



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107024781 B

(45)授权公告日 2019.08.13

(21)申请号 201710187583.7

CN 106249354 A,2016.12.21,

(22)申请日 2017.03.27

KR 100752526 B1,2007.08.29,

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107024781 A

Yun Long 等.Ultra-high peak rejection notch microwave photonic filter using a single silicon microring resonator.

(43)申请公布日 2017.08.08

《OPTICS EXPRESS》.2015,第23卷(第14期),第17739-17750页.

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路1037号

Hongchen Yu 等.All-Optical Full-Band RF Receiver Based on an Integrated Ultra-High-Q Bandpass Filter.《JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY》.2016,第34卷(第2期),第701-706页.

(72)发明人 于源 刘小龙 张新亮

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 张建伟 曹葆青

Nasrin Ehteshami 等.Optically tunable full 360° microwave photonic phase shifter using three cascaded silicon-on-insulator microring resonators.《Optics Communications》.2015,(第373期),第53-58页.

(51)Int.Cl.

G02F 1/01(2006.01)

G02F 1/21(2006.01)

审查员 全宇军

(56)对比文件

CN 106371174 A,2017.02.01,

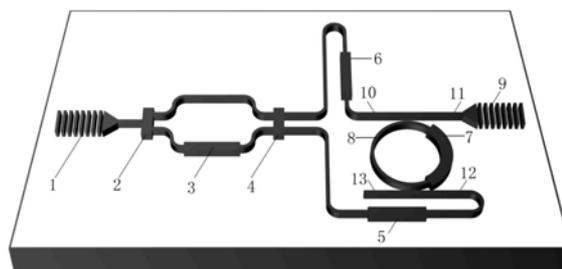
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种光学全通滤波器及微波光子滤波器与移相器

(57)摘要

本发明公开了一种光学全通滤波器,包括第一光学耦合器、第二光学耦合器、第一耦合光栅、第二耦合光栅、第一、第二、第三、第四光学相移器和微环。本发明利用微环的频率响应特性,将两路幅度,相位可调的信号分别从微环两个不同端口送入微环,并在微环2端口干涉合束输出。本发明通过改变微环耦合状态实现不同的系统相位响应频谱宽度,通过对两路信号的幅度和相位调节,实现系统幅度响应为与频率无关的常数,从而实现光学全通滤波器。在该光学全通滤波器的基础上,本发明公开了一种高Q值,超高抑制比的微波光子滤波器和一种工作频率范围大,且在工作范围内幅度响应无凹陷的微波光子移相器。



1. 一种光学全通滤波器,其特征在于,包括第一光学耦合器(2)、第二光学耦合器(4)、第一光学相移器(3)、第二光学相移器(5)、第三光学相移器(6)和微环(8);其中:

所述第一光学耦合器采用 1×2 分光器,第二光学耦合器采用 2×2 多模干涉耦合器;

所述第一光学耦合器输出端上臂通过波导与第二光学耦合器的输入端上臂相连,其输出端下臂通过波导与第二光学耦合器的输入端下臂相连,连接两下臂的波导设有第一光学相移器(3),用于改变该波导传输信号相位;

所述微环有四个端口,分别是第一端口(10),第二端口(11),第三端口(12)和第四端口(13);

所述第二光学耦合器输出端上臂通过波导与微环第一端口(10)相连,该波导设计为弯曲状以保持与下臂波导长度相同,并设有第二光学相移器(5),用于改变波导传输信号相位;所述第二光学耦合器输出端下臂通过波导与微环第三端口(12)相连,波导长度与上臂波导相同,该波导设有第三光学相移器(6),用于改变波导传输信号相位,从而使从两个端口进入微环的信号保持相位相同;

所述第一光学耦合器的输入端作为光学全通滤波器的输入端;所述微环第二端口作为光学全通滤波器的输出端;

工作中,第一光学耦合器和第二光学耦合器输入端与第一光学相移器一起构成了MZI,马赫-曾德尔干涉仪结构;通过第一光学相移器调节通过该波导的信号相位,并经过所述MZI结构干涉实现幅度调控,从而改变微环第一端口(10)与第三端口(12)两路输入信号的分光比;通过第二、第三光学相移器(5、6)调节第一端口输入信号和第二端口输入信号相位差,使微环第一端口与第三端口输入信号的相位相同;经过幅度、相位调控后的两路信号分别从微环第一端口与第三端口进入微环,所述两路光信号在微环的第二端口(11)干涉输出,进而得到幅度响应为常数,相位响应在微环谐振频率附近存在 2π 相移的光学全通滤波器;通过改变所述微环与其上下两个直波导间的间距,实现耦合间距的调整,从而得到所需的相位滤波频谱宽度。

2. 如权利要求1所述的光学全通滤波器,其特征在于,还包括第一耦合光栅(1)和第二耦合光栅(9);

所述第一耦合光栅作为输入端与第一光学耦合器的输入端相连,作为光学全通滤波器的输入端;

所述第二耦合光栅与微环第二端口相连,作为光学全通滤波器的输出端。

3. 一种基于权利要求1所述光学全通滤波器的微波光子带陷滤波器,其特征在于,还包括激光器、第一偏振控制器、调制器、第二偏振控制器以及光电探测器;其中:

所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于调节光载波偏振态;所述调制器载波输入端与第一偏振控制器相连;所述第二偏振控制器与调制器输出端相连,用于调节经调制器调制后信号的偏振态;所述光学全通滤波器输入端与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波器输出端相连,用于将输出光信号转换为电信号;

所述调制器为强度调制器,用于对经过偏振态调整后的光载波进行调制,其产生幅度、相位相同的一阶上边带与下边带,实现微波信号到光信号的转换;

所述光学全通滤波器用于处理调制后的上、下边带光信号,在保持上、下边带幅度相同

的同时,对上边带特定频率信号引入相移,使上、下边带仅仅在谐振点处存在 π 相位差,而在其他频率保持同相;所述特定频率与载波频率之差为微波光子滤波器中心频率;

所述光电探测器对光学全通滤波器输出作拍频处理,光信号转换为微波电信号并在谐振点形成带陷滤波,实现微波光子带陷滤波器。

4. 一种基于权利要求1所述光学全通滤波器的微波光子带通滤波器,其特征在于,还包括激光器、第一偏振控制器、调制器、第二偏振控制器以及光电探测器;其中:

所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于调节光载波偏振态;所述调制器载波输入端与第一偏振控制器相连;所述第二偏振控制器与调制器输出端相连,用于调节经调制器调制后信号的偏振态;所述光学全通滤波器输入端与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波器输出端相连,用于将输出光信号转换为电信号;

所述调制器为相位调制器,用于对经过偏振态调整后的光载波进行调制,产生幅度相同、相位相反的一阶上边带与一阶下边带,实现微波信号到光信号的转换;

所述光学全通滤波器用于处理调制后的光信号,在保持调制器调制后产生的上、下边带幅度相同的同时,对上边带特定频率信号引入相移,使上、下边带仅仅在谐振点同相,而在其他频率保持反相;

所述光电探测器用于对光学全通滤波器输出作拍频处理,使光信号转换为微波电信号并在谐振点形成带通滤波,实现微波光子带通滤波器。

5. 如权利要求3或4所述的滤波器,其特征在于,在所述全通光学滤波器设有第四光学相移器,用于改变微环的谐振频率,以调整谐振频率与光载波之间的频率差,实现所述滤波器的滤波中心频率可调。

6. 如权利要求5所述的滤波器,其特征在于,第一光学相移器(3)、第二光学相移器(5)、第三光学相移器(6)和第四光学相移器(7)采用加热电极、PN结或光力结构来实现。

7. 如权利要求5所述的滤波器,其特征在于,所述滤波器为以下材料体系:SOI基、有机聚合物、氮化硅、氮氧化硅、二氧化硅;所述滤波器为以下波导结构:条波导、脊波导、狭缝波导和表面等离子体波导。

8. 一种基于权利要求1所述光学全通滤波器的微波光子移相器,其特征在于,还包括激光器、第一偏振控制器、单边带调制模块、第二偏振控制器和光电探测器;其中:

所述单边带调制模块为调制器级联光学带通滤波器或电正交混频器结合双驱动马赫-曾德尔调制器组成,其载波输入端与第一偏振控制器相连;单边带调制模块调制端接微波输入信号,用于将微波信号加载到光载波上实现单边带调制,实现微波信号到光信号的转换;

所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于对所述光载波进行偏振态调整;所述第二偏振控制器与单边带调制模块输出端相连,用于对单边带调制信号的偏振态进行调整;所述光学全通滤波器与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波器输出端相连;

所述光学全通滤波器用于处理单边带调制信号,在不引入信号幅度抖动、并且保持上边带相位不变的同时,通过将载波设置在谐振频率附近的不同位置,对载波引入不同的相移;

所述光电探测器用于对光学全通滤波器输出信号拍频,将其转换为微波电信号;由于光学全通滤波器不引入幅度抖动,且对载波引入相移,得到移相的载波与相位不变的上边带拍频,从而使得微波信号相位随载波引入的相移量而变化,实现了微波光子移相器。

9.如权利要求8所述的微波光子移相器,其特征在于,通过调节光载波的波长,使其处于光学全通滤波器相移区域不同的位置,从而引入不同的相移;或设有第四光学相移器来改变微环的谐振频率,以调整光学全通滤波器在载波频率处引入的相移,实现所述微波光子移相器的相移量可调。

10.如权利要求3或4所述的滤波器,其特征在于,外部的激光器、调制器与探测器共同集成到芯片上。

11.如权利要求8或9所述的微波光子移相器,其特征在于,外部的激光器、调制器与探测器共同集成到芯片上。

一种光学全通滤波器及微波光子滤波器与移相器

技术领域

[0001] 本发明属于光学滤波器和微波光子技术领域,涉及一种集成光学全通滤波器,并在该光学全通滤波器的基础上实现了微波光子滤波器和微波光子移相器。

背景技术

[0002] 光学全通滤波器是幅度响应为常数、相位响应随频率变化的相位滤波器。通过对相位进行相应的设计,可以用来构造光延迟线、色散补偿器等,是全光信号处理系统中的重要器件。

[0003] 光学全通滤波器通常有两种结构:Gires-Tournois腔和微环结构。其中Gires-Tournois腔配合环形器就可以实现光学全通滤波器的功能,但这种结构体积大,结构复杂。微环体积小,与半导体工艺兼容,可以利用各种光学效应,如热光效应、电光效应等实现调节,具有与生俱来的可集成优势,被广泛应用于制造集成的光学滤波器。当波导损耗忽略不计时,微环的幅度响应恒为1,可以看作理想的全通滤波器。通过多个全通微环级联可以得到近似于任意要求的相位响应,进而改善滤波器的性能。但波导损耗在实际的器件制作中是不可避免的,并且微环的谐振特性使级联微环结构的全通滤波器对损耗极为敏感,使得其幅度响应不能在整个频谱范围内恒为常数,存在一个凹陷滤波形状,因此对简单级联微环结构的全通滤波器的制作带来了难度。

[0004] 微波光子滤波器、移相器是利用光学方法处理微波信号并实现滤波、移相功能的微波光子系统。利用全通滤波器的相位滤波特性可以实现微波光子滤波器与移相器功能。但基于级联微环的全通滤波器的相位滤波带宽很大(指在很宽的频率范围内才实现从0变到 2π 的相位变化),大的带宽限制了所构造微波光子滤波器的带宽,也限制了微波光子移相器的工作范围,并且由于在谐振点处幅度存在凹陷,在移相的同时引入了不需要的幅度变化。因此基于级联微环全通滤波器构造的微波光子滤波器的带宽无法做到足够窄,基于级联微环全通滤波器的移相器工作频率范围受限制,并且引入了不需要的幅度变化。

发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种光学全通滤波器,以求获得窄相位滤波带宽,使相位在谐振点附近快速变化的同时,进而获得在整个光谱范围内幅度响应为常数且不存在凹陷的光学全通滤波器。

[0006] 为了实现上述目的,本发明提供一种光学全通滤波器,包括第一光学耦合器、第二光学耦合器、第一光学相移器、第二光学相移器、第三光学相移器和微环;其中:

[0007] 所述第一光学耦合器采用 1×2 分光器(分光器可以但不限于是多模干涉耦合器或Y分支耦合器),第二光学耦合器可以但不限于采用 2×2 多模干涉耦合器;

[0008] 所述第一光学耦合器输出端上臂通过波导与第二光学耦合器的输入端上臂相连,其输出端下臂通过波导与第二光学耦合器的输入端下臂相连,连接两下臂的波导设有第一光学相移器,用于改变该波导传输信号相位;

[0009] 所述微环有四个端口,分别是第一端口(10),第二端口(11),第三端口(12)和第四端口(13);

[0010] 所述第二光学耦合器输出端上臂通过波导与微环第一端口(10)相连,该波导设计为弯曲状以保持与下臂波导长度相同,并设有第二光学相移器,用于改变波导传输信号相位;所述第二光学耦合器输出端下臂通过波导与微环第三端口(12)相连,波导长度与上臂波导相同,从而使从两个端口进入微环的信号保持相位相同;该波导设有第三光学相移器,用于进一步改变波导传输信号相位;

[0011] 所述的光学全通滤波器还包括第一耦合光栅和第二耦合光栅;所述第一耦合光栅作为输入端与第一光学耦合器的输入端相连,作为光学全通滤波器的输入端;所述第二耦合光栅与微环第二端口相连,作为光学全通滤波器的输出端;

[0012] 工作中,第一光学耦合器和第二光学耦合器输入端与第一光学相移器一起构成了MZI结构;通过第一光学相移器调节通过该波导的信号相位,并经过所述MZI结构干涉实现幅度调控,从而改变微环第一端口(10)与第三端口(12)两路输入信号的分光比;通过调节第二、第三光学相移器(5、6)实现第一端口输入信号和第二端口输入信号相位差调控,使微环第一端口与第三端口输入信号的相位相同;经过幅度、相位调控后的两路信号分别从微环第一端口与第三端口进入微环,其中从第一端口输入的光信号在第二端口输出为带陷形状,从第三端口输入的光信号在第二端口输出为带通形状,所述两路光信号在微环的第二端口(11)干涉输出,进而得到幅度响应为常数,相位响应在微环谐振频率附近存在 2π 相移的光学全通滤波器。该 2π 相移对应的带宽一般在以谐振频率为中心的1GHz内。本发明提出的光学全通滤波器,能通过改变微环与上下直波导间的耦合间距来实现窄带宽的目的;通过对两路信号的幅度调节(调节MZI结构内光学相移器来实现)实现幅度响应为常数无凹陷的目的。

[0013] 进一步的,所述滤波器可以采用但不局限于以下材料体系:SOI基、有机聚合物、氮化硅、氮氧化硅、氧化硅和二氧化硅等。

[0014] 进一步的,所述滤波器可以采用但不局限于以下波导结构:条波导、脊波导、狭缝波导和表面等离子体波导等。

[0015] 进一步的,所述滤波器可以采用但不局限于加热电极、PN结、光力等具体方法来改变波导中信号的相位。

[0016] 基于上述光学全通滤波器,本发明还提出一种微波光子带陷滤波器,还包括激光器、第一偏振控制器、调制器、第二偏振控制器以及光电探测器;其中:所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于调节光载波偏振态;所述调制器载波输入端与第一偏振控制器相连;所述第二偏振控制器与调制器输出端相连,用于调节经调制器调制后信号的偏振态;所述光学全通滤波器输入端与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波输出端相连,用于将输出光信号转换为电信号;所述调制器为强度调制器,用于对经过偏振态调整后的光载波进行调制,其产生幅度、相位相同的一阶上边带与下边带,实现微波信号到光信号的转换;所述光学全通滤波器用于处理调制后的上、下边带光信号,在保持上、下边带幅度相同的同时,对上边带特定频率信号引入相移,使上、下边带仅仅在谐振点处存在 π 相位差,而在其他频率保持同相;所述特定频率与载波频率之差为微波光子滤波器中心频率;所述光电探测器对光学全通滤波器输出作拍频处

理,光信号转换为微波电信号并在谐振点形成带陷滤波,实现微波光子带陷滤波器。

[0017] 基于上述光学全通滤波器,本发明还提出一种微波光子带通滤波器,包括激光器、第一偏振控制器、调制器、第二偏振控制器以及光电探测器;其中:所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于调节光载波偏振态;所述调制器载波输入端与第一偏振控制器相连;所述第二偏振控制器与调制器输出端相连,用于调节经调制器调制后信号的偏振态;所述光学全通滤波器输入端与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波输出端相连,用于将输出光信号转换为电信号;所述调制器为相位调制器,用于对经过偏振态调整后的光载波进行调制,产生幅度相同、相位相反的一阶上边带与一阶下边带,实现微波信号到光信号的转换;所述光学全通滤波器用于处理调制后的光信号,在保持调制器调制后产生的上、下边带幅度相同的同时,对上边带特定频率信号引入相移,使上、下边带仅仅在谐振点同相,而在其他频率保持反相;所述光电探测器用于对光学全通滤波器输出作拍频处理,使光信号转换为微波电信号并在谐振点形成带通滤波,实现微波光子带通滤波器。

[0018] 进一步的,所述的微波光子滤波器,能通过所述全通光学滤波器的第四光学相移器改变微环的谐振频率,以调整谐振频率与光载波之间的频率差,实现所述滤波器的滤波中心频率可调。

[0019] 基于上述光学全通滤波器,本发明还提出一种微波光子移相器,包括激光器、第一偏振控制器、单边带调制模块、第二偏振控制器和光电探测器;其中:所述单边带调制模块可以为调制器级联光学带通滤波器或电正交混频器结合双驱动马赫-曾德尔调制器组成,其载波输入端与第一偏振控制器相连;单边带调制模块调制端接微波输入信号,用于将微波信号加载到光载波上实现单边带调制,实现微波信号到光信号的转换;所述激光器用于发射连续光作为光载波;所述第一偏振控制器与激光器相连,用于对所述光载波进行偏振态调整;所述第二偏振控制器与单边带调制模块输出端相连,用于对单边带调制信号的偏振态进行调整;所述光学全通滤波器与第二偏振控制器输出端相连;所述光电探测器与光学全通滤波器输出端相连;所述光学全通滤波器用于处理单边带调制信号,在不引入信号幅度抖动、并且保持上边带相位不变的同时,通过将载波设置在谐振频率附近的不同位置,对载波引入不同的相移;所述光电探测器用于对光学全通滤波器输出信号拍频,将其转换为微波电信号;由于光学全通滤波器不引入幅度抖动,且对载波引入相移,得到移相的载波与相位不变的上边带拍频,从而使得微波信号相位随载波引入的相移量而变化,实现了微波光子移相器。

[0020] 进一步的,所述的微波光子移相器,能通过调节光载波的波长,使其处于光学全通滤波器相移区域不同的位置,从而引入不同的相移;或通过第四光学相移器改变微环的谐振频率,以调整光学全通滤波器在载波频率处引入的相移,实现所述微波光子移相器的相移量可调。

[0021] 进一步的,所述微波光子滤波器和所述微波光子移相器,能将外部的激光器、调制器与探测器共同集成到芯片上,实现单片集成,减小器件尺寸,增加稳定性,降低成本。

[0022] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0023] (1) 本发明提供的光学全通滤波器,由于采用经过幅度,相位调节后从不同端口输

入微环并在2端口干涉输出的结构,与现有技术相比,通过调节幅度而不是降低波导损耗来实现全通滤波器,解决了级联微环全通滤波器对波导损耗敏感难以制作的问题,可以实现整个自由光谱范围内幅度响应为常数无凹陷。其中,通过改变微环耦合间距,可以改变系统相位滤波频谱宽度,从而现实窄带宽或其他所需要的相位滤波频谱宽度。

[0024] (2) 本发明提供的高Q值,超高抑制比的微波光子滤波器,由于可在制作全通滤波器时通过改变微环耦合间距实现弱耦合状态得到窄带相位滤波的全通滤波器,由此构成的微波光子滤波器带宽较窄具有良好的频率选择性,并且由于采用干涉相消的方法,在窄带宽的同时具有超高抑制比,提高了微波光子滤波器的滤波性能。

[0025] (3) 本发明提供的工作频率范围大,且在工作范围内幅度响应无抖动的微波光子移相器,由于全通滤波器幅度响应为常数,因此在实现不同移相的同时不会引入幅度抖动,且不会带来额外的滤波形状。由于全通滤波器为窄带宽相位滤波器,因此相较于传统的基于微环的移相器,其可以实现对更低频微波信号的移相,提高了移相器的工作频率范围。

[0026] (4) 本发明提供的光学全通滤波器,通过微环上的光学相移器实现滤波器的调谐性;利用热光效应、载流子注入原理或光力原理改变微环的谐振波长,从而使得光学全通滤波器相位滤波的中心频率可调。由此,基于该光学全通滤波器构造的微波光子滤波器实现了滤波中心频率可调,微波光子移相器实现了相移量可调。

附图说明

[0027] 图1为本发明提供的光学全通滤波器的结构示意图;

[0028] 图2为微环单元结构示意图。

[0029] 图3为本发明提供的光学全通滤波器仿真结果;

[0030] 图4为本发明提供的微波光子带陷滤波器的结构示意图;

[0031] 图5为发明提供的微波光子带陷滤波器的原理示意图;

[0032] 图6为发明提供的微波光子带陷滤波器的仿真结果;

[0033] 图7为本发明提供的微波光子移相器器的结构示意图;

[0034] 图8为发明提供的微波光子移相器的原理示意图;

[0035] 图9为发明提供的微波光子移相器相位响应仿真结果。

[0036] 图10为发明提供的微波光子移相器幅度响应仿真结果

[0037] 在所有附图中,相同的附图标记用来表示相同的元件或结构,其中:1-第一耦合光栅,2-第一光学耦合器,3-第一光学相移器,4-第二光学耦合器,5-第二光学相移器,6-第三光学相移器,7-第四光学相移器,8-微环,9-第二耦合光栅。

具体实施方式

[0038] 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。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0039] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案作进一步具体说明。

[0040] 如图1所示光学全通滤波器的结构示意图,包括一个 1×2 光学耦合器,一个 2×2 光

学耦合器,一个微环和多个光学相移器;其中,第一光学耦合器、第二光学耦合器的输入端与第一光学相移器一起构成MZI结构;

[0041] 如图2所示微环有四个端口分别是1端口(10),2端口(11),3端口(12)和4端口(13);

[0042] 该光学全通滤波器的工作原理为,通过调节MZI内第一光学相移器实现幅度调控,改变微环1端口(10)与3端口(12)输入信号的分光比;通过调节第二、第三光学相移器使微环1端口与3端口输入信号的相位相同;经过幅度、相位调控后的两路信号分别从微环1端口与3端口进入微环,其中的微环在制作时通过改变耦合间距实现所需的相位滤波频谱宽度。在微环的2端口(11)两路光信号经过微环处理后干涉输出,实现幅度响应为常数目的,得到了相位响应随频率变化,即在微环谐振频率1GHz范围内存在 2π 相移的光学全通滤波器。

[0043] 图3为光学全通滤波器的仿真结果,可以看到从微环1端口输入的光信号在2端口输出为带陷形状,从3端口输入的光信号在2端口输出为带通形状,经过幅度调节的两路信号经过微环处理后在2端口合束干涉进而实现了幅度响应不随频率变化表现为常数的幅度响应曲线;且2端口输出信号的相位在谐振频率1GHz范围内存在 2π 相移。

[0044] 图4为基于本发明光学全通滤波器的微波光子带陷滤波器的结构示意图,包括激光器、第一偏振控制器、调制器、第二偏振控制器、光学全通滤波器、射频信号收发天线以及光电探测器;

[0045] 第一偏振态控制器与半导体激光器相连;调制器载波输入端与第一偏振控制器相连;第二偏振控制器与调制器输出端相连;光学全通滤波器与第二偏振控制器相连;光电探测器与光学全通滤波相连。

[0046] 如图5所示该微波光子带陷滤波器的原理示意图,半导体激光器发射连续光作为光载波被强度调制器调制,产生幅度、相位相同的一阶上边带与下边带;光学全通滤波器对调制后的光信号进行处理,如图全通滤波器的幅度响应为不随频率变化平坦的直线,故经过全通滤波器后上、下边带幅度保持相等,而信号上边带由于全通滤波器引入的相移,上、下边带仅仅在谐振点存在 π 相位差;经过光电探测器拍频,光信号转换为微波电信号并在谐振点形成带陷滤波,实现微波光子带陷滤波器。

[0047] 此外,通过所述第四光学相移器来改变微环的谐振频率,以调整谐振频率与光载波之间的频率差,实现所述微波光子带陷滤波器的滤波中心频率可调。

[0048] 如图6为该微波光子带陷滤波器的仿真结果,可以看到该滤波器实现了中心频率可调,且由于全通滤波器的相位滤波带宽较窄,该微波光子滤波器具有小于1GHz的带宽,由于采用了干涉相消的方法,具有大于70dB的抑制比。

[0049] 图7为基于本发明光学全通滤波器的微波光子移相器的结构示意图,包括激光器、第一偏振控制器、单边带调制模块、第二偏振控制器、所述光学全通滤波器以及光电探测器;其中,单边带调制模块可由调制器级联光学带通滤波器或电正交混频器结合双驱动马赫曾德尔调制器组成;

[0050] 第一偏振控制器与半导体激光器相连;单边带调制模块载波输入端与第一偏振控制器相连;第二偏振控制器与单边带调制模块输出端相连;光学全通滤波器与第二偏振控制器相连;光电探测器与光学全通滤波相连。

[0051] 如图8所示该微波光子移相器的原理示意图,通过单边带调制模块,即调制器级联

光学带通滤波器或电正交混频器结合双驱动马赫曾德尔调制器得到单边带调制信号,实现微波信号到光信号的转换。光学全通滤波器对单边带调制信号进行处理,如图全通滤波器的幅度响应为不随频率变化平坦的直线,因此不引入信号幅度抖动。并且上边带处于失谐位置相位不变,而载波设置在谐振频率附近被引入相移。经过光电探测器,移相的载波与相位不变的上边带拍频,光信号转换为微波电信号,从而使得微波信号相位随载波引入的相移量而变化,实现了微波光子移相器。

[0052] 此外,通过调节光载波的波长,使其位于光学全通滤波器相移区域不同的位置从而引入不同的相移,或通过所述第四光学相移器来改变微环的谐振频率,以调整光学全通滤波器在载波频率处引入的相移,实现所述微波光子移相器的相移量可调。

[0053] 如图9为该微波光子移相器相位响应的仿真结果,可以看到,通过将载波分别设置在不同的位置,该移相器对微波信号实现了不同程度的移相。且由于全通滤波器的相位滤波带宽较窄,使得低频的微波信号也可以得到很好的移相,提高了移相器的工作范围。如图10为该微波光子移相器幅度响应的仿真结果,该移相器在实现移相的同时对信号的幅度只引入一个整体的插入损耗,其幅度响应为常数,不带来额外的滤波形状。并且将载波分别设置在不同的位置实现不同相移时,其幅度始终保持一致,各条曲线重叠在一起具有同样的插入损耗,因此实现了不同相移量时幅度保持不变。

[0054] 本领域的技术人员容易理解,以上所述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。

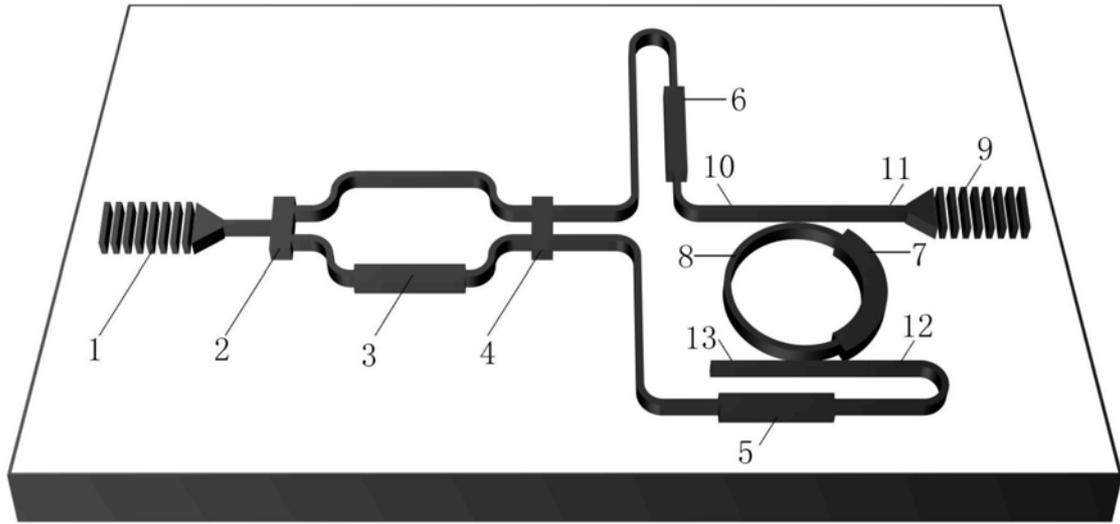


图1

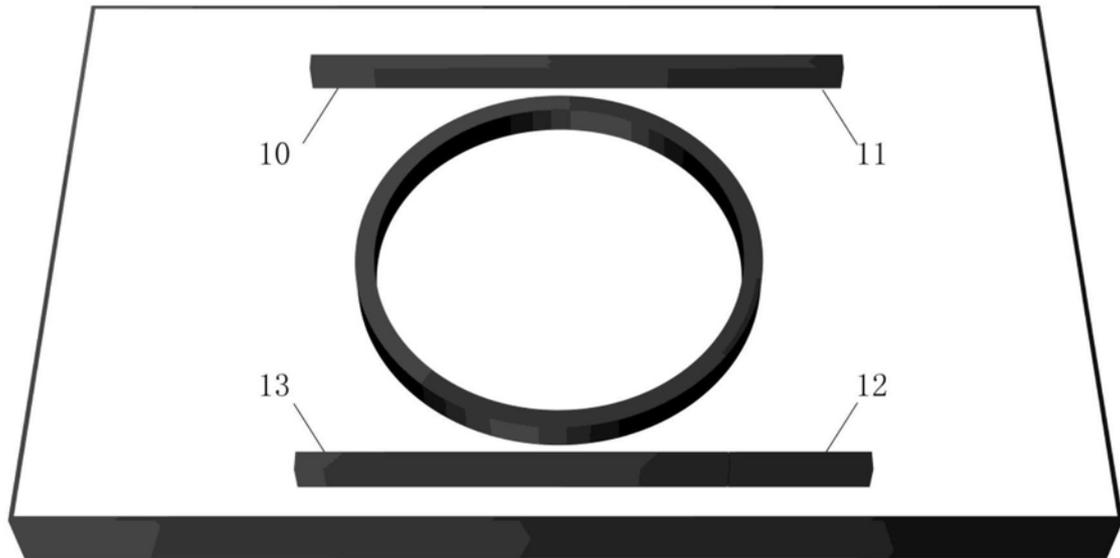


图2

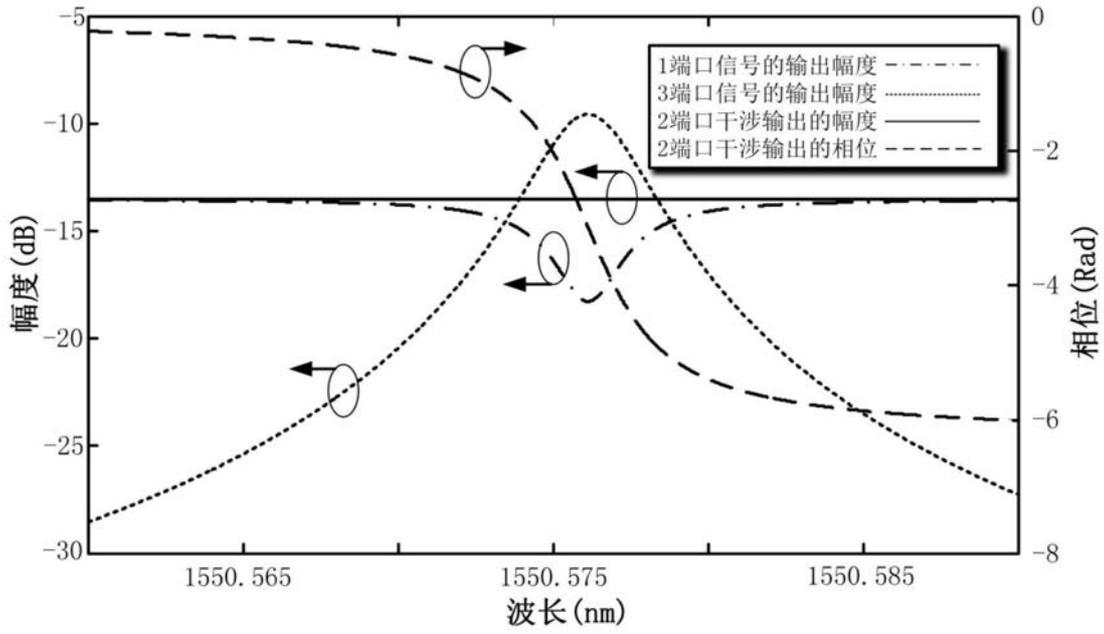


图3

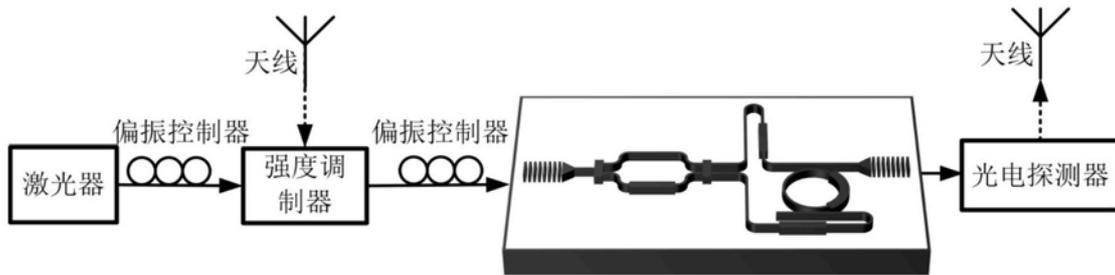


图4

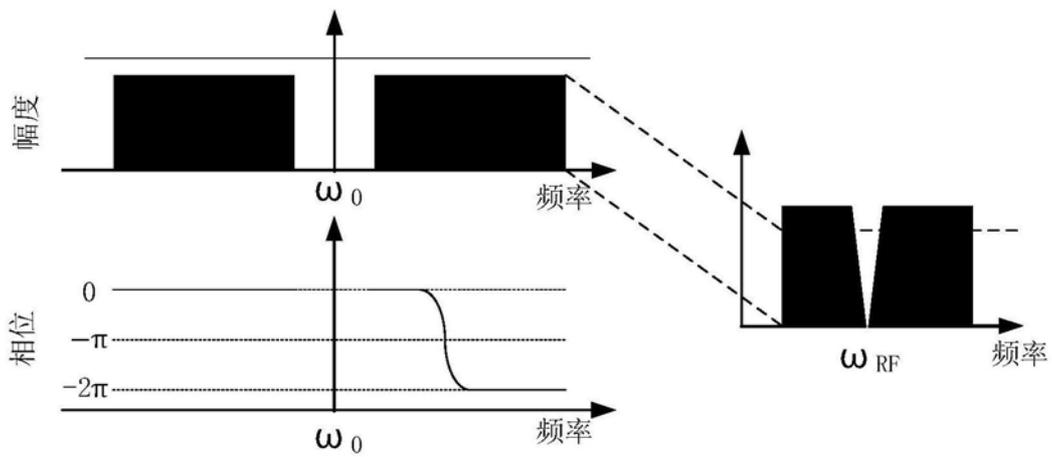


图5

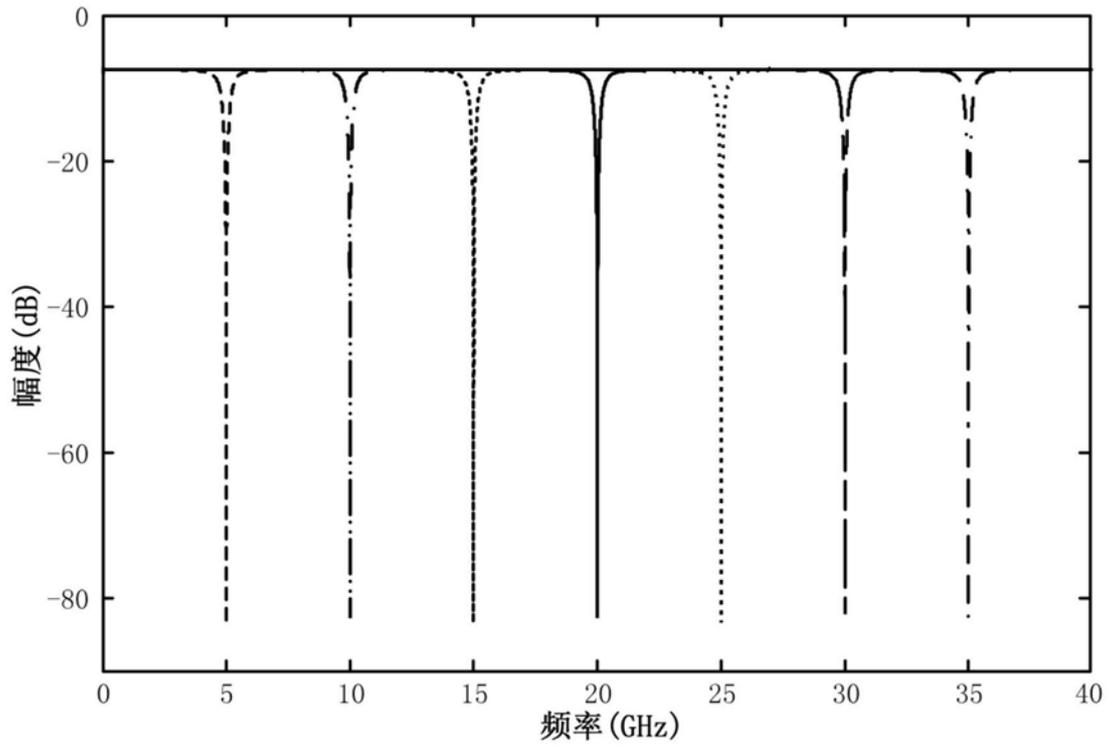


图6

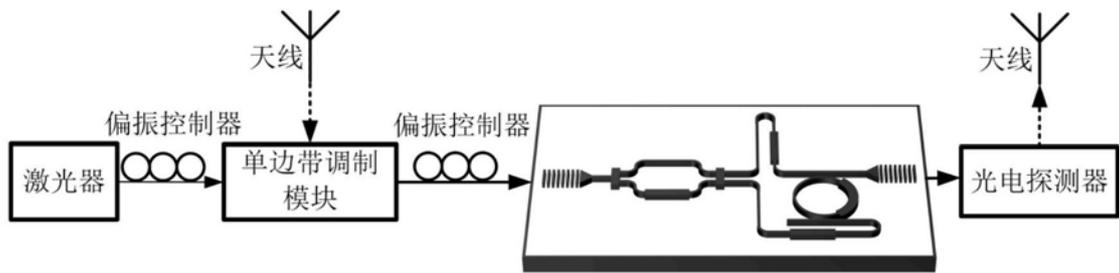


图7

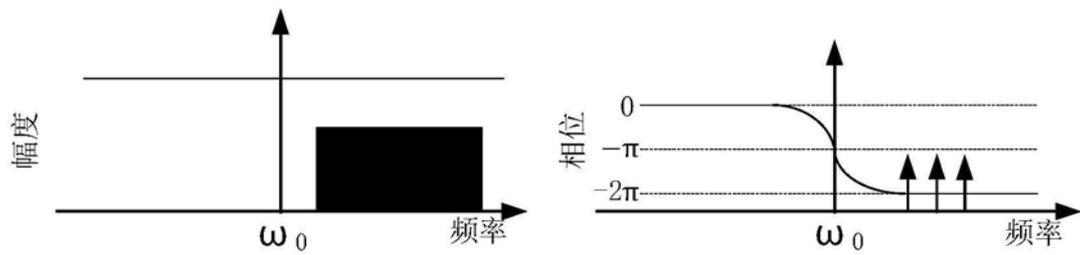


图8

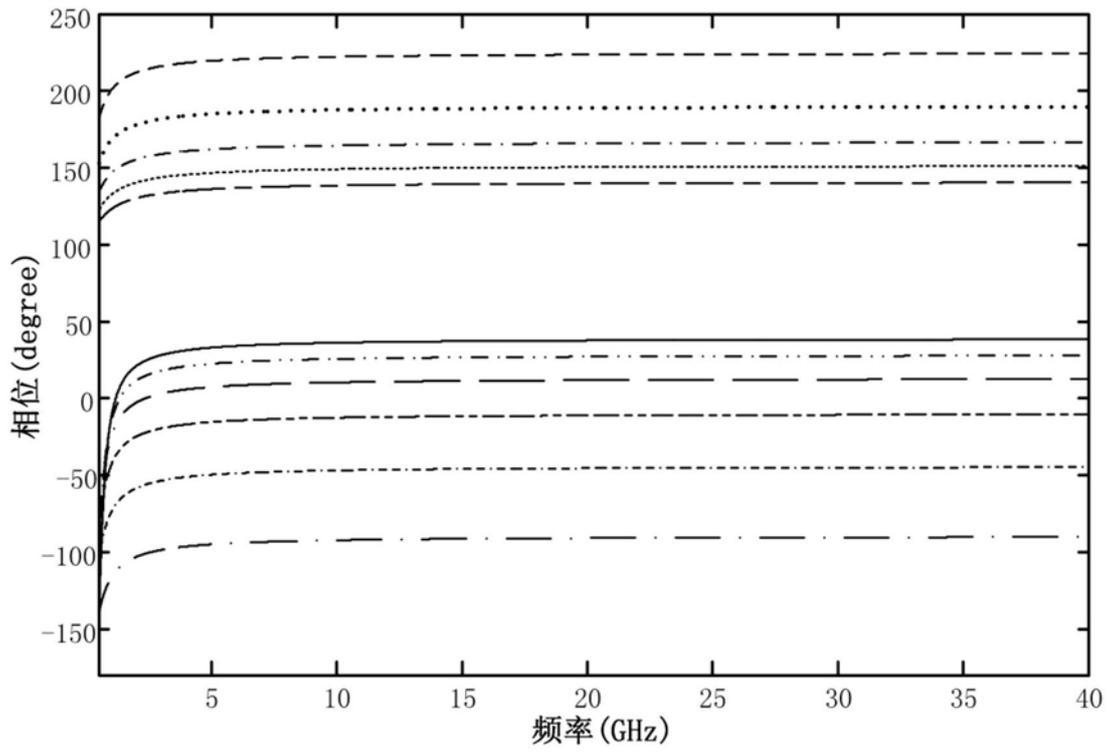


图9

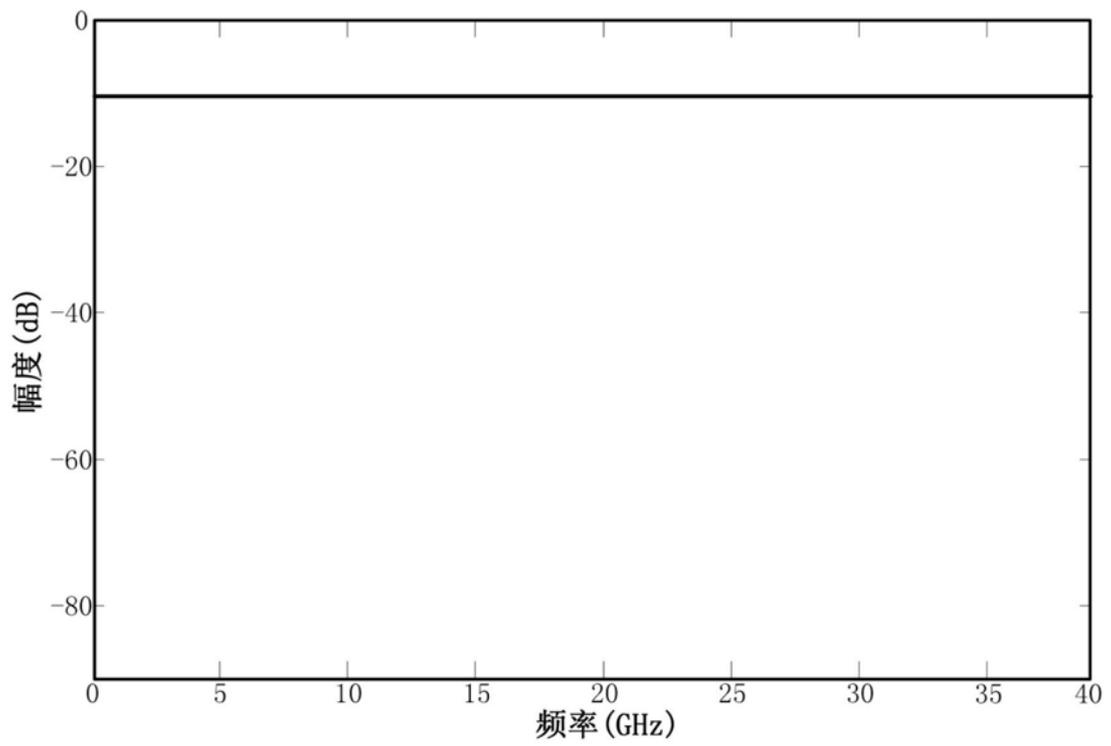


图10