



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113567366 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 30

(21) 申请号 202110766267.1

(22) 申请日 2021.07.07

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113567366 A

(43) 申请公布日 2021.10.29

(73) 专利权人 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 杨乾锁 黄知秋

(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  
专利代理师 焦海峰

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

(56) 对比文件

US 2005012931 A1, 2005.01.20

US 2009244541 A1, 2009.10.01

审查员 黄婷

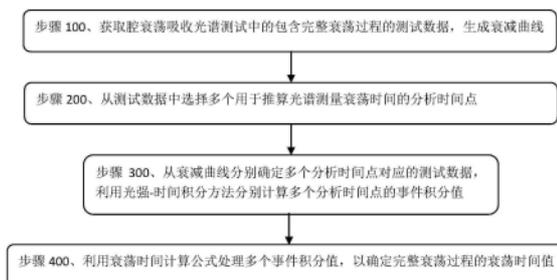
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

## (54) 发明名称

一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,包括以下步骤:获取腔衰荡吸收光谱测试中的包含完整衰荡过程的测试数据,生成衰荡曲线;从测试数据中选择多个用于推算光谱测量衰荡时间的分析时间点;从衰荡曲线分别确定多个分析时间点对应的测试数据,利用光强-时间积分方法分别计算多个分析时间点的事件积分值;利用衰荡时间计算公式处理多个事件积分值,以确定完整衰荡过程的衰荡时间值;本发明选择衰荡过程中的多个衰荡数据段进行积分处理,利用积分值简单地推算衰荡事件的衰荡时间,使用过程简单、计算机运行时间相对较短,且其推算精度不低于传统的最小均方差拟合方法。



1. 一种基于光强时间积分的光谱测量的衰荡时间推算方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤100、从腔衰荡吸收光谱测试实验中获取包含完整衰荡过程的测试数据,生成衰荡曲线;

所述衰荡曲线为包含偏置电压和系统噪声信号的单指数衰荡曲线;

所述衰荡曲线的函数关系式为:

$$I(t) = I_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_{RD}}\right) + I_p + \Delta I;$$

其中, $I_0 \exp(-t/\tau_{RD})$ 单指数衰荡信号; $I_p$ 为偏置信号; $\Delta I$ 为噪声信号,且噪音信号的时间积分等于零;

步骤200、从所述衰荡曲线中选择多个用于推算光谱测量衰荡时间的分析时间点;

在步骤200中,选择分析时间点的筛选规则为:

从所述完整衰荡过程的衰荡前期选择一组前期分析时间点,所述前期分析时间点对应的注入光被完全关断,且所述前期分析时间点的测试数据保持高信噪比;

从所述完整衰荡过程的衰荡后期选择一组后期分析时间点,所述后期分析时间点的测试数据包含光电探测器的噪声信号和腔衰荡吸收光谱测试系统的偏置电压信号;

步骤300、从所述衰荡曲线分别确定多个所述分析时间点对应的测试数据,利用光强-时间积分方法分别计算多个所述分析时间点的;

计算多个所述分析时间点的测试数据积分值的实现方法为:

将两个所述前期分析时间点为一组,确定一组前期分析时间点之间的时间差值作为积分时间段,计算每组所述前期分析时间点的测试数据积分值;

计算两个所述后期分析时间点之间的测试数据积分值;

步骤400、处理多个所述测试数据积分值得到衰荡时间计算公式,以确定所述完整衰荡过程的衰荡时间值,所述衰荡时间计算公式具体为测试数据积分值的等式变换。

2. 根据权利要求1所述的一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,其特征在于,

在步骤100中,所述测试数据在完整衰荡过程中具体为单指数衰荡信号、光电探测器的噪声信号以及偏置信号的叠加数据。

3. 根据权利要求1所述的一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,其特征在于,

所述后期分析时间点对应的所述单指数衰荡信号的强度接近于零,所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号 $I_p$ 和噪声信号 $\Delta I$ ;

所述前期分析时间点的测量数据包含单指数衰荡信号、偏置信号 $I_p$ 和噪声信号 $\Delta I$ ,任意两个相邻的前期分析时间点之间存在大于零的积分时间段。

4. 根据权利要求1所述的一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,其特征在于,

所述分析时间点分别为 $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$ 、 $t_B+N\Delta t$ 、 $t_C$ 和 $t_D$ ;其中 $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$ 和 $t_B+N\Delta t$ 为所述前期分析时间点, $t_C$ 和 $t_D$ 为后期分析时间点;

生成的四个所述测试数据积分值分别为:

$$\begin{aligned}
P_{A,N} &= \int_{t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_A/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_P N\Delta t = \sum_{t_i=t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t_i) ; \\
P_{B,N} &= \int_{t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_B/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_P N\Delta t = \sum_{t_i=t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t_i) ; \\
P_{A,B} &= \int_{t_A}^{t_B} I(t)dt = I_0\tau_{RD} \left[ e^{-t_A/\tau_{RD}} - e^{-t_B/\tau_{RD}} \right] + I_P (t_A - t_B) = \sum_{t_i=t_A}^{t_B} I(t_i) ; \\
P_{C,D} &= \int_{t_C}^{t_D} I(t)dt = I_P (t_C - t_D) = \sum_{t_i=t_C}^{t_D} I(t_i) ;
\end{aligned}$$

其中,处于衰荡后期的所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号和噪声信号,且噪音信号的时间积分等于零;

$P_{A,N}$ 为从 $t_A$ 至 $t_A+N\Delta t$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_A$ 至 $t_A+N\Delta t$ 时刻的光强度之和;

$P_{B,N}$ 为从 $t_B$ 至 $t_B+N\Delta t$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_B$ 至 $t_B+N\Delta t$ 时刻的光强度之和;

$P_{A,B}$ 为从 $t_A$ 至 $t_B$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_A$ 至 $t_B$ 时刻的光强度之和;

$P_{C,D}$ 为从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻的光强度之和;

$I_0$ 为对应测量值的第一个数据; $N$ 为正整数; $\Delta t$ 为两个数据点的时间间隔。

5.根据权利要求4所述的一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,其特征在于,

在步骤400中,基于四个所述测试数据积分值的等式,消去偏置信号 $I_P$ ,生成以下等式:

$$P_{A,N} - P_{B,N} = \left[ P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D} \right] \left[ 1 - e^{-\frac{N\Delta t}{\tau_{RD}}} \right];$$

转换等式衰荡时间计算公式,以获得完整衰荡过程的衰荡时间值为:

$$\tau_{RD} = - \frac{N\Delta t}{\ln \left( 1 - \frac{P_{A,N} - P_{B,N}}{P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D}} \right)}.$$

## 一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及腔衰荡光谱测试技术领域,具体涉及一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法。

### 背景技术

[0002] 在腔衰荡吸收光谱测量技术中,根据衰荡过程产生的衰荡过程数据来推算衰荡时间,进而推测腔内气体的吸收吸收。通常,理想的衰荡过程为单指数衰荡,而在实际的测试中由于光电探测器的特点,衰荡信号会被探测器的零输入时的偏置电压和系统噪声所干扰,衰荡信号偏离单指数衰荡的特点。

[0003] 在现有技术中,通常利用最小均方拟合来推测衰荡时间,即在腔衰荡光谱测试(CRDS)中,其中的关键数据处理环节是利用实验得到的在衰荡过程中的输出强度随时间的演化推算衰荡时间,进而求得腔内介质的吸收参数,一方面其推算方法或过程直接决定着测量的精度,另一方面,基于测试过程会产生大量的数据和对计算机数据处理的快速要求,多次迭代和矩阵求解的拟合方法中需要较为复杂的数学处理,这样通常需要较长的计算机处理过程和计算时间。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于光强时间积分的光谱测量衰荡时间的推算方法,以解决现有技术中多次迭代和矩阵求解的拟合方法中需要较为复杂的数学处理,这样通常需要较长的计算机处理过程和计算时间的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0006] 一种基于光强时间积分的光谱测量的衰荡时间推算方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤100、从腔衰荡吸收光谱测试实验中获取包含完整衰荡过程的测试数据,生成衰荡曲线;

[0008] 步骤200、从所述衰荡曲线中选择多个用于推算光谱测量衰荡时间的分析时间点;

[0009] 步骤300、从所述衰荡曲线分别确定多个所述分析时间点对应的测试数据,利用光强-时间积分方法分别计算多个所述分析时间点的测试数据积分值;

[0010] 步骤400、处理多个所述测试数据积分值得到衰荡时间计算公式,以确定所述完整衰荡过程的衰荡时间值。

[0011] 作为本发明的优选方案,在步骤100中,所述测试数据在完整衰荡过程中具体为单指数衰荡信号、光电探测器的噪声信号以及偏置信号的叠加数据。

[0012] 作为本发明的优选方案,在步骤100中,所述衰荡曲线为包含偏置电压和系统噪声信号的单指数衰荡曲线;

[0013] 所述衰荡曲线的函数关系式为:

$$[0014] \quad I(t) = I_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_{RD}}\right) + I_p + \Delta I$$

[0015] 其中,  $I_0 \exp(-t/\tau_{RD})$  单指数衰荡信号;  $I_p$  为偏置信号;  $\Delta I$  为噪声信号, 且噪音信号的时间积分等于零。

[0016] 作为本发明的优选方案, 在步骤200中, 选择分析时间点的筛选规则为:

[0017] 从所述完整衰荡过程的衰荡前期选择一组前期分析时间点, 所述前期分析时间点对应的注入光被完全关断, 且所述前期分析时间点的测试数据保持较高的信噪比;

[0018] 从所述完整衰荡过程的衰荡后期选择一组后期分析时间点, 所述后期分析时间点的测试数据包含光电探测器的噪声信号和腔衰荡吸收光谱测试系统的偏置电压信号。

[0019] 作为本发明的优选方案, 所述后期分析时间点对应的所述单指数衰荡信号的强度接近于零, 所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号  $I_p$  和噪声信号  $\Delta I$ ;

[0020] 所述前期分析时间点的测量数据包含单指数衰荡信号、偏置信号  $I_p$  和噪声信号  $\Delta I$ , 任意两个相邻的前期分析时间点之间存在大于零的积分时间段。

[0021] 作为本发明的优选方案, 在步骤300中, 利用光强-时间积分方法分别计算多个所述分析时间点的测试数据积分值的实现方法为:

[0022] 将两个所述前期分析时间点为一组, 确定一组前期分析时间点之间的时间差值作为积分时间段, 计算每组所述前期分析时间点的测试数据积分值;

[0023] 计算两个所述后期分析时间点之间的测试数据积分值。

[0024] 作为本发明的优选方案, 所述分析时间点分别为  $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$ 、 $t_B+N\Delta t$ 、 $t_C$  和  $t_D$ ; 其中  $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$  和  $t_B+N\Delta t$  为所述前期分析时间点,  $t_C$  和  $t_D$  为后期分析时间点

[0025] 生成的四个所述测试数据积分值分别为:

$$[0026] \quad P_{A,N} = \int_{t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_A/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_p N\Delta t = \sum_{t_i=t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t_i) ;$$

$$[0027] \quad P_{B,N} = \int_{t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_B/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_p N\Delta t = \sum_{t_i=t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t_i) ;$$

$$[0028] \quad P_{A,B} = \int_{t_A}^{t_B} I(t)dt = I_0\tau_{RD} \left[ e^{-t_A/\tau_{RD}} - e^{-t_B/\tau_{RD}} \right] + I_p (t_A - t_B) = \sum_{t_i=t_A}^{t_B} I(t_i) ;$$

$$[0029] \quad P_{C,D} = \int_{t_C}^{t_D} I(t)dt = I_p (t_C - t_D) = \sum_{t_i=t_C}^{t_D} I(t_i) ;$$

[0030] 其中, 处于衰荡后期的所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号和噪声信号, 且噪音信号的时间积分等于零;

[0031]  $P_{A,N}$  为从  $t_A$  至  $t_A+N\Delta t$  时刻实验测量, 包括偏置信号和噪声信号的强度积分值, 即在离散状态下, 从  $t_A$  至  $t_A+N\Delta t$  时刻的光强度之和;

[0032]  $P_{B,N}$  为从  $t_B$  至  $t_B+N\Delta t$  时刻实验测量, 包括偏置信号和噪声信号的强度积分值, 即在离散状态下, 从  $t_B$  至  $t_B+N\Delta t$  时刻的光强度之和;

[0033]  $P_{A,B}$  为从  $t_A$  至  $t_B$  时刻实验测量, 包括偏置信号和噪声信号的强度积分值, 即在离散状态下, 从  $t_A$  至  $t_B$  时刻的光强度之和;

[0034]  $P_{C,D}$ 为从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻的光强度之和;

[0035]  $I_0$ 为对应测量值的第一个数据; $N$ 为正整数; $\Delta t$ 为两个数据点的时间间隔。

[0036] 作为本发明的优选方案,在步骤400中,所述衰荡时间计算公式中具体为测试数据积分值的等式变换;

[0037] 基于上述四个所述测试数据积分值的等式,消去偏置信号 $I_p$ ,生成以下等式:

$$[0038] \quad P_{A,N} - P_{B,N} = \left[ P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D} \right] \left[ 1 - e^{-\frac{N\Delta t}{\tau_{RD}}} \right];$$

[0039] 转换等式衰荡时间计算公式,以获得完整衰荡过程的衰荡时间值为:

$$[0040] \quad \tau_{RD} = -\frac{N\Delta t}{\ln \left( 1 - \frac{P_{A,N} - P_{B,N}}{P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D}} \right)}。$$

[0041] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0042] 本发明基于去除系统噪声和偏置电压的基础上,选择衰荡过程中的多个衰荡数据段进行积分处理,利用积分值简单地推算衰荡事件的衰荡时间,使用过程简单、计算机运行时间相对较短,且其推算精度不低于传统的最小均方差拟合方法。

## 附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式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示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0044] 图1为本发明实施例提供的衰荡时间推算方法的流程示意图;

[0045] 图2为本发明实施例提供的衰荡曲线的示意图。

## 具体实施方式

[0046] 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,所描述的实施例仅仅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。

[0047] 如图1所示,本发明提供了一种基于光强时间积分的光谱测量的衰荡时间推算方法,本实施方式选择衰荡过程中的多个衰荡数据段进行积分处理,利用积分值简单地推算衰荡事件的衰荡时间,以去除系统噪声和偏置电压,因此推算精度不低于传统的最小均方差拟合方法。

[0048] 具体包括以下步骤:

[0049] 步骤100、获取腔衰荡吸收光谱测试实验中的包含完整衰荡过程的测试数据,生成

衰荡曲线,所述测试数据在完整衰荡过程中具体为单指数衰荡信号、光电探测器的噪声信号以及偏置信号的叠加数据,即衰荡曲线为包含偏置电压和系统噪声信号的单指数衰荡曲线。

[0050] 所述衰荡曲线的函数关系式为:

$$[0051] \quad I(t) = I_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_{RD}}\right) + I_p + \Delta I$$

[0052] 其中, $I_0 \exp(-t/\tau_{RD})$  单指数衰荡信号; $I_p$ 为偏置信号; $\Delta I$ 为噪声信号,需要特别说明的是,噪音信号的时间积分等于零。

[0053] 步骤200、从所述测试数据中选择多个用于推算光谱测量衰荡时间的分析时间点。

[0054] 在步骤200中,选择分析时间点的筛选规则为:

[0055] 从所述完整衰荡过程的衰荡前期选择一组前期分析时间点,所述前期分析时间点对应的注入光被完全关断,且所述前期分析时间点的测试数据保持较高的信噪比。

[0056] 从所述完整衰荡过程的衰荡后期选择一组后期分析时间点,所述后期分析时间点的测试数据包含光电探测器的噪声信号和腔衰荡吸收光谱测试系统的偏置电压信号。

[0057] 所述后期分析时间点对应的所述单指数衰荡信号的强度接近于零,所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号 $I_p$ 和噪声信号 $\Delta I$ ;

[0058] 所述前期分析时间点的测量数据包含单指数衰荡信号、偏置信号 $I_p$ 和噪声信号 $\Delta I$ ,任意两个相邻的前期分析时间点之间存在大于零的积分时间段。

[0059] 步骤300、从所述衰荡曲线分别确定多个所述分析时间点对应的测试数据,利用光强-时间积分方法分别计算多个所述分析时间点的测试数据积分值。

[0060] 根据步骤100和步骤200可知,其一,后期分析时间点的测试数据中的单指数衰荡信号的强度接近于零,且噪声信号 $\Delta I$ 的积分数据为零,因此后期分析时间点的测试数据积分值仅仅为偏置信号 $I_p$ 的积分值。

[0061] 其二,当选择的前期分析时间点大于等于三个时,在计算前期分析时间点的测试数据积分值,处于中间的前期分析时间点与前一个前期分析时间点之间的时间差大于零,且小于前一个前期分析时间点与后一个前期分析时间点之间的时间差。

[0062] 其中,处于衰荡后期的所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号 $I_p$ 和噪声信号 $\Delta I$ ,且噪音信号的时间积分等于零。

[0063] 因此利用光强-时间积分方法分别计算多个所述分析时间点的测试数据积分值的实现方法为:

[0064] 将两个所述前期分析时间点为一组,确定一组前期分析时间点之间的时间差值作为积分时间段,计算每组所述前期分析时间点的测试数据积分值;

[0065] 计算两个所述后期分析时间点之间的测试数据积分值。

[0066] 为了具体说明上述衰荡时间推算过程,本实施方式基于腔衰荡吸收光谱测试的实际衰荡曲线,如图2所示,举例说明计算衰减时间的步骤如下:

[0067] 1、从腔衰荡吸收光谱测试的衰荡事件中得到测试数据,测试数据包含了一个完整的衰荡过程,在衰荡过程的尾部,测试数据只剩下光电探测器的噪声和偏置信号的叠加数据;

[0068] 2、按照上述分析时间点的筛选规则,选择四个分析时间点,分别为 $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_C$ 和 $t_D$ ; $t_A$

和 $t_B$ 选择包含尽量多的有效数据的衰荡过程,因此保证注入光被完全关断以及保持较高的信噪比, $t_C$ 和 $t_D$ 尽量选择在注入光关断的后期,使这个时间域的测量信号尽量只含有系统的噪声信号成分和探测器的偏置电压信号;

[0069] 3、在 $t_A$ 和 $t_B$ 的时间段附近选择两个分析时间点 $t_A+N\Delta t$ ,以及 $t_B+N\Delta t$ ,其中 $N\Delta t$ 的时间长度小于 $t_A$ 和 $t_B$ 的时间跨度,且利用光强-时间积分方法计算 $t_A$ 和 $t_B$ 的测试数据积分值,以及 $t_C$ 和 $t_D$ 的测试数据积分值;

[0070] 此时所述分析时间点分别为 $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$ 、 $t_B+N\Delta t$ 、 $t_C$ 和 $t_D$ ;其中 $t_A$ 、 $t_B$ 、 $t_A+N\Delta t$ 和 $t_B+N\Delta t$ 为所述前期分析时间点, $t_C$ 和 $t_D$ 为后期分析时间点;

[0071] 生成的四个所述测试数据积分值分别为:

$$[0072] \quad P_{A,N} = \int_{t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_A/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_P N\Delta t = \sum_{t_i=t_A}^{t_A+N\Delta t} I(t_i) ;$$

$$[0073] \quad P_{B,N} = \int_{t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t)dt = I_0\tau_{RD}e^{-t_B/\tau_{RD}} \left[ 1 - e^{-N\Delta t/\tau_{RD}} \right] + I_P N\Delta t = \sum_{t_i=t_B}^{t_B+N\Delta t} I(t_i) ;$$

$$[0074] \quad P_{A,B} = \int_{t_A}^{t_B} I(t)dt = I_0\tau_{RD} \left[ e^{-t_A/\tau_{RD}} - e^{-t_B/\tau_{RD}} \right] + I_P (t_A - t_B) = \sum_{t_i=t_A}^{t_B} I(t_i) ;$$

$$[0075] \quad P_{C,D} = \int_{t_C}^{t_D} I(t)dt = I_P (t_C - t_D) = \sum_{t_i=t_C}^{t_D} I(t_i) .$$

[0076] 处于衰荡后期的所述后期分析时间点的测量数据只包含偏置信号和噪声信号,且噪音信号的时间积分等于零;

[0077] 其中, $P_{A,N}$ 为从 $t_A$ 至 $t_A+N\Delta t$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_A$ 至 $t_A+N\Delta t$ 时刻的光强度之和;

[0078]  $P_{B,N}$ 为从 $t_B$ 至 $t_B+N\Delta t$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_B$ 至 $t_B+N\Delta t$ 时刻的光强度之和;

[0079]  $P_{A,B}$ 为从 $t_A$ 至 $t_B$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_A$ 至 $t_B$ 时刻的光强度之和;

[0080]  $P_{C,D}$ 为从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻实验测量,包括偏置信号和噪声信号的强度积分值,即在离散状态下,从 $t_C$ 至 $t_D$ 时刻的光强度之和;

[0081]  $I_0$ 为对应测量值的第一个数据; $N$ 为正整数; $\Delta t$ 为两个数据点的时间间隔。

[0082] 步骤400、处理多个所述测试数据积分值得到衰荡时间计算公式,以确定所述完整衰荡过程的衰荡时间值。

[0083] 在步骤400中,所述衰荡时间计算公式中具体为测试数据积分值的等式变换;

[0084] 基于上述四个所述测试数据积分值的等式,消去偏置信号 $I_P$ ,生成以下等式:

$$[0085] \quad P_{A,N} - P_{B,N} = \left[ P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D} \right] \left[ 1 - e^{-\frac{N\Delta t}{\tau_{RD}}} \right] ;$$

[0086] 转换等式衰荡时间计算公式,以获得完整衰荡过程的衰荡时间值为:

$$[0087] \quad \tau_{RD} = - \frac{N \Delta t}{\ln \left( 1 - \frac{P_{A,N} - P_{B,N}}{P_{A,B} - \frac{t_A - t_B}{t_C - t_D} P_{C,D}} \right)}。$$

[0088] 因此,在本实施方式基于得到的实验数据的特点,利用数据的时间平均直接滤掉系统带来的噪声数据的简单推算公式和数据处理方法,即利用衰荡过程多个衰荡数据段的求和积分方法,去除系统噪声和偏置电压,简单地推算衰荡事件的衰荡时间,计算机运行时间相对较短,由于在计算过程中充分考虑到系统噪声和偏置电压,因此衰荡曲线更符合腔衰荡光谱测试的实际数据,并通过积分方式消除系统噪声和偏置电压,因此其推算精度至少不低于传统的最小均方误差拟合方法得到的衰荡时间。

[0089] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

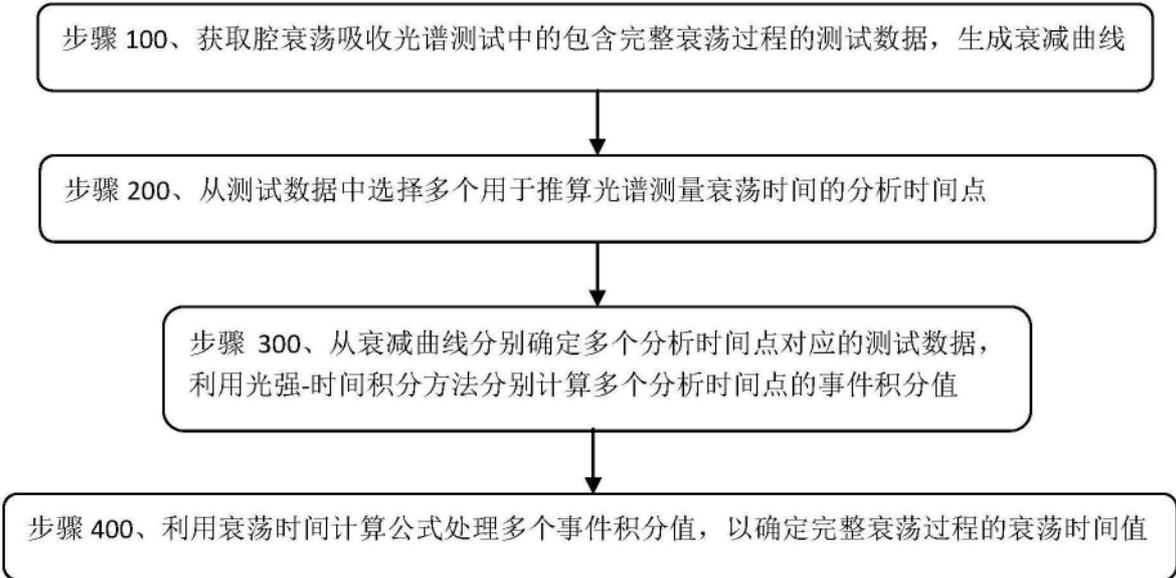


图1

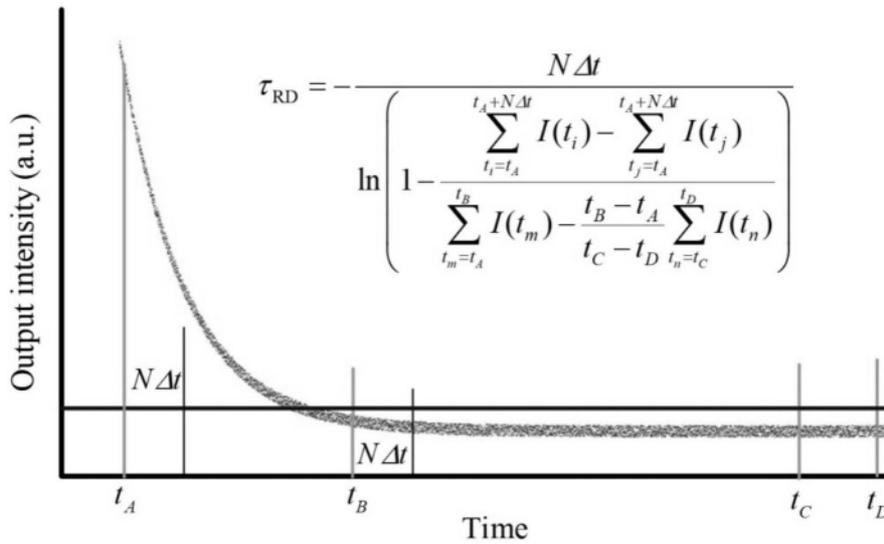


图2