



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1913261 B

(45) 授权公告日 2012.06.20

(21) 申请号 200610115706.8

审查员 达文欣

(22) 申请日 2006.08.11

(30) 优先权数据

2005-232697 2005.08.11 JP

(73) 专利权人 优迪那半导体有限公司

地址 日本山梨县

(72) 发明人 藤井卓也

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉

(51) Int. Cl.

H01S 5/12(2006.01)

H01S 5/125(2006.01)

H01S 5/14(2006.01)

H01S 5/00(2006.01)

(56) 对比文件

US 2002/0105991 A1, 2002.08.08, 全文.

US 2003/0128724 A1, 2003.07.10, 全文.

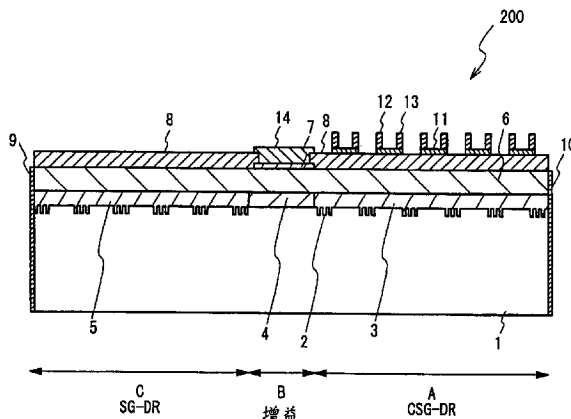
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 8 页

## (54) 发明名称

半导体激光器及其控制方法、光学器件以及激光器装置

## (57) 摘要

半导体激光器及其控制方法、光学器件以及激光器装置。半导体激光器具有第一衍射光栅区。该第一衍射光栅区具有多个段。每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区。多个第二区中的至少两个的光程相互不同。每个段的折射率是可变的。



1. 一种半导体激光器,包括:  
具有多个段的第一衍射光栅区;以及  
多个加热器,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
多个第二区中的至少两个的光程相互不同,  
每个段的折射率是可变的,  
各个加热器控制各个段的折射率,  
所述第一衍射光栅区的反射光谱包括其中光纵模的峰值反射强度相对低的波长范围和其中光纵模的峰值反射强度相对高的波长范围。
2. 根据权利要求1所述的半导体激光器,还包括具有多个段的第二衍射光栅区,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
第二衍射光栅区中包括的多个第二区的光程大体上相等。
3. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中,第一衍射光栅区中的所述多个第二区的光程之间的最小差在所述多个第二区的平均光程的1%到6%的范围内。
4. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中,第一衍射光栅区中的每个第二区之间的光程的最小差相等。
5. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中,第一衍射光栅区中的所述多个段按光程的升序或按光程的降序排列。
6. 根据权利要求1所述的半导体激光器,还包括具有多个段的第三衍射光栅区,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
第三衍射光栅区中的多个第二区中的至少两个的光程相互不同,  
第三衍射光栅区中的每个段的折射率是可变的。
7. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中,在该半导体激光器的端面处设置有光吸收区或光放大区。
8. 根据权利要求2所述的半导体激光器,还包括相位控制区,该相位控制区控制光在第一衍射光栅区中的相位和光在第二衍射光栅区中的相位。
9. 一种控制半导体激光器的方法,包括一控制步骤,该控制步骤通过使用多个加热器控制至少两个段的折射率以使其相互不同,来控制第一衍射光栅区的光纵模的峰值波长和该峰值波长下的强度,  
该半导体激光器包括所述多个加热器和具有多个段的第一衍射光栅区,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
多个第二区中的至少两个区的光程相互不同,  
每个段的折射率是可变的,  
各个加热器控制各个段的折射率,  
所述第一衍射光栅区的反射光谱包括其中光纵模的峰值反射强度相对低的波长范围和其中光纵模的峰值反射强度相对高的波长范围。
10. 根据权利要求9所述的控制半导体激光器的方法,其中,所述控制步骤是这样的步骤,即,把所述多个段的折射率的平均值控制得恒定,使得第一衍射光栅区的光纵模的波长固定,而峰值波长下的强度改变。

11. 根据权利要求 9 所述的控制半导体激光器的方法,其中,所述控制步骤是这样的步骤,即,把所述多个段之间的各差异控制得恒定,使得第一衍射光栅区的光纵模的波长改变,而峰值波长下的强度固定。

12. 根据权利要求 9 所述的控制半导体激光器的方法,其中,所述控制步骤是这样的步骤,即,控制每个段的折射率,使得所述多个段中的一个段的折射率不同于其它段的折射率。

13. 根据权利要求 9 所述的控制半导体激光器的方法,其中,所述控制步骤是这样的步骤,即,通过控制所述多个段的温度,来控制每个段的折射率。

14. 一种光学器件,包括多个加热器和具有多个段的第一衍射光栅区,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
多个第二区中的至少两个的光程相互不同,  
每个段的折射率是可变的,  
各个加热器控制各个段的折射率,

所述第一衍射光栅区的反射光谱包括其中光纵模的峰值反射强度相对低的波长范围和其中光纵模的峰值反射强度相对高的波长范围。

15. 根据权利要求 14 所述的光学器件,其中,所述多个第二区的光程之间的最小差在所述多个第二区的平均光程的 1%到 6%的范围内。

16. 根据权利要求 14 所述的光学器件,其中,第一衍射光栅区中的所述多个段按光程的升序或按光程的降序排列。

17. 一种激光器装置,包括:

第一光学器件,具有第一衍射光栅区和多个加热器,  
所述衍射光栅区具有多个段,  
每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,  
多个第二区中的至少两个的光程相互不同,  
每个段的折射率是可变的,  
各个加热器控制各个段的折射率,

所述第一衍射光栅区的反射光谱包括其中光纵模的峰值反射强度相对低的波长范围和其中光纵模的峰值反射强度相对高的波长范围;和  
光放大器。

18. 根据权利要求 17 所述的激光器装置,其中,第一光学器件和光放大器被设置在温度控制装置上。

19. 根据权利要求 17 所述的激光器装置,其中,第一衍射光栅区具有控制所述多个段的折射率的加热器。

20. 根据权利要求 17 所述的激光器装置,还包括第二光学器件,该第二光学器件具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区,其中,第二衍射光栅区中包括的多个第二区的光程大体上相等。

## 半导体激光器及其控制方法、光学器件以及激光器装置

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及半导体激光器、光学器件、激光器装置,以及控制半导体激光器的方法。

### 背景技术

[0002] 随着使用光纤的波分复用(WDM)通信的普及,许多组织已经开发出具有可以发射不同波长激光的器件的波长可变半导体激光器。以前提出的波长可变半导体激光器广义上分为在其外部谐振器中具有半导体光放大器(SOA)并且利用外部谐振器中的波长选择机构来控制发射波长的半导体激光器,和具有其中在放大激光的半导体器件中内嵌有充当波长选择部的谐振器的结构的半导体激光器。

[0003] 作为典型的波长可变半导体激光器,一种具有抽样光栅分布式反射器(SG-DR)波导的激光器(其中谐振器内嵌在半导体器件中),在以下文献中得到公开:日本特开平 No. 9-270568(下文中称为文献 1)、日本特开 No. 2004-336002(下文中称为文献 2)、日本特开 No. 2003-17803(下文中称为文献 3)、美国专利 No. 6432736(下文中称为文献 4)、美国专利申请公报 No. 2003/0128724(下文中称为文献 5)、美国专利申请公报 No. 2002/0105991(下文中称为文献 6)、美国专利申请公报 No. 2002/0061047(下文中称为文献 7)、美国专利 No. 6590924(下文中称为文献 8)、美国专利 No. 6317539(下文中称为文献 9)、美国专利 No. 4896325(下文中称为文献 10),以及 Proc. IEEE, Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Journal of, Vol. 11, Issue 1, 2005(下文中称为文献 11)。文献 8 中公开的激光器使用了微调效应。该激光器具有这样的结构,即,其中光纵模间隔互不相同的 SG-DR 波导分别连接至放大激光的波导的两个端部。该激光器通过改变温度、电流等来改变其中一个 SG-DR 波长的光纵模的反射峰值波长和其中另一个 SG-DR 波长的光纵模的反射峰值波长,并且按峰值波长相互对应情况下的波长来发射激光。

[0004] 文献 1 中公开的激光器具有其中 SG-DR 波导耦合至放大激光的法布里-珀罗(Fabry-Perot)(FP)谐振器的结构,该激光器通过改变诸如温度或电流来改变 FP 谐振器和 SG-DR 波导的光纵模的反射峰值波长,并且按峰值波长相互对应情况下的波长来发射激光。

[0005] 文献 1 和文献 8 中公开的激光器都是基于利用半导体波导的微调效应的相同原理来发射激光的。因为文献 1 中公开的激光器的器件长度小于文献 8 中公开的激光器的器件长度,所以文献 1 中公开的激光器相对于文献 8 中公开的激光器具有优点。然而,因为简单 FP 谐振器的反射光谱的 Q 值小,所以文献 1 中的激光器难以发射稳定的激光。从而,在文献 2 中提出了这样一种结构,即,在该结构中,将 SG-DR 波导耦合至具有作为增益介质的 SG-DR 波导核心的抽样光栅分布式反馈(SG-DFB)激光器。

[0006] SG-DR 波导具有相互耦合的多个段,其中,具有衍射光栅的区域和没有衍射光栅的区域相互耦合。在常规 SG-DR 波导中的所述多个段的长度大体上相等。当波长改变时,按相同条件控制 SG-DR 波导的每个段的折射率。

[0007] 然而,具有 SG-DR 波导的常规波长可变激光器,在波长可变的范围扩展时,往往还

发射理想激光之外的激光。因此,存在劣化激光发射的模稳定性的问题。下面参照具有互不相同的光纵模间隔的两个 SG-DR 波导的反射光谱,对该原因进行描述。

[0008] 必需使一个 SG-DR 波导的一个光纵模波长和另一 SG-DR 波导的一个光纵模波长与理想波长相匹配,或者使一个 SG-DR 波导的一个光纵模波长和一个 SG-DFB 波导的一个光纵模波长与理想波长相匹配。当 SG-DR 波导的折射率改变时,SG-DR 波导的光纵模波长也随之改变。可以通过改变诸如向 SG-DR 波导提供的电流或 SG-DR 波导的温度来改变折射率。例如,当 SG-DR 波导的光纵模的间隔大约为 200GHz 时,必需将 SG-DR 波导的温度控制在大约摄氏 15 度的范围中,以在器件温度下使光纵模与理想波长相匹配。普通机构就可以实现这种温度范围。

[0009] 图 11 例示了两个 SG-DR 波导的光纵模的间隔分别为 194GHz 和 170GHz 时,对这两个 SG-DR 波导的反射光谱的计算示例。在这个示例中,控制这两个 SG-DR 波导的温度,使得这两个 SG-DR 波导的光纵模在 194000GHz 处对应。图 11 中的横轴表示频率。图 11 中的纵轴表示按 dB 测量的 SG-DR 波导的反射率。因为两个 SG-DR 波导的光纵模都在 194000GHz 处相互对应,所以在 194000GHz 处获得激光发射。然而,因为两个光纵模的间隔相互不同,所以这两个光纵模的峰值频率随着频率远离 194000GHz 而相互不一致。没有按 194000GHz 附近的其它光纵模频率发射的激光。这就是微调效应。

[0010] 两个 SG-DR 波导的光纵模的峰值反射率大约在与 194000GHz 偏离 1400GHz 的 195400GHz 和 192600GHz 处相互对应。往往按这两个频率发射激光。因此,在 194000GHz 处希望的激光发射的模稳定性受到劣化。

[0011] 图 12 例示了利用具有图 11 中示出的两个 SG-DR 波导的波长可变半导体激光器,通过针对阈值的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱。图 12 中的横轴表示频率。图 12 中的纵轴表示光强。如图 12 所示,在 195600GHz 处发射激光。

[0012] 必需减小所述两个 SG-DR 波导的光纵模间隔之间的差,使得反射峰值对应下的频率在波长可变范围外,而且必需构造在该波长可变范围外的范围内增益变小的波导核心,以便限制由所述机构导致的模劣化。波长可变范围例如大约为 192000GHz 到 196000GHz。

[0013] 接下来,针对分别按 194GHz 和 184GHz 设置所述两个 SG-DR 波导的光纵模间隔而且间隔之差为 10GHz 的情况,对计算示例进行描述。在这种情况下,除了在 194000GHz 处外,在 192000GHz 到 196000GHz 的范围中的反射峰值之间没有对应。然而,所述两个 SG-DR 波导的光纵模峰值频率之差在接近 194000GHz 的光纵模下减小了。因此,存在这样的问题,即,往往在接近理想频率的光纵模下发射激光。

[0014] 如上所述,在器件被构造为在宽范围内改变激光波长的情况下,在常规技术中,存在这样的问题,即,往往在理想频率之外的频率处产生发射,而且劣化了激光发射的模稳定性。

[0015] 上面提到了使用两个 SG-DR 波导的情况。在其中耦合有 FP 波导和 SG-DR 波导或者耦合有 SG-DR 波导和 SG-DFB 波导的半导体激光器中,出现了相同的现象。如图 11 所示,常规技术中模劣化的本质是,半导体对于反射光谱的光纵模峰值反射率具有很少的波长依赖性。即,很难限制具有常规技术的 SG-DR 波导并且能够在宽范围内改变波长的波长可变激光器的激光发射的模劣化。

[0016] 文献 3 中公开了一种用于解决上述问题的技术,其中,抽样衍射光栅的间距从一

端向另一端发生变化。在这种设置中,可以提高指定波长附近的光纵模的反射率。然而,为了构造所述衍射光栅,必需使用利用电子束光刻法的先进曝光技术。另外,很难稳定多个段的抽样衍射光栅之间的相位关系。存在这样的问题,即,减小了从每个段反射的光的干涉效应。

[0017] 如在文献 11 中提到的,通过利用具有不同间距的衍射光栅,来提高指定波长附近的波长处的反射率的方法是已知的。然而,衍射光栅没有像 SG-DR 波导中一样的清晰的光纵模。因此,存在这样的问题,即,难以限制 FP 波导、SG-DR 波导或耦合至 SG-DR 波导的 SG-DFB 波导在接近理想模式的光纵模处的发射。

## 发明内容

[0018] 本发明提供具有新构造的 SG-DR 波导并且可以稳定激光发射模式的半导体激光器。

[0019] 根据本发明的一个方面,优选地,提供了一种半导体激光器,其包括第一衍射光栅区。该第一衍射光栅区具有多个段。每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区。多个第二区中的至少两个的光程相互不同。每个段的折射率是可变的。

[0020] 根据上述结构,因为所述多个第二区中的至少两个的光程相互不同,所以第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射强度具有波长依赖性。在这种情况下,第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率在指定波长范围中表现得相对较高。从而可以限制在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率相对较低的波长范围中的激光发射。从而可以在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率表现得相对较高的范围中获得稳定的激光发射。另外,因为每个段的折射率可变,所以可以容易地改变激光发射波长。

[0021] 根据本发明的另一方面,优选地,提供了一种控制半导体激光器的方法。该方法包括一控制步骤,该控制步骤通过控制至少两个段的折射率以使其相互不同,来控制第一衍射光栅区的光纵模的峰值波长和所述光纵模的强度。所述半导体激光器具有第一衍射光栅区,该第一衍射光栅区具有多个段。每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区。多个第二区中的至少两个的光程相互不同。每个段的折射率是可变的。

[0022] 根据上面提出的结构,控制至少两个段的折射率以使其相互不同。并且控制第一衍射光栅区的光纵模的峰值波长和所述光纵模的强度。在这种情况下,可以限制在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率相对较低的波长范围中的激光发射。从而可以在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率相对较高的范围中获得稳定的激光发射。由此,可以稳定激光发射的模式。

[0023] 根据本发明的另一方面,优选地,提供了一种具有第一衍射光栅区的光学器件。该第一衍射光栅区具有多个段。每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区。多个第二区中的至少两个的光程相互不同。每个段的折射率是可变的。

[0024] 根据上述结构,因为所述多个第二区中的至少两个的光程相互不同,所以第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射强度具有波长依赖性。在这种情况下,第一衍射光栅区的光

纵模的峰值反射率在指定波长范围中表现得相对较高。从而可以限制在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率相对较低的波长范围中的激光发射。从而可以在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率表现得相对较高的范围中获得稳定的激光发射。另外,因为每个段的折射率可变,所以可以容易地改变激光发射波长。

[0025] 根据本发明的另一方面,优选地,提供了一种具有第一光学器件和光放大器的激光器装置。第一光学器件具有第一衍射光栅区。该第一衍射光栅区具有多个段。每个段都具有包括衍射光栅的第一区,和耦合至第一区的作为间隔区的第二区。多个第二区中的至少两个的光程相互不同。每个段的折射率是可变的。

[0026] 根据上述结构,在光放大器中产生激光。并且在第一光学器件中提供激光。因为所述多个第二区中的至少两个的光程相互不同,所以第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率强度具有波长依赖性。在这种情况下,第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率在指定波长范围中表现得相对较高。从而可以限制在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率相对较低的波长范围中的激光发射。从而可以在第一衍射光栅区的光纵模的峰值反射率表现得相对较高的范围中获得稳定的激光发射。另外,因为每个段的折射率可变,所以可以容易地改变激光发射波长。

#### 附图说明

[0027] 参照附图,对本发明的优选实施例进行详细描述,其中:

[0028] 图 1 例示了根据本发明第一实施例的激光器装置的框图;

[0029] 图 2A 和图 2B 例示了激光器部的细节;

[0030] 图 3 例示了对波导核心的反射光谱的计算示例;

[0031] 图 4 例示了通过针对阈值增益的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱;

[0032] 图 5 例示了以下情况下的波导核心的反射光谱:段的温度被控制得随段的长度缩短而变低,并且波导核心中的相邻段之间的温差为摄氏 2 度;

[0033] 图 6 例示了在图 5 中的情况下,通过针对阈值增益的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱;

[0034] 图 7 例示了根据第二实施例的激光器部的示意横截面图;

[0035] 图 8A 和 8B 例示了根据第三实施例的激光器部的细节;

[0036] 图 9 例示了根据第四实施例的激光器装置的整体结构;

[0037] 图 10 例示了根据第四实施例的激光器模块的细节图;

[0038] 图 11 例示了在两个 SG-DR 波导的光纵模的间隔分别为 194GHz 和 170GHz 时对这两个 SG-DR 波导的反射光谱的计算示例;以及

[0039] 图 12 例示了利用具有图 11 中示出的两个 SG-DR 波导的波长可变半导体激光器,通过针对阈值的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱。

#### 具体实施方式

[0040] 下面,参照附图,对本发明的实施例进行描述。

[0041] 图 1 例示了根据本发明第一实施例的激光器装置 100 的框图。如图 1 所示,激光

器装置 100 具有激光器部 200 和控制器 300。控制器 300 具有中央处理单元 (CPU)、只读存储器 (ROM) 等。控制器 300 存储激光器部 200 的控制信息、控制程序等。控制器 300 通过控制诸如要提供给激光器部 200 的电流的电信号,来控制激光器部 200 的激光发射波长。

[0042] 图 2A 和图 2B 例示了激光器部 200 的细节。图 2A 例示了激光器部 200 的俯视图。图 2B 例示了沿图 2A 中的 A-A 线截取的横截面图。参照图 2A 和图 2B,对激光器部 200 进行描述。如图 2A 和图 2B 所示,激光器部 200 具有这样的结构,即,其中按顺序耦合有啁啾 (chirped) 抽样光栅分布式反射器 (CSG-DR) 区 A、增益区 B 以及 SG-DR 区 C。

[0043] CSG-DR 区 A 具有这样的结构,即,其中在基板 1 上按顺序层叠有波导核心 3、包层 6 以及绝缘层 8,而在绝缘层 8 上层叠有薄膜电阻器 11、电源电极 12 以及地电极 13。增益区 B 具有这样的结构,即,其中在基板 1 上按顺序层叠有波导核心 4、包层 6、接触层 7 以及电极 14。SG-DR 区 C 具有这样的结构,即,其中在基板 1 上按顺序层叠有波导核心 5、包层 6 以及绝缘层 8。

[0044] CSG-DR 区 A、增益区 B 以及 SG-DR 区 C 中的基板 1 和包层 6 分别形成一个单元。波导核心 3 到 5 形成在同一平面上,并一起形成一个波导核心。在基板 1、波导核心 5 以及包层 6 在 SG-DR 区 C 侧的端面上形成有低反射覆层 9。另一方面,在基板 1、波导核心 3 以及包层 6 在 CSG-DR 区 A 侧的端面上形成有低反射覆层 10。在波导核心 3 和 5 中按指定间隔形成有抽样衍射光栅 2。由此形成抽样光栅。

[0045] 基板 1 例如是由 InP 制成的晶态基板。波导核心 3 和 5 例如是由在相对于激光发射波长的短波长侧具有吸收边沿波长的 InGaAsP 晶体制成的。波导核心 3 和 5 的 PL 波长大约为  $1.3 \mu\text{m}$ 。波导核心 4 例如是由放大激光发射的理想波长的光的 InGaAsP 晶体制成的。波导核心 4 的 PL 波长大约为  $1.57 \mu\text{m}$ 。

[0046] 抽样光栅 2 的耦合常数大约为  $200\text{cm}^{-1}$ 。抽样衍射光栅的间距大约为  $0.24 \mu\text{m}$ 。抽样衍射光栅 2 的粗糙度大约为 17。抽样衍射光栅 2 的长度大约为  $4 \mu\text{m}$ 。抽样衍射光栅 2 的布拉格波长大约为  $1.55 \mu\text{m}$ 。在这种情况下,针对抽样衍射光栅 2 的布拉格波长的反射率大约为 1%。

[0047] 在波导核心 3 中形成有五个段。在下文中,所述段是指,在波导核心中的一个具有抽样衍射光栅 2 的区域和一个没有抽样光栅 2 的间隔区相耦合的区域。通常,当增加段数时,可以增强抽样衍射光栅反射的光的干涉效应。由此,改进激光发射的模稳定性。可是,如果增加段数,则增大了器件长度。另外,当波导核心 3 的总长度超过 2mm 时,模稳定性因波导核心 3 中的内部损耗而饱和了。因此,优选的是,波导核心 3 中的段数大约为 5。

[0048] 当增大每个段的长度并减小光纵模间距时,可以容易地改变波导核心的光纵模波长。然而,在这种情况下,增大了波导核心的长度。反之,在这个实施例中,波导核心 3 中的段的长度从增益区 B 侧起按顺序例如为  $260 \mu\text{m}$ 、 $265 \mu\text{m}$ 、 $270 \mu\text{m}$ 、 $275 \mu\text{m}$  以及  $280 \mu\text{m}$ 。在这种情况下,段的光纵模间距为 176GHz、173GHz、170GHz、167GHz 以及 164GHz。

[0049] 在这个实施例中,每个段的长度根据间隔区的长度而改变。按相反方向排列上述段。并不需要所有段的长度都相互不同。段之间的长度差可以不同。然而,如下所述,因为在该实施例中用于对相互邻近的段进行波长控制的折射率的改变量恒定,所以该实施例的结构从控制角度而言具有优点。

[0050] 波导核心 5 中的段数优选地与波导核心 3 中的段数相等,并且例如为 5。波导核心

5 中的每个段的长度大体上相等,并且例如为  $240\ \mu\text{m}$ 。“大体上相等”意指每个间隔区之间的差小于间隔区的平均长度的 1%。

[0051] 可以通过利用诸如干涉曝光法和局部曝光法的方法的技术,来形成 SG-DR 区 C 的 SG-DR 结构。首先,通过干涉曝光法在涂覆在基板 1 上的光致抗蚀剂的整个区域上形成衍射光栅图案。接下来,利用具有开口并部分地遮挡光的曝光掩模,通过局部曝光法,形成在基板 1 上分割衍射光栅图案的间隔区的图案。当在双重曝光之后对光致抗蚀剂进行显影时,就形成了抽样衍射光栅 2 的结构。当把该光致抗蚀剂图案印刷在基板 1 上时,就形成了根据本实施例的抽样衍射光栅 2,其中确定了每个衍射光栅之间的相位关系。

[0052] 当使用可以改变没有抽样衍射光栅 2 的区域的长度的图案作为用于上述局部曝光法的曝光掩模时,可以形成 CSG-DR 区 A 的 CSG-DR 结构。另外,如果使用曝光法,则可以在同一工序中形成 CSG-DR 区 A 和 SG-DR 区 C。由此,可以缩短并简化制造工序。从而降低制造成本。

[0053] 包层 6 由 InP 制成,其收缩电流并限制激光在波导核心 3、4 以及 5 中传播。接触层 7 由 InGaAsP 晶体制成。绝缘层 8 是由诸如 SiN 或  $\text{SiO}_2$  制成的保护膜。低反射覆层 9 和 10 例如是由包括  $\text{MgF}_2$  和 TiON 的介电膜制成的。低反射覆层 9 和 10 的反射率例如低于 0.3%。

[0054] 薄膜电阻器 11 由例如 NiCr 制成,并且基于从图 1 中的控制器 300 提供的电流强度,来控制波导核心 3 中的段的温度。各个薄膜电阻器 11 形成在波导核心 3 中的每个段上方的绝缘层 8 上。每个电源电极 12 连接至每个薄膜电阻器 11。地电极 13 连接至薄膜电阻器 11。电源电极 12、地电极 13 以及电极 14 由诸如 Au 的导电材料制成。

[0055] 接下来,对激光器部 200 的操作进行描述。首先,从图 1 中的控制器 300 向电极 14 提供指定电流。接着,在波导核心 4 中产生光。该光在波导核心 3、4 以及 5 中传播,并且被反复反射和放大,接着向外发射。

[0056] 图 3 例示了对波导核心 3 的反射光谱和波导核心 5 的反射光谱的计算示例。图 3 中的横轴表示频率。图 3 中的纵轴表示反射率。在图 3 中简化了计算示例。如图 3 中上部的图所示,波导核心 3 的峰值反射率在  $194000\text{GHz}$  附近表现得相对较高,并且在  $194000\text{GHz}$  处表现出局部最大值。这是因为,在波导核心中的段中传播的光的相位在  $194000\text{GHz}$  处是  $2\pi$  的整数倍值。

[0057] 另一方面,当峰值反射率的频率远离  $194000\text{GHz}$  时,波导核心 3 的峰值反射率也随之减小。这是因为,随着段的光纵模间距相互间略有不同,未发生相位匹配叠加。在这个实施例中,峰值反射率的局部最大值与峰值反射率的局部最小值之间的差大约为 5dB。另外,如图 3 中下部的图所示,峰值反射率在任何光纵模下都是恒定值。

[0058] 波导核心 3 的光纵模与波导核心 5 的光纵模除在  $194000\text{GHz}$  处外,在  $195400\text{GHz}$  处和在  $192600\text{GHz}$  处也对应。然而,波导核心 3 在  $195400\text{GHz}$  处和在  $192600\text{GHz}$  处的反射率相对于  $194000\text{GHz}$  处的反射率足够小。因此,在  $195400\text{GHz}$  处和在  $192600\text{GHz}$  处激光发射的发生概率很小。

[0059] 在根据本实施例的激光器部 200 中,波导核心 3 的光纵模的峰值反射强度具有波长依赖性。即,波导核心 3 的光纵模的峰值反射强度基于波长而改变。相反,波导核心 5 的峰值反射强度没有波长依赖性。可以在波导核心 3 的光纵模的峰值反射强度相对较低的波

长范围内限制激光发射,并且可以在波导核心 3 的光纵模的峰值反射强度相对较高的范围内获得稳定的激光发射。另外,当其中光纵模的峰值反射强度相对较高的波长范围随波导核心 3 的折射率改变而改变时,可以容易地控制激光发射波长。尽管根据本实施例在波导核心 3 和 5 的两个端面处都设有衍射光栅,但是对于波导光来说没有影响。

[0060] 图 4 例示了通过针对阈值增益的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱。图 4 中的横轴表示频率。图 4 中的纵轴表示光强。在该分析中,假定端面处的反射率为 0%。在该计算示例中,紧接着 194000GHz 处的理想光纵模容易发射的光纵模是较低频率侧的下一光纵模。然而,每个阈值增益之间的差为  $4\text{cm}^{-1}$ 。在这种情况下,可以获得稳定的激光发射。如上所述,在该实施例中,获得了稳定的单模激光发射。

[0061] 在该实施例中,段的长度按  $5\mu\text{m}$  从  $260\mu\text{m}$  增加到  $280\mu\text{m}$ 。针对阈值增益的计算机仿真的结果表明,尤其当波导核心 3 中的长度相互不同的多个段的长度中的每一个之间的最小差落在间隔区的平均长度的 1% 到 6% 的范围之外时,模稳定性劣化了。

[0062] 对模稳定性劣化的机理进行定性描述。当最小差低于间隔区的平均长度的 1% 时,反射光谱更接近于常规 SG-DR 波导的反射光谱。即,在远离理想波长的光纵模波长处发生激光发射的可能性较高。相反,当最小差高于间隔区的平均长度的 6% 时,峰值反射率的局部最大值处的另一波长处于其中激光发射波长移动的波长范围内。即,理想波长的频率下和反射率局部最大的另一波长的频率下发生激光发射的可能性较高。因此,模稳定性严重劣化了。因此,优选的是,波导核心 3 中的长度相互不同的多个段的长度中的每一个之间的最小差落在间隔区的平均长度的 1% 到 6% 的范围内。

[0063] 波导核心 3 中的每个段之间的差可以相互不同,尽管在本实施例中所述差相等。当所述差不相等时激光发射波长的控制变复杂了,因为波长改变所需的折射率的变化量变难了。因此,就控制算法而言,有利的是,各段长度之差与除具有相同长度的段之外的其它段的长度中的每一个之间的最小差之间的最小值相等。这是因为,当所述差相等时,段的折射率的改变量是指定单位改变量的整数倍。

[0064] 另外,就同一点而言,有利的是,相邻的段的长度之间的差相等,并且按长度的降序或升序耦合这些段。这是因为,当按固定梯度改变段的折射率时,可以改变局部最大峰值反射率处的波长。

[0065] 可以通过从外部控制波导核心 3 中的段的折射率,来控制上述波导核心 3 的局部最大峰值反射率。下面描述波导核心 3 的局部最大峰值反射率的控制方法。首先,从控制器 300 通过每个电源电极 12 向每个薄膜电阻器 11 提供指定电流。波导核心 3 中的每个段的温度变化到指定值。波导核心 3 的折射率变化到指定值。通过地电极 13 收回通过薄膜电阻器 11 的电流。

[0066] 在本实施例中,波导核心 3 具有等效折射率,使得在没有温度梯度时峰值反射率在 194000GHz 处表现为局部最大。在这种情况下,波导核心 3 的等效折射率是 3.2086。另外,波导核心 3 的等效折射率针对每 1 摄氏度约改变 0.0002。

[0067] 图 5 例示了以下情况下的波导核心 3 的反射光谱:段的温度被控制得随段的长度变小而变低,并且波导核心 3 中的相邻段之间的温差为 2 摄氏度。图 5 中的横轴表示频率。图 5 中的纵轴表示反射率。

[0068] 如图 5 所示,当把波导核心 3 中的每个段的温度之间的差设置为 2 摄氏度时,波导

核心 3 的局部最大峰值反射率处的频率为 192500GHz。当把每个段之间的温差设置为 2 摄氏度时,可以使局部最大峰值反射率处的频率偏移 -1500GHz。相反,当把每个段之间的温差设置为 -2 摄氏度时,可以使局部最大峰值反射率处的频率偏移 1500GHz。如上所述,可以通过改变每个段之间的温差来改变峰值反射率的局部最大值。每个光纵模的光强基于温度梯度而改变,但光纵模的频率不变。

[0069] 图 6 例示了在图 5 中的情况下,通过针对阈值增益的计算机仿真来计算的激光发射阈值处的发射光谱。图 6 中的横轴表示频率。图 6 中的纵轴表示光强。在该分析中,假定端面处的反射率为 0%。如图 6 所示,在 192500GHz (理想激光发射的频率) 处获得稳定的单模激光发射。

[0070] 必需通过控制波导核心 5 的温度和波导核心 3 的平均温度以及温度梯度来调节光纵模的频率,以便把光纵模的反射峰值的局部最大频率设置成理想值。因此,当相邻段之间的差相等并且按长度的降序或升序来耦合段时,必需通过控制波导核心 5 的温度和波导核心 3 的平均温度和温度梯度来控制波长。然而,因为波导核心 3 的温度梯度不改变光纵模的频率,所以不需要激光发射期间的恒定反馈控制。另外,恒定反馈控制期间的受控参数仅为最大值下的波导核心 5 的温度和波导核心 3 的平均温度。因此,根据本实施例的排布结构就控制算法而言是有利的。

[0071] 通常,把激光器部 200 的全部设置在温度控制装置上来操作该激光器部 200。当通过温度控制装置改变波导核心 5 的温度时,波导核心 3 的平均温度也改变了。可是,这不会造成问题。这是因为,当波导核心 5 的温度与波导核心 3 的平均温度之间的差受控时,可以改变波长。具体地说,当各相邻段之间的长度差相等并且按长度的降序或升序来耦合段时,可以容易地实现波长的改变。在这种情况下,因为外部的温度变化很难干扰所述温度差,所以可以保持稳定的激光发射。

[0072] 尽管在本实施例中通过温度控制来控制波导核心 3 中的每个段的折射率,但是也可以通过向每个段提供电流来控制每个段的折射率。在这种情况下,可以通过设置电极代替薄膜电阻器 11 来实现折射率控制。因为在向波导核心 3 提供电流时在波导核心 3 中产生光传播的损耗,所以根据本实施例的温度控制更有效。激光器部 200 可以具有另一 CSG-DR 区 A 来代替 SG-DR 区 C。在这种情况下,可以通过匹配在每个 CSG-DR 区 A 的光纵模的峰值反射强度相对较高的波长范围内的每个光纵模,来获得更稳定的激光发射。

[0073] 尽管基于间隔区的长度来确定每个段的光程,但是也可以通过另一种排布或方法来原因确定每个段的光程。例如,可以基于间隔区或段的材料来确定每个段的光程。另外,因为可以基于每个段的温度来控制其折射率,所以可以基于每个段的温度变化量(温度梯度)和每个段的温度绝对值(平均温度)来控制每个段的折射率。

[0074] 尽管通过保持光纵模的波长恒定而改变光纵模的最大强度来控制激光发射波长,但是在需要时也可以控制光纵模的波长以及光纵模的最大强度。在这种情况下,可以控制每个段的温度,使得所述段的平均温度不同于温度控制之前的平均温度。在每个段的平均温度被控制为获得理想光纵模波长下的温度时,可以控制光纵模的波长及其强度,因为光纵模在所述条件下是可变的。

[0075] 在本实施例中,抽样衍射光栅 2 对应于衍射光栅。波导核心中具有抽样衍射光栅的区域对应于第一区。间隔区对应于第二区。波导核心 3 对应于第一衍射光栅区。波导核

心 4 对应于增益区。波导核心 5 对应于第二衍射光栅区。薄膜电阻器 11 对应于加热器。激光器部 200 对应于半导体激光器或光学器件。

[0076] (第二实施例)

[0077] 接下来,对根据本发明第二实施例的激光器装置 100a 进行描述。不同于图 1 中示出的激光器装置 100,激光器装置 100a 具有激光器部 200a,以代替激光器部 200。下面,对激光器部 200a 进行描述。

[0078] 图 7 例示了激光器部 200a 的示意横截面图。不同于激光器部 200,激光器部 200a 具有位于增益区 B 与 SG-DR 区 C 之间的移相 (PS) 区 D。PS 区 D 具有这样的结构,即,其中波导核心 15、包层 6、接触层 7 以及电极 16 层叠在基板 1 上。

[0079] CSG-DR 区 A、增益区 B、PS 区 D 以及 SG-DR 区 C 中的基板 1 和包层 6 分别形成一个单元。波导核心 3、4、5 以及 15 形成在同一平面上,并且一起形成了一个波导核心。绝缘层 8 还形成在电极 14 与电极 16 之间。波导核心 15 与波导核心 3 一样是由在相对于激光发射波长的短波长侧具有吸收边沿波长的 InGaAsP 晶体制成的。波导核心 15 可以由与 CSG-DR 区 A 中的波导核心 3 相同的材料制成。电极 16 是向 PS 区 D 提供电流的电极,并且由诸如 Au 的导电材料制成。

[0080] PS 区 D 基于向电极 16 提供的电流来调节波导核心 15 中的相位,以使波导核心 3 反射的理想波长的光的相位对应于波导核心 5 反射的理想波长的光的相位。由此,可以从激光器部 200a 获得理想波长的稳定激光发射。在本实施例中,PS 区 D 对应于相位调节区。激光器部 200a 对应于半导体激光器或光学器件。

[0081] (第三实施例)

[0082] 接下来,对根据第三实施例的激光器装置 100b 进行描述。不同于图 1 中示出的激光器装置 100,激光器装置 100b 具有激光器部 200b,以代替激光器部 200。下面,对激光器部 200b 进行描述。

[0083] 图 8A 和图 8B 例示了激光器部 200b 的细节。图 8A 例示了激光器部 200b 的俯视图。图 8B 例示了沿图 8A 中的 B-B 线截取的横截面图。参照图 8A 和图 8B,对激光器部 200b 进行描述。激光器部 200b 具有 PS 区 D、代替增益区 B 和 SG-DR 区 C 的 SG-DFB 区 E 和电源控制 (PC) 区 F。

[0084] 激光器部 200b 具有其中按顺序耦合有 CSG-DR 区 A、PS 区 D、SG-DFB 区 E 以及 PC 区 F 的结构。SG-DFB 区 E 具有其中在基板 1 上按顺序层叠有波导核心 17、包层 6、接触层 7 以及电极 18 的结构。PC 区 F 具有其中在基板 1 上按顺序层叠有波导核心 19、包层 6、接触层 7 以及电极 20 的结构。低反射覆层 9 形成在基板 1、波导核心 19 以及包层 6 在 PC 区 F 侧的端面上。

[0085] CSG-DR 区 A、PS 区 D、SG-DFB 区 E 以及 PC 区 F 中的基板 1 和包层 6 分别形成一个单元。波导核心 3、15、17 以及 19 形成在同一平面上,并一起形成了一个波导核心。绝缘层 8 还形成在电极 16 与电极 18 之间和电极 18 与电极 20 之间。抽样衍射光栅 2 按指定间隔形成在波导核心 17 中。由此,形成了抽样光栅。

[0086] 波导核心 17 例如是由放大理想波长的发射激光的 InGaAsP 晶体制成的。波导核心 17 的 PL 波长大约为  $1.57 \mu\text{m}$ 。波导核心 17 中的段数优选地与波导核心 3 中的段数相同,并且例如是 5。波导核心 17 中的每个段的长度大体上相等,并且例如是  $240 \mu\text{m}$ 。波导核心

19 由 InGaAsP 晶体制成,以改变出射光的输出。波导核心 19 的 PL 波长大约为  $1.57 \mu\text{m}$ 。

[0087] 接下来,对激光器部 200b 的操作进行描述。首先,从图 1 中的控制器 300 向电极 18 提供指定电流。从而在波导核心 17 中产生光。该光在波导核心 19 中被放大,在波导核心 3、15、17 以及 19 中传播,被反复反射和放大,接着向外发射。从控制器 300 向电极 20 提供指定电流。并且出射光的输出保持恒定。

[0088] 尽管在该实施例中波导核心 17 和 19 的 PL 波长相等,但是,波导核心 17 和 19 的 PL 波长也可以相互不同。然而,当波导核心 17 和 19 的 PL 波长相等时,可以在同一工序中形成波导核心 17 和 19。在这种情况下,降低了制造成本。由此,容易制造激光器装置 100b。

[0089] 当使用在相对于激光发射波长的短波长侧具有吸收边沿波长的吸收层作为波导核心 19 时,可以通过向该吸收层提供电流来增强激光传播的损耗。因此,可以控制从端面处发射的出射光的强度。在这种情况下,即使低反射覆层 9 的反射率大约为 0.3%,通过在该吸收层中产生单向的 -3dB 的传播损耗,针对与波导核心 17 的端面最接近的段的反射率也在 -30dB 以下。从而可以稳定激光发射的模式。在把波导核心 17 设置成向晶轴倾斜时可获得这种效应。当使用出射光的强度控制时,不必改变对波导核心 17 的电流供应。因此,可以限制波导核心 17 的折射率的改变。从而可以限制根据波导核心 17 的折射率变化的激光发射的稳定性劣化。

[0090] 在这个实施例中,波导核心 17 对应于第二衍射光栅区。波导核心 19 对应于光吸收区或光放大区。激光器部 200b 对应于半导体激光器或光学器件。

[0091] (第四实施例)

[0092] 接下来,对根据第四实施例的激光器装置 100c 进行描述。图 9 例示了激光器装置 100c 的整体结构。如图 9 所示,激光器装置 100c 具有激光器模块 30 和控制器 40。激光器模块 30 具有光学器件 31、光放大部 32、光学器件 33、温度控制装置 34 以及热敏电阻器 35。光学器件 31、光放大部 32 以及光学器件 33 按形成光轴的方式设置在温度控制装置上。

[0093] 光学器件 31 是具有上述 CSG-DR 区 A 的光学器件。光学器件 33 是具有上述 SG-DR 区 C 的光学器件。光放大部 32 接收来自控制器 40 的指令,放大具有指定有效波长范围的输入光,并输出激光。从放大部 32 输出的激光在光学器件 31 和 33 以及光放大部 32 中传播,被反复反射和放大,接着向外发射。热敏电阻器 35 检测温度控制装置 34 的温度,并且向控制器 40 提供检测到的结果。另外,向控制器 40 提供从外部对光学输出的检测结果。控制器 40 基于热敏电阻器 35 的检测结果和从外部对光学输出的检测结果,来控制温度控制装置 34 的温度、光学器件 31 中的 CSG-DR 区 A 中的每个段的温度,以及光放大部 32。

[0094] 图 10 例示了激光器模块 30 的细节图。如图 10 所示,激光器模块 30 具有用于输入来自控制器 40 的信号的端子 36 和用于输出来自热敏电阻器 35 的信号的端子 37。端子 36 包括用于控制温度控制装置 34 的端子、用于控制光学器件 31 中的 CSG-DR 区 A 中的每个段的温度的端子,以及控制光放大部 32 的端子。端子 36 和端子 37 的位置不受限制。不必把端子 36 设置在端子 37 的相对侧。端子 36 和端子 37 可以设置在同一侧。端子 37 可以设置在端子 36 之间。

[0095] 当模块化光学器件时,用于从控制器输入信号或用于向控制器输出信号的信号布线减小了尺寸。因此,可以减小激光器装置的尺寸。另外,可以构造这样的激光器模块,即,其中模块化有根据第一实施例的激光器部 200 并设有待连接至电源电极 12 和电极 14

的端子。可以构造这样的激光器模块,即,其中模块化有根据第二实施例的激光器部 200a 并设有待连接至电源电极 12 以及电极 14 和 16 的端子。可以构造这样的激光器模块,即,其中模块化有激光器部 200b 并设有待连接至电源电极 12 和电极 16、18 和 20 的端子。

[0096] 虽然上面的描述构成了本发明的优选实施例,但是,应当理解,在不脱离所附权利要求的恰当范围和合理含义的情况下,可以对本发明进行修改、变型以及改变。

[0097] 本发明基于 2005 年 8 月 11 日提交的日本特开 No. 2005-232697,通过引用将其全部公开内容并入于此。

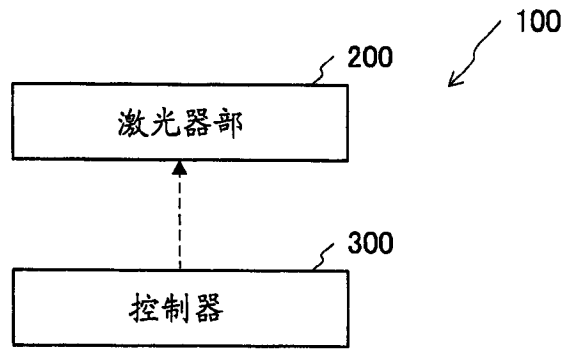


图 1

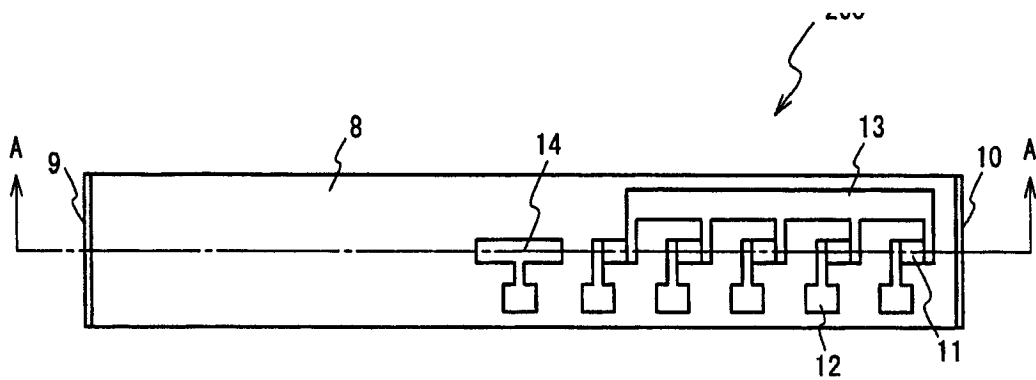


图 2A

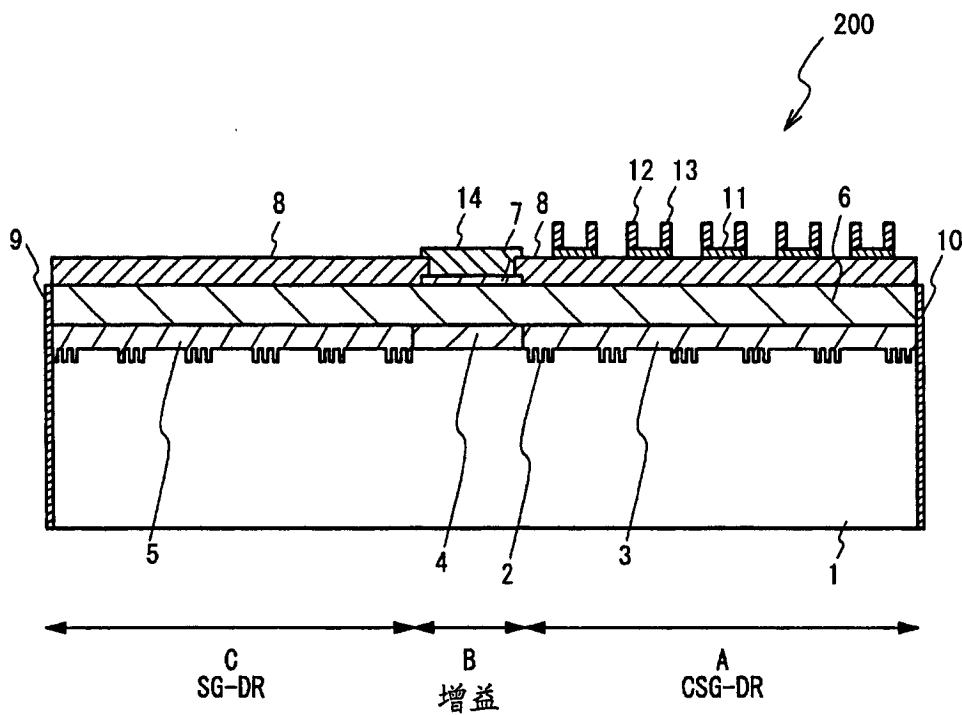


图 2B

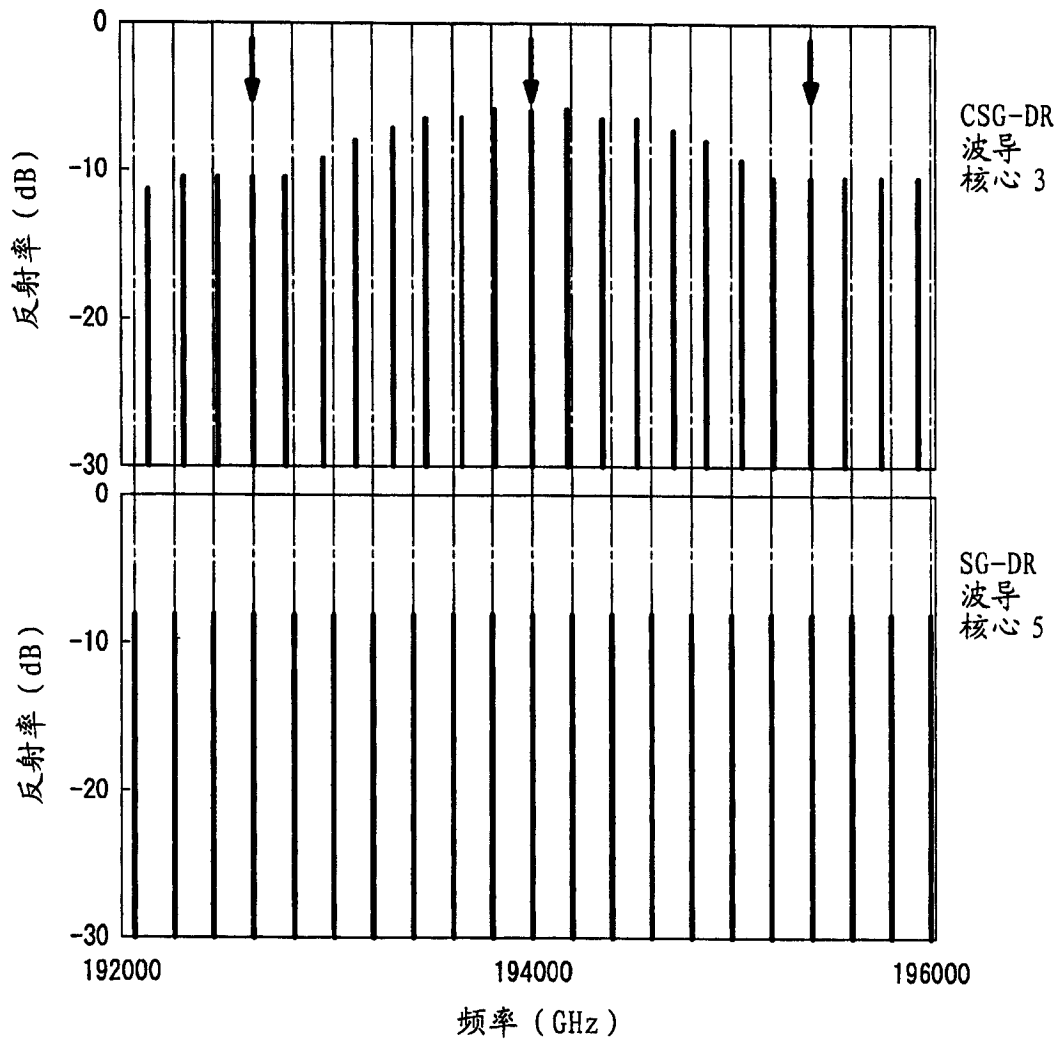


图 3

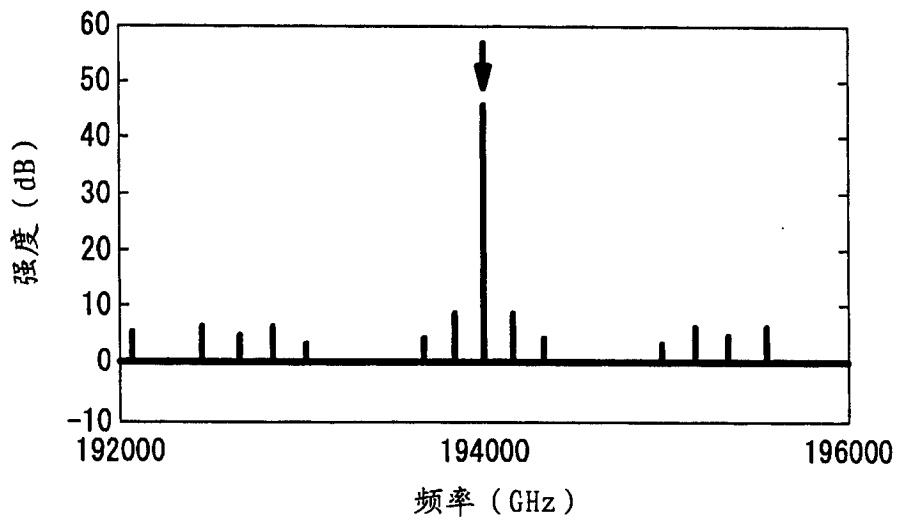


图 4

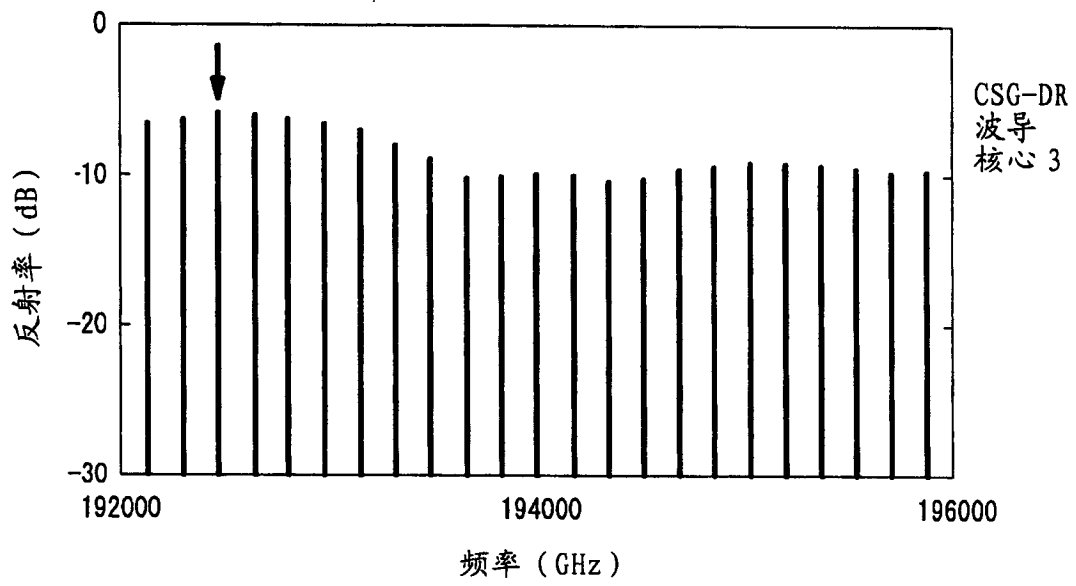


图 5

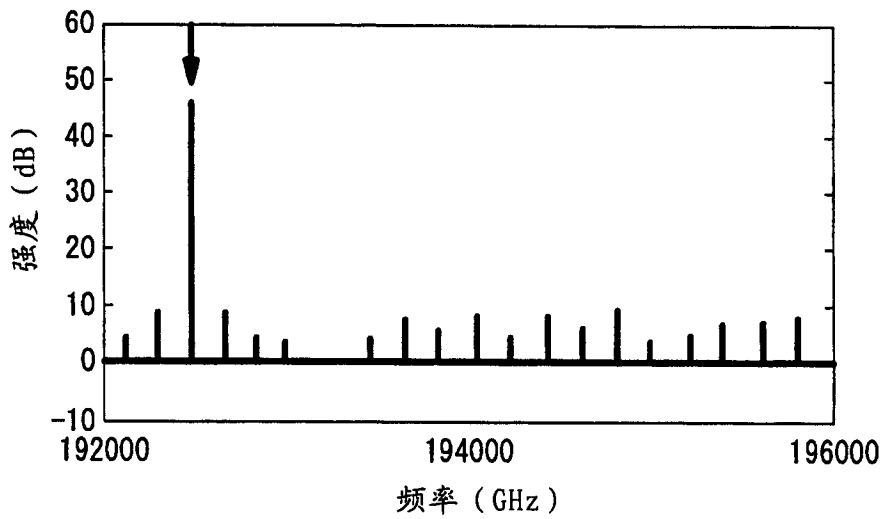


图 6

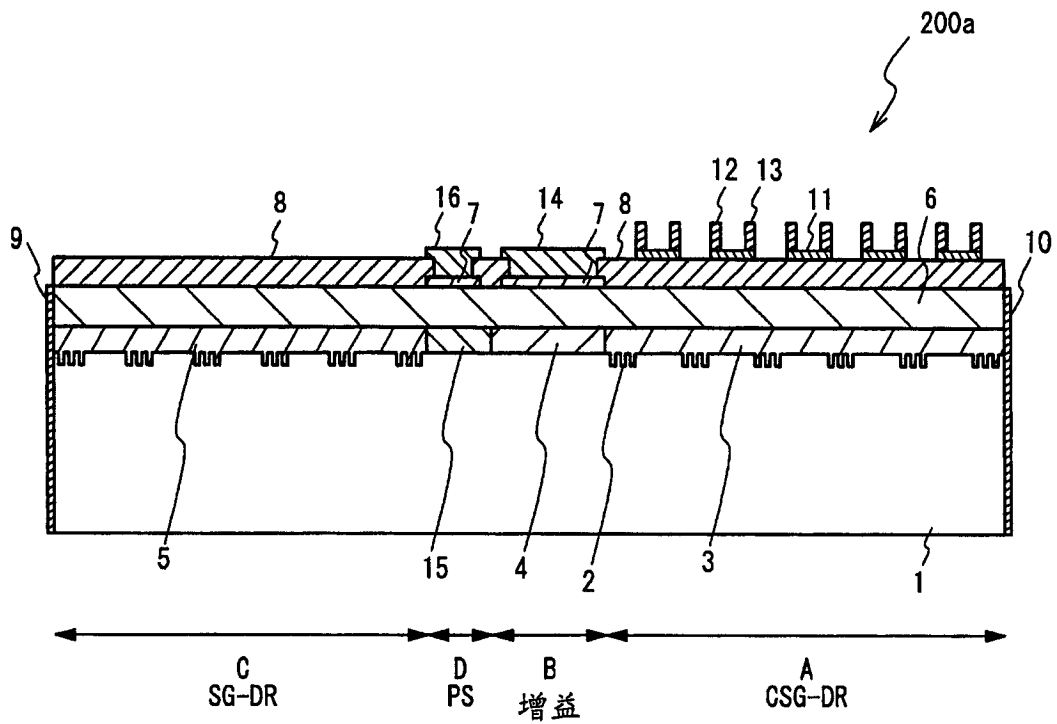


图 7

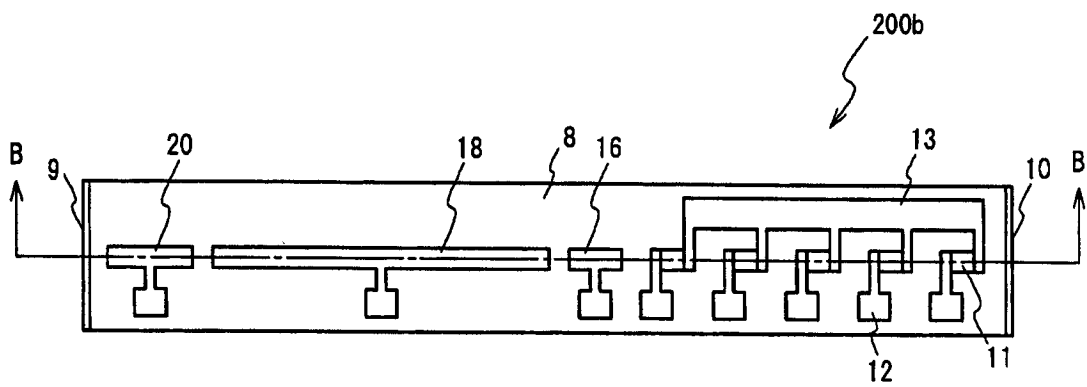


图 8A

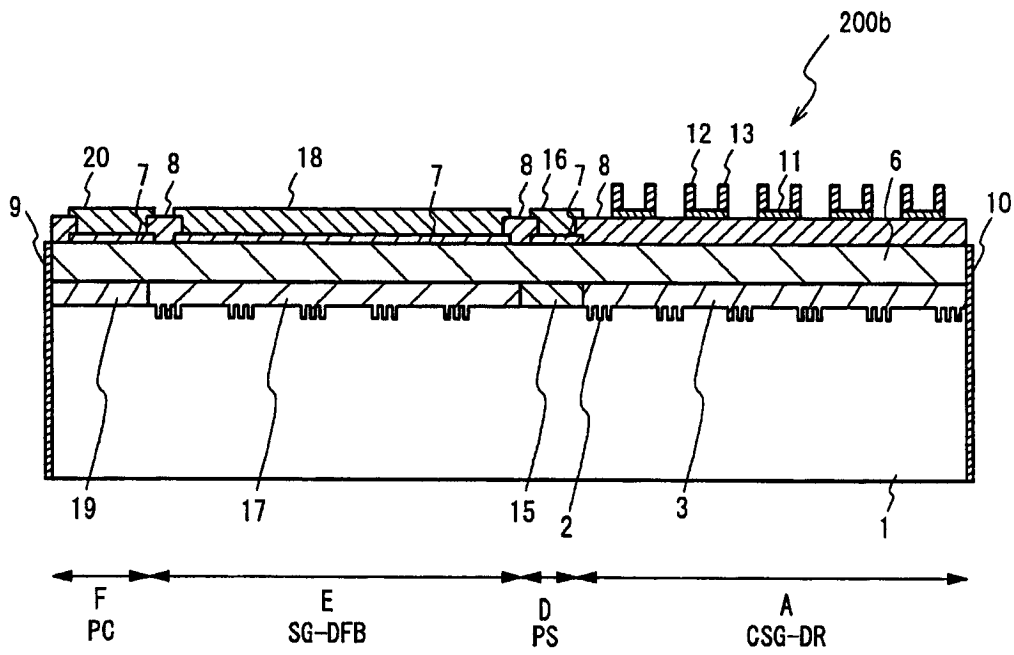


图 8B

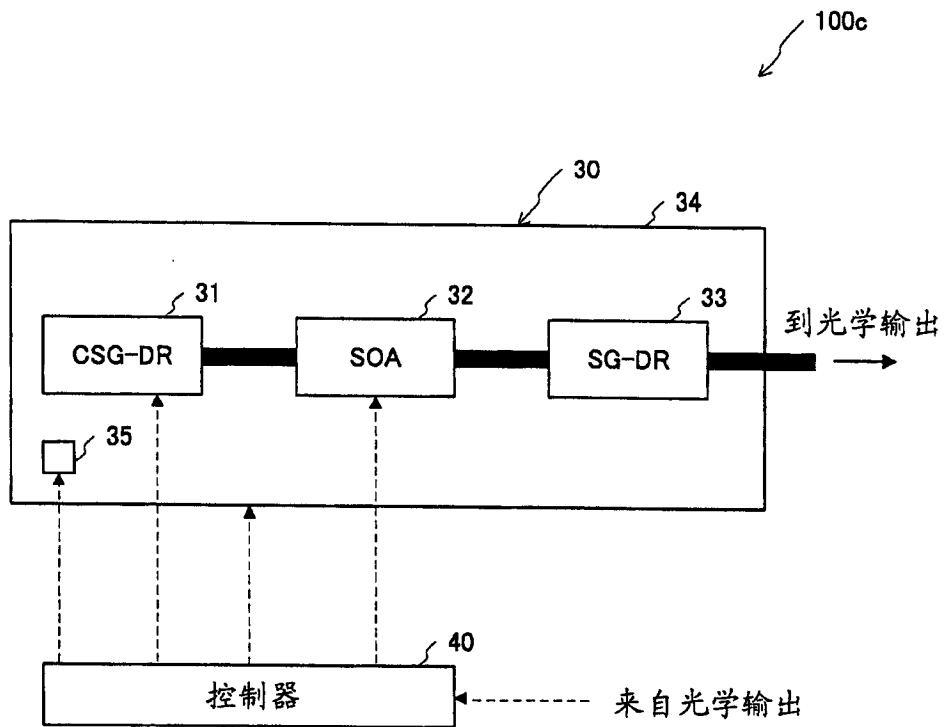


图 9

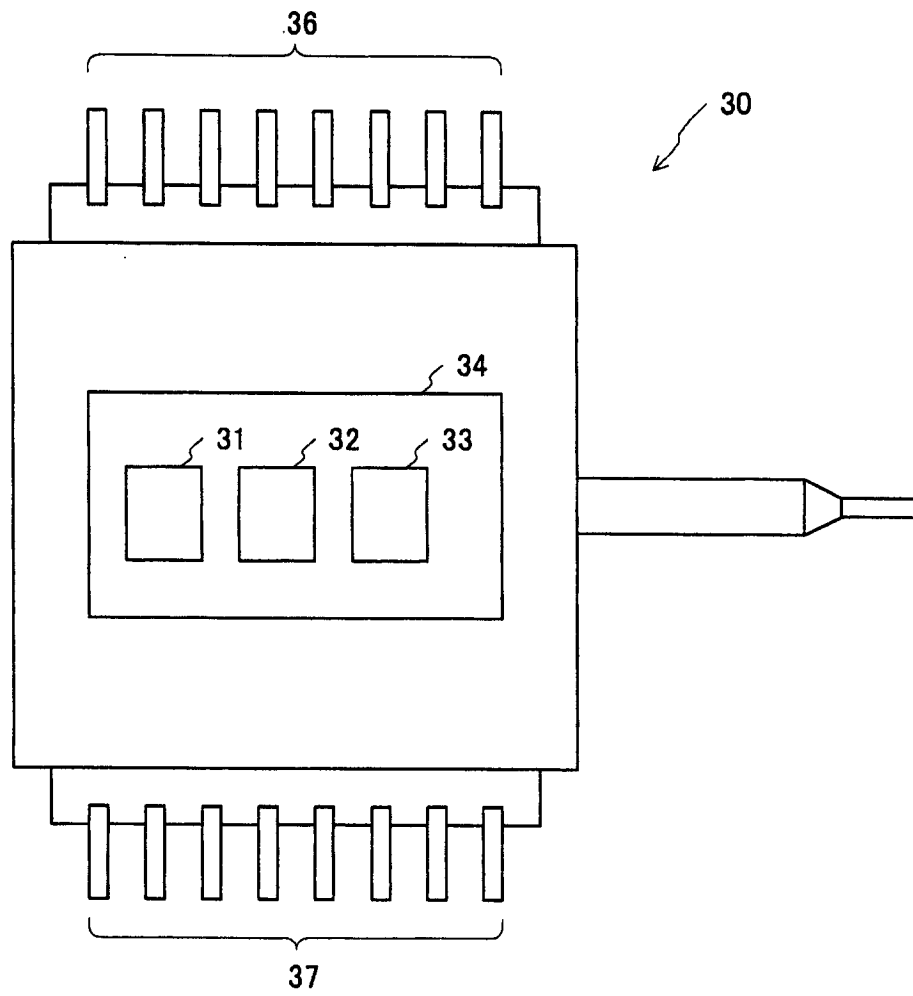


图 10

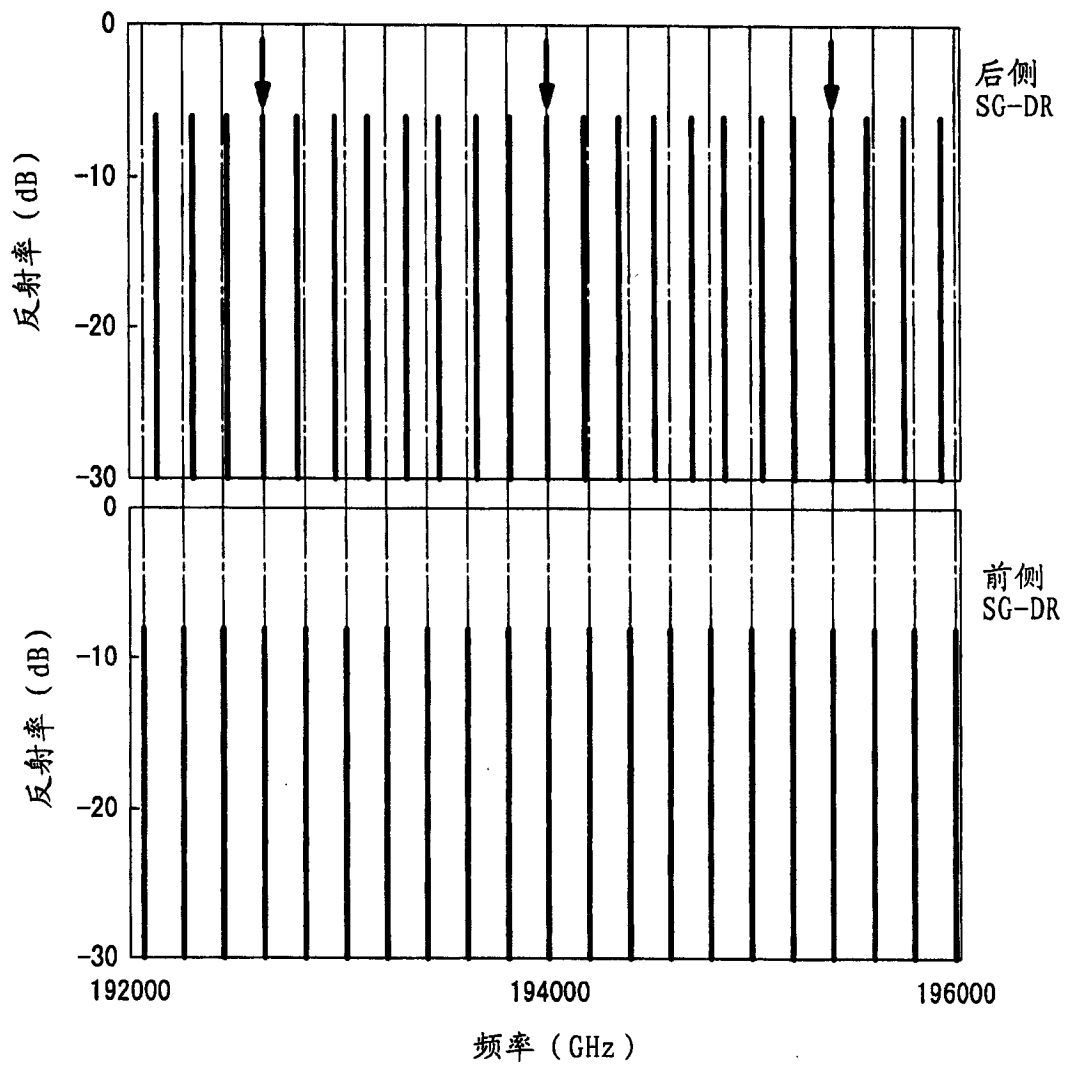


图 11

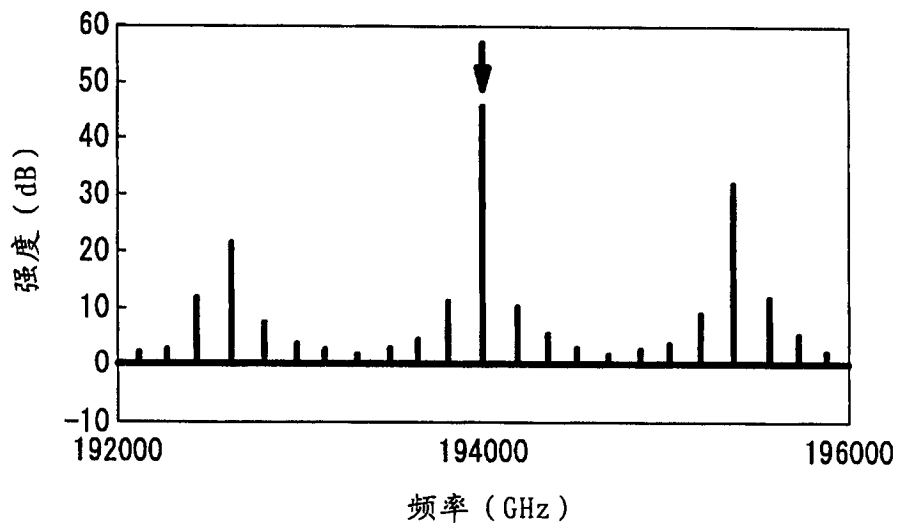


图 12