

[19]中华人民共和国国家知识产权局

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

G02F 1/39

H04B 10/17 H01S 3/30

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98802107.2

[43]公开日 2000年3月1日

[11]公开号 CN 1246182A

[22]申请日 1998.9.28 [21]申请号 98802107.2

[30]优先权

[32]1997.10.2 [33]KR [31]1997/51051

[86]国际申请 PCT/KR98/00298 1998.9.28

[87]国际公布 WO99/18476 英 1999.4.15

[85]进入国家阶段日期 1999.7.28

[71]申请人 三星电子株式会社

地址 韩国水原市

[72]发明人 朴南奎 李周翰

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

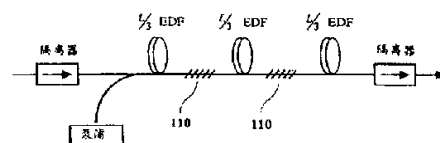
代理人 邹光新 张志醒

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 具有平坦增益曲线的多级光纤放大器

[57]摘要

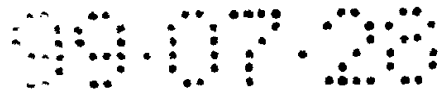
本发明提供了一种噪声指数降低和增益平坦度提高的、使用了多级均衡滤光器 的光纤放大器。根据本发明,通过将均衡滤光器分裂成多级滤光状态能够降低 噪声指数。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种多级光纤放大器，包括：  
至少三个光纤放大器级，每级包括一段掺杂的光纤，  
所述多个放大器级串联连接，用于顺序放大提供到第一放大器级  
5 的光信号；  
用于将泵浦辐射提供到所述放大器级以便支持其中的激光放大的装置；和  
至少二个均衡滤光器，每个都位于每对所述放大器级之间。
2. 根据权利要求 1 的多级光纤放大器，其中任何一个所述均衡滤  
10 光器是长周期的光纤光栅。
3. 根据权利要求 1 的多级光纤放大器，其中所述光纤是用稀土元素掺杂的。
4. 根据权利要求 3 的多级光纤放大器，其中所述稀土元素是铒。



## 说明书

### 具有平坦增益曲线的多级光纤放大器

5 本发明涉及光纤放大器,尤其涉及多级掺铒光纤放大器,当在 WDM 应用中与增益平坦型滤光器结合时,其具有平坦增益曲线和降低的噪声指数。

很久以来已经认识到光纤放大器在用于放大光信号时是诱人的选择。例如,已经提出将光纤放大器用作为增加远程通信光发射机输出功率的辅助放大器,或者作为放大光信号的远程通信转发器,而不用将光信号转换成电信号。

尤其是,掺铒光纤放大器的出现对光通信系统的设计、制造和性能带来了深刻影响。通过有效地去掉传输和分裂损耗阻挡层,其低噪声、高光功率、高增益、线性、宽带宽、波长透射性、偏振独立性和光纤兼容性已经引起光通信的革命。结果在今天,长距离陆上和越洋  
15 光纤通信以及局域和宽域网正变成现实。

然而,EDFA 通频带的平坦性在具有级联放大器的波分复用(WDM)系统中变成主要问题。放大器增益在每个波长上并不是严格相同的。

例如,在 0.8nm 信道宽度的情况下,一个 EDFA 能够同时放大来自大约 50 个 WDM 信道的光信号。然而,如果几个 EDFA 串联连接用于  
20 长距离传输,则整个放大的增益曲线平坦度变坏,并且在放大峰值的边缘表现出未充分放大的问题。因此,即使在一级上信道之间增益的小变化也能够引起在链路输出上信道之间功率差值的大变化,降低整个系统的性能。

通常,光放大器的性能是由诸如增益、输出功率和噪声指数的设计参数决定的。噪声指数定义成放大器输出信噪比,其通过在光放大器输入端口的信噪比换算。当光放大器用作远程通信的转发器时,高功率和低噪声在增加相邻转发器之间距离中变成主要参数。

由于直接与密集 WDM 系统的传输能力有关,EDFA 中与波长无关的(平坦)增益的重要性在本领域由当前研究努力结果所明显揭示。基于氯化物的 EDFA 和基于亚碲酸盐的 EDFA 已证明可获得较宽的平坦带  
30 宽。这种研究结果可在 M.Yamada 等人的“Low-noise and gain-flattened fluoride-based  $E_r$ -doped fiber amplifier pumped by

0.97 $\mu\text{m}$  laser diode, " Electron. Lett., Vol. 33, no. 9, p. 809, 1997  
和 A.Mori 等人的 " 1.5 $\mu\text{m}$  broadband amplification by  
tellurite-based EDFAs, " OFC'97, PD1-1, 1997 中找到。还可发  
5 现能够实现长周期光纤光栅滤光器以得到超过 40nm 的平坦带宽。尽  
管如此, 由于在 EDFA 中间级滤光器的插入可产生噪声指数损失, 要  
求小心和认真地设计 EDFA, 这正如在 P.F.Wysocki 等人的  
" Erbium-doped fiber amplifier flattened beyond 40nm using  
long-period grating, " OFC'97, PD2-1, 1997 中所说明的。

因此本发明人通过数值模拟分析得到噪声指数对滤光器传输率  
10 的依赖性。

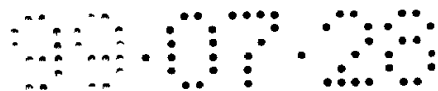
图 1 示意地表示用于模拟的由单级均衡滤光器构成的 EDFA 结  
构。

参考图 1, 单级滤光器 10 位于总光纤放大器长度 L 的 1/3 位置  
处。长周期光纤光栅 (LPFG) 用作为单级滤光器 10。按 C.R.Giles  
15 等人的 " Propagation of signal and noise in concatenated  
EDFAs, " J. Lightwave Technol., Vol. 9, no. 2, P. 147, 1991 中所描述  
的均匀加宽三级系统来建模该放大器。使用在 1480nm 和 1600nm 之间  
的 120nm 的光谱范围具有 0.1nm 的光谱栅格, 以覆盖 1480nm 的泵浦  
波长。假设光纤放大器是基于石英同时掺铝光纤 (Silica based  
20 aluminum co-doped fiber) 然后从 N.kagi 等人的 " Temperature  
dependence of the gain in erbium-doped fibers " , IEEE  
J. Lightwave Technol., Vol. 9, no. 2, P. 261, 1991 中公开之值做吸收  
剖面。发射剖面从 McCumber 理论计算。

图 2 表示图 1 的单极均衡滤光器中 LPFG 的详细光谱分布图。

25 图 3 表示图 1 中描述的 EDFA 输出光谱。1531nm 和 1563nm 之间  
分开 0.8nm 的 41 个输入信号用来在每个信道的 -20dBm 输入功率处  
观察增益平坦度和噪声指数。所得到的多信道增益平坦度在超过 32nm  
谱范围上处于 0.4dB 之内, 每个信道的信号增益在 23dB 附近。尽管  
该结构满足良好的增益平坦度, 但由于在短波长范围内高噪声指数引  
30 起不能控制该放大器中放大的自发发射 (ASE), 使得该放大器应用  
在诸如长距离链路的噪声敏感应用中变得困难。

因此本发明目的是提供高性能平坦增益光纤放大器。



本发明另一目的是提供具有较低噪声指数的光纤放大器。

为了实现前述目的，本发明提供多级光纤放大器，其使用了多级均衡滤光器可获得超平坦增益。本发明的光纤放大器包括至少三个光纤放大器级，每个包括一段掺杂光纤。为了顺序放大在第一放大级提供的光信号，该放大器级串联连接。各个放大器级提供有泵浦辐射，以便支持其中的激光放大。光纤放大器还包括至少二个均衡滤光器，每个都位于每对所述放大器级之间。

由于噪声指数与第一级均衡滤光器传输成反比，因此通过将均衡滤光器分裂成多级滤光状态能够降低噪声指数。

由于放大器的输出功率与末级均衡滤光器传输成反比，因此必须仔细调节每个滤光器的传输谱。

参考附图详细说明，其中：

图 1 示意地表示用于模拟的由单级均衡滤光器构成的 EDFA 结构；

图 2 表示图 1 的单级均衡滤光器中 LPFG 的详细光谱分布图；

图 3 表示图 1 中描述的 EDFA 的输出光谱；

图 4 示意地表示根据本发明实施例的 EDFA 结构；

图 5 表示图 4 的双级均衡滤光器中 LPFG 的详细光谱分布图；

图 6 表示图 4 中描述的 EDFA 的输出光谱；

图 7 表示具有两种均衡滤光器的 EDFA 的计算噪声指数。

参考图 4，两个 LPFG110 分别位于总光纤放大器长度  $L$  的  $\frac{1}{3}$  和  $\frac{2}{3}$

位置处。对于由二个 LPFG 构成的双级滤光器结构，每个增益平坦滤光器是总滤光器传输率之一的平方根。光纤放大器采用基于石英同时掺铝的 EDF（掺铒光纤）。EDF 在 1480nm 由用作光泵的半导体激光器泵浦。

参考图 5，LPFG 是陷波滤光器特征。吸收峰位置与图 3 的相同。然而深度分布图彼此不同。

参考图 6 和图 3，采用单级滤光器的 EDFA 的输出信号功率和 ASE 功率大于采用双级滤光器的 EDFA 的输出信号功率和 ASE 功率，大 1dB。然而，与双级滤光器的相比，单级滤光器中的 ASE 功率光谱不



好控制，预示着较高的噪声指数损失。

图 7 画出具有二种均衡滤光器的 EDFA 的计算噪声指数。参考图 7，在滤光器传输率为最小的 1535nm 滤长处，发现有 0.7dB 的最大噪声指数差。在滤光器传输率为最大的 1543nm 处没有观察到噪声指数的大的差值。

通过这些结果，可推论出尽管使用多级平衡滤光器稍微降低了 EDFA 增益，但是从噪声指数来看，具有双级均衡滤光器的 EDFA 要优于具有单级滤光器的 EDFA。

说明书附图

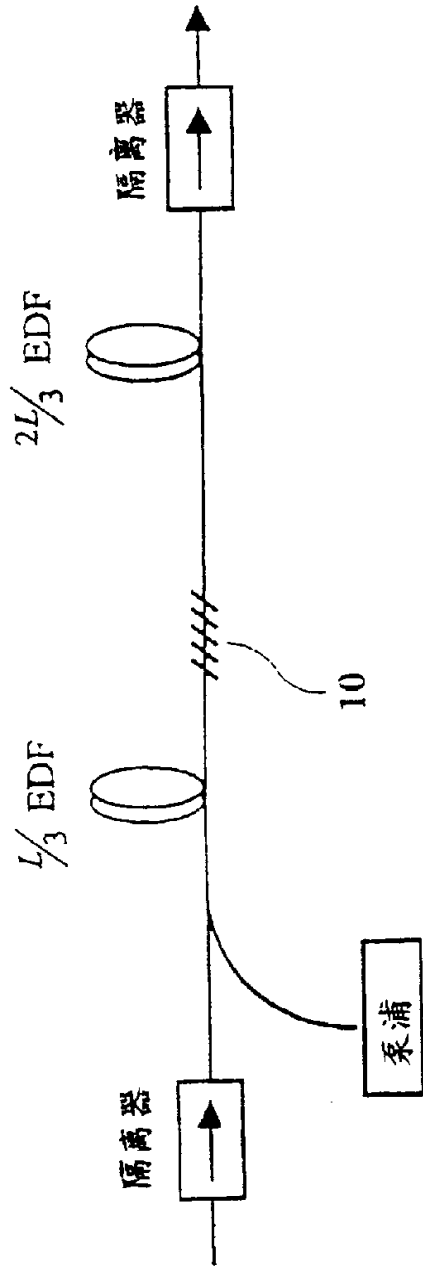


图1 (现有技术)

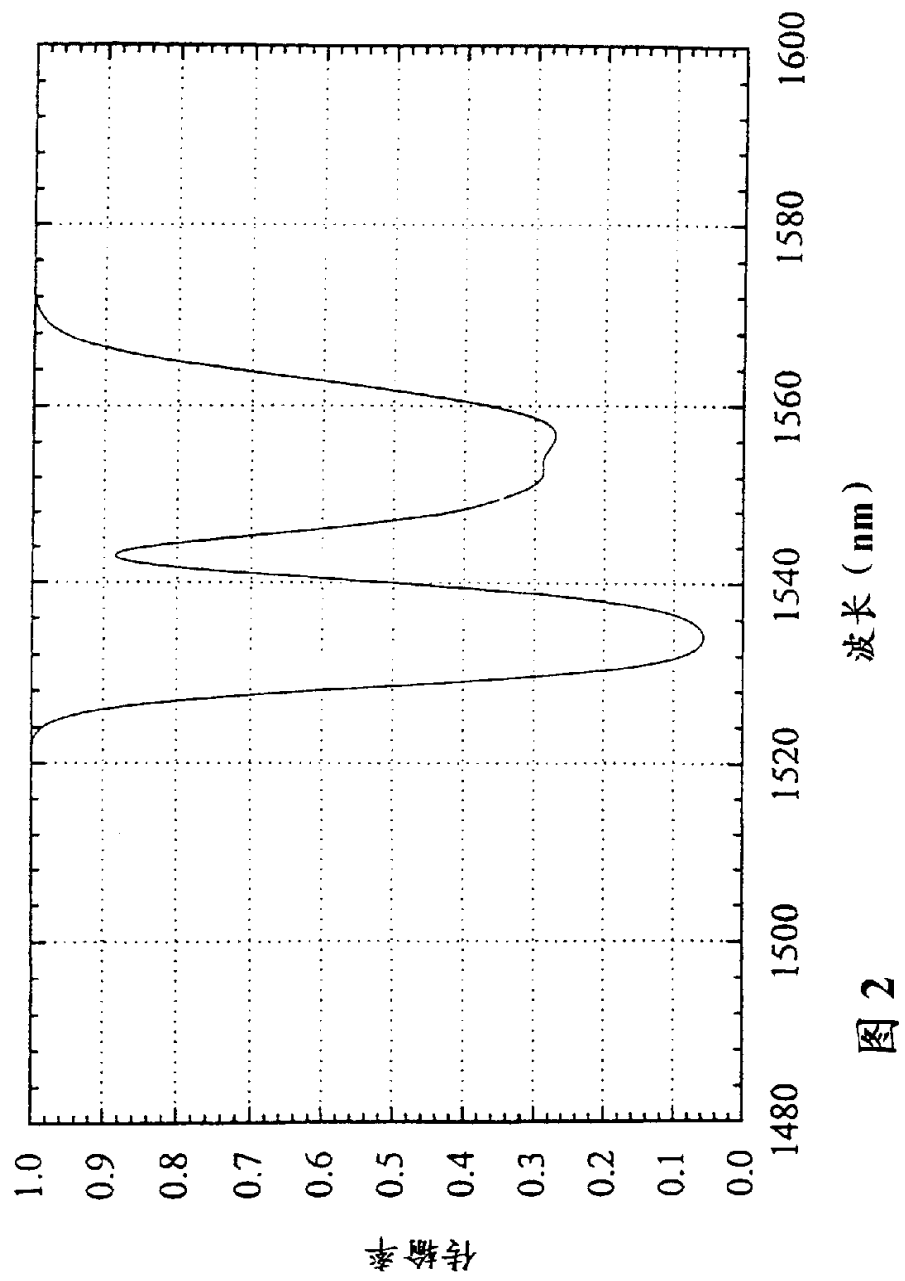


图 2 波长 (nm)



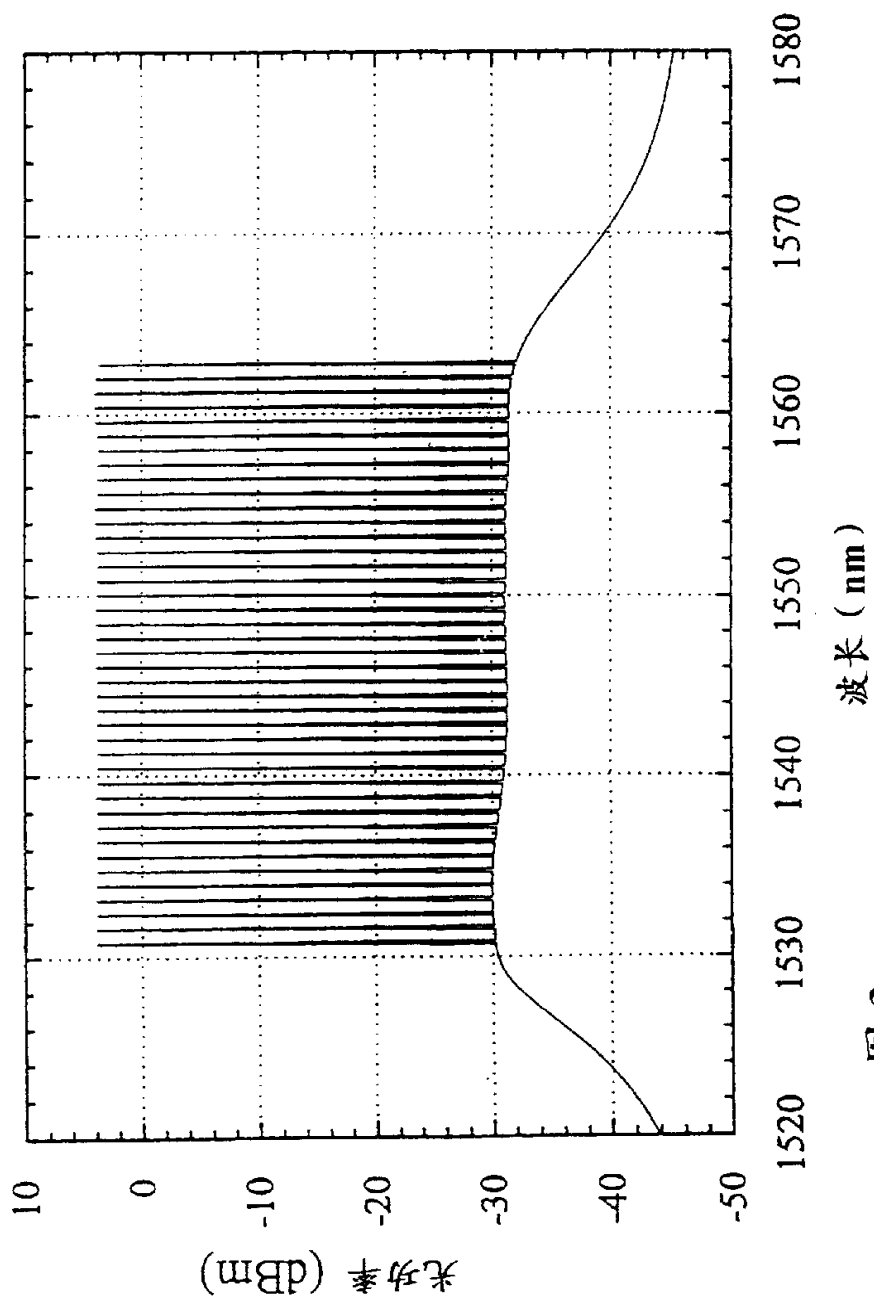


图 3

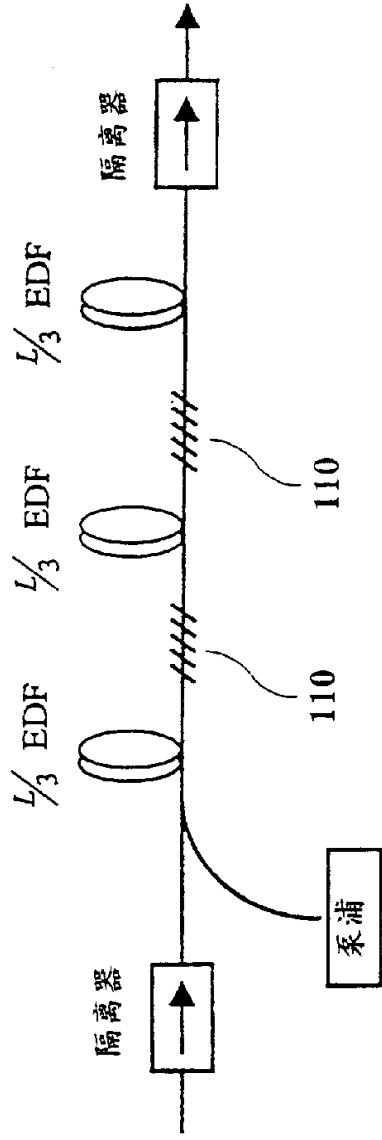


图 4

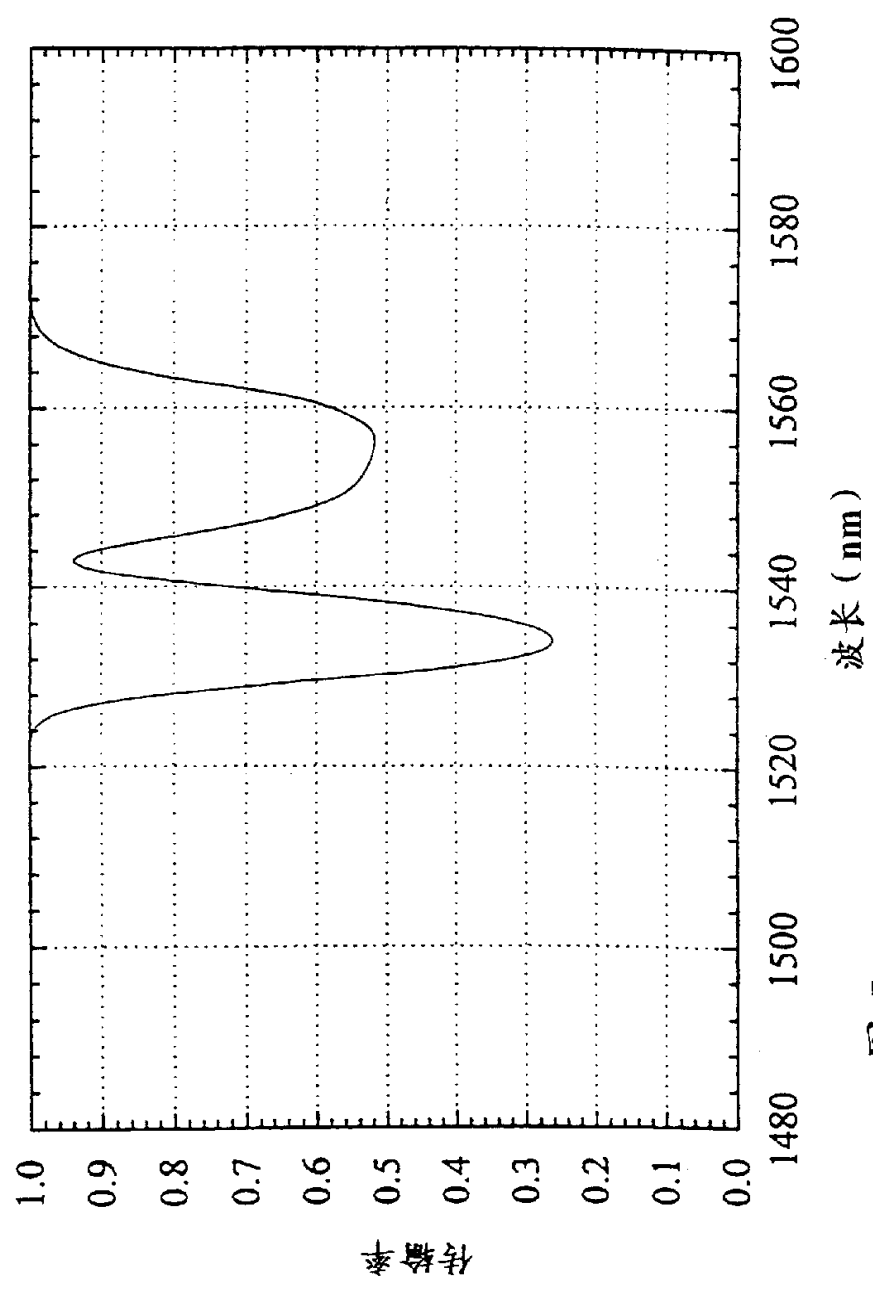


图 5

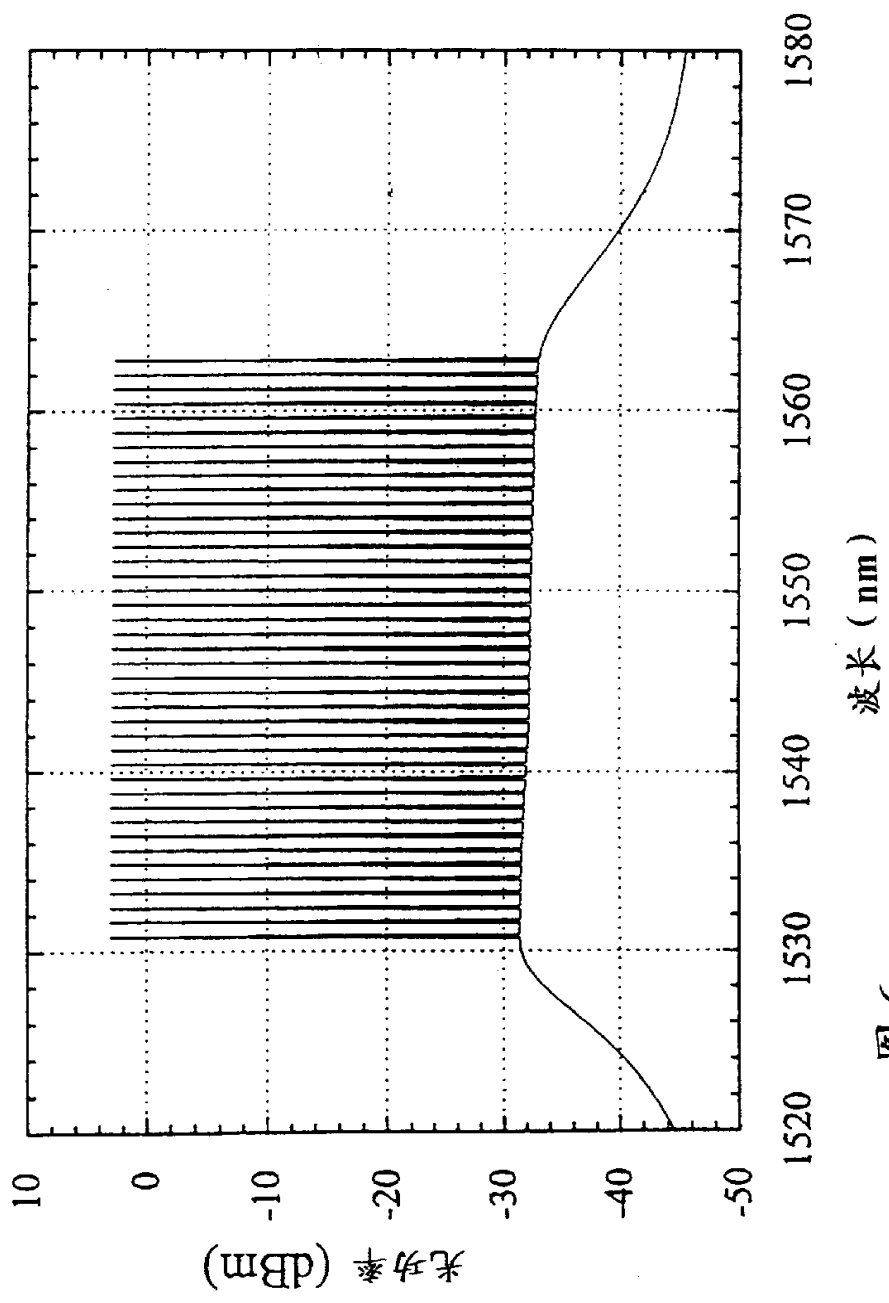


图 6

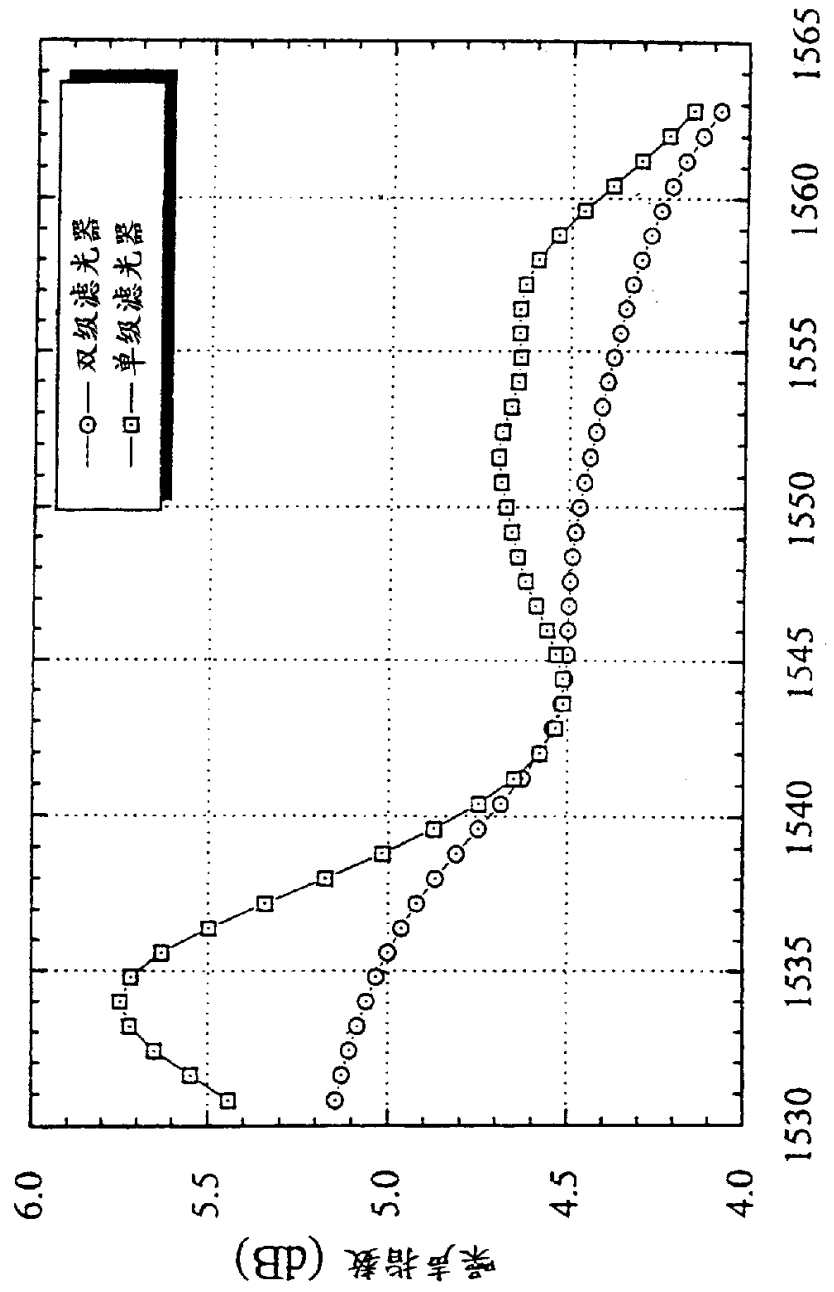


图 7 波长 (nm)