



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109612955 A

(43)申请公布日 2019.04.12

(21)申请号 201910011647.7

(22)申请日 2019.01.07

(71)申请人 中国科学院力学研究所  
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72)发明人 冯冉冉 刘晓杰 靳刚

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11390  
代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.  
G01N 21/31(2006.01)

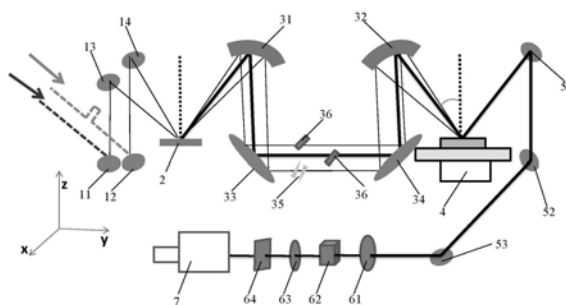
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种和频振动光谱相位测量装置

(57)摘要

本发明实施例涉及一种和频振动光谱相位测量装置,包括:光束输入单元、标准样品单元、第一光向改变单元、待测样品单元、第二光向改变单元、和频信号偏振控制单元和和频信号探测单元;可以实现控制时间延时,精准测量和频振动光谱相位。



1. 一种和频振动光谱相位测量装置,其特征在于,包括:

光束输入单元、标准样品单元、第一光向改变单元、待测样品单元、第二光向改变单元、频信号偏振控制单元和频信号探测单元;

其中,所述光束输入单元,用于接收红外光和可见光,以及调整所述红外光和所述可见光投射到所述标准样品单元的入射角度,其中,所述红外光和所述可见光的入射角度不同;

所述标准样品单元,用于接收不同入射角度的所述红外光和所述可见光,并在其表面产生和频信号光,以及将所述红外光、所述可见光和所述和频信号光反射到第一光向改变单元;

所述第一光向改变单元,用于改变所述红外光、所述可见光和所述和频信号光的光向,并以不同的入射角度投射到所述待测样品单元,同时控制所述红外光、所述可见光和所述和频信号光之间的光程差;

所述待测样品单元,用于接收所述红外光、所述可见光和所述和频信号光,并在界面产生另一束所述和频光,并将两个表面产生的所述和频信号光投射到所述第二光向改变单元;

所述第二光向改变单元,用于改变所述和频信号光的光向,并将所述和频信号光投射给和频信号偏振控制单元;

所述和频信号偏振控制单元,用于控制所述和频信号的偏振方向,并将具有特定偏振方向的和频信号输入到信号探测单元;

所述信号探测单元,用于探测所述和频信号。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述光束输入单元,包括:

第一平面反射镜、第二平面反射镜、第三平面反射镜和第四平面反射镜;

其中,所述第一平面反射镜和所述第三平面反射镜沿竖直方向分布设置,且在所述第一平面反射镜和所述第三平面反射镜之间设置有第一凸透镜;

所述第二平面反射镜和所述第四平面反射镜沿竖直方向分布设置,且在所述第二平面反射镜和所述第四平面反射镜之间设置有第二凸透镜。

3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第一光向改变单元,包括:

第一抛物面镜、第二抛物面镜、第五平面反射镜和第六平面反射镜;

其中,所述第一抛物面镜与所述第五平面反射镜焦距一致;

所述第五平面反射镜和所述第六平面反射镜沿水平方向分布设置;

所述第二抛物面镜与所述第六平面反射镜垂直对应设置。

4. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述第五平面反射镜和所述第六平面反射镜之间还设置有硒化锌楔形延迟器和熔融石英片延迟器。

5. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述第二光向改变单元至少包括:

第七平面反射镜、第八平面反射镜和第九平面反射镜;

其中,所述第七平面反射镜、所述第八平面反射镜和所述第九平面反射镜均用于改变所述和频信号光的光向。

6. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述和频信号偏振控制单元,包括:

半波片、格兰棱镜、凸透镜和滤波片。

## 一种和频振动光谱相位测量装置

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及光谱测量领域,尤其涉及一种和频振动光谱相位测量装置。

### 背景技术

[0002] 和频光谱(sum frequency vibrational spectroscopy, SFVS)是一种具有表面选择性和灵敏性的界面探测手段,于20世纪90年代开始被应用于界面研究。SFVS作为二阶非线性光学手段,具有特殊的选择定则:只有处于不对称力场的界面分子才能产生和频信号,处于对称力场的体相分子不产生和频信号。一束红外光(IR)和另一束可见光(VIS)共同作用于界面分子,当两束光在样品表面上空间重合和时间重合时会产生频率为 $\omega_{SF}$  ( $\omega_{SF} = \omega_{IR} + \omega_{VIS}$ )的光,即和频信号。

[0003] 目前和频光谱测量,尤其是对复杂生物分子和生物界面的和频光谱测量,集中于强度光谱,鲜有“相位测量”的报道(国际上只有几个小组有报道,技术路线相似),研究的体系主要囿于气/固界面的几个特殊体系。相位测量的应用没有被推广,尤其是没有被推广到固/液界面的研究,其重要原因是:由于涉及多束光,调节光斑重合以及多束光时间延时的控制方面比较困难,尤其是对时间延时控制,难以实现精准的控制。

### 发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种和频振动光谱相位测量装置,可以实现控制时间延时,精准测量和频振动光谱相位。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供一种和频振动光谱相位测量装置,包括:

[0006] 光束输入单元、标准样品单元、第一光向改变单元、待测样品单元、第二光向改变单元、频信号偏振控制单元和信号探测单元;

[0007] 其中,所述光束输入单元,用于接收红外光和可见光,以及调整所述红外光和所述可见光投射到所述标准样品单元的入射角度,其中,所述红外光和所述可见光的入射角度不同;

[0008] 所述标准样品单元,用于接收不同入射角度的所述红外光和所述可见光,产生和频信号光,以及将所述红外光、所述可见光和所述在标准样品表面产生的和频信号光投射到第一光向改变单元;

[0009] 所述第一光向改变单元,用于改变所述红外光、所述可见光和所述和频信号光的光向,并以不同的入射角度投射到所述待测样品单元;

[0010] 所述待测样品单元,用于接收所述红外光、所述可见光和所述和频信号光,并将所述和频信号光投射到所述第二光向改变单元;

[0011] 所述第二光向改变单元,用于改变所述和频信号光的光向,并将所述和频信号光投射给和频信号偏振控制单元。

[0012] 所述和频信号探测单元用于探测产生于所述标准样品单元和所述待测样品单元的和频信号,包括干涉信号。

- [0013] 在一个可能的实施方式中,所述光束输入单元,包括:
- [0014] 第一平面反射镜、第二平面反射镜、第三平面反射镜和第四平面反射镜;
- [0015] 其中,所述第一平面反射镜和所述第三平面反射镜沿竖直方向分布设置,且在所述第一平面反射镜和所述第三平面反射镜之间设置有第一凸透镜;
- [0016] 所述第二平面反射镜和所述第四平面反射镜沿竖直方向分布设置,且在所述第二平面反射镜和所述第四平面反射镜之间设置有第二凸透镜。
- [0017] 在一个可能的实施方式中,所述第一光向改变单元,包括:
- [0018] 第一抛物面镜、第二抛物面镜、第五平面反射镜和第六平面反射镜;
- [0019] 其中,所述第一抛物面镜与所述第五平面反射镜焦距一致;
- [0020] 所述第五平面反射镜和所述第六平面反射镜沿水平方向分布设置;
- [0021] 所述第二抛物面镜与所述第六平面反射镜垂直对应设置。
- [0022] 在一个可能的实施方式中,所述第五平面反射镜和所述第六平面反射镜之间还设置有硒化锌楔形延迟器和熔融石英片延迟器。
- [0023] 在一个可能的实施方式中,所述第二光向改变单元至少包括:
- [0024] 第七平面反射镜、第八平面反射镜和第九平面反射镜;
- [0025] 其中,所述第七平面反射镜、所述第八平面反射镜和所述第九平面反射镜均用于改变所述和频信号光的光向。
- [0026] 在一个可能的实施方式中,所述处理单元,包括:
- [0027] 半波片、格兰棱镜、凸透镜和滤波片。
- [0028] 本发明实施例提供的和频振动光谱相位测量装置,包括:光束输入单元、标准样品单元、第一光向改变单元、待测样品单元、第二光向改变单元、和频信号偏振控制单元和和频信号探测单元;可以实现控制时间延时,精准测量和频振动光谱相位。

## 附图说明

- [0029] 图1为本发明实施例提供的一种和频振动光谱相位测量装置;
- [0030] 图2为本发明实施例涉及的一种楔形延时器的结构示意图;
- [0031] 图3为本发明实施例涉及的光 $\text{CaF}_2$ 射入待测界面的示意图。

## 具体实施方式

[0032] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例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做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。

[0033] 为便于对本发明实施例的理解,下面将结合附图以具体实施例做进一步的解释说明,实施例并不构成对本发明实施例的限定。

[0034] 图1为本发明实施例提供的一种和频振动光谱相位测量装置,如图1所述,该装置具体包括:

[0035] 光束输入单元1、标准样品单元2、第一光向改变单元3、待测样品单元4、第二光向改变单元5、和频信号偏振控制单元6和和频信号探测单元7;

[0036] 其中,所述光束输入单元1,用于接收红外光和可见光,以及调整所述红外光和所述可见光投射到所述标准样品单元的入射角度,其中,所述红外光和所述可见光的入射角度不同;

[0037] 所述标准样品单元2,用于接收不同入射角度的所述红外光和所述可见光,产生和频信号光(如图1中粗线所示),以及将所述红外光、所述可见光和所述和频信号光投射到第一光向改变单元;

[0038] 具体地,本实施例中,光束在标准样品单元和待测样品单元的入射角度一致,并在表面上空间重合,标准样品单元可以是砷化镓(GaAs)。

[0039] 所述第一光向改变单元3,用于改变所述红外光、所述可见光和所述和频信号光的光向,并以不同的入射角度投射到所述待测样品单元,准确控制所述红外光和所述可见光在标准样品和待测样品之间的光程一致;

[0040] 所述待测样品单元4,用于接收所述红外光、所述可见光和所述和频信号光,在表面产生第二束和频信号光,并将所述两束和频信号光投射到所述第二光向改变单元5;

[0041] 所述第二光向改变单元5,用于改变所述和频信号光的光向,并将所述和频信号光投射给和频信号偏振控制单元6。

[0042] 可选地,所述光束输入单元1,包括:

[0043] 第一平面反射镜11、第二平面反射镜12、第三平面反射镜13和第四平面反射镜14;

[0044] 其中,所述第一平面反射镜11和所述第三平面反射镜13沿竖直方向分布设置,且在所述第一平面反射镜11和所述第三平面反射镜13之间设置有第一凸透镜;

[0045] 所述第二平面反射镜12和所述第四平面反射镜14沿竖直方向分布设置,且在所述第二平面反射镜12和所述第四平面反射镜14之间设置有第二凸透镜。

[0046] 在一个可能的实施方式中,所述第一光向改变单元,包括:第一抛物面镜31、第二抛物面镜32、第五平面反射镜33和第六平面反射镜34;

[0047] 其中,所述第一抛物面镜31与所述第五平面反射镜33焦距一致;

[0048] 所述第五平面反射镜33和所述第六平面反射镜34沿水平方向分布设置;

[0049] 所述第二抛物面镜32与所述第六平面反射镜34垂直对应设置。

[0050] 可选地,所述第五平面反射镜33和所述第六平面反射镜34之间还设置有硒化锌楔形延迟器35和熔融石英片延迟器36。

[0051] 可选地,所述第二光向改变单元至少包括:

[0052] 第七平面反射镜51、第八平面反射镜52和第九平面反射镜53;

[0053] 其中,所述第七平面反射镜51、所述第八平面反射镜52和所述第九平面反射镜53均用于改变所述和频信号光的光向。

[0054] 需要说明的是,上述第七平面反射镜51、第八平面反射镜52和第九平面反射镜53,设计的主要目的在于通过三组平面反射镜将界面产生的和频信号光射入和频信号偏振控制单元,还可通过调整平面反射镜的位置,改变和频信号光射入处理单元的方向角度,平面反射镜的个数不一定为三组,可根据具体需求进行设定,如四组、五组等,对此本实施例不作具体限定。

[0055] 可选地,所述处理单元6,包括:

[0056] 半波片61、格兰棱镜62、凸透镜63和滤波片64。

[0057] 在本实施例中,根据抛物面镜的等光程性,红外和可见光在GaAs和待测样品表面之间光程相等,如果两束光在GaAs表面时间重合,在样品表面也重合。如研究气/液界面,红外和可见光路中不需加任何延时装置。

[0058] 如在到达样品表面之前经过介质(CaF<sub>2</sub>窗片等),则需考虑红外和可见光在介质中传播的光程差,可根据具体需要在红外光路中加入ZnSe楔形延时器调节红外和可见光的延时;如介质中可见和红外光程差别极小,ZnSe楔形延时器太厚导致红外光程太长,则可同时在可见光路中加入相应厚度的延时器。设计将平行光在空间上分开,为加入ZnSe楔形延时器预留了充足的空间。和频光路中加入熔融石英片以调节标准样品表面和频信号和待测样品表面和频信号之间的延迟,使两个和频信号能产生稳定的干涉。

[0059] 参照图2,示出了本发明实施例涉及的一种楔形延时器的结构示意图,一片楔形延时器固定,另一片楔形延时器沿斜面移动,通过改变光通过介质的厚度改变延时。入射光和出射光均垂直于延时器直角边,但在垂直于光传播方向上有位移,位移量与两片延时器中间的间隔以及延时器的折射率有关,经计算,5°切角的两片ZnSe楔片间隔1mm,红外光的位移量仅为光斑大小的0.5%,对光路的影响可以忽略不计。

[0060] 本实施例的原理:

[0061] 具有特定偏振态(S或P)的红外光和可见光经平面反射镜反射后分别以55度和45度角度聚焦入射到GaAs表面,产生和频信号。这束和频信号是Local光,强度为I<sub>L0</sub>。经GaAs表面反射的红外、可见和Local光被焦距为100mm的抛物面镜反射后变为三束相互平行的光线,同时每一束光自身也为平行光。三束光经两面平面反射镜反射后再次入射到焦距为100mm的45度离轴抛物面镜上,并被抛物面镜聚焦在样品表面上。红外光和可见光与样品相互作用产生第二束和频信号光(待测信号I<sub>S</sub>)。信号光与经样品表面反射的Local光共线传播。此时信号光和Local均是发散的光束性质(两束光共线传播,但都是发散光)。再经过聚焦反射镜(CM)、平面反射镜、半波片、格兰棱镜、透镜、滤波片以及光谱仪光栅分光,信号光和Local光在CCD探测面产生干涉,干涉图样被CCD探测记录。光谱仪的另一个是出口设计安装光电倍增管(PMT)用于探测红外和可见光的脉宽(用自相关self-correlation的方法,改变红外和可见光延时,记录GaAs表面SFG信号强度随延时的变化)。

[0062] 另外,从GaAs表面到样品表面,IR、800nm和Local光的光程相等,使得可见光和红外光在GaAs表面时间重合的同时在样品表面也重合(忽略空气中IR、800nm以及Local光的折射率的不同)。Local光和信号光之间的延时长短决定CCD处两束光干涉条纹的宽度(频率域),需根据检测器的分辨率选择延时大小。延时越长,条纹间距越小,需要的仪器分辨率越高。探测和频波长在650nm( $\omega_{SF} = \omega_{IR} + \omega_{VIS}$ )时,时间延时3ps,条纹间距为10cm<sup>-1</sup>。Local光相对于信号光的延时可通过在两面平面反射镜间加入相应厚度的石英片实现

[0063] 需要说明的是,对于气/液界面或者气/固界面,除了Local光的光路中需要加入石英片产生延时外,在GaAs和样品之间的红外和可见光路中,不需要加入任何延时装置。对于液/固界面的探测,待测样品单元的设计通常包括CaF<sub>2</sub>等窗片或者棱镜,即三束光通过CaF<sub>2</sub>等窗片或者棱镜射入待测界面,参照图3,示出了本发明实施例涉及的光CaF<sub>2</sub>射入待测界面的示意图。

[0064] 本发明实施例提供的和频振动光谱相位测量装置,包括:光束输入单元、标准样品单元、第一光向改变单元、待测样品单元、第二光向改变单元、和频信号偏振控制单元和和

频信号探测单元;可以实现控制时间延时,精准测量和频振动光谱相位。

[0065] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0066] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

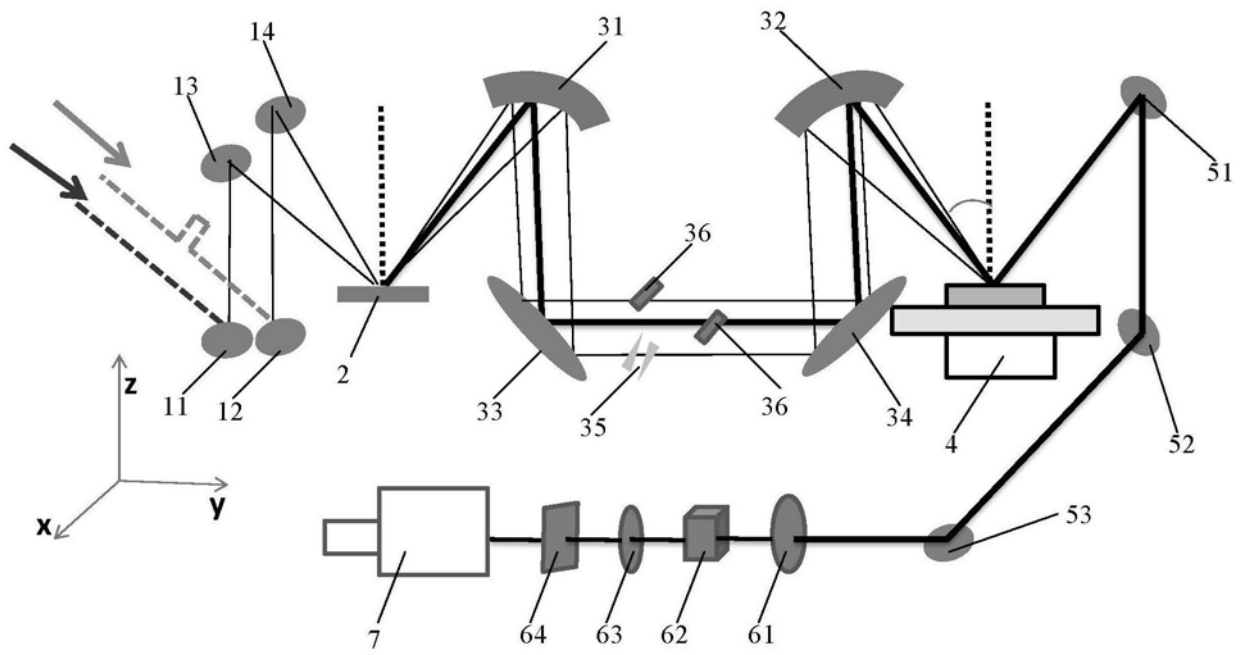


图1

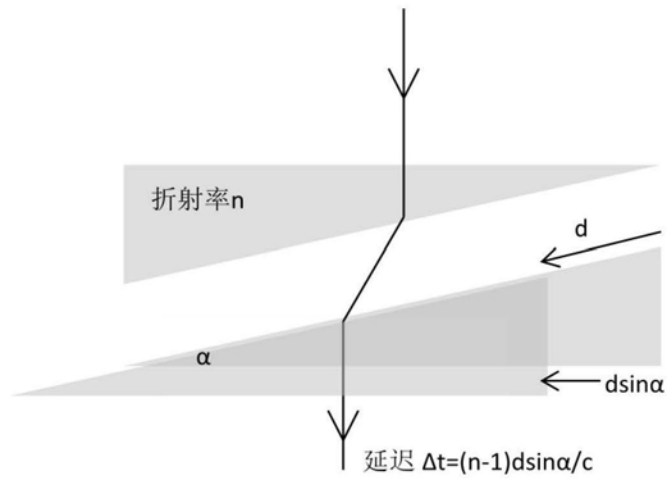


图2



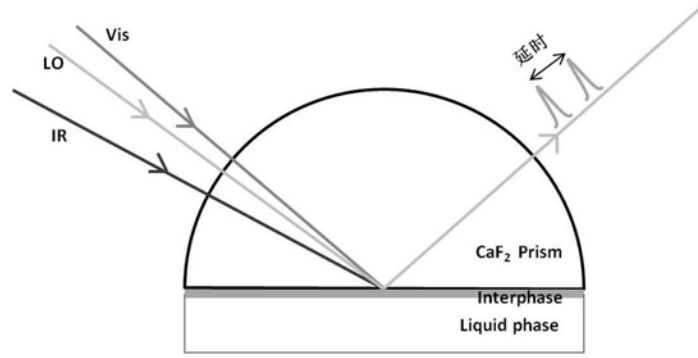


图3