



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106463574 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201580028825.7

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22)申请日 2015.05.18

代理人 孙之刚 陈岚

(30)优先权数据

62/005003 2014.05.30 US

(51)Int.Cl.

H01L 33/20(2010.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H01L 33/58(2010.01)

2016.11.30

H01L 33/00(2010.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2015/053639 2015.05.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/181671 EN 2015.12.03

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 T.洛佩斯

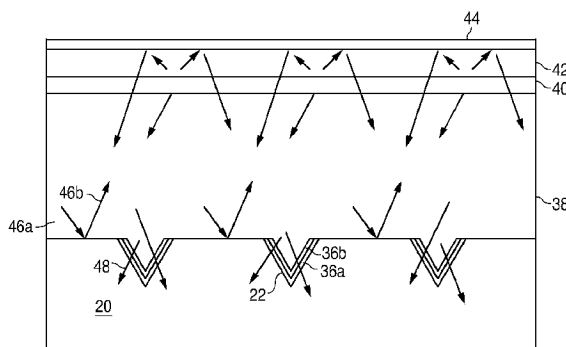
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

具有图案化衬底的发光器件

(57)摘要

根据本发明的实施例的照明器件包括具有从衬底的表面延伸的多个孔的衬底。非III氮化物材料设置在多个孔内。衬底的表面没有非III氮化物材料。半导体结构生长在衬底的表面上。半导体结构包括设置在n型区和p型区之间的发光层。



1. 一种照明器件,包括:
包括多个孔的衬底,其中孔从衬底的表面延伸;
设置在多个孔内的非III氮化物材料,其中衬底的表面没有非III氮化物材料;以及
生长在衬底的表面上的半导体结构,半导体结构包括设置在n型区和p型区之间的发光层。
2. 权利要求1所述的照明器件,其中多个孔具有三角形截面。
3. 权利要求1所述的照明器件,其中非III氮化物材料填充孔。
4. 权利要求1所述的照明器件,其中非III氮化物材料是形成半导体结构和衬底之间的梯度折射率光学界面的层的叠层。
5. 权利要求1所述的照明器件,其中多个孔在所述表面处具有 $1\mu\text{m}$ 和 $20\mu\text{m}$ 之间的宽度。
6. 权利要求1所述的照明器件,其中多个孔向衬底中延伸 $1\mu\text{m}$ 和 $20\mu\text{m}$ 之间的深度。
7. 权利要求1所述的照明器件,其中最靠近的相邻孔的中心之间的间距在 $2\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 之间。
8. 权利要求1所述的照明器件,其中多个孔布置在阵列中。
9. 权利要求1所述的照明器件,其中在衬底的每 $3\mu\text{m}$ 乘 $3\mu\text{m}$ 的区域中形成1个孔和2个孔之间的平均值。
10. 一种照明器件,包括:
包括从衬底的平坦表面延伸的多个孔的蓝宝石衬底,其中孔包括相对于衬底的平坦表面斜向的侧壁;
设置在斜向侧壁上并且不在衬底的平坦表面上的电介质材料;以及
生长在衬底的平坦表面上的半导体结构,半导体结构包括设置在n型区和p型区之间的III氮化物发光层。
11. 权利要求10所述的照明器件,其中半导体结构填充多个孔。
12. 权利要求10所述的照明器件,其中多个孔具有三角形截面。
13. 权利要求10所述的照明器件,其中多个孔布置在阵列中。
14. 权利要求10所述的照明器件,其中在衬底的每 $3\mu\text{m}$ 乘 $3\mu\text{m}$ 的区域中形成1个孔和2个孔之间的平均值。
15. 权利要求10所述的照明器件,其中电介质材料在半导体结构和衬底之间设置在多个孔中。

具有图案化衬底的发光器件

技术领域

[0001] 本发明涉及在具有可以改进光提取的特征的衬底上生长的发光器件。

背景技术

[0002] 包括发光二极管(LED)、谐振腔发光二极管(RCLED)、垂直腔激光二极管(VCSEL)和边缘发射激光器的半导体发光器件是当前可获得的最高效的光源之一。在能够跨可见光谱操作的高亮度发光器件的制造中当前感兴趣的材料系统包括III-V族半导体,特别是镓、铝、镉和氮的二元、三元和四元合金,其还被称为III氮化物材料。典型地,III氮化物发光器件通过借由金属-有机化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)或其它外延技术而在蓝宝石、碳化硅、III氮化物或其它合适衬底上外延生长不同成分和掺杂剂浓度的半导体层的叠层来制作。叠层通常包括形成在衬底之上的掺杂有例如Si的一个或多个n型层、形成在一个或多个n型层之上的有源区中的一个或多个发光层,以及形成在有源区之上的掺杂有例如Mg的一个或多个p型层。电气接触件形成在n和p型区上。

[0003] 图1图示了设计成改进来自半导体发光器件的光提取效率的衬底,其在US 2013/0015487中被更详细地描述。在蓝宝石衬底10上,以平行条带图案形成在第一方向(沿x轴)上延伸的多个凹槽11。其余没有形成凹槽的表面是衬底的顶表面10a。每一个凹槽11在y轴方向上的宽度是 $1.5\mu\text{m}$,并且在y轴方向上没有形成凹槽的部分10a的每一条在y轴方向上的宽度是 $1.5\mu\text{m}$ 。每一个凹槽11的深度是 $0.1\mu\text{m}$ 。每一个凹槽11的深度可以在从 100\AA 到 $3\mu\text{m}$ 的范围内。

[0004] 多个 SiO_2 电介质条带15平行地形成在凹槽11的底表面和侧表面上,并且形成在蓝宝石衬底10的表面10a上。每一个电介质条带15在第二方向(y轴方向)上延伸。每一个电介质条带15的宽度在x轴方向上为 $1.5\mu\text{m}$ 。每一个电介质条带15的厚度可以在 100\AA 到 $1\mu\text{m}$ 的范围内。在具有图1中所示的配置的蓝宝石衬底10上,沉积具有 10nm 的膜厚度的氮化铝(AlN)缓冲层。缓冲层(没有在图1中示出)形成在凹槽11的底表面11a和侧表面11b、表面10a、以及电介质条带15的顶表面15a和侧表面15b之上。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种具有改进的提取的发光器件。

[0006] 根据本发明的实施例的照明器件包括具有从衬底的表面延伸的多个孔的衬底。在多个孔内设置非III氮化物材料。衬底的表面没有非III氮化物材料。在衬底的表面上生长半导体结构。半导体结构包括设置在n型区和p型区之间的发光层。

[0007] 尽管在以下讨论中,衬底是蓝宝石,但是可以使用任何合适的衬底材料,诸如蓝宝石、SiC、硅、GaN、III氮化物或者复合衬底。在一些实施例中,衬底具有比生长在衬底上的III氮化物材料的折射率小的折射率。例如,蓝宝石具有1.7的折射率,而GaN具有2.4的折射率。

附图说明

- [0008] 图1图示了用于改进来自半导体发光器件的光提取效率的现有技术衬底。
- [0009] 图2是根据本发明的实施例的具有特征的衬底的部分的平面视图。
- [0010] 图3是根据本发明的实施例的具有特征的衬底的部分的截面视图。
- [0011] 图4是在特征的表面上形成一个或多个涂敷层之后的图3的结构的部分的截面视图。
- [0012] 图5图示了在图4的衬底上形成的半导体器件结构。
- [0013] 图6图示了倒装芯片器件。

具体实施方式

[0014] 半导体发光器件结构可以形成在图1中所图示的衬底上。在具有平滑衬底的器件中,波导形成在衬底和半导体材料之间。由于衬底和半导体材料的不同折射率,波导将光俘获在器件中。在具有图1的衬底的器件中,衬底上的电介质条带15和凹槽11中断波导并且因而可以改进来自器件的光提取。在衬底的方向上发射的光可以被凹槽11和/或电介质条带15散射,使得更有可能从器件提取光。

[0015] 在图1中所图示的结构中,电介质条带15形成在平坦表面(凹槽11之间的表面10a,以及凹槽11的底表面11a)和非平坦表面(凹槽11的竖直侧壁11b)二者上。平坦表面上的电介质材料具有对光提取的最小影响,其可以减损在衬底上生长的半导体器件结构的晶体生长质量。

[0016] 在本发明的一些实施例中,在衬底上外延生长半导体器件结构之前,特征被形成在衬底上,并且涂敷有一个或多个抗反射、散射和/或梯度折射率涂敷层。一个或多个涂敷层可以总体地或者部分地填满形成在衬底表面中的特征。特征和(多个)涂敷层的主要功能可以是双重的:(i)增加光从III氮化物材料向衬底中的透射,以及(ii)控制光的方向以调谐来自器件的远场发射。

[0017] 将(多个)涂敷层约束到在生长期间不显著地贡献于III氮化物材料的成核的衬底的表面区域。这些区域一般是相对于衬底的平面(相对于通过x和y轴描述并且垂直于z轴的平面)形成的特征的斜向和/或竖直区域。在衬底上的非平坦表面上形成诸如电介质层之类的非III氮化物涂敷层不显著地影响衬底上的晶体生长,但是可以增强来自器件的光提取。

[0018] 尽管在以下示例中半导体发光器件是发射蓝光或UV光的III氮化物LED,但是可以使用除LED之外的半导体发光器件,诸如激光二极管,以及由诸如其它III-V材料、III磷化物、III砷化物、II-VI材料、ZnO或基于Si的材料之类的其它材料系统制成的半导体发光器件。

[0019] 图2是根据本发明的实施例的包括特征22的衬底20的部分的平面视图。

[0020] 在图2中图示的特征22是形成在衬底20中的孔,其从衬底的顶表面向下延伸。孔不延伸穿过衬底的整个厚度。孔可以是任何合适的形状,包括例如具有竖直侧面和平坦底部的孔、具有倾斜侧面和平坦底部的孔、截头倒转角锥体、截头倒转圆锥体、倒转角锥体、倒转圆锥体或者任何其它合适的形状。在一些实施例中,孔可以沿垂直于衬底的顶表面的轴或者其它轴旋转对称,尽管并不要求这样。孔可以以任何合适的图案进行布置,包括例如,诸如三角形、正方形、六边形之类的阵列或者任何其它合适的阵列、随机布置,或者准随机布

置,诸如阿基米德格子。

[0021] 孔可以通过蚀刻、诸如钻孔之类的机械技术、或者任何其它合适的技术来形成。例如,孔可以通过湿法化学蚀刻、在例如磷酸或硫酸的化学浴中,或者通过干法蚀刻技术在电感耦合等离子体(ICP)蚀刻机中形成。

[0022] 图3是包括典型特征22的衬底20的部分的截面视图。由图1的x和y轴形成的衬底的平面例如是在图3中图示的结构顶部或底部。在图3中图示的特征22的实施例具有倒转三角形截面,其中每一个孔的轴垂直于衬底的平面取向。特征可以具有任何合适的截面。例如,特征可以具有平坦底部或圆形底部。特征可以具有竖直侧面、倾斜侧面、弯曲侧面或分段侧面,其中不同段具有不同的倾斜和/或形状。在一些实施例中,特征的倾斜侧面与发光层的最大角发射的方向正交或者基本上正交。例如,如果由发光层发射的光在具有距器件的主平面的法向的60度处的瓣极大点的图案中发射,则特征的倾斜侧壁可以在距器件的主平面的法向的角度30度处取向。

[0023] 衬底20的顶表面24可以在特征22之间是平坦的,如在图3中图示的,尽管并不要求这样。例如,顶表面24可以被图案化、粗糙化或纹理化,或者可以相对于孔的取向而倾斜。

[0024] 孔可以取向成使得所有或大多数孔的轴垂直于衬底的平面。在可替换方案中,所有或大多数孔的轴可以相对于衬底的平面成角度,或者孔的轴可以随机地取向。

[0025] 衬底20可以具有在一些实施例中至少100 μm 、在一些实施例中不大于500 μm 、在一些实施例中至少200 μm 、以及在一些实施例中不大于400 μm 的厚度34。

[0026] 在特征22的开口处,在衬底的顶边缘处,特征22可以具有在一些实施例中至少1 μm 、在一些实施例中不大于20 μm 、在一些实施例中至少5 μm 、以及在一些实施例中不大于15 μm 的宽度26。特征22可以具有在一些实施例中至少1 μm 、在一些实施例中不大于20 μm 、在一些实施例中至少5 μm 、以及在一些实施例中不大于15 μm 的深度。最靠近的相邻特征的中心之间的间距32可以是在一些实施例中至少2 μm 、在一些实施例中不大于50 μm 、在一些实施例中至少20 μm 、以及在一些实施例中不大于40 μm 。相邻特征22之间的衬底20的顶表面24的宽度28可以是在一些实施例中至少100nm、在一些实施例中不大于50 μm 、在一些实施例中至少5 μm 、以及在一些实施例中不大于25 μm 。如图3中所图示的,孔不穿透衬底的整个厚度。在可替换方案中,一些或所有孔可以穿透衬底的整个厚度。

[0027] 图4图示了具有特征22和一个或多个涂敷层36的衬底。涂敷层36仅形成在特征22的斜向侧壁22a上。涂敷层36可以通过如本领域中所已知的常规光掩蔽过程形成。例如,衬底可以被掩蔽,然后形成涂敷层,然后移除掩模;涂敷层可以被形成,然后通过掩蔽和蚀刻而图案化;或者涂敷层可以选择性地仅形成在特征的侧壁上。特征22之间的衬底20的顶部、通常平坦的表面24可以保持未经更改(即,没有被涂敷层36所覆盖)以确保在下文描述的III氮化物器件结构的外延生长期间的结晶过程的正确成核。特征22的侧壁22a不显著地贡献于外延生长期间的III氮化物晶体的成核,因为III氮化物晶体将优选地在涂敷层36之上的衬底表面24上成核。

[0028] (多个)涂敷层36可以包括与外延过程兼容的任何合适的材料。合适的材料的示例包括非III氮化物材料、电介质材料、通过除外延生长之外的技术(诸如沉积)形成的材料、SiN、SiO₂、TiO₂、氧化物和氮化物。(多个)涂敷层36的折射率在一些实施例中可以在衬底的折射率与GaN的折射率之间(例如,诸如SiN以及SiO₂和TiO₂的复合物,以形成具有范围在1.5

和2.5之间的折射率的层)。

[0029] 可以使用多个涂敷层36。可以选择合适的层组合以放大以下意图效果:增加从III氮化物材料向衬底中的光透射、或者在特定角方向上引导所发射的光束、或者二者。多个涂敷层可以基于抗反射体涂敷的原理或者通过仿效梯度折射率材料以便从高折射率向低折射率平滑地过渡光来选择。在一些实施例中,最接近衬底并且典型地与衬底接触的涂敷层(首先沉积的涂敷层)的折射率具有最低折射率,即与衬底的折射率最接近的折射率。最远离衬底的涂敷层(最后沉积的涂敷层)具有最高折射率,即与III氮化物层的折射率最接近的折射率。因而,在一些实施例中,涂敷层的叠层可以形成III氮化物材料和衬底之间的梯度折射率(GRIN)光学界面。

[0030] 在一个示例中,涂敷层36是填充孔的深度的至少20%直至填充孔的深度的50%的SiN的单个层。例如,在2 μ m深的孔的情况下,涂敷层36可以具有高达1 μ m的厚度。

[0031] (多个)涂敷层36可以部分地或者完全地填充特征22。特别地,在一些实施例中,涂敷层36可以填充特征22,使得涂敷层36的顶表面与特征之间的衬底的顶表面24齐平。填充特征22使非成核表面最小化。

[0032] 在形成(多个)涂敷层36之后,生长半导体器件结构,如图5中图示的。半导体结构包括夹在n和p型区之间的发光或有源区。

[0033] n型区38可以首先生长并且可以包括不同成分和掺杂剂浓度的多个层,包括例如可以是n型或非有意掺杂的准备层,诸如缓冲层或成核层、接触层和限制层,以及针对对于使发光区高效地发射光而言合期望的特定光学、材料或电气性质而设计的n或甚至p型器件层。

[0034] n型区的第一部分可以填充特征并且联合以形成具有足够高的质量以生长器件层的表面。n型区的该部分可以是在一些实施例中至少2 μ m厚,以及在一些实施例中不大于5 μ m厚。最初生长的III氮化物材料优选地在特征之间的衬底的顶表面24上成核,而不在特征22中的涂敷层36上成核。

[0035] 发光或有源区40生长在n型区之上。合适的发光区的示例包括单个厚或薄的发光层,或者包括通过屏障层分离的多个薄或厚的发光层的多量子阱发光区。

[0036] p型区42可以然后生长在发光区之上。与n型区类似,p型区可以包括不同成分、厚度和掺杂剂浓度的多个层,包括非有意掺杂的层或n型层。

[0037] 在生长之后,在p型区的表面上形成p接触件44。p接触件44通常包括多个传导层,诸如反射金属和防护金属,其可以防止或减少反射金属的电子迁移。反射金属通常是银,但是可以使用任何合适的一种或多种材料。

[0038] 图5图示了器件中的光的行为。以掠射角撞击衬底20的表面24的光(诸如射线46a)可以被衬底和III氮化物材料之间的波导全内反射,从而将光俘获在器件内,如通过射线46b所图示的。特征22中断波导,使得从半导体材料提取以掠射角发射到特征22中的光(诸如射线48)。由表面24反射的一些射线再次被接触件44反射,然后入射在特征22上,其中最终从半导体材料提取射线。在没有特征22的情况下,光可能保持被多个表面以相同的角度反射并且保持被俘获在半导体结构中,直到光能被转换成热量。

[0039] 在图5中图示的结构可以形成为任何合适的器件结构。一般地,在具有有着如以上所描述的光提取特征的衬底的器件中,主要通过衬底从器件提取光,所述衬底保持为器件

的部分,尽管并不要求这样。尽管在图6中图示了倒装芯片,但是图5的结构可以形成为任何合适的器件。

[0040] 如图6中所图示的,在形成p接触件44之后,移除部分的p接触件44、p型区42和有源区40以暴露在其上形成n接触件50的n型区38的部分。n和p接触件50和44通过间隙与彼此电气隔离,所述间隙可以填充有电介质52,诸如硅的氧化物或者任何其它合适的材料。可以形成多个n接触过孔;n和p接触件50和44不限于在图6中图示的布置。n和p接触件可以重新分布以形成具有电介质/金属叠层的键合垫(没有在图6中图示),如本领域中所已知的。

[0041] 为了形成到器件的电气连接,一个或多个互连54和56形成在n和p接触件50和44上或者电气连接到n和p接触件50和44。互连54电气连接到图6中的n接触件50。互连56电气连接到p接触件44。互连54和56通过电介质层52和间隙58与n和p接触件50和44并且与彼此电气隔离。互连54和56可以例如是焊料、柱形凸块、金层或者任何其它合适的结构。

[0042] 许多单独的LED形成在单个衬底晶片上,然后从器件的晶片切分。在切分之前、期间或之后,衬底20可以被减薄。在一些实施例中,除减薄之外或者替代于减薄,图案化、纹理化或者粗糙化衬底20的背侧表面60以改进从衬底向周围空气中的光提取。

[0043] 在图6中图示的器件可以例如在侧面上为大约1mm长。相应地,单个器件的衬底可以在一些实施例中包括数十个或数百个特征。在一个示例中,可以存在衬底区域的每 $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 部分中的一到两个特征的平均值。

[0044] 已经详细描述了本发明,本领域技术人员将领会到,在给定本公开的情况下,可以对本发明做出修改而不脱离本文描述的发明概念的精神。因此,不意图将本发明的范围限于所图示和描述的具体实施例。

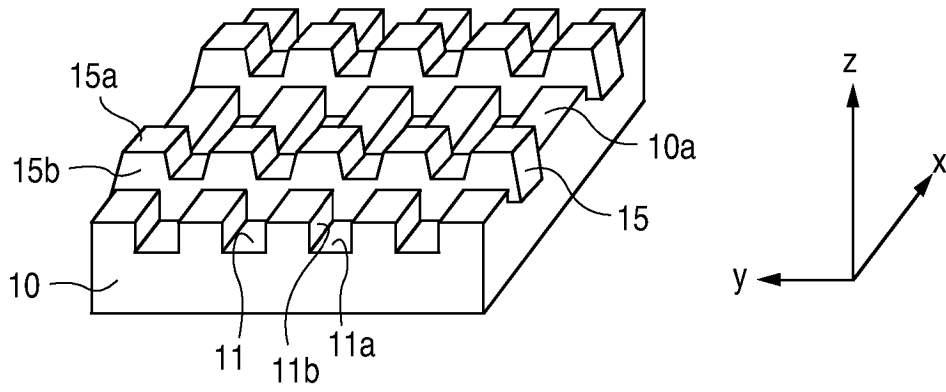


图 1 (现有技术)

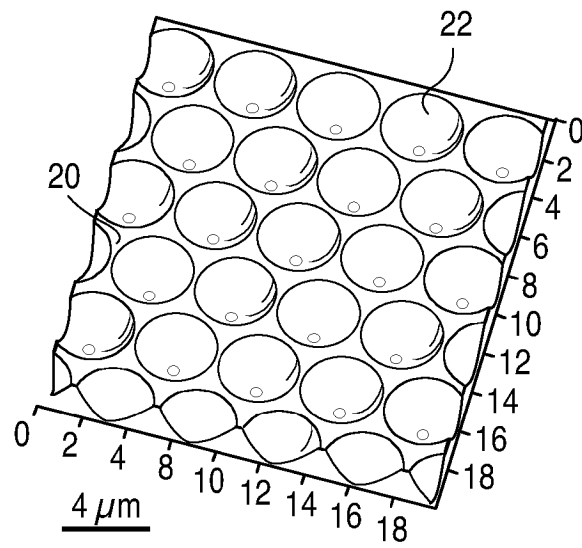


图 2

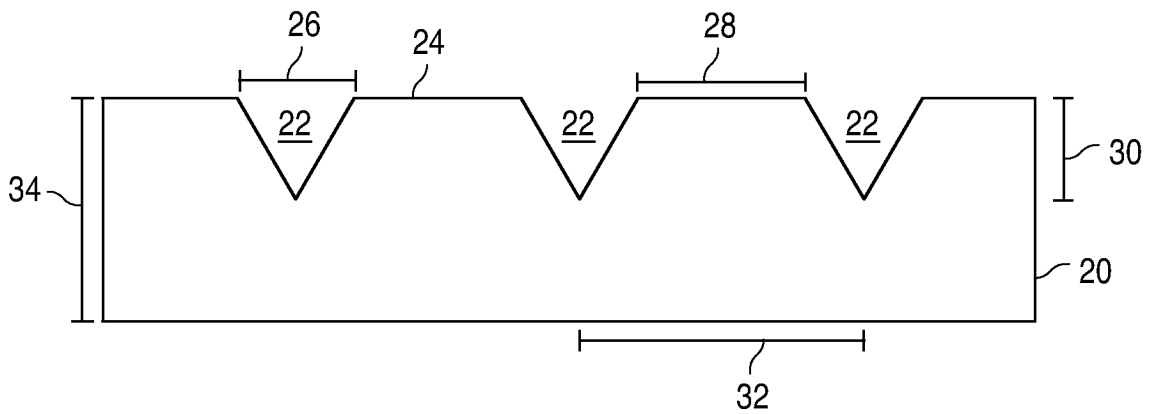


图 3

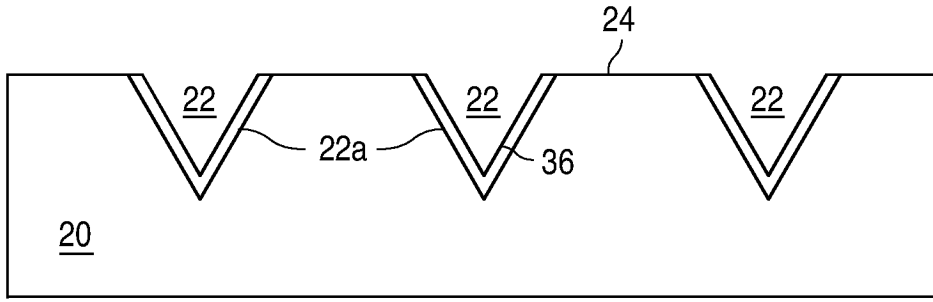


图 4

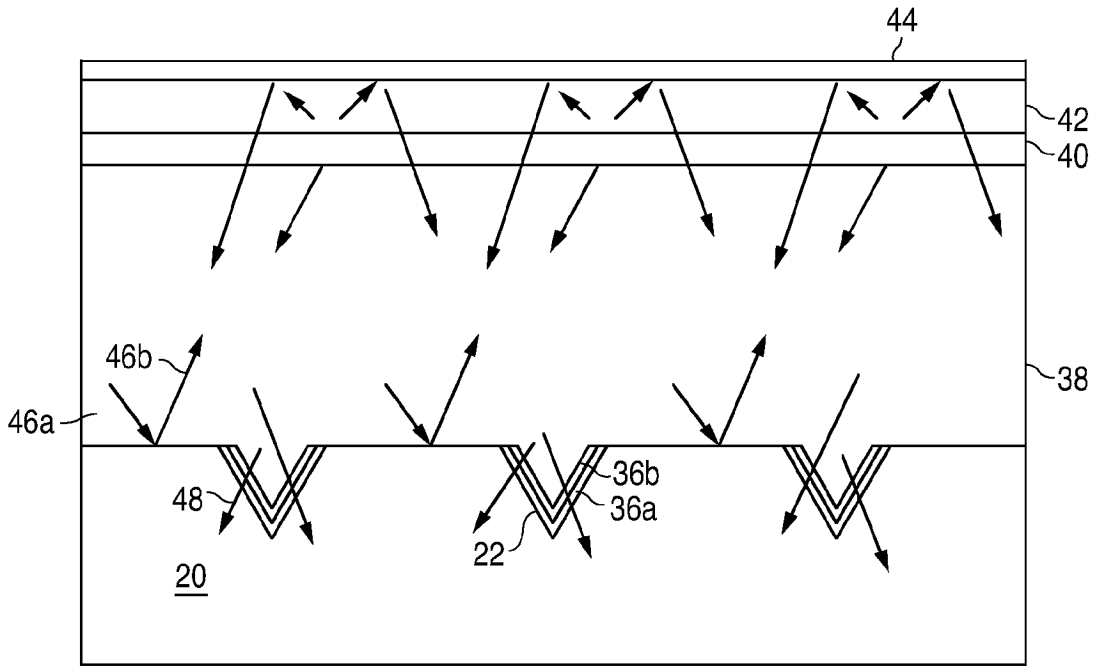


图 5

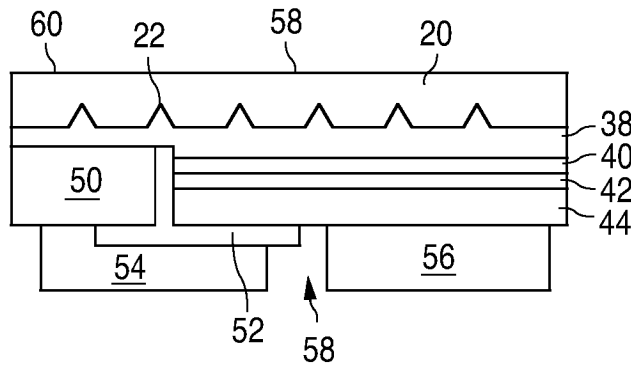


图 6