



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107534504 A

(43)申请公布日 2018.01.02

(21)申请号 201680021855.X

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

(22)申请日 2016.04.12

代理人 吕琳 朴秀玉

(30)优先权数据

2015-082081 2015.04.13 JP

(51)Int.Cl.

H04J 14/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.10.13

H01S 5/022(2006.01)

H04B 10/516(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/001991 2016.04.12

H04J 14/04(2006.01)

H04J 14/06(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/166971 JA 2016.10.20

(71)申请人 日本电信电话株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 龟井新 地藏堂真 福田浩

菊池清史 都筑健

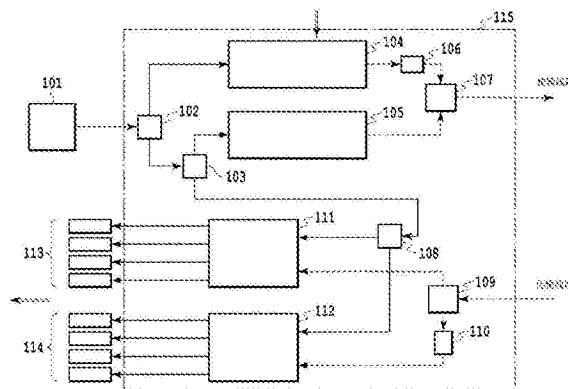
权利要求书2页 说明书9页 附图11页

(54)发明名称

偏振复用光发射电路以及偏振复用光收发电路

(57)摘要

本发明提供一种单芯片集成化的数字相干偏振复用光收发电路,其使用分支比率的非对称性小的光功率分配器,通过最优收发的光功率分配,来补偿由偏振路径引起的损耗不均衡。所述偏振复用光收发电路包含偏振复用光发射电路,所述偏振复用光发射电路包含:第一光功率分配器,对从光源输出的连续光的光功率进行分支;损耗更大的路径侧的一方的偏振光调制电路,连接于所述第一光功率分配器的一个输出;第二光功率分配器,连接于所述第一光功率分配器的另一个输出;以及另一方的偏振光调制电路,连接于所述第二光功率分配器的一个输出。



1. 一种偏振复用光发射电路,其特征在于,包含:
 第一光功率分配器,对从光源输出的连续光的光功率进行分支;
 损耗更大的路径侧的一方的偏振光调制电路,连接于所述第一光功率分配器的一个输出;
 第二光功率分配器,连接于所述第一光功率分配器的另一个输出;以及
 另一方的偏振光调制电路,连接于所述第二光功率分配器的一个输出。
2. 根据权利要求1所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
 将所述第一光功率分配器的向所述一方的偏振调制电路的分支比率设为a,
 将所述第二光功率分配器的向所述另一方的偏振调制电路的分支比率设为b,
 将从所述光源向整个偏振复用光发射电路的光功率分支比率设为c,
 将所述两个偏振调制电路的系统间的损耗差设为d (dB),此时,在

$$c = a + (1 - a) b$$

$$10^{(-0.2d)} < (1 - a) b / a < 1$$
 的条件的范围内给出所述c以及d,来确定所述第一和第二光功率分配器的分支比率a、
 b。
3. 根据权利要求2所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
 在满足

$$c \geq 2/3$$
 或者、

$$c < 2/3 \text{ 且 } 10^{(-0.1d)} < c$$
 的条件的范围内给出所述c以及d。
4. 根据权利要求1~3中任一项所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
 具备:
 偏振旋转电路,连接于所述一方的偏振光调制电路的输出;以及
 偏振合束器,连接于所述偏振旋转电路、以及所述另一方的偏振光调制电路的输出,
 从所述偏振合束器输出向传输线路输出偏振复用调制光。
5. 一种偏振复用光收发电路,其特征在于,
 具备权利要求1~4中任一项所述的偏振复用光发射电路、以及偏振复用光接收电路,
 所述偏振复用光接收电路包含:
 第三光功率分配器,连接于所述第二光功率分配器的另一个输出;
 偏振分束器,从传输线路输入偏振复用信号光;
 偏振旋转电路,连接于所述偏振分束器的一个输出;
 第一光相干混频器,连接于所述偏振分束器的另一个输出以及所述第三光功率分配器
 的一个输出;
 第二光相干混频器,连接于所述偏振旋转电路的输出以及所述第三光功率分配器的另
 一个输出;
 光电检测器,接收从所述第一光相干混频器输出的光;以及
 光电检测器,接收从所述第二光相干混频器输出的光。
6. 根据权利要求5所述的偏振复用光收发电路,其特征在于,

至少所述偏振复用光发射电路集成在一个芯片上。

7. 根据权利要求6所述的偏振复用光收发电路,其特征在於,
除了光电检测器以外所述偏振复用光接收电路也集成在所述芯片上。

8. 根据权利要求7所述的偏振复用光收发电路,其特征在於,
包含光电检测器的全部所述偏振复用光接收电路以及光源也集成在所述芯片上。

偏振复用光发射电路以及偏振复用光收发电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种偏振复用光发射电路以及偏振复用光收发电路,详细而言,涉及一种与光接收电路共用光源的、面向集成化的相干偏振复用方式的偏振复用光发射电路以及偏振复用光收发电路。

背景技术

[0002] 近年来,特别是在长距离的光通信中,开发出一种能飞跃性地增大每一信道的通信容量的、数字相干方式的光传输系统,商用引入也正在推进。在数字相干方式的光通信中,通常应用向正交的两个偏振波(偏振光)赋予其他信号而使传输量倍增的偏振复用方式。

[0003] 向各偏振波赋予信号时的信号格式多种多样,但目前商用引入推进得最盛行的具有每信道100千兆/秒的通信容量的系统大部分采用QPSK(Quadrature Phase Shift Keying:正交相移键控)。

[0004] 图1表示基于现有技术的、数字相干偏振复用QPSK方式的光发射电路、光接收电路的整体构成。在图1中,图示有产生连续光的光源9101、第一光功率分配器9102、光调制器9103、以及光解调器9104。在图1以及之后的图中,实线的箭头表示连续光,虚线的箭头表示调制后的信号光,双线箭头表示电信号的输入/输出。

[0005] 相干方式的光发射电路、光接收电路的特征是在接收侧也具有光源。通过使从该接收侧的光源输入的基准光与从传输线路输入的接收信号光产生干涉,以更高的灵敏度来检测接收信号。也可以采用光源分别独立地设于发射电路侧、接收电路侧的构成。但是,近年来,如图1的以往例,以通过光功率分配器将光分支到发射电路侧、接收电路侧的方式使光源单一化的构成正在成为主流。该构成在尺寸、耗电方面有利。

[0006] 从光源9101通过第一光功率分配器9102分支出的连续光和发射电信号被输入至图1的光调制器9103。光调制器9103通过发射电信号对连续光进行调制,并作为将偏振复用光信号向传输线路送出的偏振复用光发射电路发挥功能。

[0007] 从传输线路接收的偏振复用光信号和从光源9101通过第一光功率分配器9102分支出的连续光被输入至图1的光解调器9104。光解调器9104进行相干光解调处理,并作为将接收电信号输出的偏振复用光接收电路发挥功能。

[0008] 图2详细地示出了由图1的光调制器9103构成的偏振复用光发射电路。光调制器9103具有与正交的两个偏振波(偏振光)对应的两个光调制电路的系统。作为两个光调制电路的系统名,为了方便而与各自实际的偏振方向无关地将它们称为X偏振波、Y偏振波。在图2中,图示有第二光功率分配器9105、Y偏振光调制电路9106、X偏振光调制电路9107、偏振旋转器9108、以及偏振合束器9109。

[0009] 例如TE偏振光的连续光从第一光功率分配器9102输入至光调制器9103。所输入的TE偏振光的连续光通过第二光功率分配器9105分支为两个TE偏振光的连续光,通过Y偏振光调制电路9106、X偏振光调制电路9107,分别由发射电信号进行调制。

[0010] 从Y偏振光调制电路9106输出的调制后的TE偏振光输出通过偏振旋转器9108转换为TM偏振光。转换后的TM偏振光输出与来自X偏振光调制电路9107的调制后的TE偏振光输出一起通过偏振合束器9109复用化为偏振复用信号,并向传输线路输出。

[0011] 图3详细示出了由图1的光解调器9104构成的偏振复用光接收电路。与发射电路侧同样,接收电路侧也具有与两个偏振波的系统对应的两个光解调电路。在图3中,图示有偏振分束器9111、偏振旋转器9112、第三光功率分配器9113、作为第一光解调电路的光相干混频器9114、作为第二光解调电路的光相干混频器9115、以及光电检测器9116、9117。

[0012] 偏振复用后的接收信号光从传输线路输入至光解调器9104,通过偏振分束器9111分离为TE偏振光成分和TM偏振光成分。此外,从光源9101通过第一光功率分配器9102分支出的连续光被作为TE偏振光的基准光输入。基准光通过第三光功率分配器9113进一步分支为两个,并作为解调用的基准光被输入至由光相干混频器9114、9115构成的两个光解调电路。

[0013] 通过偏振分束器9111分离出的接收信号光的TE偏振光成分与通过第三光功率分配器9113分支出的TE偏振光的基准光的一方一起被输入至光相干混频器9114并被解调。

[0014] 此外,通过偏振分束器9111分离出的接收信号光的TM偏振光成分通过偏振旋转器9112转换为TE偏振光。转换为TE偏振光后的接收信号光与通过第三光功率分配器9113分支出的TE偏振光的基准光的另一方一起被输入至光相干混频器9115并被解调。

[0015] 解调后的光信号通过光电检测器9116、9117转换为接收电信号,并从偏振复用光接收电路输出。

[0016] 对于来自光源9101的连续光通过第一光功率分配器9102分配至发射电路侧、接收电路侧时的分支的比率而言,多数情况下,在光源的功率存在制约的情况下,与等分支相比,更多地将功率分配至发射侧,能得到更优异的收发特性。关于该分支比率的最优化,在下述非专利文献1(例如参照图4以及3节)中详细示出了:根据条件,达到发射侧:接收侧=70:30左右的非对称性是合适的(能将光信号的传输距离最大化)。

[0017] 将来,如上所述的数字相干偏振复用方式的光发射电路、光接收电路会进一步被要求电路的小型化。因此,将发射/接收电路一体集成化的研究开发正在推进。

[0018] 为了该目的,正在研究:使用由InP(磷化铟)光波导、硅光波导实现的光集成电路(PIC:Photonic Integrated Circuit),将光电路元件全部集成于一个芯片(chip)。

[0019] 具体而言,正在研究:形成为除了光调制电路9106、9107、光解调电路9114、9115,将光功率分配器9102、9105、9113、偏振合束器/偏振分束器9109、9111、偏振旋转器9108、9112全部集成于一个芯片的PIC(光集成电路)。进一步还正在研究:将光源9101、光电检测器9116、9117集成化。在该单芯片集成化的构成中,在如上所述将来自光源9101的连续光在收发电路间进行分支的第一光功率分配器9102中,也要求70:30左右的非对称分支比率。

[0020] 此外,作为另一个问题,在现状中不可避免的是,在为了单芯片集成化而通过PIC来实现偏振旋转器9108、9112的情况下,在偏振旋转器中会产生1至2dB左右的电路过剩损耗。由于该偏振旋转器中的电路过剩损耗,在构成图2的偏振复用光发射电路的光调制器9103中,在经由偏振旋转器9108的Y偏振光调制电路9106侧的路径,会产生比X偏振光调制电路9107侧的路径大的损耗。

[0021] 为了对由该路径引起的损耗不均衡进行校正而将整个光调制器的损耗最小化,在

第二光功率分配器9105,也要求将较多的功率分支到Y偏振光调制电路9106侧这样的非对称分支比率。

[0022] 在PIC(光集成电路)中实现光功率分配器的单元通常为多模干涉电路、或者定向耦合器。然而,在将多模干涉电路设计为非对称分支比率的情况下,存在如下问题:与50:50的对称分支比率的设计相比,过剩损耗(excessive loss)增大。

[0023] 非对称分支比率的多模干涉电路此前在石英材料的波导中进行过研究。根据该研究结果,与50:50的对称设计相比,越是非对称性大的设计,越需要对向各阶模式的功率分配比进行精密控制。

[0024] 然而,存在如下问题:因制造误差而无法实现所希望的分配比,因此会产生过剩损耗。用于PIC的材料体系的折射率比石英材料更高,因此,对制造误差的容限更严格,所述过剩损耗的问题更严重。

[0025] 由于该过剩损耗的问题,一边为了补偿原本由路径引起的损耗不均衡来降低整个电路的损耗而设计为非对称性分支比率,一边为了实现非对称性分支比率而产生过剩损耗,结果无法降低整个电路的损耗。

[0026] 此外,在使用定向耦合器来设计为非对称分支比率的情况下,存在如下问题:从定向耦合器的原理上来讲,与50:50的对称分支比率的设计相比,在非对称分支比率的设计中,会产生分支比率的波长依赖性。对此,若为特定波长,则能降低整个电路的损耗,但若为工作波长区域的其他波长,则无法补偿由路径引起的损耗不均衡,结果还是无法降低整个电路的损耗。

[0027] 如此,在谋求单芯片集成化的偏振复用光收发电路中使用对称分支比率的光功率分配器的情况下,存在会产生由路径引起的损耗不均衡所导致的过剩损耗的问题。此外,在为了补偿该由路径引起的损耗不均衡而使用非对称分支比率的光功率分配器的情况下,存在因光功率分配器自身的特性而产生过剩损耗的问题。

[0028] 现有技术文献

[0029] 非专利文献

[0030] 非专利文献1:Bo Zhang et al.,“Practical Limits of Coherent Receivers for Unamplified 100Gb/s Applications”,Proceeding of OFC2013,OW1E.3, (2013)

发明内容

[0031] 本发明是鉴于这种问题而完成的,其目的在于提供一种单芯片集成化的数字相干偏振复用方式的光收发电路,其使用分支比率的非对称性尽可能小的光功率分配器在光收发电路间分配最优的光功率,并且也补偿由偏振路径引起的损耗不均衡,由此,损耗特性优异。

[0032] 为了解决所述问题,本发明的光收发电路可以采取如下构成。

[0033] (发明的构成1)

[0034] 一种偏振复用光发射电路,其特征在于,包含:

[0035] 第一光功率分配器,对从光源输出的连续光的光功率进行分支;

[0036] 损耗更大的路径侧的一方的偏振光调制电路,连接于所述第一光功率分配器的一个输出;

- [0037] 第二光功率分配器,连接于所述第一光功率分配器的另一个输出;以及
- [0038] 另一方的偏振光调制电路,连接于所述第二光功率分配器的一个输出。
- [0039] (发明的构成2)
- [0040] 根据发明的构成1所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
- [0041] 将所述第一光功率分配器的向所述一方的偏振调制电路的分支比率设为a,
- [0042] 将所述第二光功率分配器的向所述另一方的偏振调制电路的分支比率设为b,
- [0043] 将从所述光源向整个偏振复用光发射电路的光功率分支比率设为c,
- [0044] 将所述两个偏振调制电路的系统间的损耗差设为d (dB),此时,在
- [0045] $c = a + (1 - a) b$
- [0046] $10^{(-0.2d)} < (1 - a) b / a < 1$
- [0047] 的条件范围内给出所述c以及d,来确定所述第一和第二光功率分配器的分支比率a、b。
- [0048] (发明的构成3)
- [0049] 根据发明的构成2所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
- [0050] 在满足
- [0051] $c \geq 2/3$
- [0052] 或者、
- [0053] $c < 2/3$ 且 $10^{(-0.1d)} < c$
- [0054] 的条件范围内给出所述c以及d。
- [0055] (发明的构成4)
- [0056] 根据发明的构成1~3中任一项所述的偏振复用光发射电路,其特征在于,
- [0057] 具备:
- [0058] 偏振旋转电路,连接于所述一方的偏振光调制电路的输出;以及
- [0059] 偏振合束器,连接于所述偏振旋转电路、以及所述另一方的偏振光调制电路的输出,
- [0060] 从所述偏振合束器输出向传输线路输出偏振复用调制光。
- [0061] (发明的构成5)
- [0062] 一种偏振复用光收发电路,其特征在于,
- [0063] 具备发明的构成1~4中任一项所述的偏振复用光发射电路、以及偏振复用光接收电路,所述偏振复用光接收电路包含:
- [0064] 第三光功率分配器,连接于所述第二光功率分配器的另一个输出;
- [0065] 偏振分束器,从传输线路输入偏振复用信号光;
- [0066] 偏振旋转电路,连接于所述偏振分束器的一个输出;
- [0067] 第一光相干混频器,连接于所述偏振分束器的另一个输出以及所述第三光功率分配器的一个输出;
- [0068] 第二光相干混频器,连接于所述偏振旋转电路的输出以及所述第三光功率分配器的另一个输出;
- [0069] 光电检测器,接收从所述第一光相干混频器输出的光;以及
- [0070] 光电检测器,接收从所述第二光相干混频器输出的光。

- [0071] (发明的构成6)
- [0072] 根据发明的构成5所述的偏振复用光收发电路,其特征在于,
- [0073] 至少所述偏振复用光发射电路集成在一个芯片上。
- [0074] (发明的构成7)
- [0075] 根据发明的构成6所述的偏振复用光收发电路,其特征在于,
- [0076] 除了光电检测器以外所述偏振复用光接收电路也集成在所述芯片上。
- [0077] (发明的构成8)
- [0078] 根据发明的构成7所述的偏振复用光收发电路,其特征在于,
- [0079] 包含光电检测器的全部所述偏振复用光接收电路以及光源也集成在所述芯片上。
- [0080] 通过本发明,能使用分支比率的非对称性比以往小的光功率分配器在收发电路间分配最优的光功率,并且也能补偿由偏振路径引起的损耗不均衡,能实现损耗特性优异的、集成化的偏振复用光收发电路。

附图说明

- [0081] 图1是表示现有技术的光发射电路、光接收电路的整体构成的图。
- [0082] 图2是表示图1的现有技术的光发射电路侧的详细构成的图。
- [0083] 图3是表示图1的现有技术的光接收电路侧的详细构成的图。
- [0084] 图4是表示本发明的第一实施方式的光收发电路的构成的图。
- [0085] 图5A是表示本发明的第一实施方式的第一光功率分配器的最优分支比率的图。
- [0086] 图5B是表示本发明的第一实施方式的第二光功率分配器的最优分支比率的图。
- [0087] 图6A是表示现有技术的第一光功率分配器的最优分支比率的图。
- [0088] 图6B是表示现有技术的第二光功率分配器的最优分支比率的图。
- [0089] 图7A是表示在现有技术的构成中第一以及第二光功率分配器的最优分支比率中非对称性更大的分支比率的表。
- [0090] 图7B是表示在本发明的构成中第一以及第二光功率分配器的最优分支比率中非对称性更大的分支比率的表。
- [0091] 图8是表示本发明的第二实施方式的光收发电路的构成的图。

具体实施方式

- [0092] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。
- [0093] [第一实施方式]
- [0094] 对本发明的第一实施方式的偏振复用光收发电路进行说明。
- [0095] 图4是表示本发明的第一实施方式的、主要部分构成于集成芯片115上的偏振复用光收发电路的构成的电路图。
- [0096] 在图4中,作为发射侧的构成,图示有产生连续光的光源101、第一光功率分配器(optical power splitter) 102、第二光功率分配器103、Y偏振光调制电路(polarization optical modulation circuit) 104、X偏振光调制电路105、第一偏振旋转器(polarization rotator) 106、以及偏振合束器(polarization beam combiner) 107。
- [0097] 此外,在图4中,作为接收侧的构成,图示有第三光功率分配器108、偏振分束器

(polarization beam splitter) 109、第二偏振旋转器110、作为第一光解调电路的光相干混频器(optical coherent mixer) 111、作为第二光解调电路的光相干混频器112、以及光电检测器(photo detector) 113、114。

[0098] 在此,集成芯片115上的电路是使用硅光波导进行单芯片集成化后的PIC(光集成电路),通过集成芯片115表示集成于一个芯片的电路。需要说明的是,在基于硅波导的PIC中,在技术上也能集成光电检测器,此情况下,光电检测器113、114也包含在集成芯片115中。而且,甚至光源101也能进行集成化。

[0099] 从光源101向发射侧输入TE偏振光的连续光。所输入的TE偏振光的连续光通过第一以及第二光功率分配器102、103分配向Y偏振光调制电路、X偏振光调制电路、接收侧这三方路径。

[0100] 在图1的现有技术中,通过第一光功率分配器9102,来自光源9101的连续光的一方被分配至发射侧,另一方被分配至接收侧,被分配至发射侧的光进一步通过第二光功率分配器9105被分配至Y偏振调制电路、X偏振调制电路。

[0101] 如图4所示,在本发明中,具有如下构成上的特征:通过第一光功率分配器102分支(分路)出的连续光的一方首先被直接分配至发射侧的损耗更大的一侧的Y偏振光调制器104。然后,通过第一光功率分配器102分支出的连续光的另一方被第二光功率分配器103进一步分支,并被分配至发射侧的损耗更小的一侧的X偏振光调制器105和接收侧,以作为基准光。

[0102] 通过如此规定来自两个光功率分配器的连续光的分配顺序,不必将分支比率设为较大的非对称,就能将更多的光功率供给至发射侧,且将更多的光功率供给至损耗大的偏振波侧的系统。

[0103] 例如,即使两个光功率分配器的分支比率均为50:50,简单地进行计算,则来自光源的光功率的75%被分支到发射侧,且在发射侧的两个偏振系统X、Y之间为1:2的光功率的分支比例,因此,即使由发射侧的偏振旋转器等引起的偏振波间的损耗差为3dB左右,也能进行补偿。

[0104] 需要说明的是,即使在接收侧的两个偏振系统之间也存在由偏振旋转器等引起的损耗差,但由于接收侧所处理的光的功率原本就小,因此,通过对接收电信号进行放大的电放大器能补偿损耗差。

[0105] (分支比率的比较)

[0106] 以下,在本发明和以往的构成中,对第一以及第二光功率分配器的最优分支比率进行比较,在更实际的条件下,显示出本发明的构成的分支比的非对称性小。

[0107] 在此,最优分支比率是指,正好补偿Y偏振调制器的路径和X偏振调制器的路径的损耗不均衡这样的分支比率,其取决于向发射侧的光功率分支比率(将来自光源的光功率的多少%分配至发射侧)、以及偏振波间的损耗差(Y偏振调制器的路径的损耗比X偏振调制器的路径大多少dB)这两个条件。

[0108] (本发明的第一以及第二光功率分配器的分支比率)

[0109] 图5A、图5B表示本发明中第一以及第二光功率分配器102、103的最优分支比率。

[0110] 在此,图5A是针对第一光功率分配器102的分支比率,图5B是针对第二光功率分配器103的分支比率(下述关系式(1)、(2)的a、b)。

[0111] 此外,各图表的横轴是偏振波间的损耗差的条件(下述关系式(1)、(2)的d),四条线分别表示向发射侧的光功率分支比率的代表性条件(下述关系式(1)、(2)的 $c=50、60、70、80\%$)的情况。

[0112] 图5所示的最优分支比率是通过以下的流程计算出的。

[0113] • 将第一光功率分配器102的向Y偏振调制器的分支比率设为a。

[0114] • 将第二光功率分配器103的向X偏振调制器的分支比率设为b。

[0115] • 将从光源向整个发射侧的光功率分支比率设为c。

[0116] • 将偏振波间的损耗差设为d (dB)。

[0117] • 此时,关于a、b、c、d,以下的关系式(1)、(2)成立。

$$[0118] \quad c = a + (1 - a) b \quad (1)$$

$$[0119] \quad 10^{(-0.1d)} = (1 - a) b / a \quad (2)$$

[0120] • 将所给出的条件c以及d代入上述两个关系式,计算出a以及b。

[0121] (现有技术的第一以及第二光功率分配器的分支比率)

[0122] 另一方面,图6A和图6B表示用于与图5A、图5B进行比较的图2所示的现有技术的第一以及第二光功率分配器9102、9105的最优分支比率。

[0123] 在此,图6A是针对第一光功率分配器的分支比率,图6B是针对第二光功率分配器的分支比率(下述关系式(3)、(4)的a、b)。

[0124] 两个图表的横轴同样是偏振波间的损耗差的条件(下述关系式(3)、(4)的d),四条线分别表示向发射侧的光功率分支比率的代表性条件(下述关系式(3)、(4)的 $c=50、60、70、80\%$)的情况。

[0125] 图6所示的最优分支比率是通过以下的流程计算出的。

[0126] • 将第一光功率分配器9102的向发射侧的分支比率设为a。

[0127] • 将第二光功率分配器9105的向Y偏振调制器的分支比率设为b。

[0128] • 将从光源向整个发射侧的光功率分支比率设为c。

[0129] • 将偏振波间的损耗差设为d (dB)。

[0130] • 此时,关于a、b、c、d,以下的关系式(3)、(4)成立。

$$[0131] \quad c = a \quad (3)$$

$$[0132] \quad 10^{(-0.1d)} = (1 - b) / b \quad (4)$$

[0133] • 根据所给出的条件c以及d,通过上述两个关系式(3)、(4)计算出a以及b。

[0134] (现有技术与本发明的分支比率的比较)

[0135] 图7A、图7B对图5、图6所示的各条件下的第一以及第二光功率分配器的最优分支比率进行比较,选择非对称性更大的光功率分配器的分支比率(a或b)制成表。图7A是现有技术的表,图7B是本发明的表。在此,纵轴是偏振波间的损耗差d的条件,横轴是向发射侧的光功率比率c的条件。

[0136] 在图7B的本发明的情况下,由虚线划分出的右下方区域表示本发明的分支比率的非对称性比现有技术的构成小的条件。

[0137] 当对图7A和图7B的现有技术和本发明的表的对应值进行比较时,可知:在向发射侧的光功率分支比率c为70%以上的情况下,本发明的光功率分配器的分支比率的非对称性全部比现有技术小,在相同分支比率c为65%的情况下,本发明的光功率分配器的分支比

率的非对称性大部分比现有技术小。

[0138] 如前所述,在最近的研究中,以发射侧:接收侧=70:30左右的比率对光源的光功率进行分配,即,将向发射侧的光功率分支比率设为70%左右是实用的。

[0139] 此外,在通过硅光波导的PIC来实现偏振旋转器的情况下,现状是会产生1至2dB左右的电路过剩损耗。

[0140] 由此,在实用的向发射侧的光功率分支比率以及偏振波间的损耗差的条件的基础上,本发明的光收发器能使用分支比率的非对称性比以往小的光功率分配器来补偿由路径引起的损耗不均衡。

[0141] (关于分支比率的范围)

[0142] 在上述的实施例中,虽然对两个光功率分配器的最优分支比率进行了研究,并得到了关系式(2)的条件,但如果分支到X路径和Y路径的功率的比率(a:(1-a)b)位于等比(1:1)与补偿损耗d的2倍的比(1:10^(-0.2d))之间,则输出中的XY路径的损耗差小于d(dB),因此,与现有技术的情况相比,会得到改善效果。

[0143] 由此,能将关系式(2)扩大到不等式的范围,设为

$$[0144] \quad 10^{(-0.2d)} < (1-a)b/a < 1 \quad (5)$$

[0145] 在给出c、d且关系式(1)的前提条件的基础上,在满足该不等式(5)的范围内确定两个光功率分配器的分支比率a、b即可。

[0146] 在该范围内,(1-a)b/a=10^(-0.1d)的情况为损耗差d完全得到补偿的最优条件,为原来的关系式(2)。

[0147] 此外,当对作为前提的向整个发射侧的光功率分支比率c、以及偏振波间的损耗差d(dB)的有效范围进行研究时,可将光功率分配器的分支比(两种分配器的更非对称的一方)更接近对称(分支比率50%)这样的条件称为本发明的技术有效的范围。

[0148] 这样的条件可以认为是:

$$[0149] \quad [1] c \geq 2/3 \text{ 时 (不管 } d \text{ 如何, 本发明都一定有效)} \quad (6)$$

[0150] 或者、

$$[0151] \quad [2] c < 2/3 \text{ 且 } 10^{(-0.1d)} < c \text{ 时} \quad (7)。$$

[0152] 观察图7B可知:在上述条件时,本发明的技术有效(能抑制非对称性)。

[0153] [第二实施方式]

[0154] 在图8中,对本发明的第二实施方式的光收发电路进行说明。本第二实施方式的效果与第一实施方式相同。在本第二实施方式中,采用仅将光发射电路208集成于一个芯片的电路,光接收电路210是使用了现有技术的独立的电路。

[0155] 在图8中,图示有产生连续光的光源201、第一光功率分配器202、第二光功率分配器203、Y偏振光调制电路204、X偏振光调制电路205、第一偏振旋转器206、以及偏振合束器207。

[0156] 光发射电路208是使用硅光波导进行单芯片集成化后的PIC,通过光发射电路208表示集成于一个芯片的电路。

[0157] 此外,光接收电路210能应用具有信号输入和本地光输入的一般相干光解调器。

[0158] 从光源201向发射侧输入TE偏振光的连续光。所输入的TE偏振光的连续光通过第一以及第二光功率分配器202、203分配向Y偏振光调制电路204、X偏振光调制电路205、以及

光接收电路210这三方路径。

[0159] 与第一实施方式同样,在本第二实施方式中,具有如下构成上的特征:通过第一光功率分配器202分支出的连续光的一方首先被直接分配至发射侧的损耗更大的一侧的Y偏振光调制器204。然后,连续光的另一方进一步被第二光功率分配器203分配至X偏振光调制器205和光接收电路210。

[0160] 此外,分配至接收电路的光暂时会被输入至光发射电路208的集成芯片的外侧,并连接于光接收电路210的本地光输入。

[0161] 在本发明中,也与第一实施方式同样,在实用的向发射侧的光功率分支比率以及偏振波间的损耗差的条件的基础上,与以往相比,能使用分支比率的非对称性小的光功率分配器来补偿由路径引起的损耗不均衡。

[0162] 以上,在第一以及第二实施方式中,对发射侧的光调制电路输出侧、接收侧的光解调电路后级的具体构成进行了说明。本申请发明的根本在于:在向发射侧的光功率分支比率以及发射侧偏振波间的损耗差的条件的基础上,使用分支比率的非对称性小的光功率分配器来补偿由路径引起的损耗不均衡。因此,本申请发明并不限定于上述实施方案的构成。

[0163] 产业上的可利用性

[0164] 如以上所说明,通过本发明,与以往相比,能使用分支比率的非对称性小的光功率分配器来谋求收发电路间的适当/最优的光功率的分配,并且能补偿由发射电路的偏振路径引起的损耗不均衡,能实现损耗特性优异的光收发电路。

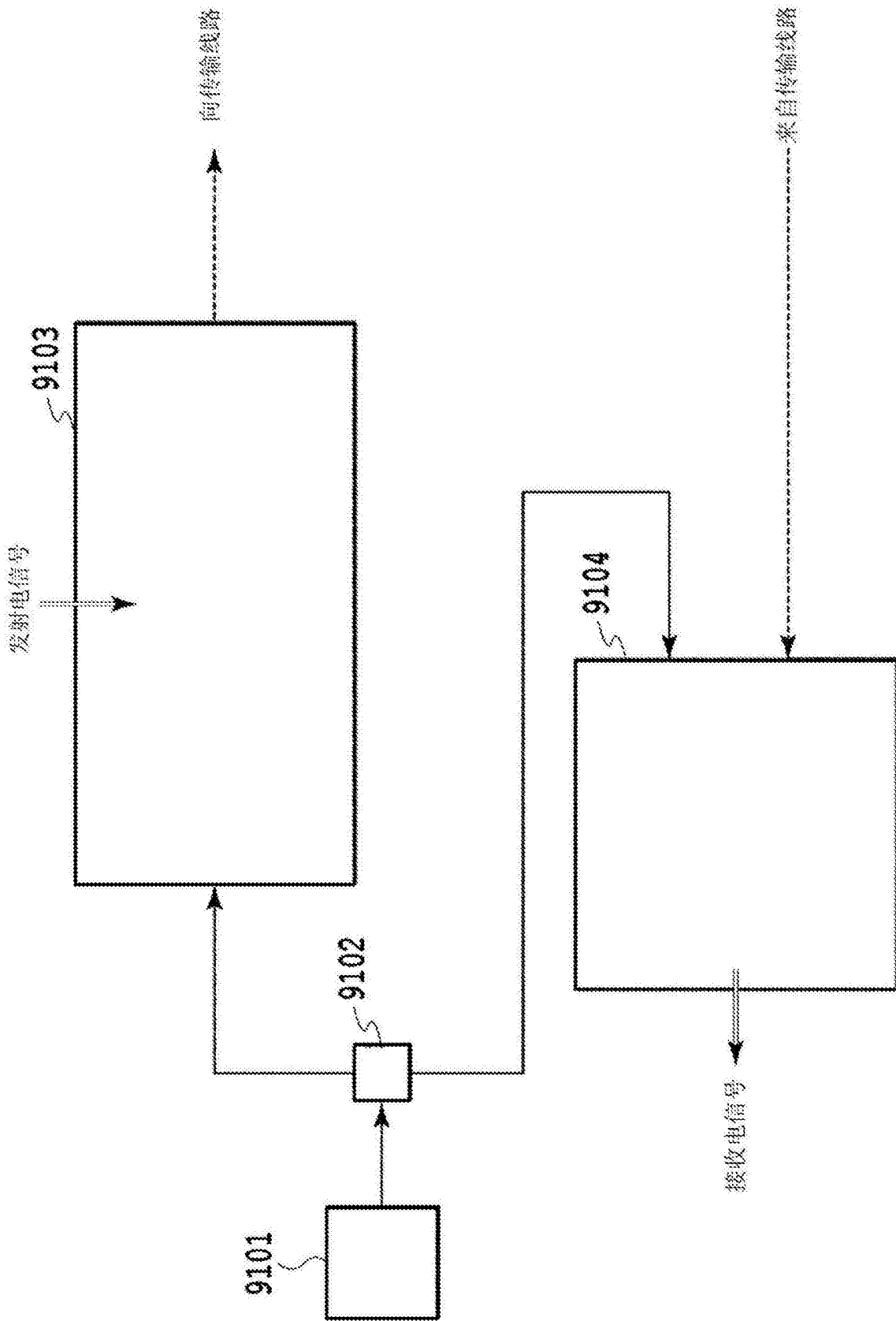


图1

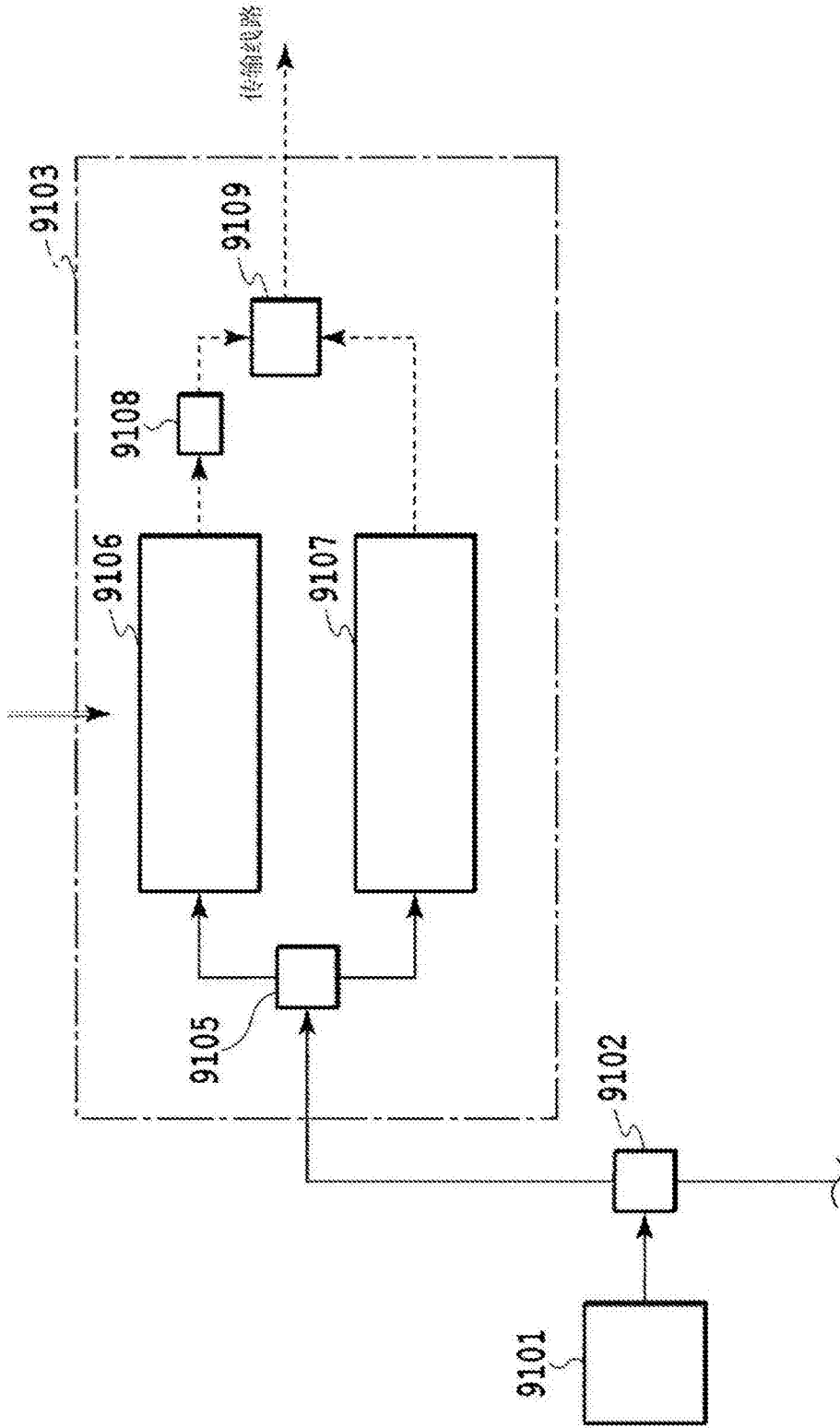


图2

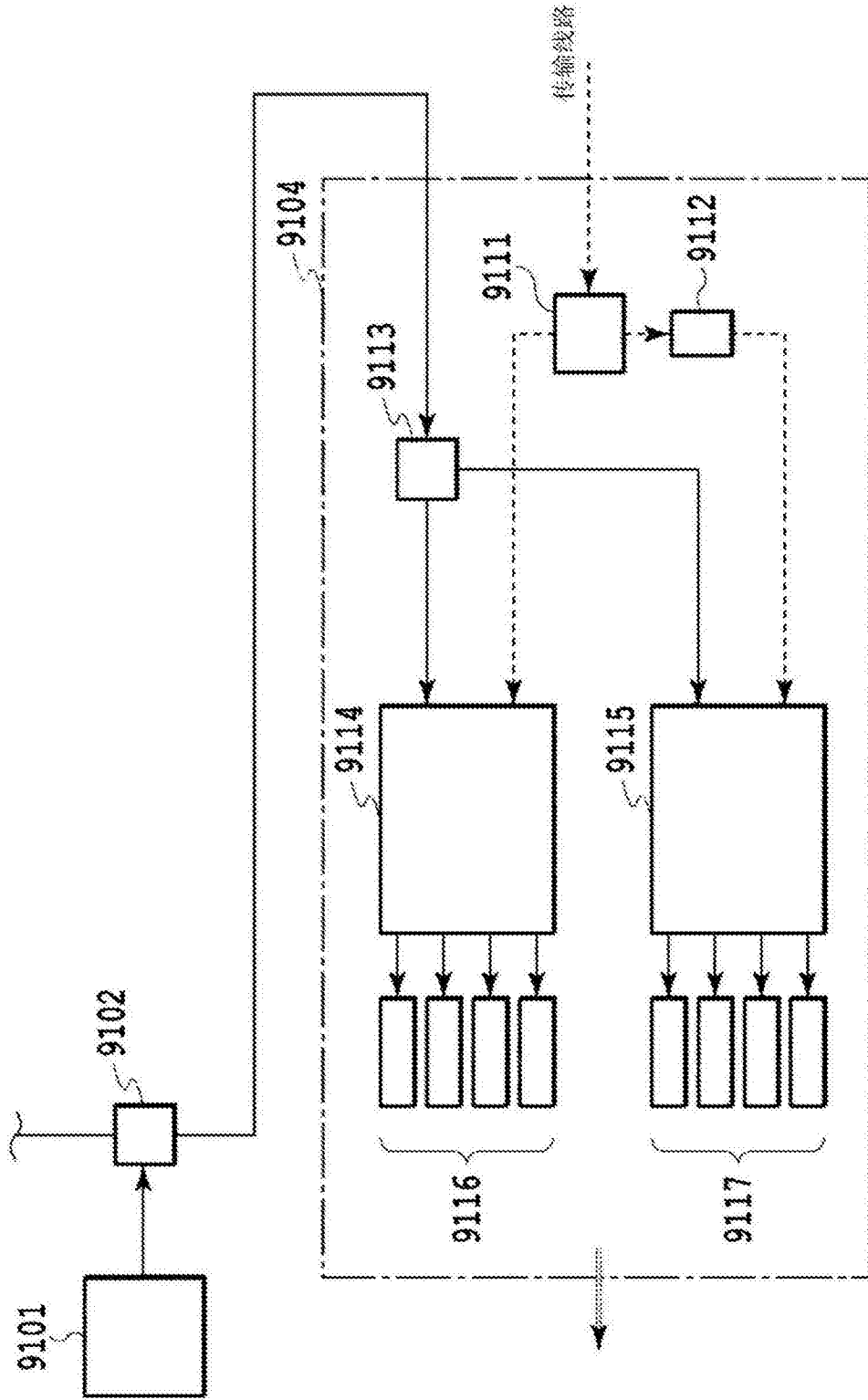


图3

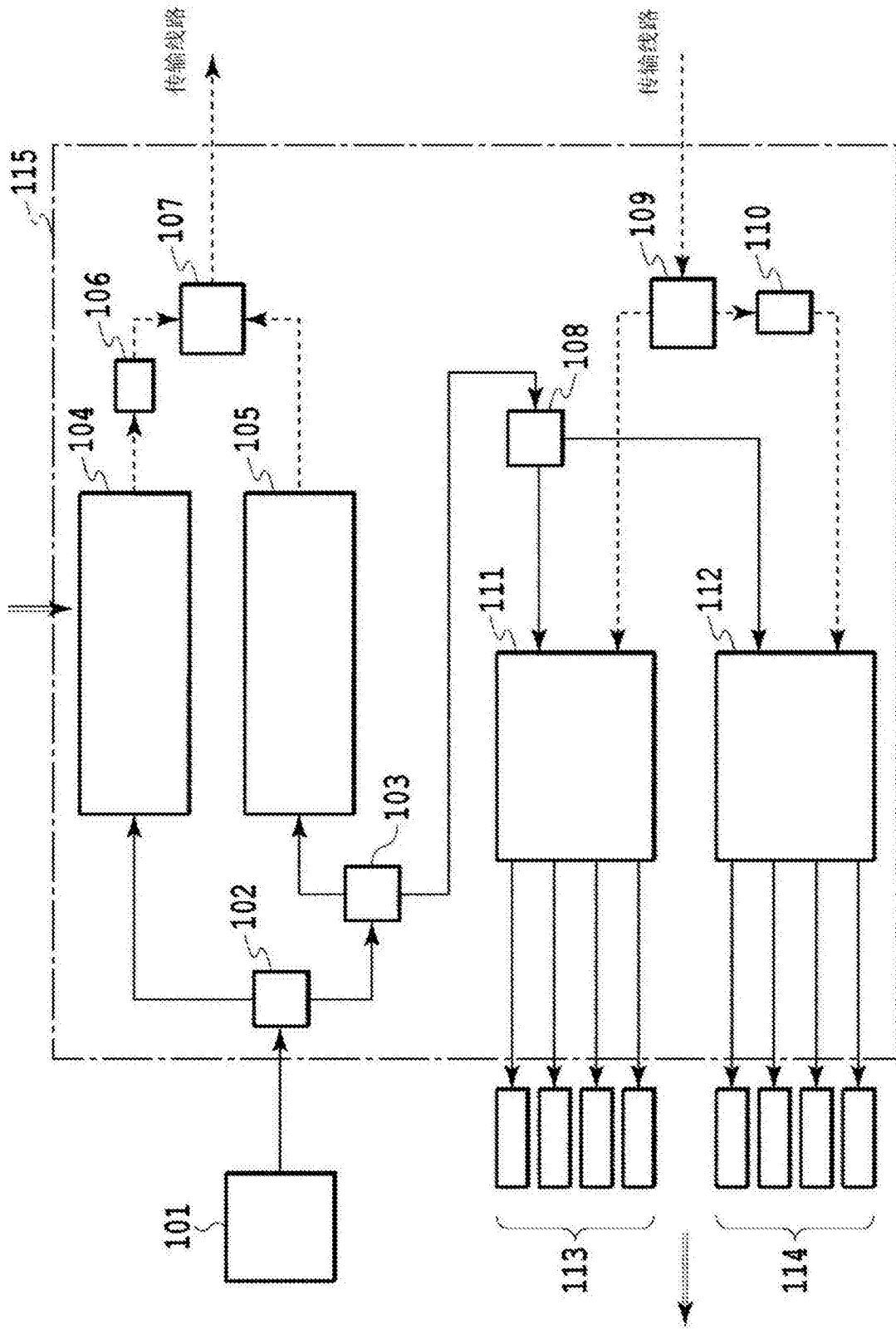


图4

第一光功率分配器

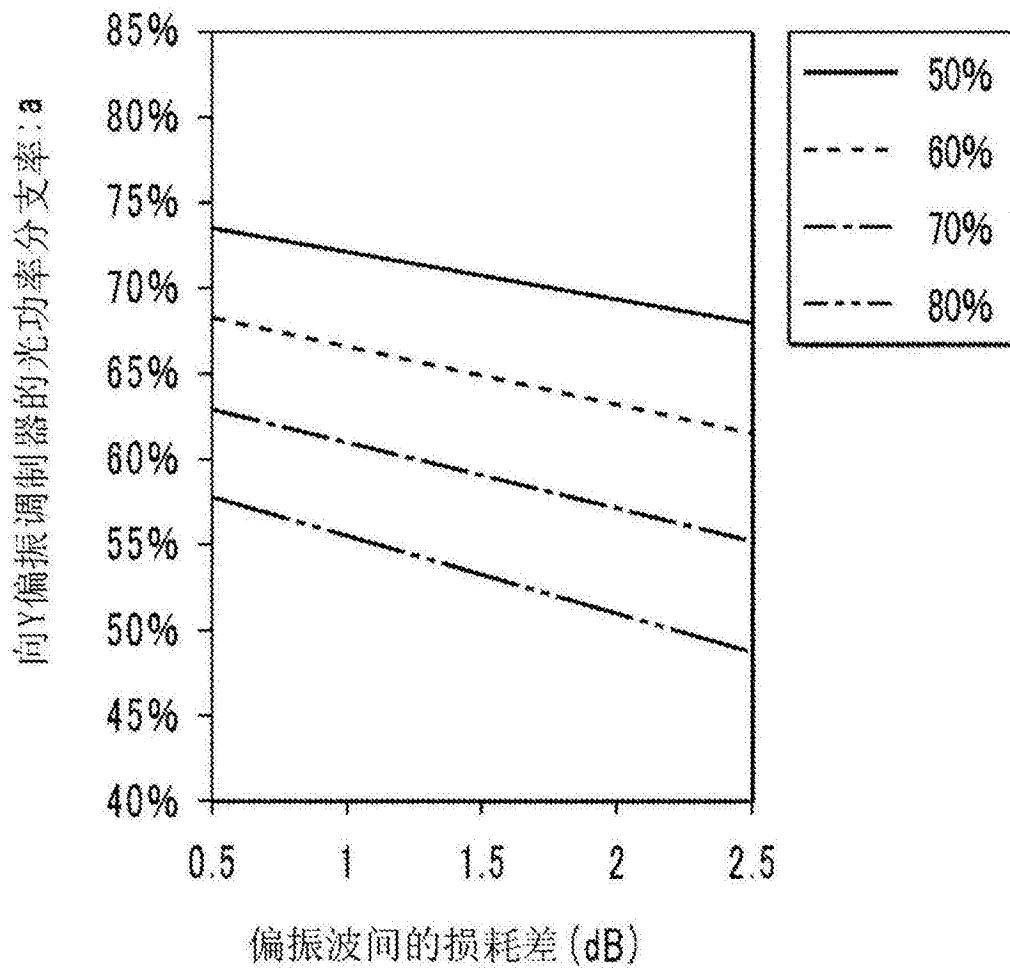


图5A

第二光功率分配器

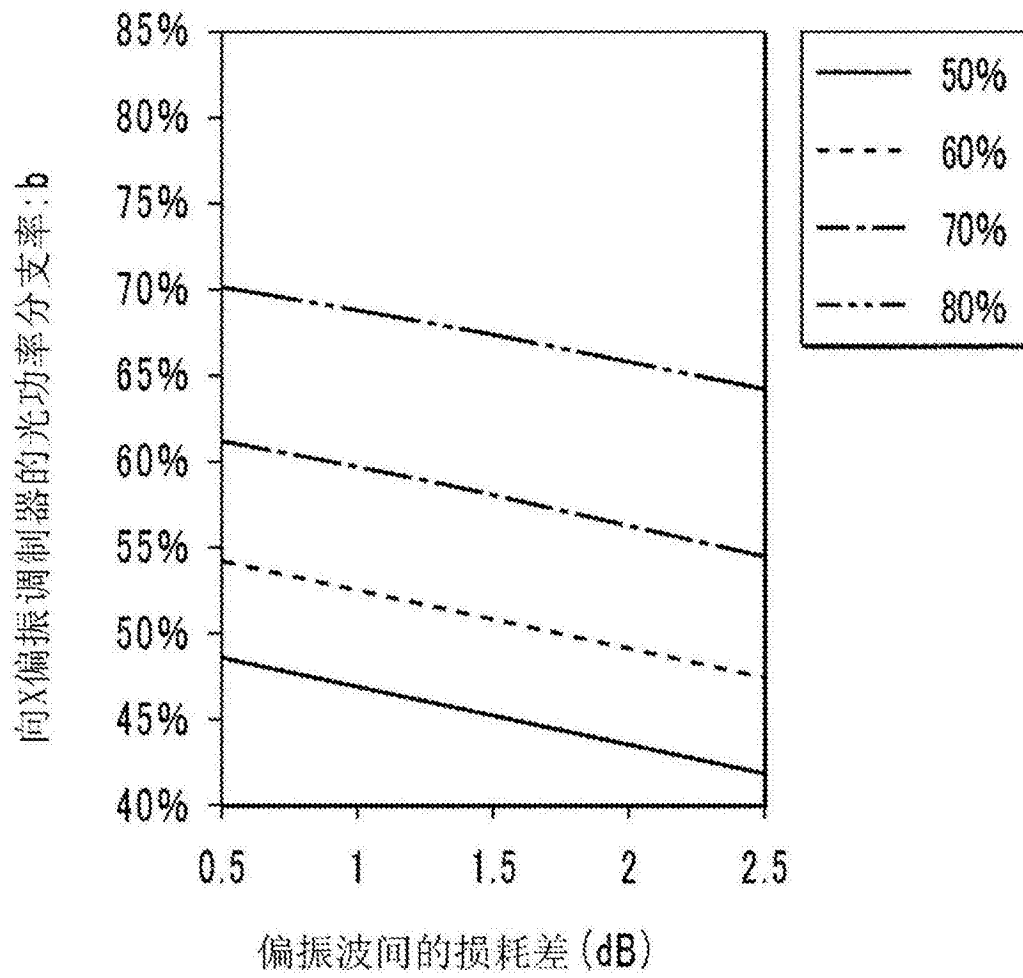


图5B

第一光功率分配器

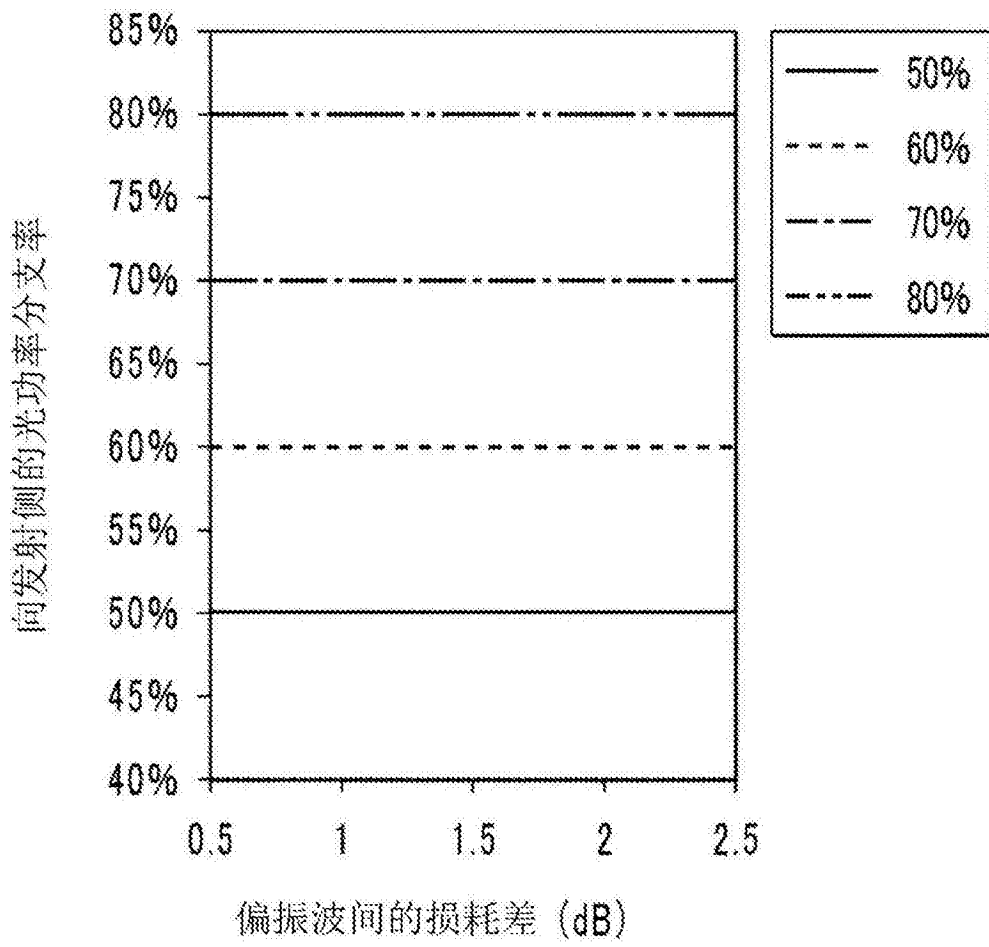


图6A

第二光功率分配器

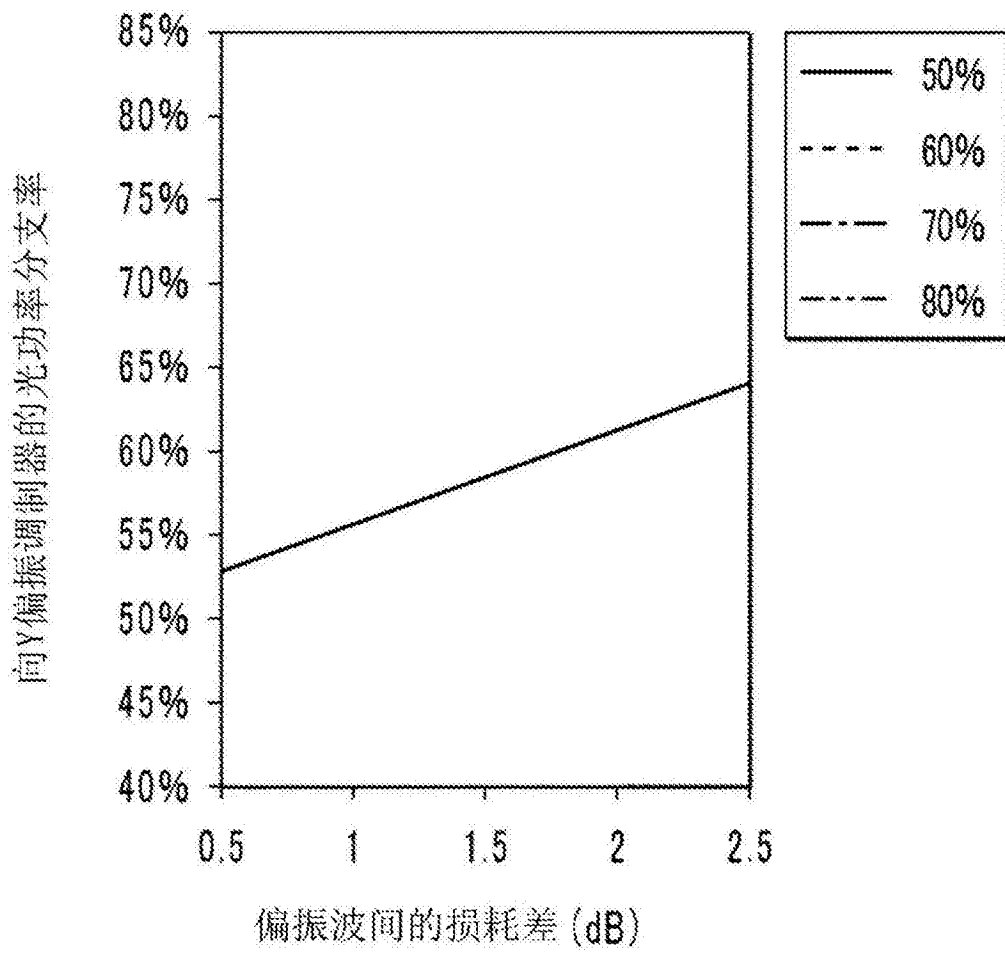


图6B

向发射侧的光功率分支率

	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%
0.50	52.9%	55.0%	60.0%	65.0%	70.0%	75.0%	80.0%
1.00	55.7%	55.7%	60.0%	65.0%	70.0%	75.0%	80.0%
1.50	58.5%	58.5%	60.0%	65.0%	70.0%	75.0%	80.0%
2.00	61.3%	61.3%	61.3%	65.0%	70.0%	75.0%	80.0%
2.50	64.0%	64.0%	64.0%	65.0%	70.0%	75.0%	80.0%
3.00	66.6%	66.6%	66.6%	66.6%	70.0%	75.0%	80.0%
3.50	69.1%	69.1%	69.1%	69.1%	70.0%	75.0%	80.0%
4.00	71.5%	71.5%	71.5%	71.5%	71.5%	75.0%	80.0%
4.50	73.8%	73.8%	73.8%	73.8%	73.8%	75.0%	80.0%
5.00	76.0%	76.0%	76.0%	76.0%	76.0%	76.0%	80.0%
5.50	78.0%	78.0%	78.0%	78.0%	78.0%	78.0%	80.0%

偏振波间的
损耗差
(dB)

图7A

向发射侧的光功率分支率

	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%
0.50	73.6%	70.9%	68.3%	65.6%	63.0%	65.3%	70.2%
1.00	72.1%	69.3%	66.6%	63.8%	61.0%	63.9%	68.9%
1.50	70.7%	67.8%	64.9%	61.9%	59.0%	62.4%	67.5%
2.00	69.3%	66.3%	63.2%	60.1%	57.1%	60.7%	65.9%
2.50	68.0%	64.8%	61.6%	58.4%	55.2%	59.0%	64.3%
3.00	66.7%	63.4%	60.0%	56.7%	53.4%	57.2%	62.5%
3.50	65.4%	62.0%	58.5%	55.1%	51.6%	55.3%	60.7%
4.00	64.2%	38.8%	41.6%	44.9%	48.7%	46.4%	58.7%
4.50	34.4%	36.8%	39.6%	42.8%	46.6%	44.6%	41.0%
5.00	32.5%	34.8%	37.5%	40.7%	44.5%	43.0%	39.2%
5.50	30.5%	32.8%	35.5%	38.6%	42.3%	41.5%	37.6%

偏振波间的
损耗差
(dB)

图7B

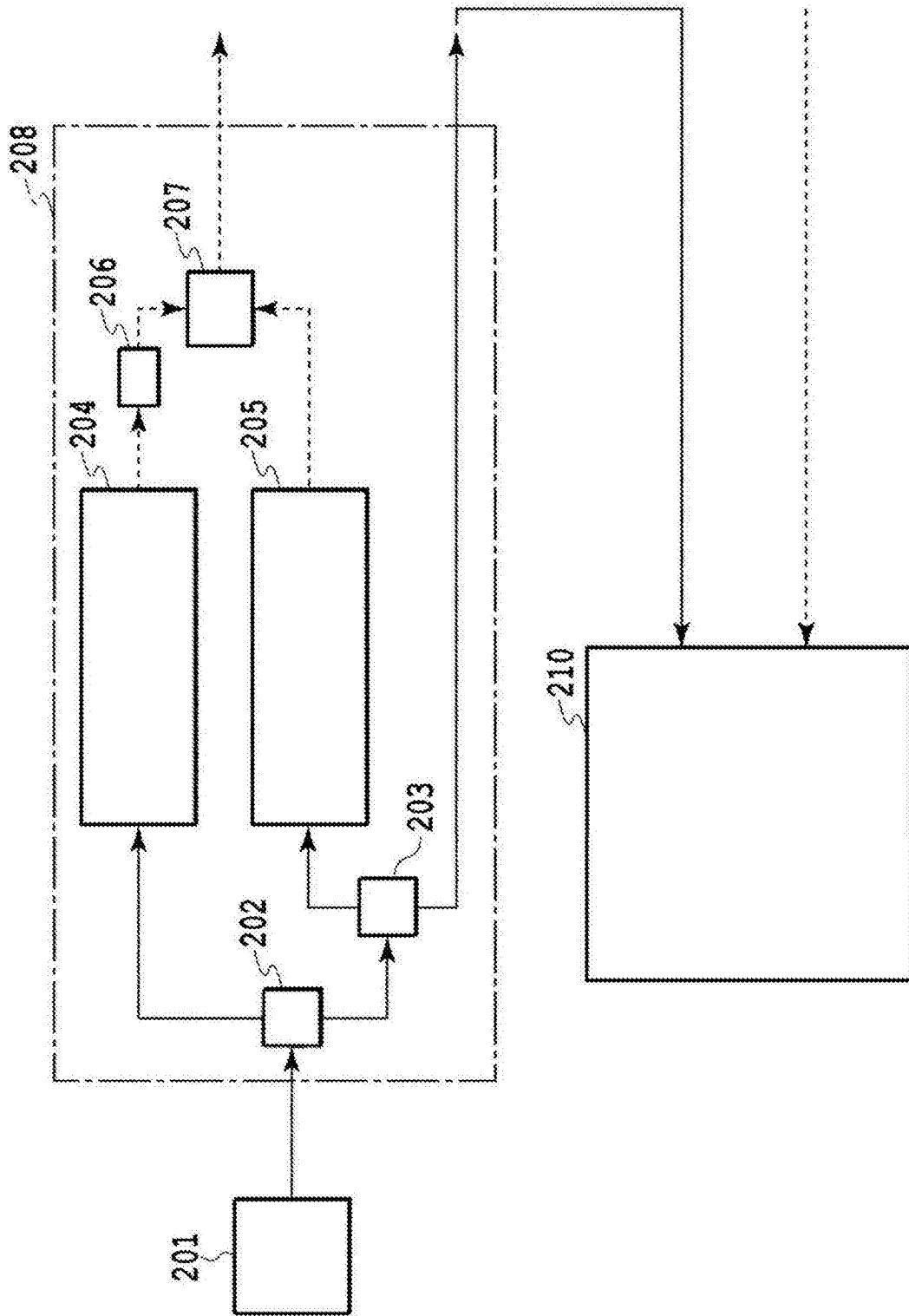


图8