



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105914270 A

(43)申请公布日 2016.08.31

(21)申请号 201610487972.7

(22)申请日 2016.06.28

(71)申请人 聚灿光电科技股份有限公司

地址 215123 江苏省苏州市工业园区新庆路8号

(72)发明人 冯猛 陈立人 刘恒山

(74)专利代理机构 苏州威世册知识产权代理事务所(普通合伙) 32235

代理人 杨林洁

(51) Int. Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/12(2010.01)

G23C 14/35(2006.01)

G23C 14/06(2006.01)

G23C 14/58(2006.01)

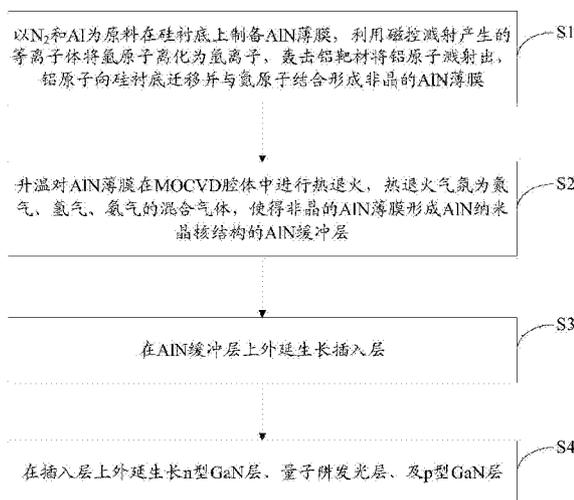
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

硅基氮化镓LED外延结构的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法,所述制造方法包括:S1、以N<sub>2</sub>和Al为原料在硅衬底上制备AlN薄膜,利用磁控溅射产生的等离子体将氮原子离化为氮离子,轰击铝靶材将铝原子溅射出,铝原子向硅衬底迁移并与氮原子结合形成非晶的AlN薄膜;S2、升温对AlN薄膜在MOCVD腔体中进行热退火,热退火气氛为氮气、氢气、氨气的混合气体,使得非晶的AlN薄膜形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层;S3、在AlN缓冲层上外延生长插入层;S4、在插入层上外延生长n型GaN层、量子阱发光层、及p型GaN层。本发明提升了磁控溅射沉积的AlN薄膜的质量,降低了因磊晶膜晶格不匹配所形成的应力与缺陷密度。



1. 一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法,其特征在于,所述制造方法包括:

S1、以 $N_2$ 和Al为原料在硅衬底上制备AlN薄膜,利用磁控溅射产生的等离子体将氩原子离化为氩离子,轰击铝靶材将铝原子溅射出,铝原子向硅衬底迁移并与氮原子结合形成非晶的AlN薄膜;

S2、升温对AlN薄膜在MOCVD腔体中进行热退火,热退火气氛为氮气、氢气、氨气的混合气体,使得非晶的AlN薄膜形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层;

S3、在AlN缓冲层上外延生长插入层;

S4、在插入层上外延生长n型GaN层、量子阱发光层、及p型GaN层。

2. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S1中,磁控溅射采用直流电,功率为1000~5000W。

3. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S1中,AlN薄膜的生长温度为100~800℃。

4. 根据权利要求3所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S1中,AlN薄膜的厚度为5~50nm。

5. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S2中,AlN薄膜的热退火温度为1030~1200℃。

6. 根据权利要求5所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S2中,AlN薄膜的热退火时间为10~300s。

7. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S2中,热退火气氛的混合气体中,氮气体积分数为0~0.5,氢气体积分数为0.2~1,氨气体积分数为0~0.5。

8. 根据权利要求7所述的制造方法,其特征在于,所述步骤S2中,热退火气氛的混合气体中,氮气体积分数为0.1,氢气体积分数为0.8,氨气体积分数为0.1。

9. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于,所述插入层为高温AlN层、AlGaN层、AlN/AlGaN超晶格层、AlGaN/GaN超晶格层中的一种或多种的组合。

## 硅基氮化镓LED外延结构的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及LED技术领域,尤其涉及一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法。

### 背景技术

[0002] 发光二极管(Light-Emitting Diode,LED)是一种能发光的半导体电子元件。这种电子元件早在1962年出现,早期只能发出低光度的红光,之后发展出其他单色光的版本,时至今日能发出的光已遍及可见光、红外线及紫外线,光度也提高到相当的光度。而用途也由初时作为指示灯、显示板等;随着技术的不断进步,发光二极管已被广泛的应用于显示器、电视机采光装饰和照明。

[0003] 目前商品化的氮化镓系半导体光电元件均以蓝宝石(Sapphire)与碳化硅(SiC)衬底为主,但其基本专利基本掌握在日本、美国和德国厂商手中。有鉴于专利与材料种种问题,开发硅基氮化镓(GaN-on-Si)磊晶技术遂能摆脱关键原料、技术受制于美日的困境。

[0004] 由于氮化镓材料与硅衬底间的晶格常数并不匹配,加上热膨胀系数的差异,若将氮化镓薄膜材料直接生长在硅衬底上,薄膜会因与衬底间的晶格常数差异过大而导致薄膜内的缺陷密度非常高,进而降低元件效率,所以通常在两者之间须搭配一层缓冲层材料。氮化铝薄膜材料由于具有宽能隙、高热稳定性及高散热性,同时与GaN薄膜的晶格可做应力互补,所以极适合做为GaN-on-Si的缓冲层材料。

[0005] 氮化铝缓冲层的通常在MOCVD中制备,在500~1100℃下,利用NH<sub>3</sub>和Al为原料制备氮化铝缓冲层。然后由于Si较为活泼,容易和NH<sub>3</sub>反应生成无结晶方向性的氮化硅(Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub>)界面,使得磊晶品质降低。

[0006] 为解决这个问题,已知的技术方案包括:

1)预先在硅基板上成长几个原子层的铝元素于硅衬底之上做为阻挡层,此举可防止氮化硅界面的形成;

2)采用较低的温度生长氮化铝缓冲层。

[0007] 然而上述两种技术方案都无法根本上杜绝氮化硅的形成。

[0008] 有鉴于此,为了解决上述技术问题,有必要提供一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法,以降低因磊晶膜晶格不匹配所形成的应力与缺陷密度(Defect Density)。

[0010] 为了实现上述目的,本发明实施例提供的技术方案如下:

一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法,所述制造方法包括:

Si、以N<sub>2</sub>和Al为原料在硅衬底上制备AlN薄膜,利用磁控溅射产生的等离子体将氩原子离化为氩离子,轰击铝靶材将铝原子溅射出,铝原子向硅衬底迁移并与氮原子结合形成非晶的AlN薄膜;

S2、升温对AlN薄膜在MOCVD腔体中进行热退火，热退火气氛为氮气、氢气、氨气的混合气体，使得非晶的AlN薄膜形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层；

S3、在AlN缓冲层上外延生长插入层；

S4、在插入层上外延生长n型GaN层、量子阱发光层、及p型GaN层。

[0011] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S1中，磁控溅射采用直流电，功率为1000~5000W。

[0012] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S1中，AlN薄膜的生长温度为100~800℃。

[0013] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S1中，AlN薄膜的厚度为5~50nm。

[0014] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S2中，AlN薄膜的热退火温度为1030~1200℃。

[0015] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S2中，AlN薄膜的热退火时间为10~300s。

[0016] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S2中，热退火气氛的混合气体中，氮气体积分数为0~0.5，氢气体积分数为0.2~1，氨气体积分数为0~0.5。

[0017] 作为本发明的进一步改进，所述步骤S2中，热退火气氛的混合气体中，氮气体积分数为0.1，氢气体积分数为0.8，氨气体积分数为0.1。。

[0018] 作为本发明的进一步改进，所述插入层为高温AlN层、AlGaIn层、AlN/AlGaIn超晶格层、AlGaIn/GaN超晶格层中的一种或多种的组合。

[0019] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

采用N<sub>2</sub>取代NH<sub>3</sub>作为氮源，可以降低氮源与硅衬底在界面反应形成氮化硅的可能性，提升了磁控溅射沉积的AlN薄膜的质量；

对AlN薄膜进行热退火以形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层，有效降低了因磊晶膜晶格不匹配所形成的应力与缺陷密度，提升了硅基氮化镓LED的光电转化效率。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1为本发明中硅基氮化镓LED外延结构制造方法的具体流程图。

## 具体实施方式

[0022] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，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他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0023] 参图1所示，本发明公开了一种硅基氮化镓LED外延结构的制造方法，具体包括：

S1、以N<sub>2</sub>和Al为原料在硅衬底上制备AlN薄膜，利用磁控溅射产生的等离子体将氩原子离化为氩离子，轰击铝靶材将铝原子溅射出，铝原子向硅衬底迁移并与氮原子结合形成非晶的AlN薄膜；

S2、升温对AlN薄膜在MOCVD腔体中进行热退火,热退火气氛为氮气、氢气、氨气的混合气体,使得非晶的AlN薄膜形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层;

S3、在AlN缓冲层上外延生长插入层;

S4、在插入层上外延生长n型GaN层、量子阱发光层、及p型GaN层。

[0024] 在本发明一具体实施方式中,步骤S1中,磁控溅射采用直流电,功率为1000~5000W。

[0025] 在本发明一具体实施方式中,步骤S1中,AlN薄膜的生长温度为100~800℃。

[0026] 在本发明一具体实施方式中,步骤S1中,AlN薄膜的厚度为5~50nm。

[0027] 在本发明一具体实施方式中,步骤S2中,AlN薄膜的热退火温度为1030~1200℃。

[0028] 在本发明一具体实施方式中,步骤S2中,AlN薄膜的热退火时间为10~300s。

[0029] 在本发明一具体实施方式中,步骤S2中,热退火气氛的混合气体中,氮气体积分数为0~0.5,氢气体积分数为0.2~1,氨气体积分数为0~0.5。

[0030] 在本发明一具体实施方式中,步骤S2中,热退火气氛的混合气体中,氮气体积分数为0.1,氢气体积分数为0.8,氨气体积分数为0.1。

[0031] 进一步地,本发明中的插入层可以为一层结构或多层结构,插入层可以为高温AlN层、AlGaN层、AlN/AlGaN超晶格层、AlGaN/GaN超晶格层中的一种或多种的组合。

[0032] 现有技术中沉积AlN薄膜的氮源采用NH<sub>3</sub>,NH<sub>3</sub>与硅衬底在界面容易反应形成氮化硅,本发明中采用N<sub>2</sub>取代NH<sub>3</sub>作为氮源,可以降低氮源与硅衬底在界面反应形成氮化硅的可能性,提升了磁控溅射沉积的AlN薄膜的质量。

[0033] 通过AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层,降低了因磊晶膜晶格不匹配所形成的应力与缺陷密度,提升了硅基氮化镓LED外延结构的质量。

[0034] 以下结合具体实施例对本发明作进一步说明。

[0035] 在本发明的一具体实施例中,硅基氮化镓LED外延结构的制造方法具体包括以下步骤:

1、以N<sub>2</sub>和Al为原料在硅衬底上制备AlN薄膜,利用磁控溅射产生的等离子体将氩原子离化为氩离子,轰击铝靶材将铝原子溅射出,铝原子向硅衬底迁移并与氮原子结合形成非晶的AlN薄膜。控制磁控溅射电流为DC、功率为3500W,硅衬底的温度为400℃,在硅衬底上沉积一层厚度为30nm的AlN薄膜。

[0036] 2、将沉积一层高质量AlN薄膜的硅衬底置于MOCVD腔体中,升温至1050℃,对AlN薄膜在MOCVD腔体中进行热退火,热退火气氛为氮气、氢气、氨气的混合气体,控制腔体混合气体中的氮气、氢气、氨气的体积比为1:8:1(即氮气体积分数为0.1,氢气体积分数为0.8,氨气体积分数为0.1),热退火时间为120s,使得非晶的AlN薄膜形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层。

[0037] 3、在1100℃、50Torr条件下,生长1μm厚度的高温AlN层。

[0038] 4、在1100℃、50 Torr条件下,生长1μm厚度的Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>N层。

[0039] 5、在1100℃、100 Torr条件下,生长1μm厚度的Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层。

[0040] 6、在1080℃、100 Torr条件下,生长1μm厚度的Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N/GaN超晶格层,Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N/GaN超晶格层为依次层叠的Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>N层与GaN层。

[0041] 7、在1080℃、100 Torr条件下,生长2μm厚度的n型GaN层。

[0042] 8、在700~900℃、300 Torr条件下,生长量子阱发光层。

[0043] 9、在850~950℃、200 Torr条件下,生长p型GaN层。

[0044] 应当理解的是,本实施例中各外延层的生长条件、AlN薄膜的退火条件等工艺参数均为一优选参数,在其他实施例中可以设置为其他满足条件的参数,本发明中不再一一举例进行详细说明。

[0045] 由以上技术方案可以看出,本发明具有以下有益效果:

采用N<sub>2</sub>取代NH<sub>3</sub>作为氮源,可以降低氮源与硅衬底在界面反应形成氮化硅的可能性,提升了磁控溅射沉积的AlN薄膜的质量;

对AlN薄膜进行热退火以形成AlN纳米晶核结构的AlN缓冲层,有效降低了因磊晶膜晶格不匹配所形成的应力与缺陷密度,提升了硅基氮化镓LED的光电转化效率。

[0046] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0047] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

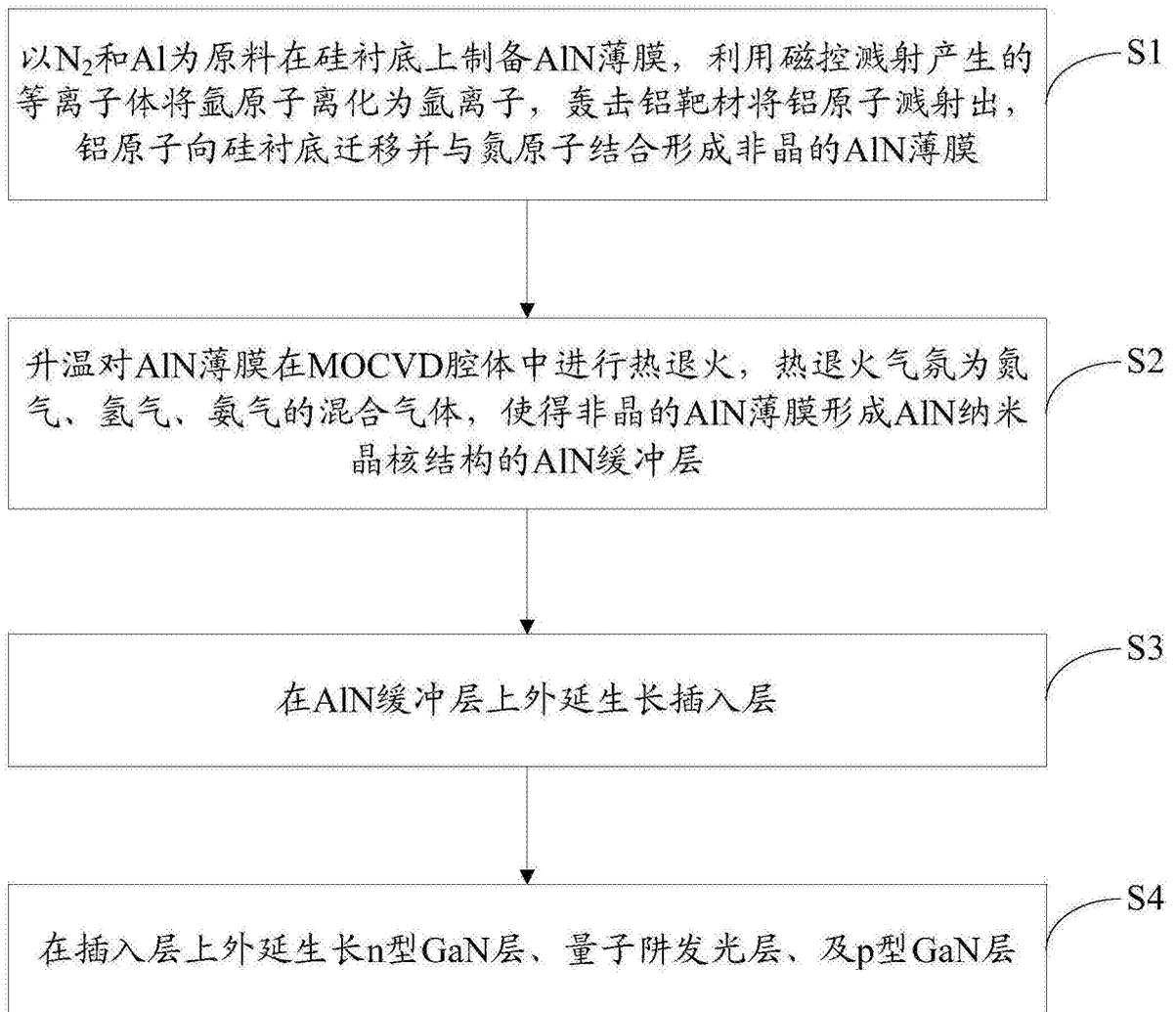


图1