

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/343 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03137828.5

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1312813C

[22] 申请日 2003.5.21 [21] 申请号 03137828.5

[73] 专利权人 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 刘金龙 李树深 牛智川

[56] 参考文献

US2002/0039833A1 2002.4.4

US5614435A 1997.3.25

US5260957A 1993.11.9

CN1372360A 2002.10.2

US5953356A 1999.9.14

审查员 肖霞

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 汤保平

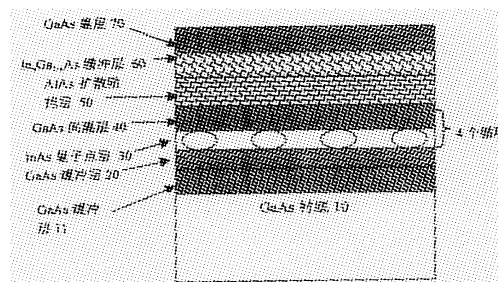
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 发明名称

自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法

[57] 摘要

一种自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，包括如下步骤：将砷化镓衬底进行脱氧处理，然后生长砷化镓缓冲层；砷化镓衬底温度；退火后采用循环停顿生长方法，生长出砷化镓量子点；生长厚为一个原子层至 5nm 的砷化镓；重复 3—4 步骤 1—40 个循环，循环累积生长自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点，提高材料的发光效率；生长 2—10 个原子层的砷化铝扩散阻挡层用于阻止镓原子扩散；生长 1—10nm 的镓镓砷缓冲层以减缓应力的变化；最后生长 10—300nm 的砷化镓盖层来保护所生长的材料。



1、一种自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，其特征在
5 于，包括如下步骤：

1) 将砷化镓衬底进行脱氧处理，然后生长砷化镓缓冲层，提供应力
缓冲；

2) 适当升高砷化镓衬底温度；

3) 退火后采用循环停顿生长方法，生长出砷化镓量子点，由于砷化
10 镓和砷化镓都具有较大的晶格失配，进行外延生长时如果外延层较厚，通
过形成岛状结构来降低能量，从而形成量子点；

4) 生长厚为 2 个原子层的砷化镓间隔层；本生长步骤包含三个环节，
首先生长一定厚度的砷化镓对砷化镓量子点加以侧向限制，而砷化镓量子
点顶部的镓原子由于应力的作用而迁移至刚刚生长成的砷化镓材料层上，
15 从而形成砷化镓量子盘，然后通过控制温度释放掉由砷化镓量子点中迁移
出的镓，最后完成砷化镓间隔层的生长；

5) 重复 3-4 步骤 4 个循环，循环累积生长自组织砷化镓/砷化镓盘
状量子点，提高材料的发光效率；

6) 生长 3 个原子层的砷化铝扩散阻挡层用于阻止镓原子扩散；

20 7) 生长 3 nm 的镓镓砷缓冲层以减缓应力的变化；

8) 最后生长 50 nm 的砷化镓盖层来保护所生长的材料。

2、根据权利要求 1 所述自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作
方法，其特征在于，其中步骤 3) 是在退火 200 秒之后采用循环停顿生

长方法，即在每生长厚为 0.1 个单原子层的砷化铟后在砷保护下停顿 5 秒，生长厚为 2.5 个原子层的砷化铟。

3、根据权利要求 1 所述自组织砷化铟/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，其特征在于，其中步骤 4) 中在生长两个原子层的砷化镓之后将砷化镓衬底的温度在 30 秒内逐渐升至 610 °C，保持该温度 70 秒，然后用 100 秒的时间将温度降至 510 °C 再最后再生长两个原子层的砷化镓。

自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法

5

技术领域

本发明属于半导体技术领域，特别是指一种砷化镓衬底上的自组织砷化镓盘状量子点材料的制作方法。

10 技术背景

III-V 族自组织砷化镓/砷化镓量子点材料是替代磷化镓基材料、制备激光器、探测器的热门材料之一。理论上自组织量子点激光器具有比传统的量子阱激光器更稳定的温度特性、更高的增益、以及更小的阈值电流等优势。由于自组织生长的量子点尺寸大小分布不一，各量子点的受限能级弥散在一定范围之内。如何提高有源区量子点的尺寸均匀性、减小能量分布弥散度、增加对激射有效的量子点数目成为重要的研究方向。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种砷化镓衬底上的自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，这种方法可以提高量子点的尺寸均匀性，从而减小有源区量子点的能量分布弥散度、增加对激射有效的量子点数目。

本发明为一种自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，其特

征在于，包括如下步骤：

1) 将砷化镓衬底进行脱氧处理，然后生长砷化镓缓冲层，提供应力缓冲；

2) 适当升高砷化镓衬底温度；

5 3) 退火后采用循环停顿生长方法，生长出砷化镓量子点，由于砷化镓和砷化镓都具有较大的晶格失配，进行外延生长时如果外延层较厚，通过形成岛状结构来降低能量，从而形成量子点；

4) 生长厚为 2 个原子层的砷化镓间隔层；本生长步骤包含三个环节，首先生长一定厚度的砷化镓对砷化镓量子点加以侧向限制，而砷化镓量子
10 点顶部的镓原子由于应力的作用而迁移至刚刚生长成的砷化镓材料层上，从而形成砷化镓量子盘，然后通过控制温度释放掉由砷化镓量子点中迁移出的镓，最后完成砷化镓间隔层的生长；

5) 重复 3 - 4 步骤 4 个循环，循环累积生长自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点，提高材料的发光效率；

15 6) 生长 3 个原子层的砷化铝扩散阻挡层用于阻止镓原子扩散；

7) 生长 3 nm 的镓镓砷缓冲层以减缓应力的变化；

8) 最后生长 50 nm 的砷化镓盖层来保护所生长的材料。

其中步骤 3) 是在退火 200 秒之后采用循环停顿生长方法，即在每生长厚为 0.1 个单原子层的砷化镓后在砷保护下停顿 5 秒，生长厚为 2.
20 5 个原子层的砷化镓。

其中步骤 4) 中在生长两个原子层的砷化镓之后将砷化镓衬底的温度在 30 秒内逐渐升至 610 °C，保持该温度 70 秒，然后用 100 秒的时

间将温度降至 510 °C 再最后再生长两个原子层的砷化镓。

附图说明

为了进一步说明本发明的内容，以下结合实施的实例对本发明做一详细的描述，其中

图 1 是显示在衬底上生长缓冲层示意图。

图 2 是显示在图 1 上再沉积一层生长缓冲层示意图。

图 3 是显示在图 2 上生长砷化镓量子点的示意图。

图 4 是显示在图 3 上生长砷化镓间隔层示意图。

图 5 是显示在图 4 上生长砷化铝的示意图。

图 6 是显示在图 5 上生长镓砷的示意图。

图 7 是显示在图 6 上生长砷化镓盖层的示意图。

具体实施方式

请参考图 1 至图 7 所示，本发明为自组织砷化镓/砷化镓盘状量子点材料的制作方法，其过程是在砷化镓衬底上用分子束外延方法或金属有机汽相沉积实现。

如图 1 所示，在 580 °C 下将砷化镓衬底 10 进行脱氧处理，然后在 600 °C 下生长 500 nm 厚的砷化镓缓冲层 11，以起到缓冲应力的作用。

然后如图 2 所示，砷化镓衬底 10 的温度降至 510 °C，然后在砷化镓缓冲层 11 上再生长 10 nm 厚的砷化镓 20，起到进一步缓冲应力的

作用。

图 3 所示为退火 200 秒后采用循环停顿生长方法在砷化镓缓冲层 20 上生长 2.5 个原子层厚的砷化铟量子点层 30，利用晶格失配形成砷化铟量子点，在生长时每生长 0.1 单原子层的砷化铟后在砷保护下停顿 5 秒以利于铟原子扩散，有助于提高量子点的质量。

图 4 所示为在砷化铟量子点层 30 上生长砷化镓间隔层 40，在这个过程中首先生长两个原子层的砷化镓，之后将砷化镓衬底的温度在 30 秒内逐渐升至 610℃，保持该温度 70 秒，然后用 100 秒的时间将温度降至 510℃。最后再生长两个原子层的砷化镓。这是利用砷化镓对砷化铟量子点加以侧向限制形成砷化铟量子盘，并最后完成砷化镓间隔层的生长。

重复图 3 及图 4 步的步骤 4 个循环，提高材料的发光效率。

然后如图 5 所示在砷化镓间隔层 40 上生长 3 个原子层厚的砷化铝扩散阻挡层 50，以阻止铟原子扩散。

在砷化铝扩散阻挡层 50 上生长 3 nm 的铟镓砷缓冲层 60 如图 6 所示，减缓应力的变化。

最后在铟镓砷缓冲层 60 上生长 50 nm 的砷化镓盖层 70 如图 7 所示，对所生长的材料加以保护。

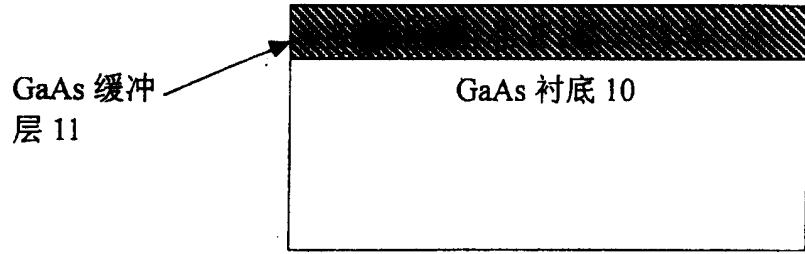


图 1

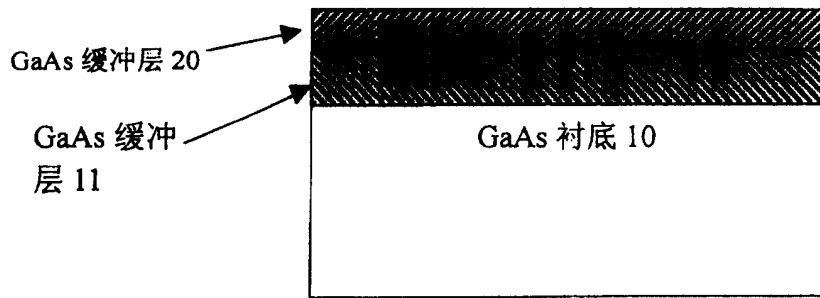


图 2

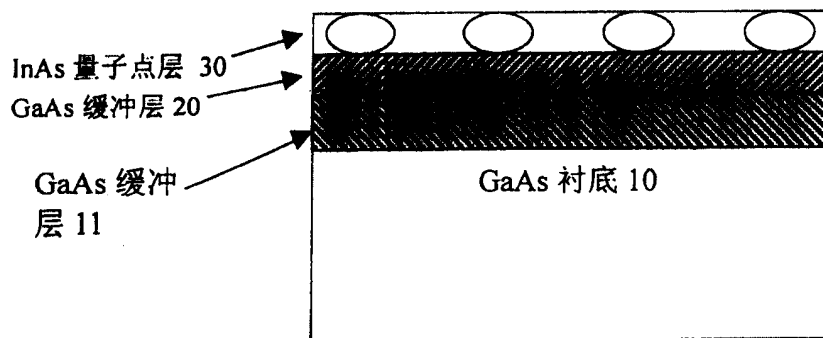


图 3

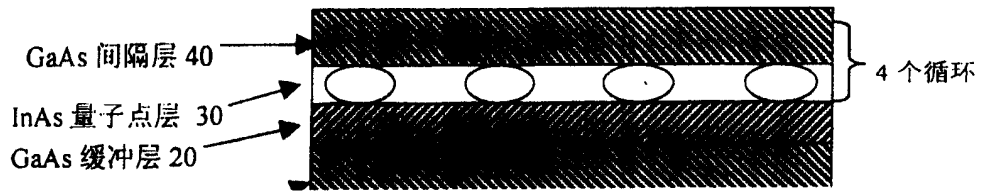


图 4

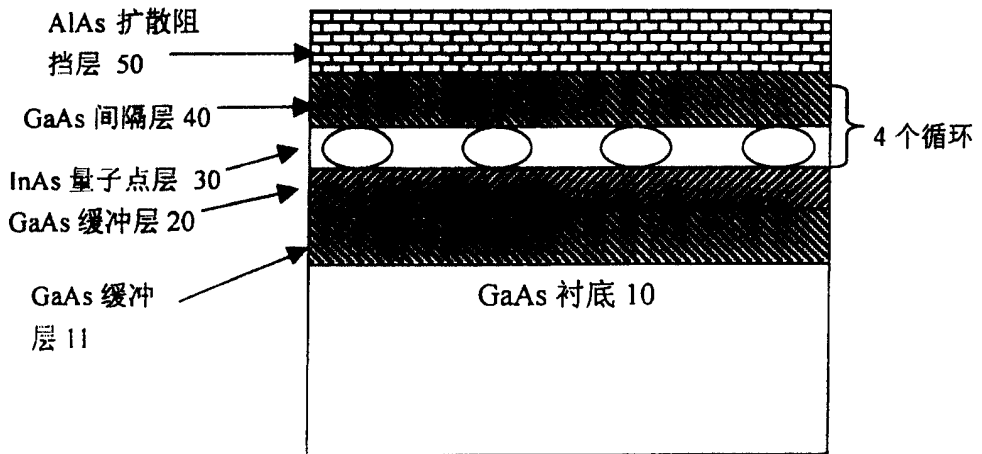


图 5

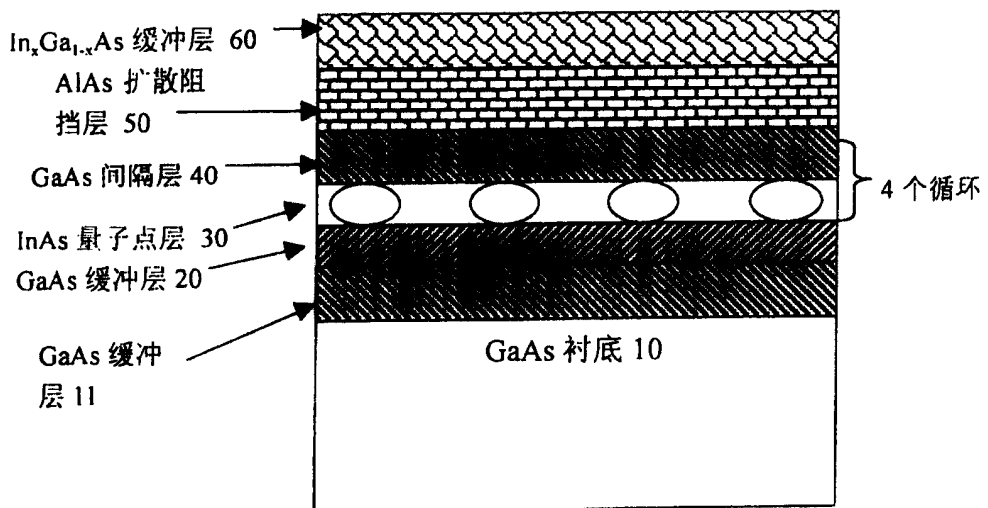


图 6

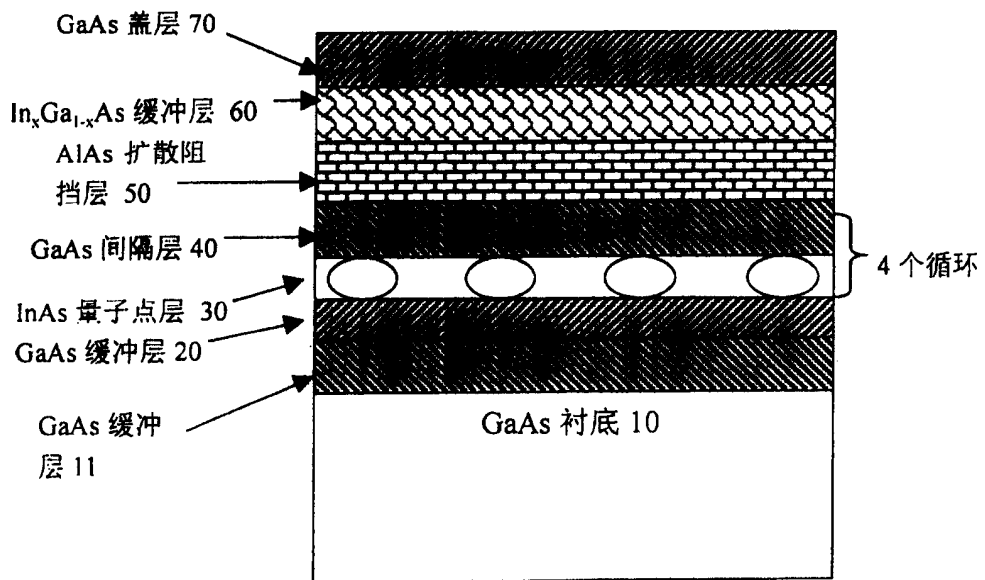


图 7