



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109411995 B

(45) 授权公告日 2020.11.10

(21) 申请号 201811505347.6

CN 104701725 A, 2015.06.10

(22) 申请日 2018.12.10

CN 105633775 A, 2016.06.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 104505700 A, 2015.04.08

申请公布号 CN 109411995 A

CN 102983489 A, 2013.03.20

CN 101211088 A, 2008.07.02

(43) 申请公布日 2019.03.01

US 2006013270 A1, 2006.01.19

(73) 专利权人 西南大学

陈东. PPLN晶体差频中红外激光系统调谐特性研究.《光学学报》.2009,第29卷(第3期),正文第1-4节.

地址 400715 重庆市北碚区天生路2号

(72) 发明人 高子叶 唐曦 邓涛 林晓东

吴晓丽. 差频产生中红外飞秒激光脉冲的研究进展.《前沿进展》.2009,第38卷(第4期),

樊利 夏光琼 吴正茂

于峰. 全光纤结构超短脉冲超连续谱的产生极其特征研究.《红外与激光工程》.2014,第43卷(第11期),

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 苗艳荣

C.Erny. Mid infrared difference generation of ultrashort pulses tunable between from a compact fiber source.《OPTICS LETTERS》.2007,第32卷(第9期),

(51) Int. Cl.

H01S 3/00 (2006.01)

H01S 3/108 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103199421 A, 2013.07.10

CN 103299494 A, 2013.09.11

审查员 林玉华

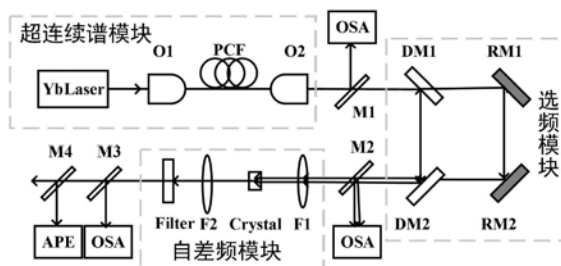
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种中红外超快激光源装置

(57) 摘要

本申请提供一种中红外超快激光源装置,包括:超连续谱模块,用于将种子源激光的光谱展宽为超连续谱激光并输出给选频模块;选频模块,用于将选出所述超连续谱激光中的低频激光和低频激光,为后续差频做准备;自差频模块,用于将通过选频模块选出的低频与高频激光进行差频,从而产生中红外超快激光。本申请采用超连续谱自差频方案获取中红外超快激光,突破了受限激光增益介质的吸收发射光谱范围、锁模器件的工作波长以及带宽、泵浦源的辐射波长以及效率等因素,直接从全固态超快激光器中获取中红外超快激光的波长范围、脉冲宽度都受到了局限的瓶颈。



1. 一种中红外超快激光源装置,其特征在于,包括:

超连续谱模块,用于将种子源激光的光谱展宽为超连续谱激光并输出给选频模块;

选频模块,用于将选出所述超连续谱激光中的低频激光和高频激光,为后续差频做准备;

自差频模块,用于将通过选频模块选出的低频与高频激光进行差频,从而产生中红外超快激光;

所述超连续谱模块包括:全固态Yb飞秒激光源YbLaser、第一耦合透镜O1、第二耦合透镜O2、和光子晶体光纤PCF;

所述全固态Yb飞秒激光源YbLaser用于产生种子激光;所述第一耦合透镜O1用于种子激光注入到光子晶体光纤PCF中,所述第二耦合透镜O2用于将超连续谱激光准直并输出给选频模块;

所述选频模块包括竖向设置在同一条直线上的第一双色镜DM1和第二双色镜DM2;

所述第一双色镜DM1镀有对高频激光反射以及低频激光透射的膜,第二双色镜DM2镀有对高频激光反射低频激光透射的膜;

从超连续谱模块输出的超连续谱激光先后通过第一双色镜DM1和第二双色镜DM2反射后将低频和高频激光共线输入到自差频模块;

包括:竖向设置在同一直线上的第一反射镜RM1和第二反射镜RM2;

所述第一反射镜RM1与第一双色镜DM1在同一水平直线上,第二反射镜RM2与第二双色镜DM2在同一水平直线上,第一反射镜RM1与第一双色镜DM1用于调正低频激光的空间位置,最终于第二双色镜DM2反射的高频激光在空间重合;

所述自差频模块包括中红外差频晶体Crystal,用于将选频模块选出的低频激光和高频激光产生差频效应从而获取中红外超快激光;

所述自差频模块包括第一凸透镜F1,用于激光共线的低频和高频激光聚焦到中红外差频晶体Crystal中,使激光聚焦的尺寸足够小;

所述自差频模块包括第二凸透镜F2和滤波器Filter,所述中红外差频晶体Crystal设置在第一凸透镜F1和第二凸透镜F2之间,滤波器Filter设置在第二凸透镜F2的光输出侧;

第二凸透镜F2用于将产生的中红外超快激光准直,Filter用于将入射的低频和高频激光滤除,只透过产生的中红外激光。

2. 根据权利要求1所述的中红外超快激光源装置,其特征在于,在超连续谱模块的光输出端与第一双色镜DM1之间设置有第一宽带窗口镜M1;

所述第一宽带窗口镜M1将从超连续谱模块输出的超连续谱激光分成两束激光,其中一束进入光谱分析仪OSA,另一束入射到第一双色镜DM1。

3. 根据权利要求1所述的中红外超快激光源装置,其特征在于,在第二双色镜DM2和第一凸透镜F1之间设置有第二宽带窗口镜M2;

第二窗口镜M2将入射到其上的激光分成两束激光,一束进入到光谱分析仪OSA,另一束入射到第一凸透镜F1。

4. 根据权利要求1所述的中红外超快激光源装置,其特征在于,包括第三宽带窗口镜M3、第四宽带窗口镜M4;

从滤波器Filter滤除杂散光后的激光再第三窗口镜M3和第四窗口镜M4分成两束激光,

一束分别进入到光谱分析仪OSA和自相关仪APE,另一束作为输出激光。

一种中红外超快激光源装置

技术领域

[0001] 本发明涉及中红外超快激光技术领域,尤其涉及一种中红外超快激光源装置。

背景技术

[0002] 中红外超快激光兼具中红外波段以及超快激光二者的优势,在科研、医疗、工业、军事等多个领域具有重要的应用,成为了人们的研究热点。

[0003] 目前产生中红外超快激光的主要手段有超快激光器直接产生和非线性频率变换间接产生两种。直接产生中红外波段超快激光的超快激光器包括了全固态超快激光器、量子级联激光器等。就全固态超快激光器而言,增益介质、锁模器件、泵浦源是获取宽波长范围、窄脉宽超快激光的三个重要因素。目前,全固态超快激光器已经可以产生波长覆盖可见、近红外、甚至部分中红外波段,脉冲宽度从几百皮秒到几个飞秒的超短脉冲激光。然而,受限于激光增益介质的吸收发射光谱范围、锁模器件的工作波长以及带宽、泵浦源的辐射波长以及效率等因素,直接从全固态超快激光器中获取中红外超快激光的波长范围、脉冲宽度都受到了一定的局限。随着半导体激光理论以及技术的迅速发展,出现了另一种可以直接产生中红外超快激光的激光器——量子级联激光器。量子级联激光器是基于电子在导带子能级间跃迁和共振声子辅助隧穿发射激光,因此激光的波长与材料的带隙无关,是由有源区和垒层的厚度决定的,理论上可以支持产生中红外甚至更长波段激光。目前主动锁模技术已经成功地应用在量子级联激光器中,并且获取了的中红外超快激光脉冲,然而同时又受限于主动锁模技术,从量子级联激光器中直接获取中红外超快激光的脉冲宽度局限到皮秒量级甚至更宽。另外,量子级联激光器本身还存在其他一些如结构复杂、工艺要求高、阈值电流密度大、输出功率小、光束质量差等问题有待改进。

[0004] 除了从全固态超快激光器、量子级联激光器直接获取中红外超快激光外,通过非线性频率变换也可以将可见以及近红外波段的超快激光频率下转换到中红外波段,从而间接获取中红外超快激光。近年来,由于非线性晶体材料方面研究取得了重大突破,双折射相位匹配、准相位匹配、微加工技术以及作为泵浦源的全固态超快激光器都取得了巨大进步,使得中红外超快激光的各项指标如覆盖波长范围、脉冲宽度、稳定性等进步迅速。目前常用的非线性光学频率变换主要包括了光学参量产生(Optical Parametric Generation:OPG)、光学参量振荡器(Optical Parametric Oscillator:OPO)、光学参量放大器(Optical Parametric Amplifier:OPA)、差频产生(Difference Frequency Generation:DFG)等。这四种常用方法的本质都是三波相互作用,但是入射光和出射光的条件有所差异。OPG是一束泵浦光入射到非线性介质中,产生信号光和闲频光;OPO则是将OPG与谐振腔相结合,使原本微弱的参量光(信号光和闲频光)在谐振腔内可以反复振荡,形成较强的参量光;OPA是一束泵浦光和一束弱信号光同时入射到非线性介质中,弱信号光被放大,同时产生一束新频率的光;DFG是指一束高频光和一束低频光同时进入非线性介质中进行差频,从而产生一束新频率的光。另外,这四种方法对泵浦激光的峰值功率以及脉冲能量要求不同。OPG和OPA一般要求泵浦激光的能量很高,通常需要放大器作为泵浦源,并且对晶体材料的损伤阈值

要求较高,从而限制了非线性材料的可选性;OPO需要的泵浦能量与前两者相比较低,超快激光器可以直接作为泵浦源。也正是由于OPO对泵浦源要求的降低,使得单脉冲能量为纳焦量级的可见以及近红外超快激光器,如钛宝石超快激光器、Yb全固态超快激光器、Yb光纤超快激光器、Er光纤超快激光器等等,都可以作为OPO的泵浦源,中红外超快激光得到了进一步发展。虽然OPO技术使中红外超快激光的波段得到了进一步的扩展,但是由于缺乏高效长波泵浦源,中红外超快激光的波长远远没有达到非线性晶体的透光范围。为了解决这个问题,人们开始研究组合方法,其中一种是光参量振荡差频(OPO+DFG),即将OPO输出的信号光与闲频光注入到宽带中红外非线性晶体中进行差频获取中红外超快激光;另一种是光参量振荡放大差频(OPO+OPA+DFG),即OPO输出的信号光与闲频光先进行参量放大在注入非线性晶体中进行差频获取中红外超快激光。尽管这类组合方法拓宽了中红外超快激光的波段以及调谐范围,但是仍然存在一些问题:由于这类组合方法都是基于OPO,因此都需要泵浦源的谐振腔与OPO的谐振腔精确匹配,这就增加了系统的难度和复杂度;由于多次通过非线性晶体,所以对晶体的透过率要求较高。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决上述现有技术存在的缺陷,提供一种利用超连续谱自差频的中红外超快激光源装置,一定程度上解决了现有系统结构较复杂、不易于调节、对泵浦源以及非线性晶体要求相对高等的问题。

[0006] 一种中红外超快激光源装置,包括:

[0007] 超连续谱模块,用于将种子源激光的光谱展宽为超连续谱激光并输出给选频模块;

[0008] 选频模块,用于将选出所述超连续谱激光中的低频激光和低频激光,为后续差频做准备;

[0009] 自差频模块,用于将通过选频模块选出的低频与高频激光进行差频,从而产生中红外超快激光。

[0010] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述超连续谱模块包括:全固态Yb飞秒激光源YbLaser、第一耦合透镜O1、第二耦合透镜O2、和光子晶体光纤PCF;

[0011] 所述全固态Yb飞秒激光源YbLaser用于产生种子激光;所述第一耦合透镜O1用于种子激光注入到光子晶体光纤PCF中,所述第二耦合透镜O2用于将超连续谱激光准直并输出给选频模块。

[0012] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述选频模块包括竖向设置在同一条直线上的第一双色镜DM1和第二双色镜DM2;

[0013] 所述第一双色镜DM1镀有对高频激光反射以及低频激光透射的膜,第二双色镜DM2镀有对高频激光反射低频激光透射的膜;

[0014] 从超连续谱模块输出的超连续谱激光先后通过第一双色镜DM1和第二双色镜DM2反射后将低频和高频激光共线输入到自差频模块。

[0015] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,包括:竖向设置在同一直线上的第一反射镜RM1和第二反射镜RM2;

[0016] 所述第一反射镜RM1与第一双色镜DM1在同一水平直线上,第二反射镜RM2与第二

双色镜DM2在同一水平直线上,第一反射镜RM1与第一双色镜DM1用于调正低频激光的空间位置,最终于第二双色镜DM2反射的高频激光在空间重合。

[0017] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述自差频模块包括中红外差频晶体Crystal,用于将选频模块选出的低频激光和高频激光产生差频效应从而获取中红外超快激光。

[0018] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述自差频模块包括第一凸透镜F1,用于激光共线的低频和高频激光聚焦到中红外差频晶体Crystal中,使激光聚焦的尺寸足够小。

[0019] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述自差频模块包括第二凸透镜F2和滤波器Filter,所述中红外差频晶体Crystal设置在第一凸透镜F1和第二凸透镜F2之间,滤波器Filter设置在第二凸透镜F2的光输出侧;

[0020] 第二凸透镜F2用于将产生的中红外超快激光准直,Filter用于将入射的低频和高频激光滤除,只透过产生的中红外激光。

[0021] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,在超连续谱模块的光输出端与第一双色镜DM1之间设置有第一宽带窗口镜M1;

[0022] 所述第一宽带窗口镜M1将从超连续谱模块输出的超连续谱激光分成两束激光,其中一束进入光谱分析仪OSA,另一束入射到第一双色镜DM1。

[0023] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,在第二双色镜DM2和第一凸透镜F1之间设置有第二宽带窗口镜M2;

[0024] 第二窗口镜M2将入射到其上的激光分成两束激光,一束进入到光谱分析仪OSA,另一束入射到第一凸透镜F1。

[0025] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,包括第三宽带窗口镜M3、第四宽带窗口镜M4;

[0026] 从滤波器Filter滤除杂散光后的激光再第三窗口镜M3和第四窗口镜M4分成两束激光,一束分别进入到光谱分析仪OSA和自相关仪APE,另一束作为输出激光。

[0027] 本发明具有以下有益效果:

[0028] 1.采用超连续谱自差频方案获取中红外超快激光,突破了受限于激光增益介质的吸收发射光谱范围、锁模器件的工作波长以及带宽、泵浦源的辐射波长以及效率等因素,直接从全固态超快激光器中获取中红外超快激光的波长范围、脉冲宽度都受到了局限的瓶颈。

[0029] 2.采用超连续谱自差频方案中红外超快激光,突破了量子级联激光器因受限于主动锁模技术获取激光脉冲的宽度局限在皮秒范围的问题。

[0030] 3.采用超连续谱自差频方案中红外超快激光,避免了由于缺乏高效长波泵浦源,基于OP0技术或者基于OP0组合技术获取中红外超快激光的的波长受到局限的问题。

[0031] 4.系统方案可产生的中红外超快激光的波长范围可达5-25 μm ,脉冲宽度可到百飞秒量级,并且该系统结构较为简单、易于调节、对泵浦源以及非线性晶体要求相对较低。

附图说明

[0032] 图1为本发明利用超连续谱自差频的中红外超快激光源装置的结构图;

[0033] 其中:YbLaser:全固态Yb超快激光源;O1:第一耦合透镜;O2:第二耦合透镜;PCF:光子晶体光纤;DM1:第一双色镜;DM2:第二双色镜;RM1:第一反射镜;RM2:第二反射镜;F1:第一凸透镜;F2:第二凸透镜;crystal:中红外差频晶体;Filter:滤波器;M1:第一宽带窗口镜、M2第二宽带窗口镜、M3第三宽带窗口镜、M4:第四宽带窗口镜;OSA:光谱分析仪;APE:自相关仪。

具体实施方式

[0034] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。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。

[0035] 本发明提供的系统结构较为简单、易于调节、对泵浦源以及非线性晶体要求相对较弱的方案来获取中红外飞秒激光,即一种利用超连续谱自差频的中红外超快激光源装置。

[0036] 如图1所示,本发明是一种利用超连续谱自差频的中红外超快激光源装置,其中包括三个模块:超连续谱模块、选频模块、自差频模块。

[0037] 超连续谱模块,用于将种子源激光的光谱展宽为超连续谱激光并输出给选频模块;

[0038] 选频模块,用于将选出所述超连续谱激光中的低频激光和高频激光,为后续差频做准备;

[0039] 自差频模块,用于将通过选频模块选出的低频与高频激光进行差频,从而产生中红外超快激光。

[0040] 所述超连续谱模块用于将种子源激光(1微米附近)的光谱展宽为超连续谱激光(约为0.5-2.5微米的激光,光谱具体范围与多种因素有关)。

[0041] 具体地,所述超连续谱模块包括:全固态Yb飞秒激光源YbLaser、第一耦合透镜O1、第二耦合透镜O2、和光子晶体光纤PCF。所述全固态Yb飞秒激光源YbLaser用于产生种子源激光YbLaser;所述第一耦合透镜O1用于种子激光注入到光子晶体光纤PCF中,所述第二耦合透镜O2用于将超连续谱激光准直并输出给选频模块。

[0042] 所述选频模块包括竖向设置在同一条直线上的第一双色镜DM1和第二双色镜DM2;

[0043] 所述第一双色镜DM1镀有对高频激光反射以及低频激光透射的膜,第二双色镜DM2镀有对高频激光反射低频激光透射的膜;

[0044] 从超连续谱模块输出的超连续谱激光先后通过第一双色镜DM1和第二双色镜DM2反射后将低频和高频激光共线输入到自差频模块。

[0045] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,包括:竖向设置在同一直线上的第一反射镜RM1和第二反射镜RM2;

[0046] 所述第一反射镜RM1与第一双色镜DM1在同一水平直线上,第二反射镜RM2与第二双色镜DM2在同一水平直线上,第一反射镜RM1与第一双色镜DM1用于调正低频激光的空间位置,最终于第二双色镜DM2反射的高频激光在空间重合。

[0047] 所述选频模块用于选出将超连续谱激光中的低频(长波长,1.5-1.7微米,具体范

围视情况而定)激光和低频(短波长,1.3-1.5微米,具体范围视情况而定)激光,为后续差频做准备。其中第一双色镜DM1(镀有对高频激光反射以及低频激光透射的膜)用于将超连续谱激光分成低频和高频两束激光,由第一双色镜DM1反射的激光为高频激光,透过第一双色镜DM1的激光为低频激光;第二双色镜DM2(镀有对高频激光反射低频激光透射的膜)用于将低频和高频激光共线输入到自差频模块。第一反射镜RM1和第二反射镜RM2用于调正低频激光的空间位置,最终于第二双色镜DM2反射的高频激光在空间重合。

[0048] 所述自差频模块包括中红外差频晶体Crystal,用于将选频模块选出的低频激光和高频激光产生差频效应从而获取中红外超快激光。

[0049] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述自差频模块包括第一凸透镜F1,用于激光共线的低频和高频激光聚焦到中红外差频晶体Crystal中,使激光聚焦的尺寸足够小。

[0050] 进一步地,如上所述的中红外超快激光源装置,所述自差频模块包括第二凸透镜F2和滤波器Filter,所述中红外差频晶体Crystal设置在第一凸透镜F1和第二凸透镜F2之间,滤波器Filter设置在第二凸透镜F2的光输出侧;

[0051] 第二凸透镜F2用于将产生的中红外超快激光准直,Fliter用于将入射的低频和高频激光滤除,只透过产生的中红外激光。

[0052] 所述自差频模块的作用是将通过选频模块选出的低频与高频激光进行差频,从而产生更低频率(更长波段)的激光,也就是产出中红外(5-20微米)激光。所述中红外差频晶体Crystal用于产生差频效应从而获取中红外超快激光。第一凸透镜F1用于激光共线的低频和高频激光聚焦到差频晶体crystal中,使激光聚焦的尺寸足够小,这样就可以达到足够高的峰值功率密度,从使差频晶体可以实现差频效应。第二凸透镜F2用于将产生的中红外激光准直。Fliter用于将入射的低频和高频激光滤除,只透过产生的中红外激光。

[0053] 所述第一宽带窗口镜M1对应一个光谱分析仪OSA用于观察超连续谱激光的光谱,其意义在于通过超连续谱激光的光谱判断:

[0054] 1.超连续谱激光是否达到预期目标,即是否包含选频模块中要使用的低频和高频激光;

[0055] 2.如果超连续谱激光未到达预期目标,进一步通过调节超连续谱模块中YbLaser和PCF的参数达到预期目标;

[0056] 3.间接观测超连续谱激光中的低频和高频激光的功率。

[0057] 所述第二宽带窗口镜M2对应一个光谱分析仪OSA的目的是观测选频模块选出的低频和高频激光的光谱;意义在于通过低频和高频激光的光谱判断低频和高频激光光谱是否到达预期目标,即光谱是否发生畸变。

[0058] 所述第三宽带窗口镜M3对应一个光谱分析仪OSA的目的是测量获取的中外超快激光的光谱;意义:判断中外超快激光的中心波长以及光谱范围。

[0059] 所述第四宽带窗口镜M4对应一个APE的目的是测量中外超快激光的脉冲宽度;意义:判断超快激光的脉冲宽度,从而进一步计算出中红外超快激光的脉冲能量、峰值功率等参数。

[0060] 所述耦合透镜包括位于全固态Yb飞秒激光源和光子晶体光纤之间的第一耦合透镜以及所述耦合透镜还包括位于光子晶体光纤之和第一双色镜之间的第二耦合透镜;所述

凸透镜包括位于第二反射镜和中红外非线性晶体之间的第一凸透镜以及位于中红外非线性晶体和滤波器之间的第二凸透镜；中红外非线性晶体位于第一凸透镜和第二凸透镜的焦点处。

[0061] 工作原理：首先运行的是超连续谱模块，利用全固态Yb飞秒激光源YbLaser输出种子激光，此激光的波长、脉冲宽度、平均输出功率可根据光子晶体光纤的零色散点位置以及对输出中红外超快激光的大小需求适当调节，然后将种子激光通过第一耦合透镜O1注入到光子晶体光纤中获取超连续谱激光，再通过第二耦合透镜O2输出超连续谱激光，超连续谱激光再入射到第一窗口镜M1分成两束激光，其中一束进入光谱分析仪OSA，另一束入射到第一双色镜DM1再分成两束激光，其中一束高频激光由第一双色镜DM1反射到第二双色镜DM2上，再由第二双色镜DM2反射通过第二窗口镜M2分成两束激光，一束进入到光谱分析仪OSA，另一束入射到第一凸透镜F1，另一束低频激光经第一双色镜DM1透射到第一反射镜RM1上，再由第一反射镜RM1将低频激光反射到第二反射镜RM2，再由第二反射镜RM2将低频激光反射通过第二双色镜DM2、第二窗口镜M2分成两束激光，一束进入到光谱分析仪OSA，另一束入射到第一凸透镜F1，然后高频和低频两束激光通过第一凸透镜F1聚焦到中红外非线性晶体中进行差频获取中红外超快激光，再通过第二凸透镜F2将中红外超快激光准直，通过滤波器Filter将杂散光滤除，最后再第三窗口镜M3和第四窗口镜M4分成两束激光，一束进入到光谱分析仪OSA和自相关仪APE，另一束作为输出激光。

[0062] 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

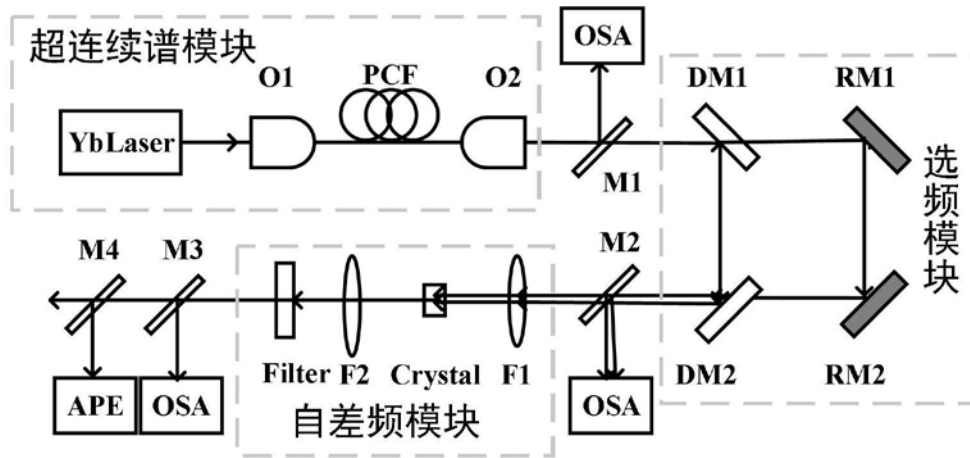


图1