

# 基于声谐振腔的石英音叉增强型 光声光谱气体传感装置

申请号: [200910116217.8](#)

申请日: 2009-02-19

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)

地址 [230031 安徽省合肥市1125信箱](#)

发明(设计)人 [高晓明 刘锟 张为俊 谈图](#)

主分类号 [G01N21/39\(2006.01\)I](#)

分类号 [G01N21/39\(2006.01\)I](#)

公开(公告)号 [101813621A](#)

公开(公告)日 [2010-08-25](#)

专利代理机构

代理人



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101813621 A

(43) 申请公布日 2010.08.25

(21) 申请号 200910116217.8

(22) 申请日 2009.02.19

(71) 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市 1125 信箱

(72) 发明人 高晓明 刘锟 张为俊 谈图

(51) Int. Cl.

G01N 21/39(2006.01)

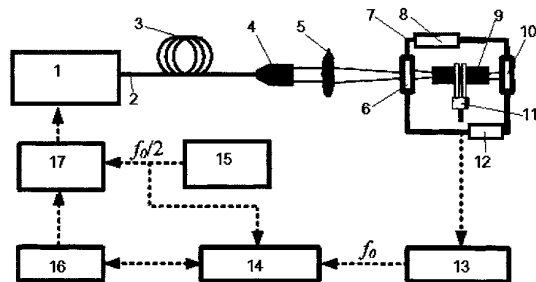
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置

(57) 摘要

本发明公开了一种基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置。它包括激光器(1)和其光路(2)上的聚焦透镜(5)、管状谐振腔,以及石英音叉(11)、与激光器(1)电连接的函数发生器(15)、与石英音叉(11)电连接的锁相放大器(14),函数发生器(15)与锁相放大器(14)电连接,特别是管状谐振腔为中部置有狭缝(91)的声谐振腔(9),其长度为≤10mm、外直径为≤1mm、内直径为≤0.6mm,狭缝(91)的宽度为≤0.2mm、长度为≤声谐振腔(9)的内直径;石英音叉(11)的音叉臂(111)位于狭缝(91)处,其与狭缝(91)间的距离为≥0.001mm。它的结构简单、体积小、抗干扰性强、工作稳定、调整和使用均方便;它可广泛地用于探测气体的成分或含量。



1. 一种基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,包括激光器(1)和其光路(2)上的聚焦透镜(5)、管状谐振腔,以及石英音叉(11)、与所述激光器(1)输入端电连接的函数发生器(15)、与所述石英音叉(11)输出端电连接的锁相放大器(14),所述管状谐振腔的管轴心与所述光路(2)同轴,所述聚焦透镜(5)的焦点位于所述管状谐振腔中,所述函数发生器(15)的输出端与所述锁相放大器(14)的输入端电连接,其特征在于:

所述管状谐振腔为中部置有狭缝(91)的声谐振腔(9),所述声谐振腔(9)的长度为 $\leq 10\text{mm}$ 、外直径为 $\leq 1\text{mm}$ 、内直径为 $\leq 0.6\text{mm}$ ,所述狭缝(91)的宽度为 $\leq 0.2\text{mm}$ 、长度为 $\leq$ 声谐振腔(9)的内直径;

所述石英音叉(11)的音叉臂(111)位于所述狭缝(91)处,其与狭缝(91)间的距离为 $\geq 0.001\text{mm}$ 。

2. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是狭缝(91)与声谐振腔(9)的管长相垂直。

3. 根据权利要求2所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是聚焦透镜(5)的焦点位于声谐振腔(9)中的狭缝(91)处。

4. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是音叉臂(111)的平面与声谐振腔(9)相平行、且音叉切口(112)与狭缝(91)的缝长平行对齐设置,或音叉臂(111)的平面与声谐振腔(9)相垂直、且音叉臂(111)中的一只与狭缝(91)的缝长平行对齐设置,或音叉臂(111)的平面与声谐振腔(9)相平行、且音叉切口(112)的顶端与狭缝(91)的缝深垂直对齐设置。

5. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是激光器(1)为分布反馈式半导体激光器或量子级联激光器。

6. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是激光器(1)与聚焦透镜(5)间的光路(2)上串接有光纤(3)和准直透镜(4)。

7. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是激光器(1)的输入端与函数发生器(15)间串接有激光控制器(17)。

8. 根据权利要求7所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是锁相放大器(14)与激光控制器(17)间串接有计算机(16)。

9. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是石英音叉(11)的输出端与锁相放大器(14)间串接有前置放大器(13)。

10. 根据权利要求1所述的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置,其特征是声谐振腔(9)位于样品池(7)中,所述样品池(7)上分别置有入射窗口(6)、出射窗口(10)和进气口(8)、出气口(12)。

## 基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种气体传感装置,尤其是一种基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置。

### 背景技术

[0002] 随着经济社会的不断发展,环境问题也日渐凸显。人们为了对环境污染进行有效地监测和预测,作了不懈的努力,试图通过光声光谱技术来探测物质的成分或含量,如在2005年6月2日公告的美国发明专利说明书US2005/0117155A1中提及的一种“石英增强光声光谱装置”。它意欲提供一种采用石英音叉的光声光谱装置来探测气体物质的成分或含量。它的构成为激光器及其光路上置有的聚焦透镜、管状谐振腔和石英音叉,以及激光器的输入端与函数发生器电连接,石英音叉的输出端与锁相放大器电连接,函数发生器的输出端与锁相放大器的输入端电连接;其中,管状谐振腔为分置于石英音叉两边的两只长度为2.45mm、内直径为0.3~0.5mm的细管,这两只细管的管轴心均与光路同轴,聚焦透镜的焦点位于石英音叉的音叉切口处。探测时,函数发生器发出石英音叉共振频率 $f_0$ 的 $f_0/2$ 的正弦调制信号来调制激光器的输出,位于石英音叉的音叉切口附近的待测气体样品吸收受调制的激光后将产生频率与石英音叉的共振频率 $f_0$ 相同的声波,由于声波的频率等于石英音叉的共振频率,因此声波的振动将激发石英音叉产生共振。因石英音叉具有压电效应,故此共振的石英音叉将产生压电电流信号,此信号经锁相放大器在共振频率 $f_0$ 处进行解调,从而得到气体样品的吸收谱。但是,这种装置存在着不足之处,首先,为形成共振,光路即激光束必须通过两只细管及石英音叉的音叉切口,而音叉切口的宽度一般仅为0.2~0.3mm,因此,激光源的光束质量必须非常的好,即聚焦后的光斑必须能通过石英音叉的音叉切口,这既增大了装置调整的难度,又增加了装置的制造成本和使用成本;其次,用于共振增强信号的两只细管间隔有石英音叉,以及石英音叉与两只细管间又存在着间隔,使声共振条件并没有完全满足,大大地降低了共振增强的效果;再次,石英音叉的音叉切口极大地限制了其两边所加细管的内径大小,管内径越大增强效果越小,而小的管内径却给激光束的布置带来了极大的复杂性,激光束必须严格地穿过两只细管的中心以及石英音叉的音叉切口的中心,如果激光束射到细管的管壁或石英音叉的一个臂上,那将会引起噪声,且激光束偏离石英音叉的音叉切口的中心也将会大大地降低共振信号的强度。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题为克服现有技术中的不足之处,提供一种结构简单、实用,使用方便的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置。

[0004] 为解决本发明的技术问题,所采用的技术方案为:基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置包括激光器和其光路上的聚焦透镜、管状谐振腔,以及石英音叉、与所述激光器输入端电连接的函数发生器、与所述石英音叉输出端电连接的锁相放大器,所述管状谐振腔的管轴心与所述光路同轴,所述聚焦透镜的焦点位于所述管状谐振腔中,

所述函数发生器的输出端与所述锁相放大器的输入端电连接,特别是:

[0005] 所述管状谐振腔为中部置有狭缝的声谐振腔,所述声谐振腔的长度为 $\leq 10\text{mm}$ 、外直径为 $\leq 1\text{mm}$ 、内直径为 $\leq 0.6\text{mm}$ ,所述狭缝的宽度为 $\leq 0.2\text{mm}$ 、长度为 $\leq$ 声谐振腔的内直径;

[0006] 所述石英音叉的音叉臂位于所述狭缝处,其与狭缝间的距离为 $\geq 0.001\text{mm}$ 。

[0007] 作为基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置的进一步改进,所述的狭缝与声谐振腔的管长相垂直;所述的聚焦透镜的焦点位于声谐振腔中的狭缝处;所述的声谐振腔的长度为 $8\text{mm}$ 、外直径为 $0.7\text{mm}$ 、内直径为 $0.45\text{mm}$ ;所述的狭缝的宽度为 $0.15\text{mm}$ 、长度为 $0.45\text{mm}$ ;所述的石英音叉的共振频率为 $32.76\text{kHz}$ ;所述的音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口与狭缝的缝长平行对齐设置,或音叉臂的平面与声谐振腔相垂直、且音叉臂中的一只与狭缝的缝长平行对齐设置,或音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口的顶端与狭缝的缝深垂直对齐设置;所述的激光器为分布反馈式半导体激光器或量子级联激光器;所述的激光器与聚焦透镜间的光路上串接有光纤和准直透镜;所述的激光器的输入端与函数发生器间串接有激光控制器;所述的锁相放大器与激光控制器间串接有计算机;所述的石英音叉的输出端与锁相放大器间串接有前置放大器;所述的声谐振腔位于样品池中,所述样品池上分别置有入射窗口、出射窗口和进气口、出气口。

[0008] 相对于现有技术的有益效果是,其一,采用中部置有狭缝的声谐振腔,且声谐振腔的尺寸限定为长度 $\leq 10\text{mm}$ 、外直径 $\leq 1\text{mm}$ 、内直径 $\leq 0.6\text{mm}$ ,狭缝的宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 、长度 $\leq$ 声谐振腔的内直径,同时将石英音叉的音叉臂置于狭缝处,音叉臂与狭缝间的距离 $\geq 0.001\text{mm}$ 的结构,使其既具有结构简单、体积小、装配调整和使用均方便的特点,又对激光源的要求不高,大大地降低了制造和使用维护的成本,还能因设定的声谐振腔的尺寸范围来确保其的一阶共振频率为石英音叉的共振频率 $f_0$ ;其二,用于共振增强信号的声谐振腔仅为一根细管,避免了多只细管与石英音叉相互间对声共振的影响,使声谐振腔中的声共振条件发挥到了极致,大幅度地提升了共振增强的效果,经多次测试,其输出的共振增强信号为现有装置输出的信号的 $3\sim 5$ 倍;其三,共振增强信号的采集使用紧贴于声谐振腔中部狭缝处的音叉臂,既杜绝了激光束射到细管的管壁或石英音叉的一个臂上而引起的噪声,又不会发生激光束偏离石英音叉的音叉切口的中心将会大大地降低共振信号的强度的情况,使其的抗干扰性强、工作稳定可靠。

[0009] 作为有益效果的进一步体现,一是优选狭缝与声谐振腔的管长相垂直,聚焦透镜的焦点优选位于声谐振腔中的狭缝处,均利于最大限度地获得共振增强信号;二是声谐振腔的长度优选为 $8\text{mm}$ 、外直径为 $0.7\text{mm}$ 、内直径为 $0.45\text{mm}$ ,狭缝的宽度优选为 $0.15\text{mm}$ 、长度为 $0.45\text{mm}$ ,石英音叉的共振频率优选为 $32.76\text{kHz}$ ,这种较佳的参数配合不仅可获得较高的共振增强信号,还因 $32.76\text{kHz}$ 的石英音叉的共振频率基本不受 $1/f_0$ 噪声的影响,且只有石英音叉的两个臂进行对称的反向振动时才会产生压电电流,故来自远处的频率为石英音叉共振频率 $f_0$ 的声波并不能使石英音叉进行对称的振动,从而使其具有超强的抗外界干扰能力;三是优选音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口与狭缝的缝长平行对齐设置,或优选音叉臂的平面与声谐振腔相垂直、且音叉臂中的一只与狭缝的缝长平行对齐设置,或优选音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口的顶端与狭缝的缝深垂直对齐设置,均能由狭缝处获得共振增强信号;四是激光器优选为分布反馈式半导体激光器或量子级联激

光器,激光器与聚焦透镜间的光路上优选串接有光纤和准直透镜,均易于激光束的传输和于声谐振腔中的调整;五是激光器的输入端与函数发生器间优选串接有激光控制器,锁相放大器与激光控制器间优选串接有计算机,石英音叉的输出端与锁相放大器间优选串接有前置放大器,均便于共振增强信号的获得和优化处理;六是样品池上优选分别置有入射窗口、出射窗口和进气口、出气口,便于对气体样品的探测。

#### 附图说明

[0010] 下面结合附图对本发明的优选方式作进一步详细的描述。

[0011] 图 1 是本发明的一种基本结构示意图;

[0012] 图 2 是图 1 中声谐振腔与石英音叉的音叉臂间的连接方式的一种基本结构示意图,由该图可知,音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口与狭缝的缝长平行对齐设置;

[0013] 图 3 是图 1 中声谐振腔与石英音叉的音叉臂间的连接方式的另一种基本结构示意图,由该图可知,音叉臂的平面与声谐振腔相垂直、且音叉臂中的一只与狭缝的缝长平行对齐设置;

[0014] 图 4 是图 1 中声谐振腔与石英音叉的音叉臂间的连接方式的再一种基本结构示意图,由该图可知,音叉臂的平面与声谐振腔相平行、且音叉切口的顶端与狭缝的缝深垂直对齐设置;

[0015] 图 5 是对同样的样品分别使用现有装置和本发明获得的测量结果图,其中,横坐标为激光注入电流,纵坐标为信号强度。图中的曲线 S<sub>0</sub> 为使用现有装置测得的结果,曲线 S<sub>1</sub> 为使用本发明中如图 2 所示的声谐振腔与音叉臂间连接方式的情况下测得的结果,由该图可知,使用本发明测得的信号强度为使用现有装置测得的信号强度的 5 倍。

#### 具体实施方式

[0016] 参见图 1、图 2、图 3 和图 4,激光器 1 的光路 2 上依次置有光纤 3、准直透镜 4、聚焦透镜 5 和样品池 7 的入射窗口 6,以及声谐振腔 9 和样品池 7 的出射窗口 10。其中,

[0017] 样品池 7 的上、下侧分别置有进气口 8 和出气口 12。

[0018] 声谐振腔 9 为长度为 8mm、外直径为 0.7mm、内直径为 0.45mm 的管状物,其中部置有宽度为 0.15mm、长度为 0.45mm 的狭缝 91。狭缝 91 与声谐振腔 9 的管长相垂直,声谐振腔 9 的管轴心与光路 2 同轴,聚焦透镜 5 的焦点位于声谐振腔 9 中的狭缝 91 处。

[0019] 狭缝 91 处置有石英音叉 11 的音叉臂 111,该音叉臂 111 与狭缝 91 间的距离为 0.001mm。

[0020] 石英音叉 11 的共振频率为 32.76kHz,其与狭缝 91 间连接方式为音叉臂 111 的平面与声谐振腔 9 相平行、且音叉切口 112 与狭缝 91 的缝长平行对齐设置,如图 2 所示(或音叉臂 111 的平面与声谐振腔 9 相垂直、且音叉臂 111 中的一只与狭缝 91 的缝长平行对齐设置,如图 3 所示。或音叉臂 111 的平面与声谐振腔 9 相平行、且音叉切口 112 的顶端与狭缝 91 的缝深垂直对齐设置,如图 4 所示)。

[0021] 激光器 1 为分布反馈式半导体激光器(或量子级联激光器),其输入端与激光控制器 17 的输出端电连接,激光控制器 17 的输入端分别与函数发生器 15 的输出端和计算机 16

的输出端电连接,计算机 16 的输入和输出端均与锁相放大器 14 的输入和输出端电连接,锁相放大器 14 的输入端还与函数发生器 15 的输出端、前置放大器 13 的输出端电连接,前置放大器 13 的输入端与石英音叉 11 的输出端电连接。

[0022] 探测时,气体样品由进气口 8 进入样品池 7,并散布于整个样品池 7 中。探测可使用扫描和锁定两种模式。

[0023] 在扫描模式中,函数发生器 15 输出的正弦信号通过激光控制器 17 对激光器 1 进行调制;同时,计算机 16 控制激光控制器 17,使其给激光器 1 的工作电流以一定的电流步间增加,如可按步骤以 0.1mA 的量进行增加。可以得到气体样品的二次谐波吸收谱,如图 5 中的曲线 S1 所示的测量信号。

[0024] 在锁定模式中,通过激光控制器 17 把激光器 1 的工作电流固定在气体样品吸收峰的波长位置处,同时,函数发生器 15 输出的正弦信号通过激光控制器 17 对激光器 1 进行调制。此模式便于对气体样品的实时监测,可得到如图 5 中的曲线 S1 所示的测量信号。

[0025] 分别使用如图 2、图 3 和图 4 中的声谐振腔 9 与音叉臂 111 间的连接方式来对空气中的水汽进行测量,图 2 中的连接方式得出的信号最强,图 3 中的连接方式得出的信号为图 2 连接方式的 75%左右,图 4 中的连接方式得出的信号最差,不到图 2 连接方式的 30%。

[0026] 显然,本领域的技术人员可以对本发明的基于声谐振腔的石英音叉增强型光声光谱气体传感装置进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若对本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

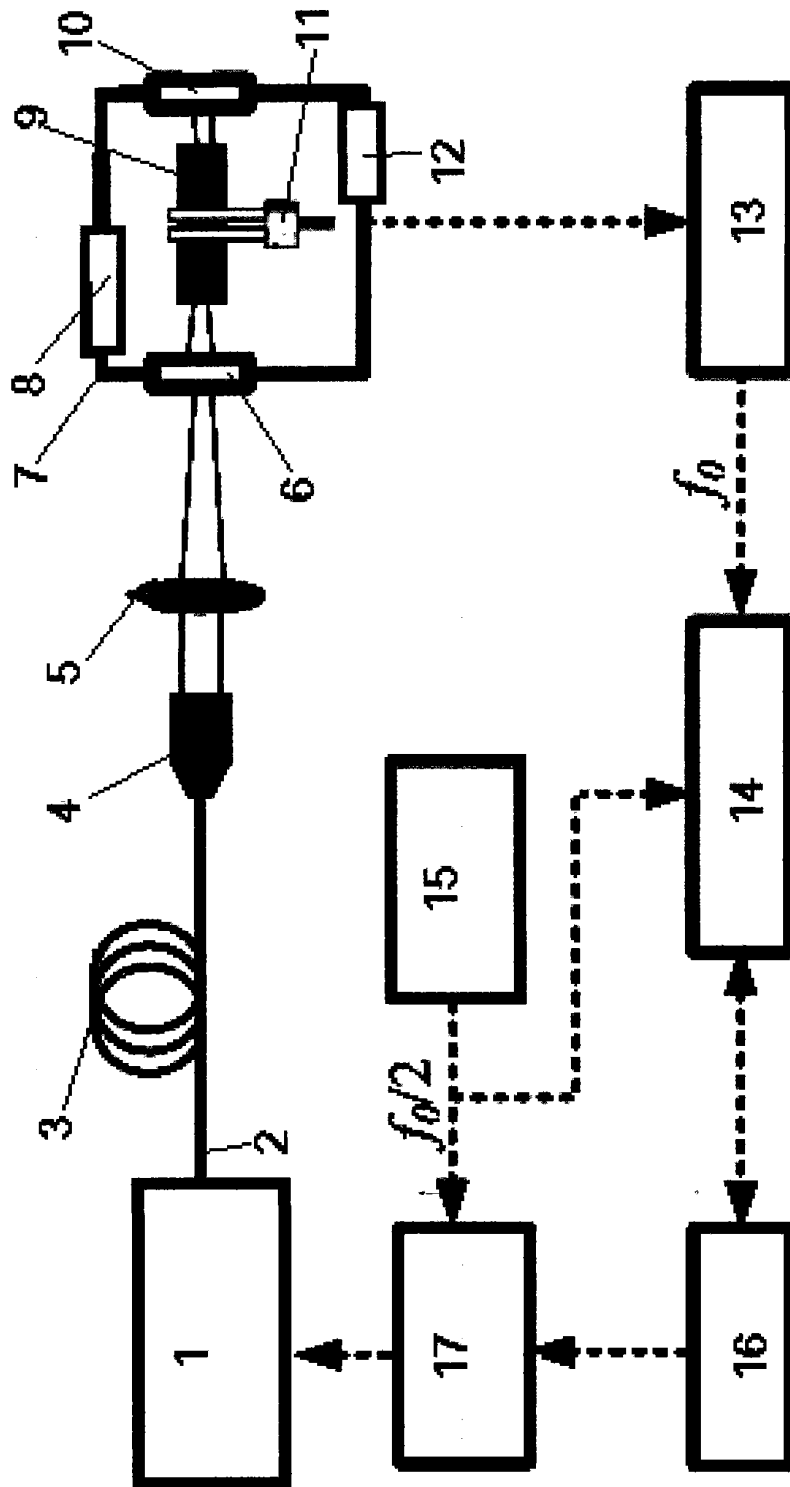


图 1



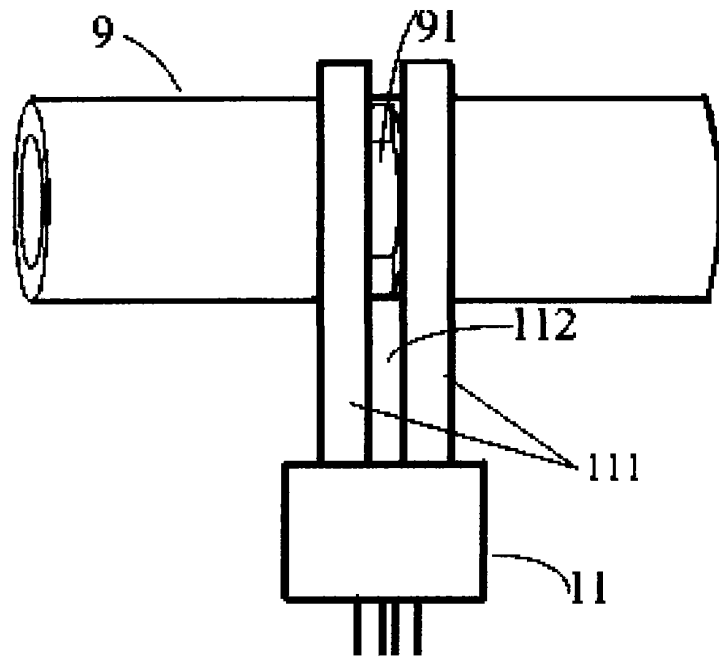


图2

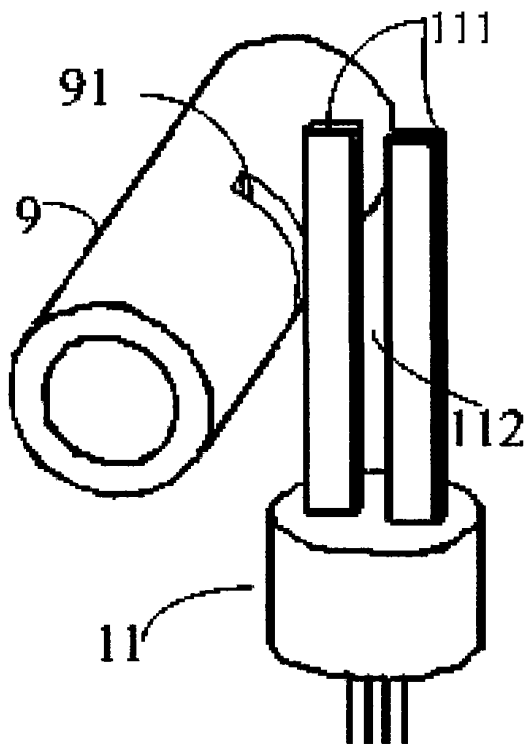


图3

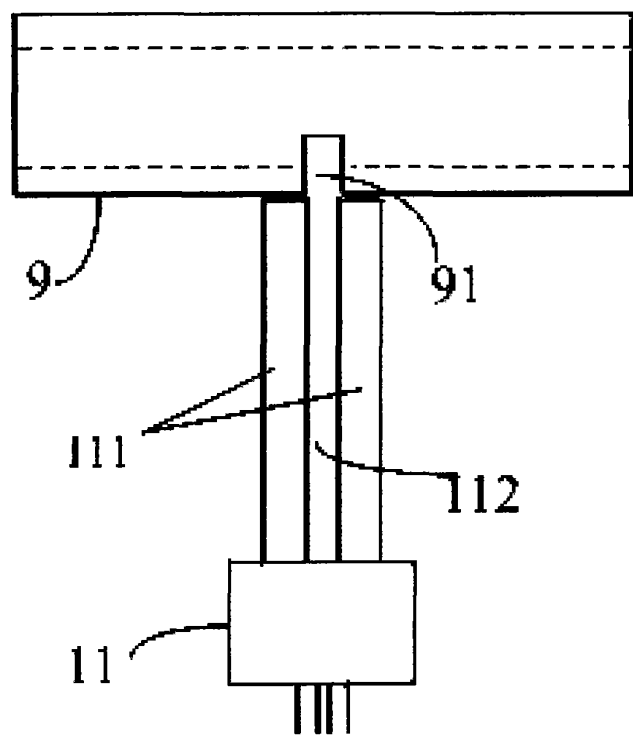


图4

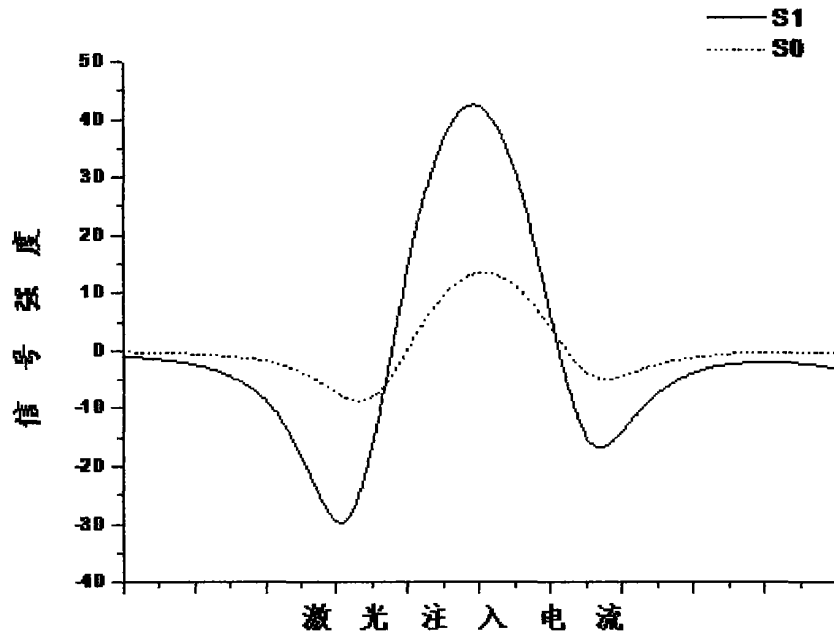


图 5