



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114172006 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(21) 申请号 202111326880.8

(22) 申请日 2021.11.10

(71) 申请人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市嘉定区清河路390号

(72) 发明人 李洪阳 刘柯阳 宋立伟 冷雨欣

(74) 专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 31317

代理人 张宁展

(51) Int. Cl.

H01S 3/00 (2006.01)

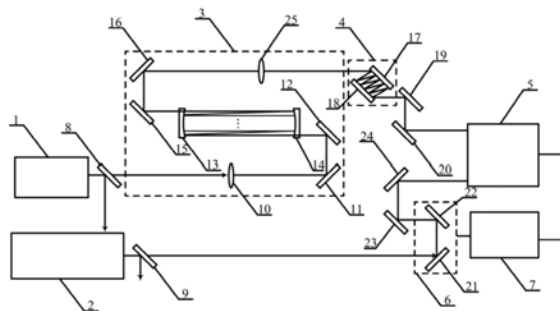
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种飞秒激光再生放大器时间同步装置

(57) 摘要

本发明提供一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,主要由多程反射腔、色散补偿组件、光学延迟线、平衡光学互相关组件以及分析与控制组件构成。所述多程反射腔和色散补偿组件放置于参考光路中,用于补偿参考光的时间延迟和色散;所述平衡光学互相关组件通过实时采集待测激光与参考激光之间的互相关信号,得出待测激光的时间漂移信息;所述分析和控制组件,根据时间漂移信息给出反馈电压,控制光学延迟线对时间漂移进行补偿。通过上述测量-反馈系统,可实现飞秒激光再生放大器与激光振荡器(参考激光)之间的时间同步。本装置为高能激光的时间锁定提供解决方案,为高能激光相干合成以及高能激光泵浦-探测等实验研究奠定基础。



1. 一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征在于:激光振荡器输出的超短脉冲激光经过第一分束片分成透射光束和反射光束,所述的透射光束依次经过多程反射腔、色散补偿组件和平衡光学互相关组件,所述的反射光束依次经过飞秒激光再生放大器、第二分束片、光学延迟线和平衡光学互相关组件;所述的平衡光学互相关组件采集互相关信号,分析与控制组件根据互相关信号控制光学延迟线形成闭环反馈补偿时间漂移;

所述多程反射腔和色散补偿组件放置于参考光路中,用于补偿参考光的时间延迟和色散;

所述平衡光学互相关组件通过实时采集待测激光与参考激光之间的互相关信号,得出待测激光的时间漂移信息;

所述分析和控制组件,根据时间漂移信息给出反馈电压,控制光学延迟线对时间漂移进行补偿,最终可实现飞秒激光再生放大器与激光振荡器之间的时间同步。

2. 根据权利要求1所述的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征在于:所述的激光振荡器是飞秒锁模钛宝石振荡器,或者镜振荡器,用于产生飞秒量级的超短激光脉冲。

3. 根据权利要求1所述的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的第一分束片和第二分束片为50:50分束片或70:30分束片。

4. 根据权利要求1所述的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的多程反射腔中激光经第一透镜聚焦到第三反射镜上,通过第四反射镜进入由第一凹面镜和第二凹面镜组成的谐振腔内,激光在谐振腔内的往返次数可以通过调整第一凹面镜和第二凹面镜的曲率半径和间距进行控制,达到控制激光脉冲光程的目的,然后经过第五反射镜第六反射镜入射至第二透镜,所述的反射镜和凹面镜的反射率大于95%。

5. 根据权利要求1所要求的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的色散补偿组件可以是光栅对、啁啾镜对或三棱镜对等其他色散补偿组件。

6. 根据权利要求1所要求的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的平衡光学互相关组件包括第三分束片、反射镜、透明材料、非线性晶体和平衡光电探测器;其特征还在于:第三分束片为50:50分束片;其特征还在于:所述的透明材料可以是熔融石英或氟化钙等透明材料;所述的非线性晶体可以是偏硼酸钡(BBO)、三硼酸锂(LBO)、磷酸二氢钾(KDP)或氘化磷酸二氢钾(DKDP)等非线性晶体。

7. 根据权利要求1所要求的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的光学延迟线由两个反射镜和高精度移动平台构成。

8. 根据权利要求1所要求的一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,其特征是:所述的分析与控制组件由数据采集板卡和反馈控制程序构成。

## 一种飞秒激光再生放大器时间同步装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,可用于超短脉冲延时同步,属于飞秒超快激光技术与高能激光物理领域。

### 背景技术

[0002] 随着时代的发展,超快激光器在工业加工、粒子加速、激光核聚变以及医疗生物等领域展现出独特优势,人们也对激光器的输出功率提出了新的要求。目前,为了实现激光器数十拍瓦乃至百拍瓦量级峰值功率的输出,啁啾脉冲放大(Chirped Pulse Amplification,简称CPA)和光参量啁啾脉冲放大(Optic Parametric Chirped Pulse Amplification,简称OPCPA)技术的出现为成功实现百拍瓦量级激光功率的输出提供有力的解决途径。然而,CPA系统固有组成部分再生放大器特定的结构会引入附加延时差,因此,为了保证高功率激光装置正常稳定的工作,必须解决激光器之间的时间同步问题。

[0003] 目前,关于激光振荡器及飞秒激光再生放大器时间同步已经有研究并报道。由于飞秒激光器输出脉冲的持续时间一般为飞秒量级,因此保证不同光路之间的脉冲时间同步并补偿环境等噪声仍然是急需解决的问题。2016年,Alexis Casanova等人报道了一个拥有100kHz重复频率的飞秒镜再生放大器引起的附加定时波动补偿装置(Casanova,A.,et al. "Ultrafast amplifier additive timing jitter characterization and control". Optics Letters,2016,41(5):898-900.)。该装置通过使用平衡光学互相关(balanced optical cross-correlator,简称BOC)技术将镜再生放大器输出脉冲与镜振荡器信号进行比较,评估镜再生放大器引入的时间漂移。镜再生放大器输出光路经过一个可调范围为60mm的光延时线,相当于200ps的时间补偿,通过光电探测器检测到的信号控制光延时线补偿镜再生放大器产生的附加时间漂移。该装置的时间同步能力受到光延时线距离的限制,时间补偿理论上最大为200ps,要想达到更大的时间补偿,需要增加光延时线的长度,这不利于装置的集成与小型化。

### 发明内容

[0004] 本发明为了克服上述在先技术的不足,提供一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,该装置保证了激光振荡器输出脉冲与飞秒激光再生放大器注入脉冲的时间同步,并利用闭环反馈实现了装置的稳定运行。

[0005] 本发明的技术解决方案如下:

[0006] 一种飞秒激光再生放大器时间同步装置,激光振荡器输出的超短脉冲激光经过第一分束片分成两束光束,透射光束依次经过的有:多程反射腔、色散补偿组件、平衡光学互相关组件。反射光束依次经过的有:飞秒激光再生放大器,第二分束片、光学延迟线、平衡光学互相关组件。平衡光学互相关组件采集互相关信号,分析与控制组件根据互相关信号控制光学延迟线形成闭环反馈补偿时间漂移,实现飞秒激光再生放大器和激光振荡器时间同步。

[0007] 所述的激光振荡器可以是飞秒锁模钛宝石振荡器,也可以是镜振荡器,用于产生飞秒量级的超短激光脉冲。

[0008] 所述的第一分束片和第二分束片为50:50或70:30等其他分束片。

[0009] 所述的多程反射腔由透镜、反射镜和凹面镜组成,激光脉冲在多程反射腔之间进行往返传输,反射镜和凹面镜的反射率大于95%。

[0010] 所述的色散补偿组件可以是光栅对、啁啾镜对或三棱镜对等其他色散补偿组件。

[0011] 所述的平衡光学互相关组件包括第三分束片、反射镜、透明材料、非线性晶体和平衡光电探测器;其特征还在于:第三分束片为50:50分束片;其特征还在于:所述的透明材料可以是熔融石英或氟化钙等透明材料;所述的非线性晶体可以是偏硼酸钡(BBO)、三硼酸锂(LBO)、磷酸二氢钾(KDP)或氘化磷酸二氢钾(DKDP)等非线性晶体。

[0012] 所述的光学延迟线由两个反射镜和高精度移动平台构成。

[0013] 所述的分析与控制组件由数据采集板卡和反馈控制程序构成。

[0014] 与在先技术相比,本发明具有以下显著的优点:

[0015] 1.利用多程反射腔结构预先补偿了飞秒激光再生放大器引入的附加延时差,并利用色散补偿组件补偿参考光路中的色散,保证了和频的强度和平衡光学互相关组件的灵敏度。

[0016] 2.通过调节多程反射腔结构和参数即可改变脉冲往返次数,从而改变参考光路的光程,进一步提高了装置的时间漂移补偿能力和集成性。

## 附图说明

[0017] 图1是本发明飞秒激光再生放大器时间同步装置的整体示意图。

[0018] 图2是平衡光学互相关组件工作原理示意图。

[0019] 图3是反馈环路闭合时,飞秒激光再生放大器与激光振荡器(参考激光)之间的时间漂移示意图。

## 具体实施方式

[0020] 下面通过实施例对本发明做进一步说明,但不应以此限制本发明的保护范围。

[0021] 请参阅图1,图1是本发明飞秒激光再生放大器时间同步装置的整体示意图,如图所示,激光振荡器(参考激光)1输出的飞秒激光脉冲经过第一分束片8被分成透射光束和反射光束,其中透射光束经过多程反射腔3,增加透射光束的光程,然后通过色散补偿组件4进行色散补偿,经过第一反射镜19和第二反射镜20进入平衡光学互相关组件5,反射光束经过飞秒激光再生放大器2,激光脉冲在其中被展宽,放大然后压缩,随后经过第二分束片9分成第二透射光束和第二反射光束,其中第二透射光束经过光学延迟线6进入平衡光学互相关组件5,所述的平衡光学互相关组件5采集互相关信号,分析与控制组件7根据互相关信号控制光学延迟线6,补偿时间漂移实现飞秒激光再生放大器和激光振荡器时间同步。

[0022] 在多程反射腔3中,激光脉冲首先通过第一透镜10聚焦到第三反射镜11上,通过第四反射镜12进入由第一凹面镜13和第二凹面镜14组成的谐振腔内,激光在谐振腔内的往返次数可以通过调整第一凹面镜13和第二凹面镜14的曲率半径和间距进行控制,达到控制激光脉冲光程的目的,然后经过第五反射镜15和第六反射镜16入射至第二透镜25,可以预先

补偿飞秒激光再生放大器2中产生的附加延时。

[0023] 在色散补偿组件4中,激光脉冲依次经过第一啁啾镜17和第二啁啾镜18,因为飞秒脉冲在空气中传输,会引入一定的色散导致脉冲被展宽,因此加入色散补偿组件补偿色散。

[0024] 在光学延时线6中,一对反射镜21、22位于高精度移动平台上。

[0025] 平衡光学互相关组件5如图2所示,偏振一致的两束激光脉冲首先通过第三分束片26分成透射光束和反射光束,透射光束采用非共线式结构入射至非线性晶体29中,其中一路透射光束中插入透明材料31在待测脉冲间引入固定的延时差;反射光束经过反射镜27采用非共线式结构入射至非线性晶体28中;最后利用平衡光电探头30实时采集互相关信号。

[0026] 该飞秒激光再生放大器时间同步装置的基本原理是:激光振荡器输出脉冲经过能量分束片,透射光束经过多程反射腔预先补偿飞秒激光再生放大器产生的附加延时,经过色散补偿组件进入平衡光学互相关组件作为同步源;反射光束经过飞秒激光再生放大器、光学延时线,最后进入平衡光学互相关组件;平衡光学互相关组件产生的互相关信号经过分析和控制组件控制光学延时线实时补偿时间漂移,实现激光振荡器输出脉冲与飞秒激光再生放大器的注入脉冲的时间同步。

[0027] 本发明的具体实施例:钛宝石锁模振荡器输出脉冲能量约2nJ,脉冲宽度12fs,重复频率约73MHz的激光脉冲。透射光束经过焦距为1m的透镜,反射率大于99%的银镜,进入由焦距250mm,间距为810mm的两个凹面镜组成的谐振腔,激光脉冲在谐振腔中往返50次,增加大约40.5m的光程,通过反射率大于99%的银镜和焦距为1m的透镜入射进啁啾镜对补偿色散,激光脉冲在啁啾镜对中往返22次,大约补偿了 $-880\text{fs}^2$ 的色散,然后由银镜反射进平衡光学互相关组件。反射光束经过kHz再生放大器输出约7mJ的脉冲能量,脉冲宽度为35fs,重复频率为1kHz的激光脉冲。依次经过能量分束片和银镜对组成的光学延时线,再由银镜对反射进平衡光学互相关组件。平衡光学互相关组件中分束片为50:50能量分束片,透明材料为100um厚的玻璃片,其中非线性晶体为厚度为2mm的I类BBO晶体。最后由平衡光电探测器采集互相关信号,传输至分析和控制组件控制光学延时线精确补偿两束激光脉冲之间的时间漂移,并实现了10小时内均方根误差1.26fs的长时间补偿,如图3所示。

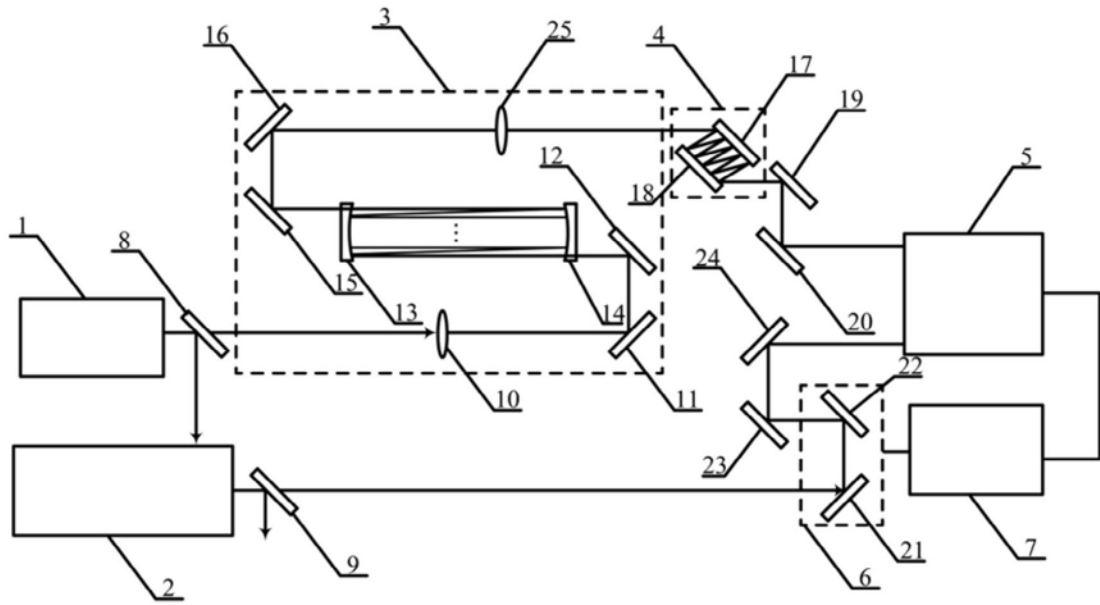


图1

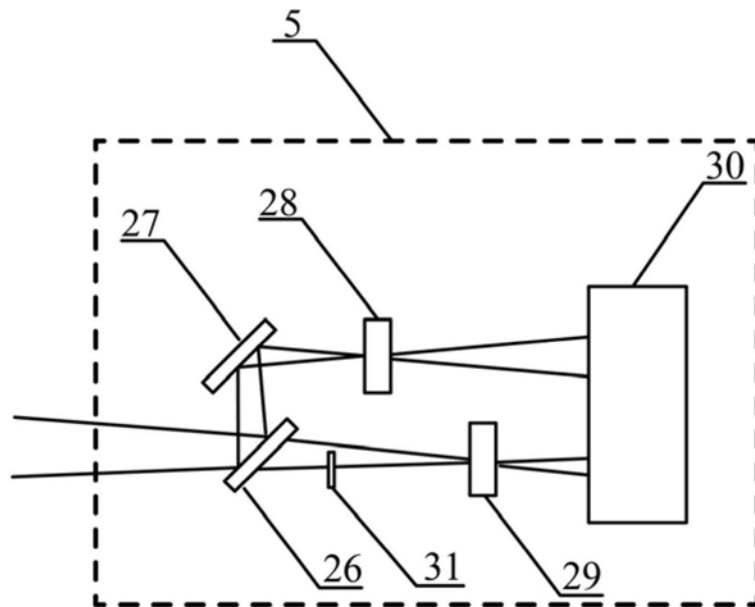


图2

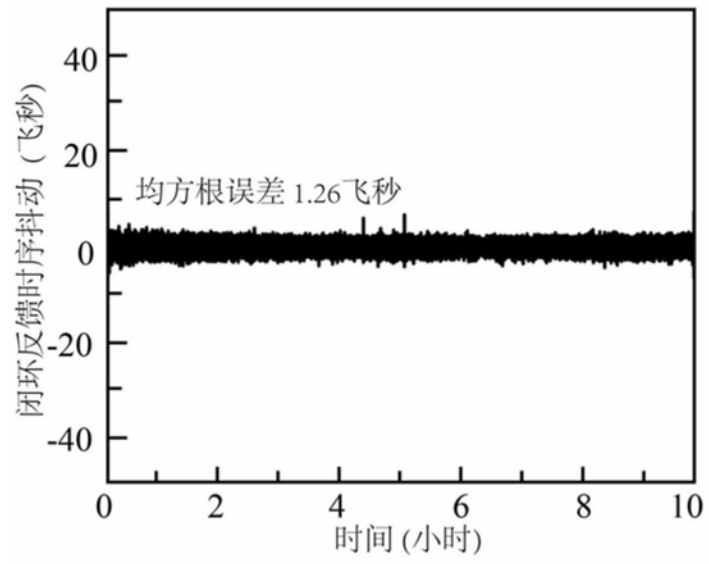


图3