



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112393818 B

(45) 授权公告日 2021.10.15

(21) 申请号 202011267138.X

审查员 王蕾

(22) 申请日 2020.11.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112393818 A

(43) 申请公布日 2021.02.23

(73) 专利权人 湖南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路28号

(72) 发明人 何赟泽 余赛波 任丹彤 耿学峰

隋子豪

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务所有限责任公司 43113

代理人 郭立中 曾利平

(51) Int. Cl.

G01K 7/36 (2006.01)

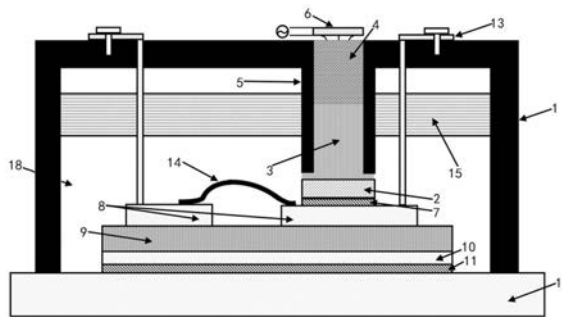
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种功率模块的测温系统及测温方法

(57) 摘要

本发明公开了一种功率模块、功率模块的测温系统及方法,在功率模块内增设绝缘导热层和热电层,将功率器件表面的热量转换成电能,再由柔性涡流探头检测由热量转换后的电能,由此测量功率器件表面的温度,该测温系统及方法为非接触式测温方式,能够在保证功率模块正常运行的情况下进行实时高精度温度检测,相对于传统的通过引线接到器件外部进行测量的方法,减少了多余的触点,提高了测量的可靠性,且柔性涡流探头采集的感应电压与功率器件的温度是一一对应的,测量结果的精度更高,相较于红外热像仪测温方法,本发明的测温方法成本较低,操作性更强,能够适应比较恶劣的工况环境。



1. 一种功率模块的测温系统,所述功率模块包括绝缘壳体、以及封装于所述绝缘壳体内部的功率器件,所述功率器件包括多个引脚,至少部分延伸至绝缘壳体外部的引脚作为功率模块的对外连接端,其特征在于:

在所述功率器件的表面铺设有绝缘导热层,在所述绝缘导热层上铺设有热电层,且所述热电层延伸至绝缘壳体的外表面;

所述测温系统包括柔性涡流探头和信号处理电路,所述柔性涡流探头与信号处理电路电性连接,所述柔性涡流探头设于所述热电层上。

2. 如权利要求1所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:在所述绝缘导热层和热电层外设有绝缘保温层。

3. 如权利要求1所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:所述绝缘壳体包括基板和绝缘盖体,所述功率器件封装于由所述基板和绝缘盖体所构成的空腔内,且所述功率器件设于所述基板上。

4. 如权利要求3所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:所述基板从上至下依次包括上焊料层、上铜层、陶瓷衬板、下铜层、下焊料层以及散热层,所述绝缘盖体设于所述散热层上。

5. 如权利要求3所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:所述基板包括焊料层和导电层,所述基板设于所述绝缘盖体内,且所述导电层延伸至所述绝缘盖体外。

6. 如权利要求1所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:所述热电层是由碲化铋基热电材料构成。

7. 如权利要求1所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于:所述柔性涡流探头包括检测线圈和激励线圈,所述信号处理电路包括第一放大器、第一带通滤波器、第二放大器、第二带通滤波器、DDS信号发生器、幅值检测比较模块、处理控制模块以及显示模块;

所述检测线圈、第一放大器以及第一带通滤波器依次连接,所述DDS信号发生器、第二放大器、第二带通滤波器以及激励线圈依次连接,所述第一带通滤波器的输出端、第二带通滤波器的输出端分别与所述幅值检测比较模块的输入端连接,所述幅值检测比较模块的输出端与处理控制模块的输入端连接,所述处理控制模块的输出端与DDS信号发生器的控制端连接,所述处理控制模块还与所述显示模块连接。

8. 一种功率模块的测温方法,基于权利要求1~7中任一项所述的一种功率模块的测温系统,其特征在于,包括以下步骤:

在柔性涡流探头通入频率、幅值可调的正弦信号,使功率模块的热电层产生涡流;

采用所述柔性涡流探头采集由热电层涡流产生的感应电压;

将所述感应电压与正弦信号分别进行幅值检测和比较,得到比较后信号的幅值;

根据感应电压与温度之间的对应关系,将比较后信号的幅值转换成对应的温度值。

一种功率模块的测温系统及测温方法

技术领域

[0001] 本发明属于功率器件技术领域,尤其涉及一种功率模块、功率模块的测温系统及方法。

背景技术

[0002] 功率器件按照电流、电压等级的不同,一般采用金属-氧化物-半导体场效应晶体管(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET)或绝缘栅双极晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)。由于功率器件在导通和关断的转换瞬间都会产生功耗,其结温要远高于环境温度,因此需要对功率器件进行实时的温度监测,确保功率器件的安全工作。

[0003] 目前主要的测温方法是通过测量功率器件的电参数来表征功率器件的温度。例如:在功率器件内部加入热电偶等热敏材料,通过引线连接到外部进行测温;利用红外热像仪在功率器件外部进行测温。电参数法的缺陷在于:1、其测量的是功率器件内部的平均结温,不适用于器件表面温度要求精确的场合;2、器件本身很小的同时在器件内部加入热电偶等热敏材料向外引出接线,接线过多会导致测量不易,且引线容易脱落导致测温方法不可靠;3、利用红外热像仪需要破坏功率器件的封装形式,成本较高且不具有实时性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种功率模块、功率模块的测温系统及方法,以解决现有测温方法测温精度不高,无法实时监测,成本较高,以及接线过多导致引线易脱落等问题。

[0005] 本发明独立权利要求的技术方案解决了上述发明目的中的一个或多个。

[0006] 本发明是通过如下的技术方案来解决上述技术问题的:一种功率模块,包括绝缘壳体、以及封装于所述绝缘壳体内的功率器件,所述功率器件包括多个引脚,至少部分延伸至绝缘壳体外部的引脚作为功率模块的对外连接端,其特征在于:在所述功率器件的表面铺设绝缘导热层,在所述绝缘导热层上铺设热电层,且所述热电层延伸至绝缘壳体的外表面。

[0007] 在不改变原有功率器件的电气属性和工作状态的情况下,绝缘导热层将功率器件表面的热量收集并传递至热电层,由热电层将热量转换成电能,以便进行温度监测或检测时由涡流探头进行采集,根据采集结果得到功率器件表面的温度。对该功率模块进行温度监测或检测为非接触式测温方式,测温精度高,能够实时监测,成本较低,在原有功率器件的基础上未增加引线,避免了因引线脱落导致不能进行测温的问题。

[0008] 进一步地,在所述绝缘导热层和热电层外设有绝缘保温层。通过绝缘保温层将绝缘导热层和热电层包裹在内,防止在热量传递过程中造成热量损失,提高功率模块的测温精度。

[0009] 进一步地,所述绝缘壳体包括基板和绝缘盖体,所述功率器件封装于由所述基板和绝缘盖体所构成的空腔内,且所述功率器件设于所述基板上。

[0010] 进一步地,所述基板从上至下依次包括上焊料层、上铜层、陶瓷衬板、下铜层、下焊料层以及散热层,所述绝缘盖体设于所述散热层上。

[0011] 进一步地,所述基板包括焊料层和导电层,所述基板设于所述绝缘盖体内,且所述导电层延伸至所述绝缘盖体外。

[0012] 进一步地,所述热电层是由碲化铋基热电材料构成,碲化铋基热电材料具有高热电性能和高机械性能。

[0013] 本发明还提供一种如上所述功率模块的测温系统,包括柔性涡流探头和信号处理电路,所述柔性涡流探头与信号处理电路电性连接,所述柔性涡流探头设于热电层上。

[0014] 热电层的电导率与温度呈正相关关系,当功率器件表面的温度发生变化时,热电层的温度随之改变,热电层的电导率也随之改变,基于电磁感应原理,柔性涡流探头获取的感应电压将发生改变,根据感应电压与功率器件温度之间的关系,得到功率器件表面的温度,这种测温方式为非接触式测温,具有高灵敏度、高实时性、低成本的优点。

[0015] 进一步地,所述柔性涡流探头包括检测线圈和激励线圈,所述信号处理电路包括第一放大器、第一带通滤波器、第二放大器、第二带通滤波器、DDS信号发生器、幅值检测比较模块、处理控制模块以及显示模块;

[0016] 所述检测线圈、第一放大器以及第一带通滤波器依次连接,所述DDS信号发生器、第二放大器、第二带通滤波器以及激励线圈依次连接,所述第一带通滤波器的输出端、第二带通滤波器的输出端分别与所述幅值检测比较模块的输入端连接,所述幅值检测比较模块的输出端与处理控制模块的输入端连接,所述处理控制模块的输出端与DDS信号发生器的控制端连接,所述处理控制模块还与所述显示模块连接。

[0017] 处理控制模块控制DDS信号发生器产生频率、幅值可调的正弦信号,该正弦信号经第二放大器、第二带通滤波器进行放大和滤波后得到稳定的正弦信号,稳定的正弦信号作为正弦交变电流通入激励线圈,激励线圈周围产生感应磁场,从而在热电层产生涡流,涡流又产生二次感应磁场,检测线圈接收热电层涡流产生的二次感应磁场,经第一放大器、第一带通滤波器的放大和滤波后得到频率和幅值稳定的感应电压,该感应电压与稳定的正弦信号经过幅值检测和比较后输入到处理控制模块,由处理控制模块将比较后信号的幅值转换为对应的温度值,并在显示模块上显示。

[0018] 本发明还提供一种如上所述功率模块的测温方法,包括以下步骤:

[0019] 在柔性涡流探头通入频率、幅值可调的正弦信号,使功率模块的热电层产生涡流;

[0020] 采用所述柔性涡流探头采集由热电层涡流产生的感应电压;

[0021] 将所述感应电压与正弦信号分别进行幅值检测和比较,得到比较后信号的幅值;

[0022] 根据感应电压与温度之间的对应关系,将比较后信号的幅值转换成对应的温度值。

[0023] 本发明的测温方法为非接触测温方式,能够在保证功率模块正常运行的情况下进行实时高精度温度检测,相对于传统的通过引线到外部进行测量的方法,减少了多余的触点,提高了测量的可靠性,且柔性涡流探头采集的感应电压与功率器件的温度是一一对应的,测量结果的精度更高,相较于红外热像仪测温方法,本发明的测温方法成本较低,操作性更强,能够适应比较恶劣的工况环境。

[0024] 有益效果

[0025] 与现有技术相比,本发明所提供的一种功率模块、功率模块的测温系统及方法,在功率模块内增设绝缘导热层和热电层,将功率器件表面的热量转换成电能,再由柔性涡流探头检测由热量转换后的电能,由此测量功率器件表面的温度,该测温系统及方法为非接触式测温方式,能够在保证功率模块正常运行的情况下进行实时高精度温度检测,相对于传统的通过引线接到器件外部进行测量的方法,减少了多余的触点,提高了测量的可靠性,且柔性涡流探头采集的感应电压与功率器件的温度是一一对应的,测量结果的精度更高,相较于红外热像仪测温方法,本发明的测温方法成本较低,操作性更强,能够适应比较恶劣的工况环境。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将对实施例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本发明的一个实施例,对于本领域普通技术人员来说,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1是本发明实施例中集成化功率模块的结构示意图;

[0028] 图2是本发明实施例中分立式功率模块的结构示意图;

[0029] 图3是本发明实施例中功率模块的测温系统结构示意图;

[0030] 图4是本发明实施例中感应电压与温度的拟合曲线;

[0031] 其中,1-绝缘盖体,2-功率器件,3-绝缘导热层,4-热电层,5-绝缘保温层,6-柔性涡流探头,7-上焊料层,8-上铜层,9-陶瓷衬板,10-下铜层,11-下焊料层,12-散热层,13-对外连接端,14-键合线,15-环氧树脂,16-焊料层,17-导电层,18-硅胶。

具体实施方式

[0032] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明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作出创造性劳动的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。

[0033] 如图1和2所示,本实施例所提供的一种功率模块,包括绝缘壳体、以及封装于绝缘壳体内部的功率器件2,功率器件2包括多个引脚,至少部分延伸至绝缘壳体外部的引脚作为功率模块的对外连接端13,在功率器件2的表面铺设有绝缘导热层3,在绝缘导热层3上铺设有热电层4,且热电层4延伸至绝缘壳体的外表面(热电层4与绝缘壳体的外表面平齐)。

[0034] 在不改变原有功率器件2的电气属性和工作状态的情况下,绝缘导热层3将功率器件2表面的热量收集并传递至热电层4,由热电层4将热量转换成电能,以便在进行温度监测或检测时由涡流探头进行采集,根据采集结果得到功率器件2表面的温度。对该功率模块进行温度监测或检测为非接触式测温方式,测温精度高,能够实时监测,成本较低,在原有功率器件2的基础上未增加引线,避免了因引线脱落导致不能进行测温的问题。

[0035] 本实施例中,在绝缘导热层3和热电层4外设有绝缘保温层5,通过绝缘保温层5将绝缘导热层3和热电层4包裹在内,防止在热量传递过程中造成热量损失,提高了功率模块的测温精度。

[0036] 如图1和2所示,绝缘壳体包括基板和绝缘盖体1,功率器件2封装于由基板和绝缘

盖体1所构成的空腔内,且功率器件2设于基板上。对于集成化功率模块,空腔内还设有环氧树脂15,在环氧树脂15的下方填充有硅胶18,通过硅胶18固定集成化功率模块内的各个结构。对于分立式功率模块,空腔内填充环氧树脂15。

[0037] 如图1所示,对于集成化功率模块,基板从上至下依次包括上焊料层7、上铜层8、陶瓷衬板9、下铜层10、下焊料层11以及散热层12,绝缘盖体1设于散热层12上,功率器件2设于上焊料层7,功率器件2的至少部分引脚通过键合线14或者直接延伸至绝缘盖体1的外部,作为集成化功率模块的对外连接端13。本实施例中上铜层8和下铜层10均为铜层。

[0038] 如图2所示,对于分立式功率模块,基板包括焊料层16和导电层17,基板设于绝缘盖体1内,且导电层17延伸至绝缘盖体1外,作为分立式功率模块的对外连接端13,功率器件2设于焊料层16上。

[0039] 本实施例中,热电层4是由碲化铋基热电材料构成,碲化铋基热电材料具有高热电性能和高机械性能。绝缘导热层3为导热脂,导热脂对功率器件2表面热量进行传导的同时也有利于功率器件2表面散热,保证了功率器件2的工作稳定性。

[0040] 如图3所示,本发明还提供一种如上所述功率模块的测温系统,包括柔性涡流探头6和信号处理电路,柔性涡流探头6与信号处理电路电性连接,柔性涡流探头6设于热电层4上。

[0041] 热电层4的电导率与温度呈正相关关系,当功率器件2表面的温度发生变化时,热电层4的温度随之改变,热电层4的电导率也随之改变,由于电磁感应原理,柔性涡流探头6获取的感应电压发生改变,根据感应电压与功率器件2温度之间的关系,得到功率器件2表面的温度,这种测温方式为非接触式测温,具有高灵敏度、高实时性、低成本的优点。

[0042] 如图3所示,柔性涡流探头包括检测线圈和激励线圈,信号处理电路包括第一放大器、第一带通滤波器、第二放大器、第二带通滤波器、DDS信号发生器、幅值检测比较模块、处理控制模块以及显示模块。

[0043] 检测线圈、第一放大器以及第一带通滤波器依次连接;DDS信号发生器、第二放大器、第二带通滤波器以及激励线圈依次连接;第一带通滤波器的输出端、第二带通滤波器的输出端分别与幅值检测比较模块的输入端连接;幅值检测比较模块的输出端与处理控制模块的输入端连接,处理控制模块的输出端与DDS信号发生器的控制端连接,处理控制模块还与显示模块连接。

[0044] 处理控制模块控制DDS信号发生器产生频率、幅值可调的正弦信号,该正弦信号经第二放大器、第二带通滤波器进行放大和滤波后得到稳定的正弦信号,稳定的正弦信号作为正弦交变电流通入激励线圈,激励线圈周围产生感应磁场,从而在热电层产生涡流,涡流又产生二次感应磁场,检测线圈接收热电层涡流产生的二次感应磁场,经第一放大器、第一带通滤波器的放大和滤波后得到频率和幅值稳定的感应电压,该感应电压与稳定的正弦信号经过幅值检测和比较后输入到处理控制模块,由处理控制模块将比较后信号的幅值转换为对应的温度值,并在显示模块上显示。

[0045] 幅值检测比较模块用于对正弦信号、感应电压分别进行幅值检测,并将检测到的正弦信号和感应电压的幅值进行比较,得到比较后信号的幅值差。本实施例中,幅值检测比较模块选用型号为AD8302的幅度测量集成电路,AD8302主要由精密匹配的两个宽带对数检波器、一个相位检波器、输出放大器组、一个偏置单元和一个输出参考电压缓冲器等部分组

成,能同时测量从低频到2.7GHz频率范围内的两输入信号之间的幅度比。

[0046] 本发明还提供一种如上所述功率模块的测温方法,包括以下步骤:

[0047] 处理控制模块控制DDS信号发生器产生频率、幅值可调的正弦信号,该正弦信号经放大和滤波后,通入柔性涡流探头的激励线圈中,使功率模块的热电层产生涡流;

[0048] 采用柔性涡流探头的检测线圈采集由热电层涡流产生的感应电压;

[0049] 该感应电压经放大和滤波处理后,由幅值检测比较模块先检测感应电压的幅值和正弦信号的幅值,再将感应电压的幅值与正弦信号的幅值进行比较,得到比较后信号的幅值;

[0050] 根据感应电压与温度之间的对应关系,由处理控制模块将比较后信号的幅值转换成对应的温度值,并在显示模块上显示。

[0051] 感应电压与温度为—一对应关系,可以根据多组感应电压和温度进行曲线拟合,得到感应电压-温度的拟合曲线,再根据拟合曲线可得到任意感应电压时对应的温度值,具体的感应电压-温度的拟合曲线如图4所示,感应电压与功率器件温度的关系式为 $y=0.0051x+17.5052$,功率器件温度与感应电压为线性相关。

[0052] 本发明的测温方法为非接触测温方式,能够在保证功率模块正常运行的情况下进行实时高精度温度检测,相对于传统的通过引线到外部进行测量的方法,减少了多余的触点,提高了测量的可靠性,且柔性涡流探头采集的感应电压与功率器件的温度是一一对应的,测量结果的精度更高,相较于红外热像仪测温方法,本发明的测温方法成本较低,操作性更强,能够适应比较恶劣的工况环境。

[0053] 以上所揭露的仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或变型,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

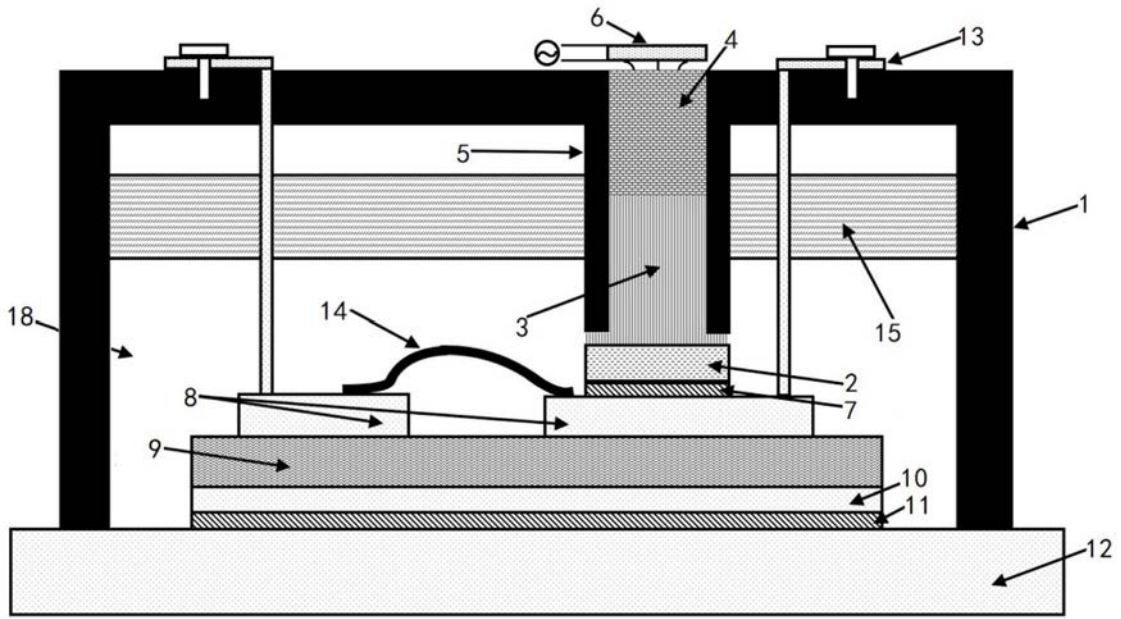


图1

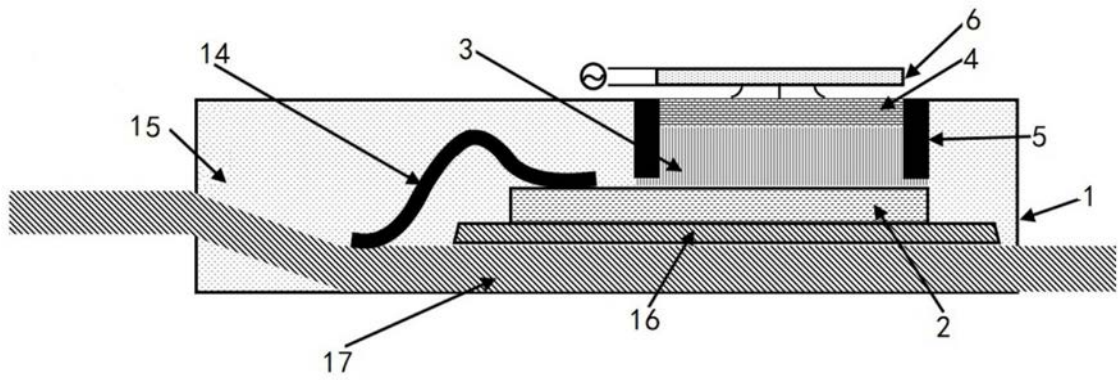


图2

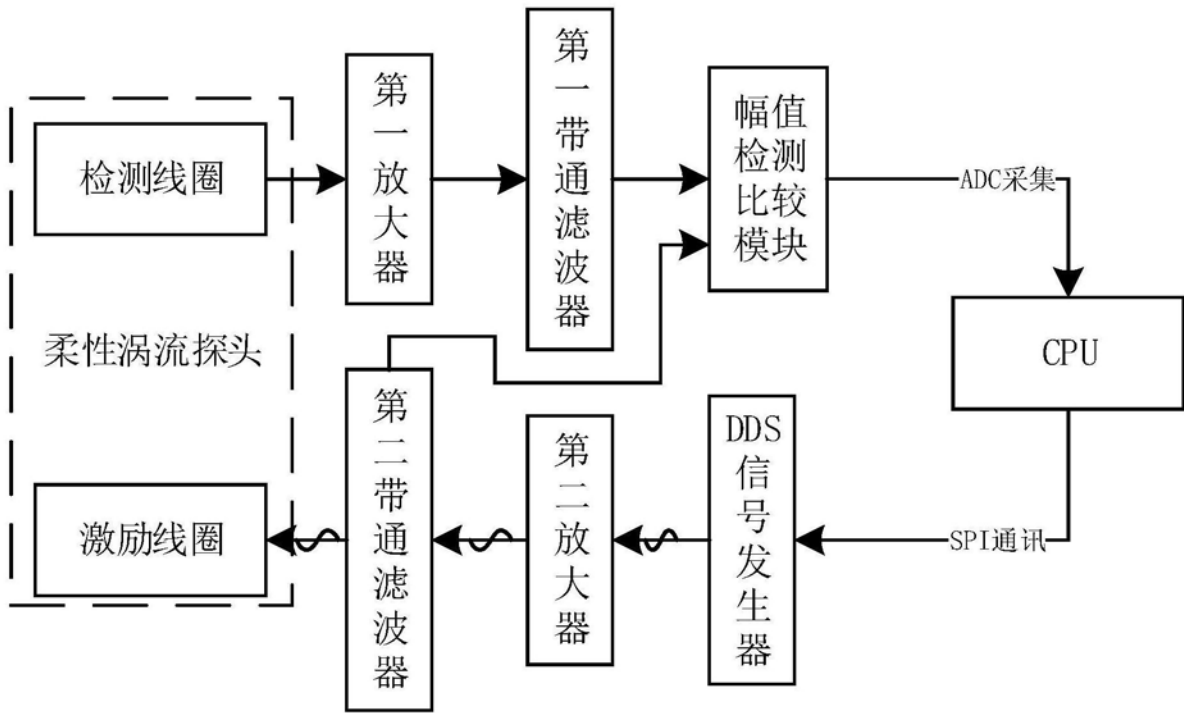


图3

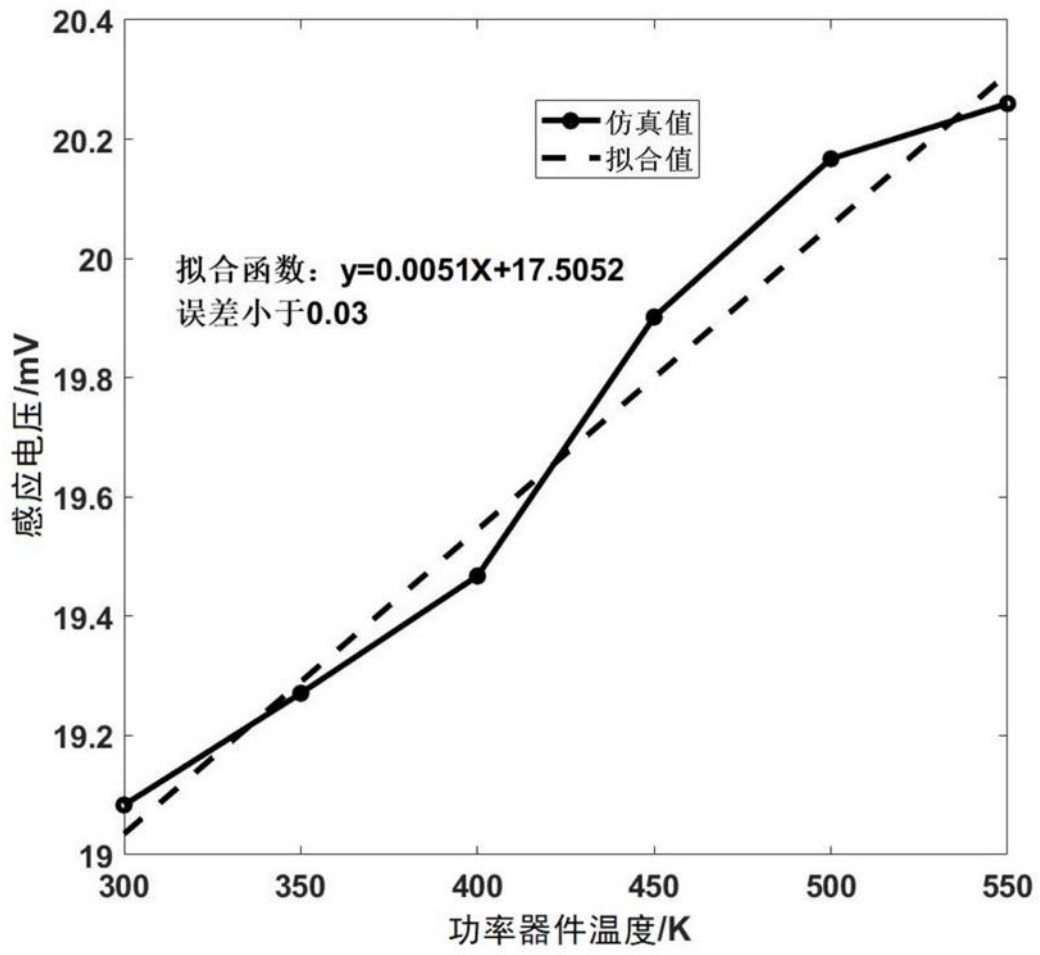


图4