

1. 一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于,包括:

可调谐振腔,用于对所述量子点单光子源的结构进行调整进而提高单光子的提取效率,包括上反射层、下反射层及分别紧贴所述上反射层和所述下反射层并允许光通过的厚度可调的弹性层组成,紧贴所述上反射层的弹性层和紧贴所述下反射层的弹性层之间形成用于容纳所述量子点层的腔体;

量子点层,设于所述可调谐振腔的所述腔体中并在其表面或中间设有量子点用于产生单光子源;

谐振腔调整装置,利用电压采用直接方式或间接方式对所述可调谐振腔中的一个或两个所述弹性层的厚度进行调整,用于调整所述可调谐振腔的腔长以提高单光子的提取效率。

2. 根据权利要求1所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述量子点层设于所述腔体中并与两侧的所述弹性层紧密贴合。

3. 根据权利要求2所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述上反射层和下反射层为DBR反射层,所述DBR反射层为由两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料交替生长制得。

4. 根据权利要求3所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述DBR反射层由 $\text{Al}_{10.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料交替生长制得。

5. 根据权利要求1或3所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述下反射层的反射率高于所述上反射层。

6. 根据权利要求2所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述弹性层为由弹性透明高聚物制成。

7. 根据权利要求6所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于,所述谐振腔调整装置包括:压电器件及压电控制器,所述压电器件包括压电材料,所述压电控制器控制所述压电器件进行伸缩,所述压电器件与所述可调谐振腔的所述上反射层和所述下反射层相连接;所述压电控制器将电压直接作用于所述压电器件并实现对所述弹性层的厚度进行调整。

8. 根据权利要求2所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述弹性层为透明的压电材料层,所述谐振腔调整装置与所述压电材料层相连,所述压电材料层在所述谐振腔调整装置控制下使谐振腔进行伸缩直接调整所述可调谐振腔的腔长。

9. 根据权利要求8所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述谐振腔调整装置为压电控制器,所述压电控制器将电压直接作用与至少一个所述弹性层上,用于对所述弹性层的厚度进行调整。

10. 根据权利要求1所述的一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其特征在于:所述量子点单光子源还包括:

衬底,用于生长所述量子点单光子源中所述可调谐振腔与所述量子点层,缓冲层,设于所述衬底与所述可调谐振腔之间用于使所述可调谐振腔更好的生长于所述衬底上。

一种基于可调谐振腔的量子点单光子源

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,尤其是涉及一种基于可调谐振腔的量子点单光子源。

背景技术

[0002] 目前,随着科技的进步产生大量量子点单光子源已经成为了可能,但是如何更好的提升单光子的提取效率是一个迫切需要解决的问题,通常根据我们需要我们会选择不同的谐振腔来提高单光子的提取效率,但是某种谐振腔一旦制备,谐振频率就会被固定,无法进行大范围调节。而通过电场力等其他方式作用来增加量子点的频率或谐振频率的调节范围又会导致样品结构更加复杂,不利于制备理想样品的成功率。

[0003] 量子点单光子源就是利用量子点产生单光子源,原理就是在激光脉冲的作用下产生的激子进入一个量子点后,量子点吸收一个光子后再吸收第二个光子的可能性大大降低,这样就可以产生单光子源。利用量子点脉冲共振激发已经实现了单光子性和全同性接近百分之百的要求,但是由于量子点材料的折射率问题导致单光子源的提取效率非常低,现有的方式都是利用不同的谐振腔或者通过几何光学方法,增大全反射角,从而提高收集效率。

[0004] 如中国专利公开号CN111785816A于2020年10月16日公开了一种基于DBR的量子点谐振腔器件,其包括:衬底;缓冲层,位于所述衬底的上;电流扩散层,位于所述缓冲层上;多孔DBR层,位于所述n-GaN电流扩散层上,作为谐振腔底部反射镜;相位调整层,位于所述多孔DBR层上,用于调整谐振腔内部电场分布,增大谐振腔的谐振效果;量子点有源层,位于所述相位调整层上;量子点保护层,位于所述量子点有源层上;以及介质层,多周期结构,位于所述量子点保护层上,作为谐振腔顶部反射镜。但是如现有技术中的量子点器件,其谐振腔也是固定而不可调的,一经制备其谐振频率将无法改变,若想要改变量子点的频率或谐振频率只能通过外加电场力等方式进行调整,但这无疑会增加器件结构的复杂度。

[0005] 又如中国专利公开号CN110190510A于2019年8月30日公开了一种基于半导体量子点自组装的光学谐振腔及其制备方法,该光学谐振腔是由CdSe量子点自组装而成的球状结构。本发明的光学谐振腔可同时作为谐振腔和增益介质使用,是实现单模激光的理想材料。虽然其通过制备新的形状的谐振腔,改善了相应的性能,但是其仍旧具有已相当的局限性,无法对谐振腔的腔长等进行按需求调整,无法进行大范围的调节。

发明内容

[0006] 为解决上述问题,本发明提供了一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,其谐振腔可以根据需要在较大的范围内根据需要进行相应的调整。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0008] 一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,所述量子点单光源包括,

[0009] 可调谐振腔,用于对所述量子点单光子源的结构进行调整进而提高单光子的提取

效率,包括上反射层、下反射层及分别紧贴所述上反射层和所述下反射层并允许光通过的厚度可调的弹性层组成,紧贴所述上反射层的弹性层和紧贴所述下反射层的弹性层之间形成用于容纳所述量子点层的腔体;

[0010] 量子点层,设于所述可调谐振腔的所述腔体中并在其表面或中间设有量子点用于产生单光子源;

[0011] 谐振腔调整装置,利用电压采用直接方式或间接方式对所述可调谐振腔中的一个或两个所述弹性层的厚度进行调整,用于调整所述可调谐振腔的腔长以提高单光子的提取效率。

[0012] 作为优选,所述量子点层设于所述腔体中并与两侧的所述弹性层贴合。

[0013] 作为优选,所述上反射层和下反射层为DBR反射层,所述DBR反射层为由两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料交替生长制得。

[0014] 作为优选,所述DBR反射层由 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料交替生长制得。

[0015] 作为优选,所述下反射层的反射率高于所述上反射层。

[0016] 为实现下反射层的反射率高于上反射层,通常采用下反射层的 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料交替生长层数远多于上反射层实现,具体如下反射层包括10对 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料交替生长层,而上反射层仅包括5对 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料交替生长层。

[0017] 作为优选,所述弹性层为由弹性透明高聚物制成。

[0018] 作为优选,所述谐振腔调整装置包括:压电器件及压电控制器,所述压电器件包括压电材料,所述压电控制器控制所述压电器件进行伸缩或振动,所述压电器件与所述可调谐振腔相连接,用于带动所述谐振腔进行伸缩。

[0019] 当弹性层由弹性透明高聚物制成时,需要额外在谐振腔外设置包括压电器件在内的谐振腔控制装置,通过压电器件在电作用下产生形变进而带动弹性层发生形变,改变谐振腔的腔长,最终获得可调谐振腔。

[0020] 作为优选,所述弹性层为透明的压电材料层,所述谐振腔调整装置与所述压电材料层相连,所述压电材料层在所述谐振腔调整装置控制下使谐振腔进行伸缩直接调整所述可调谐振腔的腔长。

[0021] 作为优选,所述谐振腔调整装置为压电控制器。

[0022] 当弹性层为透明压电材料制得的压电材料层时,谐振腔控制装置中就只包括压电控制器,压电控制器直接控制压电材料层产生形变直接改变谐振腔的腔长,获得可调谐振腔;而该情况下,压电材料可以选用透明的压电单晶材料或者透明的具有压电性能的高聚物材料,如PVDF等;此外这种情况下还需要在压电材料上下表面设置透明导电层,如ITO导电层等。

[0023] 作为优选,所述量子点单光子源还包括:

[0024] 衬底,用于生长所述量子点单光子源中所述可调谐振腔与所述量子点层,

[0025] 缓冲层,设于所述衬底与所述可调谐振腔之间用于使所述可调谐振腔更好的生长于所述衬底上。

[0026] 因此,本发明具有以下有益效果:

[0027] 本发明中可调谐振腔是与量子点层本身是分离的,因此可调谐振腔可以更好的找

到腔膜的中心,因为量子点在位于腔膜中心的时候可以实现更好的耦合效率,同样对量子点的发射效率也会起到很大的提升,这样就能够最大程度的发挥腔的耦合作用;

[0028] 本发明利用可调谐振腔来提高量子点单光子源的提取效率,量子点单光子源的产生和可调谐振腔是分离的状态,这样一个高品质的可调谐振腔就可以不断的进行谐振频率位置和周期的调节,以达到微腔结构对量子点进行更好的耦合从而提高单光子源的提取效率。

[0029] 与现有技术相比,本发明中单光子源发射和收集效率更高,量子点和谐振腔可以更好地提高耦合效率,此外能够尽可能的减小实际制作过程中的非理想工艺偏差。

附图说明

[0030] 图1为本发明实施例1中量子点单光子源的结构示意图;

[0031] 图2为本发明实施例2中量子点单光子源的结构示意图;

[0032] 图中,可调谐振腔1,上DBR反射层11,下DBR反射层12,弹性层13,量子点层2,谐振腔调整装置3,压电器件31,压电控制器32,导线33,固定胶34,衬底4,缓冲层5。

具体实施方式

[0033] 下面结合具体实施方式对本发明的技术方案作进一步的说明。

[0034] 显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0035] 在本发明中,若非特指,所有的设备和原料均可从市场上购得或是本行业常用的,下述实施例中的方法,如无特别说明,均为本领域常规方法。

[0036] 实施例

[0037] 一种基于可调谐振腔的量子点单光子源,所述量子点单光源包括,

[0038] 可调谐振腔,用于对所述量子点单光子源的结构和性能进行调整进而提高单光子的提取效率;

[0039] 量子点层,设于所述可调谐振腔中间并在其表面或中间设有量子点用于产生单光子源;

[0040] 谐振腔调整装置,用于控制所述谐振腔进行伸缩进而调整所述可调谐振腔的腔长;

[0041] 衬底,用于生长所述量子点单光子源中所述可调谐振腔与所述量子点层;

[0042] 缓冲层,设于所述衬底与所述可调谐振腔之间用于使所述可调谐振腔更好的生长于所述衬底上。

[0043] 其中,所述可调谐振腔具体由上DBR反射层、下DBR反射层及分别紧贴所述上DBR反射层和所述下DBR反射层并允许光通过的弹性层组成,紧贴所述上DBR反射层的弹性层和紧贴所述下DBR反射层的弹性层之间还设有用于容纳所述量子点生长层的腔体,所述量子点层设于所述腔体中并与两侧的所述弹性层贴合;所述上DBR反射层和下DBR反射层都由 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 材料和 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 材料交替生长制得;所述下反射层的反射率高于所述上反射层,具体而言,下反射层的 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 材料和 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 材料交替生长层数远多于上反射

层。

[0044] 所述弹性层为由弹性透明高聚物制成；所述谐振腔调整装置包括：压电器件及压电控制器，所述压电控制器控制所述压电器件进行伸缩或振动，所述压电器件与所述可调谐振腔相连接，用于带动所述谐振腔进行伸缩；

[0045] 或者，

[0046] 所述弹性层为透明的压电材料层，所述谐振腔调整装置与所述压电材料层相连，所述压电材料层在所述谐振腔调整装置控制下使谐振腔进行伸缩直接调整所述可调谐振腔的腔长，所述谐振腔调整装置为压电控制器。

[0047] 实施例1

[0048] 如图1所述，一种基于可调谐振腔的量子点单光子源，包括可调谐振腔1、用于产生单光子源的量子点层2、谐振腔调整装置3、用于生长所述可调谐振腔1与所述量子点层2的衬底4及位于所述衬底4和可调谐振腔值1之间的缓冲层5。本实施例中衬底4选择GaAs衬底，缓冲层5材料为GaAs，量子点层2中生长的量子点为InAs量子点。

[0049] 具体地，所述可调谐振腔地量子点单光子源从下至上依次包括，衬底4、缓冲层5、下DBR反射层12、弹性层13、量子点层2、弹性层13和上DBR反射层11，其中下DBR反射层、弹性层、弹性层和上DBR反射层构成所述的可调谐振腔1，同时两个弹性层之间形成一个空腔，用于设置所述的量子点层2，但是实际上在本发明可调谐振腔的量子点单光子源制备过程中，衬底4、缓冲层5、下DBR反射层12、弹性层13、量子点层2、弹性层13和上DBR反射层11是依次制备的，本发明中将所述可调谐振腔与所述量子点层分开仅仅是为了方便所采用的描述手法；其中，上DBR反射层11和下DBR反射层12由两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料交替生长，在本实施例中两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料分别选用 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 材料和 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 材料，并且以一层 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 材料与一层 $Al_{0.1}Ga_{0.9}As$ 材料组成的结构为一个周期结构，不论是上DBR反射层11还是下DBR反射层12都具有多个该周期结构，同时为了使得所述下DBR反射层12的反射率高于上DBR反射层11的反射率，所述下DBR反射层12相较于上DBR反射层11具有更多的该周期结构；本实施例中弹性层13为透明硅橡胶层，所述谐振腔调整装置3包括压电器件31和压电控制器32，压电器件31与由上述结构组成的可调谐振腔1的侧面相连接，具体为采用固定胶34将压电器件31的上侧面与上DBR反射层11或与上DBR反射层相邻的弹性层13粘结在一起，同将压电器件的下侧面与下DBR反射层12或与下DBR反射层相邻的弹性层13粘结在一起，这样在压电器件受电场作用下产生纵向偏移量时带动所述弹性层发生伸缩，进而改变所述可调谐振腔1的腔长；压电器件31中的压电材料具体可以选用具有适当压电性能的包括但不限于压电单晶、压电陶瓷和压电高聚物等压电材料；压电控制器32实际上就是一个电压控制器，通过导线33与压电器件上下表面电极相连，控制输出于压电器件31两端的电压进而控制压电器件31产生的纵向偏移量。

[0050] 实施例2

[0051] 如图2所述，一种基于可调谐振腔的量子点单光子源，包括可调谐振腔1、用于产生单光子源的量子点层2、谐振腔调整装置3、用于生长所述可调谐振腔1与所述量子点层2的衬底4及位于所述衬底4和可调谐振腔值1之间的缓冲层5。本实施例中衬底4选择GaAs衬底，缓冲层5材料为GaAs，量子点层2中生长的量子点为InAs量子点。

[0052] 具体地，所述可调谐振腔地量子点单光子源从下至上依次包括，衬底4、缓冲层5、

下DBR反射层12、弹性层13、量子点层2、弹性层13和上DBR反射层11,其中下DBR反射层、弹性层、弹性层和上DBR反射层构成所述的可调谐振腔1,同时两个弹性层之间形成一个空腔,用于设置所述的量子点层2,但是实际上在本发明可调谐振腔的量子点单光子源制备过程中,衬底4、缓冲层5、下DBR反射层12、弹性层13、量子点层2、弹性层13和上DBR反射层11是依次制备的,本发明中将所述可调谐振腔与所述量子点层分开仅仅是为了方便所采用的描述手法;其中,上DBR反射层11和下DBR反射层12由两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料交替生长,在本实施例中两种不同掺杂度的掺铝砷化镓材料分别选用 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料和 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料,并且以一层 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 材料与一层 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 材料组成的结构为一个周期结构,不论是上DBR反射层11还是下DBR反射层12都具有多个该周期结构,同时为了使得所述下DBR反射层12的反射率高于上DBR反射层11的反射率,所述下DBR反射层12相较于上DBR反射层11具有更多的该周期结构;本实施例中弹性层为透明的压电材料层,所述谐振腔调整装置仅包括压电控制器32,压电材料层作为弹性层直接与上DBR反射层或下DBR反射层相邻,为了控制压电材料的伸缩,需要在压电材料的上下表面设置由透明导电材料制得的电极,本实施例中透明导电材料选用ITO导电材料,这样在透明压电材料受电场作用下产生纵向偏移量时带动所述可调谐振腔发生伸缩,改变所述可调谐振腔的腔长;压电材料具体可以选用具有适当压电性能并且透明可透光的包括但不限于透明压电单晶和透明压电高聚物的压电材料;压电控制器实际上就是一个电压控制器,通过导线33与透明压电材料上下表面的电极相连,控制输出与压电材料两端的电压进而控制压电材料产生的纵向偏移量。

[0053] 应当理解的是,对于本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

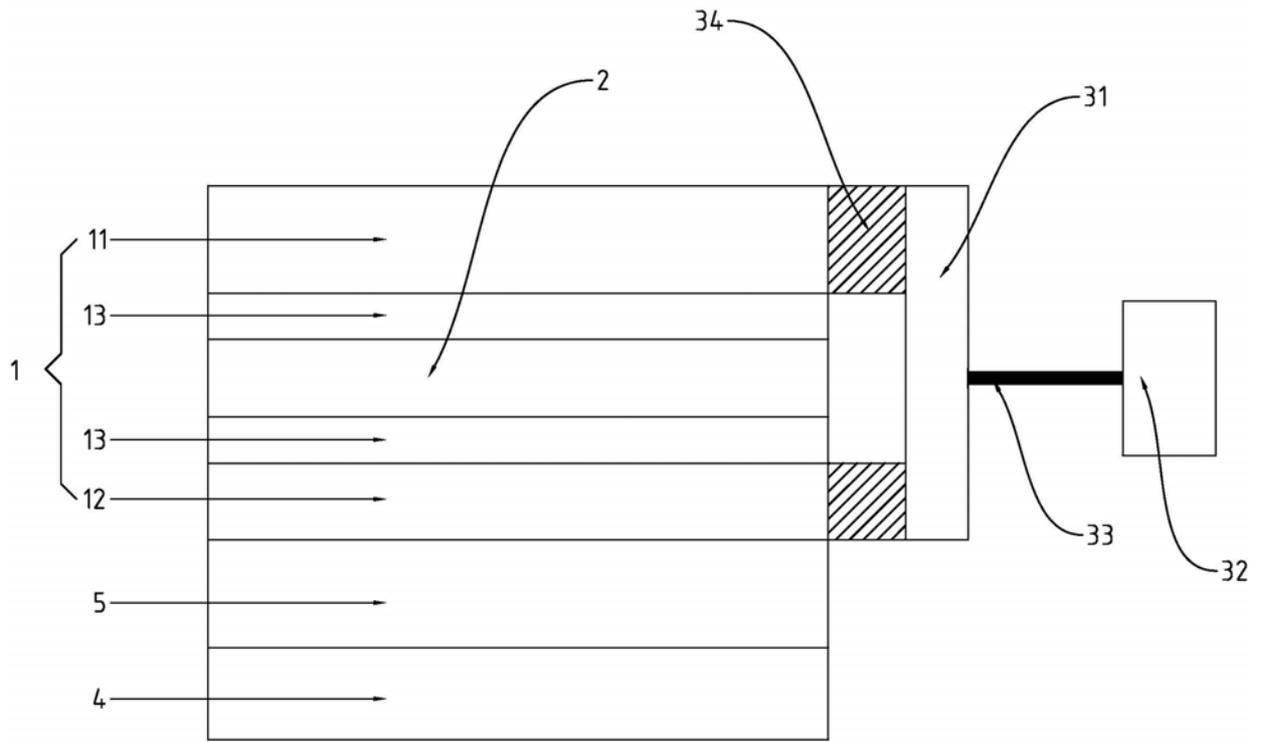


图1

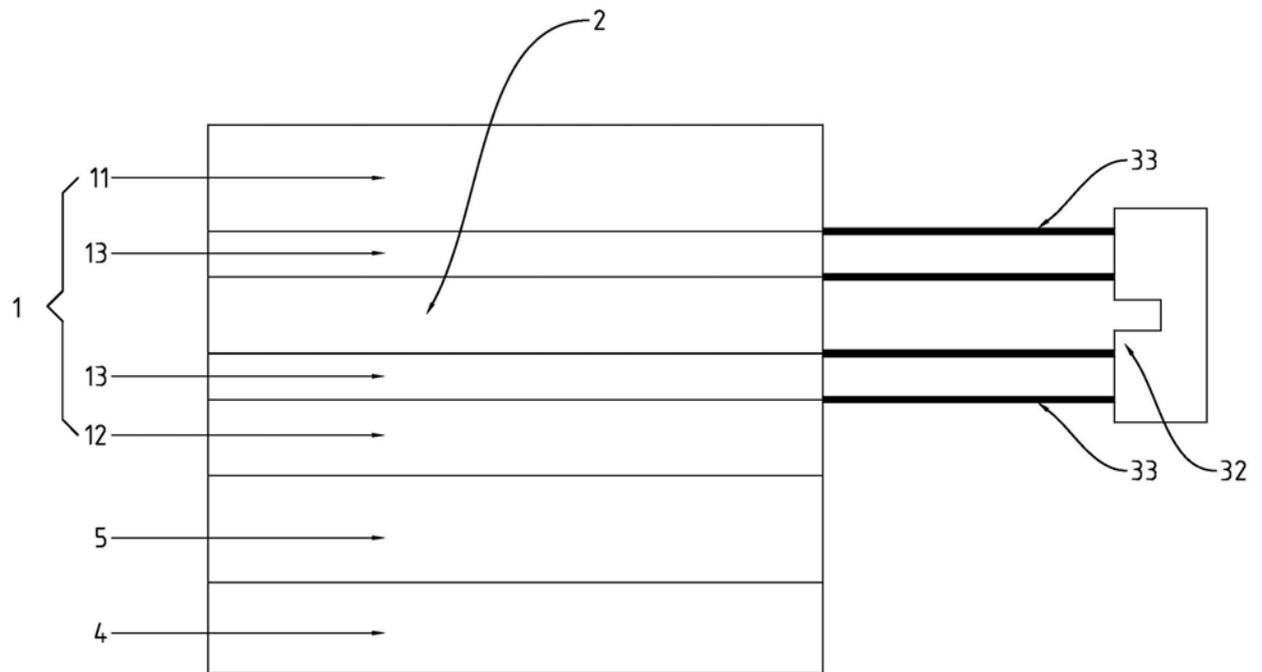


图2