



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116580993 A

(43) 申请公布日 2023.08.11

(21) 申请号 202310411552.0

(22) 申请日 2023.04.17

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

申请人 上海中船重工船舶推进设备有限公司

(72) 发明人 黄振 李婉 李姗 张洋 陈琳

马群南 谭皓文

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司

公司 31236

专利代理师 胡晶

(51) Int. Cl.

H01H 37/02 (2006.01)

H01H 11/00 (2006.01)

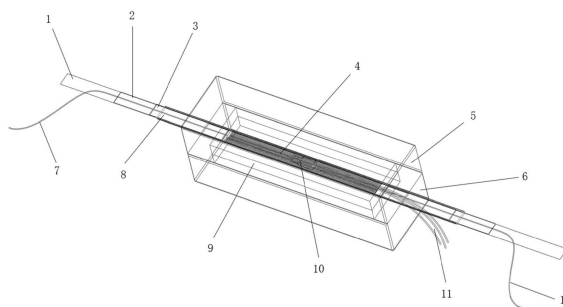
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54) 发明名称

热控式超导开关及其制作方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种热控式超导开关及其制作方法,涉及超导开关技术领域,包括超导带材、支撑金属片、加热组件、保温腔以及紧固件;超导带材、支撑金属片以及加热组件三者依次堆叠设置,加热组件的加热部分位于保温腔内,紧固件用于将超导带材、支撑金属片以及加热组件三者紧固连接。通过将加热丝缠绕在加热金属片上,利用支撑金属片通过热传导来加热超导带材,有助于减少加热组件直接对超导带材加热造成的超导带材的折损,且借助支撑金属片将加热丝与超导带材分隔,有助于减少加热丝不平整的表面产生的损伤,有助于提高超导开关的使用寿命。支撑金属片还解决了在低温环境冷冲击的作用下可能导致超导带材在宽度方向的形变的问题。



1. 一种热控式超导开关,其特征在于,包括超导带材(1)、支撑金属片(2)、加热组件、保温腔(9)以及紧固件;

所述超导带材(1)、支撑金属片(2)以及加热组件三者依次堆叠设置,所述加热组件的加热部分位于保温腔(9)内,所述紧固件用于将超导带材(1)、支撑金属片(2)以及加热组件三者紧固连接。

2. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述紧固件包括热缩套管(8),所述热缩套管(8)套设依次堆叠的超导带材(1)、支撑金属片(2)以及加热组件。

3. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述加热组件包括加热金属片(3)和加热丝(4),所述加热丝(4)缠绕在加热金属片(3)上,且所述加热丝(4)与支撑金属片(2)接触。

4. 如权利要求3所述的热控式超导开关,其特征在于,所述加热金属片(3)、支撑金属片(2)以及超导带材(1)三者长度的两端均伸出保温腔(9)。

5. 如权利要求3所述的热控式超导开关,其特征在于,所述加热丝(4)缠绕在加热金属片(3)上的整体宽度大于等于超导带材(1)的宽度;

所述支撑金属片(2)的宽度大于等于超导带材(1)的宽度。

6. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述支撑金属片(2)的厚度在100um-200um。

7. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述保温腔(9)内设置有测温探头(10),所述测温探头(10)的信号线(11)延伸出保温腔(9)并与测温仪电连接。

8. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述保温腔(9)外壁的材质包括绝热泡沫。

9. 如权利要求1所述的热控式超导开关,其特征在于,所述热控式超导开关的工作环境为能够使超导带材(1)导通的低温环境。

10. 一种热控式超导开关的制作方法,其特征在于,用于制作权利要求1-9任一项所述的热控式超导开关,制作方法包括如下步骤:

S1、制作保温腔(9);

S2、将超导带材(1)、支撑金属片(2)、加热组件以及测温探头(10)上涂抹低温导热硅脂,再依次放入热缩套管(8)中并调整至合适的位置;

S3、对热缩套管(8)加热,直至热缩套管(8)将超导带材(1)、支撑金属片(2)、加热组件以及测温探头(10)完全紧固;

S4、将紧固后的整体放入保温腔(9)内;

S5、将连接处密封。

## 热控式超导开关及其制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超导开关技术领域,具体地,涉及一种热控式超导开关及其制作方法。

### 背景技术

[0002] 热控式超导恒流开关“关断”的工作原理是通过加热超导带材使其失超,从而实现超导恒流开关由开到关的转变。

[0003] 现有公告号为CN102054623B的中国专利申请文献,其公开了一种热控式超导开关,包括开关骨架、超导线圈、加热器和绝热层。超导开关骨架由导热差的绝缘材料制成;超导线圈由高电阻率的超导线无感绕制而成。加热器包括齿状不锈钢薄片和聚酰亚胺薄膜,超导线圈和加热器间隔排列,每层超导线圈的内外表面均粘贴加热器。绝热层位于最外层加热器的外侧。

[0004] 现有技术中将加热器直接粘贴在超导带材上,由于超导带材厚度是几百甚至几十微米级,热控式超导开关由开到关的转变过程中涉及到温度的变化,直接对超导带材进行加热,容易造成超导带材折损,影响热控式超导开关的使用寿命。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种热控式超导开关及其制作方法。

[0006] 根据本发明提供一种热控式超导开关,包括超导带材、支撑金属片、加热组件、保温腔以及紧固件;所述超导带材、支撑金属片以及加热组件三者依次堆叠设置,所述加热组件的加热部分位于保温腔内,所述紧固件用于将超导带材、支撑金属片以及加热组件三者紧固连接。

[0007] 优选地,所述紧固件包括热缩套管,所述热缩套管套设依次堆叠的超导带材、支撑金属片以及加热组件。

[0008] 优选地,所述加热组件包括加热金属片和加热丝,所述加热丝缠绕在加热金属片上,且所述加热丝与支撑金属片接触。

[0009] 优选地,所述加热金属片、支撑金属片以及超导带材三者长度的两端均伸出保温腔。

[0010] 优选地,所述加热丝缠绕在加热金属片上的整体宽度大于等于超导带材的宽度;所述支撑金属片的宽度大于等于超导带材的宽度。

[0011] 优选地,所述支撑金属片的厚度在100um-200um。

[0012] 优选地,所述保温腔内设置有测温探头,所述测温探头的信号线延伸出保温腔并与测温仪电连接。

[0013] 优选地,所述保温腔外壁的材质包括绝热泡沫。

[0014] 优选地,所述热控式超导开关的工作环境为能够使超导带材导通的低温环境。

[0015] 根据本发明提供一种热控式超导开关的制作方法,制作方法包括如下步骤:

[0016] S1、制作保温腔；

[0017] S2、将超导带材、支撑金属片、加热组件以及测温探头上涂抹低温导热硅脂，再依次放入热缩套管中并调整至合适的位置；

[0018] S3、对热缩套管加热，直至热缩套管将超导带材、支撑金属片、加热组件以及测温探头完全紧固；

[0019] S4、将紧固后的整体放入保温腔内；

[0020] S5、将连接处密封。

[0021] 与现有技术相比，本发明具有如下的有益效果：

[0022] 1、本发明通过将加热丝缠绕在加热金属片上，利用支撑金属片通过热传导来加热超导带材，有助于减少加热组件直接对超导带材加热造成的超导带材的折损，且借助支撑金属片将加热丝与超导带材分隔，有助于减少加热丝不平整的表面对于超导带材产生的损伤，有助于提高超导开关的使用寿命。

[0023] 2、本发明通过支撑金属片解决了在低温环境冷冲击的作用下可能导致超导带材在宽度方向的形变的问题，在开关运行的过程中由于热量变化导致的形变会影响内部超导带材的延展，支撑铜片能够起到帮助超导带材承受横向不均匀压力的作用。

[0024] 3、本发明通过测温探头对保温腔内的温度进行实时监控，有助于提高工作人员控制热控式超导开关工作状态的便捷性。

## 附图说明

[0025] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述，本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显：

[0026] 图1为本发明主要体现热控式超导开关整体结构示意图。

[0027] 图中所示：

[0028] 超导带材1	加热丝正极7
[0029] 支撑金属片2	热缩套管8
[0030] 加热金属片3	保温腔9
[0031] 加热丝4	测温探头10
[0032] 第一绝热泡沫外壳5	信号线11
[0033] 第二绝热泡沫外壳6	加热丝负极12

## 具体实施方式

[0034] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明，但不以任何形式限制本发明。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0035] 如图1所示，根据本发明提供的一种热控式超导开关，包括超导带材1、支撑金属片2、加热组件、保温腔9以及紧固件。超导带材1、支撑金属片2以及加热组件三者依次堆叠设置，加热组件的加热部分位于保温腔9内，紧固件用于将超导带材1、支撑金属片2以及加热组件三者紧固连接。加热组件的加热部分通过支撑金属片2以热传导的方式对超导带材1进

行加热,解决了超导带材1易折损,影响热控式超导开关运行性能的问题。

[0036] 具体地,超导带材1的形状呈长条带状,支撑金属片2和加热组件二者的形状与超导带材1相同或相似。其中,加热组件包括加热金属片3和加热丝4,加热丝4缠绕在加热金属片3上,且加热丝4与支撑金属片2接触。需要说明的是:加热金属片3具有一定的结构强度,且具有导热性能,本申请的加热金属片3优选采用铜片,加热丝4可以选用现有技术中符合本申请环境和功能需求的任一种加热丝4,本申请的加热丝4优选采用镍铬丝。

[0037] 进一步地,支撑金属片2需要对超导带材1进行支撑的同时,将加热组件的加热部分产生的热量传导至超导带材1上。支撑金属片2需要具有一定的结构强度,和良好的导热性能。本申请优选支撑金属片2为铜片。

[0038] 加热丝正极7和加热丝负极12分别与外部加热电源连接,加热丝4产生的热量通过支撑金属片2传递至超导带材1,使超导带材1失超,实现超导恒流开关由开到关的转变。

[0039] 更进一步地,加热丝4缠绕在加热金属片3上的整体宽度大于等于与超导带材1的宽度,目的是为了减少超导带材1承受的外部冲击,防止超导带材1在力的作用下形变弯折。设置在加热丝4与超导带材1之间的支撑金属片2还起到将加热丝4与超导带材1分隔的作用,原因是因为加热丝4表面不平整,在热控式超导开关运行的过程中由于热量变化产生的变形会影响位于保温腔9内部的超导带材1的延展,超导带材1受到不均匀的横向压力,在低温环境冷冲击的作用下可能导致超导带材1在宽度方向的形变。因此,设置支撑金属片2的宽度大于等于超导带材1的宽度。支撑金属片2的厚度在100um-200um。支撑金属片2的厚度太厚,会影响纵向延展性,太薄起不到承受横向不均匀压力的作用。

[0040] 再进一步地,为了提高传热效率,超导带材1、支撑金属片2、加热金属片3、加热丝4以及测温探头10的表面都均匀涂抹低温导热硅脂。

[0041] 更为具体地,紧固件包括热缩套管8,热缩套管8套设依次堆叠的超导带材1、支撑金属片2以及加热组件。热缩套管8具有加热收缩的特性,同时热缩套管8本身比较柔软,不会损坏超导带材1。保温腔9内设置有测温探头10,测温探头10的信号线11延伸出保温腔9并与测温仪电连接,可实时读出保温腔9中的温度,通过控制加热电源的输出功率即可控制保温腔9中的温度保持恒定。需要说明的是,测温探头10可以集成在热缩套管8内。测温探头10的信号线11沿热缩套管8的长度方向伸出保温腔9,且加热丝正极7和加热丝负极12二者分别沿热缩套管8长度方向的两端延伸出保温腔9。

[0042] 保温腔9外壁的材质包括绝热泡沫。本申请提出一种可行的保温腔9的实施方式为:保温腔9由第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6组合而成,在第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6的内部制作热阱结构储存热量,该热阱结构即为保温腔9。且第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6的接口缝隙处使用耐低温密封胶密封连接。

[0043] 需要进一步说明的是:热缩套管8、加热金属片3、支撑金属片2以及超导带材1四者长度的两端均自第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6的连接处伸出保温腔9,热缩套管8、加热金属片3、支撑金属片2以及超导带材1四者与第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6的连接处均采用耐低温密封胶密封连接。

[0044] 优选地,超导带材1两端伸出保温腔9的长度大于支撑金属片2两端伸出保温腔9的长度,支撑金属片2两端伸出保温腔9的长度大于加热金属片3两端伸出保温腔9的长度,加热金属片3两端伸出保温腔9的长度大于热缩套管8两端伸出保温腔9的长度。

[0045] 热控式超导开关的工作环境为能够使超导带材1导通的低温环境。现有技术中通常将热控式超导开关设置在液氮环境中。当需要将热控式超导开关开通时,只需要关闭加热源,由于热缩套管8、加热金属片3、支撑金属片2以及超导带材1四者均伸出保温腔9,且热缩套管8、加热金属片3、支撑金属片2以及超导带材1四者均具有一定的导热能力,借助热控式超导开关工作的低温环境使位于保温腔9内的超导带材1的温度降至超导带材1的临界温度以下,热控式超导开关导通。

[0046] 本发明还提出一种热控式超导开关的制作方法,用于制作上述热控式超导开关,制作方法包括如下步骤:

[0047] S1、制作保温腔9。具体地,先剪裁出两块大小适中的绝热泡沫作为第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6,分别在第一绝热泡沫外壳5和第二绝热泡沫外壳6的中心处各掏出一个大小和深度适中的槽,之后再在槽中灌入适量绝热胶,使其流平,并等待其干透。

[0048] S2、将超导带材1、支撑金属片2、加热组件以及测温探头10上涂抹低温导热硅脂,再依次放入热缩套管8中并调整至合适的位置。

[0049] S3、对热缩套管8加热,直至热缩套管8将超导带材1、支撑金属片2、加热组件以及测温探头10完全紧固。具体地,对热缩套管8加热可以采用热风枪。

[0050] S4、将紧固后的整体放入保温腔9内。

[0051] S5、将连接处密封。

[0052] 在本申请的描述中,需要理解的是,术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。

[0053] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

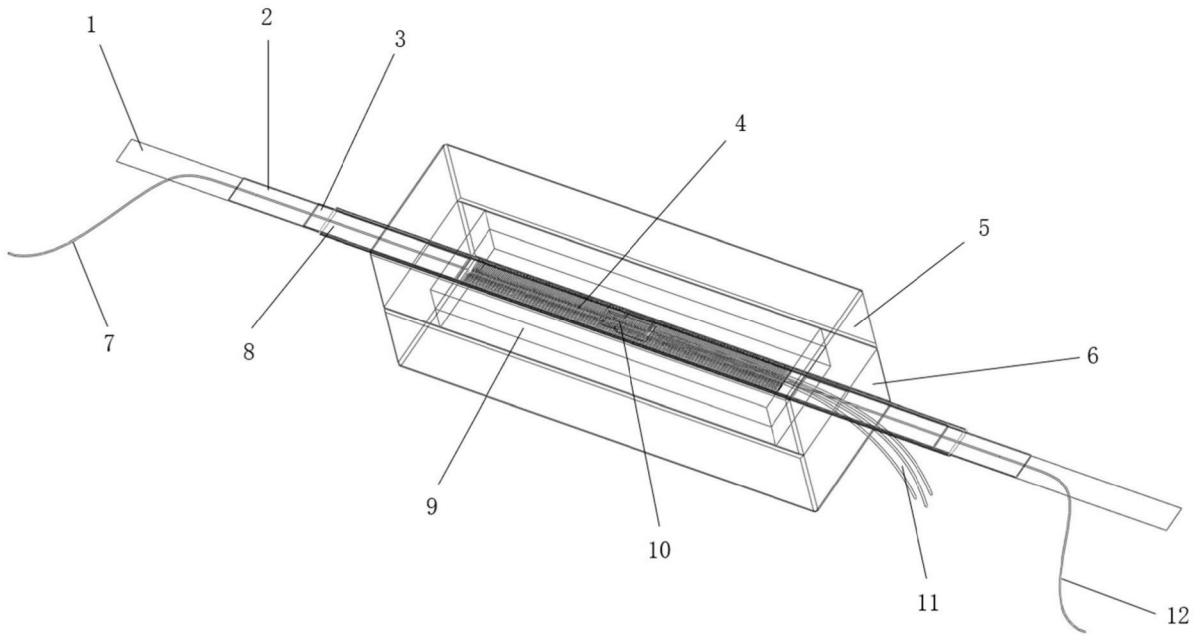


图1