



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114674748 A

(43) 申请公布日 2022.06.28

(21) 申请号 202210342975.7

(22) 申请日 2022.04.02

(71) 申请人 山东大学

地址 250013 山东省青岛市即墨区滨海路  
72号

(72) 发明人 陶继方 郑坤宇 徐茂森

(74) 专利代理机构 青岛华慧泽专利代理事务所  
(普通合伙) 37247

专利代理师 刘娜

(51) Int.Cl.

G01N 21/01 (2006.01)

G01N 21/17 (2006.01)

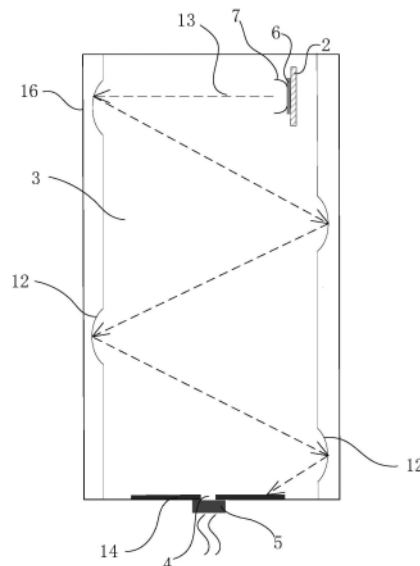
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

## (54) 发明名称

一种基于光路优化的高集成光声气体传感器

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,包括基板、与基板形成密封气室的壳体以及设置于气室内的辐射源,所述气室内的基板上垂直设置有插接板,所述辐射源设置于所述插接板上;所述气室内远离辐射源的壳体内侧壁上设置吸光结构,所述气室的壳体内侧壁上设有数个弧面反射结构,所述弧面反射结构分布于气室的壳体内侧壁的上下各个位置,所述辐射源发出的光经过数个弧面反射结构反射后到达吸光结构;所述气室侧面开设气孔,所述气孔上覆盖防水透气膜;所述气室内位于基板上设置有传声器、ASIC芯片以及控制元件。本发明所公开的光声气体传感器实现了微型化和集成化目的,同时也能提高检测精度、检测灵敏度和检测极限。



1. 一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,包括基板、与基板形成密封气室的壳体以及设置于气室内的辐射源,所述气室内的基板上垂直设置有插接板,所述辐射源设置于所述插接板上;所述气室内远离辐射源的壳体内侧壁上设置吸光结构,所述气室的壳体内侧壁上设有数个弧面反射结构,所述弧面反射结构分布于气室的壳体内侧壁的上下各个位置,所述辐射源发出的光经过数个弧面反射结构反射后到达吸光结构;所述气室侧面开设气孔,所述气孔上覆盖防水透气膜;所述气室内位于基板上设置有传声器、ASIC芯片以及控制元件。

2. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述辐射源为MEMS光源,采用QFN形式封装,且位于MEMS光源外侧设置有聚光镜。

3. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述辐射源为激光芯片。

4. 根据权利要求2或3所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述辐射源外侧安装有透光的绝热外壳。

5. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述传声器外侧安装有遮光外壳。

6. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述传声器和辐射源采用裸芯片形式封装。

7. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述基板和插接板为PCB板。

8. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述气室的壳体为金属材质或塑料材质且内壁镀膜。

9. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述防水透气膜为具有筛选分子功能的分子筛膜。

10. 根据权利要求1所述的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,其特征在于,所述气孔和吸光结构位于气室壳体的同一内侧壁上。

## 一种基于光路优化的高集成光声气体传感器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光声测量领域,特别涉及一种基于光路优化的高集成光声气体传感器。

### 背景技术

[0002] 随着社会的不断发展,人们在生产生活中接触到的气体种类愈发繁杂,气体浓度检测对生产生活有着日益重要的影响。传统气体检测方法包括电化学法、电气法、光学法等。其中,基于光学法的气体传感器具有灵敏度高、选择性好等众多优点。

[0003] 光声效应指的是气体吸收调制光后产生声压的现象,其基本理论为由光到热再到声,产生光声信号的过程。一种气体会对某一特定波长的光具有很强的吸收峰,不同种类气体会对不同波长的光具有强吸收峰。气体吸收调制光后发生跃迁,跃迁到激发态的分子以某些形式将这部分能量释放,释放的能量转化为热能。基于光声效应的气体浓度传感器常包括辐射源、气室、密闭光声池、传声器四个结构。在密闭的光声池内,气体吸收调制光源所产生的光信号会产生相同频率的热信号,根据理想气体状态方程,相应会产生相同频率的压力信号,即光声信号。光声信号会随气体浓度增加而增加,因而可根据光声信号的大小检测气体的浓度。

[0004] 传统光声气体传感器尺寸往往较大,以使光具有足够长的光程被气体分子吸收,以保证其检测精度、灵敏度、检测极限等指标。同时,密闭光声池体积往往较大且封装要求较高,使得光声传感器难以微型化。此外,在传统光声气体传感器中辐射源及传声器通常需要经过独立封装后再二次封装到传感器中,这也导致其集成化程度不高、使用复杂、成本较高。

### 发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,以实现微型化、集成化的光声气体传感器,并且兼顾到检测精度、检测灵敏度和检测极限等指标。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0007] 一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,包括基板、与基板形成密封气室的壳体以及设置于气室内的辐射源,所述气室内的基板上垂直设置有插接板,所述辐射源设置于所述插接板上;所述气室内远离辐射源的壳体内侧壁上设置吸光结构,所述气室的壳体内侧壁上设有数个弧面反射结构,所述弧面反射结构分布于气室的壳体内侧壁的上下各个位置,所述辐射源发出的光经过数个弧面反射结构反射后到达吸光结构;所述气室侧面开设气孔,所述气孔上覆盖防水透气膜;所述气室内位于基板上设置有传声器、ASIC芯片以及控制元件。

[0008] 在其中一个技术方案中,所述辐射源为MEMS光源,采用QFN形式封装,且位于MEMS光源外侧设置有聚光镜,用于聚光,以获得近准直出射的光,以满足光路设计的需要。

- [0009] 在另一技术方案中,所述辐射源为激光芯片。
- [0010] 进一步的技术方案中,所述辐射源外侧安装有透光的绝热外壳,防止由于辐射源自身发热产生的热信号对光声信号形成干扰。
- [0011] 进一步的技术方案中,所述传声器外侧安装有遮光外壳,可以屏蔽光对传声器产生的干扰。
- [0012] 上述方案中,所述传声器和辐射源采用裸芯片形式封装。
- [0013] 上述方案中,所述基板和插接板为PCB板。
- [0014] 上述方案中,所述气室的壳体为金属材质或塑料材质且内壁镀膜。
- [0015] 进一步的技术方案中,所述防水透气膜为具有筛选分子功能的分子筛膜,可以起到隔绝水汽等干扰气体的作用,并可以使得待检测气体进入;还可以实现不同种类气体的选择进入。
- [0016] 上述方案中,所述气孔和吸光结构位于气室壳体的同一内侧壁上,可以减小对光反射的影响。
- [0017] 通过上述技术方案,本发明提供的一种基于光路优化的新型光声气体传感器具有如下有益效果:
- [0018] 1、本发明气室的壳体内侧壁上设有数个弧面反射结构,弧面反射结构分布于气室的壳体内侧壁的上下各个位置,设置于插接板上的辐射源发出的光经过数个弧面反射结构的反射,可以使得光具有足够长的光程被气体分子吸收,有利于检测到浓度很低的待测气体。
- [0019] 2、本发明省略了传统的密闭光声池,将气室与密闭光声池合并,大大降低了尺寸,避免了密闭光声池的复杂封装。
- [0020] 3、本发明将辐射源、传声器采用裸芯片形式封装,最后与气室整体进行封装,相比于传统各部件独立封装构成复杂系统的形式,本发明所提出的封装方式极大地提高了传感器的集成化、微型化程度,降低了工艺要求。
- [0021] 4.本发明采用在气室的壳体内侧壁上设置弧面反射结构,并将辐射源设置于垂直于基板的插接板上,使得光线在壳体的内侧壁之间进行反射,相比于将辐射源设置于基板上,让光线在基板和顶板之间进行反射的情况,本发明只需要对壳体内侧壁进行处理,节省了单独对基板的处理工序,大量的节省了成本及加工复杂度。

## 附图说明

- [0022] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。
- [0023] 图1为本发明实施例1所公开的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器侧视图;
- [0024] 图2为本发明实施例1所公开的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器俯视图;
- [0025] 图3为本发明实施例2所公开的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器侧视图;
- [0026] 图4为本发明实施例2所公开的一种基于光路优化的高集成光声气体传感器俯视图

图。

[0027] 图中,1、基板;2、插接板;3、气室;4、气孔;5、防水透气膜;6、MEMS光源;7、聚光镜;8、绝热外壳;9、传声器;10、ASIC芯片;11、控制元件;12、弧面反射结构;13、准直光;14、吸光结构;15、激光芯片;16、壳体;17、遮光外壳。

### 具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

#### [0029] 实施例1

[0030] 本发明提供了一种基于光路优化的高集成光声气体传感器,如图1所示,包括基板1、与基板1形成密封气室3的壳体16以及设置于气室3内的辐射源。本实施例中,壳体16为长方体结构,也可以为正方体、半球体等结构。基板1起到承载内部元器件及提供内部元器件间电路连接的作用。气室3侧面壳体16上开设气孔4,用于联通外部气体环境,使气室3内充满待测气体;气孔4上覆盖防水透气膜5,且气室3的壳体16与基板1采用如粘接等气密方式连接,因此在气室3内形成了声密闭结构。防水透气膜5可以选用如聚合物等材料,其特点在于,允许气室3内气体与外界进行交换的同时,还能提供声学的密闭,保留压力的变化。

[0031] 气室3内位于基板1上设置有传声器9、ASIC芯片10以及控制元件11。ASIC芯片10用于对传声器9信号进行控制、前置放大等,控制元件11用于控制辐射源及传声器9。传声器9的选择并不局限于常见的硅基麦克风,硅基电容式麦克风及其他形式的压力传感器等可以起到检测声压信号并将其转换为电信号的元件都是可以选择的,亦即本发明所提供的技术方案适用于任何传声元件。且传声器9可以采用裸芯片形式封装,可以起到简化系统、提升集成度的效果。传声器外侧安装有不影响耦合声音的遮光外壳,可以屏蔽光对传声器产生的干扰。

[0032] 气室3内的基板1上垂直设置有插接板2,插接板2设置于靠近气室3一侧的位置,辐射源设置于插接板2上,本实施例中,辐射源为MEMS光源6,采用QFN形式封装,因MEMS光源6发散角较大,在MEMS光源6外侧的QFN封装管壳上制作聚光镜7,用于聚光,以获得近准直出射的光,以满足光路设计的需要。辐射源外侧安装有透光的绝热外壳8,防止由于辐射源自身发热产生的热信号对光声信号形成干扰。

[0033] 如图2所示,气室3的两个相对的壳体16内侧壁上设有数个弧面反射结构12,弧面反射结构12分布于气室3的壳体16内侧壁的上下各个位置,设置于插接板2上的辐射源发出的光,在整个气室3内的两个壳体16内侧壁之间经过数个弧面反射结构12,按照设计的光路进行多次反射,可以使得光具有足够长的光程被气体分子吸收,有利于检测到浓度很低的待测气体。本发明的气室3的壳体16可以为金属材质,机加工可得到内侧壁上带弧面反射结构12的气室3,然后再进行抛光处理可获得光滑的反射面,对于反射率不太高的金属材质,可以在其表面镀膜(金、铜、铝等)进一步增加反射率;或者壳体16也可以为塑料材质,采用注塑工艺一体形成内侧壁具有弧面反射结构12的气室3,成型后的内侧壁也可得到光滑的反射面,此时需要在内壁进行镀膜(金、铜、铝等),以提高反射率。

[0034] 气室3内远离辐射源的壳体16内侧壁上设置吸光结构14,吸光结构14可以为吸光涂层,如黑胶等具有黑色、表面粗糙特性的物质;辐射源发出的光经过数个弧面反射结构12

反射后到达吸光结构14,并最终被吸光结构14所吸收,设计吸光结构14的目的则是在于防止光在气室3内多次反射不能及时被吸收,影响下一次出光后的检测。

[0035] 本实施例中,基板1和插接板2为PCB板,如FR4、有机聚合物、铝基板等。

[0036] 本实施例中,传声器9和辐射源采用裸芯片形式封装,省略了各个器件的独立封装,将各器件置于气室3内,整体封装,极大地提升了集成化、微型化程度。

[0037] 本实施例中,气孔4和吸光结构14位于气室3壳体16的同一内侧壁上,可以减小对光反射的影响。

[0038] 特别的,防水透气膜可以使用具有筛选分子功能的分子筛膜,如沸石等制成的分子筛膜,其特点是分子孔径大于膜物质孔径的气体不能通过分子筛膜,可以起到隔绝水汽等干扰气体的作用,并可以与外界气体环境联通,使得待检测气体可以进入。另外,通过分子筛孔径的控制,还可以实现不同种类气体的选择进入。

[0039] 实施例2

[0040] 与实施例1相比,本实施例的不同之处在于,辐射源选用激光芯片15,例如可以集成的垂直腔面发射激光器(vcse1),如图3和图4所示,因激光芯片15本身可获得准直光13,并不需要聚光镜7设计。

[0041] 另外,对于辐射源的选择是多样的,光路设计的形式也是多样的,并不限制于本发明所举例说明壳体16形状。只要是可将可以发射准直光13的辐射源采用本发明提出的三维立体形式封装,并设计侧壁间多次反射结构进行光路优化的设计,均属于本发明的保护范围。

[0042] 本发明的光声气体传感器的检测原理如下:

[0043] 当气室3内没有检测气体时,辐射源所产生的光信号在气室3内不会被吸收,因此就不会产生相应的热信号,无声压信号产生。当气室3中存在检测气体时,检测气体会吸收部分光线,因此,气室3内会产生对应的声压信号,被传声器9检测并输出。根据光声理论,在本实施例中,随着外部环境中检测气体浓度增加,光声信号增加;根据输出光声信号的大小便可反推检测气体浓度。

[0044] 光路优化设计多次反射的有益效果则是,集成光声传感器由于壳体16尺寸常常较小且未经过光路优化,导致无法检测较低目标气体浓度。而本发明所设计的光路优化结构使得检测气体与光因光的多次反射得以充分接触吸收,因而最终产生的声信号将较为明显。

[0045] 显见,未经光路优化设计的光声气体传感器,受到检测精度、检测极限与检测灵敏度的限制导致其难以做到微型化、集成化;反之小尺寸的光声气体传感器其检测精度、灵敏度、极限等指标并不理想。得益于气室3的设计与辐射源三维立体形式的封装,本发明中光在气室3侧壁间多次反射起到了光路优化的效果,在小的尺寸内,其平均光程却不输于大尺寸传统光声传感器。在实现微型化、集成化的同时,兼顾到检测极限、检测灵敏度、检测精度等指标。同时,相比于辐射源放置于基板1,通过在基板1上进行电镀等形式获得基板1、气室3间的反射结构,本发明省去了基板1处理工序,大量的节省了成本及加工复杂度。同时气室3采用如注塑工艺制造,兼顾到成本的降低。在相同性能指标下,尺寸是以往传统光声传感器的20%~40%左右。

[0046] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的

一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

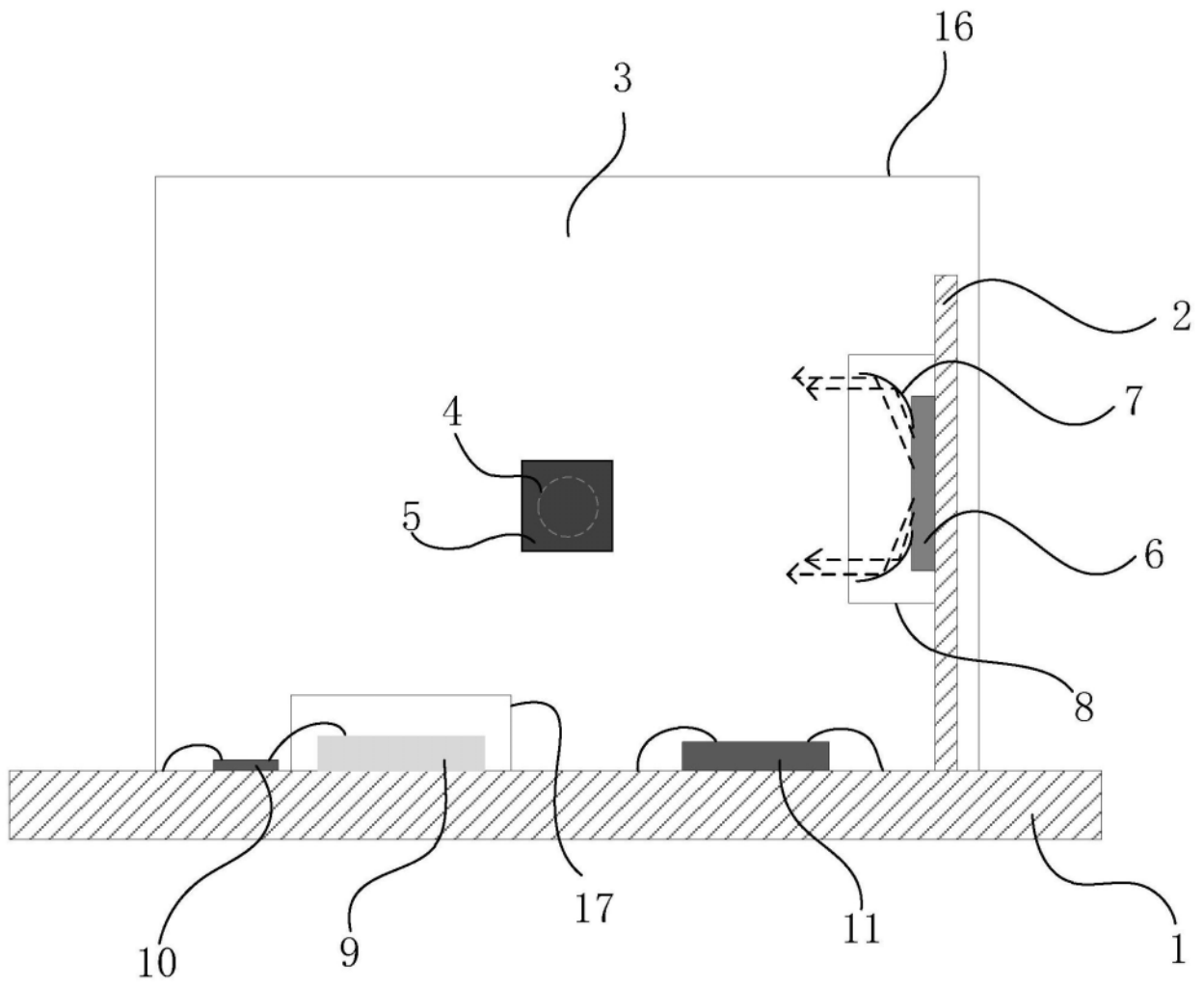


图1



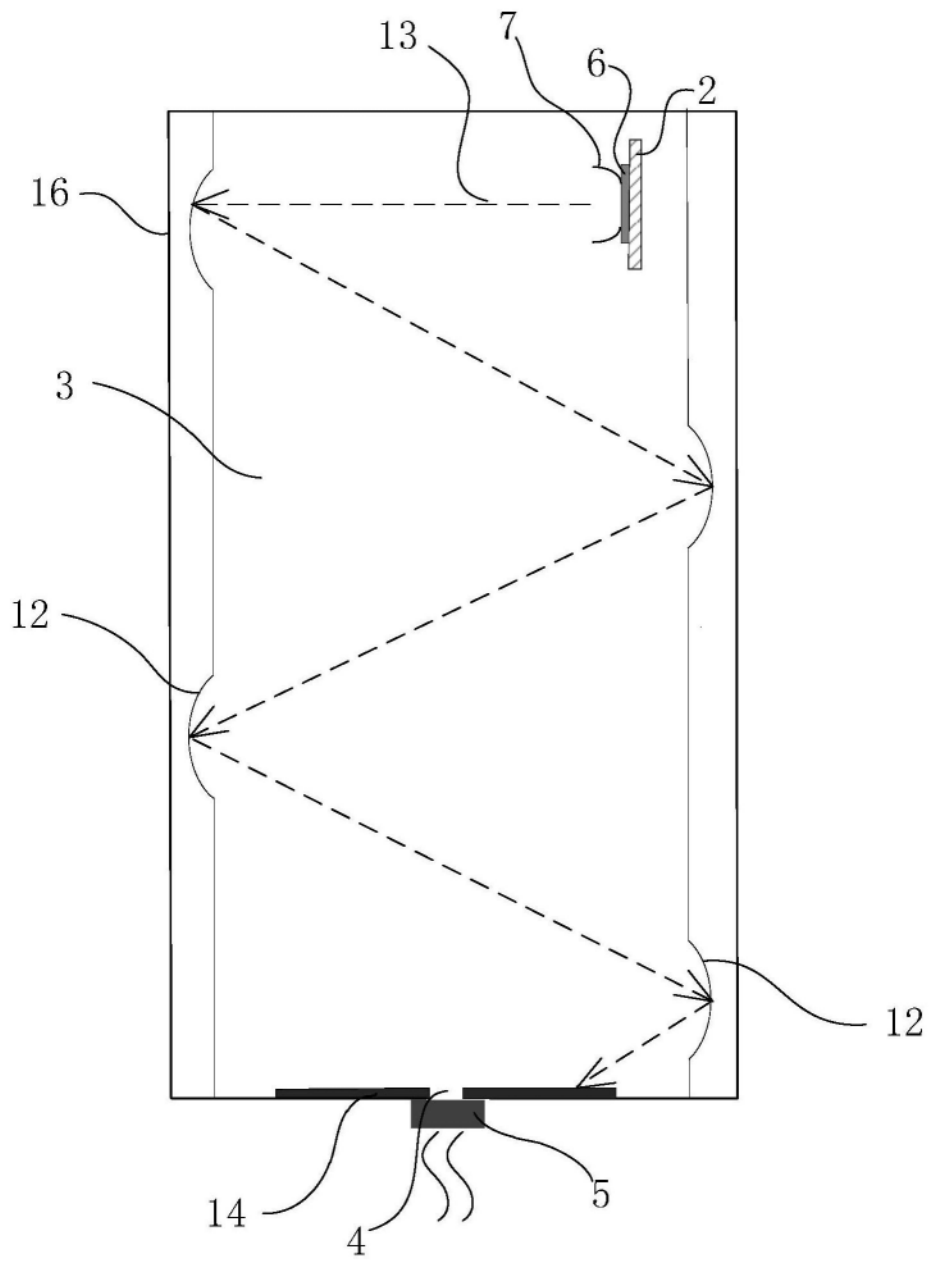


图2

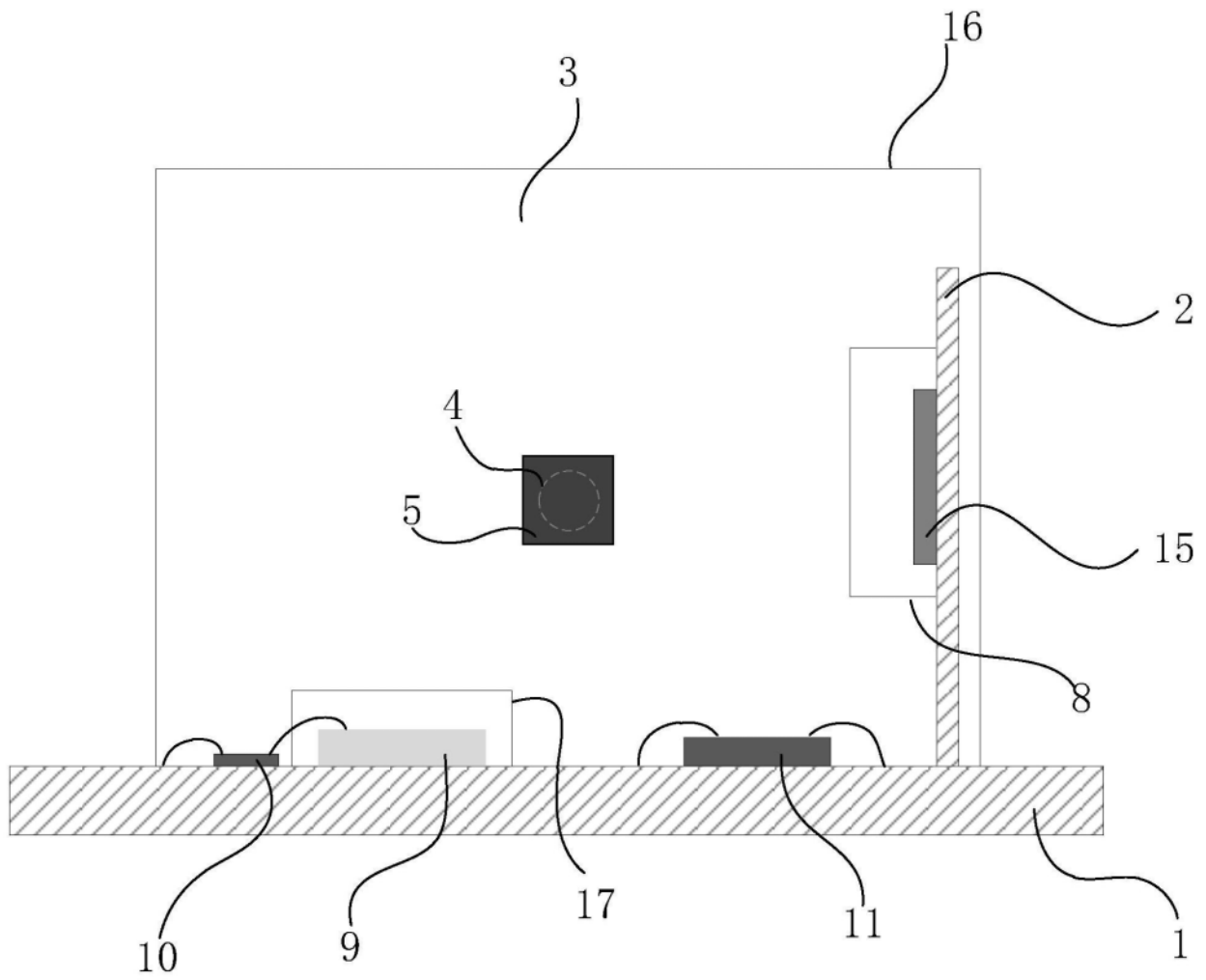


图3

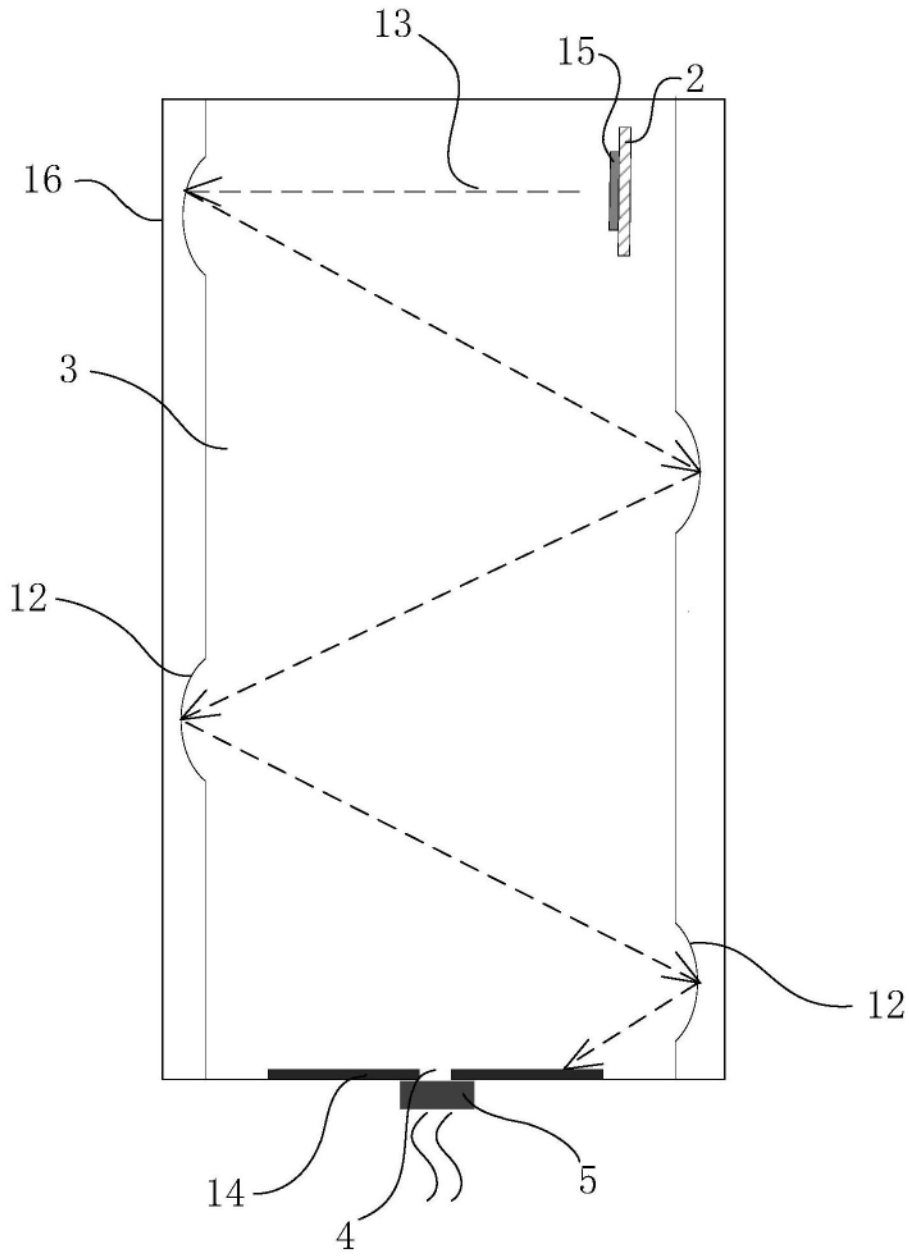


图4