



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106908148 B

(45)授权公告日 2018.08.24

(21)申请号 201710128061.X

(22)申请日 2017.03.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106908148 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(73)专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区蜀山湖  
路350号

(72)发明人 李胜 李妍 高闽光 李相贤

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理

有限公司 34112

代理人 余成俊

(51)Int.Cl.

G01J 3/45(2006.01)

(56)对比文件

CN 1575524 A,2005.02.02,全文.

任利兵等.“软”过零检测在红外光谱测量系  
统中的应用研究.《中国光学学会2010年光学大  
会论文集2010年》.2010,1-8.

李保生等.光纤傅里叶光谱仪干涉图均匀抽  
样方法.《红外与毫米波学报》.2007,第26卷(第3  
期),1-8.

李妍等.《两种红外干涉图采集及光谱复原  
方法的对比研究》.《光学学报》.2015,第35卷(第  
9期),正文全文.

任兴.基于光栅信号控制干涉图数据采样方  
法研究.《科技资讯》.2016,1-8.

审查员 丁文

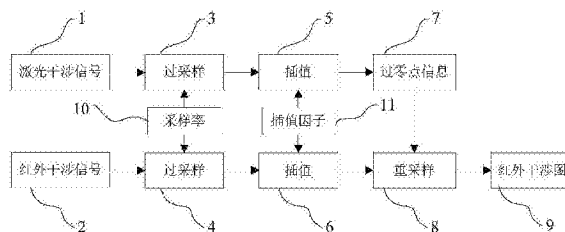
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种红外干涉图重建方法

(57)摘要

本发明公开了一种红外干涉图重建方法,包  
括有迈克尔逊干涉仪分光产生的激光干涉信号  
和红外干涉信号,使用相同采样率同时过采样激  
光干涉信号和红外干涉信号;根据实际情况的需  
要,设置相同的插值因子对过采样后的两路信号  
进行插值操作;在插值后的激光干涉信号中获取  
激光过零点信息,然后根据此过零点信息对同样  
经过插值后的红外干涉信号进行重采样,最终得  
到重建后的等光程差间隔的红外干涉图.本发明  
对两路信号的采样和插值操作都是同步的,保证  
了时间上的一致性,简化了激光干涉信号过零点  
信息的提取;采用本发明公开的方法降低了数据  
处理的复杂度。



1. 一种红外干涉图重建方法,其特征在于:包括有迈克尔逊干涉仪分光产生的激光干涉信号和红外干涉信号,其中激光干涉信号为参考信号用于产生过零点信息;使用相同采样率同时过采样激光干涉信号和红外干涉信号,过采样用于提高仪器信噪比;根据实际情况的需要,设置相同的插值因子对过采样后的两路信号进行插值操作,插值用于在保持信号波形的基础上产生额外的数据点,保证复原光谱的准确性;在插值后的激光干涉信号中获取激光过零点信息,然后根据此过零点信息对同样经过插值后的红外干涉信号进行重采样,最终得到重建后的等光程差间隔的红外干涉图;

具体方法包括如下步骤:

(1) 根据奈奎斯特采样定理,采样频率至少是待测干涉信号最大频率的2倍,采用相同的采样率同时对激光干涉信号和红外干涉信号进行过采样,即

$$f_s \geq 2f_m \quad (1)$$

此时得到的两路干涉信号是时间的函数, $dt$ 为采样的时间间隔, $t_i=0, dt, 2dt, 3dt, \dots$ 为每个激光干涉信号采样点和红外干涉信号采样点所对应的采样时刻,则红外干涉信号在第*i*个采样点的采样时刻与激光干涉信号在第*i*个采样点的采样时刻相同,即

$$t_{is} = t_{im} \quad (2);$$

(2) 然后根据实际需要选用合适的插值因子两路信号同时进行插值操作,使用插值函数对过采样得到的激光干涉信号和红外干涉信号进行插值来产生附加的额外数据点;

(3) 经过过采样和插值后的激光干涉信号数据点和红外干涉信号数据点数据量较大,综合考虑计算时间和计算精度,直接在激光干涉信号数据点中索引距离零点最近的值所对应的位置信息,然后根据此位置信息重采样过采样和插值后的红外干涉信号,最终得到等光程差间隔的红外干涉图,即此时的红外干涉图是光程差的函数。

2. 根据权利要求1所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述激光干涉信号由波长为632.8nm、调制频率为5KHz的He-Ne激光光源产生,红外干涉信号由碳硅棒红外光源产生。

3. 根据权利要求2所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述采样率选取待测干涉信号最大频率的5~10倍。

4. 根据权利要求3所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述采样率选取60KS/s。

5. 根据权利要求1所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述插值因子设置为20。

6. 根据权利要求1所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述插值函数采用傅里叶插值、线性插值或三次样条插值函数。

7. 根据权利要求1所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述重采样红外干涉图为根据激光过零点位置索引与之一一对应的红外干涉信号强度。

## 一种红外干涉图重建方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于红外信号采集与处理领域,具体涉及一种红外干涉图重建方法。

### 背景技术

[0002] 在FTIR光谱仪中,迈克尔逊干涉仪中的分束器将光源发出的光分为两束,其中一束经分束器反射到干涉仪定镜,另一束经分束器透射到干涉仪动镜。然后分别沿着各自原光路反射回分束器且又被分束器分光,最终产生干涉信号。由于干涉信号的采样位置对干涉仪中动镜的运动速度非常敏感,运动速度的微小变化都会导致干涉图发生严重偏差,从而影响复原光谱的精度。因此,通常利用迈克尔逊干涉仪中动镜运动所产生的光程差来等间隔采样干涉信号。在这个过程中通常使用一个单色激光作为参考光源来测量光程差。目前,FTIR光谱仪中主要的干涉图采样方法有激光触发方法和“Brault”采样方法。激光触发方法由于奈奎斯特采样定理的限制,采样频率较低且对仪器及硬件的要求较高。而“Brault”提出的采样方法采用了不同步的计数器记录激光与红外信号,不同步的采样在两路信号中增加了延时,导致后续处理中需要对此延时进行校正,且此方法中使用了硬件,增加了仪器结构的复杂度,降低了对周围环境的适应程度。因此需要研究一种环境适应性好,采样频率较高的干涉图重建方法。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种能够提高仪器信噪比,降低数据处理复杂度的红外干涉图重建方法。

[0004] 1996年Brault首次提出了利用不同步的独立计数器记录激光与红外干涉信号,此方法采样过程比较简单,需要处理的数据量比较大,这种方法不仅可以提高仪器信噪比,还可以减小采样误差。但是其采用了不同步的计数器,不能保证采样得到的激光与红外干涉信号在时间上的一致性,且使用的硬件对环境要求较高,仪器结构较为复杂,而且需要计算激光干涉信号的过零点信息,计算较为复杂且处理时间较长,需要研究一种可以简化干涉信号采样与处理,保证复原光谱精度的干涉图重建方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了以下技术方案:

[0006] 一种红外干涉图重建方法,其特征在于:包括有迈克尔逊干涉仪分光产生的激光干涉信号和红外干涉信号,其中激光干涉信号为参考信号用于产生过零点信息;使用相同采样率同时过采样激光干涉信号和红外干涉信号,过采样用于提高仪器信噪比;根据实际情况的需要,设置相同的插值因子对过采样后的两路信号进行插值操作,插值用于在保持信号波形的基础上产生额外的数据点,保证复原光谱的准确性;在插值后的激光干涉信号中获取激光过零点信息,然后根据此过零点信息对同样经过插值后的红外干涉信号进行重采样,最终得到重建后的等光程差间隔的红外干涉图。

[0007] 所述的红外干涉图重建方法,其特征在于具体方法包括如下步骤:

[0008] (1) 根据奈奎斯特采样定理,采样频率至少是待测干涉信号最大频率的2倍,采用

相同的采样率同时对激光干涉信号和红外干涉信号进行过采样,即

$$[0009] \quad f_s \geq 2f_m \quad (1)$$

[0010] 此时得到的两路干涉信号是时间的函数,dt为采样的时间间隔, $t_i=0, dt, 2dt, 3dt, \dots$ 为每个激光干涉信号采样点和红外干涉信号采样点所对应的采样时刻,则红外干涉信号在第i个采样点的采样时刻与激光干涉信号在第i个采样点的采样时刻相同,即

$$[0011] \quad t_{ii} = t_{li} \quad (2);$$

[0012] (2) 然后根据实际需要选用合适的插值因子两路信号同时进行插值操作,使用插值函数对过采样得到的激光干涉信号和红外干涉信号进行插值来产生附加的额外数据点;

[0013] (3) 经过过采样和插值后的激光干涉信号数据点和红外干涉信号数据点数据量较大,综合考虑计算时间和计算精度,直接在激光干涉信号数据点中索引距离零点最近的值所对应的位置信息,然后根据此位置信息重采样过采样和插值后的红外干涉信号,最终得到等光程差间隔的红外干涉图,即此时的红外干涉图是光程差的函数。

[0014] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述激光干涉信号由波长为632.8nm、调制频率为5KHz的He-Ne激光光源产生,红外干涉信号由碳硅棒红外光源产生。

[0015] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述采样率选取待测干涉信号最大频率的5~10倍。

[0016] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述采样率选取60KS/s。

[0017] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述插值因子设置为20。

[0018] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述插值函数采用傅里叶插值、线性插值或三次样条插值函数。

[0019] 所述的一种红外干涉图重建方法,其特征在于:所述重采样红外干涉图为根据激光过零点位置索引与之一一对应的红外干涉信号强度。

[0020] 本发明的技术效果在于:

[0021] 本发明通过使用同一采样率等时间间隔同步过采样激光与红外干涉信号,设置相同的插值因子,对两路信号同时进行插值,保证了两路信号的时间一致性,简化了参考激光过零点的提取,降低了干涉图数据处理的复杂度。

## 附图说明

[0022] 图1是本发明的红外干涉图重建方法示意图。

[0023] 图2是本发明的红外干涉图重建过程示意图。

[0024] 图3是重建后的等光程差间隔的红外干涉图。

[0025] 图4是重建后的等光程差间隔的红外干涉图局部放大图。

## 具体实施方式

[0026] 如图1所示,一种红外干涉图重建方法,具体包括:迈克尔逊干涉仪分光产生的激光干涉信号1和红外干涉信号2,其中激光干涉信号1为参考信号用于产生过零点信息7;使用相同采样率10同时过采样3、4激光干涉信号1和红外干涉信号2,过采样用于提高仪器信噪比;根据实际情况的需要,设置相同的插值因子11对过采样后的两路信号进行插值5、6操作,插值用于在保持信号波形的基础上产生额外的数据点,保证复原光谱的准确性;在插值

后的激光干涉信号1中获取激光过零点信息7,然后根据此过零点信息7对同样经过插值后的红外干涉信号2进行重采样8,最终得到重建后的等光程差间隔的红外干涉图9。

[0027] 激光干涉信号由波长为632.8nm、调制频率为5KHz的He-Ne激光光源产生,红外干涉信号由碳硅棒红外光源产生。

[0028] 实施例

[0029] 如图2-4,根据奈奎斯特采样定理,采样频率至少是待测干涉信号最大频率的2倍,即

$$[0030] \quad f_s \geq 2f_m \quad (1)$$

[0031] 采样频率一般选取待测干涉信号最大频率的5~10倍。本实施例中使用60KS/s的采样率10同时对激光干涉信号1和红外干涉信号2进行过采样,此时得到的两路干涉信号是时间的函数,dt为采样的时间间隔, $t_i=0, dt, 2dt, 3dt, \dots$ 为每个激光干涉信号采样点12和红外干涉信号采样点13所对应的采样时刻,则红外干涉信号在第i个采样点的采样时刻与激光干涉信号在第i个采样点的采样时刻,即

$$[0032] \quad t_{ii} = t_{li} \quad (2)$$

[0033] 然后根据仪器需要选用合适的插值因子,本实施例中设置插值因子11为20对两路信号同时进行插值(5和6)操作,可以使用傅里叶插值、线性插值、三次样条插值等插值函数对过采样得到的激光干涉信号12和红外干涉信号13进行插值来产生附加的额外数据点。由于前面已经采用了过采样技术,因此可以适当降低插值因子来提高计算机的运算速度。

[0034] 经过过采样和插值后的激光干涉信号数据点14和红外干涉信号数据点15数据量较大,综合考虑计算时间和计算精度,可以直接在激光干涉信号数据点14中索引距离零点18最近的值所对应的位置信息16,即索引 $|I_{li}|_{\min}$ 所对应的采样时刻 $t_{1zeroi}$ ;然后根据此位置信息重采样过采样和插值后的红外干涉信号6,此过程中根据激光与红外干涉信号的采样时刻一一对应,因此,只需用激光干涉信号的过零点时刻 $t_{1zeroi}$ 重采样红外干涉信号中与此时刻对应的红外干涉信号光强即可;最终得到等光程差间隔的红外干涉图,即此时的红外干涉图是光程差的函数。

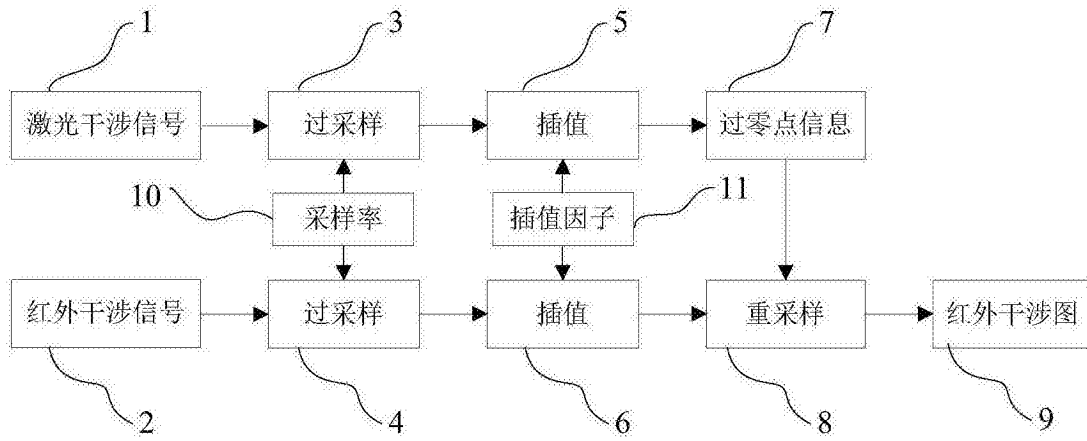


图1

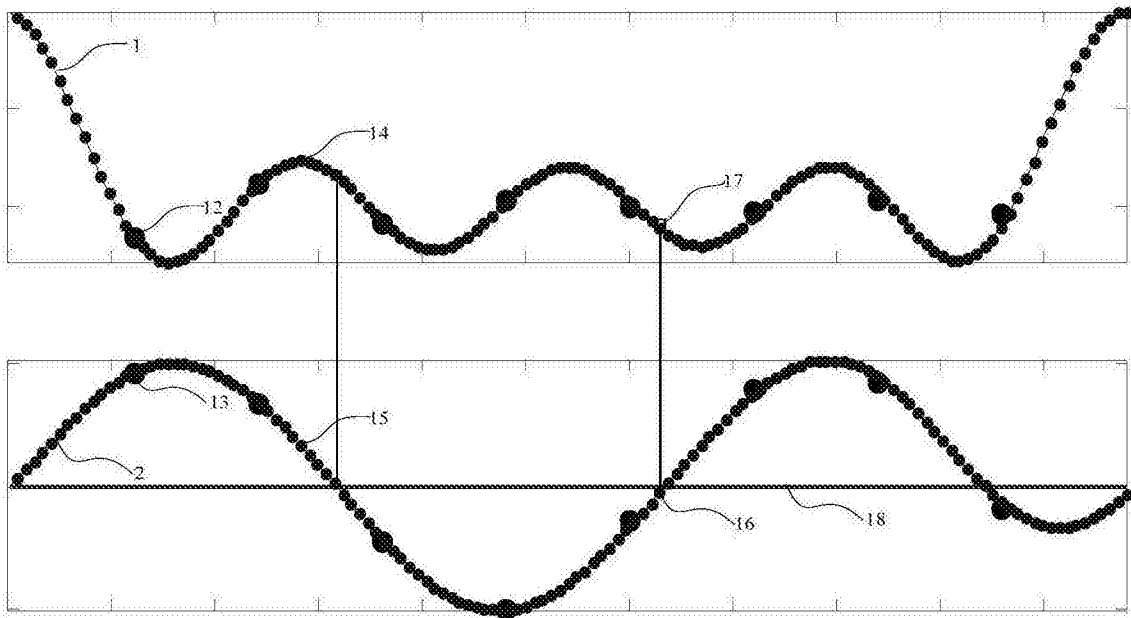


图2

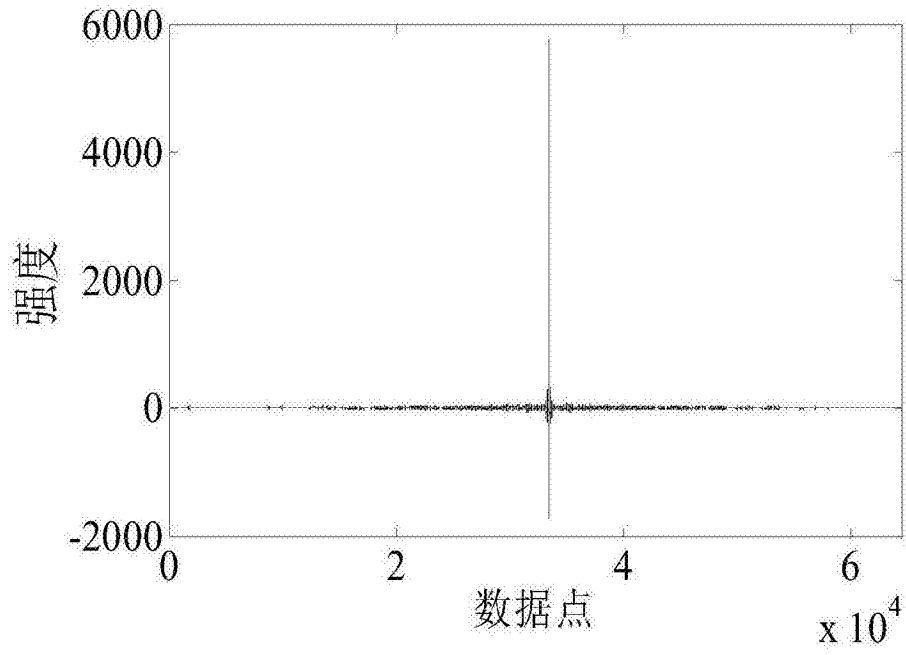


图3

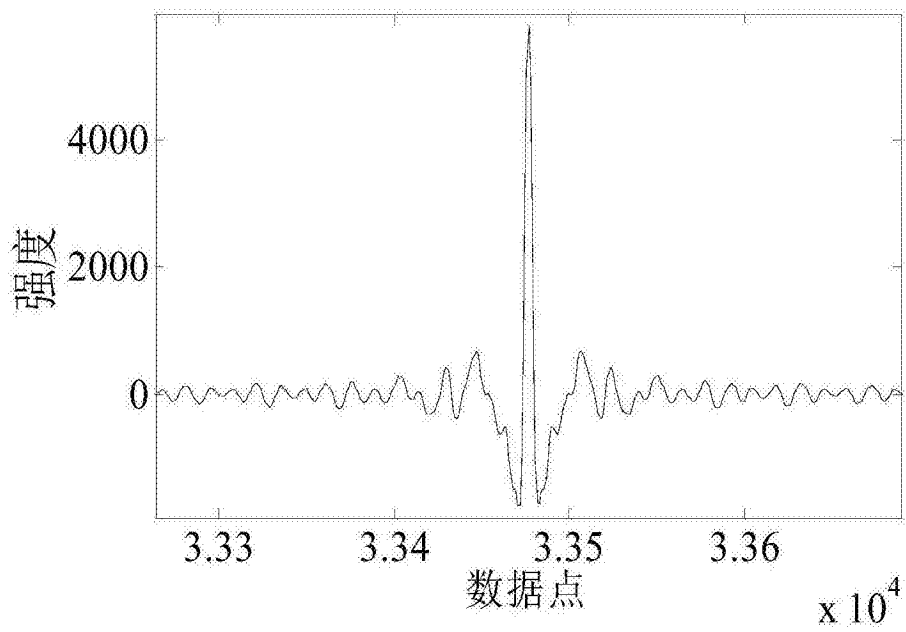


图4