



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114447750 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 09

(21) 申请号 202111595095.2

H01S 3/13 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.23

H04B 10/50 (2013.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114447750 A

(56) 对比文件

WO 2018103765 A1, 2018.06.14

CN 103872552 A, 2014.06.18

CN 106785811 A, 2017.05.31

CN 111555099 A, 2020.08.18

CN 112701555 A, 2021.04.23

CN 206864854 U, 2018.01.09

CN 105071210 A, 2015.11.18

CN 109193314 A, 2019.01.11

CN 104466620 A, 2015.03.25

, LIDAN Jiang. "Narrow linewidth VCSEL based on resonant optical feedback from an on-chip microring add-drop filter". 《Optics Letters》. 2021, 第46卷 (第10期), 1-4 页.

(43) 申请公布日 2022.05.06

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

专利权人 香港理工大学

(72) 发明人 黄冬梅 王超 李锋

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务所 (普通合伙) 44268

专利代理师 林敏

审查员 周冠锐

(51) Int. Cl.

H01S 3/081 (2006.01)

H01S 3/10 (2006.01)

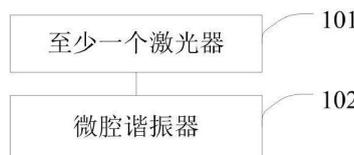
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,所述系统包括:至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;微腔谐振器,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。本发明通过一种全光的方式产生微波信号,降低大量成本,方案简单易实施,并且器件可片上集成,系统集成度高。



1. 一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统,其特征在于,所述系统包括:  
至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;

微腔谐振器,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接;

所述激光器由若干单波长激光器组成或者由一个单片集成多波长激光器组成;

当所述激光器由若干单波长激光器组成时,所述系统还包括耦合器或者波分复用器,或者,所述系统还包括环行器和/或偏振控制器;

所述偏振控制器用于当所述单波长激光器的个数为两个时,调节所述微腔谐振腔的偏振态,使两个所述单频激光器输出的光信号分别位于所述微腔谐振器的两个所述偏振态对应的谐振峰。

2. 一种基于权利要求1所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述方法包括:

通过至少一个激光器输出第一光信号;

基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号;其中,所述第二光信号包含若干不同频率的光,且所述频率与激光器的谐振频率相同;

将所述第二光信号反馈至所述激光器,控制所述激光器输出注入锁定且压窄线宽的第三光信号;

将所述第三光信号再次输入所述微腔谐振器,在所述微腔谐振器的输出端进行拍频得到高频微波信号。

3. 根据权利要求2所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述通过至少一个激光器输出第一光信号包括:

当所述激光器为单片集成多波长激光器时,通过所述单片集成多波长激光器输出第一光信号;

当所述激光器为单波长激光器时,通过若干所述单波长激光器输出若干第四光信号,将若干所述第四光信号通过耦合器或者波分复用器合束后,得到第一光信号。

4. 根据权利要求2所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

将所述第一光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

5. 根据权利要求2所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

将所述第一光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第五光信号;

将所述第五光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

6. 根据权利要求2所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第六光信号;

将所述第六光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

7. 根据权利要求2所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其特征在于,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第七光信号;

将所述第七光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第八光信号;

将所述第八光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

8. 一种智能终端,其特征在于,包括有存储器,以及一个或者一个以上的程序,其中一个或者一个以上程序存储于存储器中,且经配置以由一个或者一个以上处理器执行所述一个或者一个以上程序包含用于执行如权利要求2-7中任意一项所述的方法。

## 一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微波光子学技术领域,尤其涉及的是一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统。

### 背景技术

[0002] 传统电子技术产生频率通常在GHz以内,且再高频段频率稳定性和噪声特性急剧恶化,无法适应现代电子系统的发展需求。光电振荡器产生微波信号的思想可以产生高频微波信号,具有高稳定、低噪声、可调谐等优点。但是光电振荡技术(OEO)如多环路谐振腔、注入锁定与相位锁定及环形谐振器腔等结构实现OEO,其系统结构复杂很难实现集成化,对光路和电路系统要求都非常高,价格昂贵。

[0003] 因此,现有技术还有待改进和发展。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,旨在解决基于光电振荡技术电路复杂,光路及电路控制难,成本高,难片上集成的问题。

[0005] 本发明解决问题所采用的技术方案如下:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统,其中,所述系统包括:

[0007] 至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;

[0008] 微腔谐振器,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。

[0009] 在一种实现方式中,所述激光器由若干单波长激光器组成或者由一个单片集成多波长激光器组成。

[0010] 在一种实现方式中,所述系统还包括耦合器或者波分复用器;

[0011] 或者,所述系统还包括环行器和/或偏振控制器。

[0012] 第二方面,本发明实施例还提供一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,其中,所述方法包括:通过若干激光器输出若干第一光信号;其中,若干所述第一光信号的频率相异;

[0013] 通过激光器将若干所述第一光信号进行耦合,得到第一光信号;

[0014] 基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号;其中,所述第二光信号包含若干不同频率的光,且所述频率与激光器的谐振频率相同;

[0015] 将所述第二光信号反馈至所述激光器,控制所述激光器输出注入锁定且压窄线宽

的第三光信号；

[0016] 将所述第三光信号再次输入所述微腔谐振器,在所述微腔谐振器的输出端进行拍频得到高频微波信号。

[0017] 在一种实现方式中,所述通过至少一个激光器输出第一光信号包括:

[0018] 当所述激光器为单片集成多波长激光器时,通过所述单片集成多波长激光器输出第一光信号;

[0019] 当所述激光器为单波长激光器时,通过若干所述单波长激光器输出若干第四光信号,

[0020] 将若干所述第四光信号通过耦合器或者波分复用器合束后,得到第一光信号。

[0021] 在一种实现方式中,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

[0022] 将所述第一光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0023] 在一种实现方式中,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

[0024] 将所述第一光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第五光信号;

[0025] 将所述第五光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0026] 在一种实现方式中,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

[0027] 将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第六光信号;

[0028] 将所述第六光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0029] 在一种实现方式中,所述基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号包括:

[0030] 将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第七光信号;

[0031] 将所述第七光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第八光信号;

[0032] 将所述第八光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0033] 第三方面,本发明实施例还提供一种智能终端,包括有存储器,以及一个或者一个以上的程序,其中一个或者一个以上程序存储于存储器中,且经配置以由一个或者一个以上处理器执行所述一个或者一个以上程序包含用于执行如上述任意一项所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法。

[0034] 第四方面,本发明实施例还提供一种非临时性计算机可读存储介质,当所述存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如上述中任意一项所述的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法。

[0035] 本发明的有益效果:本发明实施例提供一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,所述系统具体包括:至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;微腔谐振器,用于接收

激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。可见,本发明通过一种全光的方式产生微波信号,降低大量成本,方案简单易实施,并且器件可片上集成,系统集成度高。

### 附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0037] 图1为本发明实施例提供的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统流程示意图。

[0038] 图2为本发明实施例提供的基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法的原理框图。

[0039] 图3为本发明实施例提供的实施例1的微波信号产生系统流程示意图。

[0040] 图4为本发明实施例提供的实施例2的微波信号产生系统流程示意图。

[0041] 图5为本发明实施例提供的实施例3的微波信号产生系统流程示意图。

[0042] 图6为本发明实施例提供的实施例4的微波信号产生系统流程示意图。

[0043] 图7为本发明实施例提供的实施例5的微波信号产生系统流程示意图。

[0044] 图8为本发明实施例提供的实施例6的微波信号产生系统流程示意图。

[0045] 图9为本发明实施例提供的实施例7的微波信号产生系统流程示意图。

[0046] 图10为本发明实施例提供的实施例8的微波信号产生系统流程示意图。

[0047] 图11为本发明实施例提供的智能终端的内部结构原理框图。

### 具体实施方式

[0048] 本发明公开了一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0049] 本技术领域技术人员可以理解,除非特意声明,这里使用的单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”也可包括复数形式。应该进一步理解的是,本发明的说明书中使用的措辞“包括”是指存在所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件,但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或它们的组。应该理解,当我们称元件被“连接”或“耦接”到另一元件时,它可以直接连接或耦接到其他元件,或者也可以存在中间元件。此外,这里使用的“连接”或“耦接”可以包括无线连接或无线耦接。这里使用的措辞“和/或”包括一个或多个相关联的列出项的全部或任一单元和全部组合。

[0050] 本技术领域技术人员可以理解,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语),具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语,应该被理解为具有与现有技术的上下文中的

意义一致的意义,并且除非像这里一样被特定定义,否则不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0051] 由于现有技术中基于光电振荡技术电路复杂,光路及电路控制难,成本高,难片上集成的问题。

[0052] 为了解决现有技术的问题,本实施例提供了一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,本发明通过上述系统可以实现全光的方式产生微波信号,降低大量成本,方案简单易实施,并且器件可片上集成,系统集成度高。具体系统包括:至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;微腔谐振器,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。

[0053] 示例性设备

[0054] 如图1中所示,本发明实施例提供一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统,所述系统包括至少一个激光器401、激光器402和微腔谐振器403:至少一个激光器401,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;微腔谐振器403,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。

[0055] 在本实施例中,至少一个激光器,所述激光器由若干单波长激光器组成或者由一个单片集成多波长激光器组成,单波长激光器(又称单频激光器)可以是分布布拉格反射(DBR)型、分布反馈(DFB)型和环形腔型单频光纤激光器;若干单波长激光器可以为两个单波长激光器或者多个单波长激光器,一个激光器可以为单片集成双波长激光器或者为单片集成多波长激光器。当所述激光器由若干单波长激光器组成时,在所述激光器与微腔谐振器之间需要增加耦合器或者波分复用器。耦合器对光信号进行不同比例的分光束,当然根据光路可逆,耦合器也可以将不同比例的分光束耦合为一个光束;耦合器可以是基于光纤熔锥、波导分束等机制的光纤耦合器或者是自由空间光耦合器。波分复用器用于将不同波长(频率)单频激光器输出的光束级联耦合到微腔谐振器,当然根据光路可逆,可以将一个耦合光束分离成不同波长的单频光束;可以是熔融拉锥型波分复用器、滤波片式波分复用器、基于多芯光纤的波分复用器、基于波导的片上波分复用器等。微腔谐振器(简称微腔),微腔会将与单频激光器的谐振频率匹配的光信号反馈回单频激光器,使单频激光器形成注入锁定而压窄线宽,可以是微球、微盘、微环、微柱等微腔。

[0056] 在一种实现方式中,基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统在激光器和微腔谐振器之间,可以增加环行器,还可以增加偏振控制器,还可以同时增加环行器和偏振控制器。环行器将通过微腔谐振器的光信号从Drop端反馈注入到单频激光器;环行器可以是光纤型环行器,可以是波导型环行器。偏振控制器调节微腔的偏振态,使两个单频激光器输出的光信号分别位于微腔两个偏振态对应的谐振峰,可以是基于三环型、双环形、挤压型等不同类型的光纤在线偏振控制器或者是由多个玻片组成的自由空间偏振控制器。

[0057] 整个基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统最终从微腔谐振器的输出端产生高频微波信号,是一种全光方案的系统,不需要任何光电、电光转化器件就可以实现高频微波源。同时单频激光器、耦合器、波分复用器、微腔等器件均可以实现片上集成,是一种能够实现全片上集成的微波信号产生方法。

[0058] 示例性方法

[0059] 本实施例提供基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,该方法可以应用于微波光子学的智能终端。具体如图2所示,所述方法包括:

[0060] 步骤S100、通过至少一个激光器输出第一光信号;

[0061] 步骤S200、基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号;其中,所述第二光信号包含若干不同频率的光,且所述频率与激光器的谐振频率相同;

[0062] 步骤S300、将所述第二光信号反馈至所述激光器,控制所述激光器输出注入锁定且压窄线宽的第三光信号;

[0063] 步骤S400、将所述第三光信号再次输入所述微腔谐振器,在所述微腔谐振器的输出端进行拍频得到高频微波信号;

[0064] 具体地,通过至少一个激光器输出第一光信号具体为:当所述激光器为单片集成多波长激光器时,通过所述单片集成多波长激光器输出第一光信号;也就是说,此时单片集成多波长激光器在输出端已经耦合成一束光信号。当所述激光器为单波长激光器时,通过若干所述单波长激光器输出若干第四光信号,将若干所述第四光信号通过耦合器或者波分复用器合束后,得到第一光信号。单片集成多波长激光器中包含多波长对应的多个频率,而每个单频激光器的频率不同,故第一光信号中包含若干不同频率的光信号。根据第一光信号和微腔谐振器,可以得到第二光信号,其中,所述第二光信号包含若干不同频率的光,且所述频率与激光器的谐振频率相同;也就是说,当单片集成多波长激光器包含 $f_1, f_2 \dots f_n$ 的频率或者若干单频激光器的频率分别为 $f_1, f_2 \dots f_n$ 时,第二光信号中也包含频率分别为 $f_1, f_2 \dots f_n$ 的光。第二光信号会通过光路反馈至若干单频激光器,反馈至单频激光器的第二光信号会对激光器输出的第一光信号进行注入锁定和压窄,得到第三光信号;由于微腔同时还起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,这样使从微腔反馈回来的第二光信号在注入锁定压窄若干单频激光器的第一光信号时得到的第三光信号更稳定。将所述第三光信号再次输入所述微腔谐振器,在所述微腔谐振器的输出端输出时,由于第三光信号中包含与激光器频率相对应的若干窄线宽光信号,因此,多个与激光器频率相对应的窄线宽光信号会拍频产生高频低噪声的微波信号。

[0065] 在一种实现方式中,步骤S200可以包括如下步骤:将所述第一光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0066] 具体地,将第一光信号直接输入至微腔谐振器,由于若干单频激光器的工作频率或者一个单片集成多波长激光器的多个工作频率与微腔谐振器的若干谐振峰匹配,微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输反馈,也即输出与所述激光器的谐振频率匹配的第二光信号。

[0067] 在一种实现方式中,步骤S200还可以包括如下步骤:将所述第一光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第五光信号;将所述第五光信号输入至微腔谐振器,并通过所

述微腔谐振器将与若干所述单频激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0068] 具体地,将所述第一光信号输入至环行器,先通过环行器输出第五光信号,将所述第五光信号输入至微腔谐振器,由于若干单频激光器的工作频率或者一个单片集成多波长激光器的多个工作频率与微腔谐振器的若干谐振峰匹配,故从微腔的一个端口输出与所述激光器的谐振频率匹配的第二光信号。

[0069] 在一种实现方式中,步骤S200还可以包括如下步骤:将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第六光信号;将所述第六光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0070] 具体地,在本实施例中,由于采用偏振控制器,则单频激光器的个数最佳为2个,可以是两个独立单波长激光器或者是单片集成双波长激光器。将所述第一光信号输入至偏振控制器,先通过所述偏振控制器输出第六光信号;然后将第六光信号输入至微腔谐振器,通过调节输入微腔的第六光信号的偏振态,将两个单频激光器频率分别锁定到微腔的两个偏振模式(TE模和TM模),微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输反馈,也即输出与两个单频激光器或者单片集成双波长激光器的谐振频率匹配的第二光信号。

[0071] 在一种实现方式中,步骤S200还可以包括如下步骤:将所述第一光信号输入至偏振控制器,并通过所述偏振控制器输出第七光信号;将所述第七光信号输入至环行器,并通过所述环行器输出第八光信号;将所述第八光信号输入至微腔谐振器,并通过所述微腔谐振器将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号输出,得到第二光信号。

[0072] 具体地,由于采用偏振控制器,则单频激光器的个数最佳为2个,可以是两个独立单波长激光器或者是单片集成双波长激光器。将所述第一光信号输入至偏振控制器,先通过所述偏振控制器输出第七光信号;将两个单频激光器频率分别锁定到微腔的两个偏振模式(TE模和TM模),然后将所述第七光信号输入至环行器,再通过所述环行器输出第八光信号;将所述第八光信号输入至微腔谐振器,从微腔的一个端口输出与两个所述激光器或者单片集成双波长激光器的谐振频率匹配的第二光信号。

[0073] 下面结合图和具体的实施例对基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法做进一步地详细说明,在以下实施例中,光即为光信号。

[0074] 实施例1

[0075] 基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔两个谐振峰匹配的光注入锁定单频激光器产生微波信号的方法主要由单频激光器、耦合器、微腔构成,如图3所示。此外,基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔两个谐振峰匹配的光注入锁定激光器产生微波信号的方法还可以由单片集成双波长激光器、谐振腔构成,即单片集成双波长激光器输出端直接与微腔input端连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0076] 两个单频激光器输出的光经过耦合器合束,合束后的光从微腔的Input端进入微腔,两个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意两个谐振峰匹配。微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输从input端反馈回来,再次经过耦合器注入到两个单频激光器,后向反馈注入的光进入单频激光器后会形成注入锁定压窄原来两个单频激光器输出光的线宽。微腔同时起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器更稳定。两个激光器输出的光经过注入锁定线宽压窄后再次经过微腔从input端输入,Through端输出,从Through端输出的两个窄线宽单频激光会拍频产生高频低

噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成双波长激光器,原理同上,不再赘述。

#### [0077] 实施例2

[0078] 激光器输出的光经过微腔且与微腔两个谐振峰匹配的光反馈注入锁定产生微波信号的方法主要由单频激光器、耦合器、环行器、微腔构成,如图4所示。此外,激光器输出的光经过微腔,且激光器工作频率与微腔两个谐振峰匹配的光会反馈注入锁定产生微波信号的方法还可以由单片集成双波长激光器、环行器、谐振腔构成,即单片集成双波长激光器输出端直接与环行器2端口连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0079] 两个单频激光器经过耦合器合束后,光从环行器2端口输入后,从3端口输出,然后从微腔input端进入,两个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意两个谐振峰匹配。进入微腔后通过Drop输出再次经过环行器1端口,然后从2端口输出再次经过耦合器注入到两个单频激光器。反馈注入单频激光器的光进入单频激光器后会形成注入锁定压窄原来两个单频激光器输出光的线宽。微腔同时起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器更稳定。经过注入锁定线宽压窄的两个激光器输出的光再次经过微腔从input端输入,从Through端输出,从Through端输出的两个窄线宽单频激光器会拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成双波长激光器,原理同上,不再赘述。

#### [0080] 实施例3

[0081] 基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔两个谐振模式(TE模和TM模)匹配的光注入锁定激光器产生微波信号的方法主要由单频激光器、耦合器、偏振控制器、微腔构成,如图5所示。此外,基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔两个谐振模式(TE模和TM模)匹配的光注入锁定激光器产生微波信号的方法还可以由单片集成双波长激光器、偏振控制器、谐振腔构成,即单片集成双波长激光器输出端直接与偏振控制器连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0082] 两个单频激光器经过耦合器合束后,经过偏振控制器后输出的光从微腔的Input端进入微腔,两个激光器的工作频率与微腔谐振器的两个偏振模式(TE模和TM模)的谐振峰匹配。同样,微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输从input端反馈注入到单频激光器,后向反馈注入光进入单频激光器后会形成注入锁定压窄原来两个单频激光器的线宽。同时微腔还起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器输出的光更稳定。经过注入锁定线宽压窄的两个激光器输出的光再次经过微腔从input端输入,drop端输出,从Drop端输出的两个窄线宽单频激光器输出的光会拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成双波长激光器,原理同上,不再赘述。

#### [0083] 实施例4

[0084] 激光器输出的光经过微腔且与微腔两个谐振模式(TE模和TM模)匹配的光反馈注入锁定产生微波信号的方法主要由单频激光器、耦合器、偏振控制、环行器、微腔构成,如图6所示。此外,激光器输出的光经过微腔且与微腔两个谐振模式(TE模和TM模)匹配的光反馈注入锁定产生微波信号的方法还可以由单片集成双波长激光器、偏振控制器、环行器、谐振腔构成,即单片集成双波长激光器输出端直接与偏振控制器连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0085] 两个单频激光器经过耦合器合束后,光经过偏振控制后从环行器2端口输入后,从3端口输出,然后经过微腔input端进入,两个激光器的工作频率与微腔两个谐振模式(TE模和TM模)的谐振峰匹配。进入微腔后通过Drop端输出再次输入环行器1端口,然后从2端口输出,光再次经过偏振控制器、耦合器注入到两个单频激光器。反馈注入单频激光器的光进入单频激光器后会形成注入锁定压窄原来两个单频激光器输出光的线宽。微腔同时起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器输出的光更稳定。经过注入锁定线宽压窄的两个激光器输出的光再次经过微腔从input端输入,Through端输出,从Through端输出的两个窄线宽单频激光器会拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成双波长激光器,原理同上,不再赘述。

#### [0086] 实施例5

[0087] 基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔多个谐振峰匹配的光注入锁定激光器产生微波信号(波峰复用器实现3个或者多个波长输入)的方法主要由单频激光器、波分复用器、微腔构成,如图7所示。此外,基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔多个谐振峰匹配的光注入锁定激光器产生微波信号(波峰复用器实现3个或者多个波长输入)的方法还可以由单片集成多波长激光器、谐振腔构成,即单片集成多波长激光器输出端直接与微腔input端连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0088] 3个或者多个单频激光器经过波分复用器后从微腔input端输入,3个或者多个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意3个或者多个谐振峰匹配。同样,微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输从input端反馈分别注入到3个或者多个单频激光器,后向反馈注入3个或者多个单频激光器的光进入每个单频激光器后会形成注入锁定,压窄原来3个或者多个单频激光器输出光的线宽。经过注入锁定线宽压窄的3个或者多个激光器的光再次经过微腔从input端输入,Drop端输出,从Drop端输出的任意两个窄线宽的光会两两拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成多波长激光器,原理同上,不再赘述。

#### [0089] 实施例6

[0090] 基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔多个谐振峰匹配的光注入锁定激光器产生微波信号(耦合器实现3个或多个波长输入)的方法主要由单频激光器、耦合器、微腔构成,如图8所示。此外,基于微腔后向散射光或者端面反射光、且与微腔多个谐振峰匹配的光注入锁定激光器产生微波信号(耦合器实现3个或多个波长输入)的方法还可以由单片集成多波长激光器、谐振腔构成,即单片集成多波长激光器输出端直接与微腔input端连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

[0091] 3个或者多个单频激光器输出的光经过耦合器后从微腔input端输入,3个或者多个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意3个或者多个谐振峰匹配。同样,微腔后向散射或者经过波导端面反射的光会反向传输从input端,后向反馈的光分别注入到3个或者多个单频激光器,后向反馈注入的光进入单频激光器后会形成注入锁定,压窄原来3个或者多个单频激光器输出光的线宽。经过注入锁定线宽压窄的3个或者多个激光器的光再次经过微腔从input端输入,Drop端输出,从Drop端输出的任意两个窄线宽单频激光器输出的光会两两拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成多波长激光器,原理同上,不再赘述。

**[0092] 实施例7**

**[0093]** 激光器输出的光经过微腔且与微腔3个或者多个谐振峰匹配的光反馈注入锁定产生微波信号(耦合器实现3个或者多个波长输入)的方法主要由单频激光器、耦合器、环形器、微腔构成,如图9所示。此外,激光器自身光经过微腔且与微腔3个或者多个谐振峰匹配的光反馈注入锁定产生微波信号(耦合器实现3个或者多个波长输入)的方法还可以由单片集成多波长激光器、环形器、谐振腔构成,即单片集成多波长激光器输出端直接与环形器2端连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

**[0094]** 3个或者多个单频激光器经过耦合器合束后,光从环形器2端口输入后,从3端口输出,然后经过微腔input端进入,3个或者多个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意3个或者多个谐振峰匹配。光进入微腔后通过Drop输出再次输入环形器1端口,从2端口输出的光再次经过耦合器分别注入到3个或者多个单频激光器。单频激光器自身反馈注入光进入单频激光器后会形成注入锁定,压窄原来3个或者多个单频激光器输出光的线宽。微腔同时起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器输出的光更稳定。经过注入锁定线宽压窄的3个或者多个激光器输出的光再次经过微腔从input端输入,Through端输出,从Through端输出的任意两个窄线宽的光会两两拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成多波长激光器,原理同上,不再赘述。

**[0095] 实施例8**

**[0096]** 激光器自身光经过微腔且与微腔3个或者多个谐振峰匹配的光反馈注入锁定产生微波信号(波分复用器实现3个或者多个波长输入)的方法主要由单频激光器、波分复用器、环形器、微腔构成,如图10所示。此外,激光器自身光经过微腔且与微腔3个或者多个谐振峰匹配的光反馈注入锁定产生微波信号(波分复用器实现3个或者多个波长输入)的方法还可以由单片集成多波长激光器、环形器、谐振腔构成,即单片集成多波长激光器输出端直接与环形器2端连接。在本实施例中,所有器件均可以为片上集成器件。

**[0097]** 3个或者多个单频激光器经过波分复用器合束后,光从环形器2端口输入后,从3端口输出,然后经过微腔input端进入,3个或者多个激光器的工作频率与微腔谐振器的任意3个或者多个谐振峰匹配。光进入微腔后通过Drop输出再次输入环形器1端口,从2端口输出的光再次经过波分复用器分别注入到3个或者多个单频激光器。反馈注入单频激光器的光进入单频激光器后会形成注入锁定,压窄原来3个或者多个单频激光器输出光的线宽。微腔同时起到高Q值微腔滤波器的作用,能够消除激光器的边模,使注入锁定的两个单频激光器输出的光更稳定。经过注入锁定线宽压窄的3个或者多个激光器输出的光再次经过微腔从input端输入,从Through端输出,从Through端输出的任意两个不同频率窄线宽的光会两两拍频产生高频低噪声的微波信号。激光器也可以采用单片集成多波长激光器,原理同上,不再赘述。

**[0098]** 本发明全光方式产生微波信号,相比于OE0技术具有以下好处:

**[0099]** 1.对单频激光器线宽要求降低,MHz的单频激光器经过微腔反馈注入锁定后能将线宽压窄2-3个数量级,微腔Q值越高,窄线宽越明显,大大降低了对单频激光器线宽的要求,成本也大大降低;

**[0100]** 2.本发明是一种全光方案产生高频微波信号,不需要任何电设备及电相关的控制技术。相比于OE0技术需要电光、光电转化,本发明结构简单、更容易实现;

[0101] 3. 本发明使用的器件包括激光器、耦合器、微腔、偏振控制器、环行器等均可以是片上集成器件,能够产生全片上、小型化高速微波信号源。全片上微波信号源能够与片上集成相关的应用兼容,可以推动片上集成微波源的进一步发展。

[0102] 基于上述实施例,本发明还提供了一种智能终端,其原理框图可以如图11所示。该智能终端包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏、温度传感器。其中,该智能终端的处理器用于提供计算和控制能力。该智能终端的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该智能终端的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法。该智能终端的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏,该智能终端的温度传感器是预先在智能终端内部设置,用于检测内部设备的运行温度。

[0103] 本领域技术人员可以理解,图11中的原理图,仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图,并不构成对本发明方案所应用于其上的智能终端的限定,具体的智能终端可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0104] 在一个实施例中,提供了一种智能终端,包括有存储器,以及一个或者一个以上的程序,其中一个或者一个以上程序存储于存储器中,且经配置以由一个或者一个以上处理器执行所述一个或者一个以上程序包含用于进行以下操作的指令:通过若干激光器输出若干第一光信号;其中,若干所述第一光信号的频率相异;

[0105] 通过激光器将若干所述第一光信号进行耦合,得到第一光信号;

[0106] 基于微腔谐振器对所述第一光信号进行处理,得到第二光信号;其中,所述第二光信号包含若干不同频率的光,且所述频率与激光器的谐振频率相同;

[0107] 将所述第二光信号反馈至所述激光器,控制所述激光器输出注入锁定且压窄线宽的第三光信号;

[0108] 将所述第三光信号再次输入所述微腔谐振器,在所述微腔谐振器的输出端进行拍频得到高频微波信号。

[0109] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(第七光信号PROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(第三光信号RSDRAM)、增强型SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink)DRAM(SLDRAM)、存储器总线(Rambus)直接RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM(RDRAM)等。

[0110] 综上所述,本发明公开了一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生方法和系统,所述系统包括:至少一个激光器,用于输出光信号,并将反馈至所述激光器的光信号进

行锁定和线宽压窄,得到若干线宽压窄的光信号;微腔谐振器,用于接收激光器输出的光信号,并将与所述激光器的谐振频率匹配的光信号反馈至所述激光器,最后接收所述激光器输出的若干线宽压窄的光信号,在所述微腔谐振器的输出端进行光信号拍频,得到高频微波信号;所述微腔谐振器与所述激光器光通讯连接。本发明通过一种全光的方式产生微波信号,降低大量成本,方案简单易实施,并且器件可片上集成,系统集成度高。

[0111] 基于上述实施例,本发明公开了一种基于微腔反馈锁定激光器的微波信号产生系统的微波信号产生方法,应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

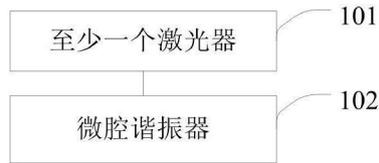


图1

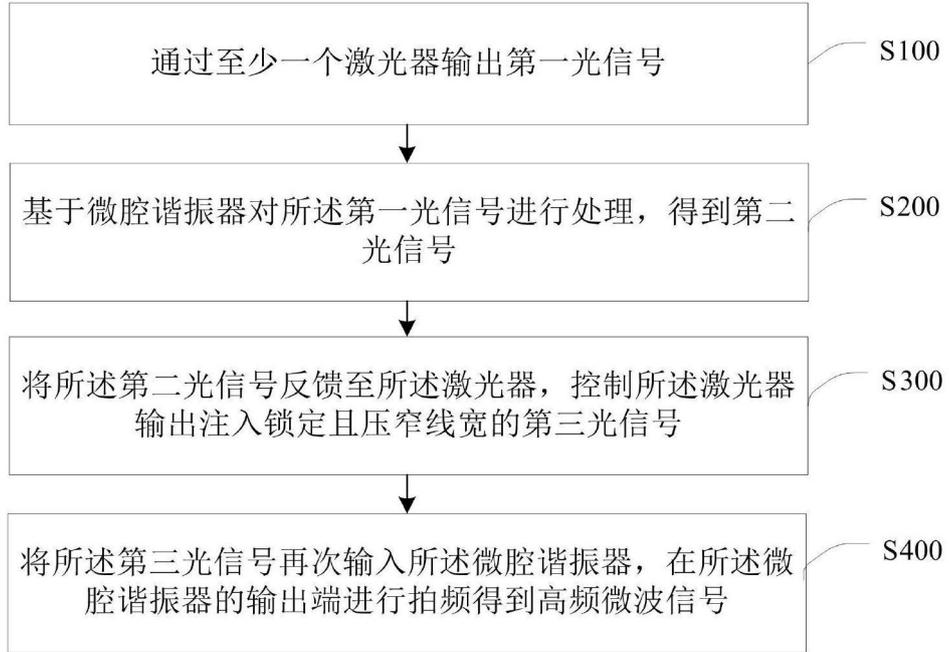


图2

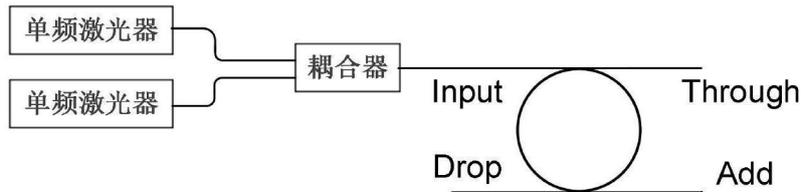


图3

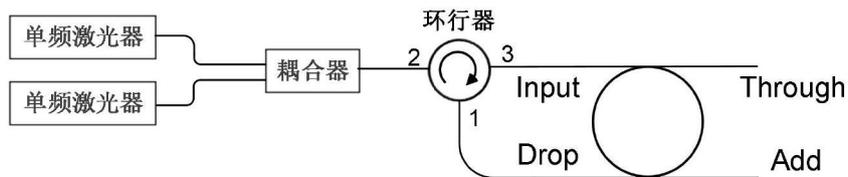


图4

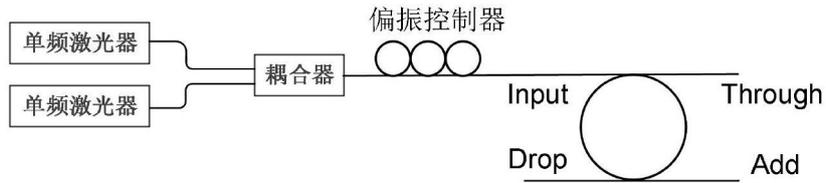


图5

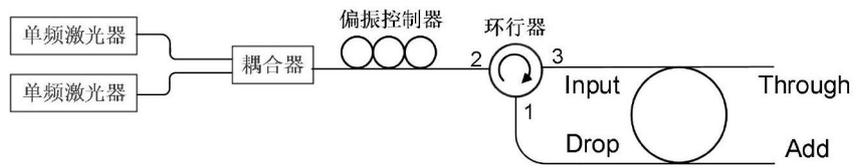


图6

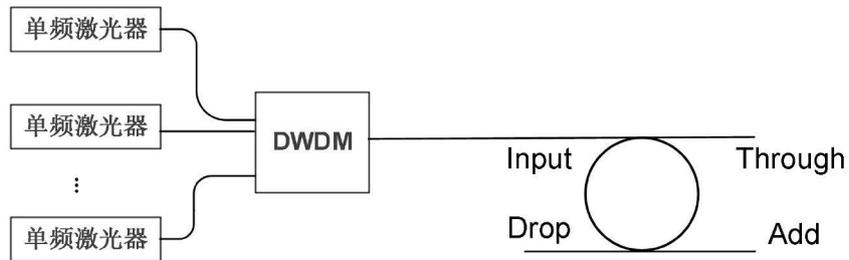


图7

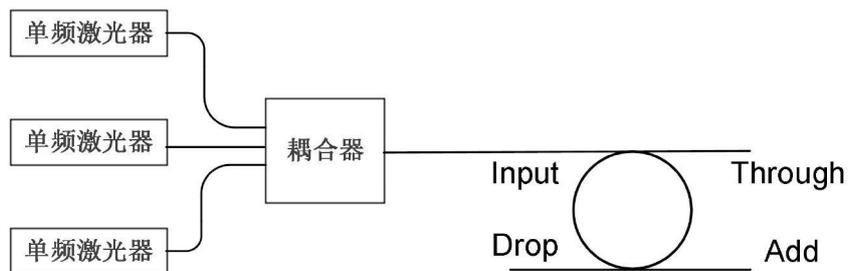


图8

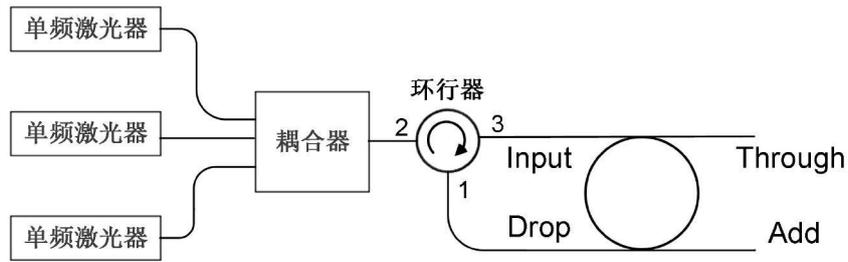


图9

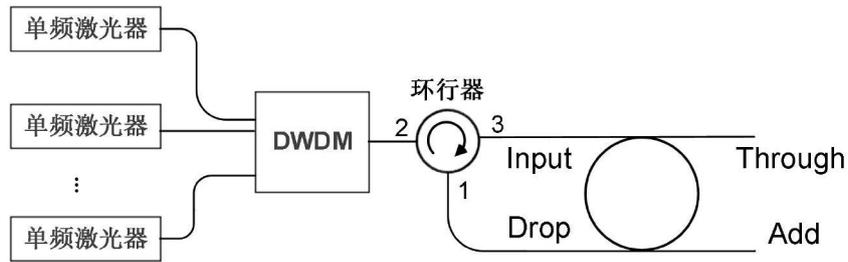


图10

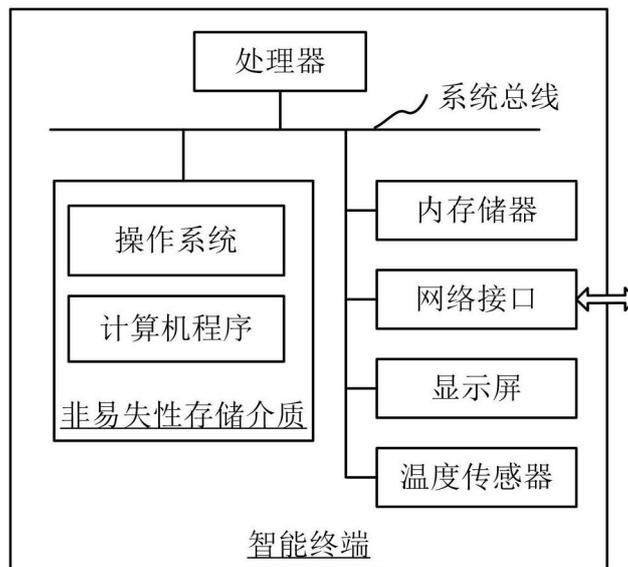


图11