



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103715602 B

(45)授权公告日 2017. 11. 24

(21)申请号 201310446673.5

(22)申请日 2013.09.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103715602 A

(43)申请公布日 2014.04.09

(30)优先权数据

2012-222460 2012.10.04 JP

(73)专利权人 索尼公司

地址 日本东京

(72)发明人 前田修 大尾桂久

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理

有限责任公司 11290

代理人 陈桂香 褚海英

(51)Int.Cl.

H01S 5/06(2006.01)

H01S 5/125(2006.01)

H01S 5/042(2006.01)

审查员 郝荣飞

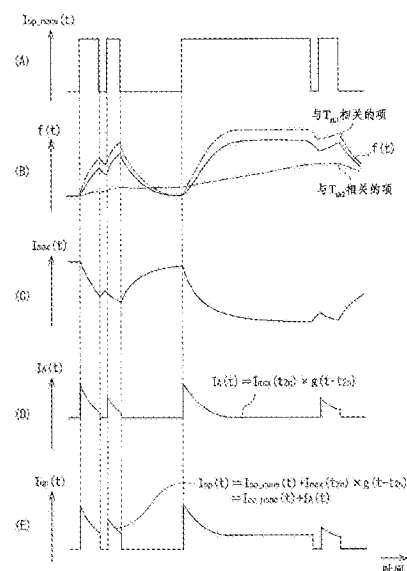
权利要求书4页 说明书21页 附图16页

(54)发明名称

校正电路、驱动电路、发光单元和电流脉冲波形校正方法

(57)摘要

本发明公开了校正电路、驱动电路、发光单元及电流脉冲波形校正方法。所述校正电路包括校正部。所述校正部用于将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正第一电流脉冲的波形,第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的。所述校正部还用于使第二电流脉冲具有通过以下过程而获得的波形并且用于输出具有该波形的第二电流脉冲,该过程是:使第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使第二电流脉冲的初始峰值随着第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使初始峰值的增大量能够随着半导体激光器的环境温度的升高而变小。所述驱动电路和所述发光单元包含所述校正电路。本发明减小了由波长失谐 $\Delta \lambda$ 引起的光输出波形钝化。



1. 一种校正电路,其包括校正部,

所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,由此校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;并且

所述校正部被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程获得的波形而且被构造用来输出具有该波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

2. 如权利要求1所述的校正电路,其中,所述初始峰值由以下表达式表示,

$$I_{Amax} = (k - mT) (I_{sw} - I_{swo}) + I_{Ao}$$

这里, I_{Amax} 是所述初始峰值,

k 、 m 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 分别为常数,

I_{sw} 是所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值,并且

T 是所述半导体激光器的环境温度。

3. 如权利要求1或2所述的校正电路,其还包括第一RC时间常数电路,

其中,所述校正部使所述第二电流脉冲的峰值依照所述第一RC时间常数电路的RC时间常数随时间而衰减。

4. 如权利要求3所述的校正电路,其中,

所述第一RC时间常数电路包括多个第一时间常数电路,所述多个第一时间常数电路分别被构造成使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,

所述多个第一时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,

所述多个第一时间常数电路包括一个以上第二时间常数电路和除了所述一个以上第二时间常数电路之外的一个以上第三时间常数电路,

所述一个以上第二时间常数电路分别具有落入10纳秒~100纳秒范围内的RC时间常数,并且

所述一个以上第三时间常数电路分别具有大于100纳秒的RC时间常数。

5. 如权利要求4所述的校正电路,其中,

所述半导体激光器具有垂直谐振器结构,所述垂直谐振器结构包括夹在一对多层反射镜之间的有源层,并且

所述校正部被构造成使得所述初始峰值能够依照所述有源层的温度变化而变化。

6. 如权利要求5所述的校正电路,其中,

所述第一RC时间常数电路包括多个第四时间常数电路,所述多个第四时间常数电路分别被构造用来使所述初始峰值变化,

所述多个第四时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,

所述多个第四时间常数电路包括一个以上第五时间常数电路和除了所述一个以上第五时间常数电路之外的一个以上第六时间常数电路,

所述一个以上第五时间常数电路分别具有落入10纳秒~100纳秒范围内的RC时间常数,并且

所述一个以上第六时间常数电路分别具有大于100纳秒的RC时间常数。

7. 一种校正电路,其包括校正部,

所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,由此校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的,

所述校正部还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有该波形的所述第二电流脉冲,

所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,且使所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小,并且

所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,且使所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

8. 如权利要求7所述的校正电路,其中,所述第一脉冲的初始峰值由以下表达式表示,

$$I_{Amax} = (k - mT) (I_{sw} - I_{swo}) + I_{Ao}$$

这里, I_{Amax} 是所述第一脉冲的初始峰值,

k 、 m 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 分别为常数,

I_{sw} 为所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值,并且

T 为所述半导体激光器的环境温度。

9. 如权利要求8所述的校正电路,其中,所述第二脉冲的初始峰值由以下表达式表示,

$$I_{Amax_drp} = -(C \cdot T - A_o) (I_{op} - I_{drp})^2$$

这里, I_{Amax_drp} 是所述第二脉冲的初始峰值,

C 、 A_o 和 I_{drp} 分别为常数,并且

I_{op} 为所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值。

10. 如权利要求7至9中任一项所述的校正电路,其还包括第二RC时间常数电路,

其中,所述校正部使所述第二脉冲的峰值依照所述第二RC时间常数电路的RC时间常数随时间而衰减。

11. 如权利要求10所述的校正电路,其中,

所述第二RC时间常数电路包括多个第七时间常数电路,所述多个第七时间常数电路分别被构造使所述第二脉冲的峰值随时间而衰减,

所述多个第七时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,

所述多个第七时间常数电路包括一个以上第八时间常数电路和除了所述一个以上第八时间常数电路之外的一个以上第九时间常数电路,

所述一个以上第八时间常数电路分别具有落入300纳秒~1000纳秒范围内的RC时间常数,并且

所述一个以上第九时间常数电路分别具有大于1000纳秒的RC时间常数。

12. 如权利要求11所述的校正电路,其中,

所述半导体激光器具有垂直谐振器结构,所述垂直谐振器结构包括夹在一对多层反射镜之间的有源层,并且

所述校正部被构造成使得所述第二脉冲的初始峰值能够依照所述有源层的温度变化而变化。

13. 如权利要求12所述的校正电路,其中,

所述第二RC时间常数电路包括多个第十时间常数电路,所述多个第十时间常数电路分别被构造用来使所述第二脉冲的初始峰值变化,

所述多个第十时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,

所述多个第十时间常数电路包括一个以上第十一时间常数电路和除了所述一个以上第十一时间常数电路之外的一个以上第十二时间常数电路,

所述一个以上第十一时间常数电路分别具有落入300纳秒~1000纳秒范围内的RC时间常数,并且

所述一个以上第十二时间常数电路分别具有大于1000纳秒的RC时间常数。

14. 一种驱动电路,其包括:

权利要求1至6中任一项所述的校正电路;以及

被构造成以脉冲的形式驱动所述面发光型半导体激光器的所述电流源。

15. 一种驱动电路,其包括:

权利要求7至13中任一项所述的校正电路;以及

被构造成以脉冲的形式驱动所述面发光型半导体激光器的所述电流源。

16. 一种发光单元,其包括:

权利要求1至6中任一项所述的校正电路;

一个以上所述面发光型半导体激光器;以及

被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器的所述电流源。

17. 一种发光单元,其包括:

权利要求7至13中任一项所述的校正电路;

一个以上所述面发光型半导体激光器;以及

被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器的所述电流源。

18. 一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括:

将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,由此校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;并且

在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过以下过程来生成所述第二电流脉冲:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

19. 一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括:

将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,由此校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的,并且

在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上来生成所述第二电流脉冲,

所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的：使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减，使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大，且使所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小，而且

所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的：使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减，使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大，且使所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

校正电路、驱动电路、发光单元和电流脉冲波形校正方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2012年10月4日提交的日本优先权专利申请JP2012-222460的优先权权益,并将其全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于对要被施加至从顶面出射激光的面发光型半导体激光器的电流脉冲的波形进行校正的校正电路。本发明还涉及包括所述校正电路的驱动电路和发光单元。此外,本发明还涉及对要被施加至半导体激光器的电流脉冲的波形进行校正的方法。

背景技术

[0004] 与现有的法布里-珀罗谐振器 (Fabry-Perot resonator) 型的半导体层不同的是,面发光型半导体激光器在垂直于基板的方向上出射光。在面发光型半导体激光器中,能够在同一基板上以二维阵列图形排列多个谐振器结构。因此,近年来,面发光型半导体激光器已经在数据通信、打印机等技术领域中引起人们的关注。

[0005] 面发光型半导体激光器通常具有台面型 (mesa-type) 谐振器结构,其中,在基板上依次层叠有下部DBR层、下部间隔层、有源层、上部间隔层、电流限制层、上部DBR层以及接触层。在这种半导体激光器中,依据谐振器结构的有效谐振器长度来确定振荡波长,并且光输出的幅值在与有源层的带隙相对应的发光波长处最大化。因此,在通常情况下,谐振器结构和有源层被构造为使得谐振器结构的有效谐振器长度等于有源层的发光波长(参见日本待审专利申请第2008-306118号公报)。

[0006] 在面发光型半导体激光器中,器件温度的变化导致了谐振器结构的有效谐振器长度与有源层的发光波长之间的差异(波长失谐 $\Delta\lambda$)的变化,并且阈值电流根据波长失谐 $\Delta\lambda$ 的幅值而变化。例如,如图18所示,当器件温度变化时,阈值电流也发生变化。此外,如图18所示,导致最小阈值电流的器件温度在波长失谐 $\Delta\lambda$ 较大($\Delta\lambda=18.5\text{nm}$)时比在波长失谐 $\Delta\lambda$ 较小($\Delta\lambda=15.5\text{nm}$)时更高。因此,在难以在高温下实现高输出操作的红光或红外面发光型半导体激光器中,可以优选较大的波长失谐 $\Delta\lambda$,以便阈值电流变小。

[0007] 然而,当波长失谐 $\Delta\lambda$ 较大时会导致另一缺点。例如,当在较大的波长失谐 $\Delta\lambda$ 的条件下以脉冲的形式驱动红光或红外面发光型半导体激光器时,如图19的(A)部分和(B)部分所示,相比于电流脉冲的波形而言,光输出的波形被不利地钝化了。

发明内容

[0008] 鉴于上述问题,期望提供一种能够减小因波长失谐 $\Delta\lambda$ 引起的光输出波形钝化(dullness)的校正电路和电流脉冲波形校正方法。还期望提供一种包含上述校正电路的驱动电路和发光单元。

[0009] 根据本发明的实施例(1),提供了一种校正电路,其包括校正部。所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述

第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的。所述校正部还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0010] 根据本发明的实施例(2),提供了一种校正电路,所述校正电路包括校正部。所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的。所述校正部还被构造为使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲。所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。而且所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0011] 根据本发明的实施例(3),提供了一种驱动电路,所述驱动电路包括电流源和校正电路。所述电流源被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器。所述校正电路被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的。所述校正电路还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使得所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0012] 根据本发明的实施例(4),提供了一种驱动电路,所述驱动电路包括电流源和校正电路。所述电流源被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器。所述校正电路被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的。所述校正电路还被构造为使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲。所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。而且所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0013] 根据本发明的实施例(5),提供了一种发光单元,所述发光单元包括:一个以上面

发光型半导体激光器;电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器;以及校正电路。所述校正电路被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的。所述校正电路还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,且使得所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0014] 根据本发明的实施例(6),提供了一种发光单元,所述发光单元包括:一个以上面发光型半导体激光器;电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器;以及校正电路。所述校正电路被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的。所述校正电路还被构造为使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲。所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。而且所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0015] 根据本发明的实施例(7),提供了一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括:将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的。在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过以下过程来生成所述第二电流脉冲:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,并且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0016] 根据本发明的实施例(8),提供了一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括:将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的。在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上来生成所述第二电流脉冲。所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。而且,所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0017] 在分别根据上述实施例(1)、实施例(3)、实施例(5)、实施例(7)的校正电路、驱动电路、发光单元以及电流脉冲波形校正方法中,所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减。此外,第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大。此外,第二电流脉冲的初始峰值的增大量随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。因此,通过所述校正电路来校正从电流源输出的电流脉冲的波形,从而使得半导体激光器的光输出的脉冲波形变得更接近于矩形。

[0018] 在分别根据上述实施例(2)、实施例(4)、实施例(6)、实施例(8)的校正电路、驱动电路、发光单元以及电流脉冲波形校正方法中,第一脉冲波形是通过以下过程而获得的波形:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使第一脉冲的初始峰值随着第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并且使得第一脉冲的初始峰值在正方向上的增大量能够随着半导体激光器的环境温度的升高而变小。因此,通过所述校正电路来校正从电流源输出的电流脉冲的波形,从而使得半导体激光器的光输出的脉冲波形变得更接近于矩形。

[0019] 依据分别根据上述实施例(1)至实施例(8)的校正电路、驱动电路、发光单元以及电流脉冲波形校正方法,能够通过校正电路来校正半导体激光器的光输出的脉冲波形从而使其变得更接近于矩形。因此,减小了由波长失谐 $\Delta\lambda$ 引起的光输出波形钝化。

[0020] 应当理解的是,前述一般性说明和以下详细说明均为示例性的,旨在对本发明要求保护的技术提供进一步的解释。

附图说明

[0021] 这里所包括的附图提供了对本发明的进一步理解,这些附图被并入本说明书中且构成本说明书的一部分。附图图示了实施例,并且与本说明书一起来解释本发明的原理。

[0022] 图1图示了本发明的第一实施例的发光单元的示意性构造的示例。

[0023] 图2图示了图1所示的半导体激光器件的顶面构造的示例。

[0024] 图3图示了半导体激光器件在图2中的箭头A-A方向上的横截面构造的示例。

[0025] 图4图示了图1所示的半导体激光器件的横截面构造的示例。

[0026] 图5图示了图1所示的温度检测部的横截面构造的示例。

[0027] 图6图示了图1所示的温度检测部的横截面构造的另一示例。

[0028] 图7图示了图1所示的温度检测部的输出电压特性的示例。

[0029] 图8图示了用于驱动图1所示的温度检测部的驱动器的构造的示例。

[0030] 图9图示了图8所示的驱动器的输入波形和输出波形的示例。

[0031] 图10图示了图1所示的激光器驱动电路的示意性构造的示例。

[0032] 图11A至图11C分别图示了图1所示的激光器驱动电路中的电流的波形的示例。

[0033] 图12图示了图1所示的半导体激光器件的I-L特性的示例。

[0034] 图13A和图13B分别图示了图1所示的半导体激光器件的光输出的波形的示例。

[0035] 图14是图示了图1所示的激光器驱动电路的操作的示例的波形图。

[0036] 图15图示了图1所示的半导体激光器件的示意性构造和热路(thermal circuit)的示例。

[0037] 图16是用于说明热力学方程中包含的变量的波形图。

[0038] 图17A图示了通过求解热力学方程获得的有源层的温度随时间的变化,图17B图示

了光输出与通过实际测量获得的有源层的温度之间的关系,图17C图示了从图17A和图17B获得的光输出随时间的变化。

[0039] 图18图示了波长失谐与导致最小阈值电流的器件温度之间的关系的示例。

[0040] 图19图示了电流脉冲波形和光输出的脉冲波形的示例。

[0041] 图20图示了光输出随时间的变化的测量值和计算值。

[0042] 图21图示了本发明的第二实施例的发光单元的示意性构造的示例。

[0043] 图22图示了图21所示的激光器驱动电路的示意性构造的示例。

[0044] 图23A至图23C分别图示了图21所示的激光器驱动电路中的电流波形的示例。

[0045] 图24是图示了图21所示的激光器驱动电路的操作的示例的波形图。

[0046] 图25A至图25E是图示了图21所示的激光器驱动电路的操作的另一示例的波形图。

[0047] 图26图示了下垂(droop)对所注入的电力的依赖性的示例。

[0048] 图27图示了脉冲图形密度与下垂曲线之间的关系的示例。

具体实施方式

[0049] 下面将参照附图详述本发明的一些实施例。将按照下面的顺序进行说明。

[0050] 1、第一实施例(上升辅助校正(rising assisting correction))

[0051] 2、第二实施例(上升辅助校正+下垂校正)

[0052] 1、第一实施例

[0053] [构造]

[0054] 图1图示了本发明第一实施例的发光单元1的示意性构造的示例。如图1所示,发光单元1例如可包括系统控制电路10、激光器驱动电路20以及光学系统30。系统控制电路10通过激光器驱动电路20来控制对半导体激光器件31的驱动。光学系统30例如可包括半导体激光器件31、温度检测部32、准直透镜33以及物镜34。

[0055] 图2图示了半导体激光器件31的顶面构造的示例。图3图示了半导体激光器件31在图2所示的箭头A-A方向上的横截面构造的示例。半导体激光器件31例如可在基板31A的顶面上设置有多个激光器结构部31B。在基板31A的顶面上可设置有一个温度检测部32。图2图示了这样的情况作为示例:其中,在基板31A的顶面上二维地布置有12个激光器结构部31B。然而,激光器结构部31B的数量没有特别的限制。此外,图2图示了这样的情况作为示例:其中,在基板31A的顶面上设置有一个温度检测部32。然而,在基板31A的顶面上可设置有多温度检测部32。

[0056] 每个激光器结构部31B都是在基板31A的法线方向上出射光的面发光型半导体激光器。每个激光器结构部31B具有垂直谐振器结构,在该垂直谐振器结构中有源层布置在一对多层反射镜中间。有源层例如可包括用于红光半导体激光器的材料(诸如GaInP和AlGaInP)。在此情况下,作为有源层的发光波长与激光器结构部31B的振荡波长之差的波长失谐 $\Delta\lambda$ 为15nm以上。注意,有源层可由其它材料构成,例如用于红外半导体激光器的材料(诸如GaAs和AlGaAs)等。在此情况下,波长失谐 $\Delta\lambda$ 为13nm以上。

[0057] 温度检测部32被构造用来检测半导体激光器的环境温度。温度检测部32是半导体温度检测部,并且例如可以由不向外部出射光的面发光型半导体激光器构成。激光器结构部31B和温度检测部32分别经由引出配线31D电连接至焊盘电极31C。准直透镜33是用于将

从半导体激光器件31出射的激光整形为平行光的光学元件。物镜34是这样的光学元件：它会聚由准直透镜33整形为平行光的激光并将该会聚的光朝着未图示的被照射对象照射。

[0058] 图4以放大的方式图示了半导体激光器件31中的包括一个激光器结构部31B的部分a(参照图3)的横截面构造的示例。图5以放大的方式图示了半导体激光器件31中的包括一个温度检测部32的部分B(参照图3)的横截面构造的示例。在本实施例中，激光器结构部31B和温度检测部32均形成于作为生长基板的基板31A上，并且它们可以具有例如如图4和图5所示的同一层叠构造。

[0059] 激光器结构部31B和温度检测部32例如均可通过从基板31A依次层叠下部DBR层40、下部间隔层41、有源层42、上部间隔层43、上部DBR层44和接触层45的方式构成。换言之，激光器结构部31B中的从下部DBR层40至接触层45的层叠部(PIN结部)与温度检测部32的层叠部具有相同的层叠构造。

[0060] 激光器结构部31B和温度检测部32例如可分别包括位于上部DBR层44的一部分中的电流限制层(current confining layer)46。此外，激光器结构部31B和温度检测部32分别为台面形状。具体来说，从下部DBR层40的顶部至接触层45的层叠部为台面形状。如图4和图5所示，接触层45例如可仅形成于上部DBR层44的顶面的外缘部中。注意，接触层45可形成于上部DBR层44的整个顶面上。

[0061] 基板31A例如可以为n型GaAs基板。下部DBR层40是未图示的多层反射镜，其中交替地层叠有低折射率层和高折射率层。在本例中，低折射率层例如可由光学厚度为 $\lambda/4$ (λ 为振荡波长)的n型 $\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1}\text{As}$ 构成，高折射率层例如可由光学厚度为 $\lambda/4$ 的n型 $\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}$ ($x1 > x2$)构成。n型杂质的示例可以包括硅(Si)和硒(Se)。下部间隔层41例如可由未掺杂AlGaAs构成。有源层42例如可由未掺杂GaAs基材料构成。在有源层42中，面对着稍后说明的电流注入区域46A的区域是发光区域。上部间隔层43例如可由未掺杂AlGaAs构成。

[0062] 上部DBR层44是未图示的多层反射镜，其中交替地层叠有低折射率层和高折射率层。在此情况下，低折射率层例如可由光学厚度为 $\lambda/4$ 的p型 $\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}$ 构成，高折射率层例如可由光学厚度为 $\lambda/4$ 的n型 $\text{Al}_{x4}\text{Ga}_{1-x4}\text{As}$ ($x3 > x4$)构成。接触层45例如可由p型GaAs构成。p型杂质的示例可以包括锌(Zn)、镁(Mg)以及铍(Be)。电流限制层46在其外缘区域具有电流限制区域46B，且在中央区域具有电流注入区域46A。电流注入区域46A例如可由p型AlGaAs或p型AlAs等制成。电流限制区域46B包含 Al_2O_3 (氧化铝)，并且是通过在制造过程中从侧面将AlGaAs或AlAs中包含的高浓度的Al氧化而获得的。因此，电流限制层46具有限制电流的功能。

[0063] 在激光器结构部31B和温度检测部32中，在接触层45的顶面上形成有环状的顶部电极47。顶部电极47在对应于上述电流注入区域46A的区域中具有开口。顶部电极47与引出配线31D连接。在基板31A的背面上形成有下部电极48。下部电极48用作由各个激光器结构部31B和温度检测部32共用的公共电极。此外，在激光器结构部31B和温度检测部32的表面(侧面和顶面)上形成有绝缘层49。绝缘层49覆盖激光器结构部31B和温度检测部32的台面形状部分的侧面和顶面。

[0064] 在本例中，顶部电极47和焊盘电极31C例如可以通过依次层叠钛(Ti)、铂(Pt)和金(Au)而构成，并且可以电连接至接触层45。引出配线31D例如可由焊料制成。下部电极48例如可以具有这样结构：其中，从基板31A开始依次层叠有金(Au)和锗(Ge)的合金、镍(Ni)、以

及金(Au),且下部电极48可电连接至基板31A。

[0065] 在激光器结构部31B的顶面上,具体地,在激光器结构部31B的半导体部的顶面与绝缘层49之间,形成有相位调整层50。相位调整层50形成在允许激光出射的区域中的中央区域(即,主要发生基横模振荡(basic-lateral-mode oscillation)的区域)中。在本例中,由绝缘层49的面对着相位调整层50的部分和相位调整层50构成的层叠部构成了高反射率区域51。绝缘层49的不面对相位调整层50且是允许激光出射的区域的外缘部(即,主要发生高阶横模振荡的区域)的部分构成了低反射率区域52。

[0066] 相位调整层50的厚度为 $(2a-1)\lambda/4n_1$ (“a”为1以上的整数, n_1 为折射率),且相位调整层50是由这样的材料制成的:其具有比激光器结构部31B的半导体部的顶面的折射率更低的折射率 n_1 ,其例如是诸如SiO₂(氧化硅)等介电体。绝缘层49的面对着相位调整层50的部分的厚度为 $(2b-1)\lambda/4n_2$ (“b”为1以上的整数, n_2 为折射率),且绝缘层49的面对着相位调整层50的部分是由这样的材料制成的:其具有比相位调整层50的折射率 n_1 更高的折射率 n_2 。绝缘层49的不面对相位调整层50且是允许激光出射的区域的外缘部的部分的厚度为 $(2c-1)\lambda/4n_3$ (“c”为1以上的整数, n_3 为折射率),且该部分是由具有比相位调整层50的折射率 n_1 更低的折射率 n_3 的材料制成的。

[0067] 在本例中,优选地,可调节各反射率以满足由下面的表达式表示的关系:在该表达式中, R_1 是高反射率区域51的反射率, R_2 是低反射率区域52的反射率, R_3 是在允许激光出射的区域中未设有绝缘层49和相位调整层50的情况下的反射率。于是,在不会减小基横模光输出的情况下仅抑制了高阶横模振荡。

[0068] $R_1 \geq R_3 > R_2$

[0069] 请注意,若必要,可省略相位调整层50。然而,在此情况下,优选地,绝缘层49可以具有这样的厚度:在允许激光出射的区域中反射率不会因该厚度而被降低。

[0070] 另一方面,在温度检测部32中,绝缘层49的允许激光出射的部分用作低反射率层53。将低反射率层53设定为具有能够实现如下反射率的厚度和折射率:在对激光器结构部31B和温度检测部32施加相同的电流时,该反射率仅允许激光器结构部31B进行激光振荡而不允许温度检测部32进行激光振荡。具体来说,低反射率层53的厚度为 $(2d-1)\lambda/4n_4$ (“d”为1以上的整数, n_4 为折射率),且低反射率层53由这样的材料构成:其具有比温度检测部32的半导体部的顶面的折射率更高的折射率 n_4 ,且其例如是诸如SiN(氮化硅)等介电体。

[0071] 请注意,相位调整层50还可设置于温度检测部32中。然而,在此情况下,在温度检测部32中会发生激光振荡并且激光会被输出至外部。因此,例如,如图6所示,优选地,可在温度检测部32的整个顶面上设置有金属层54,以防止激光泄漏至外部。或者,可在图5所示的温度检测部32的整个顶面上设置有未图示的金属层54。在此情况下,即使是LED发光级别的微小光也会被金属层54遮蔽。因此,在必须要求噪声低的光输出的应用中都可以优选地设置有金属层54。

[0072] 面发光型半导体激光器通常以约3mA的电流进行激光振荡。而且,无论是否存在相位调整层50,上述激光器结构部31B均以约3mA的电流进行激光振荡。另一方面,虽然温度检测部32的半导体部的构造与激光器结构部31B的半导体部的构造相同,但温度检测部32被构造为由于温度检测部32的顶面上的低反射率层53因而不以约3mA的电流进行激光振荡。因此,即使当对温度检测部32施加约3mA的电流时,温度检测部32仍保持在非振荡状态。于

是,温度检测部32的电阻值被稳定在比振荡时的电阻值高的值。因此,当基板31A的温度或半导体激光器件31的环境温度发生变化并且温度检测部32的电压随之发生变化时,温度检测部32的电压变化被稳定化了。

[0073] 在对温度检测部32施加约3mA的恒定电流的情况下,当基板31A的温度或半导体激光器件31的环境温度发生变化时,在温度检测部32中可能会导致例如如图7所示的电压变化。这种电压变化的斜率在各个温度检测部32间极少发生改变,且几乎是恒定的。然而,电压本身的值在各个温度检测部32间可能会发生变化。这种变化例如可能是因为温度检测部32的电阻值随着时间变化而导致的,而温度检测部32的电阻值随着时间变化是由于对温度检测部32长时间施加电流而引起的。因此,优选地,可按照允许对温度检测部32尽可能短时间地施加电流的方式来驱动温度检测部32。例如,在激光器驱动电路20中可以设置有用驱动温度检测部32的驱动器以及用于监控从温度检测部32输出的电压的电路(温度监控电路)等。

[0074] 图8图示了用于驱动温度检测部32的驱动器55的构造的示例。图9图示了图8中所示的各个电压 V_1 、 V_2 、 V_A 、 V_B 的波形的示例,还图示了在温度检测部32中流动的电流 I_t 的波形的示例。驱动器55可以包括例如两个开关以及电流源。这两个开关相互串联连接。该电流源具有连接在这两个开关之间的输出端子。例如,首先,驱动器55可以响应于用于电流驱动的脉冲(V_1)的输入使温度检测部32侧的开关闭合,从而将预定大小(例如1mA)的电流提供给温度检测部32。紧接着,温度检测部32根据环境温度输出电压。在从温度检测部32输出的电压稳定后(例如,在施加脉冲 V_1 后经过10 μ s),驱动器55输入用于电压采样的脉冲(V_2)以使温度监控电路56侧的开关闭合,从而将从温度检测部32输出的电压提供给温度监控电路56。请注意,温度监控电路56根据从驱动器55输出的电压的大小来确定激光器结构部31B的环境温度 T 。

[0075] 接下来将说明用于激光器驱动电路20中所设置的激光器结构部31B的驱动器。用于激光器结构部31B的驱动器(以下,简称为“激光器驱动电路20”)将电流注入激光器结构部31B中,从而使得激光器结构部31B能够发光。如图10所示,激光器驱动电路20可以包括例如电流源21和校正电路22。

[0076] 电流源21以脉冲的形式驱动激光器结构部31B。如图11A所示,电流源21例如可输出矩形的电流脉冲(电流 $I_{op-none}(t)$)。另一方面,校正电路22输出了峰值被处理成预定波形的峰值的电流脉冲(电流 $I_A(t)$)。从以脉冲的形式驱动激光器结构部31B的电流源21输出的电流 $I_{op-none}(t)$ 对应于本发明实施例的“第一电流脉冲”的具体示例但非限制性示例。此外,从校正电路22输出的电流 $I_A(t)$ 对应于本发明实施例的“第二电流脉冲”的具体示例但非限制性示例。

[0077] 电流源21的输出端子连接至校正电路22的输出端子。校正电路22将电流脉冲(电流 $I_A(t)$)叠加在电流 $I_{op-none}(t)$ 上,从而校正电流脉冲(电流 $I_{op-none}(t)$)的波形。校正电路22进行了这样的校正,从而将激光器结构部31B的光输出的脉冲波形校正为更接近于矩形。校正电路22包括RC时间常数电路22A。校正电路22利用RC时间常数电路22A来校正电流 $I_{op-none}(t)$ 的波形,以使得激光器结构部31B的光输出的脉冲波形更接近于矩形。请注意,RC时间常数电路22A对应于本发明实施例的“第一RC时间常数电路”的具体示例但非限制性示例。

[0078] RC时间常数电路22A包括使得电流 $I_A(t)$ 的峰值随时间变化(衰减)的多个第一时

间常数电路(未图示)。各个第一时间常数电路的RC时间常数互不相同。具体来说,所述多个第一时间常数电路中的一个以上第二时间常数电路(未图示)分别具有落入10nsec~100nsec(包含边界)的范围内的RC时间常数。另一方面,所述多个第一时间常数电路中的除上述一个以上第二时间常数电路以外的一个以上第三时间常数电路(未图示)分别具有大于100nsec(通常为300nsec~1500nsec(包含边界))的RC时间常数。校正电路22通过利用所述多个第一时间常数电路使得电流 $I_A(t)$ 的峰值依照RC时间常数电路的RC时间常数随时间而衰减。例如,通过利用上述第一时间常数电路,校正电路22可以输出如图11B所示的具有随时间衰减的峰值的电流脉冲(电流 $I_A(t)$)。

[0079] 例如,可假设RC时间常数电路22A包括两个第一时间常数电路,其中一个第一时间常数电路(第二时间常数电路)的RC时间常数 T_{A1} 落入10nsec~100nsec(包含边界)的范围内,而另一个第一时间常数电路(第三时间常数电路)的RC时间常数 T_{A2} 大于100nsec(通常为300nsec~1500nsec(包含边界))。在此情况下,校正电路22输出由下面的表达式(1)表示的电流 $I_A(t)$ 。

$$[0080] \quad I_A(t) = I_{Amax} \cdot g(t) \cdots \cdots (1)$$

[0081] 在本例中, I_{Amax} 是 $I_A(t)$ 的初始峰值($I_A(t)$ 上升时的峰值)。 $g(t)$ 定义了 $I_A(t)$ 的峰值随时间衰减的衰减率。 I_{Amax} 由下面的表达式(2)表示。 $g(t)$ 由下面的表达式(3)表示。

$$[0082] \quad I_{Amax} = (k - mT)(I_{sw} - I_{swo}) + I_{Ao} \cdots \cdots (2)$$

$$[0083] \quad g(t) = v \cdot \exp\left[-\frac{t}{T_{A1}}\right] + (1 - v) \cdot \exp\left[-\frac{t}{T_{A2}}\right] \cdots \cdots (3)$$

[0084] I_{sw} 对应于 $I_{op} - I_b$ 。 I_{op} 是DC驱动时的工作电流,且对应于电流 $I_{op-none}(t)$ 的峰值或对应于针对电流源21的输出而设定的电流值。 I_b 为偏置电流。因此, I_{sw} 为与电流 $I_{op-none}(t)$ 的幅值相关的值。 k 、 m 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 分别是初始设定的值,且分别为常数。在本例中, m 是与激光器结构部31B的电流限制直径以及振荡波长相关的因子。 k 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 是与各个激光器结构部31B的I-L特性的变化不相关的因子,并且分别是对所有激光器结构部31B共同赋予的常数值。请注意,当激光器结构部31B的外延结构、电流限制直径等与其它激光器结构部31B的外延结构、电流限制直径等在很大程度上不同时,可以不对所有激光器结构部31B共同赋予 k 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 的值。

[0085] $k - mT$ 定义了当 I_{sw} 与 I_{Amax} 成比例的情况下的变化率,且对应于线性方程的斜率。在本例中, T 为激光器结构部31B的环境温度,并且是由通过温度检测部32获得的温度规定的变量。因此,表达式(1)表明:电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})随着电流 $I_{op-none}(t)$ 的幅值(I_{sw})的变大而增大,此外,随着激光器结构部31B的环境温度 T 升高,电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})的增大变小。

[0086] 换言之,在波长失谐 $\Delta\lambda$ (该波长失谐 $\Delta\lambda$ 是有源层42的振荡波长和激光器结构部31B的振荡波长的差值)的变化导致了如图12中的A和B所示的I-L特性的差异,且由此导致了所需电流 $I_A(t)$ 的幅值的变化,表达式(1)通过调整线性方程的斜率来补偿所述变化。因此,校正电路22调整表达式(1)中的“ k ”的值,从而根据波长失谐 $\Delta\lambda$ 的大小来改变电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})。此外,校正电路22使得电流 $I_A(t)$ 能够具有通过基于表达式(1)(实际上,利用RC时间常数电路22A)的校正而获得的脉冲波形,并输出具有这种脉冲波形的电流 $I_A(t)$ 。

[0087] “v”是与RC时间常数 T_{A1} 相关的项的权重,且落入0~1(包含边界)的范围内。在本例中,由于在电流 $I_A(t)$ 中RC时间常数 T_{A1} 占支配地位,因此“v”是大于0.5的值。

[0088] RC时间常数电路22A还包括多个第四时间常数电路(未图示),所述多个第四时间常数电路在电流源21连续输出电流脉冲时调整该电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})。所述多个第四时间常数电路被用来将热因子考虑在内,所述热因子是当电流源21输出电流脉冲以使得半导体激光器能够发光时残留在激光器结构部31B中(在有源层42中)的。因此,校正电路22通过利用所述多个第四时间常数电路,根据有源层42中的温度变化来改变电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})。

[0089] 各个第四时间常数电路的RC时间常数互不相同。具体来说,所述多个第四时间常数电路中的一个以上第五时间常数电路(未图示)分别具有落入10nsec~100nsec(包含边界)的范围内的RC时间常数 T_{th1} 。另一方面,所述多个第四时间常数电路中的除了上述一个以上第五时间常数电路之外的一个以上第六时间常数电路(未图示)分别具有大于100nsec(通常为300nsec~1500nsec(包含边界))的RC时间常数 T_{th2} 。

[0090] 例如,可以假设RC时间常数电路22A包括两个第四时间常数电路,其中一个第四时间常数电路(第五时间常数电路)的RC时间常数 T_{th1} 落入10nsec~100nsec(包含边界)的范围内,而另一个第四时间常数电路(第六时间常数电路)的RC时间常数 T_{th2} 大于100nsec(通常为300nsec~1500nsec(包含边界))。在此情况下,校正电路22输出由下面的表达式(4)表示的电流 $I_A(t)$ 。

$$[0091] \quad I_A(t) = I_{Amax}(t) \cdot g(t) \cdots \cdots (4)$$

[0092] 表达式(4)中的 $I_{Amax}(t)$ 由下面的表达式(5)来表示。 $I_{Amax}(t)$ 是电流 $I_A(t)$ 的初始峰值($I_A(t)$ 上升时的峰值)。表达式(5)中的 $f(t)$ 由下面的表达式(6)表示。 $f(t)$ 表示与残留在激光器结构部31B中(在有源层42中)的热因子的变化相对应的变化。因此,校正电路22使得能够就像实时监控有源层42中的温度变化那样实现高精度的校正。

$$[0093] \quad I_{Amax}(t) = \{ (k-mT) (I_{sw}-I_{sw0}) + I_{Ao} \} (1-f(t)) \cdots \cdots (5)$$

$$[0094] \quad \left. \begin{array}{l} \text{接通时} \\ u \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{th1}}\right) \right] + (1-u) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{th2}}\right) \right] \\ \text{断开时} \\ u \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_{th1}}\right) + (1-u) \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_{th2}}\right) \end{array} \right\} \equiv f(t) \cdots \cdots (6)$$

[0095] “u”是与RC时间常数 T_{th1} 相关的项的权重,且落入0~1(包含边界)的范围内。在本例中,由于在电流 $I_A(t)$ 中RC时间常数 T_{th1} 占支配地位,因此“u”是大于0.5的值。在表达式(6)的左手边部分中所包含的“t”表示在激光器结构部31B的接通-断开(ON-OFF)驱动中接通周期的开始时刻或断开周期的开始时刻。

[0096] 在激光器驱动电路20中,如上所述,电流源21的输出端子连接至校正电路22的输出端子。因此,激光器驱动电路20输出电流脉冲 $I_{op}(t) = I_{op-none}(t) + I_A(t)$,在该电流脉冲中,如图11C所示,校正电路22的输出被叠加在电流源21的输出上。因此,例如,在对激光器结构部31B仅施加来自电流源21的输出时,在例如如图13A所示的来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形相比于从电流源21输出的电流脉冲的波形而言被钝化的情况下,通过对激光

器结构部31B施加电流脉冲(在该电流脉冲中,来自校正电路22的输出被叠加在来自电流源21的输出上)就能够使得来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形更接近于如图13B所示的矩形。

[0097] [操作]

[0098] 在具有这种构造的发光单元1中,电流源21输出了矩形的电流脉冲(电流 $I_{op-none}(t)$) (图14的(A)部分)。此时,校正电路22通过利用RC时间常数电路22A来确定 $g(t)$ 、 $f(t)$ 和 $I_{Amax}(t)$,其中 $g(t)$ 定义了用于使从电流源21输出的电流脉冲(电流 $I_{op-none}(t)$)的峰值随时间而衰减的衰减率, $f(t)$ 表示与残留在激光器结构部31B中(在有源层42中)的热因子的变化相对应的变化(图14的(B)部分), $I_{Amax}(t)$ 定义了电流 $I_A(t)$ 的最大值(图14的(C)部分)。此时,电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})随着电流 $I_{op-none}(t)$ 的幅值(I_{sw})的变大而增大,此外,电流 $I_A(t)$ 的初始峰值(I_{Amax})的增大量能够随着激光器结构部31B的环境温度 T 更高而变小。接着,校正电路22在激光器结构部31B的接通-断开驱动中的接通周期的开始时刻处保持 $I_{max}(t_{2n})$ 的值。此外,确定了这样的电流 $I_A(t)$:它通过使用所保持的值作为起点基于 $g(t)$ 而衰减(图14的(D)部分)。随后,校正电路22输出电流 $I_A(t)$ 。接着,激光器驱动电路20将来自校正电路22的输出叠加在来自电流源21的输出上,从而将来自电流源21的输出校正为电流脉冲($I_{op}(t)=I_{op-noe}(t)+I_A(t)$)。接着,将该电流脉冲($I_{op}(t)=I_{op-none}(t)+I_A(t)$)施加至半导体激光器件31(图14的(E)部分)。于是,半导体激光器件31可将例如如图13B所示的矩形的光输出出射至外部。

[0099] [原理]

[0100] 接下来,将说明为何来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形变得更接近于矩形的原因之一。图15图示了激光器结构部31B中的热路。与有源层温度 $T_{act}(t)$ 相关的热力学方程由下面的表达式(7)和(8)表示,其中 T_o 为基板31A的温度, C_{th} 为热容, R_{th} 为热阻, $T_{act}(t)$ 为任意时刻 t 的有源层42的温度(有源层温度), $T_{el}(t)$ 为由偏置电流(其小于阈值电流)引起的器件温度的上升量, P_{el} 为注入的能量,且 P_{out} 为光输出。 $R_{th}C_{th}$ 为热时间常数。

$$[0101] \quad T_{act}(t) - T_o - (P_{el} - P_{opt})R_{th} = -R_{th}C_{th} \frac{d}{dt}(T_{act}(t)) \quad \dots\dots (7)$$

$$[0102] \quad T_{act}(t) - T_o - T_b = -R_{th}C_{th} \frac{d}{dt}(T_{act}(t)) \quad \dots\dots (8)$$

[0103] 可以求解上面的表达式(7)、(8)以变形为下面的表达式(9)、(10)。

$$[0104] \quad T_{act}(t) = T_o + (P_{el} - P_{opt})R_{th} \left\{ 1 - \exp \left[\frac{t - t_{2n} + \tau}{R_{th}C_{th}} \right] \right\} \quad \dots\dots (9)$$

$$[0105] \quad T_{act}(t) = T_o + T_b + (T_{2n+1} - T_o - T_o) \exp \left[-\frac{t - t_{2n+1}}{R_{th}C_{th}} \right] \quad \dots\dots (10)$$

[0106] 如图16所示,表达式(9)中的 t_{2n} (“ n ”为0以上的整数)表示激光器结构部31B的接通-断开驱动中接通周期的开始时刻。另一方面,如图16所示,表达式(10)中的 t_{2n+1} 表示激光器结构部31B的接通-断开驱动中断开周期的开始时刻。表达式(9)中的 τ 是使表达式(9)中的 $T_{act}(t)$ 和表达式(10)中的 $T_{act}(t)$ 保持连续的系数。请注意,当热时间常数 $R_{th}C_{th}$ 的值为1 μ sec(微秒)时,以如图17A所示的图来表示表达式(9)和(10)。

[0107] 通常,面发光型半导体激光器的腔室长度极小,约为 $1\lambda\sim 2\lambda$ (其中, λ 为振荡波长)。因此,通过腔室长度来固定振荡波长。于是,激光器结构部31B能够以与有源层42的发光波长(实现最大增益的波长)不同的波长进行振荡。相应地,根据波长失谐 $\Delta\lambda$ 的设计,可任意选择用于实现最小阈值电流的器件温度。然而,实际上,用于实现最小阈值电流的器件温度可以落入 $0^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ (包含边界)的范围内。

[0108] 为了在高温范围内获得充足的光输出,需要将波长失谐 $\Delta\lambda$ 设计得较大。例如,在 $660\text{nm}\sim 680\text{nm}$ 波段内的面发光型半导体激光器(其中,有源层42包括用于红光半导体激光器的材料(GaInP或AlGaInP))中,在将波长失谐 $\Delta\lambda$ 设计为约 18.5nm 的情况下,当器件温度 T_0 为约 50°C 时阈值电流取得最小值(参照图18)。当阈值电流具有温度依赖性时,在特定电流值下的光输出也具有温度依赖性(参照图19)。例如,如图17B所示,在其中波长失谐 $\Delta\lambda$ 被设计为 18.5nm 的面发光型半导体激光器中,当器件温度 T_0 为约 50°C 时,光输出变得最大,而当器件温度 T_0 高于或低于 50°C 时,光输出降低了。可基于此来图示光输出随时间的变化。如图17A至图17C所示,当从点A移动至点B时,有源层温度 $T_{\text{act}}(t)$ 上升,光输出 P_{out} 也上升。当在电流处于断开的周期内从点B移动至点C时,有源层温度 $T_{\text{act}}(t)$ 下降,此时的光输出 P_{out} 变为零。

[0109] 以此方式,基于热力学方程和光输出 P_{out} 对有源层温度的依赖性来确定光输出 P_{out} 随时间的变化。例如,如图20所示,将这个结果(计算值)与通过实际测量获得的光波形(测量值)进行比较。从这种比较中可见,当热时间常数 $R_{\text{th}}C_{\text{th}}$ 为 800nsec (纳秒)时,计算值在从脉冲上升开始后的数百 nsec 的时刻处及以后的时刻与测量值是一致的。然而,在脉冲上升的时刻处计算值与测量值不一致。可见,在脉冲上升的时刻处,热时间常数 $R_{\text{th}}C_{\text{th}}$ 以比 800nsec 小一个以上数位的值(约 $20\text{nsec}\sim$ 约 50nsec (包含边界))发生了变化。

[0110] 可以认为,光波形中存在两个时间常数,这是因为在面发光型半导体激光器中脉冲上升后的发热状态不同于脉冲上升时的发热状态。可以认为,在脉冲上升后,面发光型半导体激光器中的台面结构整体都产生热量,且因此时间常数就大。另一方面,可以认为,在脉冲上升时,有源层局部发热,且因此时间常数就小。上述热力学方程基于的是台面结构整体发热的前提,因此,它未能以准确的方式充分地表达在脉冲上升时的光波形。

[0111] [效果]

[0112] 在本实施例中,如上所述,校正电路22中的RC时间常数电路22A包括时间常数互不相同的多个时间常数电路(第二时间常数电路和第三时间常数电路)。因此,通过利用包含RC时间常数电路22A的校正电路22对从以脉冲形式驱动激光器结构部31B的电流源21输出的电流脉冲的波形进行校正,以使得半导体激光器的光输出的脉冲波形更接近于矩形。以此方式,在本实施例中,通过利用RC时间常数电路22A,不仅能够使从电流源21输出的电流脉冲的波形上升之后的缓坡部分更接近于矩形,还能够使在上升时急剧弯曲的部分更接近于矩形。因此,减小了由波长失谐 $\Delta\lambda$ 导致的光输出的波形的钝化。

[0113] 而且,在本实施例中,在校正电路22中,从电流源21输出的电流脉冲的初始峰值根据器件温度(环境温度)而变化。因此,即使当环境温度(例如打印机壳体内部的温度)由于器件温度的变化而变化并且波长失谐 $\Delta\lambda$ 随之发生变化时,仍能够减小光输出的波形的钝化。

[0114] 而且,在本实施例中,在校正电路22中,从电流源21输出的电流脉冲的初始峰值根据有源层42的温度的变化而变化。因此,即使当从电流源21连续输出电流脉冲并且热因子

残留在激光器结构部31B中(在有源层42中)时,仍能够将针对于电流脉冲的峰值的校正值设定为适当值。于是,即使当电流源21连续输出电流脉冲时,仍能够减小光输出的波形的钝化。

[0115] 而且,在本实施例中,在校正电路22中,调整表达式(2)中的“m”、“k”和/或其他参数的值,且因此能够根据波长失谐 $\Delta\lambda$ 的大小来改变从电流源21输出的电流脉冲的初始峰值。优选地,可以通过光输出的变化相对于温度变化的趋势来确定哪个值被调整。例如,可假设:由于制造差异因而导致面发光型半导体激光器的电流限制直径大于期望值。在此情况下,光输出中的相对于温度变化的变化量较大(换言之,光输出对温度的依赖性高)。因此,可以优选地调整表达式(2)中的“m”的值,通过该“m”的值可以调整表达式(2)中的“T”的影响程度。或者,例如,可假设:由于制造差异因而导致面发光型半导体激光器的波长失谐 $\Delta\lambda$ 较大。在此情况下,引起最大光输出的温度向高温范围偏移(换言之,光输出对温度的依赖性向高温范围偏移)。在此情况下,可以优选地调整表达式(2)中的“k”的值,所述“k”的值可以在不受温度影响的情况下被调整。以此方式,在本实施例中,通过基于光输出的变化相对于温度变化的趋势来选择更优的校正方法,就可以调整表达式(2)的斜率。因此,确实减小了光输出的波形的钝化。

[0116] 2、第二实施例

[0117] [构造]

[0118] 图21图示了本发明的第二实施例的发光单元2的示意性构造的示例。发光单元2的构造与发光单元1的构造的不同之处在于:发光单元2包括激光器驱动电路60来替代激光器驱动电路20。因此,以下主要说明发光单元2的构造与发光单元1的构造之间的差异,而酌情省略了对两者之间的共同点的说明。

[0119] 如图22所示,激光器驱动电路60例如可以包括电流源21和校正电路61。电流源21以脉冲的形式驱动激光器结构部31B,并且可以输出例如如图23A所示的矩形的电流脉冲 $I_{op_none}(t)$ 。从电流源21输出的电流脉冲 $I_{op_none}(t)$ 的峰值为正值。

[0120] 校正电路61将电流脉冲(电流 $I_A(t) + I_{drp}(t)$)叠加在电流 $I_{op_none}(t)$ 上,从而校正电流 $I_{op_none}(t)$ 的波形。校正电路61进行了这样的校正,从而将激光器结构部31B的光输出的脉冲波形校正为更接近于矩形。校正电路61包括RC时间常数电路22A和RC时间常数电路22B。校正电路61通过利用RC时间常数电路22A和RC时间常数电路22B来校正电流 $I_{op_none}(t)$ 的波形,从而使得来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形更接近于矩形。RC时间常数电路22B对应于本发明的实施例的“第二RC时间常数电路”的具体示例但非限制性示例。请注意,为便于理解,首先,下文中将对在假设RC时间常数电路22A未进行校正的情况下的RC时间常数电路22B的校正(下垂校正)进行说明;随后,下文中将对在RC时间常数电路22A和RC时间常数电路22B都进行了校正的情况下的校正电路61进行说明。

[0121] 如图23B所示,校正电路61例如可以通过利用RC时间常数电路22B来输出电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$,该电流脉冲($\Delta I_{drp}(t)$)的峰值的符号(为负)与电流脉冲 $I_{op_none}(t)$ 的峰值的符号相反。如图23B所示,电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 例如可具有这样的脉冲波形:所述脉冲波形依照RC时间常数电路22B的RC时间常数随时间而变化(饱和)。具体来说,电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值的绝对值开始时较大,然后逐渐减小,最终变为零或接近于零的值。此外,例如如图23C所示,如下波形($I_{op_none}(t) + \Delta I_{drp}(t)$)的峰值可以依照RC时间常数电路22B的RC时间常数随

时间而变化(饱和):在该波形($I_{op_none}(t) + \Delta I_{drp}(t)$)中,是将电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 的波形叠加在电流脉冲 $I_{op_none}(t)$ 的波形上。

[0122] RC时间常数电路22B包括使得电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值随时间而变化(衰减)的多个第七时间常数电路(未图示)。各个第七时间常数电路的RC时间常数互不相同。具体来说,所述多个第七时间常数电路中的一个以上第八时间常数电路分别具有落入300nsec~1000nsec(包含边界)的范围内的RC时间常数。另一方面,所述多个第七时间常数电路中的除了上述一个以上第八时间常数电路之外的一个以上第九时间常数电路(未图示)分别具有大于1000nsec(通常为1000nsec~10000nsec(包含边界))的RC时间常数。校正电路61通过利用所述多个第七时间常数电路来校正电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值,以使得电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值根据第七时间常数电路的RC时间常数随时间而变化(饱和)。校正电路61可以通过利用上述第七时间常数电路来输出例如如图23B所示的峰值随时间变化(饱和)的电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 。

[0123] 例如,可假设RC时间常数电路22B包括两个第七时间常数电路,其中一个第七时间常数电路(第八时间常数电路)的RC时间常数 T_{A3} 落入300nsec~1000nsec(包含边界)的范围内,另一个第七时间常数电路(第九时间常数电路)的RC时间常数 T_{A4} 大于1000nsec(通常为1000nsec~10000nsec(包含边界))。在此情况下,校正电路61输出由下面的表达式(11)表示的电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 。

$$[0124] \quad \Delta I_{drp}(t) = \Delta I_{Amax_drp} \cdot h(t) \cdots \cdots (11)$$

[0125] 在上面的表达式(11)中, ΔI_{Amax_drp} 是 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值($\Delta I_{drp}(t)$ 上升时的峰值)。 $h(t)$ 定义了 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值随时间衰减的衰减率。 ΔI_{Amax_drp} 由下面的表达式(12)表示。 $h(t)$ 由下面的表达式(13)表示。

$$[0126] \quad \begin{aligned} \Delta I_{Amax_drp} &= -A \cdot (I_{op} - I_{dpo})^2 (I_{op} > I_{dpo}) \\ &= 0 (0 \leq I_{op} \leq I_{dpo}) \end{aligned} \cdots \cdots (12)$$

$$[0127] \quad h(t) = u \cdot \exp\left[-\frac{t}{T_{A3}}\right] + (1-u) \cdot \exp\left[-\frac{t}{T_{A4}}\right] \cdots \cdots (13)$$

[0128] I_{op} 为校正前的驱动电流,并且对应于电流 $I_{op_none}(t)$ 的峰值或对应于针对电流源21的输出而设定的电流值。因此, I_{op} 是与电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值相关的值,并且例如可以是与电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值的大小相等的值。 I_{dpo} 是需要下垂校正的最小工作电流。“A”对应于 $C \cdot T - A_o$ 。“C”是与激光器结构部31B的环境温度T相关的系数。 A_o 是调整参数,并基于激光器结构部31B的I-L线性等而变化。因此,表达式(12)意味着: $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})的绝对值随着电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值(I_{op})的变大而增大(具体地,与 I_{op} 的平方成比例地增大),此外, $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})的绝对值的增大量能够随着激光器结构部31B的环境温度T的升高而变大。

[0129] RC时间常数电路22B还包括多个第十时间常数电路(未图示),所述多个第十时间常数电路用于在电流源21连续输出电流脉冲时调整 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})。所述多个第十时间常数电路被用来将热因子考虑在内,所述热因子是当电流源21输出电流脉冲以使得激光器结构部31B能够发光时残留在激光器结构部31B中(在有源层42中)的。因此,校正电路61通过利用第十时间常数电路,使得 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})根据有源层

42中的温度变化而变化。

[0130] 各个第十时间常数电路的RC时间常数互不相同。具体地,所述多个第十时间常数电路中的一个以上第十一时间常数电路(未图示)分别具有落入300nsec~1000nsec(包含边界)的范围内的RC时间常数 T_{th3} 。另一方面,所述多个第十时间常数电路中的除了上述一个以上第十一时间常数电路之外的一个以上第十二时间常数电路(未图示)分别具有大于1000nsec(通常为1000nsec~10000nsec(包含边界))的RC时间常数 T_{th4} 。

[0131] 例如,可假设RC时间常数电路22B包括两个第十时间常数电路,其中一个第十时间常数电路(第十一时间常数电路)的RC时间常数 T_{th3} 落入300nsec~1000nsec(包含边界)的范围内,另一个第十时间常数电路(第十二时间常数电路)的RC时间常数 T_{th4} 大于1000nsec(通常为1000nsec~10000nsec(包含边界))。在此情况下,校正电路61输出由下面的表达式(14)表示的电流脉冲 $\Delta I_{drp}(t)$ 。注意, $\Delta I_{Amax_drp}(t)$ 是 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值($\Delta I_{drp}(t)$ 上升时的峰值)。

$$[0132] \quad \Delta I_{drp}(t) = \Delta I_{Amax_drp}(t) \cdot h(t) \cdots \cdots (14)$$

[0133] 图24图示了光输出、器件温度和校正电流之间的关系示例。如图24所示,当输入第一脉冲时,激光器结构部31B的器件温度因为自发热而上升。接着,输入第二脉冲。此时,随着从输入第一脉冲的时刻至输入第二脉冲的时刻的断开周期 T_{off} 越长,因为自发热而生的热就越多地被释放至外部。因此,激光器结构部31B的器件温度变得更接近于环境温度 T_a 。于是,随着断开周期 T_{off} 越长,要提供的校正电流就(在负方向上)变得更大。相应地,关于任意脉冲图形的电流 $\Delta I_{Amax_drp}(t)$ 由下面的表达式(15)表示。表达式(15)中的 $i(t)$ 由下面的表达式(16)表示。

$$[0134] \quad \begin{aligned} \Delta I_{Amax_drp}(t) &= -A \cdot (I_{op} - I_{dpo}) (1 - i(t)) (I_{op} > I_{dpo}) \\ &= 0 (0 \leq I_{op} \leq I_{dpo}) \end{aligned} \cdots \cdots (15)$$

$$[0135] \quad \left. \begin{aligned} &\theta \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{th3}}\right) \right] + (1 - \theta) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_{th4}}\right) \right] \\ &\theta \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_{th3}}\right) + (1 - \theta) \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_{th4}}\right) \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{接通时} \\ \text{断开时} \end{array} \equiv i(t) \cdots \cdots (16)$$

[0136] θ 是与RC时间常数 T_{th3} 相关的项的权重。在表达式(16)的左手边部分中所包含的“t”表示激光器结构部31B的接通-断开(ON-OFF)驱动中接通周期的开始时刻或断开周期的开始时刻。

[0137] 接下来,将说明在通过RC时间常数电路22A和RC时间常数电路22B进行校正的情况下的校正电路61。例如,校正电路61使得该校正电路61的输出电流脉冲能够具有如下的电流波形(电流 $I_A(t) + I_{drp}(t)$)并且输出具有该电流波形的输出电流脉冲:所述电流波形(电流 $I_A(t) + I_{drp}(t)$)是通过将利用RC时间常数电路22B生成的脉冲波形(电流 $\Delta I_{drp}(t)$)叠加在利用RC时间常数电路22A生成的脉冲波形(电流 $I_A(t)$)上而获得的。此时,校正电路61实际上可将电流 $\Delta I_{drp}(t)$ 叠加在电流 $I_A(t)$ 上,从而生成校正电路61的输出电流脉冲。请注意,校正电路61从开始时就生成通过将电流 $\Delta I_{drp}(t)$ 叠加在电流 $I_A(t)$ 上而形成的电流波形(电流 $I_A(t) + I_{drp}(t)$)。

[0138] 在本例中,电流 $I_A(t)$ 具有通过以下过程获得的波形:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使第一脉冲的初始峰值随着电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值的变大而在正方向上变大,并且使得第一脉冲的初始峰值在正方向上的增大量能够随着激光器结构部31B的环境温度 T 的升高而变得更小。另一方面,电流 $\Delta I_{drp}(t)$ 具有通过以下过程获得的波形:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使第二脉冲的初始峰值随着电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值的变大而在负方向上变大,并且使得第二脉冲的初始峰值在负方向上的增大量能够随着激光器结构部31B的环境温度 T 的升高而变得更大。

[0139] 在激光器驱动电路60中,例如,如图22所示,电流源21的输出端子可连接至校正电路61的输出端子。因此,激光器驱动电路60输出电流脉冲 $I_{op}(t) = I_{op_none}(t) + I_A(t) + \Delta I_{drp}(t)$,该电流脉冲中将来自校正电路61的输出叠加在来自电流源21的输出上。因此,例如,在对激光器结构部31B仅施加来自电流源21的输出时,如图13A所示在来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形相比于从电流源21输出的电流脉冲的波形而言是被钝化的情况下,例如通过对激光器结构部31B施加把来自校正电路61的输出被叠加在来自电流源21的输出上而得到的电流脉冲,就能够使来自激光器结构部31B的光输出的脉冲波形如图13B所示更接近于矩形。

[0140] [操作]

[0141] 在具有这样的构造的发光单元2中,电流源21输出了矩形的电流脉冲(电流 $I_{op_none}(t)$) (图25A)。此时,校正电路61通过利用RC时间常数电路22A来确定 $g(t)$ 、 $f(t)$ 和 $I_{Amax}(t)$ 。随后,校正电路61在激光器结构部31B的接通-断开驱动中的接通周期的开始时刻(t_{2n})处保持 $I_{Amax}(t_{2n})$ 的值。此外,确定了这样的电流 $I_A(t)$:它通过使用所保持的值作为起点基于 $g(t)$ 而衰减。此外,校正电路61通过利用RC时间常数电路22B来确定 $i(t)$ 和 $\Delta I_{Amax_drp}(t)$ (图25B和图25C)。此时, $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})的绝对值随着电流 $I_{op_none}(t)$ 的幅值(I_{op})的变大而增大(具体地,与 I_{op} 的平方成比例地增大),并且使得 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值(ΔI_{Amax_drp})的绝对值的增大量能够随着激光器结构部31B的环境温度 T 的升高而变大。随后,校正电路61在激光器结构部31B的接通-断开驱动中的接通周期的开始时刻(t_{2n})处保持 $\Delta I_{Amax_drp}(t)$ 的值。此外,确定了通过使用所保持的值做为起点基于 $h(t)$ 而衰减的电流 $\Delta I_{drp}(t)$ (图25D)。此后,校正电路61输出电流脉冲 $I_A(t) + \Delta I_{drp}(t)$ 。通过将 $I_A(t) + \Delta I_{drp}(t)$ 叠加在电流 $I_{op_none}(t)$ 上以生成电流脉冲 $I_{op}(t) = I_{op_none}(t) + I_A(t) + \Delta I_{drp}(t)$,来校正来自电流源21的输出。随后,激光器驱动电路60将电流脉冲 $I_{op}(t) = I_{op_none}(t) + I_A(t) + \Delta I_{drp}(t)$ 输出至激光器结构部31B(图25E)。

[0142] [效果]

[0143] 接下来将说明本实施例的发光单元2的效果。

[0144] 通常,在面发光型半导体激光器中,谐振器结构极小,因此,由电流注入引起的有源层的温度上升是较大的,且光输出随着该温度上升而下降。例如,在振荡波长为680nm的面发光型半导体激光器中,当环境温度从50℃、1mW的驱动状态上升10℃时,光输出下降了约20%。而且,在以脉冲形式操作该面发光型半导体激光器的情况下,在电流脉冲被注入至器件中的同时,器件温度逐渐上升,并且光输出随着该温度上升而逐渐下降。

[0145] 这是一种被称作“下垂”的现象,在半导体激光器领域是公知的。随着注入的电力越大,这种现象就越显著。例如,如图26所示,随着注入的电力从0.6mW变化至1mW,光输出的

下降量增大。例如,当定量地评价该下垂时,使用下面的表达式。

[0146] $\Delta P = (P1 - P2) / P1 \times 100 (\%)$

[0147] 在上述表达式中, ΔP 是下垂量(光输出的下降量)。P1是在上升以后的1 μ sec时刻处的光输出,P2是在光输出变为稳态的时刻处的光输出。例如,可通过日本待审专利申请第2002-254697号公报(JP2002-254697A)中公开的方法来校正该下垂。JP2002-254697A中的[0038]段等公开了这样的内容:“相比于对是否存在激光发射的依赖,发热量很可能更大程度上依赖于所提供的电流。因此,当连续提供偏置电流时,即使在发光周期不连续的时候,光量仍沿着类似的包络线(envelope)减小”。在JP2002-254697A中所公开的发明中,进行的是基于这种构想的校正。

[0148] 可以认为,上述构想在阈值大且开关电流小的条件下是合理的。然而,在实际驱动中,可能使用各种各样的脉冲图形。因此,优选地,可以认为发热量依赖于发光图形。特别地,在诸如面发光型半导体激光器等低阈值激光器中,形成开关电流大于偏置电流的驱动状态并不罕见。特别地,当在高温环境下驱动半导体激光器时,开关电流大。因此,由发光图形导致的下垂曲线(光输出下降曲线)中的变化更加显著。例如,如图27所示,脉冲图形越密集,下垂曲线就会下降得更多。如上所述,当下垂曲线根据诸如发光图形、电流值和温度等驱动条件而变化时,通过现有方法也无法容易地对下垂进行准确校正。

[0149] 另一方面,在本实施例中,校正电路61包括:第七时间常数电路,其使得 $\Delta I_{drp}(t)$ 的峰值随时间而衰减;以及第十时间常数电路,其规定了 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值($\Delta I_{Amax_drp}(t)$)。因此,即使当下垂曲线根据诸如发光图形、电流值等驱动条件以及诸如温度等驱动条件而变化时,仍准确地校正了下垂。

[0150] 此外,在本实施例中,校正电路61包括:第一时间常数电路,其使得电流 $I_A(t)$ 的峰值随时间而衰减;以及第四时间常数电路,其规定了 $\Delta I_{drp}(t)$ 的初始峰值($\Delta I_{Amax_drp}(t)$)。因此,不仅减小了由下垂引起的波形钝化,还减小了由波长失谐 $\Delta\lambda$ 引起的光输出波形钝化。

[0151] 根据本发明的上述示例性实施例和变形例,能够实现至少如下构造。

[0152] (1) 一种校正电路,所述校正电路包括校正部,

[0153] 所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;而且

[0154] 所述校正部被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,并且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0155] (2) 根据(1)所述的校正电路,其中,所述初始峰值由以下表达式表示,

[0156] $I_{Amax} = (k - mT)(I_{sw} - I_{swo}) + I_{Ao}$

[0157] 其中, I_{Amax} 是所述初始峰值,

[0158] k 、 m 、 I_{swo} 和 I_{Ao} 分别为常数,

[0159] I_{sw} 是所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值,并且

- [0160] T是所述半导体激光器的环境温度。
- [0161] (3) 根据(1)或(2)所述的校正电路,还包括第一RC时间常数电路,
- [0162] 其中,所述校正部使得所述第二电流脉冲的峰值根据所述第一RC时间常数电路的RC时间常数随时间而衰减。
- [0163] (4) 根据(3)所述的校正电路,其中,
- [0164] 所述第一RC时间常数电路包括多个第一时间常数电路,所述多个第一时间常数电路分别被构造为使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,
- [0165] 所述多个第一时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,
- [0166] 所述多个第一时间常数电路包括一个以上第二时间常数电路和除了所述一个以上第二时间常数电路之外的一个以上第三时间常数电路,
- [0167] 所述一个以上第二时间常数电路分别具有落入10纳秒~100纳秒(包含边界)范围内的RC时间常数,并且
- [0168] 所述一个以上第三时间常数电路分别具有大于100纳秒的RC时间常数。
- [0169] (5) 根据(4)所述的校正电路,其中,
- [0170] 所述半导体激光器具有垂直谐振器结构,所述垂直谐振器结构包括夹在一对多层反射镜之间的有源层,并且
- [0171] 所述校正部被构造为使得所述初始峰值能够根据所述有源层的温度变化而变化。
- [0172] (6) 根据(5)所述的校正电路,其中,
- [0173] 所述第一RC时间常数电路包括多个第四时间常数电路,所述多个第四时间常数电路分别被构造用来使所述初始峰值变化,
- [0174] 所述多个第四时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,
- [0175] 所述多个第四时间常数电路包括一个以上第五时间常数电路和除了所述一个以上第五时间常数电路之外的一个以上第六时间常数电路,
- [0176] 所述一个以上第五时间常数电路分别具有落入10纳秒~100纳秒(包含边界)范围内的RC时间常数,并且
- [0177] 所述一个以上第六时间常数电路分别具有大于100纳秒的RC时间常数。
- [0178] (7) 一种校正电路,所述校正电路包括校正部,
- [0179] 所述校正部被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;而且
- [0180] 所述校正部被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,
- [0181] 所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小,并且
- [0182] 所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增

大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0183] (8) 根据(7)所述的校正电路,其中,所述第一脉冲的初始峰值由以下表达式表示,

[0184]
$$I_{Amax} = (k - mT) (I_{sw} - I_{sw0}) + I_{Ao}$$

[0185] 其中, I_{Amax} 是所述第一脉冲的初始峰值,

[0186] k 、 m 、 I_{sw0} 和 I_{Ao} 分别为常数,

[0187] I_{sw} 为所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值,并且

[0188] T 为所述半导体激光器的环境温度。

[0189] (9) 根据(7)或(8)所述的校正电路,其中,所述第二脉冲的初始峰值由以下表达式表示,

[0190]
$$I_{Amax_drp} = -(C \cdot T - A_o) (I_{op} - I_{dpo})^2$$

[0191] 其中, I_{Amax_drp} 是所述第二脉冲的初始峰值,

[0192] C 、 A_o 和 I_{drp} 分别为常数,并且

[0193] I_{op} 为所述第一电流脉冲的幅值或与所述第一电流脉冲的幅值相关的值。

[0194] (10) 根据(7)至(9)中任一项所述的校正电路,还包括第二RC时间常数电路,

[0195] 其中,所述校正部使所述第二脉冲的峰值根据所述第二RC时间常数电路的RC时间常数随时间而衰减。

[0196] (11) 根据(10)所述的校正电路,其中,

[0197] 所述第二RC时间常数电路包括多个第七时间常数电路,所述多个第七时间常数电路分别被构造为使所述第二脉冲的峰值随时间而衰减,

[0198] 所述多个第七时间常数电路各自的RC时间常数互不相同,

[0199] 所述多个第七时间常数电路包括一个以上第八时间常数电路和除了所述一个以上第八时间常数电路之外的一个以上第九时间常数电路,

[0200] 所述一个以上第八时间常数电路分别具有落入300纳秒~1000纳秒(包含边界)范围内的RC时间常数,并且

[0201] 所述一个以上第九时间常数电路分别具有大于1000纳秒的RC时间常数。

[0202] (12) 根据(11)所述的校正电路,其中,

[0203] 所述半导体激光器具有垂直谐振器结构,所述垂直谐振器结构包括夹在一对多层反射镜之间的有源层,并且

[0204] 所述校正部被构造为使得所述第二脉冲的初始峰值能够根据所述有源层的温度变化而变化。

[0205] (13) 根据(12)所述的校正电路,其中,

[0206] 所述第二RC时间常数电路包括多个第十时间常数电路,所述多个第十时间常数电路分别被构造用来改变所述第二脉冲的初始峰值,

[0207] 所述多个第十时间常数电路的RC时间常数互不相同,

[0208] 所述多个第十时间常数电路包括一个以上第十一时间常数电路和除了所述一个以上第十一时间常数电路之外的一个以上第十二时间常数电路,

[0209] 所述一个以上第十一时间常数电路分别具有落入300纳秒~1000纳秒(包含边界)范围内的RC时间常数,并且

[0210] 所述一个以上第十二时间常数电路分别具有大于1000纳秒的RC时间常数。

[0211] (14) 一种驱动电路,所述驱动电路包括:

[0212] 电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器;和

[0213] 校正电路,其被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的,

[0214] 所述校正电路还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,并且使得所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0215] (15) 一种驱动电路,其包括:

[0216] 电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器;和

[0217] 校正电路,其被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的,

[0218] 所述校正电路还被构造为使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,

[0219] 所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小,而且

[0220] 所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0221] (16) 一种发光单元,所述发光单元包括:

[0222] 一个以上面发光型半导体激光器;

[0223] 电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器;以及

[0224] 校正电路,其被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的;

[0225] 所述校正电路还被构造用来使得所述第二电流脉冲能够具有通过以下过程而获得的波形并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,所述过程是:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,并且使得所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0226] (17) 一种发光单元,其包括:

[0227] 一个以上面发光型半导体激光器;

[0228] 电流源,其被构造成以脉冲的形式驱动所述一个以上面发光型半导体激光器;以

及

[0229] 校正电路,其被构造用来将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从所述电流源输出的,

[0230] 所述校正电路还被构造为使得所述第二电流脉冲能够具有通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上而获得的波形,并且被构造用来输出具有所述波形的所述第二电流脉冲,

[0231] 所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小,而且

[0232] 所述第二脉冲波形为通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大。

[0233] (18) 一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括如下步骤:

[0234] 将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;而且

[0235] 在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过以下过程来生成所述第二电流脉冲:使所述第二电流脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二电流脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而增大,并且使所述初始峰值的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0236] (19) 一种电流脉冲波形校正方法,所述方法包括如下步骤:

[0237] 将第二电流脉冲叠加在第一电流脉冲上,从而校正所述第一电流脉冲的波形,所述第一电流脉冲是从被构造成以脉冲的形式驱动面发光型半导体激光器的电流源输出的;而且

[0238] 在校正所述第一电流脉冲的波形的步骤中,通过将第二脉冲波形叠加在第一脉冲波形上来生成所述第二电流脉冲,

[0239] 所述第一脉冲波形是通过以下过程获得的:使正峰值的第一脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第一脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在正方向上增大,并使得所述第一脉冲的初始峰值在所述正方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变大,并且

[0240] 所述第二脉冲波形是通过以下过程获得的:使负峰值的第二脉冲的峰值随时间而衰减,使所述第二脉冲的初始峰值随着所述第一电流脉冲的幅值的变大而在负方向上增大,并使得所述第二脉冲的初始峰值在所述负方向上的增大量能够随着所述半导体激光器的环境温度的升高而变小。

[0241] 本领域的技术人员应当明白,在不脱离所附权利要求或其等同物的范围内,取决于设计需要和其它因素可出现各种变化、组合、子组合和替代。

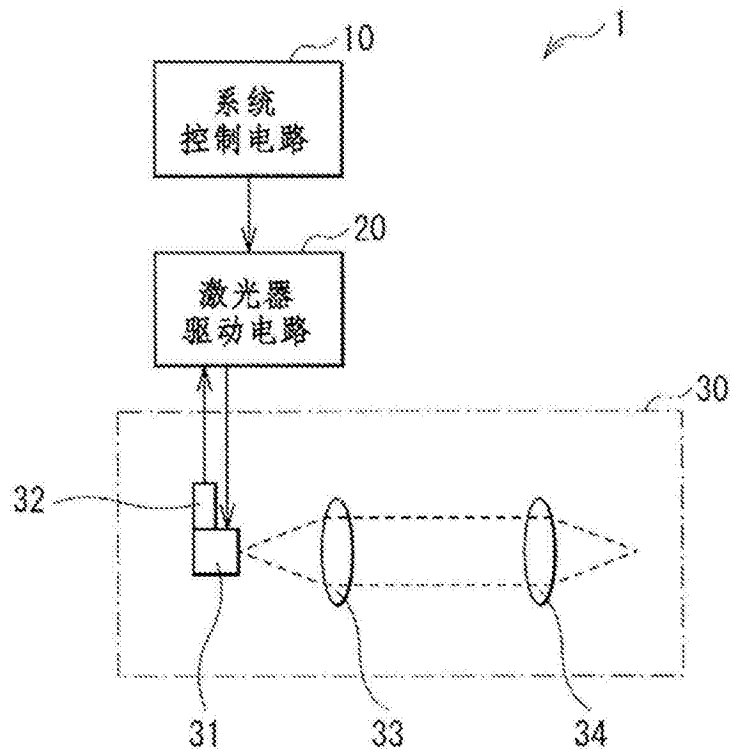


图1

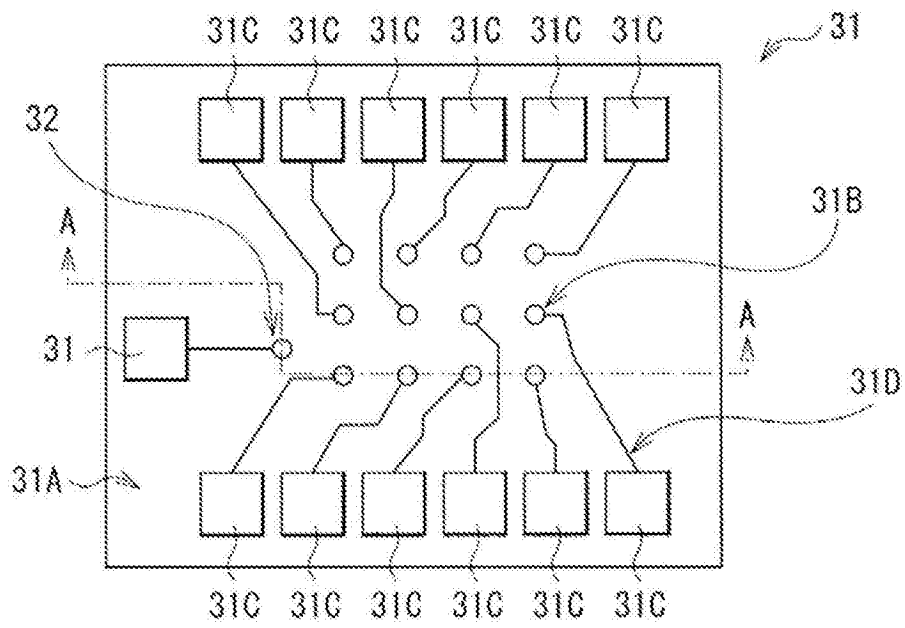


图2

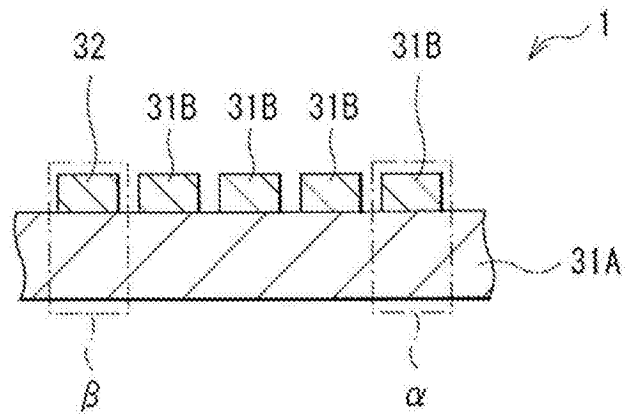


图3

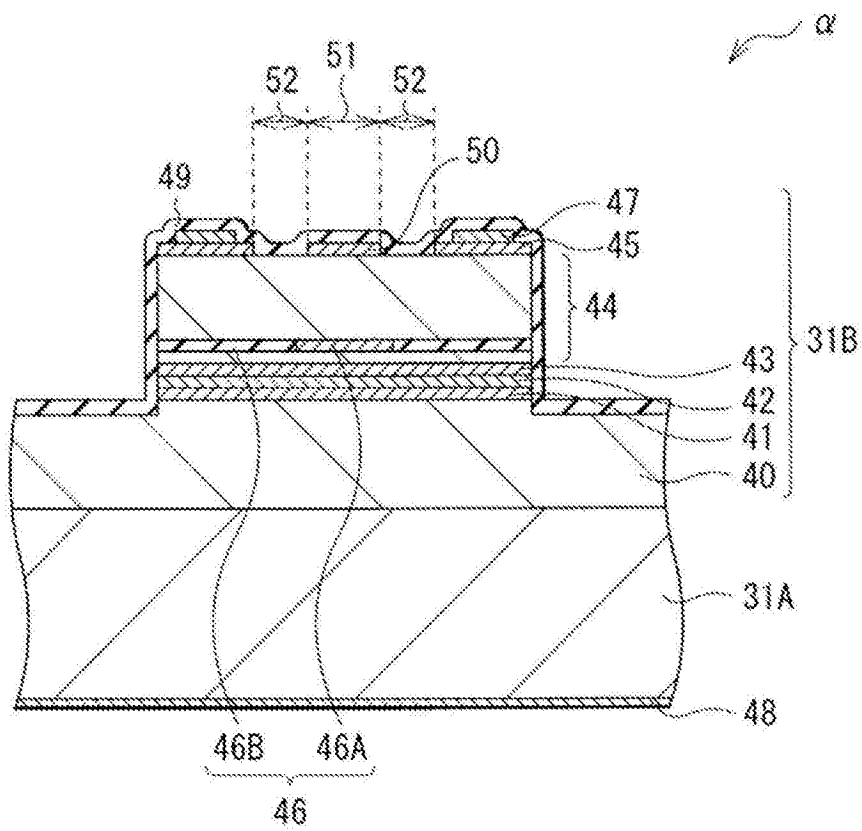


图4

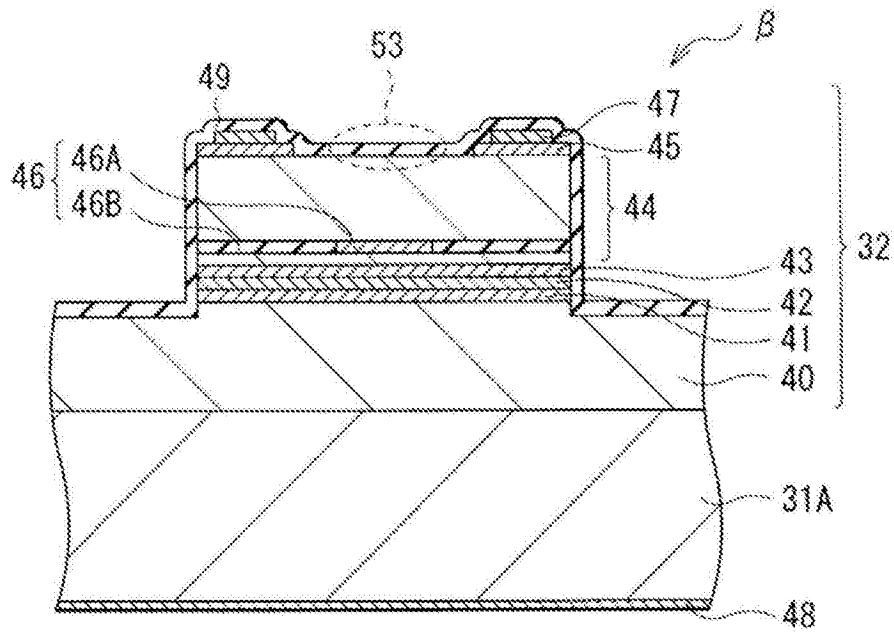


图5

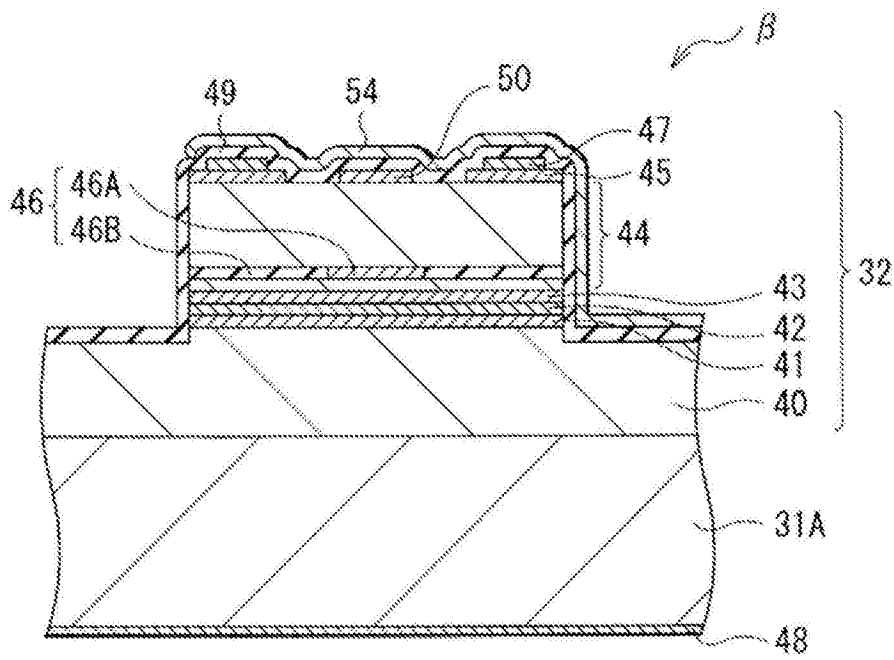


图6

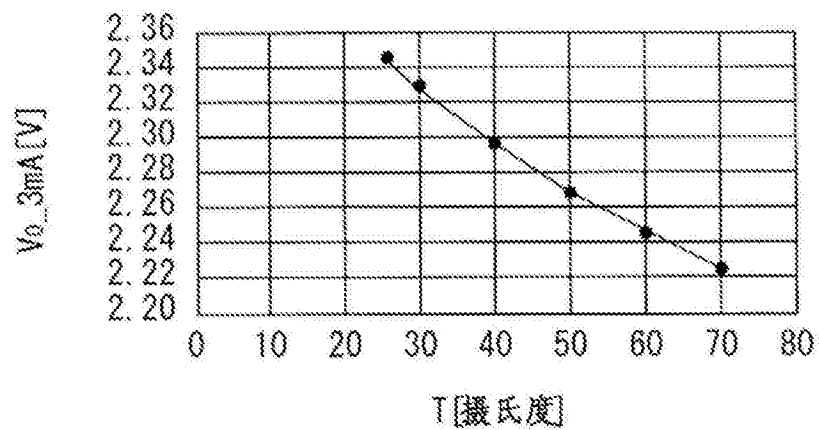


图7

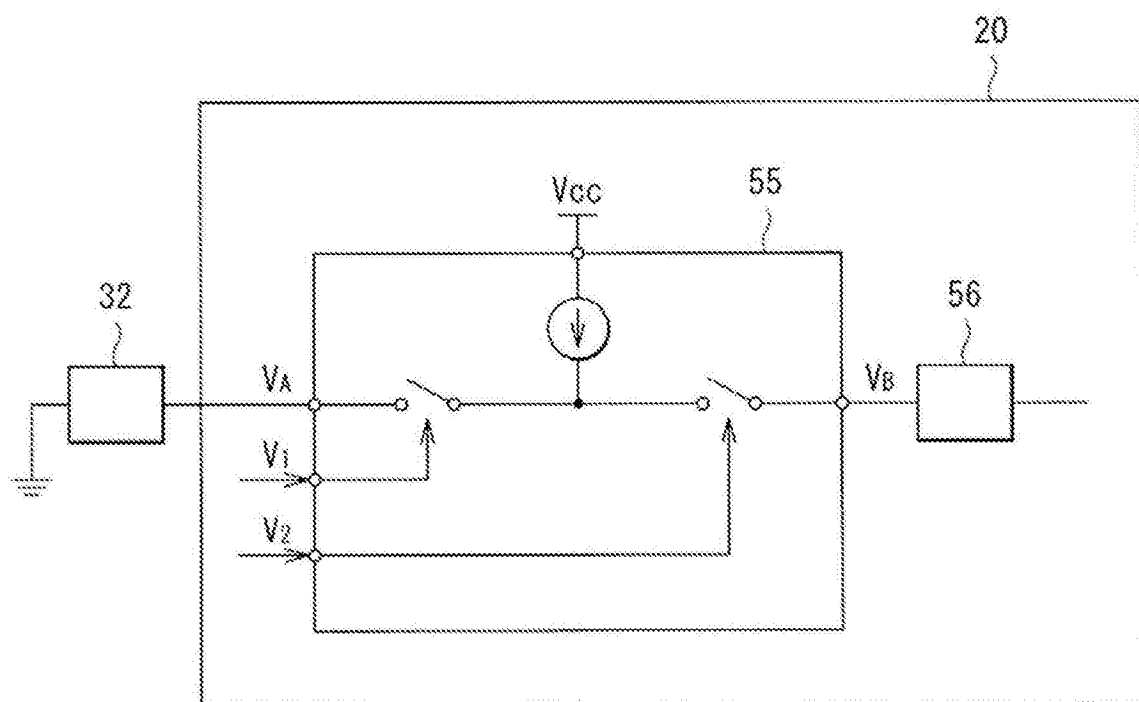


图8

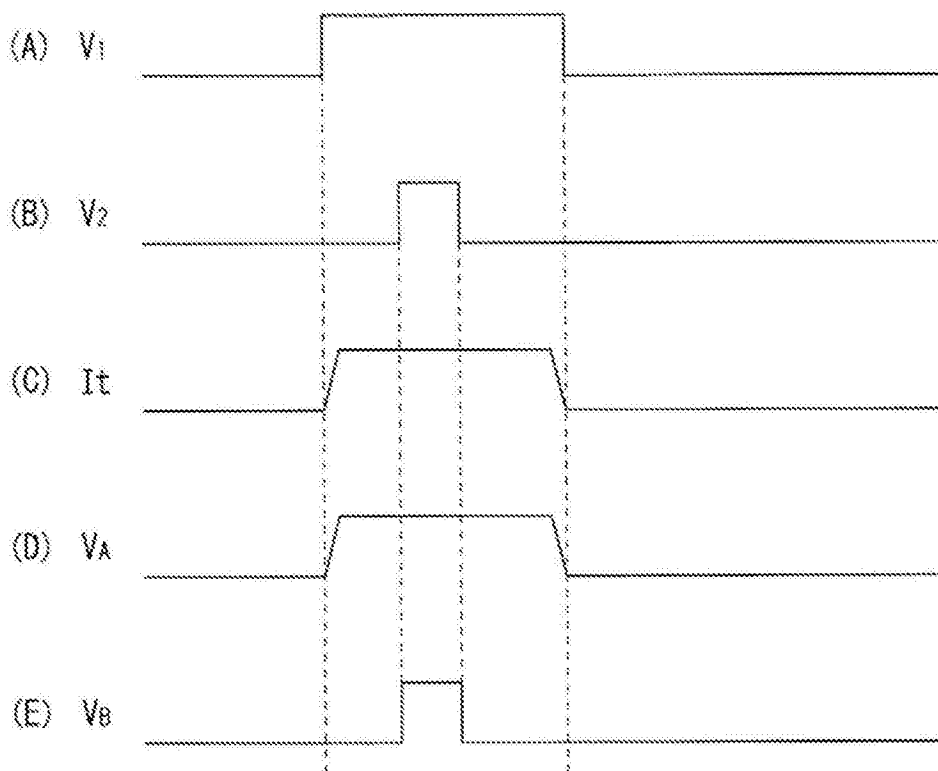


图9

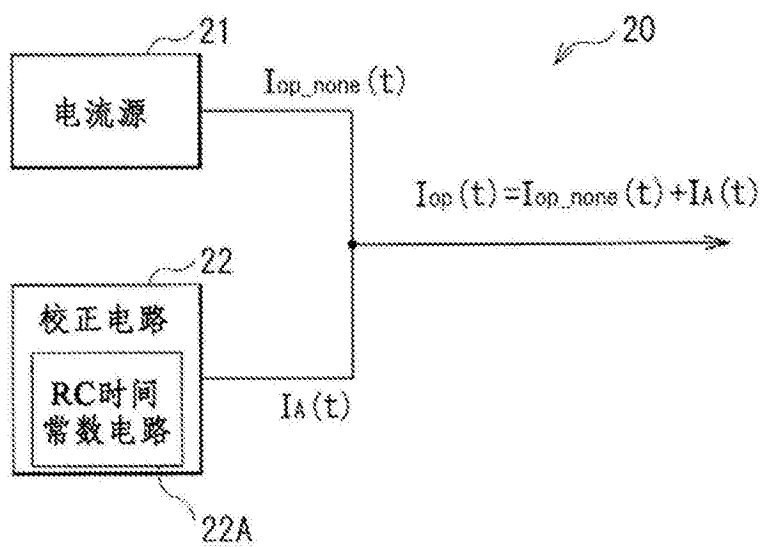


图10

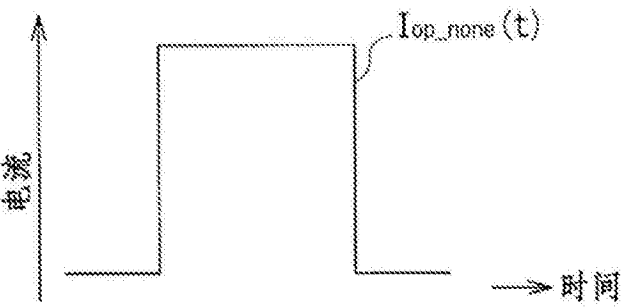


图11A

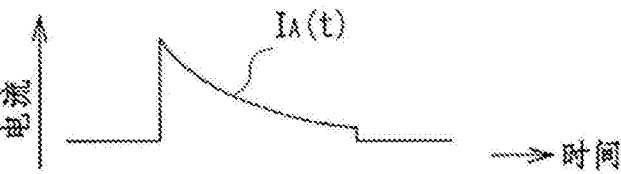


图11B

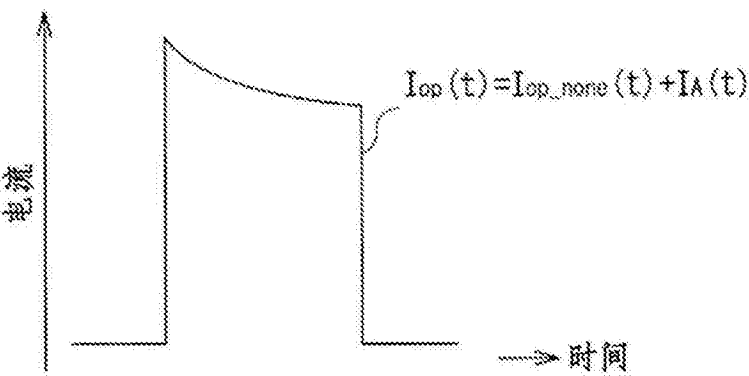


图11C

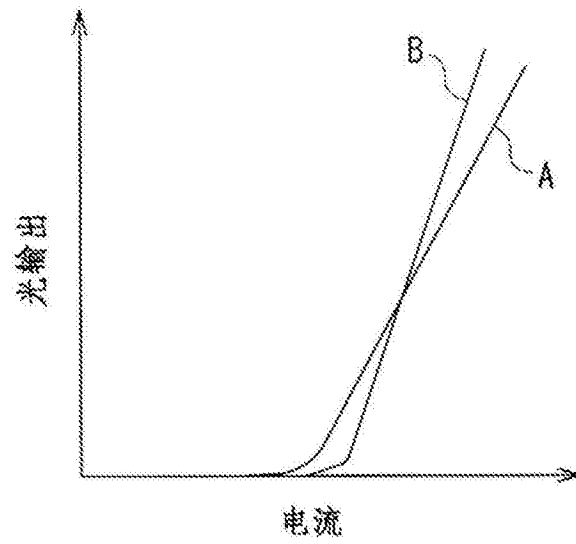


图12

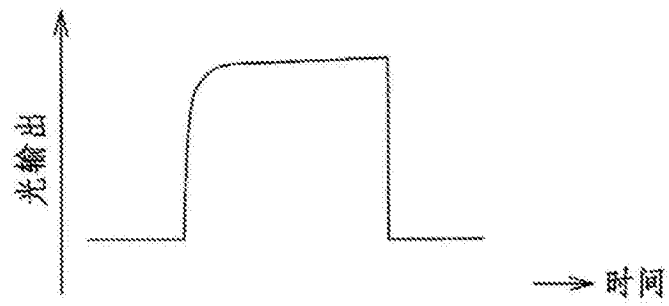


图13A

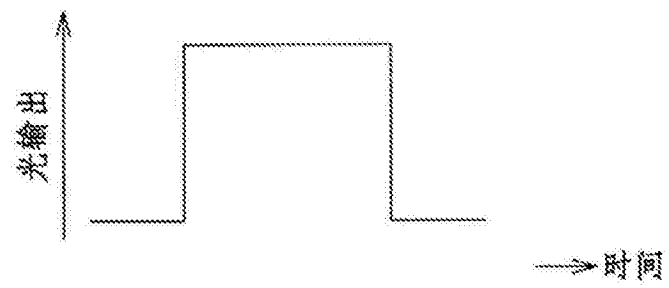


图13B

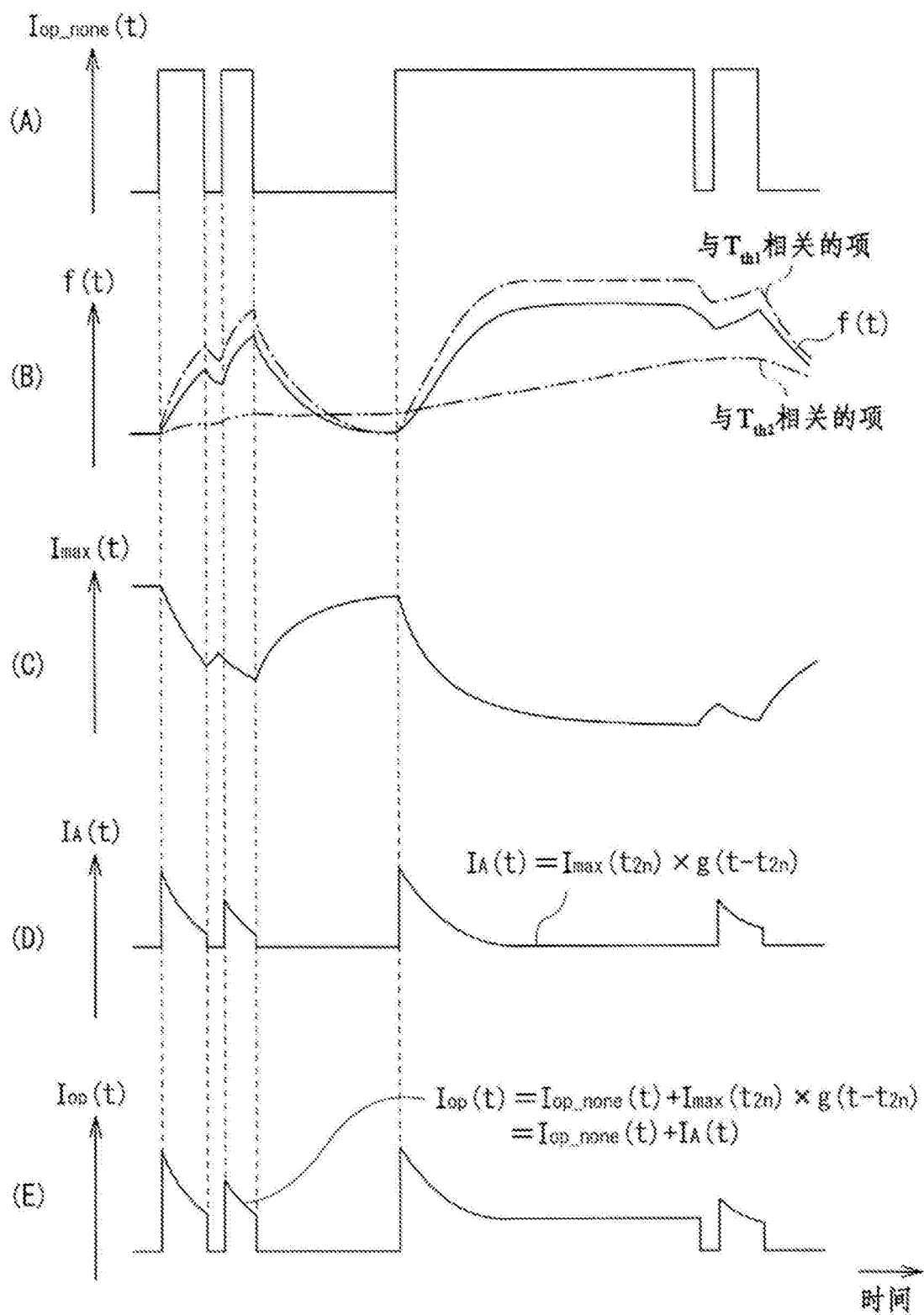


图14

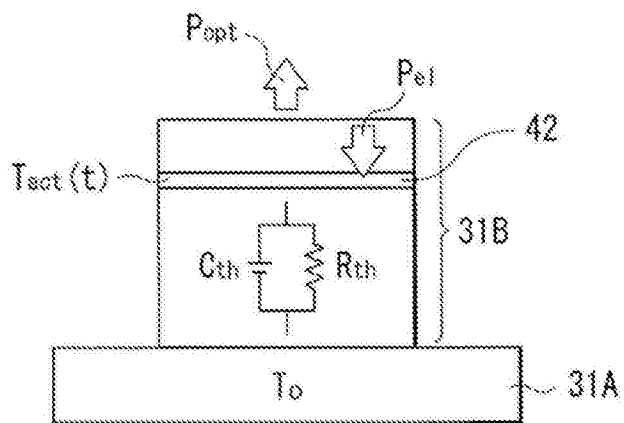


图15

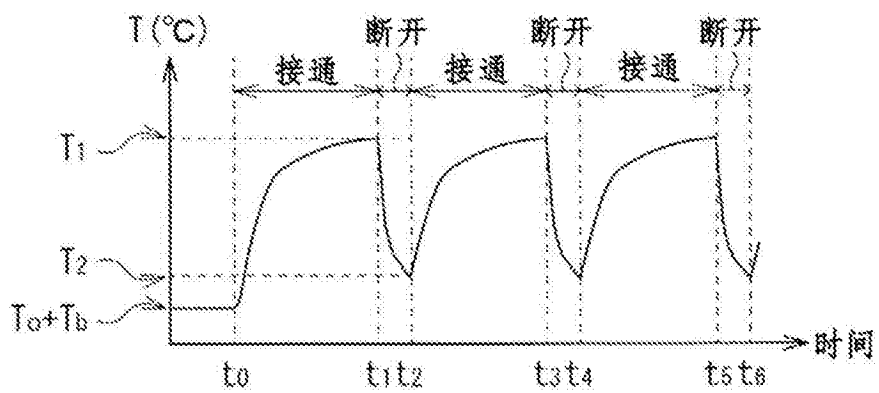


图16

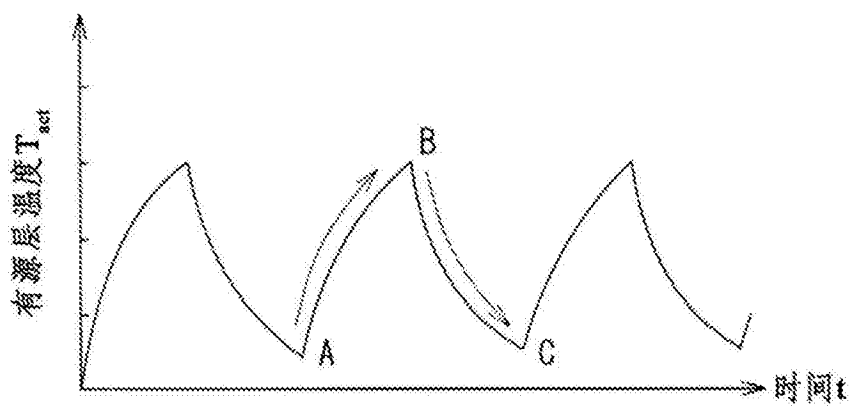


图17A

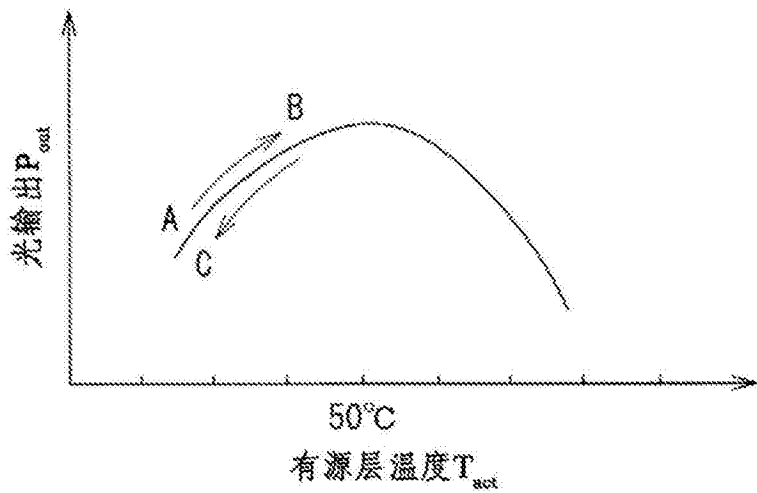


图17B

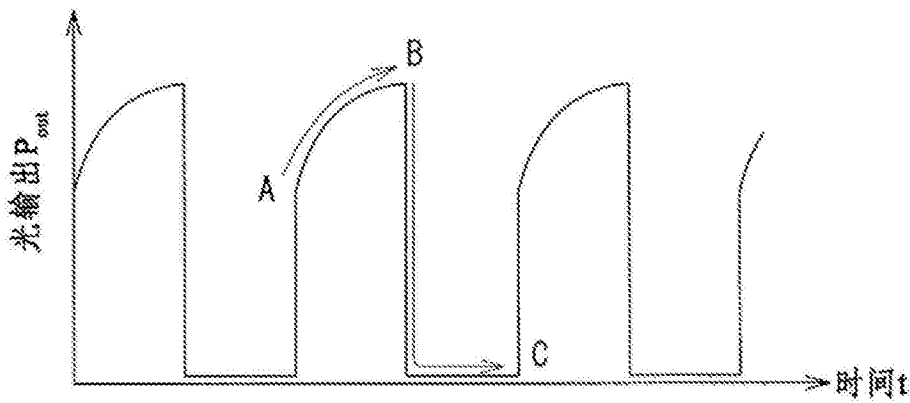


图17C

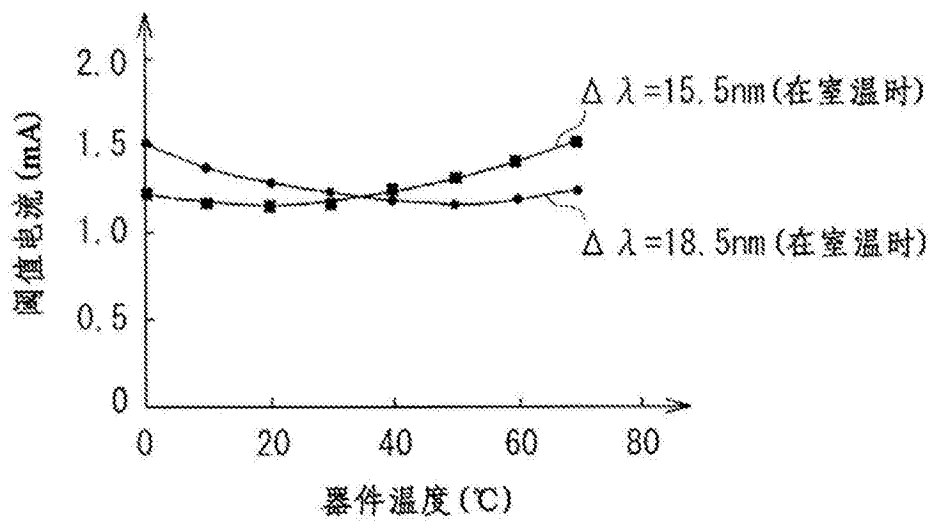


图18

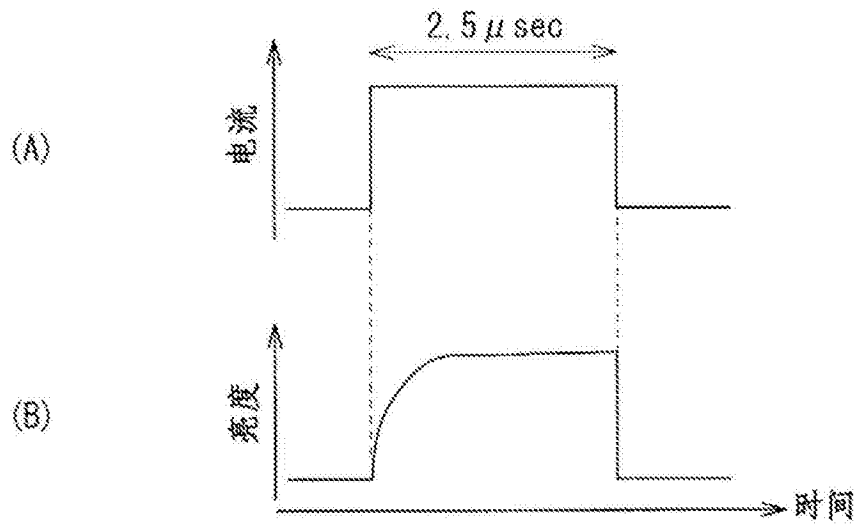


图19

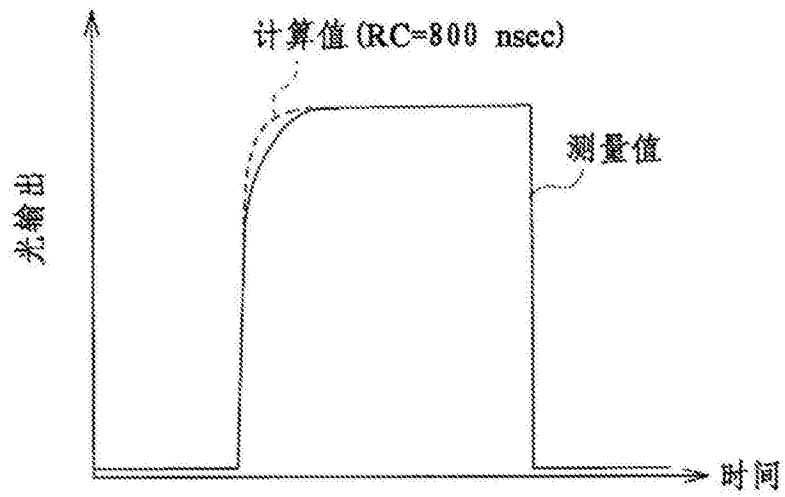


图20

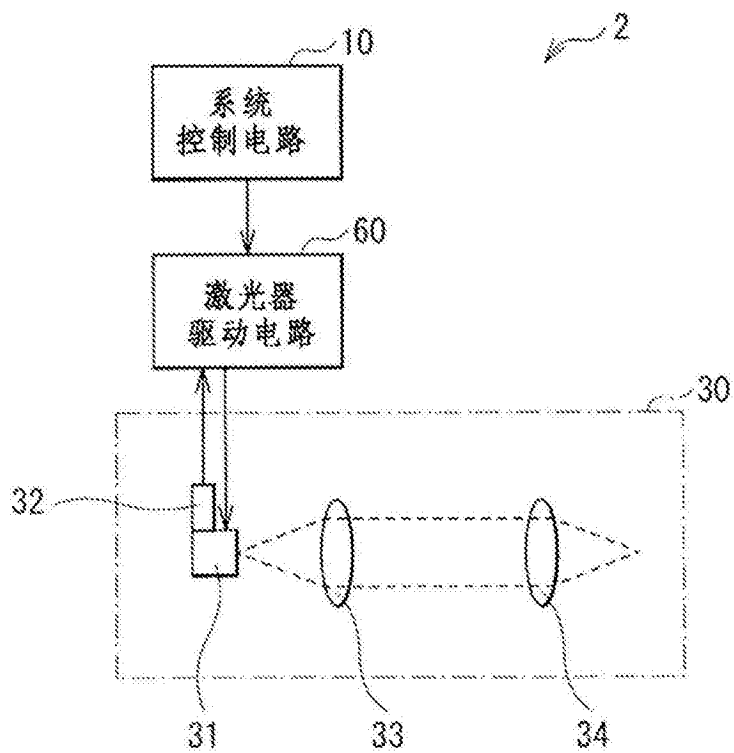


图21

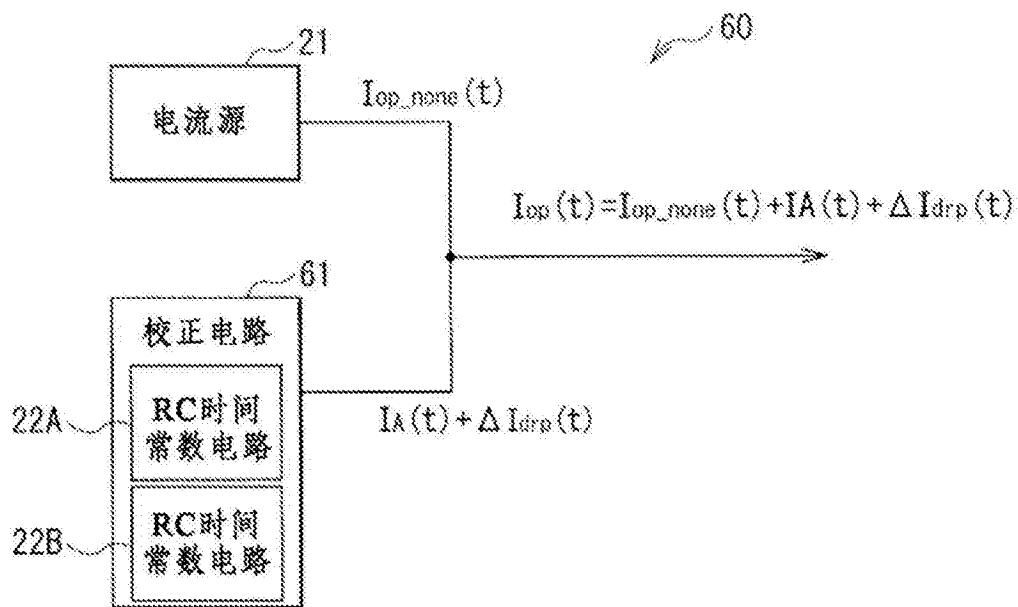


图22

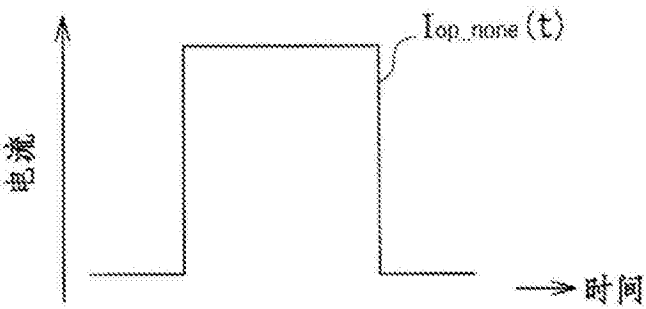


图23A



图23B

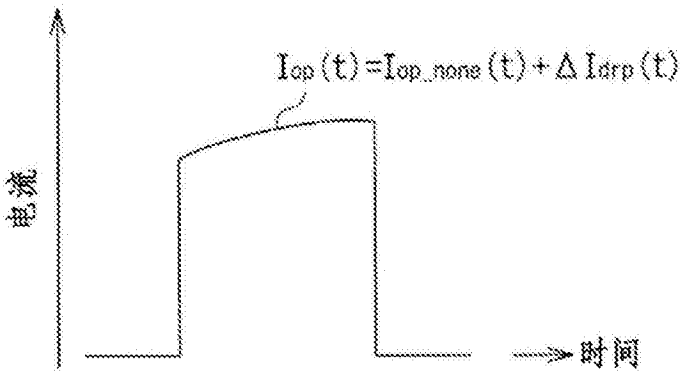


图23C

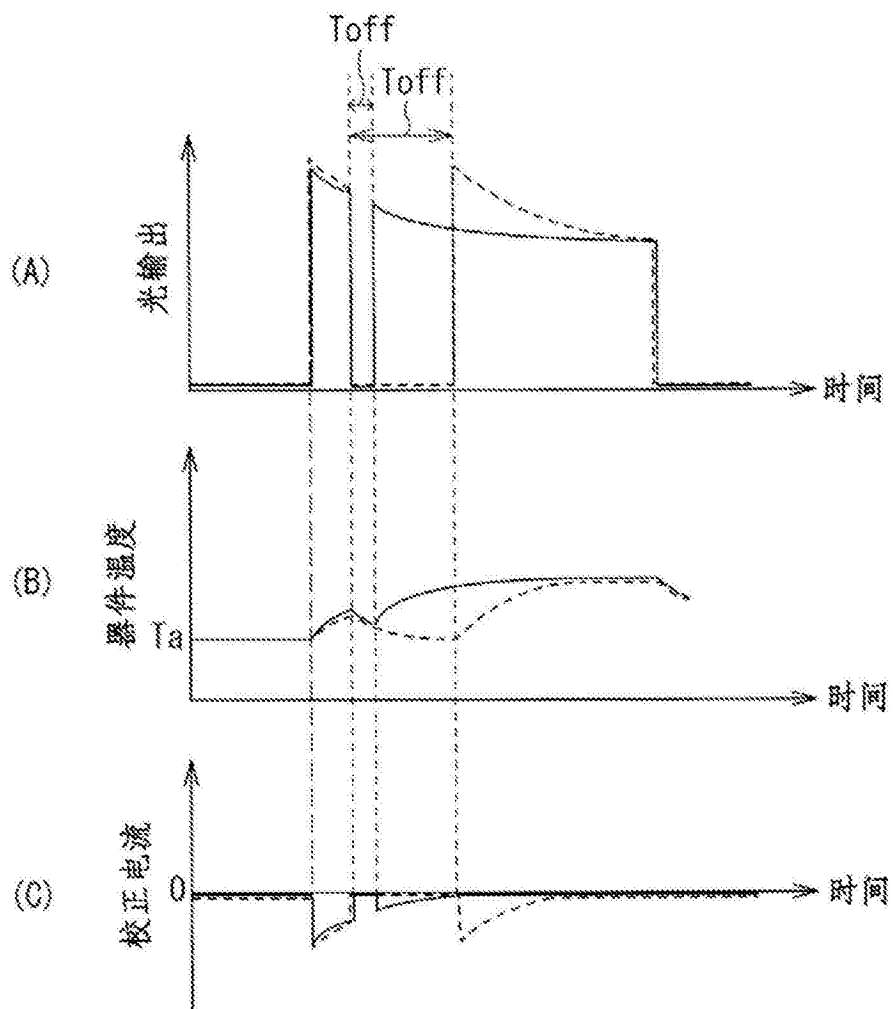


图24

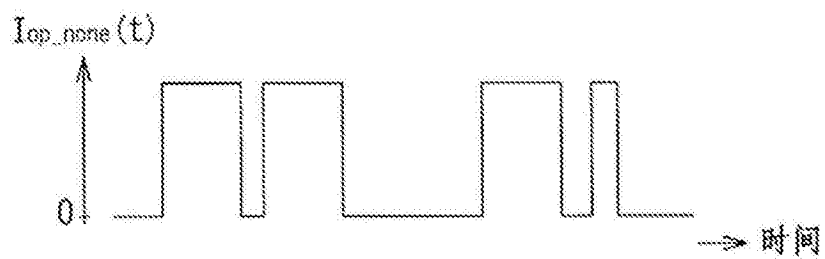


图25A

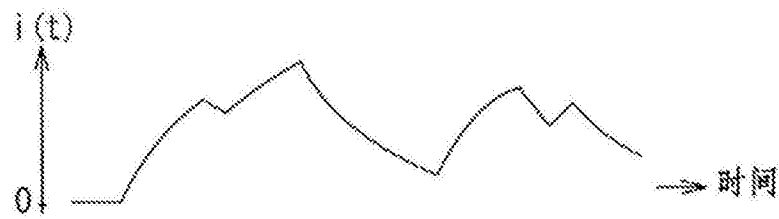


图25B

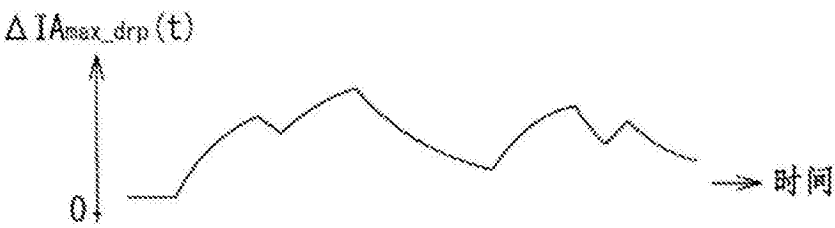


图25C

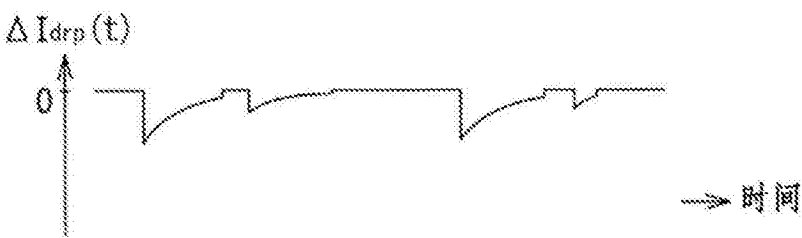


图25D

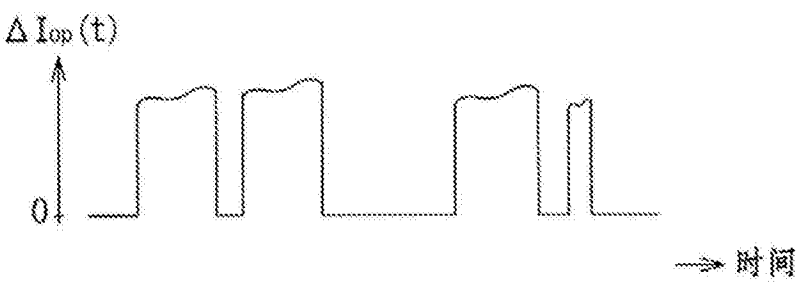


图25E

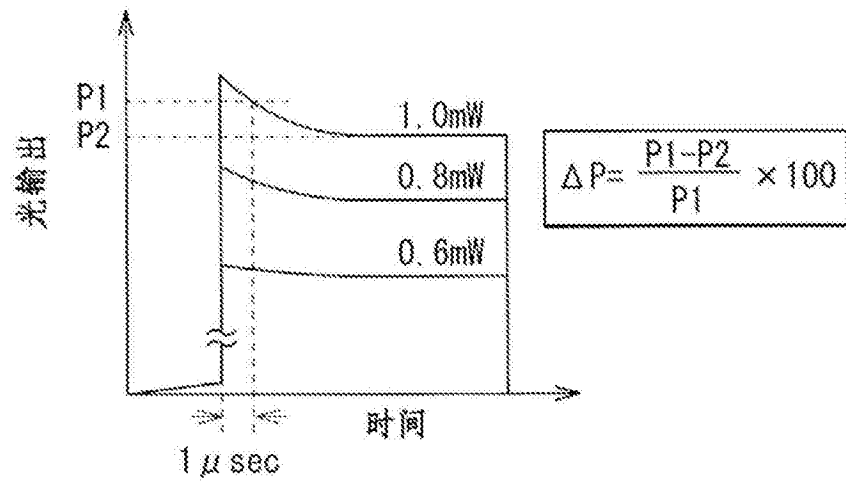


图26

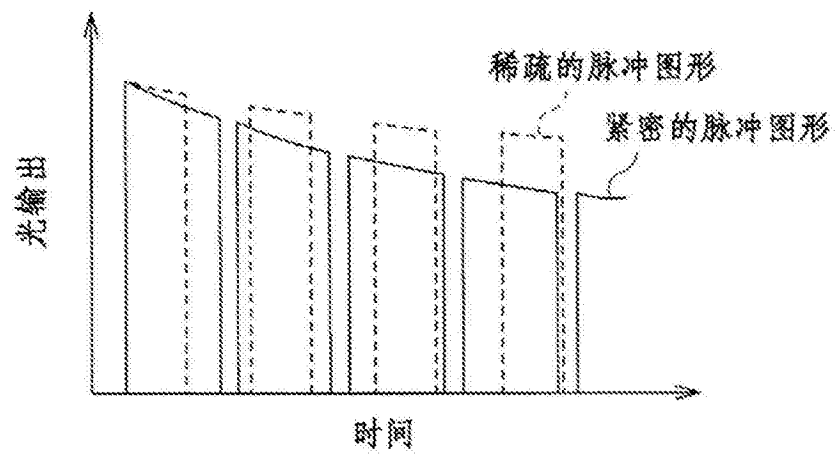


图27