



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97122413.7

[43]公开日 1998 年 5 月 13 日

[11] 公开号 CN 1181514A

[22]申请日 97.10.29

[30]优先权

[32]96.10.29[33]US[31]60/029382

[71]申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

[72]发明人 克莱蒙特·多德·伯顿

道格拉斯·沃伦·霍尔

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

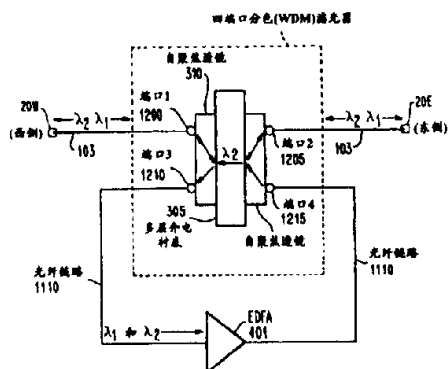
代理人 钱慰民

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图页数 8 页

[54]发明名称 抑制光放大器中Q-开关脉冲的器件和方法

[57]摘要

一种在多波长双向光放大器中使用的四端口分色波分复用器包括一分色滤光器，滤光器将第一波长频带反射而使第二波长频带透射，其中透射第一波长频带中第一 3dB 波长的一部分，反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分。波分复用器还包括另一个分色滤光器，其滤光函数不同于 WDM 滤光器的滤光函数，提供了插入损耗，足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。还用附加的分色滤光器抑制 3dB 的光，防止在有光增益的腔体中产生 Q-开关。





权 利 要 求 书

1. 一种四端口波分复用器, 该器件包括一分色滤光器, 所述滤光器将输入所述器件的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的器件输出端, 并将输入所述器件的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的器件输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 其特征在于, 包括:

另外的第一分色滤光器, 所述第一分色滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。

2. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 还包括另外的第二分色滤光器, 所述第二滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中的另一个波长提供了一插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长中的另一波长的所有的光反射和透射。

3. 如权利要求 2 所述的器件, 其特征在于, 所述另外的第一和第二分色滤光器中至少有一个是为至少一种 3dB 波长的光提供了插入损耗的陷波滤光器。

4. 如权利要求 1 所述的器件, 其特征在于, 所述第一波长频带大约从 1520 纳米至 1550 纳米, 而第二波长频带大约从 1550 纳米至 1570 纳米。

5. 一种多波长光信号双向放大器, 该放大器包括(a) EDFA, 用于将输入所述 EDFA 的通信信号放大; (b) 第一光纤链路, 其一端与所述 EDFA 的输入端耦合; (c) 第二光纤链路, 其一端与所述 EDFA 的输出端耦合; 以及(d) 四端口 WDM, 它包括一分色滤光器, 所述滤光器将输入 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的 WDM 输出端, 并将输入 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的 WDM 输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 其特征在于, 包括:

另外的第一分色滤光器, 所述第一分色滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射, 所述第一分色滤光器位于所述 WDM、所述第一光纤链路和所述第二光纤链路之一中。

6. 如权利要求 5 所述的器件, 其特征在于, 还包括另外的第二分色滤光器, 所述第二滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中的另一波长提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长中另一波长的所有的光反射和透射, 所述第二分色滤光器位于所述 WDM、所述第一光纤链路和所述第二光纤链路之一中。

7. 如权利要求 6 所述的器件, 其特征在于, 所述另外的第一和第二分色滤光器中至少有一个是为至少一种 3dB 波长的光提供了插入损耗的陷波滤光器。

8. 如权利要求 5 所述的器件, 其特征在于, 在所述 WDM 中有另外的第二分色滤光器, 所述第二滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中另一波长的光提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长中另一波长的所有的光反射和透射, 并且所述器件还包括第二四端口 WDM, 所述第二四端口 WDM 包含一分色滤光器, 该滤光器将输入所述第二 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 并将输入所述第二 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 并且所述第二 WDM 包括另外的第一分色滤光器, 该第一分色滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。

9. 如权利要求 8 所述的器件, 其特征在于, 所述另外的分色滤光器中至少有一个是为至少一种 3dB 波长的光提供了插入损耗的陷波滤光器。

10. 如权利要求 6 所述的器件, 其特征在于, 还包括第二四端口 WDM, 所述第二四端口 WDM 包含一分色滤光器, 该滤光器将输入所述第二 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 并将输入所述第二 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 并且所述第二 WDM 包括另外的第二分色滤光器, 该第二分色滤光器的滤光函数为第一和第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射, 所述第二分色滤光器位于与所述第一 WDM 和

所述 EDFA 相连的光纤链路中。

11. 如权利要求 10 所述的器件, 其特征在于, 所述另外的分色滤光器中至少有一个是为至少一种 3dB 波长的光提供了插入损耗的陷波滤光器。

12. 一种用于抑制增益腔内发射激光的方法, 所述腔体由双向光信号放大器中的反射产生, 所述放大器包括一个与四端口 WDM 相连的 EDFA, 而所述四端口 WDM 包括一分色滤光器, 所述滤光器将输入 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的 WDM 输出端, 并将输入 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的 WDM 输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

在所述 WDM 和连接所述 WMD 以及所述 EDFA 之光路的其中之一中提供另外的第一滤光器, 其滤光函数不同于与所述分色滤光器相关的滤光函数, 提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其特征在于, 还在所述 WDM 和连接所述 WMD 以及所述 EDFA 之光路的其中之一中提供了另外的第二滤光器, 其滤光函数不同于与所述分色滤光器或所述另外的第一滤光器相关的滤光函数, 提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 还提供了第二 WDM, 所述第二 WDM 包括一分色滤光器, 该分色滤光器将输入所述第二 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于所述第一波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 并将输入所述第二 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于所述第二波长频带的所述第二 WDM 的输出端, 其中所述滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分, 并且所述滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分, 并且在所述第二 WDM 和连接所述第二 WDM、所述 WDM 以及所述 EDFA 之光路的其中之一中提供了另外的第二滤光器, 所述第二滤光器的滤光函数不同于与所述分色滤光器和所述另外的第一滤光器有关的滤光函数, 提供了插入损耗, 基本上分别足以使第一和第二 3dB 波长的所有的光反射和透射。

说明书

抑制光放大器中 Q-开关脉冲的器件和方法

本发明总体上涉及一种包含常规四端口波分复用(WDM)耦合器的多波长双向光放大器，尤其涉及一种改进的四端口 WDM 耦合器和一种用于抑制因器件光路反射点而在器件内形成的增益腔中的 Q-开关的方法。

近年来，因诸如掺铒光纤放大器(EDFA)等全光放大器的发展和推广，已使光信号传输系统有了飞速的进步。尽管使用这类放大器可使放大器之间的传输间隔增大，但也提出了对较宽带宽和较高数据率、双向信号传输、系统部件较少，以及系统效率较高的要求。美国专利第 5,452,124 号揭示了一例解决这些问题的系统，其整体内容通过引用包括在此。第'124 号专利揭示了一种包括四端口分色(波分复用)滤光器和单个掺铒光纤放大器的装置，形成了双波长双向(单光纤)光放大器模块。图 1 示出了一个四端口 WDM 滤光器 1105，其工作情况在第'124 号专利中有全面的描述。概括来说，如图 2 所示，输入端口 1 的信号 λ_1 经多层介电滤光器反射被引导到端口 3。信号 λ_1 穿过光纤链路 1110，经 EDFA 401 放大后被进一步传送到四端口 WDM 的端口 4，在端口 4，多层介电滤光器再次将信号反射至端口 2，以便沿光纤 103 传输。另一波长不同的信号 λ_2 沿 λ_1 的相反方向传播，该信号从端口 2 入射四端口 WDM，透过多层介电滤光器透射到端口 3。随后，沿与 λ_1 相同的光路经链路 1110 通过 EDFA 并在端口 4 入射 WDM，在端口 4，信号 λ_2 透过多层介电滤光器透射到端口 1，并按相反于 λ_1 的方向沿传输光纤 103 输出。因此，这类器件至少允许两个沿相反方向传播的不同信号的信道沿单根光纤传输，并用单个放大器将信号放大，其优势对于本领域的技术人员来说是显而易见的。

诸如第'124 号专利中揭示的四端口 WDM 滤光器的技术限制特性是，例如对于沿 λ_1 光路传播的某些波长的光，分色滤光器将起 3dB 耦合器的作用，即不是反射输入端口 1 的光的大体部分，而是将在端口 1 输入耦合器的波长在下文中称为第一 3dB 交叉波长(crossover wavelength)的光分离，致使一半光被反射至端口 3，而另一半光透过介电滤光器到达端口 4，并从端口 4 输出 WDM。同样，存在第二 3dB 交叉波长(λ_{3db2})的信号，其沿 λ_2 的光路传播，对于该信号，WDM 滤光器

不是如 $\lambda/2$ 所做的使所有的光大体上透过器件，而是反射一半入射光。产生该现象是因为分色滤光器的滤光响应(filter response)不是很陡的阶跃函数，它要求有限的频谱宽度为几个纳米，以便分别对不同的波长进行反射和透射。图3示出了滤光器对不同波长光反射和透射的情况。例如如果出入包含四端口 WDM 之装置的光路具有一个诸如光纤尾纤连接器的反射点，并且尾纤与传输光纤断开(大约产生 14dB 反射)，那么经尾纤连接器反射的 3dB 交叉光将重新进入 WDM 并沿其来时的相同光路透射。即使装置与传输光纤断开以致于装置的放大部分没有任何波长信号需要放大，但泵源依旧在提供泵激能量，使 EDFA 中的铒离子充分反转，从而激发出强度足够大持续时间足够短的 Q-开关脉冲，损耗光路中的其它元件。这里所称的 Q-开关是指高度反转的增益媒质发光所产生的光脉冲。因此，即便是装置中的单个反射点也能形成增益循环或腔体，致使存在泵功率时，将反射经放大的 3dB 交叉波长的光，并使其沿输入光路返回。引进这种反射将引起可能损坏光路元件的 Q-开关脉冲。根据所述说明，需要抑制或消除会引起激光发射的光源，尤其是在光信号放大器光路中形成的增益腔内 Q-开关脉冲。

因此，本发明旨在一种能够提供这些特征的设备和方法。为了避免在装置中所形成的腔体内激发 3dB 波长的激光，本发明的实施例描述了一种可以抑制与 WDM 分色滤光器相关的各 3dB 交叉波长之透射和/或反射的装置和方法。

本发明还提供了一种改进的四端口 WDM，该器件特别适于在光信号放大器或包含应用四端口 WDM 的光信号放大器的光通信传输系统中使用，用于抑制这类器件中的 Q-开关。

本发明的优点容易在发生以下情况时发现，例如由断开的尾纤所形成的反射源在光信号放大器内产生一个循环或腔体，其可能对腔内传输的光提供增益并产生损坏光学系统元件的 Q-开关脉冲。

在本发明的一个实施例中，提供了一种四端口波分复用器，该器件包括一分色滤光器，滤光器将输入器件的第一波长频带基本上反射至用于第一波长频带的器件输出端，并将输入器件的第二波长频带基本上透射至用于第二波长频带的器件输出端，其中滤光器透射第一波长频带中的第一 3dB 波长的一部分，并且滤光器反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分。所述四端口 WDM 器件还包括另外的第一分色滤光器，第一分色滤光器的滤光函数是为第一或第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗，基本上足以使第一 3dB 波长的所有的光反

射或基本上使第二 3dB 波长的所有的光透射，从而消除可能在该器件光路中所形成的腔体内发出激光的光源。

在该实施例的一个方面，器件还包括另外的第二分色滤光器，第二分色滤光器的滤光函数不同于 WDM 中滤光器和另外的第一分色滤光器的滤光函数，为另外的第一滤光器没有抑制的第一或第二 3dB 波长的光提供了插入损耗，基本上分别足以使 3dB 波长的所有的光反射或透射。

在这些实施例的一个方面，另外的第一和第二分色滤光器是陷波滤光器。

本发明的另一实施例描述了一种多波长双向光信号放大器，该放大器包括 EDFA，用于将输入 EDFA 的通信信号放大；第一光纤链路，其一端与 EDFA 的输入端耦合；第二光纤链路，其一端与 EDFA 的输出端耦合；以及四端口 WDM，它包括一分色滤光器，该滤光器将输入 WDM 的第一波长频带基本上反射至用于第一波长频带的 WDM 输出端，并将输入 WDM 的第二波长频带基本上透射至用于第二波长频带的 WDM 输出端，其中滤光器透射第一波长频带中第一 3dB 波长的一部分，并且反射第二波长频带中第二 3dB 波长的一部分，所述 WDM 还包括另外的第一分色滤光器，第一分色滤光器的滤光函数不同于 WDM 中滤光器的滤光函数，为第一或第二 3dB 波长中至少一种波长的光提供了插入损耗，基本上足以使第一 3dB 波长的所有的光反射，或者基本上足以使第二 3dB 波长的所有的光透射，另外的第一滤光器位于 WDM 本身内，或者位于与 WDM 和 EDFA 相连的光路中。

在本实施例的一个方面，器件还包括另外的第二分色滤光器，第二滤光器的滤光函数不同于 WDM 中滤光器和另外的第一滤光器的滤光函数，为另外的第一滤光器没有抑制的第一或第二 3dB 波长的光提供了插入损耗，并且基本上分别足以使第一或第二 3dB 波长的所有的光反射或透射，另外的第二滤光器位于 WDM 本身内，或者位于与 WDM 和 EDFA 相连的光路中。

本发明的另一实施例描述了一种通信发射/接收系统，该系统包含诸如上述的多波长双向光信号放大器，放大器中包括这里所揭示的改进的四端口 WDM。

本发明的另一实施例描述了一种单光纤多波长双向光放大器，该放大器包含两个四端口 WDM，除了一般位于四端口 WDM 内的滤光器之外，每个 WDM 还具有与其相关的一个或多个分色滤光器，它们提供增大的插入损耗，如上所述足以抑制不希望有的 3dB 的光，不使其通过系统传播并在器件光路中所形成的腔体

内放大。

在每个实施例中，其余的分色滤光器一般是多层光学干涉的滤光器，由于它们对某些波长的光进行反射并使另一些波长的光透射，并通过透镜将光引导到器件的输入和输出端，所用滤光器本身起四端口耦合器的作用。

本发明还打算提供一种用于抑制多波长双向光放大器中的增益腔内发出激光的方法，其中光放大器包括一四端口 WDM，增益腔是由器件光路中的反射点或包含该器件系统所形成的，该方法包括提供一个或多个分色滤光器，滤光器具有各自不同的滤光函数，用于抑制这里称为被反射和被透射的 3dB 波长的光，致使腔体损耗大于腔体在 3dB 波长处的增益。

本发明的其它特征和优点将在以下描述中叙述，并且部分可以从描述中看出，或者通过实施本发明学习到。本发明的目的和其它优点可用这里写下的说明书和权利要求书以及附图中指出的设备和方法来实现和获得。

可以理解，以上的一般描述和以下的详细描述是例举性的，并试图按权利要求的那样对本发明作进一步的说明。

附图被包括用来帮助理解本发明，并且包括在此作为本申请文件的一部分，图示本发明的实施例，并与说明书一起解释本发明的原理。

图 1 是一方框图，示出了现有技术的光纤通信系统，该系统包括一个包含 EDFA 和四端口 WDM 的放大器模块；

图 2 是图 1 所示系统中放大器模块的放大的方框图。

图 3 简要示出了常规 WDM 介电滤光器的反射和透射特征曲线，以及 3dB 波长；

图 4 是本发明一实施例的方框图，它类似于图 2，示出了当尾纤与传输光纤断开时表示潜在反射点的光纤尾纤和光纤尾纤连接器；

图 5 是一流程图，示出了当器件内形成增益腔时两例 3db 波长经过器件所走的光路；

图 6 示出了两例滤光器 F_1 、 F_2 的滤光器反射函数，它们在频谱的蓝色部分具有较低的插入损耗(高反射)，在频谱的红色部分具有较高的插入损耗(低透射)，其中每个滤光器具有不同的 3dB 滤光点。还示出了相应的透射曲线，指出在频谱的蓝色部分具有较高的透射插入损耗，而在两个滤光器的 3dB 波长之间具有较高的透射率；

图 7 示出了一代表性的透射频谱以及两腔体的优值(FOM)曲线, 表示对于强(-8dB)反射, 该插入损耗不足以防止腔体内产生激光, 但对于弱(-14dB)反射, 可以得到适当的抑制;

图 8 示出了本发明使用单个附加滤光器的实施例;

图 9 示出了本发明使用两个附加滤光器的实施例;

图 10 示出了本发明用两个四端口 WDM 滤光器抑制不希望有的 3dB 光的实施例;

图 11 是本发明的又一实施例, 其滤光器为陷波滤光器。

现将详细介绍附图中例示的本发明较佳实施例。图 1 示出了一个包含单光纤多波长双向放大器模块的光纤通信系统, 其中放大器模块包括一个四端口 WDM 滤光器 1105、东侧和西侧光纤链路 1110_E 和 1110_W, 以及 EDFA 401。在位置 A 处, WDM 203 将两种波长的光(λ_1 和 λ_2)合并到单根传输光纤 103 上。位置 A 处的发射机发射波长为 λ_1 的光(例如红光)。位置 A 处的接收机接收来自位置 B 的波长为 λ_2 的光(例如蓝光)。因此, 光信号 λ_1 沿光纤 103 从位置 A 传输至位置 B(由西向东传输), 而光信号 λ_2 沿光纤 103 按由东向西方向从位置 B 传输至位置 A。

放大器模块 1100 内包含一个四端口 WDM 滤光器 1105。端口 1 与西侧的光纤长度 103 相连, 端口 2 与东侧的光纤长度 103 相连, 端口 3 通过西侧的光纤链路 1110_W 接至 EDFA 401 的输入端, 而端口 4 通过东侧的光纤链路 1110_E 接至 EDFA 401 的输出端。位置 A 处 101 的 WDM 滤光器 203 是被设计用来通过中心波长 λ_2 的分色滤光器。位置 B 处 102 的 WDM 滤光器 201 也是分色滤光器, 但它被设计用来通过中心波长 λ_1 。放大器模块的 WDM 滤光器 1105 可以由附加了额外(第四)端口的 WDM 滤光器 201 或 203 构成。

参照图 2 可以理解四端口 WDM 滤光器 1105 的功能。来自位置 A 的西侧光纤长度 103 接至端口 1 1200。来自位置 B 的东侧光纤长度 103 接至端口 2 1205。在图示的装置中, 指定 WDM 滤光器 1105(即多层介电衬底 305)可使波长 λ_2 通过。这意味着波长为 λ_2 的信号将通过 WDM 滤光器 1105(从端口 2 至端口 3, 以及从端口 4 至端口 1), 而其它波长的信号则被反射。沿西侧光纤 103 传入端口 1 1200 的波长为 λ_1 的光, 经西侧透镜 310 聚焦到滤光器衬底上后, 被滤光器反射到端口 3 1210(提醒注意, 只有波长为 λ_2 的光将通过滤光器)。用类似的方式, 沿东侧光纤 103 传入端口 2 1205 的波长为 λ_2 的光, 经东侧透镜 310 聚焦到滤光器衬底

上后，穿过滤光器，被西侧透镜 310 再次准直，然后聚集在端口 3 1210 处。因此，端口 3 1210 接收到波长为 λ_1 和 λ_2 的光。离开口 3 的光经光纤链路 1110_w发送至 EDFA 401 的输入端。用该方法，从位置 A 传播至位置 B 的光以及从位置 B 沿相反方向传播至位置 A 的光皆单向穿过 EDFA 401。

放大后，波长为 λ_1 和 λ_2 的光从放大器 401 输出，并发送至端口 4 1215，在端口 4，东侧透镜 310 将光聚焦到滤光器的衬底 305 上。波长为 λ_1 的光经东侧透镜反射回端口 2 1205，并从该端口输出滤光器，按其路径到达位置 B。波长为 λ_2 的光穿过衬底，并由西侧透镜 310 聚焦到端口 1 1200 内，然后从端口 1 输出滤光器，按其路径到达位置 A。

四端口 WDM 滤光器 1105 提供了一种为双向输入信号正确选择路由的装置，致使这些信号单向穿过单个放大器，然后沿其正确的传输方向传输。

四端口 WDM 中所用的分色滤光器的特点是用一般基本上将所有输入光反射并/或传输至 WDM 某一特定端口的多层介电衬底传输和/或反射某些波长的光。图 3 简单示出了一般分色滤光器的实际(相对理想而言)透射和反射特性。不同波长的反射至透射的转变(反之亦然)不会出现在单个离散的波长上，而是发生在大约 3-20 纳米的波长盲区内。波长 λ_{3dB1} (例如这里为 1549 纳米)与反射曲线上传输一半和反射一半光强(3dB)的 3dB 转变点相关。同样，第二波长 λ_{3dB2} (例如这里为 1564 纳米)与传输曲线上传输一半和反射一半光强(3dB)的 3dB 转变点相关。参照图 2，第一 3dB 交叉波长 λ_{3dB1} 按 λ_1 的方向沿光纤 103 传播至端口 1。不同于理想情况下多层介电滤光器将所有 λ_{3dB1} 反射至端口 3，多层介电滤光器将把 λ_{3dB1} 射入端口 1 的一半反射至端口 3，而将另一半透射至端口 4，并在端口 4 出射，沿东侧光纤链路 1110_E传播。按类似的方式，第二 3dB 交叉波长 λ_{3dB2} 从端口 2 入射到 WDM 上。多层介电滤光器将入射端口 2 的波长为 λ_{3dB2} 的光的一半透射至端口 3，而将输入端口 2 的波长为 λ_{3dB2} 的另一半反射至端口 4，并从 WDM 出射，沿东侧光纤链路 1110_E传播。

如图 4 所示，一般由尾纤连接器 20_E和 20_w将放大器模块 1100 与传输光纤 103 相连，成为分别离开口 1 和 2 的光纤。当断路时，标准的尾纤连接器一般具有大约 14dB 的反射率。即使没有传输信号，EDFA 也将在存在抽运信号时，产生宽频谱 ASE。由于 ASE 频谱包括波长为 λ_{3dB1} 和 λ_{3dB2} 的光，例如波长为 λ_{3dB1} 的光将沿东侧光纤链路 1110_E传播并输入 WDM 滤光器的端口 4。由于对于 λ_{3dB1}

为 1549 纳米的 3dB 交叉波长光来说, 多层介电衬底 305 起 3dB 耦合器的作用, 所以该衬底不是将所有光基本上都反射到端口 2, 而是只将 λ_{3dB1} 的一半反射到端口 2, 并由此传播到东侧尾纤连接器 20_E。连接器 20_E将 λ_{3dB1} 的光反射回端口 2, 然后一半光通过多层介电衬底透射至端口 3, 经 EDFA 401 最终到达端口 1, 在端口 1 处, 光沿西侧尾纤 103 传播至西侧光纤连接器 20_W。西侧光纤连接器 20_W将光反射回端口 1, 并由此被多层介电衬底反射至端口 3, 然后经 EDFA 放大, 再次如前所述沿东侧光纤链路 1110_E 传播。另外, 如前所述多层介电衬底将输入端口的波长为 1549 纳米的原生 ASE 半反射, 同时另一半光透过介电衬底, 传向端口 1, 并再次从西侧光纤连接器 20_W 反射返回。用类似的方法, 由 EDFA 生成的波长为 1564 纳米的 ASE 发射可以入射端口 4。多层介电衬底将波长为 λ_{3dB2} 的光的一半反射至端口 2, 沿东侧尾纤 103 传播至东侧尾纤连接器 20_E, 连接器 20_E再将光反射回端口 2, 经介电光纤衬底到达端口 3, 然后由 EDFA 放大后输入端口 4, 之后再通过端口 1 和 2 到达尾纤 103。由此, 一个或两个尾纤连接器起反射点的作用, 它们形成一个包含增益媒质的腔体, 在腔体中生成放大的脉冲。当传输光纤与尾纤连接器 20_E 和 20_W 连接/断开时, 会产生 Q 开关高能量脉冲, 使光路中的元件受损。图 5 用流程图示出了 λ_{3dB1} 和 λ_{3dB2} 所走的光路。

图 8 是本发明一实施例的示意图。在该实施例中, 将单个附加滤光器 F_1 添加到图 1 和图 2 所示的常规 WDM 器件中, 该附加滤光器对应于例如图 6 所示的两个滤光器中的一个。应该理解, 常规器件已经包含一个滤光器 F , 其响应函数类似于图 6 所示滤光器中的一个, 但具有不同的 3dB 点。附加滤光器 F_1 (或 F_2) 可以抑制现有滤光器不能抑制的 3dB 波长。在本实施例中, 传输曲线将具有比图 6 所示曲线(图 6 所示曲线是以下描述的一实施例中使用了两个附加滤光器的传输频谱)更宽的传输频谱。还可看到, 尽管该实施例和其它将作描述的实施例将附加滤光器放在 WDM 本身内部, 但实际上可将任何或所有附加滤光器包含在 WDM 和 EDFA 之间的任何地方。

图 9 是另一实施例的示意图。在该实施例中, WDM 器件使两个附加滤光器 (2) F_1 或 (2) F_2 与现有滤光器 F 联用。由于该结构为需要抑制的 3dB 波长提供了改善的插入损耗, 所以该结构比图 8 所示的优越。

在图 10 所示一较佳实施例中, 本发明使用了两个四端口 WDM A 和 B。每个 WDM 包含两个滤光器 F_1 和 F_2 , 滤光器的响应类似于图 6 所示的曲线。在本

实施例中，波长为 λ_1 的信号(例如红色信号)从西侧输入 WDM 的端口 A2。光经透射到达端口 A4，然后通过 EDFA 401 传播，输入端口 B1。从 B1，波长为 λ_1 的光通过 WDM B 的介电滤光器 F_1 和 F_2 透射至端口 B3，然后沿向东方向输出。图 6 的传输图对此作了描绘，它表示从大约 1520 纳米至大约 1545 纳米(蓝色频谱)的透射插入损耗较大，1549 纳米与 1564 纳米之 3dB 波长之间有较高的透射率(红色频谱)，而在大约 1565 纳米之后透射损耗又大了。由东向西传播的波长为 λ_2 的信号(例如，蓝色信号)输入 WMD 的端口 B3。该信号反射至端口 B2，并传播到端口 A1。从 A1 反射至端口 A4，然后经 EDFA 发送到端口 B1。从 B1 反射到 B4，传送到 A3，再反射至 A2，然后沿向西方向传送。如图 6 中的反射曲线所示，蓝色频谱具有较低的反射插入损耗(透射率较高)。因此，根据本发明的一个实施例，附加滤光器可以抑制 WDM 滤光器中对 3dB 波长的反常透射和反射，从而防止在器件腔体内发出 3dB 波长的光。

如图 11 所示，在本发明另一个实施例中描述了一种对现有技术 WDM 滤光器的改进，在该实施例中，用上述使用 F_1 或 F_2 的相同方法使用中心处于第一 3dB 波长附近的陷波滤光器。其改进之处在于能够抑制两个 3dB 波长中的一个波长。在本实施例的一个较佳方面，使用与 λ_{3dB2} 对应的第二陷波滤光器 N2，从而抑制两个 3dB 波长。

在上述每个实施例中，滤光装置为光路反射点所形成的每一个 3dB 交叉波长(1549 纳米和 1564 纳米)提供了超过特定 3dB 交叉波长之腔体增益的插入损耗。例如，这里所述类型和设计的滤光器可以从 E-TEK 公司买到。

说明书附图

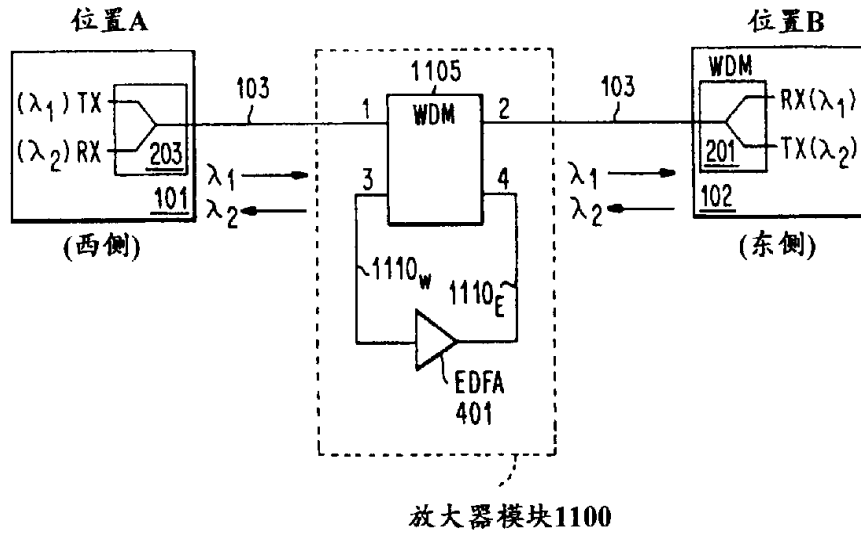


图 1

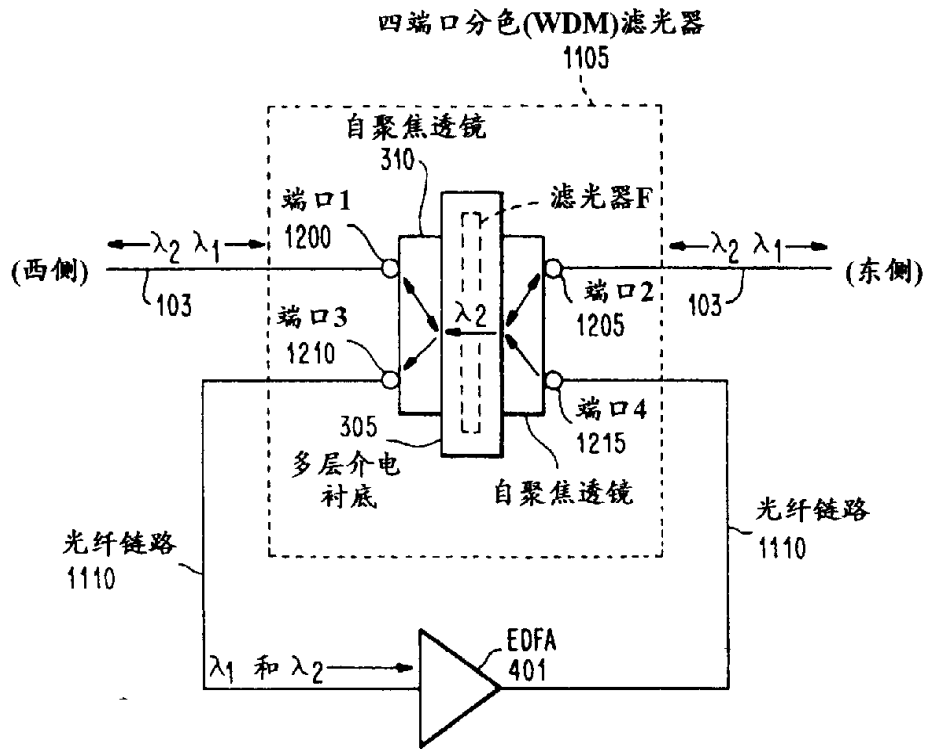


图 2

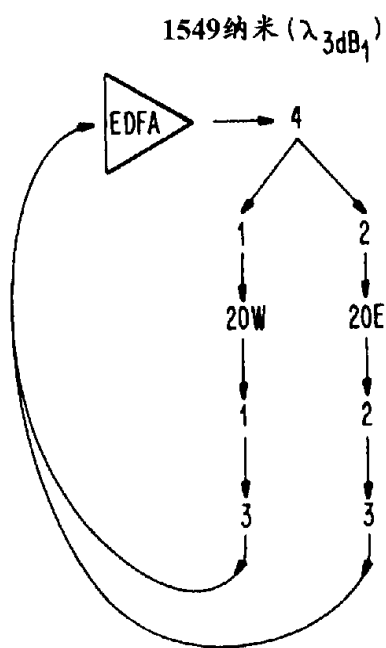


图 5A

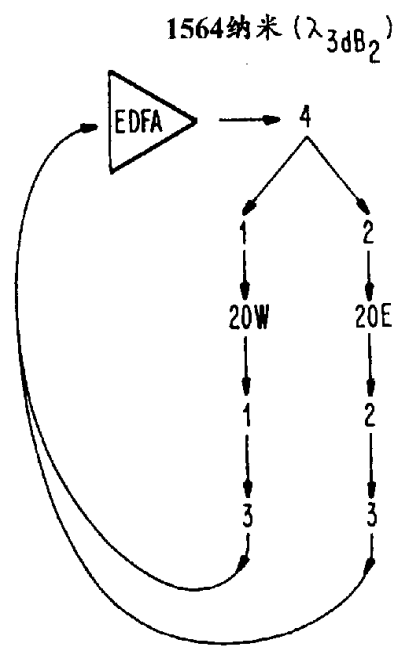


图 5B

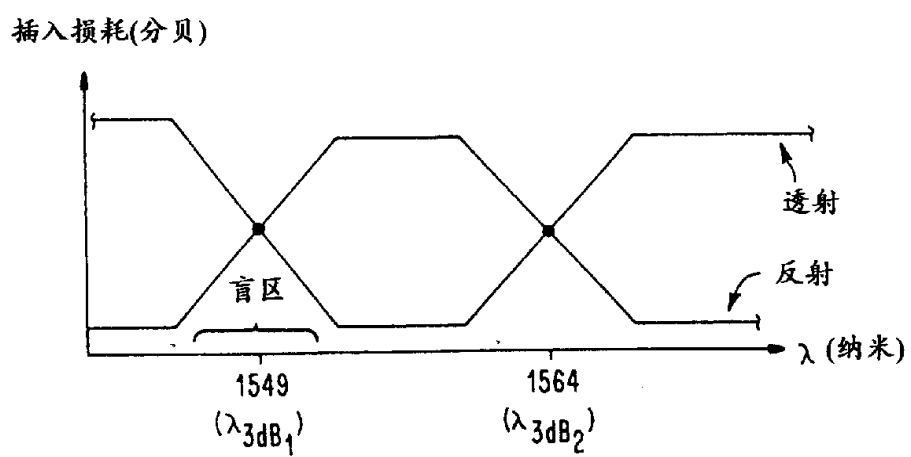


图 3

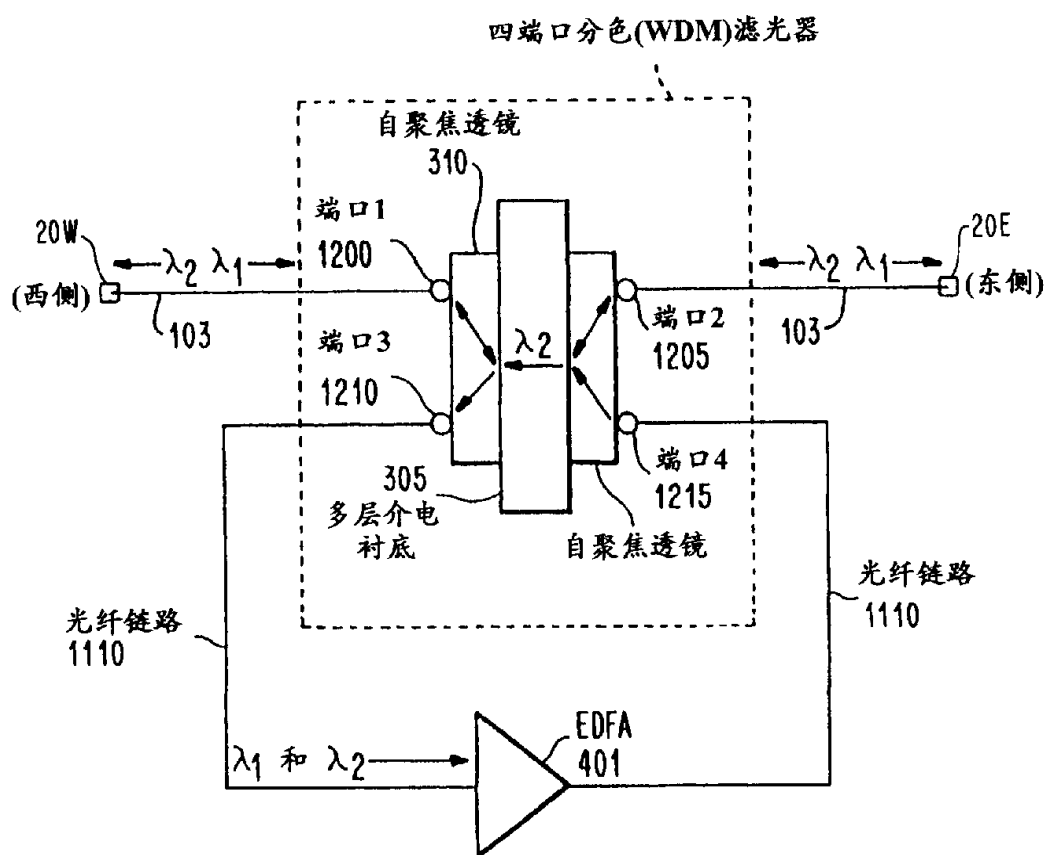


图 4

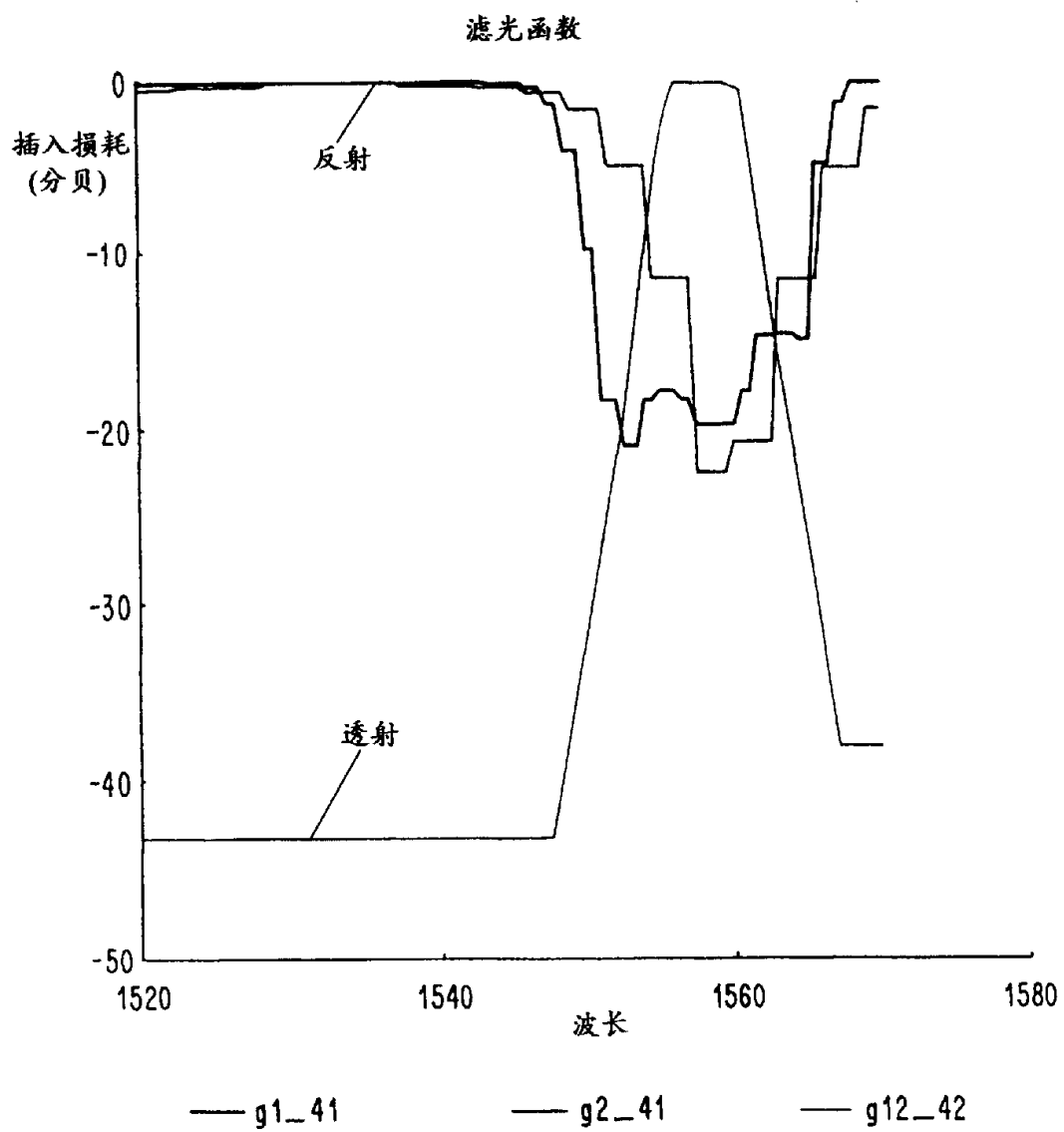


图 6

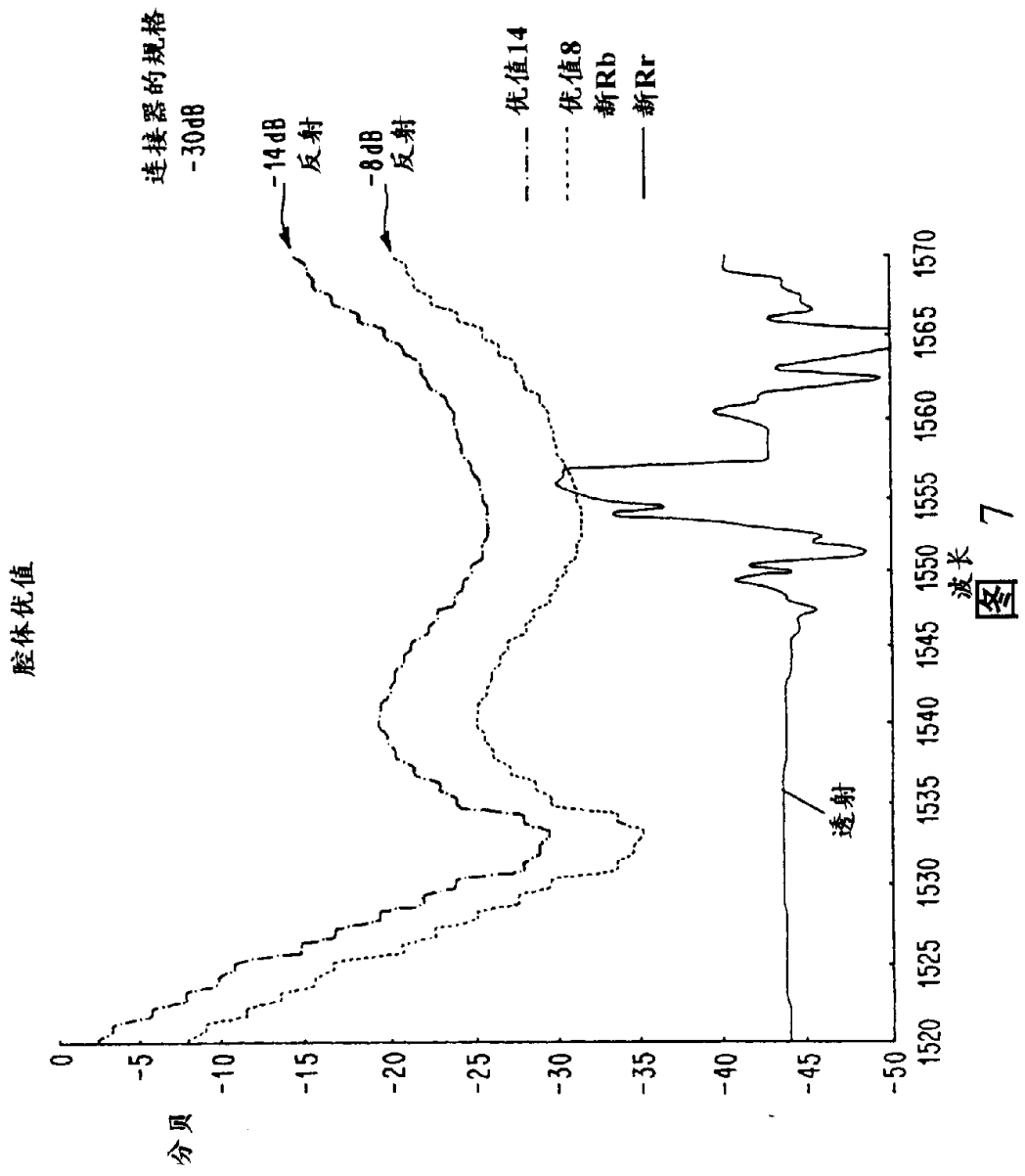


图 7

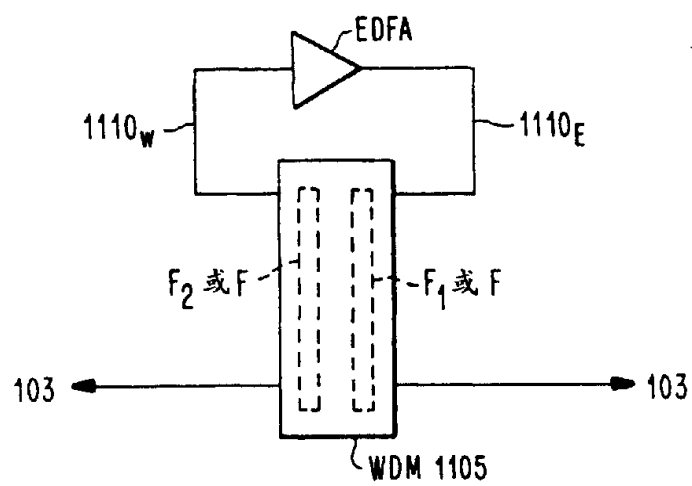


图 8

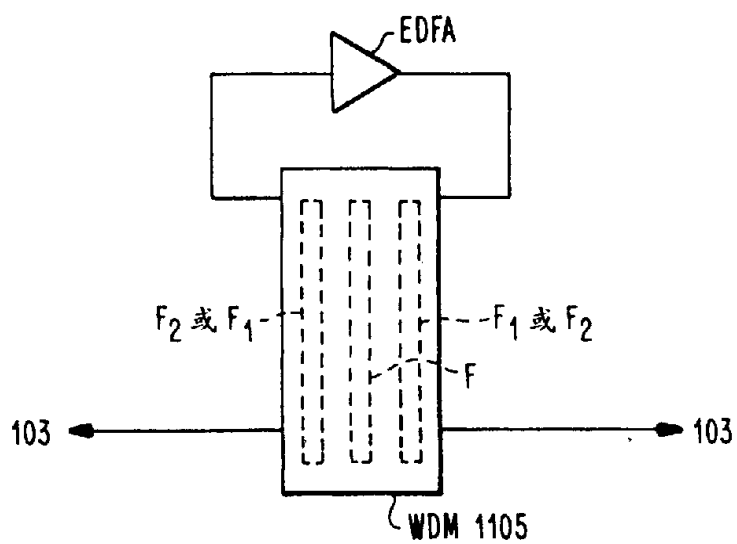
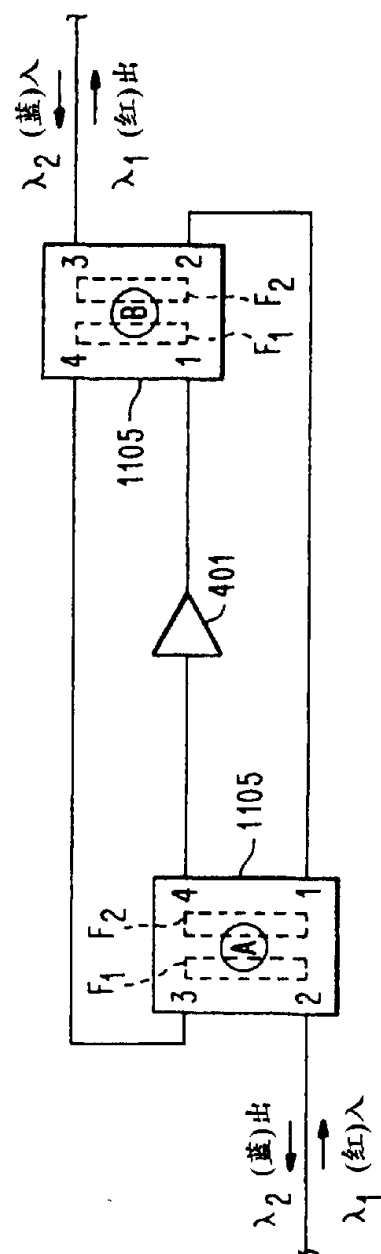


图 9



红: 入 $\rightarrow A_2 \rightarrow A_4 \rightarrow \triangle \rightarrow B_1 \rightarrow B_3 \rightarrow$ 出(透射)

蓝: 入 $\rightarrow B_3 \rightarrow B_2 \rightarrow A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow \triangle \rightarrow B_1 \rightarrow B_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_2 \rightarrow$ 出(反射)

图 10

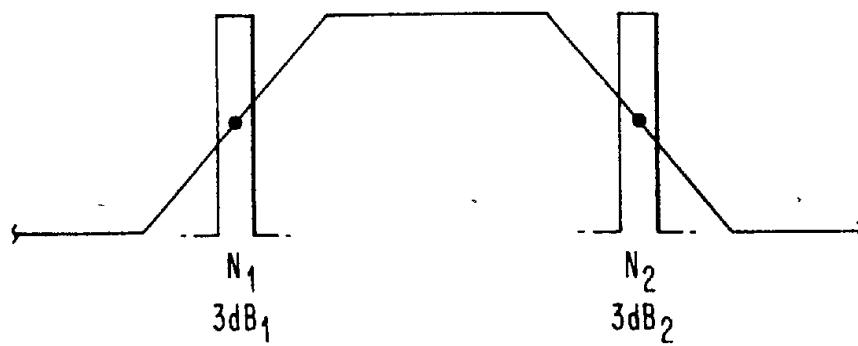
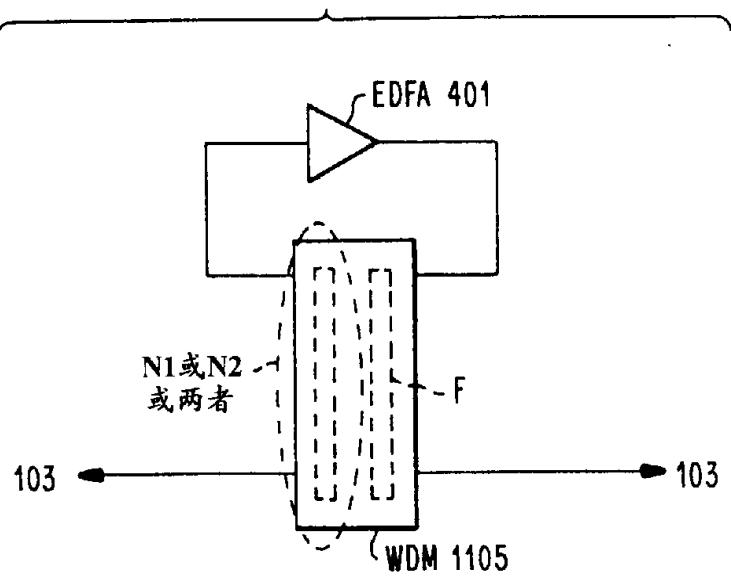


图 11