

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102170090 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201110082164. X

JP 9-283843 A, 1997. 10. 31, 全文 .

(22) 申请日 2005. 12. 20

CN 1347178 A, 2002. 05. 01, 全文 .

(30) 优先权数据

367005/04 2004. 12. 20 JP

JP 2002-335053 A, 2002. 11. 22, 全文 .

298361/05 2005. 10. 13 JP

审查员 刘娟

(62) 分案原申请数据

200510136195. 3 2005. 12. 20

(73) 专利权人 夏普株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 近藤雅文 神川刚 川口佳伸

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51) Int. Cl.

H01S 5/028 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 9-162496 A, 1997. 06. 20, 全文 .

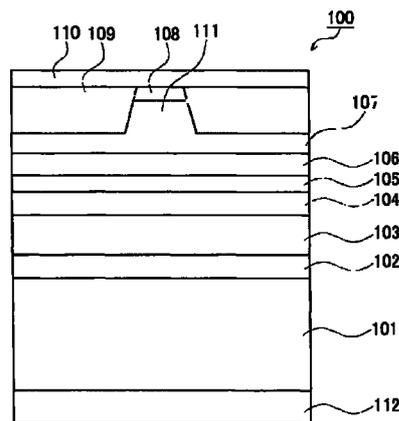
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

氮化物半导体发光元件

(57) 摘要

本发明提供一种氮化物半导体发光元件。该发光元件包括：具有六方晶系结晶的氮化物基 III-V 族化合物半导体层；形成在该氮化物基 III-V 族化合物半导体层中的光谐振器；和形成在该光谐振器端面的端面涂膜，其中，粘合层形成在该光谐振器的该端面和该端面涂膜之间，至少部分的该端面涂膜或粘合层包含 AlN_xO_y ，其中 $x < 1, y < 1, x+y = 1$ 。这样，就得到了端面涂膜设置在粘合层上的结构。本发明增加了光谐振器端面和端面涂膜之间的粘合力，从而就不需要通过控制薄膜厚度来防止 pn 结短路和光吸收。



1. 一种氮化物半导体发光元件,包括:
六方晶系结晶的氮化物基 III-V 族化合物半导体层;
形成在该氮化物基 III-V 族化合物半导体层中的光谐振器;和
形成在该光谐振器端面的端面涂膜,
其中,六方晶系结晶的粘合层形成在该光谐振器的该端面和该端面涂膜之间,
该端面涂膜和该粘合层包含 Al 作为共同的元素,
该端面涂膜和粘合层之间的界面部分包含 AlN_xO_y , 其中 $x < 1, y < 1, x + y = 1$ 。
2. 一种氮化物半导体发光元件,包括:
六方晶系结晶的氮化物基 III-V 族化合物半导体层;
形成在该氮化物基 III-V 族化合物半导体层中的光谐振器;和
形成在该光谐振器端面的端面涂膜,
其中,具有六方晶系结晶的粘合层形成在该光谐振器的该端面和该端面涂膜之间,
该端面涂膜由单层硅的氮化物组成,或由包括硅的氮化物层和硅的氧化物层的多层组成。

氮化物半导体发光元件

[0001] 本申请是申请日为 2005 年 12 月 20 日且发明名称为“氮化物半导体发光元件及其制造方法”的中国专利申请 No. 200510136195.3 的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及具有氮化物基 III-V 族化合物半导体层和在光谐振器的端面上形成的端面涂膜的氮化物半导体发光元件。

背景技术

[0003] 近年来,在光盘领域人们在寻求不断提高容量,因此不断提高密度。相应地,已经制定出采用蓝色半导体激光器的BDs(蓝线盘,Blu-ray discs)和HD-DVDs(高分辨率DVDs)的标准,也已经研制出来应用于此的例如解码器这样的产品。因此,人们对可以写数据到具有高密度(针对双层光盘而言)以及高速度的新颖光盘上的可靠高输出蓝色半导体激光器有了需求。

[0004] 在传统的从CDs或DVDs读数据或者向CD或DVD写数据的铝镓砷(AlGaAs-)基或铟镓铝磷(InGaAlP-)基的半导体激光器中,光谐振器端面涂有如SiO₂, Si₃N₄或Al₂O₃等电介质膜,以防止端面退化或受光学损害。当把这个方法用于蓝色半导体激光器时,可以观察到此时的驱动电流会突然升高,这就是人们寻求改进的涂镀技术的原因所在。

[0005] 日本专利申请公开第2002-335053号提出,光谐振器端面退化的原因之一是在光谐振器端面和端面涂膜之间的粘覆性差,因此提出了一种用某种金属粘合层放在光谐振器端面和端面涂膜之间以在光谐振器端面上形成端面涂膜的方法。

[0006] 然而,当用金属层作为粘合层时,在光谐振器端面的pn结发生短路,导致光被大量吸收。氮化物半导体激光器以短波长振荡,并发出高能光线,于是光谐振器输出端面由于光的微量吸收而退化。这样就使实现一个光输出功率超过100mW的高输出元件遇到困难。另一方面,从防止pn结短路和光吸收的角度来说,金属薄膜厚度应该控制在10nm以内,更优选的是5nm甚至2nm或更薄。但在这种情况下,控制金属薄膜厚度带来的难度将会使成品率降低。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种具有高可靠性和高生产率的氮化物半导体发光元件,采用与金属粘合层不同的粘合层来增加光谐振器端面和端面涂膜的粘合力,从而就不需要通过控制薄膜厚度来防止pn结短路和光吸收。

[0008] 为了达到上述目的,根据本发明的一个方面,在氮化物半导体发光元件中,六方晶系结晶的粘合层形成在光谐振器端面和端面涂膜之间。

[0009] 可取的是,粘合层可以形成在至少光谐振器的光输出端面和端面涂膜之间的任何地方,从而防止光谐振器端面受到光学损害。

[0010] 此外,当粘合层厚度为20nm或更小时,没有裂痕出现,从而有可能制造满意的薄

膜。当氮化铝、氮化镓、氮化硼或类似的氮化物作为粘合层形成在氮化物半导体的解理的端面上时,这样形成的薄膜,尽管其处于致密状态 (closely packed),但还是有比较高的内应力。这就可能导致薄膜上产生纤细的裂痕,造成薄膜脱落。然而,这样的问题可以通过使粘合层极薄来避免,粘合层可薄至 20nm 或更小,优选为 10nm 或更小,然后,在其上形成端面涂膜。然而,当粘合层的厚度低于 1nm 时,这样的厚度不足以提高粘性。因此,粘合层的优选厚度为 1 ~ 20nm。

[0011] 此外,可以适合采用 ZnO 作为粘合层。在这种情况下,优选采用氧化物作为端面涂膜。氧化物可以采用由选自于铝 (Al)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铪 (Hf)、铌 (Nb)、钽 (Ta)、锆 (Zr) 组成的组中的一种元素的氧化物的单层,或者采用包括一层由选自于 (Al)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铪 (Hf)、铌 (Nb)、钽 (Ta)、锆 (Zr) 组成的组中的一种元素氧化物的多层。

[0012] 此外,可以适合采用 AlN、GaN 或 BN 作为粘合层。相应地,优选采用氮化物作为端面涂膜。作为选择,优选采用氧化物作为端面涂膜,氧化物可以采用由选自于 (Al)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铪 (Hf)、铌 (Nb)、钽 (Ta)、锆 (Zr) 组成的组中的一种元素的氮化物的单层,或者采用包括一层由选自于 (Al)、硅 (Si)、钛 (Ti)、铪 (Hf)、铌 (Nb)、钽 (Ta)、锆 (Zr) 组成的组中的一种元素的氧化物的多层。一般来说,多层氧化物基材料薄膜用作具有较高的反射率的端面涂膜。

[0013] 如上所述,端面涂膜优选采用含有与其下面粘合层形成材料同样元素的化合物。例如,当粘合层由 ZnO 或类似包含氧的化合物形成时,可以使用包含铝 (Al)、硅 (Si)、钛 (Ti) 或类似元素的氧化物;当粘合层由 AlN、GaN、BN 或类似的氮化物形成时,可以使用含有硅 (Si) 及类似元素的氮化物。当铝的氮化物用作粘合层时,任意包含铝的氧化物可以特别适合作为端面涂膜。当氧元素是化合物的共同元素时,如 ZnO 和 Al₂O₃, Zn 元素和 Al 元素就会在几个原子厚度的分界面上相互扩散,这样就形成了形式如 Zn_xAl_yO (x < 1, y < 1, x+y = 1) 这样的化合物。

[0014] 可取的是,端面涂膜可以仅由单层硅的氮化物组成;也可以由包含硅的氮化物和硅的氧化物的多层组成。

[0015] 此外,用铝的氮化物作粘合层,用铝的氧化物作端面涂膜时,粘合层和端面涂膜包含一种相同的元素铝,在粘合层中的氮元素和在端面涂膜中的氧元素就会在粘合层和端面涂膜的分界面上相互扩散。这就使粘合层与端面涂膜之间有更强的粘性。

[0016] 此外,粘合层可以由磁控溅射,等离子 CVD (化学气相沉积),或 ECR (电子回旋共振) 溅射制造。一般来说,通过 MOCVD (金属盐化学气相沉积),六方晶系结晶在 400°C 或更高的温度下生长。然而,通过磁控溅射或电子回旋共振溅射,这样的六方晶系结晶可以在环境温度下生长,而通过等离子化学气相沉积,六方晶系结晶会在 200°C 或更低的温度下生长。因此,可能形成粘合层而活跃层不退化。

[0017] 根据本发明的另一方面,一种制造氮化物半导体发光元件的方法包括下列步骤:形成氮化物基 III-V 族化合物半导体层;通过解理氮化物基 III-V 族化合物半导体层,形成氮化物基 III-V 族化合物半导体层光谐振器;采用不活泼气体清洁通过解理形成的光谐振器的端面;在已清洁的光谐振器端面上形成氮化铝;在氮化铝层的表面上形成端面涂膜。

[0018] 由于粘合层非常薄,因此通过用不活泼气体的清洁而从其上形成有粘合层的光谐振器的端面上尽量去除湿气或者氧化物膜,以提高粘合层和光谐振器端面之间的粘性。因

此,优选采用不活泼气体等离子体 ECR(电子回旋共振)溅射清洁光谐振器端面后再形成粘合层。若是不活泼气体的等离子体,用氦、氖、氩、氙等惰性气体或氮气的 ECR(电子回旋共振)溅射也可以得到同样好的效果。特别地,用不活泼气体的等离子体 ECR(电子回旋共振)溅射可以这样进行:样品通常采用倒置溅射,或它的一个端面暴露于惰性气体等离子体下。只要把端面暴露于气体等离子体下,湿气和氧化膜就能从中移除。在这里讨论了 ECR 溅射。然而,容易理解用 RF(射频)溅射或离子束辐射等类似的方法也可以得到同样好的效果。

附图说明

- [0019] 图 1 是氮化物半导体激光棒沿着垂直于光谐振器长度方向剖取的截面图;
- [0020] 图 2 是氮化物半导体激光棒从侧面看光谐振器长度方向的侧视图;
- [0021] 图 3 是显示氮化物半导体激光元件的寿命周期测量结果的示意图;
- [0022] 图 4 是另一个实施例的氮化物半导体激光棒从侧面看光谐振器长度方向的侧视图;
- [0023] 图 5 是带有 AlN 作为粘合层的氮化物半导体激光元件的寿命周期测量结果示意图;
- [0024] 图 6 是传统的氮化物半导体激光元件的寿命周期测量结果示意图。

具体实施方式

[0025] 具有在其上形成的激光器结构及电极的氮化物半导体晶片通过用金刚石尖画线并切断来切成棒条。图 1 是氮化物半导体激光棒沿着垂直于光谐振器长度方向剖取的截面图。氮化物半导体激光棒 100 具有如下层按着叙及的顺序逐一层叠在 n-型 GaN 基板 101 上:n-AlGaInN 缓冲层 102、n-AlGaInN 覆层 103、n-AlGaInN 引导层 104、AlGaInN 多量子阱活性层 105、p-AlGaInN 引导层 106、p-AlGaInN 覆层 107 和 p-AlGaInN 接触层 108。注意上述的氮化物半导体层可以由氮化物基 III-V 族化合物半导体形成。

[0026] 要注意活性层 105 可以包含 0.01 到 10% 的 V 族材料如 As 或 P。至少部分 p-AlGaInN 引导层 106、p-AlGaInN 覆层 107 和 p-AlGaInN 接触层 108 形成为沿光谐振器方向延伸的条型脊 111。条纹宽度为 1.2 至 2.4 μm 的量级,一般为 1.8 μm 。

[0027] p-电极 110 形成为与 p-AlGaInN 接触层 108 接触,并且,除了对应于条型脊 111 的部分外,绝缘层 109 形成在 p-电极 110 下方。如上所述,氮化物半导体激光棒 100 具有所谓脊条形结构。此外,氮化物半导体激光棒 100 具有在其背面上的 n-电极 112。

[0028] 图 2 是从光谐振器长度的横向方向观察的氮化物半导体激光棒的侧视图。六方晶系结晶的粘合层 115 设置在光谐振器端面 113 上,端面涂膜 116 设置在粘合层 115 的表面上,端面涂膜 117 设在光谐振器端面 114 上。粘合层 115 的材料可以选自于由 ZnO, AlN, GaN, BN 及类似的化合物组成的组。

[0029] 氮化物半导体激光棒 100 的解理表面(cleavage surface)是光谐振器端面 113 和 114。其制造方法如下:氮化物半导体激光棒 100 固定在支架上,然后导入到 ECR 溅射设备。光谐振器的前端面 113 的表面用氩气(Ar) ECR 等离子体处理,以便从表面上清除吸附的湿气和氧化物,如自然氧化膜。上面描述的表面处理也可以用氦(He)、氖(Ne)、氩(Kr)、氙(Xe)等惰性气体或氮气代替氩气完成。实践中,表面处理可以分两步来完成:首先,用氩

气进行表面处理,然后例如用氮气进行表面处理。作为选择,表面处理还可以分为三步,例如,按顺序分别用氦(He),氙(Kr),氮气进行表面处理,或分四步或更多步进行处理。然后,在光谐振器端面 113 的表面上,以 ECR 等离子体依次形成 10nm- 厚的 ZnO(粘合层 115) 和 Al_2O_3 的单层(端面涂膜 116)。 Al_2O_3 单层的厚度一般设定在 $3\lambda/4n$ 或 $\lambda/4n$ (λ : 振荡波长, n : 折射率), 以给予 Al_2O_3 单层 5% 的反射率。

[0030] 接下来,光谐振器的后端面 114 的表面用 Ar 进行 ECR 等离子体处理,以移除附着在上面的湿气和氧化物。然后,在光谐振器端面 114 的表面上利用 ECR 等离子体处理形成端面涂膜 117。端面涂膜 117 由 8 层的多层薄膜组成,就是说,如果一对 Al_2O_3/TiO_2 层计为一个周期的话,就有 4 个周期。每层的厚度设定在 $\lambda/4n$ 以便给予多层薄膜 95% 的反射率。多层薄膜的第一层为 Al_2O_3 (在光谐振器端面 114 一边)。

[0031] 上面描述的氮化物半导体激光棒 100 实际上被切成单独的氮化物半导体激光器芯片,其封装后经受寿命测试。图 3 示出氮化物半导体激光元件寿命周期测试数据。这个测试是在如下的条件下进行的:封装温度, $60^\circ C$; 驱动,用脉冲电流以使最大光输出功率稳定在 120mW。图 3 为 7 个试样分别测得的结果。如图 3 所示,驱动电流的增长率在电流施加期间是减小的,并且 MTF(mean time to failure, 平均失效时间) 预计为大约 5000 小时(根据 500 小时和 1000 小时时的驱动电流的增长率)。而且,没有观察到由于端面漏电流而产生的成品率恶化,并且没有观察到在电流施加期间驱动电流的突然增加。

[0032] 相反,在寿命周期测试中,传统的用金属粘合层的激光器元件的 MTF 为 3000 小时,并且在经受寿命试验的 10 个传统的激光器中的 5 个观察到由于端面漏电流造成的成品率恶化。在此,受到端面漏电流影响的激光器器件的初始特性,不管是否老化,已经如此:即它们的操作电流高。此外,MTF 减小的原因是这样一种现象,即驱动电流值在驱动期间突然并且迅速增加,这个现象与由于光谐振器端面的光吸收或由于薄膜的脱落或退化造成的端面破坏性的恶化相关。当传统的金属层用作粘合层时,这种恶化就会发生,因为尽管粘合层非常薄,但它吸收光。而根据本发明,这样的现象得到了抑制,因为在粘合层 115 中没有光的吸收。通过粘合层 115,光谐振器端面 113 和端面涂膜 116 之间的粘性更好,并且粘合层 115 本身的质量可靠。

[0033] 图 4 是氮化物半导体激光棒的另一个实施例从光谐振器长度方向的横向观察的侧面图。六方晶系结晶的粘合层 115 设置在光谐振器端面 113 上,端面涂膜 116 设置在粘合层 115 的表面上,六方晶系结晶的粘合层 118 设置在光谐振器端面 114 上,端面涂膜 117 设置在粘合层 118 的表面上。

[0034] 其制造方法如下:首先把氮化物半导体激光棒 100 固定在一个支架上,然后导入到 ECR 溅射设备中。光谐振器的前端面 113 的表面用 Ar 进行 ECR 等离子体处理,以从表面移除吸附的湿气和氧化物。然后,在光谐振器端面 113 的表面上,通过 ECR 等离子体处理,依次形成 20nm 厚的 GaN(粘合层 115) 和 SiO_2 单层(端面涂膜 116)。 SiO_2 单层的厚度一般设定在 $3\lambda/4n$ 或 $\lambda/4n$ (λ : 振荡波长, n : 折射率), 以给予 SiO_2 单层 5% 的反射率。

[0035] 接下来,光谐振器的后端面 114 的表面用 Ar 进行 ECR 等离子体处理,以从该表面移除吸附的湿气和氧化物。然后,20nm 厚的 GaN(粘合层 118) 和端面涂膜 117 形成在光谐振器端面 114 的表面上。端面涂膜 117 由 8 层的多层薄膜组成,就是说,当一对 Al_2O_3/TiO_2 层计为一个周期时,就有 4 个周期,每层的厚度设定在 $\lambda/4n$ 以便给予多层薄膜 95% 的反射

率。

[0036] 这样做成的氮化物半导体激光棒 100 实际上被切成单独的氮化物半导体激光器芯片,其封装后接受寿命测试。该测试与前面的测试在同样的条件下进行(测量数据省略)。同样,在这种情况下,也没有观察到在施加电流期间的驱动电流的突然增加。

[0037] 在这个实施例中,粘合层 115 和 118 都为任意六角晶系的透明半导体,如 ZnO、AlN、GaN 或 BN。传统的粘合层是金属层,在这种情况下,端面涂膜依靠分子间力这种很弱的粘合力粘附在粘合层上。相反,采用与 AlGaInN 半导体属于同一晶系的六方晶系结晶作为粘合层 115 和 118 时,其中 AlGaInN 半导体是氮化物半导体层的一种材料,粘合层 115 和 118 就能分别与端面涂膜 116 和 117 及光谱振器端面 113 和 114 更牢固地粘合在一起。这样,通过粘合层 115 和 118,端面 116 和 117 就可能更强有力地粘附在光谱振器端面 113 和 114 上,从而防止金属层作为粘合层时出现的漏电流和光吸收现象。

[0038] 通过 TEM(透射电子显微镜)观察,可以确认粘合层 115 和 118 都是六方晶系结晶。具体地说,本发明中粘合层 115 和 118 的 TEM 成像显示为六方衍射图案。当粘合层 115 和 118 不是六方时,例如,当粘合层 115 和 118 与光谱振器端面 113 和 114 接触的地方的部分是非晶体时,粘合层 115 和 118 就不能充分地粘附到光谱振器端面 113 和 114 上,这样就会导致薄膜脱落。

[0039] 对应地,在本发明中,把粘合层 115 和 118 做成六方晶体非常重要。然而,仅将 ZnO、AlN、GaN、BN 或类似的物质沉积在光谱振器端面 113 和 114 上,这样很难把薄膜厚度为 20nm 或更小的这些层形成为六方晶体。把这些层做成六方晶体的有效方法是:在紧接形成粘合层 115 和 118 之前,通过在光谱振器端面 113 和 114 上辐射等离子体去除例如自然氧化膜和水分等杂质,使得六方晶体的氮化物半导体层完全暴露在外面,如前所述。另外一种有效的方法是在粘合层 115 和 118 形成后,对他们进行热处理。

[0040] 端面涂膜 116 和 117 可以由化合物形成,其含有与在其下面粘合层 115 和 118 材料中相同的元素。比如说,当粘合层 115 和 118 为 ZnO 或类似包含氧的化合物时,端面涂膜可以用含有 Al, Si, Ti, Hf, Nb, Ta, Zr 或类似材料的氧化物;当粘合层 115 和 118 用 AlN、GaN、BN 或类似的氮化物时,端面涂膜可以用含有硅及类似元素的氮化物。当氧元素是化合物的共同元素时,如 ZnO 和 Al_2O_3 , Zn 元素和 Al 元素就会在几个原子厚度的分界面上相互扩散,这样就形成了形式如 Zn_xAl_yO ($x < 1, y < 1, x+y = 1$) 这样的化合物。这样,在粘合层 115 和端面涂膜 116 之间,在粘合层 118 和端面涂膜 117 之间就会有强有力的粘合力。

[0041] 端面涂膜 116 和 117 可以由上述任何氧化物和氮化物的多层组成。作为选择,端面涂膜 116 和 117 可以由多层硅的氮化物和硅的氧化物组成。粘合层 115 和 118 分别形成在光谱振器的至少光输出端面和端面涂膜 116 及 117 之间的任何地方。此外,当粘合层厚度为 20nm 或更小时,没有裂痕出现,可以使粘合层成为令人满意的薄膜。而且,粘合层 115 和 118 可以通过等离子体 CVD 溅射和磁控溅射形成,以替代前面描述的 ECR 溅射。一般来说,通过 MOCVD,六方晶系结晶如 ZnO、AlN、GaN 或 BN 在 400°C 或更高的温度下生长。然而,通过磁控溅射或 ECR 溅射,这样的六方晶系结晶在环境温度下就能生长,而通过等离子体 CVD,六方晶系结晶会在 200°C 或更低的温度下生长。因此,就可能在活跃层 105 不退化的情况下形成粘合层 115 和 118。

[0042] 下面,将对该实施例的粘合层 115 采用六方晶系 AlN 的情况进行详细描述。

[0043] 在具有如图 1 所示结构的氮化物半导体激光棒 100 中,6nm- 厚的六方晶系铝的氮化物 (AlN) 作为粘合层 115 形成在光谐振器前端 113 和光谐振器后端 114 上,并且形成 76nm- 厚的 Al 的氧化物 (Al₂O₃) 作为前端面的涂膜 116。

[0044] 粘合层 115 和端面涂膜 116 包含一种共同的元素 Al,因此, N 元素和 O 元素就会在几个原子厚度的分界面 (端面涂膜 116 和粘合层 117) 上相互扩散,这样就形成了形式如 AlN_xO_y (x < 1, y < 1, x+y = 1) 这样的化合物。AlN_xO_y 能为粘合层 115 和端面涂膜 116 提供更好的粘性。采用 Al 靶进行反应溅射,如 ECR 溅射,作为形成粘合层 115 和端面涂膜 116 的形成方法,这使得气体可以从氮气切换成氧气。因此就不用把氮化物半导体激光棒 100 拿出 ECR 溅射设备,这就可以持续地形成粘合层 115 和端面涂膜 116,而不需要将他们暴露于空气中。这就使得在端面涂膜 116 还没有形成时,防止了自然氧化层在粘合层 115 表面形成或者空气中的杂质附在上面,这样,通过粘合层 115,光谐振器端面 113 和端面涂膜 116 能有更好的粘性。

[0045] AlN 粘合层 115 的厚度可能形成为 1nm 或更小,但是小于 1nm 的厚度有因为其太薄而不能在端面涂膜 116 和光谐振器端面 113 之间提供较好的粘性。另一方面,粘合层 115 的 AlN 的厚度为 20nm 或更大时,粘合层可能会产生裂痕或由于内应力而脱落。因此,最好使 AlN 粘合层 115 的层厚在 1nm 或更大至 20nm 或者更小。形成前端面 116 的 Al₂O₃ 的薄膜厚度这样设定:以使 Al₂O₃ 的反射率为 5%。在此,氮化物半导体激光元件发出振荡波长 λ 大约为 400nm 的激光。另一方面,氧化铝的折射率 n 为 1.6,因此 $\lambda/4n = 62.5\text{nm}$ 。因此,假设形成前端面涂膜 116 的 Al₂O₃ 厚度为 70nm 就可能实现 5% 这样的低反射率。值得注意的是,如前所述,后端面涂膜 117 是包括 8 层的多层薄膜,就是说,如果一对 Al₂O₃/TiO₂ 层计为一个周期的话,就有 4 个周期。每层的厚度设定在 $\lambda/4n$ 以便使多层薄膜的反射率为 95%。

[0046] 六方晶系 AlN 作为粘合层 115 的氮化物半导体激光棒 100 被切成单独的氮化物半导体激光器件。在这些已经生产出来的器件中,四个器件接受了寿命测试。这个测试是在 70°C 和 100mW CW (连续波) 的条件下进行的。图 5 显示了测量结果。在这四个器件寿命测试中,没有观察到因为光谐振器端面破坏性的恶化而导致的驱动电流突然增加。并且,根据驱动电流在 300 小时和在 400 小时观察到的增长率,预测四个器件平均花 1984 小时 (根据得到的四个结果:1007 小时,2840 小时,1470 小时,2620 小时) 来使驱动电流值达到高于他们的初始驱动电流值的 1.4 倍。这些器件显示出了令人满意的性质。

[0047] 另一方面,图 6 示出采用传统的金属层作为粘合层的 3 个氮化物半导体激光器的寿命测试图。其中粘合层为 3nm 厚的 Al;端面涂膜为 8nm 厚的 Al₂O₃。这个测试也是在 70°C 和 100mW CW 的条件下进行的。在这三个器件中,两个可能因为漏电流而在 300 小时之内就变得永久不能用。另外一个,尽管没有在 300 小时之内就变得永久不能用,但是驱动电流显示出比本发明实施例的氮化物半导体激光器件高的增长率。根据驱动电流在 300 小时和在 400 小时的增长率,预测三个器件平均用 423 小时使它的驱动电流达到初始驱动电流值的 1.4 倍。

[0048] 综上所述,可以肯定的是,用 AlN 作为粘合层 115 和用 Al₂O₃ 作为端面涂膜 116 的氮化物半导体激光元件在寿命测试结果中表现出相对于传统的用金属层作为粘合层的激光元件的重大改进。

[0049] 这个实施例对用解理 (cleavage) 形成的氮化物半导体端面进行了详细描述。

应该容易理解,本发明完全可以适用于用气相刻蚀如 RIE(反应离子刻蚀)ICP,或湿刻蚀 KOH(氢氧化钾)等方法形成的端面(蚀刻的镜面)。

[0050] 本发明的氮化物半导体发光器件可以应用于氮化物半导体激光器件,例如,氮化物半导体发光器件可以被单独用作半导体激光器件,有全息图器件的全息图激光器件,为了驱动或信号检测等类似目的把氮化物半导体发光器件集成在一块 IC 芯片上的光电 IC 器件,或氮化物半导体发光器件与波导管或光学测微器件集成在一起的复合光学器件。此外,本发明可以应用于提供有上述器件的任意设备,比如光学记录系统、光盘系统、提供紫外线到绿色光谱区光线的光源系统等。

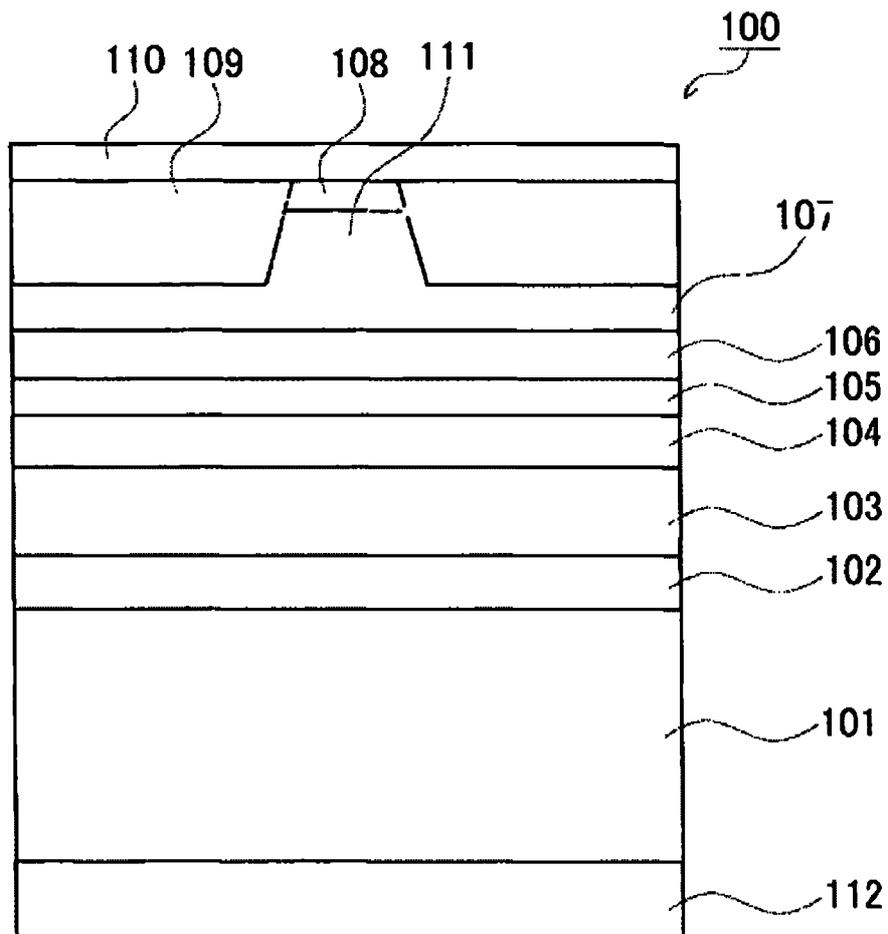


图 1

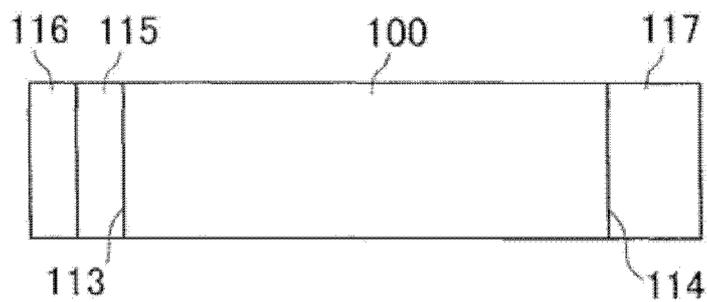


图 2

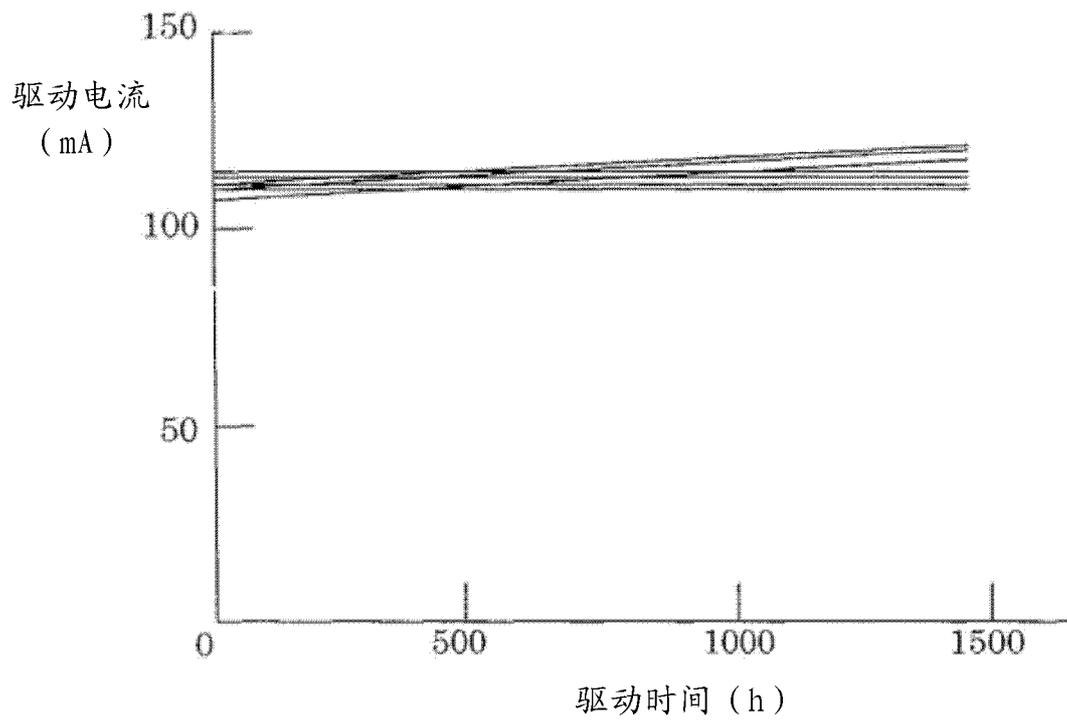


图 3

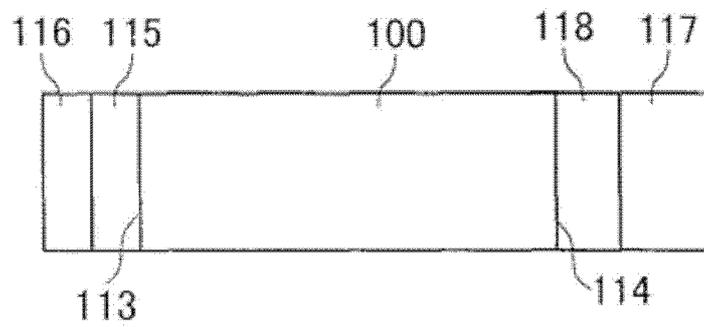


图 4

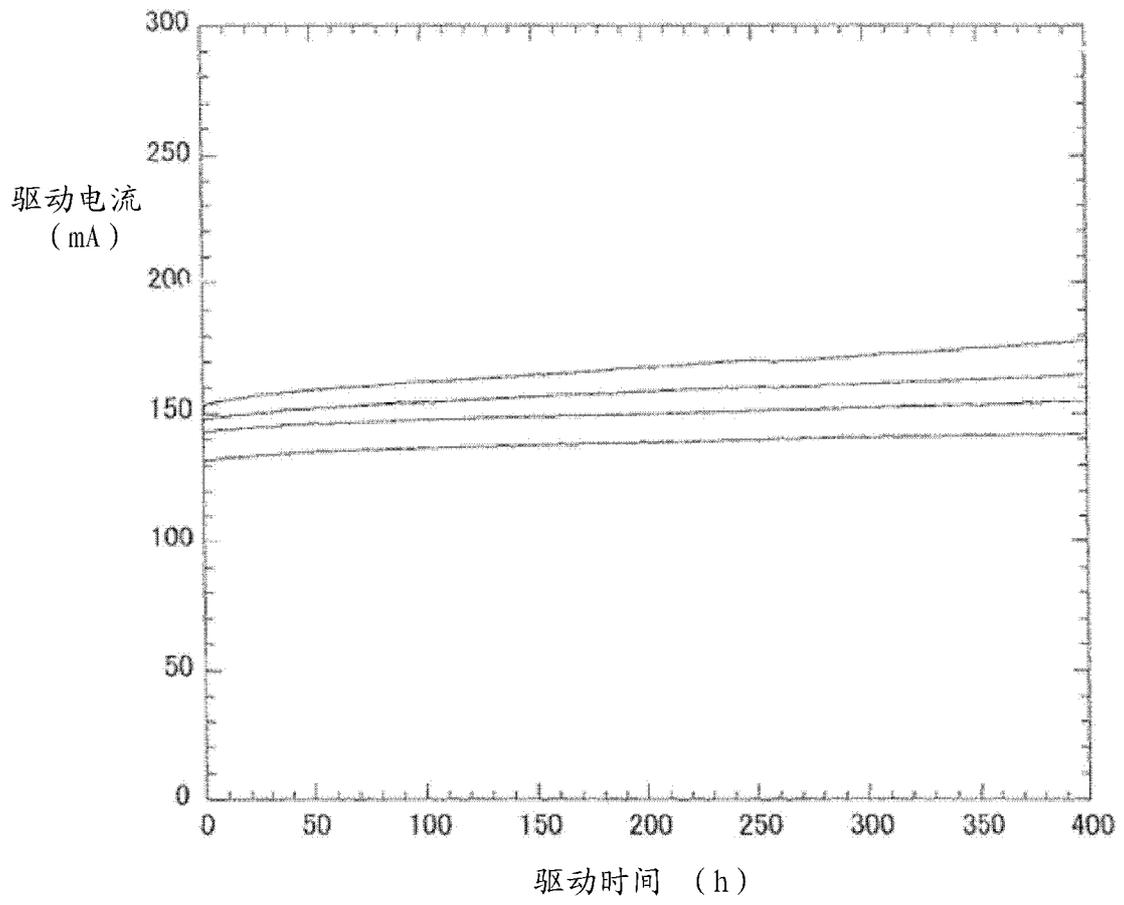


图 5

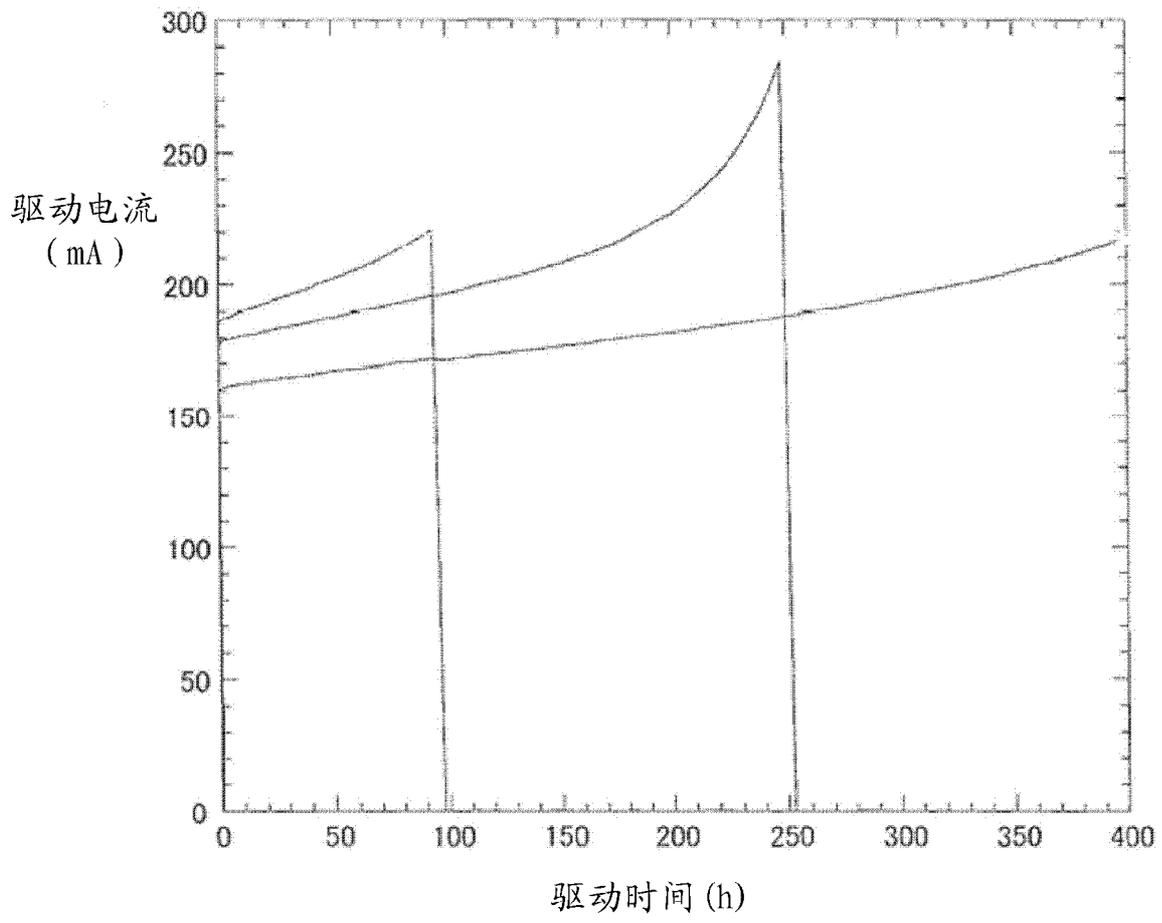


图 6