



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118555009 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 27

(21) 申请号 202310216421.7

(22) 申请日 2023.02.27

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 王元武 王伟 张奎

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) 44285

专利代理师 吴欣蔚

(51) Int. Cl.

H04B 10/291 (2013.01)

H04B 10/294 (2013.01)

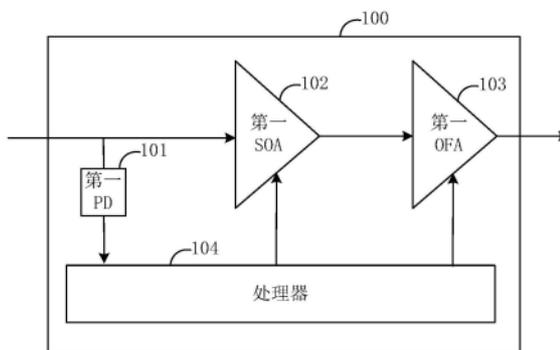
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

光放大装置、光通信设备和光放大方法

(57) 摘要

本申请提供了一种光放大装置,应用于光通信领域。光放大装置包括第一半导体光放大器SOA、第一光纤放大器OFA、第一功率检测器PD和处理器。第一PD用于获取光信号的第一功率,向处理器传输第一功率。处理器用于获取第一阈值,根据第一功率向第一SOA传输第一电信号。第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值。第一SOA用于根据第一电信号对光信号进行放大,向第一OFA传输光信号。第一OFA用于对光信号进行放大,输出光信号。在本申请中,通过限制SOA的输出功率,可以降低非线性代价。并且,通过增加OFA进行二级放大,可以保证整体的增益性能。



1. 一种光放大装置,其特征在于,包括第一半导体光放大器SOA、第一光纤放大器OFA、第一功率检测器PD和处理器,其中:

所述第一PD用于获取光信号的第一功率,向所述处理器传输所述第一功率;

所述处理器用于获取第一阈值,根据所述第一功率向所述第一SOA传输第一电信号,所述第一电信号的电流或电压小于或等于所述第一阈值;

所述第一SOA用于根据所述第一电信号对所述光信号进行放大,向所述第一OFA传输所述光信号;

所述第一OFA用于对所述光信号进行放大,输出所述光信号。

2. 根据权利要求1所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第二PD;

所述第二PD用于获取所述第一OFA输出的所述光信号的第二功率,向所述处理器传输所述第二功率;

所述处理器还用于根据所述第一功率和所述第二功率调整所述第一SOA和/或所述第一OFA的增益。

3. 根据权利要求1或2所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括可调光衰减器VOA、第三PD和第四PD,所述VOA位于所述第一SOA和所述第一OFA之间;

所述第三PD用于获取输入至所述VOA的所述光信号的第三功率;

所述第四PD用于获取从所述VOA输出的所述光信号的第四功率;

所述处理器用于根据所述第三功率和所述第四功率调整所述VOA的衰减值。

4. 根据权利要求1至3中任意一项所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第一增益平坦滤波器GFF,所述第一GFF位于所述第一SOA和所述第一OFA之间。

5. 根据权利要求1至4中任意一项所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第二OFA,所述第二OFA位于所述第一SOA和所述第一OFA之间。

6. 根据权利要求5所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第一增益平坦滤波器GFF,所述第一GFF位于所述第一SOA和所述第一OFA之间。

7. 根据权利要求6所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第二GFF,所述第二GFF位于所述第一SOA和所述第二OFA之间,所述第一GFF位于所述第二OFA和所述第一OFA之间。

8. 根据权利要求1至5中任意一项所述的光放大装置,其特征在于,所述光放大装置还包括第二SOA,所述第二SOA位于所述第一SOA和所述第一OFA之间。

9. 根据权利要求8所述的光放大装置,其特征在于,

所述处理器还用于获取第二阈值,根据所述第一功率向所述第二SOA传输第二电信号,所述第二电信号的电流或电压小于所述第二阈值;

所述第二SOA用于根据所述第二电信号对所述光信号进行放大。

10. 根据权利要求9所述的光放大装置,其特征在于,所述第二阈值大于所述第一阈值。

11. 根据权利要求1至10中任意一项所述的光放大装置,其特征在于,所述光信号的波长位于L波段。

12. 一种光通信设备,其特征在于,包括光发送模块和前述权利要求1至11中任意一项所述的光放大装置,其中:

所述光发送模块用于根据电信号调制载波光束,得到光信号;

所述光放大装置用于对所述光信号进行放大。

13. 一种光放大方法,其特征在於,包括:

光放大装置获取第一阈值和光信号的第一功率;

所述光放大装置根据所述第一功率生成第一电信号,所述第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值;

所述光放大装置通过所述第一电信号和第一半导体光放大器SOA对所述光信号进行放大;

所述光放大装置通过第一光纤放大器OFA对所述光信号进行再次放大,输出所述光信号。

14. 根据权利要求13所述的光放大方法,其特征在於,所述方法还包括:

所述光放大装置获取所述第一OFA输出的所述光信号的第二功率;

所述光放大装置根据所述第一功率和所述第二功率调整所述第一SOA和/或所述第一OFA的增益。

15. 根据权利要求13或14所述的光放大方法,其特征在於,所述方法还包括:

所述光放大装置获取输入至可调光衰减器VOA的所述光信号的第三功率和从所述VOA输出的所述光信号的第四功率;

所述光放大装置根据所述第三功率和所述第四功率调整所述VOA的衰减值。

16. 根据权利要求13至15中任意一项所述的光放大方法,其特征在於,所述方法还包括:

所述光放大装置通过第二OFA对所述第一SOA输出的所述光信号进行再次放大。

17. 根据权利要求13至15中任意一项所述的光放大方法,其特征在於,所述方法还包括:

所述光放大装置获取第二阈值;

所述光放大装置根据所述第一功率生成第二电信号,所述第二电信号的电流或电压小于或等于第二阈值;

所述光放大装置通过所述第二电信号和第二SOA对所述第一SOA输出的所述光信号进行再次放大。

18. 根据权利要求17所述的光放大方法,其特征在於,所述第二阈值大于所述第一阈值。

19. 根据权利要求13至18中任意一项所述的光放大方法,其特征在於,所述方法还包括:

所述光放大装置通过第一增益平坦滤波器GFF对所述光信号进行滤波。

光放大装置、光通信设备和光放大方法

技术领域

[0001] 本申请涉及光通信领域,尤其涉及一种光放大装置、光通信设备和光放大方法。

背景技术

[0002] 在光通信领域中,为了实现光信号的远距离传输,需要在光传输路径上设置光放大器,用于对光信号进行功率放大。例如,半导体光放大器(semiconductor optical amplifier,SOA)的成本较低,同时可对较宽光谱范围内的光信号进行放大。SOA对光信号进行功率放大的步骤如下。通过功率检测器(power detector,PD)获取SOA的输入功率和输出功率。通过输入功率和输出功率的差值通过得到实际增益。确定实际增益和目标增益的偏差。根据偏差调整SOA的控制电信号,使得偏差小于阈值。

[0003] 但是,在实际应用中,SOA在高功率输出时会引入较大的非线性代价,从而导致性能较差。

发明内容

[0004] 本申请提供了一种光放大装置、光通信设备和光放大方法,通过限制SOA的输出功率,可以降低非线性代价。并且,通过增加OFA进行二级放大,可以保证整体的增益性能。

[0005] 本申请第一方面提供了一种光放大装置。光放大装置包括第一SOA、第一光纤放大器(optical fiber amplifier,OFA)、第一功率检测器(power detector,PD)和处理器。第一PD用于获取光信号的第一功率,向处理器传输第一功率。处理器用于获取第一阈值,根据第一功率向第一SOA传输第一电信号。第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值。第一SOA用于根据第一电信号对光信号进行放大,向第一OFA传输光信号。第一OFA用于对光信号进行放大,输出光信号。

[0006] 在本申请中,当第一电信号等于第一阈值时,第一SOA输出的光信号的功率等于目标功率。通过限定第一电信号小于或等于第一阈值,即限定了第一SOA的输出功率小于或等于目标功率。当第一SOA的输出功率小于或等于目标功率时,第一SOA引入的非线性代价较小。当第一SOA的输出功率大于目标功率时,第一SOA引入的非线性代价会显著增加。因此,通过限制第一SOA的输出功率,可以降低第一SOA引入的非线性代价。

[0007] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括第二PD。第二PD用于获取第一OFA输出的光信号的第二功率,向处理器传输第二功率。处理器还用于根据第一功率和第二功率调整第一SOA和/或第一OFA的增益。第二功率和第一功率的差值即为光放大装置的实际整体增益。处理器还可以获取整体增益目标,根据整体增益目标和实际整体增益调整第一SOA和/或第一OFA的增益。因此,本申请可以通过反馈调节控制光放大装置的实际整体增益,提高光通信的可靠性。

[0008] 在第一方面的一种可选方式中,处理器用于根据第一功率和第二功率调整第一OFA的增益。在光放大装置中,当处理器调整第一SOA的增益时,会影响输入至第一OFA的光信号的功率,从而影响光信号的平坦度。因此,通过调整第一OFA的增益来调整光放大装置

的整体增益的操作较为复杂。在本申请中,通过调整第一OFA的增益来调整光放大装置的整体增益,可以提高调整整体增益的效率。

[0009] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括可调光衰减器(variable optical attenuator,VOA)、第三PD和第四PD。VOA位于第一SOA和第一OFA之间。第三PD位于第一SOA和VOA之间。第四PD位于第一OFA和VOA之间。第三PD用于获取光信号的第三功率。第四PD用于获取光信号的第四功率。处理器用于根据第三功率和第四功率调整VOA的衰减值。当输入第一SOA的光信号的功率发生变化时,第一SOA输出的光信号的平坦度会发生变化。通过调整VOA的衰减值,可以改变输入第一OFA的光信号的功率,从而改变第一OFA对平坦度的影响程度。第一OFA对平坦度的影响可以用于补偿由于第一SOA带来的平坦度变化。因此,通过调整VOA的衰减值,可以提高光信号在不同波长处的功率均衡,从而提高光通信的可靠性。

[0010] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括第二OFA。第二OFA位于第一SOA和第一OFA之间。其中,当通过两个OFA和一个OFA分别实现相同的增益目标时,两个OFA需要花费的功耗较低。因此,在本申请中,通过增加第二OFA,可以降低光放大装置的功耗。

[0011] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括第一增益平坦滤波器(gain flattening filter,GFF)。第一GFF位于第一SOA和第一OFA之间。第一GFF用于通过滤波来提高光信号的平坦度。因此,本申请可以提高光信号在不同波长处的功率均衡,从而提高光通信的可靠性。

[0012] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括第二GFF。第二GFF位于第一SOA和第二OFA之间。第一GFF位于第二OFA和第一OFA之间。其中,在光放大装置中,后端的插损越大,光放大装置的功耗较大。因此,当光放大装置只通过第一GFF进行功率平坦时,光放大装置的功耗较大。在本申请中,通过增加第二GFF,可以降低光放大装置的功耗。

[0013] 在第一方面的一种可选方式中,光放大装置还包括第二SOA。第二SOA位于第一SOA和第一OFA之间。其中,当通过两个SOA和一个SOA分别实现相同的增益目标时,两个SOA需要花费的功耗较低。在本申请中,通过增加第二SOA,可以降低光放大装置的功耗。

[0014] 在第一方面的一种可选方式中,处理器还用于获取第二阈值,根据第一功率向第二SOA传输第二电信号。第二电信号的电流或电压小于第二阈值。第二SOA用于根据第二电信号对光信号进行功率放大。其中,第二SOA在高功率输出时会引入较大的非线性代价。通过限制第二SOA的输出功率,可以降低非线性代价。

[0015] 在第一方面的一种可选方式中,第二阈值大于第一阈值。当第二阈值等于第一阈值时,可以通过在第一SOA和第二SOA之间放置GFF来提高光信号的功率平坦度。在本申请中,通过限定第二阈值大于第一阈值,可以提高两个SOA的整体增益上限。

[0016] 在第一方面的一种可选方式中,光信号的波长位于L波段。

[0017] 本申请第二方面提供了一种光通信设备。光通信设备包括光发送模块和前述第一方面或第一方面任意一项可选方式中所述的光放大装置。光发送模块用于根据电信号调制载波光束,得到光信号。光放大装置用于对光信号进行放大。

[0018] 本申请第三方面提供了一种光放大方法。光放大方法包括以下步骤:光放大装置获取光信号的第一功率。光放大装置获取第一阈值。光放大装置根据第一功率生成第一电信号。第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值。光放大装置通过第一电信号和第一

SOA对光信号进行放大,即光放大装置通过第一SOA根据第一电信号对光信号进行放大。光放大装置通过第一OFA对光信号进行再次放大,输出光信号。

[0019] 在第三方面的一种可选方式中,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置获取第一OFA输出的光信号的第二功率。光放大装置根据第一功率和第二功率调整第一SOA和/或第一OFA的放大增益。

[0020] 在第三方面的一种可选方式中,光放大装置根据第一功率和第二功率调整第一SOA和/或第一OFA的放大增益包括:光放大装置根据第一功率和第二功率调整第一OFA的放大增益。

[0021] 在第三方面的一种可选方式中,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置获取输入VOA的光信号的第三功率和从VOA输出的光信号的第四功率。光放大装置根据第三功率和第四功率调整VOA的衰减值。

[0022] 在第三方面的一种可选方式中,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置通过第二OFA对第一SOA输出的光信号进行再次放大。

[0023] 在第三方面的一种可选方式中,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置获取第二阈值。光放大装置根据第一功率生成第二电信号。第二电信号的电流或电压小于或等于第二阈值。光放大装置通过第二电信号和第二SOA对第一SOA输出的光信号进行再次放大。

[0024] 在第三方面的一种可选方式中,第二阈值大于第一阈值。

[0025] 在第三方面的一种可选方式中,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置通过第一GFF对光信号进行滤波。第一GFF用于通过滤波来提高光信号的平坦度。

附图说明

[0026] 图1为本申请实施例提供的光放大装置的第一个结构示意图;

[0027] 图2为本申请实施例提供的光放大装置的第二个结构示意图;

[0028] 图3为本申请实施例提供的光放大装置的第三个结构示意图;

[0029] 图4为本申请实施例提供的光放大装置的第四个结构示意图;

[0030] 图5为本申请实施例提供的光放大装置的第五个结构示意图;

[0031] 图6为本申请实施例提供的光放大装置的第六个结构示意图;

[0032] 图7为本申请实施例提供的光放大装置的第七个结构示意图;

[0033] 图8为本申请实施例提供的光放大装置的第八个结构示意图;

[0034] 图9为本申请实施例提供的光放大装置的第九个结构示意图;

[0035] 图10为本申请实施例提供的光通信设备的结构示意图;

[0036] 图11为本申请实施例提供的光通信系统的结构示意图;

[0037] 图12为本申请实施例提供的光放大方法的流程示意图。

具体实施方式

[0038] 本申请提供了一种光放大装置、光通信设备和光放大方法,通过限制SOA的输出功率,可以降低非线性代价。并且,通过增加OFA进行二级放大,可以保证整体的增益性能。应理解,本申请中使用的“第一”、“第二”、“目标”等仅用于区分描述的目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性,也不能理解为指示或暗示顺序。另外,为了简明和清楚,本申请多个

附图中重复参考编号和/或字母。重复并不表明各种实施例和/或配置之间存在严格的限定关系。

[0039] 本申请中的光放大装置应用于光通信领域。在光通信领域中,为了实现光信号的远距离传输,需要在光传输路径上设置光放大器。光放大器用于对光信号进行功率放大。例如,半导体光放大器(semiconductor optical amplifier,SOA)的成本较低,同时可对较宽光谱范围内的光信号进行放大。但是,在实际应用中,SOA在高功率输出时会引入较大的非线性代价,从而导致性能较差。

[0040] 为此,本申请提供了一种光放大装置。图1为本申请实施例提供的光放大装置的第一个结构示意图。如图1所示,光放大装置100包括第一功率检测器(power detector,PD)101、第一SOA 102、第一光纤放大器(optical fiber amplifier,OFA)103和处理器104。下面对光放大装置100中的各个器件进行分别描述。

[0041] 第一PD 101用于获取光信号的第一功率。具体地,光放大装置100还包括光分束器。光分束器用于接收光信号,对光信号进行分束,得到光信号的两束子光束。光分束器还用于分别向第一PD 101和第一SOA 102传输光信号的子光束。第一PD 101用于测量子光束的第一功率,向处理器104传输第一功率。

[0042] 处理器104可以为微控制单元(microcontroller unit,MCU)、可编程逻辑器件(programmable logic device,PLD)、复杂可编程逻辑器件(complex programmable logic device,CPLD)、专用集成电路(application specific integrated circuit,ASIC)、中央处理器(central processing unit,CPU)或网络处理器(network processor,NP)等。

[0043] 处理器104用于获取第一阈值,根据第一功率和第一阈值得到第一电信号。第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值。例如,处理器104用于根据光分束器的分光比和第一功率得到输入至光放大装置100的光信号的功率或输入至第一SOA 102的光信号的功率。处理器104还用于获取对光放大装置100的整体增益目标,根据整体增益目标得到对第一SOA 102的第一增益目标和对第一OFA 103的第二增益目标。处理器104用于根据第一增益目标得到第一SOA 102需要的驱动信号。第一SOA 102的驱动信号也称为第一电信号。处理器104还用于获取第一映射关系。第一映射关系包括多个光信号的功率与多个阈值的对应关系。第一映射关系可以是在第一SOA 102出厂前对第一SOA 102进行标定得到的。处理器104用于根据光信号的第一功率和第一映射关系得到第一阈值。若第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值,则处理器104用于向第一SOA 102传输第一电信号。若第一电信号的电流或电压大于第一阈值,则处理器104用于修改第一增益目标,使得第一电信号的电压或电流小于或等于第一阈值。在修改第一增益目标后,处理器104用于向第一SOA 102传输第一电信号。

[0044] 第一SOA 102用于从处理器104接收第一电信号。第一电信号作为第一SOA 102的驱动信号。第一SOA 102用于根据第一电信号对光信号进行功率放大,向第一OFA 103传输功率放大后的光信号。处理器104用于根据第二增益目标生成第一OFA 103的驱动信号。应理解,在修改第一增益目标后,为了使得整体增益目标不变,处理器104还可以用于修改第二增益目标。此时,处理器104用于根据修改后的第二增益目标生成第一OFA 103的驱动信号。第一OFA 103可以为掺铒光纤放大器(erbium doped fiber amplifier,EDFA)、掺铋光纤放大器(bismuth doped fiber amplifier,BIDFA)或掺镱光纤放大器(ytterbium doped

fiber amplifier, YDFA)等。第一OFA 103用于从处理器104接收驱动信号,根据驱动信号对光信号进行功率放大。

[0045] 在本申请实施例中,当第一电信号等于第一阈值时,第一SOA 102输出的光信号的功率等于目标功率。通过限定第一电信号小于或等于第一阈值,即限定了第一SOA 102的输出功率小于或等于目标功率。通过限制第一SOA 102的输出功率,可以降低第一SOA 102引入的非线性代价。并且,通过增加第二OFA 103进行二级放大,可以保证整体的增益性能。

[0046] 在实际应用中,光放大装置100还可以包括检测PD。检测PD用于测量第一SOA 102输出的光信号的功率,向处理器104传输光信号的功率。处理器104用于确定光信号的功率是否小于或等于目标功率。若光信号的功率大于目标功率,则处理器104可以修改第一增益目标和/或第一映射关系。

[0047] 根据图1的描述可知,处理器104用于根据第一增益目标得到第一SOA 102需要的驱动信号(第一电信号)。当第一SOA 102根据第一电信号对光信号进行功率放大时,第一SOA 102的实际增益可能不等于第一增益目标。类似地,第一OFA 103的实际增益可能也不等于第二增益目标。因此,光放大装置100的有效整体增益可能不等于整体增益目标。光放大装置100可以通过反馈调节来控制有效整体增益和整体增益目标的偏差。下面对此进行描述。

[0048] 图2为本申请实施例提供的光放大装置的第二个结构示意图。如图2所示,在图1的基础上,光放大装置100还包括第二PD 201。第二PD 201用于获取第一OFA 103输出的光信号的第二功率。应理解,在图2以及后续的示例中,省略了PD通过光分束器获取功率的描述。并且,PD测量的子光束的功率和光信号的功率可以通过光分束器的分光比得到。因此,为了方便描述,将PD测量的子光束的功率称为光信号的功率。第二PD 201还用于向处理器104传输第二功率。处理器104用于根据第一功率和第二功率调整第一SOA102和/或第一OFA 103的增益。其中,第一功率和第二功率的差值即为光放大装置的实际整体增益。实际整体增益分为有效整体增益和噪声整体增益。处理器104还可以用于获取整体增益目标。当整体增益目标和有效整体增益的偏差过大时,处理器104还用于调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益。应理解,处理器104可以用于根据第二PD 201的反馈多次调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益,直至整体增益目标和有效整体增益的偏差小于目标值。

[0049] 在实际应用中,当处理器104用于通过第二PD 201的反馈调整第一SOA 102的增益时,会影响输入至第一OFA 103的光信号的功率,从而影响光信号的平坦度。因此,通过调整第一OFA 103的增益来调整光放大装置100的整体增益的操作较为复杂。因此,在本申请实施例中,处理器104可以用于根据第一功率和第二功率调整第一OFA 103的增益。当第一OFA 103的增益无法再调节时(例如调整至第一OFA 103的增益上限),处理器104再用于根据第一功率和第二功率调整第一SOA 102的增益。

[0050] 根据前述图2的描述可知,处理器104可以用于根据整体增益目标和有效整体增益调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益。在实际应用中,处理器104也可以用于根据光放大装置100的目标输出功率和实际输出功率来调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益。实际输出功率即为第二功率。处理器104用于通过第二PD 201得到实际输出功率。处理器104还可以用于根据以下公式得到光放大装置100的目标输出功率。

[0051] $P_{out_target} = P_{in} + G + P_{ase}$

[0052] 其中, P_{out_target} 为目标输出功率。 P_{in} 为光放大装置100的输入光功率。 G 为整体增益目标。 P_{ase} 为整体放大器的自发辐射(Amplified spontaneous emission, ASE)的功率,即噪声整体增益。公式中各个参数的单位为分贝(decibel, dB)。处理器104用于根据输出功率目标和实际输出功率来计算功率偏差。

[0053] $P_{err} = P_{out} - P_{out_target}$

[0054] 其中, P_{err} 为功率偏差。 P_{out} 为实际输出功率。当功率偏差大于目标值时,处理器104用于调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益,即调整 G 的值,使得功率偏差小于目标值。

[0055] 根据前述图1的描述可知,第一SOA 102用于根据第一电信号对光信号进行功率放大。在功率放大过程中,第一SOA 102会对光信号的平坦度产生影响。光信号的平坦度是指光信号中不同波长的光信号的功率倾斜度。为了降低第一SOA 102对光信号的平坦度的影响,光放大装置100可以通过增益平坦滤波器(gain flattening dilter, GFF)对光信号进行滤波。图3为本申请实施例提供的光放大装置的第三个结构示意图。如图3所示,在图2的基础上,光放大装置100还包括第一GFF 301。第一GFF 301位于第一SOA 102和第一OFA 103之间。第一GFF 301用于从第一SOA 102接收光信号,对光信号进行滤波。在本申请实施例中,通过第一GFF 301对光信号进行滤波,可以降低第一SOA 102对光信号的平坦度的影响。

[0056] 在实际应用中,当输入至第一SOA 102的光信号的功率发生变化时,第一SOA 102输出的光信号的平坦度会发生变化。并且,第一GFF 301的滤波功率一般无法动态调节。因此,当输入至第一SOA 102的光信号的功率发生变化时,第一GFF 301的效果会降低。并且,当输入至第一OFA 103的光信号的功率发生变化时,第一OFA 103输出的光信号的平坦度也会发生变化。为此,本申请实施例可以通过第一OFA 103对平坦度的影响来补偿由于第一SOA 102带来的平坦度变化。下面对此进行描述。

[0057] 图4为本申请实施例提供的光放大装置的第四个结构示意图。如图4所示,在图3的基础上,光放大装置100还包括可调光衰减器(variable optical attenuator, VOA) 402、第三PD 401和第四PD 403。VOA 402位于第一SOA 102和第一OFA 103之间。第三PD 401位于第一SOA 102和VOA 402之间。第四PD 403位于第一OFA 103和VOA 402之间。第三PD 401用于获取输入至VOA 402的光信号的第三功率。第四PD 403用于获取从VOA402输出的光信号的第四功率。处理器104用于根据第三功率和第四功率调整VOA 402的衰减值。其中,通过调整VOA 402的衰减值,可以调整输入至第一OFA 103的光信号的功率。输入至第一OFA 103的光信号的功率会影响光信号的平坦度。因此,本申请实施例可以通过第一OFA 103对平坦度的影响来补偿由于第一SOA 102带来的平坦度变化。因此,在本申请实施例中,通过调整VOA 402的衰减值,可以提高光信号在不同波长处的功率均衡,从而提高光通信的可靠性。

[0058] 应理解,当整体增益目标发生变化时,光放大装置100输出的光信号的平坦度也可能发生变化。此时,通过调整VOA 402的衰减值,也可以调整光放大装置100输出的光信号的平坦度。具体的调整值可以事先进行标定。例如,当光放大装置100的输入功率为0.5分贝毫瓦(decibel relative to one milliwatt, dBm),整体增益目标为22dB时,VOA 402的衰减值为9.5dB。当光放大装置100的输入功率-8.5dBm为,整体增益目标为31dB时,VOA402的衰减值为0.5dB。

[0059] 在实际应用中,当通过两个OFA和一个OFA分别实现相同的增益目标时,两个OFA需

要花费的功耗较低。因此,为了降低光放大装置100的功耗,光放大装置100可以通过两个OFA对光信号进行功率放大。图5为本申请实施例提供的光放大装置的第五个结构示意图。如图5所示,在图4的基础上,光放大装置100还包括第二OFA 501。第二OFA 501位于第一SOA 102和第一OFA 103之间。在图5中,第一SOA 102用于对光信号进行一级放大。第二OFA 501用于对光信号进行二级放大。第一OFA 103用于对光信号进行三级放大。

[0060] 应理解,图5只是本申请实施例提供的光放大装置100的一个示例。在图5中,第一GFF 301位于第二OFA 501和VOA 402之间。在实际应用中,第一GFF 301、第二OFA 501和VOA 402之间的位置可以随意组合。下面对此分别进行举例描述。

[0061] 图6为本申请实施例提供的光放大装置的第六个结构示意图。如图6所示,在图5的基础上,修改了第二OFA 501和第一GFF 301的位置关系。具体地,在图5中,第二OFA 501的位置在第一GFF 301的位置之前。此时,第一GFF 301位于第二OFA 501和VOA 402之间。在图6中,第二OFA 501的位置在第一GFF 301的位置之后。此时,第二OFA 501位于第一GFF 301和VOA 402之间。在本申请实施例中,通过将第一GFF 301的位置前移,可以降低光放大装置100的功耗。

[0062] 图7为本申请实施例提供的光放大装置的第七个结构示意图。如图7所示,在图5的基础上,修改了第二OFA 501、VOA 402和第一GFF 301的位置关系。具体地,在图5中,VOA 402的位置在第一GFF 301的位置之后。在图6中,VOA 402的位置在第一GFF 301的位置之前。此外,在图5中,第一GFF 301位于第二OFA 501和VOA 402之间。在图6中,第二OFA 501位于第一GFF 301和VOA 402之间。在本申请实施例中,通过将VOA 402的位置前移,可以降低光放大装置100的功耗。

[0063] 在前述图5中,第一GFF 301位于第一SOA 102和第二OFA 501之后。第一GFF 301用于降低第一SOA 102和第二OFA 501对光信号的平坦度的影响。在图6中,第一GFF 301位于第一SOA 102之后,第二OFA 501之前。第一GFF 301用于降低第一SOA 102对光信号的平坦度的影响。在实际应用中,光放大装置100可以包括2个GFF。2个GFF用于分别降低第一SOA 102和第二OFA 501对光信号的平坦度的影响。图8为本申请实施例提供的光放大装置的第八个结构示意图。如图8所示,在图5的基础上,光放大装置100还包括第二GFF 801。第二GFF 801位于第一SOA 102和第二OFA 501之间。第二GFF 801用于从第一SOA 102接收光信号,对光信号进行滤波。在本申请实施例中,通过增加第二GFF 801,可以降低光放大装置100的功耗。

[0064] 在前述图5的示例中,通过两个OFA来降低光放大装置100的功耗。类似地,为了降低光放大装置100的功耗,光放大装置100也可以通过两个SOA对光信号进行功率放大。图9为本申请实施例提供的光放大装置的第九个结构示意图。如图9所示,在图8的基础上,将图8中的第二OFA 501替换为第二SOA 901。在图9中,第二SOA 901位于第一SOA 102和第一OFA 103之间。在图9中,第一SOA 102用于对光信号进行一级放大。第二SOA 901用于对光信号进行二级放大。第一OFA 103用于对光信号进行三级放大。

[0065] 根据图1的描述可知,SOA在高功率输出时会引入较大的非线性代价。为了降低第二SOA 901引入的非线性代价。处理器104可以用于获取第二阈值,根据输入至第二SOA 901的光信号的功率和第二阈值得到第二电信号。第二电信号的电流或电压小于或等于第二阈值。第二SOA 901用于根据第二电信号对光信号进行功率放大。其中,输入至第二SOA 901的

光信号的功率可以通过其它PD得到,也可以通过第一PD 101得到的。其它PD位于第二SOA 901和第一SOA 102之间。其它PD用于测量输入至第二SOA 901的光信号的功率。第一PD 101用于测量输入至第一SOA 102的光信号的第一功率。处理器104用于根据第一功率、第一SOA 102的增益和第二GFF 801的滤波插损计算输入至第二SOA 901的光信号的功率。

[0066] 应理解,前述图1至图9只是本申请实施例提供的光放大装置100的结构的一个示例。在实际应用中,本领域技术人员可以根据需求对光放大装置100的结构进行适应性的修改。适应性的修改包括但不限于以下任意一项或多项的内容。

[0067] 1.在图1至图9的任一图中,处理器104包括第一子处理器和第二子处理器。第二子处理器用于生成第一SOA 101的第一电信号和/或第二SOA 901的第二电信号。第一子处理器用于负责光放大装置100的整体增益分配和反馈调节。例如,在图2中,第一子处理器用于根据整体增益目标得到对第一SOA 102的第一增益目标和对第一OFA 103的第二增益目标。第一子处理器用于为第二子处理器分配第一增益目标。第二子处理器用于根据第一增益目标生成第一电信号。第二子处理器还用于获取光信号的第一功率,根据光信号的第一功率和第一映射关系得到第一阈值。若第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值,则第二子处理器用于向第一SOA 102传输第一电信号。若第一电信号的电流或电压大于第一阈值,则第二子处理器用于向第一子处理器传输告警信号。告警信号用于请求第一子处理器修改第一增益目标。第一子处理器还用于根据第二增益目标生成第一OFA 103的驱动信号,向第一OFA 103传输驱动信号。第一子处理器还用于根据第一功率和第二PD 201测量的第二功率得到实际整体增益,根据实际整体增益和整体增益目标调整第一SOA 102和/或第一OFA 103的增益。

[0068] 2.在图4中,第一GFF 301的位置和VOA 402的位置互换。应理解,在本申请实施例中,第三PD 401和VOA 402互相绑定。因此,当VOA 402的位置变化时,第三PD 401和第四PD 403的位置也随之发生变化。此时,第三PD 401用于测量第一SOA 102输出的光信号的功率,即第三PD 401用于测量输入至VOA 402的光信号的功率。此时,第三PD401可以作为第一SOA 102的检测PD。第三PD 401测量的功率可以用于确定第一SOA 102输出的光信号的功率是否小于或等于目标功率。

[0069] 3.在图9中,第二GFF 801位于第一SOA 102之后。第二GFF 801用于降低第一SOA102对光信号的平坦度的影响。第一GFF 301位于第二SOA 901之后。第一GFF 301用于降低第二SOA 901对光信号的平坦度的影响。在实际应用中,光放大装置100可以不包括第二GFF 801。此时,第一GFF 301用于降低第一SOA 102和第二SOA 901对光信号的平坦度的影响。

[0070] 4.光放大装置100还可以包括存储器。存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中,非易失性存储器可以是只读存储器(read-only memory,ROM)、可编程只读存储器(programmable ROM,PROM)、可擦除可编程只读存储器(erasable PROM,EPROM)、或闪存等。易失性存储器可以是随机存取存储器(random access memory,RAM)。存储器用于储存第一映射关系。

[0071] 前面对本申请实施例提供的光放大装置100进行描述。下面对本申请实施例提供的光通信设备、光通信系统和光放大方法进行描述。

[0072] 图10为本申请实施例提供的光通信设备的结构示意图。如图10所示,光通信设备

1000包括光发送模块1001和光放大装置100。光发送模块1001用于根据电信号调制载波光束,得到光信号。光放大装置100用于对光信号进行功率放大。关于光放大装置100的描述,可以参考前述图1至图9任一图中的描述。

[0073] 图11为本申请实施例提供的光通信系统的结构示意图。如图11所示,光通信系统1100包括光通信设备1000和另一光通信设备1101。光通信设备1000用于根据电信号调制载波光束,得到光信号。光通信设备1000还用于对光信号进行功率放大,向另一光通信设备1101传输功率放大后的光信号。另一光通信设备1102用于接收光信号,对光信号进行解调,得到电信号。

[0074] 在实际应用中,光通信系统1100还可以包括中继设备。中继设备位于光通信设备1000和另一光通信设备1101之间的光传输路径上。中继设备包括一个或多个光放大装置100。中继设备用于通过光放大装置100对光传输路径中的光信号进行功率放大。

[0075] 图12为本申请实施例提供的光放大方法的流程示意图。如图12所示,光放大方法包括以下步骤。

[0076] 在步骤1201中,光放大装置获取第一阈值和光信号的第一功率。

[0077] 光放大装置根据整体增益目标得到对第一SOA的第一增益目标和对第一OFA的第二增益目标。光放大装置通过第一PD获取输入至第一SOA的光信号的第一功率。光放大装置获取第一映射关系。第一映射关系包括多个光信号的功率与多个阈值的对应关系。第一映射关系可以是在第一SOA出厂前对第一SOA进行标定得到的。光放大装置用于根据光信号的第一功率和第一映射关系得到第一阈值。

[0078] 在步骤1202中,光放大装置根据第一功率生成第一电信号,第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值。

[0079] 光放大装置可以获取第一SOA的加电曲线。第一SOA的加电曲线表征了第一SOA的增益目标与电信号的对应关系。光放大装置根据第一增益目标和第一SOA的加电曲线得到第一电信号。若第一电信号的电流或电压小于或等于第一阈值,则光放大装置向第一SOA传输第一电信号。若第一电信号的电流或电压大于第一阈值,则光放大装置修改第一增益目标,使得第一电信号的电压或电流小于或等于第一阈值。

[0080] 在步骤1203中,光放大装置通过第一电信号和第一SOA对光信号进行放大。光放大装置向第一SOA传输第一电信号。第一电信号作为第一SOA的驱动信号。第一SOA根据第一电信号对光信号进行放大。

[0081] 在步骤1204中,光放大装置通过第一OFA对光信号进行再次放大,输出光信号。

[0082] 第一OFA的位置位于第一SOA的位置之后。光放大装置可以获取第一OFA的加电曲线。第一OFA的加电曲线表征了第一OFA的增益目标与电信号的对应关系。光放大装置根据第二增益目标和第一OFA的加电曲线得到第一OFA的驱动信号。光放大装置向第一OFA传输驱动信号,通过驱动信号对光信号进行再次放大。

[0083] 应理解,光放大方法的描述和前述光放大装置100的描述存在相似之处。因此,关于光放大方法的描述可以参考前述图1至图9任一图中的描述。例如,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置根据光放大装置的输出功率目标和实际输出功率调整第一SOA和/或第一OFA的增益。又如,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置通过第一GFF对光信号进行滤波。又如,光放大方法还包括以下步骤:光放大装置通过第二SOA对光信号进行再次放大。

[0084] 以上,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。

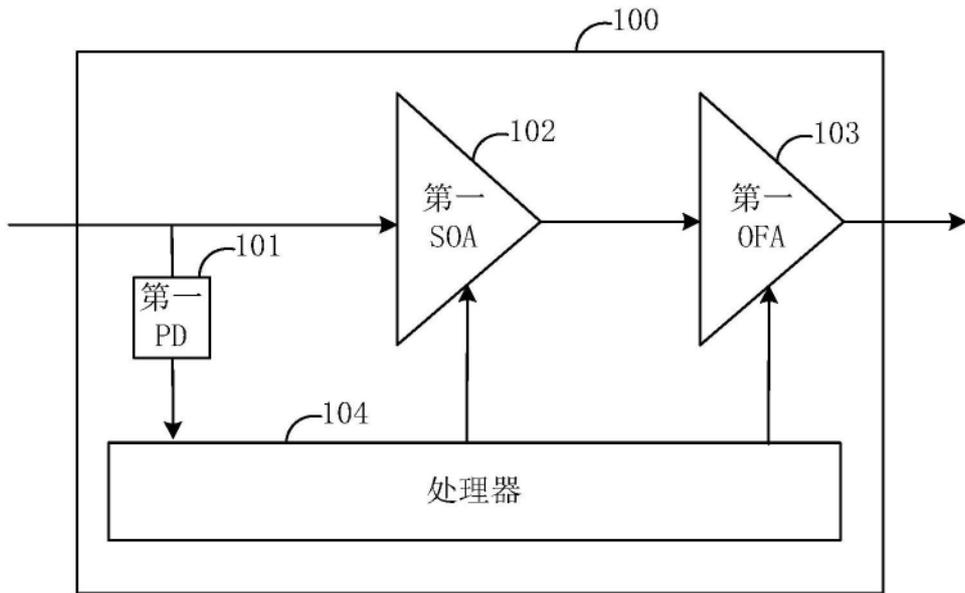


图1

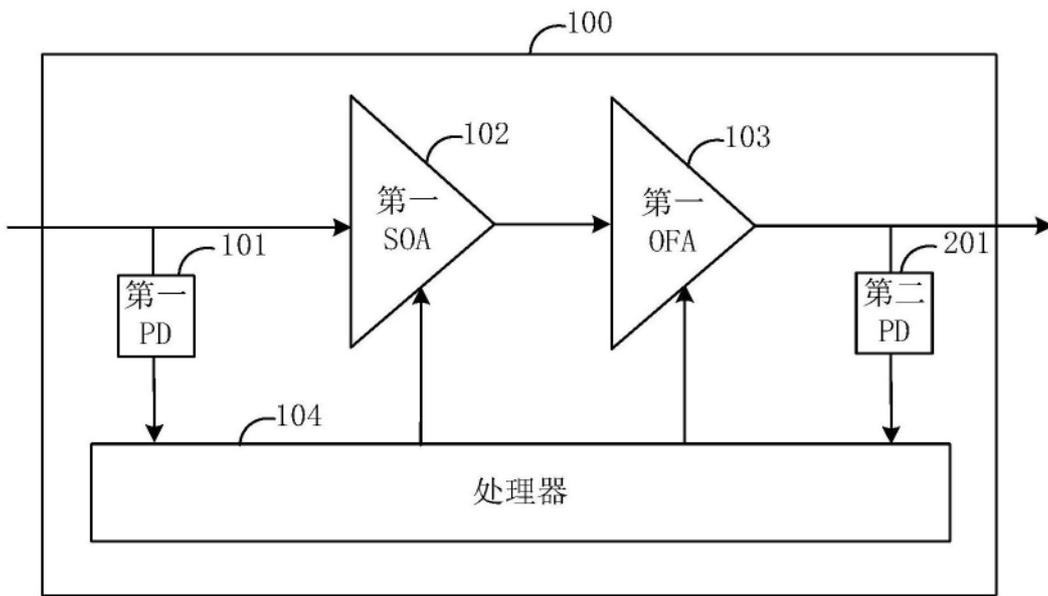


图2

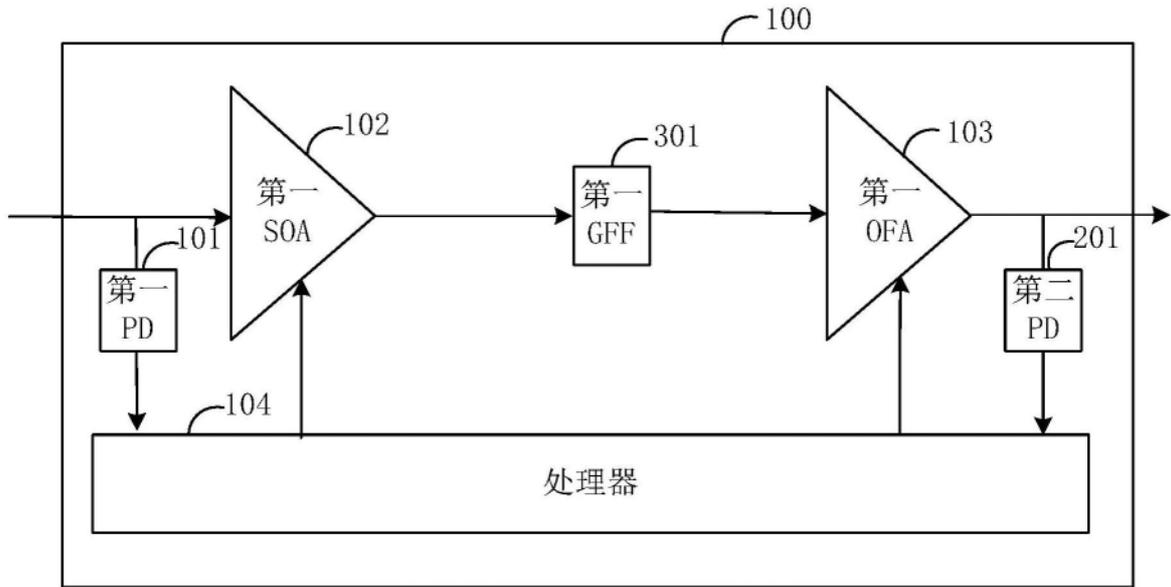


图3

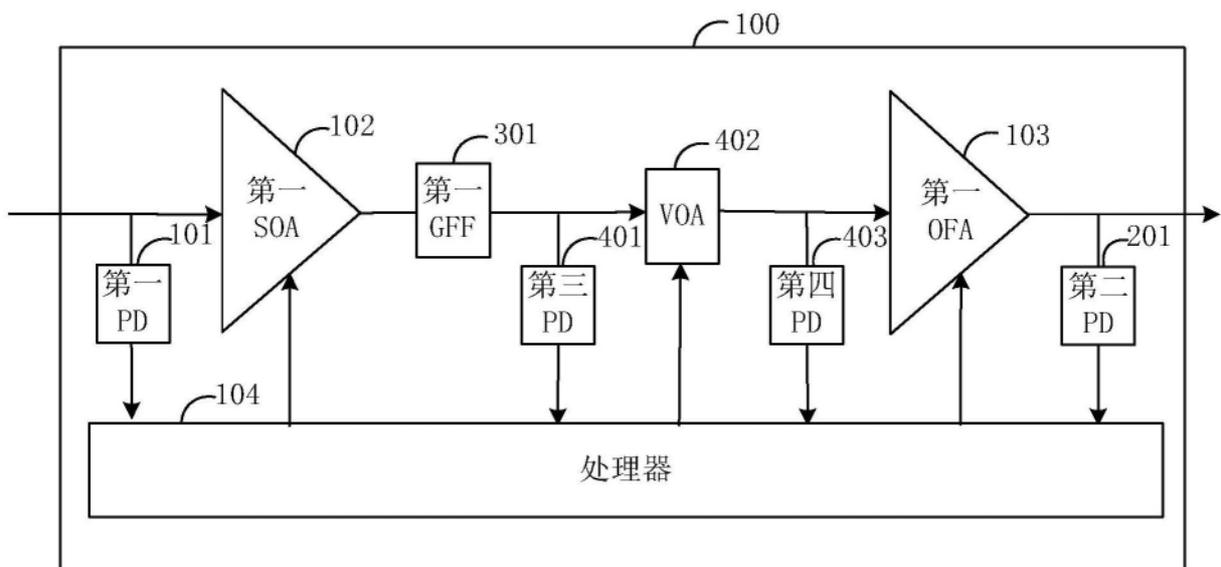


图4

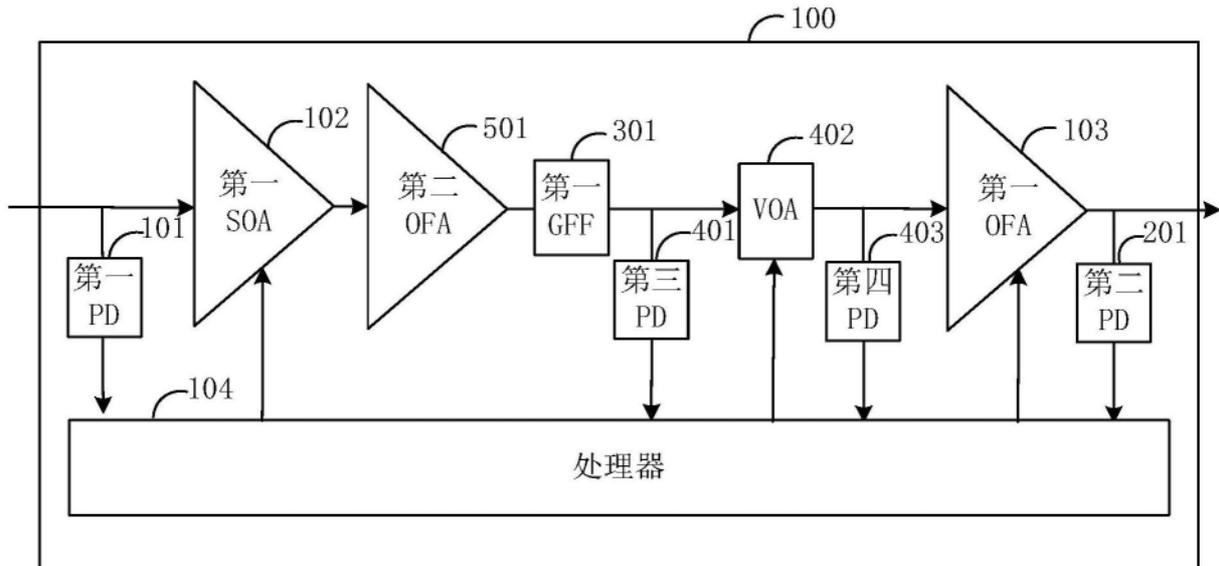


图5

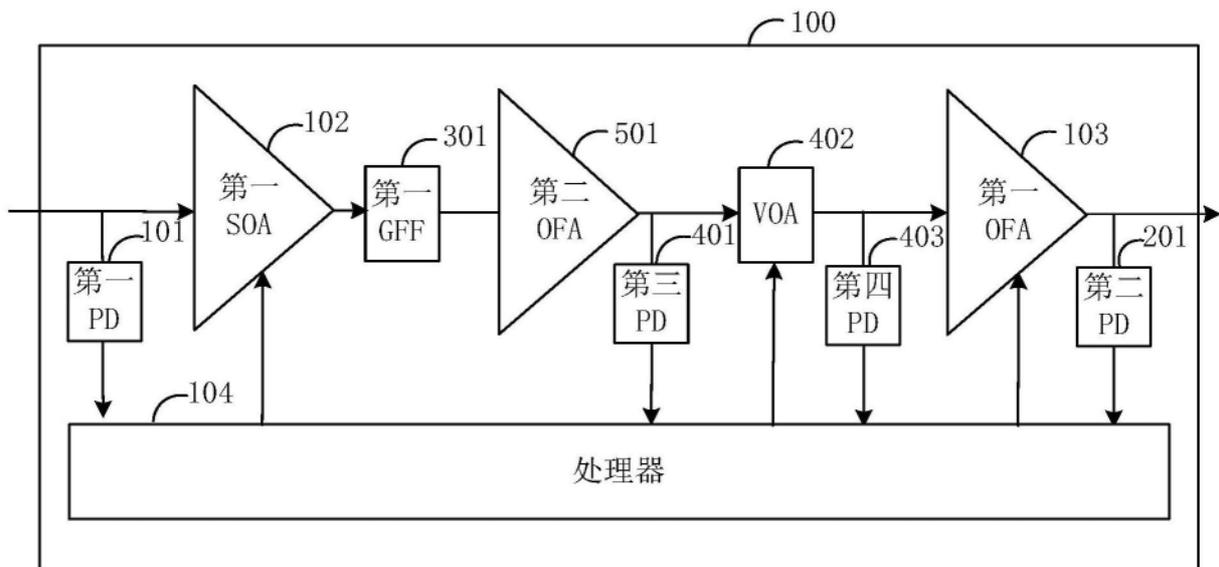


图6

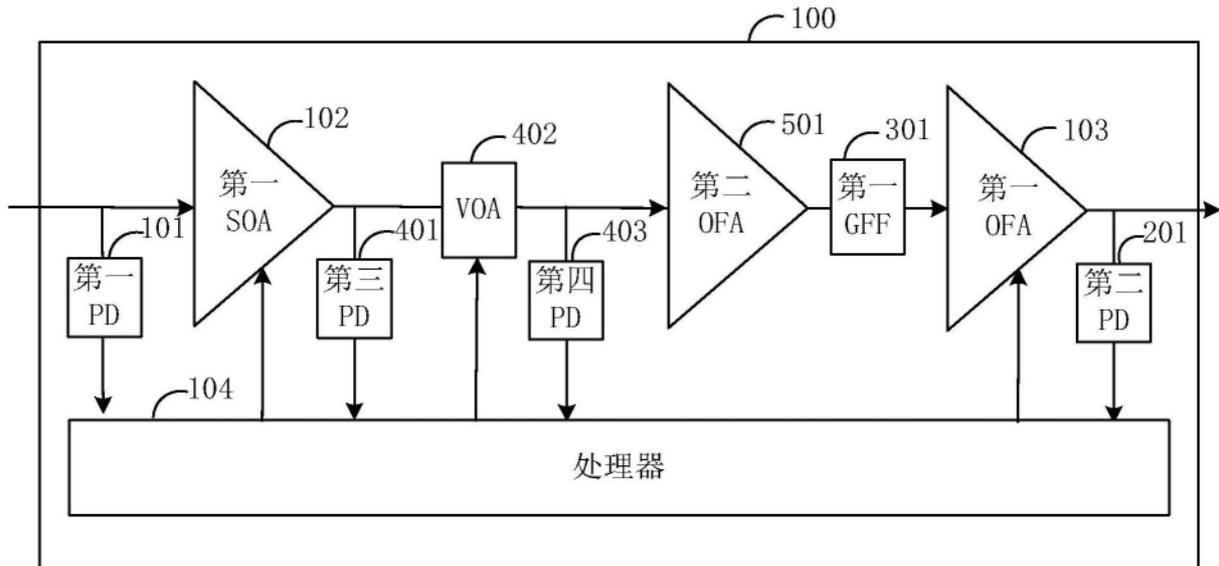


图7

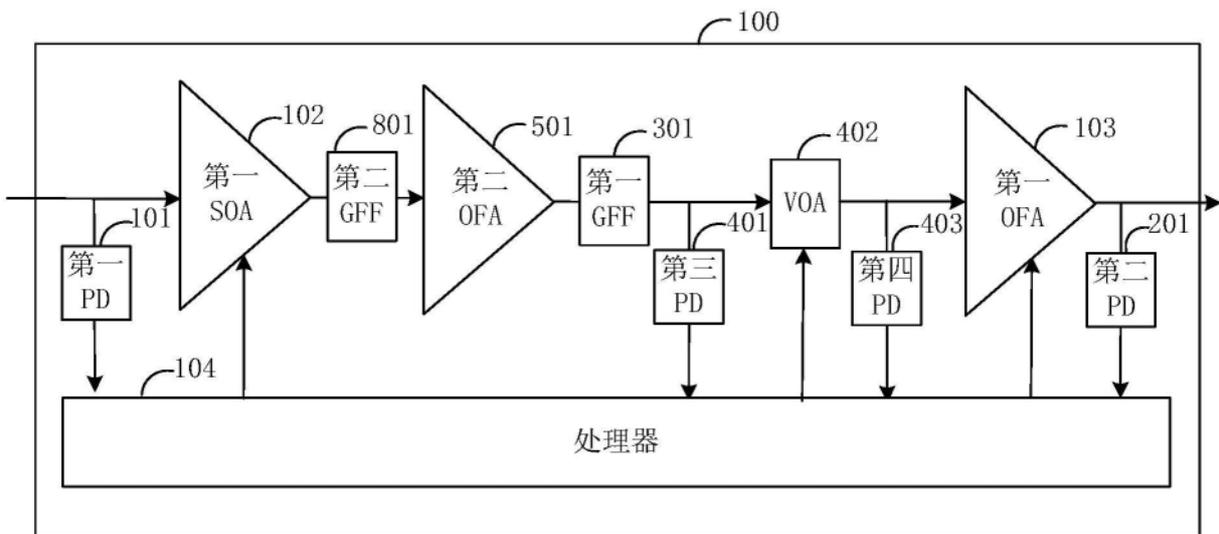


图8

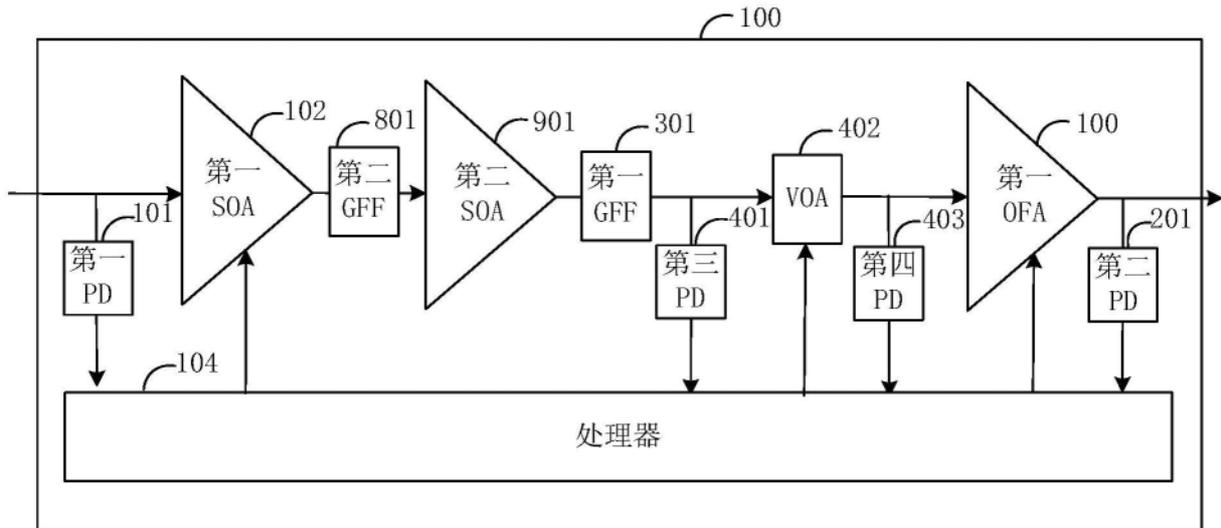


图9

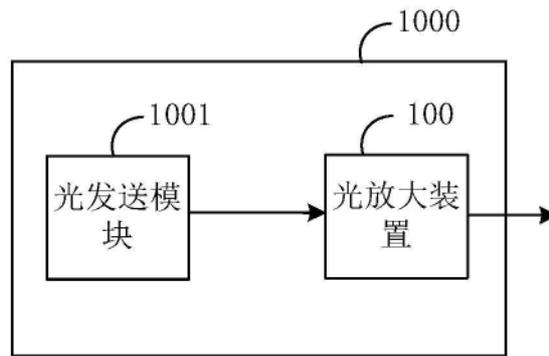


图10

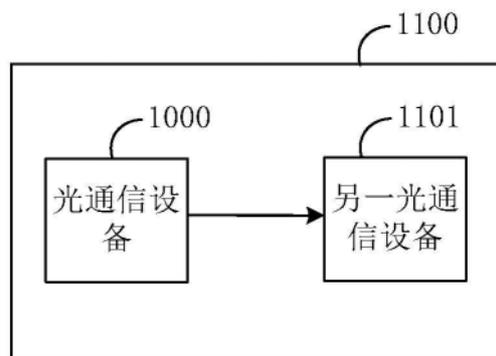


图11

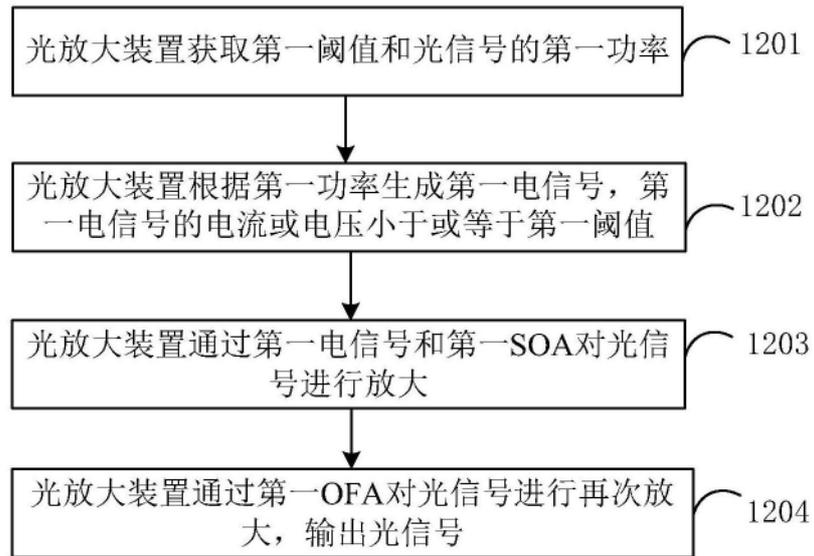


图12