



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102324693 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 30

(21) 申请号 201110283527. 6

JP 特开平 7-131093 A, 1995. 05. 19, 全文.

(22) 申请日 2006. 10. 05

审查员 胡涛

(30) 优先权数据

2005-294573 2005. 10. 07 JP

(62) 分案原申请数据

200680037254. 4 2006. 10. 05

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本国东京都

(72) 发明人 寺村友一

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 吴敬莲

(51) Int. Cl.

H01S 5/0683 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2005-202226 A, 2005. 07. 28, 全文.

JP 特开 2001-85314 A, 2001. 03. 30, 全文.

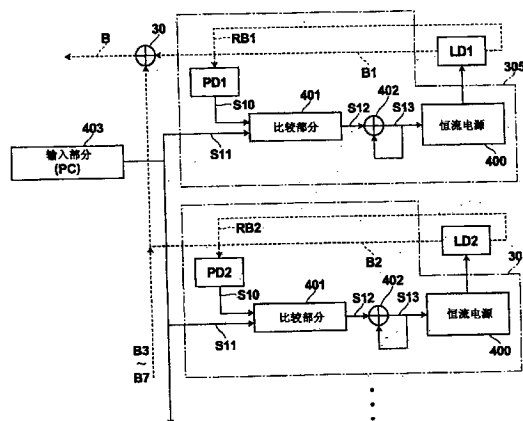
权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 20 页

(54) 发明名称

用于获得校正图案的方法

(57) 摘要

驱动半导体激光器, 这样高输出功率激光束稳定地获得而没有长的启动时间。多个半导体激光器的光输出通过光电探测器检测。半导体激光器基于光电探测器的输出和对应于用于半导体激光器的目标光输出的设定值之间的比较结果、通过自动功率控制器来驱动。校正图案预先产生, 所述校正图案校正设定值和 / 或光电探测器的输出。根据从驱动启动起经过一预定时间段的校正图案变化设定值和 / 或输出。利用单个校正图案, 对多个半导体激光器共用。



1. 一种用于获得校正图案的方法,所述校正图案应用在用于驱动至少一个半导体激光器的方法中,所述用于驱动至少一个半导体激光器的方法,包括:

用至少一个光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的输出;

将所述至少一个光电检测器的输出电流与对应于至少一个半导体激光器的目标光输出的设定值进行比较;以及

基于所述比较、控制所述至少一个半导体激光器的驱动电流;其中

预先产生根据从其启动驱动开始所经历的时间量而被限定的校正图案,所述校正图案使得能够获得大体上均匀的光输出;以及

根据从至少一个半导体激光器的启动驱动起经过一预定时间段的单个校正图案变化所述至少一个光电检测器的设定值和/或输出电流;

所述用于获得校正图案的方法包括步骤:

通过基于所述至少一个光电检测器的输出电流和对应于用于所述至少一个半导体激光器的目标光输出的设定值之间的比较结果控制其驱动电流,而在自动功率控制下驱动至少一个半导体激光器;

用至少一个其他光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的光输出的至少一部分,所述至少一个其他光电检测器设置在大体上不受所述至少一个半导体激光器产生的热影响的位置处;

根据所述至少一个其他光电检测器的在所经过的时间设定增量处的输出的变化性能,计算对于至少一个其他光电检测器的在所经过的时间设定增量处的设定值和/或输出的校正量;以及

指定校正量和时间经过之间的关系作为所述校正图案。

2. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

对多个半导体激光器以共同的定时执行根据所述单个校正图案变化至少一个光电检测器的设定值和/或输出电流的操作。

3. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

在从多个半导体激光器发出的激光束被多路复用的情况下,在多个半导体激光器之中以时滞执行根据所述校正图案变化所述至少一个光电检测器的设定值和/或输出电流。

4. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

驱动设备的多个半导体激光器,所述设备包括多个半导体激光器和多路复用光纤,由多个半导体激光器中的每个所发射的激光束进入所述多路复用光纤以由此被多路复用。

5. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

将被驱动的至少一个半导体激光器是 GaN 型半导体激光器。

6. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

所述至少一个光电检测器设置在封装内,所述至少一个半导体激光器也设置在所述封装内。

7. 根据权利要求1所限定的用于获得校正图案的方法,其中:

用于执行自动功率控制的所述至少一个光电检测器设置在与所述至少一个半导体激光器相同的封装中。

用于获得校正图案的方法

[0001] 本申请是申请号为 200680037254.4 的专利的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种用于驱动半导体激光器的方法和设备。

[0003] 本发明也涉及一种用于产生校正图案的方法,所述校正图案用于驱动半导体激光器的方法中,用于校正在自动功率控制和 / 或光电检测器的输出中所使用的设定值。

[0004] 进一步地,本发明涉及用光对光敏材料曝光的曝光设备,所述光从半导体激光器发射并通过空间光调制元件调制。

背景技术

[0005] 半导体激光器实际中使用在很多领域。日本未审查专利出版物 No. 2005-055881 公开了一种激光曝光设备,所述激光曝光设备用空间光调制元件调制从半导体激光器发射的光,并用被调制的光曝光光敏材料。

[0006] 此外,发射具有波长在 400nm 附近的激光束的 GaN 型半导体激光器是公知的,这例如在日本未审查专利出版物 No. 2004-096062 中公开。日本未审查专利出版物 No. 2005-055881 公开了:曝光设备利用该类型的半导体激光器作为曝光光源。

[0007] 在半导体激光器的应用中,例如当半导体激光器应用在前述的曝光设备中时,希望驱动半导体激光器,使得它们的光输出是恒定的。以这种方式驱动半导体激光器的已知的方法包括 ACC(自动电流控制)驱动方法以及 APC(自动功率控制)驱动方法,如在日本未审查专利出版物 No. 8(1996)-274395 中公开。注意,日本未审查专利出版物 No. 2001-267669 公开了一种用于半导体激光器的驱动方法,其中半导体激光器通过紧随半导体激光器的初始驱动之后的 ACC 方法而被驱动,这样驱动电流值逐渐增加,然后此后通过 APC 方法驱动。

[0008] 半导体激光器的驱动电流 / 光输出性能由于自热等而改变。因此,认识到:其中驱动电流被控制成恒定的 ACC 驱动方法具有在激光器打开之后光输出改变的缺点。该缺点特别是在高输出半导体激光器中显著地发生。相似地,该缺陷在其中安装有多个半导体激光器的激光器设备中显著发生。此外,蓝紫 GaN 型半导体激光器具有更差的照明效率,且产生比红色激光器更多的热量。因此,在蓝紫色 GaN 型半导体激光器中所述光输出更显著地改变。

[0009] 有鉴于这些情况,APC 驱动方法通常用于活动稳定的光输出。在 APC 驱动方法中,所述驱动电流这样被控制:让半导体激光器所发射的激光束的一部分进入监测的光电检测器;和产生反馈回路,这样与半导体激光器的光输出成比例产生的监测电流变得恒定。

[0010] 但是,在 APC 驱动方法中,所发射的光的一部分用作至反馈回路的输入,导致将被用于特定目的的光量减少。此外,必须需要额外的成本来提供光量反馈回路电路。

[0011] 此外,在 APC 方法中,存在这种光输出将在特定的条件下变得不稳定的问题。即,半导体激光器通常由容纳在罐型封装之内的半导体激光器芯片构成。用于检测朝向半导体

芯片的后部发射的光的监测光电检测器也容纳在所述封装中。所述 APC 方法通常通过利用监测光电检测器来实现,以获得稳定的光输出。但是,存在其中光输出不稳定的情况,甚至在采用 APC 驱动方法的情况下,特别是当半导体激光器是高输出激光器时,例如 GaN 型半导体激光器。

[0012] 这是因为放置在半导体激光芯片附近的光电检测器(例如光电二极管)的量子效率由于半导体激光器芯片所产生的热而改变。相应地,光电检测器的光输入量/输出性能改变。在这种情况下,即使利用如下的驱动方法也难于稳定光输出,所述驱动方法利用在日本未审查专利出版物 No. 2001-267669 中所公开的 ACC 驱动方法和 APC 驱动方法。

[0013] 同时,在例如如上所述的激光曝光设备中,半导体激光器的光输出是确定曝光过程所用的时间的一个因素。因此,需要以低成本获得稳定的高输出激光束。但是,在 ACC 驱动方法被用于获得稳定的光输出的情况下,激光曝光设备必须等待直到半导体激光器的温度在它们被打开之后稳定。这产生了制造时间的损失,由此增加了激光曝光设备的产距时间。产距时间的增加恶化了曝光工艺的生产率。

[0014] 将半导体激光器恒定地保持在 ON 状态中可以考虑作为消除前述等待状态所造成的时间损失的方法。但是激光器的寿命由它们发射光的时间量来确定。因此,半导体激光器的有效寿命减小一段时间量,即它们处于 ON 状态且没有被用于执行曝光工艺的一段时间量。例如,在激光器被用于曝光的时间在激光器处于 ON 状态的总时间的百分比是 50% 的情况下,半导体激光器的寿命减小大约 1/2。

[0015] 有鉴于前述的情况研发本发明。本发明的目的是提供一种用于驱动半导体激光器的方法和设备,使得能够简单地、以低成本和短启动时间来获得稳定的高输出激光束。

[0016] 本发明的另一目的是提供一种用于获得校正图案的方法和设备,所述校正图案用在驱动半导体激光器的方法和设备中,用于校正用于自动功率控制和/或光电检测器的输出的设定值。

[0017] 本发明的再一目的是缩短用光对光敏材料曝光的曝光设备的产距时间,所述光从半导体激光器发射并通过空间光调制元件调制。

发明内容

[0018] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法是用于驱动至少一个半导体的方法,包括步骤:

[0019] 用至少一个光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的输出;

[0020] 将所述至少一个光电检测器的输出电流与对应于至少一个半导体激光器的目标光输出的设定值进行比较;以及

[0021] 基于所述比较结果、控制所述至少一个半导体激光器的驱动电流;其中

[0022] 预先产生根据从其启动驱动开始所经历的时间量而限定的校正图案,所述校正图案使得能够获得大体上均匀的光输出;以及

[0023] 所述至少一个光电检测器的设定值和/或输出电流根据从至少一个半导体激光器的驱动启动开始经过一预定时间段的校正图案而改变。

[0024] 注意,在本说明书中,光电检测器的“输出电流”指的是输出光电流或者电压。

[0025] 注意,在根据本发明的用于驱动至少一个半导体激光器的方法中,可以共用单个

校正图案来驱动多个半导体激光器。

[0026] 在共用单个校正图案来驱动多个半导体激光器的情况下,对多个半导体激光器执行共同的定时,这对于根据校正图案变化至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流来说是有利的。

[0027] 进一步地,在共用单个校正图案来驱动多个半导体激光器的情况下,且在从多个半导体激光器发出的激光束被多路复用的情况下,在多个半导体激光器之中以时滞执行根据所述校正图案变化所述至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流,这是有利的。

[0028] 优选地,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法将被用于驱动多个半导体激光器,所述多个半导体激光器固定到共同的散热片上。

[0029] 优选地,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法将被应用于驱动这样的设备的多个半导体激光器,所述设备包括多个半导体激光器和多路复用光纤,由多个半导体激光器中的每个所发射的激光束进入所述多路复用光纤以由此被多路复用。

[0030] 进一步地,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法将被用于驱动 GaN 型半导体激光器,这是有利的。

[0031] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法将被用于这样的情况是有利的:其中用于 APC 驱动方法中的至少一个光电检测器设置在封装内,所述至少一个半导体激光器也设置在所述封装内。

[0032] 根据本发明用于驱动半导体激光器的设备是通过下述步骤驱动至少一个半导体激光器的设备:

[0033] 用至少一个光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的输出;

[0034] 将所述至少一个光电检测器的输出电流与对应于至少一个半导体激光器的目标光输出的设定值进行比较;以及

[0035] 基于所述比较结果、控制所述至少一个半导体激光器的驱动电流,所述设备包括:

[0036] 存储器装置,在所述存储器装置中,使得能够获得大体上均匀的光输出的校正图案被记录,所述校正图案根据从其开始驱动时所经历的时间量来限定;以及

[0037] 控制装置,所述控制装置用于根据从半导体激光器的驱动启动开始经过一预定时间段的校正图案使所述至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流变化。

[0038] 注意,优选地,所述控制装置利用共用的单个校正图案来驱动多个半导体激光器。

[0039] 在控制装置被配置成利用共用的单个校正图案来驱动多个半导体激光器的情况下,所述控制装置根据校正图案变化至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流、对多个半导体激光器执行共同的定时,这是有利的。

[0040] 在控制装置被配置成利用共用的单个校正图案来驱动多个半导体激光器、且从多个半导体激光器发射的激光束被多路复用的情况下,控制装置在多个半导体激光器中以时滞根据所述校正图案来变化所述至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流,这是有利的。

[0041] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的设备被构造用于驱动被固定到共用的散热片上的多个半导体激光器,这是特别有利的。

[0042] 根据本发明的用于驱动半导体的设备将被用于驱动设备的多个半导体激光器,所

述设备包括多个半导体激光器和多路复用光纤,由多个半导体激光器中的每个所发射的激光束进入所述多路复用光纤以由此被多路复用,这是特别优选的。

[0043] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的设备将被用于驱动 GaN 型半导体激光器,这是特别优选的。

[0044] 有利地,根据本发明的用于驱动半导体激光器的设备将被用于用在 APC 驱动方法中的至少一个光电检测器被设置在封装中的情况下,所述至少一个半导体激光器也设置在所述封装中。

[0045] 一种用于获得校正图案的第一方法,所述校正图案应用在根据本发明的用于驱动至少一个半导体激光器的方法中,所述第一方法包括步骤:

[0046] 对于至少一个半导体激光器,在相对高速上、基于所述至少一个光电检测器和对应于目标光输出的设定值之间的比较结果控制其驱动电流,由此在自动功率控制下驱动至少一个半导体激光器;

[0047] 用至少一个其他的光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的光输出,所述至少一个其他的光电检测器设置在大体上不受所述至少一个半导体激光器产生的热影响的位置处;

[0048] 在相对低速上变化所述至少一个其他的光电检测器的设定值和 / 或输出,以执行自动功率控制,这样通过所述至少一个其他光电检测器所检测的至少一个半导体激光器的输出变得均匀;以及

[0049] 指定所述至少一个其他的光电检测器的设定值和 / 或输出的变化的图案作为所述校正图案。

[0050] 一种用于获得校正图案的第二方法,所述校正图案应用在根据本发明的用于驱动至少一个半导体激光器的方法中,所述方法包括步骤:

[0051] 通过基于所述至少一个光电检测器和对应于用于所述至少一个半导体激光器的目标光输出的设定值之间的比较结果控制其驱动电流,在自动功率控制下驱动至少一个半导体激光器;

[0052] 用至少一个其他的光电检测器检测所述至少一个半导体激光器的光输出的至少一部分,所述至少一个其他的光电检测器设置在大体上不受所述至少一个半导体激光器产生的热影响的位置处;

[0053] 根据所述至少一个其他光电检测器的输出的性能在所经过的设定时间增量处的变化,对至少一个其他光电检测器的设定值和 / 或输出在所经过的设定时间增量处的校正量进行计算;以及

[0054] 指定校正量和时间的经过之间的关系作为所述校正图案。

[0055] 在根据本发明的用于获得校正图案的方法中,至少一个光电检测器被用于执行自动功率控制、以被设置在与所述至少一个半导体激光器相同的封装中,这是特别有利的。

[0056] 一种用于获得校正图案的设备,所述校正图案被用在根据本发明的用于驱动至少一个半导体激光器的设备中,所述设备包括:

[0057] 至少一个光电检测器,用于检测至少一个半导体激光器的光输出;

[0058] 自动功率控制回路,对于至少一个半导体激光器以相对高速、基于所述至少一个光电检测器的输出电流和对应于目标光输出的设定值之间的比较结果、控制其驱动电流,

由此在自动功率控制下驱动至少一个半导体激光器；

[0059] 至少一个其他的光电检测器，用于检测至少一个半导体激光器的光输出，所述至少一个其他的光电检测器设置在大体上不受所述至少一个半导体激光器所产生的热影响的位置；以及

[0060] 在相对低速上用于变化所述至少一个其他的光电检测器的设定值和 / 或输出的装置，以执行自动功率控制，这样由至少一个其他的光电检测器所检测的至少一个半导体激光器的输出变得均匀，且所述装置用于指定所述至少一个其他的光电检测器的设定值和 / 或输出的变化的图案作为所述校正图案。

[0061] 注意，根据本发明的用于获得校正图案的设备被应用于其中至少一个光电检测器设置在封装中的情况下，这是有利的，其中所述至少一个光电检测器用于 APC 驱动方法中，所述至少一个半导体激光器也设置在所述封装中。

[0062] 同时，根据本发明的曝光设备是这样的曝光设备，所述曝光设备用调制光来对光敏材料曝光，所述设备包括：

[0063] 至少一个半导体激光器；

[0064] 至少一个空间光调制元件，用于调制至少一个半导体激光器发射的光；以及

[0065] 根据本发明的用于驱动至少一个半导体激光器的设备。

[0066] 图 19 是显示下述量值的改变的示例图表：(a) 驱动电流；(b) 用于 APC 驱动方法中的光电二极管的电流输出量，所述电流输出量表示设置在罐型封装之内的半导体激光器的光输出；(c) 由光功率计检测的半导体激光器的光输出；(d) 半导体激光器安装在其上的温度受控衬底的温度；和 (e) 当 GaN 半导体激光器通过 APC 驱动方法被驱动 150 秒时半导体激光器附近的温度。注意，(a)、(b) 和 (c) 的值由在图表的左侧沿着垂直轴线的相对值所表示，(d) 和 (e) 的值由图形的右侧沿着垂直轴的实际测量值 (°C) 所指示。半导体激光器的光输出 (c) 由功率计测量，所述功率计设置在由半导体激光器所产生的热没有实质效应的位置处。

[0067] 如图 19 中的图表所示，当半导体激光器通过 APC 驱动方法驱动时，用在 APC 驱动方法中、由罐式封装之内的光电二极管所接收的光量 (b) 是恒定的。但是，在与封装远离的位置处所检测的实际的光输出 (c) 紧随驱动启动之后极大减小，然后在稳定之前随着时间逐渐增加。这是由前述的光电二极管的量子效率的改变所导致，所述光电二极管被放置在半导体激光器芯片的附近中，所述光电二极管的量子效率的改变是由于半导体激光器芯片所产生的热以及其光输入量 / 输出性能的对应改变所导致。

[0068] 如上所述，所接收的光量 (b) 与实际的光输出 (c) 不同。但是，在二者之间存在预定的关系。因此，如果用于 APC 驱动的光电检测器的输出基于该关系而被校正，则使得实际的光输出大体上为稳定的成为可能。特别地，随着驱动的启动，实际的光输出 (c) 逐渐减小。因此，所接收的光量 (b) (其实际的测量值是平的) 可以被校正，这样随着驱动的启动，其被减小。在这种情况下，驱动电流 (a) 将增加，结果，实际的光输出 (c) 将变得大体上是均匀的。

[0069] 在 APC 驱动方法中，其中半导体激光器的驱动电流基于来自光电检测器的输出和对应于半导体激光器的目标光输出的设定值之间的比较结果而被控制，所述设定值可以被校正而不是光电检测器的输出被校正，以使得实际的光输出变得大体上是均匀的。即，在如

上所述的情况下必须减小所接收的光量 (b) 的情况下, 设定值可以被校正以增加。由此, 驱动电流 (a) 将增加, 且可以获得等同的结果。此外, 光电检测器的设定值和输出可以被校正以获得等同的结果。

[0070] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法包括下述步骤: 产生校正图案, 用于校正所述至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流, 这样实际的光输出变得均匀, 根据这样的时间量来限定所述校正图案: 从所述至少一个半导体激光器的启动驱动开始所经过的时间量; 以及根据从所述至少一个半导体激光器的驱动启动开始经过一预定时间段的校正图案变化至少一个光电检测器的设定值和 / 或输出电流。因此, 半导体激光器的光输出以例如图 20 的方式改变, 且在更短的时间量内接近恒定的目标光输出。

[0071] 由此, 不会经过长的启动时间就稳定地获得高输出激光束。此外, 用于以该方式驱动半导体激光器的结构利用半导体激光器的内光电检测器, 并可以通过稍微修改实现 APC 驱动方法的结构来制造, 所述结构通常设置在半导体激光器设备中。相应地, 实现所述方法的结构可以以简单且低成本地制造。

[0072] 用于变化至少一个光电检测器的输出电流的设定值和 / 或输出电流的单个校正图案可以共用于驱动多个半导体激光器。在这种情况下, 小容量存储器装置可以被用于在其内记录所述校正图案。

[0073] 在根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法中, 根据校正图案变化所述至少一个光电检测器的设定值和 / 或所述输出电流可以通过用于多个半导体激光器的共用定时来执行。在这种情况下, 只有单个电流控制装置将是必须的, 这使得以较低的成本制造驱动设备。

[0074] 在根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法中, 在利用共用的单个校正图案来驱动多个半导体激光器, 且来自多个半导体激光器的激光束被多路复用的情况下, 根据所述图案变化半导体激光器的驱动电流的步骤可以在多个半导体激光器之中以时滞来执行。在该情况下, 在多路复用被取消之前每个半导体激光器之间的光输出的稍微变化以及被多路复用的激光束的光输出的变化得到平滑化。

[0075] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法可以应用于驱动多个半导体激光器, 所述半导体激光器固定到共用的散热片。在该情况下, 所述方法在稳定光输出方面特别有效。即, 在如上所描述的结构中, 每个半导体激光器的性能可能由于由此产生的协同热而改变。即使在该情况下, 如果利用单个共用图案来驱动多个半导体激光器, 由于由此产生的协同热所导致的光输出的波动可以得到校正。

[0076] 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法可以用于驱动一个设备的多个半导体激光器, 所述设备包括: 多个半导体激光器; 多路复用光纤, 由多个半导体激光器的每个所发出的激光束进入所述多路复用光纤以由此被多路复用。在该情况下, 光输出的稳定效应特别明显。

[0077] 即, 在上述的结构中, 存在其中被多路复用的激光束的输出波动的情况, 这不仅是由于被驱动的多个半导体激光器的驱动电流 / 光输出性能的差异, 而且由于由此产生的热所导致。由于所产生的热的缘故, 由所述设备的结构部件的热膨胀导致所述波动。所述热膨胀从激光束和光纤的共轴状态移动所述激光束和光纤, 由此改变激光束相对于光纤的输入效率。此外, 存在其中激光束的束轮廓在从驱动启动到稳定驱动状态的期间波动的情况。

所述激光束相对于光纤的输入效率在这些情况下也可以改变。

[0078] 但是,如果用于驱动半导体激光器的图案通过检测从光纤发出的激光束而产生,那么可以获得反映输入效率的变化的图案。因此,由于输入效率的改变所导致的光输出的波动也可以得到校正。

[0079] 此外,当将被驱动的半导体激光器是 GaN 型半导体激光器时,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法对稳定光输出特别有效。与其他类型的半导体激光器(例如 GaAs 型半导体激光器)相比,GaN 型半导体激光器产生更多的热。因此,其驱动电流/光输出性能在从驱动启动到稳定驱动状态的期间波动明显。但是,通过应用根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法,GaN 型半导体激光器的驱动电流/光输出性能的波动可以得到校正,由此使得光输出稳定。

[0080] 此外, GaN 型半导体激光器的特征在于,在室温或者接近室温、只有其振荡阈值电流响应于温度改变而改变。即,在室温或者接近室温、其斜度效率不会响应于温度改变而极大地改变。因此,在将被驱动的半导体激光器是 GaN 型半导体激光器的情况下,对于任意电流范围确定的参数可以在大体上所有的输出范围之内应用。即,所述参数不需要根据输入的改变而改变。

[0081] 同时,根据本发明的用于驱动半导体激光器的设备能够执行如上所述的根据本发明的驱动半导体激光器的方法。

[0082] 根据本发明的用于获得校正图案的方法可以有效地产生将被用于根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法中的校正图案。

[0083] 如上详细所描述,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法使得能够简单地、低成本地且没有长启动时间地获得稳定的高输出激光束。相应地,利用执行该方法的驱动设备的、根据本发明的曝光设备具有短的等待时间,直到所述激光束的输出稳定化,这缩短图像曝光的产距时间。因此,是曝光设备的曝光光源的半导体激光器可以更少频率地更换,由此也减少曝光设备的运行成本。

附图说明

[0084] 图 1 是显示根据本发明的第一实施例的图像曝光设备的外观的透视图;

[0085] 图 2 是显示根据本发明的第一实施例的图像曝光设备的扫描器的结构的透视图;

[0086] 图 3A 是显示形成在光敏材料上的被曝光区域的俯视图;

[0087] 图 3B 是显示被曝光头所曝光的曝光区域的布置图形;

[0088] 图 4 是显示根据本发明的第一实施例的图像曝光设备的曝光头的示意构造的透视图;

[0089] 图 5 是显示根据本发明的第一实施例的图像曝光设备的曝光头的示意横截面图;

[0090] 图 6 是显示数字微镜装置(DMD)的构造的部分放大图形;

[0091] 图 7A 是用于解释 DMD 的操作的图形;

[0092] 图 7B 是用于解释 DMD 的操作的图形;

[0093] 图 8A 是在 DMD 不是倾斜的情况下、曝光束的扫描轨迹的俯视图;

[0094] 图 8B 是在 DMD 是倾斜的情况下、曝光束的扫描轨迹的俯视图;

[0095] 图 9A 是照射光纤阵列光源的构造的透视图;

- [0096] 图 9B 是照射光纤阵列光源的激光发射部分的光发射点的布置的主视图；
- [0097] 图 10 是显示多模式光纤的配置的图形；
- [0098] 图 11 是显示多路复用激光器光源的构造的俯视图；
- [0099] 图 12 是显示激光器模块的构造的俯视图；
- [0100] 图 13 是图 12 的激光器模块的侧视图；
- [0101] 图 14 是图 12 的激光器模块的部分主视图；
- [0102] 图 15 是用于本发明中的半导体激光器的另一示例的部分横截面视图；
- [0103] 图 16A 是显示 DMD 的被使用区域的示例的视图；
- [0104] 图 16B 是显示 DMD 的被使用区域的示例的视图；
- [0105] 图 17 是显示根据本发明的第一实施例的图像曝光设备的电子构造的方框图；
- [0106] 图 18 是显示图像曝光设备的半导体激光器驱动部分的方框图；
- [0107] 图 19 是由传统的 APC 驱动方法驱动的半导体激光器的光输出波动性能和温度波动性能的图形；
- [0108] 图 20 是根据本发明的方法驱动的半导体激光器的光输出波动性能的图形；
- [0109] 图 21 是根据本发明的一个实施例的、用于获得校正图案的设备的示意方框图；
- [0110] 图 22 是显示根据本发明的驱动方法将应用于其上的另一激光器设备的透视图；
- [0111] 图 23 是显示将由根据本发明的方法驱动的半导体激光器的光输出波动性能的例子图形；
- [0112] 图 24 是显示由根据本发明的方法所驱动的半导体激光器的光输出波动性能的另一示例的图形；
- [0113] 图 25 是显示根据本发明的驱动方法将被应用于其中的再一半导体激光器装置的部分横截面侧视图；
- [0114] 图 26 是显示根据本发明的驱动方法将被应用于其中的又一半导体激光器装置的部分横截面侧视图；以及
- [0115] 图 27 是显示图 26 的装置的一部分的放大部分示意侧视图。

具体实施方式

[0116] 此后,将参照附图详细描述根据本发明的优选实施例。首先,将描述根据本发明的第一实施例的图像曝光设备。

[0117] [图像曝光设备的配置]

[0118] 如图 1 中所示,图像曝光设备设有平面移动台架 152,用于通过抽吸在其上保持光敏材料片材 150。安装基部 156 通过四个腿部 154 支承。沿着台架移动方向延伸的两个引导件 158 设置在安装基部 156 的上表面上。所述台架 152 设置成其纵向方向与台架移动方向对齐,并由引导件 158 支承以可以在其上往复移动。需要说明的是,图像曝光设备也设有台架驱动设备 304(参照图 15),作为沿着引导件 158 用于驱动台架 152 的辅助扫描装置。

[0119] C 形门 160 设置在安装基部的中心部分处,以跨在台架 152 的移动路径。C 形门 160 的端部固定到安装基部 156 的侧边沿。扫描器 162 设置在门 160 的第一侧上,且用于检测光敏材料 150 的前端和后端的多个(例如两个) 传感器 164 设置在门 160 的第二侧上。扫描器 162 和传感器 164 分别安装在门 160 上,并且固定在台架 152 的移动路径上方。需

指出的是,扫描器 162 和传感器 164 连接到用于控制其操作的控制器(未示出)。

[0120] 扫描器 162 设有多个(例如 14 个)曝光头 166,所述曝光头 166 安置为大致具有 m 行和 n 列(例如 3 行和 5 列)的矩阵,如图 2、3B 所示。在该示例中,由于光敏材料 150 的宽度所施加的限制,4 个曝光头 166 设置成三行。需要说明的是,安置在第 m 行、第 n 列中的单个曝光头将指示为曝光头 $166_{m,n}$ 。

[0121] 被曝光头 166 曝光的曝光区域 168 是其短侧沿着副扫描方向的矩形区域。相应地,带状曝光区域 170 通过每个曝光头 166 伴随着台架 152 的运动形成在光敏材料 150 上。需要说明的是,被安置在第 m 行和第 n 列中的曝光头所曝光的单个曝光区域将指示为曝光区域 $168_{m,n}$ 。

[0122] 如图 3B 中所示,每行的曝光头 166 相对于其他行错开预定的间隔(曝光区域的长侧的自然数倍,在本实施例中是 2 倍)。这就保证带状曝光区域 170 沿着垂直于副扫描方向的方向在其间不具有间隙,如图 3A 中所示。因此,不能由此被暴露的第一行的曝光区域 $168_{1,1}$ 和 $168_{1,2}$ 之间的部分可以被第二行的曝光区域 $168_{2,1}$ 和第三行的曝光区域 $168_{3,1}$ 所曝光。

[0123] 每个曝光头 $166_{1,1}$ 至 $168_{m,n}$ 设有由美国德州仪器制造的 DMD 50(数字微镜装置),用于根据图像数据的每个像素调制入射到其上的光束。DMD 50 连接到后面将描述的控制器 302(参照图 15),包括数据处理部分和镜驱动控制部分。控制器 302 的数据处理部分基于输入图像数据在对于每个曝光头 166 必须被控制的区域之内产生用于控制 DMD 50 的每个微镜的驱动的控制信号。需要说明的是,“必须被控制的区域”将在后面描述。根据数据处理部分所产生的控制信号,镜驱动控制部分控制对于每个曝光头 166 的 DMD 50 的每个微镜的反射表面的角度。需要说明的是,反射表面的角度的控制将在下面进行说明。

[0124] 在 DMD 50 的光入射侧处,光纤阵列光源 66、光学系统 67 和镜 69 以此顺序设置。光纤阵列光源 66 包括激光发射部分,所述激光发射部分由多个光纤构成,所述多个光纤的光发射端部(发光点)沿着对应于曝光区域 168 的纵向方向的方向对齐。光学系统 67 校正从光纤阵列光源 66 发射的激光束,以将所述激光束聚焦到 DMD 50 上。所述镜 69 朝向 DMD 50 反射已经通过所述光学系统 67 的激光束。需要说明的是,光学系统 67 示意显示在图 4 中。

[0125] 如图 5 中详细所示,光学系统 67 包括:聚光透镜 71,用于将从光纤阵列光源 66 发射的激光束 B 会聚作为照射光;棒状光学积分器 72(此后,简单称为“棒积分器 72”),所述棒状光学积分器 72 插入已经通过所述聚光透镜 71 的光的光学路径;以及准直透镜 74,所述准直透镜 74 从棒积分器 72 设置在下流,即朝向所述镜 69 的侧面。聚光透镜 71、棒积分器 72 和准直透镜 74 导致从光纤阵列光源发射的激光束进入 DMD 50 作为接近准直光且具有横过其横截面的均匀光束强度的光束。所述棒积分器 72 的形状和操作将在后面详细描述。

[0126] 通过光学系统 67 发射的激光束 B 通过镜 69 反射,并通过 TIR(全内反射)棱镜 70 照射到 DMD 50 上。需要说明的是,TIR 棱镜 70 从图 4 省略。

[0127] 用于将通过 DMD 50 反射的激光束 B 聚焦到光敏材料 150 上的聚焦光学系统 51 设置在 DMD 50 的光反射侧上。聚焦光学系统 51 示意显示在图 4 中,但是如图 5 中详细显示,聚焦光学系统 51 包括:由透镜系统 52、54 所构成的第一聚焦光学系统;由透镜系统 57、58

所构成的第二聚焦光学系统;微透镜阵列 55;和孔阵列 59。微透镜阵列 55 和孔阵列 59 设置在第一聚焦光学系统和第二聚焦光学系统之间。

[0128] DMD 50 是例如具有较大数目(例如 1024x 768)的微镜 62 的镜装置,每个微镜构成一个像素,所述微镜 62 安置在 SRAM 单元 60(存储器单元)上且成矩阵。通过支撑柱所支撑的微镜 62 设置在每个像素的最上部分,具有高反射率的材料(例如铝)通过汽相沉积而沉积在微镜 62 的表面上。需要说明的是,微镜 62 的反射率是 90%或者更大,且微镜 62 的安置间距在垂直和水平方向上均是 $13.7\mu\text{m}$ 。此外,在正常的半导体存储器制造流水线中制造的硅栅极的 CMOS SRAM 单元 60 通过包括铰链和铈的支撑柱设置在微镜 62 之下。DMD 50 是单块集成电路结构。

[0129] 当将数字信号写入 DMD 50 的 SRAM 单元 60 中时,由支撑柱支撑的微镜 62 相对于 DMD 50 设置在其上的衬底在一定的范围 $\pm\alpha$ 度(例如 ± 12 度)之内倾斜,对角线作为旋转中心。图 7A 显示了微镜 62 在 ON 状态中倾斜 $+\alpha$ 度的状态,图 7B 显示了微镜 62 在 OFF 状态中倾斜 $-\alpha$ 度的状态。相应地,通过根据图像信号控制对应于 DMD 50 的像素的每个微镜 62 倾斜,入射到 DMD50 上的激光束朝向每个微镜 62 的倾斜方向反射,如图 6 中所示。

[0130] 需要说明的是,图 6 显示了其中微镜 62 被控制成在 $+\alpha$ 度和 $-\alpha$ 度上倾斜的 DMD 50 的放大部分。每个微镜 62 的 ON/OFF 操作通过控制器 302 执行,所述控制器 302 连接到 DMD 50。此外,光吸收材料(未示出)设置在这样的方向上:在 OFF 状态中的微镜 62 所反射的激光束 B 朝向所述方向反射。

[0131] 优选地,DMD 50 设置成其短侧相对于副扫描方向倾斜小的预定角度(例如 0.1 度至 5 度)。图 8A 显示了在 DMD 50 不是倾斜的情况下,每个微镜的反射光图像 53(曝光束)的扫描轨迹,图 8B 显示了在 DMD 50 是倾斜的情况下曝光束 53 的扫描轨迹。

[0132] 沿着纵向方向对齐的、大量数目(例如 1024)的微镜的行的多个数目的列(例如 756)设置在 DMD 50 的横向方向上。如图 8B 中所示,通过倾斜 DMD 50,曝光束 53 的扫描轨迹(扫描线)的间距 P_2 变得比在 DMD 50 不是倾斜的情况下扫描线的间距 P_1 窄。因此,图像的分辨率可以得到极大得提高。同时,由于 DMD 50 的倾斜角度很小,在 DMD 50 是倾斜的情况下的扫描宽度 W_2 和 DMD 50 不是倾斜情况下的扫描宽度 W_1 大体上是相同的。

[0133] 此外,相同的扫描线用不同的微镜列重复曝光(多次曝光)。通过以这种方式执行多次曝光,就可以相对对齐标志微控制曝光位置,且实现高的细节曝光。在主扫描方向上对齐的多个曝光头之中的接缝可以通过微控制曝光位置而几乎无缝。

[0134] 需要注意的是,在垂直于副扫描方向的方向上可以偏移微镜列预定间隔,以形成交错而不是倾斜 DMD 50,来实现相同的效果。

[0135] 如图 9A 中所示,光纤阵列光源 66 设有多个激光器模块 64(例如 14 个)。多模式光纤 30 的端部连接到每个激光器模块 64。具有与多模式光纤 30 相同的芯直径以及比多模式光纤 30 小的包覆层直径的光纤 31 连接到每个多模式光纤 30 的另外一端。如图 9B 中详细所示,光纤 31 安置成光纤 30 的与它们连接到多模式光纤所在的端部相对的 7 个端部沿着垂直于副扫描方向的主扫描方向对齐。两行的 7 个光纤 31 构成激光器发射部分 68。

[0136] 如图 9B 中所示,由光纤 31 的端部构成的激光器发射部分 68 通过具有扁平表面的两个支撑板 65 之间夹持而固定。对于例如由玻璃构成的透明保护板来说,将其放在光纤 31 的发光端表面上是有利的。光纤 31 的发光端表面由于它们的高光学密度而可能收集灰

尘且因此可能恶化。但是,通过如上所述放置保护板,灰尘粘附到端部表面的情况可得以防止,且可以减缓恶化。

[0137] 在本实施例中,具有小的包覆层直径以及大致 1-30cm 的长度的光纤 31 同轴地连接到具有较大包覆层直径的多模式光纤 30 的发光端,如图 10 中所示。每对所述光纤 30、31 通过将光纤 31 的光入射端表面与多模式光纤 30 的发光端表面熔接而被连接,这样匹配其芯轴线。如上所述,所述光纤 31 的芯部 31a 的直径与多模式光纤 30 的芯部 30a 的直径相同。

[0138] 突变型光纤、渐变型光纤、或者组合型光纤可以用作多模式光纤 30 和光纤 31。例如,可以利用由 Mitsubishi Wire Industries KK 所制造的突变型光纤。在本实施例中,多模式光纤 30 和光纤 31 是突变型光纤。多模式光纤 30 具有 125 μm 的包覆层直径、50 μm 的芯直径和 0.2 的 NA。光纤 31 具有 60 μm 的包覆层直径、50 μm 的芯直径和 0.2 的 NA。多模式光纤 30 的光入射端表面上的涂层的透射率是 99.5% 或者更大。

[0139] 光纤 31 的包覆层直径不限于 60 μm 。用在传统的光纤光源中的许多光纤的包覆层直径是 125 μm 。但是,随着包覆层直径减小,聚焦深度变深。因此,优选地多模式光纤的包覆层是 80 μm 或者更小,更为优选地,是 60 μm 或者更小。同时,在单模式光纤的情况下,芯直径必须是至少 3-4 μm 。因此,优选地,光纤 31 的包覆层直径是 10 μm 或者更大。从耦合效率的角度而言,优选地,多模式光纤 30 的芯直径和光纤 31 的芯直径是匹配的。

[0140] 需要说明的是,利用两种类型的具有不同直径的光纤 30、31 且将它们熔接在一起(所谓的“横向直径熔接”)不是必须的。可选地,光纤阵列光源可以通过绑定具有相同的包覆层直径(在图 9A 的示例中、光纤 30)的多个光纤而构成。

[0141] 每个激光器模块 64 通过如图 11 中所示的多路复用激光器光源(光纤光源)来构成。多路复用激光器光源包括:加热块 10;多个(例如 7 个)GaN 型半导体激光器芯片 LD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6 和 LD7,它们对齐并固定在加热块 10 上;准直透镜 11、12、13、14、15、16、17,设置成对应于每个 GaN 型半导体激光器芯片 LD1-LD7;单个聚光透镜 20;和单个多模式光纤 30。GaN 型半导体激光器芯片可以是横向多模式激光器芯片或者单模式激光器芯片。需要说明的是,半导体激光器的数目不限于 7 个,且可以利用任何数目的半导体激光器。此外,可以利用其中集成了准直透镜 11-17 的准直透镜阵列,而不是准直透镜 11-17。

[0142] 所有的 GaN 型半导体激光器芯片 LD1-LD7 具有相同的振荡波长(例如 405nm)和相同的最大输出(在多模式激光器的情况下,大约是 100mW,在单模式激光器的情况下大约是 50mW)。需要说明的是,GaN 型半导体可以具有除了 405nm 之外的在 350nm 至 450nm 的波长范围之内的任何振荡波长。

[0143] 如图 12、13 中所示,多路复用激光器光源与其他光学部件一起被容纳在具有开口顶部的盒形封装 40。所述封装 40 设有封装盖 41,所述封装盖 41 形成用来密封开口顶部。封装 40 被除气,密封气体被引入且封装盖 41 放置在所述封装上。由此,多路复用激光器光源被密封在封装 40 的闭合空间(密封空间)之内。

[0144] 基板 42 被固定在封装 40 的底表面上。加热块 10、用于保持聚光透镜 20 的聚光透镜保持器 45、和用于保持多模式光纤 30 的光入射端的光纤保持器 46 被安装在基板 42 上。多模式光纤的发光端被通过形成在其壁中的开口拉出到封装 40 的外部。

[0145] 准直透镜保持器 44 安装在加热块 10 的侧表面上,且准直透镜 11-17 由此被保持。

开口形成在封装 40 的侧壁中,且用于将驱动电流供给到 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的布线 47 被通过其中拉出朝向封装 40 的外部。

[0146] 需要说明的是,在图 13 中,只有 GaN 型半导体激光器 LD7 和准直透镜 17 用参考数字进行标识,以避免附图中的复杂性。

[0147] 图 14 是准直透镜 11-17 的安装部分的主视图。每个准直透镜 11-17 形成为细长的形状,这通过切出包括具有非球形表面的圆形透镜的光轴的区域而获得。细长的准直透镜可以通过例如模制树脂或者光学玻璃来形成。准直透镜 11-17 密集设置,且这样它们的纵向方向垂直于 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的光入射点的布置方向(图 14 中的水平方向)。

[0148] 如上所述, GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 被安置固定在加热块 10 上。此外,用于检测朝向 GaN 型半导体激光器 LD1 至 LD7 的后部发射的光的光电检测器 PD1 至 PD7 被固定在加热块 10 上。光电检测器 PD1-PD7 由例如光电二极管构成。

[0149] GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 包括具有 $2\mu\text{m}$ 的发光宽度的有源层。沿着平行于有源层的方向和垂直于有源层的方向分别具有 10 度和 30 度的光束扩散角的激光束 B1-B7 从 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 发射。GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 设置成其发光点沿着平行于其有源层的方向对齐。

[0150] 相应地,激光束 B1-B7 从每个发光点发射,这样它们在其中它们的光束扩散角更大的方向匹配准直透镜 11-17 的长度方向的状态下,且其中它们的光束扩散角更小的方向匹配准直透镜 11-17 的宽度方向的状态下进入准直透镜 11-17。每个准直透镜 11-17 的宽度和长度分别是 1.1mm 和 4.6mm。沿着水平方向和垂直方向的激光束 B1-B7 的光束直径分别是 0.9mm 和 2.6mm。准直透镜 11-17 具有 3mm 的聚焦距离 f_1 、数值孔径 NA 为 0.6,且安置成间距为 1.25mm。

[0151] 聚光透镜 20 通过切出包括在平行平面具有非球形表面的圆形透镜的光轴的细长区域来获得。聚光透镜 20 形成为其在聚光透镜 11-17 的安置方向上(即水平方向)是长的,且在垂直于安置方向的方向上是短的。聚光透镜 20 的焦距 f_2 为 23mm,且数值孔径 NA 为 0.2。聚光透镜 20 也可以通过例如模制树脂或者光学玻璃来形成。

[0152] 如图 5 中所示的微镜阵列 55 通过大量数目的微镜 55a 来构成,所述微镜 55a 对应于 DMD 50 的每个像素二维安置。在本实施例中,只有 1024x768 列的 DMD 50 的微镜中的 1024x256 列被驱动,如后面将描述的那样。因此,对应于其提供了 1024x256 列的微镜 55a。微镜 55a 的安置间距在垂直方向和水平方向上都是 $41\mu\text{m}$ 。微镜 55a 通过光学玻璃 BK7 形成,并具有例如焦距 0.19mm 和 0.11 的 NA(数值孔径)。

[0153] 孔阵列 59 具有形成通过其中的大量的孔 59a,对应于微镜阵列 55 的微镜 55a。在本实施例中,孔 59a 的直径是 $10\mu\text{m}$ 。

[0154] 由显示在图 5 中的透镜系统 52、54 构成的第一聚焦光学系统放大从 DMD50 向其传送的图像 3 倍,且将所述图像聚焦到微镜阵列 55 上。由透镜系统 57、58 所构成的第二聚焦光学系统放大已经通过微镜阵列 55 的图像 1.6 倍,并将所述图像聚焦到光敏材料 150 上。相应地,来自 DMD 50 的图像被放大 4.8 倍且投射到光敏材料 150 上。

[0155] 在本实施例中需要注意的是,棱镜对 73 设置在第二聚焦光学系统和光敏材料 150 之间。通过在图 5 的垂直方向上移动棱镜对 73,图像在光敏材料 150 上的聚焦是可调节的。

在图 5 中需要注意的是,光敏材料 150 在箭头 F 的方向上传输以执行副扫描。

[0156] 接着,本实施例的图像曝光设备的电子配置将参照图 17 进行说明。如图 17 中所示,整体控制部分 300 连接到调制电路 301,所述调制电路 301 反过来连接到用于控制 DMD 50 的控制器 302。整体控制部分 300 也连接到 7 个恒流源 305,用于通过 D/A 转换部分 303 驱动激光器模块 64 的 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的每个。此外,整体控制部分 300 连接到台架驱动设备 304,用于驱动所述台架 152。

[0157] [图像曝光设备的操作]

[0158] 接着,将描述如上所述的图像曝光设备的操作。对于扫描器 162 的每个曝光头 166,激光束 B1-B7 通过在漫射状态中构成光纤阵列光源 66 的多路复用激光器光源的每个 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7(参照图 11) 而发射。激光束 B1-B7 从准直透镜 11-17 之中、通过对应于其的准直透镜所校准。准直激光束 B1-B7 通过聚光透镜 20 聚光,并会聚到多模式光纤 30 的芯部 30a 的光入射表面上。需要注意的是,GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 通过如后面将描述的 APC 驱动方法所驱动,并被控制成它们的光输出是恒定的。

[0159] 在本实施例中,准直透镜 11-17 和聚光透镜 20 构成聚光光学系统,且聚光光学系统和多模式光纤 30 构成多路复用光学系统。即,通过聚光透镜 20 所会聚的激光束 B1-B7 进入多模式光纤 30 的芯部 30a,并被多路复用为单个激光束 B,所述激光束 B 从光纤 31 发射,所述光纤 31 耦合到多模式光纤 30 的发光端。

[0160] 激光束 B1-B7 相对于多模式光纤 30 的耦合效率在每个激光器模块中是 0.9。在每个 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的输出是 50mW 的情况下,具有输出为 315mW($50\text{mW} \times 0.9 \times 7$)的多路复用激光束 B 可以从每个光纤 31 获得,所述光纤 31 设置成矩阵。相应地,具有输出为 4.4W($0.315\text{W} \times 14$)的激光束 B 可以从 14 个组合的光纤 31 获得。

[0161] 在图像曝光期间,对应于曝光校正图案的图像数据从调制电路 301 被输入到 DMD 50 的控制器 302。图像数据临时存储在控制器 302 的帧存储器中。图像数据表示构成图像的作为二进制数据(将被记录 / 将不被记录的点) 的每个像素的密度。

[0162] 光敏材料 150 将通过抽吸而被固定在其表面上的台架 152 沿着引导件 158 通过如图 15 中所示的台架驱动设备 304 从门 160 的上游侧传输到下游侧。当台架 152 通过所述门 160 之下时,光敏材料的前边沿通过传感器 164 检测,所述传感器 164 安装在所述门 160 上。然后,记录在帧存储器中的图像数据一次从多个线顺序读出。对于每个曝光头 166、基于读出的图像数据通过信号处理部分产生控制信号。此后,镜驱动控制部分控制每个曝光头的 DMD 50 的每个微镜的 ON/OFF 状态。需要说明的是,在本实施例中,对应于单个像素的每个微镜的尺寸是 $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$ 。

[0163] 当激光束 B 从光纤阵列光源 66 照射到 DMD 50 上时,在 ON 状态中通过微镜反射的激光束通过透镜系统 54、58 聚焦到光敏材料 150 上。从光纤阵列光源 66 发射的光束对于每个像素打开 / 关闭,且光敏材料 150 以这样的方式在像素单元(曝光区域 168) 中曝光,其中像素单元的数量大体上等于 DMD50 的像素数目。光敏材料 150 以恒定的速度用台架 152 被传输。副扫描通过扫描器 162 在与台架移动方向相反的方向上执行,且带形曝光区域 170 通过每个曝光头 166 被形成在光敏材料 150 上。

[0164] 需要说明的是,在本实施例中,其中具有 1024 个微镜的微镜行的 768 列沿着副扫描方向设置在每个 DMD 50 上,如图 16A、16B 中所示。但是,只有微镜列的一部分(例如 256

列的 1024 微镜) 通过控制器 302 驱动。

[0165] 在这种情况下, 可以利用位于 DMD 50 的中心部分处的微镜列, 如图 16A 中所示。可选地, 可以利用位于 DMD 50 的边处的微镜列, 如图 16B 中所示。此外, 在微镜等的一部分中发生缺陷的情况下、将被利用的微镜列可以适当地进行改变。

[0166] DMD 50 的数据处理速度受到限制, 且每个行的调制速度与所利用的像素的数目成比例地被确定。因此, 通过只利用一部分的微镜列来增加所述调制速度。同时, 在采用其中曝光头相对于曝光表面连续移动的曝光方法的情况下, 没有必要在副扫描方向上利用所有的像素。

[0167] 当通过扫描器 162 对光敏材料 150 的副扫描完成, 且光敏材料 150 的尾边通过传感器 162 检测到时, 台架 152 通过台架驱动设备 304 沿着引导件 152 返回到其在门 160 的最上游侧的起始点。然后, 台架 152 从门 160 的上游侧再次以恒定的速度移动到下游侧。

[0168] [图像曝光设备的光学系统的细节]

[0169] 接着, 将描述如图 5 中所示的用于将激光束 B 照射到 DMD 50 上的照射光学系统, 包括: 光纤阵列 66、聚光透镜 71、棒积分器 72、准直透镜 74、镜 69 和 TIR 棱镜 70。棒积分器 72 是光透射棒, 例如形成为方形柱。激光束 B 在其中被全反射的同时传播通过棒积分器 72 的内部, 且激光束 B 的横截面之内的密度分布均匀化。需要说明的是, 防反射膜涂布在棒积分器 72 的光入射表面和发光表面上, 以增加其透射率。通过以这种方式均匀化激光束 B 的横截面之内的强度分布, 照射光的强度中的不均匀性可以被消除, 且高细节的图像可以在光敏材料 150 上被曝光。

[0170] 接着, 用于驱动构成激光器模块 64 的 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的方法将参照图 17 进行详细说明。如图 15 中所示的整体控制部分 300 由 PC(个人计算机) 等构成。整体控制部分 300 控制激光驱动部分 305, 所述激光驱动部分 305 设置用于每个半导体激光器 LD1-LD7。每个激光器驱动部分 305 通过 APC 驱动方法驱动每个半导体激光器 LD1-LD7, 这样获得恒定的目标光输出。即, 每个激光器驱动部分 305 基于检测朝向半导体激光器 LD1-LD7 的后部发射的光的光电检测器 PD1-PD7 的输出和设定值之间的比较结果控制每个半导体激光器 LD1-LD7 的驱动电流, 这将在后面描述。

[0171] 此后, 将参照图 18, 详细描述 APC 驱动方法, 图 18 显示了激光器驱动部分 305 的构造。此处, 将描述用于驱动半导体激光器 LD1 的激光器驱动部分 305。但是, 下述说明应用于其他半导体激光器 LD2-LD7。激光器驱动部分 305 包括: 恒流电源 400, 用于将驱动电流供给到半导体激光器 LD1; 光电检测器 PD1, 用于检测朝向半导体激光器 LD1 的后部发射的光; 比较部分 401, 所述比较部分 401 输出差分信号 S12; 以及加法部分 402, 所述加法部分 402 接收从比较部分 401 输出的差分信号 S12。需要说明的是, 在图 18 中, 光电检测器和对应于半导体激光器 LD2 的向后发射的光束分别标记为 PD2 和 RB2。在图 18 中, 参考数字 30 指示对激光束 B1-B7 多路复用的多模式光纤 30。

[0172] 光电检测器 PD1 的输出信号 S10 和表示预定的目标光输出的设定值 S11 同时输入到比较部分 401。设定值 S11 从输入部分 403 输入。设定值 S11 对应于 APC 驱动方法中的目标光输出, 并在根据在输入部分 403 的内存储器中记载的校正图案校正之后输出。

[0173] 比较部分 401 输出差分信号 S12, 即 $S12 = S11 - S10$ 。差分信号 S12 输入到加法部分 402。当输入差分信号 S12 时, 加法部分 402 通过加上 S12 的值、改变限定通过恒流电源

400 供给到半导体激光器 LD1 的电流值的驱动电流设定信号 S13。通过在预定的间隔上连续地执行加法过程,通过恒流电源 400 供给到半导体激光器 LD1 的电流连续地改变以接近一个值,使得 $S11 = S10$ 。即,在该值处,与朝向半导体激光器 LD1 的后部发射的光 RB1 的光输出成比例的激光束 B1 的光输出变得大体上等于由设定值 S11 所表示的光输出。

[0174] 在通过传统的 APC 驱动方法试图实现均匀的光输出的情况下,所述设定值 S11 设定成恒定的值。但是,在本实施例中,根据已经预先获得的校正图案变化设定值 S11,所述校正图案在半导体激光器 LD1 的驱动启动之后经过一预定时间段的校正图案。校正图案是补偿激光束 B1 的实际光输出以及如前参照图 19 所描述的通过光电检测器 PD1 所接收的光量之间的差异的校正图案,所述实际的光输出通过大体上不受半导体激光器 LD1 产生的热影响的位置处所设置的光电检测器检测。通过设定值 S11 以这种方式随着时间而变化,激光束 B1 的光输出从半导体激光器 LD1 的驱动启动在相对短的时间内会聚到所需的值。

[0175] 以这种方式用于驱动半导体激光器 LD1-LD7 的配置利用光电检测器 PD1-PD7,并可以通过稍微修改用于实现 APC 驱动方法的配置来产生,所述实现 APC 驱动方法的配置通常设置在半导体激光器设备中。相应地,实现所述方法的配置可以简单地且低成本地产生。

[0176] 接着,将描述获得校正图案的方法。图 21 显示了执行所述方法的校正图案获得设备的示例。需要说明的是,在图 21 中,与图 18 中所示的部件等同的部件用相同的参考数字标记,且其详细的描述将被省略,除非特别需要。

[0177] 校正图案获得设备配置成也用作图 18 的激光器驱动部分。校正图案获得设备包括:加法部分 450,所述加法部分 450 设置在每个激光器驱动部分 305 处;外光电检测器 PD8,例如由光电二极管构成,用于检测多路复用的激光束 B;输入部分 403;比较部分 451,所述比较部分 451 连接到输入部分 403 和外光电检测器 PD8,用于将输出信号输入到加法部分 450;设定值监测部分 452,用于接收比较部分 451 的输出信号;以及输出部分 453,用于从设定值监测部分 452 接收输入信号。需要说明的是,外光电检测器 PD8 设置在基本上不受半导体激光器 LD1-LD7 产生的热影响的位置处。

[0178] 此后,用于利用校正图案获得设备获得校正图案的方法将被说明。该方法在曝光操作之前通过前述的曝光设备执行,且半导体激光器 LD1-LD7 通过与曝光操作期间相似的方式由 APC 驱动方法来驱动。在驱动启动时,设定值 S21 从输入部分 403 直接输入到比较部分 401,且 APC 驱动被执行以获得对应于设定值 S21 的光输出。此处,设定值 S21 对应于在图像曝光期间所需的预定光输出。

[0179] 通过半导体激光器 LD1-LD7 发射的激光束 B1-B7 通过多模式光纤 30 多路复用,且多路复用激光束 B 通过外光电检测器 PD8 检测。所述外光电检测器 PD8 输出信号 S20,所述信号 S20 表示多路复用激光束 B 的光输出,且信号 S20 被输入比较部分 451。比较部分 451 将从外光电检测器 PD8 输出的信号 S20 与设定值 S21 进行比较,并输出差分信号 S22 ($S22 = S21 - S20$)。差分信号 S22 被输入加法部分 450。由此,例如通过比较部分 401 和加法部分 402 所施加的 APC 操作通过比较部分 451 和加法部分 450 施加。但是,该 APC 操作的速度在例如 10Hz 的速度上执行,所述速度比通过比较部分 401 和加法部分 402 所执行的 APC 操作的速度(例如 1kHz)慢。

[0180] 被多路复用的激光束 B 的光输出假设通过比较部分 401 和加法部分 402 所执行的 APC 驱动方法而变成恒定的。但是,光电检测器 PD1-PD7 的性能如前所述随着时间变化。因

此,被多路复用的激光束 B 的实际光输出发生变化。另一方面,外光电检测器 PD8 设置在不受半导体激光器 LD1-LD7 产生的热影响的位置处。因此,外光电检测器 PD8 能够精确地检测被多路复用的激光束 B 的光输出,所述光输出是波动的。

[0181] 差分信号 S22 变成表示在稍后的阶段通过比较部分 401 所执行的 APC 驱动中的目标光输出。但是,将用作设定值的差分信号 S22 被输入到设定值监测部分 452,且该值被连续检测。所检测的差分信号 S22 在预定的时间间隔上取样,且表示差分信号 S22 从驱动启动开始随着时间的波动图案的信号 S23 被输入到输出部分 453。所述输出部分 453 通过例如 PC(个人计算机)构成。所述输出部分 453 将从驱动启动所经过的时间量 and 对应于其的差分信号 S22 的组合输出到将数据写到设置在每个激光器模块 64 中的 ROM(只读存储器,未示出)中的写设备作为设定值校正模式。由此,设定值校正图案被写入 ROM。

[0182] 当激光器模块 64 安装到曝光设备时,设定值校正图案被整体控制部分 300(参照图 17)读出,并记录在输入部分 403 的内存储器中。

[0183] 通过信号 S23 所表示的设定值校正图案是当用外光电检测器 PD8 精确地检测实际的光输出而均匀化激光束 B 的实际光输出时设定值(差分信号 S22)的波动图案。因此,当从输入部分 403 输入到比较部分 401 中的设定值 S11 根据所述图案变化、如图 18 中所示的设备通过在图像曝光期间的 APC 驱动方法驱动半导体激光器 LD1-LD7 时,激光束 B1-B7 的实际光输出在紧随驱动启动之后被均匀化。

[0184] 图 20 是显示当以这种方式驱动时半导体激光器 LD1-LD7 中的一个的光输出的示例图形。与显示在图 19 中的传统 APC 驱动方法的情况相比,恒定的目标光输出在更短的时间内接近,且光输出的波动范围 ΔP_2 小于传统方法中的。由此,高输出的激光束 B1-B7(即被多路复用的激光束 B)可以在启动时间不长的情况下稳定地获得。

[0185] 如果高输出的多路复用激光束 B 可以稳定地获得而不会花费长的启动时间,如上所述,则花在等待被多路复用的激光束 B 的输出稳定的等待时间可以被缩短。即,可以减小图像曝光设备的产距时间。因此,半导体激光器 LD1-LD7 的更换频率可以降低,由此也减小了曝光设备的运行成本。

[0186] 在本实施例中,对于 APC 驱动方法变化设定值的过程对于多个半导体激光器 LD1-LD7 用共同的定时来执行。因此,只有单个的整体控制部分 300 和 D/A 转换部分 303(参照图 17)作为电流控制装置是必须的,这使得以较低的成本制造驱动设备。

[0187] 需要说明的是,在如图 21 中所示的配置中,变成输入到比较部分 401 的用于 APC 驱动方法的设定值的差分信号 S22 从外光电检测器 PD8 反馈。可选地,通过 PC 输出的固定的设定值 S21 可以输入到比较部分 401。通过将外光电检测器 PD8 的输出与光电检测器 PD1 的输出 S10 进行比较,可以稍后计算所述校正图案。

[0188] 需要说明的是,在本实施例中,构成单个激光器模块 64 的七个半导体激光器 LD1-LD7 基于单个校正图案共同被驱动。可选地,7 个 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 中的 4 个可以基于单个校正图案来驱动,而剩余的三个可以基于另外一个校正图案来驱动。同样在该情况下,可以获得与当多个半导体激光器基于单个校正图案而被驱动时所获得的相同的效果。

[0189] 十四个激光器模块 64 用在本实施例中。因此,如果每个模块 64 的半导体激光器 LD1-LD7 基于单个校正图案来驱动,则总共十四个校正图案是必须的。可选地,十四个模块

64 中的七个可以基于单个共用校正图案来驱动。在这种情况下,校正图案的必须的数目可以小于十四个。

[0190] 在本实施例中,根据本发明用于驱动半导体激光器的方法被施加用于驱动曝光设备的半导体激光器 LD1-LD7,包括:GaN 型半导体激光器 LD1-LD7;光纤 30,通过多个 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 中的每个所发射的激光束 B1-B7 进入所述光纤 30 中以由此被多路复用。因此,可以说,光输出的稳定效应特别明显。

[0191] 即,在上述结构中,存在其中被多路复用的激光束 B 的输出波动的情况,不仅是由于被驱动的半导体激光器 LD1-LD7 的驱动电流 / 光输出性能的差异,而且由于由此产生的热所导致。由于模块 64 的结构部件的热膨胀导致所述波动,所述热膨胀是由于所产生的热导致的。热膨胀将激光束 B1-B7 和光纤 30 从它们的同轴的状态偏移,由此改变激光束 B1-B7 相对于光纤 30 的输入效率。此外,存在其中激光束 B1-B7 的光束轮廓在从驱动启动到稳定的驱动状态的周期期间波动的情况。激光束相对于光纤 30 的输入效率在这些情况下也可能改变。例如,在如图 11-13 所示的结构中,从激光器的驱动启动到被多路复用的激光束 B 的光输出中的波动稳定到 $\pm 5\%$ 或者更小需要大约 8 秒。

[0192] 但是,如果通过检测从光纤 30 所发射的激光束 B 产生前述的校正图案,可以获得反映输入效率的改变的校正图案。因此,由于输入效率中的改变所导致光输出的波动也可以得到校正。

[0193] 在本实施例中,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法被应用来驱动半导体激光器 LD1-LD7,所述半导体激光器 LD1-LD7 通常固定到单个加热块 10,所述加热块 10 用作散热片。也基于该点,在稳定光输出中,所述方法也特别有效。即,在该配置中,每个半导体激光器 LD1-LD7 的性能可能由于由此产生的相互作用的热的缘故而改变。甚至在这种情况下,如果前述的校正图案通过检测多路复用激光束 B 而产生,则可以获得反应相互作用的热的效应的校正图案。因此,由于 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 的相互作用加热所导致的激光束 B 的光输出的波动也可以得到校正。

[0194] 前述的效应可以在多个半导体激光器的温度通过加热块 10 或散热片 501 调节的情况下以及在无执行温度调节的情况下获得。

[0195] 在本实施例中,根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法被应用于驱动多个 GaN 型半导体激光器 LD1-LD7。因此,在稳定半导体激光器的光输出中所述方法特别有效。与例如 GaAs 型半导体激光器等其他类型的半导体激光器相比,GaN 型半导体激光器产生更多的热。因此,其驱动电流 / 光输出性能在从驱动启动到稳定启动状态的时间周期中波动明显。但是,通过应用根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法,可以校正 GaN 型半导体激光器的驱动电流 / 光输出性能中的波动,由此使得能够稳定激光束 B1-B7 的输出。

[0196] 此外, GaN 型半导体激光器 LD1-LD7 具有在室温或者接近室温处只有其振荡阈值电流响应于温度改变而改变的特性。即,在室温或者接近室温处响应于温度改变不会极大改变其斜率效率。因此,被确定用于任何电流范围的校正图案可以被用在基本上所有的输出范围内。即,校正图案不需要根据输出的改变而改变。这点不仅是对 GaN 型半导体激光器是真实的,而且对于其他类型的半导体激光器也是真实的,对于此斜率效率的温度特征系数 T_1 相对于振荡阈值电流的温度特性系数 T_0 是小的。

[0197] 需要说明的是,所述系数 T_0 是表示半导体激光器的 IL 波形 (驱动电流 / 光输出性

能) 中的振荡阈值电流 I_{th} 的温度特性的系数。所述系数 T_1 是表示半导体激光器的斜率效率 η_d 的温度性能的系数。如果 IL 波形在温度 T_a 具有振荡阈值电流 I_{tha} 和斜率效率 η_{da} , 且在温度 T_b 上具有振荡阈值电流 I_{thb} 和斜率效率 η_{db} , T_0 和 T_1 可以通过下述公式限定:

$$[0198] \quad T_0 = \frac{T_a - T_b}{\ln(I\eta_{tha} / I\eta_{thb})}$$

$$[0199] \quad T_1 = \frac{T_a - T_b}{\ln(I\eta_{da} / I\eta_{db})}$$

[0200] 需要说明的是, 设定值校正图案由从驱动启动所经过的时间和对应于该时间的差分信号 S22 的组合构成。组合的数目越大 (差分信号 S22 被采样的越频繁), 光输出上的稳定效应越得到改善。但是, 如果组合的数目太大, 就必须具有高容量的存储器, 处理参数需要更长的时间, 且必须具有更复杂的系统。

[0201] 设定值校正图案可以通过除了上述的方法之外的方法来产生。此后将参照图 18 中所示的配置来描述这样的方法的示例。在本方法中, 通过 APC 驱动方法驱动半导体激光器 LD1-LD7。此时, 从光纤 30 发射的多路复用激光束 B 的光输出通过设置在基本上不受半导体激光器 LD1-LD7 产生的热影响的位置处的外光电检测器检测。将使得光输出均匀化的设定值 S11 对于每个所经过的时间增量、根据外光电检测器的随着时间的输出波动性能来进行计算。以这种方式获得的、伴随时间的流逝的设定值 S11 的波动图案也可以用作设定值校正图案。

[0202] 在已经从多个半导体激光器发射的激光束在上述的实施例中被多路复用的情况下, 以其间具有时滞来执行对于 APC 驱动方法变化所述设定值的过程是有利的。在这种情况下, 在被多路复用之前的每个半导体激光器中的光输出的稍微变化被取消, 且可以平滑被多路复用的激光束的光输出中的变化。即, 在被多路复用的激光束的光输出如图 23 中所示没有时滞的情况下, 被多路复用的激光束的光输出可以通过提供时滞平滑成如图 24 中所示的光输出。

[0203] 如上所述的实施例是用于其中多个半导体激光器被驱动的情况。可选地, 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法可以应用到其中单个半导体激光器被驱动的情况。此外, 毋庸置疑, 根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法可以应用到其中多个半导体激光器在没有通过光纤多路复用的情况下被驱动的情况。

[0204] 此外, 当执行根据本发明的用于驱动半导体激光器的方法时, 在 OFF 状态中用于半导体激光器的驱动电流可以是稍微小于其振荡阈值电流的电流, 且不是 0mA。例如, 对于具有 35mA 振荡阈值电流的半导体激光器, 30mA 的电流可以在它们的 OFF 状态下向其供给。由此, 半导体激光器的 OFF 和 ON 状态之间的半导体激光器的温度差可以减小, 且当 APC 驱动方法被实施时的输出波动可以减小。

[0205] 前述的效果不限于在例如如图 11-13 中所示的多路复用激光器模块中所获得的。相同的效果可以在其中由容纳在罐型封装中的半导体激光器芯片所构成的多个半导体激光器 500 固定到共同的散热片 501 上的结构 (如图 22 中所示) 中获得。需要说明的是, 在该结构中, 通过每个半导体激光器 500 所发射的每个激光束被引导到它们通过光纤 502 被使用的位置处。

[0206] 此后, 半导体激光器装置 500 的配置将参照图 15 来说明。需要说明的是, 在图 15

中,与图 11-13 中所显示的部件等同的部件用相同的参考数字来指示,且其详细的说明将被省略,除非特别必要(这也应用到下述说明)。

[0207] 如图 15 中所示,半导体激光器装置 500 包括:罐封装类型半导体激光器 LD;球透镜 504,用于将通过半导体激光器 LD 所发射的激光束 B 会聚;以及支撑部件 503,用于从下面支撑所述球透镜 504,所有的部件都设置在封装 505 内。封装 505 也容纳光纤 502 的端部。罐封装类型半导体激光器 LD 包括激光二极管芯片 CLD,所述激光二极管芯片 CLD 容纳在罐型封装 CP 之内。即,激光二极管芯片 CLD 固定到加热块 HB 上,所述加热块 HB 固定到杆 ST 上并设置在所述封装 CP 之内。朝前(朝向图 15 的右侧)发射的激光束 B 通过封装 CP 的玻璃窗 WD 发射。通过光电二极管等构成的、用于检测朝向激光二极管芯片 CLD 的后部发射的光 RB 的光电检测器 PD 也固定到加热块 HB 上。

[0208] 在该结构中,从罐封装类型半导体激光器 LD 发射的激光束 B 通过球透镜 504 会聚。被会聚的激光束 B 进入光纤 502,所述光纤 502 设置成其光入射端表面被定位在被会聚的激光束 B 会聚的点处。所述激光束 B 传播通过光纤 502 到达其将被利用的位置。

[0209] 此外,本发明可以应用到显示在图 25 中的半导体激光器装置 550。半导体激光器装置 550 多路复用从两个半导体激光器发射的激光束,且导致被多路复用的激光束进入单个光纤。即,半导体激光器装置 550 包括:两个半导体激光器 LD51 和 LD52,所述两个半导体激光器 LD51 和 LD52 与图 15 中所示的罐封装类型半导体激光器 LD 相似;用于校准激光束 B51 和 B52 的准直透镜 551、552,所述激光束以漫射状态从半导体激光器 LD51 和 LD52 发射;分束器 553,用于将被准直的激光束 B51 和 B52 多路复用到单个激光束 B 中;以及聚光透镜 554,用于会聚多路复用激光束 B 并导致其进入光纤 502。

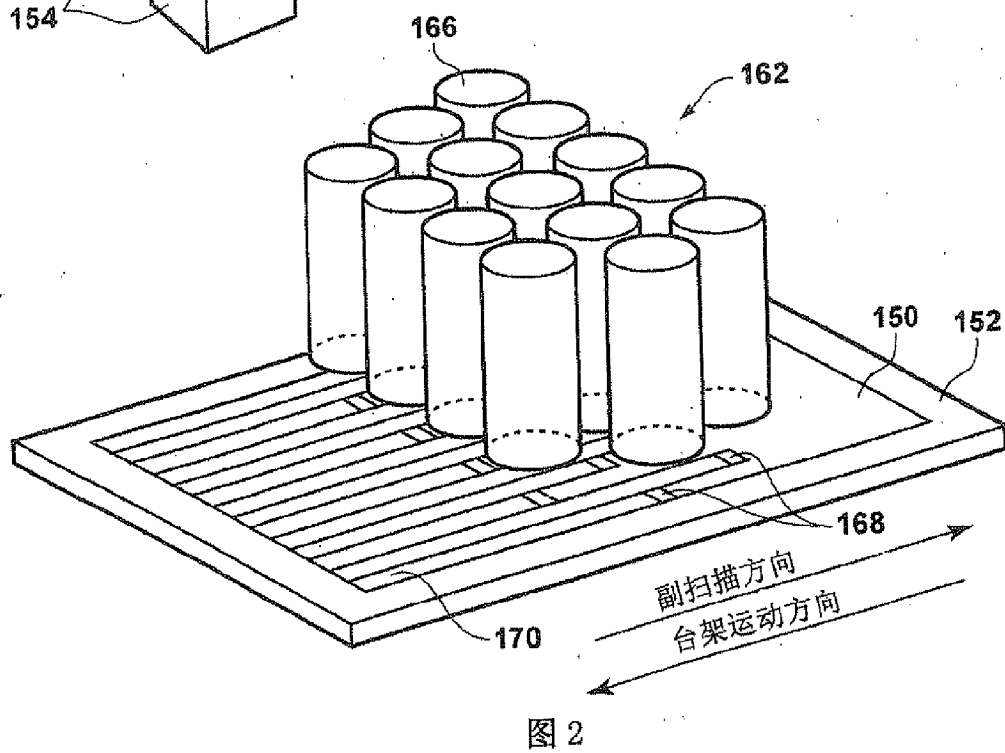
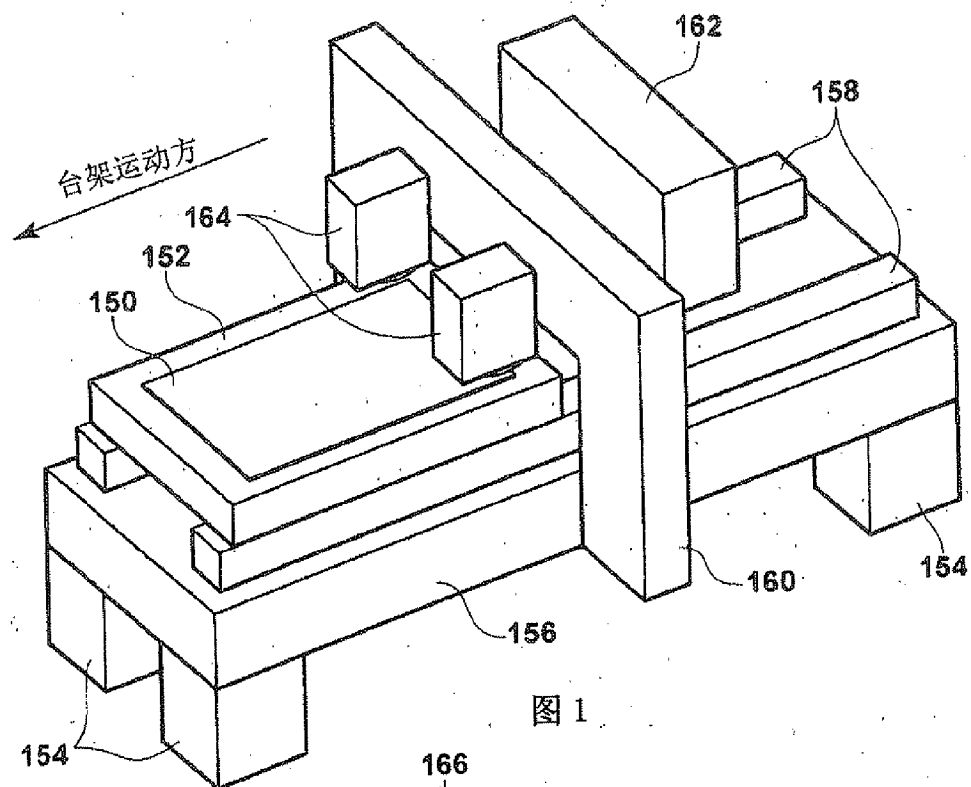
[0210] 在半导体激光器 LD51 和 LD52 通过本发明的用于驱动半导体激光器的方法驱动的情况下,可以获得基本上与上述相同的效果。

[0211] 此外,本发明可以应用到例如如图 26 中所示的半导体激光器装置。图 26 的半导体激光器装置包括:两个半导体激光器 600、600;光纤 601、601,通过半导体激光器 600、600 发射的激光束被导致进入所述光纤 601、601;以及单个光纤 602,光纤 601、601 耦合到所述单个光纤 602。

[0212] 图 26 的半导体激光器装置的光纤耦合部分详细地显示在图 27 中。每个光纤 601 通过芯部 601a 和设置在芯部 601a 的外部的包覆层 601b 构成。光纤 602 也通过芯部 602a 和设置在芯部 602a 的外部处的包覆层 602b 所构成。光纤 601 和光纤 602 熔接,这样光纤 602 的芯部 601a 的每个与光纤 602 的芯部 602a 连接,由此使得两个激光束被多路复用到单个激光束中。

[0213] 在半导体激光器 600、600 通过本发明的用于驱动半导体激光器的方法驱动的情况下,基本上可以获得与上述这些相同的效果。

[0214] 注意,本发明不限于被应用到其中两个光纤被熔接到单个光纤上的半导体激光器装置。本发明同样可应用到由三个或者更多个光纤构成的半导体激光器装置,所述三个或者更多个光纤熔接到单个光纤。



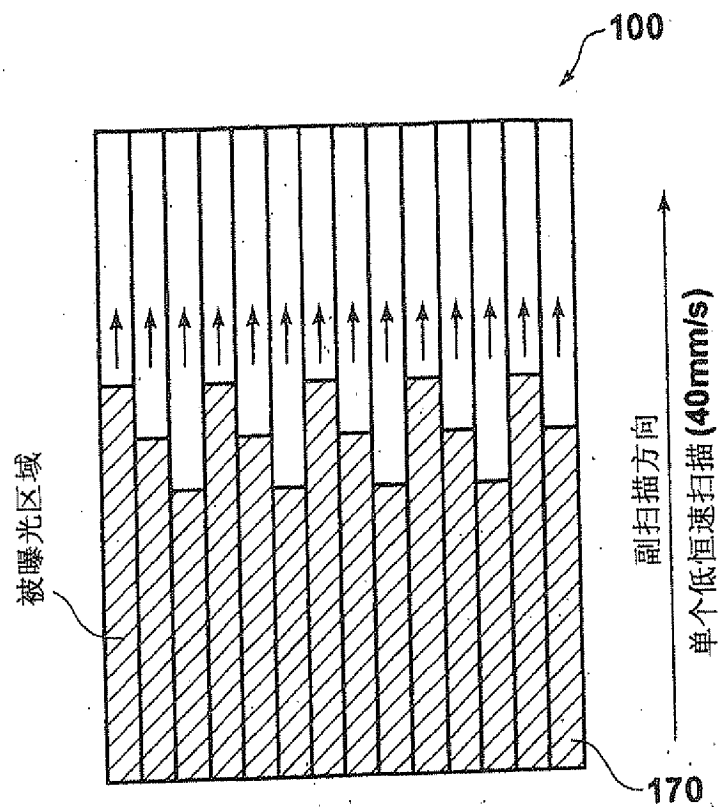


图 3A

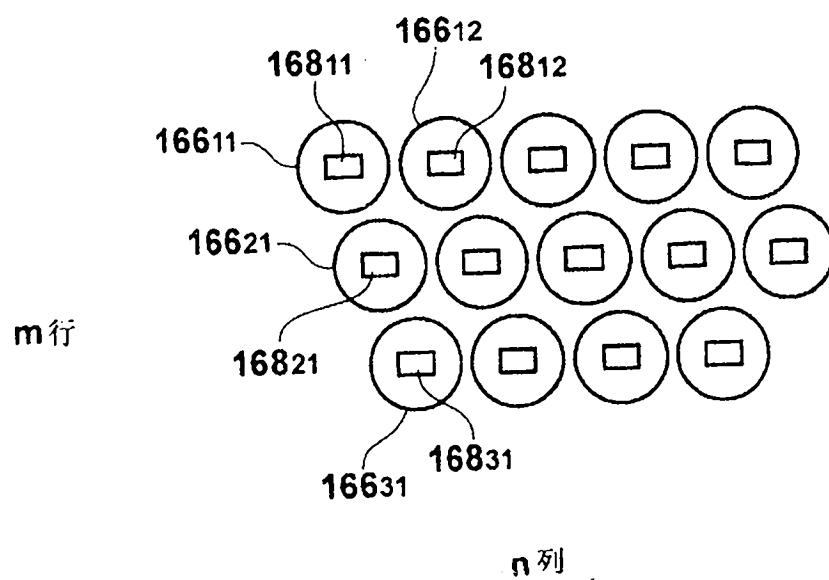


图 3B

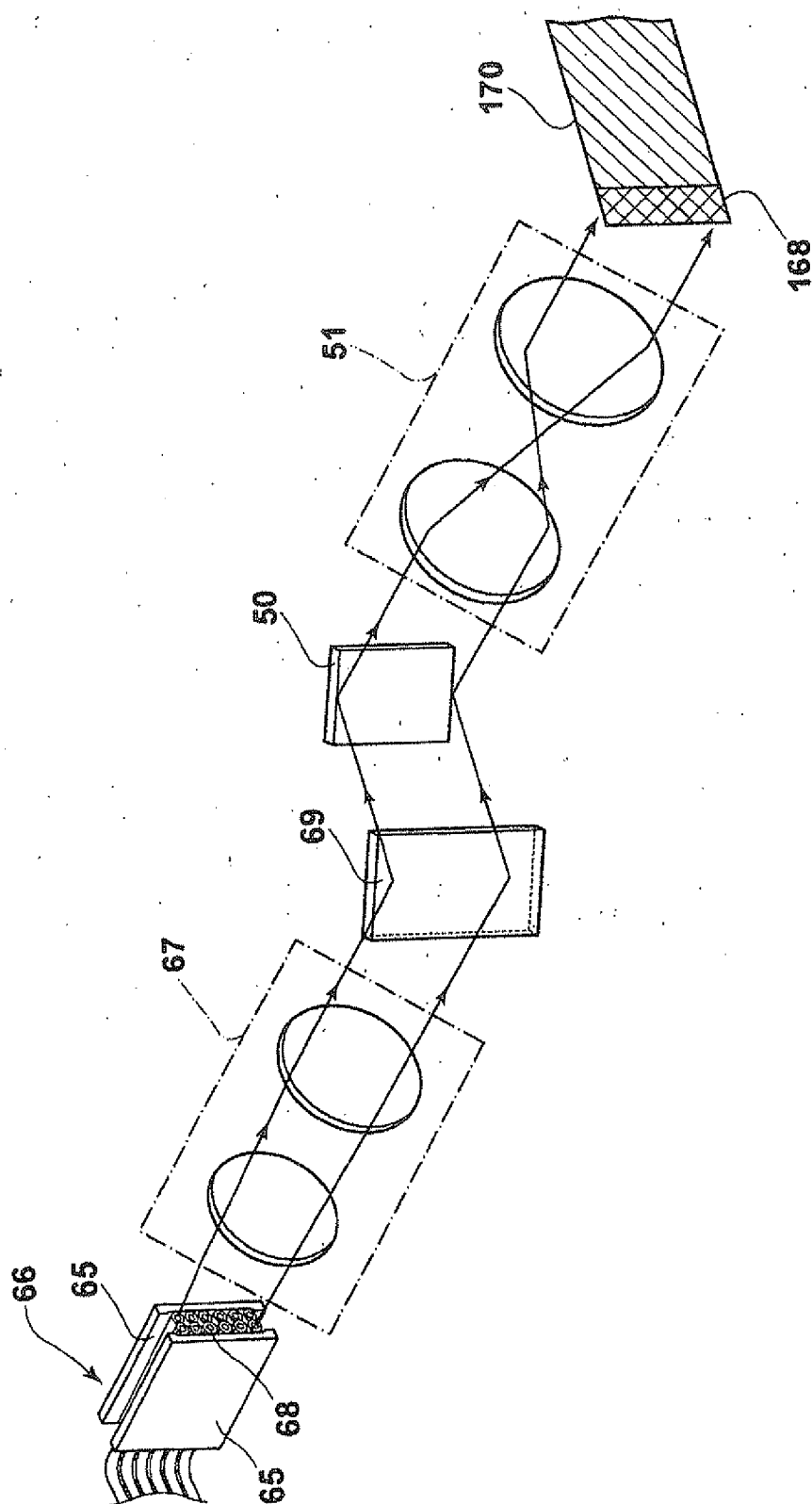


图 4

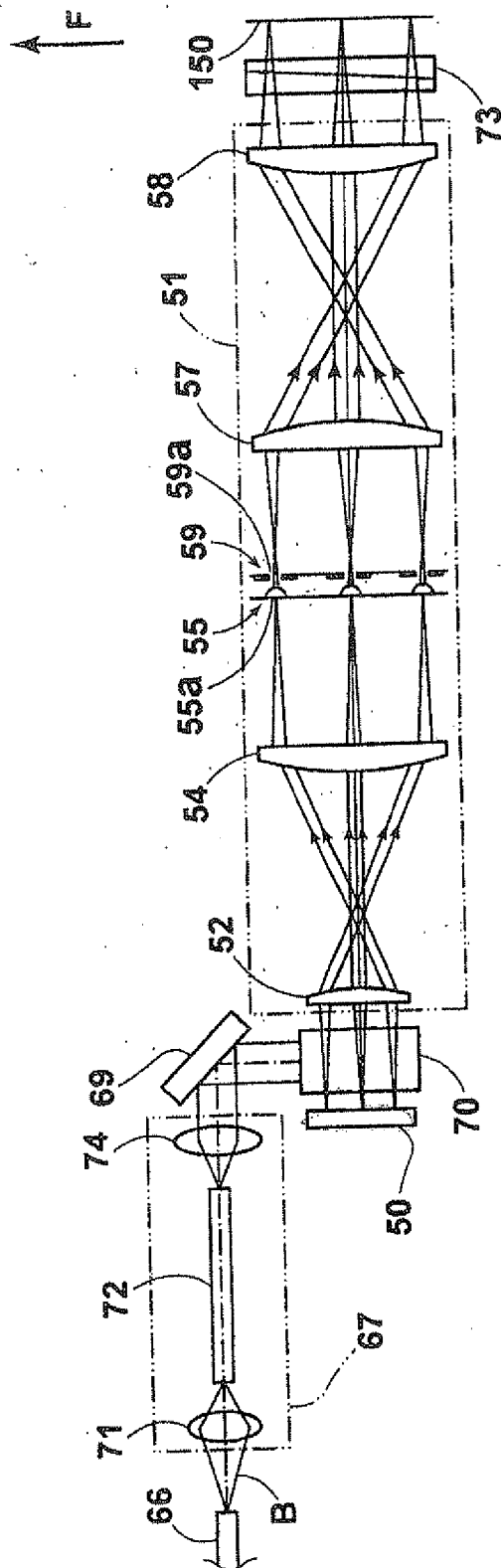


图 5

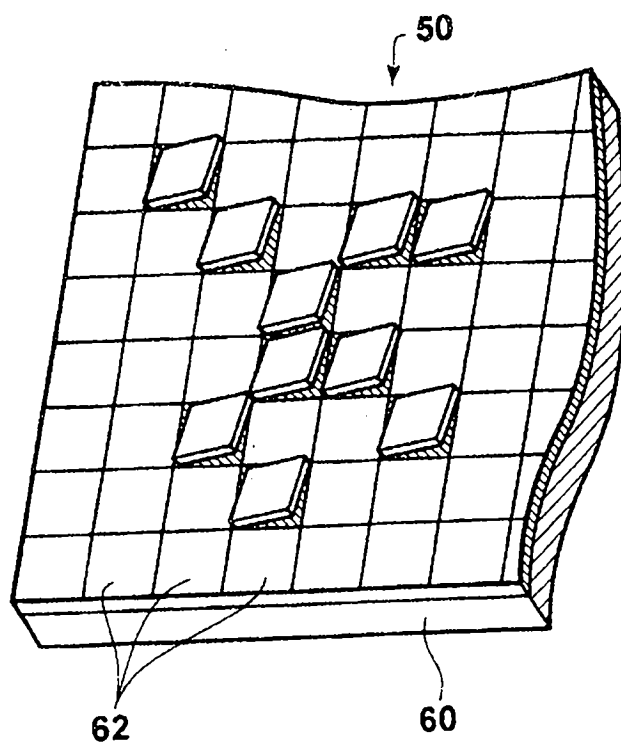


图 6

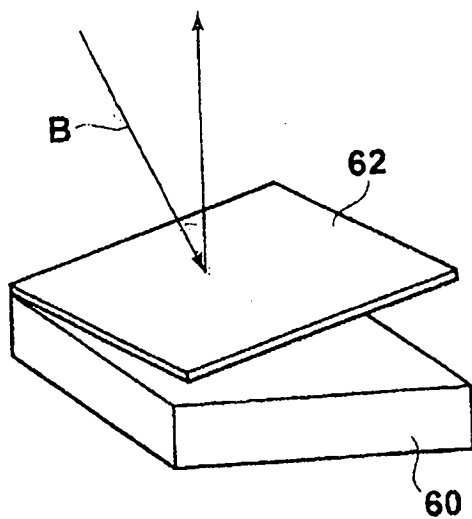


图 7A

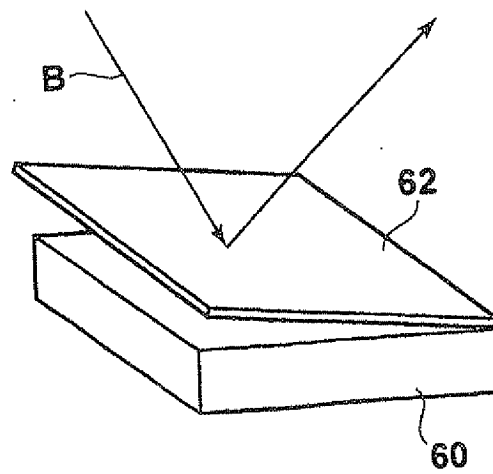


图 7B

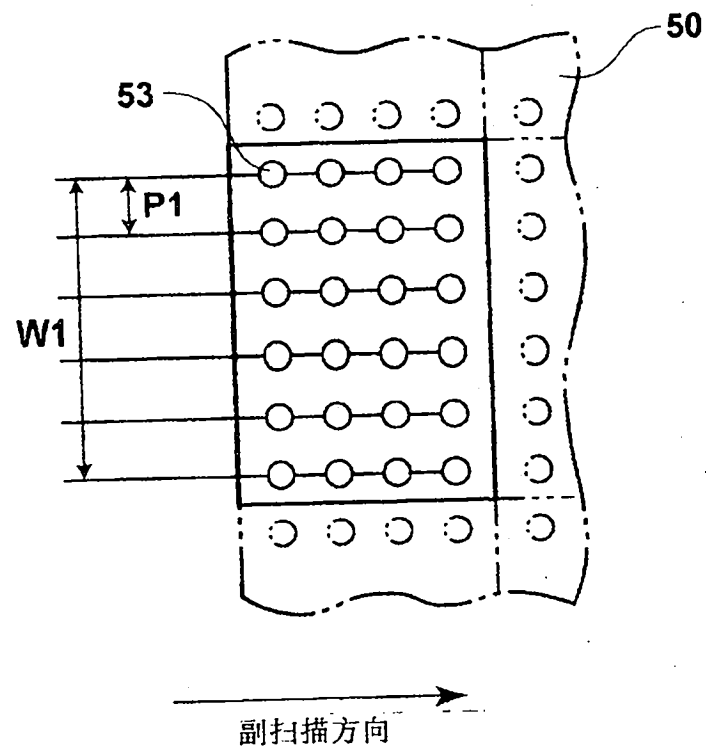


图 8A

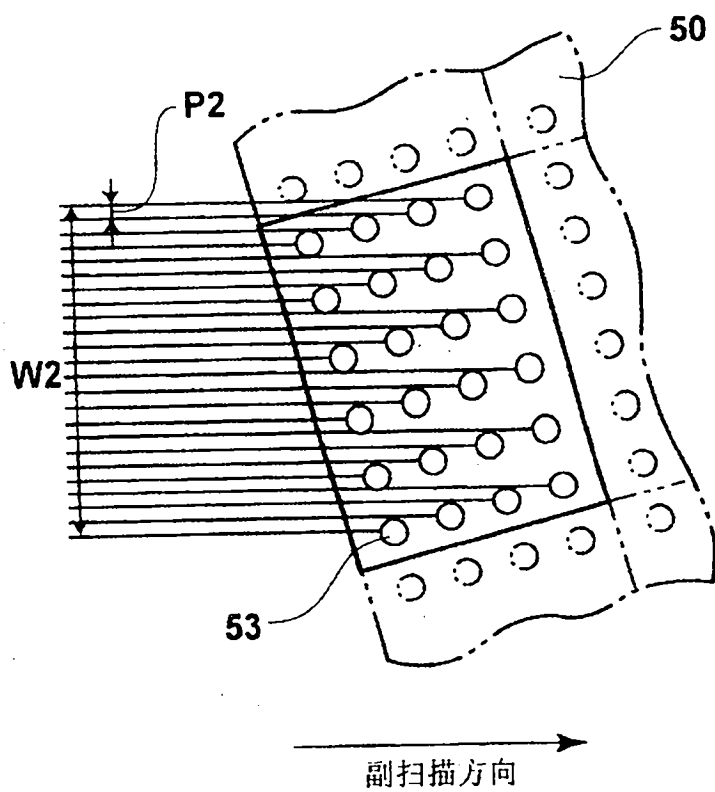


图 8B

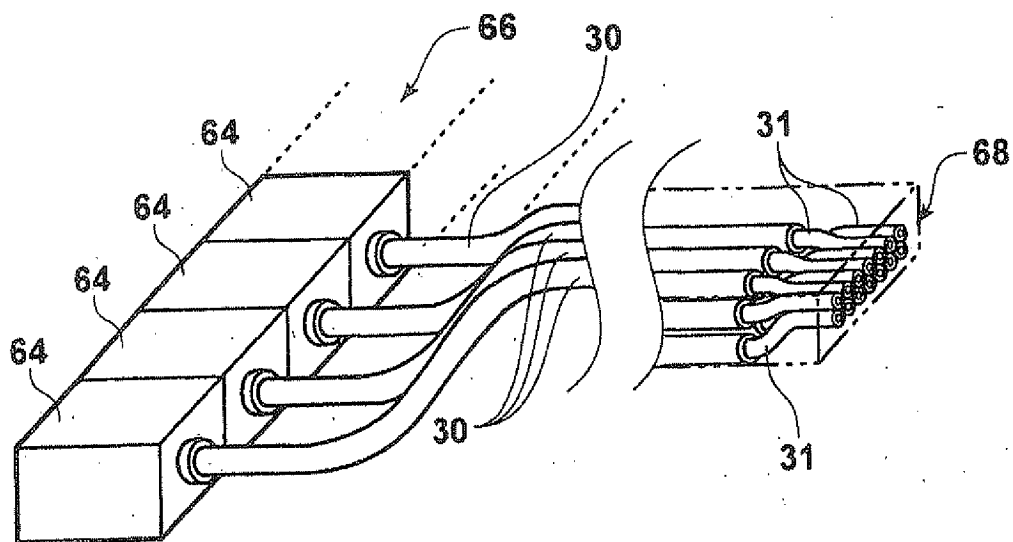


图 9A

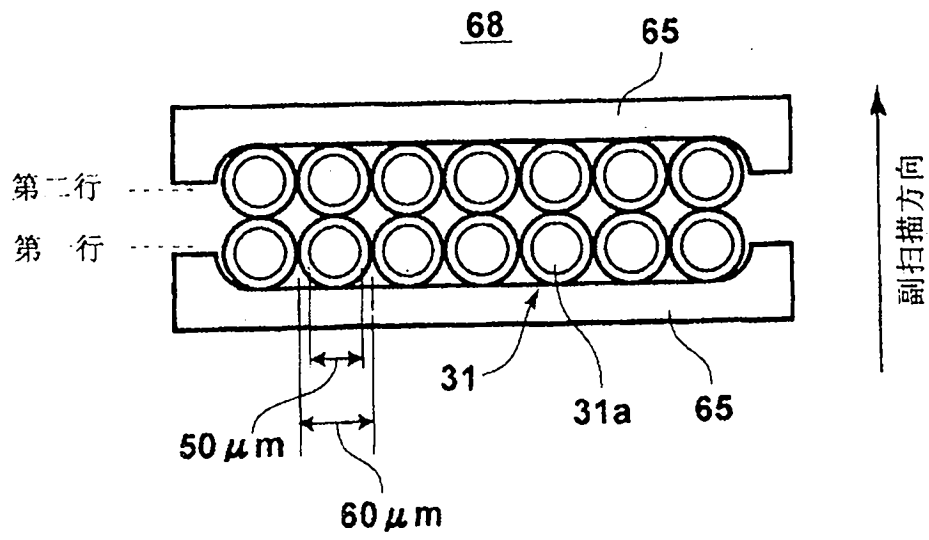


图 9B

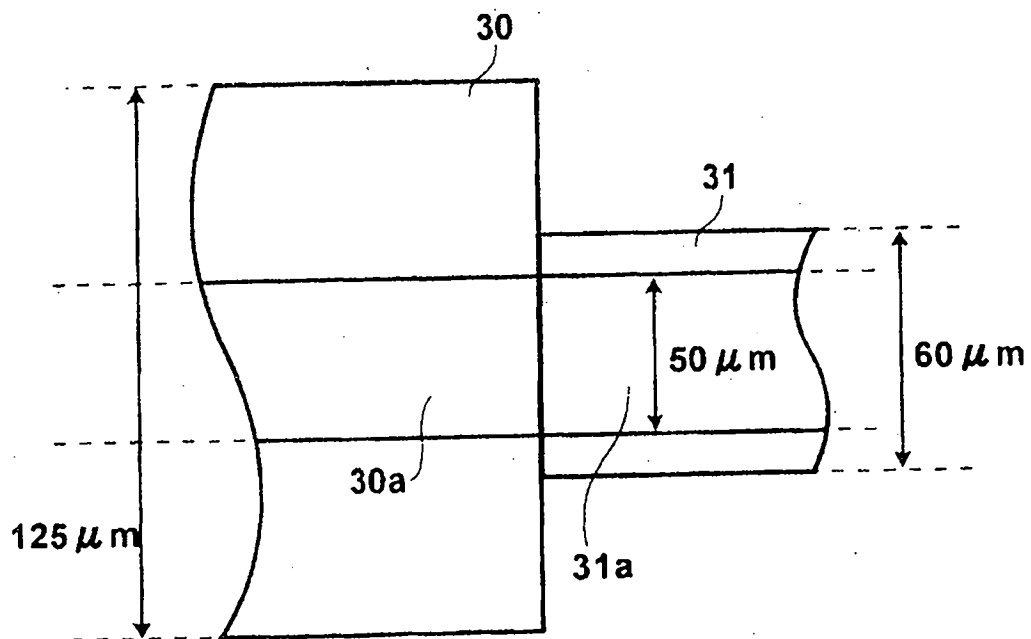


图 10

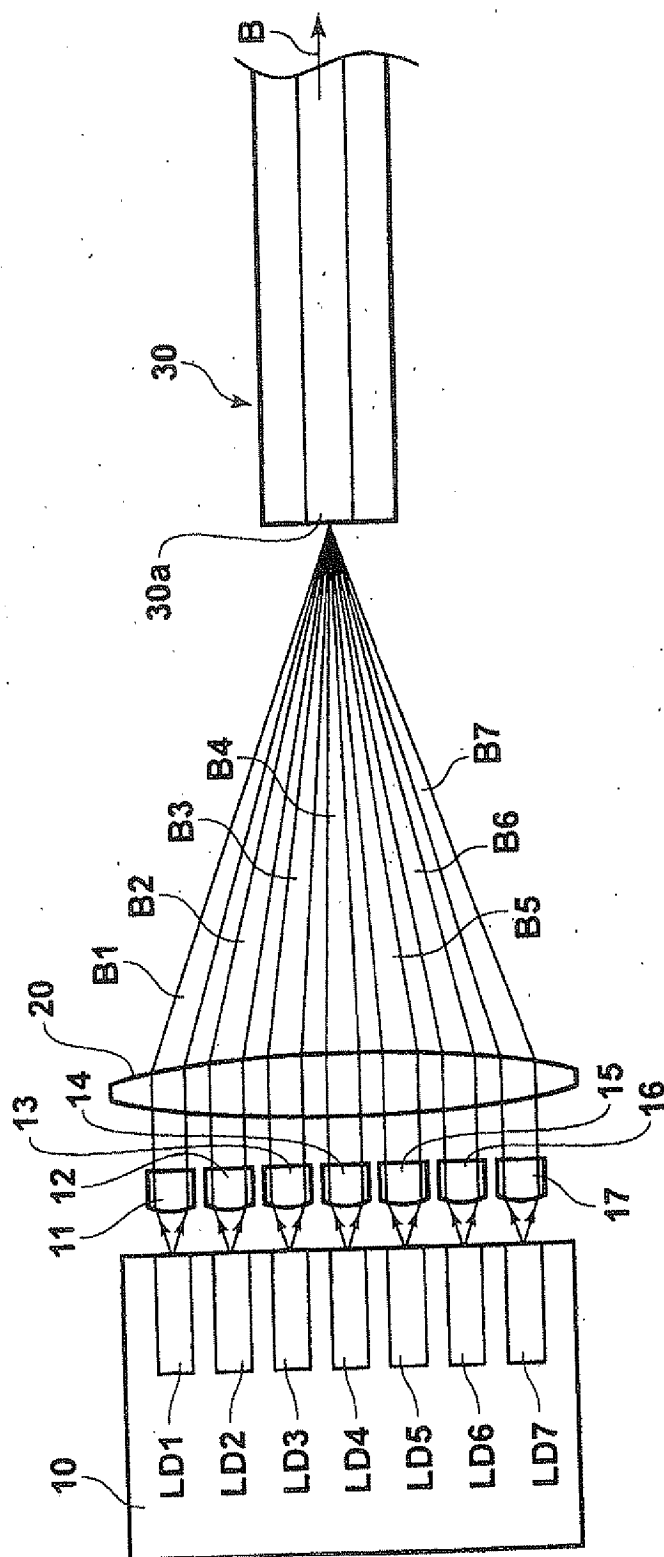


图 11

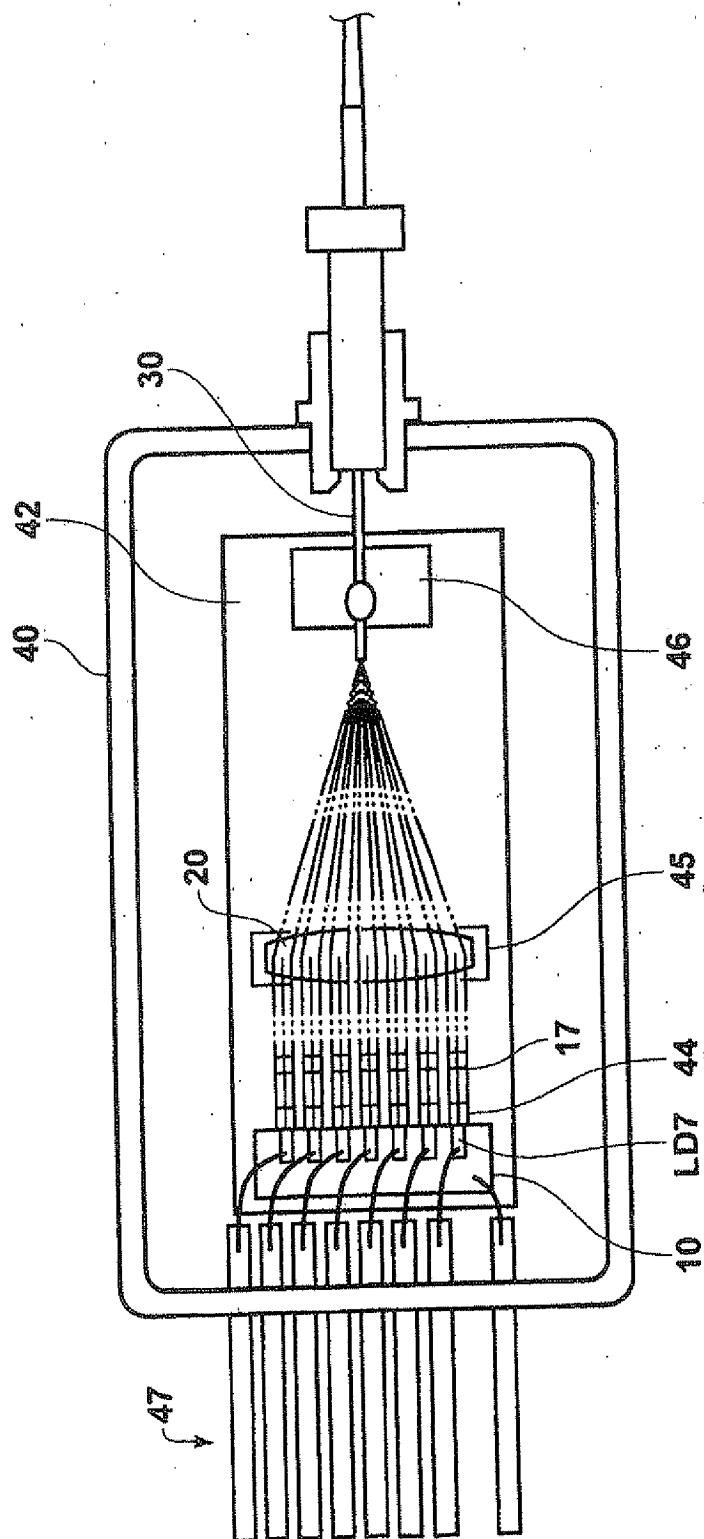


图 12

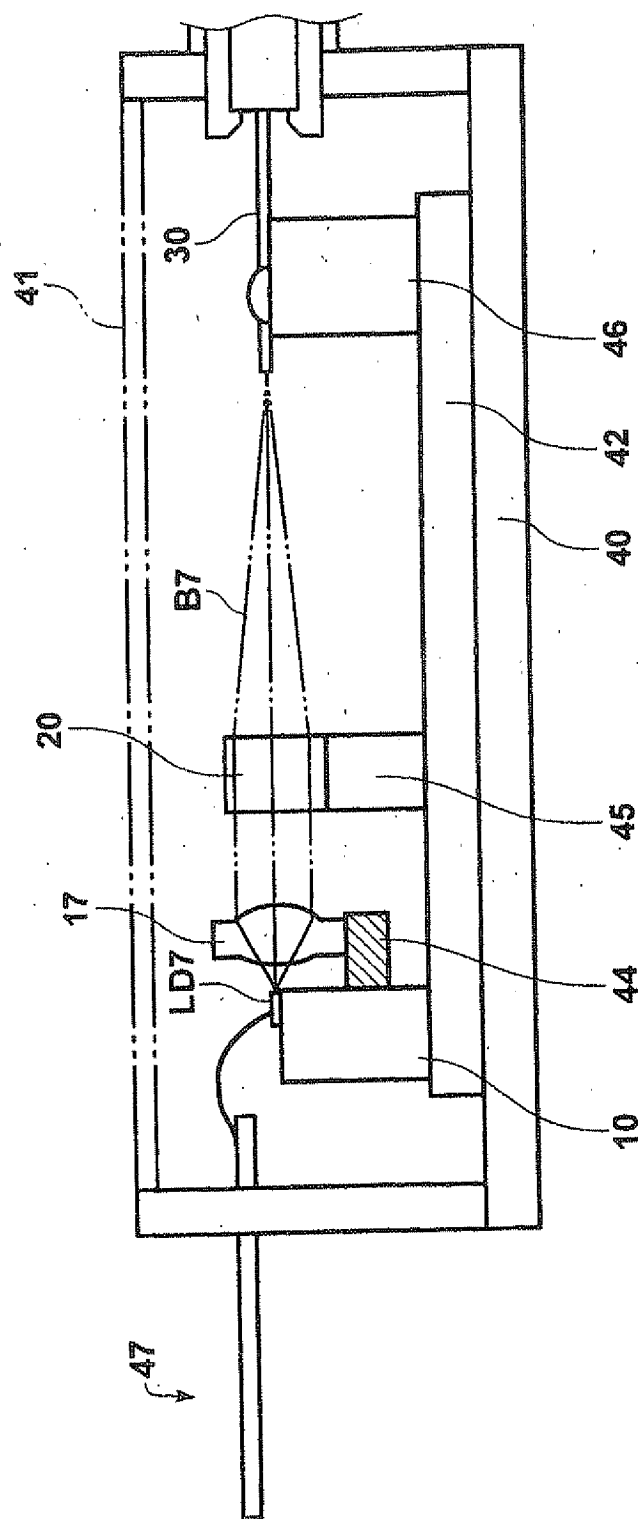


图 13

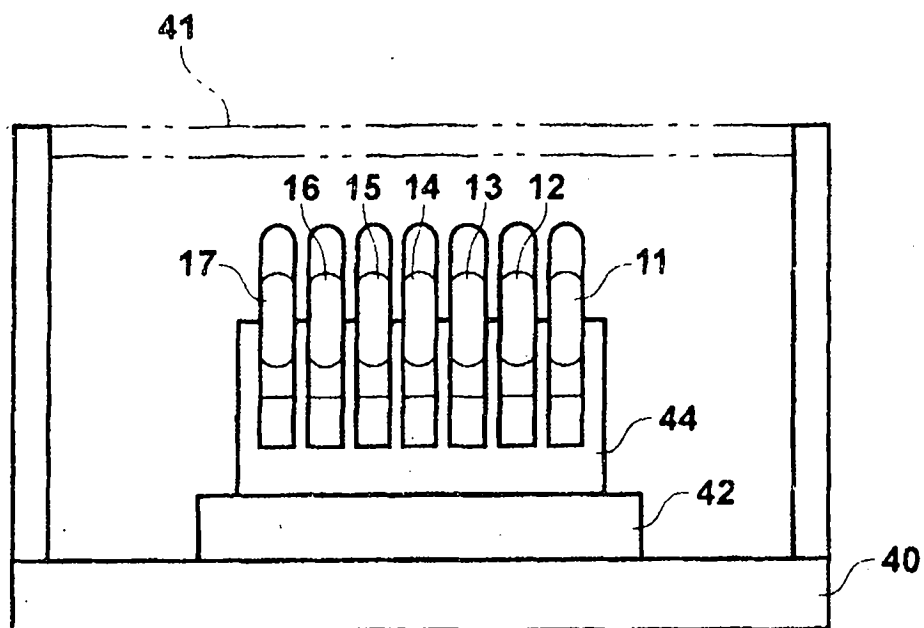


图 14

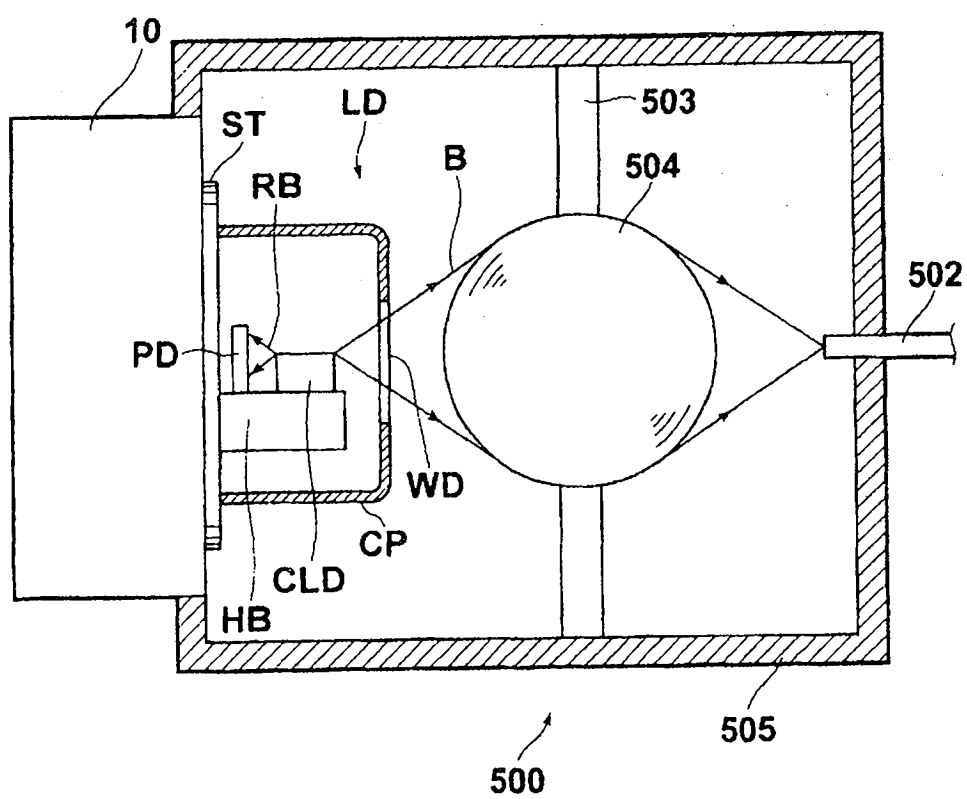


图 15

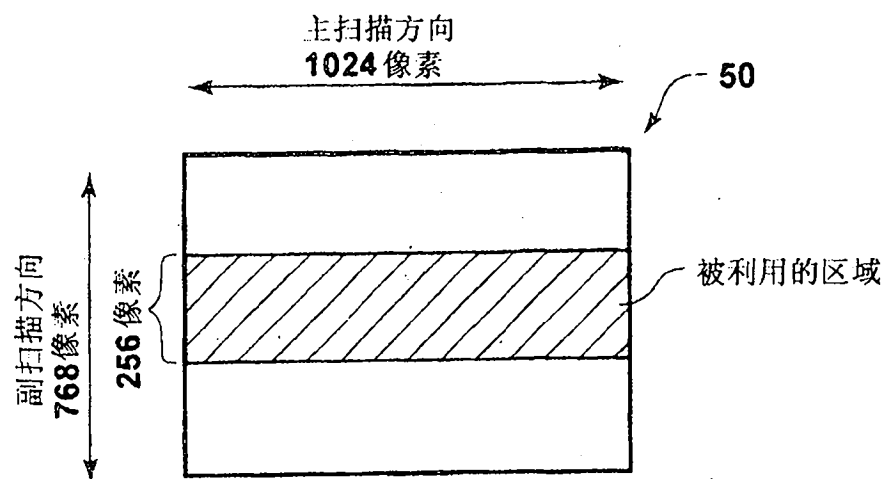


图 16A

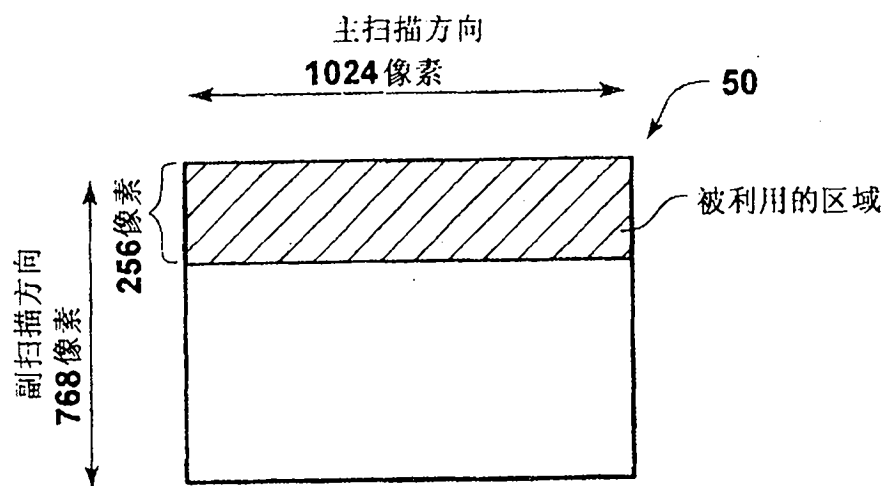


图 16B

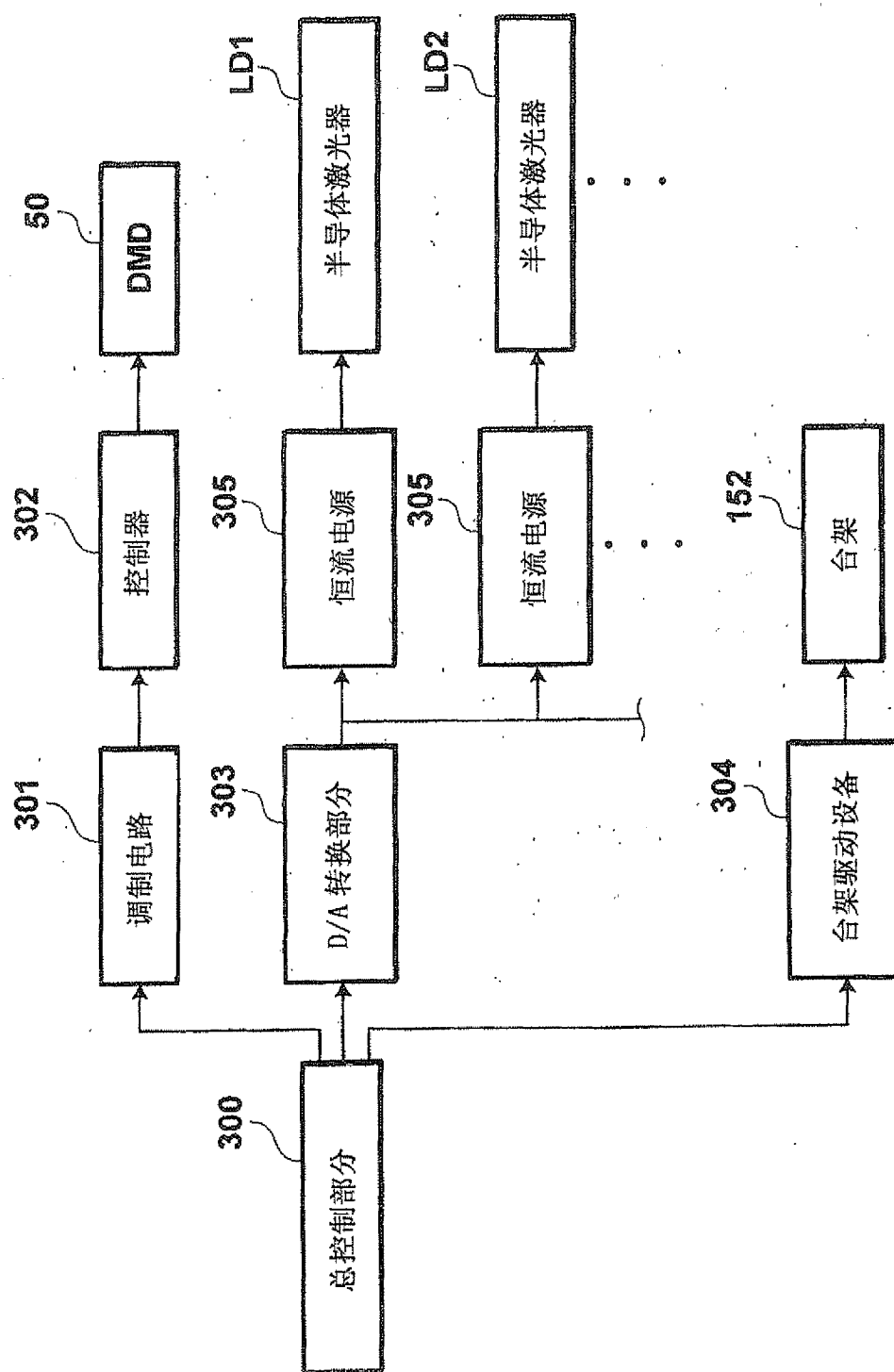


图 17

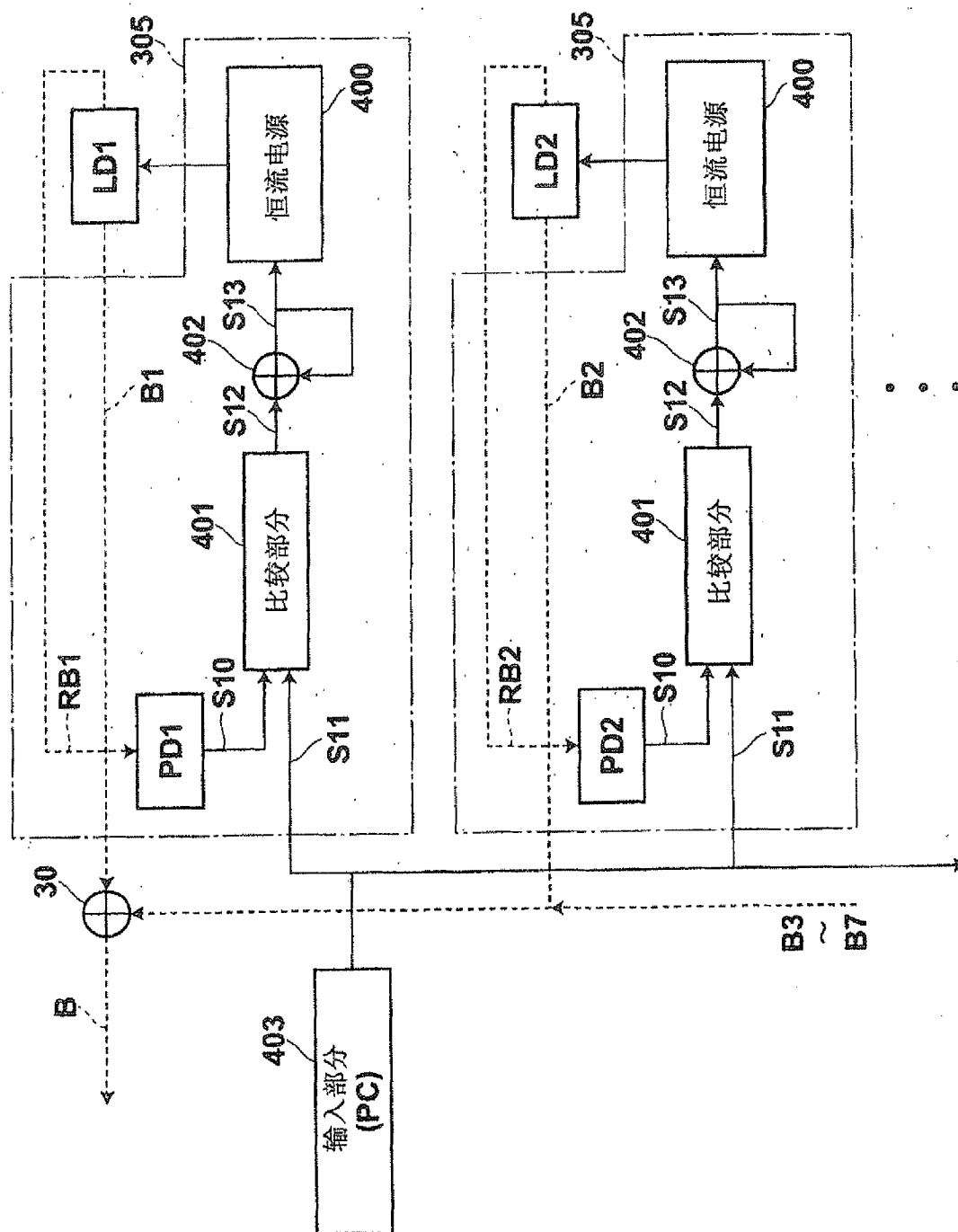


图 18

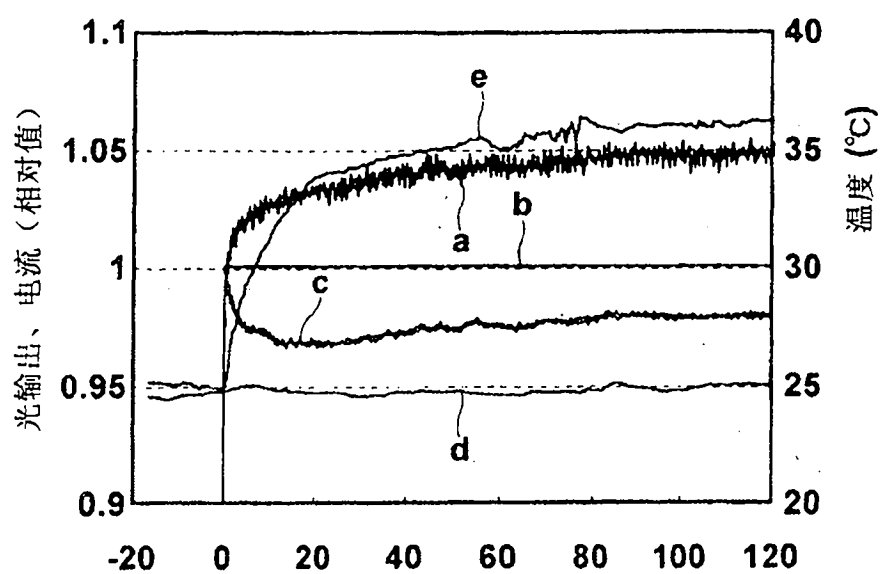


图 19

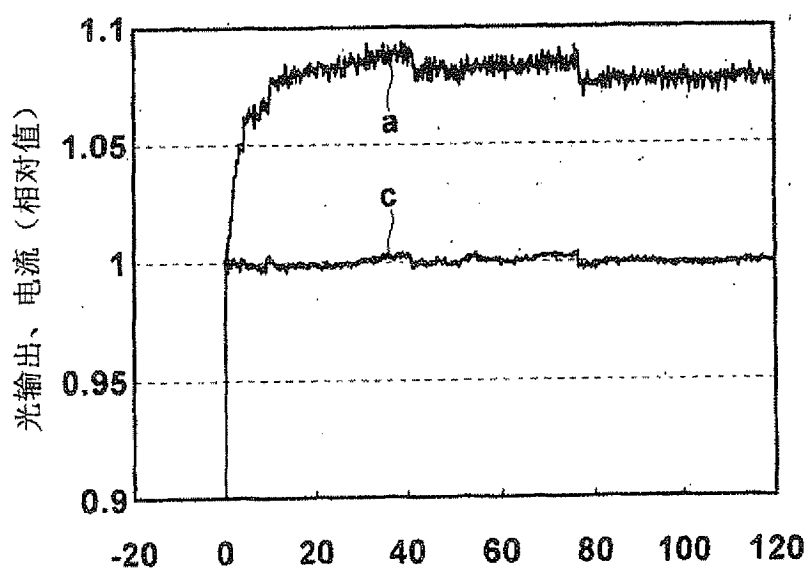


图 20

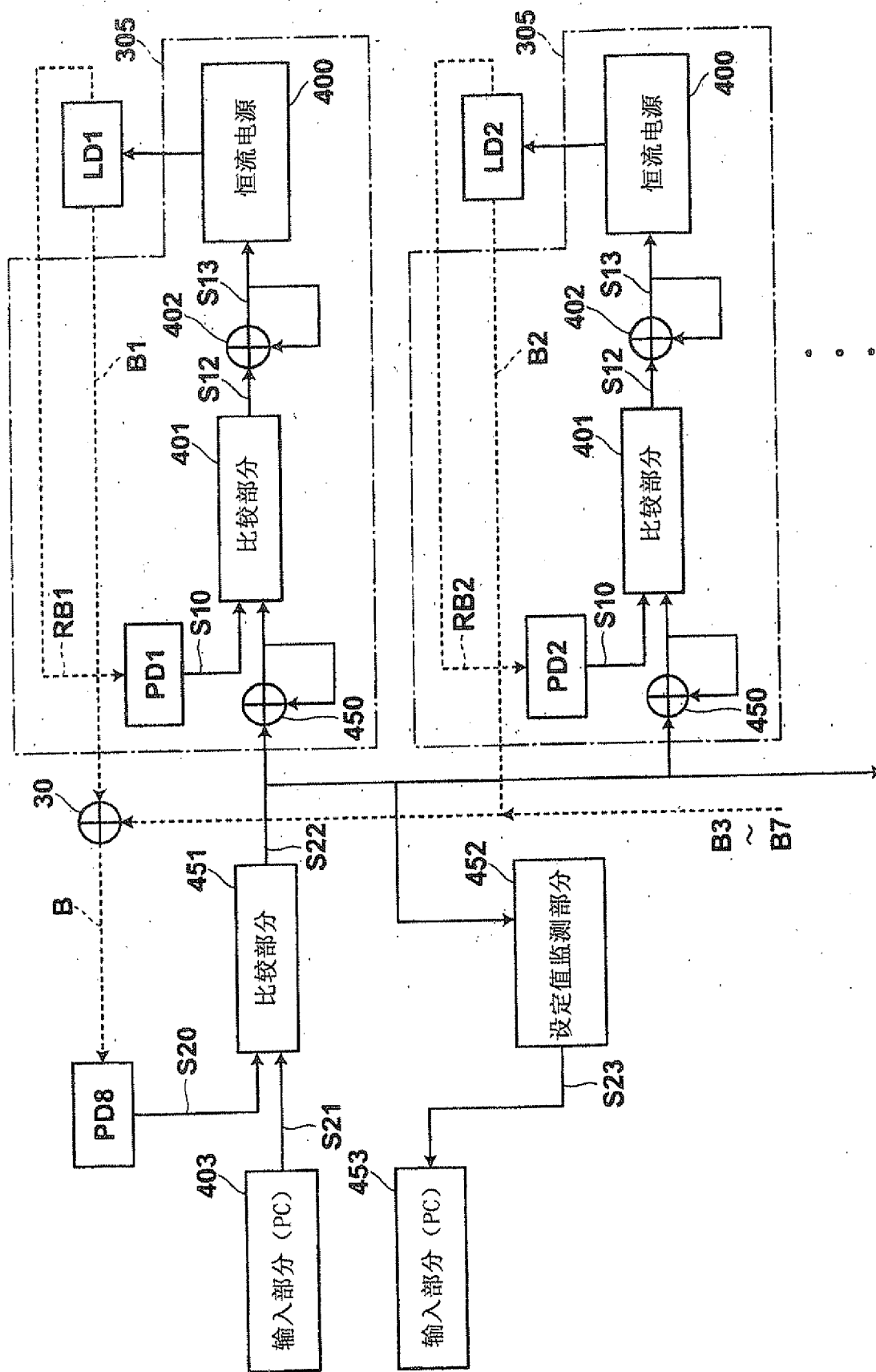


图 21

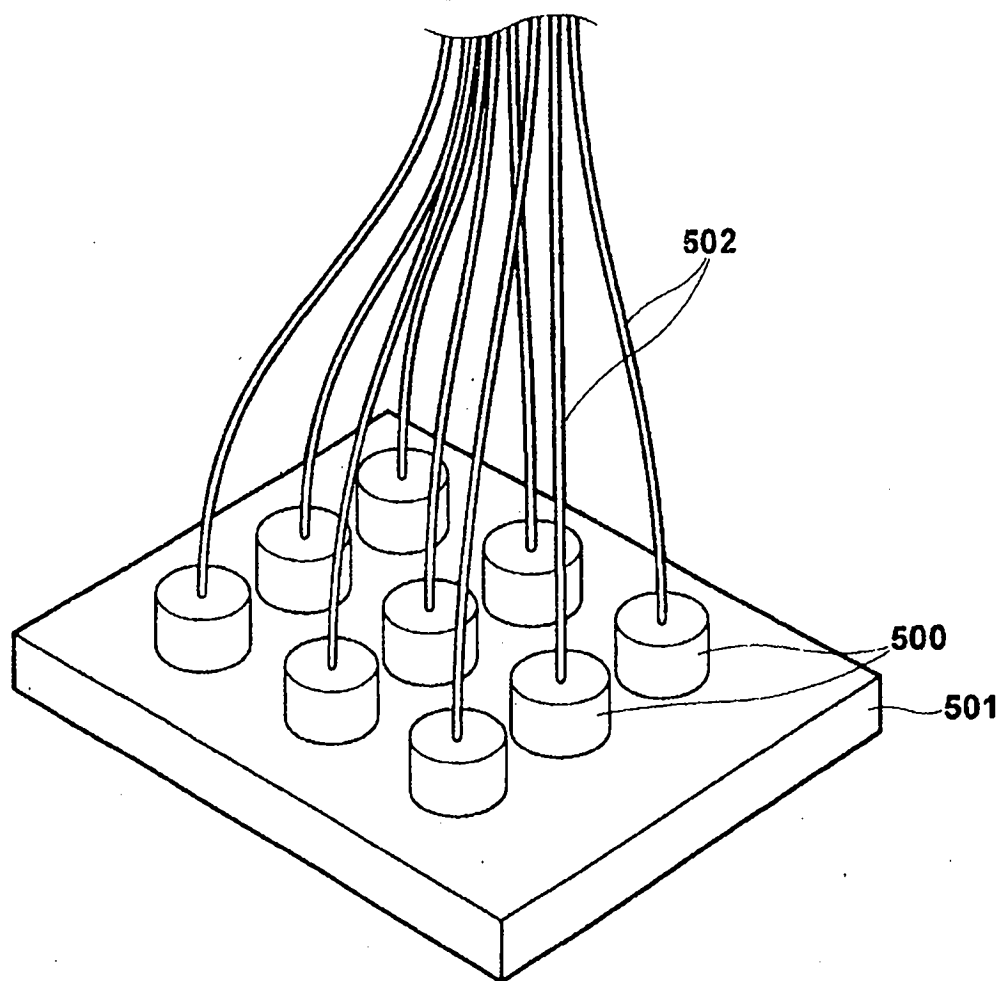


图 22

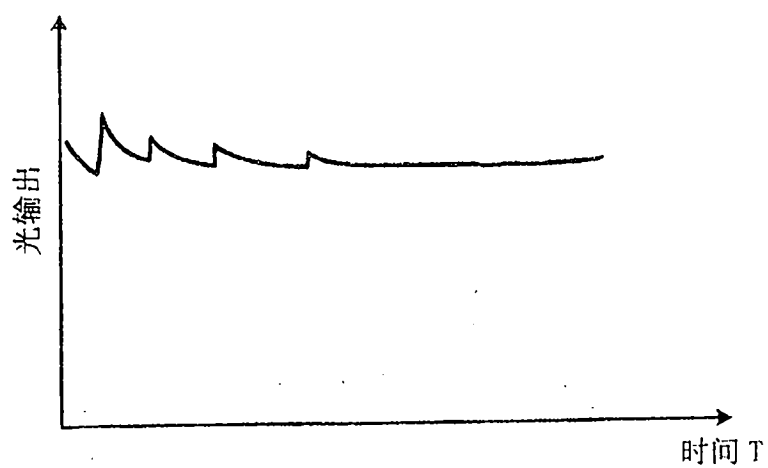


图 23

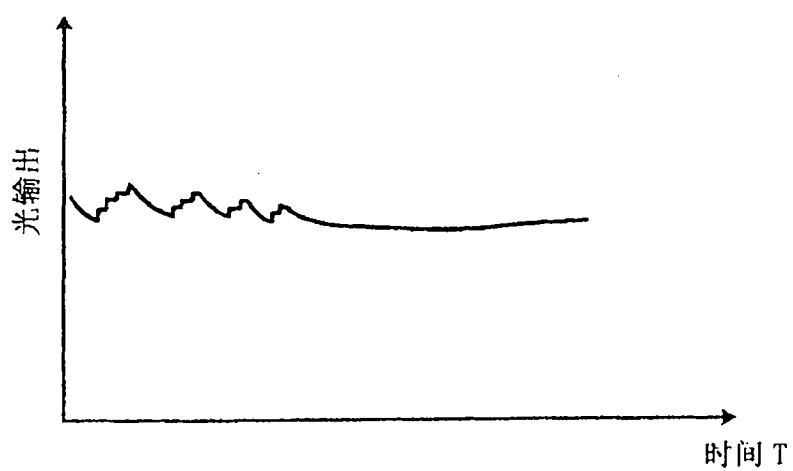


图 24

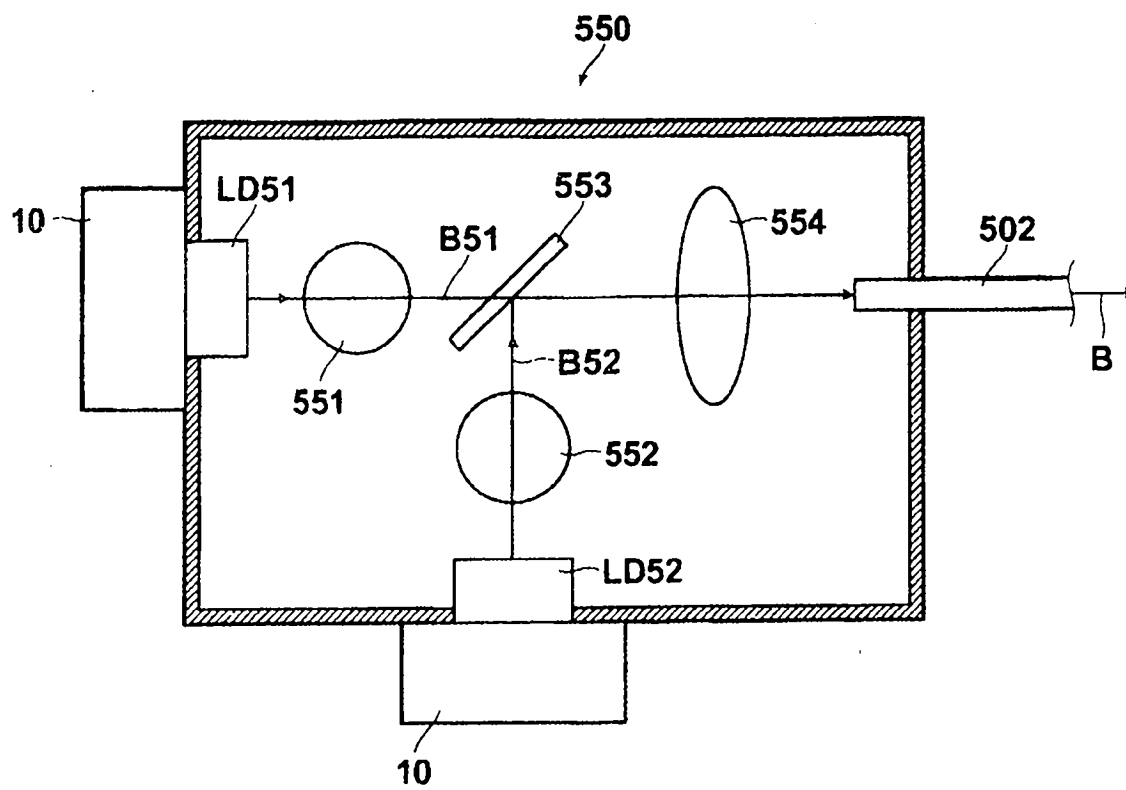


图 25

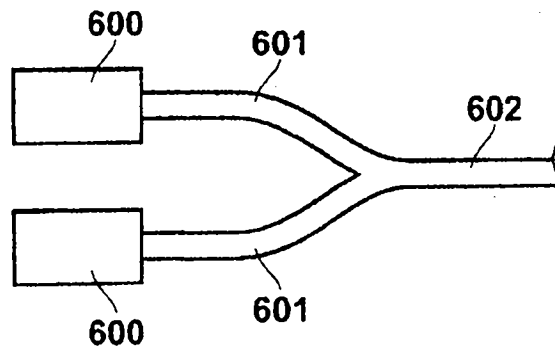


图 26

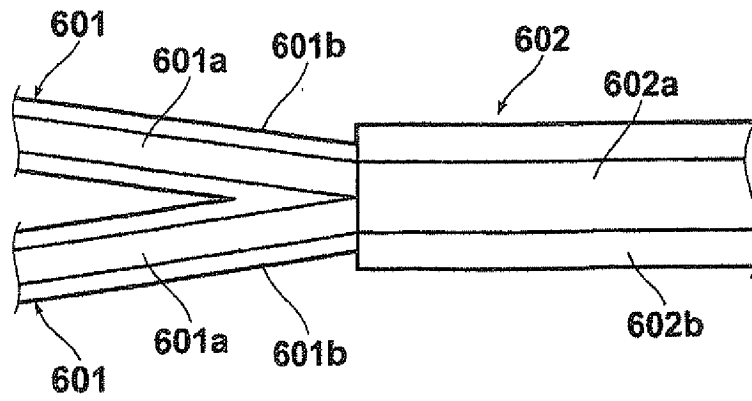


图 27