



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109346585 A

(43)申请公布日 2019.02.15

(21)申请号 201811022398.3

(22)申请日 2018.09.03

(71)申请人 淮安澳洋顺昌光电技术有限公司

地址 223001 江苏省淮安市景秀路6号

(72)发明人 张帆 芦玲 祝光辉

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心

21200

代理人 温福雪

(51)Int.Cl.

H01L 33/32(2010.01)

H01L 33/12(2010.01)

H01L 33/14(2010.01)

H01L 33/00(2010.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片及生长方法

(57)摘要

一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片生长方法,外延片从下到上为蓝宝石图形化AlN衬底、故意轻度掺杂的3维GaN层与2维GaN层、n型接触层、N型GaN层、量子阱有源区、低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层、掺Mg的P型氮化镓层以及掺Mg的p型接触层。本发明对3D与2D GaN层进行设计,实现故意轻度掺杂,能够释放3D与2D以及n型GaN层相连接时所产生的压应力,同时在2D与n型GaN层中间插入掺杂浓度较高的n型接触层,进一步释放其应压力,减少缺陷的产生,横向电流扩展能力得以提升;另一方面,载流子浓度得到增强,其纵向电流扩展能力得以加强,两者叠加,达到降低其发光二极管工作电压的目的。

1. 一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片,其特征在于,所述的降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片从下到上的顺序结构依次为蓝宝石图形化AlN衬底、故意轻度掺杂的3维Ga₂N层与2维Ga₂N层、n型接触层、N型Ga₂N层、周期性结构的InGa₂N/GaN的量子阱有源区、低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层、掺Mg的P型氮化镓层以及掺Mg的p型接触层;

所述的故意轻度掺杂的3维Ga₂N层与2维Ga₂N层的掺杂浓度分别为N型Ga₂N层的掺杂浓度的3%-12%与5%-15%,在其上再生长一层掺杂浓度为N型Ga₂N的掺杂浓度的50%-70%的n型接触层;

所述的故意轻度掺杂的3维Ga₂N层的厚度为1.5-2.0um;

所述的故意轻度掺杂的2维Ga₂N层的厚度为1.0-1.5um;

所述的n型接触层的厚度为0.3-0.5um;

所述的N型Ga₂N层的厚度为2.0-2.5um;

所述的周期性结构的InGa₂N/GaN的量子阱有源区的厚度为0.4-0.5um,GaN层的厚度为4nm~9nm,InGa₂N层的厚度为2-4nm,周期为14~18个;

所述的低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层的厚度为15nm~30nm;

所述的掺Mg的P型氮化镓导电层的厚度为40nm~60nm;

所述的掺Mg的P型接触层的厚度为10nm~15nm。

2. 一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片生长方法,其特征在于,步骤如下:

步骤1:将蓝宝石图形化AlN衬底清洗处理后,放在MOCVD腔体里的石墨盘上,在升温阶段进行烘烤5分钟;

步骤2:将MOCVD腔内温度升至1020-1080℃,在700-800mbar的压力下,生长一层厚度为1.5-2.0um的掺SiH₄的轻度掺杂3维Ga₂N层,使其掺杂浓度为N型Ga₂N层的掺杂浓度的3%-12%,使其载流子浓度为 0.06×10^{19} - 0.23×10^{19} cm/s;

步骤3:继续升温至1080-1150℃,在500-600mbar的压力下,生长一层厚度为1.0-1.5um的掺SiH₄的轻度掺杂2维Ga₂N层,使其掺杂浓度为N型Ga₂N层的掺杂浓度的5%-15%,使其载流子浓度为 0.09×10^{19} - 0.26×10^{19} cm/s;

步骤4:在温度1000-1030℃,在300-400mbar的压力下,生长一层厚度为0.3-0.5um的n型接触层,其掺杂浓度为N型Ga₂N层的掺杂浓度的50%-70%,其载流子浓度为 0.9×10^{19} - 1.2×10^{19} cm/s;

步骤5:在温度1050-1100℃,在200-400mbar的压力下,生长一层厚度为2.0-2.5um的N型Ga₂N层,其载流子浓度为 1.76×10^{19} cm/s;

步骤6:在温度为830~880℃时,在200~300mbar的压力下,生长一层4nm~9nm的GaN层;在温度730-780℃下,同一压力条件下,生长一层2-4nm的InGa₂N层,以此二者为一超晶格单元结构,交替连续生长14-18个周期,此连续的超晶格结构即为量子阱有源区;

步骤7:在温度为850~900℃时,在200~400mbar的压力下,生长一层厚度低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层;

步骤8:在温度为980~1000℃时,在150~200mbar的压力下,生长一层掺Mg的P型氮化镓导电层;

步骤9:在温度为700~750℃时,在150~200mbar的压力下,生长一层掺Mg的P型接触层。

一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片及生长方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体器件制备生长技术领域,涉及一种氮化镓基半导体发光二极管(LED)的外延片及生长方法。

背景技术

[0002] 氮化镓(GaN)因其高效率,低功耗,无污染等优势主导包括照明,光固化等诸多行业领域。优化外延结构,得到更高效的LED发光二极管是目前行业开发的主要方向。

[0003] 本发明主要针对氮化镓基发光二极管的VF1作出研究,在较大电流工作条件下,正向工作电压较大,其输入功率较高,降低发光功率,另在大电流工作条件下,其正向工作电压大,导致其在电极两端的热量急剧增加,增加了热击穿的可能性,破坏其热稳定性,影响其寿命。

[0004] 目前传统的GaN基LED外延层的结构为:先在1100°C下生长3维以及2维的本征GaN层,紧接着高温生长一层掺杂SiH₄的n型GaN层,这一层提供复合发光的电子;接着在750~850°C下生长几个周期的Ga_{0.9}In_{0.1}GaN的量子阱和量子垒作为LED的发光层,然后在950°C左右生长掺杂Mg的P型AlGa_{0.9}N层,起到阻挡电子的作用;最后在1000°C左右生长一层掺杂Mg的P型GaN层,这一层提供复合发光的空穴。

[0005] 目前LED外延生长过程中,传统3维以及2维GaN层与掺SiH₄的N型GaN层相接触,产生一部分压应力,产生缺陷,该压应力如果不充分释放,会影响外延层的晶体质量,其目前的传统的底层的纵向电流扩展能力受限,其载流子大部分局限在n型外延层以及有源区进行活动,导致其外延片的工作电压较高。所以实现故意轻度掺杂的3维,2维GaN层,并在其后生长一层n型接触层对降低氮化镓基发光二极管工作电压有着非常重要的意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于,针对上述制备氮化镓基发光二极管的外延片生长过程中所面临的技术难题,对外延片的本征层与n型GaN层之间进行了优化设计,在本征层实现故意掺杂,并在本征层后增加n型接触层,达到充分释放底层三维与二维的应力的目的,提高了氮化镓层的载流子浓度,显著增强了电流的纵向扩展能力,另电流横向扩展能力也得以扩展,降低了欧姆接触电阻,提高了电子向有源区的注入效率,从而达到降低VF1的效果。本发明提出的一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片生长方法,包括:蓝宝石图形化AlN衬底,故意轻度掺杂3维GaN层以及2维GaN层,n型接触层,N型(掺SiH₄)氮化镓外延层,InGa_{0.9}N/GaN周期性结构的量子阱有源区,低温掺Mg的p型外延层,以及EBL(P型掺Mg的AlGa_{0.9}N/InGa_{0.9}N)电子阻挡层,以及掺Mg的P型氮化镓层,p型接触层;

[0007] 本发明的技术方案:

[0008] 一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片,从下到上的顺序结构依次为蓝宝石图形化AlN衬底、故意轻度掺杂的3维GaN层与2维GaN层、n型接触层、N型GaN层、周期性结构的InGa_{0.9}N/GaN的量子阱有源区、EBL(P型掺Mg的AlGa_{0.9}N/InGa_{0.9}N)电子阻挡层即为低温

掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层、掺Mg的P型氮化镓层以及掺Mg的p型接触层；

[0009] 所述的故意轻度掺杂的3维Ga_N层与2维Ga_N层的掺杂浓度分布分别为N型Ga_N层的掺杂浓度(以N型Ga_N层的掺杂浓度为1为基准)的3%-12%与5%-15%，在其上，再生长一层掺杂浓度为N型Ga_N的掺杂浓度的50%-70%的n型接触层，在不破坏晶体质量的前提下，通过掺杂浓度的由低到高的渐变，去缓解3维与2维Ga_N层之间的应力，并通过n型接触层进一步释放传统意义上的Ga_N层与N型Ga_N层的应力释放，另一方面，提高了氮化镓层的载流子浓度，增强了电流的纵向扩展能力，电流横向扩展能力也得以扩展，降低了欧姆接触电阻，提高了电子向有源区的注入效率，从而达到降低VF₁的效果；

[0010] 所述的故意轻度掺杂的3维Ga_N层的厚度为1.5-2.0um，其掺杂浓度为N型Ga_N层的掺杂浓度的3%-12%；

[0011] 所述的故意轻度掺杂的2维Ga_N层的厚度为1.0-1.5um，其掺杂浓度为N型Ga_N层的掺杂浓度的5%-15%；

[0012] 所述的n型接触层的厚度为0.3-0.5um，其掺杂浓度为n型Ga_N层的掺杂浓度的50%-70%；

[0013] 所述的N型Ga_N层的厚度为2.0-2.5um；

[0014] 所述的周期性结构的InGa_N/Ga_N的量子阱有源区的厚度为0.4-0.5um，Ga_N层的厚度为4nm~9nm，InGa_N层的厚度为2-4nm，周期为14~18个；

[0015] 所述的低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层的厚度为15nm~30nm；

[0016] 所述的掺Mg的P型氮化镓导电层的厚度为40nm~60nm；

[0017] 所述的掺Mg的P型接触层的厚度为10nm~15nm。

[0018] 一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片生长方法，步骤如下：

[0019] 步骤1：将蓝宝石图形化ALN衬底清洗处理后，放在MOCVD腔体里的石墨盘上，在升温阶段进行烘烤5分钟；

[0020] 步骤2：将MOCVD腔内温度升至1020-1080℃，在700-800mbar的压力下，生长一层厚度为1.5-2.0um的掺SiH₄的轻度掺杂3维Ga_N层，使其掺杂浓度为N型Ga_N层的掺杂浓度的3%-12%，使其载流子浓度为 0.06×10^{19} - 0.23×10^{19} cm/s；

[0021] 步骤3：继续升温至1080-1150℃，在500-600mbar的压力下，生长一层厚度为1.0-1.5um的掺SiH₄的轻度掺杂2维Ga_N层，使其掺杂浓度为N型Ga_N层的掺杂浓度的5%-15%，使其载流子浓度为 0.09×10^{19} - 0.26×10^{19} cm/s；

[0022] 步骤4：在温度1000-1030℃，在300-400mbar的压力下，生长一层厚度为0.3-0.5um的n型接触层，其掺杂浓度为N型Ga_N层的掺杂浓度的50%-70%，其载流子浓度为 0.9×10^{19} - 1.2×10^{19} cm/s；

[0023] 步骤5：在温度1050-1100℃，在200-400mbar的压力下，生长一层厚度为2.0-2.5um的N型Ga_N层，其载流子浓度为 1.76×10^{19} cm/s；

[0024] 步骤6：在温度为830~880℃时，在200~300mbar的压力下，生长一层4nm~9nm的Ga_N层；在温度730-780℃下，同一压力条件下，生长一层2-4nm的InGa_N层，以此二者为一超晶格单元结构，交替连续生长14-18个周期，此连续的超晶格结构即为量子阱有源区；

[0025] 步骤7：在温度为850~900℃时，在200~400mbar的压力下，生长一层厚度低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层；

[0026] 步骤8:在温度为980~1000℃时,在150~200mbar的压力下,生长一层掺 Mg的P型氮化镓导电层;

[0027] 步骤9:在温度为700~750℃时,在150~200mbar的压力下,生长一层掺 Mg的P型接触层。

[0028] 所述的生长技术为金属有机化合物化学气相沉淀(MOCVD)外延生长技术,金属有机源三甲基镓(TMGa)或者三乙基镓(TEGa)作为镓源,三甲基镓(TMIn)作为镓源,三甲基铝(TMAI)作为铝源,N型掺杂剂为硅烷(SiH₄),P型掺杂剂为二茂镁(CP₂Mg);载气为高纯H₂或/和高纯N₂。

[0029] 本发明的有益效果:较传统的生长方法不同,本发明对3D与2D GaN层进行了优化设计,实现了故意轻度掺杂,此种故意轻度掺杂结构能够一定程度上释放3D与2D以及n型GaN层相连接时所产生的压应力,同时在2D与n型GaN层中间插入掺杂浓度较高的n型接触层,进一步释放其应压力,减少缺陷的产生,横向电流扩展能力得以提升,另一方面,其载流子浓度在一定程度上得到增强,其纵向电流扩展能力得以加强,两者叠加,达到降低其发光二极管工作电压的目的。

具体实施方式

[0030] 以下结合技术方案,进一步说明本发明的具体实施方式,本实施例采用金属有机化合物化学气相沉积设备(MOCVD)。

[0031] 实施例1

[0032] 一种降低氮化镓基发光二极管工作电压的外延片生长方法,包括以下工艺步骤:

[0033] 步骤1:将蓝宝石图形化ALN衬底清洗处理后,放在MOCVD腔体里的石墨盘上,在升温阶段进行烘烤,大约5分钟;

[0034] 步骤2:将MOCVD腔内温度升至1050℃,在800mbar的压力下,生长一层厚度为1.5um的掺SiH₄的轻度掺杂3D GaN层,使其掺杂浓度为N型GaN层的掺杂浓度的5%,使其载流子浓度为 0.088×10^{19} cm/s;

[0035] 步骤3:继续升温,在温度为1100℃,在600mbar的压力下,生长一层厚度为1.5um的掺SiH₄的轻度掺杂2D GaN层,使其掺杂浓度为N型GaN层的掺杂浓度的10%,使其载流子浓度为 0.17×10^{19} cm/s;

[0036] 步骤4:在温度1020℃,在300mbar的压力下,生长一层厚度为0.3um的n型接触层,其掺杂浓度为N型GaN层的掺杂浓度的50%,其载流子浓度为 0.88×10^{19} cm/s;

[0037] 步骤5:在温度1080℃,在250mbar的压力下,生长一层厚度为2.0um的N型GaN层,其载流子浓度为 1.76×10^{19} cm/s;

[0038] 步骤6:在温度为860℃时,在200mbar的压力下,生长一层6nm的AlGaIn,在温度760℃下,同一压力条件下,生长一层3nm的InGaIn,以此二者为一超晶格单元结构,交替连续生长16个周期,此连续的超晶格结构即为有源发光层的量子阱结构;

[0039] 步骤7:在温度为870℃时,在350mbar的压力下,生长一层厚度为34nm的低温掺Mg的P型氮化铝镓电子阻挡层;

[0040] 步骤8:在温度为995℃时,在150mbar的压力下,生长一层厚度为57nm的掺Mg的P型氮化镓导电层

[0041] 步骤9:在温度为720℃时,在150mbar的压力下,生长一层厚度为12nm 的掺Mg的P型接触层。

[0042] 本发明制得的外延片的结晶质量明显提升:其中对比测试本发明与传统方法 所致的LED芯片在30mA,90mA,150mA的电流稳流工作条件下,利用本发明 制得的LED芯片的正向工作电流明显低于传统方法约0.9%,1.5%,3%。说明 外延片的结晶质量提高。相比传统方案,最终的LED芯片的工作电压降低0.9%-3%。

[0043] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对 其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应 技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。