

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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

H04B 10/17

G02B 6/10



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99109442.5

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 1131611C

[22] 申请日 1999.7.2 [21] 申请号 99109442.5

[30] 优先权

[32] 1998. 7. 2 [33] KR [31] 98 - 26651

[71] 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 黄星泽 尹秀永

拉尔斯·约翰·阿尔宾森·尼尔森

审查员 徐 刚

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公  
司

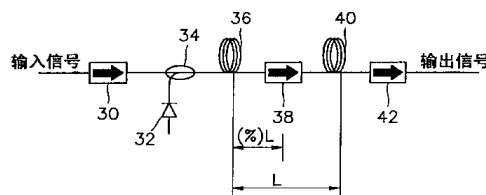
代理人 姜丽楼

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称 适合于长波光信号的掺铒杂光纤放大器

[57] 摘要

一种适合放大 1570 至 1610nm 波段范围内长波光信号的光纤放大器包括：一用于生成 980 至 1480nm 波段的激励光的激励光源；一用于从激励光源接收激励光并把激励光与接收的信号光耦合的光耦合器；用铒离子掺杂的第一及第二段光纤；和一定位于第一及第二段光纤之间一点上的隔离器。可改善放大长波接收信号光的 EDFA 的增益及干扰波数值且可制成适合放大 1570 至 1610nm 波段的接收信号光的 EDFA。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种用于放大接收的信号光的铒掺杂光纤放大器(EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成 980nm 波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的光信号；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间的一点上的隔离器，从第一段光纤的输入端算起，该点与第一及第二段光纤的组合长度的 9—15% 的位置对应。

2. 根据权利要求 1 所述的 EDFA，其特征在于，第一及第二段光纤的组合长度为 21m，并且隔离器位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的 13% 处对应的一点上。

3. 一种用于放大接收的信号光的铒掺杂光纤放大器(EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成 980nm 波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的光信号；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间的隔离器，其中：

第一及第二段光纤的组合长度为 48 至 66m，并且隔离器定位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的 3—7% 的位置对应的点上。

4. 根据权利要求 3 所述的 EDFA，其特征在于，第一及第二段光纤的组合长度为 58m，并且隔离器位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及

第二段光纤的组合长度的5%处对应的一点上。

5. 一种用于放大接收的信号光的铒掺杂光纤放大器(EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成1480nm波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的信号光；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间一点上的隔离器，从第一段光纤的输入端算起，该点与第一及第二段光纤的组合长度的11—25%的位置对应。

6. 根据权利要求5所述的EDFA，其特征在于，第一及第二段光纤的组合长度为32m，并且隔离器位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的17%处对应的一点上。

7. 一种用于放大接收的信号光的铒掺杂光纤放大器(EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成1480nm波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的信号光；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间的隔离器，其中：

第一及第二段光纤的组合长度为60至68m，并且隔离器定位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的7—11%的位置对应的一点上。

8. 根据权利要求7所述的EDFA，其特征在于，第一及第二段光纤的组合长度为63m，并且隔离器位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的9%处对应的一点上。

9. 一种用于放大1570至1610nm波段的接收的信号光的铒掺杂光纤放大器(EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成 980 或 1480nm 波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的信号光；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间的一个点上的隔离器；

在激励光源生成 980nm 波段的激励光的情况下，所述隔离器定位于从所述第一段光纤的输入端算起的与所述第一及第二段光纤的组合长度的 9—15% 处对应的一点上。

10. 根据权利要求 9 所述的 EDFA，其特征在于，在激励光源生成 980nm 波段的激励光且第一及第二段光纤的组合长度为 48 至 66m 的情况下，隔离器定位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的 3—7% 处对应的一点上。

11. 一种用于放大 1570 至 1610nm 波段的接收的信号光的铒掺杂光纤放大器 (EDFA)，其特征在于，它包括：

一个激励光源，用于生成 980 或 1480nm 波段的激励光；

一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光，并把激励光与接收的信号光耦合；

用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于借助激励光来放大接收的信号光；以及

一个定位于第一及第二段光纤之间的一个点上的隔离器；

在所述激励光源生成 1480nm 波段的激励光的情况下，所述隔离器定位于从所述第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的 11—25% 处对应的一点上。

12. 根据权利要求 11 所述的 EDFA，其特征在于，在激励光源生成 1480nm 波段的激励光且第一及第二段光纤的组合长度为 60 至 68m 的情况下，隔离器定位于从第一段光纤的输入端算起的与第一及第二段光纤的组合长度的 7—11% 处对应的一点上。

### 适合于长波光信号的铒掺杂光纤放大器

本发明涉及一种适合于放大长波光信号的光学纤维，更具体地讲，是涉及一种长波光学放大器，由于在铒掺杂纤维中加入了一个隔离器，该放大器的增益及干扰波数值特性均得以改善。

在光纤通信系统中，传输损耗可以通过使用铒掺杂放大器（EDFA）而顺利地得以补偿。EDFA 可以在不必事先将光信号转变成电信号的情况下直接对光信号进行放大。

EDFA 可用于对已经经过远距离传输并载有大量数据的微弱光信号进行放大，以便对光信号沿长距离光纤传输时造成的衰减进行补偿。与将光信号转换成电信号进行放大，然后再转换成光信号的传输方法相比，由于 EDFA 能够直接对光信号进行放大，因而表现出良好的放大性能。

通常，在 1525 至 1565nm(毫微米)范围内，EDFA 具有高增益。如果 EDFA 的长度能够有效增加，就能够获得较高增益，即使在 1570 至 1610nm 的范围内。因此，为增加 EDFA 的放大波段，可以采用两个具有不同放大波段的放大器。

为解决上述问题，本发明的一个目的是提供一种具有波长为 980nm 的激励光的长波光学放大器。由于在铒掺杂纤维中放入了一个隔离器，该放大器的增益与干扰波数值特性均得以改善。

本发明的第二个目的是提供一种具有波长为 1480nm 的激励光的长波光学放大器，由于在铒掺杂纤维中放入了一个隔离器，该放大器的增益与干扰波数值性能均得以改善。

因此，为实现上述目的，提供了一个铒掺杂光纤放大器（EDFA），用来放大接收的信号光，该 EDFA 包括一个激励光源，用于生成波段为 980nm 的激励光；一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光并将激励光与接收的信号光耦合；用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于通过激励光来放大

接收的信号光；以及一个位于第一及第二段光纤之间的一点上的隔离器，该点与从第一段光纤的输入端算起的第一及第二段光纤的组合长度的 9 - 15 % 的位置相对应。

根据本发明的另一方面，提供了一个铒掺杂光纤放大器 (EDFA)，用于放大接收的信号光。该 EDFA 包括一个激励光源，用于生成波段为 980nm 的激励光；一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光并将激励光与接收的信号光耦合；用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于通过激励光来放大接收的信号光；以及一个位于第一及第二段光纤之间的隔离器，其中第一及第二段光纤的组合长度为 48 至 66 m(米)，而该隔离器位于从第一段光纤的输入端算起与第一及第二段光纤的组合长度的 3 - 7 % 对应的一点上。

根据本发明的又一方面，提供了一种铒掺杂光纤放大器 (EDFA)，用于放大接收的信号光。该 EDFA 包括一个激励光源，用于生成波段为 1480nm 的激励光；一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光并将激励光与接收的光信号耦合；用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于通过激励光来放大接收到的信号光；以及一个位于第一及第二段光纤之间的某一点上的隔离器，该点与从第一段光纤的输入端算起的第一及第二段光纤组合长度的 11 - 25 % 的位置相对应。

此外，还提供了一个铒掺杂光纤放大器 (EDFA)，用于放大接收的信号光。该 EDFA 包括一个激励光源，用于生成波段为 1480nm 的激励光；一个光耦合器，用于从激励光源接收激励光并将激励光与接收的信号光耦合；用铒离子掺杂的第一及第二段光纤，用于通过激励光来放大接收的信号光；以及一个位于第一及第二段光纤之间的隔离器，其中，第一及第二段光纤的组合长度是 60 至 68m，而该隔离器位于从第一段光纤的输入端算起与第一及第二段光纤的组合长度的 7 - 11 % 相对应的一点上。

通过参照附图对优选的实施例进行的详细描述，本发明的上述目的及优点将变得更为清楚，在附图中：

图 1 为一个普通的铒掺杂光纤放大器的示意图；

图 2 为示出了用于图 1 中所示的 EDFA 的铒掺杂光纤的吸收光谱的图；

图 3 为按照本发明的一个铒掺杂光纤放大器的示意图。

下面，参照附图对本发明进行详细描述。

图 1 是一个普通 EDFA 的示意图。图 1 中所示的 EDFA 包括一个第一隔离器 10，一个激励激光二极管 (PLD) 12，一个波长选择耦合器 (WSC) 14，一段铒掺杂光纤 (EDF) 16，和一个第二隔离器 18。

现在描述光学放大器的工作原理。首先，如果中心波长为 980nm 的激励光由 PLD 12 输入，则激励光和由一个输入端输入的波长在 1500nm 波段之内的信号光经由 WSC 14 通过 EDF 16，EDF 16 是掺杂了稀土元素如 Er (铒) 的放大媒体。这时，在 EDF 16 中激励光将处于基态的铒离子激活。信号光由于被激活的铒离子的激发而被放大。被放大的光信号经过第二隔离器 18 被输出。

第一个隔离器 10 可防止信号光的放大效率因在 EDF 16 中生成并从诸如信号输入连接器之类的光学元件反射回来已被放大的自发 (ASE) 光的重新进入而降低。同样，第二隔离器 18 可防止放大效率因从诸如与 EDF 16 连接的信号输出连接器之类的光学元件反射的已被放大的自发 (ASE) 光的重新进入而降低。

光学放大器的增益因波长而变，尤其是，由于在 1530nm 波段内的 ASE 光属于高波长的光，因而作为在该波段中的波长的光。它的放大增益就高。因此，波长在被频繁使用于传输之中的 1550nm 波段内的光的增益被降低而其干扰波数值却增大，这样，就会因光学放大器的波长不同而导致增益的巨变。干扰波数值是指在输入端及输出端的信号噪声比。

图 2 示出了在图 1 中所示的 EDFA 使用 EDF 的吸收光谱。如图 2 所示，对于在大约为 1515nm 至大约为 1565nm 范围内的波长而言，EDF 的吸收大，而对于在大约为 1570nm 至 1610nm 范围内的波长而言，EDF 的吸收小。EDF 越长，波长在大约为 1515nm 至 1565nm 范围内的信号光的增益就越小，而波长在大约为 1570nm 至 1610nm 范围内的信号光的增益就越大。这样，为将 EDF 作为长波光学放大器来使用，EDF 的长度就应充分地增加。

为使长波信号光获得大增益，与增加 EDF 长度的常用方法不同，在本发明中，在 EDF 中部安装了一个隔离器。准确地讲，本发明提供了一个适合于波长在 1570nm 至 1610nm 范围内的长波的 EDFA。

图 3 是按照本发明的铒掺杂光纤放大器 (EDFA) 的示意图。图 3 中所示的 EDFA 包括一个第一隔离器 30，一个激励激光二极管 (PLD) 32，一个

波长选择耦合器 (WSC) 34, 一个第一段 EDF 36, 一个第三隔离器 38, 一个第二段 EDF 40, 和一个第二隔离器 42。这里, 除第三隔离器 38 是本发明另外提供的之外, 第一隔离器 30, PLD 32, WSC 34 和第二隔离器 42 具有与图 1 中所示的对应元件相同的功能。

PLD 32 生成 980nm 或 1480nm 波段的激励光。WSC 24 从 PLD 32 接收激励光并将激励光与从第一隔离器 30 接收的信号光耦合。第一段与第二段 EDF 36 与 40 放大由 PLD 32 激励的接收的信号光。第三隔离器 38 定位于第一段及第二段 EDF 36 与 40 之间。第一段及第二段 EDF 36 及 40 放大内部生成的 ASE 光及接收的信号光。由于经过放大的 ASE 光会降低信号光的放大性能。因此, 有必要防止 ASE 光被放大。于是, 通过在第一段及第二段 EDF 36 及 40 之间插入第三隔离器 38, 虽然前期已在第一段 EDF 36 中传输, 但是可以防止后期在第二段 EDF 40 中生成的 ASE 光被放大, 由此, 增强信号光的放大性能。

对于在 EDF 之间插入一个隔离器以提供放大性能而言, 隔离器的位置是一个非常重要的因素。在本发明中, 对于波长在 1570nm 至 1610nm 范围内的接收的信号光而言, 第三隔离器 38 的使增益改善并使干扰波数值变为最佳的位置是给定的。换言之, 第三隔离器 38 的最佳位置是根据有关 EDFA 的增益及干扰波数值的实验数据来获得的。

下面的表中所示的数据所对应的是: 激励功率为 100mW(毫瓦), 信号输入功率为 -40dBm(毫瓦分贝), 而波长为 1575nm。

表 1 所示的是在由 PLD 32 所激励的光的波长位于 980nm 的波段的情况下, 关于第三隔离器 38 位置的 EDFA 的增益及干扰波数值的实验数据。这里, EDF 的长度定为 21m, 这是未使用第三隔离器 38 的 EDF 的最佳长度。

在下面的表中, 第三隔离器 38 的“位置 (%)”一栏表示的是根据第一段及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度从第一段 EDF 36 的输入端算起的一个百分数。



表 1

隔离器位置 (%)	增益 (dB)	干扰波数值 (dB)	备注
0	22.09	4.15	
3	25.18	3.55	
5	26.66	3.33	
7	27.59	3.23	
9	28.06	3.19	
11	28.25	3.18	
13	28.30	3.19	最佳位置
15	28.21	3.21	
17	27.98	3.27	
19	27.62	3.36	
21	27.20	3.45	

表 2 所示的是在由 PLD 32 所激励的光的波长位于 980nm 波段的情况下，在改变 EDF 的长度时，关于第三隔离器 38 位置的 EDFA 的增益及干扰波数值的实验数据。

表 2

隔离器位置 (%)	最佳长度(m)	增益 (dB)	干扰波数值 (dB)	备注
3	66	30.4575	3.2928	
5	58	32.0493	3.2569	最佳状态
7	48	31.7259	3.2886	

表 3 所示的是在由 PLD 32 所激励的光的波长位于 1480nm 波段的情况下，根据第三隔离器 38 的位置求出的 EDFA 的增益及干扰波数值的实验数据。这里，EDF 的长度是为 32 米，这是未使用第三隔离器 38 的 EDF 的最佳长度。

表 3

隔离器位置 (%)	增益 (dB)	干扰波数值 (dB)	备注
0	25.16	5.54	
9	30.17	4.21	
11	30.57	4.16	
13	30.79	4.15	
15	30.90	4.14	
17	30.94	4.15	最佳位置
19	30.92	4.17	
21	30.84	4.20	
23	30.70	4.25	
25	30.50	4.33	

表 4 所示的是在由 PLD 32 所激励的光的波长位于 1480nm 波段的情况下，在改变 EDF 的长度时，根据第三隔离器 38 位置求出的 EDFA 的增益及干扰波数值的实验数据。

表 4

隔离器位置 (%)	最佳长度(m)	增益 (dB)	干扰波数值 (dB)	备注
7	68	32.8151	4.1857	
9	63	33.1332	4.1869	最佳状态
11	60	33.0926	4.2222	

根据上述的实验数据，就可能设定隔离器 38 的最佳位置，进而获得在 1570nm 至 1610nm 范围内表现出最符合要求的性能的 EDFA。换言之，EDFA 的增益最大而干扰波数值最小的位置作为第三隔离器 38 的最佳位置而被确定。

参见表 1, 在使用 980nm 波段的激励光且第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 21m 的条件下, 当第三隔离器 38 的位置在 9-15% 之处时, 增益相对较高, 即大于或等于 28dB(分贝), 而干扰波数值相对较低, 即小于或等于 3.2dB。尤其是, 当第三隔离器 38 的位置位于 13% 之处时, 增益最高, 即 28.3dB, 而干扰波数值最低, 即 3.19dB。因而, 该位置是最佳的。

参见表 2, 在使用 980nm 波段的激励光且第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度变化的条件下, 当第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 48 至 66m 时, 增益相对较高, 而干扰波数值相对较低。尤其是, 当第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 58m 且第三隔离器 38 的位置在 5% 之处时, 增益最高, 即 32dB, 而干扰波数值最低, 即 3.26dB。因而, 该位置最佳。

参见表 3, 在激励光为 1480nm 波段且第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 32m 的条件下, 当第三隔离器 38 的位置位于 11-25% 的位置时, 增益相对较高, 即大于或等于 30.5dB, 而干扰波数值相对较低, 即小于或等于 4.3dB。尤其是, 当第三隔离器 38 的位置在 17% 之处时, 增益最高, 即 30.94dB, 而干扰波数值最低, 即 4.15dB。因此, 该位置最佳。

参见表 4, 在使用 1480nm 波段的激励光且第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度变化的条件下, 当第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 60 至 68m 时, 增益相对较高, 而干扰波数值相对较低。尤其是, 当第一及第二段 EDF 36 及 40 的组合长度为 63m 且第三隔离器 38 的位置在 9% 之处时, 增益最高, 即 33.1dB, 而干扰波数值最低, 即 4.2dB。因此, 该位置最佳。

而且, 参见表 1 及表 3 可看出, 在把第三隔离器 38 插入最佳位置的情况下, 与不用第三隔离器 38 的情况相比, 增益增大了 6dB。换言之, 在使用位于 980nm 波段的激励光时, 增益从 22.09dB 改善至 28.30dB, 而在使用位于 1480nm 波段的激励光时, 增益从 25.16dB 改善为 30.94dB。

如上所述, 在按照本发明的 EDFA 中, 使用位于 980nm 或 1480nm 波段的激励光, 用于放大位于长波波段的接收信号光的 EDFA 的增益及干扰波数值能够通过 EDF 之间的一个特定位置处额外地插入一个隔离器的方式而得以改善。而且, 可以获得一个适合于放大位于 1570 至 1610nm 波段的接收的信号光的 EDFA。

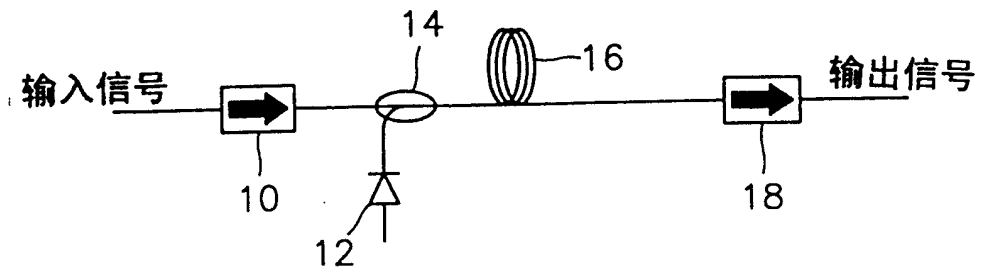


图 1

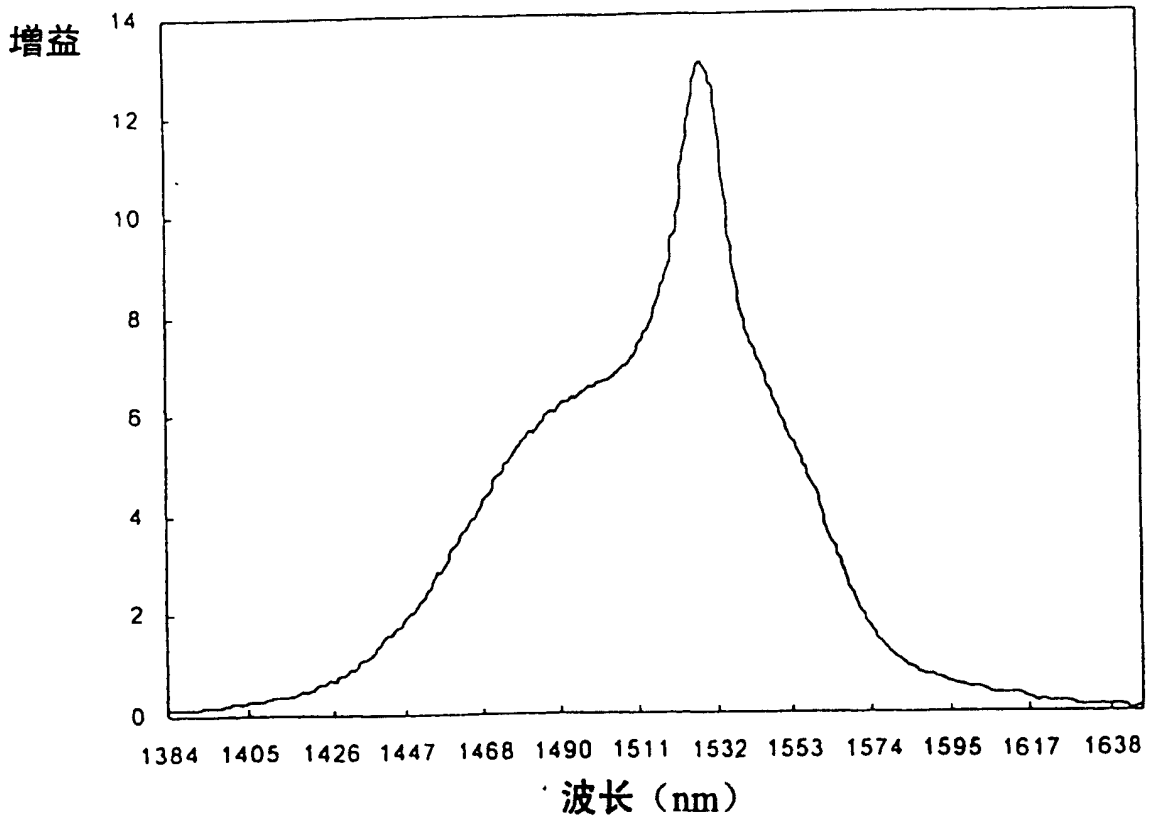


图 2

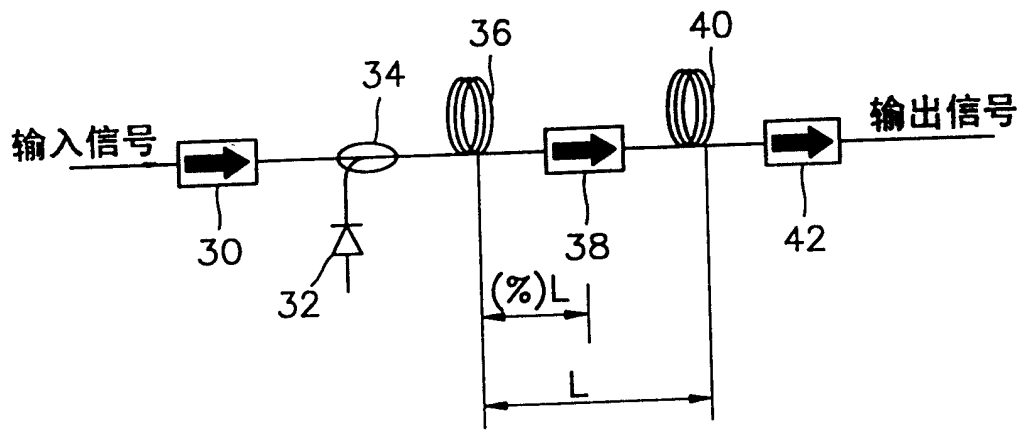


图 3