



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116055924 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 14

(21) 申请号 202310042413.5

(22) 申请日 2023.01.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116055924 A

(43) 申请公布日 2023.05.02

(73) 专利权人 中兴通讯股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区科技园
路55号

(72) 发明人 朱松林 谢云鹏 杨波

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240
专利代理师 张秀英

(51) Int. Cl.

H04Q 11/00 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102439998 A, 2012.05.02

CN 101826919 A, 2010.09.08

"DTR08003v006 Annex A".3GPP tsg_sa\
wg5_tm.2004,

审查员 于艳琼

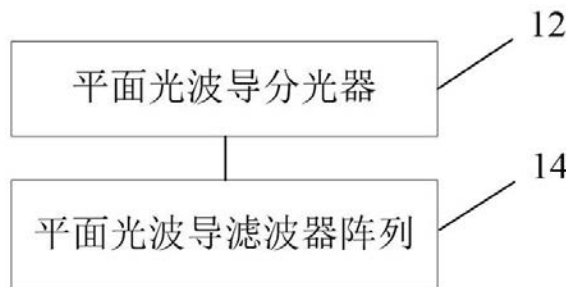
权利要求书5页 说明书10页 附图10页

(54) 发明名称

一种无源光网络的分光器及光信号处理方法

(57) 摘要

本申请实施例提供了一种无源光网络的分光器及光信号处理方法,该分光器包括:平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列;平面光波导分光器,用于将输入的光信号分成多份子信号,并将多份子信号输入平面光波导滤波器阵列中对应的薄膜滤波器;多个薄膜滤波器,用于对所述多份子信号分别进行滤波,并输出目标子信号。通过本申请实施例可以解决相关技术中无源光网络分光器生产成本低,预设滤波器中心波长容易随温度偏移且不利于光纤故障精准定位的问题,通过采用平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列,既实现了光纤故障的精准定位,又降低了分光器的加工难度,大大改善预设滤波中心波长随温度偏移特性,提升了无源光网络的可靠性。



1. 一种无源光网络的分光器,其特征在于,所述分光器包括:

平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列,其中,所述平面光波导滤波器阵列由多个薄膜滤波器组成;

所述平面光波导分光器,用于将输入的光信号按功率分成多份子信号,并将所述多份子信号输入所述平面光波导滤波器阵列中对应的薄膜滤波器,其中,每份子信号输入一个薄膜滤波器;

所述多个薄膜滤波器,用于对所述多份子信号分别进行滤波,并分别输出目标子信号;

其中,所述薄膜滤波器为三端口薄膜滤波器;所述三端口薄膜滤波器包括:公共端口,反射端口,透射端口及薄膜滤波片,其中,所述公共端口、所述反射端口和所述透射端口分别通过光波导形成的光通路与所述薄膜滤波片连接,所述薄膜滤波片被设置为透射预设波长的光信号并反射预设波长以外的光信号,所述目标子信号包括透射子信号和/或反射子信号。

2. 根据权利要求1所述的分光器,其特征在于,

所述薄膜滤波片,用于对从所述薄膜滤波器的公共端口输入的所述子信号进行滤波,并从所述透射端口输出透射子信号,和/或,从所述反射端口输出反射子信号。

3. 根据权利要求2所述的分光器,其特征在于,

所述平面光波导分光器包括:1个公共端口和N个分支端口;

所述平面光波导滤波器阵列包括:N个公共端口,N个反射端口,N个透射端口以及N个薄膜滤波片,其中,每个薄膜滤波片对应1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口,所述N个薄膜滤波片预设的透射波长不同;

所述平面光波导分光器的N个分支端口与所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口一对一连接;

所述平面光波导分光器,用于将从所述平面光波导分光器的公共端口输入的1份光信号按功率分成N份子信号,并将所述N份子信号分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出;

所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输入的所述N份子信号进行滤波,并从所述N个透射端口输出对应的N份透射子信号,和/或,从所述N个反射端口输出对应的N份反射子信号。

4. 根据权利要求3所述的分光器,其特征在于,

所述平面光波导分光器,用于将从所述平面光波导分光器的公共端口输入的1份光信号按功率分成N份子信号,并将所述N份子信号分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出,其中,所述光信号包括业务光信号和检测光信号,所述子信号包括业务子信号和检测子信号;

在所述N个薄膜滤波片为N个单通带薄膜滤波片的情况下,所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个单通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,从所述N个透射端口输出对应的N份预设波长的检测子信号,并从所述N个反射端口输出对应的N份业务子信号和N份除预设波长以外的检测子信号;

在所述N个薄膜滤波片为N个双通带薄膜滤波片的情况下,所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个双通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,从所述N个透射端

口输出对应的N份预设波长的检测子信号和N份业务子信号,并从所述N个反射端口输出对应的N份除预设波长以外的检测子信号。

5. 根据权利要求1所述的分光器,其特征在于,

所述薄膜滤波片,用于对从所述反射端口输入的预设反射波长的子信号和从所述透射端口输入的预设透射波长的子信号进行滤波后合波,并从所述薄膜滤波器的公共端口输出合波后的反射子信号和透射子信号。

6. 根据权利要求5所述的分光器,其特征在于,

所述平面光波导分光器包括:1个公共端口和N个分支端口;

所述平面光波导滤波器阵列包括:N个公共端口,N个反射端口,N个透射端口以及N个薄膜滤波片,其中,每个薄膜滤波片对应1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口,所述N个薄膜滤波片预设的透射波长不同;

所述平面光波导分光器的N个分支端口与所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口或N个透射端口一对一连接;

所述平面光波导分光器,用于将从所述平面光波导分光器的公共端口输入的1份光信号按功率分成N份子信号,并分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出;

所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口输入的所述N份子信号进行滤波,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出对应的N份透射子信号,其中,所述目标子信号为所述透射子信号;

或者,所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口输入的所述N份子信号进行滤波,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出对应的N份反射子信号,其中,所述目标子信号为所述反射子信号。

7. 根据权利要求6所述的分光器,其特征在于,

所述分光器还包括一个三端口波分复用器,以及,阵列波导光栅或多路波分复用器,其中,所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器分别包括一个公共端口和N个分支端口;

所述三端口波分复用器包括一个公共端口和两个输出端口;

所述三端口波分复用器用于将从所述三端口波分复用器的公共端口输入的光信号分为业务光信号和检测光信号分别从所述三端口波分复用器的两个输出端口输出,并将所述业务光信号输入所述平面光波导分光器的公共端口,将所述检测光信号输入所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的公共端口;

所述平面光波导分光器,用于将所述业务光信号按功率分成N个业务子信号;

所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器,用于将所述检测光信号按波长分成N个检测子信号;

所述平面光波导滤波器阵列,用于从所述N个透射端口接收所述N个业务子信号,并从所述N个反射端口接收所述N个检测子信号;或者,用于从所述N个反射端口接收所述N个业务子信号,并从所述N个透射端口接收所述N个检测子信号;

所述平面光波导滤波器阵列,还用于通过所述N个薄膜滤波片将所述N个业务子信号和所述N个检测子信号合波成N个目标子信号,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出所述N个目标子信号,其中,所述目标子信号包括所述检测子信号和所述业务子信

号。

8. 根据权利要求7所述的分光器,其特征在于,

所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口连接;

所述平面光波导分光器的N个分支端口分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口连接;

所述平面光波导滤波器阵列,用于从所述N个透射端口接收来自所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口的所述N个检测子信号,从所述N个反射端口接收来自所述平面光波导分光器的N个分支端口的所述N个业务子信号。

9. 根据权利要求7所述的分光器,其特征在于,

所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口连接;

所述平面光波导分光器的N个分支端口分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口连接;

所述平面光波导滤波器阵列,用于从所述N个反射端口接收来自所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口的所述N个检测子信号,从所述N个透射端口接收来自所述平面光波导分光器的N个分支端口的所述N个业务子信号。

10. 根据权利要求1至9任一项中所述的分光器,其特征在于,所述分光器还包括:

一个或多个光纤阵列;

所述光纤阵列,用于连接所述平面光波导分光器和/或所述平面光波导滤波器阵列,其中,所述光纤阵列包括N个分支端口和N个分支光纤,所述光纤阵列的每个分支端口通过光波导形成的光通路与对应的分支光纤连接。

11. 一种无源光网络的光信号处理方法,其特征在于,应用于权利要求1至10任一项中所述的无源光网络的分光器,所述方法包括:

通过平面光波导分光器将输入的光信号按功率分成多份子信号;

将所述多份子信号输入平面光波导滤波器阵列中的多个薄膜滤波器,其中,每份子信号输入一个薄膜滤波器;

通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多份子信号进行滤波,得到多个目标子信号。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,通过平面光波导分光器将输入的光信号按功率分成多份子信号,包括:

通过所述平面光波导分光器的公共端口接收所述光信号;

通过所述平面光波导分光器将所述光信号按功率分成N份子信号;

将所述N份子信号分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出,其中,所述平面光波导分光器的每个分支端口输出1份子信号。

13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多份子信号进行滤波,得到多个目标子信号,包括:

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口接收所述N份子信号,其中,所述平面光波导滤波器阵列包含N个薄膜滤波器,每个薄膜滤波器包含1个薄膜滤波片、1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口分别输出对应的透射子信号;和/或,通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口分别输出对应的反射子信号;其中,所述目标子信号包括所述反射子信号和/或所述透射子信号。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,包括:

所述光信号包括业务光信号和检测光信号,所述子信号包括业务子信号和检测子信号;

在所述薄膜滤波片为单通带薄膜滤波片的情况下,通过所述N个单通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,其中,所述透射子信号包括预设波长的检测子信号,所述反射子信号包括所述业务子信号和除预设波长以外的检测子信号;

在所述薄膜滤波片为双通带薄膜滤波片的情况下,通过所述N个双通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,其中,所述透射子信号包括所述业务子信号和预设波长的检测子信号,所述反射子信号包括除预设波长以外的检测子信号。

15. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多份子信号进行滤波,得到多个目标子信号,包括:

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口和/或N个反射端口接收N份子信号,其中,所述平面光波导滤波器阵列包含N个薄膜滤波器,每个薄膜滤波器包含1个薄膜滤波片、1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和/或N份反射子信号;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口分别输出对应的透射子信号和/或反射子信号,其中,所述目标子信号包括所述反射子信号或所述透射子信号。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

通过三端口波分复用器将所述光信号分为业务光信号和检测光信号;

将所述业务光信号输入所述平面光波导分光器的公共端口,其中,所述平面光波导分光器用于将所述业务光信号按功率分成N个业务子信号;

将所述检测光信号输入阵列波导光栅或多路波分复用器的公共端口,其中,所述阵列波导光栅和所述多路波分复用器用于将所述检测光信号按波长分成N个检测子信号。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,将所述多份子信号输入平面光波导滤波器阵列中的多个薄膜滤波器,包括:

将从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出的N个业务子信号输入所述平面光波导滤波器阵列,其中,每个业务子信号输入一个薄膜滤波器;

将从所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口输出的N个检测子信号输入所述平面光波导滤波器阵列,其中,每个检测子信号输入一个薄膜滤波器。

18. 根据权利要求17所述的方法,其特征在于,通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多

份子信号进行滤波,得到多个目标子信号,包括:

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口接收所述N个业务子信号,并通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口接收所述N个检测子信号;或者,

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口接收所述N个业务子信号,并通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口接收所述N个检测子信号;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片将所述N个业务子信号和所述N个检测子信号合波成N个目标子信号,其中,每个目标子信号包括1个检测子信号和1个业务子信号;

通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出所述N个目标子信号。

19. 一种无源光网络的光信号处理系统,其特征在于,所述系统包括:

M级分光器,其中,所述M级分光器包括第i级分光器和第i+1级分光器,其中,所述第i级分光器和所述第i+1级分光器为权利要求1至10任一项中所述的无源光网络的分光器,所述第i级分光器的每个分支端口分别与一个第i+1级分光器的公共端口连接,其中,M为大于1的整数,i为1至M-1中的任一整数;

在每个所述第i级分光器包括N个分支端口的情况下,所述第i级分光器的每个分支端口连接N个第i+1级分光器的公共端口。

20. 根据权利要求19所述的系统,其特征在于,

所述第i级分光器,用于将光信号分成N份不同波长范围的目标信号,其中,所述第i级分光器中的N个薄膜滤波片预设的透射波长范围不同,或者,所述第i级分光器包含多路波分复用器;

所述N个第i+1级分光器,用于将所述目标信号分成多份不同波长的目标子信号,其中,所述第i+1级分光器中的多个薄膜滤波片预设的透射波长不同,或者,所述第i+1级分光器包含阵列波导光栅。

一种无源光网络的分光器及光信号处理方法

技术领域

[0001] 本申请涉及无源光网络领域,具体而言,涉及一种无源光网络的分光器及光信号处理方法。

背景技术

[0002] 无源光网络(Passive optical Network,简称PON)是一种点到多点的网络,系统主要由局端的光线路终端(Optical line Terminal,简称OLT)、用户端的光网络单元(Optical Network Unit,简称ONU)或光网络终端(Optical Network Termination,简称ONT)以及光配线网络(Optical Distribution Network,简称ODN)组成。无源光网络中的光配线网络是一个用于对光线路终端和光网络终端之间的光信号进行分支/耦合或者复用/解复用的光分配网络,可以包括光纤、分光器、光耦合器、光纤连接器、波分复用器等光无源器件。这种基于分光器等光无源器件的多分支结构对光配线网络的故障检测技术和拓扑提出了很大挑战。

[0003] 相关技术中为了方便光配线网络的光纤故障检测和定位,主要采取以下方案:对普通的平面光波导(Planar Lightwave Circuit,简称PLC)分光器进行改造,主要是在普通分光器的PLC分光器芯片的分支输出波导上刻蚀布拉格光栅滤波器或者在分光器的分支光纤上刻写光纤布拉格光栅。

[0004] 该方法需要在普通分光器的PLC分光器芯片的分支输出波导上刻蚀布拉格光栅滤波器,导致该PLC分光器芯片的定制化,增加了芯片成本。或者,需要在分光器的分支光纤上刻写光纤布拉格光栅,也会改变生产工艺,大大增加生产成本。且这两种方式刻写的光栅本身对环境温度非常敏感,预设滤波器中心波长容易随温度偏移,影响系统的稳定性。另外,由于光栅滤波器本身特性决定了对特定波长的反射特性,ONU/ONT只能通过波长编码的形式来识别连接的ODN中分光器的端口连接关系,而不能解决端到端的光时域反射仪(Optical Time Domain Reflectometer,简称OTDR)的光纤链路识别功能。

[0005] 综上,针对相关技术中无源光网络中的分光器生产成本低,预设滤波器中心波长容易随温度偏移且不利于光纤故障精准定位的问题,还没有很好的解决方法。

发明内容

[0006] 本申请实施例提供了一种无源光网络的分光器及光信号处理方法,以至少解决相关技术中无源光网络中的分光器生产成本低,预设滤波器中心波长容易随温度偏移且不利于光纤故障精准定位的问题。

[0007] 根据本申请的一个实施例,提供了一种无源光网络的分光器,所述分光器包括:

[0008] 平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列,其中,所述平面光波导滤波器阵列由多个薄膜滤波器组成;

[0009] 所述平面光波导分光器,用于将输入的光信号按功率分成多份子信号,并将所述多份子信号输入所述平面光波导滤波器阵列中对应的薄膜滤波器,其中,每份子信号输入

一个薄膜滤波器；

[0010] 所述多个薄膜滤波器，用于对所述多份子信号分别进行滤波，并分别输出目标子信号。

[0011] 根据本申请的另一个实施例，还提供了一种无源光网络的光信号处理方法，应用于上述的无源光网络的分光器，所述方法包括：

[0012] 通过平面光波导分光器将输入的光信号按功率分成多份子信号；

[0013] 将所述多份子信号输入平面光波导滤波器阵列中的多个薄膜滤波器，其中，每份子信号输入一个薄膜滤波器；

[0014] 通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多份子信号进行滤波，得到多个目标子信号。

[0015] 根据本申请的又一个实施例，还提供了一种无源光网络的光信号处理系统，所述系统包括：

[0016] M级分光器，其中，所述M级分光器包括第i级分光器和第i+1级分光器，其中，所述第i级分光器和所述第i+1级分光器为上述的无源光网络的分光器，所述第i级分光器的每个分支端口分别与一个第i+1级分光器的公共端口连接，其中，M为大于1的整数，i为1至M-1中的任一整数；

[0017] 在每个所述第i级分光器包括N个分支端口的情况下，所述第i级分光器的每个分支端口连接N个第i+1级分光器的公共端口。

[0018] 本申请实施例，通过采用平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列组成无源光网络的分光器，既通过平面光波导滤波器阵列对检测光信号的滤波实现了单一检测光波长对应单一光链路光纤故障精准定位，又降低了分光器的加工难度，大大改善预设滤波中心波长随温度偏移特性，提升了无源光网络的可靠性，因此，可以解决相关技术中无源光网络分光器生产成本低，预设滤波器中心波长容易随温度偏移且不利于光纤故障精准定位的问题。

附图说明

[0019] 图1是本申请实施例的一种无源光网络的分光器的框图；

[0020] 图2是本申请实施例中三端口薄膜滤波器的结构示意图；

[0021] 图3是本申请实施例中三端口薄膜滤波器的透射和反射频谱图；

[0022] 图4是本申请实施例中平面光波导分光器的结构示意图；

[0023] 图5是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的结构示意图；

[0024] 图6是本申请实施例中平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列串联的示意图；

[0025] 图7是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的单通带滤波的反射频谱图；

[0026] 图8是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的双通带滤波的透射频谱图；

[0027] 图9是本申请实施例中平面光波导分光器与阵列波导光栅并联的示意图；

[0028] 图10是本申请实施例中平面光波导分光器与多路波分复用器并联的示意图；

[0029] 图11是本申请实施例中平面光波导分光器与光纤阵列连接的示意图；

[0030] 图12是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列与光纤阵列连接的示意图；

- [0031] 图13是平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列通过光纤连接的示意图；
- [0032] 图14是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理方法的流程图；
- [0033] 图15是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理系统的框图；
- [0034] 图16是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理系统的结构示意图；
- [0035] 图17是本申请实施例中二级分光器的检测光信号的波长规划示意图；
- [0036] 图18是本申请实施例中的一种无源光网络分光器的示意图；
- [0037] 图19是本申请实施例中的基于波分复用的无源光网络分光器的示意图。

具体实施方式

[0038] 下文中将参考附图并结合实施例来详细说明本申请的实施例。

[0039] 需要说明的是,本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。

[0040] 图1是本申请实施例的一种无源光网络的分光器的框图,如图1所示,无源光网络的分光器包括:平面光波导分光器12和平面光波导滤波器阵列14。

[0041] 在本实施例中,平面光波导分光器12,用于将输入的光信号按功率分成多份子信号,并将所述多份子信号输入所述平面光波导滤波器阵列中对应的薄膜滤波器(Thin Film Filter,简称TFF),其中,每份子信号输入一个薄膜滤波器;

[0042] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列14由多个薄膜滤波器组成。所述多个薄膜滤波器,用于对所述多份子信号分别进行滤波,并分别输出目标子信号。

[0043] 本申请实施例中的薄膜滤波器均为三端口薄膜滤波器。图2是本申请实施例中三端口薄膜滤波器的结构示意图。如图2所示,三端口薄膜滤波器包括以下结构:

[0044] 公共端口21,反射端口22,透射端口23及薄膜滤波片24。

[0045] 在本实施例中,薄膜滤波器的公共端口21、反射端口22及透射端口23分别通过光波导形成的光通路和薄膜滤波片24连接,薄膜滤波片24被设置为透射预设波长的光信号并反射预设波长以外的光信号,所述目标子信号包括所述透射子信号和/或所述反射子信号。

[0046] 在本实施例中,薄膜滤波片24,用于对从所述薄膜滤波器的公共端口21输入的所述子信号进行滤波,并从所述透射端口23输出透射子信号,和/或,从所述反射端口22输出反射子信号。

[0047] 在本实施例中,薄膜滤波片可以根据滤波需求进行选择,滤波片种类包括但不限于单带通滤波、双带通滤波、带阻滤波。

[0048] 图3是本申请实施例中三端口薄膜滤波器的透射和反射频谱图。如图3所示,实线为不同波长光信号的透射率数据,虚线为不同波长光信号的反射率数据。

[0049] 在本实施例中,当薄膜滤波片24为带通滤波时,指定波长的光信号透射率接近100%,反射率接近0,除指定波长以外的其他光信号反射率接近100%,透射率接近0。

[0050] 具体的,也可以根据需要调整光信号的透射率和反射率在某个具体的值X%,X取值在0~100之间。

[0051] 图4是本申请实施例中平面光波导分光器的结构示意图。如图4所示,平面光波导分光器12包括:1个公共端口和N个分支端口。

[0052] 图5是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的结构示意图。如图5所示,平面光

波导滤波器阵列14包括： N 个公共端口， N 个反射端口， N 个透射端口以及 N 个薄膜滤波片，其中，每个薄膜滤波片对应1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口，所述 N 个薄膜滤波片预设的透射波长不同。

[0053] 在本实施例中，可以通过设计平面光波导滤波器阵列中的波导光路来调整滤波器的入射角。入射角为零度可以实现基于二端口的滤波器的平面光波导滤波器阵列模块。大于零度入射角可以实现基于三端口滤波器的平面光波导滤波器阵列，同时通过调整入射角的大小的可调整光路走向和对应透射端口中心波长微调。

[0054] 进一步的，平面光波导滤波器阵列的平面光波导设计光路的入射角大于0，可以形成包含公共端口，反射端口和透射端口的三端口的平面光波导滤波器阵列。

[0055] 在本实施例中，从公共端口入射的光信号通过三端口薄膜滤波器的解复用可以分成两路分别从反射端口和透射端口输出。反过来，从透射端口输入的透射波长光信号和从反射端口输入的除透射波长光信号外其他波段光信号通过三端口滤波器波长复用后从公共端口输出。

[0056] 在本实施例中，平面光波导可以设计形成公共端口、透射端口、反射端口的光信号传输路径以及嵌入薄膜滤波器的对应槽位。平面光波导形成的光信号传输路径可以是非直线的路径，可以根据器件加工的要求设计成弯曲形。多个平面光波导形成的光信号传输路可以相互交叉设计而不影响其中光信号的正常传输。三个端口的光信号传输的路径可以进行设计，可以有传输方向的控制。

[0057] 图6是本申请实施例中平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列串联的示意图。如图6所示，平面光波导分光器的 N 个分支端口与所述平面光波导滤波器阵列的 N 个公共端口一对一连接。

[0058] 在本实施例中，平面光波导分光器，用于将从所述平面光波导分光器的公共端口输入的1份光信号按功率分成 N 份子信号，并将所述 N 份子信号分别从所述平面光波导分光器的 N 个分支端口输出。

[0059] 在本实施例中，平面光波导滤波器阵列，用于通过所述 N 个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的 N 个公共端口输入的所述 N 份子信号进行滤波，并从所述 N 个透射端口输出对应的 N 份透射子信号，和/或，从所述 N 个反射端口输出对应的 N 份反射子信号。

[0060] 在本实施例中，平面光波导分光器，用于将从平面光波导分光器的公共端口输入的1份光信号按功率分成 N 份子信号，并将所述 N 份子信号分别从所述平面光波导分光器的 N 个分支端口输出，其中，所述光信号包括业务光信号和检测光信号，所述子信号包括业务子信号和检测子信号。

[0061] 具体的，业务光信号和检测光信号分别处于不同的波长段。

[0062] 在本实施例中，平面光波导滤波器阵列可以仅保留公共端口和透射端口或仅保留公共端口和反射端口。

[0063] 在本实施例中，平面光波导滤波器阵列中任意一路的单通带薄膜滤波器的透射端口的对应透射波长都不相同，因此任意一路薄膜滤波器的反射端口的对应阻断的透射波长都不相同。这种平面光波导滤波器阵列在反射端口透射了除透射波长信号外其他波段的光信号，但是公共端口可以没有像布拉格光栅一样的入射透射波长信号的强反射信号(排除零度入射角情况)，其中，本实施例中采用的是透射型的滤波器，布拉格光栅是反射型光栅。

[0064] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列中的N个薄膜滤波片也可以做成一个整体的薄膜滤波片模块,即一个薄膜滤波片模块内包含N个滤波波长各不相同的薄膜滤波片。

[0065] 在本申请实施例中,平面光波导滤波器阵列设计方便,使用灵活,且与分光器的组件保持独立,有利于大规模低成本的生产。同时,薄膜滤波片的中心波长对温度不敏感,大大提升了器件的稳定性和系统的可靠性。

[0066] 图7是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的单通带滤波的反射频谱图。如图7所示,单通带薄膜滤波片被设置为仅能透射预设波长的检测子信号,反射全部业务子信号和除预设波长外的其他检测子信号。

[0067] 在本实施例中,在所述N个薄膜滤波片为N个单通带薄膜滤波片的情况下,所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个单通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,从所述N个透射端口输出对应的N份预设波长的检测子信号,并从所述N个反射端口输出对应的N份业务子信号和N份除预设波长以外的检测子信号。

[0068] 图8是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列的双通带滤波的透射频谱图。如图8所示,双通带薄膜滤波片被设置为能透射预设波长的检测子信号和业务光信号(两个波长段)。

[0069] 在本实施例中,在所述N个薄膜滤波片为N个双通带薄膜滤波片的情况下,所述平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个双通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,从所述N个透射端口输出对应的N份预设波长的检测子信号和N份业务子信号,并从所述N个反射端口输出对应的N份除预设波长以外的检测子信号。

[0070] 在本实施例中,在下行方向,业务光信号和检测光信号从分光器的公共端口进入,从N个分支端口输出。N个分支端口输出信号对应进入预设的平面光波导滤波器阵列的N个公共端口。特定薄膜滤波器光波导的公共端口输入的信号中下行方向的业务光信号从透射端口输出。对于 $M>N$ 个波长的光检测信号,只有其中的一个预设光检测信号通道波长从透射端口输出。

[0071] 在本实施例中,在上行方向,业务光信号从滤波器的透射端口输入,公共端口输出。对于 $M>N$ 个波长的光检测信号,只有其中的一个预设检测光信号通道波长的反向散射信号从透射端口输入,从公共端口输出。

[0072] 在本实施例中,在有同级分光器时,其它分支相同波长的光检测信号强反射信号原路返回会干扰主分支光检测信号的反向散射信号。滤波片的入射角设置为大于零度主要考虑减小或消除同级分光器中其它分支的同波长检测光信号的从原路反射返回干扰主分支光检测信号的反向散射信号,因为其它分支同波长光检测信号从反射端口输出,而不是原路返回。小角度入射角最优,小于 8° 兼顾波长控制和减小同级分光器其它分支同波长光检测信号反射信号原路返回干扰主分支光检测信号的反向散射信号。

[0073] 在另一实施例中,薄膜滤波片24,还用于对从反射端口22输入的预设反射波长的子信号和从透射端口23输入的预设透射波长的子信号进行滤波后合波,并从薄膜滤波器的公共端口21输出合波后的反射子信号和透射子信号。

[0074] 在本实施例中,平面光波导分光器的N个分支端口与平面光波导滤波器阵列的N个反射端口或N个透射端口一对一连接。

[0075] 在本实施例中,平面光波导分光器,可以用于将从所述平面光波导分光器的公共

端口输入的1份光信号按功率分成N份子信号,并分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出。

[0076] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列,用于通过所述N个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口输入的所述N份子信号进行滤波,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出对应的N份透射子信号,其中,所述目标子信号为所述透射子信号。

[0077] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列,还可以用于通过所述N个薄膜滤波片分别对从所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口输入的所述N份子信号进行滤波,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出对应的N份反射子信号,其中,所述目标子信号为所述反射子信号。

[0078] 图9是本申请实施例中平面光波导分光器与阵列波导光栅并联的示意图。如图9所示,分光器还包括三端口波分复用器和阵列波导光栅(平面光波导阵列光栅)。

[0079] 在本实施例中,所述阵列波导光栅包括一个公共端口和N个分支端口;所述三端口波分复用器包括一个公共端口和两个输出端口。

[0080] 进一步的,所述三端口波分复用器,用于将从所述三端口波分复用器的公共端口输入的光信号分为业务光信号和检测光信号分别从所述三端口波分复用器的两个输出端口输出,并将所述业务光信号输入所述平面光波导分光器的公共端口,将所述检测光信号输入所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的公共端口。

[0081] 图10是本申请实施例中平面光波导分光器与多路波分复用器并联的示意图。如图10所示,分光器还包括三端口波分复用器和多路波分复用器。

[0082] 在本实施例中,所述多路波分复用器分别包括一个公共端口和N个分支端口。

[0083] 在本实施例中,三端口波分复用器包括一个公共端口和两个输出端口;三端口波分复用器用于将从所述三端口波分复用器的公共端口输入的光信号分为业务光信号和检测光信号分别从所述三端口波分复用器的两个输出端口输出,并将所述业务光信号输入所述平面光波导分光器的公共端口,将所述检测光信号输入所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的公共端口。

[0084] 在本实施例中,平面光波导分光器,用于将所述业务光信号按功率分成N个业务子信号;

[0085] 在本实施例中,阵列波导光栅或所述多路波分复用器,用于将所述检测光信号按波长分成N个检测子信号。

[0086] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列,用于从所述N个透射端口接收所述N个业务子信号,并从所述N个反射端口接收所述N个检测子信号;或者,用于从所述N个反射端口接收所述N个业务子信号,并从所述N个透射端口接收所述N个检测子信号。

[0087] 在本实施例中,平面光波导滤波器阵列,还用于通过所述N个薄膜滤波片将所述N个业务子信号和所述N个检测子信号合波成N个目标子信号,并从所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出所述N个目标子信号,其中,所述目标子信号包括所述检测子信号和所述业务子信号。

[0088] 在本实施例中,阵列波导光栅或多路波分复用器的N个分支端口可以分别与平面光波导滤波器阵列的N个透射端口连接;平面光波导分光器的N个分支端口分别与所述平面

光波导滤波器阵列的N个反射端口连接；平面光波导滤波器阵列，用于从所述N个透射端口接收来自所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口的所述N个检测子信号，从所述N个反射端口接收来自所述平面光波导分光器的N个分支端口的所述N个业务子信号。

[0089] 在本实施例中，阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口还可以分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口连接；平面光波导分光器的N个分支端口分别与所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口连接；平面光波导滤波器阵列，用于从所述N个反射端口接收来自所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口的所述N个检测子信号，从所述N个透射端口接收来自所述平面光波导分光器的N个分支端口的所述N个业务子信号。

[0090] 在另一实施例中，分光器还包括：一个或多个光纤阵列。

[0091] 在本实施例中，光纤阵列，用于连接所述平面光波导分光器和/或所述平面光波导滤波器阵列，其中，所述光纤阵列包括N个分支端口和N个分支光纤，所述光纤阵列的每个分支端口通过光波导形成的光通路与对应的分支光纤连接。

[0092] 图11是本申请实施例中平面光波导分光器与光纤阵列连接的示意图。如图11所示，平面光波导分光器的N个分支端口与光纤阵列的N个分支端口一对一连接。

[0093] 在本实施例中，平面光波导分光器的N个分支端口和光纤阵列的N个分支端口均为光波导端口，光波导端口之间可以直接连接。

[0094] 图12是本申请实施例中平面光波导滤波器阵列与光纤阵列连接的示意图。如图12所示，平面光波导滤波器阵列的光波导端口（公共端口、透射端口或反射端口）与光纤阵列的光波导端口（分支端口）一对一连接。

[0095] 图13是平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列通过光纤连接的示意图。如图13所示，平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列的端口均为光纤。

[0096] 在本实施例中，光纤之间可以通过光纤连接器或热熔（焊接）的方式进行连接。

[0097] 在本实施例中，平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列均可以通过与光纤阵列连接实现将分支端口转换成分支光纤。

[0098] 在本实施例中，通过光纤阵列可以将平面光波导端口转为光纤连接端口，进而扩大平面光波导分光器和平面光波导滤波器阵列的适用范围，特别是可以对原有的仅具备光纤端口的无源光网络设备进行升级。

[0099] 在本申请的另一实施例中还提供了一种无源光网络的光信号处理方法，应用于上述任一实施例中的无源光网络的分光器。

[0100] 图14是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理方法的流程图，如图14所示，光信号处理方法包括以下步骤：

[0101] 步骤S1402，通过平面光波导分光器将输入的光信号按功率分成多份子信号；

[0102] 步骤S1404，将所述多份子信号输入平面光波导滤波器阵列中的多个薄膜滤波器，其中，每份子信号输入一个薄膜滤波器；

[0103] 步骤S1406，通过所述多个薄膜滤波器分别对所述多份子信号进行滤波，得到多个目标子信号。

[0104] 在本实施例中，步骤S1402具体可以包括：通过所述平面光波导分光器的公共端口

接收所述光信号;通过所述平面光波导分光器将所述光信号按功率分成N份子信号;将所述N份子信号分别从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出,其中,所述平面光波导分光器的每个分支端口输出1份子信号。

[0105] 在本实施例中,步骤S1406具体可以包括:通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口接收所述N份子信号,其中,所述平面光波导滤波器阵列包含N个薄膜滤波器,每个薄膜滤波器包含1个薄膜滤波片、1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口分别输出对应的透射子信号;和/或,通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口分别输出对应的反射子信号;其中,所述目标子信号包括所述反射子信号和/或所述透射子信号。

[0106] 在本实施例中,光信号包括业务光信号和检测光信号,子信号包括业务子信号和检测子信号。

[0107] 进一步的,通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,具体可以包括:

[0108] 在所述薄膜滤波片为单通带薄膜滤波片的情况下,通过所述N个单通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,其中,所述透射子信号包括预设波长的检测子信号,所述反射子信号包括所述业务子信号和除预设波长以外的检测子信号;

[0109] 在所述薄膜滤波片为双通带薄膜滤波片的情况下,通过所述N个双通带薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和N份反射子信号,其中,所述透射子信号包括所述业务子信号和预设波长的检测子信号,所述反射子信号包括除预设波长以外的检测子信号。

[0110] 在本实施例中,步骤S1406具体可以包括:通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口和/或N个反射端口接收N份子信号,其中,所述平面光波导滤波器阵列包含N个薄膜滤波器,每个薄膜滤波器包含1个薄膜滤波片、1个公共端口、1个反射端口以及1个透射端口;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片分别对所述N份子信号进行滤波,得到N份透射子信号和/或N份反射子信号;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口分别输出对应的透射子信号和/或反射子信号,其中,所述目标子信号包括所述反射子信号或所述透射子信号。

[0111] 在本实施例中,在步骤S1402之前,所述无源光网络的光信号处理方法还可以包括:通过三端口波分复用器将所述光信号分为业务光信号和检测光信号;将所述业务光信号输入所述平面光波导分光器的公共端口,其中,所述平面光波导分光器用于将所述业务光信号按功率分成N个业务子信号;将所述检测光信号输入阵列波导光栅或多路波分复用器的公共端口,其中,所述阵列波导光栅和所述多路波分复用器用于将所述检测光信号按波长分成N个检测子信号。

[0112] 在本实施例中,步骤S1404具体可以包括:将从所述平面光波导分光器的N个分支端口输出的N个业务子信号输入所述平面光波导滤波器阵列,其中,每个业务子信号输入一个薄膜滤波器;将从所述阵列波导光栅或所述多路波分复用器的N个分支端口输出的N个检测子信号输入所述平面光波导滤波器阵列,其中,每个检测子信号输入一个薄膜滤波器。

[0113] 在本实施例中,步骤S1406具体可以包括:通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口接收所述N个业务子信号,并通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口接收所述N个检测子信号;或者,通过所述平面光波导滤波器阵列的N个反射端口接收所述N个业务子信号,并通过所述平面光波导滤波器阵列的N个透射端口接收所述N个检测子信号;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个薄膜滤波片将所述N个业务子信号和所述N个检测子信号合波成N个目标子信号,其中,每个目标子信号包括1个检测子信号和1个业务子信号;通过所述平面光波导滤波器阵列的N个公共端口输出所述N个目标子信号。

[0114] 在本申请的另一实施例中还提供了一种无源光网络的光信号处理系统。该无源光网络的光信号处理系统是由多个上述实施例中的无源光网络的分光器组成的。

[0115] 图15是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理系统的框图,如图15所示,该系统包括第i级分光器1502和第i+1级分光器1504。

[0116] 在本实施例中,所述系统包括M级分光器,其中,所述M级分光器至少包括第i级分光器和第i+1级分光器,其中,所述第i级分光器和所述第i+1级分光器为上述实施例中所述的无源光网络的分光器,所述第i级分光器的每个分支端口分别与一个第i+1级分光器的公共端口连接,其中,M为大于1的整数,i为1至M-1中的任一整数。

[0117] 具体的,M为分光器的总级数,例如:二级分光器包括第1级分光器和第2级分光器,三级分光器包括第1级分光器、第2级分光器及第3级分光器,以此类推。

[0118] 进一步的,在每个所述第i级分光器包括N个分支端口的情况下,所述第i级分光器的每个分支端口连接N个第i+1级分光器的公共端口。

[0119] 在本实施例中,所述第i级分光器,用于将光信号分成N份不同波长范围的目标信号,其中,所述第i级分光器中的N个薄膜滤波片预设的透射波长范围不同,或者,所述第i级分光器包含多路波分复用器。

[0120] 在本实施例中,所述N个第i+1级分光器,用于将所述目标信号分成多份不同波长的目标子信号,其中,每个所述第i+1级分光器中的多个薄膜滤波片预设的透射波长不同,或者,每个所述第i+1级分光器包含阵列波导光栅(平面光波导阵列光栅)。

[0121] 图16是根据本申请实施例的一种无源光网络的光信号处理系统的结构示意图,如图16所示,该系统包括第1级分光器和第2级分光器。

[0122] 在本实施例中,波分复用器(三端口波分复用器)与一级分光器之间的光纤为骨干光纤。第1级分光器和第2级分光器之间的光纤为分布光纤。第2级分光器和光网络终端之间的光纤为分支光纤。

[0123] 在本实施例中,多波长光时域反射仪(Optical Time-Domain Reflectometer,简称OTDR)检测装置位于光线路终端(Optical line Terminal,简称OLT)侧,用于发射可调特定波长检测光,将该检测光传送到波分复用器(CEx);接收波长为检测光回波信号并进行OTDR信号分析。波分复用器(CEx)位于OLT侧,用于将检测光信号波长与下行工作波长合波进入光配线网络(Optical Distribution Network,简称ODN)的主干光纤。

[0124] 图17是本申请实施例中二级分光器的检测光信号的波长规划示意图。如图17所示,无源光网络的光信号处理系统由二级分光器组成,包括一个第1级分光器和8个第2级分光器。

[0125] 在本实施例中,第1级分光器的各个分支输出波段与具体的分支端口绑定。第1级

分光器有1号至8号共8个分支端口,波长段分别为对应的 λ_{1band} (波长段)至 λ_{8band} 。

[0126] 在本实施例中,第2级分光器的波长是第1级分光器各个分支输出波段的周期性细分。第2级分光器的波长与具体的分支端口绑定。第1级分光器的1号分支端口连接1号第2级分光器,第1级分光器的8号分支端口连接8号第2级分光器。

[0127] 具体的,1号第2级分光器有8个分支端口,波长分别为对应的 λ_{11} 至 λ_{18} 。8号第2级分光器有8个分支端口,波长分别为对应的 λ_{81} 至 λ_{88} ,其他编号的波长划分以此类推。

[0128] 进一步的,波长 λ_{11} 至 λ_{18} 为波长段 λ_{1band} 的周期性细分,波长 λ_{81} 至 λ_{88} 为波长段 λ_{8band} 的周期性细分。利用图17中的二级分光器的检测光信号的波长规划示意图可以确定光检测波长编号与分光器端口编号的对应关系。

[0129] 通过本申请实施例,单一波长对应单一的光纤链路可以实现光检测信号的端到端的检测,即实现端到端的反向散射信号对光链路检测功能,同时可以实现ONU/ONT连接的分光器端口识别功能,进而实现对光纤故障的精准定位。本申请实施例中的波长规划还可以针对应用场景和滤波器类型进行调整。

[0130] 图18是本申请实施例中的一种无源光网络分光器的示意图,如图18所示,该分光器为平面光波导分光器与平面光波导滤波器阵列串联的结构。

[0131] 在本实施例中,该结构相当于在普通分光器的每一个分支上添加了一个滤波器。分光器各个分支上滤波器的透射波长各不相同。该结构可以用于第一级分光器。

[0132] 图19是本申请实施例中的基于波分复用的无源光网络分光器的示意图,如图19所示,该分光器为平面光波导分光器与波分复用器并联的结构。

[0133] 在本实施例中,可以通过波分复用(Wavelength Division Multiplexing,简称WDM)将光信号分为业务光信号和检测光信号,通过平面光波导光分器将业务光信号分成业务子信号,通过多路波分复用器将检测光信号分成检测子信号,再通过波分复用器或三端口滤波器将业务子信号和检测子信号合并成目标子信号。该结构可以用于第二级分光器。

[0134] 进一步的,多路波分复用器可以用平面光波导阵列光栅替换,但在由多级分光器组成的无源光网络的光信号处理系统中,第1级分光器通常由多路波分复用器组成,第2级分光器通常由平面光波导阵列光栅组成。

[0135] 本实施例中的具体示例可以参考上述实施例及示例性实施方式中所描述的示例,本实施例在此不再赘述。

[0136] 显然,本领域的技术人员应该明白,上述的本申请各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现,它们可以集中在单个的计算装置上,或者分布在多个计算装置所组成的网络上,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,并且在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样,本申请不限制于任何特定的硬件和软件结合。

[0137] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

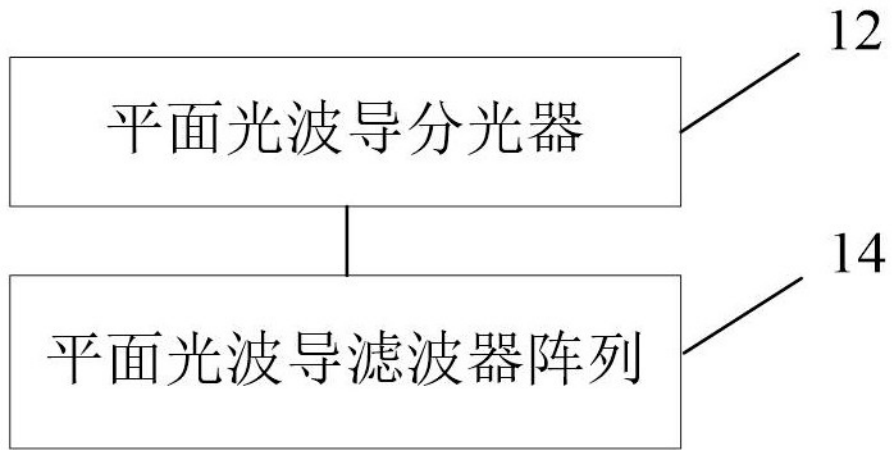


图 1

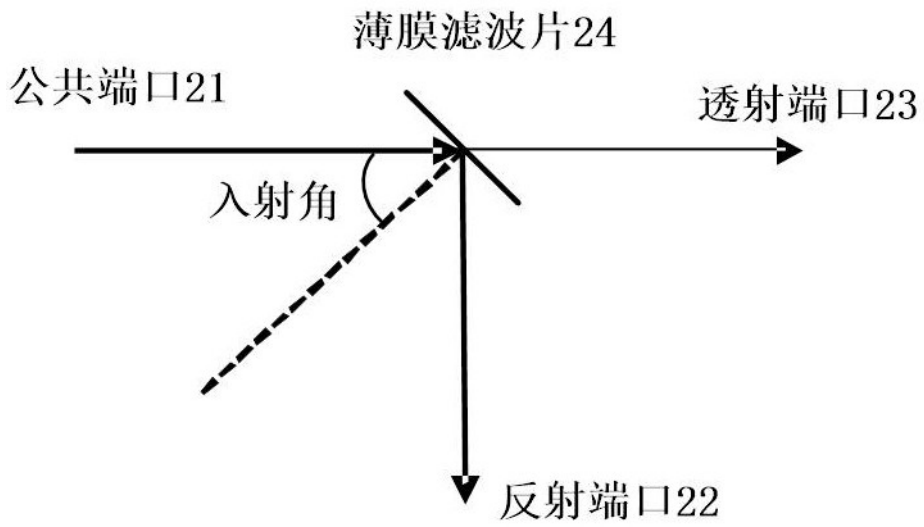


图 2

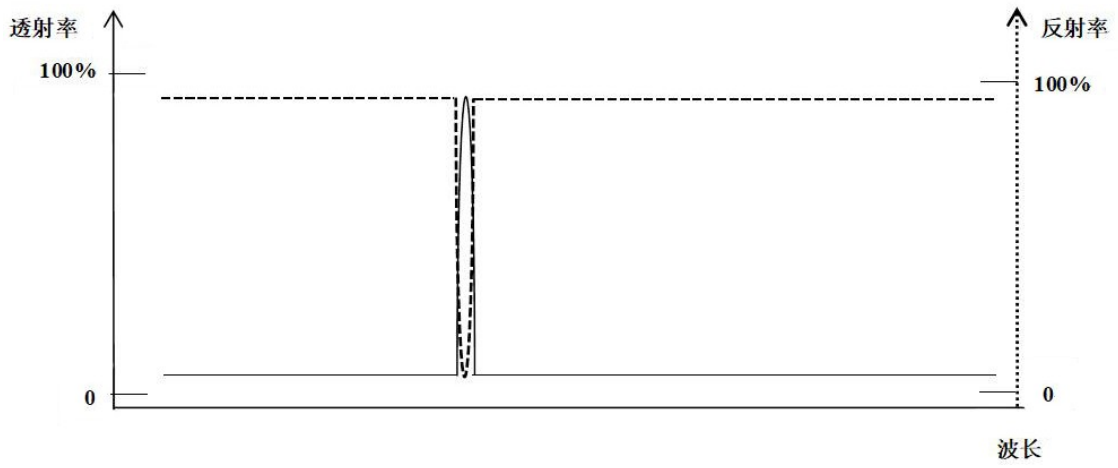


图 3

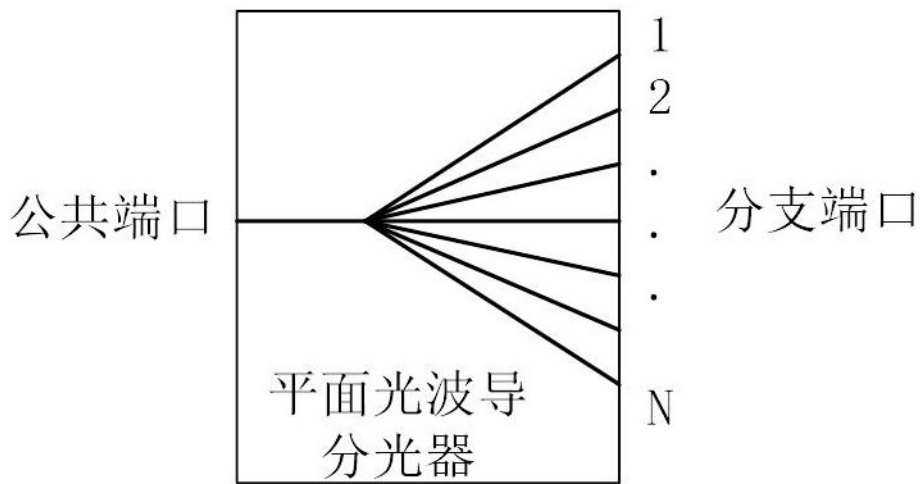


图 4

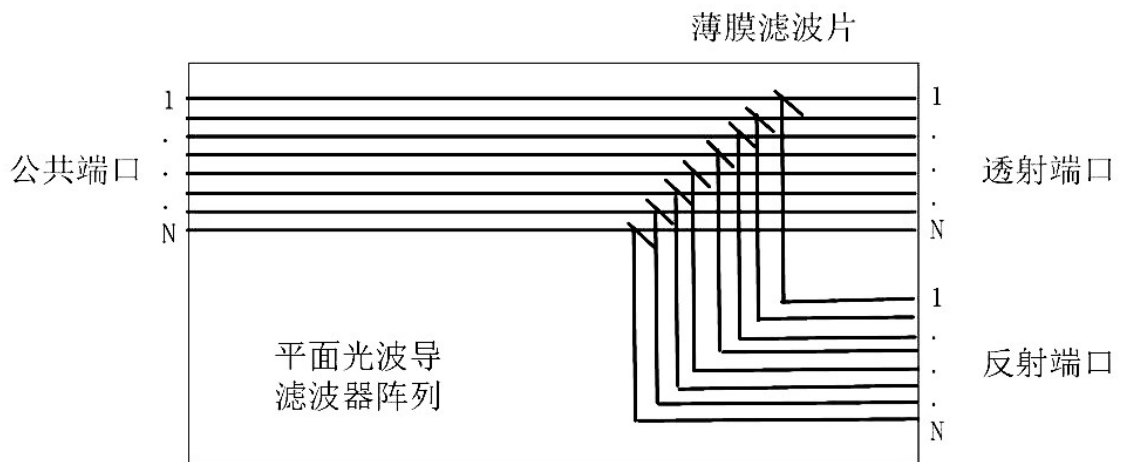


图 5

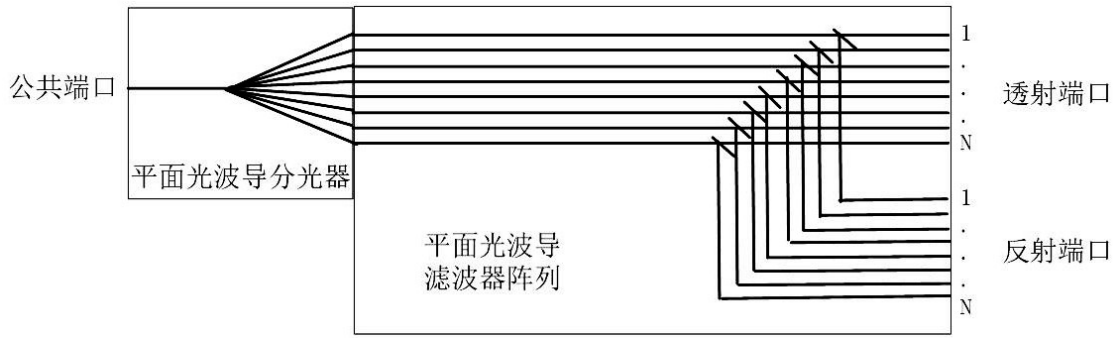


图 6

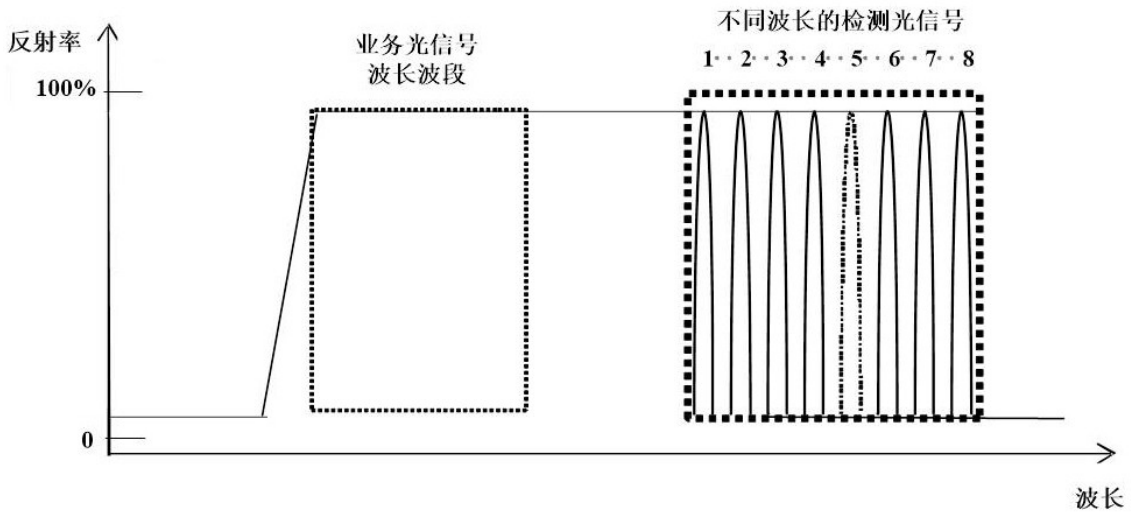


图 7

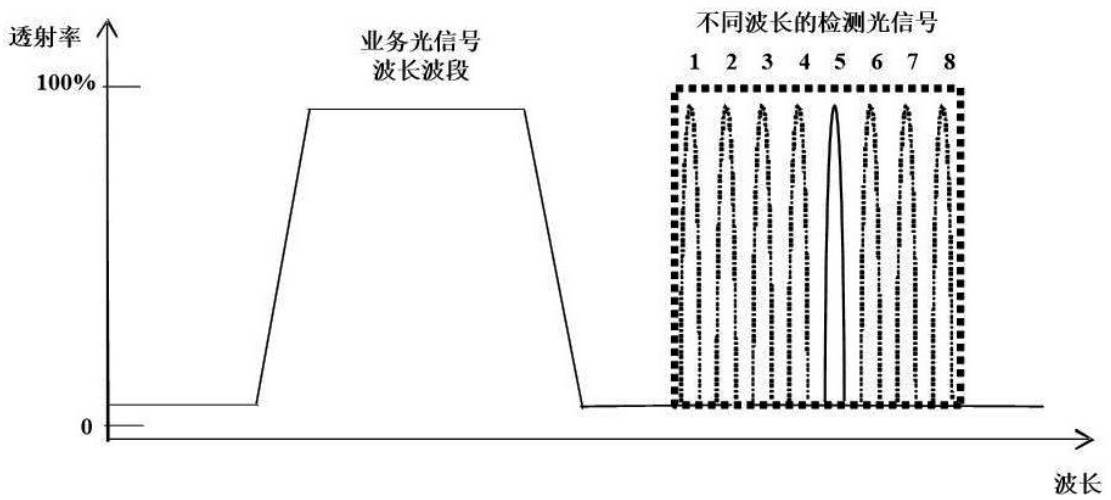


图 8

平面光波导滤波器阵列

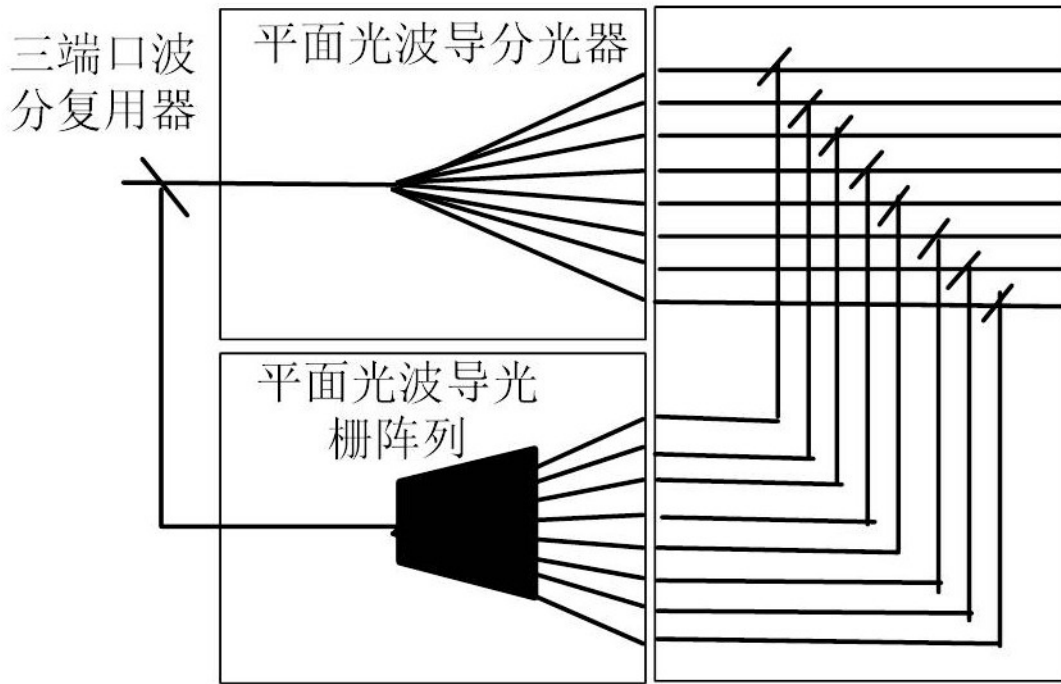


图 9

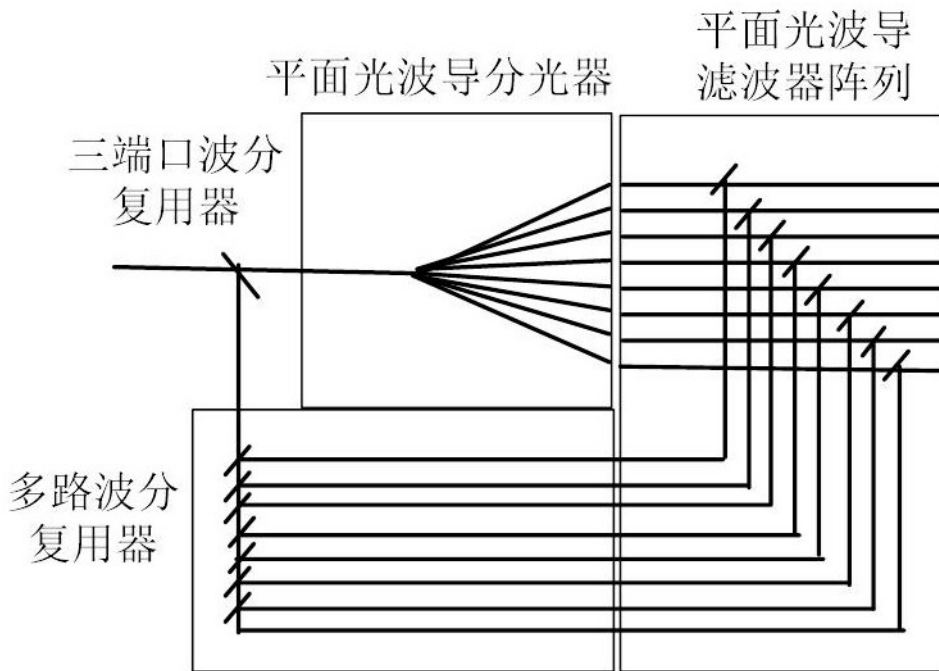


图 10

平面光波导分光器

光纤阵列

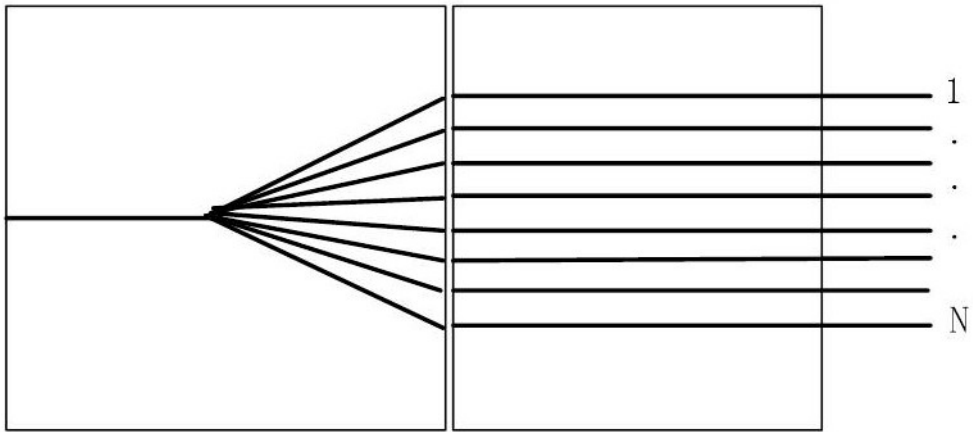


图 11

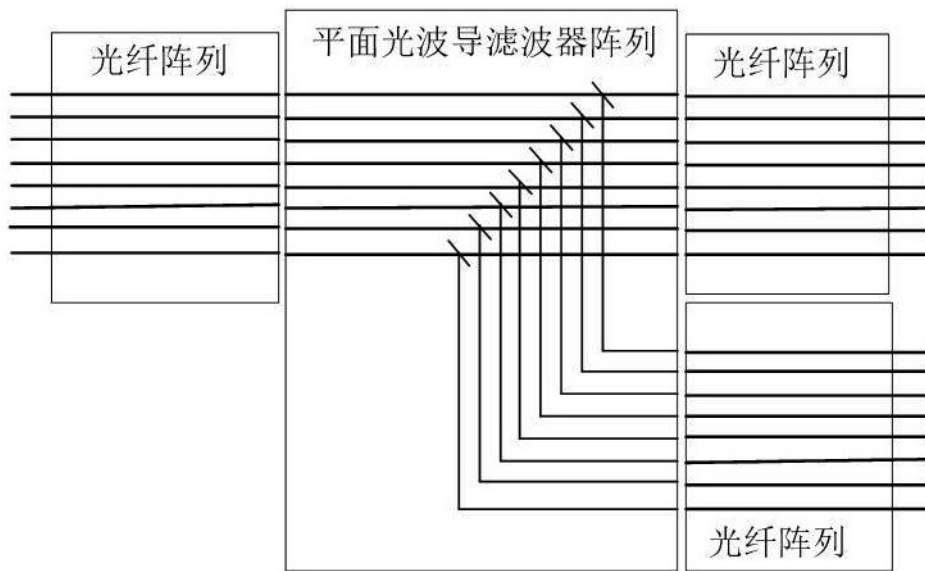


图 12

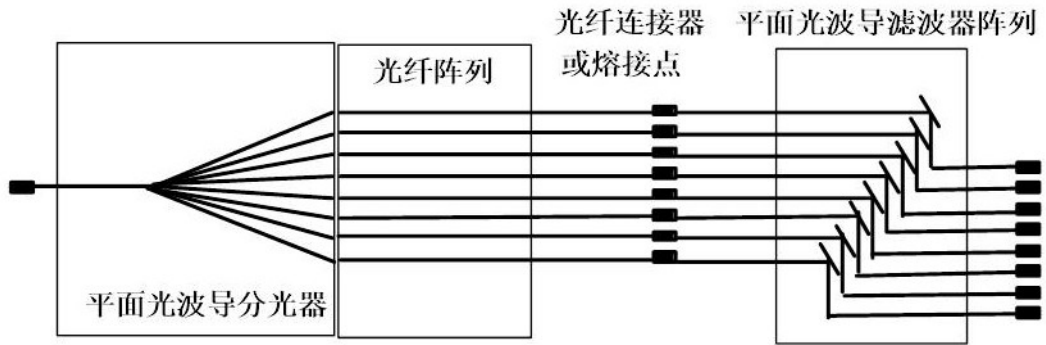


图 13

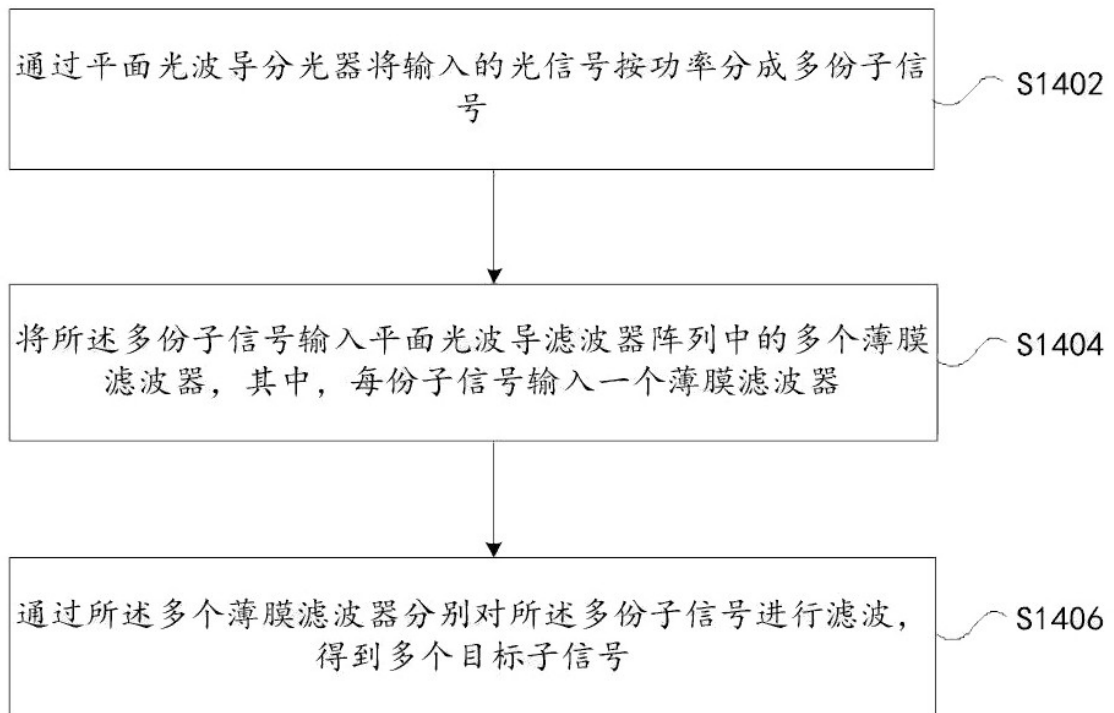


图 14

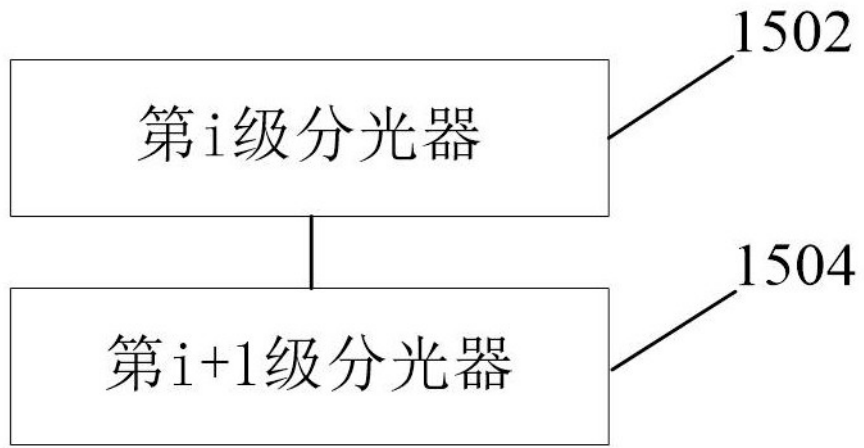


图 15

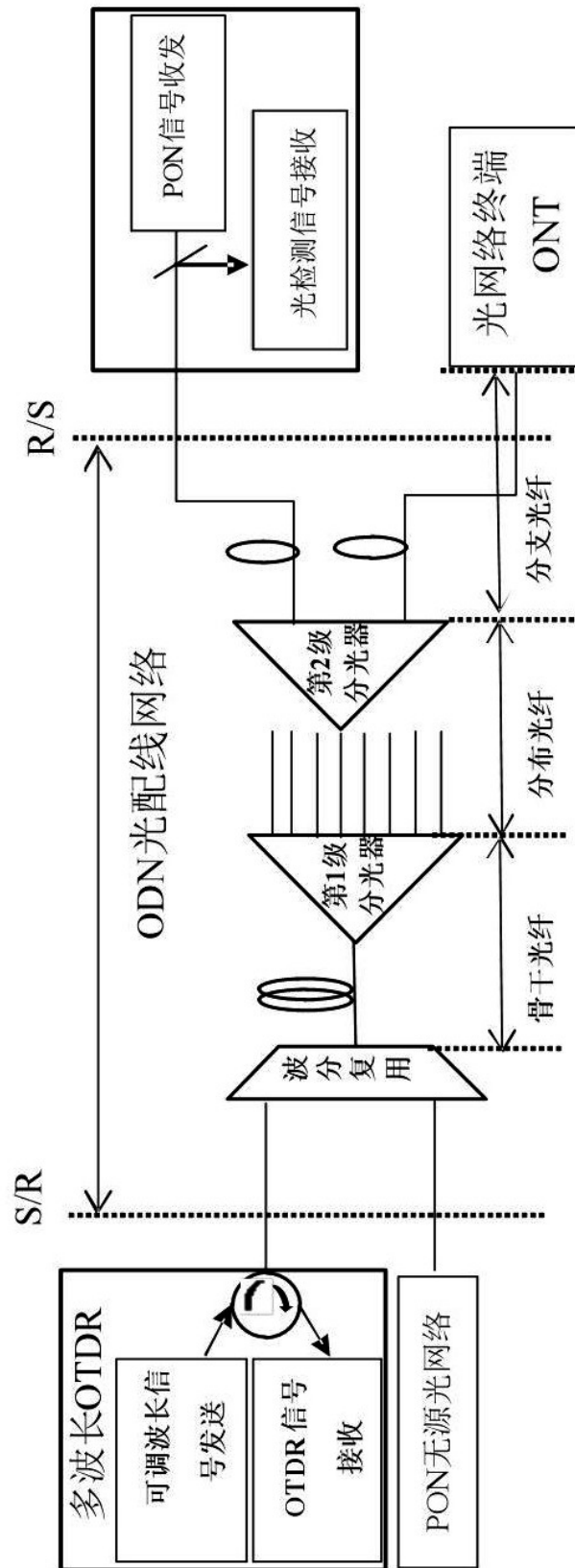


图 16

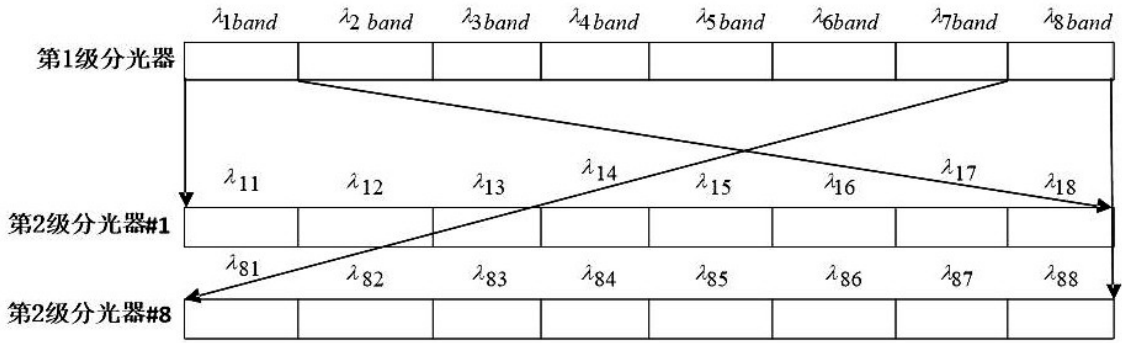


图 17

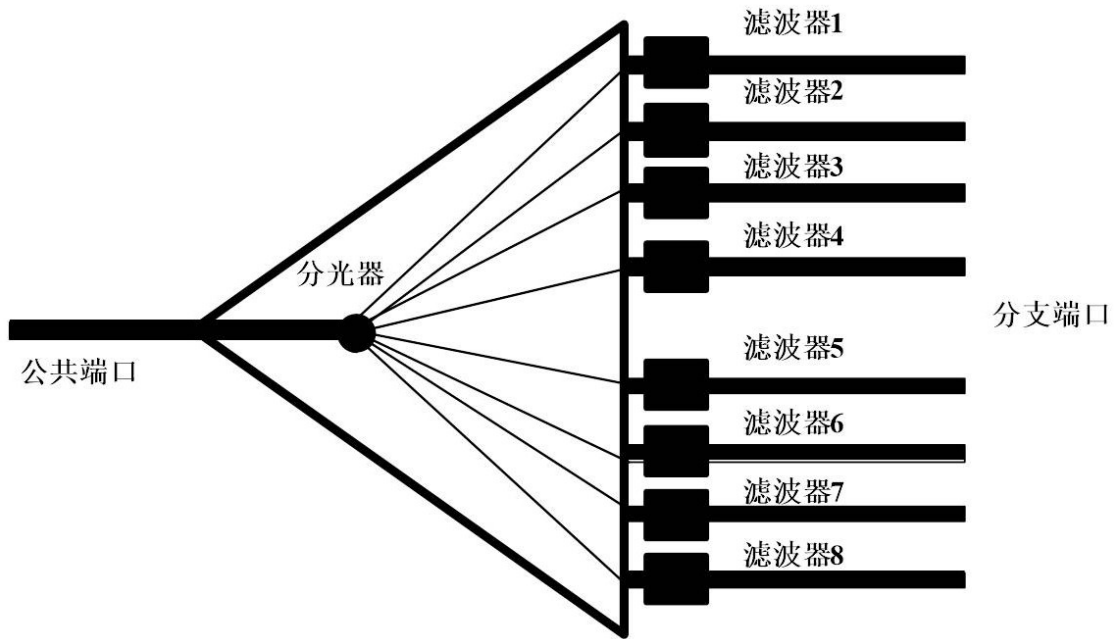


图 18

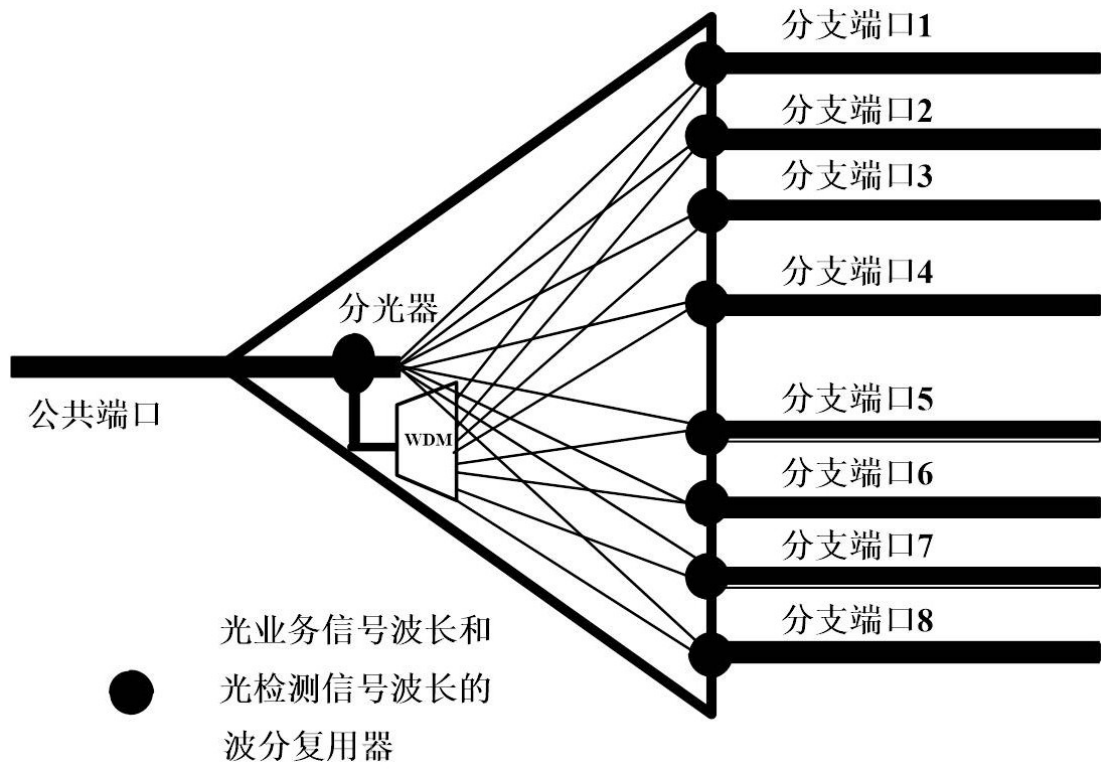


图 19