



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102804417 B

(45)授权公告日 2016.08.03

(21)申请号 201080028617.4

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22)申请日 2010.05.21

代理人 李亚非 刘鹏

(30)优先权数据

12/491976 2009.06.25 US

(51)Int.Cl.

H01L 33/40(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2011.12.26

H01L 33/42(2006.01)

H01S 5/042(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2010/052277 2010.05.21

(56)对比文件

CN 1677703 A, 2005.10.05,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02010/150114 EN 2010.12.29

CN 101355119 A, 2009.01.28,

CN 101213678 A, 2008.07.02,

US 2006/0273335 A1, 2006.12.07,

(73)专利权人 飞利浦拉米尔德斯照明设备有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

审查员 蔡金珠

专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

(72)发明人 J.E.埃普勒 A.J.F.戴维德

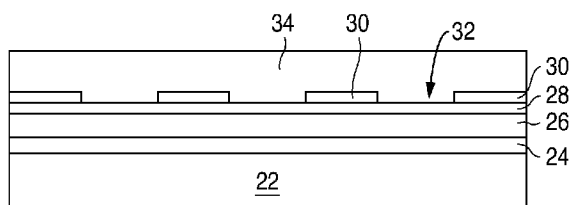
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

用于半导体发光器件的接触

(57)摘要

本发明的实施例包括一种半导体结构,该半导体结构包括布置在n型区(22)与p型区(26)之间的III族氮化物发光层(24)。布置在p型区上的接触包括与p型区(26)直接接触的透明导电材料(28)、反射金属层(34)以及布置在透明导电层(28)与反射金属层(34)之间的透明绝缘材料(30)。在透明绝缘材料(30)中的多个开口(32)中,透明导电材料(28)与反射金属层直接接触。



1. 一种半导体发光器件,包括:  
半导体结构,其包括布置在n型区与p型区之间的III族氮化物发光层;  
接触,其布置在p型区上,该接触包括:  
与p型区直接接触的透明导电材料;  
反射金属层;  
布置在透明导电层与反射金属层之间的透明绝缘材料;以及  
透明绝缘材料中的多个开口,其中在所述多个开口中透明导电材料与反射金属层直接接触,其中开口延伸到透明导电材料中。
2. 权利要求1的半导体发光器件,其中开口具有相对于反射金属层顶面的法线的介于5度与50度之间的侧壁角度。
3. 权利要求1的半导体发光器件,其中透明导电材料是氧化物并且具有介于30纳米与1000纳米之间的厚度。
4. 权利要求1的半导体发光器件,其中透明导电材料为氧化铟锡、氧化镍和ZnO之一。

## 用于半导体发光器件的接触

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于III族氮化物发光器件的反射接触。

### 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用的最高效的光源之一。当前在能够跨可见光谱进行操作的高亮度发光器件的制造中所关注的材料系统包括III-V族半导体,尤其是镓、铝、镉和氮的二元、三元和四元合金,也称为III族氮化物材料。典型地,III族氮化物发光器件是通过以下方式来制造的:通过金属有机化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)或其他外延技术,在蓝宝石、碳化硅、III族氮化物、复合物或其他适当的衬底上外延生长不同成分和掺杂浓度的半导体层的叠层。该叠层通常包括在衬底上方形成的掺杂有例如Si的一个或多个n型层、在所述一个或多个n型层上方形成的有源区中的一个或多个发光层以及在有源区上方形成的掺杂有例如Mg的一个或多个p型层。在n型区和p型区上形成电接触。通常,将III族氮化物器件形成为倒置或倒装芯片器件,其中在半导体结构的相同侧形成n接触和p接触二者,并且从半导体结构的与这些接触相对的一侧提取光。

[0003] US6514782描述了III族氮化物倒装芯片LED。“由于p型III族氮化物层的高电阻率,LED设计采用沿着p型层的金属化部分以便提供p侧电流散布……对于倒置的设计,使用高度反射的电极金属化部分对于提高提取效率是关键……p电极是光提取的主导因素,因为它几乎完全跨有源区域延伸以便向p-n结提供均匀的电流注入。

[0004] “对于III族氮化物器件而言,难于实现在制造工艺中结合低光吸收和低接触电阻率。例如,Ag形成良好的p型欧姆接触并且非常具有反射性,但是遭受与III族氮化物层的差的粘附以及在潮湿环境中对于电迁移的易感性,这可能导致灾难性器件故障。Al适度地反射,但是不形成到p型III族氮化物材料的良好欧姆接触,而其他元素金属相当程度地吸收(可见波长条件下每次通过>25%的吸收)。一种可能的解决方案是使用多层接触,其包括非常薄的半透明欧姆接触,连同充当电流散布层的厚反射层。在欧姆层与反射层之间包括可选的阻挡层。p型多层接触的一个实例是Au/NiO<sub>x</sub>/Al。该金属化方案的典型厚度是30/100/1500Å。类似地,适当的n型GaN多层接触是典型厚度为30/1500Å的Ti/Al。由于p电极反射率是提取效率中的主导因素,因而在可制造性的设计中必须不损害p电极反射率。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是在反射接触中包括薄的透明电流散布层和透明绝缘材料。在一些实施例中,可以相对于具有反射金属接触的器件提高所述接触的反射率。

[0006] 本发明的实施例包括一种半导体结构,该半导体结构包括布置在n型区与p型区之间的III族氮化物发光层。布置在p型区上的接触包括与p型区直接接触的透明导电材料、反射金属层以及布置在透明导电层与反射金属层之间的透明绝缘材料。在透明绝缘材料中的多个开口中,透明导电材料与反射金属层直接接触。

## 附图说明

[0007] 图1示出了在III族氮化物半导体结构上形成的包括导电层、透明绝缘或低损耗层以及反射层的接触。

[0008] 图2为包括具有开口的低损耗层的接触的部分的平面图。

[0009] 图3为接合到底座(mount)的LED的截面图。

[0010] 图4示出了在透明绝缘材料中具有开口的接触,这些开口延伸到透明导电材料中并且具有成角度的侧壁。

## 具体实施方式

[0011] LED的性能可以通过减少与p接触关联的光损耗而不增加使LED正向偏置所需的正向电压 $V_f$ 来提高。包括通过全内反射而反射的电介质层的接触可以比其中唯一的反射材料为金属反射器的接触(例如上面描述的US6514782中的接触)更具反射性。

[0012] 可以将诸如氧化铟锡(ITO)之类的导电电介质层布置在p型材料与银p接触之间。在这样的双层中,ITO不必对电流散布产生贡献,并且可以最优化厚度以实现最高的反射比;例如,ITO可以为200nm厚。然而,ITO具有比用于光学反射率的最优值更高的折射率,并且可能在高电导率所需的厚度下吸收显著的光量。

[0013] 可替换地,可以将诸如SiO<sub>2</sub>之类的非导电电介质布置在p型材料与银p接触之间。必须在非导电电介质中形成开口以便将银电连接到p型材料。这些开口必须被分隔成足够靠近在一起以便防止不良导电p型材料中的电流聚集。例如,开口可以为亚微米尺寸,这可能需要诸如抗蚀剂的电子束曝光或者全息之类的昂贵且困难的技术,或者使用纳米压印工具。此外,在电介质中蚀刻开口可能损坏暴露的p型材料,这可能降低在损坏的材料中形成的欧姆接触的效率。

[0014] 在本发明的实施例中,III族氮化物LED的p接触包括三层:与p型半导体直接接触的薄导电层,布置在薄导电层上方的具有促进电接触的开口的低光损耗电介质层,以及透明电介质层上方的反射金属层。

[0015] 图1示出了依照本发明实施例的III族氮化物器件的部分。在图1中,在生长衬底(图1中未示出)上方生长包括n型区、发光或有源区以及p型区的半导体结构,所述生长衬底可以是任何适当的生长衬底并且典型地是蓝宝石或SiC。在衬底上方首先生长n型区22。n型区22可以包括不同成分和掺杂浓度的多个层,包括例如:制备层,例如缓冲层或成核层,其可以是n型的或非有意掺杂的;释放层,其被设计为促进以后释放生长衬底或者在衬底移除之后使半导体结构变薄;以及n型或者甚至p型器件层,其针对为了使发光区高效发射光所期望的特定光或电特性而设计。

[0016] 在n型区22上方生长发光或有源区24。适当的发光区的实例包括单个厚或薄的发光层或者多量子阱发光区,该多量子阱发光区包括由阻挡层分离的多个薄或厚的量子阱发光层。例如,多量子阱发光区可以包括由阻挡物分离的多个发光层,每个发光层具有25Å或更小的厚度,每个阻挡物具有100Å或更小的厚度。在一些实施例中,器件中的每个发光层的厚度比50Å更厚。

[0017] 在发光区24上方生长p型区26。与n型区类似,p型区可以包括不同成分、厚度和掺

杂浓度的多个层,包括非有意掺杂的层或n型层。

[0018] 在p型区26上方形成薄导电层28。薄导电层28可以是例如银、铝或诸如ITO、氧化镍、ZnO之类的导电电介质或者任何其他适当的半透明导电材料。银导电层28可以例如在一些实施例中介于0.5nm厚与2nm厚之间,在一些实施例中介于2nm厚与8nm厚之间,并且在一些实施例中为10nm厚。为透明导电氧化物的导电层28可以更厚。例如,ITO导电层28的电阻率可能是银的100倍,因而需要厚度为银导电层28的100倍的ITO导电层28。将电流散布若干微米可能需要例如200nm厚的ITO导电层28。导电层28的材料和厚度可以被选择成使得电流在导电层28中散布例如10微米。

[0019] 在一些实施例中,将薄导电层28形成为一组小区,而不是单个不间断的连续层。在一些实施例中,在p型区26的表面上蒸镀薄的银层,然后退火。在退火期间,银倾向于从连续平坦层聚结成更厚的离散区网络。例如,可以将10埃的银蒸镀到p型区26上。在退火之后,银区可以为例如大约200埃长和大约200埃厚。银区可以例如在一些实施例中分开高达1微米并且在一些实施例中分开高达500nm,使得在一些实施例中p型区26的小于10%的表面覆盖有银。在一些实施例中,可以形成平坦的薄导电层28,然后蚀刻以便形成一组小区。在一些实施例中,在银沉积期间,加热所述结构以便促进银迁移并且聚结成更厚的离散区网络。

[0020] 在导电层28上方形成低光损耗材料30。低损耗材料30可以为例如 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 或者任何其他适当的高度透明的电介质,所述电介质是反射的、可制造的且容易粘附到导电层28。在一些实施例中,低损耗材料30具有低折射率,因而低损耗材料和导电层28以及p型区26之间的折射率变化尽可能大。低损耗材料30可以例如在一些实施例中介于200nm厚与500nm厚之间,在一些实施例中介于250nm厚与350nm厚之间,并且在一些实施例中为250nm厚。

[0021] 然后,例如通过常规的掩蔽和蚀刻步骤在低损耗材料30中形成开口32。在一些实施例中,端点检测用来避免蚀刻下面的导电层28。在一些实施例中,利用干法蚀刻将低损耗材料30蚀刻到端点附近,然后使用湿法蚀刻以便蚀刻剩余的厚度。图2为在低损耗材料30中形成开口32之后图1结构的平面图。尽管示出了三角形网格中形成的圆形开口,但是可以使用任何适当网格中的任何适当形状的开口。开口32可以例如在一些实施例中直径小于100微米,在一些实施例中直径介于1微米与5微米之间,在一些实施例中直径介于2微米与15微米之间,在一些实施例中直径介于2微米与4微米之间,并且在一些实施例中直径为3微米。开口可以例如中心分开20微米与200微米之间,在一些实施例中分开5微米与20微米之间,在一些实施例中分开10微米与15微米之间,在一些实施例中分开6微米,并且在一些实施例中分开12微米。

[0022] 开口的尺寸和间距可以与导电层28的电阻率和厚度有关。例如,150nm厚的ITO层与2微米厚的n-GaN层具有大约相同的片电阻(sheet resistance)。在具有在n-GaN上形成的常规接触的器件中,最近邻n接触可以分开大约150微米。因此,在依照本发明实施例的具有150nm厚的ITO导电层28的器件中,开口32之间的距离可以为150微米。在依照本发明实施例的具有30nm厚的ITO导电层28的器件中,开口32之间的距离可以为30微米。如果开口32直径为3微米,分开30微米,那么开口32的表面覆盖率为大约1%。

[0023] 导电层28和低损耗材料30的厚度取决于使用的各材料以及材料的组合。

[0024] 在剩余的低损耗材料30和开口32上方形成反射导电层34。反射层34通过开口32和

导电层28电连接到p型区26。反射层34可以为例如银。反射层34可以为多层叠层,并且可以包括例如一个或多个反射金属、一个或多个欧姆接触金属以及一个或多个保护金属或者其他保护材料。反射层34的一个实例是银、镍、银、然后诸如TiWN之类的保护金属的叠层,所述保护金属可以防止或者降低银的电迁移。

[0025] LED的光提取以及因而性能可以通过将无损散射添加到所述接触而改善。在一些实施例中,在创建粗糙表面的条件下生长p型区26,这可以相对于平滑的表面提高散射。可以在粗糙表面上方将导电层28形成共形层,其因而也具有粗糙表面。然后,例如通过旋涂形成透明低损耗层30,以便覆盖粗糙并且创建平滑的表面。如上所述,在低损耗材料中形成开口并且然后形成反射层34。与平滑的界面相比,p型区26/导电层28界面的粗糙度可以造成损耗增加,但是增大的提取可以导致总体改善的性能。在一些实施例中,通过将低损耗层30和/或导电层28制成多孔或柱状结构,例如通过经由斜角度沉积形成ITO导电层28和/或SiO<sub>x</sub>低损耗层,而增大散射。孔隙度的增大伴随折射率的降低,这增加了接触的反射比。可以如通过引用合并于此的“Quantification of porosity and deposition rate of nanoporous films grown by oblique-angle deposition,” Applied Physics Letters 93, 101914 (2008)中所描述的,通过控制沉积角度来控制孔隙度。

[0026] 在一个实例中,将掺杂Al的ZnO导电层28施加到生长为p型区26的顶层的粗糙p型GaN层。在ZnO上方旋涂低折射率SiO<sub>x</sub>层30以便在ZnO/SiO<sub>x</sub>界面处提供散射并且平坦化粗糙的ZnO层。形成开口32,然后沉积银反射层34。

[0027] 在一些实施例中,低损耗材料30为多层电介质叠层。选择最靠近导电层28和反射层34的层以实现良好的粘附。选择内层以实现最小的折射率。可以例如在单个加工步骤中形成多个层。多层低损耗结构30可以比单层更加可靠并且更具反射性。此外,多层叠层中的各层之间的折射率差异可以提供散射,当如上所述将多层叠层施加到粗糙表面时,尤其如此。

[0028] 在一些实施例中,增加低损耗材料30中的开口32的蚀刻深度以便包括如图4中所示移除一些下面的导电层28,这可以改善电接触并且可以增加散射。在一些实施例中,开口32的侧壁33是成角度的,以便提供朝提取表面(即器件的与反射材料34相对的表面)的高角度光的更优的散射。侧壁角度 $\theta$ 可以例如相对于表面法线介于5度与50度之间。

[0029] 图3示出了连接到底座40的LED 42。在形成包括如上所述的导电层28、低损耗材料30和反射材料34的p接触48之前或之后,通过蚀刻掉p型区和发光区的部分而暴露n型区的部分。包括n型区22、发光区24和p型区26的半导体结构在图3中由结构44表示。在n型区的暴露部分上形成n接触46。

[0030] 通过n互连56和p互连58将LED 42接合到底座40。互连56和58可以是任何适当的材料,例如焊料或其他金属,并且可以包括多层材料。在一些实施例中,互连包括至少一个金层,并且LED 42与底座40之间的接合通过超声接合而形成。

[0031] 在超声接合期间,将LED管芯42置于底座40上。将接合头置于LED管芯的顶面上,在蓝宝石上生长的III族氮化物器件的情况下通常置于蓝宝石生长衬底的顶面上。接合头连接至超声换能器。超声换能器可以是例如锆钛酸铅(PZT)层的叠层。当以使得系统谐振的频率(通常为几十或几百kHz量级的频率)对换能器施加电压时,换能器开始振动,这进而使得接合头和LED管芯通常以微米量级的幅度振动。该振动使得LED 42上的结构的金属晶格中

的原子与底座40上的结构相互扩散,从而得到冶金连续拼接。可以在接合期间添加热量和/或压力。

[0032] 在将LED管芯42接合至底座40之后,可以例如通过激光剥离、蚀刻或者适合特定生长衬底的任何其他技术移除其上生长了半导体层的生长衬底。在移除了生长衬底之后,可以例如通过光电化学蚀刻使半导体结构变薄,和/或可以例如利用光子晶体结构使表面变粗糙或对表面进行图案化。在衬底移除之后,可以将透镜、波长转换材料或者本领域已知的其他结构布置在LED 42上方。

[0033] 在详细描述了本发明之后,本领域技术人员应当认识到,给定本公开,在不脱离本文描述的本发明构思的精神的情况下,可以对本发明做出若干修改。因此,本发明的范围并不预限于所图示和描述的具体实施例。

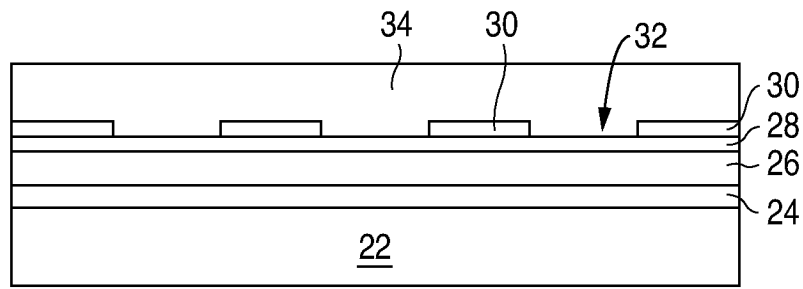


图 1

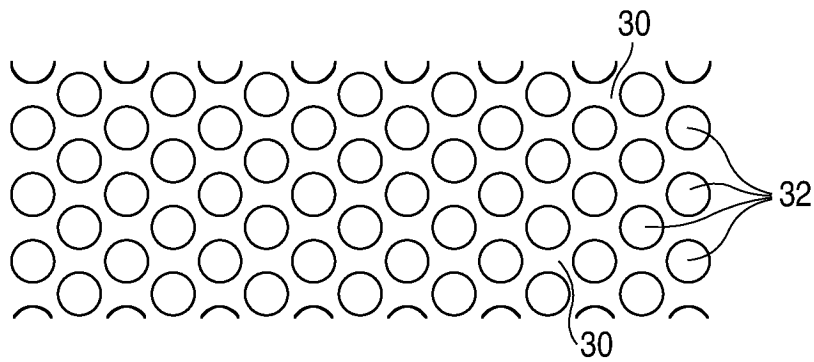


图 2

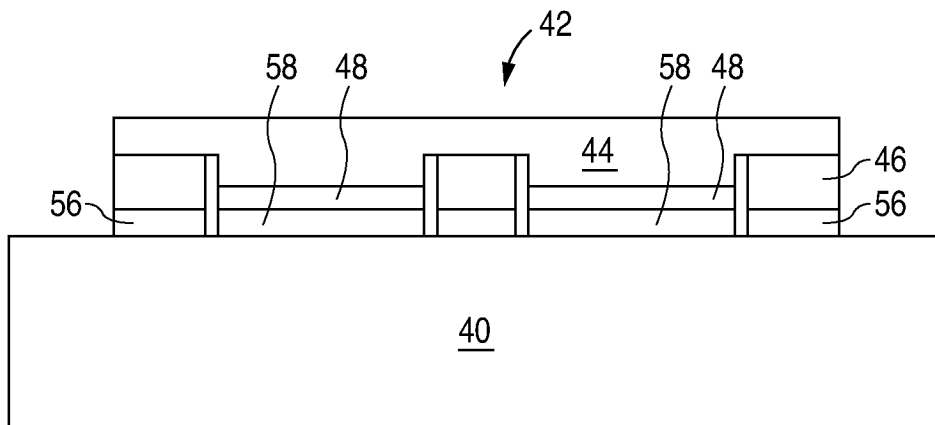


图 3



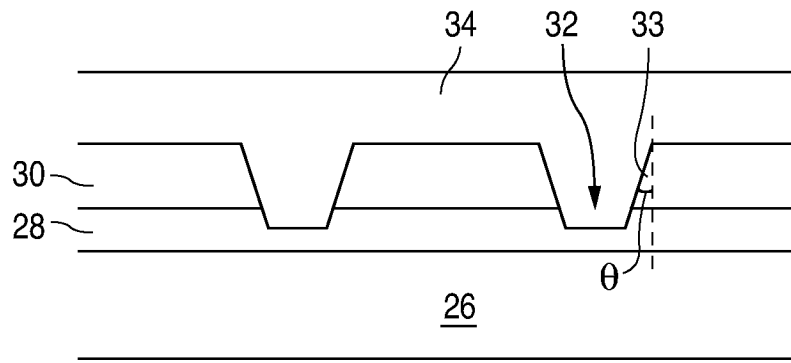


图 4