



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101074983 B

(45) 授权公告日 2010.07.21

(21) 申请号 200610060605.5

CN 1632633 A, 2005.06.29, 全文.

(22) 申请日 2006.05.17

审查员 潘聪

(73) 专利权人 上海舜宇海逸光电技术有限公司
地址 201203 上海市张江高科技园区蔡伦路
1690 号 2 号楼 502 - 504 室

(72) 发明人 袁海骏

(74) 专利代理机构 广东星辰律师事务所 44263
代理人 李启首

(51) Int. Cl.

G01R 33/032 (2006.01)

G01R 15/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101458403 A, 2009.06.17, 全文.

CN 101458312 A, 2009.06.17, 全文.

US 2002/0171934 A1, 2002.11.21, 全文.

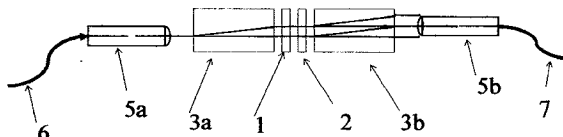
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种光纤磁光探头装置及其应用系统

(57) 摘要

一种涉及光学的光纤磁光探头装置及其应用系统,该光纤磁光探头装置包括采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,采用正交光偏振处理,对所述的光进行正交偏振分量的分光、磁光感应、合波处理,其特征在于:法拉第磁光旋转器后设置波片,波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,以避免近零失敏,而磁光感应、偏振检测对两正交偏振分量同时、等量进行以避免光源和传输光路引起的光偏振漂移对测量结果的影响。该系统包括电光组件和磁光探头装置,电光组件与磁光探头装置通过光纤光环路连通,电光组件向磁光探头装置发出光源,并对该磁光探头装置所导出的光进行采集、检测、分析。



1. 一种光纤磁光探头装置,包括采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,采用光偏振处理对所述的光进行分光、磁光感应、合波处理,其特征在于:所述的法拉第磁光旋转器后设置波片,所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,具体地,

所述装置依次包括输入光纤、输入光准直器、第一偏振分光器、法拉第磁光旋转器、1/2波片、第二偏振分光器、输出光准直器和输出光纤,其中,

所述的输入光纤把光引入输入光准直器;

所述的输入光准直器将光准直后输至第一偏振分光器;

所述的第一偏振分光器将光分成两束光,所述两束光为偏振态相互正交的偏振光;

所述的两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器,两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度,所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例,该法拉第磁光旋转器输出旋转后的两束输出光至 1/2 波片;

所述的 1/2 波片将两束输出光的偏振面同时旋转,传输至第二偏振分光器;

所述的第二偏振分光器选取光的分量合束,依次通过输出光准直器和输出光纤导出合束的光。

2. 根据权利要求 1 所述的光纤磁光探头装置,其特征在于:所述的 1/2 波片的晶体光轴与所述法拉第磁光旋转器两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 。

3. 根据权利要求 1 所述的光纤磁光探头装置,其特征在于:所述的第一偏振分光器和第二偏振分光器为平板型偏振分光器或楔板型偏振分光器。

4. 一种光纤磁光探头装置,包括采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,采用光偏振处理对所述的光进行分光、磁光感应、合波处理,其特征在于:所述的法拉第磁光旋转器后设置波片,所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,具体地,

所述装置包括输入光纤、输出光纤、光纤光准直器、偏振分光器、法拉第磁光旋转器、1/4 波片和反射镜,所述的输入光纤和输出光纤均与光纤光准直器导通,其中,

所述的输入光纤把光引入光纤光准直器;

所述的光纤光准直器将光准直后输至偏振分光器;

所述的偏振分光器将光分成两束光,所述两束光为偏振态相互正交的偏振光;

所述的两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器,两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度,所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例,该法拉第磁光旋转器输出旋转后的两束输出光至 1/4 波片;

所述的两束输出光通过 1/4 波片经反射镜反射回 1/4 波片,该 1/4 波片将所述两束输出光的偏振面同时旋转,传输至偏振分光器;

所述的偏振分光器选取光的分量合束,依次通过光纤光准直器和输出光纤导出合束的光。

5. 根据权利要求 4 所述的光纤磁光探头装置,其特征在于:所述的 1/4 波片的晶体光轴与所述法拉第磁光旋转器两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 。

6. 根据权利要求 4 所述的光纤磁光探头装置,其特征在于:所述的偏振分光器为平板型偏振分光器、楔板型偏振分光器或直角棱镜型的晶体偏振分光器。

7. 根据权利要求 4 所述的光纤磁光探头装置,其特征在于:所述输入光纤和输出光纤与光纤光准直器之间连接光纤环路器,所述的光纤环路器通过光纤与光纤光准直器直接导

通。

8. 一种光纤磁光探头装置应用系统,包括电光组件和如权利要求 1-7 中任一项所述的磁光探头装置,所述的电光组件与所述磁光探头装置通过光纤光环路连通,所述的电光组件向磁光探头装置发出光源,并对该磁光探头装置所导出的光进行采集、检测,所述的磁光探头装置安置于输电线路,其特征在于:该磁光探头装置采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,法拉第磁光旋转器后设置波片,所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,通过偏振分光器向所述电光组件导出合束的光。

9. 根据权利要求 8 所述的光纤磁光探头装置应用系统,其特征在于:所述电光组件至少包括光源、光探测器、模拟电路模块,其中,

所述光源发出的光通过光纤传至磁光探头装置,所述光的强度在磁光探头装置中根据导体中电流的大小被调制,通过光纤传到光探测器中;

所述的光探测器采集光信号,将检测到的电流信号发送至模拟电路模块;

所述的模拟电路模块对接收到的信号进行分析处理,输出测量到的二次电流,用于对输电线路的测量和控制。

10. 根据权利要求 9 所述的光纤磁光探头装置应用系统,其特征在于:所述的电光组件还包括数字信号处理模块,所述的数字信号处理模块对模拟电路模块接收到的信号进行数字化处理,由标准数字出口输出或显示到面板表中。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的光纤磁光探头装置应用系统,其特征在于:所述系统还包括两个光纤环路器 (32a、32b) 和光耦合器,所述电光组件包括两个光探测器 (42a、42b),其中,

所述的光源发出的光经过光耦合器分成等值的两部分后分别传输至两个光纤环路器 (32a、32b);

所述的两个光纤环路器 (32a、32b) 通过光纤与磁光探头装置相导通;

所述的两个光纤环路器 (32a、32b) 的输出端分别连通至光探测器 (42a、42b);

所述的两个光纤环路器 (32a、32b) 的两路光从相反的方向通过磁光探头装置,所述的电光组件根据两个光探测器 (42a、42b) 所检测到的两个电流 I_{42a} 、 I_{42b} ,以下式进行比较分析处理:

$$I_c = \frac{I_{42a} - I_{42b}}{I_{42a} + I_{42b}}$$

12. 根据权利要求 9 或 10 所述的光纤磁光探头装置应用系统,其特征在于:所述系统还包括两个光纤多波长分合器 (33a、33b),所述电光组件设有两个光源 (41a、41b)、以及两个光探测器 (42a、42b);

所述的两个光纤多波长分合器 (33a、33b) 通过光纤与磁光探头装置相导通;

所述的两个光源 (41a、41b) 分别发出不同波长的光,经光纤多波长分合器 (33a) 合波后输送至磁光探头装置,所述的磁光探头装置将光信号传输至光纤多波长分合器 (33b);

所述的光纤多波长分合器 (33b) 将分波处理后光信号分别传输至相应的两个光探测器 (42a、42b);

所述的电光组件根据两个光探测器 (42a、42b) 所检测到的两个电流信号,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线,对该两个电流信号进行分析。

13. 根据权利要求 9 或 10 所述的光纤磁光探头装置应用系统,其特征在于:所述系统还包括两个光学滤波器(34a、34b),所述电光组件设有两个光源(41a、41b)、以及两个光探测器(42a、42b);所述的两个光学滤波器(34a、34b)通过光纤与磁光探头装置相导通;

所述的两个光源(41a、41b)分别通过所述的两个光学滤波器(34a、34b)向磁光探头装置以相反的方向分别发送不同波长的光;

所述的磁光探头装置将输出的两路光信号分别通过两个光学滤波器(34a、34b)的透射或反射向两个光探测(42a、42b)分别传送光信号;

所述的电光组件根据两个光探测器(42a、42b)所检测到的两个电流信号,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线,对该两个电流信号进行比较分析。

一种光纤磁光探头装置及其应用系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光学,尤其涉及一种光纤磁光探头装置及其应用系统。

背景技术

[0002] 在高压大功率直流或交流电力传输系统中,在零电位安全地方监控和测量高压线上的电流和位相十分必要。相对于传统的电流互感器,光纤光学传感器应用于电流和磁场的检测具有绝缘方便,安全性高、尺寸小、抗干扰能力强、以及低成本等特性。

[0003] 几百年前麦可·法拉第发现当线偏光通过放置在磁场中的活石玻璃后偏振面发生偏转,这一特性叫法拉第效应,现已广泛应用于感应磁场。偏振面的旋转量正比与磁场如下式所示:

$$[0004] \quad \phi = VH$$

[0005] 其中, Φ 是旋转量, H 是磁场强度, V 是费尔德常数。

[0006] 在安培定律中,给出了磁场和导体中电流的关系如下:

[0007]

$$I_c = \oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}$$

[0008] 这样,法拉第效应也常用来感应导体中的电流。

[0009] 通常,不同的玻璃有不同的费尔德常数,但一般都很小,在 10^{-4} deg/cm-Oe 的量级。人们常用光纤绕导体无数圈的方法来增加光通过磁光介质和磁场的距离,从而提高感应的灵敏度,并且,受光纤通信产业的影响,大量的研发促成了超大费尔德常数的铁磁材料的产生和面市,使得小尺寸的法拉第旋光器成为可能。

[0010] 在过去十几年中,较普遍地采用如下两种光线光学的技术方案来测量电流。

[0011] 一种是采用光纤本身的法拉第效应,即上述的光纤绕导体的方法。这种方法需要很长的且(许多)无数圈的光纤缠绕导体,不但造成了光探头尺寸的增大而且也增强了光陀螺效应,光纤的光陀螺效应会同时感应角动量,为了去除振动对电流测量的影响,就需要十分复杂的光纤光路系统。同时,由于光纤必须绕着导体,安装时必须应用特别的连接件,也需要中断输电。该技术方案的缺点还包括:偏振态的起偏和检偏困难、需要低折射率的特殊材料制作光纤,以及光纤的热应力导致的偏振态干扰很难消除,在美国专利 US6703821 B2、US6301400B1、US6563589B1、US6356351 B1 及 US6636321B2 等都采用这种方法。

[0012] 另一种技术方案是采用小尺寸法拉第旋光器内植光纤光路,这种技术方案采用小尺寸磁光材料如各种类型的石榴石晶体结合其它光学元件如光准直器,透镜等光学元件构成的自由空间的光探头,在美国专利编号 US6,756,781 发表了典型的此一途径的设计方案,但在这个技术方案中,必需运用偏振保持光纤和固定偏振态的光源,任何中间环节的偏振态飘动将影响测量精度和稳定性。

[0013] 对于上述两种技术方案,只要采用法拉第效应去感应磁场或电流,都需要特殊的设计来监测偏振态的偏转或两正交偏振光相对位相变化,一般应用塞纳干涉方法把偏振面

旋转量或偏振位相变化转换成光强度变化。

[0014] 简单的偏振检测或塞纳干涉给出如下的关系：

$$[0015] \quad I \propto \sin^2 \phi = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\phi)$$

[0016] 在上式中, I 是光强或光电管检测到的光信号, Φ 是法拉第旋转量。由该式可以看出, 当法拉第旋转量很小时, 此探测系统很不敏感, 即, 会产生所谓的近零失敏的缺点。

发明内容

[0017] 本发明的目的在于提供一种新的光纤磁光探头装置及其应用系统, 以克服现有技术中近零失敏的缺点。

[0018] 本发明所采用的光纤磁光探头装置包括采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器, 采用光偏振处理, 对所述的光正交偏振分量进行分波、磁光感应、合波处理, 其特征在于: 所述的法拉第磁光旋转器后设置波片, 所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转以避免近零失敏, 而磁光感应, 偏振检测对两正交偏振分量同时、等量进行, 具体地,

[0019] 所述装置依次包括输入光纤、输入光准直器、第一偏振分光器、法拉第磁光旋转器、1/2 波片、第二偏振分光器、输出光准直器和输出光纤, 其中,

[0020] 所述的输入光纤把光引入输入光准直器;

[0021] 所述的输入光准直器将光准直后输至第一偏振分光器;

[0022] 所述的第一偏振分光器将光分成两束光, 所述两束光为偏振态相互正交的偏振光;

[0023] 所述的两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器, 两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度, 所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例, 该法拉第磁光旋转器输出旋转后的两束输出光至 1/2 波片;

[0024] 所述的 1/2 波片将两束输出光的偏振面同时旋转, 传输至第二偏振分光器;

[0025] 所述的第二偏振分光器选取光的分量合束, 依次通过输出光准直器和输出光纤导出合束的光。

[0026] 所述的 1/2 波片的晶体光轴与所述法拉第磁光旋转器两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 。

[0027] 所述的第一偏振分光器和第二偏振分光器为平板型偏振分光器或楔板型偏振分光器。

[0028] 本发明所采用的另一种光纤磁光探头装置, 包括采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器, 采用光偏振处理对所述的光进行分光、磁光感应、合波处理, 其特征在于: 所述的法拉第磁光旋转器后设置波片, 所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转, 具体地,

[0029] 所述装置包括输入光纤、输出光纤、光纤光准直器、偏振分光器、法拉第磁光旋转器、1/4 波片和反射镜, 所述的输入光纤和输出光纤均与光纤光准直器导通, 其中,

[0030] 所述的输入光纤把光引入光纤光准直器;

[0031] 所述的光纤光准直器将光准直后输至偏振分光器;

[0032] 所述的偏振分光器将光分成两束光,所述两束光为偏振态相互正交的偏振光;

[0033] 所述的两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器,两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度,所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例,该法拉第磁光旋转器输出旋转后的两束输出光至 1/4 波片;

[0034] 所述的两束输出光通过 1/4 波片经反射镜反射回 1/4 波片,该 1/4 波片将所述两束输出光的偏振面同时旋转,传输至偏振分光器;

[0035] 所述的偏振分光器选取光的分量合束,依次通过光纤光准直器和输出光纤导出合束的光。

[0036] 所述的 1/4 波片的晶体光轴与所述法拉第磁光旋转器两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 。

[0037] 所述的偏振分光器为平板型偏振分光器、楔板型偏振分光器或直角棱镜型的晶体偏振分光器。

[0038] 所述输入光纤和输出光纤与光纤光准直器之间连接光纤环路器,所述的光纤环路器通过光纤与光纤光准直器直接导通。

[0039] 这种光纤磁光探头装置应用系统,包括电光组件和磁光探头装置,所述的电光组件与所述磁光探头装置通过光纤光环路连通,所述的电光组件向磁光探头装置发出光源,并对该磁光探头装置所导出的光进行采集、检测,所述的磁光探头装置安置于输电线路,其特征在于:该磁光探头装置采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,法拉第磁光旋转器后设置波片,所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,通过偏振分光器向所述电光组件导出合束的光。

[0040] 所述电光组件至少包括光源、光探测器、模拟电路模块,其中,

[0041] 所述光源发出的光通过光纤传至磁光探头装置,所述光的强度在磁光探头装置中根据导体中电流的大小被调制,通过光纤传到光探测器中;

[0042] 所述的光探测器采集光信号,将检测到的电流信号发送至模拟电路模块;

[0043] 所述的模拟电路模块对接收到的信号进行分析处理,输出测量到的二次电流,用于对输电线路的测量和控制。

[0044] 所述的电光组件还包括数字信号处理模块,所述的数字信号处理模块对模拟电路模块接收到的信号进行数字化处理,由标准数字出口输出或显示到面板表中。

[0045] 所述系统还包括两个光纤环路器 32a、32b 和光耦合器,所述电光组件包括两个光探测器 42a、42b,其中,

[0046] 所述的光源发出的光经过光耦合器分成等值的两部分后分别传输至两个光纤环路器 32a、32b;

[0047] 所述的两个光纤环路器 32a、32b 通过光纤与磁光探头装置相导通;

[0048] 所述的两个光纤环路器 32a、32b 的输出端分别连通至光探测器 42a、42b;

[0049] 所述的两个光纤环路器 32a、32b 的两路光从相反的方向通过磁光探头装置,所述的电光组件根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流 I_{42a} 、 I_{42b} ,以下式进行比较分析处理:

[0050]
$$I_c = \frac{I_{42a} - I_{42b}}{I_{42a} + I_{42b}}$$

[0051] 所述系统还包括两个光纤多波长分合器 33a、33b,所述电光组件设有两个光源 41a、41b、以及两个光探测器 42a、42b ;

[0052] 所述的两个光纤多波长分合器 33a、33b 通过光纤与磁光探头装置相导通 ;

[0053] 所述的两个光源 41a、41b 分别发出不同波长的光,经光纤多波长分合器 33a 合波后输送至磁光探头装置,所述的磁光探头装置将光信号传输至光纤多波长分合器 33b ;

[0054] 所述的光纤多波长分合器 33b 将分波处理后的光信号分别传输至相应的两个光探测器 42a、42b ;

[0055] 所述电光组件根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流信号,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线,对该两个电流信号进行分析。

[0056] 所述系统还包括两个光学滤波器 34a、34b,所述电光组件设有两个光源 41a、41b、以及两个光探测器 42a、42b ;

[0057] 所述的两个光学滤波器 34a、34b 通过光纤与磁光探头装置相导通 ;

[0058] 所述的两个光源 41a、41b 分别通过所述的两个光学滤波器 34a、34b 向磁光探头装置以相反的方向分别发送不同波长的光 ;

[0059] 所述的磁光探头装置将输出的两路光信号分别通过两个光学滤波器 34a、34b 的透射或反射向两个光探测器 42a、42b 分别传送光信号 ;

[0060] 所述电光组件根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流信号,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线,对该两个电流信号进行比较分析。

[0061] 本发明的有益效果为 :在本发明的光纤磁光探头装置中,采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器,采用光偏振处理对所述的光进行分波,经法拉第磁光旋转器旋光处理后,再采用光偏振处理进行合波,法拉第磁光旋转器后设置波片,所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转,例如,当所使用波片的光轴与法拉第磁光旋转器两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 时,采用偏振分光器选取光的分量合束时所输出光能量符合下式 :

$$[0062] \quad I = I_0 \sin^2(45^{\circ} + \Phi)$$

[0063] 其中, I 代表输出光强, I_0 代表输入光强, Φ 是法拉第磁光旋转量,由于在法拉第磁光旋转器后设置了波片,相当于在(第二)偏振分光器选取光的分量合束输出光能量时,预设了一个偏振旋转角度,这样,即使法拉第磁光旋转量为 0,输出光能量也不会为 0,这就克服了现有技术中近零失敏的缺点,使本发明具有高灵敏度,高线性及宽量程的优点。

[0064] 本发明采用了光探头内部偏振处理方案,对正交的两偏振分量同时进行了等量的磁光感应,偏振面旋转及检测,所以,光源偏振态及传输光纤引起的偏振漂移对测量结果没有影响。

[0065] 本发明采用小尺寸的法拉第磁光旋转器,所构成的光纤磁光探头装置体积小,而且不受光陀螺效应的影响,安装也较为简便。

[0066] 在本发明的应用中,通过电光组件对磁光探头装置所导出的光进行采集、检测、分析,特别是对两个电流进行比较分析处理,并且引入法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应参数,使得本发明对光源、光纤及环境造成的偏振态随机扰动不敏感,且不

需要外部的偏振保持及处理,以及外部的偏振态检测,只需采集检测从光纤磁光探头装置所输出的已带有光强调制的光信号即可。

[0067] 本发明提供高绝缘性能的光学电流测量技术,为测量高压传输线上的电流及相位提供了安全可靠的方法。

附图说明

- [0068] 图 1 为本发明中光纤磁光探头装置实施例 1 结构示意图；
[0069] 图 2 为本发明中光纤磁光探头装置实施例 2 结构示意图；
[0070] 图 3 为本发明中光纤磁光探头装置实施例 3 结构示意图；
[0071] 图 4 为本发明中光纤磁光探头装置实施例 4 结构示意图；
[0072] 图 5 为本发明中光纤磁光探头装置实施例 5 结构示意图；
[0073] 图 6 为本发明中光纤磁光探头装置安装示意图；
[0074] 图 7 为本发明中光纤磁光探头装置安装示意图；
[0075] 图 8 为本发明中光纤磁光探头装置应用系统实施例 6 结构示意图；
[0076] 图 9 为本发明中光纤磁光探头装置应用系统实施例 7 结构示意图；
[0077] 图 10 为本发明中光纤磁光探头装置应用系统实施例 8 结构示意图；
[0078] 图 11 为本发明中光纤磁光探头装置应用系统实施例 9 结构示意图。

具体实施方式

[0079] 下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明：

[0080] 实施例 1：

[0081] 根据图 1,本实施例的光纤磁光探头装置依次包括输入光纤 6、输入光准直器 5a、第一偏振分光器 3a、法拉第磁光旋转器 1、1/2 波片 2、第二偏振分光器 3b、输出光准直器 5b 和输出光纤 7,如图 1 所示,本实施例中的第一偏振分光器 3a 和第二偏振分光器 3b 采用平板型单轴的双折射晶体偏振分光器,可由 YV04 晶体制成,它能把两个相互正交的偏振光在空间上分开一定的距离,光束经过第一偏振分光器 3a 后被分成两束平行光,它们的偏振态相互正交,第二偏振分光器 3b 和第一偏振分光器 3a 完全相同,所以它能把两束光中与原来偏振态正交的分量合成一束,而一致分量分得更开。在本发明中,输入光纤 6 和输出光纤 7 可以是多模也可以是单模。

[0082] 如图 1 所示,输入光纤 6 把光引入输入光准直器 5a。

[0083] 如图 1 所示,输入光准直器 5a 将光准直后输至第一偏振分光器 3a,提供足够的工作距离给第一偏振分光器 3a 和第二偏振分光器 3b 去处理偏振态,并使光束具有足够的直径去覆盖法拉第磁光旋转器 1 的有效面积。

[0084] 如图 1 所示,第一偏振分光器 3a 将光分成两束平行光,所述两束平行光为偏振态相互正交的偏振光。

[0085] 如图 1 所示,两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器 1,两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度,所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例,该法拉第磁光旋转器 1 输出旋转后的两束输出光至 1/2 波片 2。

[0086] 如图 1 所示,1/2 波片 2 将两束输出光的偏振面同时旋转,传输至第二偏振分光器

3b, 该 1/2 波片 2 的晶体光轴与法拉第磁光旋转器 1 两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° , 因此, 1/2 波片 2 能把经过法拉第磁光旋转器 1 后的两束光的偏振面同时旋转 45° 。

[0087] 如图 1 所示, 第二偏振分光器 3b 选取光的分量合束, 依次通过输出光准直器 5b 和输出光纤 7 导出合束的光。

[0088] 本发明中这样的偏振处理方式保证了探头装置对输入光的偏振态不敏感。

[0089] 如图 1 所示, 当第二偏振分光器 3b 选取分量合束时输出光能量符合下式:

$$[0090] \quad I = I_0 \sin^2(45^\circ + \Phi)$$

[0091] 上式中, I 代表输出光强, I_0 代表输入光强, Φ 是法拉第磁光旋转量, 与磁场强度成比例, 上式也可改写成:

$$[0092] \quad I = \frac{1}{2} I_0 (1 + \sin 2\phi)$$

[0093] 显然, 这样的关系式表明, 本发明的光纤磁光探头装置克服了近零失敏的缺点, 并使探头装置具有高灵敏, 高线性及宽量程的特点。

[0094] 在本实施例中, 输入光纤 6 和输出光纤 7 实际上是完全等效的, 即, 输入光纤 6 可以作为输出端使用, 输出光纤 7 也可以作为输出端使用, 这种具体的使用可以是单向的, 也可以是双向的。

[0095] 实施例 2:

[0096] 如图 2 所示, 本实施例与实施例 1 的区别在于: 在本实施例中, 采用楔板型偏振分光器的第一偏振分光器 3d 和第二偏振分光器 3e。

[0097] 在本实施例中, 第一偏振分光器 3d 和第二偏振分光器 3e 也由单轴晶体制成, 能把两个相互正交的偏振光分开一定的角度。当光通过第一偏振分光器 3d 后, 它被分成偏振面相互正交两束, 两束光的传播方向成一个小的角度。当它们到达第二偏振分光器 3e 后, 每束光中偏振面相对于第一偏振分光器 3d 产生的原始偏振面转 90° 的分量传播方向将变一致, 尽管两束之间还有一微小的空间分离, 它们还是可以被输出光准直器 5b 和输出光纤 7 等量接收, 而其它分量将被隔离在输出光纤 7 以外, 至于其它部分结构、功能、以及应用机理与实施例 1 所述相同或相似, 此处不再赘述, 而且, 本实施例中的输入光纤 6 和输出光纤 7 也是完全等效的。

[0098] 实施例 3:

[0099] 根据图 3, 本实施例的光纤磁光探头装置包括输入光纤 6、输出光纤 7、光纤光准直器 5c、楔板型的偏振分光器 3f、法拉第磁光旋转器 1、1/4 波片 2b 和反射镜 4, 输入光纤 6 和输出光纤 7 均与光纤光准直器 5c 导通, 在本实施例中, 1/4 波片 2b 的晶体光轴与法拉第磁光旋转器 1 两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5° 。

[0100] 如图 3 所示, 输入光纤 6 把光引入光纤光准直器 5c。

[0101] 如图 3 所示, 光纤光准直器 5c 将光准直后输至偏振分光器 3f。

[0102] 如图 3 所示, 偏振分光器 3f 将光分成两束光, 所述两束光为偏振态相互正交的偏振光。

[0103] 如图 3 所示, 两正交的偏振光经过法拉第磁光旋转器 1, 两个偏振光的偏振面被同时旋转一个相同的角度, 所述旋转角的大小与所在点的磁场强度成比例, 该法拉第磁光旋

转器 1 输出旋转后的两束输出光至 1/4 波片 2b。

[0104] 如图 3 所示,两束输出光通过 1/4 波片 2b 经反射镜 4 反射回 1/4 波片 2b,该 1/4 波片 2b 将所述两束输出光的偏振面同时旋转 45°,传输至偏振分光器 3f。

[0105] 如图 3 所示,偏振分光器 3f 选取光的分量合束,依次通过光纤光准直器 5c 和输出光纤 7 导出合束的光。

[0106] 在本实施例中,由于两光束通过法拉第磁光旋转器 1 两次,它们的磁光旋转量也增大到原来的两倍。当两光束第二次通过偏振分光器 3f 后,它们中偏振面与原来正交的分量被重新合成一束,进而通过光纤光准直器 5c 耦合光纤 7 中输出。这里由于楔板型偏振分光器 3f 额外使所有光弯转一个角度,为了让合束的光束能耦合进入输出光纤 7,光纤光准直器 5c 相对于其它元件需要被调整到一个合适的角度,通过这种安排,从输出光纤 7 输出的光强与法拉第旋转量所成比例(换言之,与测量点的磁场或电流所成比例)如下所示:

$$[0107] \quad I = \frac{1}{2} I_0 (1 + \sin 4\phi)$$

[0108] 同样,这样的关系式表明,本发明的光纤磁光探头装置克服了近零失敏的缺点,并使探头装置具有高灵敏,高线性及宽量程的特点,而且,本实施例中的输入光纤 6 和输出光纤 7 也是完全等效的。

[0109] 实施例 4:

[0110] 根据图 4,本实施例与实施例 3 的主要区别在于:在本实施例中,输入光纤 6 和输出光纤 7 与光纤光准直器 5c 之间连接光纤环路器 9,光纤环路器 9 通过光纤 8 与光纤光准直器 5c 直接导通,在本实施例中,实施例 3 中的楔板型偏振分光器 3f 替换为平板型偏振分光器 3。同样,1/4 波片 2b 的晶体光轴与法拉第磁光旋转器 1 两束输出光的正交偏振面成 22.5° 或 67.5°。

[0111] 在本实施例中,由于两光束通过法拉第磁光旋转器 1 两次,它们的磁光旋转量也增大到原来的两倍。当两光束第二次通过偏振分光器 3 后,它们中偏振面与原来一致的偏振分量被重新合成一束,再次通过光纤光准直器 5c 而耦合回光纤 8,从光纤 8 传回光纤环路器 9 的输出光将被环转到输出光纤 7。

[0112] 输出光纤 7 输出的光强与法拉第旋转量所成比例与实施例 3 所述相同,然而,在本实施例中,由于光环路器 9 的应用,本实施例中的输入光纤 6 和输出光纤 7 不等效,不能相互替代。

[0113] 实施例 5:

[0114] 根据图 5,本实施例与实施例 4 的区别在于:在本实施例中,采用一直角棱镜型的晶体偏振分光器 3c 替代平板型偏振分光器 3,此偏振分光器 3c 可由单轴晶体制成,通常晶轴与棱镜的斜边平行,这样,偏振分光器 3c 不单起到偏振态处理、旋光检测作用,而且还用于弯转光路,使构成光纤磁光探头装置的材料较少地影响磁回路。

[0115] 至于其它部分结构、功能、以及应用机理与实施例 4 所述相同或相似,此处不再赘述。

[0116] 这样,如上述实施例 1 至实施例 5,通过法拉第磁光旋转器 1 后设置波片,该波片用于对法拉第磁光旋转器 1 两束输出光的偏振面进行旋转,使得本发明的光纤磁光探头装置克服了现有技术中近零失敏的缺点,使本发明具有高灵敏度,高线性及宽量程的优点。

[0117] 根据图 6 和图 7, 本发明这种光纤磁光探头装置的安装中, 如图 6 所示, 光纤磁光探头装置 100a 可根据上面所介绍的实施例 1、2 或 4 具体实施构建, 如图 7 所示, 光纤磁光探头装置 100b 可根据上面所介绍的实施例 3 或 5 具体实施构建, 无论应用何种方式, 安装时都必须尽可能使磁场垂直地穿过法拉第磁光旋转器 1 的匀质部分, 并让光束尽可能平行于磁力线 H。

[0118] 实施例 6 :

[0119] 根据图 8, 本发明的光纤磁光探头装置应用系统包括电光组件 400 和磁光探头装置 100, 电光组件 400 与磁光探头装置 100 通过光纤 200 光环路连通, 电光组件 400 向磁光探头装置 100 发出光源, 并对该磁光探头装置 100 所导出的光进行采集、检测、分析, 磁光探头装置 100 安置于输电线路, 该磁光探头装置 100 采用光纤导向的光和法拉第磁光旋转器, 法拉第磁光旋转器后设置波片, 所述的波片用于对法拉第磁光旋转器两束输出光的偏振面进行旋转, 通过偏振分光器向电光组件 400 导出合束的光, 本实施例中的磁光探头装置 100 可采用实施例 1 至实施例 5 的一种, 在这种应用中, 磁光探头装置 100 必须按图 6 或图 7 所示的方式通过机械构件或其它构件安装到负载电流的高压导线上。

[0120] 如图 8 所示, 电光组件 400 包括光源 41、光探测器 42、模拟电路模块 43 和数字信号处理模块 44。

[0121] 具体地说, 如图 8 所示, 光源 41 发出的光通过光纤传至磁光探头装置 100, 光的强度在磁光探头装置 100 中根据导体中电流的大小被调制, 通过光纤传到光探测器 42 中, 光探测器 42 采集光信号, 将检测到的电流信号发送至模拟电路模块 43, 模拟电路模块 43 对接收到的信号进行分析处理, 输出测量到的二次电流, 用于对输电线路的测量和控制, 数字信号处理模块 44 对模拟电路模块 43 接收到的信号进行数字化处理, 由标准数字出口输出或显示到面板表中。

[0122] 在本发明的应用系统中, 除了磁光探头装置 100 需要安装于高压端, 其它部件都安置在零电势的安全地带, 它们中间只由电绝缘的光纤连接, 这样相比于传统的电磁感应测量方法, 具有很高的安全性能。而对于超高压, 绝缘性超高要求的情况, 在光纤表面涂敷反爬电绝缘层等方法也显得十分安全经济。

[0123] 利用本发明测量交流电流的过程中, 相对调制深度与法拉第旋转或电流的强度成比例, 却与光的绝对强度无关, 所以通过电路处理用调制深度来度量电流时, 测量结果不受环境造成的光强波动影响。

[0124] 实施例 7 :

[0125] 根据图 9, 本实施例与实施例 6 的区别在于: 在本实施例中, 所述系统还包括两个光纤环路器 32a、32b 和光耦合器 31, 电光组件 400 包括两个光探测器 42a、42b。

[0126] 如图 9 所示, 光源 41 发出的光经过光耦合器 31 分成等值的两部分后分别传输至两个光纤环路器 32a、32b, 两个光纤环路器 32a、32b 通过光纤 200 与磁光探头装置 100 相导通。

[0127] 如图 9 所示, 两个光纤环路器 32a、32b 的输出端分别连通至光探测器 42a、42b。

[0128] 如图 9 所示, 两个光纤环路器 32a、32b 的两路光从相反的方向通过磁光探头装置 100, 电光组件 400 根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流 I_{42a} 、 I_{42b} , 以下式进行比较分析处理:

$$[0129] \quad I_c = \frac{I_{42a} - I_{42b}}{I_{42a} + I_{42b}}$$

[0130] 在本实施例中,由于两个光纤环路器 32a、32b 的两路光同时从相反的方向传输光,磁光探头装置 100 可以采用上述实施例 1 至实施例 3 的一种。

[0131] 以采用前述实施例 1 或实施例 2,对电光组件 400 的比较分析处理进行考察,由前述实施例 1 所述可知 (I_{42a} 和 I_{42b} 之间数值大小的定性根据系统中各器件的特性是可预知的):

$$[0132] \quad I_{42a} = \frac{1}{2} I_0 (1 + \sin 2\phi);$$

$$[0133] \quad \text{则 } I_{42b} = \frac{1}{2} I_0 (1 - \sin 2\phi)$$

[0134] 这样,在模拟电路模块 43 中做如下的信号处理:

$$[0135] \quad I_c = \frac{I_{42a} - I_{42b}}{I_{42a} + I_{42b}} = \sin 2\phi$$

[0136] 由该式中 I_c 的最终信号可看出,它与光强度无关,所以这种比较分析处理揭示了,本发明不管用于直流或交流测量时,都对环境所造成的光强漂动不敏感。

[0137] 实施例 8:

[0138] 根据图 10,本实施例与实施例 6 的区别在于:在本实施例中,所述系统还包括两个光纤多波长分合器 33a、33b,所述电光组件 400 设有两个光源 41a、41b、以及两个光探测器 42a、42b。

[0139] 如图 10 所示,两个光纤多波长分合器 33a、33b 通过光纤 200 与磁光探头装置 100 相导通。

[0140] 如图 10 所示,两个光源 41a、41b 分别发出不同波长的光,经光纤多波长分合器 33a 合波后输送至磁光探头装置 100,磁光探头装置 100 将光信号传输至光纤多波长分合器 33b,光纤多波长分合器 33b 将分波处理后的光信号分别传输至相应的两个光探测器 42a、42b。

[0141] 如图 10 所示,电光组件 400 根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流信号 I_{42a} 、 I_{42b} ,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线,对该两个电流信号进行分析。

[0142] 在本实施例中,磁光探头装置 100 可以采用上述实施例 1 至实施例 5 的一种。

[0143] 两个光源 41a、41b 分别发出不同波长的光,例如,发出两种不同波长的光,波长分别为 λ_1 、 λ_2 ,其实,也可以是同一光源同时发多波长的光。

[0144] 电光组件 400 根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流信号,以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长(光探测器 42a、42b 分别对应 λ_1 、 λ_2 的光波长)所具有的相应温度响应曲线,设光探测器 42a 和 42b 所探测到的信号都是温度和磁场的函数,则如下所示:

$$[0145] \quad I_{42a} = I_0 (1 + \sin(f_{\lambda_1} + \frac{\partial f_{\lambda_1}}{\partial T} T) H)$$

$$[0146] \quad I_{42b} = I_0 (1 + \sin(f_{\lambda_2} + \frac{\partial f_{\lambda_2}}{\partial T} T) H)$$

[0147] 上两式中 I_{42a} 和 I_{42b} 分别代表光电探测器 42a 和 42b 测到的信号, I_0 是常量, 只与初始光强有关。 f_{λ_1} 和 f_{λ_2} 代表两波长相对应的费尔德常数, 而 $\frac{\partial f_{\lambda_1}}{\partial T}$ 、 $\frac{\partial f_{\lambda_2}}{\partial T}$ 是它们的温度相关系数, 电光组件 400 对温度 T 的计算可如下所示:

$$[0148] \quad T = \frac{bf_{\lambda_1} - af_{\lambda_2}}{a \frac{\partial f_{\lambda_2}}{\partial T} - b \frac{\partial f_{\lambda_1}}{\partial T}}$$

[0149] 其中,

$$[0150] \quad a = \arcsin\left(\frac{I_{42a}}{I_0} - 1\right)$$

$$[0151] \quad b = \arcsin\left(\frac{I_{42b}}{I_0} - 1\right)$$

[0152] 由上面分析结果可知, 其中的费尔德常数和它们的温度相关系数可事先测得, 这样温度得到了监控而矫正的磁场强度就可由上述 I_{42a} 或 I_{42b} 求得, 进而准确地测量电流量。

[0153] 在本实施例中, 只反映了对于两种不同波长光的处理, 其实, 可以是对三种或以上不同波长光的处理, 根据以上所述的启发, 这对于本领域技术人员来说, 可以不需要付出创造性劳动即可实施, 此处不再赘述。

[0154] 实施例 9:

[0155] 根据图 11, 本实施例与实施例 6 的区别在于: 在本实施例中, 所述系统还包括两个光学滤波器 34a、34b, 电光组件 400 设有两个光源 41a、41b、以及两个光探测器 42a、42b。

[0156] 如图 11 所示, 两个光学滤波器 34a、34b 通过光纤 200 与磁光探头装置 100 相导通, 两个光源 41a、41b 分别通过所述的两个光学滤波器 34a、34b 向磁光探头装置 100 以相反的方向分别发送不同波长的光, 磁光探头装置 100 将输出的两路光信号分别通过两个光学滤波器 34a、34b 的透射或反射向两个光探测器 42a、42b 分别传送光信号。

[0157] 如图 11 所示, 电光组件 400 根据两个光探测器 42a、42b 所检测到的两个电流信号, 以及所选的法拉第磁光材料对不同的波长所具有的相应温度响应曲线, 对该两个电流信号进行比较分析。

[0158] 在本实施例中, 磁光探头装置 100 可以采用上述实施例 1 至实施例 3 的一种。

[0159] 在本实施例中, 光学滤波器 34a 和 34b 完全一样, 例如, 它们能全透一种波长 λ_1 的光而全反另一波长 λ_2 的光。这样, 从光源 41a 发出的波长为 λ_1 的光经过磁光探头装置 100 感应到磁信号后被导入光电探测器 41a 中检测, 而从光源 41b 发出的波长为 λ_2 的光反向经过磁光探头装置 100 并感应到磁信号后被导入光电探测器 41b 中检测, 与实施例 10 所述相似, 电流信号 I_{42a} 、 I_{42b} 可由下两式表示:

$$[0160] \quad I_{42a} = I_0 \left(1 + \sin\left(f_{\lambda_1} + \frac{\partial f_{\lambda_1}}{\partial T} T\right) H\right)$$

$$[0161] \quad I_{42b} = I_0 \left(1 - \sin\left(f_{\lambda_2} + \frac{\partial f_{\lambda_2}}{\partial T} T\right) H\right)$$

[0162] 温度监控可由与实施例 10 所述相似的方法达到, 如下所示:

$$[0163] \quad T = \frac{-bf_{\lambda 1} - af_{\lambda 2}}{a \frac{\partial f_{\lambda 2}}{\partial T} + b \frac{\partial f_{\lambda 1}}{\partial T}}$$

[0164] 同样,

$$[0165] \quad a = \arcsin\left(\frac{I_{42a}}{I_0} - 1\right)$$

$$[0166] \quad b = \arcsin\left(\frac{I_{42b}}{I_0} - 1\right)$$

[0167] 最终的测试结果可根据如下比较分析处理取得:

$$[0168] \quad I_c = \frac{I_{42a} - I_{42b}}{I_{42a} + I_{42b}} = \frac{\sin\left(\left(f_{\lambda 1} + \frac{\partial f_{\lambda 1}}{\partial T} T\right)H\right) + \sin\left(\left(f_{\lambda 2} + \frac{\partial f_{\lambda 2}}{\partial T} T\right)H\right)}{2 + \sin\left(\left(f_{\lambda 1} + \frac{\partial f_{\lambda 1}}{\partial T} T\right)H\right) - \sin\left(\left(f_{\lambda 2} + \frac{\partial f_{\lambda 2}}{\partial T} T\right)H\right)}$$

[0169] 综上所述,尽管本发明的基本结构、原理通过上述的各种具体实施例予以阐述,但这并不意味着对本发明的限定,在不脱离本发明要旨的前提下,根据以上所述的启发,本领域普通技术人员可以不需要付出创造性劳动即可实施多种不同变换形式或不同的器件替代及组合,此处不再赘述。

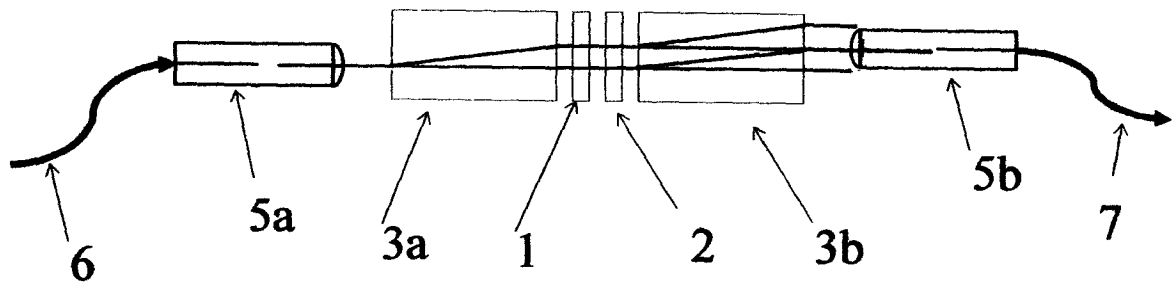


图1

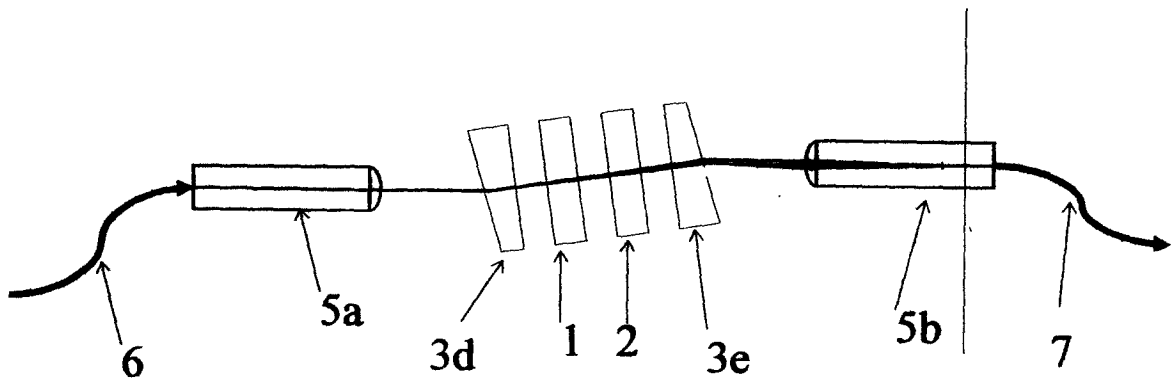


图2

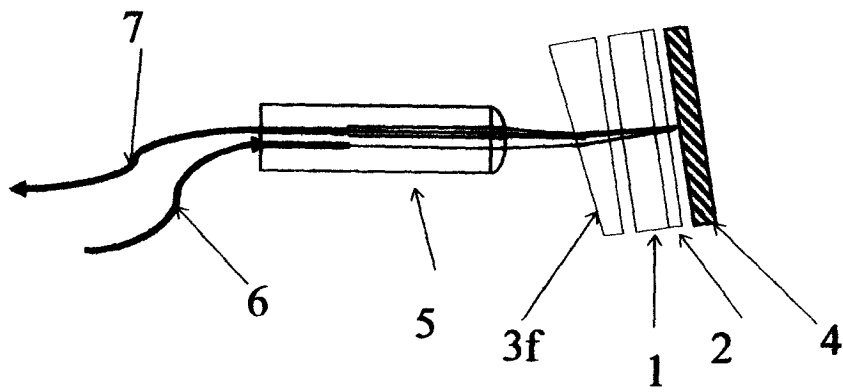


图3

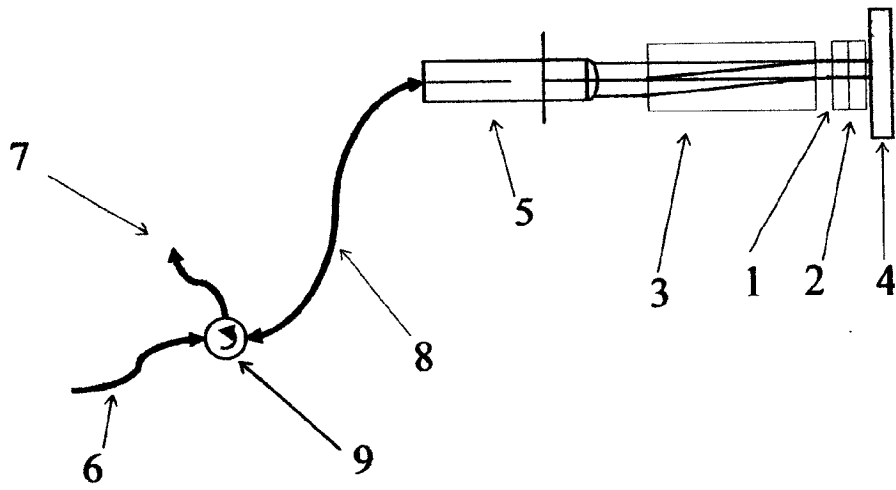


图4

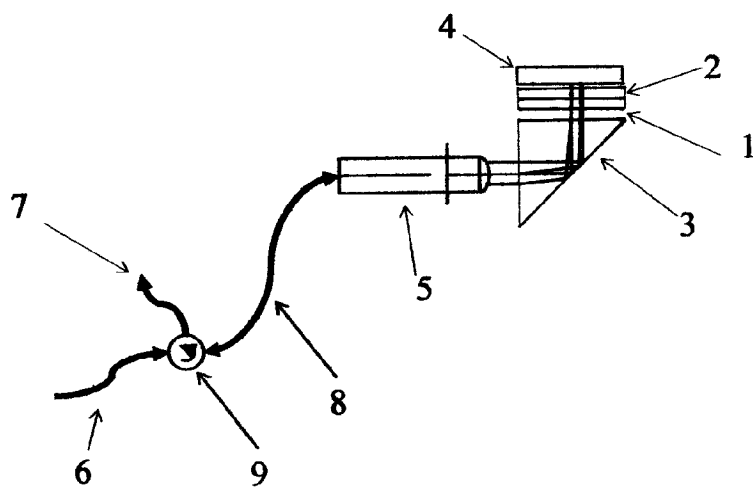


图5

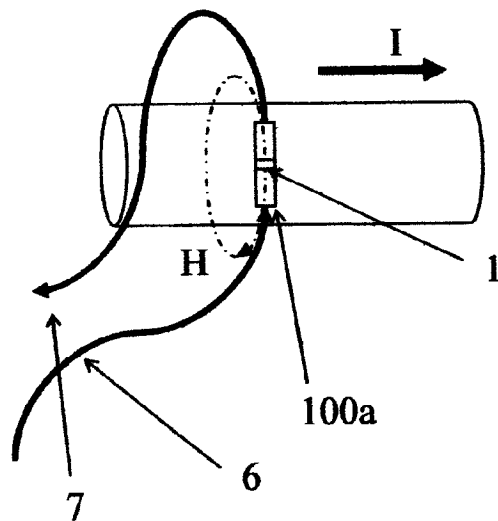


图6

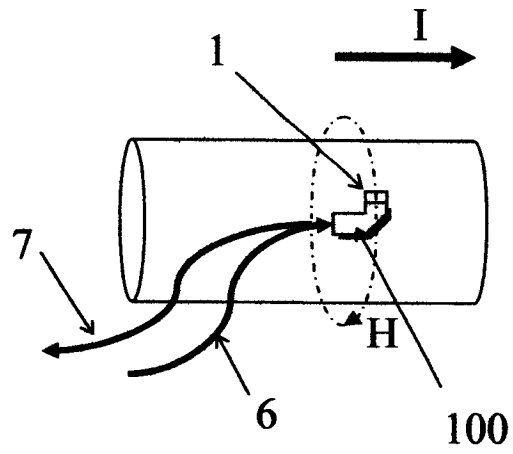


图7

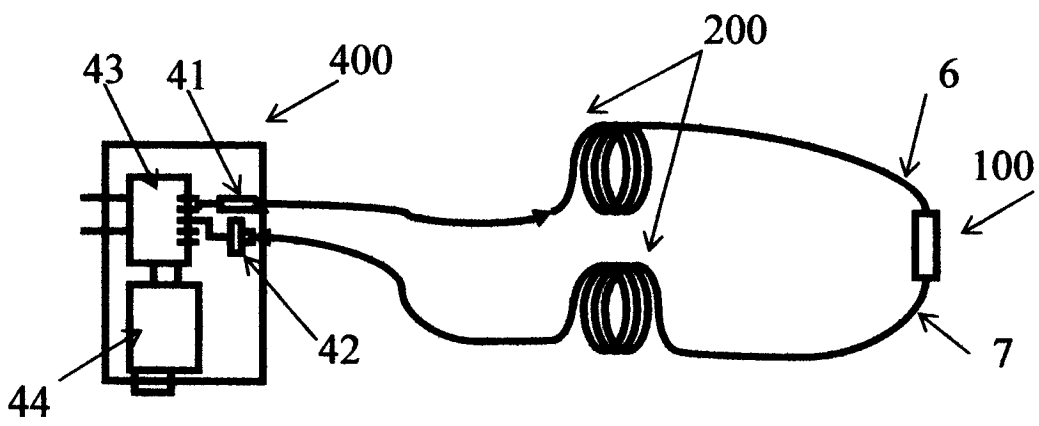


图8

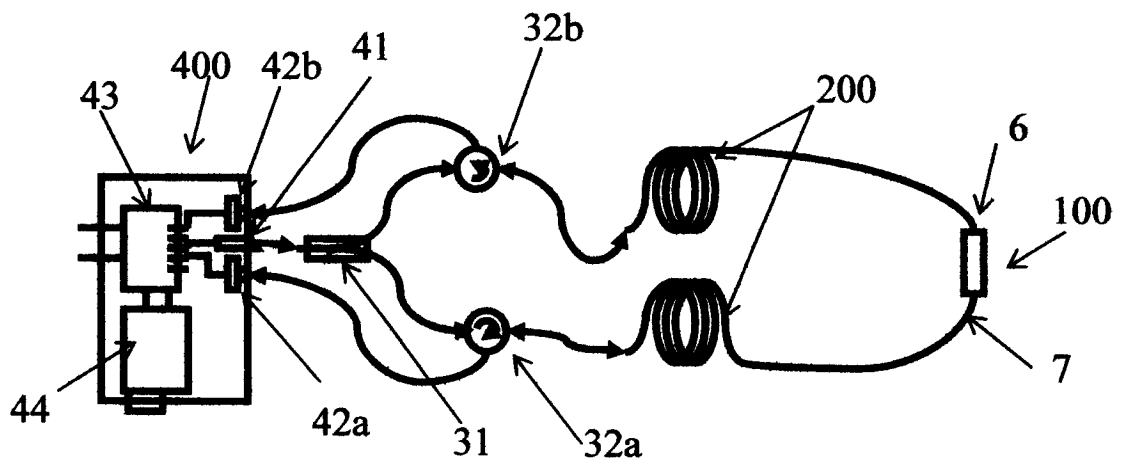


图9

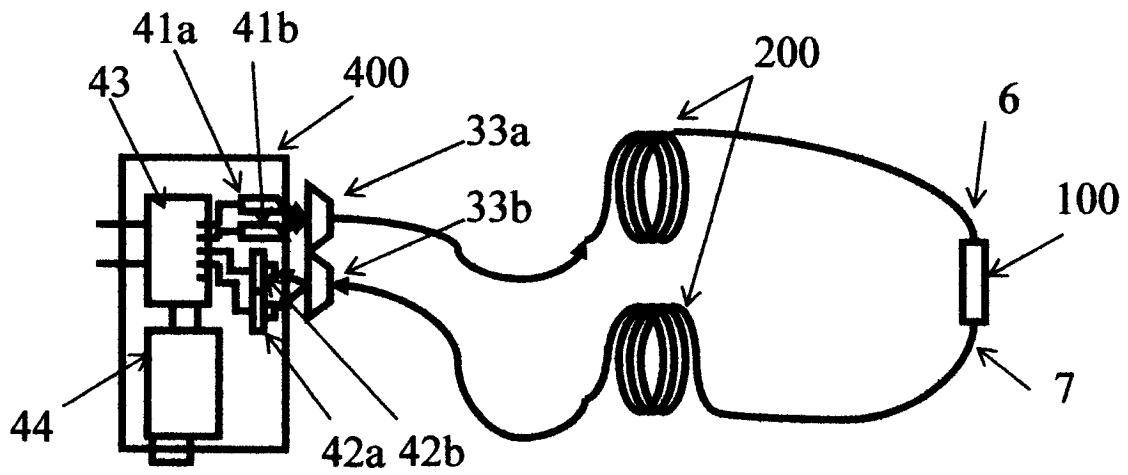


图10

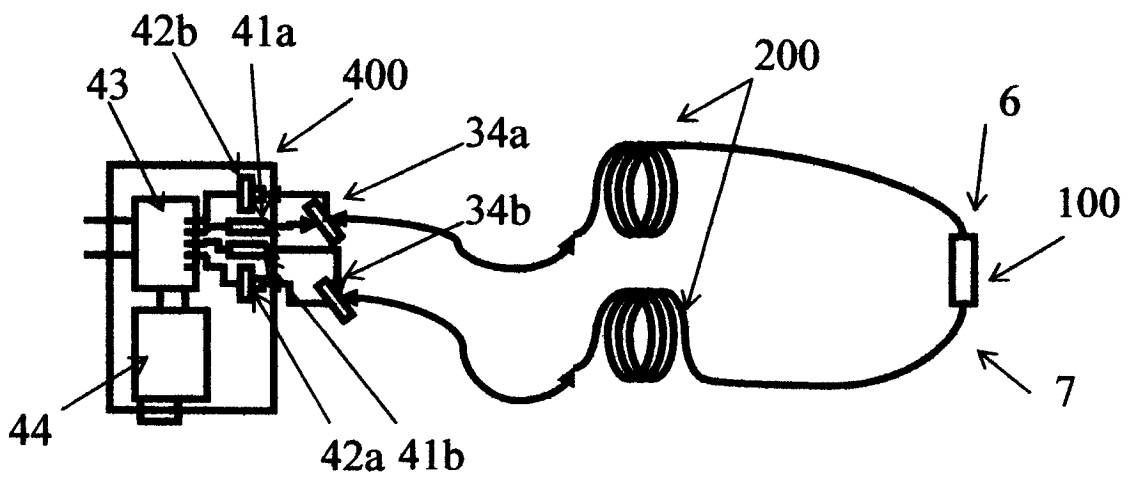


图11