



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1894156 B

(45) 授权公告日 2011.06.08

(21) 申请号 200480034136.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2004.11.08

B81C 5/00(2006.01)

(30) 优先权数据

B81B 7/00(2006.01)

03026780.1 2003.11.21 EP

G01M 3/38(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

G01M 3/40(2006.01)

2006.05.19

G01M 3/04(2006.01)

(86) PCT申请的申请数据

G01M 3/02(2006.01)

PCT/EP2004/012626 2004.11.08

H01L 23/20(2006.01)

(87) PCT申请的公布数据

H01L 23/26(2006.01)

W02005/049482 FR 2005.06.02

H01L 23/00(2006.01)

(73) 专利权人 阿苏拉布股份有限公司

H01L 23/10(2006.01)

地址 瑞士马林

(56) 对比文件

(72) 发明人 F·吉伊萨兹 J·-P·兰丁

GB 1213406 A, 1970.11.25, 说明书第1页第
13行至说明书第3页第30行。

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

审查员 武方

代理人 肖春京 谭祐祥

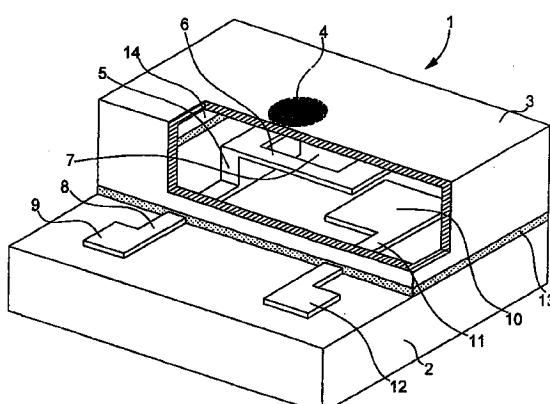
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 5 页

(54) 发明名称

检测微元件封闭腔的气密性的方法和实施该方法的微元件

(57) 摘要

为了控制至少一个微元件(1)的封闭腔(14)的气密性的方法,所述元件包括制作在衬底(2)之上或其一部分上的一个结构(5,6,10),一个固定在该衬底的部分区域上用以保护该结构的罩子(3),和在有反应流体的情况下其光学或电性能会发生改变的监测元件(4,15)。该监测元件对光学检测可以是铜层(4)或对电检测是钯电阻(15)。该微元件(1)置于而后将被气密封闭的容器内。该容器再加压反应物流体填充,即对光学控制用氧气,对电控制用氢气。在一段规定时间内容器内的元件受到反应流体的高于10巴的压力,且受到热活化($T > 100^{\circ}\text{C}$)或光学活化($\lambda < 500\text{nm}$)。CN 在该时间段之后,通过监测元件(4,15)的光学或电控制来确定所述封闭腔(14)的气密性。



1. 用于检测至少一个微元件 (1) 的封闭腔 (14) 的气密性的方法, 该微元件 (1) 包括制作在衬底 (2) 的一部分之上或之内的结构 (5, 6, 10) 和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子 (3), 该腔由罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定, 该方法的特征在于包括以下步骤:

- 将所述微元件 (1) 置于容器 (30) 中, 所述微元件在腔 (14) 内包括用于检测气密性的指示器元件 (4), 在有能与该指示器元件发生反应的反应流体存在时, 该指示器元件的光学性能发生永久的改变,

- 气密密封容纳了所述微元件的所述容器,

- 以加压的反应流体填充该容器, 以使所述微元件在给定的时间段内受到高于所述腔内压力的流体压力, 该容器包括用于导入所述反应流体的装置 (35, 36, 37, 38, 39), 以及

- 通过光学装置检测所述指示器元件 (4) 的性能随进入所述腔 (14) 内并与该指示器元件发生反应的反应流体的量而产生的函数变化, 以确定所述腔的气密性。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 多个晶片 (1') 被置于所述容器 (30) 内, 以将这些晶片置于由引入所述容器内的反应流体所产生的压力下达到给定的时间段, 其中, 每个晶片 (1') 都包括多个微元件 (1), 该多个微元件 (1) 制作在相同的衬底 (2) 上, 且每个晶片具有板 (3'), 板 (3') 具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子 (3)。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 填充有反应流体的所述容器 (30) 的内部在所述给定的时间段内通过加热装置 (40, 41) 加热到高于室温的温度。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 填充有反应流体的容器 (30) 的内部在给定的时间段内通过加热装置加热到高于 100°C 的温度。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述微元件 (1) 的封闭腔 (14) 或者多个微元件的每个腔均包含接近于大气压力的为氩气的惰性气体, 其中所述多个微元件制作在至少一个晶片 (1') 的相同衬底 (2) 上, 所述至少一个晶片 (1') 具有板 (3'), 板 (3') 具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子 (3), 所述指示器元件 (4) 是通过选择性化学刻蚀或在真空下选择性蒸汽沉积到每个罩子 (3) 的内表面的一部分上或沉积到所述衬底 (2) 的各个区域的一部分上的铜层或钛层, 其中, 所述容器 (30) 用作为反应流体的压力高于 10^6 帕的氧气填充, 使得铜层或钛层的光学性能在所述给定的时间段内与渗入所述腔内的氧气量成函数地发生氧化而改变。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 在所述给定的时间段之后和检测所述铜层或钛层 (4) 的光学性能的检测操作之前, 所述容器 (30) 被减压并打开, 使得所述微元件 (1) 或多个微元件的至少一个晶片 (1') 从该容器中移走, 并置于测量装置 (50) 的移动支撑件 (51) 上进行气密性检测, 为了进行该气密性检测, 由所述测量装置的光源 (20) 发出的至少一束给定波长的光束 (IR) 照向所述铜层或钛层, 以便通过光束在所述铜层或钛层上的反射或穿过所述铜层或钛层且穿过微元件的光束的透射而被所述测量装置的图像传感器 (21) 接收, 所述衬底和 / 或罩子对于所述给定波长的光束是透明的。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 每个微元件的结构是磁性微接触器 (5, 6, 10), 其包括第一导电条带 (6), 该第一导电条带的一端通过导电基座 (5) 固定在所述衬底上, 在有磁场存在的情况下, 所述第一导电条带的另一端可以自由移动并与固定在所述衬底 (2) 上的第二导电条带 (10) 接触, 所述第一导电条带的中间部分具有在其大部分长度上

延伸的孔 (7), 所述第一导电条带的基座和所述第二导电条带的一端之间分开的间距对应于所述孔的长度, 与所述孔 (7) 相隔一段距离并与该孔相对的所述铜层或钛层 (4) 具有 10 至 100 纳米之间的厚度和小于所述孔的表面尺寸的表面尺寸, 从而限定出通过该孔的第一和第二测量区域,

其中, 为了检测所述铜层或钛层的光学性能, 由光源 (20) 发出的第一光束 (IR1) 穿过所述微元件 (1), 该第一光束穿过通过了所述铜层或钛层的第一测量区域, 进而被所述测量装置 (50) 的图像传感器 (21) 接收到, 由所述光源发出的第二光束 (IR2) 穿过所述微元件, 该第二光束穿过不通过所述铜层或钛层的第二测量区域, 以便被所述图像传感器接收到, 所述测量装置的处理装置通过将由所述图像传感器接收到的第一和第二光束的发光强度进行比较, 从而确定出所述微元件的腔的泄漏率。

8. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述衬底 (2) 和 / 或每个所述微元件 (1) 的罩子 (3) 由硅制成, 所述第一光束 (IR1) 和第二光束 (IR2) 由具有 1.3 微米量级波长的光源 (20) 发出。

9. 根据权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 所述衬底 (2) 和 / 或每个所述微元件 (1) 的罩子 (3) 由玻璃制成, 所述第一光束 (IR1) 和第二光束 (IR2) 由近红外范围内的接近于 850 纳米的光源 (20) 发出。

10. 用于检测至少一个微元件 (1) 的封闭腔 (14) 的气密性的方法, 该微元件 (1) 包括制作在衬底 (2) 的一部分之上或之内的结构 (5, 6, 10) 和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子 (3), 该腔由罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定,

所述微元件 (1) 的封闭腔 (14) 或者多个微元件的每个腔均包含接近于大气压力的为氩气的惰性气体, 其中所述多个微元件制作在至少一个晶片 (1') 的相同衬底 (2) 上, 所述至少一个晶片 (1') 具有板 (3'), 板 (3') 具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子 (3),

该方法的特征在于包括以下步骤 :

- 将微元件 (1) 置于容器 (30) 中, 所述微元件在腔 (14) 内包括一用于检测气密性的指示器元件 (15), 在有能与该指示器元件发生反应的反应流体存在时, 该指示器元件的电性能发生永久的改变, 其中, 所述指示器元件是制作在所述衬底 (2) 的各区域的一部分上的钯电阻 (15), 绝缘的导电路径 (16, 18) 连接所述电阻并穿过所述微元件, 用于检查所述电性能,

- 气密密封容纳了所述微元件的所述容器,

- 以加压的反应流体即氢气填充该容器, 以使所述微元件在给定的时间段内受到高于所述腔内的压力的压力, 所述加压的压力高于 10^6 帕, 使得钯电阻的阻值在所述给定的时间段内与渗入所述腔内的氢气量成函数地改变, 和

- 电检测所述指示器元件的性能随进入所述腔 (14) 内并与该指示器元件发生反应的反应流体的量而产生的函数变化, 以确定所述腔的气密性。

11. 根据权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 多个晶片 (1') 被置于所述容器 (30) 内, 以将这些晶片置于由引入所述容器内的反应流体所产生的压力下达给定的时间段内, 其中, 每个晶片 (1') 都包括多个微元件 (1), 该多个微元件 (1) 制作在相同的衬底 (2) 上, 且每个晶片具有板 (3'), 板 (3') 具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子

(3)。

12. 根据权利要求 11 所述的方法, 其特征在于, 填充有反应流体的容器 (30) 的内部在所述给定的时间段内通过加热装置 (40, 41) 加热到高于室温的温度。

13. 根据权利要求 12 所述的方法, 其特征在于, 填充有反应流体的容器 (30) 的内部在给定的时间段内通过加热装置加热到高于 100℃ 的温度。

14. 根据权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 所述容器 (30) 以压力等于 1.5×10^6 帕或 2×10^6 帕的氢气作为反应流体来填充, 使得所述钯电阻的阻值在所述给定的时间段内作为渗入所述腔内的氢气量的函数而改变。

15. 适用于实施根据权利要求 1 所述的方法的微元件 (1), 该微元件包括制作在衬底 (2) 的一部分之上或之内的结构 (5, 6, 10) 和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子 (3), 由所述罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定了封闭腔 (14),

其特征在于, 所述微元件在所述腔内包括用以通过光学装置来检测所述微元件的封闭腔的气密性的指示器元件 (4, 15), 所述指示器元件的光学性能在有能与该指示器元件发生反应的流体即氧气存在时永久地改变, 所述指示器元件是铜层, 在由光源发出的至少一个光束的预定波长下该铜层的颜色和透过性在存在氧气时变化, 以检测所述微元件的封闭腔的气密性。

16. 根据权利要求 15 所述的微元件 (1), 其特征在于, 所述腔 (14) 包含接近于大气压力的惰性气体即氩气, 所述铜层通过选择性化学刻蚀或在真空下选择性蒸汽沉积到所述罩子 (3) 的内表面上或沉积到衬底 (2) 的所述区域的一部分上的方式来获得。

17. 根据权利要求 16 所述的微元件 (1), 其特征在于, 所述铜层 (4) 的厚度在 10 和 100 纳米之间。

18. 根据权利要求 17 所述的微元件 (1), 其特征在于, 所述铜层 (4) 的厚度等于 30 纳米。

19. 根据权利要求 17 所述的微元件 (1), 其特征在于, 该结构是磁性微接触器 (5, 6, 10), 其包括第一导电条带 (6), 该第一导电条带的一端通过导电基座 (5) 固定在所述衬底 (2) 上, 在有磁场的情况下, 所述第一导电条带的另一端可以自由移动以与固定在所述衬底 (2) 上的第二导电条带 (10) 接触, 所述第一导电条带的中间部分具有在其大部分长度上延伸的孔 (7), 所述第一导电条带的基座和所述第二导电条带的一端之间分开的间距对应于所述孔的长度, 与所述孔 (7) 相隔一段距离并与该孔相对的铜层 (4) 具有小于孔的表面尺寸的表面尺寸, 以限定出通过该孔的供检测气密性的光束从中通过的第一和第二测量区域。

20. 根据权利要求 15 所述的微元件 (1), 其特征在于, 所述衬底 (2) 和 / 或罩子 (3) 由玻璃或硅制成。

检测微元件封闭腔的气密性的方法和实施该方法的微元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测至少一个微元件的封闭腔的气密性的方法。该微元件包括制作在衬底上或衬底的一部分之上的结构和固定在一个衬底区域上用以保护该结构的罩子。该微元件的腔由罩子的内表面、结构和衬底区域界定。该腔例如可用接近于大气压力的惰性气体填充或者是真空腔。

[0002] 本发明还涉及具有用以实施该检测方法的封闭腔的微元件。制作在部分衬底之内或之上的所述结构可以是集成电路或三维结构或集成电路和三维结构的组合。

背景技术

[0003] 这些微元件的“三维结构”是指微光机电装置 (MOEMS) 或微机电装置 (MEMS)，例如在受控大气压力中封装后必须可以自由移动的簧片接触器、加速度计、微马达、石英谐振器、微尺寸传感器。微元件的这些三维结构的结构可以在绝缘衬底上或在已预先制作好集成电路的半导体衬底上形成。对于后者而言，可以用集成电路的金属接触垫片开始沉积金属层，该金属层将部分形成微元件的结构并使其可以电连接到所述电路上。

[0004] 本申请人的欧洲专利 No. 0874379 公开了一种作为三维结构的一个例子的具有微尺寸条带的微接触器及其制作方法。该接触器包括彼此间隔一定距离、处于静止状态的金属条带，且这些金属条带用电解方式以若干步骤形成并固定在衬底上。该条带由一种铁镍合金通过电解方法沉积形成。这种合金具有铁磁性，因此当穿过条带的磁场在它们之间产生吸引力时，条带可彼此接触。至少一个孔或收缩形成在至少一个条带上，以便于条带的弯曲。

[0005] 检测气密性的方法必须能够检测出微元件微小封闭腔的泄漏率，该封闭腔的体积小于 1mm^3 ，例如为 0.02 立方毫米 的数量级。为了保护每个元件的结构不受任何污染流体污染，所述微元件的封闭腔必须保证至少 20 年的长期均衡时间常数。该污染流体可以是液体或气体。

[0006] 当微元件的罩子固定到衬底上以封闭需要保护的结构时，会产生微小裂纹，这会使外部的污染液体或气体渗入腔内并污染所述结构。

[0007] 为了通过传统的方法检测气密性或检测元件封闭腔是否泄漏，必须将检测气体导入腔中。为了这样做，所述元件必须置于容器或外壳中，该容器或外壳以高压氦气填充，以使气体加速进入所述腔内。但是，这种方法的一个缺点是，如果存在大的泄漏，导入腔内的检测气体便容易部分或全部地漏出，这可能会使通常采用质谱仪进行的气密性检测失真。

[0008] 这种传统方法的另一个缺点是，质谱仪的泄漏检测阈值约为 $5 \times 10^{-10}\text{ 帕} \cdot \text{升} / \text{秒}$ ($5 \times 10^{-12}\text{ 毫巴} \cdot \text{升} / \text{秒}$) 数量级。这意味着为 10^{-13} 至 $10^{-12}\text{ 帕} \cdot \text{升} / \text{秒}$ (10^{-15} 至 $10^{-14}\text{ 毫巴} \cdot \text{升} / \text{秒}$) 数量级的最大泄漏率，该最大泄漏率能保证体积小于 1 立方毫米的腔具备至少 20 年的均衡常量，不能被检测到。

[0009] 美国专利 No. 6223586 公开了一种检测诸如具有封闭腔的微机电装置电子元件泄漏的方法。为此，这种电子元件的板首先在加压情况下液池中放置一段时间。该加压液体

可以例如是水。完成此步骤后，该元件便被置于另一种液体中，且可通过显微镜进行检测，以检测出元件腔内的泄漏区域。该另一种液体也可以是水，以防止腔内的水蒸发。这种方法的另一个主要缺点在于，气密性检测灵敏度被大大降低了。

发明内容

[0010] 因此本发明的主要目的是通过提供一种检测至少一个微元件的封闭腔的气密性的积累型方法克服现有技术的缺点，该方法能显著提高检测灵敏度。这种方法能在一次检测操作中发现大泄漏。因此可在每个腔中都设置该装置，以便与在检测气密性的给定的时间段内渗入腔内的大量的流体发生反应。

[0011] 根据本发明的第一方面，提供了一种用于检测至少一个微元件的封闭腔的气密性的方法。该微元件包括制作在衬底的一部分之上或之内的结构和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子，该腔由罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定。该方法的特征在于包括以下步骤：将所述微元件置于容器中，所述微元件在腔内包括用于检测气密性的指示器元件，在有能与该指示器元件发生反应的反应流体存在时，该指示器元件的光学性能发生永久的改变；气密密封容纳了所述微元件的所述容器；以加压的反应流体填充该容器，以使所述微元件在给定的时间段内受到高于所述腔内压力的流体压力，该容器包括用于导入所述反应流体的装置；以及通过光学装置检测所述指示器元件的性能随进入所述腔内并与该指示器元件发生反应的反应流体的量而产生的函数变化，以确定所述腔的气密性。

[0012] 根据本发明的第二方面，提供了用于检测至少一个微元件的封闭腔的气密性的方法。该微元件包括制作在衬底的一部分之上或之内的结构和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子，该腔由罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定。所述微元件的封闭腔或者多个微元件的每个腔均包含接近于大气压力的为氩气的惰性气体，其中所述多个微元件制作在至少一个晶片的相同衬底上并具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子的板。该方法的特征在于包括以下步骤：将微元件置于容器中，所述微元件在腔内包括用于检测气密性的指示器元件，在有能与该指示器元件发生反应的反应流体存在时，该指示器元件的电性能发生永久的改变，其中，所述指示器元件是制作在所述衬底的各区域的一部分上的钯电阻，绝缘的导电路径连接所述电阻并穿过所述微元件，用于检查所述电性能；气密密封容纳了所述微元件的所述容器；以加压的反应流体即氢气填充该容器，以使所述微元件在给定的时间段内受到高于所述腔内的压力的压力，所述加压的压力高于 10^6 帕，所述加压的压力高于 10^6 帕，使得钯电阻的阻值在所述给定的时间段内与渗入所述腔内的氢气量成函数地改变；以及电检测所述指示器元件的性能随进入所述腔内并与该指示器元件发生反应的反应流体的量而产生的函数变化，以确定所述腔的气密性。

[0013] 根据本发明的第三方面，提供了一种适用于实施如本发明第一方面所述的方法的微元件。该微元件包括制作在衬底的一部分之上或之内的结构和固定在该衬底的一区域上用以保护该结构的罩子，由所述罩子的内表面、该结构和衬底的所述区域界定了封闭腔。其特征在于，所述微元件在所述腔内包括用以通过光学装置来检测所述微元件的封闭腔的气密性的指示器元件，所述指示器元件的光学性能在有能与该指示器元件发生反应的流体即氧气存在时永久地改变，所述指示器元件是铜层，在由光源发出的至少一个光束的预定波

长下该铜层的颜色和透过性在存在氧气时变化,以检测所述微元件的封闭腔的气密性。

[0014] 因此本发明涉及一种上文中所述的至少一个微元件的封闭腔气密性检测方法,该方法的特征在于包括以下步骤:

[0015] —将微元件置于容器中,所述元件包括在腔内的检测气密性的指示器元件,在有能与该指示器元件发生反应的流体存在的情况下,该指示器元件的光或电性能会发生永久性地改变;

[0016] —气密地密封包括所述元件的容器;

[0017] —以加压反应流体填充该容器,以使所述元件在给定的时间段例如几天内受到高于腔内压力的流体压力,该容器包括用于导入反应流体的装置,和

[0018] —通过光或电装置根据已经进入腔内并与该指示器元件发生反应的反应流体量检查指示器元件的性能变化,以确定所述腔的气密性。

[0019] 根据本发明的检测腔气密性的方法的一个优点在于,置于腔内的指示器元件使得一定量的已渗入封闭腔内的反应流体可以被吸收或与之反应。因此,指示器元件积累已渗入腔内的流体的影响,并永久地改变监测元件的光学或电性能。因此,可以在使用气密性检测方法的单次操作中以相同的方法检测出大泄漏或小泄漏。

[0020] 优选的是,可以将多个晶片置于容器内,该每个晶片都包括多个微元件,该多个微元件制作在相同的衬底上并具有固定在该衬底上用以封闭各个微元件结构的罩子的板。为了减少多个微元件的检测时间,可以在给定时间内使这些晶片都处于容器内的加压反应流体中。这些晶片可以在制作过程结束并在各个元件上的电检测操作之前或之后置于容器内。在微元件的每个腔内填充接近于大气压力的惰性气体,例如氩气,可以保护各个结构。

[0021] 有利的是,填充有反应流体的容器可以在给定时间段内通过加热装置加热到高于室温的温度,优选为高于100°C的温度。这会加速已经渗入各个腔内的反应流体与指示器元件的反应。使用紫外光照射(UV)也可获得这种反应加速。

[0022] 有利的是,容器以优选为高于 10^6 帕(10巴),例如 1.5×10^6 帕(15巴)的压力充填反应气体,以加速反应气体进入微元件腔内。由于必须为这些微元件保证至少20年的均衡时间,因此检测气密性的给定的时间可以用 1.5×10^6 帕(15巴)的压力减少到几天。这能使足够量的气体进入各个腔内,以可测量的方式与指示器元件反应,即使腔内气体最后的浓度剩下不到1%。

[0023] 对于通过光学装置来检测,各个腔内的指示器元件可以是薄铜层或钛层,反应气体是氧气,这样渗入腔内的氧气会使铜或钛层作为渗入腔内的氧气量的函数发生氧化。置于衬底上或罩子下的铜或钛层厚度可以小于100纳米,优选为等于30纳米。当铜或钛层在由光源发出的至少一束特定波长的光线下发生氧化时,铜或钛层会改变颜色和透明度。如果衬底和/或各个元件的罩子是由透明材料制成,光束的波长可以接近于红外范围,例如等于850纳米。如果衬底和/或各个元件的罩子是由半导体材料制成,例如硅,那么光束的波长可以增加到1.3微米,以穿过材料而不被吸收。

[0024] 对于通过电装置来检测,各个腔的指示器元件是钯电阻,反应气体是氢气。该电阻由通过微元件的导电通路连接,以从各个元件的外部进行电阻测量。

[0025] 本发明还涉及一种适用于实施前述方法的微元件,其特征在于,其在封闭腔内包括用以检测气密性的指示器元件,在有能与该指示器元件发生反应的反应流体存在的情况

下,该指示器元件的光或电性能发生永久地改变,以检测所述元件封闭腔的气密性。

[0026] 有利的是,对于通过光学装置检测而言,该指示器元件是铜或钛层,以与作为反应流体的氧气发生反应,或者对于通过电装置检测而言,该指示器元件是钯电阻,以与作为反应流体的氢气反应。各个元件的腔最好以接近于大气压力的惰性气体(例如氩气)填充。

[0027] 当然,尤其对于光学检测而言,指示器元件可以从其它材料中选择,例如银、锆或铌。

[0028] 对于通过光学装置检测而言,指示器元件由铜或钛层形成,该监测元件是通过在将帽固定到衬底区域上之前,选择性刻蚀或在真空下通过掩膜选择性蒸发沉积到罩子内表面的一部分上或沉积到部分衬底区域上的方式获得。铜层或钛层的厚度在10和100纳米之间,优选为基本上等于30纳米。如果指示器元件是圆形,那么铜或钛层的直径在10和100微米之间,优选为70微米。

附图说明

[0029] 检测微元件封闭腔的气密性的方法以及所述微元件的目的、优点和特征将在下面本发明的实施例结合附图的描述中体现得更加清楚,其中:

[0030] 图1示出了根据第一实施例的静磁微接触器微元件的三维局部截面图,其中一指示器元件可以通过用于气密性检测的光学装置来检测,

[0031] 图2示出了根据第二实施例的静磁微接触器微元件的三维局部截面图,其中一指示器元件可以通过用于气密性检测的光学装置来检测,

[0032] 图3以简化的方式示出了保温箱的垂直截面图,微元件的晶片置于该保温箱中,用以实施根据本发明的气密性检测方法,

[0033] 图4以简化的方式示出了测量装置的三维示图,该测量装置用以通过光学装置来检测元件晶片的某个微元件的指示器元件,以实施根据本发明的气密性检测方法,

[0034] 图5示意性地示出了图1所示第一实施例的微元件晶片的一部分,以及用以实施根据本发明的气密性检测方法的测量装置的检测装置的局部截面图,

[0035] 图6示意性地示出了图2所示第二实施例的微元件晶片的一部分,以及用以实施根据本发明的气密性检测方法的测量装置的检测装置的局部截面图,

[0036] 图7示出了根据第三实施例的带有微接触器的微元件的三维局部截面图,其中一指示器元件可以通过用于检测气密性的电气装置来检测,

[0037] 图8示出了对于根据本发明通过光学装置检测气密性的方法,微元件封闭腔的暴露时间和部分氧气压力的函数图,以及

[0038] 图9示出了对于根据本发明通过光学装置检测气密性的方法,氧化铜层、未氧化的铜层的光透射、以及氧化铜层和未氧化的铜层之间的对比度作为穿过所述层的光束波长的函数的曲线图。

具体实施方式

[0039] 在下面的描述中,以简单的方式示出并解释了用于实施至少一个微元件的封闭腔的气密性检测方法的装置,这些微元件是本领域的技术人员公知的。

[0040] 图1示出了用于通过光学装置实施气密性检测方法的微元件1的第一实施例。图

1 中所示的所述微元件 1 来自几个微元件的晶片中的一个, 将所述晶片切割后, 这些微元件制作在同一块硅或玻璃的半导体衬底 2 上。但是, 对于检测至少一个微元件 1 的封闭腔 14 的气密性的方法, 所述微元件可以是来自晶片的独立元件或者在切割之前的晶片的至少一个元件。该晶片(图 1 中未示出)可以包括成千上万个微元件。

[0041] 微元件 1 包括制作在衬底 2 的一部分上的三维结构 5、6 和 10, 用于保护固定在衬底 2 区域上的所述结构的罩子 3 和对特定的反应流体敏感的指示器元件 4。在该第一实施例中, 指示器元件 4 置于罩子 3 的内表面的顶部。封闭腔 14 由罩子 3 的内表面、三维结构 5、6 和 10 以及衬底 2 的区域界定。

[0042] 这种微元件 1 的封闭腔 14 的体积约为 0.02 立方毫米数量级(1000 微米长、200 微米宽和 100 微米高)。具有很小容积的封闭腔 14 最好以接近于大气压力的惰性气体(例如氩气)填充。

[0043] 三维结构 5、6 和 10 可以是磁性微接触器。关于制作这种微接触器的技术细节, 读者可以参考本申请人的欧洲专利 No. 0874379, 其内容在此引入作为参考。

[0044] 该微接触器由第一条带 6 和第二条带 10 形成, 该第一条带 6 的一端通过导电基座 5 固定在衬底 2 上, 而另一端可以自由移动, 第二条带 10 固定在衬底上。每个金属条带 6 和 10、以及导电基座 5 都可通过电镀方法获得。在存在磁场时, 第一条带 6 的自由端可与第二条带 10 接触。

[0045] 第一条带 6 的导电基座 5 连接到置于封闭腔 14 之外衬底 2 上的第一电接触端子 9 上。第二条带 10 的导电基座 5 连接到置于腔 14 之外衬底 2 上的第二电接触端子 12 上。每个接触端子 9 和 12 都可以连接到电子电路的接触端子或电子设备的接触端子上。图中未示出的集成电路可以制作在微接触器的下面并且电连接到所述微接触器的各个金属条带 6 和 10 上。当然, 微接触器到腔 14 外部的电连接也可通过贯穿衬底 2 的金属化孔或任何不同于图 1 所示的方式来实现。

[0046] 微接触器的第一条带 6 的中间部分具有一个在其大部分长度上延伸的孔 7, 以使条带 6 容易弯曲。第一条带 6 的基座 5 和第二条带 10 的一端分开的间距约等于孔 7 的长度。

[0047] 用于检测微元件 1 的封闭腔 14 的气密性的指示器元件 4 优选为铜层, 但也可为钛层, 其设置在离孔 7 一段距离并与孔 7 相对。该铜或钛层可以通过在罩子 3 固定到衬底 2 上之前在罩子的内表面顶部上进行选择性化学刻蚀或选择性气相沉积的方式获得。用化学刻蚀技术在腔内制作铜或钛层可能有点困难。因此在该第一实施例中优选的是, 使用铜或钛在真空下的蒸发沉积。优选的是, 沉积容易用这种沉积方法获得的铜层。

[0048] 当然, 在真空下蒸发沉积铜层或钛层可以在微元件晶片的制造过程中进行。为了这样做, 首先用化学刻蚀玻璃或硅板制成罩子。此步骤之后, 铜或钛层选择地通过掩模同时沉积在至少一块罩板的罩子 3 的内表面上, 该掩模中形成一尺寸基本上等于需要沉积的铜层尺寸的孔。所用掩模可以是产自于德国的浅盐湖玻璃公司(Schoot Glas Company)的 Foturan 型光学结构玻璃掩模。

[0049] 一旦铜层选择地沉积在罩板的罩子 3 的内表面上后, 该板便被固定到晶片的衬底 2 上。因此, 该板的每个罩子 3 都被固定到衬底 2 的每个相应区域上, 以封装需要保护的晶片的微接触器。该罩板可由例如玻璃或硅制成。

[0050] 铜层的厚度处于 10 和 100 纳米之间, 优选地基本上等于 30 纳米, 以允许预定波长的光束穿过通过光学装置进行气密性检测的所述层。应当指出, 铜层厚度越小, 灵敏度就越大, 但是对比度会减小。因此必须在对比度和灵敏度之间找到折衷, 这意味着铜层的厚度优选地选择为等于 30 纳米。

[0051] 铜层的表面尺寸可以比微接触器的孔 7 的表面尺寸小。这使得第一和第二测量区域可以通过孔 7 限定, 正如后面参考图 5 和 6 所解释的一样。如果所述层具有圆形表面, 该层的直径可以约为 70 微米, 这样便可容易地通过使用传统装置的光学装置进行测量。因此, 沉积在各个罩子 3 的内表面上的每个铜层 4 的质量约为 1.03 毫微克或 1.63×10^{-11} 摩尔。

[0052] 罩子 3 或罩板的各个罩子可通过环状的玻璃料密封垫片或优选地通过金属合金环 13 固定在衬底 2 的各个区域上。金属合金可以是由金和锡 (Au-Sn) 组成的熔点约为 280°C 的合金。当然, 所选择的金属合金必须对所选择的衬底 2 和罩子 3 的材料具有足够的黏附性。在用金属合金固定罩子之前, 必须在导电通路 8 和 11 上设置常用的绝缘层 (未示出)。

[0053] 图 2 示出了用以通过光学装置实施气密性检测方法的微元件 1 的第二实施例。应当指出, 图 2 中与图 1 中相同的那些元件用相同的附图标记表示。因此, 出于简化的目的, 这些元件的描述将不再重复。

[0054] 第二实施例与第一实施例的实质区别在于, 在制作微接触器之前, 将铜或钛层 4 直接制作在衬底 2 上。该铜或钛层 4 位于与孔 7 相对的位置。该层的表面尺寸小于孔的表面尺寸。这使得第一和第二测量区域可以通过孔来确定, 用以通过光学装置在元件的垂直方向上进行检测。

[0055] 可以通过如前所述的选择化学刻蚀或在真空下的蒸发沉积技术来形成铜或钛层 4。应当指出, 该第二实施例中的化学刻蚀也可用在铜层制作在衬底 2 的平面上例如绝缘层上的情况。

[0056] 由于该第二实施例的铜或钛层是在加工晶片的过程中制作在衬底上, 因此所述晶片的加工时间可能要长于微元件的第一实施例中晶片的加工时间。但是, 各个罩子 3 的铜或钛层的尺寸可以等于第一实施例中的尺寸。

[0057] 参见图 3, 出于解释检测多个微元件气密性的方法的第一步的目的, 以一种非常简化的方式示出了保温箱 30。当然, 只要该方法的第一步可以正常进行, 所有保温箱元件都可以采用和图 3 所示不同的形式。

[0058] 保温箱 30 主要包括箱 31 和在箱 31 的开口处绕旋转轴 34 铰接的盖 32。通过对箱 31 的顶边缘使用盖子 32 以对气密密封箱 30 设置关闭装置 33。所述关闭装置 33 例如由螺钉 33a 和螺母 33b 组成, 螺钉 33a 的头紧靠盖 32 的顶面, 螺母 33b 紧靠箱 31 顶边的底面。螺钉 33a 的柄部穿过孔 33c 以旋入螺母 33b 中, 该孔形成在盖 32 中和箱 31 的顶边上。螺钉 33a 的头的形状适合于人工操作。一密封垫 (未示出) 必须设置在箱 31 的顶边与盖 32 之间的接触处, 以气密地密封容器 30。

[0059] 保温箱 30 还包括用以将反应流体 (特别是氧) 导入箱 31 中的装置 35 至 39, 和用于加热箱 31 的内部的加热装置 40 和 41。加热装置主要由布置在容器内部的加热体 41 和控制加热体以使容器 30 内获得理想温度的加热控制装置 40 组成。

[0060] 用于将加压氧气导入箱中的装置由三通控制阀 35 和用于测量容器 30 内部压力的仪表 36 形成。三通控制阀 35 的第一管道 37 连接到一未示出的氧气瓶上, 用于在第一和第二管道开通且第三管道 39 关闭的时候, 通过阀 35 的第二管道 38 向容器内填充压力为 P 的氧气。在检测方法的第一步结束时, 通过从容器中抽出加压氧气使容器 30 减压。为了这样做, 第二和第三管道 38 和 39 打开且第一管道 37 保持关闭。

[0061] 气密性检测方法的第一步将在下文中解释得更加准确。首先, 将微元件的几个晶片 1' 置于打开的接收器 43 中。然后将承载晶片 1' 的接收器 43 放置到位于容器 30 的箱 31 底部的基座 42 上。

[0062] 然后通过将盖 32 置于紧靠在箱 31 的顶边上, 借助于关闭装置 33 使容器 30 气密地密封。一旦包括微元件的晶片 1' 的容器 30 被气密地密封, 阀 35 的第一和第二管道 37 和 38 便打开, 而第三管道 39 关闭。这样, 容器 30 便可以预定压力的氧气填充, 该压力可借助于测量仪表 36 控制。当然, 可以以电子方式对阀进行控制, 以便在容器内的氧气达到所希望的预定压力时关闭所有管道 37 至 39。

[0063] 容器 30 内的氧气压力可以高于 10^6 帕 (10 巴), 优选为基本上等于 1.5×10^6 帕或 2×10^6 帕 (15 巴或 20 巴)。因此, 所有微元件都承受着高的氧气压力。如此, 完成将可检测量的氧气导入各个腔内, 和保证均衡时间大于 20 年所需的时间所必需的时间将被大大地缩短, 这将会在下文中参考图 8 和 9 进行解释。

[0064] 为了确保导入的氧很快地与铜指示器元件反应, 通过加热装置将容器加热到高于 100°C 的温度, 例如加热到 150°C。如果氧已经渗入腔内, 所确定的作为各个腔的指示器元件的铜层的氧化时间间隔减少到几小时或几天 (65 小时)。由于多片带有约 5000 个元件的晶片都放置在容器内, 因此可以同时对近 500,000 个微元件执行该方法的第一步骤, 这样可以节省大量的时间。此外, 在切割步骤之前在晶片上进行的光学测量方法可以迅速地进行气密性检测。

[0065] 为了更清楚地看出由确保微元件的封闭腔气密性的方法的第一步骤所带来的节省时间, 首先参见图 8。图 8 示出了作为微元件封闭腔中的暴露时间与部分氧气压力的函数曲线图。

[0066] 但微元件置于通常的开放的空气环境中时, 所述元件位于 20% 的氧气中, 这对应着平衡状态下 2×10^4 帕 (200 毫巴) 的氧气分压。由于微元件腔只以 8×10^4 帕 (800 毫巴) 的惰性气体 (例如氩气) 填充, 因此在腔外和腔内之间存在 2×10^4 帕 (200 毫巴) 的氧气压差。因此, 如果腔中存在泄漏, 氧气会逐渐以指数渐进的方式返回所述腔中, 直到氧气分压达到平衡为止。

[0067] 微元件一旦置于开放的空气中, 作为时间的函数的腔内氧气分压就可由公式 $p = p_0 \cdot (1 - e^{(-t/T)})$ 确定。该公式中, p_0 是平衡状态时的氧气压力, 也就是 2×10^4 帕 (200 毫巴), T 是由泄漏率确定的交换时间常数。该交换时间常数必须至少是 20 年, 以确保微元件的腔在大多数情况下具有足够的气密性。曲线开始的斜率由 p_0/T 决定。如果封闭腔内的微元件受到例如 2×10^6 帕 (20 巴) 的氧气压力, 那么开始的斜率就会更大且氧气的导入速度将成百倍地加速。

[0068] 应当指出, 用作各个腔内的指示器元件的铜层在大于或等于 100 帕即 1 毫巴 (也就是大约低于平衡状态下压力的 100 倍) 的氧气分压下可在几个小时内氧化。因此, 当微

元件在 120 或 150 °C 温度下受到 1.5×10^6 帕或 2×10^6 帕 (15 巴或 20 巴) 氧气压力时, 铜层趋向于在氧气引入腔内的同时发生氧化。

[0069] 在容积 V 接近于 0.02 立方毫米的各个封闭腔内, 铜的质量约为 1.03 毫微克, 铜层直径为 70 微米, 厚度为 30 纳米。对于这种铜层, 4.08×10^{-12} 摩尔的氧气足以形成可以在透射中容易检测到的氧化铜层。为了以 2×10^4 帕 (200 毫巴) 的环境分压确保 20 年的平衡时间常数, 由公式 $L = p_0 \cdot V/T$ 确定的泄漏率是 6.34×10^{-13} 帕·升 / 秒 (6.34×10^{-15} 毫巴·升 / 秒)。根据由公式 $(dn/dt) = L/R \cdot T$ 确定的分子量转换, 氧泄漏率必须小于 1.94×10^{-19} 摩尔 / 秒, 其中 R 是 8.31 焦耳 / K · 摆尔, T 是 393K。

[0070] 在 20 巴氧气的容器中, 泄漏率将是以前的 100 倍, 即是 1.94×10^{-17} 摆尔 / 秒。因此, 微元件晶片在容器中需要稍微多于 58 小时的暴露时间, 以使铜层氧化所需的 4.08×10^{-12} 摆尔的氧气能进入。正如上文中所描述的一样, 腔内必须达到至少 100 帕 (1 毫巴) 的氧气压力, 也就是 4.9×10^{-13} 摆尔, 这对应于额外的 7 小时停滞时间, 而与腔的容积无关。因此, 微元件晶片必须在 120 °C 的温度下在 2×10^6 帕 (20 巴) 氧气压力的容器中保持预定的 65 小时的预定时间间隔。

[0071] 在经过规定的时间间隔后, 通过打开第二和第三管道 38 和 39 对图 3 中所示的容器 30 减压, 并且进行冷却。然后打开容器, 取出承载着晶片 1' 的接收器 43, 用本发明的方法进行光学检测操作。这些光学检测操作将特别参见附图 4 至 6 和 9 进行解释。

[0072] 图 4 示出了用于通过光学装置检测至少某些晶片 1' 上的元件 1 的腔体气密性的测量装置 50。该机器的所有元件都是以一种简化的方式示出的, 这些元件都是光学检测领域公知的。当然, 每个用于光学测量的所示元件都可以是不同于图 4 中所示的不同形状。

[0073] 测量装置 50 包括一基座 54, 在该基座上安装一可沿 X 方向和 Y 方向移动的移动支撑件 51。示意性示出的装置 56 用作移动支撑件 51 在基座 54 上的导向器。移动支撑件 51 包括位于中心处的凹槽 53, 使得它具有 U 形。在凹槽 53 侧面上的边缘 52 制作在移动支撑件 51 的顶部, 以便可以放置和夹持需要检测的微元件 1 的晶片 1'。因此晶片 1' 被置于离凹槽 53 的底部一定距离的位置。

[0074] 对于光学测量, 测量装置 50 包括固定在臂 57 的自由端上的光源 20, 臂 57 的另一端固定在测量装置 50 的前壁 55 上。该测量装置还包括固定在臂 58 的自由端上的图像传感器 21, 臂 58 的另一端固定在测量装置的前壁上。电源和数据处理装置 (未示出) 布置在测量装置中。

[0075] 在其自由端上携带光源 20 的臂 57 位于设置在移动支撑件 51 上的凹槽 53 中、处于支撑件的底部和需要检测的晶片 1' 的背面之间。通过移动支撑件 51 调整微元件晶片 1' 的位置以用于检测一个元件 1 的指示器元件 4, 然后打开光源 20。光源 20 提供至少一束预定波长的红外光 (IR), 该光束在被定位的微元件 1 的一个测量区域通过晶片。置于晶片 1' 之上的图像传感器接收红外光束, 以便确定作为透明度或铜层颜色的函数的元件的气密性。

[0076] 如果衬底和每个罩子都是用玻璃制成, 那么从光源发出的光束波长必须在近红外区内接近于 850 纳米, 或者如果衬底和 / 或每个罩子都是用半导体材料 (例如硅) 制成, 那么上述波长必须接近于 1.3 微米。在第一种情况下, 可以使用 LED 二极管 (880 纳米或 950 纳米) 或半导体激光器 (780 纳米) 作为光源 20, 使用 CCD 型传感器作为图像传感器 21。在

第二种情况下,可以使用 1.3 微米的半导体激光器和合适的红外成像系统作为图像传感器 21。

[0077] 优选的是,如图 5 和 6 的两个实施例中所示,由光源发出的第一束光 IR1 穿过晶片 1' 的一个微元件 1,该光束穿过通过铜层 4 的孔 7 的第一测量区域,进而被图像传感器 21 接收到。之后,在晶片 1' 已经移动后,由光源发出的第二束光 IR2 穿过所述元件,该光束穿过靠近铜层的孔 7 的第二测量区域。如此,可以进行比较光学测量。这种比较测量可以使数据处理装置计算出氧化铜层和非氧化铜层之间的相对光透射比。因此,可以检测元件的气密性和确定泄漏速率。

[0078] 图 9 示出了作为光束波长的函数的氧化状态和非氧化状态的 30 纳米厚铜层的光透射曲线。图 9 中清楚地示出了通过氧化铜层和非氧化铜层的光束透射差异随波长超过 580 纳米而增加。

[0079] 在铜层朝红外区域变得越来越不透明的同时,氧化铜层却变得越来越透明,因此,可以得到高的测量对比度。通过测定氧化铜层和非氧化铜层之间的透射比 Tox/Tcu ,获得由光源发出的并被图像传感器接收到的光束波长为 850 纳米处的参考值为 100%。应当指出,红外区的透射比高于 10,而绿光区的倍数小于 2.5。

[0080] 图 7 示出了用以通过电气装置实施检测气密性的方法的微元件 1 的第三实施例。应当指出,图 7 中与图 1 和 2 中相同的元件以相同的附图标记表示。因此,出于简化的目的,这些元件的描述将不再重复。

[0081] 为了通过电气装置检测微元件 1 的腔 14 的气密性,而不是通过铜层进行检测,提供了完全容纳在所述封闭腔中的钯电阻 15。为了具有能被测量仪器容易地检测出的有效电阻值,该电阻在腔内形成了一个线圈。当然,线圈的长度可以大于图 7 所示的长度。钯电阻可以由电镀方法、化学刻蚀或任何其它公知的方式制得。

[0082] 第三导电通路 16 将电阻 15 的第一端连接到置于腔 14 外衬底 2 上的第三电接触端 17 上。第四导电通路 18 将电阻 15 的第二端连接到置于腔 14 外衬底 2 上的第四接触端 19 上。每个接触端 17 和 19 都可以连接到一电路的接触端或电子测量仪器的接触端上,该电路或测量仪器未示出。

[0083] 钯电阻的值具有在存在作为反应流体的氢气的情况下改变的能力。应当指出,钯在室温下具有可以吸收为其体积的 900 倍的氢气的性能。这等于约 50% 的原子分数。因此,由于上文中所述的微元件 1 的腔 14 内的钯电阻 15 和检测方法,因而可以通过电气装置检测所述封闭腔的气密性,或确定从所述腔的泄漏速率。

[0084] 由于置于一个或多个元件晶片的每个微元件腔内的指示器元件,因而可以通过渗入腔内的反应流体在指示器元件的累积直接进行测量。腔内的指示器元件改变作为进入腔内的反应气体的函数的其光或电特性。这具有可使相同的气密性检测方法用于具有大或小腔泄漏率的微元件的优点。

[0085] 根据已经给出的描述,本领域的技术人员可以在不脱离本发明范围的情况下设计出权利要求中所限定的、用于检测至少一个微元件封闭腔气密性的方法的多种变化。在通过光学装置检测的情况下,可以借助于光束在铜层上的反射而不是透过微元件的方式进行铜层检测。这种铜层可以完全覆盖每个罩子的内表面和 / 或每个衬底的内部区域。铜层的光学检测可以使用布置在容器内的测量装置来实施,或者例如在显微镜下进行视觉观测。

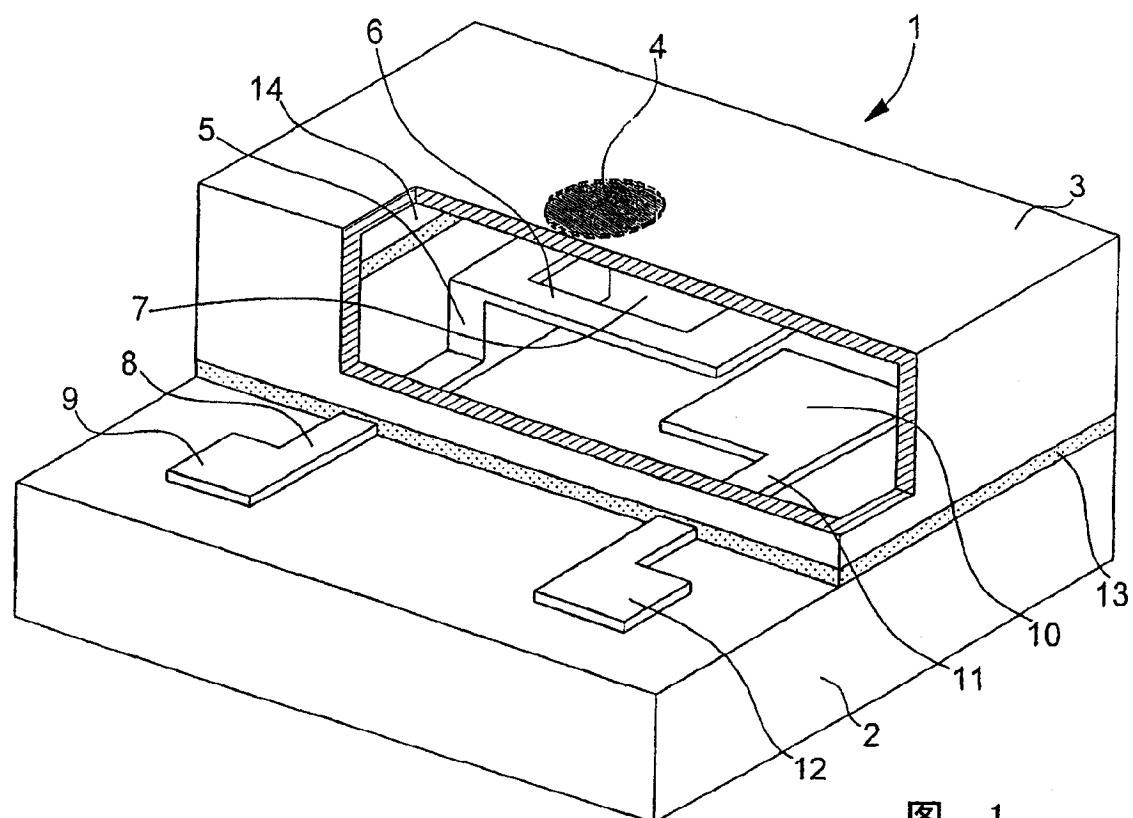


图 1

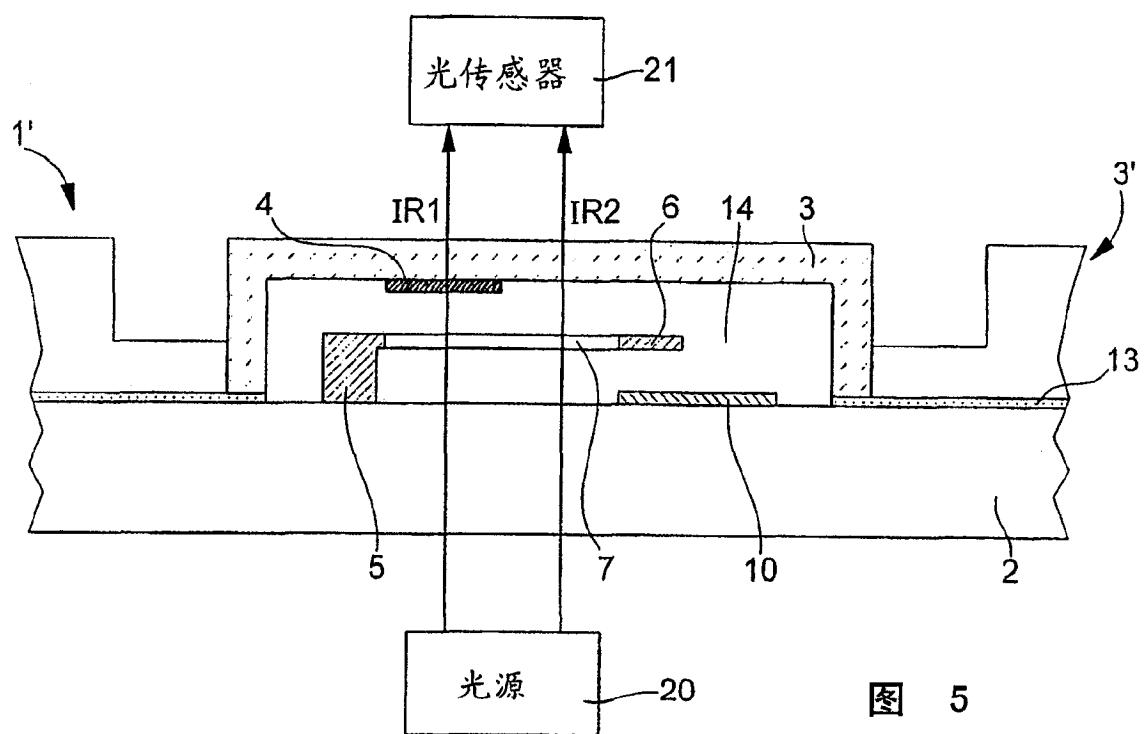


图 5

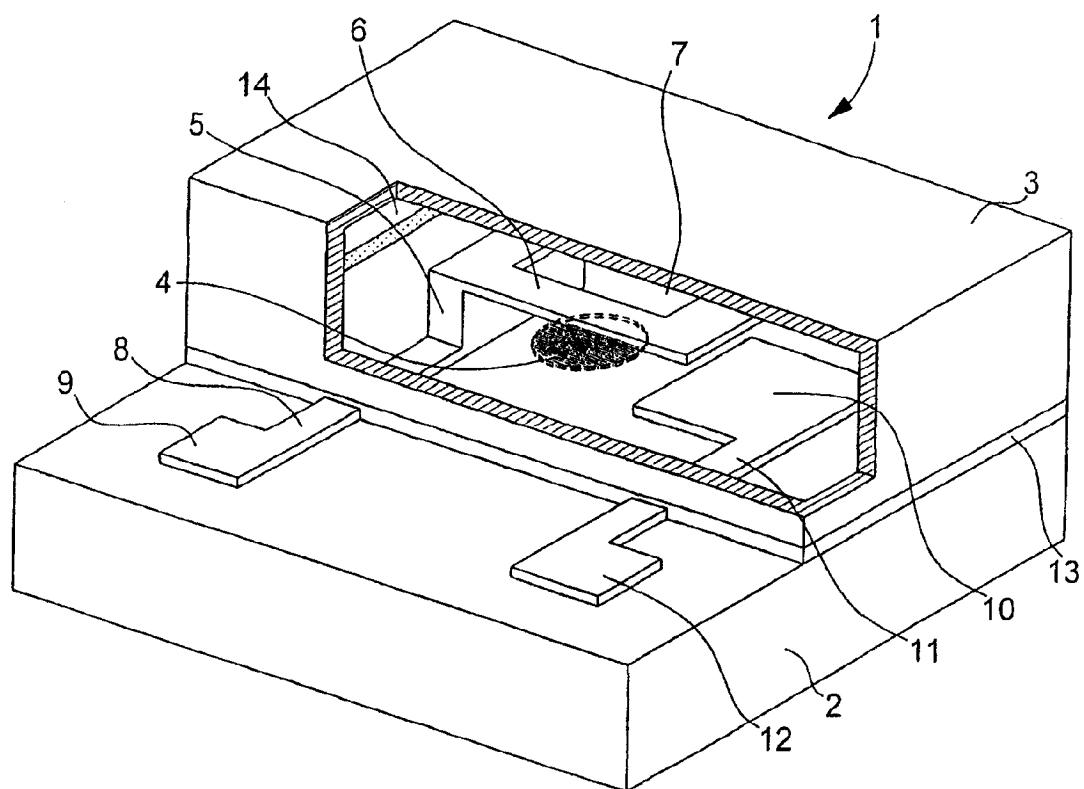


图 2

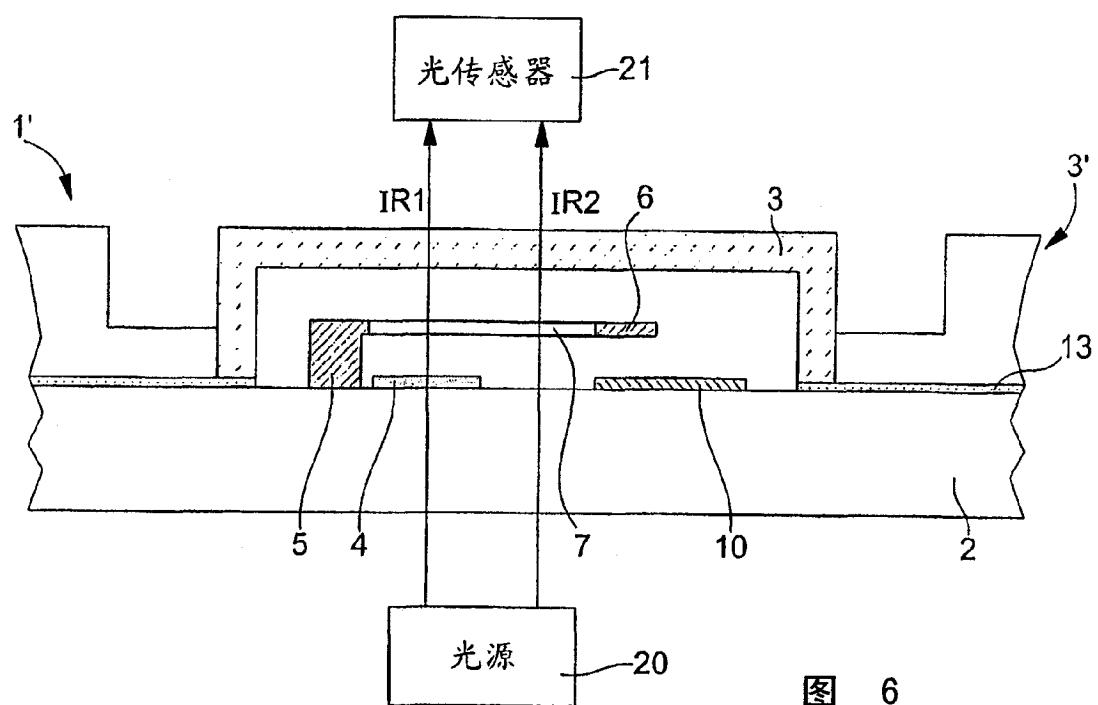


图 6

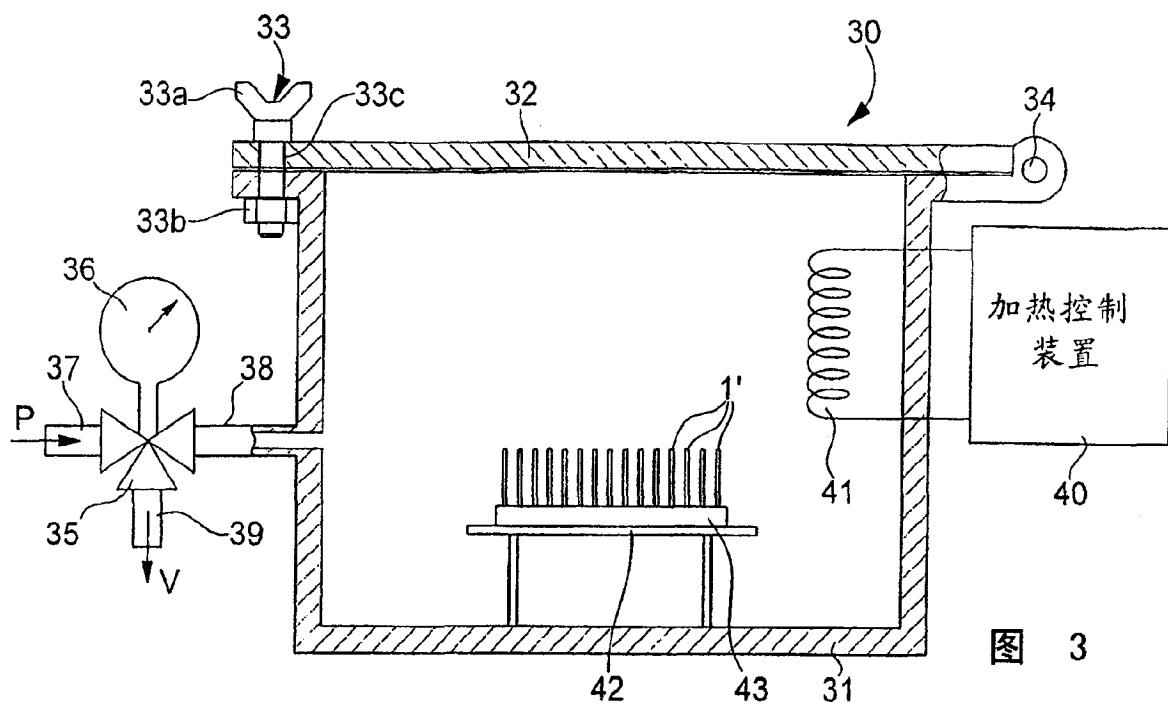


图 3

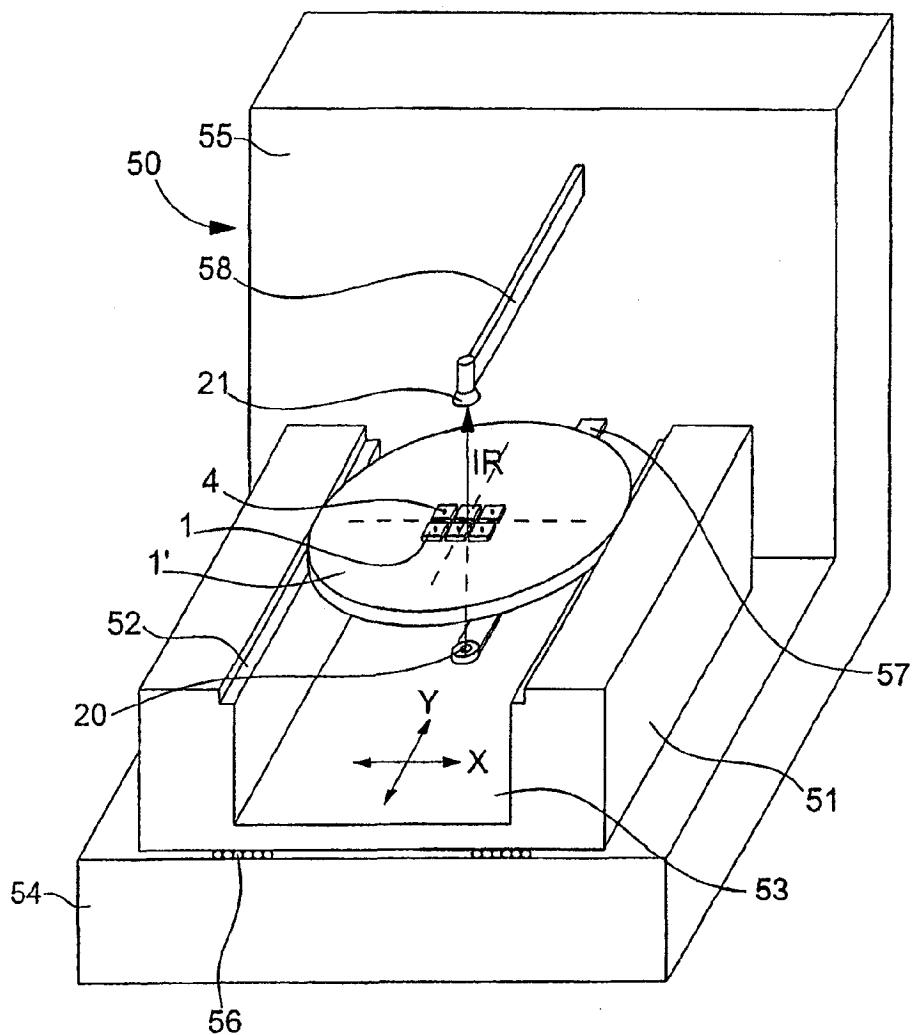


图 4

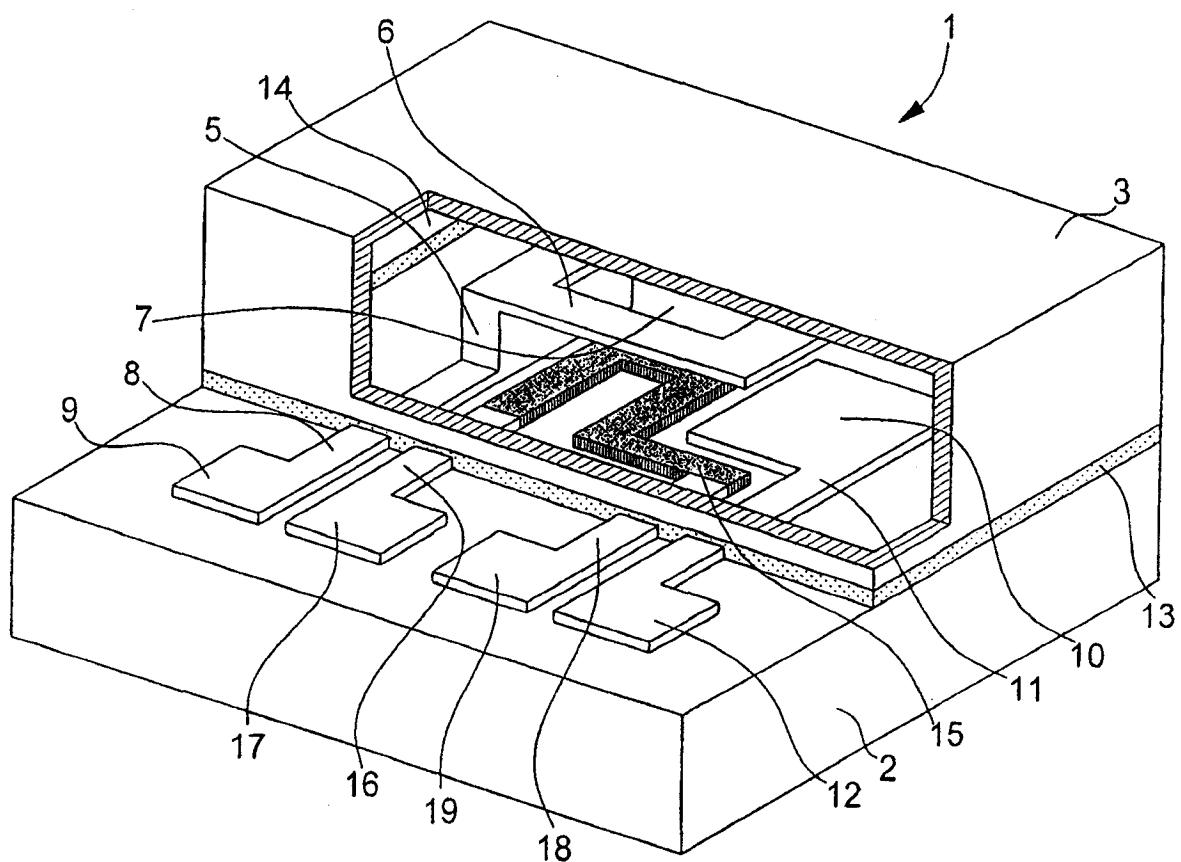


图 7

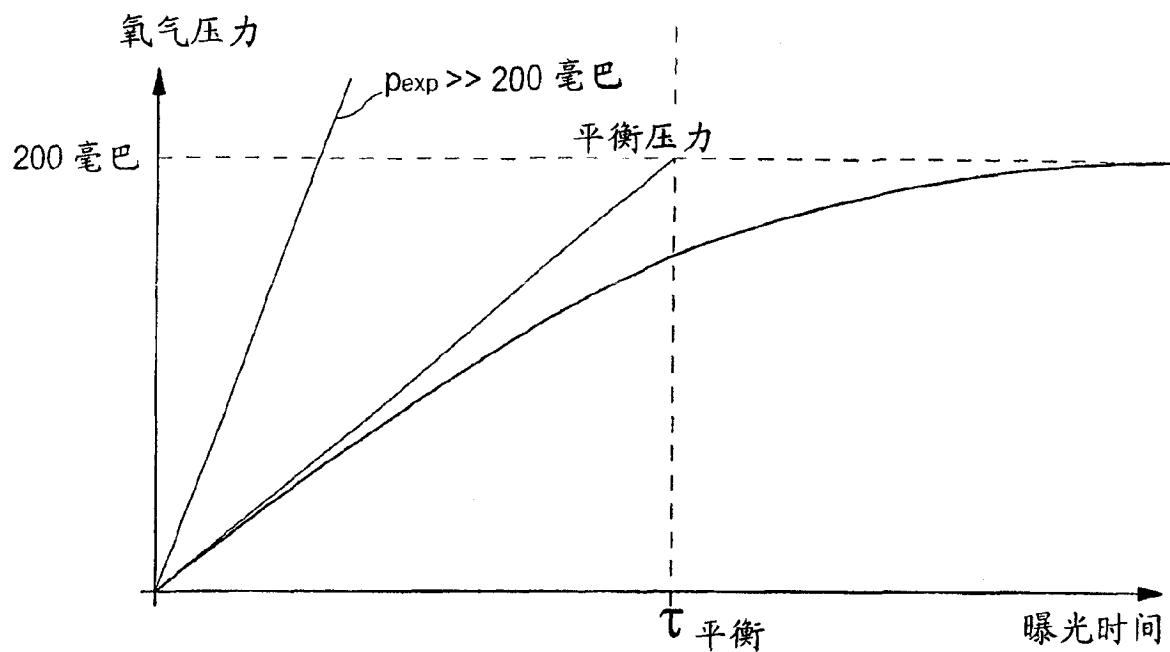


图 8

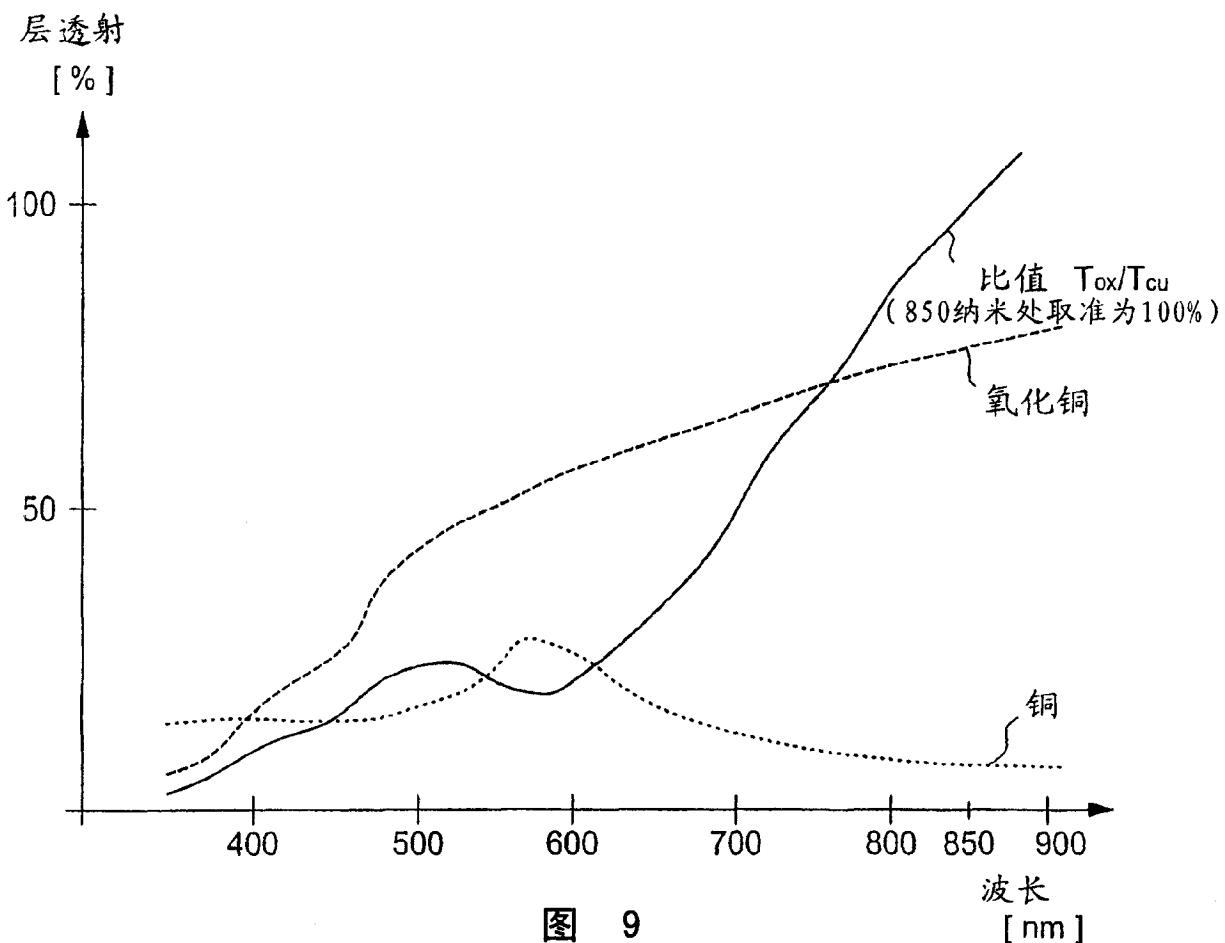


图 9