[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04J 14/02 (2006.01)
G02F 1/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02123247.4

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100477572C

[22] 申请日 1997.4.30 [21] 申请号 02123247.4
分案原申请号 97110838.2
[30] 优先权
[32] 1996. 5. 2 [33] JP [31] 111447/96
[73] 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
US5463487A 1995.10.31
JP8 - 95097A 1996.4.12
US5510926A 1996.4.23
审查员 姚宏颖

[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

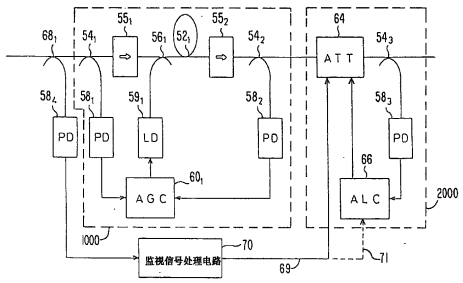
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 29 页

[54] 发明名称

控制可变光衰减器的控制器

[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、一种波长复用光学发送系统，包括:

光学设备，用于向光学传输路径发送波长复用光信号和控制光信号，该波长复用光信号具有与具有不同的波长的光信号相对应的多个信道，该控制光信号用于通知信道的数目的改变；以及

光学放大设备，包括：光学放大装置，用于接收经所述光学传输路径发送的该波长复用光信号并对其进行放大；接收装置，用于接收经所述光学传输路径发送的该控制光信号；以及增益控制装置，用于响应于所述接收装置对所述控制光信号所通知的该信道数目的改变的探测，对所述光学放大装置的增益进行控制从而使之保持恒定。

2、一种波长复用光学发送系统，包括:

光学设备，用于向光学传输路径发送波长复用光信号，该波长复用光信号具有与具有不同的波长的光信号相对应的多个信道，以及通知信道的数目的改变的完成的控制光信号；以及

光学放大装置，用于对经所述光学传输路径发送的该波长复用光信号进行放大；以及，接收装置，用于接收经所述光学传输路径发送的该控制光信号；以及

电平控制装置，用于响应于所述接收装置对所述控制光信号所通知的该信道数目的改变的探测，对所述光学放大装置进行控制从而使所述放大装置放大和输出的该波长复用光信号的电平具有预定的值。

3、一种光学波长复用通信系统，包括:

光学终端设备，包括：用于向光学传输路径发送光学波长复用信号的装置，该光学波长复用信号包括具有不同的复用波长的光信号；以及，用于在包括在该光学波长复用信号中的这些光信号的波长的数目改变时输出控制信号的装置；以及

光学放大设备，它包括：光学放大装置，用于经过所述光学传输路径而接收该光学波长复用信号并对其进行放大；以及，增益控制装置，用于探测该控制信号并对所述光学放大装置的增益进行控制以使之保持

恒定。

4、一种光学波长复用通信系统，包括：

光学终端设备，包括：用于向光学传输路径发送光学波长复用信号的装置，该光学波长复用信号包括具有不同的复用波长的光信号；以及，用于当包括在该光学波长复用信号中的这些光信号的波长的数目改变时输出第一控制信号并在波长的该数目的所述改变之后输出第二控制信号的装置；以及

光学放大设备，包括：光学放大装置，用于经过所述光学传输路径接收该光学复用信号并对其进行放大；增益控制装置，用于当探测到该第一控制信号时对所述光学放大装置的增益进行控制以使之保持恒定；以及，电平控制装置，用于当探测到该第二控制信号时对所述光学放大装置所放大的该光学波长复用信号的电平进行控制以使该电平具有预定的值的装置。

控制可变光衰减器的控制器

本申请是中国专利申请第97110838.2号的分案申请。

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λ1－λ4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λ1－λ4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），每个信道的光功率电被不希望地改变了，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。

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.

更具体地说，本发明的目的是通过提供一个控制器取得的，该控制器（ a ）在改变光信号中的信道的数目之前和之后，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信道的数目保持为接近恒定值，并且，（ b ）当光信号中的信道数目被改变时，以恒定的光透射率通过放大的光信号.

本发明的目的也通过提供下面的设备获得，该设备包括一个光放大器，一个控制器，一个去复用器和一个自动电平控制单元. 光放大器放大具有可变信道数的光信号. 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. 去复用器将受控的放大的光信号去复用为单独的信号. 自动电平控制单元控制相应的单独的信号的功率电平，使得单独的信号的功率电平保持为大约恒定.

本发明的目的也通过提供下面的设备取得，该设备包括一个自动电平控制单元和一个光纤放大器. 自动电平控制单元保持光信号的功率电平大体为恒定值并产生相应的输出信号. 光纤放大器将自动电平控制单元的输出信号以恒定的增益进行放大.

本发明的目的也通过提供一个光放大器和控制器取得. 光放大器放大一个具有可变信道数目的光信号. 在改变光信号中的信道的数目之前和之后，控制器按照光信号中信道的数目保持放大的光信号的功率电平接近恒定值. 当光信号的信道数目被改变时，控制器一个大约恒定的增益放大已放大的光信号.

此外，本发明的目的也通过提供下面的设备取得，该设备包括一个光放大器，一个光衰减器和控制器. 光放大器放大具有可变数目的信道的光信号. 光衰减器通过放大的光信号并具有一个可变的光透射率. 在改变光信号中的信道的数目之前，控制改变光衰减器的光透射率，使得放大的光信号的功率电平保持为一个大体的恒定值，该值取决于改变信道数目之前光

信号中的信道数目。当光信号中的信道数目被改变时，控制器保持光衰减器的光透射率为恒定值。在改变光信号中的信道的数目之后，控制器改变光衰减器的光透射率使得放大的光信号的功率电平保持为大约为恒定值该值取决于在改变信道的数目之后的光信号中的信道数目。

本发明的目的也通过提供一种用于控制具有可变信道数目并由光放大器放大的光信号方法取得。该方法包括步骤：（ a ）在改变光信号中的信道的数目之前和之后，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信道的数目保持为接近恒定值，并且，（ b ）当光信号中的信道数目被改变时，以恒定的光透射率通过放大的光信号.

本发明的目的也通过提供一种用于控制具有可变信道数目并由光放大器放大的光信号方法取得，（ a ）在改变光信号中的信道的数目之前和之后，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信道的数目保持为接近恒定值，并且，（ b ）当光信号中的信道数目被改变时，以大约恒定的增益放大已放大的光信号。

附图说明

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特点将会更加明晰。

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，其中相同的符号表示相同的部件。

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_1 和 36_2，光隔离器 38_1 和 38_2，光二极管 40_1 和 40_2，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_3，电控可变光衰减器（ ATT ） 48，光二极管（ PD ） 40_3，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_1，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_2 和光分支耦合器 36_2 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躁比（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 Pc 被控制为 N*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躁比（S/N）的下降。

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。

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）52_1，光分支耦合器 54_1 和 54_2，光隔离器 55_1 和 55_2，光波长复用耦合器 56_1，光二极管（PD）58_1 和 58_2，泵激光二极管 59_1，自动增益控制电路（AGC）60_1。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 μm 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）52_1。此外，为了适当地放大在铒掺杂光纤中传播的 1.5 μm 的频带中的波长复用光信号，使用 0.98 μm 或 1.48 μm 激励带的激励光是已知的。

因此，泵激光二极管 59_1 提供 0.98 μ m 或 1.48 μ 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_1 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_1 。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_1 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_1 的两个方向的在稀土掺杂的光纤（ EDF ）52_1 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_3 和光二极管（ PD ）58_3 。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_1 分支。被分支的部分被提供到光二极管（ PD ）58_4 。光二极管（ PD ）58_4 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_4 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，也可以抽取该控制该信号。

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躁比下降。

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 t1 被接收到时，在时间 t2 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 t1 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 t1 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 t1），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 t1 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 t3，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 t3 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 t1 和 t3 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 t1 和 t3 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 t1 和 t3 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_1 的示意图。现在参见图 5，自动增益控制电路 60_1 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 。 Vcc 为电源电压， Vref 为基准电压， G 为地。

如图 5 所示，光二极管（ PD ） 58_1 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_2 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_1 的输入和输出之间的比。由泵激光二极管 59_1 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_1 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 54_3 分支并由光二极管（ PD ） 58_3 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 fc 为：

$$fc=1/2\ (\ 2\ \pi\ R9.Cswc9\ )$$

其中 Cswc 是选择的电容 C1 或 C2 。因此，通过增加电容值 Cswc，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α的信道被加到总数为N的原始信道时，总的光输出变为（N+α）×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（ fc： ~ 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 fc 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（ fc： ~ 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 Cswc 由转换电路 82 切换使得截止频率 fc 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 Vref 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 ） 52_2，一个光分支耦合器 54_4，一个波长复用耦合器 56_2，一个光隔离器 55_3 和 55_4，光二极管（ PD ） 58_5，泵激光二极管（ LD ） 59_2 和一个自动增益控制电路（ AGC ） 60_2。第三部分 3000 也与第二部分 2000 共享光分支耦合器 54_3 和光二极管（ PD ） 58_3。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 59_1 和第三部分 3000 的泵激光二极管 59_2 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 54_3 和光二极管（ PD ） 58_3，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_1和60_2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躁比下降。

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_3分支，由光二极管（PD）58_3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_5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_2。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54，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54_5，一个光隔离器（PD）58_6，一个离散补偿光纤（DCF）100和离散补偿光纤（DCF）损失校正电路102。光分支耦合器54_5和光隔离器（PD）58_6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54_5分支并由光隔离器（PD）58_6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60_2。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 ）58_2 的输入处的光隔离器 55_2 的输出和光分支耦合器 54_2 之间。光滤波器 A2 被提供于在光二极管（ PD ）58_5 的输入处的光隔离器 55_4 的输出和光分支耦合器 54_4 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）52_2 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）52_2 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）52_2 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）58_5 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）58_5 接收校正的多波长信号使得不希望的敏感特性（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）52_1 和稀土掺杂的光纤（EDF）52_2 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 55_1 和光波长复用耦合器 56_1 被传送到稀土掺杂的光纤（EDF）52_1。放大的波长复用光信号通过光隔离器 55_2 和光分支耦合器 54_2 被输出。

由光分支耦合器 54_1 分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管（PD）58_1 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 60_1。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 54_2 分支的波长复用光信号的一部分通过光二极管（PD）58_2 转换成电信号并被发送到自动增益控制电路 60_1。自动增益控制电路 60_1 控制泵激光二极管 59_1 使得输入到稀土掺杂的光纤（EDF）52_1 和从稀土掺杂的光纤（EDF）52_1 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60_1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）52_1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59_1提供的激励光束的电平。即，泵激光二极管59_1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54_3，光二极管（PD）58_3，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54_3分支的部分被光二极管（PD）58_3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（$0 \leqslant G \leqslant 1$）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60_3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60_3。

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60_3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60_3。

（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VAGC。

（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（$0 \leqslant G \leqslant 1$）。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。

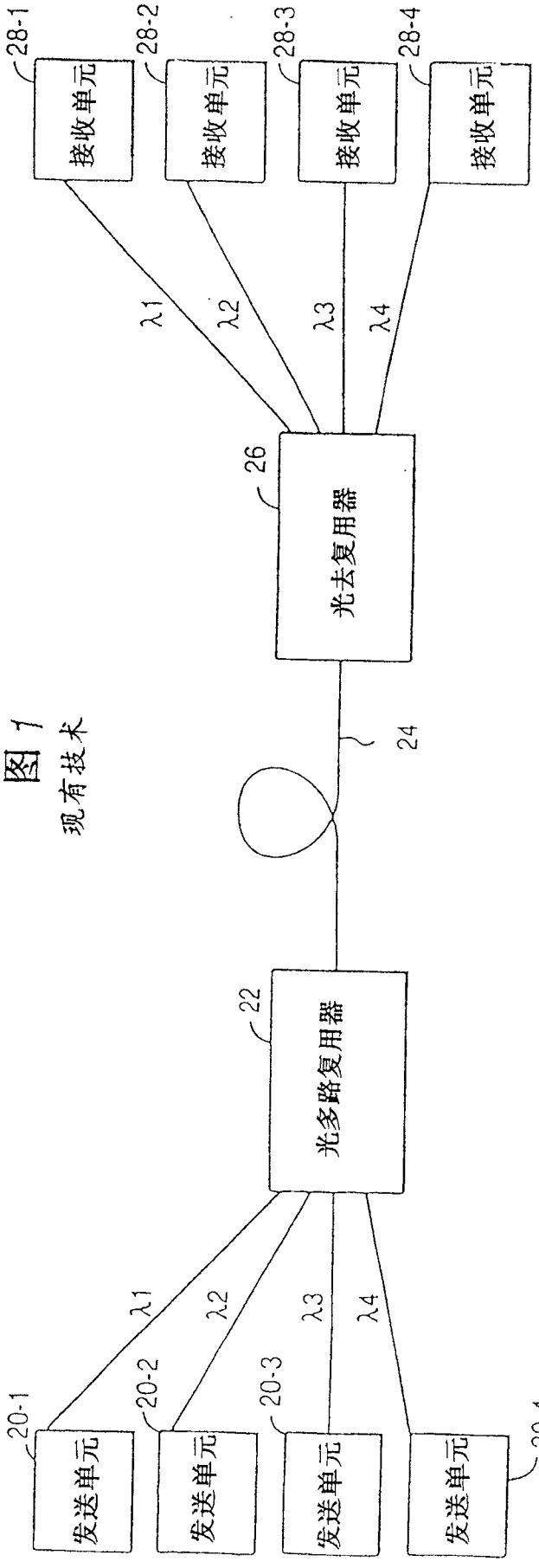

28-1
接收单元
28-2
接收单元
28-3
接收单元
28-4
接收单元
λ1
λ2
λ3
λ4
26
光去复用器
24
22
光多路复用器
λ1
λ2
λ3
λ4
20-1
发送单元
20-2
发送单元
20-3
发送单元
20-4
发送单元

图 1
现有技术

现有技术

图 2

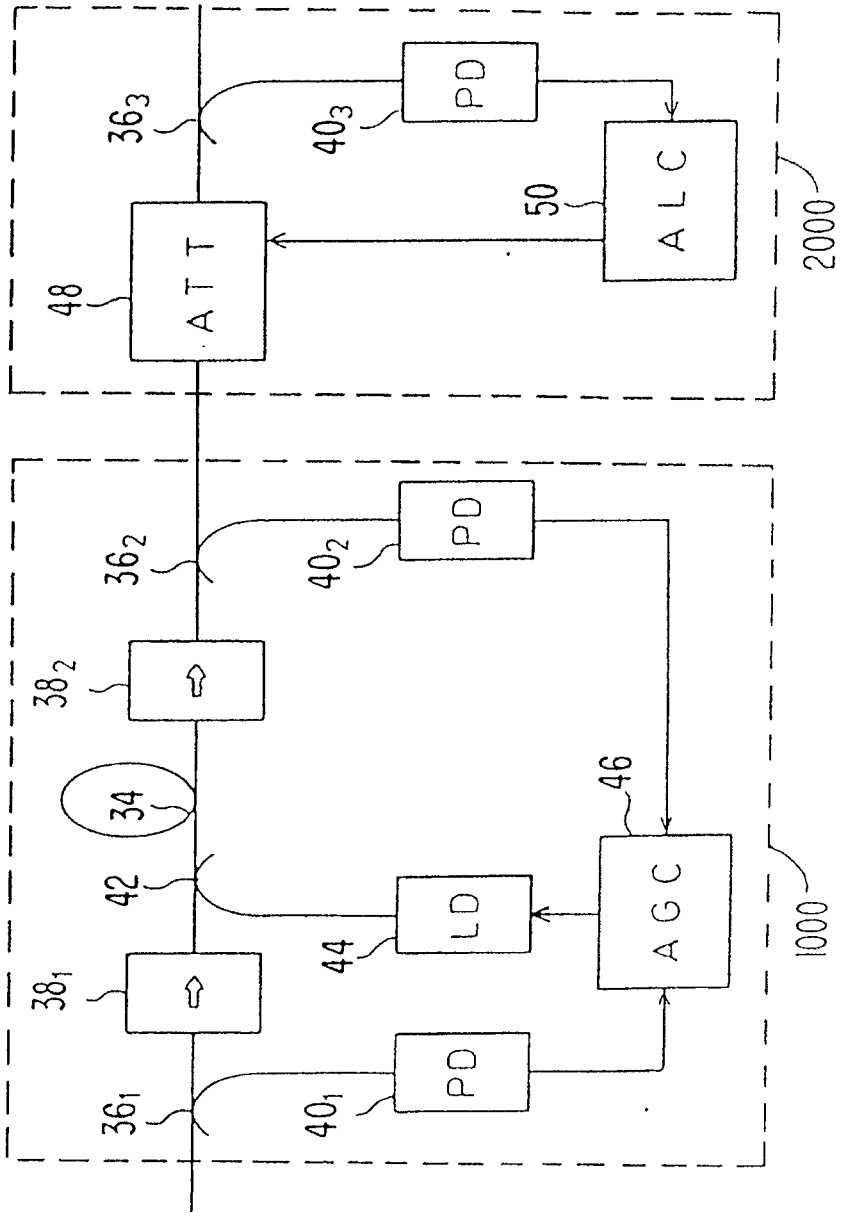
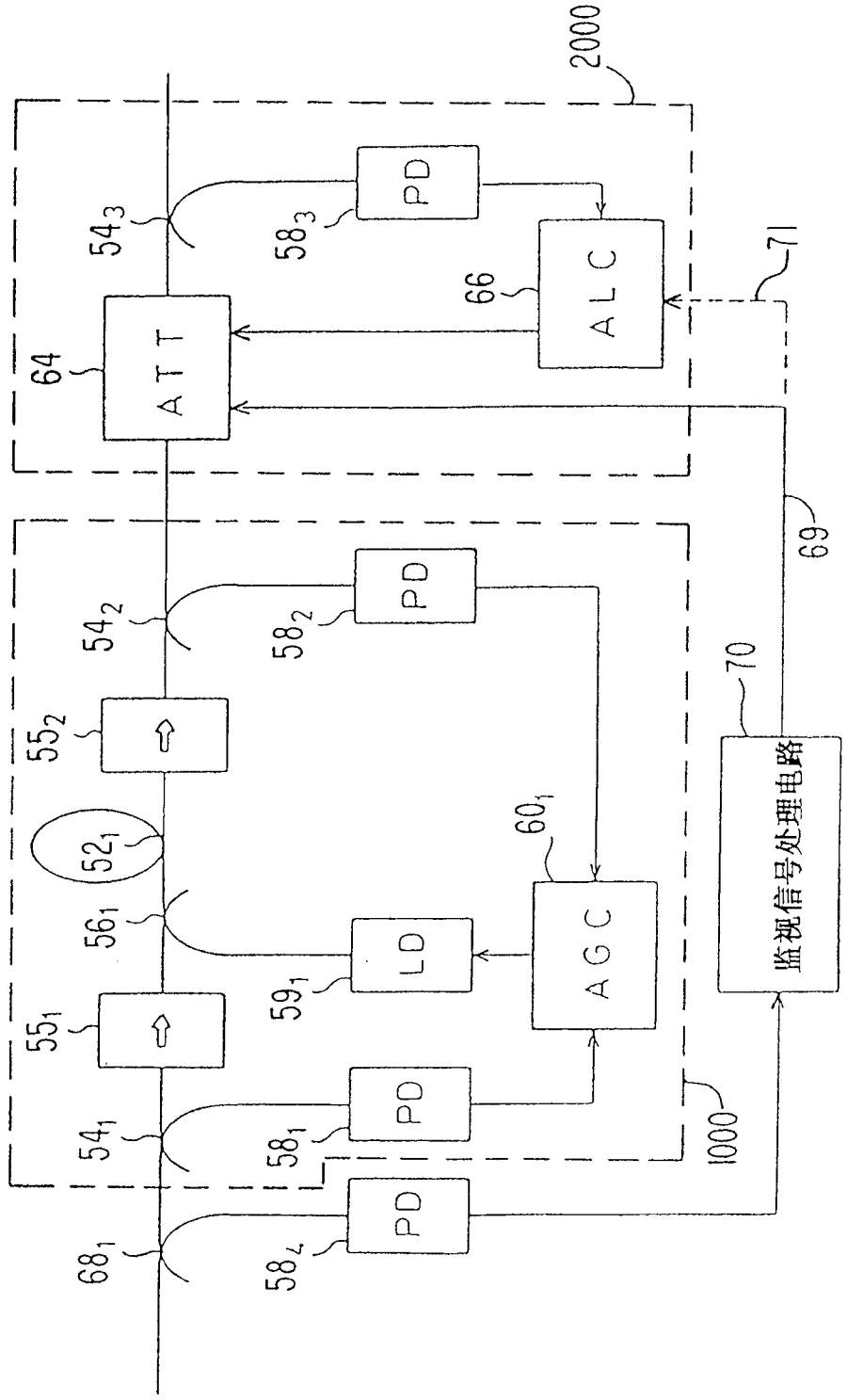

PD
40_3
36_3
50
ALC
2000
48
ATT
PD
40_2
36_2
38_2
34
46
42
LD
44
AGC
1000
38_1
PD
40_1
36_1

图 3


2000
PD
58_3
54_3
66
ALC
71
64
ATT
69
PD
58_2
54_2
70
55_2
52_1
60_1
56_1
LD
59_1
AGC
监视信号处理电路
55_1
PD
54_1
58_1
1000
PD
68_1
58_4

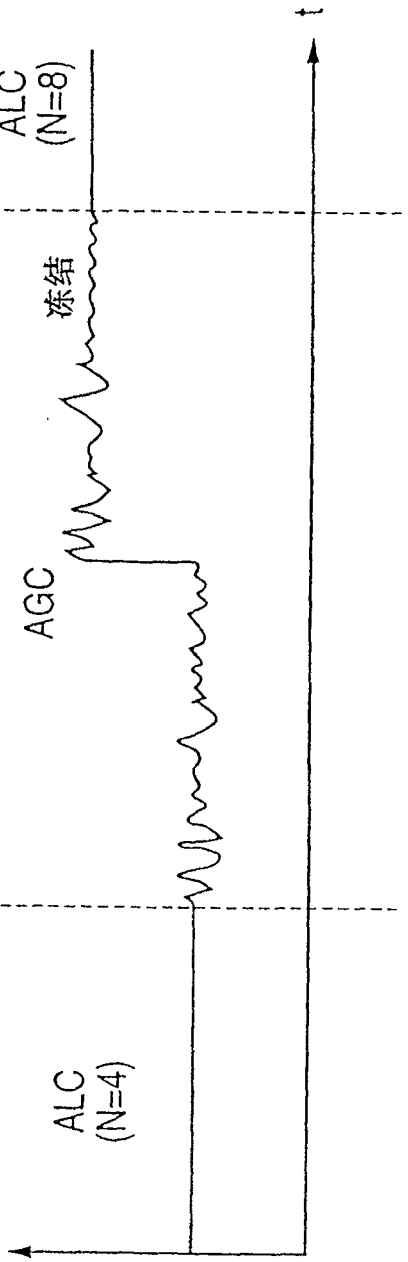


图4(A)

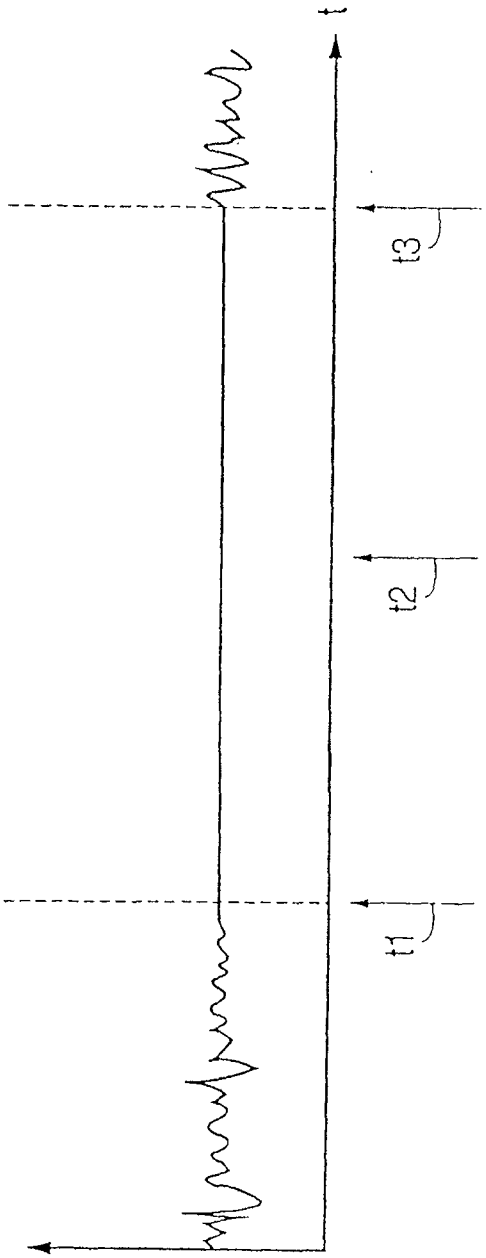


图 4(B)

图 5

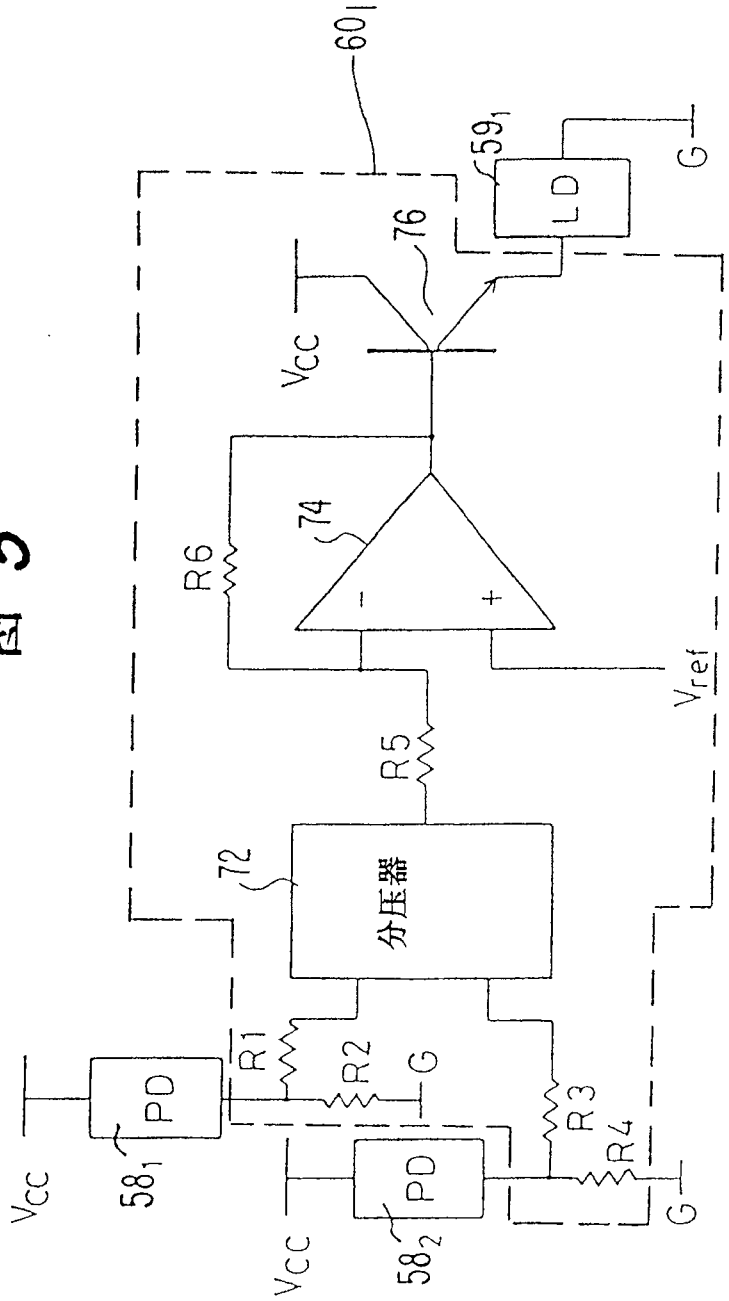

60
59₁
LD
G
76
Vcc
74
R6
-
+
Vref
R5
72
分压器
R1
R2
G
R3
R4
PD
58₁
Vcc
PD
58₂
Vcc
G

图 6

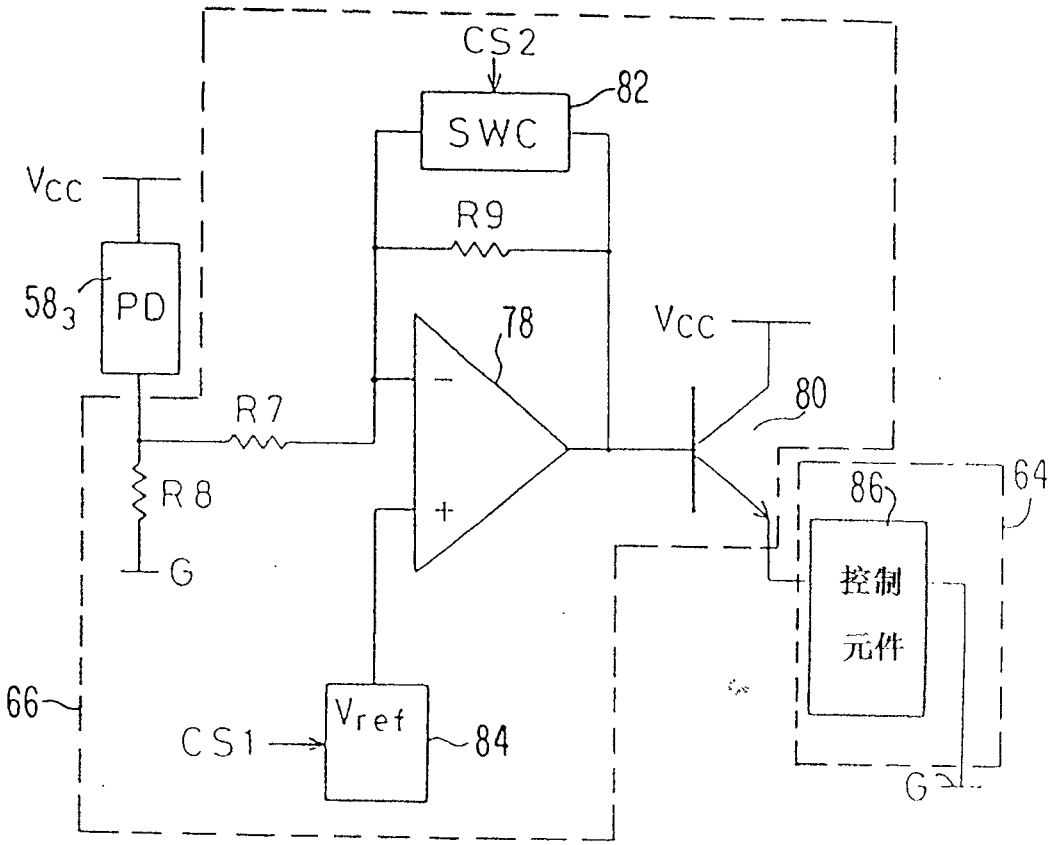
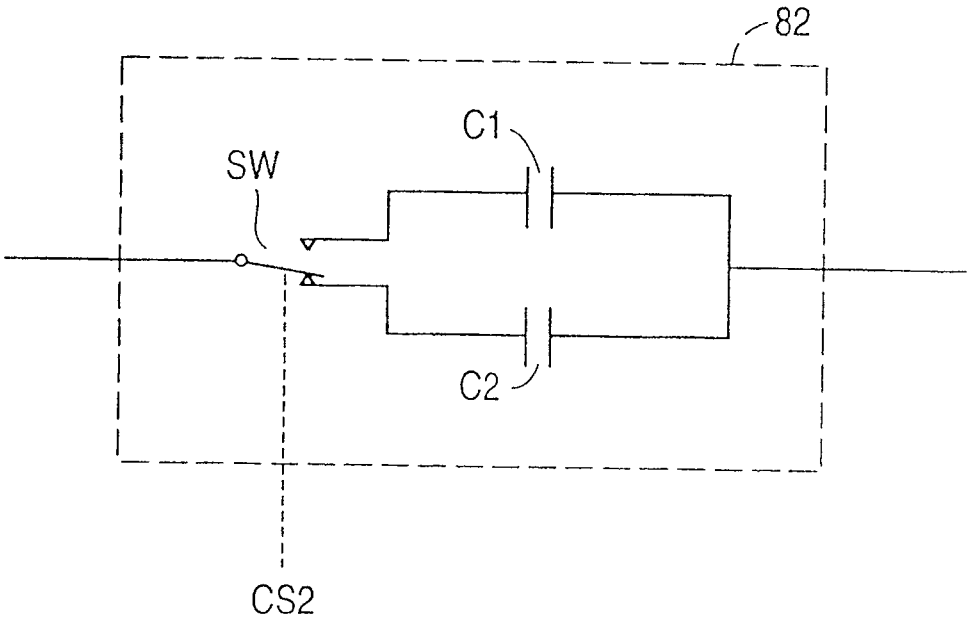

CS2
82
SWC
Vcc
R9
58 3
PD
78
Vcc
80
R7
R8
G
86
64
控制
元件
66
CS1
Vref
84
G

图 7



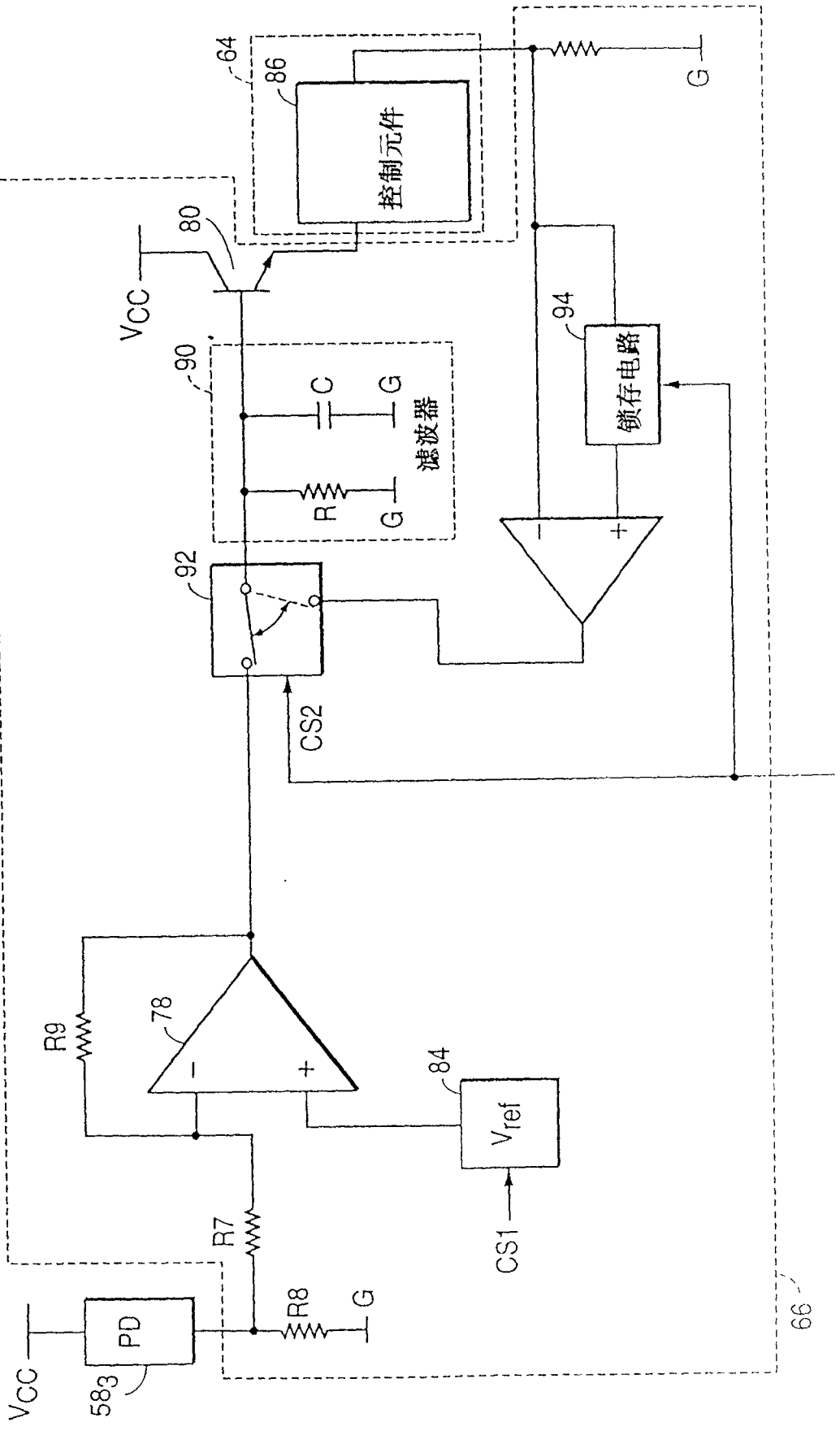

64
86
控制元件
G
80
VCC
90
C
G
滤波器
R
G
94
锁存电路
92
CS2
R9
78
84
Vref
CS1
R7
R8
G
PD
583
VCC
66

图 8

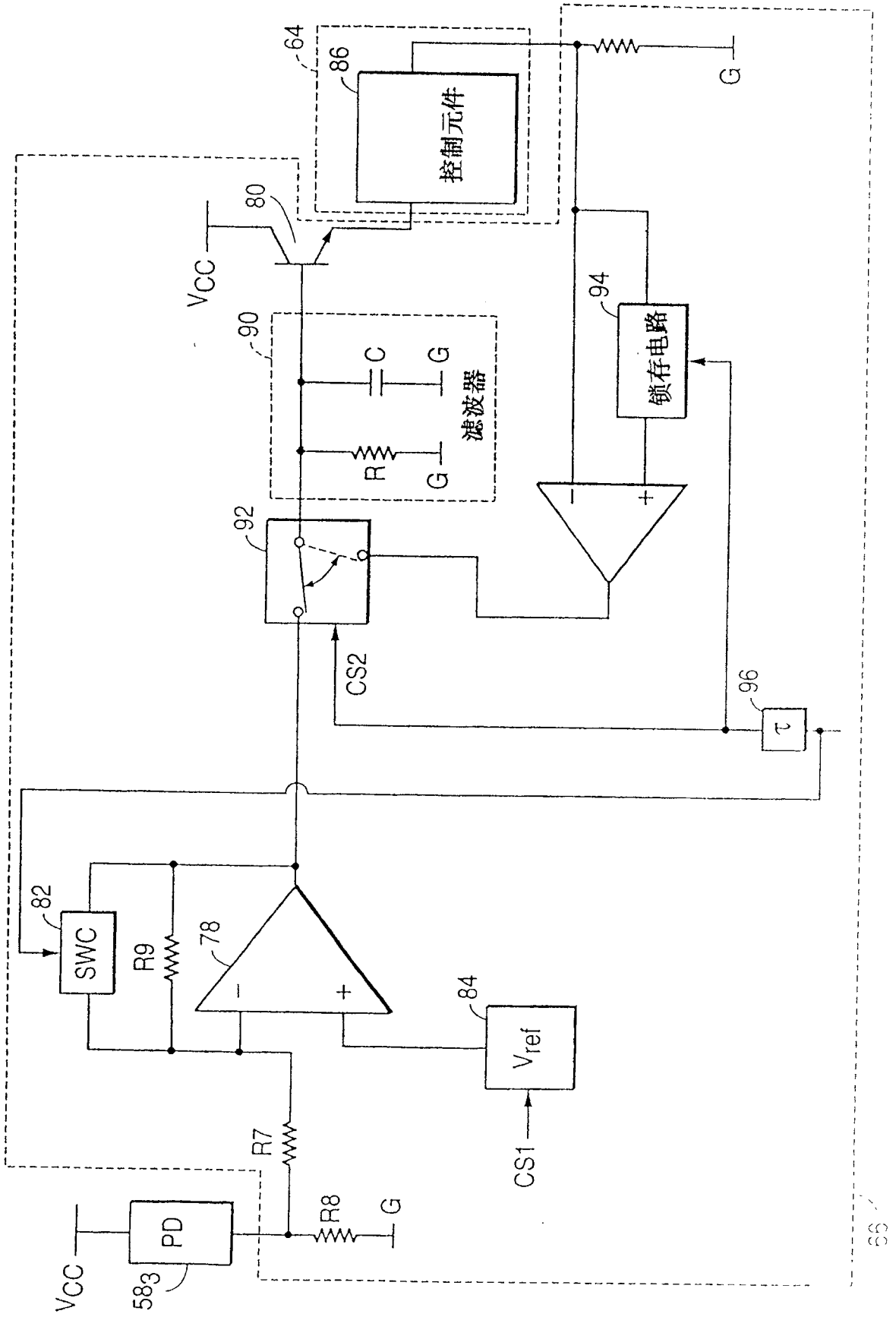

64
86
控制元件
G
80
VCC
90
C
G
滤波器
R
G
94
锁存电路
92
CS2
96
τ
82
SWC
R9
78
84
Vref
CS1
R7
R8
G
PD
VCC
583
66

图 9

图 10

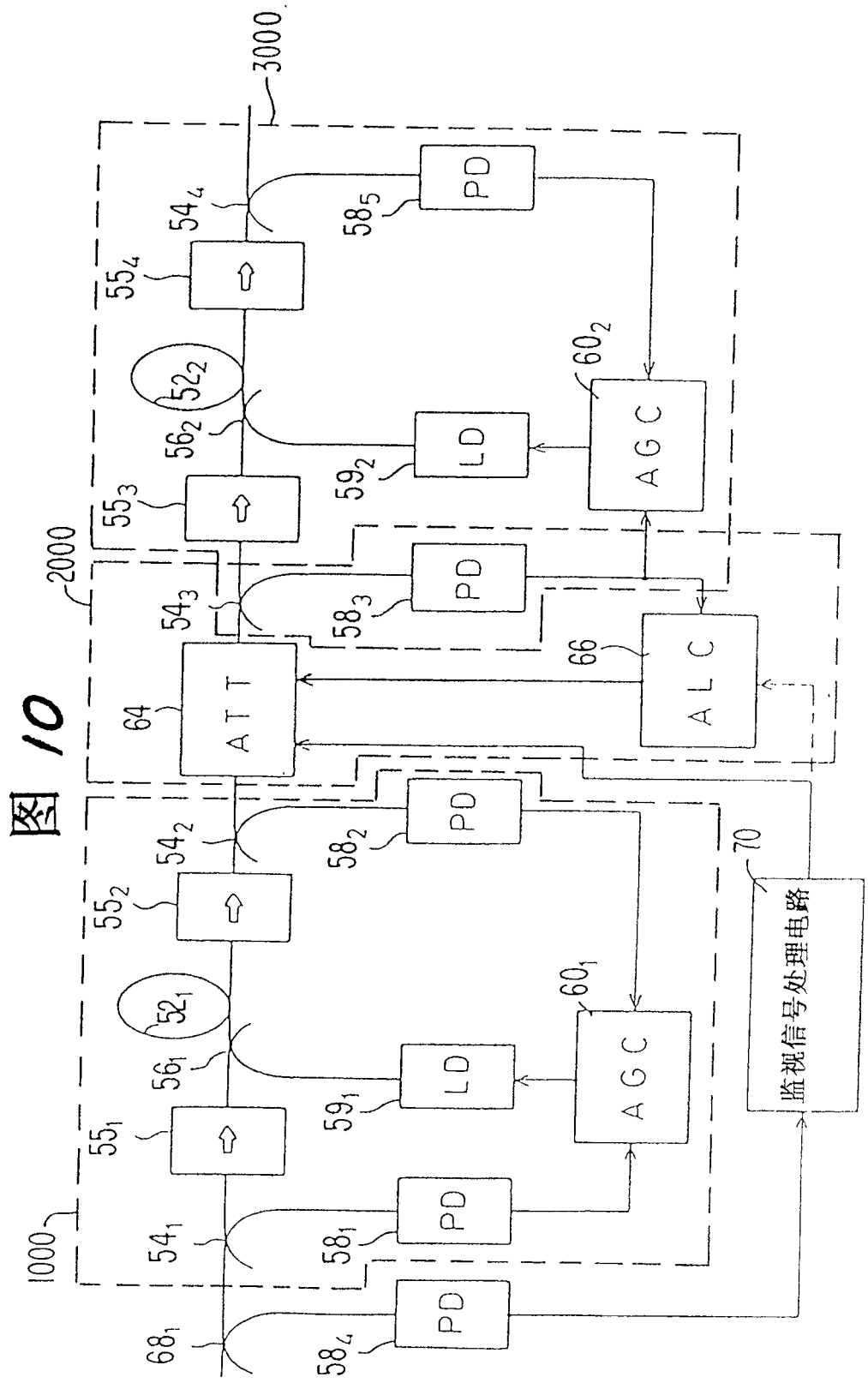


图 11

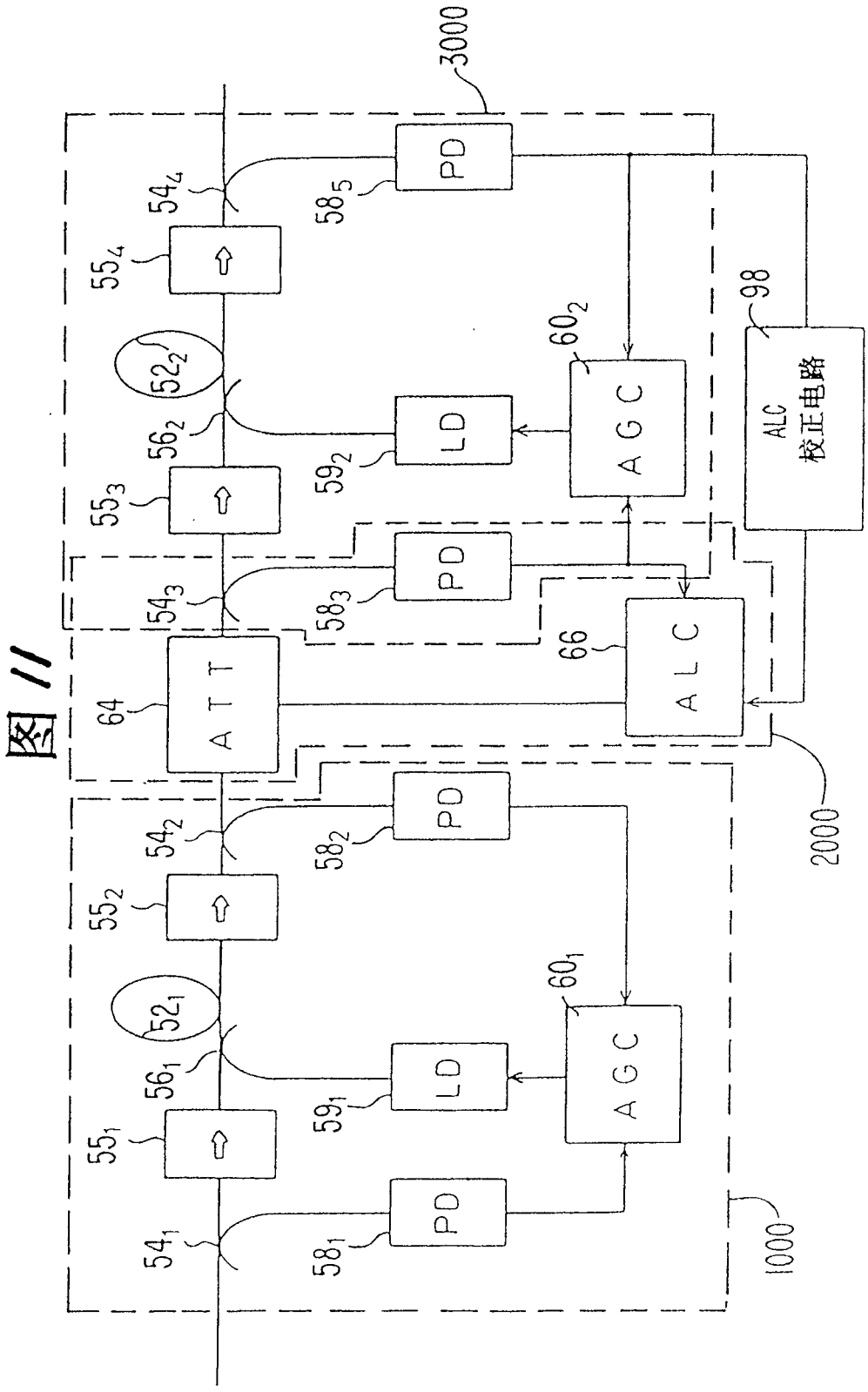

3000
PD
58_5
54_4
55_4
52_2
56_2
LD
59_2
60_2
AGC
98
ALC
校正电路
55_3
PD
58_3
54_3
66
ALC
64
ATT
PD
58_2
54_2
55_2
52_1
60_1
56_1
LD
59_1
AGC
55_1
PD
58_1
54_1
2000
1000

图 12

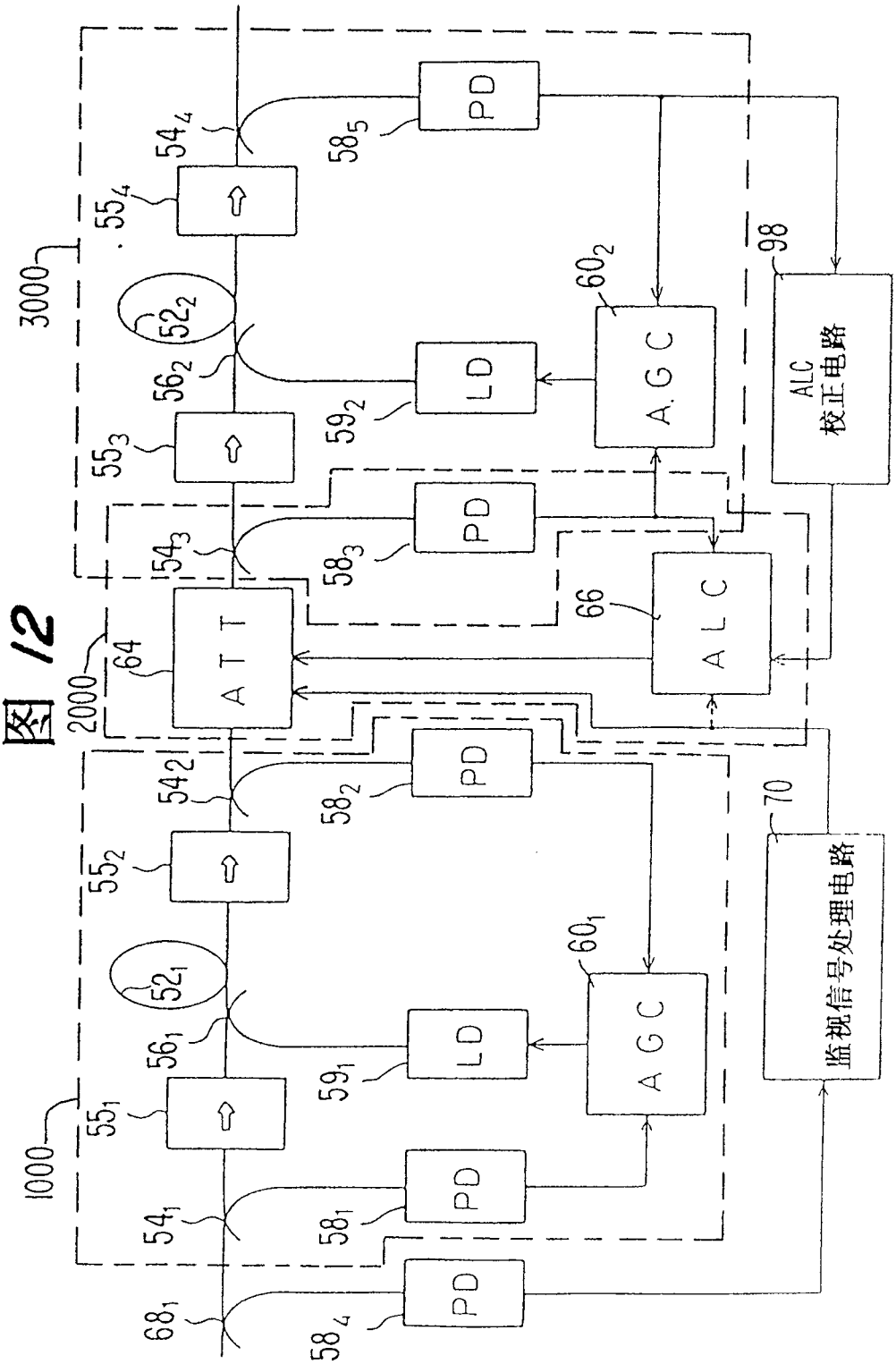


图 13

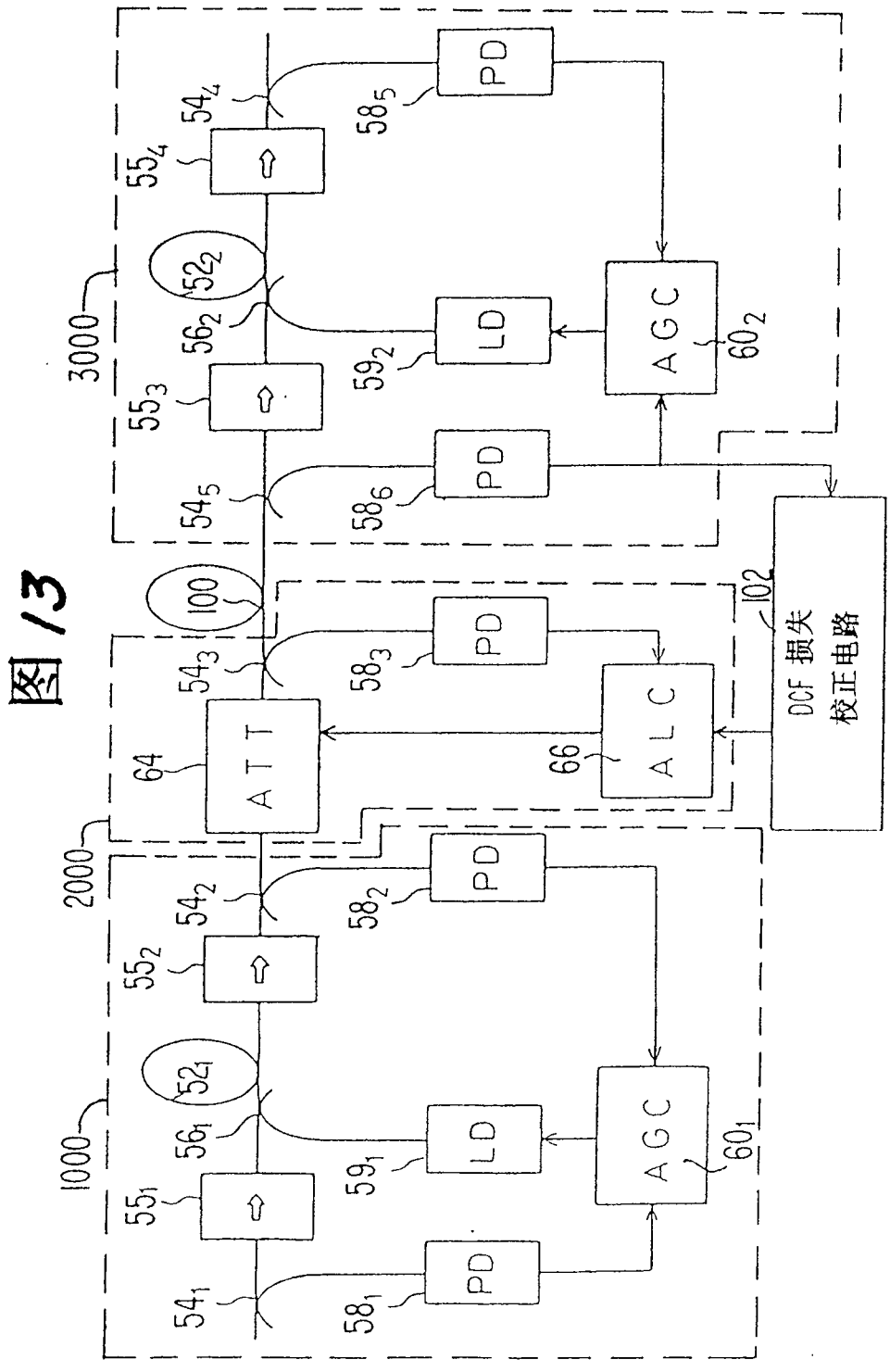

3000
2000
1000
100
PD
LD
AGC
ATT
ALC
DCF 损失
校正电路
102
64
66
54_1
54_2
54_3
54_4
54_5
55_1
55_2
55_3
55_4
56_1
56_2
58_1
58_2
58_3
58_5
58_6
59_1
59_2
60_1
60_2
52_1
52_2

图 14

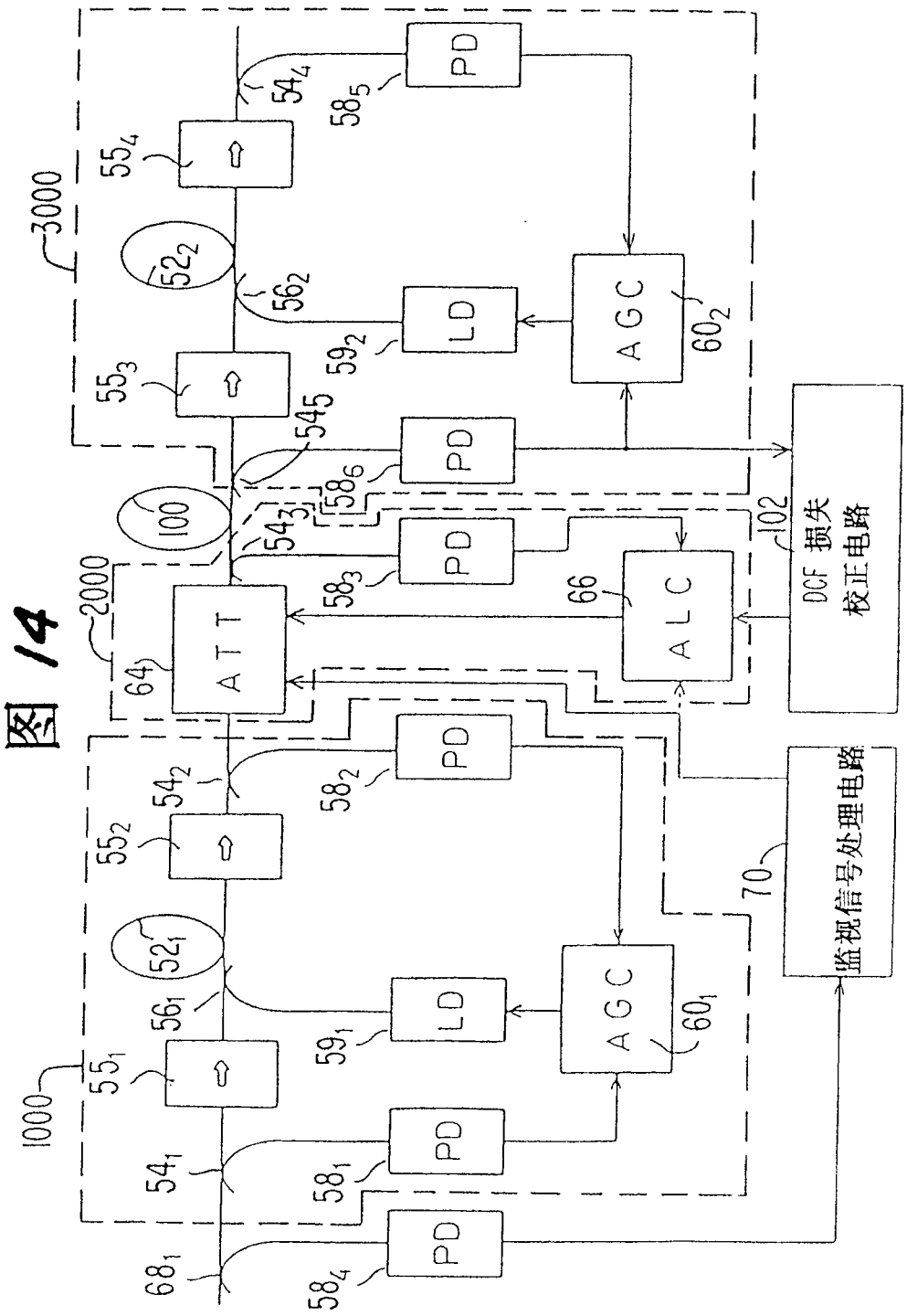

3000
2000
1000
100
PD
LD
AGC
ATT
ALC
DCF 损失
校正电路
监视信号处理电路
70
102
66
64
52_1
52_2
54_1
54_2
54_3
54_4
54_5
55_1
55_2
55_3
55_4
56_1
56_2
58_1
58_2
58_3
58_4
58_5
58_6
59_1
59_2
60_1
60_2
68_1

图 15

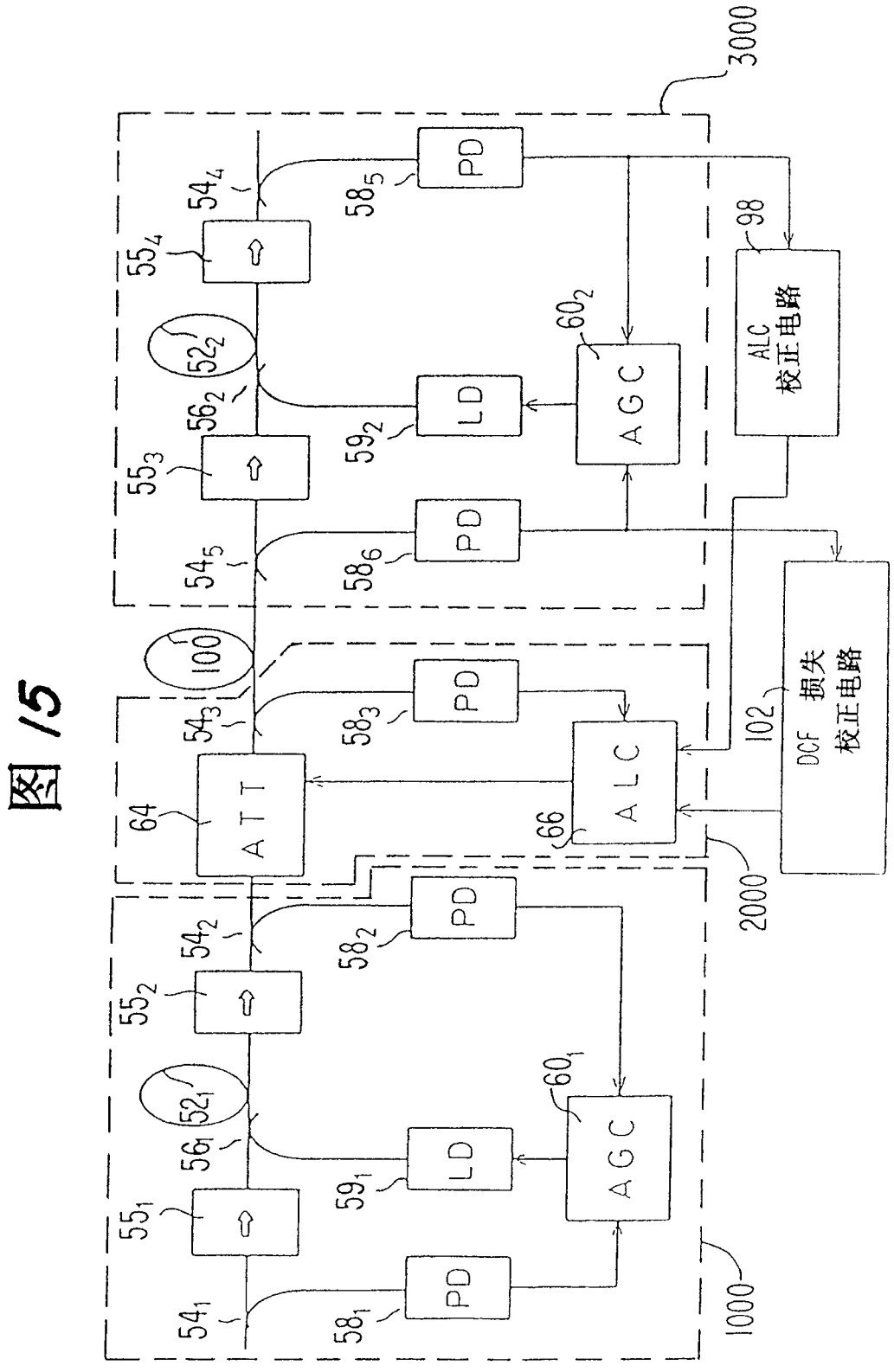
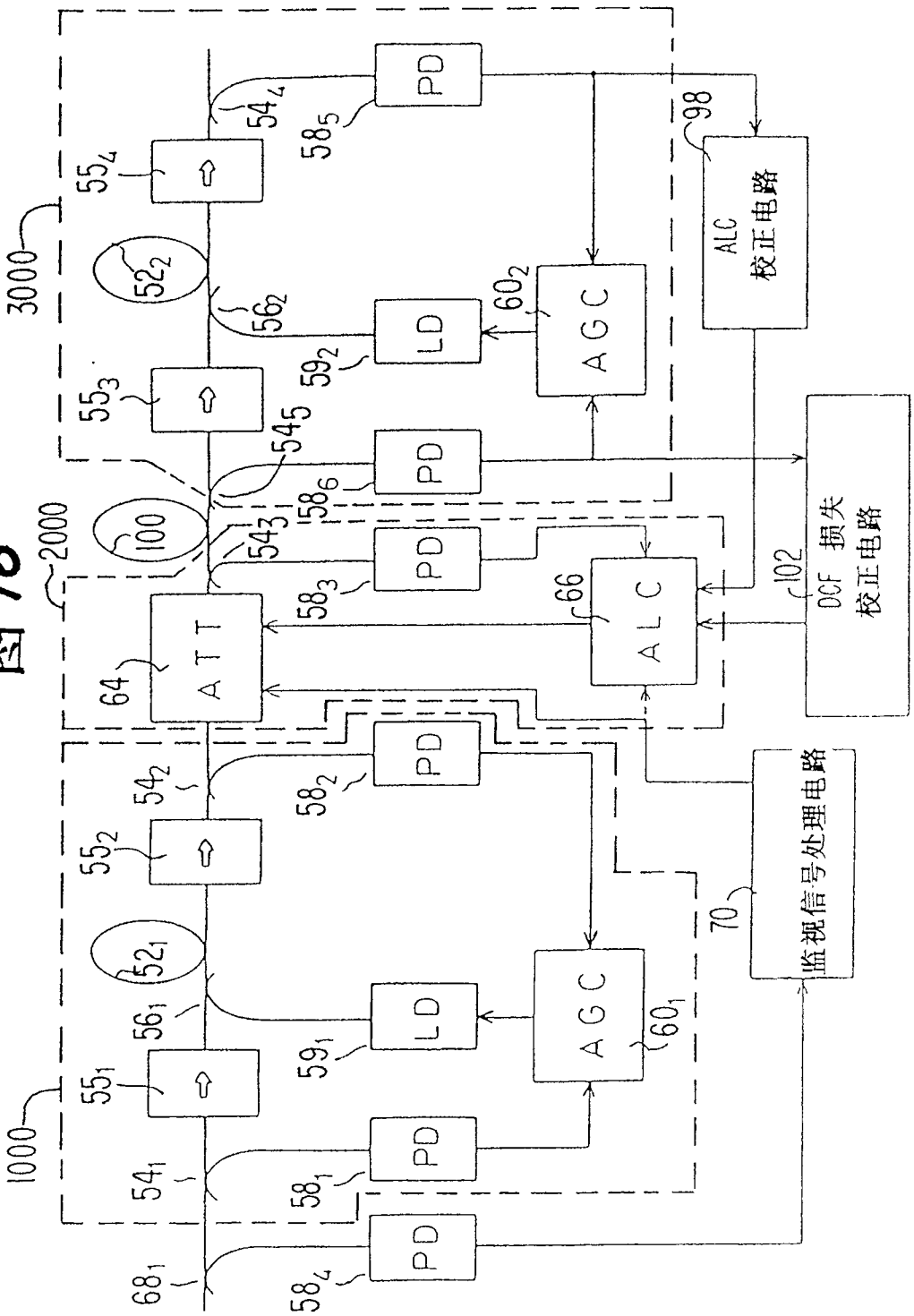

3000
PD
LD
AGC
ALC
校正电路
ATT
DCF 损失
校正电路
2000
1000
100
98
102
64
66

图 16


3000
2000
1000
100
ATT
64
AGC
LD
PD
ALC
66
ALC 校正电路
98
DCF 损失 校正电路
102
监视信号处理电路
70

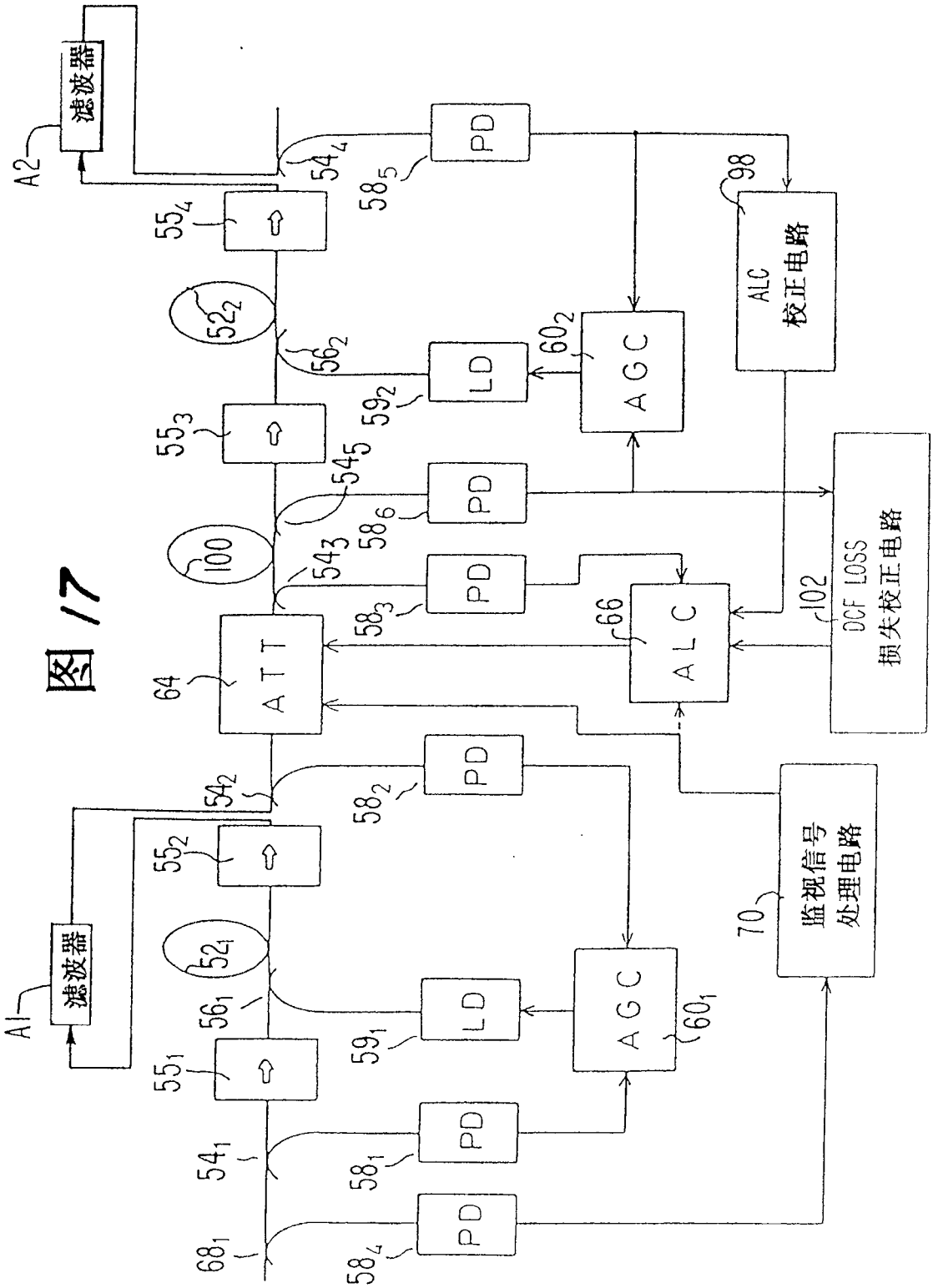

滤波器
A2
滤波器
A1
PD
LD
AGC
ALC
ATT
100
64
66
98
102
70
ALC
校正电路
DCF LOSS
损失校正电路
监视信号
处理电路

图 17

图 18(A)

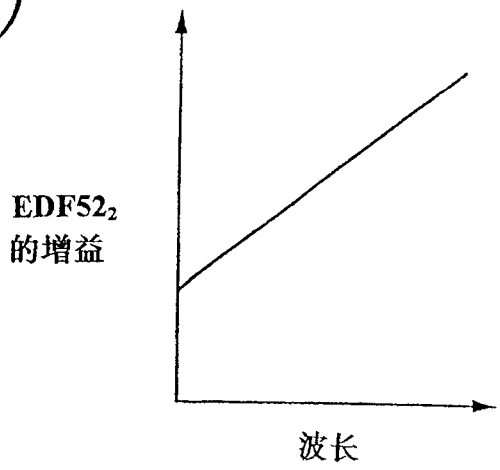


图18(B)

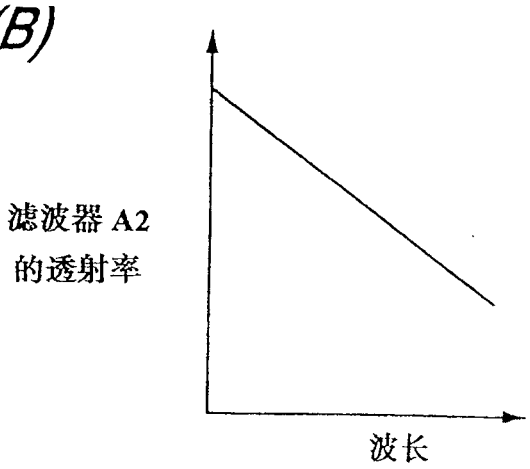


图 18(C)

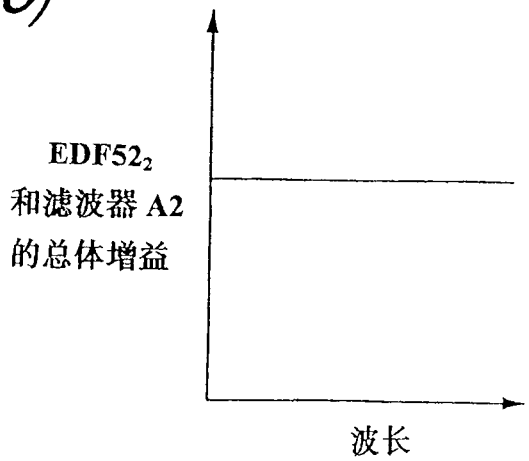


图 19

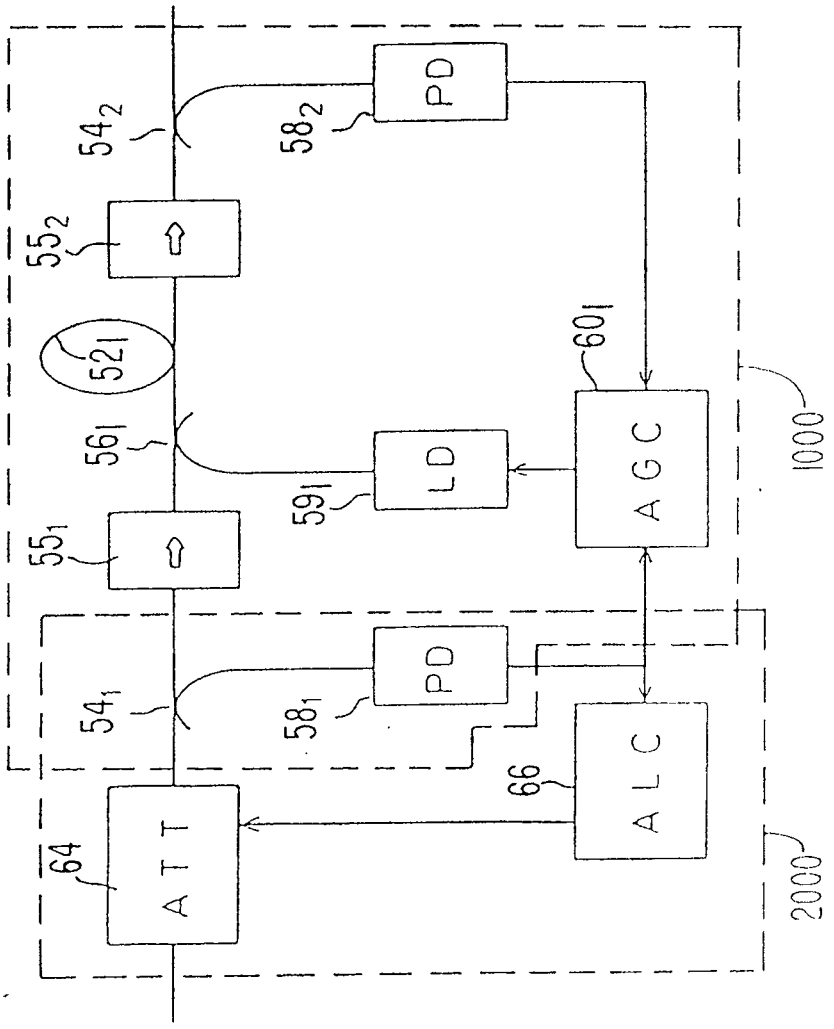

PD
58_2
54_2
55_2
52_1
56_1
60_1
LD
59_1
AGC
1000
55_1
PD
54_1
58_1
66
ALC
64
ATT
2000

图 20

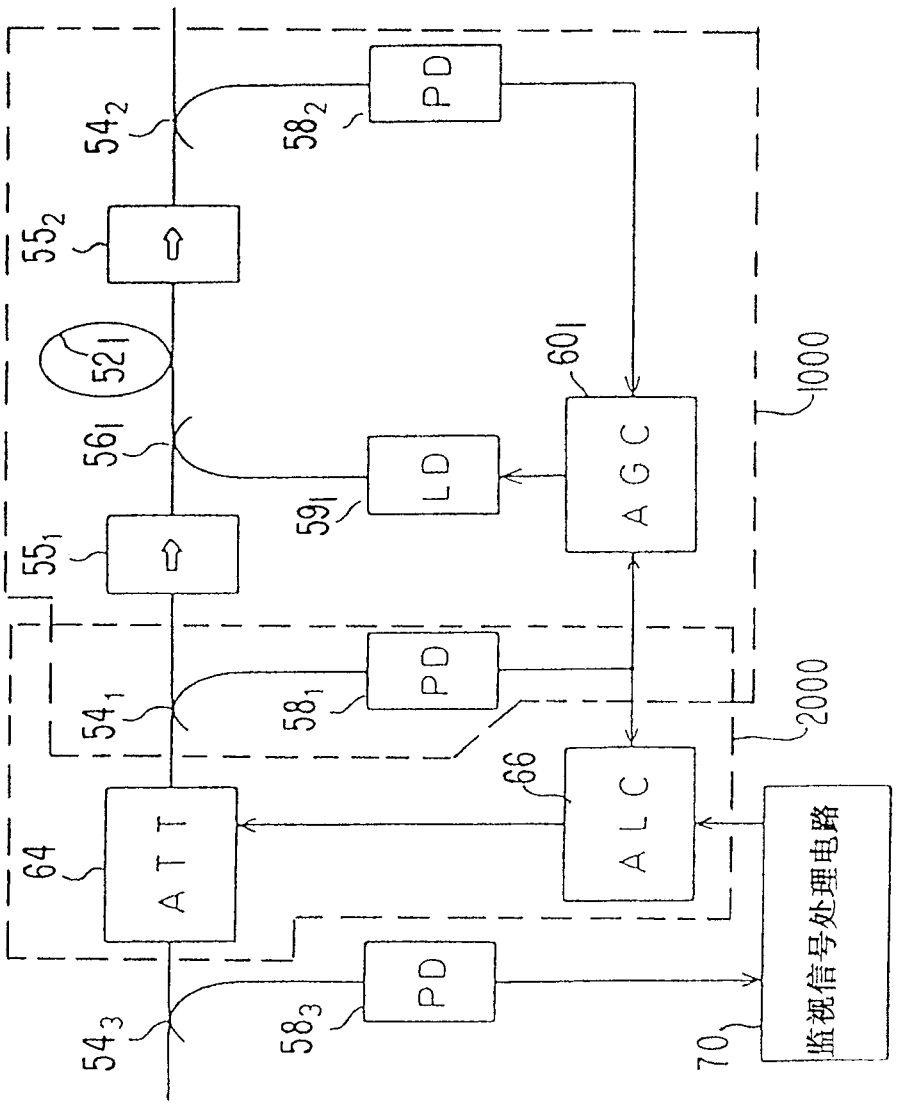


图 21

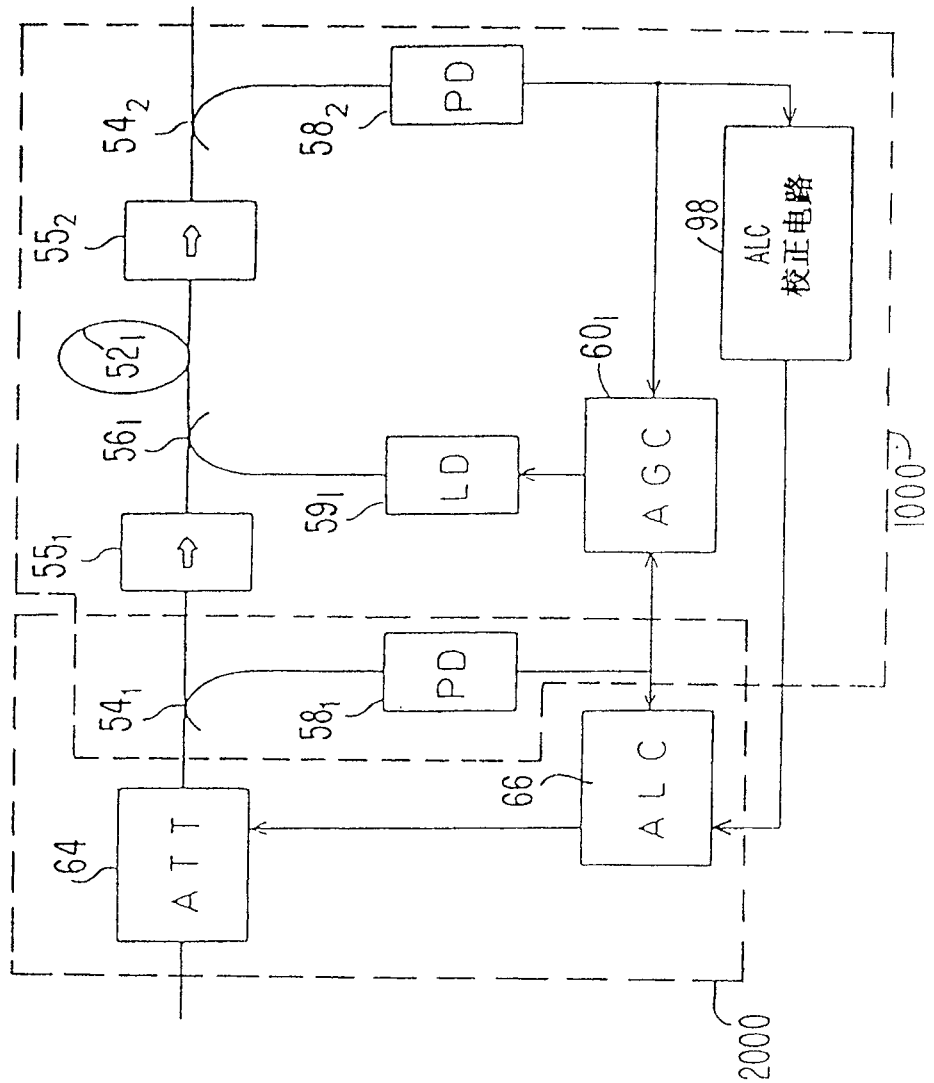

PD
58_2
54_2
55_2
52_1
56_1
LD
59_1
55_1
60_1
AGC
98
ALC
校正电路
1000
PD
58_1
54_1
66
ALC
64
ATT
2000

图 22

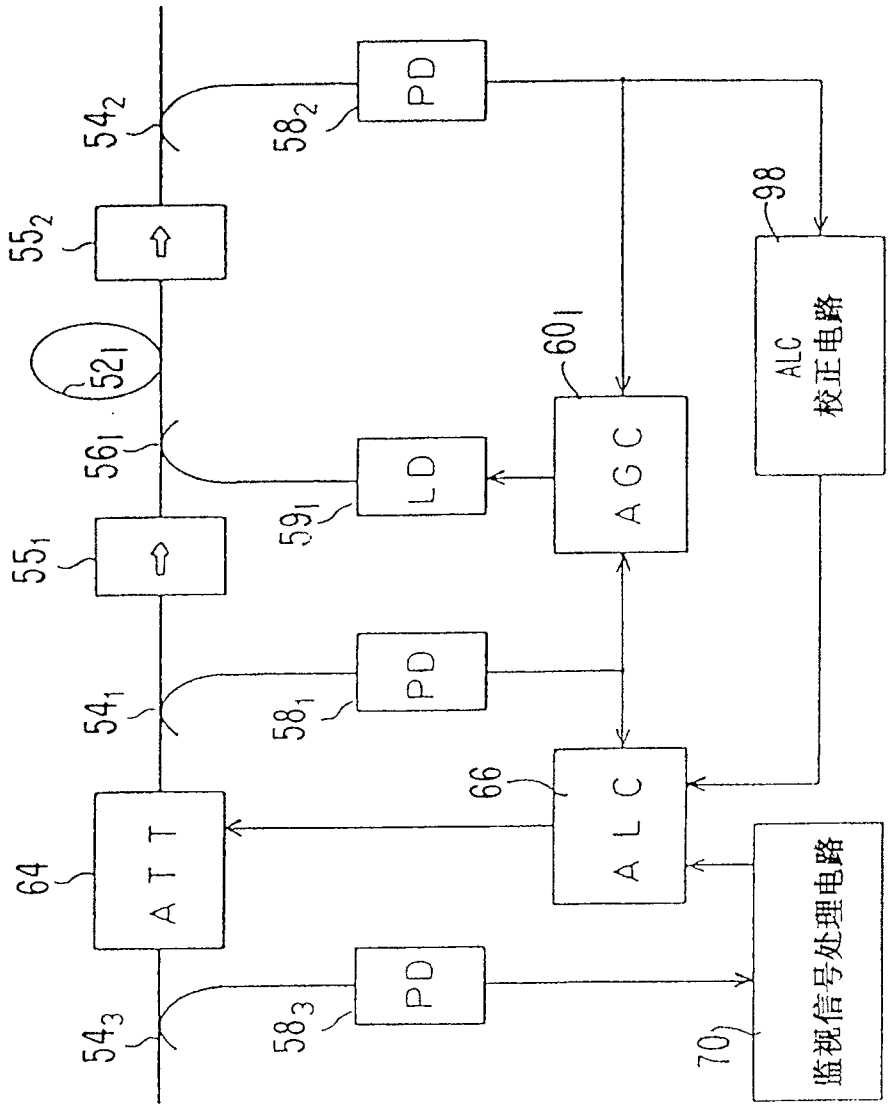
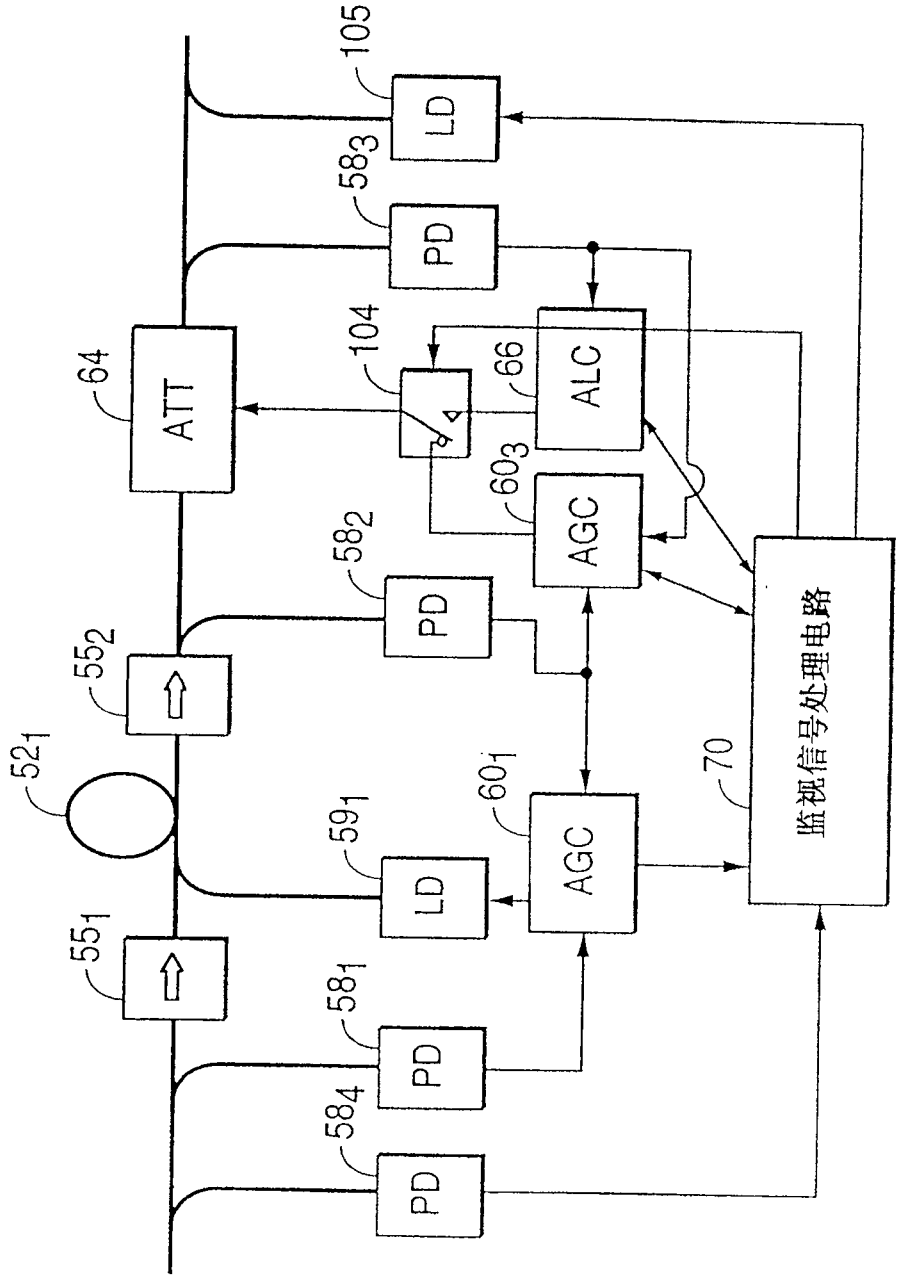

PD
58_2
54_2
55_2
52_1
56_1
LD
59_1
55_1
54_1
PD
58_1
64
ATT
54_3
PD
58_3
60_1
AGC
66
ALC
98
ALC
校正电路
70
监视信号处理电路

图 23


105
LD
58_3
PD
104
66
ALC
64
ATT
60_3
AGC
58_2
PD
55_2
52_1
70
监视信号处理电路
60_1
59_1
LD
AGC
55_1
58_1
PD
58_4
PD

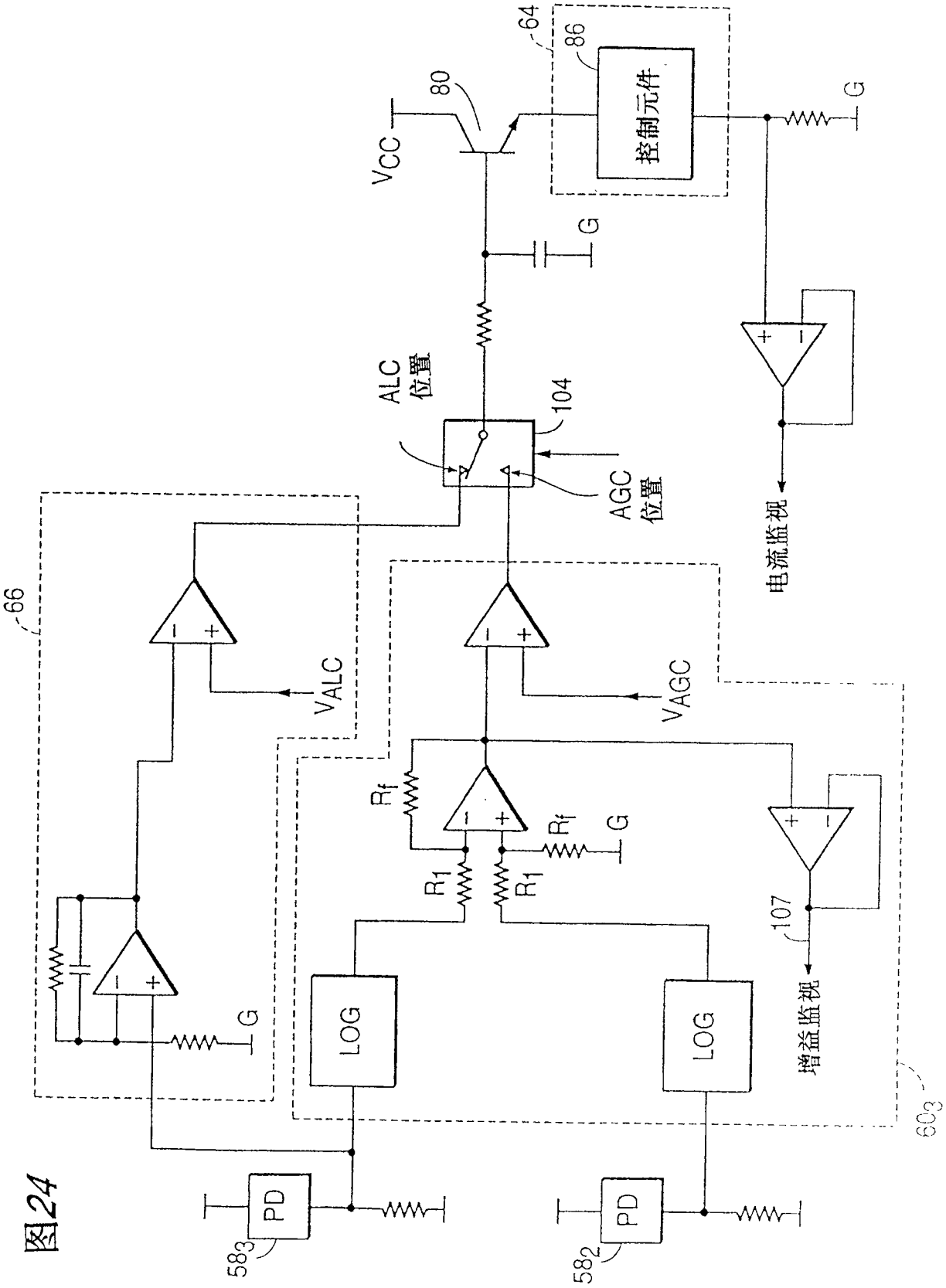

64
86
控制元件
80
VCC
G
ALC
位置
104
AGC
位置
电流监视
66
VALC
VAGC
Rf
R1
107
增益监视
LOG
PD
583
582
603

图24

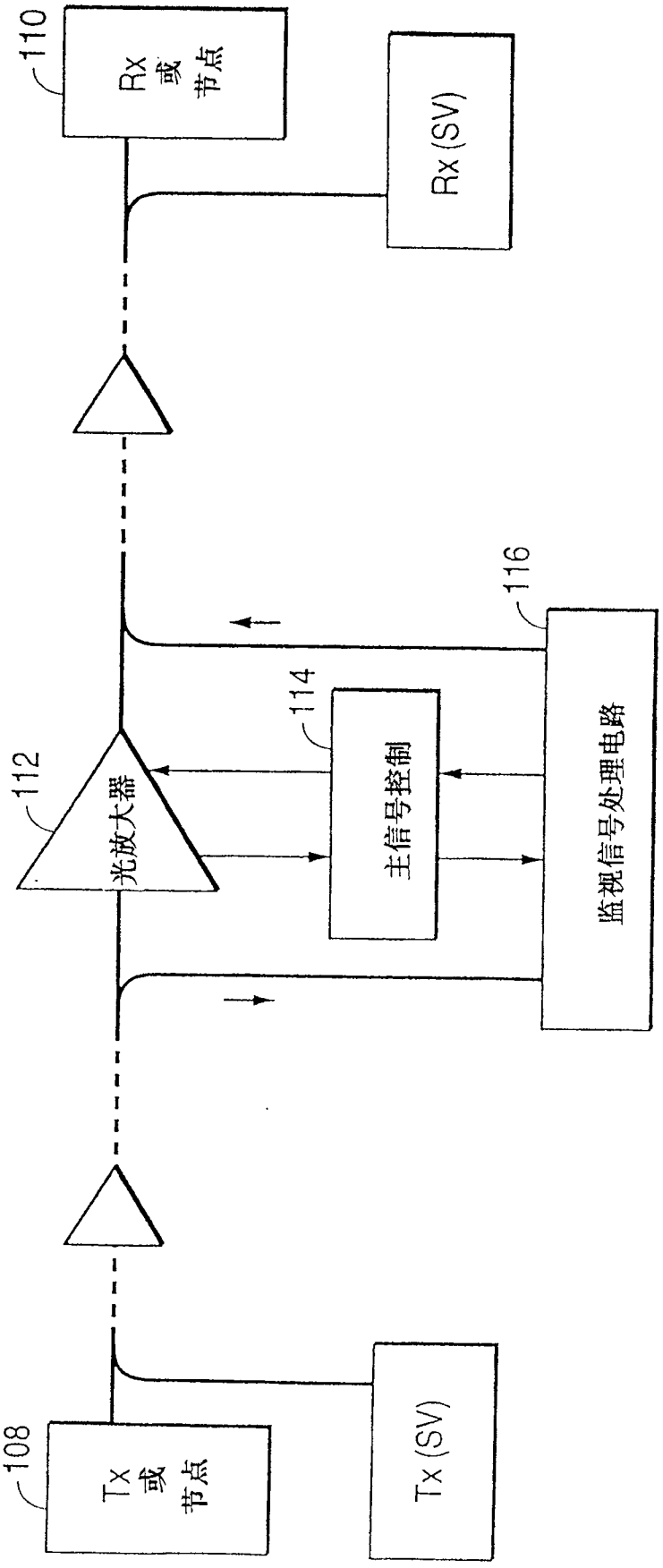
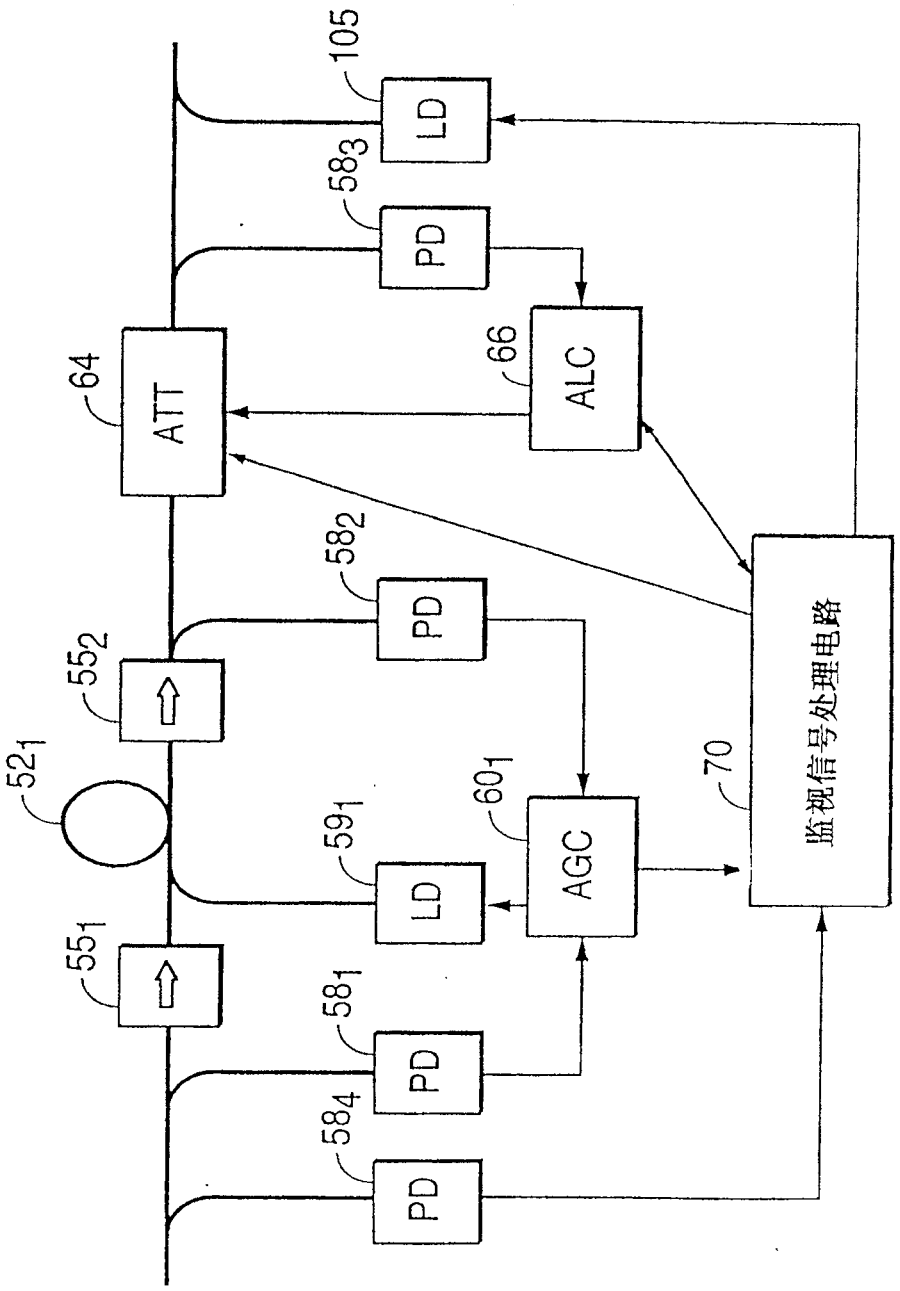

110
Rx
或
节点
Rx (SV)
116
114
112
光放大器
主信号控制
监视信号处理电路
108
Tx
或
节点
Tx (SV)

图 25

图 26


105
LD
58_3
PD
66
ALC
64
ATT
58_2
PD
55_2
52_1
59_1
LD
60_1
AGC
70
监视信号处理电路
55_1
58_1
PD
58_4
PD

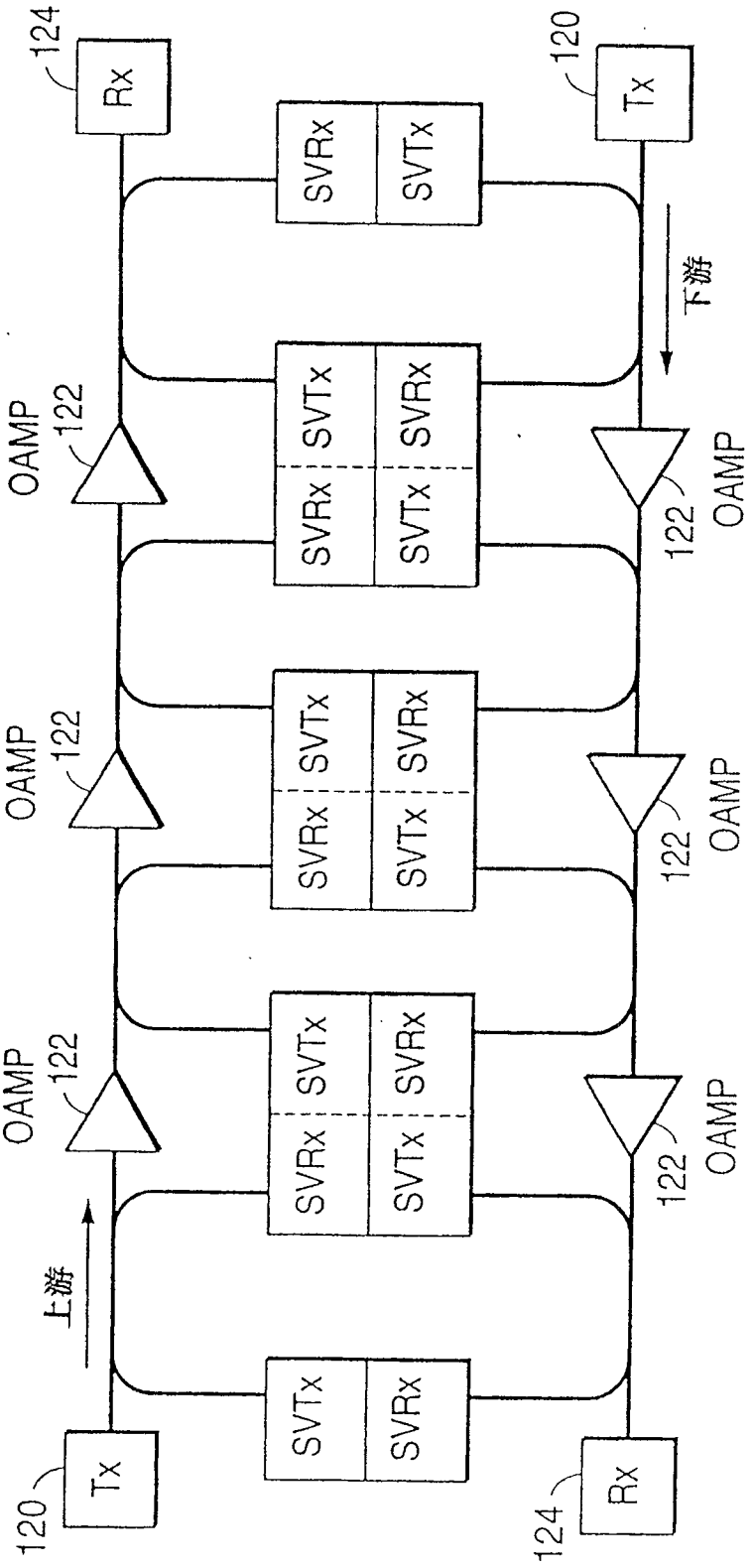


图 27

图 28

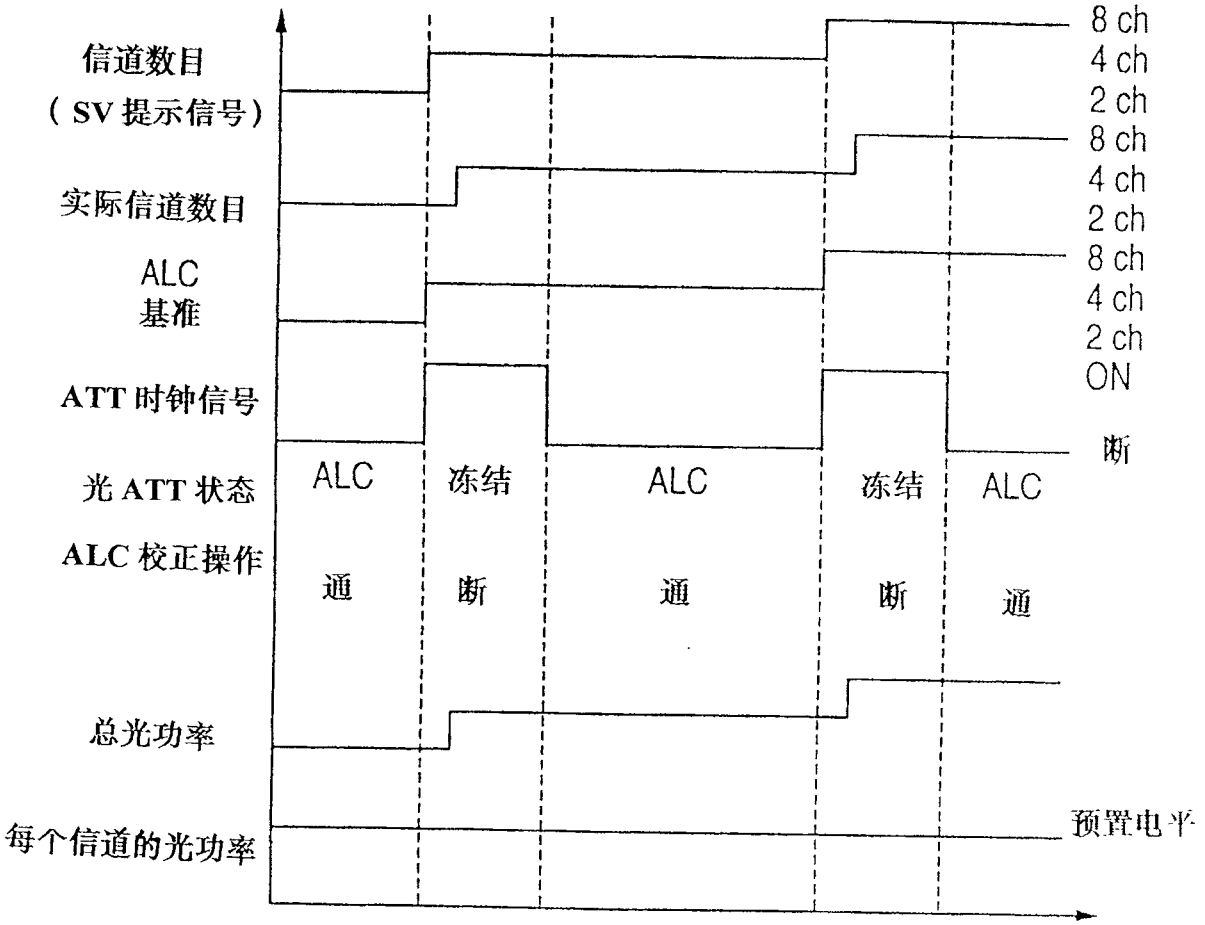

信道数目
(SV 提示信号)
实际信道数目
ALC
基准
ATT 时钟信号
光 ATT 状态
ALC 校正操作
总光功率
每个信道的光功率
8 ch
4 ch
2 ch
8 ch
4 ch
2 ch
8 ch
4 ch
2 ch
ON
断
ALC
通
冻结
断
ALC
通
冻结
断
ALC
通
预置电平

图 29

