



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109378709 A

(43)申请公布日 2019.02.22

(21)申请号 201811529496.6

H01S 5/065(2006.01)

(22)申请日 2018.12.13

(71)申请人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35号

(72)发明人 李川川 韦欣 李健 汪超

廖文渊

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 张宇园

(51)Int.Cl.

H01S 5/42(2006.01)

H01S 5/30(2006.01)

H01S 5/20(2006.01)

H01S 5/183(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

柔性VCSEL阵列器件及其制备方法

(57)摘要

本发明提供了一种柔性VCSEL阵列器件及其制备方法,属于半导体激光器领域。本发明的主要结构包括VCSEL阵列和柔性基底,所述VCSEL阵列是由柔性VCSEL单元组成,去除衬底后器件激光波长可为紫外光至红外光。其制备方法包括:制备VCSEL阵列单元外延结构;在所述VCSEL阵列单元上制备上电极,并实现电极互连;在所述上电极上粘接嫁接基底;剥离所述外延结构的衬底;制备下电极并形成欧姆接触;将所述下电极与柔性基底粘接,并去除所述嫁接基底。本发明提供的激光器具可弯曲形变、环境适应力强、制备工序简便、可实现大面阵集成、亦可实现不同阵列单独控制、通过压力形变实现偏振模式选择等特点。



1. 一种柔性VCSEL阵列器件制备方法,包括:
制备VCSEL阵列单元外延结构;
在所述VCSEL阵列单元上制备上电极(11),并实现电极互连;
在所述上电极(11)上粘接嫁接基底(10);
剥离所述外延结构的衬底(8);
在所述VCSEL阵列单元底部制备下电极(13)并形成欧姆接触;
将所述下电极(13)与柔性基底(14)粘接,并去除所述嫁接基底(10)。
2. 根据权利要求1所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述制备VCSEL阵列单元外延结构包括:
在衬底(8)上生长VCSEL外延结构;
在所述外延结构上制备光刻掩膜图形,以定义出VCSEL阵列单元结构的台面;
制备光学电学限制层(4)形成孔径。
3. 根据权利要求2所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述生长VCSEL外延结构包括:生长腐蚀停止层(7)、下电极接触层(6)、下DBR(5)、光学电学限制层(4)、有源层(3)、上DBR(2)和上电极接触层(1);其中,所述腐蚀停止层(7)生长在所述衬底(8)上,所述下电极接触层(6)生长在所述生长腐蚀停止层(7)上,所述下DBR(5)生长在所述下电极接触层(6)上,所述光学电学限制层(4)生长在所述下DBR(5)与所述有源层(3)之间和/或所述有源层(3)与所述上DBR(2)之间,所述上电极接触层(1)生长在所述上DBR(2)上。
4. 根据权利要求3所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述VCSEL有源区(3)激光波长为紫外至红外。
5. 根据权利要求3所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述生长上DBR(2)和下DBR(5)为GaAs与AlGaAs材料或AlAsSb与GaSb材料交替生长。
6. 根据权利要求2所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述制备光学电学限制层孔径(4)的方法为湿法氧化或者质子注入,且所述孔径为菱形或圆形。
7. 根据权利要求1所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,在所述VCSEL阵列单元上生长上电极(11),并实现电极互连包括:
在所述外延结构上表面生长上电极(11),并形成欧姆接触;
在所述阵列单元台面侧壁由SiO₂或SiN_x做钝化层,并在各阵列单元间填充柔性聚合物(12)或上电极(11)的金属材料;
通过互连电极(9)或上电极(11)自身图形使上电极(11)实现电极互连;
在柔性材料表面,阵列外侧形成互连线 and 接口。
8. 根据权利要求1所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,在所述上电极(11)上粘接嫁接基底(10)包括:在所述VCSEL阵列表面旋涂柔性绝缘材料或者光刻胶,使其与嫁接基底(10)粘接。
9. 根据权利要求8所述的柔性VCSEL阵列器件制备方法,其特征在于,所述旋涂的柔性绝缘材料为含有萘醌及其衍生物的光刻胶或聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸甲酯。
10. 一种柔性VCSEL阵列器件,其特征在于,包括:柔性基底(14)和柔性VCSEL阵列单元;其中,所述柔性VCSEL阵列的各单元分布在所述柔性基底(14)上。
11. 根据权利要求10所述的柔性VCSEL阵列器件,其特征在于,所述柔性基底(14)为柔

性金属材料或形状记忆聚合物。

12. 如权利要求10所述的柔性VCSEL及制备方法,其特征在于,通过VCSEL阵列单元图形设计,实现单面或者双面电极控制。

13. 根据权利要求11所述的柔性VCSEL阵列器件,其特征在于,所述柔性金属软材料为金锡混合金属、钢锡混合金属、钢、铜或铝。

14. 根据权利要求11所述的柔性VCSEL阵列器件,其特征在于,所述形状记忆聚合物材料为聚甲基丙烯酸甲酯、乙烯、醋酸乙烯酯聚二甲基硅氧烷、脂肪族或芳香族无规共聚酯。

柔性VCSEL阵列器件及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电子器件制备领域,尤其涉及一种柔性VCSEL阵列器件及其制备方法。

背景技术

[0002] 半导体激光器作为一种新型光源,在众多加工领域有着极其广泛的应用前景。其结构紧凑、光束质量好、寿命长及性能稳定等优势受到青睐,主要作为光纤激光器的泵浦源、固体激光器泵浦源,也可直接应用于激光医疗,材料处理如熔覆、焊接等领域。目前半导体激光器在整个激光领域中发展相对较快,半导体激光器本身的可拓展方向很多,在功率、波长、工作方式等都有很大的拓展空间。半导体激光器自身丰富的特质电使其应用领域较其它种类激光器更广泛,除了泵浦固体、光纤激光器之外,还直接应用于光通讯、材料加工、医疗等很多领域,并且应用领域还在不断扩展,比如近年来引起人们关注的激光雷达、光存储、光陀螺、激光打印、激光显示、传感等,并且新应用也在不断出现。而VCSEL具有体积小、圆形输出光斑、单纵模输出、阈值电流小、价格低廉、易集成为大面积阵列等优点,广泛应用与光通信、光互连、光存储等领域。

[0003] 当前的紫外光至红外光激光器主要都是基于半导体材料制备而成,材料和结构都属刚性,不可形变。随着对半导体激光器应用范围的不断扩展,在生态保护、军事国防、航空航天等方面,对全方位监控系统等要求的显著提高,对能满足复杂环境的超强适应性,小型化、便携化、低功耗的半导体激光器提出了新的要求。

[0004] 集成系统中光电器件(如VCSEL)的微型化,按照一系列力学结构设计将其固定在柔性基体材料上,精妙的设计使得原本刚性的激光器件在无需改变材料本身的条件下,实现宏观尺度下的柔性,并且在不同的环境刺激下能实时形变,可实现器件集成的可塑性、提供了更广阔的应用空间。

发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 鉴于以上技术问题,本发明提供了一种柔性VCSEL阵列器件及其制备方法,以至少部分解决上述技术问题。

[0007] (二)技术方案

[0008] 根据本发明的一方面,提供一种柔性VCSEL阵列器件制备方法,包括:

[0009] 制备VCSEL阵列单元外延结构;

[0010] 在所述VCSEL阵列单元上制备上电极,并实现电极互连;

[0011] 在所述上电极上粘接嫁接基底;

[0012] 剥离所述外延结构的衬底;

[0013] 在所述VCSEL阵列单元底部制备下电极并形成欧姆接触;

[0014] 将所述下电极与柔性基底粘接,并去除所述嫁接基底。

- [0015] 在进一步的实施方案中,所述制备VCSEL阵列单元外延结构包括:
- [0016] 在衬底上生长VCSEL外延结构;
- [0017] 在所述外延结构上制备光刻掩膜图形,以定义出VCSEL阵列单元结构的台面;
- [0018] 制备光学电学限制层形成孔径。
- [0019] 在进一步的实施方案中,所述生长VCSEL外延结构包括:生长腐蚀停止层、下电极接触层、下DBR、光学电学限制层、有源层、上DBR和上电极接触层;其中,所述腐蚀停止层生长在所述衬底上,所述下电极接触层生长在所述生长腐蚀停止层上,所述下DBR生长在所述下电极接触层上,所述光学电学限制层生长在所述下DBR与所述有源层之间和/或所述有源层与所述上DBR之间,所述上电极接触层生长在所述上DBR上。
- [0020] 在进一步的实施方案中,所述VCSEL有源区激射波长为紫外至红外。
- [0021] 在进一步的实施方案中,所述生长上DBR和下DBR为GaAs与AlGaAs材料或AlAsSb与GaSb材料交替生长。
- [0022] 在进一步的实施方案中,所述制备光学电学限制层孔径的方法为湿法氧化或者质子注入,且所述孔径为菱形或圆形。
- [0023] 在进一步的实施方案中,在所述VCSEL阵列单元上生长上电极,并实现电极互连包括:
- [0024] 在所述外延结构上表面生长上电极,并形成欧姆接触;
- [0025] 在所述阵列单元台面侧壁由SiO₂或SiN_x做钝化层,并在各阵列单元间填充柔性聚合物或上电极的金属材料;
- [0026] 通过互连电极或上电极自身图形使上电极实现电极互连;
- [0027] 在柔性材料表面,阵列外侧形成互连线和接口。
- [0028] 在进一步的实施方案中,在所述上电极上粘接嫁接基底包括:在所述VCSEL阵列表面旋涂柔性绝缘材料或者光刻胶,使其与嫁接基底粘接。
- [0029] 在进一步的实施方案中,所述旋涂的柔性绝缘材料为含有萘醌及其衍生物的光刻胶或聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸甲酯。
- [0030] 根据本发明的另一方面,提供一种柔性VCSEL阵列器件,其特征在于,包括:柔性基底和柔性VCSEL阵列单元;其中,所述柔性VCSEL阵列的各单元分布在所述柔性基底上。
- [0031] 在进一步的实施方案中,所述柔性基底为柔性金属材料或形状记忆聚合物。
- [0032] 在进一步的实施方案中,通过VCSEL阵列单元图形设计,实现单面或者双面电极控制。
- [0033] 在进一步的实施方案中,所述柔性金属软材料为金锡混合金属、铜锡混合金属、铟、铜或铝。
- [0034] 在进一步的实施方案中,所述形状记忆聚合物材料为聚甲基丙烯酸甲酯、乙烯、醋酸乙烯酯聚二甲基硅氧烷、脂肪族或芳香族无规共聚聚酯。
- [0035] (三)有益效果
- [0036] 本发明提出的柔性VCSEL阵列器件及其制备方法,具备以下优势:
- [0037] (1)在本发明中,通过改变外延材料体系,可以实现紫外光至红外激光输出。
- [0038] (2)在本发明中,通过改变光学电学限制层图形及尺寸,实现单模或者多模的激光输出。

- [0039] (3) 在本发明中,可以实现大面积阵列集成,也可实现单排阵列单独控制。
- [0040] (4) 本发明为柔性光电器件,可通过压力形变实现偏振模式选择。
- [0041] (5) 本发明可与传感器、探测器等器件集成,可根据实际要求实现大面积阵列集成。
- [0042] (6) 本发明在制备工序上操作简单,形状可以任意设计,具有对复杂环境的超强适应性,实现小型化、便携化、低功耗等,可实现器件集成的可塑性、提供更广阔的应用空间。

附图说明

- [0043] 图1为本发明实施例中,VCSEL外延片的结构示意图;
- [0044] 图2a-图2c为本发明实施例中,在柔性衬底上制备VCSEL阵列示意图;
- [0045] 图3为本发明实施例中,柔性VCSEL阵列器件制备方法流程图。

具体实施方式

[0046] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明作进一步的详细说明。

[0047] 需要说明的是,在附图或说明书描述中,相似或相同的部分都使用相同的图号。附图中未绘示或描述的实现方式,为所属技术领域中普通技术人员所知的形式。另外,虽然本文可提供包含特定值的参数的示范,但应了解,参数无需确切等于相应的值,而是可在可接受的误差容限或设计约束内近似于相应的值。实施例中提到的方向用语,例如“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”“顶”“底”等,仅是参考附图的方向,并非用来限制本发明的保护范围。

[0048] 根据本发明的一个实施例,提供一种柔性VCSEL阵列器件制备方法,如图2a-图2c以及图3所示,包括:

- [0049] 制备VCSEL阵列单元外延结构;
- [0050] 在所述VCSEL阵列单元上制备上电极11,并实现电极互连;
- [0051] 在所述上电极11上粘接嫁接基底10,形成倒装柔性VCSEL阵列器件;
- [0052] 剥离所述外延结构的衬底8;
- [0053] 制备下电极13并形成欧姆接触;
- [0054] 将所述下电极13与柔性基底14粘接,并去除所述嫁接基底10,形成正装柔性VCSEL阵列器件。
- [0055] 在本实施例中,所述制备VCSEL阵列单元外延结构包括:
- [0056] 在衬底8上生长VCSEL外延结构;
- [0057] 在所述外延结构上制备光刻掩膜图形,以定义出VCSEL阵列单元结构的台面;
- [0058] 制备光学电学限制层4形成孔径。
- [0059] 其中,所述衬底8为适合用于VCSEL器件生长材料的衬底即III-V族半导体衬底,其材料为:GaAs、InP、GaSb或GaN。

[0060] 其中,所述生长VCSEL外延结构的方法为金属氧化物化学气相沉积(MOCVD)方法或分子束外延(MBE)方法。其中,如图1所示,所述生长VCSEL外延结构包括:生长腐蚀停止层7、下电极接触层6、下DBR5、光学电学限制层4、有源层3、上DBR2和上电极接触层1;其中,所述

腐蚀停止层7生长在所述衬底8上,所述下电极接触层6生长在所述生长腐蚀停止层7上,所述下DBR5生长在所述下电极接触层6上,所述光学电学限制层4生长在所述下DBR5与所述有源层3之间和或所述有源层3与所述上DBR2之间,所述上电极接触层1生长在所述上DBR2上。

[0061] 其中,所述生长上DBR2和下DBR5为使用GaAs与AlGaAs材料或AlAsSb与GaSb材料或GaN与InGaN材料或InP与InAlP/InGaAsP材料交替生长。其中,所述VCSEL有源区激光波长紫外至红外。

[0062] 其中,所述制备光学电学限制层孔径的方法可以为但不局限于湿法氧化或者质子注入方法,且所述孔径可以为但不局限于菱形或圆形,所述且所述VCSEL阵列器件可通过调整光学电学限制结构尺寸实现单模或多模激光输出。

[0063] 在本实施例中,在所述VCSEL阵列单元上生长上电极11,并实现电极互连包括:

[0064] 在所述外延结构上表面生长上电极11,并形成欧姆接触;

[0065] 在所述阵列单元台面侧壁由SiO₂或SiN_x做钝化层,并在各阵列单元间填充柔性聚合物12或上电极11的金属材料;

[0066] 通过互连电极9或上电极11自身图形使上电极11实现电极互连;

[0067] 在柔性材料表面,阵列外侧形成互连线 and 接口。

[0068] 在本实施例中,在所述上电极11上粘接嫁接基底10包括:在所述VCSEL阵列表面旋涂柔性绝缘材料或者光刻胶,使其与嫁接基底10粘接。其中,所述旋涂的柔性绝缘材料为含有萘醌及其衍生物的光刻胶或聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸甲酯等。

[0069] 在本实施例中,对倒装阵列来说,在阵列表面进行柔性绝缘材料旋涂,使柔性基底与阵列相连;对正装阵列来说,在阵列表面旋涂高温光刻胶或高温聚合物,使其与嫁接衬底相连

[0070] 在本实施例中,所述剥离所述外延结构的衬底8为采用但不局限于湿法腐蚀、干法刻蚀、化学研磨或激光剥离的方式,实现阵列外延衬底8和腐蚀停止层7剥离。其中,所述腐蚀停止层7可便于衬底8的剥离,其材料为AlAs或GaInP。

[0071] 根据本发明的另一个实施例,提供一种柔性VCSEL阵列器件,包括:柔性基底14和柔性VCSEL阵列单元;其中,所述各柔性VCSEL阵列单元分布在所述柔性基底14上。

[0072] 其中,所述柔性VCSEL阵列单元为由上述制备方法制备而成的柔性VCSEL阵列单元。

[0073] 所述柔性基底14作为本器件制作中可以形变的载体,其材料为柔性材料金属或形状记忆聚合物。

[0074] 此外,在本发明中,所述柔性金属软材料为铜片或铝片等延展性金属,可实现单面或者双面电极控制;所述形状记忆聚合物材料为聚甲基丙烯酸甲酯、乙烯与醋酸乙烯酯共聚物等或其他柔性材料如聚二甲基硅氧烷、脂肪族或芳香族无规共聚聚酯等。

[0075] 本发明提供的柔性VCSEL阵列激光器器件具可弯曲形变、环境适应力强、制备工序简便、可实现大面阵集成、亦可实现不同阵列单独控制、通过压力形变实现偏振模式选择等特点。本发明制备的柔性VCSEL阵列激光器器件在很多领域具有应用前景,如全方位监控、生物医学、激光雷达、激光泵浦和光纤通信等。

[0076] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在

本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



图1

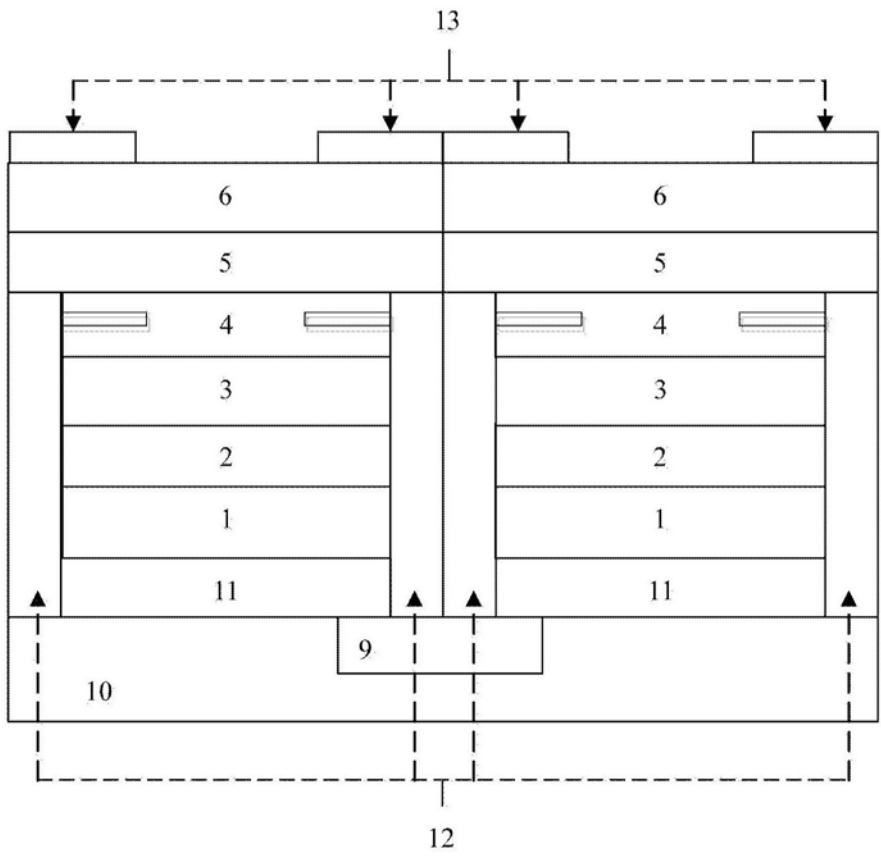


图2a

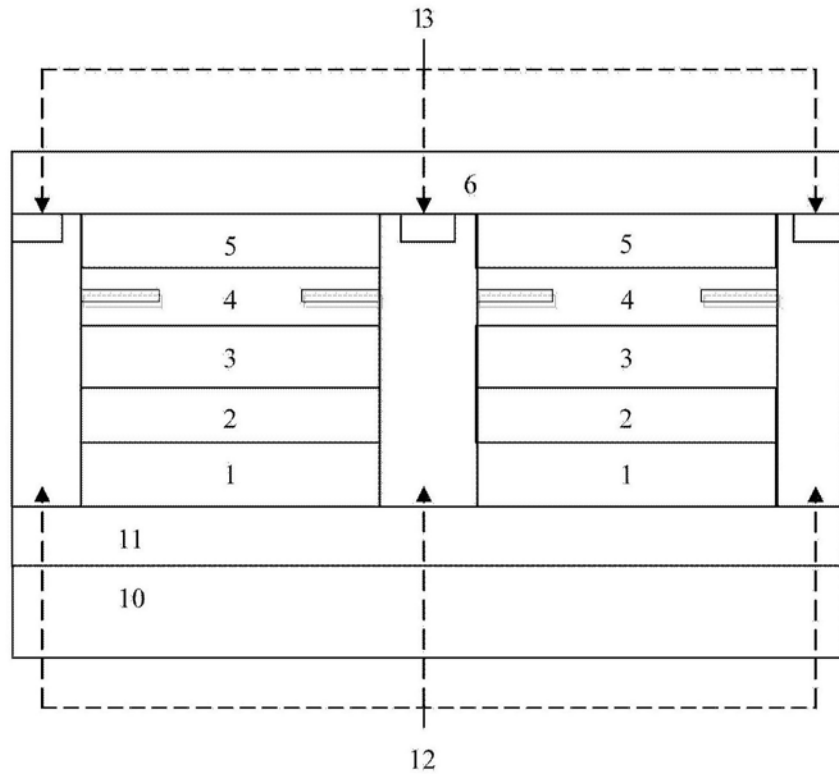


图2b

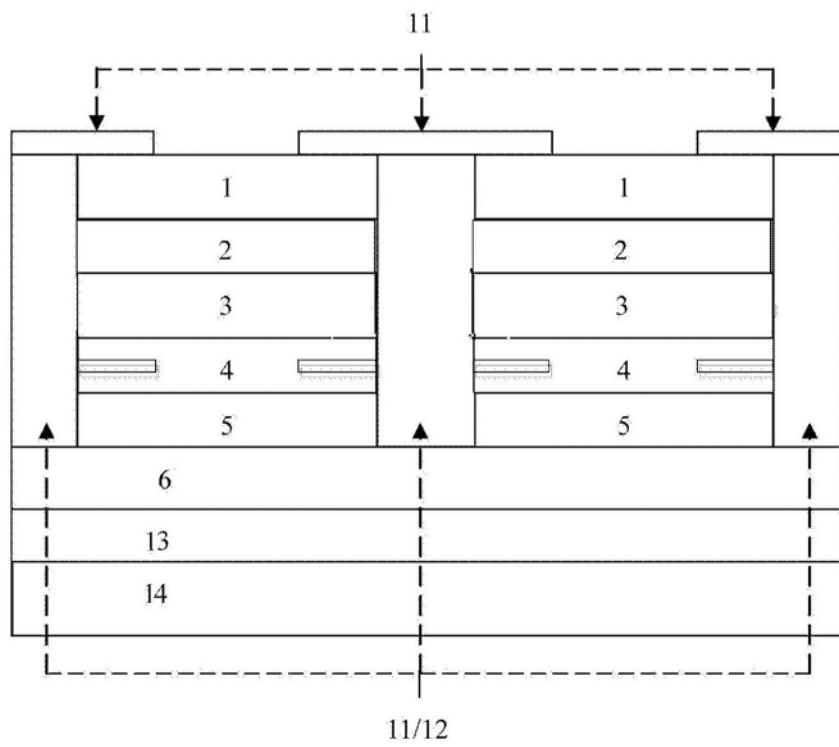


图2c



图3