



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102545056 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201210023696. 0

(22) 申请日 2012. 02. 02

(71) 申请人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

(72) 发明人 曹俊诚 万文坚 韩英军

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219
代理人 李仪萍

(51) Int. Cl.

H01S 5/34 (2006. 01)

H01S 5/22 (2006. 01)

B82Y 20/00 (2011. 01)

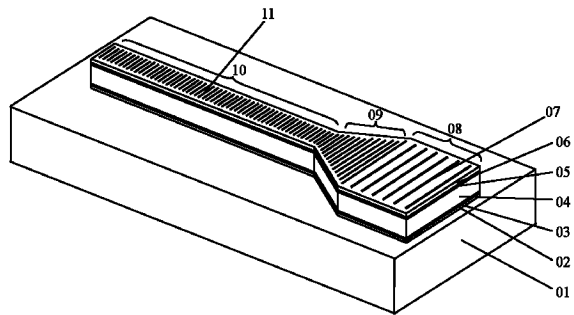
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制备方法,该激光器包括单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;单模产生区波导和锥形耦合区波导采用一阶光栅结构,表面发射区波导采用二阶光栅结构;单模产生区波导内部产生单模太赫兹种子光,锥形耦合区波导将所述太赫兹种子光放大并耦合到表面发射区波导,表面发射区波导使太赫兹激光垂直衬底表面出射。本发明实现了太赫兹量子级联激光器的大功率、窄线宽和小发散角太赫兹激光表面发射,在一定程度上抑制了横向高次模的激光,同时减少了波导之间的耦合损失和端面损失。



1. 一种表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射太赫兹量子级联激光器包括单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;单模产生区波导和锥形耦合区波导采用一阶光栅结构,表面发射区波导采用二阶光栅结构;单模产生区波导内部产生单模太赫兹种子光,锥形耦合区波导将所述太赫兹种子光放大并耦合到表面发射区波导,表面发射区波导使太赫兹激光垂直衬底表面出射。

2. 根据权利要求1所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述单模产生区波导为窄条宽的脊形波导,窄条宽的脊形波导的表面刻蚀一阶光栅,光栅为周期排列的平行狭缝,狭缝的长度小于脊形波导的条宽;所述单模产生区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂n型GaAs衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通。

3. 根据权利要求1所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述单模产生区波导远离锥形耦合区波导的端面镀有高反射膜。

4. 根据权利要求1所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述锥形耦合区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂n型GaAs衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述一阶光栅的狭缝长度不到锥形耦合区波导的两边。

5. 根据权利要求1所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射区波导为宽脊形波导;表面发射区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂n型GaAs衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述二阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者二阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述二阶光栅的狭缝长度不到表面发射区波导的两边。

6. 根据权利要求1至5任意一项所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射太赫兹量子级联激光器为双对称结构,中间为表面发射区波导,表面发射区波导的两边对称分布锥形耦合区波导和单模产生区波导。

7. 根据权利要求1至5任意一项所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射太赫兹量子级联激光器为单排阵列结构,中间为表面发射区波导,表面发射区波导的一边并行排列分布锥形耦合区波导和单模产生区波导。

8. 根据权利要求1至5任意一项所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射太赫兹量子级联激光器为十字阵列结构,中间为矩形表面发射区波导,矩形表面发射区波导刻蚀有同心矩形二阶光栅,矩形表面发射区波导的四边分别分布连接锥形耦合区波导和单模产生区波导。

9. 根据权利要求1至5任意一项所述的表面发射太赫兹量子级联激光器,其特征在于:所述表面发射太赫兹量子级联激光器为环形阵列结构,中间为圆形表面发射区波导,圆形表面发射区波导刻蚀有同心圆形二阶光栅,圆形表面发射区波导的周围分布连接单模产生区波导。

10. 一种权利要求1所述的表面发射太赫兹量子级联激光器的制作方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,以半绝缘 GaAs 为衬底,外延生长一刻蚀阻挡层;在所述刻蚀阻挡层上外延生长一上接触层;在所述上接触层上外延生长一有源区;在所述有源区上外延生长一下接触层,然后在下接触层上电子束蒸发一下金属层;至此形成一片衬底;

步骤二,在另一重掺杂 n 型 GaAs 衬底表面电子束蒸发 Pd/Ge/Pd/In 薄膜形成另一片衬底;

步骤三,将两片衬底的金属面相对,热压键合在一起;

步骤四,对所述半绝缘 GaAs 衬底进行抛光,直到离刻蚀阻挡层预设距离,然后采用湿法腐蚀,腐蚀到刻蚀阻挡层,再用 HF 酸去除刻蚀阻挡层;再用湿法腐蚀减薄上接触层至设定厚度;采用剥离技术在所述半绝缘 GaAs 衬底上蒸发一上金属层;以上金属层为模版,自对准刻蚀出单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;再在单模产生区波导和锥形耦合区波导上光刻出一阶光栅,在表面发射区波导上光刻出二阶光栅,将上金属层和上接触层刻通。

11. 根据权利要求 10 所述的表面发射太赫兹量子级联激光器的制作方法,其特征在于:所述单模产生区波导在远离表面发射区波导的端面镀有高反射膜。

12. 根据权利要求 10 所述的表面发射太赫兹量子级联激光器的制作方法,其特征在于:从所述上金属层和重掺杂 n 型 GaAs 衬底引出电极。

一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光器半导体技术领域,涉及一种太赫兹量子级联激光器,具体涉及一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制作方法。

背景技术

[0002] 太赫兹 (THz) 量子级联激光器 (quantum cascade laser, QCL) 作为一种重要的太赫兹辐射源,具有体积小、重量轻、易集成等优点,是太赫兹领域的一个研究热点。太赫兹量子级联激光器的研究主要集中在有源区和波导两个方面,要求器件具有高工作温度、低阈值电流密度、高转换效率、高输出功率、单模窄光谱线宽、小远场发散角等性能。

[0003] 太赫兹量子级联激光器波导结构主要有单面金属波导和双面金属波导,其中双面金属波导对太赫兹波损耗小、模式限制作用强,可为激光器提供更高的工作温度。为了获得稳定的单模波输出,通常在波导表面金属层引入一阶光栅,而不是利用波导两个端面形成的 F-P 腔来产生谐振。对于边发射太赫兹量子级联激光器,尤其是采用双面金属波导工艺的激光器,由于亚波长模式限制,垂直方向光束非常发散。而表面发射太赫兹量子级联激光器则具有较大的发射面积,因此可望具有更窄的光束发散模式以及更大的功率输出。在波导中引入二阶光栅,利用光栅的一级衍射可以实现太赫兹波表面辐射。但表面发射波导端面的反射会影响激光的模式,而且大条宽、大面积容易激发横向高次模。一个有效的解决方法为在波导两端或四周制作吸收边以减弱端面反射、抑制横向高次模,但是吸收边的引入往往使输出功率变小。

发明内容

[0004] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制作方法,用以实现大功率、窄线宽和小发散角太赫兹激光表面发射。

[0005] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种表面发射太赫兹量子级联激光器及其制作方法。

[0006] 一种表面发射太赫兹量子级联激光器,包括单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;单模产生区波导和锥形耦合区波导采用一阶光栅结构,表面发射区波导采用二阶光栅结构;单模产生区波导内部产生单模太赫兹种子光,锥形耦合区波导将所述太赫兹种子光放大并耦合到表面发射区波导,表面发射区波导使太赫兹激光垂直衬底表面出射。

[0007] 作为本发明的一种优选方案,所述单模产生区波导为窄条宽的脊形波导,窄条宽的脊形波导的表面刻蚀一阶光栅,光栅为周期排列的平行狭缝,狭缝的长度小于脊形波导的条宽;所述单模产生区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通。

[0008] 作为本发明的另一种优选方案,所述单模产生区波导远离锥形耦合区波导的端面镀有高反射膜。

[0009] 作为本发明的再一种优选方案,所述锥形耦合区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述一阶光栅的狭缝长度不到锥形耦合区波导的两边。

[0010] 作为本发明的再一种优选方案,所述表面发射区波导为宽脊形波导;表面发射区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底、下金属层、下接触层、有源区、上接触层、上金属层;其中所述二阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者二阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述二阶光栅的狭缝长度不到表面发射区波导的两边。

[0011] 作为本发明的再一种优选方案,所述表面发射太赫兹量子级联激光器为双对称结构,中间为表面发射区波导,表面发射区波导的两边对称分布锥形耦合区波导和单模产生区波导。

[0012] 作为本发明的再一种优选方案,所述表面发射太赫兹量子级联激光器为单排阵列结构,中间为表面发射区波导,表面发射区波导的一边并行排列分布锥形耦合区波导和单模产生区波导。

[0013] 作为本发明的再一种优选方案,所述表面发射太赫兹量子级联激光器为十字阵列结构,中间为矩形表面发射区波导,矩形表面发射区波导刻蚀有同心矩形二阶光栅,矩形表面发射区波导的四边分别分布连接锥形耦合区波导和单模产生区波导。

[0014] 作为本发明的再一种优选方案,所述表面发射太赫兹量子级联激光器为环形阵列结构,中间为圆形表面发射区波导,圆形表面发射区波导刻蚀有同心圆形二阶光栅,圆形表面发射区波导的周围分布连接单模产生区波导。

[0015] 一种表面发射太赫兹量子级联激光器的制作方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤一,以半绝缘 GaAs 为衬底,外延生长一刻蚀阻挡层;在所述刻蚀阻挡层上外延生长一上接触层;在所述上接触层上外延生长一有源区;在所述有源区上外延生长一下接触层,然后在下接触层上电子束蒸发一下金属层;至此形成一片衬底;

[0017] 步骤二,在另一重掺杂 n 型 GaAs 衬底表面电子束蒸发 Pd/Ge/Pd/In 薄膜形成另一片衬底;

[0018] 步骤三,将两片衬底的金属面相对,热压键合在一起;

[0019] 步骤四,对所述半绝缘 GaAs 衬底进行抛光,直到离刻蚀阻挡层预设距离,然后采用湿法腐蚀,腐蚀到刻蚀阻挡层,再用 HF 酸去除刻蚀阻挡层;再用湿法腐蚀减薄上接触层至设定厚度;采用剥离技术在所述半绝缘 GaAs 衬底上蒸发一上金属层;以上金属层为模版,自对准刻蚀出单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;再在单模产生区波导和锥形耦合区波导上光刻出一阶光栅,在表面发射区波导上光刻出二阶光栅,将上金属层和上接触层刻通。

[0020] 作为本发明的一种优选方案,所述单模产生区波导在远离表面发射区波导的端面镀有高反射膜。

[0021] 作为本发明的另一种优选方案,从所述上金属层和重掺杂 n 型 GaAs 衬底引出电

极。

[0022] 如上所述,本发明所述的表面发射太赫兹量子级联激光器及其制作方法,具有以下有益效果:

[0023] 实现了太赫兹量子级联激光器的大功率、窄线宽和小发散角太赫兹激光表面发射,单模产生区波导和锥形耦合区波导对于表面发射区波导还起到了吸收边的作用,在一定程度上抑制了横向高次模的激射,同时减少了单模产生区波导和表面发射区波导之间的耦合损失,减少了单模产生区波导的端面损失。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明所述的表面发射太赫兹量子级联激光器的一种结构示意图。

[0025] 图 2 为本发明所述的双对称结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的结构示意图。

[0026] 图 3 为本发明所述的单排阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的结构示意图。

[0027] 图 4 为本发明所述的双排阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的结构示意图。

[0028] 图 5 为本发明所述的十字阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的结构示意图。

[0029] 图 6 为本发明所述的环形结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的结构示意图。

[0030] 元件标号说明

- | | |
|----------------------------|--------------|
| [0031] 01、重掺杂 n 型 GaAs 衬底; | 02、下金属层; |
| [0032] 03、下接触层; | 04、有源区; |
| [0033] 05、上接触层; | 06、上金属层; |
| [0034] 07、二阶光栅; | 08、表面发射区波导; |
| [0035] 09、锥形耦合区波导; | 10、单模产生区波导; |
| [0036] 11、一阶光栅; | 12、同心矩形二阶光栅; |
| [0037] 13、同心圆形二阶光栅。 | |

具体实施方式

[0038] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0039] 请参阅附图。需要说明的是,本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0040] 鉴于太赫兹量子级联激光器波导存在的一些问题,本发明从波导结构出发,综合几种设计概念的优点,提出一种有望具有输出功率高、远场发散角小和光谱线宽窄等性能

的表面发射太赫兹量子级联激光器,该表面发射太赫兹量子级联激光器包括单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;单模产生区波导和锥形耦合区波导采用一阶光栅结构,表面发射区波导采用二阶光栅结构。单模产生区波导内部产生单模太赫兹种子光,锥形耦合区波导将种子光放大并耦合到下一区,表面发射区波导使太赫兹激光垂直衬底表面出射。

[0041] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。

[0042] 实施例一

[0043] 本实施例提供一种表面发射太赫兹量子级联激光器,如图 1 所示,包括单模产生区波导 10、锥形耦合区波导 09 和表面发射区波导 08;单模产生区波导 10 和锥形耦合区波导 09 采用一阶光栅 11 结构,表面发射区波导 08 采用二阶光栅 07 结构;单模产生区波导 10 内部产生单模太赫兹种子光,锥形耦合区波导 09 将所述太赫兹种子光放大并耦合到表面发射区波导 08,表面发射区波导 08 使太赫兹激光垂直衬底 01 表面出射。

[0044] 所述表面发射太赫兹量子级联激光器整个器件以 GaAs 为材料,采用双面金属波导工艺,激光器的单模产生区波导 10、锥形耦合区波导 09 和表面发射区波导 08 三个部分为一整体,在同一衬底上制备,水平方向高度一致。

[0045] 单模产生区波导 10 为窄条宽的脊形波导,窄条宽的脊形波导的表面刻蚀一阶光栅 11,一阶光栅为周期排列的平行狭缝,狭缝的长度小于脊形波导的条宽;所述单模产生区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底 01、下金属层 02、下接触层 03、有源区 04、上接触层 05、上金属层 06;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通。利用光栅分布负反馈 (DFB) 原理在波导中形成高质量单模种子激光。为了减少端面损失,单模产生区波导 10 远离锥形耦合区波导 09 的端面镀有高反射膜。

[0046] 所述锥形耦合区波导 09 的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底 01、下金属层 02、下接触层 03、有源区 04、上接触层 05、上金属层 06;其中所述一阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者一阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述一阶光栅的狭缝长度不到锥形耦合区波导的两边,以保证波导电学导通。锥形耦合区波导 09 为衔接单模产生区波导 10 和表面发射区波导 08 的区域波导,其作用是尽可能减少单模产生区波导和表面发射区波导之间的耦合损失。单模产生区波导较窄,而表面发射区波导较宽,锥形耦合区波导连接两者呈现一端小一端大的锥形。单模产生区波导和锥形耦合区波导对于表面发射区波导还起到了吸收边的作用,在一定程度上抑制了横向高次模的激射。锥形耦合区波导表面也可以刻蚀一阶光栅,种子光经锥形耦合区波导继续放大然后耦合进入下一区域(即表面发射区波导)。

[0047] 所述表面发射区波导 08 为宽脊形波导,宽度约为单模产生区波导宽度的 2-3 倍。表面发射区波导的结构为:在垂直方向从下至上依次为重掺杂 n 型 GaAs 衬底 01、下金属层 02、下接触层 03、有源区 04、上接触层 05、上金属层 06;其中所述二阶光栅的狭缝将所述上金属层和上接触层均刻通,或者二阶光栅的狭缝将所述上金属层、上接触层和有源区均刻通;所述二阶光栅的狭缝长度不到表面发射区波导的两边。表面发射区波导 08 为宽脊形波导,有较大的出射面积,从而为大功率输出、低远场发散提供条件。表面发射区波导 08 的表面刻蚀有二阶光栅,利用二阶光栅的一级衍射产生垂直表面的辐射。所述二阶光栅为周期

排列的平行狭缝,周期约为一阶光栅周期的两倍,狭缝的长度小于波导的宽度,以保证波导电学导通。

[0048] 本发明所述的表面发射太赫兹量子级联激光器实现了太赫兹量子级联激光器的大功率、窄线宽和小发散角太赫兹激光表面发射,单模产生区波导和锥形耦合区波导对于表面发射区波导还起到了吸收边的作用,在一定程度上抑制了横向高次模的激射,同时减少了单模产生区波导和表面发射区波导之间的耦合损失,减少了单模产生区波导的端面损失。

[0049] 实施例二

[0050] 本实施例提供一种表面发射太赫兹量子级联激光器,其与实施例一所述的激光器的区别在于:其采用了双对称结构,实现了输出功率的倍增。通常二阶光栅太赫兹量子级联激光器沿光栅排列方向的两端需要制作吸收边,而采用双对称结构则可以省去吸收边的制作。这也为二阶光栅表面发射激光器提供了一个方法,可以在波导两端刻蚀一阶光栅,既可以增加输出功率,又可以抑制 F-P 腔反馈模式的激射。

[0051] 如图 2 所示,其提供了一种双对称结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的俯视示意图,省略了衬底结构的示意;中间为表面发射区波导 08,表面发射区波导 08 的两边对称分布锥形耦合区波导 09 和单模产生区波导 10。该双对称结构的表面发射太赫兹量子级联激光器可实现输出功率的倍增。

[0052] 如图 3 所示,其提供了一种单排阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的俯视示意图,省略了衬底结构的示意;中间为表面发射区波导 08,表面发射区波导 08 的一边并行排列分布锥形耦合区波导 09 和单模产生区波导 10。即表面发射区波导 08 的一端连接一排阵列结构,每个阵列结构在沿远离表面发射区波导的方向依次为锥形耦合区波导 09 和单模产生区波导 10。

[0053] 如图 4 所示,其提供了一种双排阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的俯视示意图,省略了衬底结构的示意;表面发射区波导 08 的两端均分别连接一排阵列结构,每个阵列结构在沿远离表面发射区波导的方向依次为锥形耦合区波导 09 和单模产生区波导 10。所述单排阵列结构和双排阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器可实现大功率输出。

[0054] 如图 5 所示,其提供了一种十字阵列结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的俯视示意图,省略了衬底结构的示意;中间为矩形表面发射区波导 08,矩形表面发射区波导 08 刻蚀有同心矩形二阶光栅 12,矩形表面发射区波导 08 的四边分别连接锥形耦合区波导 09 和单模产生区波导 10。所述四边连接的单模产生区波导为窄条宽脊波导,窄条宽脊波导与矩形表面发射区波导由锥形耦合波导连接。

[0055] 如图 6 所示,其提供了一种环形结构的表面发射太赫兹量子级联激光器的俯视示意图,省略了衬底结构的示意;中间为圆形表面发射区波导 08,圆形表面发射区波导 08 刻蚀有同心圆形二阶光栅 13,圆形表面发射区波导 08 的周围分布连接单模产生区波导 10。表面发射区波导 08 为圆形,圆形表面发射区波导 08 的四周环绕分布阵列结构,每个阵列结构均为单模产生区波导 10。所述四周连接的单模产生区波导为窄条宽脊波导,因为窄条宽脊波导分布较密集,锥形耦合波导可以省去。

[0056] 如图 2 至 6 所示的波导阵列结构,均是提高输出功率的有效方法。当然本发明的

保护范围不限于上述几种排列结构,凡是从上述排列结构衍生出来的结构都属于本发明的保护范围。

[0057] 将四个激光器单元按十字排列,中间为表面发射区波导,四周为窄脊型波导,两者由锥形波导连接。中间表面发射区波导刻蚀二阶矩形光栅。由于光栅的狭缝要求将上金属层和上接触层都刻通,因此矩形光栅表面发射区是电学开路的,没有载流子注入,没有光学增益,其作用是汇聚水平方向的太赫兹激光,然后耦合从表面发射,这要求表面发射区波导的波导损耗要尽可能低,因此,还可以考虑将有源区也刻通,既可以降低波导损失,还可以增加耦合强度。

[0058] 多个激光器单元还可以环形排列,中间为圆形表面发射区波导,四周为环形分布的窄脊型波导。当窄脊型波导分布较密集时,锥形耦合区可省去。中间表面发射区波导刻蚀二阶同心环形光栅。这种环形阵列激光器的出射激光光束为圆形,输出功率由于多个激光器单元叠加而大大增加。采用环形光栅的一个好处在于,发射区没有载流子注入,没有电流引起的热源,工作温度可大大降低。但同时也没有光学增益,因此要求其波导损耗和面积尽可能小,而不至于窄脊型波导传输来的太赫兹波大量损失,因此要求将上金属层和上接触层都刻通,甚至将有源区也刻通。

[0059] 实施例三

[0060] 本实施例提供一种实施例一和二所述的表面发射太赫兹量子级联激光器的制作方法,该制作方法采用双面金属波导工艺,包括以下步骤:

[0061] 以半绝缘 GaAs 为衬底,分子束外延 (MBE) 生长约 500 纳米厚的 $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 刻蚀阻挡层;

[0062] 在所述刻蚀阻挡层上分子束外延 (MBE) 生长约 500 纳米厚的重掺杂 n 型 GaAs 上接触层,其作用是使金属和 GaAs 形成非合金的欧姆接触;

[0063] 在所述上接触层上分子束外延 (MBE) 生长 AlGaAs/GaAs 交替多层周期结构有源区,厚度约 10 微米;

[0064] 在所述有源区上分子束外延 (MBE) 生长约 50 纳米的重掺杂 n 型 GaAs 下接触层;然后在 GaAs 下接触层上电子束蒸发一下金属层,所述下金属层可以为 Ti/Au 薄膜,厚约 1 微米;至此形成一片衬底;

[0065] 在另一重掺杂 n 型 GaAs 衬底表面蒸发 Pd/Ge/Pd/In 薄膜,厚度约 1 微米;至此形成另一片衬底;将两片衬底的金属面相对,热压键合在一起;

[0066] 对所述半绝缘 GaAs 衬底进行抛光,直到离刻蚀阻挡层约 100 微米,然后采用湿法腐蚀,腐蚀到刻蚀阻挡层,再用 HF 酸去除刻蚀阻挡层;湿法腐蚀减薄上接触层至 50 纳米左右,以减少自由载流子吸收引起的波导损耗;采用剥离技术在所述半绝缘 GaAs 衬底上制作上金属层;以上金属层为模版,自对准刻蚀出三个区域波导,即单模产生区波导、锥形耦合区波导和表面发射区波导;其中单模产生区波导宽约 100 微米,表面发射区波导宽度一般可为单模产生区波导宽度的 2-3 倍;再在单模产生区波导和锥形耦合区波导上光刻出一阶光栅,在表面发射区波导上光刻出二阶光栅,将上金属层和上接触层刻通。

[0067] 单模产生区波导远离表面发射区波导的端面由解离或刻蚀形成,并镀有高反射膜。电极分别从上金属层 (06) 和下金属层 (02) 或重掺杂 n 型 GaAs 衬底 (01) 引出。

[0068] 重掺杂 n 型 GaAs 衬底底部电子束蒸发 Ti/Au 金属层。

[0069] 制作实施例二所述的双对称结构(图2)、单排阵列(图3)、双排阵列(图4)、十字阵列(图5)、环形阵列(图6)等太赫兹激光器,并不会增加工艺步骤,只是增加了光刻部分图形的复杂性。不过十字阵列和环形阵列的表面发射区刻蚀光栅,可能要增加深刻蚀工艺。

[0070] 所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0071] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

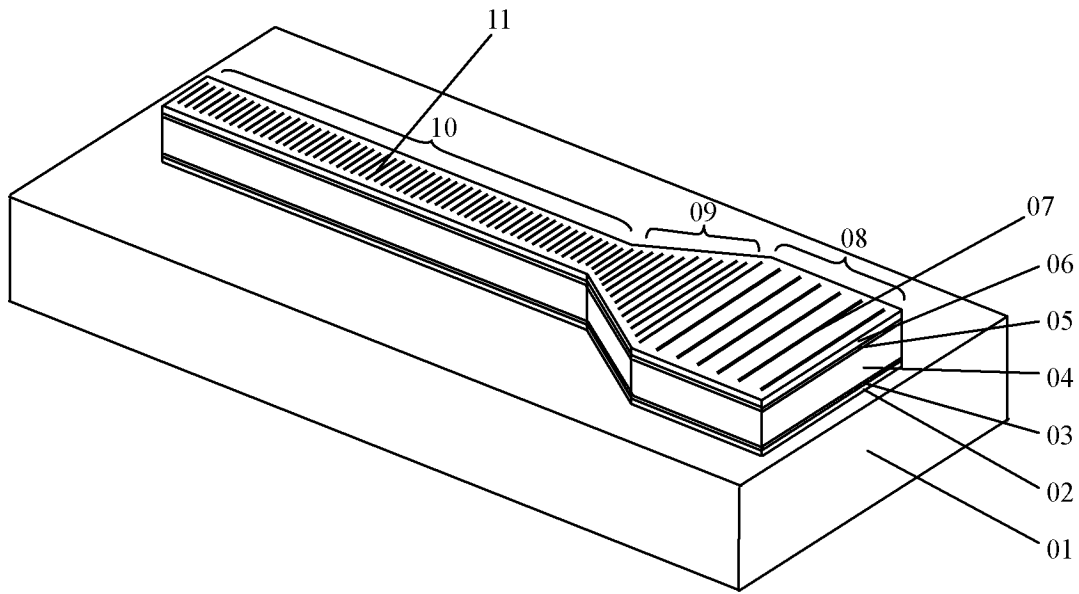


图 1

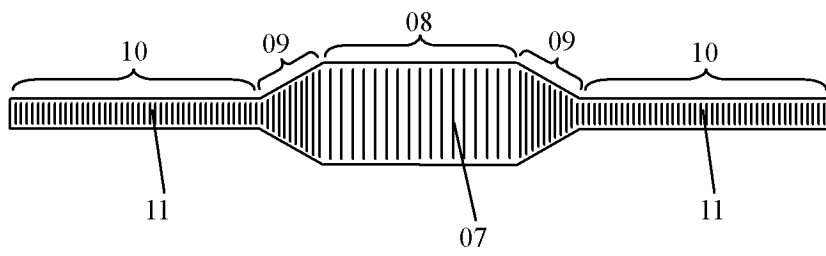


图 2

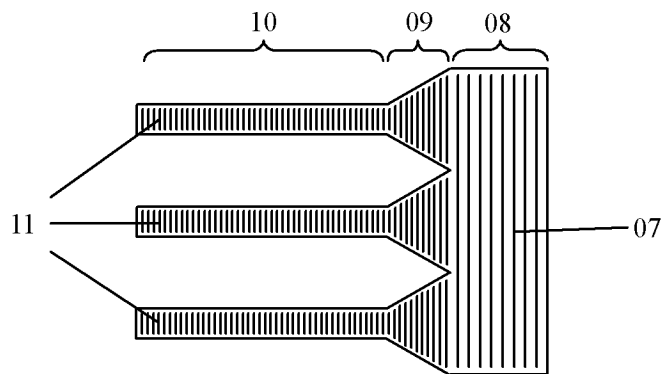


图 3

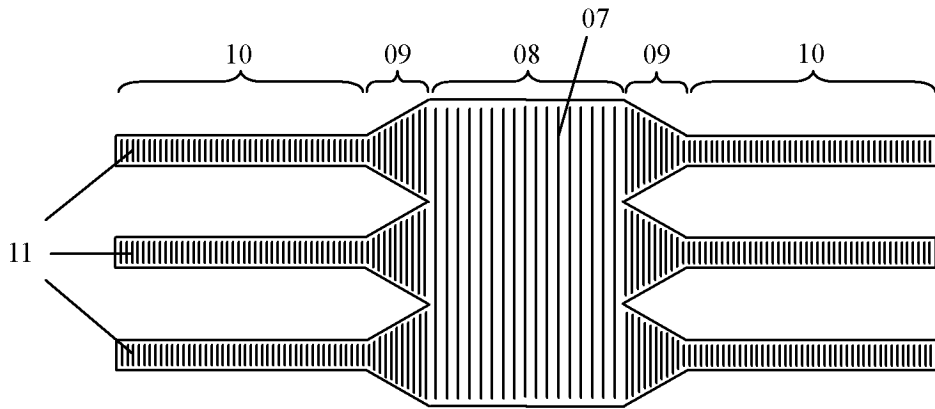


图 4

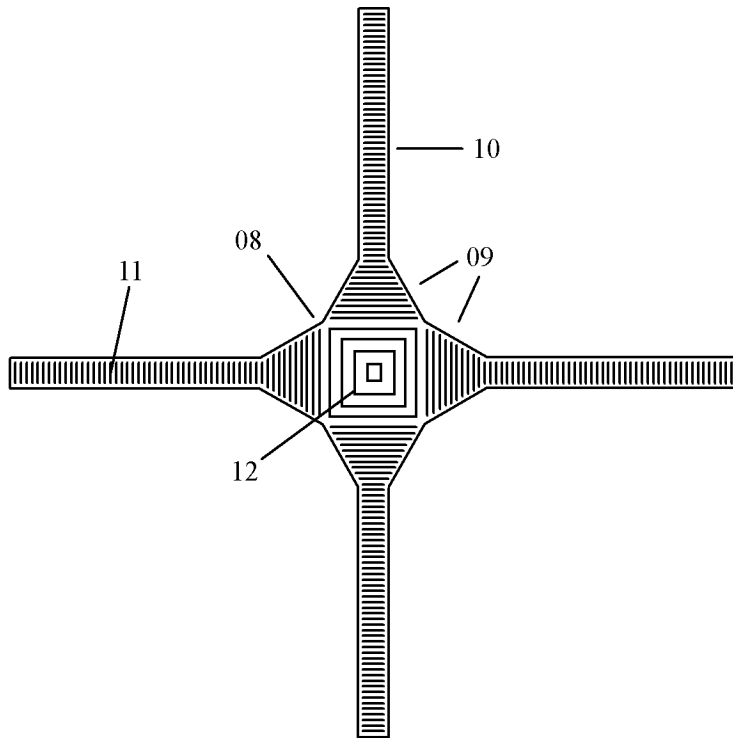


图 5

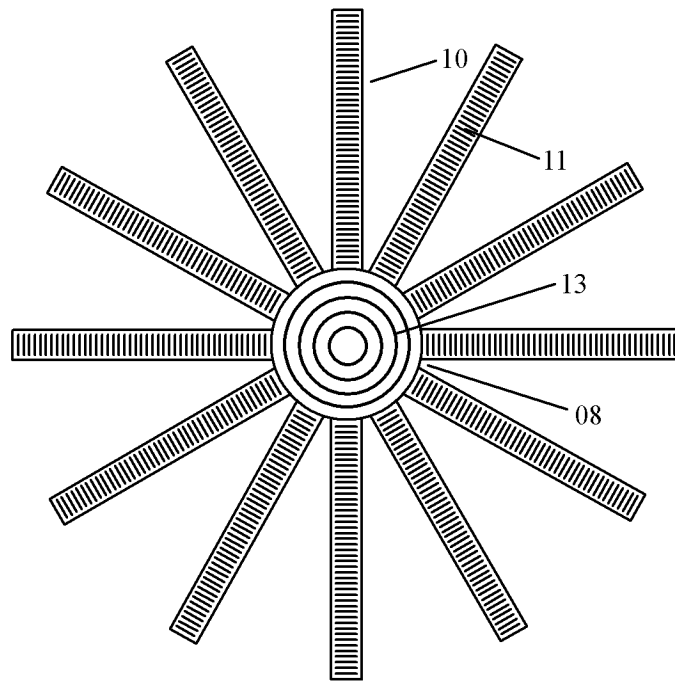


图 6