

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

G02F 1/00

H04J 14/02



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97110838.2

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1121626C

[22] 申请日 1997.4.30 [21] 申请号 97110838.2

[30] 优先权

[32] 1996.5.2 [33] JP [31] 111447/1996

[71] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72] 发明人 菅谷靖 木下进

[56] 参考文献

JP4130804A 1992.05.01 H03F1/32

JP4204719A 1992.07.27 G02F1/35

JP5207528A 1993.08.13 H04Q3/52,H04B10/02

JP7193536A 1995.07.28 H04B10/02,H04J14/02

审查员 崔艳慧

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所

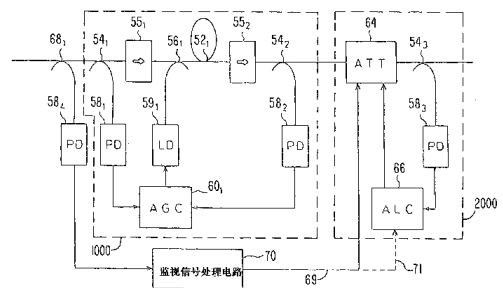
代理人 李强

权利要求书 1 页 说明书 24 页 附图 29 页

[54] 发明名称 一种光学放大设备

[57] 摘要

一种光放大设备，包括光放大器，光衰减器和控制器。在改变光信号中的信道数目之前，控制器改变光衰减器的光透射率，使光信号的功率电平被保持为由改变信道数目之前的信道数目的决定的大约恒定值，当信道数目改变时，保持光透射率恒定。在信道数目改变之后，光信号功率电平被保持为取经于改变信道数目之后的信道数目的大约恒定值。



1. 一种光学放大设备，包括：

光学放大装置，用于对具有多个光信号的一个光学波长复用信号进行放大，该多个光信号中具有不同的复用波长；以及

增益控制装置，用于控制所述光学放大装置的一个增益从而在包括在该光学波长复用信号中的该光信号的波长的数目改变时使该增益保持恒定。

2. 如权利要求 1 所述的光学放大设备，进一步包括：自动电平控制装置，用于控制所述光学放大装置，从而在包括在所述光学波长复用信号中的所述光信号的波长的数目的改变之后使所述光学波长复用信号的电平变成一个预定的电平。

## 一种光学放大设备

### 技术领域

本发明涉及一种光纤通信系统，该系统利用波分多路复用来发送波长多路复用的光信号。更具体地说，本发明涉及一种控制光衰减器或光放大器的控制器，当信道的数目变化时改变波长多路复用的光信号的功率电平。

### 背景技术

波分多路复用被使用于光纤通信系统，来以高速传递相对大量的数据。

图 1 是一个传统的光纤通信系统的示意图，它利用了波分多路复用来通过一条光纤发送例如四个信道。参见图 1，发送单元 20-1，20-2，20-3 和 20-4 分别发送具有波长  $\lambda_1 - \lambda_4$  的载波。每个载波都被信息调制并代表一个具体的信道。不同的载波通过光多路复用器 22 被多路复用在一起，成为一个波长复用的光信号。波长复用的光信号通过光纤 24 被发送到光去复用器 26。光去复用器 26 将波长复用光信号分支成四个分别具有波长  $\lambda_1 - \lambda_4$  的独立的光信号。四个分支的独立的光信号然后分别被接收单元 28-1，28-2，28-3 和 28-4 检测。

当上述的光纤通信系统将四个载波多路复用在一起时，通常的做法是多路复用四个以上的载波。更具体地说，许多不同的载波可被多路复用在一起。以这种方式，通过一条光纤可以传递相对大量的数据。

光放大器（未示出）或者光中继器（未示出）典型地是插在光多路复用器 22 和光去复用器 26 之间，放大通过光纤 24 的波长复用光

信号。这种光放大器典型地是稀土掺杂的光纤放大器，它直接放大波长复用的光信号。即，稀土掺杂的光纤放大器放大波长复用光信号时不必将波长复用的光信号转换成电信号。

不幸的是，当波长复用的光信号中的信道的数目变化时，使用稀土掺杂的光纤放大器会产生若干问题。更具体地说，在变化过程中（即，信道的数目的变化完成之前），每个信道的光功率也被不希望地改变了，从而引起波长复用的光信号的非线性劣化或 S/N（信噪比）下降。

图 2 是显示用于采用波分多路复用的光纤通信系统光放大设备的示意图，并且与这里引用的美国专利申请 08/655,027 中的设备相似。

现在参见图 2，该光放大设备包括一个第一部分 1000（有时称为“稀土掺杂光纤放大器部分”）和一个第二部分 2000（有时称为“电控光装置部分”）。

第一部分 1000 包括一个稀土掺杂的光纤（BDF）34，光分支耦合器 36<sub>1</sub> 和 36<sub>2</sub>，光隔离器 38<sub>1</sub> 和 38<sub>2</sub>，光二极管 40<sub>1</sub> 和 40<sub>2</sub>，光波长复用耦合器 42，泵激光二极管（LD）44 和自动光增益控制电路（AGC）46。

第二部分 2000 包括光分支耦合器 36<sub>3</sub>，电控可变光衰减器（ATT）48，光二极管（PD）40<sub>3</sub>，和一个自动电平控制电路（ALC）50。光衰减器 48 由例如一个磁光元件构成。但是，也可以采用不同类型的光衰减器。

波长复用光信号通过光分支耦合器 36<sub>1</sub>，光隔离器 38 和光波长复用耦合器 42 被送到稀土掺杂的光纤 34。激励光束由泵激光二极管 44 通过光波长复用耦合器 42 提供到稀土掺杂的光纤 34。波长复用光信号由稀土掺杂的光纤 34 放大并通过光隔离器 38<sub>2</sub> 和光分支耦合器 36<sub>2</sub> 输入到光衰减器 48。

由光分支耦合器  $36_1$  分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管  $40_1$  转换成电信号并被输入到自动光增益控制电路 46。由光分支耦合器  $36_2$  分支的放大的波长复用光信号的一部分由光二极管  $40_2$  转换成电信号并被输入到自动光增益控制电路 46。泵激光二极管 44 被控制使输入波长复用光信号的电平和放大的波长复用光信号的电平之间的比值保持在一个预定值。

更具体地说，自动光增益控制电路 46 控制泵激光二极管 44 使其将通过光二极管  $40_1$  转换成电信号的输入波长复用光信号的电平和由光二极管  $40_2$  转换成电信号的放大的波长复用光信号的电平之间的比值保持为一个恒定值。这样，第一部分 1000 通过将光增益控制为恒定值保持波长依赖性。

由光分支耦合器  $36_3$  分支的输出波长复用光信号通过光二极管  $40_3$  被转换成电信号并被输入到自动电平控制电路 50。光衰减器 48 被控制以便将波长复用光信号保持为恒定值。

更具体地说，自动电平控制电路 50 利用由光二极管  $40_3$  从波长复用光信号得到的电信号控制光衰减器 48，以便将波长复用光信号保持为恒定值。

不幸的是，当如图 2 所示的光放大设备被用于利用波分多路复用的光纤通信系统时，波长复用的光信号中使用的信道数目的变化可产生很大的问题。

例如，对于每个波长（信道），通常需要放大器具有预定的输出光功率，以便在接收机中保证所需的信噪比（S/N）比。假定有  $N$  个信道，用于放大波长复用的光信号的稀土掺杂光纤放大器的总光输出  $P_c$  被控制为  $N \cdot P$ 。在信道数目  $N$  存在  $+\alpha$  到  $-\alpha$  的变化的情况下，转换控制被进行使得总光功率为  $(N \pm \alpha) P$ 。由于转换控制引起的每个具体的波长（信道）的光功率的变化，可能产生非线性的劣化或信噪比（S/N）下降。

此外,在图2中第一部分1000的光输出通过第二部分2000被保持为恒定值。因此,当第一部分1000的输出超过预定的电平时,第二部分2000将该光输出保持为恒定值。结果,光衰减器48的使用将需要通过第一部分32的额外的放大措施,并且用于保持光增益为恒定值的泵激光二极管44应当与输入波长复用光信号的电平呈指数关系地被控制。因此,有必要提供一个相对地高性能的泵激光二极管44。

## 发明内容

因此,本发明的目的就是提供一种光放大器设备,当信道数目变化时减小波长复用的光信号的非线性劣化或S/N(信噪比)下降。

本发明的其他的目的和优点将见于下述的说明书或从本发明的实际应用当中得出。

本发明的前述目的可通过下面的设备取得,该设备包括一个光放大器和控制器。该光放大器放大具有可变数目的信道的光信号。该控制器响应于光信号中的信道的数目的变化控制放大的光信号的功率电平。

根据本发明的一个方面,提供了一种光学放大设备,包括:

光学放大装置,用于对具有多个光信号的一个光学波长复用信号进行放大,该多个光信号中具有不同的复用波长;以及

增益控制装置,用于控制所述光学放大装置的一个增益从而在包括在该光学波长复用信号中的该光信号的波长的数目改变时使该增益保持恒定。

通过下面结合附图对本发明的最佳实施例的描述,本发明的其他目的和优点将会更加明晰。

## 附图说明

图1(现有技术)为显示传统光纤通信系统的示意图。

图 2（现有技术）显示了用于利用波分多路复用的光纤通信系统的光放大设备的示意图。

图 3 为显示根据本发明的实施例的光放大设备的视图。

图 4（A）和 4（B）为显示根据本发明的实施例的图 3 的光放大设备的操作的曲线，其中光信号中的信道数目  $N$  被改变。

图 5 是显示根据本发明的实施例的自动增益控制电路的示意图。

图 6 是显示根据本发明的实施例的自动电平控制电路的示意图。

图 7 是显示根据本发明的实施例的图 6 中所示的自动电平控制电路的转换电路的示意图。

图 8 和 9 是显示根据本发明的另外的实施例的自动电平控制电路的示意图。

图 10 是显示根据本发明的实施例的光放大设备的视图。

图 11 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 12 是显示根据本发明的一个实施例的光放大设备的视图。

图 13 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 14 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 15 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 16 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 17 是显示根据本发明的另一个实施例，对图 16 中所示的光放大设备的改进示意图。

图 18（A）显示了根据本发明的实施例的光放大设备中的稀土掺杂的光纤（EDF）中增益相对波长特性的曲线。

图 18（B）是显示根据本发明的实施例的光放大设备中的光纤的透射率的曲线。

图 18（C）显示了根据本发明的实施例的图 18（A）中的稀土掺杂的光纤（EDF）和图 18（B）中的光纤的总体增益的曲线。

图 19 是显示根据本发明的实施例的光放大设备的视图。

图 20 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 21 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 22 是显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的视图。

图 23 是显示根据本发明的一个实施例的光放大设备的视图。

图 24 是根据本发明的实施例的图 23 中的光放大设备的部分的更详细的视图。

图 25 是显示采用根据本发明的实施例的光放大设备的光纤通信系统的视图。

图 26 是根据本发明的实施例的图 25 中的光放大设备的更详细的视图。

图 27 是显示根据本发明的实施例的使用多个放大设备的传输线路的视图。

图 28 是显示根据本发明的光放大设备的操作的时序图。

图 29 是显示根据本发明的实施例的光通信系统的一部分的视图。

### 具体实施方式

下面详细参见本发明的实施例，这些实施例被示于附图中，其中相同的标号表示相同的部件。

图 3 为显示根据本发明的实施例的光放大设备的视图。该光放大设备包括一个第一部分 1000 和第二部分 2000。第一部分 1000 包括一个稀土掺杂的光纤 (EDF) 521，光分支耦合器 541 和 542，光隔离器 551 和 552，光波长复用耦合器 561，光二极管 (PD) 581 和 582，泵激光二极管 591，自动增益控制电路 (AGC) 601。第一部分 1000 在保持波长依赖性的同时放大波长复用光信号。

例如，波长复用光信号典型地处于  $1.5\ \mu\text{m}$  的频带中。铒掺杂光纤是已知的用于放大该频带中光信号的，并因此用作稀土掺杂的光纤 (EDF) 521。此外，为了适当地放大在铒掺杂光纤中传播的  $1.5\ \mu\text{m}$  的频带中的波长复用光信号，使用  $0.98\ \mu\text{m}$  或  $1.48\ \mu\text{m}$  激励带的激励光是已知的。



因此，泵激光二极管 59<sub>1</sub> 提供 0.98  $\mu\text{m}$  或 1.48  $\mu\text{m}$  激励带的激励光。

此外，图 3 显示了一个正向的激励结构，其中由泵激光二极管 59<sub>1</sub> 发出的激励光束以与波长复用光信号相同的方向通过稀土掺杂的光纤 52<sub>1</sub>。但是，也可以采用反向激励结构，其中激光二极管提供一个沿着与波长复用光信号相反的方向传播经过稀土掺杂的光纤 52<sub>1</sub> 的激励光束。此外，也可以采用双向激励结构，其中两个激光二极管提供沿着穿过稀土掺杂的光纤（EDF）52<sub>1</sub> 的两个方向的在稀土掺杂的光纤（EDF）52<sub>1</sub> 中传播的激励光束。因此，本发明并不特定限定有向激励的类型。

第二部分 2000 包括一个电控可变光衰减器（ATT）64，自动电平控制电路 66，光分支耦合器 54<sub>3</sub> 和光二极管（PD）58<sub>3</sub>。第二部分 2000 控制波长复用光信号的整个光输出为恒定值，而不保持波长依赖性。更具体地说，自动电平控制电路 66 改变光衰减器 64 的衰减或光透射率，使得波长复用光信号的功率（从第一部分 1000 输出的）保持为对应于波长复用光信号中的信道数目的一个恒定的功率电平。

此外，当波长复用光信号中的信道的数目被改变时，一个监视信号处理电路 70 使光衰减器 64 的衰减或光透射率保持恒定。因此，监视信号处理电路 70 暂时地“冻结”光衰减器 64 的操作。在信道数目被改变之后，监视信号处理电路 70 允许光衰减器 64 的衰减，或光透射率被改变，使得波长复用光信号的功率按照新的信道数目保持为恒定值。

更具体地说，输入到光放大设备的波长复用光信号由光分支耦合器 68<sub>1</sub> 分支。被分支的部分被提供到光二极管（PD）58<sub>4</sub>。光二极管（PD）58<sub>4</sub> 将该分支部分转换成电信号并将该电信号提供到监视信号处理电路 70。

提示波长复用光传输系统中的信道的数目中的变化的控制信号，最好通过幅度调制处理被叠加到波长复用光信号作为一个低速信号。但是其他方法也可以用于叠加该控制信号。监视信号处理电路 70 抽取并识别该控制信号。监视信号处理电路 70 然后根据抽取的控制信号控制光衰减器 64 或自动电平控制电路 66。如果使用幅度调制，通过对由光二极管 58<sub>4</sub> 得到的电信号解调抽取该控制信号是相对容易的。

另外，也可以通过一个专用的控制信道（波长）被发送到监视信号处理电路 70。如果采用专用的控制信道，由一个光分支滤波器（未示出）从波长复用光信号（由光分支耦合器 681 抽取的）中抽取出控制信号。例如，通过将由光分支滤波器抽取的光信号馈送到光二极管 584，以便被转换成电信号，也可以抽取该控制信号。

因此，由光分支耦合器 681 分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管 584 被转换成电信号并被馈送到监视信号处理电路 70。当提示信道数目变化的控制信号被抽取并识别时，监视信号处理电路 70 “冻结”光衰减器 64 的操作。

为了保证衰减的波长复用光信号的功率电平与信道的数目匹配，监视信号处理电路 70 使得一个设置电压（基准电压）被选择。该功率电平于是可被控制为对应于该设置电压的控制电平。

一般来说，有两个方法用于监视监视信号处理电路 70 来控制光衰减器 64。在一个方法当中，光衰减器 64 由监视信号处理电路 70 直接控制，如图 3 中的控制信号 69 所示。在另一个方法，光衰减器 64 是由监视信号处理电路 70 间接控制的，如图 3 中的控制线 71 所示。

在信道的数目的提示（警告）之后，信道的数目实际上可以增加或者减少。在这种情况下，指示信道数目中的改变已经完成的控制信号被叠加在波长复用光信号上。然后监视信号处理电路 70 抽取该控制信号。另外，该控制信号可以在专用控制信道（波长）上传送到监视信号处理电路 70。根据控制信号的抽取和识别，监视信号处理电路 70 允许光衰减器 64 恢复其用于保持波长复用光信号的功率电平为恒定值的控制。

另外，除了向监视信号处理电路 70 提供指示信道数目改变完成的控制信号之外，这种完成也可以在经过预定的时间之后被假定。更具体地说，在信道数目改变的提示被给出预定的时间之后，信道的数目在实际上可被增加或减少。在这种情况下，在给出信道数目改变的提示的控制信号被由监视信号处理电路 70 抽取和识别之后，一个计时器（未示出）被启动。当预定的时间过后，光衰减器 64 再次被驱动保持波长复用光信号的功率电平为恒定值。

不论是一个控制信号或者一个预定的时间周期被用于指示信道数目的变化的完成，用于控制功率电平的设置电压（基准电压）被按照有关多少个信道被增加或去除的信息从一个电平切换到另一个电平。该信息最好被包括在用于提示信道数目变化的控制信号中。因此，通过恢复用于保持总光输出功率为恒定值的控制，光输出被保持在与信道数目相匹配的恒定值。

因此，响应于信道数目的改变，光衰减器 64 通过将其衰减冻结在一个恒定值防止了光输出功率的过度的改变。此时，第二部分 2000 不在工作于保持波长复用光信号的功率为恒定值。在信道数目被改变之后，光衰减器 64 再次被控制去保持波长复用光信号的功率为恒定值。光衰减器 64 可逐渐地被驱动，使得对应于信道数目的总输出功率被保持。利用这种安排，可以修改光输出中的改变并避免非线性劣化和信噪比下降。

图 4 (A) 和 4 (B) 为显示根据本发明的实施例的图 3 的光放大设备的操作的曲线，其中光信号中的信道数目  $N$  例如从四个信道被改变为八个信道。现在参见图 4 (A) 和 4 (B)，光衰减器 64 具有一个可变的光透射率，或衰减，其由自动电平控制电路 66 和监视信号处理电路 70 控制。

在图 4 (A) 和 4 (B) 中，在信道数目的改变的提示在时间  $t_1$  被接收到时，在时间  $t_2$  信道数目被增加。

在信道数目的改变的提示被接收之前（即在时间  $t_1$  之前），自动电平控制电路 66 改变电控可变光衰减器 64 的光透射率以便在光衰减器 64 的输出端提供一个基本恒定的光信号功率。因此，在时间  $t_1$  之前，第二部分 2000 执行自动电平控制（ALC）。

当在信道数目的改变的提示被接收时（即在时间  $t_1$ ），自动电平控制电路 66 保持电控可变光衰减器 64 的光透射率为一个恒定值。在该例中，光衰减器 64 的输出可以被看到具有一个由例如第一部分 1000 或者由进一步放大该信号的后级（未示出）提供的恒定的增益。因此，在时间  $t_1$  之后，自动增益控制（AGC），而不是自动电平控制（ALC），被执行。

在时间  $t_3$ ，在信道数目改变之后，自动电平控制电路 66 改变电控可变光衰减器 64 的光透射率以便在光衰减器 64 的输出端提供大体恒定的光信号功率。更具体地说，在时间  $t_3$  之后，第二部分 2000 再次执行自动电平控

制 ( ALC )。

如在图 4 ( A ) 和 4 ( B ) 中可以看出, 光衰减器 64 被控制以提供自动电平控制 ALC。但是, 当信道数目被改变时, 自动电平控制被停止。相反, 当信道数目被改变时, 光衰减器 64 被控制以提供一个恒定的光透射率或衰减。当在图 4 ( A ) 和 4 ( B ) 中的时间  $t_1$  和  $t_3$  之间, 信道数目被改变时, 光衰减器 64 的操作可被描述为“冻结”。

如上所述, 在时间  $t_1$  和  $t_3$  之间, 光衰减器 64 的输出具有一个由例如第一部分 1000, 或者进一步放大该信号的后级 (未示出) 提供的恒定的增益。另一方面, 如在下面的本发明的附加的实施例详细描述中所述, 第二部分 2000 可被修改使得它在信道数目被改变时可以提供一个恒定的增益 (而不是提供自动电平控制)。在这种情况下, 第二部分 2000 可包括一个增益控制的放大器以便提供一个在时间  $t_1$  和  $t_3$  之间用于 AGC 的恒定的增益。

因此, 如图 4 ( A ) 和 4 ( B ) 所示, 光放大设备包括一个光放大器 (例如第一部分 1000), 它放大具有可变的信道数目的光信号。在改变光信号的信道的数目之前或之后, 控制器 (例如第二部分 2000) 以可变的光透射率通过放大的光信号, 使得放大的光信号的功率电平按照光信号中的信道数目被保持在大体的恒定值。此外, 在光信号中的信道数目被改变时, 控制器通过以恒定的光透射率的放大的光信号。

图 5 为显示用于控制光增益为恒定值自动增益控制电路 60<sub>1</sub> 的示意图。现在参见图 5, 自动增益控制电路 60<sub>1</sub> 包括一个除法器 72, 一个运算放大器 74, 一个晶体管 76 和电阻 R1-R6。V<sub>cc</sub> 为电源电压, V<sub>ref</sub> 为基准电压, G 为地。

如图 5 所示, 光二极管 (PD) 58<sub>1</sub> 将波长复用光信号的一部分转换成电信号并提供到除法器 72。光二极管 (PD) 58<sub>2</sub> 将波长复用光信号的一部分转换成电信号并提供到除法器 72。这样, 除法器 72 获得了稀土掺杂的光纤 (EDF) 52<sub>1</sub> 的输入和输出之间的比。由泵激光二极管 59<sub>1</sub> 发射的激励光束于是可被控制, 产生一个恒定的比率, 从而提供一个恒定的增益。在图 5 中的自动增益控制电路 60<sub>1</sub> 的结构只是用于自动增益控制电路的许多可行的结构中一个。

图 6 是显示用于控制光输出为恒定值的自动电平控制电路 66 的示意图。现在参见图 6，自动电平控制电路 66 包括电阻器 R7-R9，运算放大器 78，晶体管 80，转换电路（SWC）82 和基准电压电路 84。Vcc 为电源电压，Vref 为基准电压，G 为地，而 cs1 和 cs2 为由监视信号处理电路 70 提供的控制信号。控制元件 86 为用于控制光衰减器 64 的光透射率的光衰减器 64 的控制元件。

例如，如果光衰减器 64 是通过磁光相应操作的，控制元件 86 可以是一个用于施加磁场的线圈。此外，例如，如果光衰减器是通过光电相应操作的，控制元件 86 可以是一个电极，其中加到电极上的电压是受控的。如果半导体光放大器被采用取代光衰减器 64，用于控制半导体光放大器的增益的偏压可被控制。

从光衰减器 64 输出的光信号的部分（见图 3）由光分支耦合器 543 分支并由光二极管（PD）583 转换成电信号。然后，在图 6 中，运算放大器 78 将电信号与由基准电压电路 84 按照控制信号 cs1 提供的基准电压（设置电压）Vref 比较。比较的差值结果被用来驱动晶体管 80。通过控制提供到控制元件 86 的电流，由光衰减器 64 提供的衰减被控制使得光输出被保持在恒定值。

图 7 为显示转换电路 82 的示意图。现在参见图 7，转换电路 82 包括电容器 C1 和 C2，它们是被控制信号 CS2 控制的开关 SW 具体选择的。因此，转换电路 82 控制自动电平控制电路 66 的频率特性。此外，转换电路 82 通过伴随波长复用光信号以预定的频率特性控制晶体管 80 来控制光衰减器 64。来自监视信号处理电路 70 的控制信号 cs2 通过在转换电路 82 的电容器 C1 和 C2 之间切换来改变频率特性。控制信号 cs1 按照信道的数目在不同的基本电压的电平之间切换。

更具体地说，转换电路 82，耦合有运算放大器 78（见图 6）和电阻器 R7（见图 6）和 R9（见图 6），构成一个初级低通滤波器。该初级低通滤波器的截止频率  $f_c$  为：

$$f_c = 1/2 ( 2 \pi R9.C_{swc9} )$$

其中  $C_{swc}$  是选择的电容 C1 或 C2。因此，通过增加电容值  $C_{swc}$ ，图 6 中所示的控制电路以较低的频率工作。即，其响应被降低。

因此，根据转换电路 82 的选择的电容 C1 或 C2，滤波器在高频区的截止频率可被改变。

例如，一个较佳的设置是，在正常的自动电平控制操作中 10 - 100KHz 数量级的截止频率，在光衰减器 64 被控制以提供恒定的衰减（例如，从而当信道被切换时提供恒定的增益）时，被切换为 0.01Hz。理想的是，转换电路 82 的控制逐渐地进行，但是逐渐的控制需要转换电路 82 由多个电容器构成而不只是由两个电容器构成。

参见图 6，在信道改变的提示被接收之前的截止频率是高的。当提示信道数目改变的信号被接收时，转换电路 82 被控制，使得截止频率被降低。因此，由光衰减器 64 提供的衰减被固定在一个平均值。在信道改变完成之后，转换电路 82 被控制使得截止频率再次被转换为高。

例如，当监视信号处理电路 70 抽取并识别提示信道数目改变的控制信号时，控制信号 cs2 被提供到转换电路 82 使得自动电平控制电路 66 的频率特性被切换到低频区。结果，在由光二极管（PD）583 检测的信号中的变化之后的伴随的性能被降低。也就是说，光输出的恒定值控制被暂时地冻结（例如，光衰减器 64 的光透射率保持恒定）。此外，控制信号 cs1 对应于被包括在光信号中的信道的数目，监视信号处理电路 70 将控制信号 cs1 提供到基准电压电路 84。基准电压电路 84 然后提供一个对应于信道数目的基准电压 Vref。因此，总输出功率在信道数目变化之后假定一个匹配于信道数目的电平。例如，基准电压 Vref 被改变使得，当总数为  $\alpha$  的信道被加到总数为 N 的原始信道时，总的光输出变为  $(N + \alpha) \times P$ 。

再次参见图 6 和图 7，电容值 Cswc 可以足够大以冻结光衰减器 64 的操作。一般来说，例如，如果截止频率 fc 从 10KHz 降到 0.01Hz，该目的可被取得，从而截止频率 fc 中的下降为 10,000 - 100,00 的因数。这样大的降落是很难实现的。

即，由光衰减器 64 提供的衰减随着时刻的变化而改变以提供自动电平控制 ALC 功能并补偿偏振变化。因此，陡然地将光衰减器 64 的衰减固定为一定的值（例如当信道数目被改变时）可能引起问题。相反，衰减最好被保持在一个平均值。

更具体地说，图 8 和图 9 是显示根据本发明的附加的实施例的自动电平

控制电路 66 的示意图。现在参见图 8，滤波器 90 用于截止高频（ $f_c$ ：~ 10KHz）并由电容器和电阻器构成，并提供于开关 92 和晶体管 80 之间使得自动电平控制的响应变得适当。例如，典型地为亚毫秒级的时间常数可改变为 10 - 100 毫秒级的时间常数。

当截止频率  $f_c$  被切换到高频区时，滤波器的响应变快使得相对比较高速的变化，例如偏振变化可被消除并且光衰减器 64 的输出被保持恒定。

更具体地说，在图 8 中，具有低通滤波器（ $f_c$ ：~ 0.01Hz）的锁存电路 94 存储对应于控制元件 86 中的电流的平均电平的电压。在 ALC 操作中，发生控制环的切换使得用于控制驱动电流为恒定值的控制环被初始化。即，当控制环的切换产生时，对应于该电流的平均电平被在锁存电路 94 中锁存，以便作为基准电压。术语“平均电平”被采用，因为该偏流具有一个依赖时间的变化以便保持输入到光二极管（PD）583 的光束在一个恒定值。更具体地说，通过利用由通常控制环的时间常数提供的更加延长的积分时间积分获得的电压被在锁存电路 94 中锁存。

锁存电路 94 可以是用于通过 A/D 转换器读取驱动电流值（由晶体管 80 提供）的电路，寄存读取值并通过 D/A 转换器输出该寄存值。

图 9 是图 6 和图 8 的结合。现在参见图 9，电容  $C_{swc}$  由转换电路 82 切换使得截止频率  $f_c$  被转换到低频区，从而降低滤波器响应。由此，锁存电路 94 根据监视值控制衰减到平均值。

更具体地说，在图 9 中，控制环在根据图 6 所示的控制增加通常控制环的时间常数之后被切换，以便降低因为控制环的切换在 ALC 特性中引起的影

响。如上所述，监视信号处理电路 70 可接收控制信号用于在它收到用于给出信道数目变化的提示之后报告信道数目变化的完成。但是，另外，当信道数目变化被完成时，监视信号处理电路 70 也可不接收控制信号。在这种情况下，在用于给出信道数目变化提示的控制信号被抽取和识别后，一个计时器（未示出）将被启动。

在用于报告信道数目变化完成的控制信号被接收之后，或经过预定的时间之后，控制信号  $cs2$  将转换电路 82 返回到原来的频率特性。由此，恒定的光输出控制被按照由基准电压电路 84 设置的新的基准电压  $V_{ref}$  恢复。

用于保持总的光输出为对应于信道数目的恒定值的控制可以以逐渐的方式恢复。例如，光二极管（PD）583的输出信号可通过时间常数电路96被输入到运算放大器78，或者基准电压Vref可被逐渐地改变，呈对应于信道数目的电平。

当上述的安排保证由于转换电路82的控制的结果频率特性被切换，使得光输出的恒定值控制被冻结的同时，也可以当用于给出信道数目变化的提示的控制信号被抽取和识别时保持由光二极管（PD）583输出的信号。在这种情况下，被保持的值被输入到运算放大器78，使得光输出的恒定值控制被冻结。其他的用于冻结光输出的恒定值控制的安排也可以被采用。当假定电控光装置部件是由光衰减器64构成时，可采用半导体光放大器来代替光衰减器64。半导体光放大器应当具有较小的波长依赖性。通过控制半导体光放大器，总的光输出可被控制在恒定值。

图10为显示根据本发明的附加的实施例的光放大设备的示意图。现在参见图10，该光放大设备包括一个第一部分1000，第二部分2000，和第三部分3000。第三部分3000包括一个稀土掺杂的光纤（EDF）522，一个光分支耦合器544，一个波长复用耦合器562，一个光隔离器553和554，光二极管（PD）585，泵激光二极管（LD）592和一个自动增益控制电路（AGC）602。第三部分3000也与第二部分2000共享光分支耦合器543和光二极管（PD）583。象第一部分1000那样，第三部分3000控制光增益为恒定值。更具体地说，第二部分2000控制由第三部分3000接收的波长复用光信号为恒定值。结果，第三部分3000的光输出功率电平也保持在恒定的功率电平。即使当光信号电平被第二部分2000的光衰减器64衰减时，也可由第三部分3000提供放大保证获得所需的总的光功率。

因此，第一部分1000的泵激光二极管591和第三部分3000的泵激光二极管592每个都可以具有一个相对小的容量，从而降低了成本和提高了放大设备的稳定性。

尽管图10显示了第二部分2000和第三部分3000共享光分支耦合器543和光二极管（PD）583，也可以在第二部分2000和第三部分3000提供独立的光分支耦合器和独立的光二极管。



自动增益控制电路 60<sub>1</sub> 和 60<sub>2</sub> 可具有相同的结构。此外,有第一部分 1000 和第三部分 3000 提供的光增益可以是相同的。另外,增益也可以根据在第三部分 3000 中使用的传输光纤的特性改变。

在信道数目改变的情况下,由光衰减器 64 提供的光衰减直接由监视信号处理电路 70 冻结,或者由控制自动电平控制电路 66 的监视信号处理电路 70 冻结。与图 3 的实施例类似,响应于信道数目的变化的光输出的变化被限制,以降低非线性劣化和信噪比下降。

图 11 是根据本发明的另一个实施例的光放大设备的示意图。现在参见图 11,光放大设备包括一个第一部分 1000,第二部分 2000 和第三部分 3000,与图 10 中所示的相同。但是,图 11 中的光放大设备也包括一个自动电平控制 (ALC) 校正电路 98,用于控制和校正第二部分 2000 的自动电平控制电路 66。

更具体地说,由光衰减器 64 输出的波长复用光信号的一部分由光分支耦合器 54<sub>3</sub> 分支,由光二极管 (PD) 58<sub>3</sub> 转换成电信号并输入到自动电平控制电路 66。自动电平控制电路 66 控制光衰减器 64 使得波长复用光信号的总输出功率保持在恒定值。但是,在第三部分 3000 的输出波长复用光信号的光输出功率不被馈送到自动电平控制电路 66。因此,它不能保证在第三部分 3000 中的总的光输出保持在预定的范围内。

相应的,在第三部分 3000 中的输出波长复用光信号的一部分通过光二极管 (PD) 58<sub>5</sub> 被转换成电信号并输入到 ALC 校正电路 98 以及自动增益控制电路 60<sub>2</sub>。ALC 校正电路 98 确定总的光输出功率是否保持在预定范围之内。如果总的光输出功率不在预定范围之内,ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66,自动电平控制电路 66 反过来控制光衰减器 64 将总的光输出功率保持在预定范围之内。如果半导体光放大器被用于替代光衰减器 64,自动电平控制电路 66 控制半导体光放大器的增益,使得在第三部分 3000 中的总的光输出被保持在预定的范围内。

图 12 是根据本发明的一个实施例的光放大设备的示意图。图 12 中的光放大器是图 10 和图 11 中的放大设备的结合。

现在参见图 12,在信道数目变化的情况下,监视信号处理电路 70 暂时

地冻结由第二部分 2000 用于控制光输出进行的控制，使得光输出中的变化被减小。此外，ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66，以便将第三部分 3000 中的总的光输出功率保持在恒定值。

图 13 为根据本发明的一个实施例的光放大设备的示意图。图 13 的光放大设备以前述的实施例相似的方式操作，而且，也包括一个光分支耦合器 545，一个光隔离器（PD）586，一个离散补偿光纤（DCF）100 和离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102。光分支耦合器 545 和光隔离器（PD）586 可被视为包括在第三部分 3000 中。

离散补偿光纤 100 被连接在第二部分 2000 和第三部分 3000 之间。离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 控制自动电平控制电路 66。在长距离，高容量，波长复用光传输系统中，与传输光纤的离散电平和波长复用光信号相关的离散补偿是必要的。由于这个原因，离散补偿光纤 100 被提供。

但是，由于分配补偿光纤引起的插入损失可产生问题。更具体地说，因分配补偿光纤引起的损失的变化可引起包括波长复用光纤放大器的中继器的光输出的变化。

因此，通过测量由于离散补偿光纤 100 引起的损失并设置自动电平控制电路 66，以便补偿该损失，光衰减器 64 被控制以提供恒定的输出。由离散补偿光纤 100 引起的损失易于随离散补偿的电平而改变。相应地，即使由自动电平控制电路 66 执行恒定的光输出控制，输入到第三部分 3000 的波长复用光信号的电平也可变化。

因此，由离散补偿光纤 100 输出的波长复用光信号的一部分由光分支耦合器 545 分支并由光隔离器（PD）586 转换成电信号。该电信号被输入到离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 以及自动增益控制电路 602。离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 确定由离散补偿光纤 100 输出的波长复用光信号的电平是否在预定范围之内。如果该电平处于在预定范围之外，离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 向自动电平控制电路 66 提供一个校正信号。例如，用于光输出的恒定控制的基准电压（设置电压）被校正使得光输出功率处于预定范围之内。因此，在离散补偿光纤 100 补

偿在传输光纤中的离散的结构中构成的插入损失的变化被校正，放大的波长复用光信号的预定的输出电平被获得。

图 14 为根据本发明的一个附加的实施例的光放大设备的示意图。现在参见图 14，当 70 抽取并识别一个用于给出信道数目变化的提示的控制信号时，光衰减器 64 的操作被冻结（即，透射率或衰减保持恒定），使得光信号电平的迅速变化被限制。离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 控制自动电平控制电路 66，以便校正根据离散补偿光纤 100 提供的离散补偿的电平变化的损失。因此，输入到第三部分 3000 的波长复用光信号的电平被保持在预定范围内。

图 15 为显示根据本发明的进一步实施例的光放大设备的显示图。现在参见图 15，离散补偿光纤 100 补偿传输光纤中的离散，离散补偿光纤（DCF）损失校正电路 102 校正根据离散补偿光纤 100 提供的补偿的电平变化的损失，ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66 以便将第三部分 3000 中的输出波长复用光信号的电平保持在预定范围内。因此，在波长复用光传输系统中的波长复用光信号被以稳定的方式放大，中转并传输。

图 16 为显示根据本发明的另一个实施例的光放大设备的示意图。现在参见图 16，监视信号处理电路 70 根据抽取和识别一个用于给出信道数目变化的提示的控制信号，控制光衰减器 64 或者自动电平控制电路 66，以便冻结光输出的恒定值控制。以这种方式，光输出电平的快速变化被限制。

此外，DCF 损失校正电路 102 控制自动电平控制电路 66 以便校正取决于由离散补偿光纤 100 提供的离散电平的损失中的变化。ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66 以便保持第三部分 3000 中的输出波长复用光信号在预定的范围内。

图 17 是根据本发明的实施例的图 16 中所示的光放大设备的改进。更具体地说，在图 17 中，光滤波器 A1 被提供于在光二极管（PD）582 的输入处的光隔离器 552 的输出和光分支耦合器 542 之间。光滤波器 A2 被提供于在光二极管（PD）585 的输入处的光隔离器 554 的输出和光分支耦合器 544 之间。光滤波器 A1 和 A2 与这里引用的美国专利申请 08/655,027 中公开的相同，用于校正增益的波长依赖性。

图 18 ( A ) 是根据本发明的实施例的图 17 中的稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 522 的增益与波长特性之间的关系曲线, 图 18 ( B ) 是图 17 中的光滤波器 A2 的透射率相对波长的关系曲线, 图 18 ( C ) 是图 17 中的稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 522 的总体增益和光滤波器 A2 的曲线。

例如, 如果稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 522 具有如图 18 ( A ) 所示的波长依赖增益特性, 其中在长波长范围增益较高, 在光二极管 ( PD ) 585 的输入处提供一个增益校正光滤波器 A2 保证了放大器具有一个相对波长的平坦的增益。提供光滤波器 A2 保证了光二极管 ( PD ) 585 接收校正的多波长信号使得不希望有的敏感特性 ( 信号敏感度在短波长范围较低而在长波长范围较高 ) 被校正。根据稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 521 和稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 522 的使用, 也可不提供光滤波器 A1 和/或 A2。

图 19 是根据本发明的实施例的光放大设备的示意图。现在参见图 19, 第一部分 1000 和第二部分 2000 的位置被交换了。因此, 由第二部分 2000 对波长复用光信号进行控制使其具有恒定的功率电平, 然后由第一部分 1000 控制使具有恒定的增益。

更具体地说, 一个输入的波长复用光信号被传送到光衰减器 64。从光衰减器 64 输出的波长复用光信号通过光隔离器 551 和光波长复用耦合器 561 被传送到稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 521。放大的波长复用光信号通过光隔离器 552 和光分支耦合器 542 被输出。

由光分支耦合器 541 分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管 ( PD ) 581 转换成电信号并馈送到自动电平控制电路 66 和自动增益控制电路 601。自动电平控制电路 66 控制光衰减器 64 提供的光衰减使得波长复用光信号的电平被控制在预定的范围内并然后被发送到第一部分 1000。

由光分支耦合器 542 分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管 ( PD ) 582 转换成电信号并被发送到自动增益控制电路 601。自动增益控制电路 601 控制泵激光二极管 591 使得输入到稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 521 和从稀土掺杂的光纤 ( EDF ) 521 输出的波长复用光信号的电平之间的比值被保持在恒定值。

因此, 第二部分 2000 使得即使当通过传输光纤输入的信号变化较大时,

波长复用光信号的功率电平也被保持恒定。结果，具有恒定值的波长复用光信号被输入到第一部分 1000。因此，自动增益控制电路 601 可具有一个较小的控制区和相对简单的结构。此外，由于输入到稀土掺杂的光纤（EDF）521 的光信号的功率电平被防止超出预定电平，所以没有必要升高由泵激光二极管 591 提供的激励光束的电平。即，泵激光二极管 591 可具有较小的容量。

图 20 是根据本发明的附加的实施例的光放大设备的示意图。图 20 所示的光放大设备与图 19 中所示的相类似，也包括光分支耦合器 543，光二极管（PD）583，和监视信号处理电路 70。

现在参见图 20，通过传输光纤提供的波长复用光信号被输入到光衰减器 64，并且由光分支耦合器 543 分支的部分被光二极管（PD）583 转换成电信号并输入到监视信号处理电路 70。

用于给出信道数目变化的提示的控制信号可通过幅度调制被叠加在波长复用光信号上或者在专用控制信道上被传送。根据抽取和识别该用于给出信道数目变化的提示的控制信号，监视信号处理电路 70 控制自动电平控制电路 66 并保持由光衰减器 64 提供的光衰减在当前值（从而冻结光衰减器 64 的操作）使得光输出功率不再保持在恒定值。

当信道数目改变完成时，监视信号处理电路 70 允许光衰减器 64 恢复其用于保持光输出功率为恒定值的控制。利用这种安排，可以降低或消除光信号中的功率电平的快速变化。

图 21 是根据本发明的进一步的实施例的光放大设备的示意图。图 21 所示的光放大设备与图 19 中所示的相类似，只是还包括 ALC 校正电路 98。

ALC 校正电路 98 确定输出波长复用光信号的功率电平是否处于预定范围内。如果功率电平不在预定范围内，ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66 使得由光衰减器 64 提供的光衰减使输出波长复用光信号具有预定范围的功率电平。

图 22 是根据本发明的进一步的实施例的光放大设备的示意图。图 22 所示的光放大设备是图 20 和 21 中所示的光放大设备的结合。

现在参见图 22，ALC 校正电路 98 控制自动电平控制电路 66，使得输

出波长复用光信号的功率电平处于预定范围内。根据抽取和识别该用于给出信道数目变化的提示的控制信号，监视信号处理电路 70 冻结控制自动电平控制功能使得光输出功率不再保持在恒定值。

图 23 是根据本发明的实施例的光放大设备的示意图。现在参见图 23，当信道数目被改变时，不是控制（冻结）光衰减器 64 以便提供一个恒定的衰减，而是当信道数目改变时光放大器作为一个整体被改变到 AGC 模式。这种改变可以通过控制光衰减器 64 的输入和输出的比为恒定值而取得。该操作相当于保持光衰减器 64 的增益  $G$  ( $0 \leq G \leq 1$ ) 或光衰减器 64 的光透射率为恒定值。

因此，在图 23 中，开关 104 由监视信号处理电路 70 控制，在由自动电平控制电路 66 提供的自动电平控制和由自动增益控制 603 提供的自动增益控制之间切换。更具体地说，例如，如图 4 (A) 所示，监视信号处理电路 70 使开关 104 在信道变化之前和之后选择自动电平控制电路 66。当信道数目被改变时，监视信号处理电路 70 使开关 104 选择自动增益控制 603。

图 23 也示出了一个激光二极管 (LD) 105，它由监视信号处理电路 70 控制向下游光部件例如下游光中继器发送信息。例如，如下面所详细描述，激光二极管 (LD) 105 可被监视信号处理电路 70 使用以向下游光部件发送信息。

图 24 为图 23 中的光放大设备的更详细的视图。现在参见图 24，其操作如下：

- (1) 通常（即，当信道数目未被改变时），开关 104 自动电平控制电路 66 使得光衰减器 64 的光输出功率电平被监视并被保持在恒定值。
- (2) 当监视信号处理电路 70 接收到信道数目改变的提示信号时，自动增益控制 603 的增益监视信号 107 被读出，使得相对于 10 - 100ms 级的时间常数的平均增益（衰减）被确定。
- (3) 对应于在 (2) 中确定的平均增益的基准电压  $V_{AGC}$  从监视信号处理电路 70 被输出到自动增益控制 603。

- (4) 然后开关 104 选择自动增益控制 603。
- (5) 监视信号处理电路 70 接收指示被包括在波长复用光信号中的信道的新的数目的信息。
- (6) 监视信号处理电路 70 向自动电平控制电路 66 提供一个对应于信道的新的数目的基准电压  $V_{AGC}$ 。
- (7) 监视信号处理电路 70 接收指示信道数目变化完成的信号。或者，从提示信道数目变化的信号的接收开关经过预定的一段时间。
- (8) 开关 104 选择自动电平控制电路 66。

由光衰减器 64 提供的衰减和由晶体管 80 提供的控制元件 86 的驱动电流之间的关系可取决于一定的参数，例如工作温度，但一般是一对一的关系。因此，(2) 可被一个过程替代，从而驱动电流被监视（相对于相对于 10 - 100ms 级的时间常数），以便根据监视的驱动电流确定平均增益（衰减）。驱动电流可被控制使得其平均电平被保持恒定。

图 25 为采用根据本发明的光放大设备的光纤通信系统的示意图。现在参见图 25，发送机 (Tx) 108 和发送一个 SV 光束到接收机 (Rx) 110，其中 SV 光束是与主信号波长复用的光。主信号被用来发送下游信息。光放大器 (O-AMP) 112 放大 SV 光束。主信号控制 114 和监视信号处理 116 被执行。

图 26 是光放大设备的更详细的示意图，它包括图 25 中的光放大器 112，主信号控制 114 和监视信号处理 116。图 26 的光放大设备与图 3 中的光放大设备相似，但是包括一个激光二极管 (LD) 105 用于向下游发送 SV 光束。

更具体地说，监视信号处理电路 70 在 SV 光束中插入指示当光衰减器 64 的衰减或光透射率将被保持恒定，或“被冻结”的信息。载有该信息的 SV 光束由激光二极管 (LD) 105 被发送到传输线。

图 27 是显示利用多个根据本发明的实施例的光放大设备的传输线的示意图。现在参见图 27，波长复用光通信系统包括发送器 Tx120，波长复用光纤放大器/中继器 OAMP 122 和接收机 Rx 124。当信道数目变化被处理时，在系统中的上游（或下游）线路中的所有的 OAMP 122 被设置为恒定光增益控制。

可在每个发送器 Tx 120 中提供的波长复用光后放大器（未示出）和可被提供在每个接收器 Rx 124 中的波长复用光预放大器（未示出）也被设置为恒定增益控制。当所有的 OAMP 122 处于恒定增益控制状态时，馈送到接收器 Rx 124 中的光接收元件的光信号可被改变。在具有图 25 - 27 中所示的光放大设备的传输线中，可以确定是否由传输线上的接收端（Rx）管理的路径中的所有的光纤放大器的衰减被固定及其光增益保持在恒定值。一旦确定所有的光纤放大器的光增益保持在恒定值，指示相同内容的信息通过一个向后的路径被送到传输端（Tx），从而信道数目的变化可被开始。

下面是如图 25 - 27 所示具有光放大设备的传输线中的操作流程的示例，用于处理信道数目的变化。

- (1) 提示信道数目变化的信号被从上游 SV 发送端（SVTx）。
- (2) 每个 OAMP 的监视信号处理电路 70 接收提示信道数目变化的信号。
- (3) 每个 OAMP 开始“冻结”相关的光衰减器的操作。
- (4) 每个 OAMP 完成相关的光衰减器的冻结操作并通过在监视信号上承载该信息来发送指示恒定的光增益控制被开始的下游信息（用于识别具体的 OAMP 的识别号也被插入在监视信号上）。
- (5) 上游 SV 接收端（SVRx）确认所有的上游 OAMP 处于恒定光增益状态。
- (6) 下游 SV 发送端（SVTx）宣布所有的上游 OAMP 处于恒定光增益状态。
- (7) 下游 SV 接收端（SVRx）确认所有的上游 OAMP 处于恒定光增益状态。
- (8) 上游发送端（Tx）实际改变信道数目。
- (9) 上游 SV 发送端（SVTx）发出指示信道数目的变化被完成的信息。
- (10) 在每个 OAMP 中的监视信号处理电路 70 接收指示信号数目的变化被完成的信息。
- (11) 每个 OAMP 取消用于冻结相关的光衰减器的操作的冻结操作



并进至恒定光输出控制。

(12) 每个 OAMP 以监视信号的形式发送指示向恒定光输出控制的转换已经完成的下游信息(识别具体的 OAMP 的识别信号也被发出)。

(13) 上游 SV 接收端 (SVRx) 接收指示所有的 OAMP 已经处理了信道数目变化的信息。

(14) 指示所有的 OAMP 已经处理了信道数目变化的信息被送到发送端。

图 28 是显示上述操作流程的时序图。因此,在信道数目的变化的处理过程中,波长复用光纤放大器被从执行自动电平控制功能中暂时停止,并且,相反执行恒定增益控制功能,或者使光放大设备,从整体上,执行恒定增益功能。

但是,在光通信系统中,通常有必要保持提供到光接收元件的光信号的功率为恒定值。尽管在常规情况下发生因为偏振变化引起的输入功率的变化,用于保持光纤放大器的光增益为恒定值的控制使得提供到光接收元件的光信号的功率发生变化。

该问题可通过将光信号去复用为独立的信道,并控制各个去复用的信道的功率电平来克服。

更具体地说,图 29 是一个显示根据本发明的一个实施例的光通信系统的一部分的示意图。现在参见图 29,去复用器 (DEMUX) 125 将波长复用光信号去复用为独立的信道,由独立的接收器 126 接收。光预放大器 127 和自动电平控制单元 128 被提供用于每个信道,使得相关的接收器 126 接收恒定功率电平的光信号。

根据本发明的上述实施例,光衰减器或光放大器可以被控制,当波长复用光信号中的信道数目被改变时提供恒定的增益。这样,增益  $G$  可以处于范围 ( $0 \leq G \leq 1$ )。因此,光衰减器可被控制,通过保持光衰减器的输入和输出之比为恒定值提供恒定的增益。

根据本发明的上述实施例,在光放大器中使用的稀土掺杂的光纤中掺杂剂为铒 (Er)。但是本发明并不限于铒掺杂光纤。相反,其他稀土掺杂光纤,例如钕 (Nd) 掺杂光纤或者镨 (Pr) 掺杂光纤,根据所涉及的波长,

也可被采用。此外，例如，这里公开的各种光二极管可由光晶体管替代。

根据本发明的上述实施例公开了具体的自动增益控制电路和自动电平控制电路。但是，本发明并不限于这些特定的电路结构，或这里公开的其他的电路结构。相反也可以采用其他的不同的电路结构。

此外，根据本发明的上述实施例，光衰减器被用于提供可变的衰减。有许多不同的已知的类型的光衰减器，本发明并不限于任何特定的类型的光衰减器。

尽管上述描述本发明的一些最佳实施例，但是本领域的技术人员应当理解，可以对这些实施例作出许多改变而并不脱离后附的权利要求书或等同物所限定的范围。

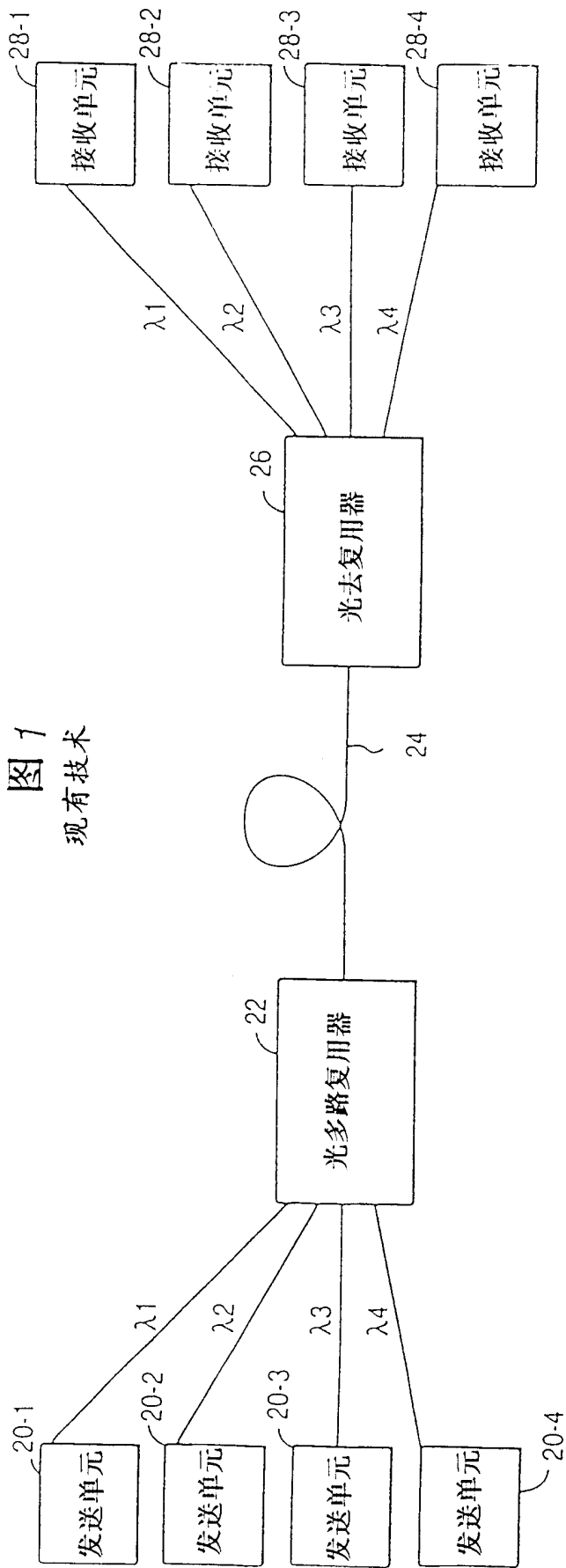


图1  
现有技术

图 2  
现有技术

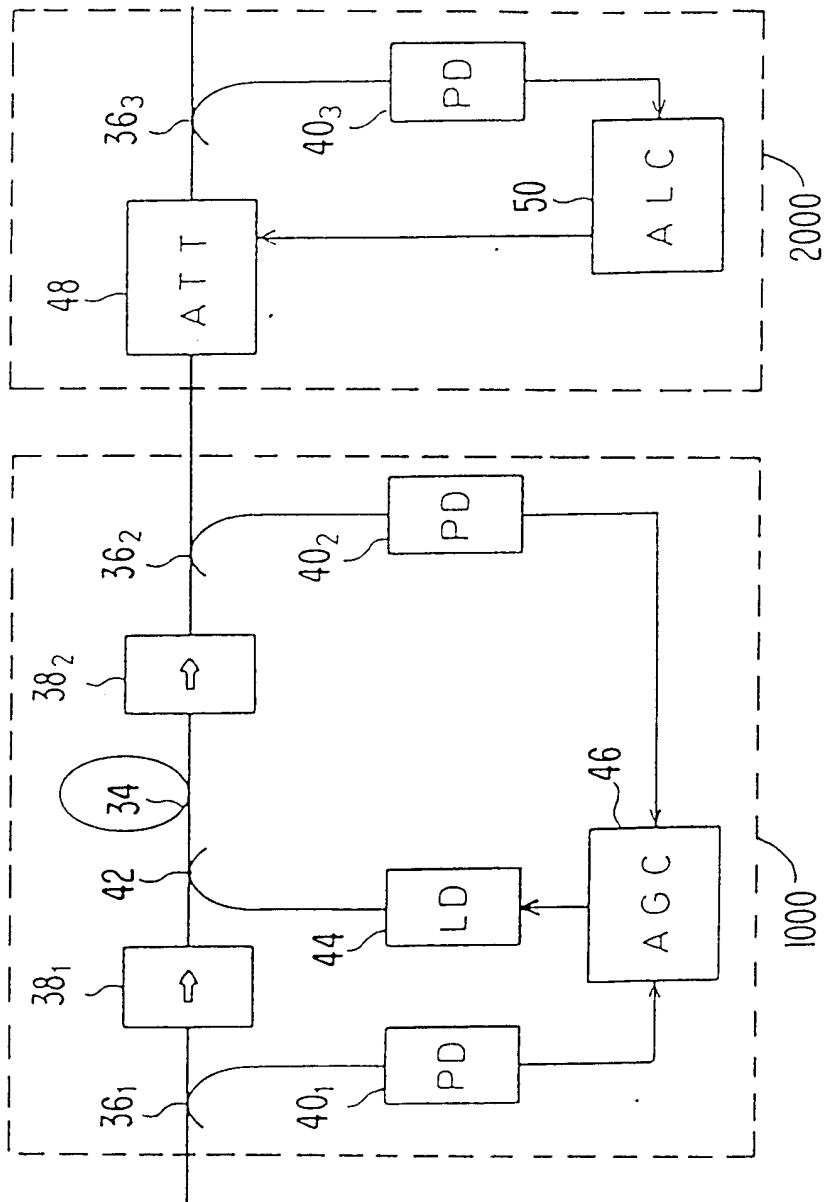
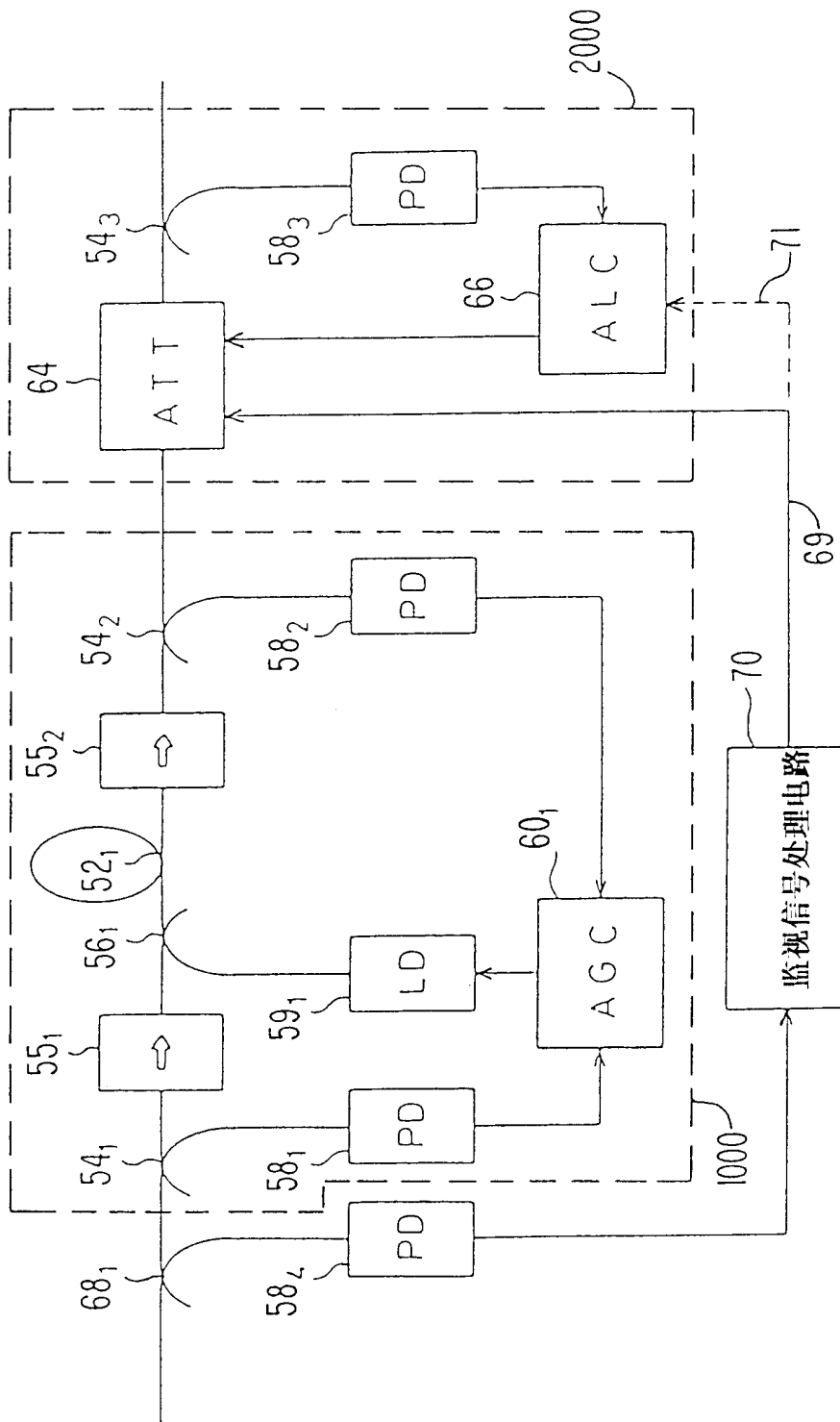


图 3



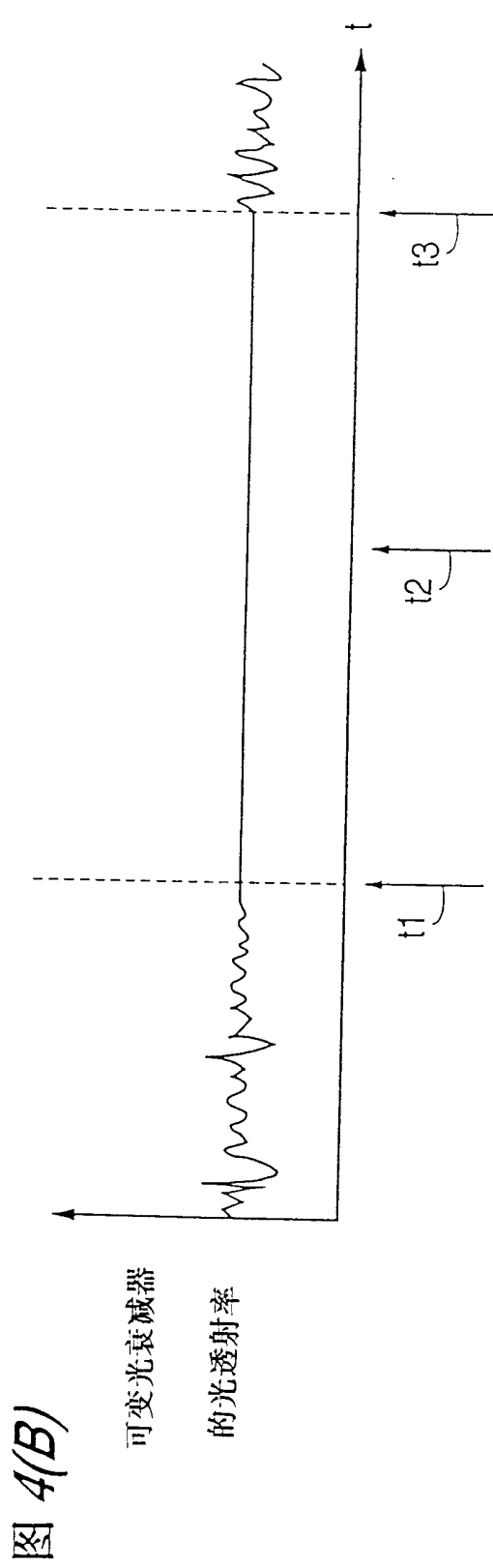
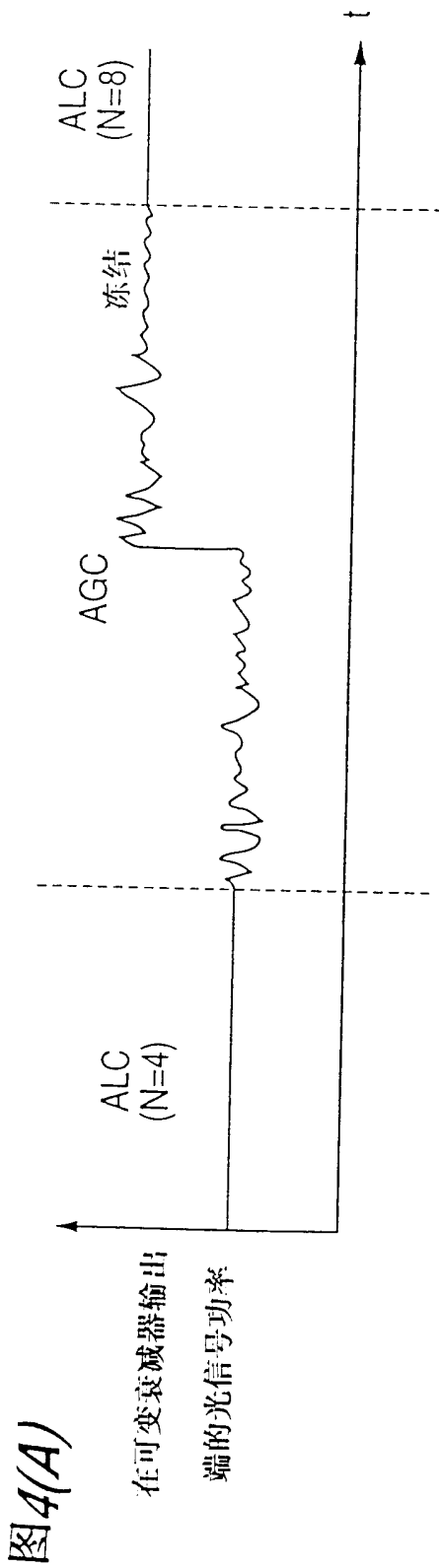


图 5

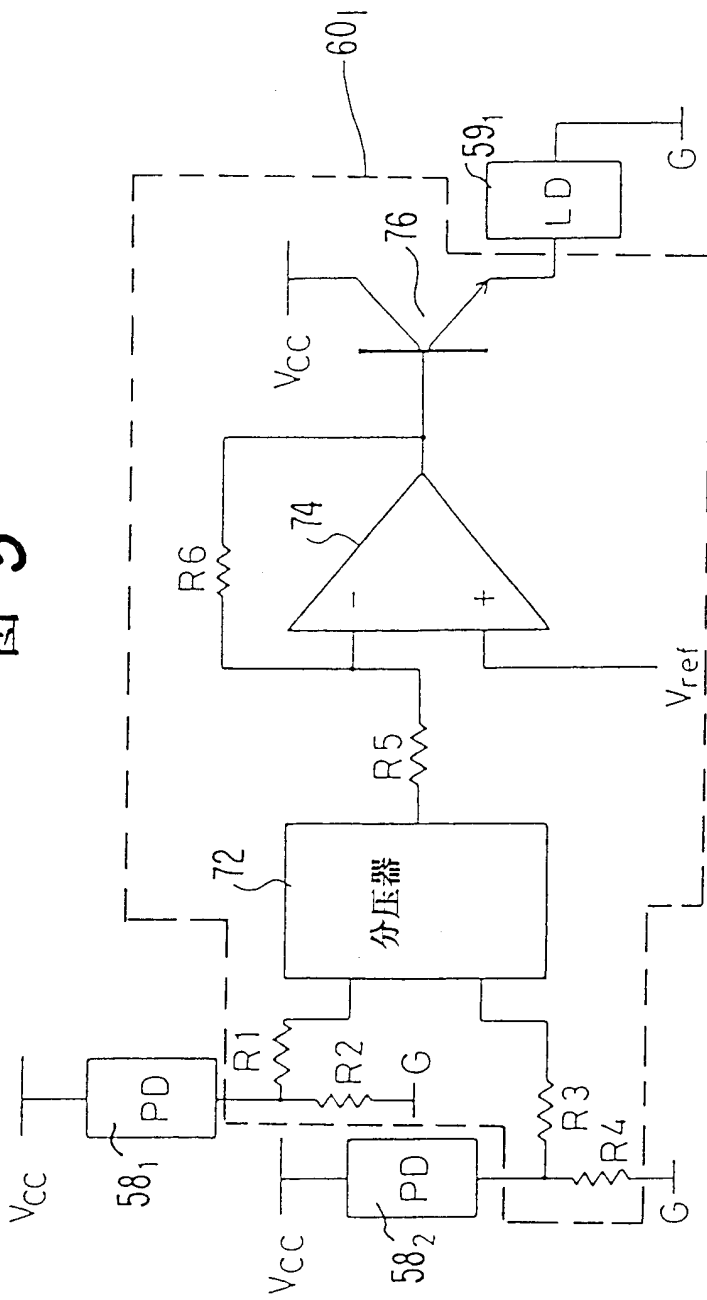


图 6

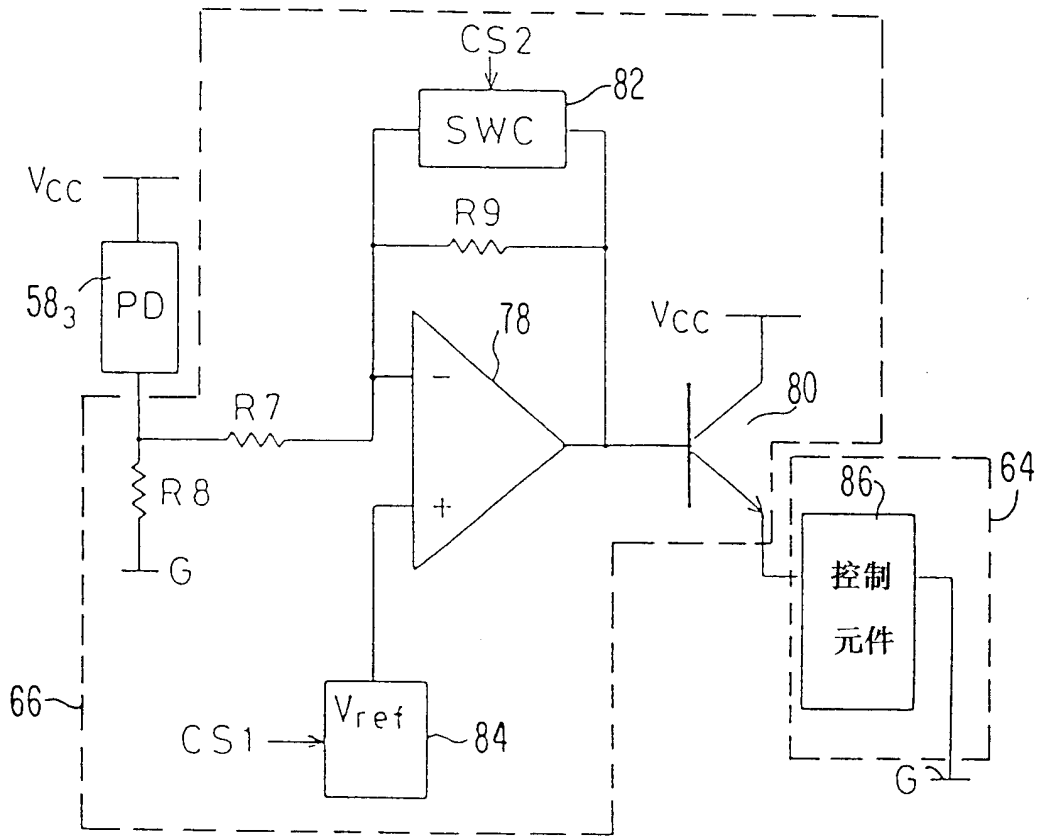




图 7

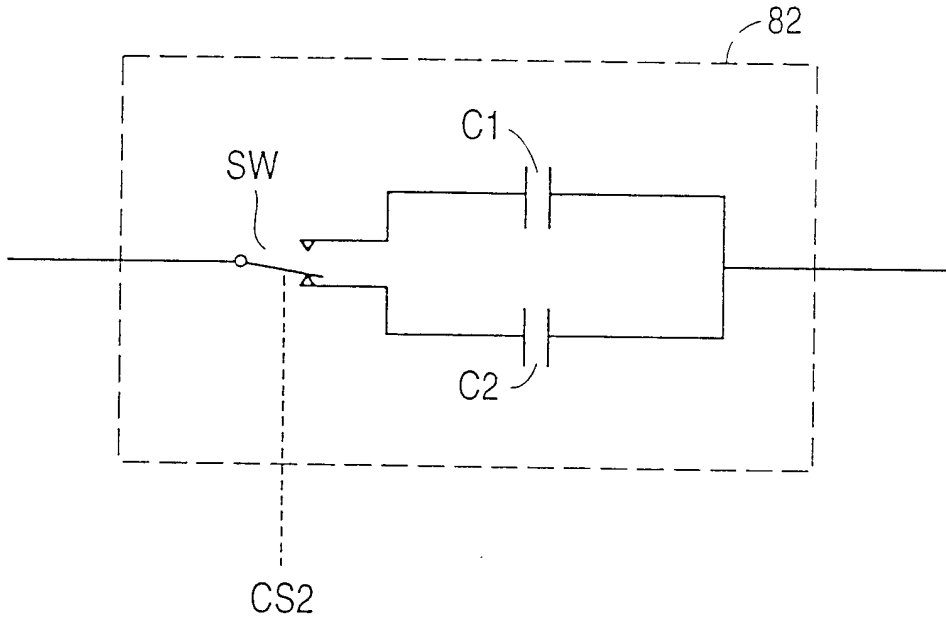
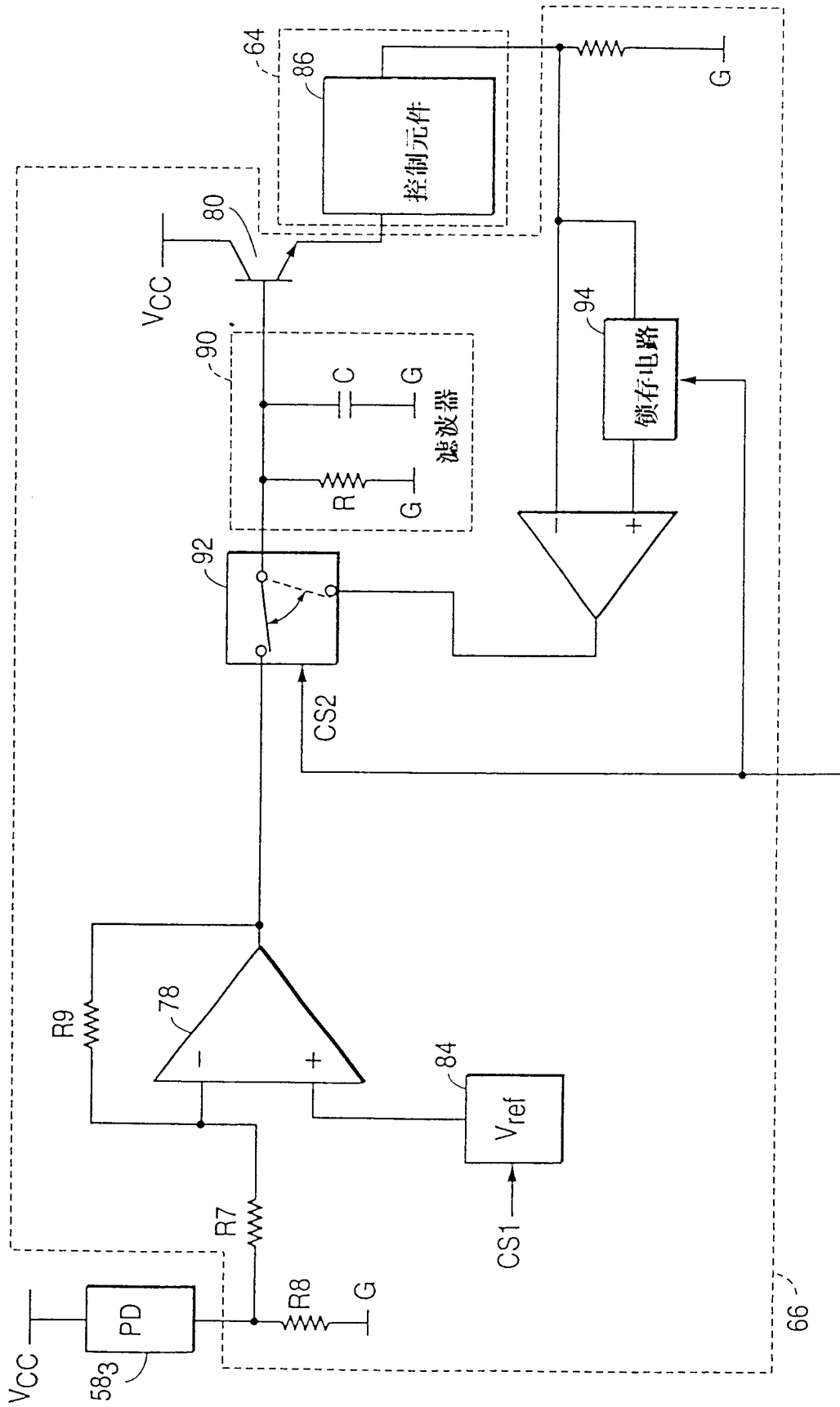


图 8



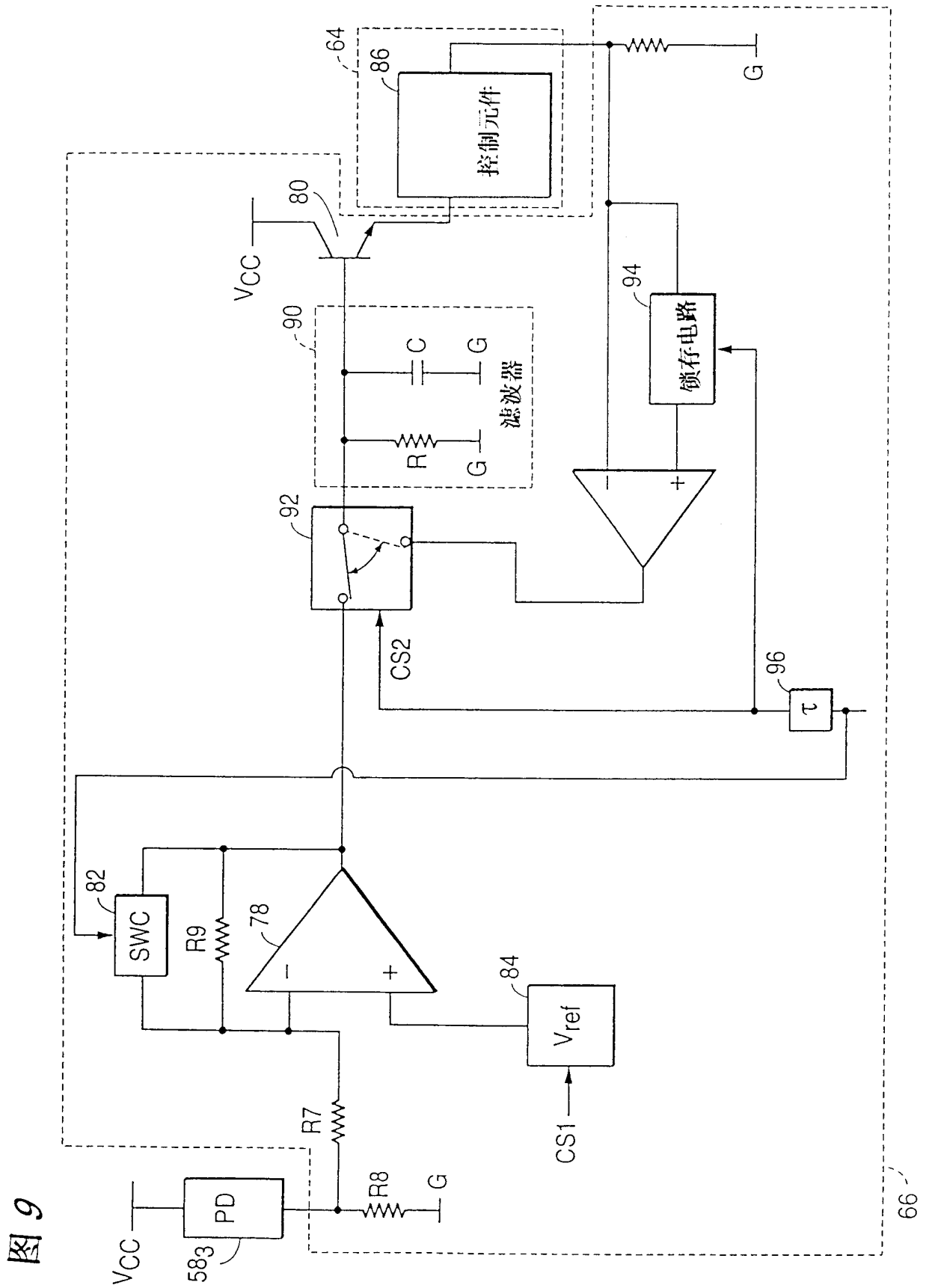


图 9

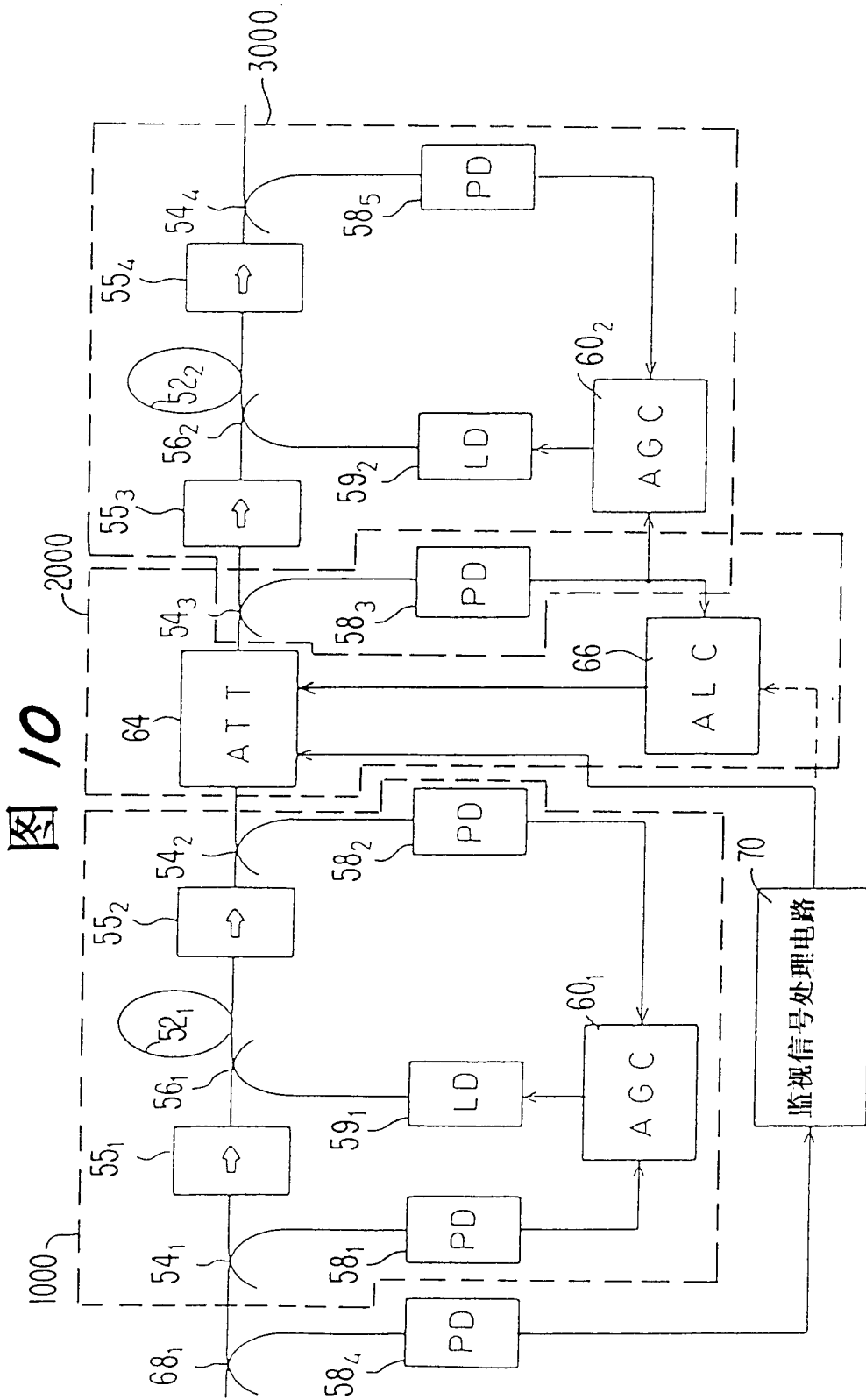


图 10

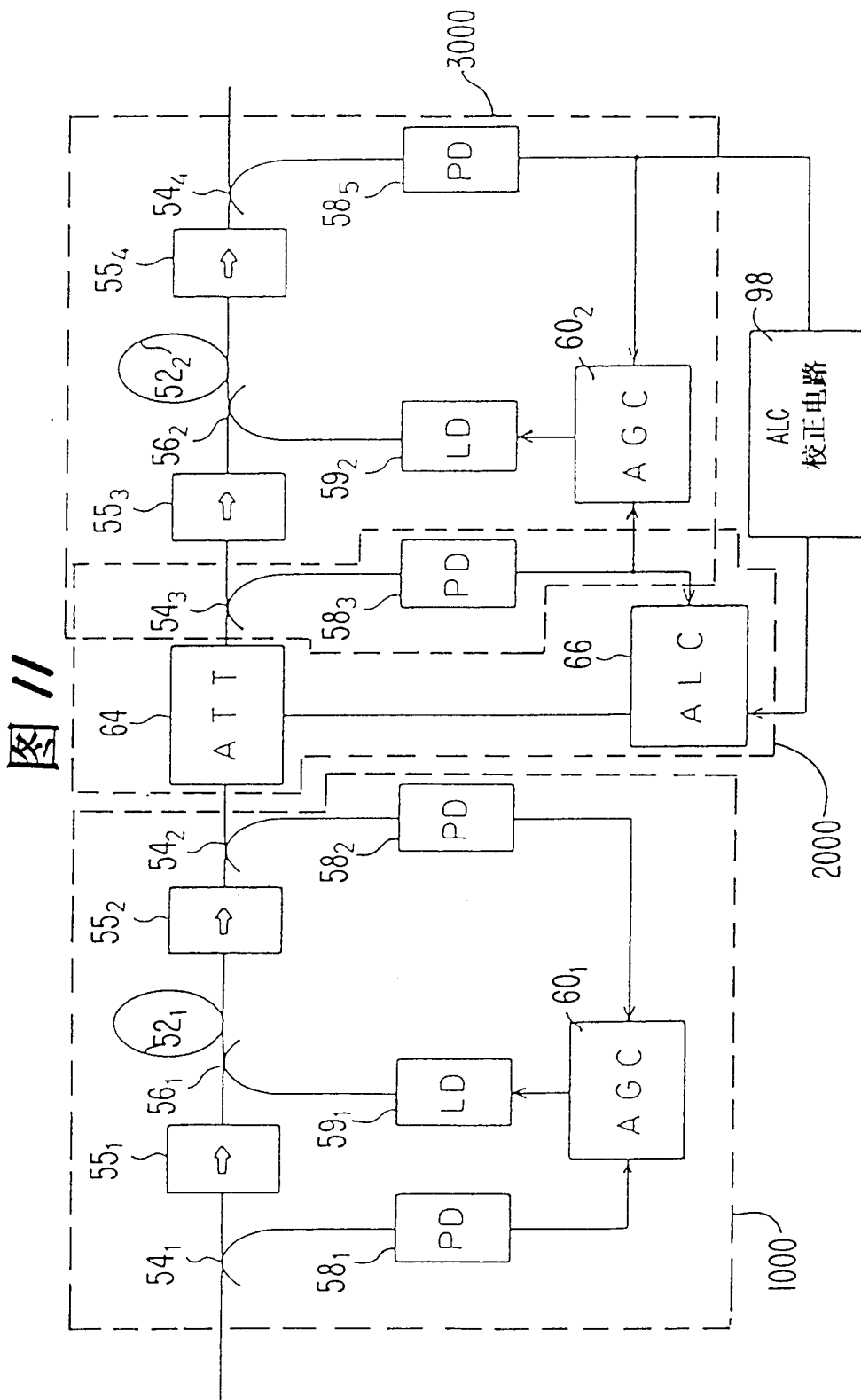
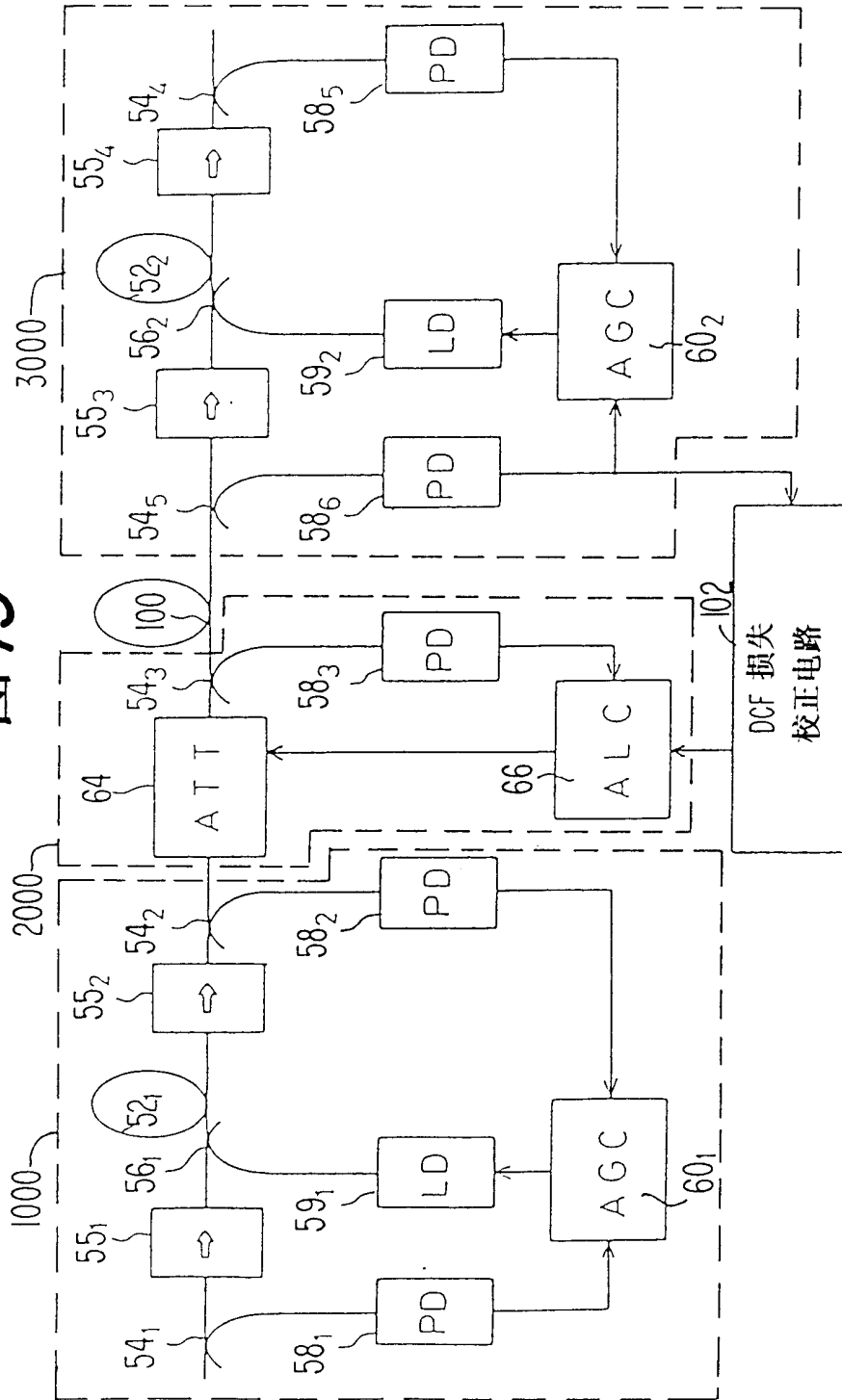




图 13



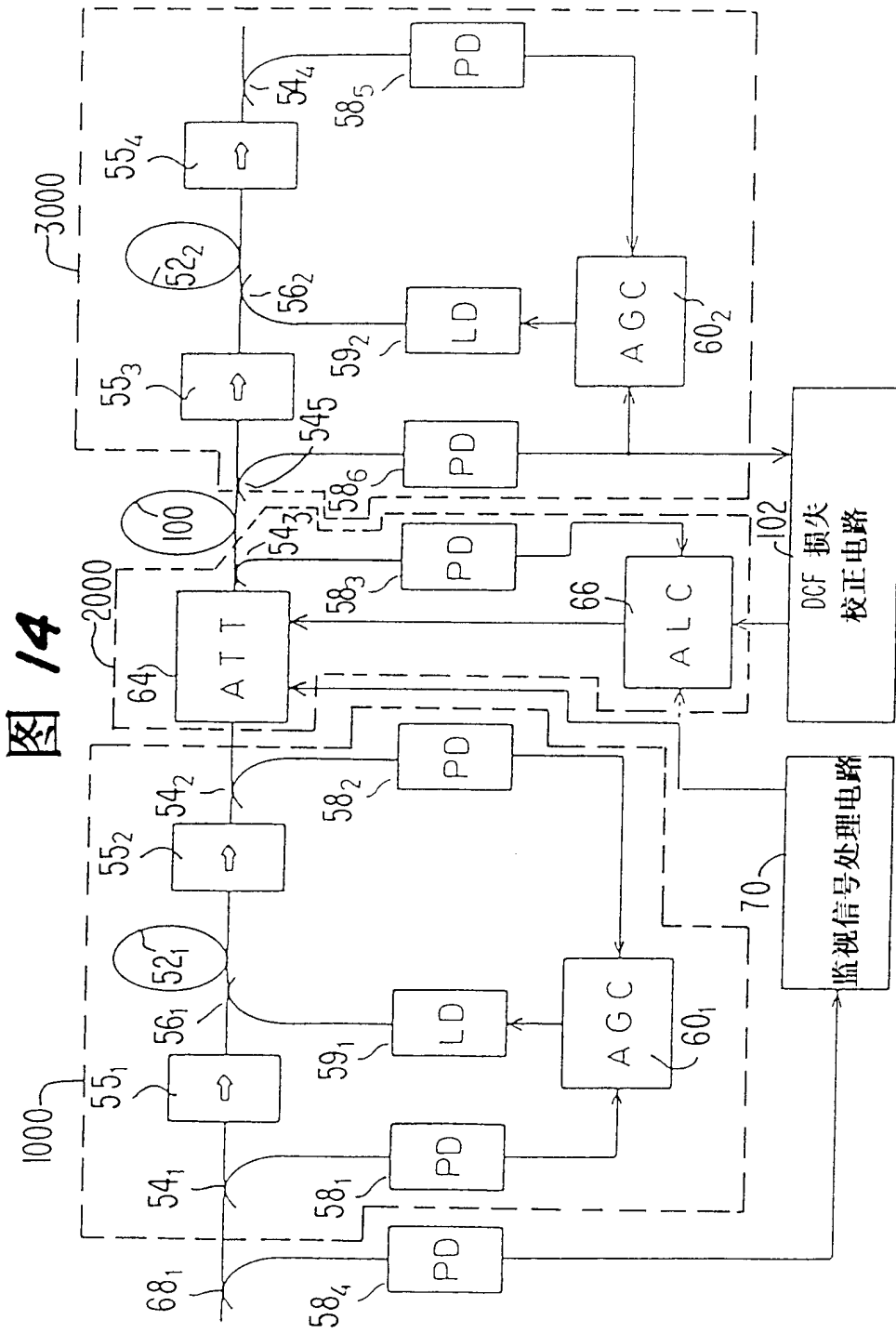




图 15

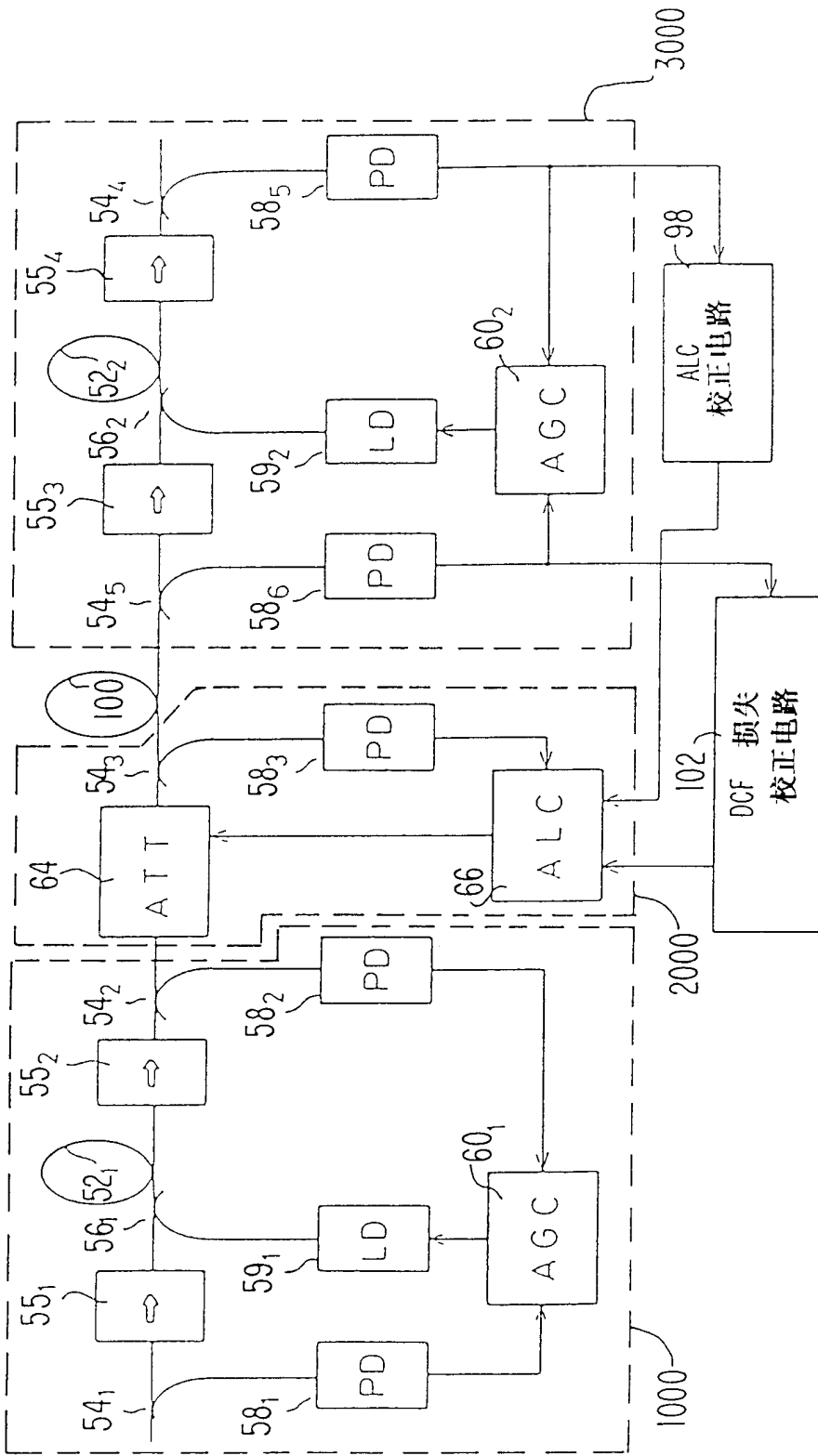
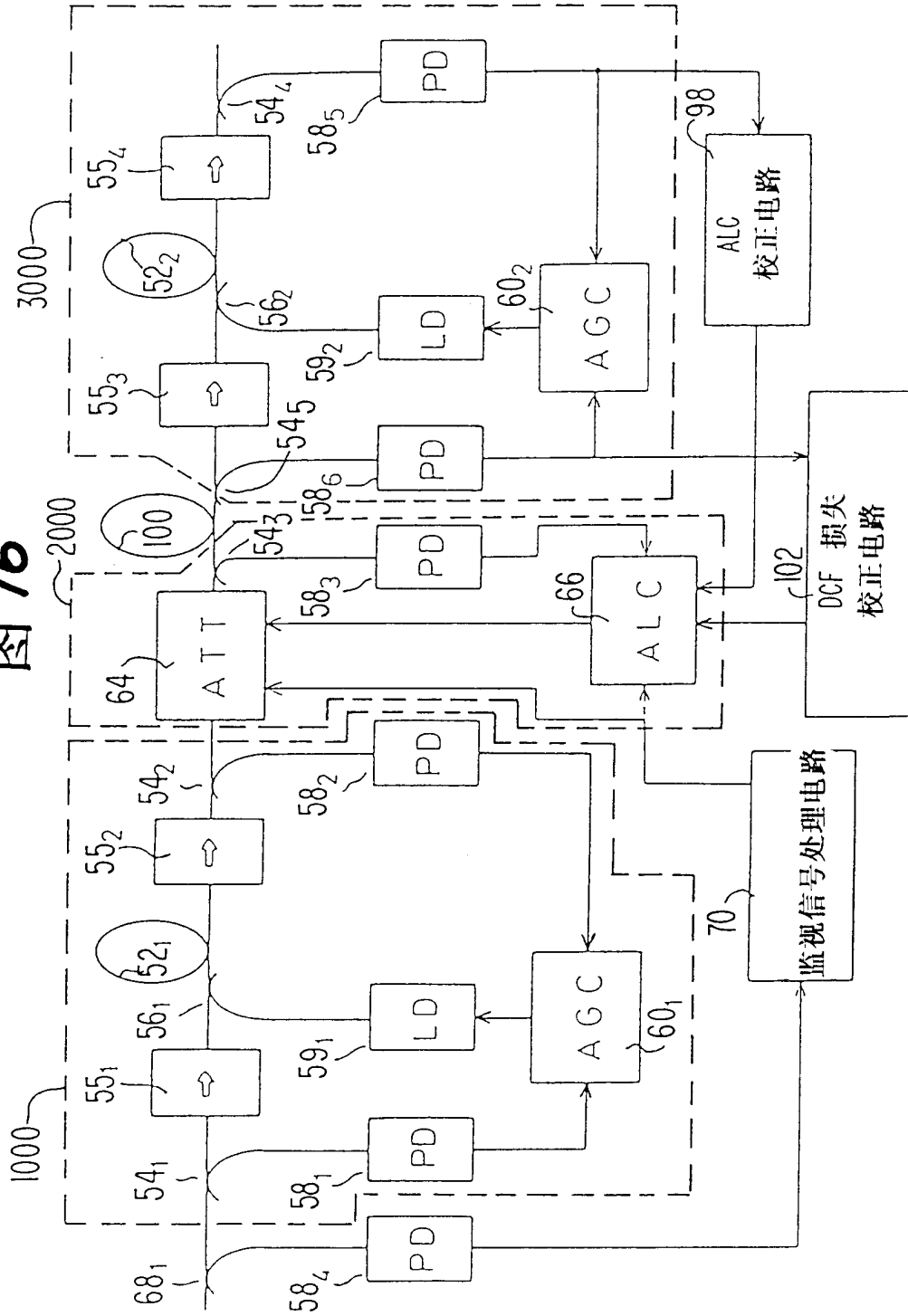


图 16



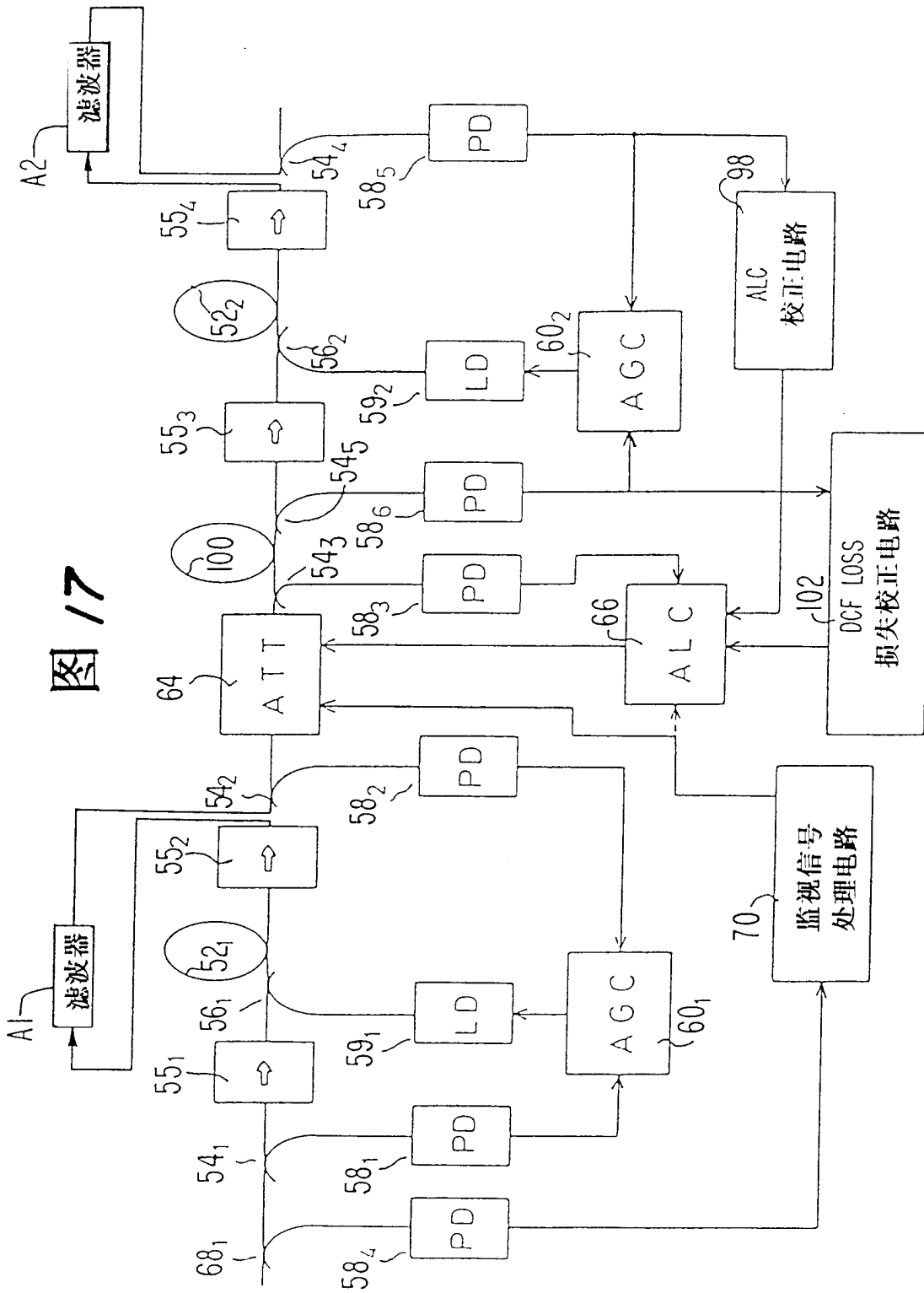


图 18(A)

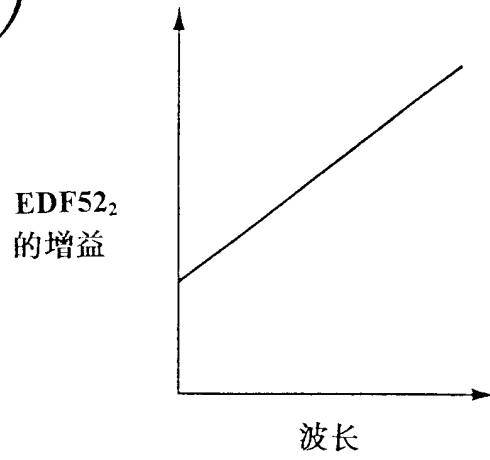


图 18(B)

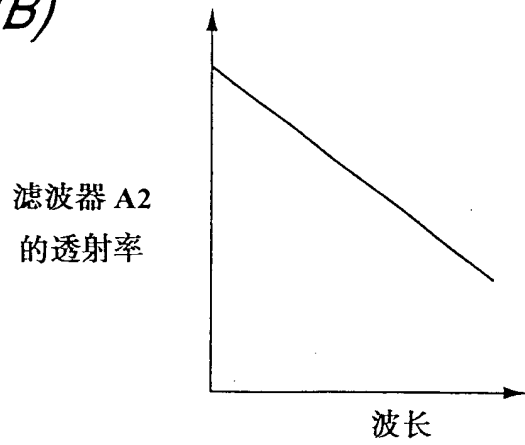


图 18(C)

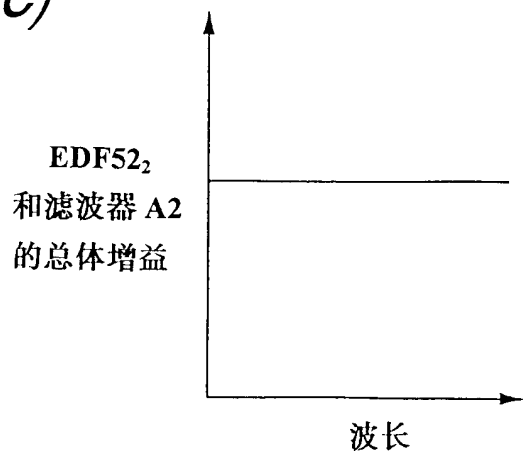


图 19

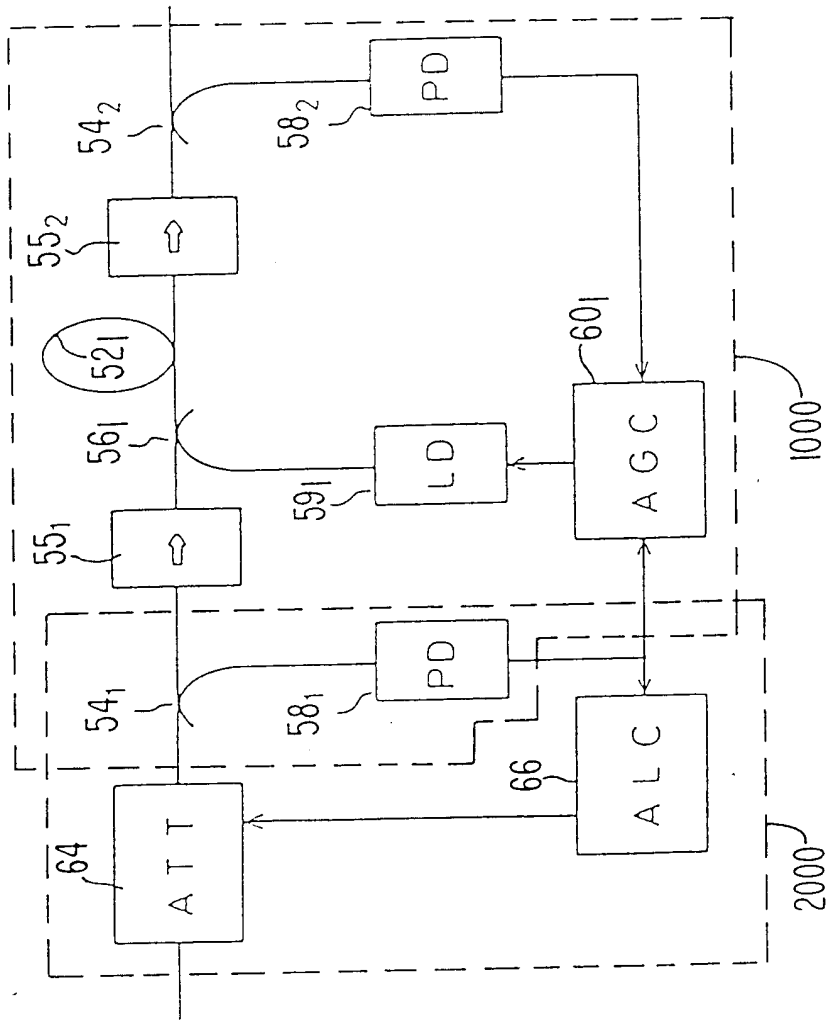


图 20

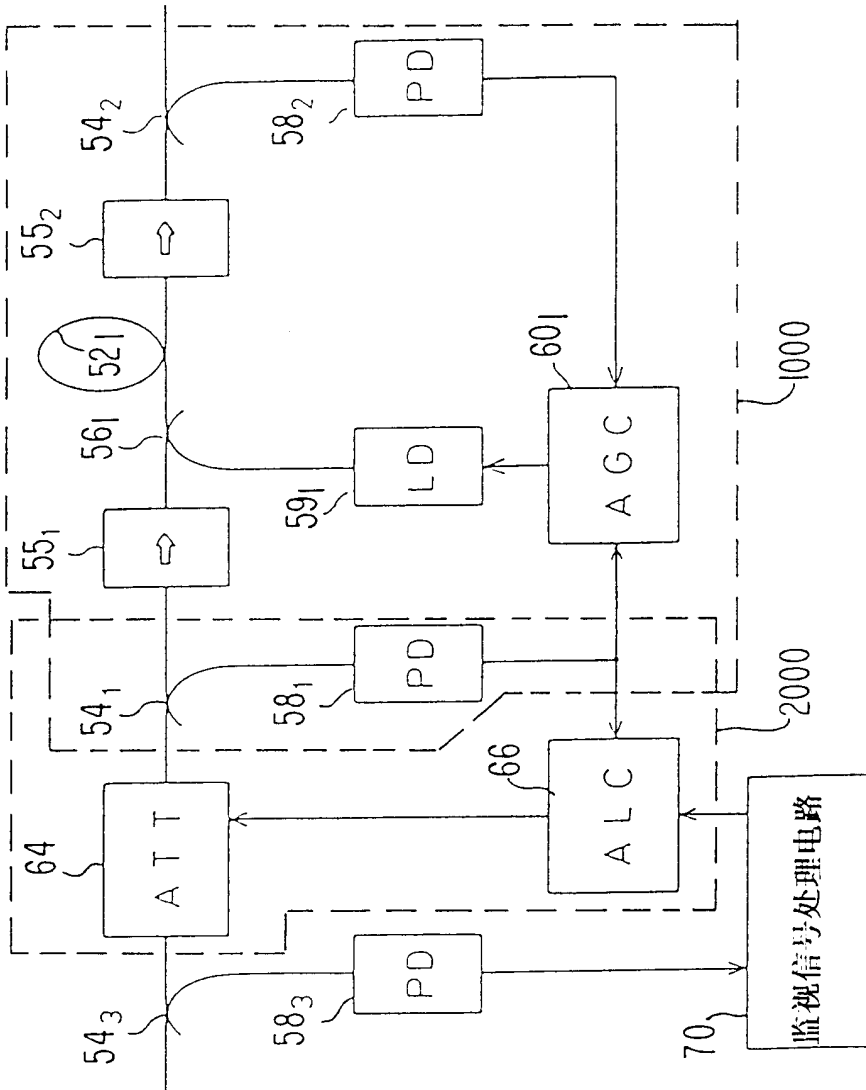


图 21

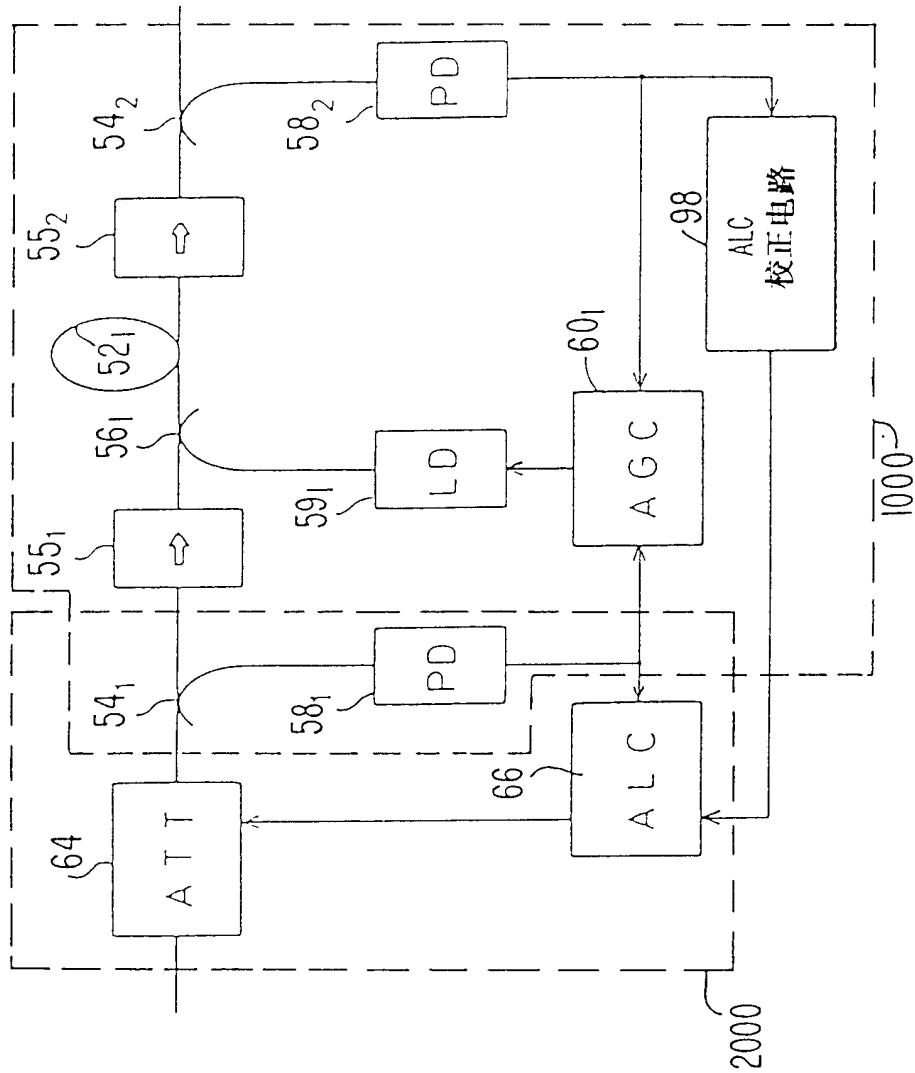


图 22

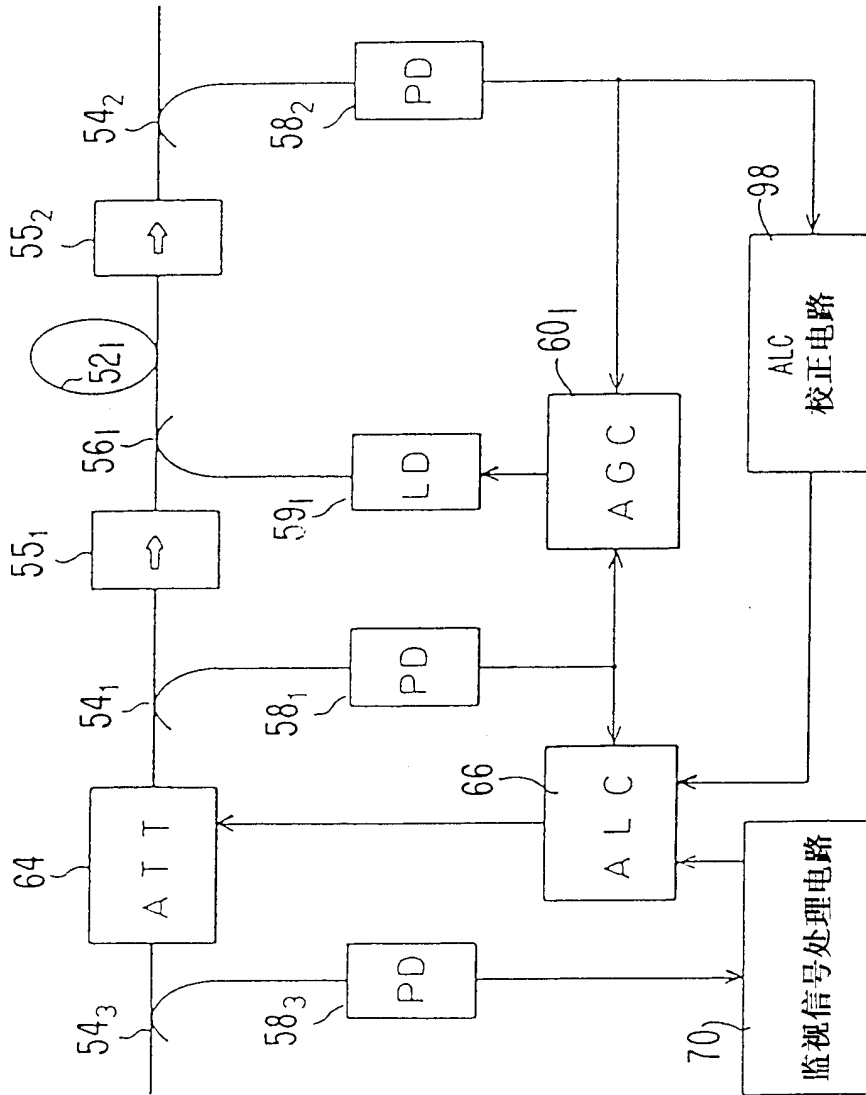
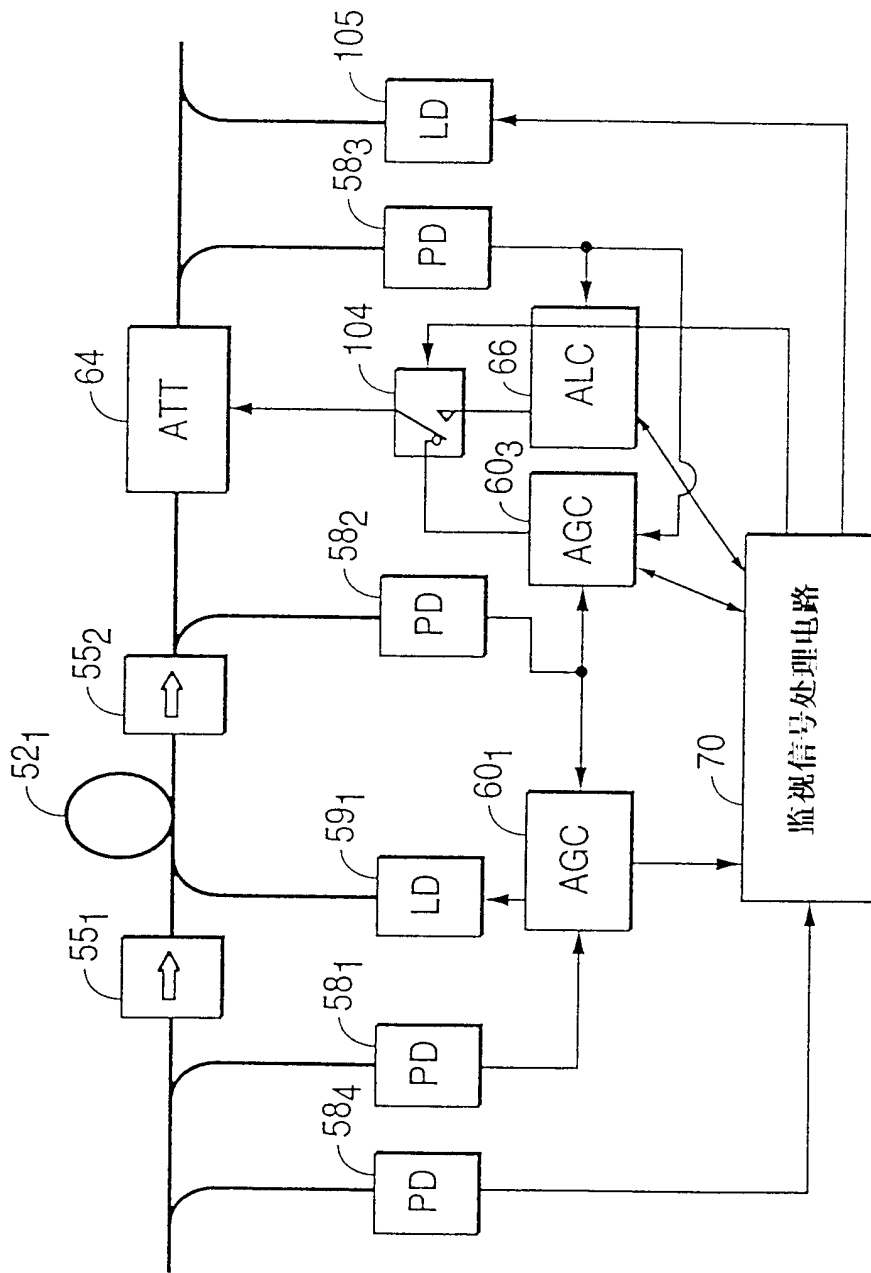




图 23



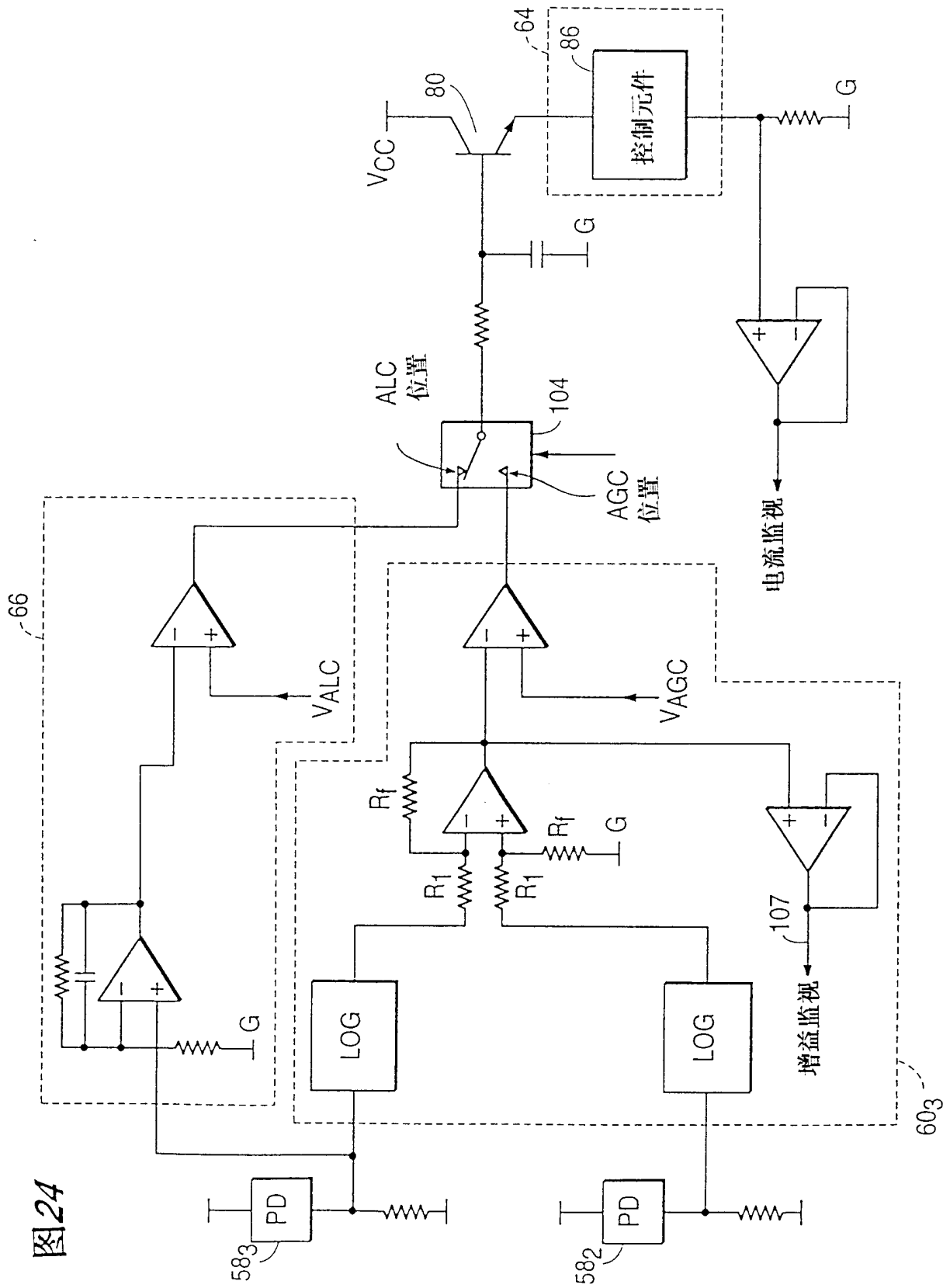


图 25

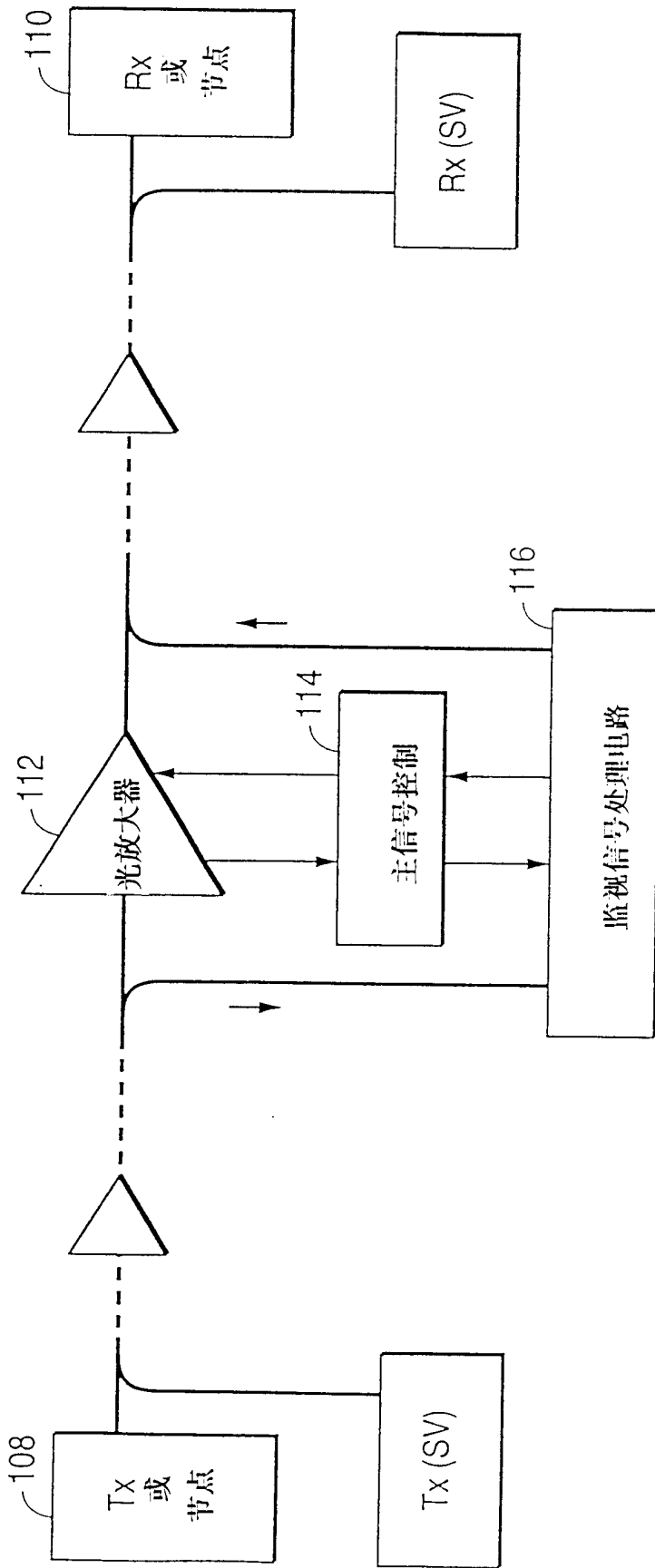


图 26

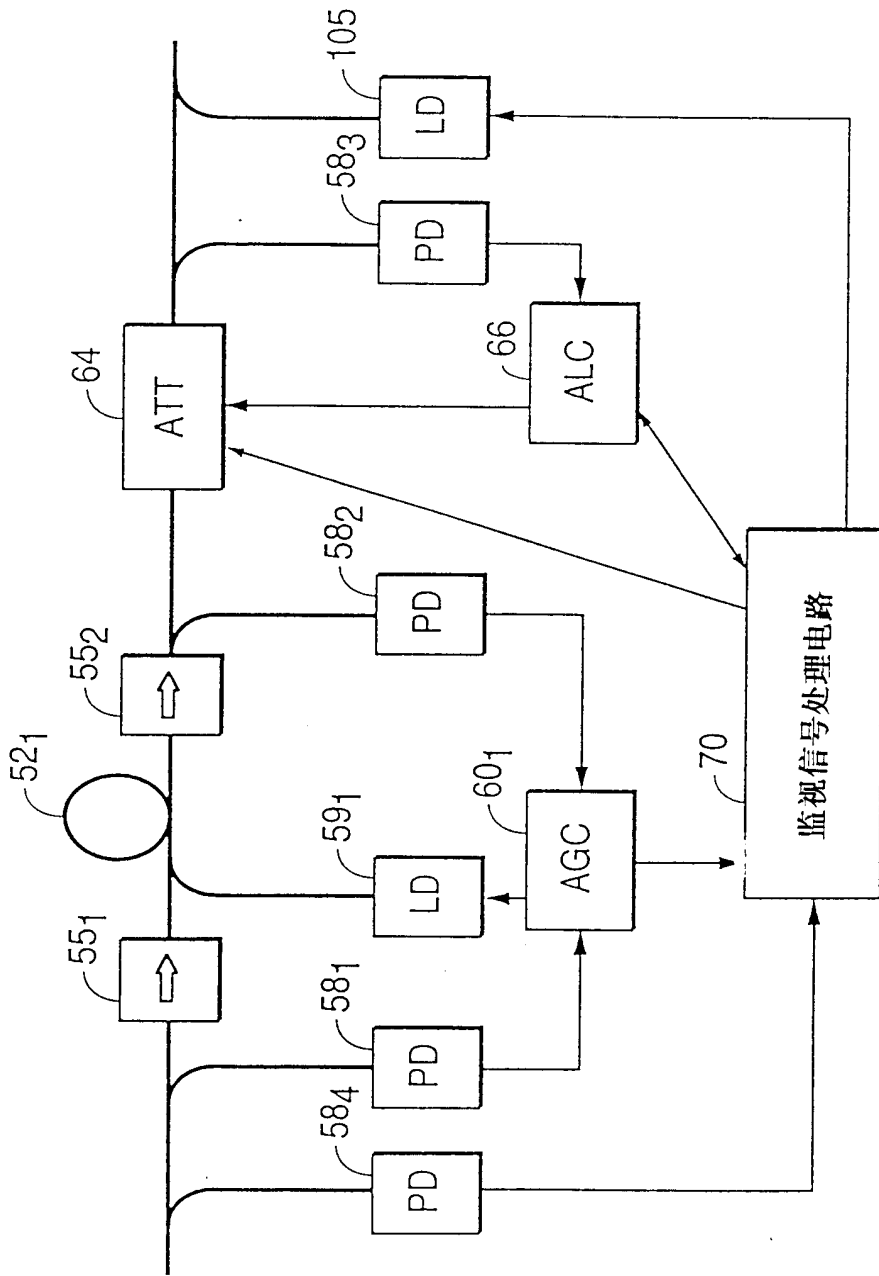


图 27

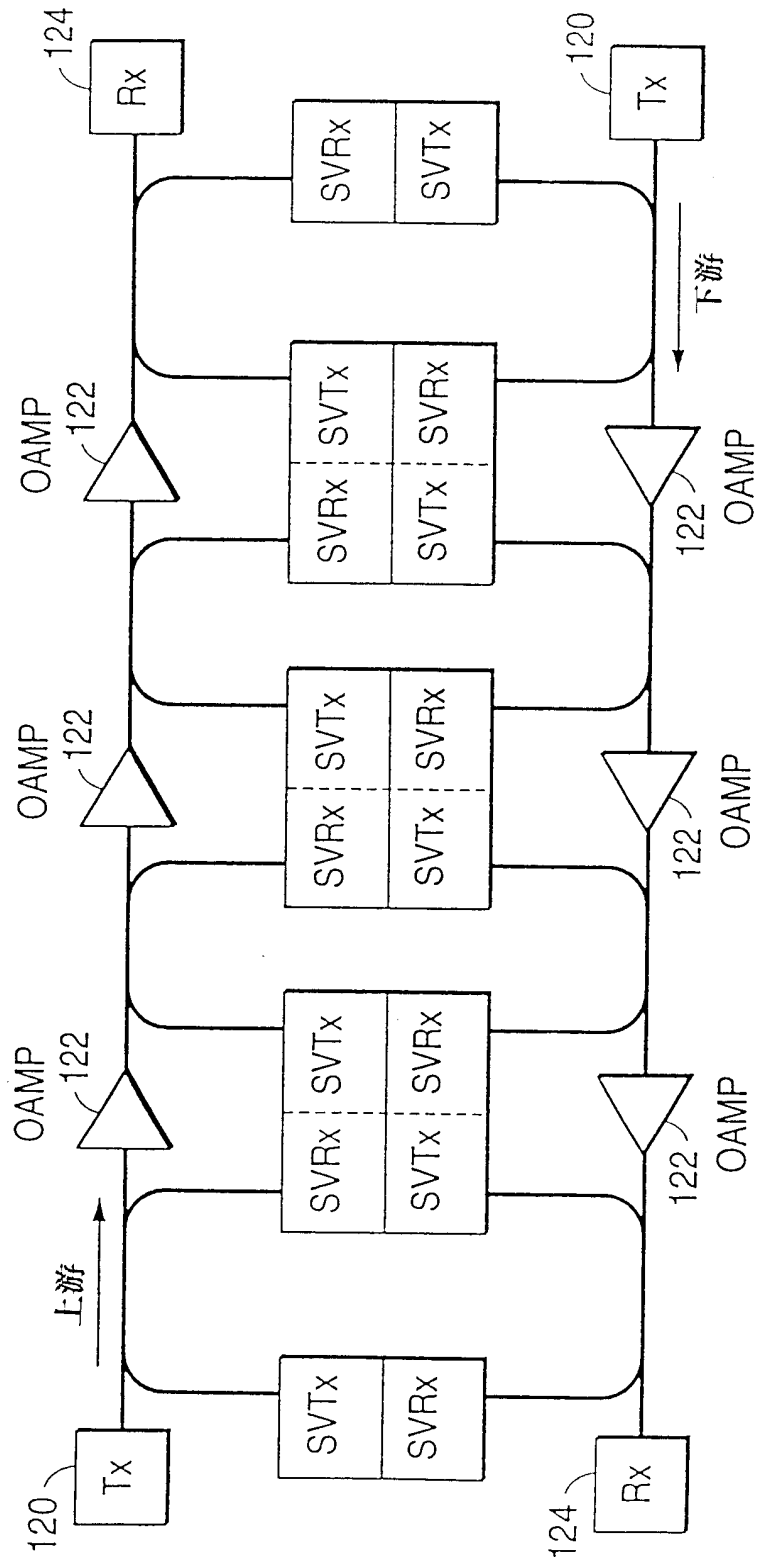


图 28

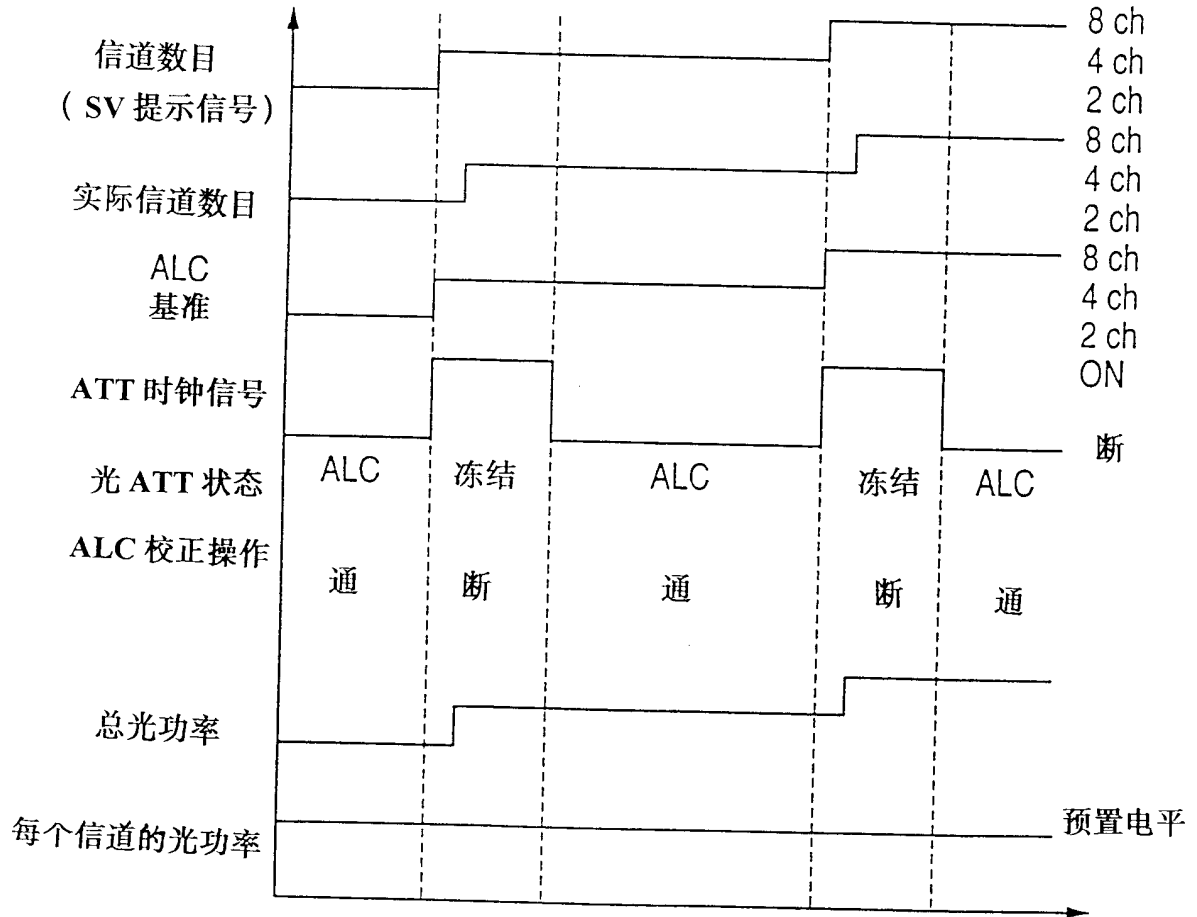


图 29

