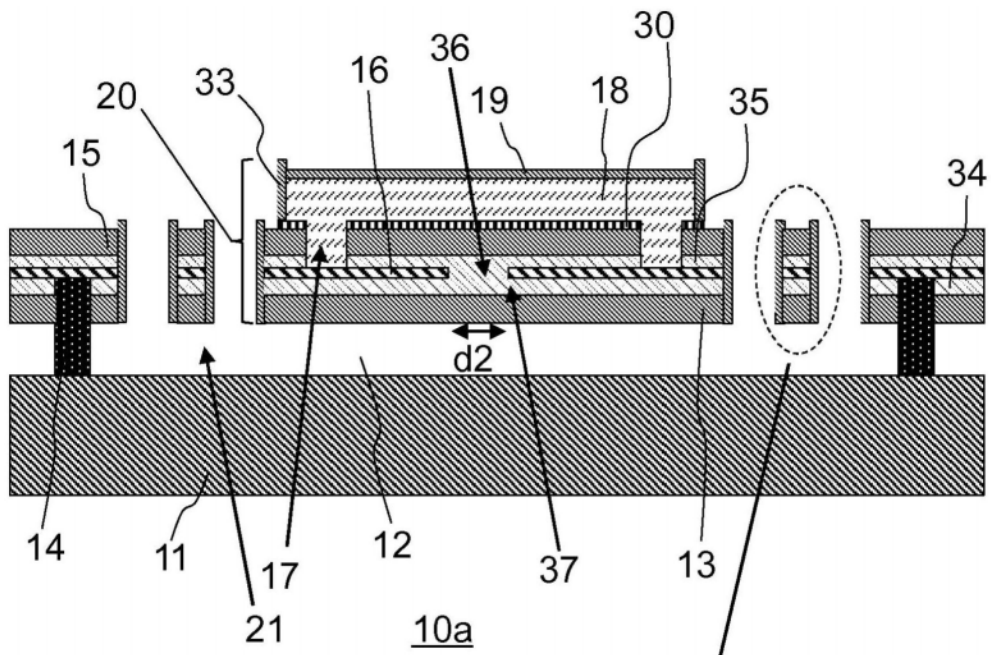


图2a

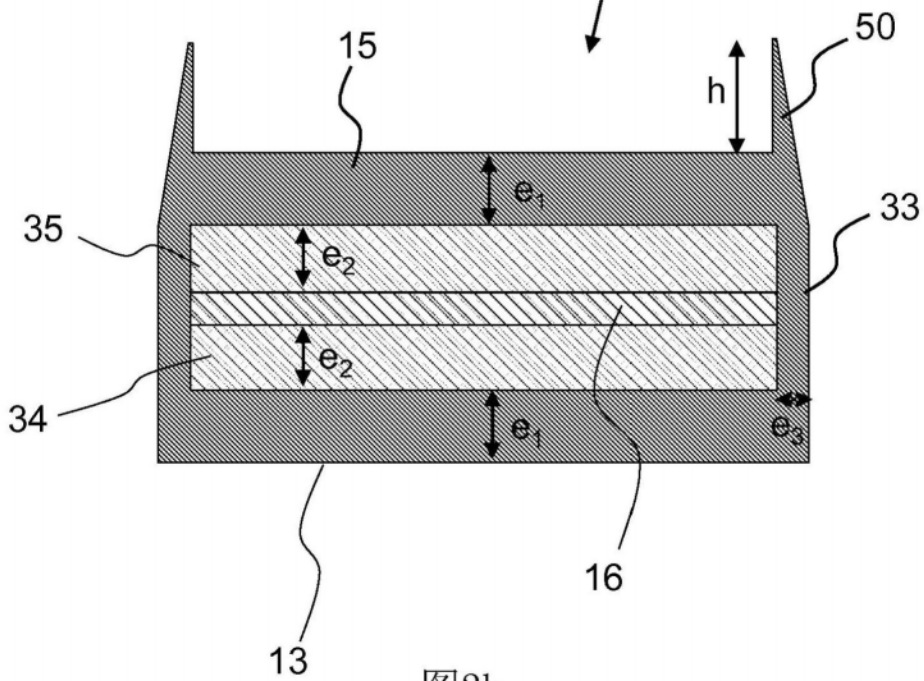


图2b

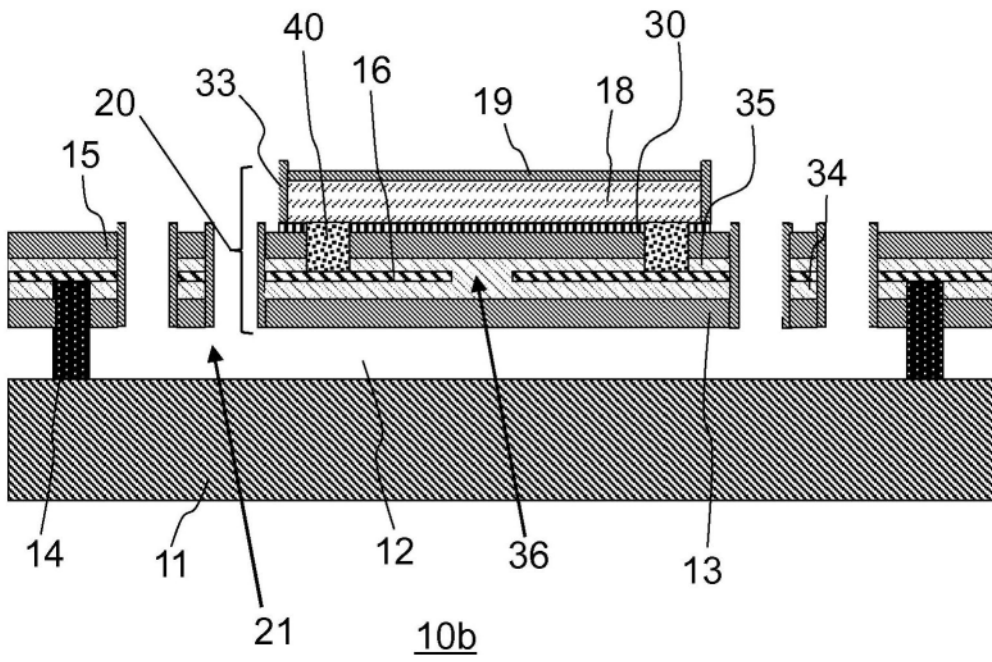


图3

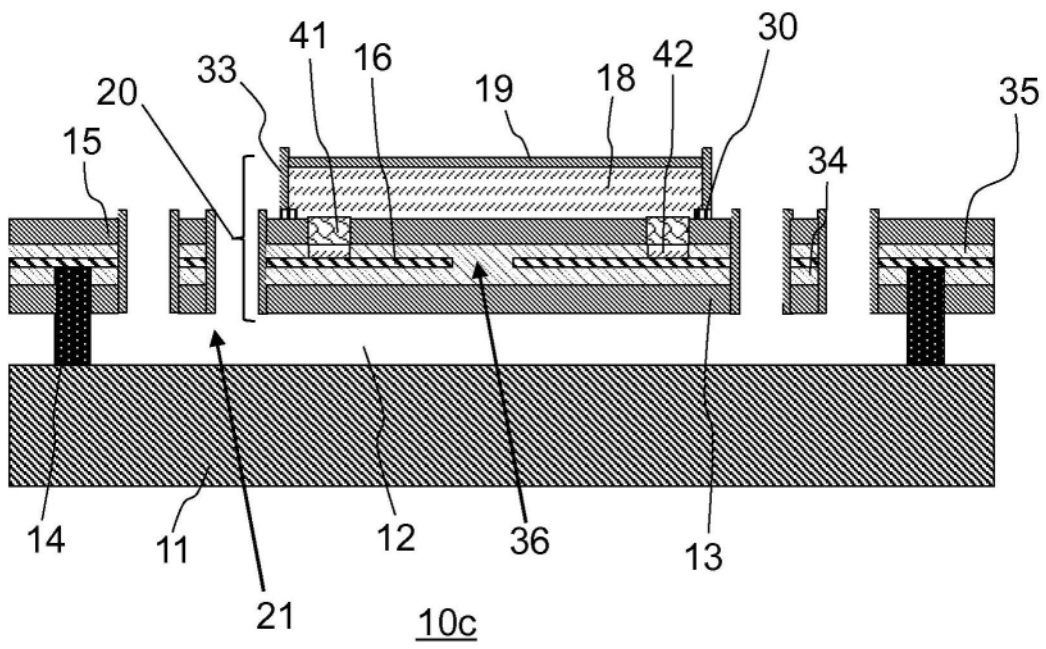


图4

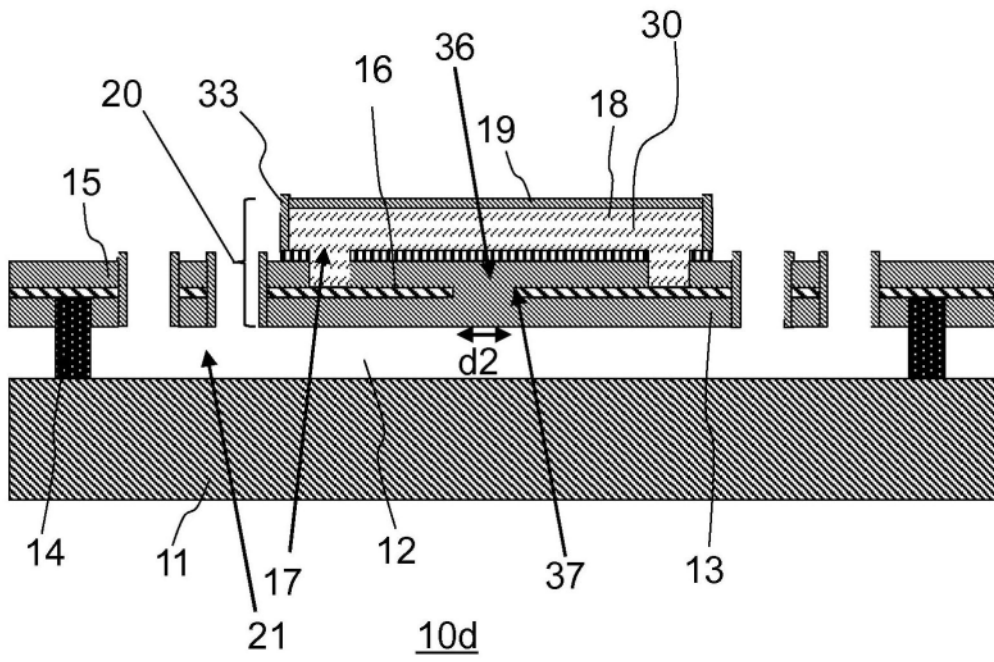


图5

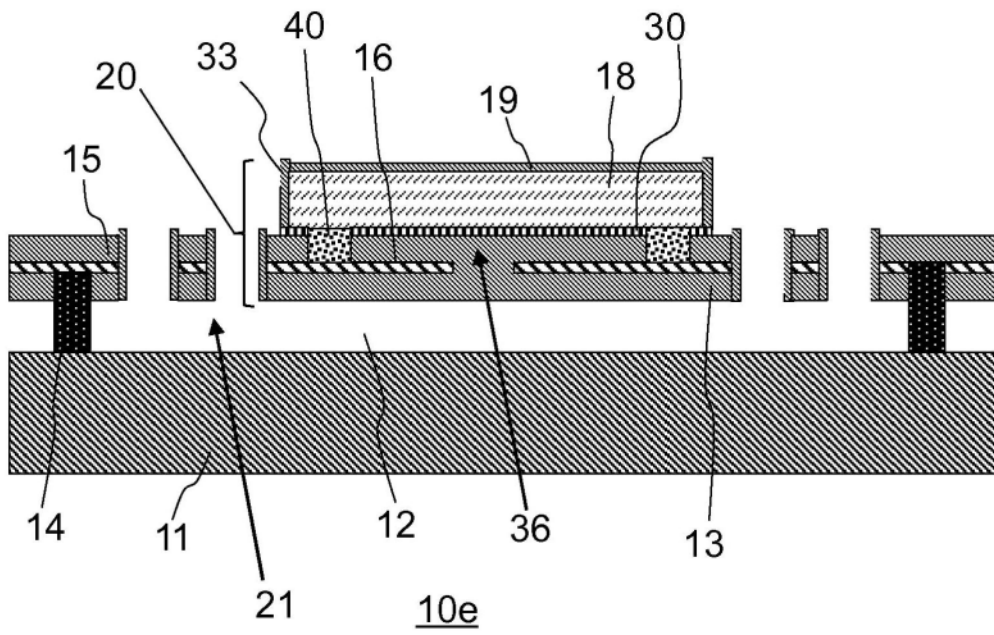


图6

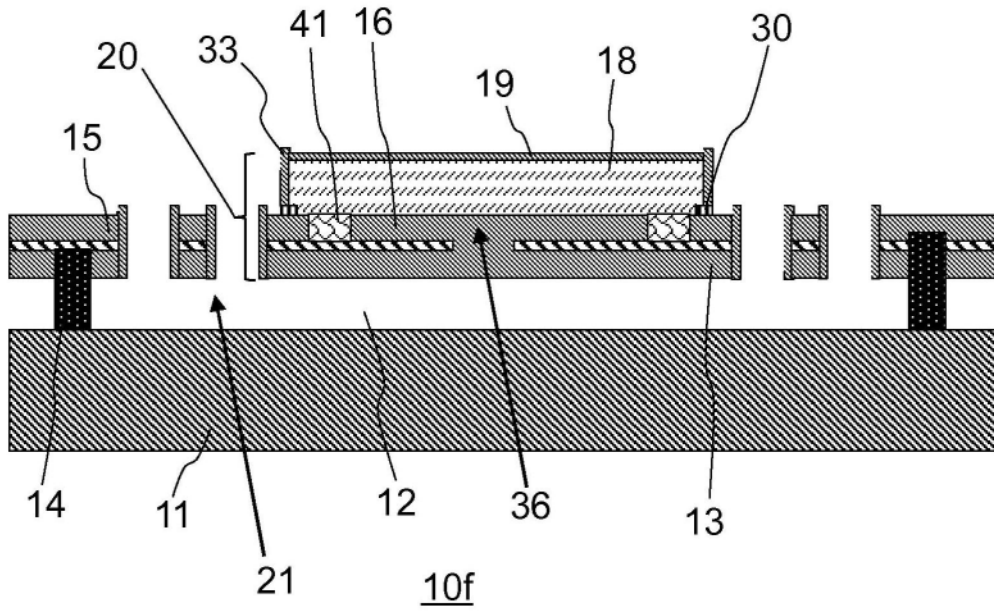


图7

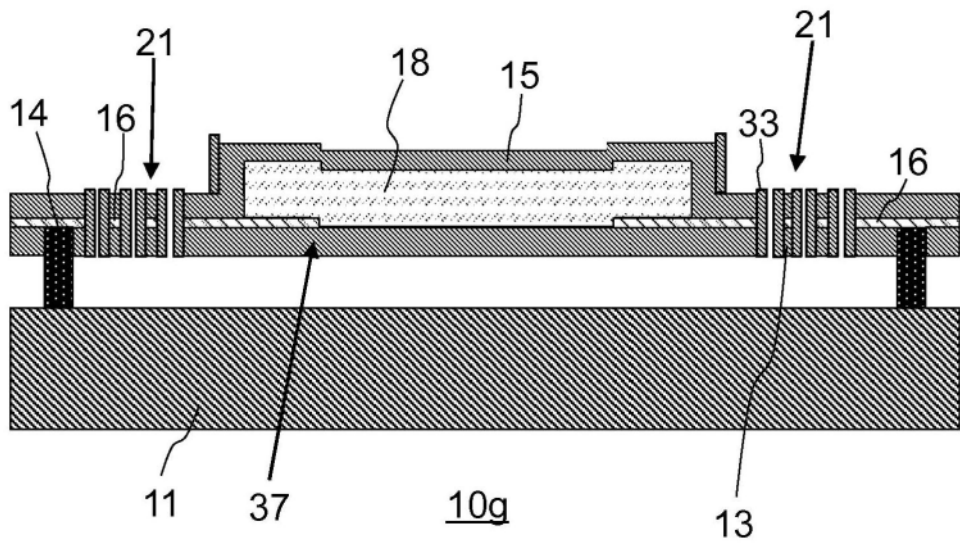


图8