(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102163800 B
(45)授权公告日 2013.05.01

(21)申请号 201110043162.X
(22)申请日 2011.02.18
(30)优先权数据
2010-033273 2010.02.18 JP
(73)专利权人 住友电工光电子器件创新株式会社
地址 日本神奈川县
(72)发明人 柴田雅央 田中宏和 石川务
(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 孙海龙
(51)Int.Cl.
H01S 5/06(2006.01)
H01S 5/125(2006.01)
(56)对比文件
US 2001/0036210 A1,2001.11.01, 全文.
US 6870865 B2,2005.03.22, 全文.
EP 1158629 B1,2006.06.28, 全文.
EP 0931371 A1,1999.07.28, 全文.
CN 101350498 A,2009.01.21, 全文.
审查员 张辉

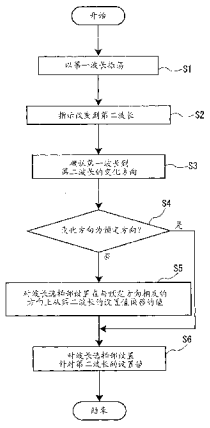
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

控制波长可调激光器的方法

(57)摘要

一种用于控制波长可调激光器以多个波长选择部的组合来选择振荡波长的方法，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，所述方法包括：第一步骤，用于确认在设置值从用于获得所述第一波长的第一设置值变为用于获得所述第二波长的第二设置值的情况下所述波长选择部的控制方向；第二步骤，用于当在所述第一步骤中确认的所述控制方向与预定变化方向相反时，在所述波长选择部上将与所述预定变化方向相反的方向上、从所述第二设置值偏移的设置值设置为预备设置值；以及第三步骤，用于将所述第二步骤中设置的所述预备设置值变为所述第二设置值。



CN 102163800 B

1. 一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器通过多个波长选择部的组合来选择振荡波长，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，

其中，将所述振荡波长从第一波长变更为第二波长的过程中对所述多个波长选择部中的至少一个波长选择部的设置值进行控制，

所述方法包括：

第一步骤，确认在将设置值从用于获得所述第一波长的第一设置值变更为用于获得所述第二波长的第二设置值的情况下所述波长选择部的控制方向；

第二步骤，当在所述第一步骤中确认出的所述控制方向与预定变化方向相反时，对所述波长选择部设置在所述预定变化方向的相反方向上偏离所述第二设置值的设置值，作为预备设置值；以及

第三步骤，将所述第二步骤中设置的所述预备设置值变更为所述第二设置值。

2. 一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器通过多个波长选择部的组合来选择振荡波长，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，

其中，将所述振荡波长从第一波长变更为第二波长的过程中对所述多个波长选择部中的至少一个波长选择部的设置值进行控制，

所述方法包括：

第一步骤，将对所述波长选择部设置的用于获得所述第一波长的第一设置值变为用作预先确定的控制方向的起始点的初始设置值；以及

第二步骤，将所述第一步骤中对所述波长选择部设置的所述初始设置值变为用于获得所述第二波长的第二设置值。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中，所述初始设置值是使得所述波长选择部不受控制的值。

4. 一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器具有多个波长选择部和增益区，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，通过所述多个波长选择部的组合来选择振荡波长，

所述方法包括在所述波长可调激光器启动时的：

第一步骤，对所述波长选择部设置用于获得预先确定的控制方向的起始点的初始设置值，并对所述增益区设置用于获得预定增益的增益设置值；以及

第二步骤，在所述第一步骤之后对所述波长选择部设置用于获得预定振荡波长的目标波长设置值。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其中，所述第一步骤中的所述波长选择部的初始条件是所述波长选择部不受控制的条件。

6. 一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器具有多个波长选择部和增益区，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，通过所述多个波长选择部的组合来选择振荡波长，

所述方法包括在所述波长可调激光器起始时的：

第一步骤，对所述波长选择部设置用于获得预定振荡波长的目标波长设置值，并且对所述增益区设置用于获得增益的增益设置值；

第二步骤，对所述波长选择部设置作为预先确定的控制方向的起始点的初始设置值；

以及

第三步骤，对所述波长选择部设置所述目标波长设置值。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其中，所述初始设置值是使得所述波长选择部不受控制的值。

8. 如权利要求 1 至 7 中任意一项所述的方法，其中，所述多个波长选择部中至少一个波长选择部包括啁啾采样光栅分布式反射器，所述啁啾采样光栅分布式反射器具有按预定间隔形成有皱阶的光波导，

所述间隔中的至少两个间隔彼此不同。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其中，所述多个波长选择部中的至少一个波长选择部由采样光栅分布式反馈构成，所述采样光栅分布式反馈具有按预定间隔形成皱阶的光波导，

所述间隔基本上彼此相等。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其中，所述啁啾采样光栅分布式反射器的波长特性由加热器来控制。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其中：

所述波长可调激光器的波长特性具有多个台阶，使得将所述波长可调激光器的振荡波长保持为相对于所述加热器的温度变化基本恒定；并且

相对于所述温度变化的变化方向，所述多个台阶的位置彼此不同。

控制波长可调激光器的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及控制波长可调激光器的方法。

背景技术

[0002] 一般来说，波长可调激光器通过改变共振器的波长特性以期望的波长来振荡。典型地，共振器中包括的镜具有用以改变共振器的波长特性的波长特性。所述镜的波长特性受到控制，以使得共振器的共振条件适于期望的振荡波长。另一波长可调激光器具有多个环共振器，并通过控制共振条件来控制振荡条件。日本专利申请公开第 2007-48988 号公开了波长可调激光器。

[0003] 给定设置值被提供给波长可调激光器的各个部分，以获得期望的振荡波长。例如，设置值被提供给用于设置共振器的增益的增益电极、用于控制 DBR（分布式反射器）区的波长特性的加热器，以及用于控制 DFB（分布式反馈）区和激光器振荡的波长特性的温度控制设备。

[0004] 多个波长信道被设置在 WDM 通信技术中使用的波长可调激光器中的窄带内。因此，每个信道的间隔非常窄。例如，C 带在从 1528.773nm 到 1563.863nm 的波长带内具有 89 个信道。因此，每个信道之间的频率差为 50GHz（约 0.4nm 波长差）。

[0005] 波长信道用窄带间隔来定义。然而，波长可调激光器具有多个要控制的部件。因此，在设置每个部件的值时仅允许窄控制范围。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供控制一种波长可调激光器的方法，其以高可控性来控制振荡波长。

[0007] 根据本发明的一个方面，提供了一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器以多个波长选择部的组合来选择振荡波长，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同在将所述振荡波长从第一波长变更为第二波长的过程中对所述多个波长选择部至少之一的设置值进行控制的情况下，所述方法包括：第一步骤，用于确认在将设置值从用于获得所述第一波长的第一设置值变更为用于获得所述第二波长的第二设置值的情况下所述波长选择部的控制方向；第二步骤，用于当在所述第一步骤中确认的所述控制方向与预定变化方向相反时，对所述波长选择部设置作为预备设置值的、沿与所述预定变化方向相反的方向上与所述第二设置值偏移的设置值；以及第三步骤，用于将所述第二步骤中设置的所述预备设置值变为所述第二设置值。

[0008] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于控制波长可调激光器的方法，该波长可调激光器以多个波长选择部的组合来选择振荡波长，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，在将所述振荡波长从第一波长变更为第二波长的过程中对所述多个波长选择部至少之一的设置值进行控制的情况下，所述方法包括：第一步骤，用于将对所述波长选择部设置的用于获得所述第一波长的第一设置值变为用作预先确定的控制方向的起始点的初始设

置值；以及第二步骤，用于将所述第一步骤中在所述波长选择部上设置的所述初始设置值变为用于获得所述第二波长的第二设置值。

[0009] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器具有多个波长选择部和增益区，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，所述多个波长选择部以所述多个波长选择部的组合来选择振荡波长，在所述波长可调激光器启动时，所述方法包括：第一步骤，用于对所述波长选择部设置用于获得预先确定的控制方向的起始点的初始设置值，并对所述增益区上设置用于获得预定增益的增益设置值；以及第二步骤，用于在所述第一步骤之后对所述波长选择部设置用于获得预定振荡波长的目标波长设置值。

[0010] 根据本发明的另一方面，提供了一种用于控制波长可调激光器的方法，所述波长可调激光器具有多个波长选择部和增益区，所述多个波长选择部的波长峰值彼此不同，所述多个波长选择部以所述多个波长选择部的组合来选择振荡波长，在所述波长可调激光器启动时，所述方法包括：第一步骤，用于对所述波长选择部设置用于获得预定振荡波长的目标波长设置值，并且对所述增益区设置用于获得增益的增益设置值；第二步骤，用于对所述波长选择部设置作为预先确定的控制方向的起始点的初始设置值；以及第三步骤，用于对所述波长选择部设置所述目标波长设置值。

附图说明

[0011] 图 1 图示了波长可调激光器的实施例；

[0012] 图 2A 和 2B 图示了加热器的温度条件和振荡波长之间的关系；

[0013] 图 3 图示了用于描述第一实施方式的控制流程图；

[0014] 图 4 图示了在执行图 3 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值；

[0015] 图 5A 图示了用于描述第二实施方式的控制流程图；

[0016] 图 5B 图示了在执行图 5A 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值；

[0017] 图 6A 图示了用于描述第三实施方式的控制流程图；

[0018] 图 6B 图示了在执行图 6A 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值；

[0019] 图 7A 图示了用于描述第四实施方式的控制流程图；

[0020] 图 7B 图示了在执行图 7A 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值。

具体实施方式

[0021] 将给出用于进行本发明的最佳模式的描述。

[0022] （第一实施方式）

[0023] 图 1A 图示了波长可调激光器 100 和具有该波长可调激光器 100 的激光设备 200 的实施例。波长可调激光器 100 具有这样的结构，其中形成在半导体基板 1 上的 SG-DFB（采样光栅分布式反馈）区 10 和 CSG-DBR（啁啾采样光栅分布式反射器，Chirped Sampled Grating Distributed Reflector）区 20 相互光耦合。波长可调激光器 100 被提供在温度控制设备 50 上。温度控制设备 50 可以使用帕尔贴 (peltier) 部件。

[0024] SG-DFB 区 10 具有其中以给定间隔形成皱阶 (corrugation)11 的结构。当从增益电极 40 向有源层 12 提供电流时，SG-DFB 区 10 具有增益。由于以给定间隔形成皱阶 11，

SG-DFB 区 10 具有这样的波长特性，其中有源层 12 具有给定间隔的增益峰值。皱阶 11 的各间隔在 SG-DFB 区 10 中基本相同。

[0025] 在 CSG-DBR 区 20 中以给定间隔形成皱阶 21。皱阶 21 的间隔与皱阶 11 的间隔不同。皱阶 21 的间隔中的至少两个相互不同。CSG-DBR 区 20 的光波导层 22 具有给定间隔的反射峰值，所述反射峰值不同于有源层 12 的增益峰值。反射强度在 CSG-DBR 区 20 中可以相互不同。加热器 30a 到 30c 在光波导层 22 的纵向方向被提供在 CSG-DBR 区 20 上。CSG-DBR 区 20 的波长特性可以用加热器 30a 到 30c 的温度控制来控制。

[0026] 控制器 60 控制波长可调激光器 100。控制器 60 具有 CPU（中央处理单元）、RAM（随机存取存储器）、输入 / 输出接口等。控制器 60 设置增益电极 40、加热器 30a 到 30c 以及温度控制设备 50 的设置值。设置值被设置为电子信号，例如电流、电压等。

[0027] 驱动电流被提供给增益电极 40，以使得在共振器中获得期望的激光器振荡所需的增益。控制加热器 30a 到 30c 的各温度，以使得获得期望的振荡波长。存储器 70 针对各目标振荡波长存储加热器 30a 到 30c 的温度条件。控制器 60 基于目标波长信息来访问存储器 70，并读取必要信息。温度控制设备 50 控制以预定间隔形成的皱阶 11 和有源层 12 的温度，由此控制 SG-DFB 区 10 的折射率。

[0028] 控制器 60 根据从波长可调激光器 100 输出和通过波束分离器 80 与波长检测部分 90 检测到的波长信息，来用温度控制设备 50 控制上述温度。振荡波长用温度控制设备 50 的温度控制来控制。

[0029] 控制器 60 通过使用有源层 12 的折射率变化来控制波长可调激光器 100 的 SG-DFB 区 10 的波长特性，有源层 12 的折射率变化用温度控制设备 50 的温度控制来控制。控制器 60 通过使用光波导层 22 的折射率变化来控制波长可调激光器 100 的 CSG-DBR 区 20 的波长特性，光波导层 22 的折射率变化用加热器 30a 到 30c 以及温度控制设备 50 的温度控制来控制。

[0030] 以这种结构，可以控制 SG-DFB 区 10 的增益峰值和 CSG-DBR 区 20 的折射峰值的交叠，并且可以选择期望的振荡波长。

[0031] 图 2A 图示了在提供在波长可调激光器 100 的 CSG-DBR 区 20 上的加热器 30a 到 30c 之间的各温差被保持为恒定而加热器 30a 到 30c 的温度变化的情况下，波长可调激光器 100 的振荡波长的相互关系。加热器 30a 到 30c 的温度变化对应于波长可调激光器 100 的振荡波长的选择。

[0032] 如图 2A 中所示，振荡波长相对于加热器 30a 到 30c 的温度变化而跳跃。SG-DFB 区 10 和 CSG-DBR 区 20 的波长特性的组合具有预定间隔的波长峰值。在此，振荡波长相对于加热器 30a 到 30c 的温度变化基本保持恒定的区域在后文中被称为台阶 (terrace)。

[0033] 如图 2A 中所示，彼此相邻的台阶的一部分彼此交叠。即，可以在特定温度条件下选择两个波长。这意味着当波长可调激光器 100 以一波长振荡时，为了将振荡波长改变为相邻的振荡波长，加热器的温度必须动态改变为振荡波长未彼此交叠的加热器的另一温度。一旦实现了激光振荡时，载流子被引入振荡条件。因而，振荡条件不容易变为相邻的振荡条件。因此，一个振荡波长与另一个振荡波长交叠。该交叠在其他波长可调激光器中被观测到。

[0034] 该交叠可能导致难以设置加热器的温度来获得各振荡波长。如上文所提及的，通

过针对对应各波长信道的各振荡波长进行调整，来确定加热器 30a 到 30c 的温度。在此，如图 2A 所示，假设获得彼此相邻的振荡波长的加热器的温度为条件“a”和条件“b”。条件“a”是其中振荡波长 α 与振荡波长 β 交叠的温度条件。条件“b”是其中振荡波长 β 与另外的振荡波长未交叠的温度条件。

[0035] 例如，在以振荡波长 α 处获得了振荡的状态下提供根据条件“a”的加热器的电力时，为将振荡波长改变为振荡波长 β，仅需要提供根据条件“b”的电力。然而，在提供根据条件“b”的加热器的电力且获得了振荡波长 β 处的振荡的状态下，即使提供根据条件“a”的电力，振荡波长也保持在振荡波长 β。因此，振荡波长未被改变为振荡波长 α。这是因为振荡条件在交叠条件之上。因此为了实现振荡波长 α 处的振荡，有必要提供根据条件“a’”的加热器的电力。条件“a’”是其中振荡波长 α 不与另一波长交叠的温度条件。因此，条件“a’”的温度高于条件“a”的温度。因此，当振荡波长变为相邻振荡波长时，有必要将加热器的温度设置在各台阶未彼此交叠的区域中。

[0036] 各台阶的交叠与各振荡波长的间隔（即，每个波长信道的间隔）具互关联。当各振荡波长的间隔窄时，交叠范围变宽。因此，当振荡波长的间隔减小时，用于将振荡波长变为相邻振荡波长的条件（即，台阶未相互交叠的条件）变窄。

[0037] 另一方面，发明人研究了加热器温度的变化方向导致的台阶的差。图 2B 图示了图 2A 中加热器温度的变化方向改变导致的台阶的差。在图 2B 中，圆圈指示加热器 30a 到 30c 的温度在单个方向上从较低温度变为较高温度的情况下的振荡波长的变化。在图 2B 中，三角形指示加热器 30a 到 30c 的温度在单个方向上从较高温度变为较低温度的情况下的振荡波长的变化。

[0038] 如图 2B 中所示，当温度的变化方向被固定为仅是升高方向和降低方向中的一个方向时，在用于将振荡波长改变为相邻振荡波长的加热器的温度中未观测到交叠。因此，用于将振荡波长改变为相邻振荡波长的台阶范围被放大。基于该研究，将给出本实施方式的描述。

[0039] 图 3 图示了用于描述第一实施方式的控制流程图。图 4 图示了在执行图 3 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值。在该实施方式中，本发明的知识适于波长可调激光器 100 的振荡波长从第一波长变为第二波长的情况。

[0040] 控制器 60 设置用于在波长可调激光器 100 上以第一波长实现振荡的设置值。对波长可调激光器 100 的增益电极 40、加热器 30a 到 30c 以及温度控制设备 50 设置用于以第一波长实现振荡的设置值。从存储器 70 读取该设置值。在各台阶不相互交叠的温度条件下设置用于实现各振荡波长的加热器 30a 到 30c 的温度设置值。

[0041] 波长可调激光器 100 在对各部件设置了这些设置值时激光振荡。该激光振荡所获得的振荡波长是由于 SG-DFB 区 10 的波长特性和 CSG-DBR 区 20 的波长特性交叠而输出的波长。该交叠允许有一波长范围。波长可调激光器 100 以该波长范围内的任意波长振荡。

[0042] 控制器 60 计算通过波束分离器 80 和波长检测部分 90 获得的波长信息与目标波长之间的差。温度控制设备 50 使用计算出的波长差信息。温度控制设备 50 根据温度差来改变共振器的折射率。因此，温度控制设备 50 使用这些特性，并且将振荡波长移动至目标波长。该操作称为 AFC（自动频率控制）。

[0043] 以该控制，波长可调激光器 100 以第一波长振荡（步骤 S1）。在步骤 S1 中，对加热

器 30a 到 30c 设置设置值，以输出第一波长。该条件为图 4 的控制点“a”。

[0044] 接下来，命令结构给出一指令，以使得在图 3 的步骤 S2 中将振荡波长改变为第二波长。接下来，在图 3 的步骤 S3 中确认从第一波长到第二波长的变化方向。例如，当第二波长是图 4 的波长“B”时，加热器 30a 到 30c 的温度被升高到点“b”。该变化方向被定义为变化方向“加”。相反，当第二波长为图 4 的波长“C”时，加热器 30a 到 30c 的温度降低到点“c”。该变化方向被定义为变化方向“减”。

[0045] 接下来，确定在步骤 S3 中确认的控制方向是否对应于预先确定的设置方向（变化方向）（步骤 S4）。如上文所提及的，当温度的变化方向为单个方向时，波长特性不相互交叠。这样，在该实施方式中，温度的变化方向被预先确定为升高方向和降低方向之一。在该实施方式中，温度的变化方向是升高方向（变化方向“加”）。

[0046] 如果在步骤 S3 中确认的变化方向为变化方向“加”，则在步骤 S3 中确认的变化方向与预先确定的方向相同。因此执行步骤 S6。在步骤 S6 中，加热器 30a 到 30c 的温度升高到图 4 的点“b”（其为用于获得第二波长的设置值）。以这种控制，波长可调激光器 100 以第二波长（波长“B”）振荡。

[0047] 接下来，将给出在步骤 S3 中确认的变化方向为变化方向“减”的情况的描述。如果在步骤 S3 中确认的变化方向为变化方向“减”，则执行步骤 S5。在步骤 S5 中，将用于沿与预定变化方向相反的方向获得目标第二波长（波长 C）的设置值偏移的值设置为预备设置值。即，如图 4 中所示，当第二波长为波长“C”时，设置了位于用于获得波长“C”的设置值（温度“C”）的相反侧（与预定变化方向“加”相反的变化方向“减”）的设置值（温度“c’”）。在图 4 中，未确定是在波长“C”还是在波长“D”获得激光振荡，这是因为温度“c’”是波长“c”的台阶与波长“D”的台阶交叠的区域。

[0048] 接下来，执行步骤 S6。在步骤 S6 中，设置用于获得第二波长的设置值。在此，加热器 30a 到 30c 的温度被控制为点“c”。温度的控制方向是从温度“c’”开始的升高方向（变化方向“加”）。因此，在对应于预先确定的变化方向的方向上控制温度。并且，温度最终被控制为温度“c”。如图 4 中所示，点“c”是波长“A”的台阶与波长“C”的台阶相互交叠的区域。根据上述描述，波长可调激光器 100 必定以波长“C”振荡。

[0049] 在步骤 S5 中确定的点“c’”可以是小于目标点“c”的值。即，点“c’”可以是位于与预先确定的变化方向相反的方向上的值。然而，如图 4 所示，当交叠范围大时，有必要确定超过图 4 中用“z”指示的范围的点“c’”。在图 4 中，用“z”指示的范围是波长“C”（第二波长）的台阶与波长“A”的台阶相互交叠的区域，所示波长“A”与波长“C”相邻。

[0050] 在本实施方式中的温度“c’”与波长“D”的台阶交叠，波长“D”与波长“C”（第二波长）相邻。之后，在步骤 S6 中，温度被控制为点“c”。因此，即使当点“c”被设置时波长可调激光器 100 以波长“D”振荡，也不是问题。即使点“c’”被设置为更低的值，也不是问题。例如，如果在加热器 30a 到 30c 的驱动电流被设置为零之后加热器 30a 到 30c 的温度升高到点“c”，可以获得相同的效果。

[0051] 根据本实施方式，可以用简单的结构选择期望的振荡波长。因此，能够以高可控性来控制振荡波长。

[0052] 可以修改本实施方式。在本实施方式中，变化方向是温度的升高方向。然而，如果变化方向是温度的降低方向，则当以反方向控制温度时可以获得相同的效果。在本实施方

式中，波长可调激光器 100 使用加热器 30a 到 30c 作为波长选择部。然而，可以使用利用电流注入而非加热器来改变折射率的波长可调激光器。

[0053] 本实施方式解决了在波长特性具有台阶的波长可调激光器中不可避免地发生的台阶交叠问题。具有台阶的波长特性出现在具有这样的共振器的波长可调激光器中，所述共振器包括多个波长控制部分，各波长控制部分的波长特性以一定的间隔获得。因此，根据本实施方式的控制可以适用于其它波长可调激光器。

[0054] 例如，本实施方式可以适用于：具有这样的共振器的波长可调激光器，在该共振器中提供了包括预定间隔的多个皱阶的两个 SG-DBR 镜；通过使用环共振器的组合来以期望的波长振荡的波长可调激光器，等等。该变型适用于以下的第二实施方式到第四实施方式。

[0055] [第二实施方式]

[0056] 接下来，将给出第二实施方式的描述。图 5A 图示了用于描述第二实施方式的控制流程图。图 5B 图示了在执行图 5A 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值。在第一实施方式中，在步骤 S3 和 S4 中，确认为了以第二波长振荡，波长选择部的设置值的变化方向，并且根据变化方向来切换控制操作。在本实施方式中，不确认变化方向。当振荡波长改变时，有必要初始化设置值。将给出本实施方式的操作的描述。

[0057] 在图 5A 的步骤 S11 中，波长可调激光器 100 以第一波长振荡。在该条件下，假设加热器 30a 到 30c 被控制在图 5B 的点“a”。接下来，当在步骤 S12 中给出指令用以使得将振荡波长变为第二波长时，在步骤 S13 中对波长选择部设置初始设置值。在本实施方式中，也预先确定变化方向。在本实施方式中，预先确定的变化方向是温度升高方向（变化方向“加”）。

[0058] 初始设置值是这样的设置值，其为预先确定的控制方向的起点。初始设置值可以是波长可调激光器 100 中可选台阶中的位于预定变化方向的相反方向上的末端的台阶的值。初始设置值可以是与该末端台阶相比较在该相反方向侧的值。当预定变化方向是升高方向时，提供给加热器 30a 到 30c 的电力可以设置为零。执行步骤 S13 时，因为在本实施方式中提供给加热器的初始电力被设置为零，加热器 30a 到 30c 的温度条件是图 5B 的执行步骤 S13 的温度条件“c’”。

[0059] 接下来，在步骤 S14 中，对加热器 30a 到 30c 设置用于获得第二波长的值。以这种控制，在与预先确定的变化方向对应的方向上控制温度。因此，温度最终被控制为目标值（点“c”或“b”）。因此，以根据本实施方式的控制，必然能够获得期望的波长（波长“C”或“B”）。

[0060] 如果第二波长是波长“B”，则即使从点“a”到点“b”直接控制温度，也可以获得波长“B”。然而，在本实施方式中一旦设置了初始设置值，不管目标波长为什么波长，都不需要进行条件判定。在这一点上，第二实施方式中的控制比第一实施方式中的控制更容易。第二实施方式可以适用于可变的波长可调激光器以及第一实施方式。

[0061] [第三实施方式]

[0062] 接下来，将给出对第三实施方式的描述。在第一实施方式和第二实施方式中，当振荡波长从第一波长变为第二波长时，用于获得第二波长的针对设置值的控制方向仅为单个方向。另一方面，在波长选择部 (SG-DFB 区 10 和 CSG-DRB 区 20)，在波长可调激光器 100 启动时以及切换波长时，波长从未控制值被控制为目标值。

[0063] 如第一实施方式或第二实施方式中所描述的，在控制时，振荡波长从波长 A 变为波长 B 或者从波长 A 变为波长 C。即，对图 1 的波长可调激光器 100 中的增益电极 40、加热器 30a 到 30c 以及温度控制设备 50 设置根据目标振荡波长的设置值，以获得激光振荡。

[0064] 在启动时，波长从未控制值被控制为目标值。根据各条件，要控制的各部件要经过一定的转变时间段才能变稳定。温度控制设备 50、加热器 30a 到 30c 等的转变时间段根据外部温度来改变。转变时间段是可变的。因此，存在这样的情况，其中在所有控制都未稳定的时间段内，波长被控制在温度升高方向的台阶和温度降低方向的台阶都有影响的区域中。在这种情况下，在台阶相互交叠的区域内，波长可调激光器 100 可以与目标波长相邻的波长振荡。

[0065] 第三实施方式解决了该问题。在第三实施方式中，与在第一实施方式和第二实施方式中一样，用于获得目标波长的控制方向是单个方向。将给出第三实施方式的操作的描述。图 6A 图示了根据第三实施方式的控制流程图。图 6B 图示了在执行图 6A 的控制流程图的情况下的波长选择部的设置值。

[0066] 在本实施方式中，首先，在启动波长可调激光器 100 时，波长选择部的设置值设置初始设置值，而不设置目标值。即，如图 6A 的步骤 S21 所示，对增益电极 40 设置增益设置值，并且对温度控制设备 50 设置用于获得目标波长的设置值。在这种情况下，不对用作波长选择部的加热器 30a 到 30c 设置用于获得目标波长（图 6B 的点“a”）的设置值，而设置初始设置值。温度控制设备 50 控制波长选择部 (SG-DFB 区 10) 的波长选择操作。在本实施方式中，对作为多个波长选择部之一的加热器 30a 到 30c 设置初始设置值。

[0067] 第二实施方式的初始设置值可以适用于第三实施方式。即，初始设置值可以是波长可调激光器 100 中可选台阶中的位于预定变化方向的相反方向上的末端的台阶的值，或者初始设置值可以是与末端台阶相比较在该相反方向侧的值。在第三实施方式中，预先确定的变化方向是温度升高方向（变化方向“加”），并且初始设置值是用于获得不向加热器 30a 到 30c 提供电力的状态的值。在该状态下，如图 6B 中所示，加热器 30a 到 30c 处于点“a- 基点”(a-base) 的温度状态下。

[0068] 接下来，在步骤 S22 中，对加热器 30a 到 30c 设置用于获得目标波长的设置值。即，温度条件从图 6B 中所示的点“a- 基点”被控制到点“a”。在这种情况下，在预定方向（变化方向“加”）控制加热器 30a 到 30c，并且不在反方向控制加热器 30a 到 30c。因此，能够获得准确的振荡波长。

[0069] [第四实施方式]

[0070] 接下来，给出第四实施方式的描述。与第三实施方式一样，第四实施方式是在波长可调激光器 100 启动时的控制的实施例。将给出第四实施方式的操作的描述。图 7A 图示了用于描述第四实施方式的控制流程图。图 7B 图示了在执行图 7A 的控制流程图的情况下波长选择部的设置值。

[0071] 与第三实施方式不同的是，在第四实施方式中，首先对波长可调激光器 100 设置用于获得目标波长的所有设置值。即，在如 7A 所示的，在 S31 中，对增益电极 40 设置增益设置值。对温度控制设备 50 设置用于获得目标波长的设置值。对加热器 30a 到 30c 设置用于获得点“a”（目标波长）的设置值。然而，在该状态下，波长可调激光器 100 有可能以与目标波长“A”相邻的波长“B”或波长“C”振荡。

[0072] 接下来，在步骤 S32 中，对加热器 30a 到 30c 设置初始设置值。该初始设置值可以与第三实施方式的初始设置值相同。在第四实施方式中，变化方向是温度升高方向（变化方向“加”）。以步骤 S32 的控制，在步骤 S32 中，对加热器 30a 到 30c 设置初始设置值“a- 基点”。在本实施方式中，对加热器 30a 到 30c 设置的电力的初始设置值为零。

[0073] 接下来，在步骤 S33 中，对加热器 30a 到 30c 设置用于获得目标波长的设置值，该设置值为根据图 7B 的点“a’”（＝“a”）的值。以步骤 S32 和 S33 的控制，加热器 30a 到 30c 在预定方向（变化方向“加”）上被控制，而不在反方向上控制。这允许准确的振荡波长。

[0074] 如上面的实施方式中所提及的，本发明通过将用于获得目标波长的控制方向确定为单个方向来允许高可控性的振荡波长。

[0075] 本发明并不限于具体公开的实施方式和变型，而是可以包括未偏离本发明的范围的其他实施方式和变型。

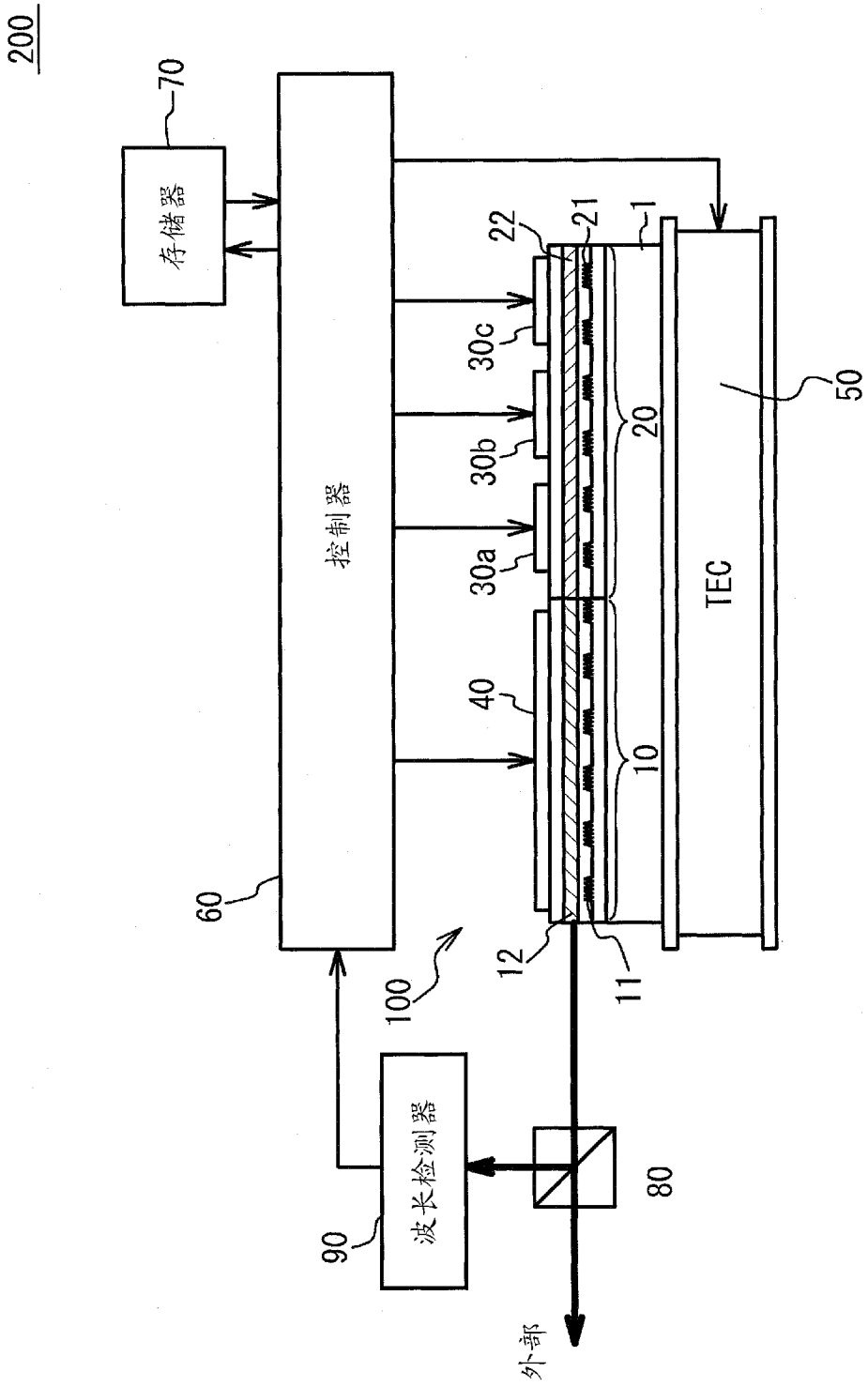

200
70
存储器
控制器
60
22
21
1
30c
30b
30a
40
20
10
50
TEC
12
11
100
波长检测器
90
80
外部

图 1

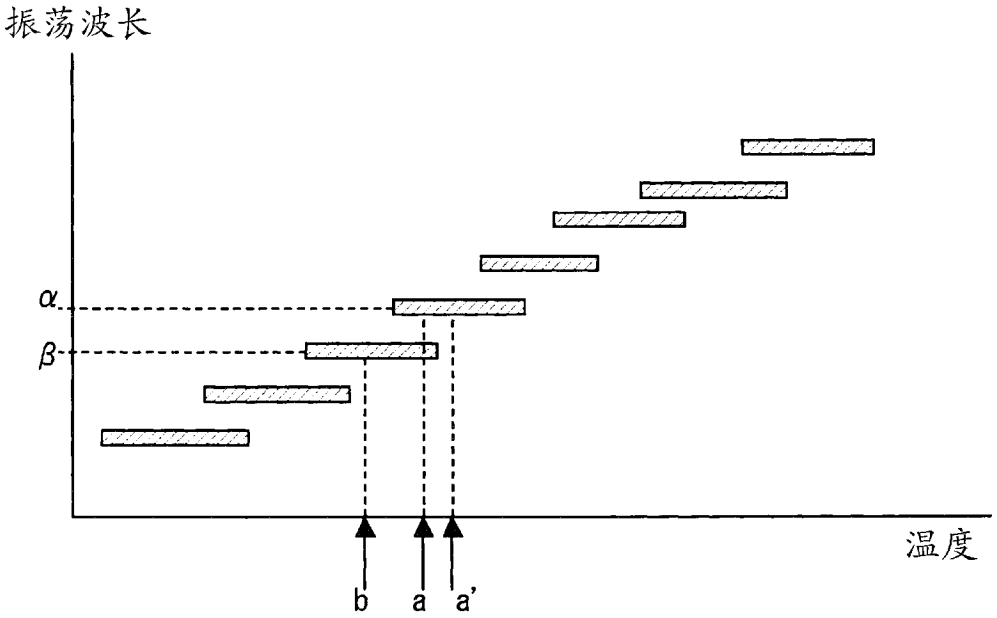


图 2A

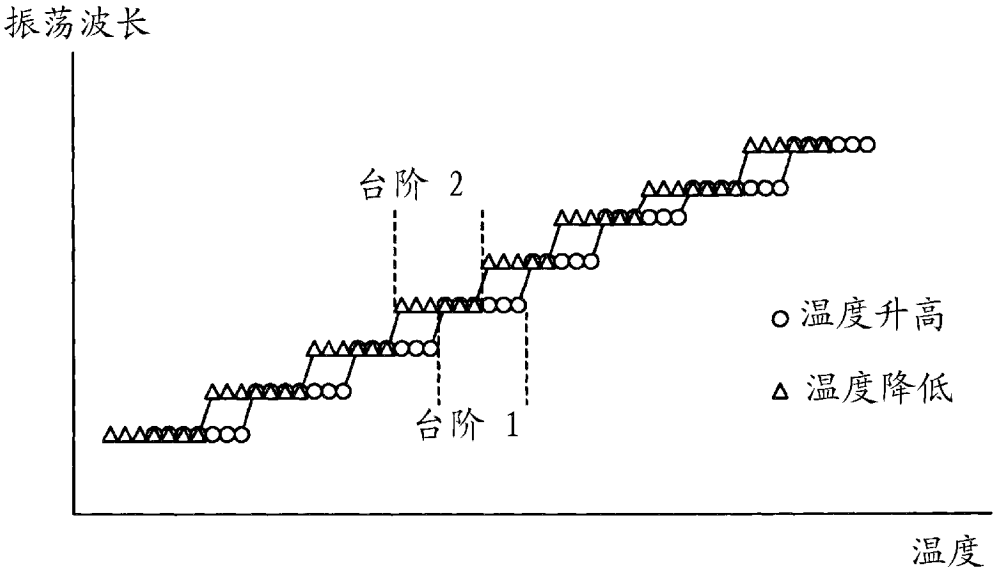


图 2B

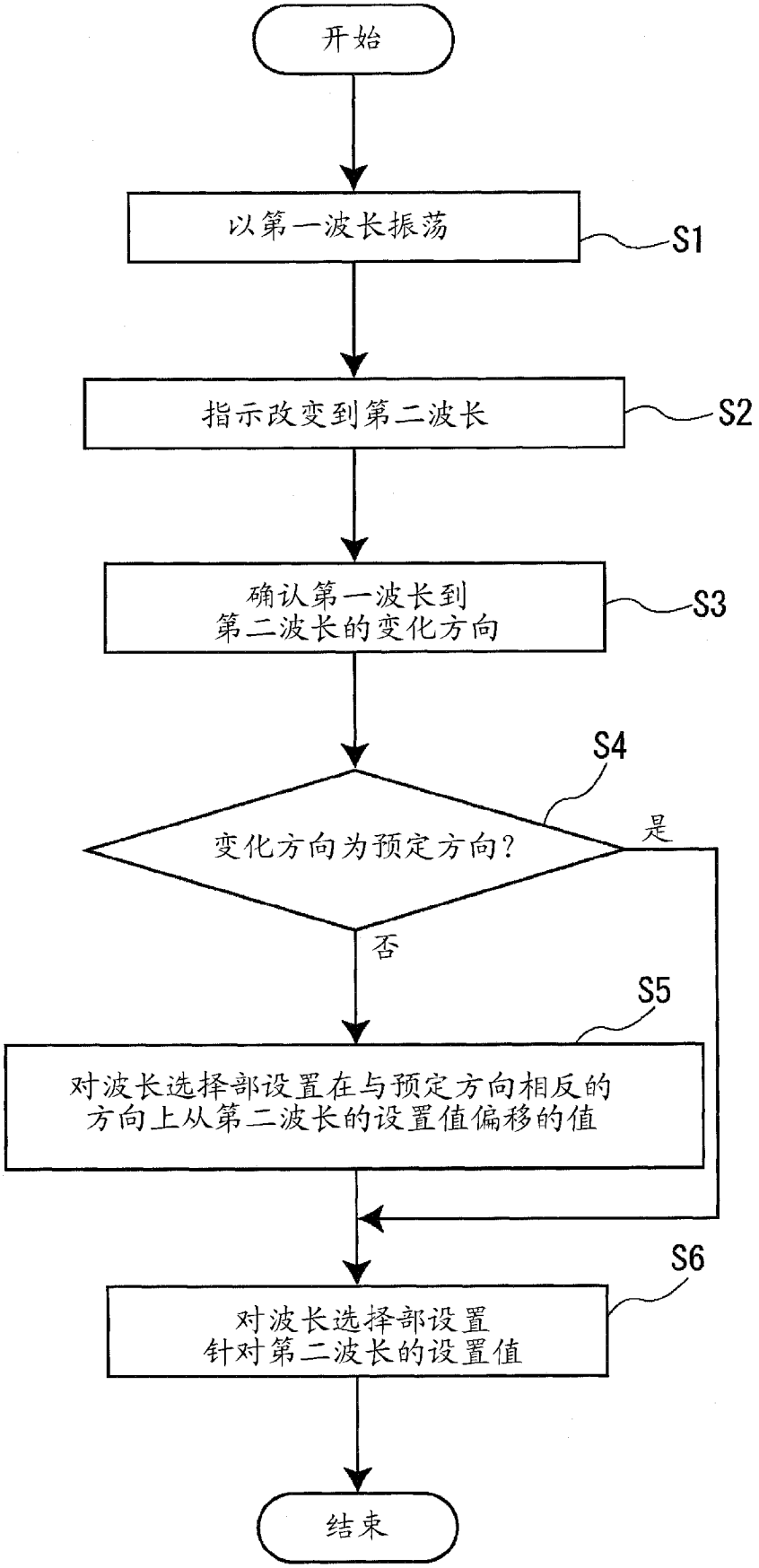

开始
以第一波长振荡
S1
指示改变到第二波长
S2
确认第一波长到
第二波长的变化方向
S3
S4
变化方向为预定方向?
是
否
S5
对波长选择部设置在与预定方向相反的
方向上从第二波长的设置值偏移的值
S6
对波长选择部设置
针对第二波长的设置值
结束

图 3

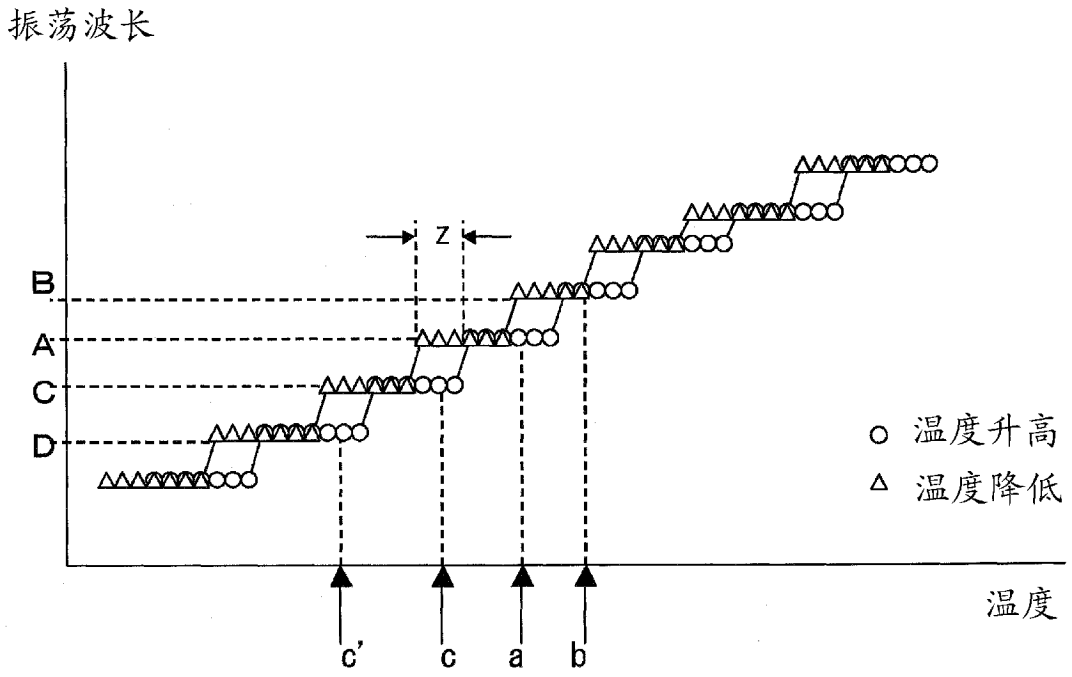

振荡波长
z
B
A
C
D
温度升高
温度降低
温度
c'
c
a
b

图 4

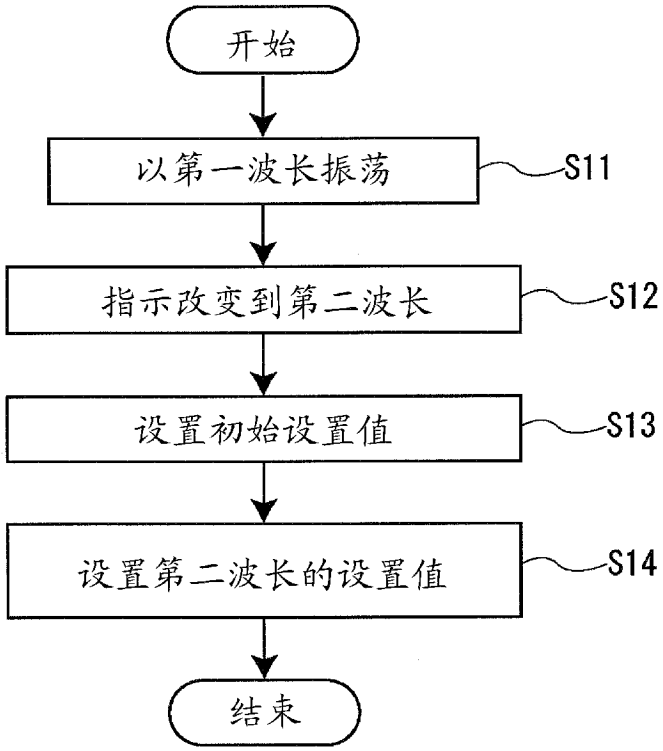

开始
以第一波长振荡
S11
指示改变到第二波长
S12
设置初始设置值
S13
设置第二波长的设置值
S14
结束

图 5A

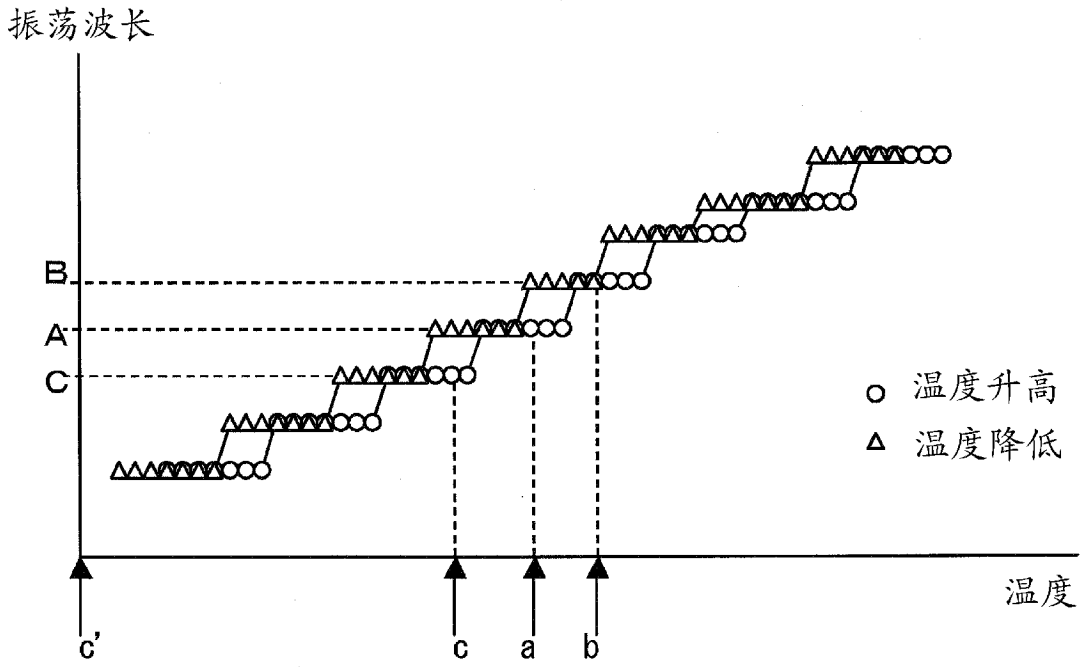

振荡波长
B
A
C
温度升高
温度降低
温度
c'
c
a
b

图 5B

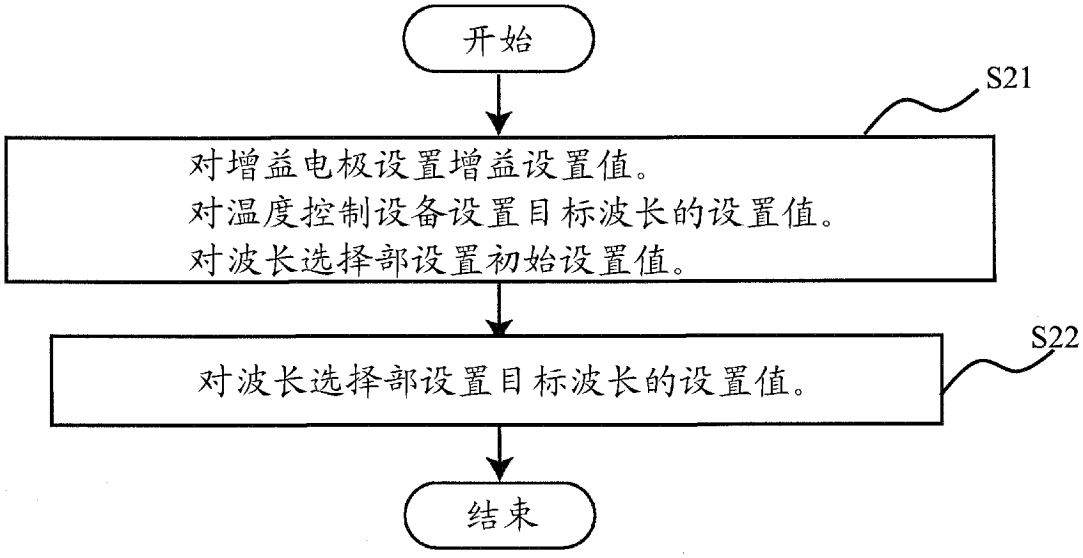

开始
S21
对增益电极设置增益设置值。
对温度控制设备设置目标波长的设置值。
对波长选择部设置初始设置值。
S22
对波长选择部设置目标波长的设置值。
结束

图 6A

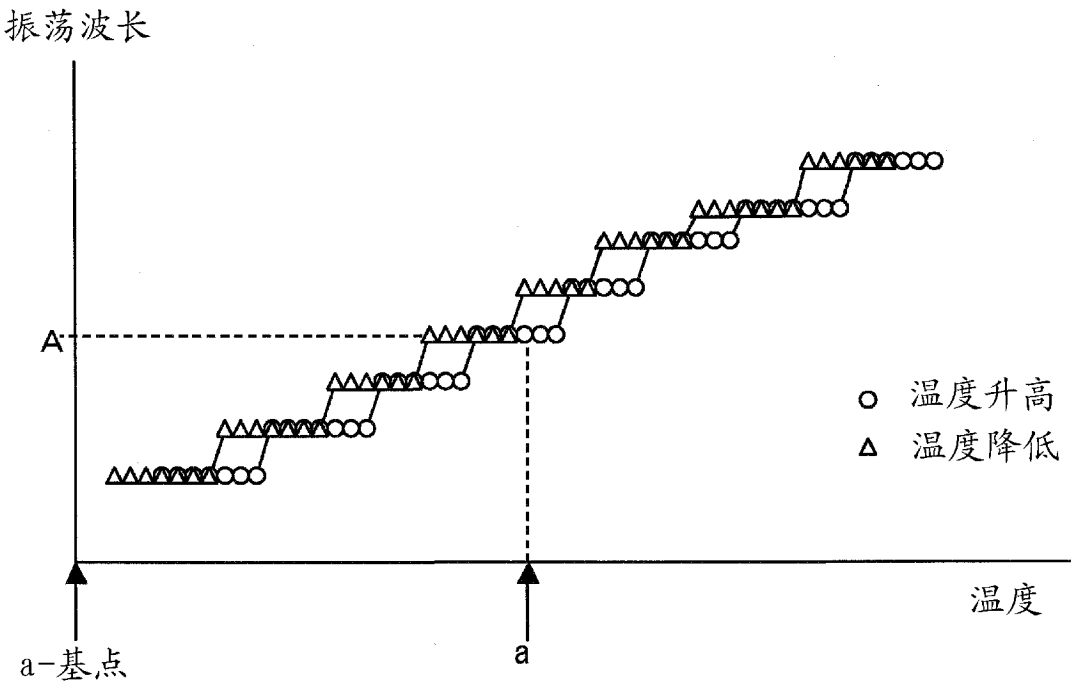

振荡波长
A
温度升高
温度降低
温度
a-基点
a

图 6B

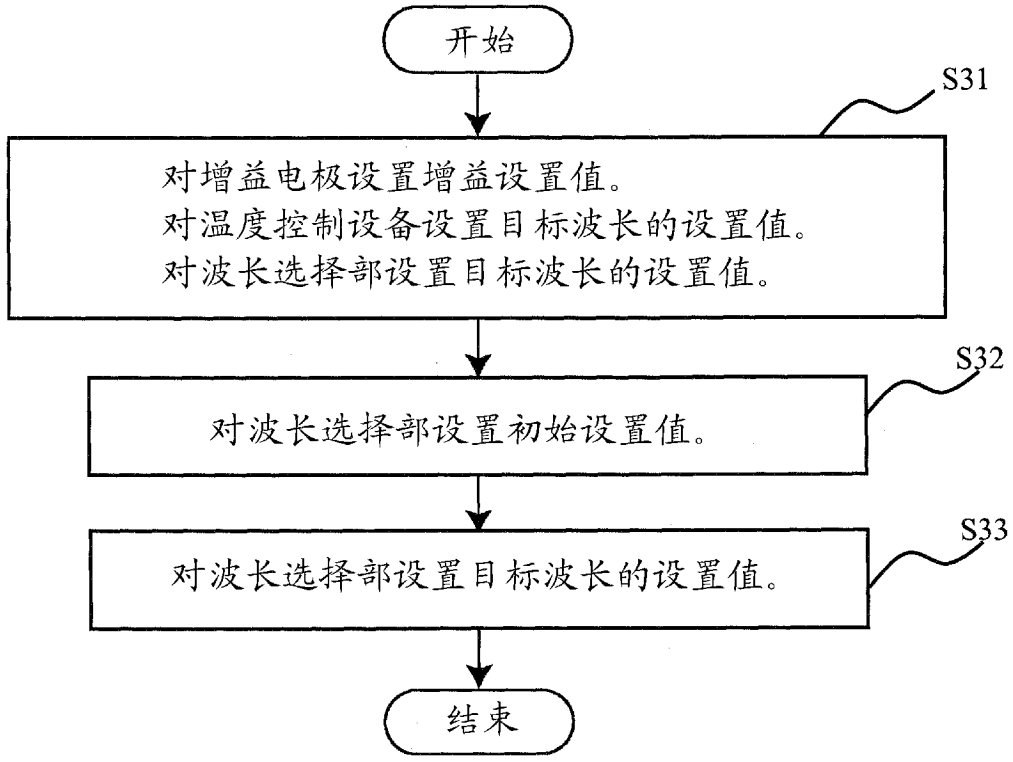

开始
S31
对增益电极设置增益设置值。
对温度控制设备设置目标波长的设置值。
对波长选择部设置目标波长的设置值。
S32
对波长选择部设置初始设置值。
S33
对波长选择部设置目标波长的设置值。
结束

图 7A

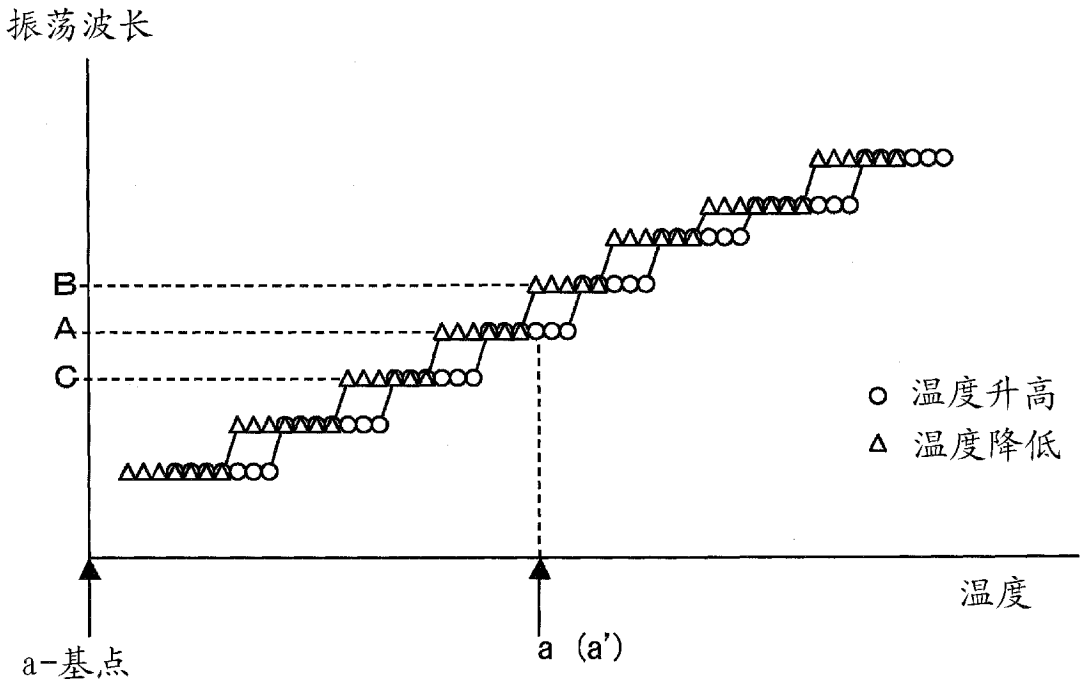


图 7B