



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113253392 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(21) 申请号 202110748828.5

(22) 申请日 2021.07.02

(71) 申请人 西安奇芯光电科技有限公司  
地址 710000 陕西省西安市高新区上林苑  
一路15号B栋二层

(72) 发明人 郭菲 程东

(74) 专利代理机构 西安铭泽知识产权代理事务  
所(普通合伙) 61223

代理人 梁静

(51) Int. Cl.

G02B 6/293 (2006.01)

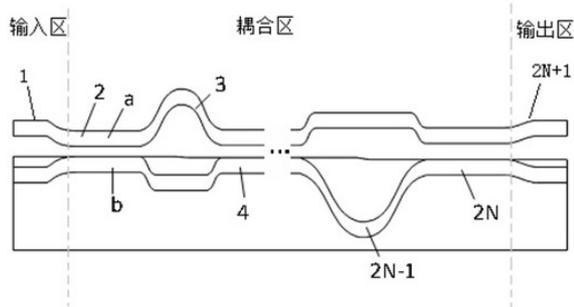
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种平顶型多路信号分波或合波器结构

(57) 摘要

本发明提供一种平顶型多路信号分波或合波器结构,包括:输入区、耦合区和输出区;耦合区包括 $m$ 个非对称定向耦合器结构和 $m-1$ 个相位不同的干涉臂结构,且依次交替连接;每个相位不同的干涉臂的两端分别与其对应的非对称定向耦合器结构连接;其中, $m$ 为 $\geq 2$ 的整数;耦合区一端的非对称定向耦合器结构的输入端与输入区的输出端连接,耦合区另一端的非对称定向耦合器结构的输出端与输出区的输入端连接。通过在非对称定向耦合器结构中引入不同的光波导结构,可以实现波长不敏感的传输特性,还可以克服传统定向耦合器的问题,实现高通量串扰、平顶响应滤波特性,在WDM系统尤其在CWDM系统中具有广阔的应用前景。



1. 一种平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,包括:输入区、耦合区和输出区;所述耦合区包括 $m$ 个非对称定向耦合器结构和 $m-1$ 个相位不同的干涉臂结构,且依次交替连接;每个相位不同的干涉臂结构的两端分别与其对应的非对称定向耦合器结构连接;其中, $m$ 为 $\geq 2$ 的整数;

所述非对称定向耦合器结构包括耦合波导结构一和耦合波导结构二,所述耦合波导结构一为条形直波导结构,所述耦合波导结构二为脊形直波导结构;

所述耦合区一端的非对称定向耦合器结构的输入端与所述输入区的输出端连接,所述耦合区另一端的非对称定向耦合器结构的输出端与所述输出区的输入端连接。

2. 根据权利要求1所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述耦合波导结构二的脊形直波导结构的两侧均设有平板波导区域或者只在其脊形直波导的一侧设置平板波导区域。

3. 根据权利要求1所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述相位不同的干涉臂结构包括弯曲波导结构一和弯曲波导结构二;所述弯曲波导结构一与所述弯曲波导结构二能够通过引入不同波导长度、不同波导宽度、不同波导厚度或者不同折射率的方式实现两者之间的相位差。

4. 根据权利要求1所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,该平顶型多路信号分波或合波器结构能够通过级联多个MZI滤波器实现 $2^n$ 通道的分波器或合波器结构,其中 $n$ 为 $\geq 2$ 的整数;

所述MZI滤波器是由所述非对称定向耦合器和所述相位不同的干涉臂结构组成的单元结构。

5. 根据权利要求1所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述输入区包括输入波导结构一和输入波导结构二,所述输入波导结构一的输出端与所述耦合区一端的耦合波导结构一的输入端连接;所述输入波导结构二的输出端与所述耦合区一端的耦合波导结构二的输入端连接。

6. 根据权利要求5所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述输入波导结构一与所述输入波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

7. 根据权利要求1所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述输出区包括输出波导结构一和输出波导结构二,所述输出波导结构一的输入端与所述耦合区另一端的耦合波导结构一端的输出端连接;所述输出波导结构二的输入端与所述耦合区另一端的耦合波导结构二的输出端连接。

8. 根据权利要求7所述的平顶型多路信号分波或合波器结构,其特征在于,所述输出波导结构一与所述输出波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

## 一种平顶型多路信号分波或合波器结构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光通信技术领域,具体涉及一种平顶型多路信号分波或合波器结构。

### 背景技术

[0002] 目前的光纤通信系统中,主要以单模光纤作为承载介质,为了提升光纤的传输容量,WDM(波分复用)技术已经在上世纪80年代被提出,并被广泛应用在光通信的中长距离传输和数据中心的互联领域中。在WDM系统中,为了实现发射端的复用和接收端的解复用功能,基于AWG(阵列波导光栅)、布拉格光栅、级联MZI(马赫-曾德尔干涉仪)等结构的波导型波分复用或解复用器结构纷纷被提出。其中,基于AWG的波分复用或解复用器结构具有较低的通道串扰,但是器件尺寸通常比较大,而且结构需要特殊设计,才能实现平顶响应特性;基于布拉格光栅的波分复用或解复用器结构则具有结构紧凑、尺寸较小、传输带宽较宽的优势,然而,由于布拉格光栅的旁瓣难以压制,该结构的通道串扰比较低。基于级联MZI的波分复用或解复用器结构由于结构简单和损耗较低已经被大量应用于WDM系统中。其中,定向耦合器是MZI结构中的关键器件。然而,传统的对称定向耦合器结构对波长是非常敏感的,其传输特性会因波长不同而呈现较大差异。因此,在WDM系统中,尤其是CWDM(粗波分复用)系统中,基于级联MZI的波分复用或解复用器结构的平顶响应、通道串扰等特性会出现不同程度的恶化,难以满足系统要求。

### 发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明的目的在于提供一种平顶型多路信号分波或合波器结构,通过在定向耦合器中引入不同的光波导结构来设计一种非对称定向耦合,可以实现波长不敏感的宽带传输特性。基于该结构的平顶型多路信号分波或合波器结构可以解决通道串扰、传输响应随波长变化而恶化的问题,在WDM系统尤其在CWDM系统中具有广阔的应用前景。

[0004] 为实现上述目的,本发明的技术方案如下。

[0005] 一种平顶型多路信号分波或合波器结构,包括:输入区、耦合区和输出区;所述耦合区包括 $m$ 个非对称定向耦合器结构和 $m-1$ 个相位不同的干涉臂结构,且依次交替连接;每个相位不同的干涉臂结构的两端分别与其对应的非对称定向耦合器结构连接;其中, $m$ 为 $\geq 2$ 的整数;

所述非对称定向耦合器结构包括耦合波导结构一和耦合波导结构二,所述耦合波导结构一为条形直波导结构,所述耦合波导结构二为脊形直波导结构;

所述耦合区一端的非对称定向耦合器结构的输入端与所述输入区的输出端连接,所述耦合区另一端的非对称定向耦合器结构的输出端与所述输出区的输入端连接。

[0006] 更进一步,所述耦合波导结构二的脊形直波导结构的两侧均设有平板波导区域或者只在其脊形直波导的一侧设置平板波导区域。

[0007] 进一步,所述相位不同的干涉臂结构包括弯曲波导结构一和弯曲波导结构二;所

述弯曲波导结构一与所述弯曲波导结构二能够通过引入不同波导长度、不同波导宽度、不同波导厚度或者不同折射率的方式实现两者之间的相位差。

[0008] 进一步,该平顶型多路信号分波或合波器结构能够通过级联多个MZI滤波器实现 $2^n$ 通道的分波器或合波器结构,其中n为 $\geq 2$ 的整数;

所述MZI滤波器是由所述非对称定向耦合器和所述相位不同的干涉臂结构组成的单元结构。

[0009] 进一步,所述输入区包括输入波导结构一和输入波导结构二,所述输入波导结构一的输出端与所述耦合区一端的耦合波导结构一的输入端连接;所述输入波导结构二的输出端与所述耦合区一端的耦合波导结构二的输入端连接。

[0010] 更进一步,所述输入波导结构一与所述输入波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

[0011] 进一步,所述输出区包括输出波导结构一和输出波导结构二,所述输出波导结构一的输入端与所述耦合区另一端的耦合波导结构一的输出端连接;所述输出波导结构二的输入端与所述耦合区另一端的耦合波导结构二的输出端连接。

[0012] 更进一步,所述输出波导结构一与所述输出波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

[0013] 本发明的有益效果:

1、本发明提出的平顶型多路信号分波或合波器结构中的非对称定向耦合器通过设计不同的波导结构,实现波长不敏感的传输特性,工艺简单、容易制备。

[0014] 2、本发明提出的平顶型多路信号分波或合波器结构可以实现高通道串扰、平顶响应滤波特性。

[0015] 3、本发明提出的平顶型多路信号分波或合波器结构简单,且可以通过多个MZI滤波器级联实现四通道、八通道、十六通道…的波分复用或解复用器,设计灵活,容易实现产量化。

[0016] 4、本发明提出的平顶型多路信号分波或合波器结构在WDM系统尤其在CWDM系统中具有广阔的应用前景。

## 附图说明

[0017] 图1为平顶型多路信号分波或合波器结构的结构示意图。

[0018] 图2为非对称定向耦合器的横截面示意图。

[0019] 图3为四通道MZI型波分复用或解复用器结构示意图。

[0020] 图4为三个平顶型多路信号分波或合波器结构的结构示意图。

[0021] 图5为两个平顶型多路信号分波或合波器结构的结构示意图。

[0022] 图6为基于非对称定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器的仿真结果。

[0023] 图7为基于传统定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器的仿真结果。

## 具体实施方式

[0024] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对

本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0025] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明的技术方案和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0026] 基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0027] 请参阅图1,为本发明实施例所提供的一种平顶型多路信号分波或合波器结构的结构示意图。该平顶型多路信号分波或合波器结构,包括:输入区、耦合区和输出区。

[0028] 输入区包括输入波导结构一和输入波导结构二,输入波导结构一的输出端与耦合区一端的耦合波导结构一的输入端连接;输入波导结构二的输出端与耦合区一端的耦合波导结构二的输入端连接。输入波导结构一与输入波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

[0029] 耦合区包括 $m$ 个非对称定向耦合器结构和 $m-1$ 个相位不同的干涉臂结构,且依次交替连接;每个相位不同的干涉臂的两端分别与其对应的非对称定向耦合器结构连接;其中, $m$ 为 $\geq 2$ 的整数。耦合区一端的非对称定向耦合器结构的输入端与输入区的输入端口连接,耦合区另一端的非对称定向耦合器结构的输出端与输出区的输出端口连接。如图1所示,输入区标记为1;输出区标记为 $2N+1$ ;非对称定向耦合器结构分别标记为2,4,6,...,2N;相位不同的干涉臂结构分别标记为3,5,7,9,...,2N-1;输出区标记为 $2N+1$ ,其中, $N$ 为 $\geq 1$ 的正整数。

[0030] 请参阅图1至图2,非对称定向耦合器结构包括耦合波导结构一和耦合波导结构二,耦合波导结构一为条形直波导结构,耦合波导结构二为脊形直波导结构。如图2,耦合波导结构一标记为a,耦合波导结构二标记为b。其中,耦合波导结构二的脊形直波导结构的两侧均设有平板波导区域或者只在其脊形直波导的一侧设置平板波导区域。当然,非对称定向耦合器结构的条形直波导结构和脊形直波导结构的波导结构不同,波导宽度和高度可以相同,也可以不同。非对称定向耦合器结构通过引入不同的光波导结构,可以实现波长不敏感的传输特性,工艺简单、容易制备,且可以解决通道串扰、传输响应随波长变化而恶化的问题。

[0031] 请再次参阅图1,相位不同的干涉臂结构3,...,2N-1均包括弯曲波导结构一和弯曲波导结构二;弯曲波导结构一与弯曲波导结构二能够通过引入不同波导长度、不同波导宽度、不同波导厚度或者不同折射率的方式实现两者之间的相位差。图1中弯曲波导结构一与弯曲波导结构二的位置对应。当然,在相位不同的干涉臂结构中,波导结构可以相同,实现相位差的方式为不同波导长度差;波导结构也可以不同,两个干涉臂实现相位差的方式为不同波导宽度、不同波导厚度、不同波导结构或不同波导长度等方式。

[0032] 为了实现平顶响应特性,由非对称定向耦合器和相位不同的干涉臂结构组成的单元结构可以进行多次叠加,且各个非对称定向耦合器的输出分光比需要优化。

[0033] 当然,该平顶型多路信号分波或合波器结构能够通过级联多个MZI滤波器实现 $2^N$

通道的分波器或合波器结构,其中n为 $\geq 2$ 的整数。MZI滤波器是由非对称定向耦合器和相位不同的干涉臂结构组成的单元结构。

[0034] 例如,该平顶型多路信号分波或合波器结构能够通过级联多个MZI滤波器实现四通道、八通道、十六通道、.....的分波或合波器结构。图3为四通道MZI型波分复用或解复用器结构示意图。波分复用或解复用器结构可以在SOI、InP、GaAs、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 等波导材料上制作。

[0035] 输出区包括输出波导结构一和输出波导结构二,输出波导结构一的输入端与耦合区另一端的耦合波导结构一端的输出端连接;输出波导结构二的输入端与耦合区另一端的耦合波导结构二的输出端连接。输出波导结构一与输出波导结构二中至少有一个为弯曲波导结构。

[0036] 本实施方式中,该结构主要包括输入端口、非对称定向耦合器结构,相位不同的干涉臂结构和输出端口。其中,非对称定向耦合器结构由条形直波导结构和脊形直波导结构组成,通过非对称定向耦合器结构中引入不同的光波导结构,可以实现波长不敏感的传输特性。而本发明的波分复用或解复用器结构由于引入了非对称定向耦合器结构可以解决基于传输定向耦合器的低通道串扰、传输响应不平坦的问题,实现高通道串扰、平顶响应滤波特性,在WDM系统尤其在CWDM系统中具有广阔的应用前景。

[0037] 本实施例以应用于CWDM系统的四通道SOI基波分复用或解复用器为例,进行说明。

[0038] 实施例1

应用于CWDM系统的四通道波分复用或解复用器结构如图3所示,主要包括三个级联的MZI型格子滤波器。其中,滤波器1-1的结构如图4所示,由三个MZI级联而成,其中,MZI是由非对称定向耦合器和相位不同的干涉臂结构组成的单元结构。四个非对称定向耦合器的分光比为:0.5、0.2、0.2、0.04,三个相位不同的干涉臂通过引入不同的波导长度实现相位差,长度差分别为: $\Delta L$ ,  $2\Delta L$ 和 $2\Delta L + \pi$ 。滤波器1-2和1-3的结构相同,如图5所示。由两个MZI级联而成,三个非对称定向耦合器的分光比为:0.5、0.29、0.08,两个相位不同的干涉臂通过引入不同的波导长度实现相位差,长度差分别为: $\Delta L$ ,  $2\Delta L$ 。

[0039] 为了实现四通道的滤波作用,滤波器1-2和1-3之间需要引入一定的相移 $\Delta L_{FS} = \lambda / N_{\text{eff}}$ ,其中, $\lambda$ 为波长, $N_{\text{eff}}$ 为材料的有效折射率。

[0040] 为了说明基于非对称定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器的滤波特性,我们引入了基于传统定向耦合器的四通道MZI型波分复用或解复用器结构。基于非对称定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器的仿真结果如图6所示。基于传统定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器的仿真结果分别如图7所示。

[0041] 其中,基于传统定向耦合器的四通道MZI型波分复用或解复用器结构和基于非对称定向耦合器结构的四通道MZI型波分复用或解复用器结构基本相同,其不同之处在于,传统定向耦合器采用的是对称定向耦合器结构,耦合波导结构一和耦合波导结构二均为条形直波导结构。而实施例1采用的是非对称定向耦合器结构,耦合波导结构一为条形直波导结构,耦合波导结构二为脊形直波导结构。

[0042] 由图6-7可以看出,基于传统定向耦合器的MZI型波分复用或解复用器在波长从1250nm到1350nm的100nm通带范围内,有的通道串扰已经高于-10dB,而且通带Ch.1的平坦度已经高于0.7dB,非常不平坦。而本发明实施例1的MZI型波分复用或解复用器在波长从

1250nm到1350nm的100nm变化范围内,4个通道串扰均低于-15dB,且通道平坦度均低于0.15dB。

[0043] 由此说明,本发明实施例1的MZI型波分复用或解复用器可以解决低通道串扰、传输响应不平坦的问题,在CWDM系统中具有广阔的应用前景。

[0044] 以上仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

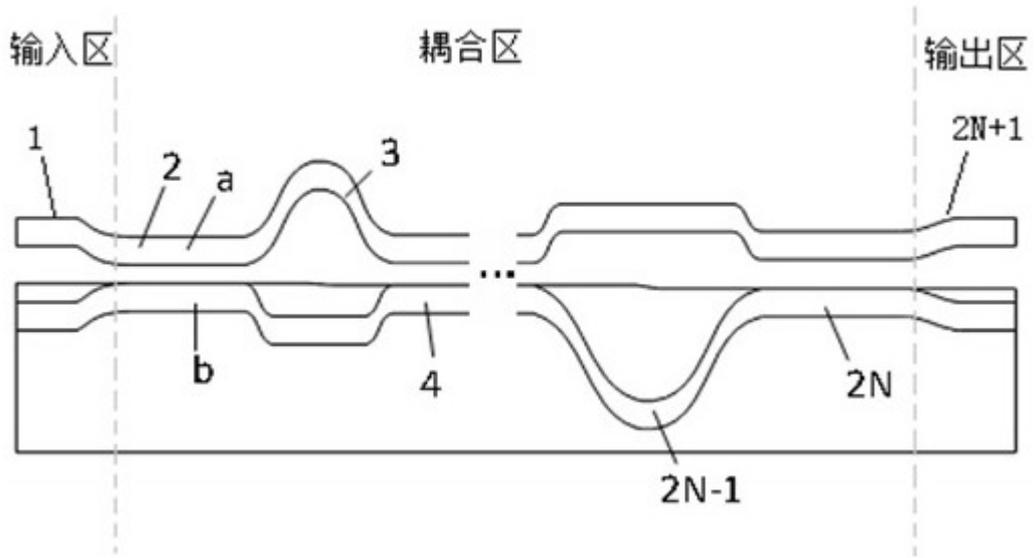


图1

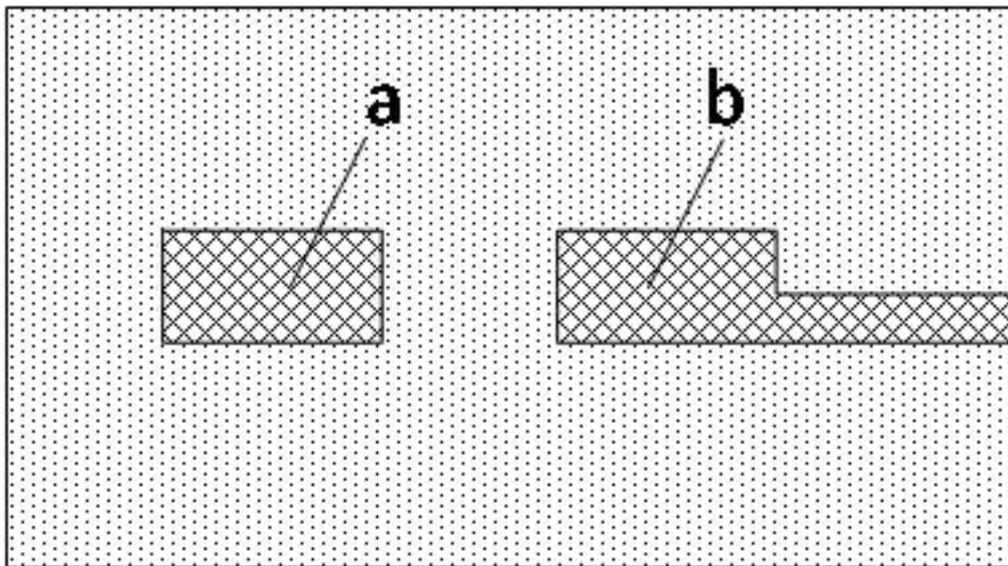


图2

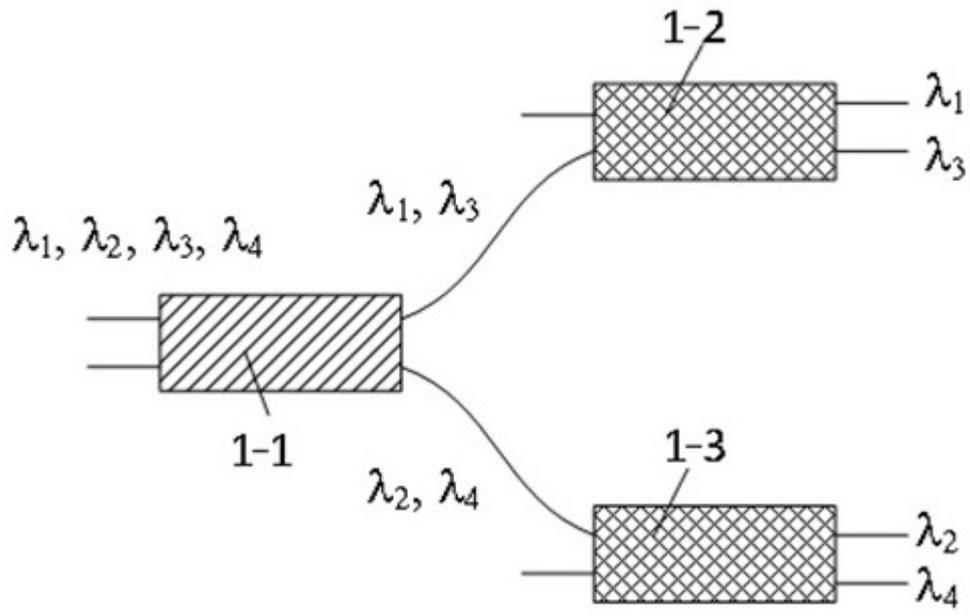


图3

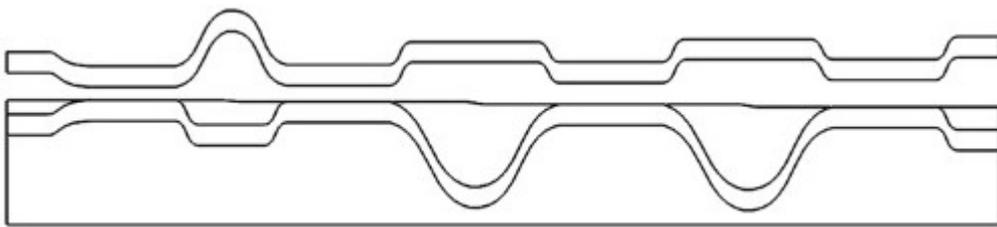


图4

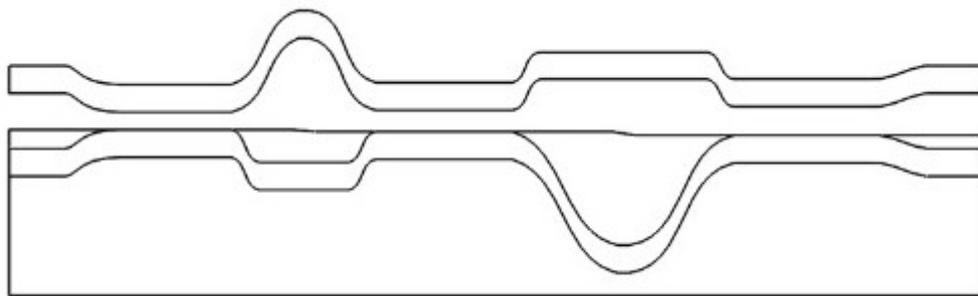


图5

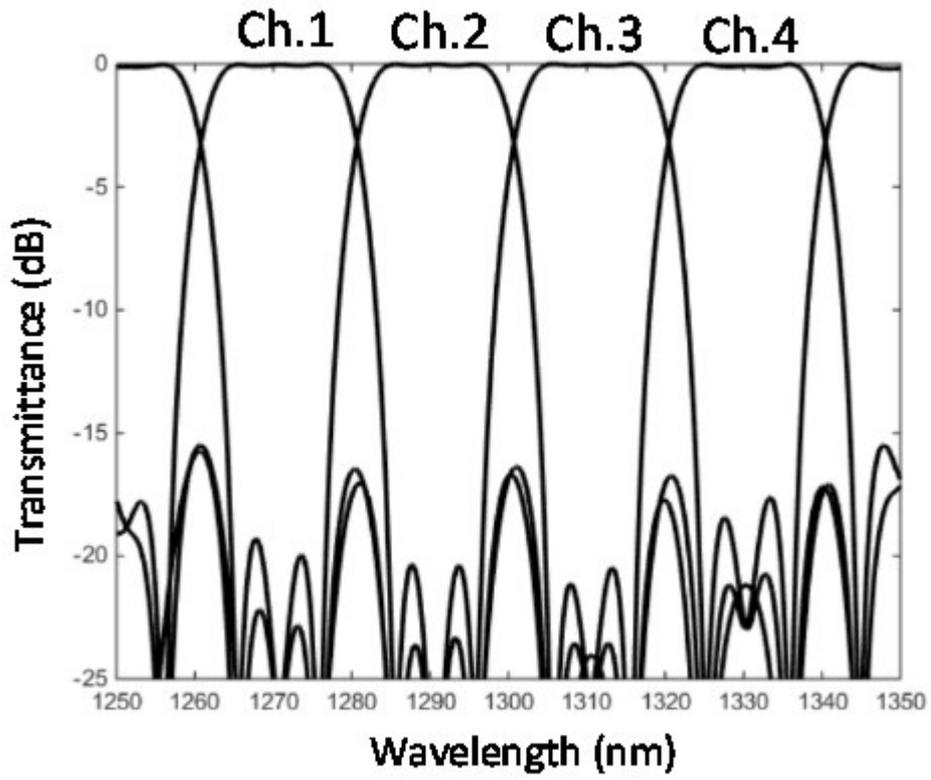


图6

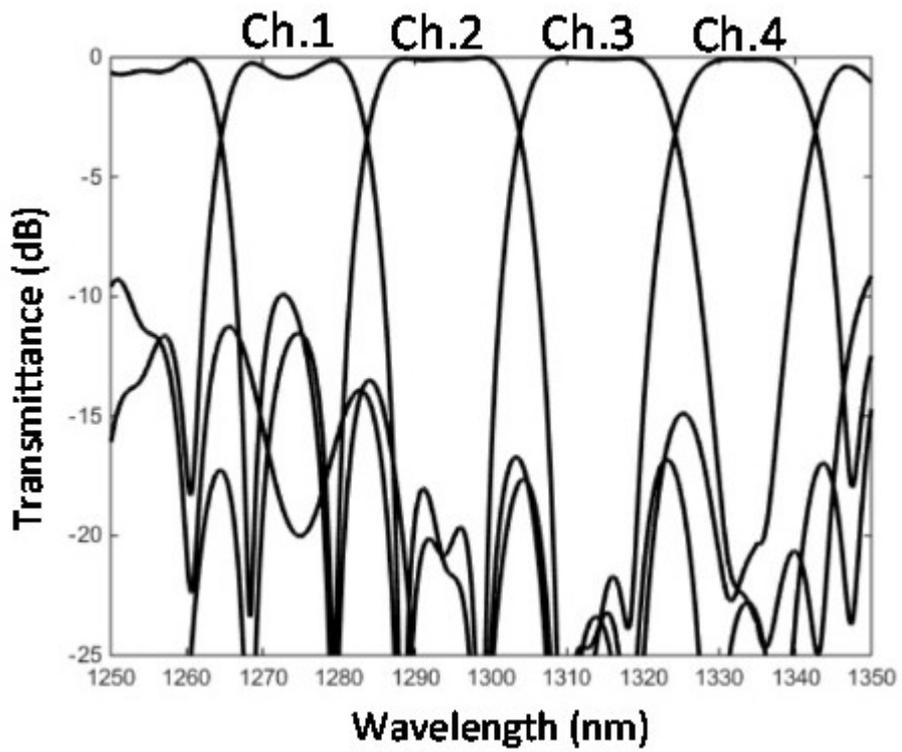


图7