



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103116057 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 22

(21) 申请号 201310018161. 9

(22) 申请日 2013. 01. 18

(71) 申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路 516 号

(72) 发明人 焦新兵 雷文锋 阮长江 张俊杰

马跃 马立新

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司

31001

代理人 吴宝根

(51) Int. Cl.

G01R 19/00 (2006. 01)

G01R 15/24 (2006. 01)

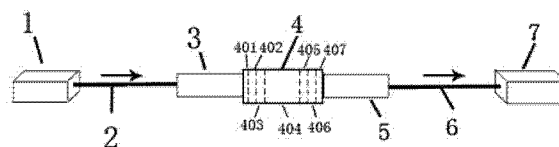
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法,沿光路依次包括光源、输入光纤、输入光纤准直器、石榴石模块、输出光纤准直器、输出光纤、探测器,所述石榴石模块为以石榴石为核心的层状模块,包括保护层、永磁薄膜、缓冲层和石榴石,石榴石模块两端最外层为防止永磁薄膜被氧化的保护层;向内为用于对中间层石榴石提供外加磁场的永磁薄膜;再向内为缓冲层;中间为永磁薄膜。光路元件少、系统设计简便、可靠性高。采用永磁薄膜固定电流传感器的初始零点,永磁薄膜具有起偏检偏的作用,光路通过的磁场强度大,平行度好,偏振光的旋转角大,精度高。为特高压电力系统监测电流提供技术支持。



1. 一种石榴石型光电式电流传感器装置,其特征在于,依次包括光源(1)、输入光纤(2)、输入光纤准直器(3)、石榴石模块(4)、输出光纤准直器(5)、输出光纤(6)、探测器(7),所述石榴石模块(4)为以石榴石为核心的层状模块,包括保护层、永磁薄膜、缓冲层和石榴石,石榴石模块(4)两端最外层为防止永磁薄膜被氧化的保护层(401、407);向内为用于对中间层石榴石(404)提供外加磁场的永磁薄膜(402、406);再向内为缓冲层(403、405);中间为永磁薄膜(404)。

2. 根据权利要求1所述石榴石型光电式电流传感器装置,其特征在于,所述保护层为Ta、Cr、SiO₂中一种或者一种以上,厚度5nm~1μm。

3. 根据权利要求1所述石榴石型光电式电流传感器装置,其特征在于,所述永磁薄膜为钕铁硼、钕钴、铝镍钴中的一种或一种以上,厚度为10nm~50μm。

4. 根据权利要求1所述石榴石型光电式电流传感器装置,其特征在于,所述缓冲层为Cr、Ta、Ag、Al中一种或一种以上,厚度为5nm~10μm。

5. 根据权利要求1所述石榴石型光电式电流传感器装置,其特征在于,所述永磁薄膜为脊部和沟槽间隔条状分布结构。

6. 一种石榴石型光电式电流传感器装置制备方法,沿光路依次设置光源(1)、输入光纤(2)、输入光纤准直器(3)、石榴石模块(4)、输出光纤准直器(5)、输出光纤(6)、探测器(7),其特征在于,所述石榴石模块(4)制备步骤如下:

1) 石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;

2) 采用两片不锈钢掩模版分别压贴于石榴石表面,两掩模版之间夹角固定,夹角范围: $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;

3) 将石榴石及掩模版放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优于 1.0×10^{-4} Pa时,加热石榴石(404)至350~500℃,工作气压为0.2~5Pa;分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温1小时;然后升温至550℃~800℃进行二次回火;冷却至室温时生长保护层SiN或者SiO₂薄膜;

4) 产物从薄膜生长系统中取出,并进行充磁,石榴石材料两侧表面形成条状间隔分布的永磁薄膜,得到石榴石模块。

7. 一种石榴石型光电式电流传感器装置制备方法,沿光路依次设置光源(1)、输入光纤(2)、输入光纤准直器(3)、石榴石模块(4)、输出光纤准直器(5)、输出光纤(6)、探测器(7),其特征在于,所述石榴石模块(4)制备步骤如下:

I) 石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;

II) 将石榴石放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优于 1.0×10^{-4} Pa时,加热石榴石(404)至350~500℃,工作气压为0.2~5Pa;石榴石前后分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温1小时;然后升温至550℃~800℃进行二次回火;冷却至室温时生长保护层SiN或者SiO₂薄膜;

III) 产物从薄膜生长系统中取出,采用激光直刻法对石榴石上的永磁薄膜进行刻蚀,形成脊部与沟槽相间分布的永磁薄膜;永磁薄膜周期小于入射激光波长,其中脊部宽度与周期的比值为0.25~0.75;石榴石两侧的永磁薄膜夹角范围 $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;对永磁薄膜进行充磁,形成石榴石模块(4)。

石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种传感器,特别涉及一种石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法。

背景技术

[0002] 光电式电流传感器 (Optical Current Sensor) 是以磁光法拉第效应为基础,直接或间接对电流进行测试的装置。光电式电流传感器相对于传统电磁式电流互感器具有如下优点:绝缘性能好、无漏油爆炸危险、不会产生磁饱和及铁磁共振、频带宽、动态范围大、结构紧凑重量轻、适合继电保护和谐波检测等优点。

[0003] 光电式电流传感器按照原理与结构分为有源型、无源型、全光纤型及石榴石型。电流传感器测试结果的线性化、误差、零点附近准确度是非常重要的参数。中国专利 200610060605.5、200910056802.3, 美国专利 US20020145414A1、US20010008456A1、US005691837A、US005451864A、US006404190B1、US5075546、US20030146748A1 提及采用小尺寸磁光晶体结合光学元件来探测电流或者磁场的变化,但对于测试结果的非线性化及零点漂移问题没有给出具体解决方案。在先前发明专利中,一种磁光电流传感器及其制造方法(参见发明专利:申请号 200910183929.1)及磁光电流传感器及其制造方法(参见发明专利,申请号:201010168763.9)提到解决零点漂移的解决方案及模块化处理解决光纤抖动引起的噪声,该系统有相当多的优点,但是外界振动、器件抖动等因素对系统的影响较大,此外还有如下不足,有待提高:

- 1、光学元件数量多,系统光路调整复杂,继而增大了引入误差的几率;
- 2、石榴石前偏振片增大了整个器件的体积及成本,不利于系统的高集成化。

发明内容

[0004] 本发明是针对光电式电流传感器存在的问题,提出了一种石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法,在提高传感器的测量精度、扩大测量范围、解决零点漂移问题的同时,提高传感器测量结果的线性化并进一步优化器件结构。

[0005] 本发明的技术方案为:一种石榴石型光电式电流传感器装置,依次包括光源、输入光纤、输入光纤准直器、石榴石模块、输出光纤准直器、输出光纤、探测器,所述石榴石模块为以石榴石为核心的层状模块,包括保护层、永磁薄膜、缓冲层和石榴石,石榴石模块两端最外层为防止永磁薄膜被氧化的保护层;向内为用于对中间层石榴石提供外加磁场的永磁薄膜;再向内为缓冲层;中间为永磁薄膜。

[0006] 所述保护层为 Ta、Cr、SiO₂ 中一种或者一种以上,厚度 5nm ~ 1μm。

[0007] 所述永磁薄膜为钕铁硼、钕钴、铝镍钴中的一种或一种以上,厚度为 10nm ~ 50μm。

[0008] 所述缓冲层为 Cr、Ta、Ag、Al 中一种或一种以上,厚度为 5nm ~ 10μm。

[0009] 所述永磁薄膜为脊部和沟槽间隔条状分布结构。

[0010] 一种石榴石型光电式电流传感器装置制备方法,沿光路依次设置光源、输入光纤、

输入光纤准直器、石榴石模块、输出光纤准直器、输出光纤、探测器,所述石榴石模块制备步骤如下:

- 1) 石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;
- 2) 采用两片不锈钢掩模版分别压贴于石榴石表面,两掩模版之间夹角固定,夹角范围: $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;
- 3) 将石榴石及掩模版放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优 1.0×10^{-4} Pa 时,加热石榴石至 $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$,工作气压为 $0.2 \sim 5$ Pa;分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温 1 小时;然后升温至 $550^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 进行二次回火;冷却至室温时生长保护层 SiN 或者 SiO_2 薄膜;
- 4) 产物从薄膜生长系统中取出,并进行充磁,石榴石材料两侧表面形成条状间隔分布的永磁薄膜,得到石榴石模块。

[0011] 一种石榴石型光电式电流传感器装置制备方法,沿光路依次设置光源、输入光纤、输入光纤准直器、石榴石模块、输出光纤准直器、输出光纤、探测器,所述石榴石模块制备步骤如下:

- I) 石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;
- II) 将石榴石放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优 1.0×10^{-4} Pa 时,加热石榴石至 $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$,工作气压为 $0.2 \sim 5$ Pa;石榴石前后分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温 1 小时;然后升温至 $550^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 进行二次回火;冷却至室温时生长保护层 SiN 或者 SiO_2 薄膜;
- III) 产物从薄膜生长系统中取出,采用激光直刻法对石榴石上的永磁薄膜进行刻蚀,形成脊部与沟槽相间分布的永磁薄膜;永磁薄膜周期小于入射激光波长,其中脊部宽度与周期的比值为 $0.25 \sim 0.75$;石榴石两侧的永磁薄膜夹角范围 $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;对永磁薄膜进行充磁,形成石榴石模块。

[0012] 本发明的有益效果在于:本发明石榴石型光电式电流传感器装置及制备方法,光路元件少、系统设计简便、可靠性高。采用永磁薄膜固定电流传感器的初始零点,永磁薄膜具有起偏检偏的作用,光路通过的磁场强度大,平行度好,偏振光的旋转角大,精度高。为特高压电力系统监测电流提供技术支持。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明石榴石型光电式电流传感器装置结构示意图;

图 2 为本发明石榴石型光电式电流传感器装置中石榴石晶体模块的输入端永磁薄膜结构示意图;

图 3 为本发明石榴石型光电式电流传感器装置中石榴石晶体模块的输出端永磁薄膜结构示意图。

具体实施方式

[0014] 如图 1 所示石榴石型光电式电流传感器装置结构示意图,采用高集成设计,依次包括光源 1、输入光纤 2、输入光纤准直器 3、石榴石模块 4、输出光纤准直器 5、输出光纤 6、

探测器 7。

[0015] 石榴石模块 4 两端最外层为保护层 401、407 用于防止永磁薄膜被氧化,保持永磁薄膜的磁性;向内为永磁薄膜 402、406 用于对中间层石榴石 404 提供外加磁场,产生石榴石 404 的磁化方向;再向内为缓冲层 403、405;中间为永磁薄膜 404。

[0016] 光源 1 用于提供点或面光源;依次进入石榴石模块 4 的保护层 401、永磁薄膜 402、缓冲层 403 共同作用将光源 1 产生的光转换成线偏振光,通过永磁薄膜使石榴石 404 内偏振光旋转后,再依次通过缓冲层 405、永磁薄膜 406、保护层 407 进行检偏器的作用后输出;最后通过探测器 7 探测偏振光法拉第旋转角度的变化。

[0017] 石榴石型光电式电流传感器装置中保护层 401、407 为 Ta、Cr、SiO₂ 中一种或者一种以上,厚度 5nm ~ 1μm;所述永磁薄膜 402、406 为钕铁硼、钕钴、铝镍钴中的一种或一种以上,厚度为 10nm ~ 50μm;所述缓冲层 403、405 为 Cr、Ta、Ag、Al 中一种或一种以上,厚度为 5nm ~ 10μm。

[0018] 石榴石型光电式电流传感器装置,光源 1 为传感器提供点或面光源,输入光纤 2、输出光纤传输信号,输入光纤准直器 3、输出光纤准直器 3 优化光信号质量;石榴石模块 4 输入端永磁薄膜 402 表面形成条状分布的永磁薄膜光栅,永磁薄膜 402 的脊部和沟槽间隔分布,永磁薄膜 402 周期小于激光波长,永磁薄膜 402 能将光源转化为线偏振光,并具有偏振器的作用,如图 2 所示。线偏振光经过石榴石 404,到达具有检偏作用的永磁薄膜 406,之后线偏振光到达探测器,检偏作用的永磁薄膜 406 结构如图 3 所示。

[0019] 石榴石型光电式电流传感器装置中核心部件石榴石模块 4 的制备方法:I、石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;II、采用两片不锈钢掩模版分别压贴于石榴石表面,两掩模版之间夹角固定,夹角范围: $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;III、将石榴石及掩模版放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优 1.0×10^{-4} Pa 时,加热石榴石(404)至 350 ~ 500℃,工作气压为 0.2 ~ 5Pa;分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温 1 小时;然后升温至 550℃ ~ 800℃进行二次回火;冷却至室温时生长保护层 SiN 或者 SiO₂ 薄膜;IV、产物从薄膜生长系统中取出,并进行充磁,得到石榴石模块。

[0020] 石榴石型光电式电流传感器装置中核心部件石榴石模块 4 亦可采取以下方法获得,I、石榴石放置于超声波清洗器中清洗并烘干;II、将石榴石放置于薄膜生长系统(磁控溅射仪或者电子束蒸发系统),抽真空;系统本底真空度优 1.0×10^{-4} Pa 时,加热石榴石(404)至 350 ~ 500℃,工作气压为 0.2 ~ 5Pa;石榴石前后分别生长缓冲层、永磁薄膜,保温 1 小时;然后升温至 550℃ ~ 800℃进行二次回火;冷却至室温时生长保护层 SiN 或者 SiO₂ 薄膜;III、产物从薄膜生长系统中取出,采用激光直刻法对石榴石上的永磁薄膜进行刻蚀,形成脊部与沟槽相间分布的永磁薄膜;永磁薄膜周期小于入射激光波长,其中脊部宽度与周期的比值为 0.25 ~ 0.75;石榴石两侧的永磁薄膜夹角范围 $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$;对永磁薄膜进行充磁,即形成石榴石模块。

[0021] 将充磁后的石榴石模块 4 放置于事先搭建的光学系统,采用正交消光法测量法拉第旋转角,根据安培定律计算出外界电流或者磁场的强度。

[0022] 综上所述,石榴石型光电式电流传感器装置,设计独特且巧妙,结构简单,使用方便,光学元件少、系统设计简便、可靠性高精度高,可作为光学电流传感器的理想选择。此外,本技术在光学磁场传感器、零电位监测器、磁化强度光栅、光隔离器等领域,应用前景同

样被看好。

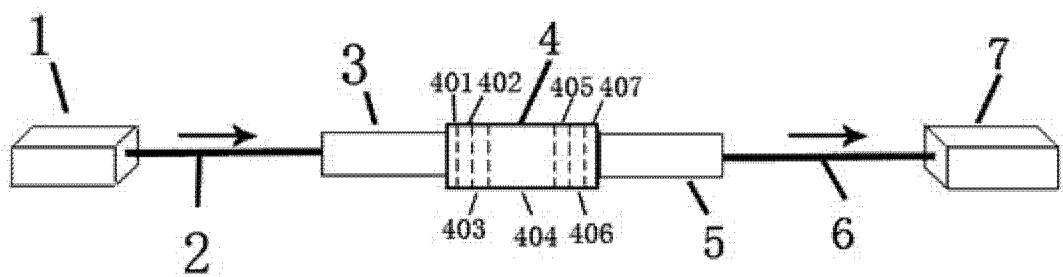


图 1

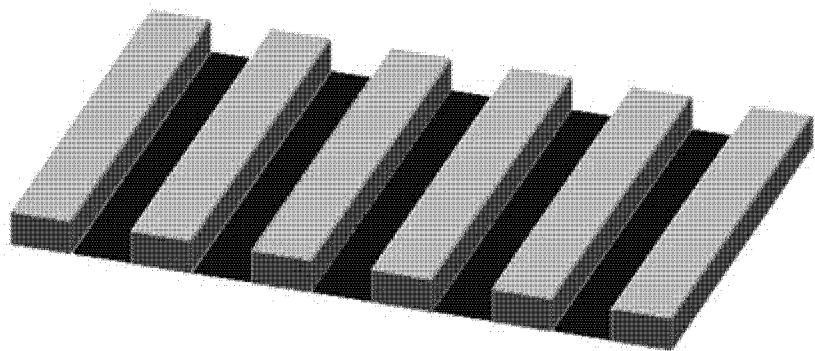


图 2

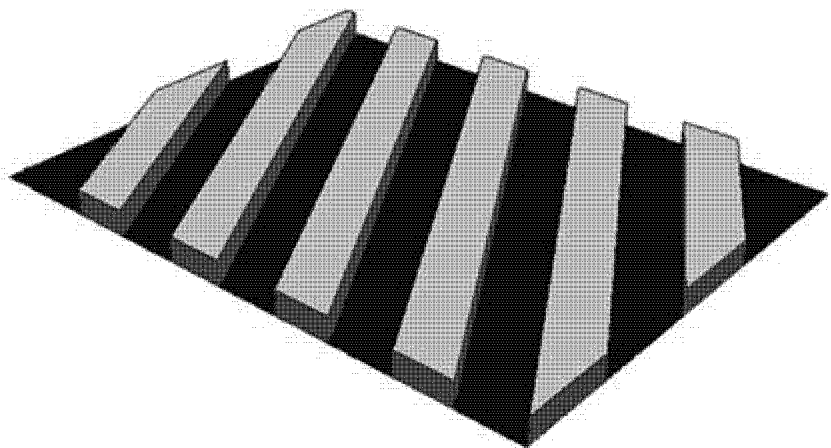


图 3