



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101847827 A

(43) 申请公布日 2010. 09. 29

(21) 申请号 200910253156. X

(22) 申请日 2009. 12. 04

(30) 优先权数据

2009-074678 2009. 03. 25 JP

(71) 申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 奥贯雄一郎

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 闫小龙 李家麟

(51) Int. Cl.

H01S 5/10(2006. 01)

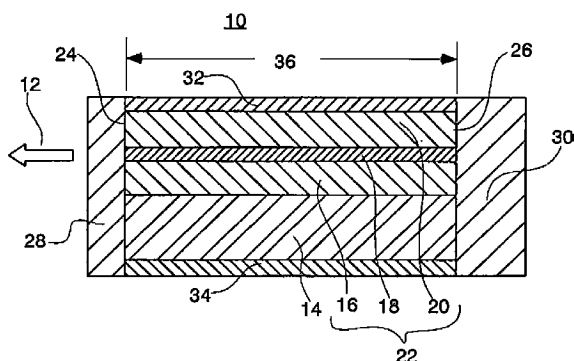
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 4 页

(54) 发明名称

半导体激光装置

(57) 摘要

本发明提供一种在半导体激光器的谐振器端面与反射膜的界面附近中难以发生劣化、阈值电流低、成品率高的半导体激光装置。其中,密接于谐振器端面,配设层厚 $\lambda/2$ (λ 是介质内波长) 的 SiO_2 膜 (40), 在该 SiO_2 膜 (40) 上, 通过将由密接于 SiO_2 膜 (40) 的第 1 层的层厚为 $\lambda/4$ 的 a-Si 膜 (42a)、和第 2 层的层厚为 $\lambda/4$ 的 SiO_2 膜 (42b) 构成二重电介质膜 (42) 适宜地重叠, 由此构成前部高反射率膜 (28) 或后部高反射率膜 (30)。



1. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及

第 1 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于所述电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

2. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第 1 折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及

第 1 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于所述电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体激光装置,其特征在于,配设有多个第 1 二重电介质膜。

4. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及

第 2 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于所述电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有超过根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足所述第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第 2 层具有不足根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

5. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第 1 折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及

第2二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于所述电介质膜的第1层通过非晶硅形成,在该第1层上配设的第2层通过具有比非晶硅的第2折射率低的第3折射率的材料构成,并且所述第1层具有超过根据所述第2折射率和所述出射光的波长决定的第2介质内波长的 $1/4$ 、并且不足所述第2介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第2层具有不足根据所述第3折射率和所述出射光的波长决定的第3介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

6. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第1介质内波长的正整数倍除以2后的厚度,其中,该第1介质内波长根据该材料的第1折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及

第3二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于所述电介质膜的第1层通过非晶硅形成,在该第1层上配设的第2层通过具有比非晶硅的第2折射率低的第3折射率的材料构成,并且所述第1层具有不足根据所述第2折射率和所述出射光的波长决定的第2介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第2层具有超过根据所述第3折射率和所述出射光的波长决定的第3介质内波长的 $1/4$ 、并且不足所述第3介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

7. 一种半导体激光装置,其中,具备:

化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;

电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配置,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第1折射率和所述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第1介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及

第3二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于上述电介质膜的第1层通过非晶硅形成,在该第1层上配设的第2层通过具有比非晶硅的第2折射率低的第3折射率的材料构成,并且所述第1层具有不足根据所述第2折射率和所述出射光的波长决定的第2介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第2层具有超过根据所述第3折射率和所述出射光的波长决定的第3介质内波长的 $1/4$ 、并且不足所述第3介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

8. 根据权利要求4所述的半导体激光装置,其特征在于,在第2二重电介质膜上,进一步配设有1层或多层第1二重电介质膜,其中,在该第1二重电介质膜中,接近于电介质膜的第1层通过非晶硅形成,在该第1层上配设的第2层通过具有比非晶硅的第2折射率低的第3折射率的材料构成,并且所述第1层具有根据所述第2折射率和所述出射光的波长决定的第2介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第2层具有根据所述第3折射率和所述出射光的波长决定的第3介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

9. 根据权利要求5所述的半导体激光装置,其特征在于,在第2二重电介质膜上,进一步配设有1层或多层第1二重电介质膜,其中,在该第1二重电介质膜中,接近于电介质膜的第1层通过非晶硅形成,在该第1层上配设的第2层通过具有比非晶硅的第2折射率低的第3折射率的材料构成,并且所述第1层具有根据所述第2折射率和所述出射光的波长决定的第2介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第2层具有根据所述第3折射率和所述出射光的波长决定的第3介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

10. 根据权利要求6所述的半导体激光装置,其特征在于,在第3二重电介质膜上,进一

步配设有 1 层或多层第 1 二重电介质膜,其中,在该第 1 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

11. 根据权利要求 7 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 3 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 1 二重电介质膜,其中,在该第 1 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

12. 根据权利要求 4 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 2 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 4 二重电介质膜,其中,在该第 4 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有超过根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第 2 层具有不足根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

13. 根据权利要求 5 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 2 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 4 二重电介质膜,其中,在该第 4 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有超过根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第 2 层具有不足根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

14. 根据权利要求 6 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 3 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 4 二重电介质膜,其中,在该第 4 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有超过根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第 2 层具有不足根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

15. 根据权利要求 7 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 3 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 4 二重电介质膜,其中,在该第 4 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有超过根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,所述第 2 层具有不足根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

16. 根据权利要求 4 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 2 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 5 二重电介质膜,其中,在该第 5 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有不足根据所述第 2 折射率和所述出射光的

波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有超过根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

17. 根据权利要求 5 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 2 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 5 二重电介质膜,其中,在该第 5 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有不足根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有超过根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

18. 根据权利要求 6 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 3 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 5 二重电介质膜,其中,在该第 5 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有不足根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有超过根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

19. 根据权利要求 7 所述的半导体激光装置,其特征在于,在第 3 二重电介质膜上,进一步配设有 1 层或多层第 5 二重电介质膜,其中,在该第 5 二重电介质膜中,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且所述第 1 层具有不足根据所述第 2 折射率和所述出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,所述第 2 层具有超过根据所述第 3 折射率和所述出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

半导体激光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体激光装置,特别涉及在光通信中使用的、波长为 1250nm 以上的在半导体激光器的谐振器端面具备电介质膜的半导体激光装置。

背景技术

[0002] 伴随着通信需求量的飞跃性增加,谋求通信系统的大容量化。

[0003] 在光通信的传输系统中,作为信号光主要使用 1.3 μm 带的信号光和 1.55 μm 带的信号光。

[0004] 1.55 μm 带的信号光的光纤损失小,被作为长距离通信系统的信号光使用。这被称为都市间通信(干线系统),例如像东京-大阪间那样在大都市间的通信中使用。

[0005] 另一方面,虽然 1.3 μm 带的信号光的光纤损失大,但波长色散少,被作为短距离通信系统的信号光使用。这例如被称为都市内通信,在大都市内的通信中使用。此外,1.3 μm 带的信号光也在被称为接入系统的基站-各家庭间的通信中使用。

[0006] 产生包含这些信号光的波长为 1.25 μm 以上的信号光的长波长半导体激光器也被要求在低工作电流下进行高速响应。

[0007] 在光通信用长波长半导体激光器中,通常使用端面出射型半导体激光器。在端面出射型(facet emitting)半导体激光器中,通常通过对结晶进行劈开或蚀刻而形成相互相对的一对端面,通过在这些端面的反射使光往复而得到激光振荡所需要的光反馈(light feedback)。这样的半导体激光器已知有法布里-佩罗型半导体激光器。

[0008] 此外,除此之外已知有利用了衍射光栅的分布反馈型半导体激光器或分布反射型半导体激光器等激光器,这些激光器的结构也多是在利用衍射光栅的光反馈之外还利用端面的反射的结构。

[0009] 例如法布里-佩罗型半导体激光器的半导体激光器主体具有谐振器,该谐振器是 n 型包层、有源层、以及 p 型包层的层叠结构。在该谐振器的前端面形成有由 Al_2O_3 构成的厚度 $\lambda/2$ 的单层膜。

[0010] 在这里, λ 是介质内波长,以 $\lambda = (\text{从半导体激光器主体出射的光的真空中波长}) \div (\text{激光进行传播的介质的折射率})$ 定义。

[0011] 在谐振器端面形成有由 Al_2O_3 构成的厚度 $\lambda/2$ 的单层膜的情况下,端面中的光的反射率由构成谐振器的半导体和空气的折射率来决定。例如在半导体的折射率为 3.2 的情况下,反射率为 30% 左右。

[0012] 此外,在谐振器的后端面,例如形成有由 SiO_2 膜和 Si 膜构成的多层膜。在将各个层厚作为 $\lambda/4$,层叠了 SiO_2 膜、Si 膜、和 SiO_2 膜这 3 层的多层膜的情况下,反射率变为大约 60%。当在 SiO_2 膜的外侧进一步层叠同样的 Si 膜和 SiO_2 膜这 2 层时,反射率变为大约 90%。

[0013] 此外,例如在分布反馈型半导体激光器的情况下,沿着谐振器的有源层设置衍射光栅,并且在前端面形成反射防止膜,在后端面形成与上述的法布里-佩罗型半导体激光

器同样的高反射膜。

[0014] 通常,当在半导体激光器中流过一定以上的电流时,激光器进行振荡。将这时的电流值称为阈值电流。阈值电流是不对激光器的发光做出贡献的电流,一般希望较低的阈值电流。阈值电流相当于通过电流注入产生的增益和谐振器损失进行平衡的电流值。在这里,谐振器损失是内部损失(吸收损失等)和镜面损失(mirror loss)的和。

[0015] 镜面损失在端面的反射率越低时就越大,因此通过提高端面的反射率,镜面损失减少,能够降低阈值电流。

[0016] 此外,在分布反馈型半导体激光器或分布反射型半导体激光器中,衍射光栅对光施加的影响的程度(归一化耦合系数,normalized coupling coefficient)也对镜面损失造成大的影响,但端面反射率也施加大的影响。但是关于归一化耦合系数,通过对其增高能够降低镜面损失。

[0017] 可是,在任何半导体激光器中,当提高端面的反射率时,端面的光密度增加。

[0018] 例如在法布里-佩罗型半导体激光器中,与前端面反射率30%、后端面反射率60%的法布里-佩罗型半导体激光器相比,前端面反射率60%、后端面反射率90%的法布里-佩罗型半导体激光器的前端面的光密度,在同一光输出时变为大约2倍。

[0019] 此外,在将前端面作为反射防止膜、将后端面作为高反射膜的分布反馈型半导体激光器中,虽然也依赖于后端面的衍射光栅的相位,但后端面的光密度变高的元件多。特别是在为了使阈值电流降低而增大归一化耦合系数的情况下、或提高后端面的反射率的情况下,该倾向变得显著,在归一化耦合系数为1.4、前端面反射率为0%、后端面反射率为90%的情况下的后端面的光密度与前端面的光密度相比,最大变为大约7倍。

[0020] 另一方面,半导体和端面镀膜(facet coating film)的界面,通常是界面态(interface state)多且最容易发生激光器的劣化的地方,在以光的电场强度在该部分中变为极大的方式设计端面镀膜的情况下,容易招致激光器的劣化。

[0021] 例如在法布里-佩罗型半导体激光器的谐振器中,在谐振器后端面配设后述的高反射膜。即,该高反射膜是在谐振器后端面使具有介质内波长 λ 的 $1/4$ 的厚度的第1层的 SiO_2 膜密接,在其上重叠 $\lambda/4$ 的厚度的第2层的非晶硅(以下,记述为a-Si。)膜,进而在其上重叠 $\lambda/4$ 的厚度的第3层的 SiO_2 膜。

[0022] 该高反射膜换言之是如下结构,即在谐振器后端面上,通过密接于端面的 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜, $\lambda/4$ 的厚度的高折射率膜,以及 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜构成。

[0023] 在该情况下,谐振器后端面附近和反射膜的电场强度分布,在谐振器后端面和第1层的 SiO_2 膜的界面变为极大,在第1层的 SiO_2 膜和第2层的a-Si膜的界面变为极小,在第2层的a-Si膜和第3层的 SiO_2 膜的界面变为极大,在第3层的 SiO_2 膜和空气层的界面中变为极小。

[0024] 因为在第2层的a-Si膜和第3层的 SiO_2 膜的界面中的极大值,与在谐振器后端面和第1层的 SiO_2 膜的界面中的极大值相比变小,所以在通过不同种材料形成的界面中的电场强度,在谐振器后端面和第1层的 SiO_2 膜的界面中变得最高。

[0025] 例如公知的长波长激光器的高反射膜的结构是在通过劈开法形成的端面上,使用 SiO_2 /非晶硅/ SiO_2 /非晶硅/ SiO_2 的5层结构,由此能得到反射率为90%以上。或者在端面上形成由SiN构成的 $\lambda/4$ 膜,在其上进行非晶硅/SiN/非晶硅/SiN的多层化,以SiN/非

晶硅/SiN/非晶硅/SiN的5层结构形成反射率90%的高反射膜(例如参照专利文献1,段落号码0056-0057)。

[0026] 在该情况下的高反射膜的结构,通过密接于端面的 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的高折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的高折射率膜、以及 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜的5层而构成。

[0027] 为了使谐振器端面的界面中的电场强度变小,已知具有下述结构的半导体激光器。

[0028] 该结构是,在GaAlAs类半导体激光器的发光端面,设置以具有与激光元件的折射率大致相等的折射率的非晶硅(折射率 $n_c \sim 3.5$)形成的膜厚值为 $\lambda/4n_c$ 的电介质膜,在该非晶硅的电介质膜上,密接地交替设置多组由SiO₂膜等低折射率(n_d)的电介质膜构成的厚度 $\lambda/2n_d$ 的低折射率反射膜、和由高折射率构成的高折射率反射膜。通过该结构使在发光端面的光的电场强度为最低值(例如,参照专利文献2,第2页左下栏和右下栏)。

[0029] 此外,公开有如下例子,在激光器的振荡波长为大约740nm的半导体激光器中,与端面相接地设置光学厚度为 $\lambda/2$ 的Al₂O₃膜或SiO₂膜,在 $\lambda/2$ 的Al₂O₃膜或SiO₂膜上,将依次配设了光学厚度为 $\lambda/4$ 的TiO₂层和SiO₂层的层叠对,在出射端面侧层叠3对,在相反侧的反射面侧层叠6对(例如,专利文献3,段落号码0010-0011)。

[0030] 此外,公开有如下例子,在半导体激光装置中进行多层镀膜时,作为第奇数层镀膜Al₂O₃、SiO₂、Si₃N₄等的电介质,作为第偶数层镀膜Si,但当Si为最上层时容易被氧化,所以在振荡波长8300Å的GaAs-GaAlAs类半导体激光器的腔体端面依次层叠Si、Al₂O₃、Si、Al₂O₃,在最上层设置Al₂O₃层,防止Si的氧化(例如,专利文献4,第1页右栏到第2页左栏)。

[0031] 此外,公开有如下例子,在发热量大的高输出型的半导体激光元件的端面,代替Al₂O₃使AlN膜密接而进行使用(例如,专利文献5)。

[0032] 像这样,为了降低阈值电流,通过提高谐振器端面的反射率,或提高衍射光栅的归一化耦合系数,在谐振器端面的光密度增加。进而在谐振器端面和反射膜的界面中的光的电场强度变为极大的结构的情况下,在谐振器端面的光密度高且光的电场强度变为极大的情况下,存在半导体激光器的劣化更加容易发生等的可靠性较大下降的情况。进而,在谐振器端面和反射膜的界面中的机械强度低的情况下,通过半导体激光装置的组装时的加热,存在剥离在界面中发生,因此成品率下降的情况。像这样在上述现有的半导体激光器的结构中,难以使降低阈值电流和得到高可靠性并存,存在成品率也下降的情况。

[0033] 专利文献1:日本专利申请特开平10-290052号公报

[0034] 专利文献2:日本专利申请特开昭63-220589号公报

[0035] 专利文献3:日本专利申请特开平7-45910号公报

[0036] 专利文献4:日本专利申请特开昭60-130187号公报

[0037] 专利文献5:日本专利申请实开昭63-162558号公报

[0038] 本发明要解决的课题

[0039] 如上所述,在现有的长波长半导体激光器中的高反射膜的结构中,如专利文献1那样,在高反射膜的结构是通过密接于端面的 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的高折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的低折射率膜、 $\lambda/4$ 的厚度的高折射率膜、以及 $\lambda/4$ 的厚度的低折

射率膜这 5 层构成的情况下,存在谐振器端面和第 1 层的低折射率膜的界面中的光的电场强度并不一定成为极小值,相反有光的电场强度变高的情况的问题。

[0040] 此外,如专利文献 2 中那样,在谐振器端面成膜了 a-Si 的情况下,构成谐振器的半导体与 a-Si 的密接性并不一定好。当将激光芯片组装到封装件中时,由于被施加软钎焊导致的热,所以在向谐振器端面的 a-Si 膜的密接性差的情况下,存在下述问题,即有由于该热应力导致谐振器端面的 a-Si 膜剥落的情况。进而在构成高反射膜时需要重叠多对低折射率膜和高折射率膜的对,但在 a-Si 膜向谐振器端面的密接性差时,存在难以重叠多对低折射率膜和高折射率膜的对的情况,存在成品率下降的问题。

[0041] 此外,如专利文献 3 那样,如果将高折射率膜作为 TiO_2 层,将低折射率膜作为 SiO_2 层,通过对该层叠对进行重叠来构成高反射膜,则在具有专利文献 3 所述的波长的 3 倍以上的波长的长波长激光器的情况下,为了以折射率只有 2 左右的 TiO_2 和例如折射率为 1.40 ~ 1.45 的 SiO_2 的组合得到 80% 以上的反射率,需要层叠 7 对 TiO_2 膜和 SiO_2 膜的对。在该情况下,端面镀膜的厚度变得极其厚,存在容易由于组装时的热应力而发生膜剥落的问题。

发明内容

[0042] 本发明正是为了解决上述问题点而完成的,其第 1 目的在于提供一种在半导体激光器的谐振器端面和反射膜的界面附近难以发生劣化,阈值电流低,成品率的高半导体激光装置。

[0043] 用于解决课题的方法

[0044] 本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及第 1 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,第 2 层具有根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

[0045] 发明的效果

[0046] 在本发明的半导体激光装置中,因为电介质膜通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,所以在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面各自的粘接强度高,能够牢固地层叠第 1 二重电介质膜,能够高成品率地形成高反射率膜。进而,在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面各自的光的电场强度表示极小值,这些界面中的光的吸收被抑制,能够抑制 COD (Catastrophic Optical Damage, 灾变性光学损伤) 的发生。因此,能够提供阈值电流低、在谐振器端面和反射膜的界面附近中难以发生劣化、可靠性高、成品率高的高半导体激光装置。

附图说明

[0047] 图 1 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的剖面图。

[0048] 图 2 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的前部高反射膜附近的部分剖面图。

[0049] 图 3 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0050] 图 4 是说明本发明的实施方式 1 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0051] 图 5 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0052] 图 6 是说明本发明的实施方式 2 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0053] 图 7 是表示相对于本发明的电介质膜的厚度的在界面的电场强度的图表。

[0054] 图 8 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0055] 图 9 是说明本发明的实施方式 3 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0056] 图 10 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0057] 图 11 是说明本发明的实施方式 4 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0058] 附图标记说明

[0059] 36 半导体激光器主体

[0060] 40 SiO₂ 膜

[0061] 42 二重电介质膜

[0062] 52 SiO₂ 膜

[0063] 62 二重电介质膜

具体实施方式

[0064] 实施方式 1

[0065] 在以下的说明中,半导体激光器将法布里-佩罗型半导体激光器作为一个例子进行说明,但应用到分布反馈型半导体激光器或分布反射型半导体激光器也有同样的效果。

[0066] 图 1 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的剖面图。再有,在以下的图中,相同的附图标记表示同一部分或相当的部分。

[0067] 图 1 的半导体激光器 10 的剖面图是半导体激光器的与波导方向并列的剖面的剖面图,箭头是半导体激光器 10 的出射光 12。

[0068] 该半导体激光器 10 是振荡波长在 1250nm ~ 1650nm 的范围的长波长半导体激光器。

[0069] 半导体激光器 10 例如是由 n 型(在以下 n 型记述为“n-”,p 型记述为“p-”,特别是没有注入杂质的本性(intrinsic type)的情况下记述为“i-”。)的 InP 衬底 14 和在该 Inp 衬底 14 上依次配设的 n-InP 的 n 型包层 16、InGaAsP 的有源层 18、以及 p-InP 的 p 型

包层 20 构成,通过 n 型包层 16、有源层 18 以及 p 型包层 20 形成有谐振器 22。此外在 p 型包层 20 的表面上配设有 p 电极 32,在 InP 衬底 14 的背面上配设有 n 电极 34。

[0070] 半导体激光器主体 36 通过 InP 衬底 14、在该 InP 衬底 14 上配设的谐振器 22、p 电极 32 以及 n 电极 34 构成。

[0071] 将包含对激光进行出射一侧的谐振器 22 的前端面的劈开面,在这里作为半导体激光器主体 36 的前端面 24,将隔着半导体激光器主体 36 与前端面 24 相互相向的劈开面,在这里作为半导体激光器主体 36 的后端面 26。而且密接于半导体激光器主体 36 的前端面 24 的表面,配设有前部高反射膜 28,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26,配设有后部高反射膜 30。

[0072] 半导体激光器主体 36 的结构,已知例如是在有源层中使用了 AlGaInAs 的情况下的半导体激光器中,在 n-InP 的 n 型包层和 AlGaInAs 有源层之间夹持 n-AlInAs 层,在 p-InP 的 p 型包层和 AlGaInAs 有源层之间夹持 p-AlInAs 的结构。

[0073] 图 2 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的前部高反射膜附近的剖视图。

[0074] 前部高反射膜 28 在反射率例如为 60%的情况下,成为下述结构。

[0075] 密接于半导体激光器主体 36 的前端面 24,配设有作为电介质膜的、例如膜厚为 $\lambda/2$ 的 SiO_2 膜 40。

[0076] 在这里 λ 是介质内波长,是上述定义的 $\lambda = (\text{从半导体激光器主体出射的光的真空中波长}) \div (\text{激光进行传播的介质的折射率})$,根据激光进行传播的介质, λ 进行变化。在以下的说明中, λ 也是意味着介质内波长。

[0077] 接着,在该 SiO_2 膜 40 上,2 对重叠地配设有作为第 1 二重电介质膜的二重电介质膜 42。

[0078] 二重电介质膜 42 构成为包括:密接于 SiO_2 膜 40 的第 1 层的层厚为 $\lambda/4$ 的 a-Si 膜 42a、和在该 a-Si 膜 42a 上重叠配设的第 2 层的层厚为 $\lambda/4$ 的 SiO_2 膜 42b。在 2 对重叠地配设二重电介质膜 42 的情况下,以构成二重电介质膜 42 的第 1 层电介质膜和第 2 层电介质膜成为相同顺序的方式使 2 对重叠。

[0079] 因此在前部高反射膜 28 中,在半导体激光器主体 36 的前端面 24 上,以密接于半导体激光器主体 36 的前端面 24 的 SiO_2 膜 40、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、以及 SiO_2 膜 42b 的顺序重叠地配设。

[0080] SiO_2 的折射率是 1.40 ~ 1.45,因此当假设振荡波长是 1250nm ~ 1650nm 时, SiO_2 膜成为大约 420nm ~ 600nm 左右的厚度。

[0081] 此外, a-Si 的折射率是 3 ~ 3.4,因此 a-Si 膜 42a 是大约 90nm ~ 140nm, SiO_2 膜 42b 的厚度是大约 210nm ~ 300nm 左右。

[0082] 此外谐振器 22 的长度对应于用途有多种多样,大概是 200 μm ~ 1500 μm 左右。构成谐振器 22 的 InP 的折射率是 3.2 左右, InGaAsP 和 AlGaInAs 均为 3.2 ~ 3.5 左右。因此谐振器 22 的折射率具有与 a-Si 膜 42a 大致相等的折射率。

[0083] 图 3 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的剖视图。

[0084] 后部高反射膜 30 在反射率例如为 90%的情况下,成为下述结构。

[0085] 密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26, 配设有作为电介质膜的、例如层厚为 $\lambda/2$ 的 SiO_2 膜 40。接着, 在该 SiO_2 膜 40 上, 3 对重叠地配设有二重电介质膜 42。

[0086] 因此在后部高反射膜 30 中, 在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上, 以密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 的 SiO_2 膜 40、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、以及 SiO_2 膜 42b 的顺序重叠地配设。

[0087] 在该结构中, 作为密接于半导体激光器主体 36 的前端面 24 和后端面 26 的电介质膜, 使用 SiO_2 膜 40。这只要是与半导体的密接性良好, 是有使用实际成绩的材料, 并且比接下来重叠的层 (在本例的情况下是 a-Si 膜 42a) 的折射率小的话即可。因此, 例如是 Al_2O_3 或 Si_3N_4 或 AlN 等也可。

[0088] 此外作为二重电介质膜 42 的第 2 层使用 SiO_2 膜 42b, 但该层也只要是比 a-Si 膜 42a 折射率低的材料即可, 因此代替 SiO_2 膜也可以使用 Al_2O_3 膜。

[0089] 在现有的法布里 - 佩罗型半导体激光器中, 在谐振器的前端面形成有 Al_2O_3 的厚度为 $\lambda/2$ 的单层膜的情况下, 反射率是 30% 左右, 在谐振器的后端面层叠有各层的厚度为 $\lambda/4$ 的 SiO_2 膜、Si 膜、和 SiO_2 膜这 3 层的膜的情况下, 反射率变为大约 60%。

[0090] 在本实施方式中, 前部高反射膜 28 的反射率为 60%, 后部高反射膜 30 的反射率为 90%, 因此与现有的法布里 - 佩罗型半导体激光器相比镜面损失被降低, 能够得到阈值电流低的半导体激光器。

[0091] 再有, 因为与作为激光的出射端面的前部高反射膜 28 相比, 后部高反射膜 30 的反射率变高, 所以重叠二重电介质膜 42 的对的数量变多, 后部高反射膜 30 的全层厚变厚, 但当全层厚超过 $2\mu\text{m}$ 时, 由于组装时的热应力, 容易发生膜的剥落。因此优选后部高反射膜 30 的全层厚为 $2\mu\text{m}$ 以下。

[0092] 如该结构那样, 作为二重电介质膜 42 的第 1 层使用 a-Si 膜 42a, 因为 a-Si 的折射率高, 所以即使在希望使后部高反射膜 30 的厚度为 $2\mu\text{m}$ 以下的情况下, 在 1.3nm 带或 1.5nm 带的半导体激光器中也能够得到 80% 以上的反射率。

[0093] 图 4 是说明本发明的实施方式 1 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0094] 图 4 中的高反射膜作为一个例子针对后部高反射膜 30 进行说明, 但在前部高反射膜 28 中也是同样。

[0095] 在图 4 中, 曲线 46 表示光的电场强度分布。曲线 46 上的凸部分分别表示光的电场强度的极大值, 下端分别表示极小值。

[0096] 在后部高反射膜 30 及其附近中的光的电场强度的分布中, 在半导体激光器主体 36 和 SiO_2 膜 40 的边界中光的电场强度表示极小值, 在 SiO_2 膜 40 和第 1 对二重电介质膜 42 的 a-Si 膜 42a 的边界中也表示极小值, 在第 1 对二重电介质膜 42 和第 2 对二重电介质膜 42 的边界、第 2 对二重电介质膜 42 和第 3 对二重电介质膜 42 的边界、以及第 3 对二重电介质膜 42 的暴露面中表示极小值。

[0097] 另一方面, 在各个二重电介质膜 42 的第 1 层的 a-Si 膜 42a 和第 2 层的 SiO_2 膜 42b 的边界中, 光的电场强度表示极大值。

[0098] 对配设在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上的后部高反射膜 30 和其附近的各层的结构, 关于折射率进行说明, 后部高反射膜 30 构成为包括: 密接于半导体激光器主体

36 的谐振器 22 的层厚为 $\lambda/2$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 40), 层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a), 层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b), 层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a), 层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b), 层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a), 以及层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b)。

[0099] 而且, 因为具有该结构, 所以在半导体激光器主体 36 的谐振器 22 和层厚为 $\lambda/2$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 40) 的界面中的光的电场强度表示极小值, 表示图 4 所示那样的光的电场强度分布。

[0100] 本来在不同种材料的界面中容易发生光的吸收, 作为半导体激光器的劣化的主要因素的一个, 已知是不同种材料界面中的光的吸收及伴随其的发热。在这样的劣化中最为人所知的是 COD, 比半导体材料和反射膜第 1 层的界面中的光吸收更容易发生。

[0101] 为了抑制不同种材料界面中的光的吸收, 降低该部分的光子密度是有效的。这是因为如果光子密度低的话, 就难以发生光的吸收。光子密度通过光的电场强度来决定, 在光的电场强度高的部分中光子密度大。因此降低不同种材料界面中的光的电场强度对抑制半导体激光器的劣化是有效的。

[0102] 因此在本实施方式 1 的后部高反射膜 30 的结构中, 在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上, 具有密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 的 SiO_2 膜 40、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、以及 SiO_2 膜 42b, 构成反射率高的高反射膜, 通过减少镜面损失降低半导体激光器的阈值电流, 并且进一步使半导体激光器主体 36 的谐振器 22 和层厚为 $\lambda/2$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 40) 的界面中的光的电场强度为极小, 由此降低该界面中的光子密度, 减少光吸收和伴随其的发热, 能够抑制半导体激光器主体 36 的谐振器 22 端面和 SiO_2 膜 40 的界面中的 COD 的发生。即, 能够使阈值电流的降低和抑制 COD 的发生并存。

[0103] 并且构成半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的半导体材料与 SiO_2 膜 40 的密接性高, 机械强度高。同样地 SiO_2 膜 40 与 a-Si 膜 42a 的界面中的密接性也高, 机械强度也高。因此, 能够在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上牢固地层叠后部高反射膜 30。因此, 即使对构成后部高反射膜 30 的二重电介质膜 42 较多地进行层叠, 也能够抑制组装时的加热导致后部高反射膜 30 从半导体激光器主体 36 的后端面 26 的剥离的发生, 能够提高制品的成品率。

[0104] 再有, 到此为止的说明中, 将法布里 - 佩罗型半导体激光器作为一个例子进行了说明, 但在激光出射端面侧, 例如将具有接近于构成谐振器的材料的折射率的平方根的折射率的材料膜, 例如将层厚为 $\lambda/4$ 的 Si_3N_4 膜作为反射防止膜进行使用, 在后端面形成与后部高反射膜 30 同样的反射膜, 由此具有与作为法布里 - 佩罗型半导体激光器的半导体激光器 10 同样的效果。

[0105] 特别是在分布反馈型半导体激光器中, 虽然在后部高反射膜侧光密度变高, 但因为能够降低在谐振器和后部高反射膜的界面中的光的电场强度, 所以能够抑制激光器的劣化。此外能够抑制后部高反射膜从半导体激光器主体的端面剥离。

[0106] 此外, 在分布反射型半导体激光器中, 是如下结构, 即连续于配设在谐振器的后端面侧的有源层, 在有源层的出射端面侧连接无缘波导, 沿着该无缘波导形成有衍射光栅的结构, 但通过无缘波导侧的出射端面形成反射防止膜, 在后端面侧形成与实施方式 1 的

后部高反射膜 30 同样的反射膜,能够得到与作为法布里-佩罗型半导体激光器的半导体激光器 10 同样的效果。

[0107] 如上所述,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配置,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长来决定;以及第 1 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,第 2 层具有根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

[0108] 通过该结构,因为电介质膜通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,所以在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面中的粘接强度高,能够牢固地层叠第 1 二重电介质膜,能够高成品率地形成高反射率膜。进而,在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面各自的光的电场强度表示极小值,这些界面中的光的吸收被抑制,能够抑制 COD (Catastrophic Optical Damage, 灾变性光学损伤) 的发生。进而,能够提供阈值电流低、在谐振器端面和反射膜的界面附近中难以发生劣化、可靠性高、成品率高的半导体激光装置。

[0109] 实施方式 2

[0110] 图 5 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0111] 在该实施方式 2 的说明中,关于后部高反射膜进行说明,但应用到前部高反射膜也有同样的效果。

[0112] 在图 5 中,在后部反射膜 50 中,3 对重叠地配设有二重电介质膜 42 的情况与实施方式 1 的后部反射膜 30 相同,但在后部反射膜 30 中,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 配设有层厚为 $\lambda/2$ 的 SiO_2 膜 40,在其上重叠配设有 3 对二重电介质膜 42,相对于此,在后部反射膜 50 中,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26,作为电介质膜的 SiO_2 的薄膜,例如配设层厚为 $\lambda/25$ 的 SiO_2 膜 52,在其上重叠配设有 3 对二重电介质膜 42。

[0113] 即,后部高反射膜 50 在反射率例如为 90% 的情况下,成为下述结构。

[0114] 密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26,配设有层厚为 $\lambda/25$ 的 SiO_2 膜 52。接着,在该 SiO_2 膜 52 上,3 对重叠地配设有二重电介质膜 42。

[0115] 因此,后部高反射膜 50 构成为包括:在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 的层厚为 $\lambda/25$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 52),层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a),层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b),层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a),层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b),层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a),以及层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b)。

[0116] 在该结构中,作为密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 的电介质膜,使用 SiO_2 膜 52。这与实施方式 1 同样地,例如是 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN 等也可。

[0117] 在本实施方式 2 的结构中, 半导体激光器主体 36 和 a-Si 膜 42a 具有大致相同程度的折射率, 即使例如薄 SiO₂ 膜 52 插入到半导体激光器主体 36 和 a-Si 膜 42 之间, 光的电场强度的分布也通过半导体激光器主体 36 和 a-Si 膜 42a 的规格来决定。

[0118] 图 6 是说明本发明的实施方式 2 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0119] 在图 6 中, 在后部高反射膜 50 及其附近中的光的电场强度的分布以曲线 46 表示, 后部高反射膜 50 的光的电场强度, 在半导体激光器主体 36 和 SiO₂ 膜 52 的界面不是极小值, 而在 SiO₂ 膜 52 和第 1 对的二重电介质膜 42 的 a-Si 膜 42a 的边界中表示极小值, 在第 1 对的二重电介质膜 42 和第 2 对的二重电介质膜 42 的边界、第 2 对的二重电介质膜 42 和第 3 对的二重电介质膜 42 的边界、以及第 3 对的二重电介质膜 42 的暴露面中表示极小值。另一方面, 在各个二重电介质膜 42 的第 1 层的 a-Si 膜 42a 和第 2 层的 SiO₂ 膜 42b 的边界中, 光的电场强度表示极大值。

[0120] 虽然半导体激光器主体 36 的谐振器 22 和 $\lambda/25$ 厚度的低折射率膜 (SiO₂ 膜 52) 的界面中的光的电场强度不是极小值, 但因为 SiO₂ 膜 52 的厚度薄, 所以表示接近于在 SiO₂ 膜 52 和第 1 对的二重电介质膜 42 的 a-Si 膜 42a 的边界中的极小值的值。

[0121] 图 7 是表示相对于本发明的电介质膜的厚度的在界面的电场强度的图表。

[0122] 在图 7 中横轴表示相对于介质内波长的层厚的比, 即层厚 / 介质内波长, 纵轴表示在界面的标准化电场强度。将横轴为 0.25, 即层厚为 $\lambda/4$ 时的在界面的被标准化后的电场强度作为 1。

[0123] 即, 关于图 5 和图 6 进行说明, 在 SiO₂ 膜 52 的膜厚为 $\lambda/4$ 时, 表示半导体激光器主体 36 的谐振器 22 与 SiO₂ 膜 52 的界面中的光的电场强度是作为极大值的 1。

[0124] 在实施方式 1 的情况下, 在半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的端面配设有厚度为 $\lambda/2$ 的 SiO₂ 膜 40, 但相对于 a-Si 的导热率高, SiO₂ 的导热率低, 有在谐振器 22 与后部高反射膜 30 的界面中的产生热的散热难以顺利进行的情况。在这样的情况下, 考虑通过使 SiO₂ 膜变薄来提高导热。

[0125] 在本实施方式 2 中基于该考虑配设有使厚度变薄的 SiO₂ 膜 52。

[0126] 如前述那样, 在半导体激光器主体 36 的谐振器 22 与 SiO₂ 膜 52 的界面中, 光的电场强度不是最小值, 根据 SiO₂ 膜 52 的厚度, 具有在前面的图 7 中表示的在界面的标准化电场强度。因此 SiO₂ 膜 52 的厚度的上限值根据能够容许的光的电场强度的限度来决定。

[0127] 在本实施方式中, 例如将层厚作为 $\lambda/25$ 的理由如下所述。

[0128] 在现有的法布里 - 佩罗型半导体激光器的情况下, 与将前端面的反射率作为 30%、后端面的反射率作为 60% 的半导体激光器相比, 在实施方式 1 中表示的将前端面的反射率作为 60%、后端面的反射率作为 90% 的半导体激光器中后端面的光密度变高为 2 倍。因此只要使光的电场强度为现有的半导体激光器的 1/2 的话, 就能够确保同等的可靠性。

[0129] 参照图 7, 在界面的标准化电场强度变为 1/2 的膜厚中, 层厚 / 介质内波长的值大概是 0.04, 这即表示层厚为 $\lambda/25$ 。

[0130] 在本实施方式 2 中将 SiO₂ 膜 52 的厚度作为例如 $\lambda/25$, 但通过将 SiO₂ 膜 52 的膜厚作为 $\lambda/25$ 以下, 能够进一步改善谐振器 22 和后部高反射膜 30 的界面中的产生热的散

热,能够进一步降低谐振器 22 和 SiO_2 膜 52 的界面中的光的电场强度。进一步能够构成对于 COD 的可靠性更高的半导体激光器。

[0131] 因此,在本实施方式 2 的后部高反射膜 50 的结构中,在半导体激光器主体 36 的后端面 26 上,因为具有以密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26 的 SiO_2 膜 52、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、 SiO_2 膜 42b、a-Si 膜 42a、以及 SiO_2 膜 42b 的顺序重叠地配置的结构,所以构成反射率高的高反射膜,能够减少镜面损失并降低半导体激光器的阈值电流。进而,通过使半导体激光器主体 36 的谐振器 22 与薄低折射率膜 (SiO_2 膜 52) 的界面中的光的电场强度尽量接近极小值,从而能够减少光吸收和伴随其的发热,进一步改善半导体激光器主体 36 的谐振器 22 端面与 SiO_2 膜 52 的界面附近的散热,能够提高对于 COD 的可靠性。

[0132] 如上所述,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配置,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及第 1 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,第 2 层具有根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

[0133] 通过该结构,因为电介质膜通过 SiO_2 、 Si_3N_4 和 AlN 中的任一种材料形成,所以在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面中的粘接强度高,能够牢固地层叠第 1 二重电介质膜,能够高成品率地形成高反射率膜。进而因为电介质膜具有根据第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度,所以通过使谐振器端面和电介质膜的界面中的光的电场强度接近于极小值,从而抑制在该界面中的光的吸收,并且改善该界面附近的散热,能够进一步抑制 COD 的发生。进而,能够提供阈值电流低、在谐振器端面和反射膜的界面附近中难以发生劣化、可靠性高、成品率高的半导体激光装置。

[0134] 实施方式 3

[0135] 图 8 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的剖视图。

[0136] 在该实施方式 3 的说明中,关于后部高反射膜进行说明,但应用到前部高反射膜也有同样的效果。

[0137] 在图 8 中,在后部反射膜 60 中,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26,配设有作为电介质膜的、例如层厚为 $\lambda/2$ 的 SiO_2 膜 40。接着,在该 SiO_2 膜 40 上重叠地配设 1 对作为第 2 二重电介质膜的二重电介质膜 62,在该二重电介质膜 62 上重叠地配置有 2 对二重电介质膜 42。

[0138] 二重电介质膜 62 构成为包括:密接于 SiO_2 膜 40 的第 1 层的层厚为例如 $3\lambda/8$ 的 a-Si 膜 62a、和在该 a-Si 膜 62a 上重叠配设的第 2 层的层厚为 $\lambda/8$ 的 SiO_2 膜 62b。

[0139] 即,后部高反射膜 60 成为如下结构,反射率从 90% 稍微变化。

[0140] 后部高反射膜 60 构成为包括:密接于半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的层厚为 $\lambda/2$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 40)、层厚为 $3\lambda/8$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 62a)、层厚为 $\lambda/8$

的低折射率膜 (SiO₂ 膜 62b)、层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a)、层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO₂ 膜 42b)、层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a)、以及层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO₂ 膜 42b)。

[0141] 图 9 是说明本发明的实施方式 3 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0142] 在图 9 中,在后部高反射膜 60 及其附近中的光的电场强度的分布以曲线 46 表示。

[0143] 在后部高反射膜 60 及其附近中的光的电场强度的分布中,在半导体激光器主体 36 和 SiO₂ 膜 40 的边界中光的电场强度表示极小值,在 SiO₂ 膜 40 和第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 的边界中也表示极小值,在第 1 对的二重电介质膜 62 和第 2 对的二重电介质膜 42 的边界、第 2 对的二重电介质膜 42 和第 3 对的二重电介质膜 42 的边界、以及第 3 对的二重电介质膜 42 的暴露面中表示极小值。这与实施方式 1 的后部高反射膜 30 相同。

[0144] 此外,在各个二重电介质膜 42 的第 1 层的 a-Si 膜 42a 和第 2 层的 SiO₂ 膜 42b 的边界中,光的电场强度表示极大值。这与实施方式 1 的后部高反射膜 30 相同。

[0145] 可是,在第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 和 SiO₂ 膜 62b 的界面中的光的电场强度不是极大值,而比极大值降低。

[0146] 如在实施方式 1 的说明中解释的那样,为了抑制 COD,降低在不同种材料界面中的光的电场强度是有效的。特别是在通过实施方式 1 和 2 中表示的结构,在构成半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的半导体材料、与后部或前部高反射膜的边界的光的电场强度被降低的情况下,接下来光的电场强度变高的不同种材料界面是第 1 对的二重电介质膜的第 1 层和第 2 层的界面,以实施方式 1 的后部高反射膜 30 来说的话,是第 1 对的二重电介质膜 42 的 a-Si 膜 42a 和 SiO₂ 膜 42b 的界面。

[0147] 为了降低该界面中的光的电场强度,在实施方式 3 中在二重电介质膜 62 中将第 1 层作为层厚是 $3\lambda/8$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 62a),将第 2 层作为层厚是 $\lambda/8$ 的低折射率膜 (SiO₂ 膜 62b),由此使这些界面与光的电场强度的极大值的位置不一致。

[0148] 再有,在这里将第 1 层的层厚作为 $3\lambda/8$,将第 2 层的层厚作为 $\lambda/8$,但并不限于此,只要第 1 层具有超过 $\lambda/4$ 且不足 $\lambda/2$ 的厚度,第 2 层具有不足 $\lambda/4$ 的厚度即可。

[0149] 进而,在本实施方式中使第 1 层的层厚厚,使第 2 层的层厚薄,但并不限于此,使第 1 层的层厚薄,使第 2 层的层厚厚也可。

[0150] 即,第 1 层具有不足 $\lambda/4$ 的厚度,第 2 层具有超过 $\lambda/4$ 且不足 $\lambda/2$ 的厚度的结构也有同样的效果。

[0151] 进而,通过使二重电介质膜 62 的第 1 层和第 2 层的厚度变化,能够比较自由地选择作为高反射膜整体的反射率,能够提高高反射膜的设计的自由度。

[0152] 如上所述,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃ 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及第 2 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低

的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有超过根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,第 2 层具有不足根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

[0153] 此外,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有将第 1 介质内波长的正整数倍除以 2 后的厚度,其中,该第 1 介质内波长根据该材料的第 1 折射率和上述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定;以及第 3 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有不足根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,第 2 层具有超过根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

[0154] 通过该结构,在实施方式 1 的效果之外,能够降低在构成第 2 二重电介质膜的不同种材料界面中的光的电场强度,能够进一步提高对 COD 的可靠性。进而,能够提供在谐振器端面和反射膜的界面附近中难以发生劣化、阈值电流低、成品率高的半导体激光装置。

[0155] 实施方式 4

[0156] 图 10 是本发明的一个实施方式的半导体激光器的后部高反射膜附近的部分剖面图。

[0157] 在该实施方式 4 的说明中,关于后部高反射膜进行说明,但应用到前部高反射膜也有同样的效果。

[0158] 在图 10 中,在后部反射膜 70 中,密接于半导体激光器主体 36 的后端面 26,配设有作为电介质膜的、例如层厚为 $\lambda/25$ 的 SiO_2 膜 52。接着,在该 SiO_2 膜 52 上重叠地配设一对二重电介质膜 62,在该二重电介质膜 62 上重叠地配设有 2 对二重电介质膜 42。

[0159] 即,后部高反射膜 70 成为如下结构,反射率从 90% 稍微变化。

[0160] 后部高反射膜 70 构成为包括:密接于半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的层厚为 $\lambda/25$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 52)、层厚为 $3\lambda/8$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 62a)、层厚为 $\lambda/8$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 62b)、层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a)、层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b)、层厚为 $\lambda/4$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 42a)、以及层厚为 $\lambda/4$ 的低折射率膜 (SiO_2 膜 42b)。

[0161] 图 11 是说明本发明的实施方式 4 的半导体激光器的高反射膜中的光的电场强度的示意图。

[0162] 在图 11 中,在后部高反射膜 70 及其附近中的光的电场强度的分布以曲线 46 表示。

[0163] 在后部高反射膜 70 及其附近中的光的电场强度的分布中,在半导体激光器主体 36 和 SiO_2 膜 52 的界面不是极小值,而在 SiO_2 膜 52 和第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 的边界中表示极小值,在第 1 对的二重电介质膜 62 和第 2 对的二重电介质膜 42 的边界、第 2 对的二重电介质膜 42 和第 3 对的二重电介质膜 42 的边界、以及第 3 对的二重电介质膜 42 的暴露面中表示极小值。

[0164] 此外,虽然在第 2 对和第 3 对的二重电介质膜 42 的第 1 层的 a-Si 膜 42a 和第 2 层

的 SiO₂ 膜 42b 的边界中,光的电场强度表示极大值,但在第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 和 SiO₂ 膜 62b 的界面中的光的电场强度不是极大值,而比极大值减少。

[0165] 密接于半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的端面 26 的 SiO₂ 膜 52,其导热率比 a-Si 的导热率小,所以较薄的话散热较好。SiO₂ 膜 52 的层厚如在实施方式 2 中所述那样,优选是 $\lambda/25$ 以下。

[0166] 通过该结构,具有实施方式 2 所述的效果。

[0167] 进而,在第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 和 SiO₂ 膜 62b 的界面中的光的电场强度不是极大值,而比极大值降低。在构成半导体激光器主体 36 的谐振器 22 的半导体材料和后部或前部的高反射膜的边界中的光的电场强度被降低的情况下,接下来光的电场强度变高的不同种材料界面是第 1 对的二重电介质膜的第 1 层和第 2 层的界面,为了降低该界面中的光的电场强度,在实施方式 3 中在二重电介质膜 62 中将第 1 层作为层厚是 $3\lambda/8$ 的高折射率膜 (a-Si 膜 62a),将第 2 层作为层厚是 $\lambda/8$ 的低折射率膜 (SiO₂ 膜 62b),由此能够使这些界面与光的电场强度的极大值的位置不一致。

[0168] 再有,第 1 对的二重电介质膜 62 的 a-Si 膜 62a 和 SiO₂ 膜 62b 的厚度与在实施方式 3 中说明过的同样地决定。

[0169] 因此,实施方式 4 的发明在实施方式 2 的效果之外,也兼具实施方式 3 的效果。

[0170] 如上所述,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃ 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第 1 折射率和上述化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及第 2 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有超过根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 、且不足第 2 介质内波长的 $1/2$ 的厚度,第 2 层具有不足根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 的厚度。

[0171] 此外,本发明的半导体激光装置,具备:化合物半导体激光器主体,具有相互相向的谐振器端面;电介质膜,密接于该化合物半导体激光器主体的谐振器端面而配设,通过 SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃ 和 AlN 中的任一种材料形成,并且具有根据该材料的第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度;以及第 3 二重电介质膜,其在该电介质膜上配设,接近于电介质膜的第 1 层通过非晶硅形成,在该第 1 层上配设的第 2 层通过具有比非晶硅的第 2 折射率低的第 3 折射率的材料构成,并且第 1 层具有不足根据第 2 折射率和出射光的波长决定的第 2 介质内波长的 $1/4$ 的厚度,第 2 层具有超过根据第 3 折射率和出射光的波长决定的第 3 介质内波长的 $1/4$ 、并且不足第 3 介质内波长的 $1/2$ 的厚度。

[0172] 通过该结构,因为电介质膜通过 SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃ 和 AlN 中的任一种材料形成,所以在谐振器端面和电介质膜的界面、以及电介质膜和作为第 1 二重电介质膜的第 1 层的 a-Si 的界面中的粘接强度高,能够牢固地层叠第 1 二重电介质膜,能够高成品率地形成高反射率膜。进而因为电介质膜具有根据第 1 折射率和化合物半导体激光器主体的出射光的波长决定的第 1 介质内波长的 $1/25$ 以下的厚度,所以通过使谐振器端面和电介质膜的界面

中的光的电场强度接近于极小值,从而抑制在该界面中的光的吸收,并且改善该界面附近的散热,能够进一步抑制 COD 的发生。

[0173] 进而能够降低在构成第 2 二重电介质膜的不同种材料界面中的光的电场强度,能够进一步提高对于 COD 的可靠性。进而,能够提供阈值电流低、在谐振器端面 and 反射膜的界面附近中难以发生劣化、可靠性高、成品率高的半导体激光装置。

[0174] 再有,因为在以上的各实施方式中能够抑制 COD,所以耐久性提高,因为阈值电流变低,所以有利于能源消耗的削减,具有成品率提高,降低环境负荷等的效果。

[0175] 产业上的利用可能性

[0176] 如上所述,本发明的半导体激光装置对于光通信系统等的使用是有用的。

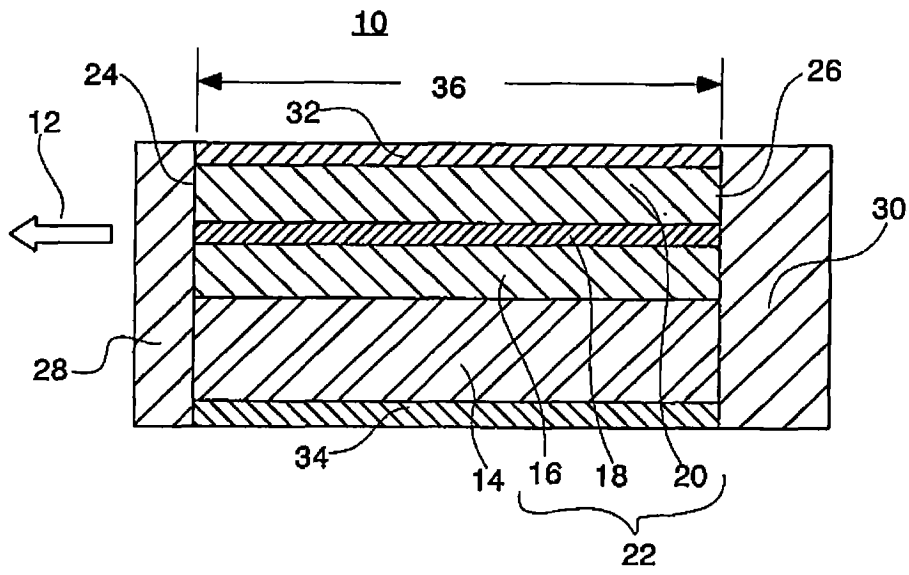


图 1

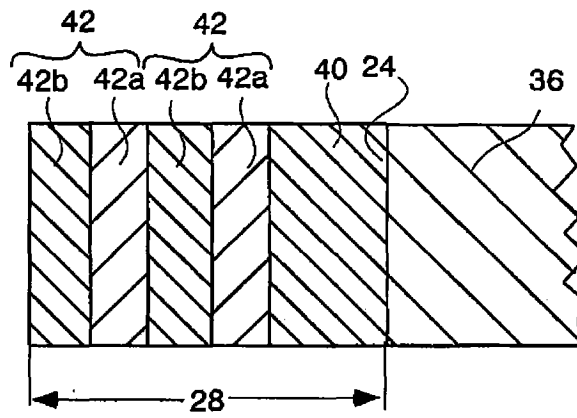


图 2

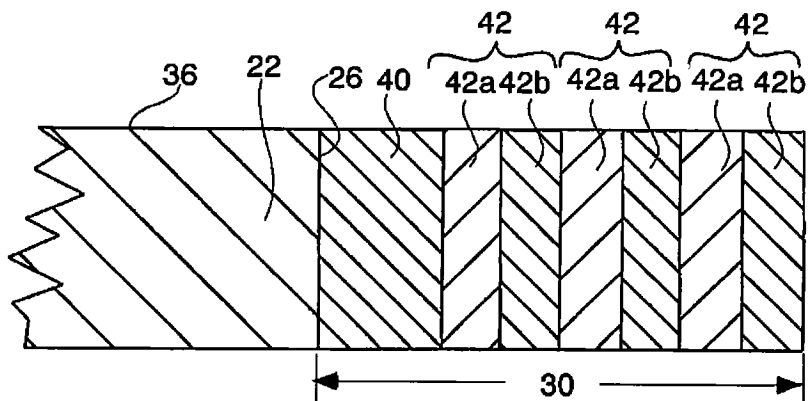


图 3

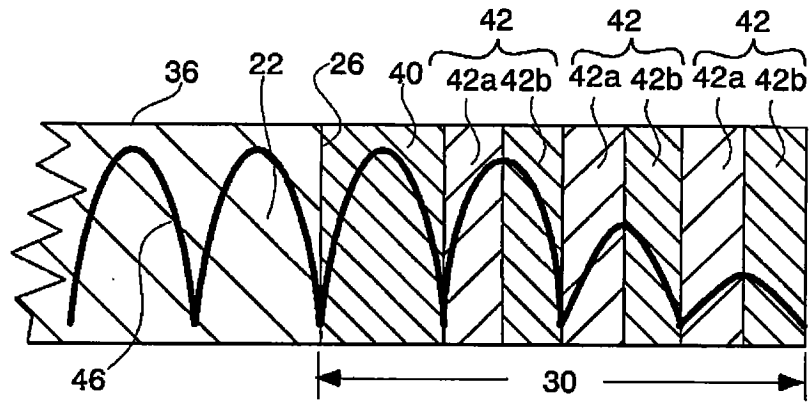


图 4

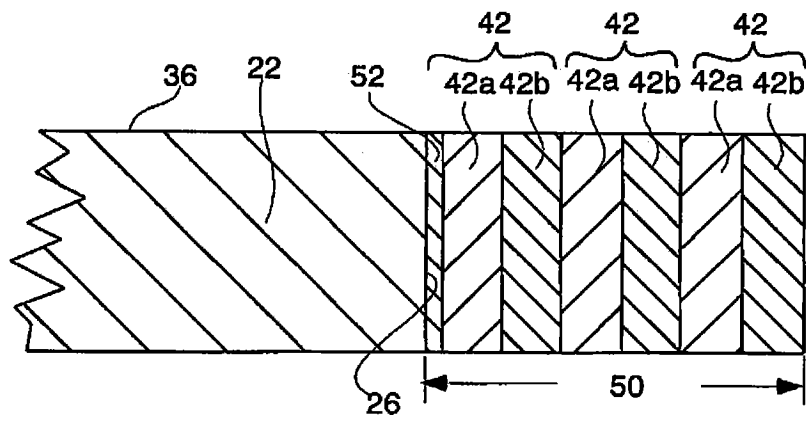


图 5

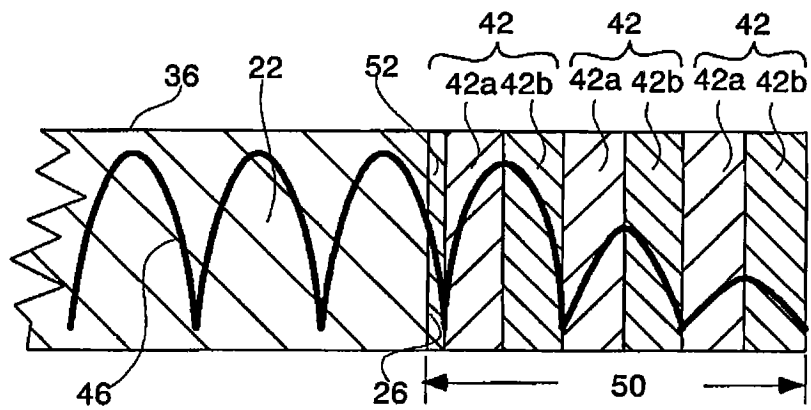


图 6

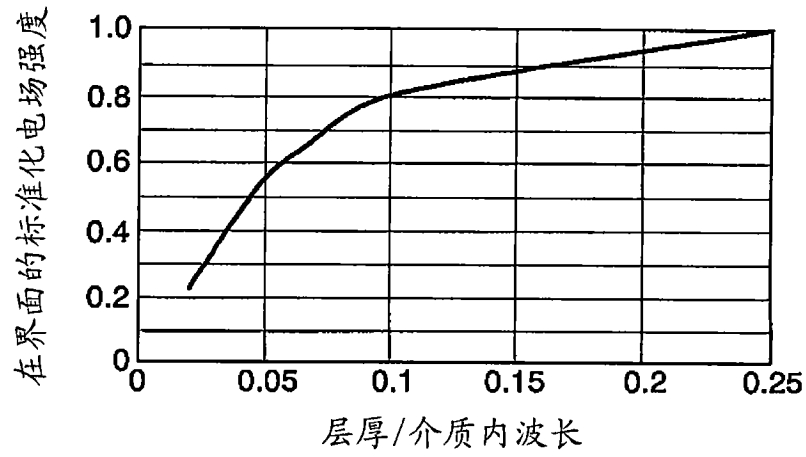


图 7

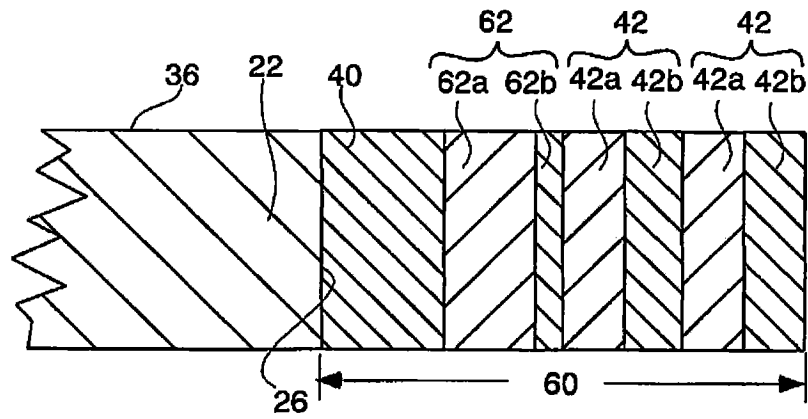


图 8

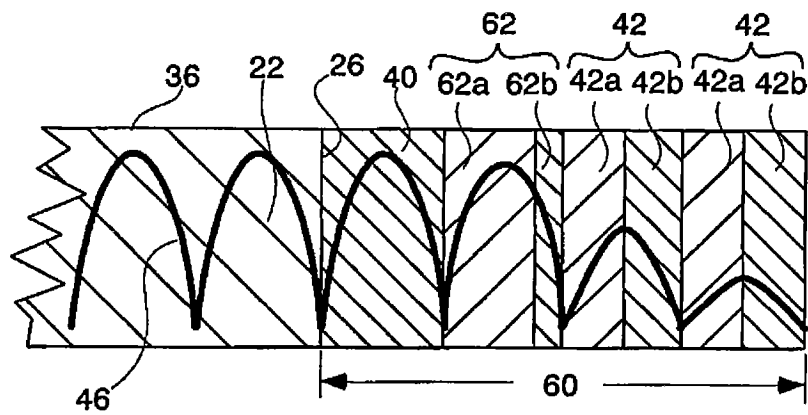


图 9

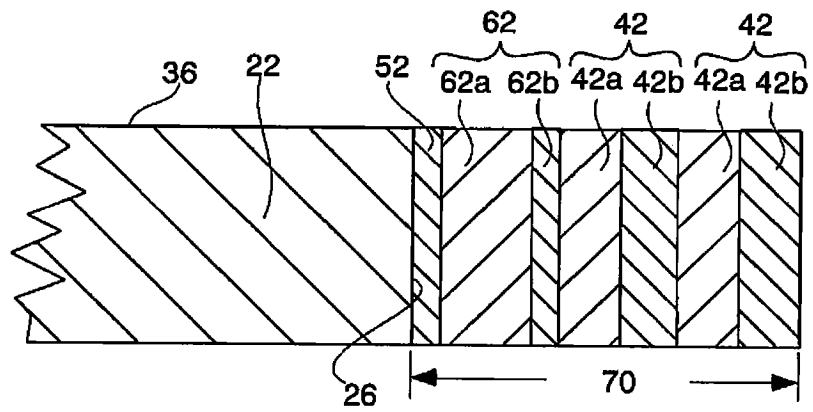


图 10

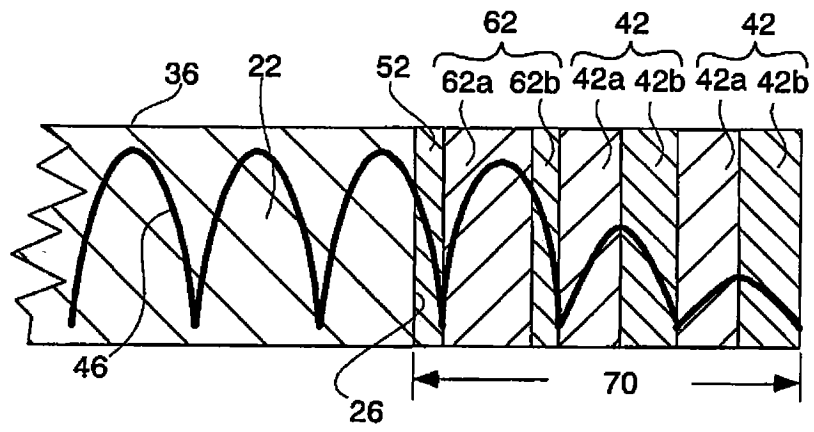


图 11