

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01110050.8

[43]公开日 2002年10月2日

[11]公开号 CN 1372162A

[22]申请日 2001.3.26 [21]申请号 01110050.8

[30]优先权

[32]2001.2.23 [33]KR [31]10-2001-9207

[71]申请人 株式会社 MERCURY

地址 韩国

[72]发明人 李奎行 金承泽 崔峯泽

朴相昱 宋炫锡

[74]专利代理机构 沈阳市科威专利代理有限责任公司

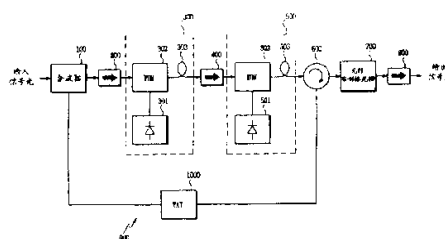
代理人 王 勇

权利要求书1页 说明书9页 附图页数6页

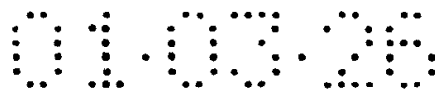
[54]发明名称 增益固定型光纤放大器

[57]摘要

一种增益固定型光纤放大器,是从一个光纤放大器,例如从一个掺铒光纤放大器(EDFA)的光波中,把信号波段以外的光波,例如:波长为1528nm或1561nm的光波,利用光纤光栅滤波器加以阻断并让其反射。然后让这一反射光通过循环器、反馈回路以及合波器反馈到光纤放大器的输入端。本发明是使上述的反射光反复循环地通过光纤放大器,以形成一个环状的激光结构,并借助上述的反馈光波使信号光的增益维持在一个固定的水平。



ISSN 1008-4274



权利要求书

1、一种增益固定型光纤放大器，其特征是设有一个耦合在光回路上以便对传输在光回路上的信号光进行放大的光放大用光纤；设有对通过光回路传输的一定波长的光波加以阻断并使其反射的光纤光栅滤波器；设有一个把被光纤光栅滤波器反射的反射光耦合到光纤放大器的输入端的反馈回路。

2、根据权利要求1所述的增益固定型光纤放大器，其特征是光纤光栅滤波器将反射信号波段之外的其它波段的光波。

3、根据权利要求1所述的增益固定型光纤放大器，其特征是在上述的反馈回路中设有调整反射光水平用的水平调整装置。

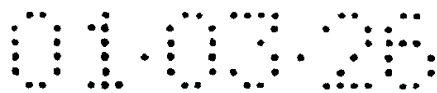
4、根据权利要求3所述的增益固定型光纤放大器，其特征是上述水平调整装置为可变衰减器的增益固定型光纤放大器。

5、一种增益固定型光纤放大器，其特征是设有一个把通过光路的传输信号光和反射光耦合到单一的光回路的光耦合器；设有把放大光回路上传输的信号光耦合在光回路上的光放大用光纤；设有一个把用光纤放大器放大的输出光波输入到光纤光栅滤波器的输入端，再把从光纤光栅滤波器反射出来的反射光耦合到反馈回路循环器；设有一个把从输入的光波中对一定波长的光波加以阻断并使其反射光纤光栅滤波器；设有一个把从上述循环器反射出来的反射光用一个光耦合器进行输入反馈回路。

6、根据权利要求5所述的增益固定型光纤放大器，其特征是设有一个光纤光栅滤波器，它将信号波段之外的其它波段的光波反射。

7、根据权利要求5所述的增益固定型光纤放大器，其特征是在上述反馈回路中设有一个水平调整装置，以便用来调整反射光的信号水平。

8、根据权利要求7所述的增益固定型光纤放大器，其特征是水平调整装置为可变衰减器的增益固定型光纤放大器。



说明书

增益固定型光纤放大器

本发明涉及光纤放大器技术领域，特别是一种使输出信号光的增益维持恒定的增益固定型光纤放大器。

最近，随着光通信技术的发展，波分复用方式（WDM）愈来愈得到广泛的普及。将把多个波长的信号光同时通过一束光纤进行传输。另外，光通信方式从点对点的通信方式逐渐发展成网络化。但是在这种波分复用方式的光网络中，信号光由于其光信道的增减使信号光的水平发生变化。即在多个信道的信号光进行传输的状态下削减光信道时由于自相位调制（SPM）和交叉相位调制（XPM）和四波混频（FWM）将使整个信道光的信号强度受到影响。在一般的光纤放大器中随输入信号的强度大小，增益特性也要发生变化，这时有可能给系统造成致命的误动作。

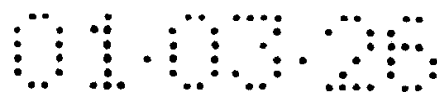
为了解决上述问题，需要一种增益固定型光纤放大器，以便使输出的信号光强度维持一定值，而且使其与输入信号强度无关。组成增益固定型光纤放大器的方法曾提出过如下三种：

- 1、检测输入信号的光的强度，然后根据其值去调整泵浦光源的功率，借以维持一定的信号光输出强度；

- 2、在维持一定的泵浦光源驱动功率的条件下利用附加的光源来维持一定的信号光输出强度；

- 3、让残存在光纤放大器自身中的自发辐射光（ASE: Amplified Spontaneous Emission）利用环状谐振腔或线状谐振腔使其谐振，借此调整泵浦光的增益，来维持一定的信号光输出强度。

在上述的方法中，调整泵浦光源功率的方法是一种直接去调节生成泵浦光的激光二极管电流的方法。这种方法会给激光二极管造成影响，尤其是对放大器自身的可靠性造成不良的影响。另外如果采用附加光源的方法，那么要向光纤放大器追加一个光源及其驱动回路，有提高造价的短处。按现在的技术观点来说，利用环形谐振的方法，尤其是



使用环状激光系统的方法被认为是最有效的一个途径。

图 1 是设有一般环形激光结构的增益固定型光纤放大器结构图。在图 1 中, 把第 1 及第 2 光纤放大器进行串联耦合, 并把第 2 光纤放大器输出的信号光的一部分通过反馈回路输入到第 1 光纤放大器中, 借以形成一个环形激光结构。即输入信号光经合波器 (1) 和单向器 (2) 耦合到第 1 光纤放大器 (3)。光纤放大器 (3) 由激光二极管 (31), 波分复用器 (WDM) (32) 以及光放大用光纤 (EDF) (33) 组成。其中, 激光二极管用来生成泵浦光; 波分复用器则把从激光二极管 (31) 生成的泵浦光耦合到由单向器 (2) 输入的光波之上。这里, 输入的信号光将使用 1530—1560 nm 波段的光信号; 泵浦光将使用 980 nm 波长的光波。

第 1 光纤放大器 (3) 的输出光将经单向器 (4) 耦合到第 2 光纤放大器 (5) 的输入端。第 2 光纤放大器 (5) 也同第 1 光纤放大器 (3) 一样, 由激光二极管 (51), 波分复用器 WDM (52) 以及光纤放大用光纤 EDF (53) 组成。第 2 光纤放大器 (5) 的输出光要经单向器 (6) 耦合到耦合器 (7)。耦合器 (7) 是 50: 50 耦合器, 它将把输入光波的 50% 作为信号进行光输出的同时, 还要把余下的 50% 光波耦合到反馈回路 (8) 上。

在反馈回路 (8) 中设有带通滤波器 (BPS) (9) 和可变衰减器 (VAT) (10)。带通滤波器 (9) 从反馈回路 (8) 的反馈光波中选择光信号波段 1530—1560nm 以外的光波进行反馈。带通滤波器 (9) 通常这样设定, 即要使接近光信号波段的光波, 例如: 波长为 1528nm 或 1561nm 波段的光波畅通。从带通滤波器 (9) 输出的光波经可变衰减器 (10) 衰减到一定水平之后, 通过合波器 (1) 再次输入到光纤放大器 (3)。

在上述结构中, 通过光纤放大器 (3), (5) 放大的输出光波, 其中 50% 经耦合器 (7) 和带通滤波器 (9) 进行反馈, 生成一个反馈光, 波长为 1528nm 或 1561nm。这一生成的反馈光, 经合波器 (1) 跟输入的信号光一起输入到光纤放大器 (3), (5)。这就是说输入的信号光和反馈光将决定输入到光纤放大器 (3), (5) 中的光信号强度。

上述的反馈光将跟信号光一起在光纤放大器 (3), (5) 中被放大。由于在光纤放大器 (3), (5) 中的增益决定于输入光波的功率大小, 因而借助上述的反馈光, 使输入的信号光增益经常维持在一定的值。即, 当输入信号光的功率低时反馈光的功率将增大, 由此可防止输入信号光的增益变大; 当输入信号光的功率高时反馈光的功率将变小, 因而可防止输入信号光的增益变小。

然而, 在上述的增益固定型光纤放大器中存在着如下的一些问题:

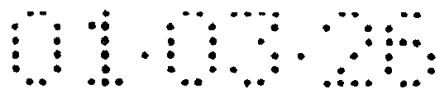
1、在上述增益固定型光纤放大器中用于生成反馈光的带通滤波器 (9) 因其极化损耗 (PDL: polarization-dependent losses) 存在着增益随时间发生变动 (迁移) 的问题。而这种增益迁移现象在级联网 (Cascade network) 中是一种严重的缺点。另外, 为使放大器进行稳定的放大, 反馈光的频谱宽度愈小愈好。但是上述的带通滤波器 (9) 因其频谱宽度变的愈窄就会使其极化损耗 PDL 变得愈大, 会使放大器的稳定性降低。

2、图 2 是图 1 系统的反馈光也就是它的谐振光的频谱特性曲线, 设定的中心波长约为 1561nm。由图可知, 一般的带通滤波器都以中心频率为基准, 具有频带很窄的滤波特性。同时, 在 1558—1563nm 的整个波段范围内存在着一定水平以上的光, 在本例中大约存在 -76dB₀ 以上的光。这种不需要的光波一旦反馈到光纤放大器 (3), (5), 那么将会影响光纤放大器 (3), (5) 的增益, 进而影响谐振光的稳定度。另外这种谐振光的功率变化将会影响信号通道, 并招致输出光不稳定。

3、在上述结构中, 为生成反馈光, 从光纤放大器 (3), (5) 输出的信号光中分出经耦合器 (7) 进行反馈, 因此将产生相当于反馈光的输出损失。

4、在上述的结构中, 经反馈回路 (8) 生成的反馈光通过光纤放大器 (3), (5) 放大, 并同正常的信号光一起进行传输, 所以存在着影响整个系统的可靠性的危险。

本发明的目的是提供一种具有良好的增益固定特性而且还能保障



整体系统的稳定性的增益固定型光纤放大器。

本发明是这样实现的，增益固定型光纤放大器由光纤放大器、光纤光栅滤波器和反馈回路组成，其中，光纤放大器设有一种光放大用光纤，它连接在光回路中，以便对光回路中传输的信号光进行放大；光纤光栅滤波器将对从光回路中传输的某一特定波长的光波加以阻断并让其反射；反馈回路则把从光纤光栅滤波器反射的光波反馈到上述光纤放大器的输入端。

另外，上述的光纤光栅滤波器具有一个特点，那就是它将信号波段之外的其它波段的光波进行反射。

另外，反馈回路设有用来调节输出信号水平的水平调节器。

另外，为实现上述目的提出的本发明——固定增益光纤放大器有如下的结构特点。即，设有一个耦合器，以便把光回路中传输的信号光和反射光耦合到一个单一的光回路中；设有一个光纤放大器，它设有耦合到光回路上的光纤放大用光纤，以便在放大光回路中传输的信号光；设有一个循环器，它将从光纤放大器放大而输出的信号光耦合到光纤光栅滤波器中，并将该光纤光栅滤波器的反射光耦合到反馈环路中；设有一个光纤光栅滤波器，以便从输入的光波中阻断并反射某一设定波长的光波；还有一个反馈环路，以便将上述循环器的反射光通过光耦合器进行输入。

如上所述，根据本发明可以去实现一种增益固定型光纤放大器，以保障良好的增益稳定性和整体系统的稳定性。

以下结合附图对本发明做进一步的说明：

图 1 是利用传统技术的增益固定型光纤放大器的框图。

图 2 是在图 1 所示的系统中光波进行谐振时的频谱特性曲线。

图 3 是在本发明的增益固定型光纤放大器的结构框图。

图 4 是在图 3 系统中光波进行谐振时的频谱特性曲线。

图 5、表示输入信号水平和增益之间的相关特性曲线，该装置具有如图 3 所示的结构。

图 6 表示增益随时间变化的一个特性曲线，该装置具有如图 1 和如

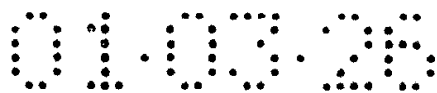


图 3 所示的结构。

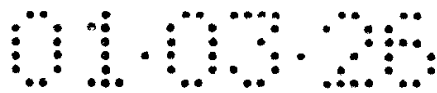
图 7 是当信号光被追加或削减时残存的信道信号功率发生变化的一个特性曲线。其中图 (A) 表明具有图 1 结构的变化特性, 而图 (B) 表明具有图 (3) 结构的变化特性。

图 3 是本发明的第一个实例, 示出一个增益固定形光纤放大器的结构框图。在图 3 中, 输入的信号光耦合到合波器 (100) 的一个输入端口, 而合波器 (100) 的另一端口将耦合一个经反馈回路传输过来的反馈光波。该合波器 (100), 举例为是一个 99:1 的合波器, 那么它把输入的信号光和反馈的光波将以 99:1 的比例进行耦合。合波器 (100) 的输出光波将经由单向器 (200) 耦合到第一光纤放大器 (300) 的输入端。

光纤放大器 (300), 如在图 1 所示的那样, 它由激光二极管 (301), 波分复用器 (302) 以及光放大用光纤 (303) 组成。其中, 激光二极管生成泵浦光; 波分复用器 (302) 将把从单向器 (200) 传输过来的输入光波和激光二极管的泵浦光波耦合到一条光回路中; 光放大用光纤将接收来自波分复用器 (302) 输出的光波并加以放大。如所周知, 输入的信号光, 通常使用 1530—1560nm 波长的光波, 而泵浦光使用 98nm 波长的光波。

接着, 从第 1 光纤放大器 (300) 输出的光波经单向器 (400) 耦合到第 2 光纤放大器 (500) 的输入端, 该第 2 光纤放大器 (500), 如同上述的第 1 光纤放大器 (300) 一样, 它由激光二极管 (501), 波分复用器 (502) 和光放大用光纤 (503) 组成。第 2 光纤放大器 (500) 的输出光波将耦合到循环器 (600) 上。该循环器 (600) 将把第 2 光纤放大器 (500) 的输出光波耦合到一个以后将作说明的光纤光栅滤波器 (700) 的输入端, 还把通过光纤光栅滤波器 (700) 反射过来的反射光波耦合到反馈回路 (900) 上。

光纤光栅滤波器 (700) 具有对特定的频率光波不许透过而使其反射的一种特性。光纤光栅滤波器 (700) 阻断并使其反射的频带, 在制造光纤光栅滤波器 (700) 时很容易加以解决。在本发明中光纤光栅滤



波器（700）的不透阻断频带设定为 1528nm 或 1561nm 的光波段，而不是信号光波的 1530—1560nm 波段。当然，光纤光栅滤波器（700）的阻断频带将根据系统的要求可任意设定。

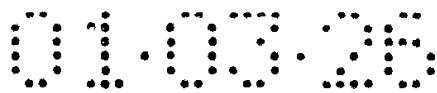
图 4 示出使用上述光纤光栅滤波器（700）时谐振光波的频谱特性曲线。这是被光纤光栅滤波器（700）阻断的光波波段设定为 1561nm 时测出的。从该图面可知，利用光纤光栅滤波器（700）时的带宽非常狭窄，不到 1nm，谐振光以外的波段，几乎没有残留的光波。而且阻断频带之外的波段，显示出良好的通导特性。即，不被光纤光栅滤波器（700）阻断的信号光波，在没有什么其它损耗的情况下将通过单向器（800）而输出，并得到传输。

另外，光纤光栅滤波器（700）阻断并使其反射的光波经循环器（600）耦合到反馈回路（900），再经由可变衰减器（VAT）（1000）耦合到合波器（100）的输入端，然后反馈到第 1 光纤放大器（300）。在这里，可变衰减器（1000）是用来设定反馈光波到一个适当的水平的，其衰减度将同系统操作者来分以设定。

接着，对由上述结构组成的固定增益光纤放大器的工作过程进行说明如下：

经光回路传输的，例如 1530nm—1560nm 波段的信号光，通过合波器（100）和单向器（200）输入到第 1 光纤放大器（300）得到一次放大之后，再通过第 2 光纤放大器（500）得到第二次放大。在这里让输入信号光经由 1 次和 2 次光纤放大器（300, 500）分段进行放大是考虑噪声特性而安排的，与本发明无关。通过光纤放大器（300, 500）放大的信号光将经由循环器（600）光纤光栅滤波器（700）以及单向器（800）再次传输到光回路上。

另外，被光纤光栅滤波器（700）阻断的反射光（反馈光），即波长为 1528nm 或 1561nm 的光波经循环器（600）输入到光纤放大器（300），（500），并将同正常的信号光一起被放大。被放大的反馈光经循环器（600）输入到光纤光栅滤波器（700），再经光纤光栅滤波器（700）反射，并经由循环器（600）、反馈环路（900）及合波器（100）再次



输入到光纤放大器（300，500），依次不断地进行这一循环过程。

在上述的结构中，由于存在一个不断地循环通过光纤放大器（300），（500）的反馈光，使得信号光的增益固定在一定的水平上。如所周知，在光纤放大器（300），（500）中信号光的增益决定于输入信号光的总体功率大小。在上述结构中，经光纤光栅滤波器（700）反射的光波，将同输入的的信号光一起经合波器（100）输入，因此在光纤放大器（300），（500）中的增益将取决于输入的的信号光和反射光功率的总和。当减少光波传输信道使通过合波器（100）的输入信号光的总体功率变低时，输入的信号光在光纤放大器（300），（500）中的增益将变大，同时信号光的水平要变大。这时同信号光一起放大的反射光的增益也变大，因而反射光的水平也要变大。但是，这一变大的反射光被反馈并经由合波器（100）再次输入到光纤放大器（300），（500），使得总体输入光的功率变大，因而传输信号光的增益将要相对变小。由于持续反复这一过程，传输的信号光将保持一定的增益，而同信号光的信道数量无关。信道数量增加时这种过程也会相同。

图 5 示出了由上述结构组成的系统中输入信号水平与增益之间的相关特性曲线。在图 5 中，曲线（A）是反馈光被切断而不再输入到光纤放大器（300），（500）时，输入信号光的信号水平与光纤放大器（300），（500）的增益之间相关特性曲线。曲线（B）和（C）是当反射光反馈到光纤放大器（300），（500）时随输入信号光的信号水平而变化的的光纤放大器（300，500）增益特性曲线。由图 5 可知，同不反馈反射光的曲线（A）相比，向光纤放大器（300），（500）反馈反射光时的曲线（B），（C），从总体而言表示出均匀的增益特性。

另外，图 5 的曲线（B）和曲线（C）分别示出对设置在反馈回路（900）上的可变衰减器（1000）加以调整，并使反射光的信号水平分别设定在不同水平时的情形。同曲线（C）相比曲线（B）是表示把反馈光的信号水平设定得小时的情形。从图 5 可知，反馈的反射光信号水平设得愈大，那么信号光的增益就愈小，信号光的增益维持得更为稳定。

通过上述实例可知，在固定增益光纤放大器中不必使用 PDL 大的带

通滤波器。跟现有结构不同，由于增益变化量变得很小，因此能实现良好的固定增益特性。

图 6 示出在图 1 中示出的现有结构和本发明的结构在增益变化方面的不同特性。在图 6 中，上方示出的是现有结构的增益变化特性；下方示出的是本发明结构的增益变化特性。在图 6 中，在设有带通滤波器的现有结构中通过带通滤波器的 PDL 获得的增益大约占 0.1dB_n 的增益波动幅度，变化幅度很大。相反，可以确认在本发明的结构中，增益波动的幅度只限于 0.04dB_n 的一个良好的变化范围内。

另外，在上述实例中，由图 2 及图 4 可知，由于通过一种阻断频带特性优良的光纤光栅滤波器来生成反馈光，因而可以大幅度提高光纤放大器的增益稳定性。同时，在追加或削减信道光波时产生的信道残余信号光的上冲和下冲幅度也能得到大幅度减小。

图 7 示出一例光波系统在 16 个信道的信号光进行传输的状态下削减 15 个信道的信号光或者在一个信道的信号光进行传输的状态下追加 15 个信道的光波时信号水平发生变化的波形图。其中，图 7 (A) 是示出设有带通滤波器传统结构时的特性，而图 7 (B) 是示出本结构时的特性。另外，图 7 (A) 的纵坐标是按 200mV 来分的格；图 7 (B) 则是按 100mV 来分的格。

在图 7 中，设有带通滤波器的传统结构，当追加或削减信道时残存信道光的峰值 (Peak-to-peak) 大约为 725mV ，而本发明的结构为前者 $1/4$ 水准的 164mV 。这表明，本发明的系统结构在大幅的信道追加或削减的情况下还能发挥较好的上冲和下冲特性，因而在最坏的状况下也能维持较稳定的固定增益特性，而且还能大大减小不均匀效应。

另外，在图 1 中示出的传统结构中，为了反馈光纤放大器 (5) 的输出，使用耦合器 (7)，因而产生 50% 以上的输出损失。与此相反，在本发明中，从图 3 及图 4 可知，由光纤放大器 (500) 输出的正常的信号光由于经由几乎没有输出损失的循环器 (600) 和光纤光栅滤波器 (700)，因而可以最大限度的缩小光纤放大器的增益损失。

另外，在本发明中光纤光栅滤波器 (700) 能彻底防止反馈光传输

到光回路中。而且还可以提高总体系统的可靠性。

另一方面，本发明不仅仅限于上述的实例，在不超出本发明的技术要旨的范围内，可以实施多种变化的形态。本发明只依据原本的权利要求范围来限定。

说明书附图

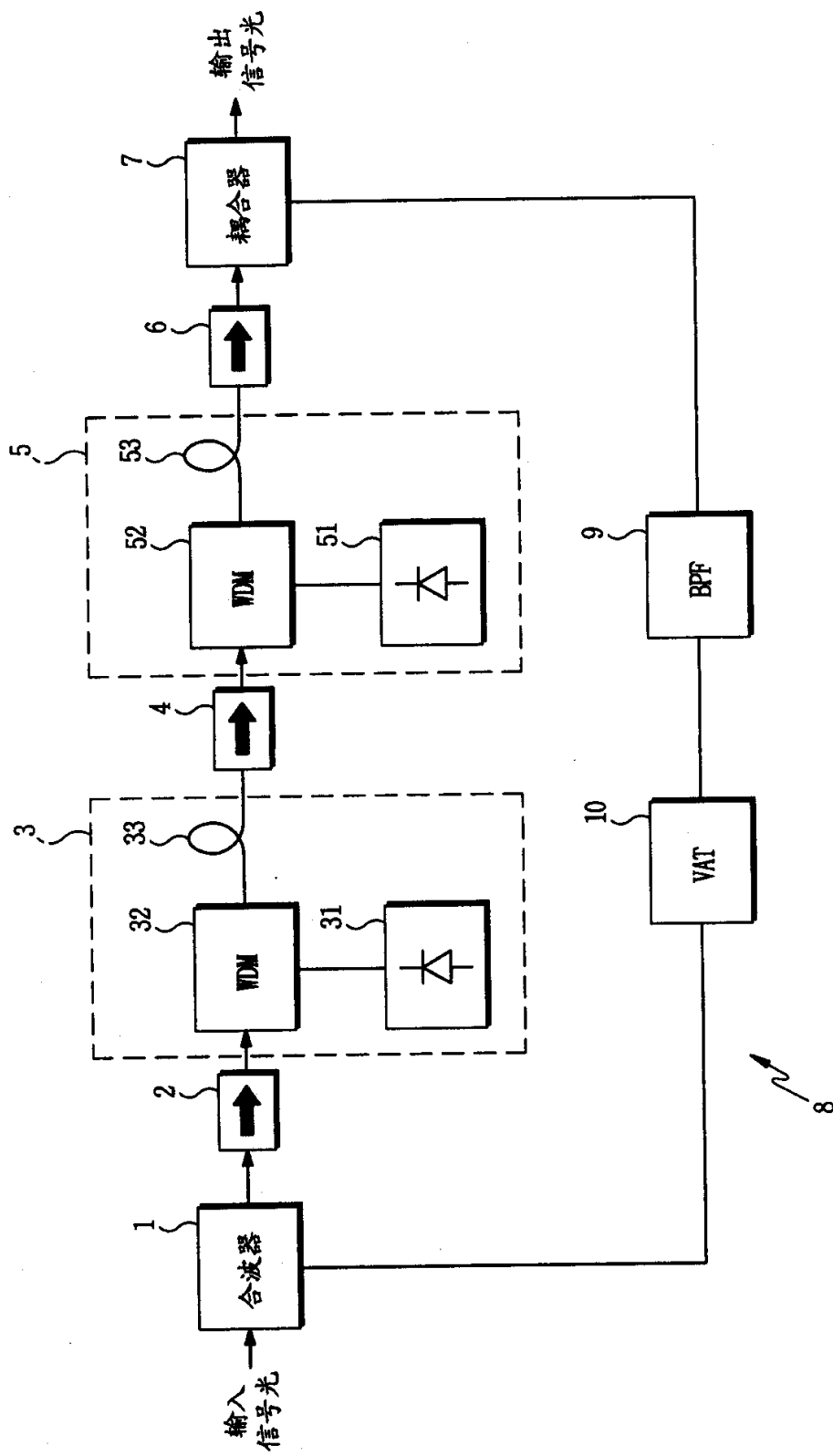


图 1

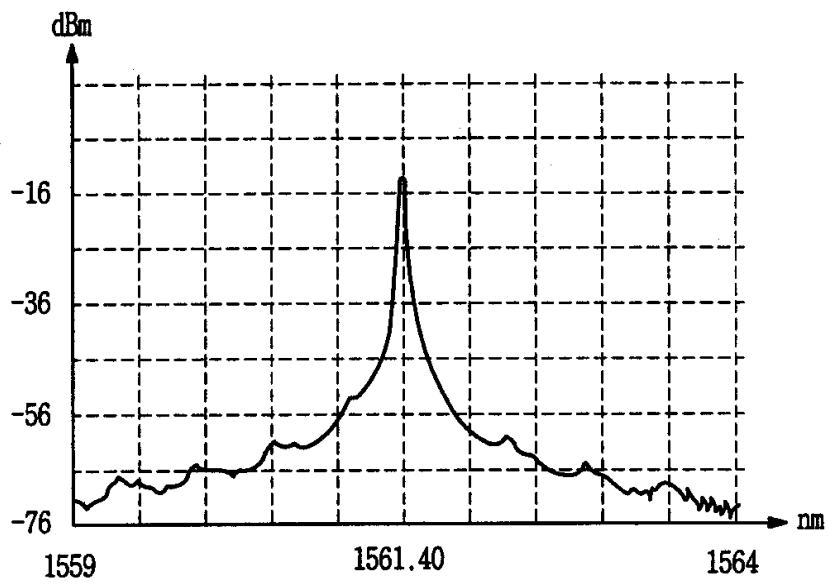


图 2

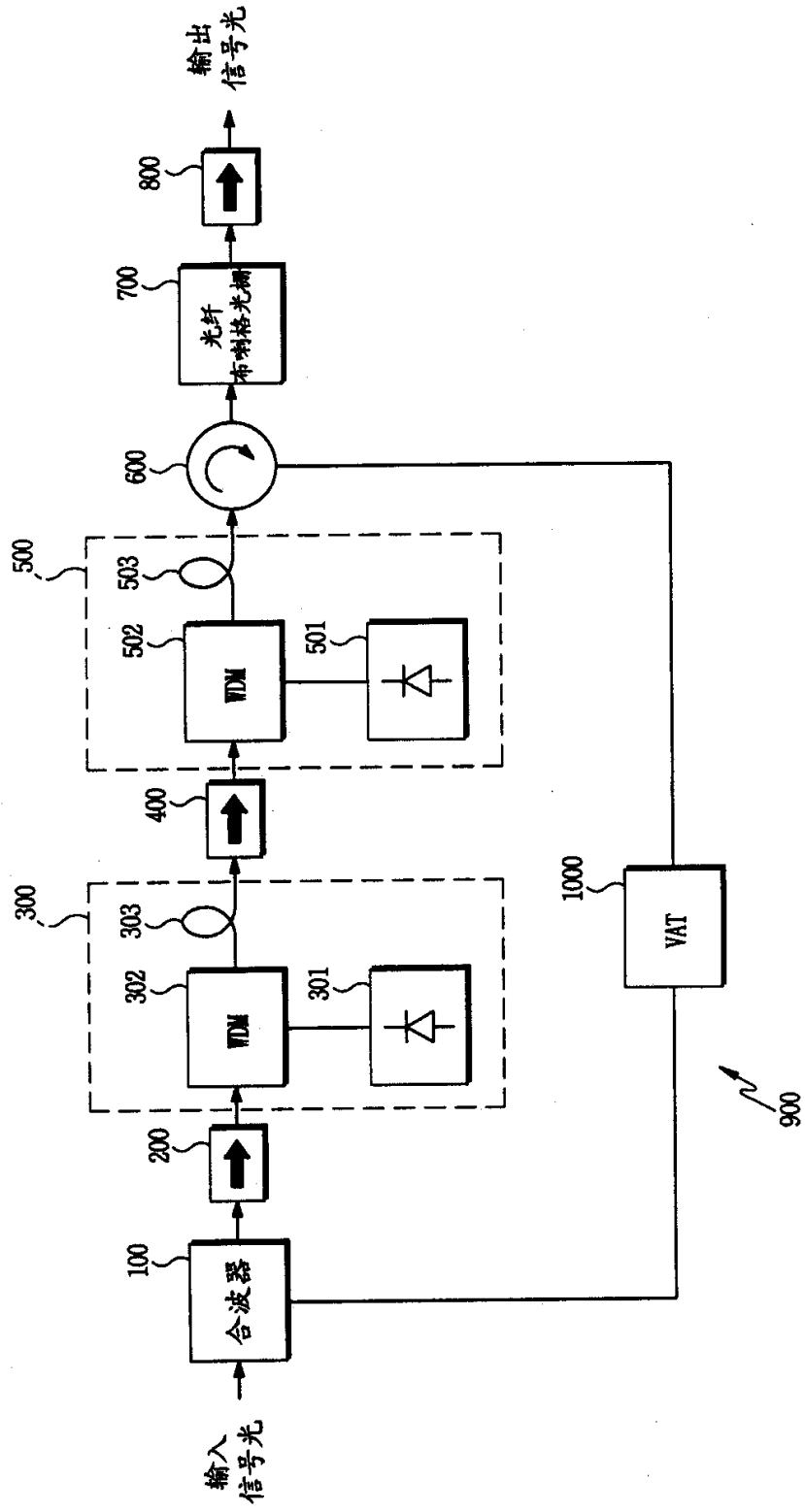


图 3

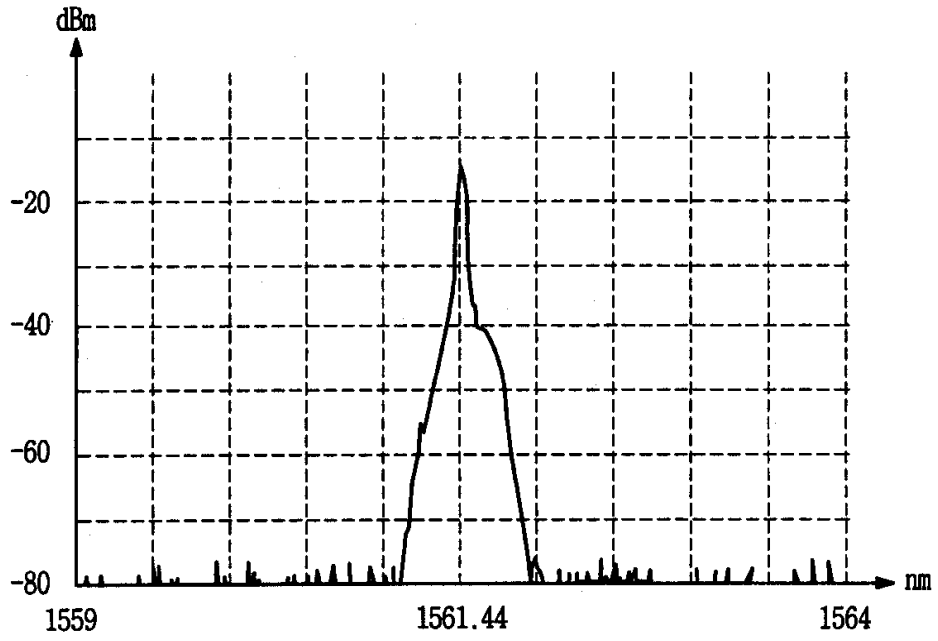


图 4

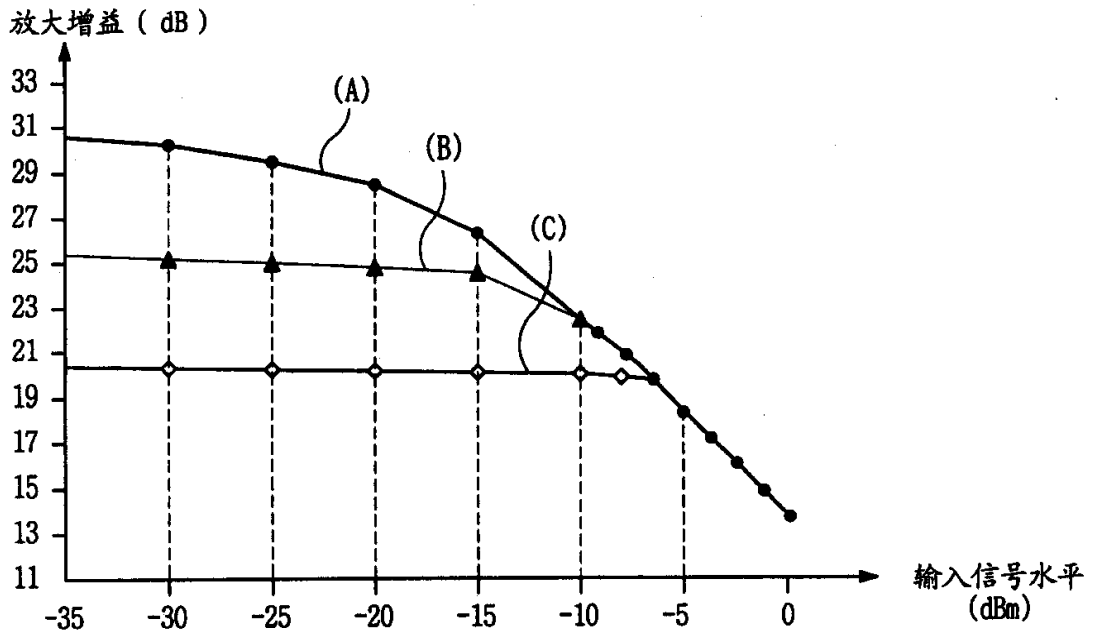


图 5

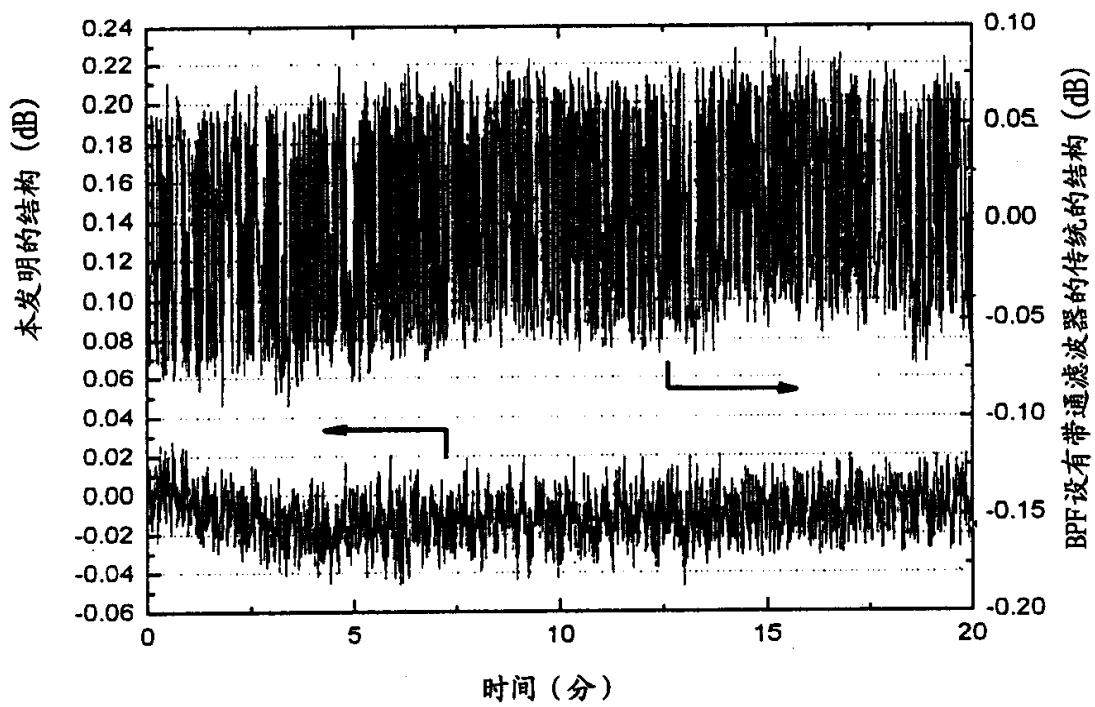
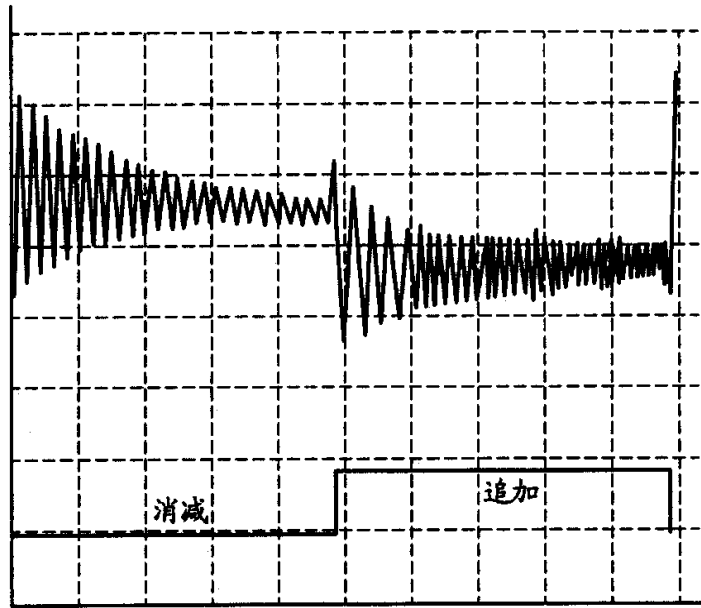


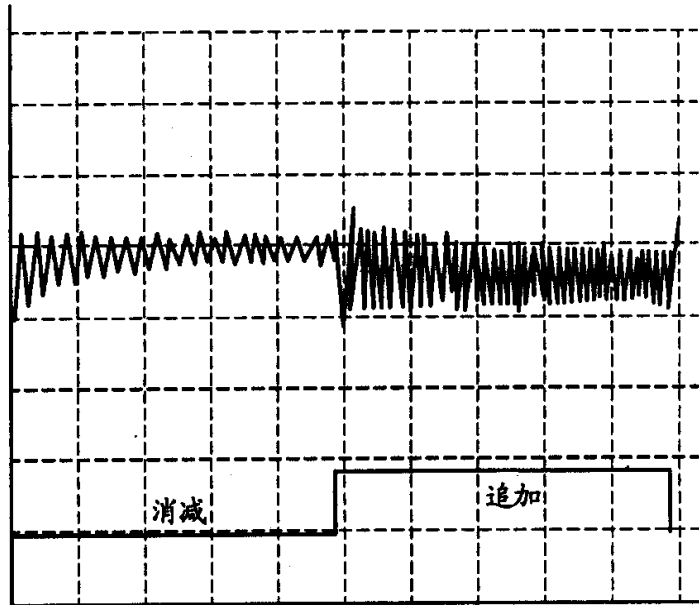
图 6

(A)



BPF设有带通滤波器的传统的结构

(B)



本发明的结构

图 7