



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113064045 A

(43) 申请公布日 2021.07.02

(21) 申请号 202110367861.3

(22) 申请日 2021.04.06

(71) 申请人 青岛科技大学

地址 266100 山东省青岛市松岭路99号

(72) 发明人 王红霞 张益宁 闫丽君 王厚浩

郭广海 张帅一

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11465

代理人 姜海荣

(51) Int.Cl.

G01R 31/26 (2014.01)

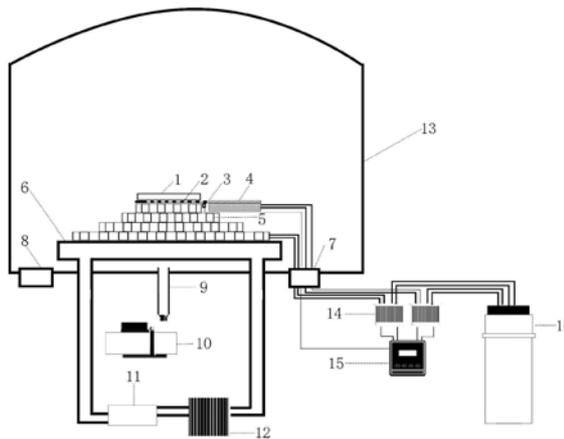
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法,冷热补偿的半导体耦合结构包括散热底座、多级TEC半导体片、耦合片、PTC半导体片、平台台面和温度传感器;真空温控测试平台包括真空腔室;真空腔室内部固定有冷热补偿的半导体耦合结构;真空腔室外部具有智能温控系统。平台台面的温控调节速度快,可以实现快速升温降温,加热和制冷模块进行耦合的工作模式,起到对过冲温度进行快速自动调节的作用,避免了传统单一加热或制冷模式变温快时,温度过冲大,而温度过冲小时变温又慢的问题。



1. 冷热补偿的半导体耦合结构,其特征在于,包括:

散热底座(6);

多级TEC半导体片(5);所述多级TEC半导体片(5)固定在所述散热底座(6)的顶面;

耦合片(2);所述耦合片(2)固定在所述多级TEC半导体片(5)的顶面;

PTC半导体片(4);所述PTC半导体片(4)固定在所述耦合片(2)的边沿;

平台台面(1);所述平台台面(1)固定在所述耦合片(2)的顶面;

温度传感器(3);所述温度传感器(3)固定在所述耦合片(2)上;所述温度传感器(3)用于监控所述耦合片(2)的温度,并配合所述多级TEC半导体片(5)的制冷功能和/或所述PTC半导体片(4)的制热功能实现对所述平台台面(1)的温度调节。

2. 真空温控测试平台,其特征在于,包括真空腔室(13);所述真空腔室(13)内部固定有权利要求1中所述的冷热补偿的半导体耦合结构;所述真空腔室(13)外部具有与所述多级TEC半导体片(5)、PTC半导体片(4)和所述温度传感器(3)电性连接的智能温控系统。

3. 根据权利要求2所述的真空温控测试平台,其特征在于,所述智能温控系统包括第一真空航空插头(7)、温控表(15)、固态继电器(14)和直流变压器(16);所述第一真空航空插头(7)固定在所述真空腔室(13)的侧壁上;所述温控表(15)通过第一真空航空插头(7)与所述温度传感器(3)电性连接;所述固态继电器(14)的数量为两个,且两个所述固态继电器(14)的输出电路通过所述第一真空航空插头(7)分别与所述多级TEC半导体片(5)和所述PTC半导体片(4)电性连接,两个所述固态继电器(14)均与所述温控表(15)电性连接;所述直流变压器(16)分别与两个所述固态继电器(14)的输入电路电性连接。

4. 根据权利要求3所述的真空温控测试平台,其特征在于,所述直流变压器(16)用于将220V交流电转为12V直流电。

5. 根据权利要求2所述的真空温控测试平台,其特征在于,所述散热底座(6)内部为中空结构,且顶面具有用于冷凝水回收的液体收集槽;所述散热底座(6)下方具有与其内部连通的制冷循环回路;所述制冷循环回路位于所述真空腔室(13)外部,所述制冷循环回路上安装有循环水泵(11)和散热片(12)。

6. 根据权利要求2所述的真空温控测试平台,其特征在于,还包括第二真空航空插头(8);所述第二真空航空插头(8)固定在所述真空腔室(13)的侧壁上,且用于将所述平台台面(1)上的样品与外界实现测试信号的采集传输连接。

7. 根据权利要求2所述的真空温控测试平台,其特征在于,所述真空腔室(13)的侧壁上具有真空阀(9);所述真空阀(9)连接有真空泵(10)。

8. 利用权利要求2-7任一项所述的真空温控测试平台的温控测试方法,其特征在于:

当温度传感器(3)显示平台台面(1)的测试温度低于设定值时,PTC半导体片(4)加热,多级TEC半导体片(5)断开;当温度传感器(3)显示平台台面(1)的测试温度低于设定值且趋近于设定值时,PTC半导体片(4)由连续工作模式转为断续工作模式,多级TEC半导体片(5)制冷,直至平台台面(1)温度达到设定的高温值;

当温度传感器(3)显示平台台面(1)的测试温度高于设定值时,多级TEC半导体片(5)制冷,PTC半导体片(4)断开;当温度传感器(3)显示平台台面(1)的测试温度高于设定值且趋近于设定值时,多级TEC半导体片(5)由连续工作模式转为断续工作模式,PTC半导体片(4)加热,直至平台台面(1)温度达到设定的低温值。

9. 根据权利要求8所述的真空温控测试平台的温控测试方法,其特征在于,当PTC半导体片(4)由连续工作模式转为断续工作模式,多级TEC半导体片(5)制冷时,或者当多级TEC半导体片(5)由连续工作模式转为断续工作模式,PTC半导体片(4)加热时,多级TEC半导体片(5)和PTC半导体片(4)的制冷和加热相间开始工作,平台台面(1)的温度越接近设定值时,多级TEC半导体片(5)与PTC半导体片(4)相间工作转换频率越高,平台台面(1)的温度变化幅度逐步减小。

10. 根据权利要求8所述的真空温控测试平台的温控测试方法,其特征在于,平台台面(1)的温度调节范围为 $-60^{\circ}\text{C}$ - $270^{\circ}\text{C}$ ,温控调节精度为 $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

## 冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及构造小型真空温控测试平台领域,更具体的说是涉及一种冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法。

### 背景技术

[0002] 在真空腔体中,测试平台温度条件的改变是探测材料物性的一种常见方式。通常真空中测试平台温度的加热方式采用电阻发热,平台温度的降低采用液氮制冷方式。加热模式和制冷模式是两套独立运行的系统,这导致平台温度调节速度较慢,尤其对于快速、精准控温方面存在不足。此外,传统加热模式电压高、不安全而制冷模式消耗液氮能耗消耗较大,运行成本较高,通常被应用于大型的测试设备中,在小型的真空腔体中无法适用。

[0003] 在小型真空腔体中要实现测试平台能快速、精准的温控的功能,必须要避开传统的平台控温模式,同时还要求测试平台体积要足够小,不占空间。通过调研发现先进的半导体材料TEC与PTC半导体片材料与自动化控制技术的结合能满足这方面的要求。

[0004] 因此,如何提供一种应用于小型真空腔体中的具有冷热补偿机制的测试平台,是本领域技术人员亟需解决的问题。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法,旨在解决上述技术问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 冷热补偿的半导体耦合结构,包括:

[0008] 散热底座;

[0009] 多级TEC半导体片;所述多级TEC半导体片固定在所述散热底座的顶面;

[0010] 耦合片;所述耦合片固定在所述多级TEC半导体片的顶面;

[0011] PTC半导体片;所述PTC半导体片固定在所述耦合片的边沿;

[0012] 平台台面;所述平台台面固定在所述耦合片的顶面;

[0013] 温度传感器;所述温度传感器固定在所述耦合片上;所述温度传感器用于监控所述耦合片的温度,并配合所述多级TEC半导体片的制冷功能和/或所述PTC半导体片的制热功能实现对所述平台台面的温度调节。

[0014] 通过上述技术方案,本发明利用半导体模块间的冷热耦合方式同时对平台进行温度调节,PTC半导体片起到对平台台面的加热作用,多级TEC半导体片起到对平台台面的制冷作用,散热底座在多级TEC半导体片正常工作时起到将多级TEC半导体片热端多余的热量带走,平台台面具有能快速、精准的温控调节功能。

[0015] 本发明还提供了一种真空温控测试平台,包括真空腔室;所述真空腔室内部固定有上述的冷热补偿的半导体耦合结构;所述真空腔室外部具有与所述多级TEC半导体片、PTC半导体片和所述温度传感器电性连接的智能温控系统。

[0016] 通过上述技术方案,本发明设计的真空温控测试平台体积小、成本低、低压直流工作、安全可靠无辐射、平台温控精准、调温速度快。

[0017] 优选的,在上述真空温控测试平台中,所述智能温控系统包括第一真空航空插头、温控表、固态继电器和直流变压器;所述第一真空航空插头固定在所述真空腔室的侧壁上;所述温控表通过第一真空航空插头与所述温度传感器电性连接;所述固态继电器的数量为两个,且两个所述固态继电器的输出电路通过所述第一真空航空插头分别与所述多级TEC半导体片和所述PTC半导体片电性连接,两个所述固态继电器均与所述温控表电性连接;所述直流变压器分别与两个所述固态继电器的输入电路电性连接。能够通过温控表的检测和信号传递实现温度的自动调节控制,智能化程度更高。

[0018] 优选的,在上述真空温控测试平台中,所述直流变压器用于将220V交流电转为12V直流电。能够实现低压直流操作。

[0019] 优选的,在上述真空温控测试平台中,所述散热底座内部为中空结构,且顶面具有用于冷凝水回收的液体收集槽;所述散热底座下方具有与其内部连通的制冷循环回路;所述制冷循环回路位于所述真空腔室外部,所述制冷循环回路上安装有循环水泵和散热片。本测试平台进行工作时,采用多级TEC半导体片进行制冷的方式对平台台面进行降温,当多级TEC半导体片在真空环境进行工作时,其热端产生的热量在真空腔室中需要及时排出,否则导致半导体元件烧毁,因此需要对多级TEC半导体片热端进行冷却。真空腔室的外部循环装置为多级TEC半导体片正常工作提供条件保障,在对平台台面温度调节过程中真空腔室的外部循环装置需要一直处于工作模式。

[0020] 优选的,在上述真空温控测试平台中,还包括第二真空航空插头;所述第二真空航空插头固定在所述真空腔室的侧壁上,且用于将所述平台台面上的样品与外界实现测试信号的采集传输连接。能够为后续样品检测的信号线连接提供方便。

[0021] 优选的,在上述真空温控测试平台中,所述真空腔室的侧壁上具有真空阀;所述真空阀连接有真空泵。便于抽真空处理和真空状态的保持。

[0022] 本发明还提供了真空温控测试平台的温控测试方法:

[0023] 当温度传感器显示平台台面的测试温度低于设定值时,PTC半导体片加热,多级TEC半导体片断开;当温度传感器显示平台台面的测试温度低于设定值且趋近于设定值时,PTC半导体片由连续工作模式转为断续工作模式,多级TEC半导体片制冷,直至平台台面温度达到设定的高温值;

[0024] 当温度传感器显示平台台面的测试温度高于设定值时,多级TEC半导体片制冷,PTC半导体片断开;当温度传感器显示平台台面的测试温度高于设定值且趋近于设定值时,多级TEC半导体片由连续工作模式转为断续工作模式,PTC半导体片加热,直至平台台面温度达到设定的低温值。

[0025] 通过上述技术方案,本发明提供的冷热耦合进行温度调节的方式,有效避免了单一加热或制冷模式带来的温度过冲的问题。

[0026] 优选的,在上述真空温控测试平台的温控测试方法中,当PTC半导体片由连续工作模式转为断续工作模式,多级TEC半导体片制冷时,或者当多级TEC半导体片由连续工作模式转为断续工作模式,PTC半导体片加热时,多级TEC半导体片和PTC半导体片的制冷和加热相间开始工作,平台台面的温度越接近设定值时,多级TEC半导体片与PTC半导体片相间工

作转换频率越高,平台台面的温度变化幅度逐步减小,最后平台温度达到设定值。进一步避免了单一加热或制冷模式带来的温度过冲的问题。

[0027] 优选的,在上述真空温控测试平台的温控测试方法中,平台台面的温度调节范围为-60℃-270℃,温控调节精度为0.1℃。能够满足温度测试范围,调节精度高。

[0028] 经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明公开提供了一种冷热补偿的半导体耦合结构及其真空温控测试平台和方法,具有以下有益效果:

[0029] 1、平台台面的温控调节速度快,可以实现快速升温降温,加热和制冷模块进行耦合的工作模式,起到对过冲温度进行快速自动调节的作用,避免了传统单一加热或制冷模式变温快时,温度过冲大,而温度过冲小时变温又慢的问题。

[0030] 2、测试平台采用低压直流电源,安全可靠,无电磁波辐射。

[0031] 3、测试平台体积小,由于加热和制冷均采用半导体元件,所以体积小,避免传统设备中加热和制冷模块的复杂构成,尤其适用于小型真空腔体。

[0032] 4、平台设计构造简单、成本低,采用的半导体元件价格便宜,平台运行时,不需消耗液氮,运行成本很低。

## 附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术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实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0034] 图1附图为本发明提供的冷热补偿的半导体耦合结构的示意图;

[0035] 图2附图为本发明提供的真空温控测试平台的示意图。

[0036] 其中:

[0037] 1为平台台面;2为耦合片;3为温度传感器;4为PTC半导体片;5为多级TEC半导体片;6为散热底座;7为第一真空航空插头;8为第二真空航空插头;9为真空阀;10为真空泵;11为循环水泵;12为散热片;13为真空腔室;14为固态继电器;15为温控表;16为直流变压器。

## 具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例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做出创造性劳动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。

[0039] 实施例1:

[0040] 参见附图1,本发明实施例公开了一种冷热补偿的半导体耦合结构,包括:

[0041] 散热底座6;

[0042] 多级TEC半导体片5;多级TEC半导体片5固定在散热底座6的顶面;

[0043] 耦合片2;耦合片2固定在多级TEC半导体片5的顶面;

[0044] PTC半导体片4;PTC半导体片4固定在耦合片2的边沿;

[0045] 平台台面1;平台台面1固定在耦合片2的顶面;

[0046] 温度传感器3;温度传感器3固定在耦合片2上;温度传感器3用于监控耦合片2的温度,并配合多级TEC半导体片5的制冷功能和/或PTC半导体片4的制热功能实现对平台台面1的温度调节。

[0047] 实施例2:

[0048] 参见附图2,本发明实施例公开了一种真空温控测试平台,包括真空腔室13;真空腔室13内部固定有上述的冷热补偿的半导体耦合结构;真空腔室13外部具有与多级TEC半导体片5、PTC半导体片4和温度传感器3电性连接的智能温控系统。

[0049] 为了进一步优化上述技术方案,智能温控系统包括第一真空航空插头7、温控表15、固态继电器14和直流变压器16;第一真空航空插头7固定在真空腔室13的侧壁上;温控表15通过第一真空航空插头7与温度传感器3电性连接;固态继电器14的数量为两个,且两个固态继电器14的输出电路通过第一真空航空插头7分别与多级TEC半导体片5和PTC半导体片4电性连接,两个固态继电器14均与温控表15电性连接;直流变压器16分别与两个固态继电器14的输入电路电性连接。

[0050] 为了进一步优化上述技术方案,直流变压器16用于将220V交流电转为12V直流电。

[0051] 为了进一步优化上述技术方案,散热底座6内部为中空结构,且顶面具有用于冷凝水回收的液体收集槽;散热底座6下方具有与其内部连通的制冷循环回路;制冷循环回路位于真空腔室13外部,制冷循环回路上安装有循环水泵11和散热片12。

[0052] 为了进一步优化上述技术方案,还包括第二真空航空插头8;第二真空航空插头8固定在真空腔室13的侧壁上,且用于将平台台面1上的样品与外界实现测试信号的采集传输连接。

[0053] 为了进一步优化上述技术方案,真空腔室13的侧壁上具有真空阀9;真空阀9连接有真空泵10。

[0054] 本实施例的真空温控测试平台的温控测试方法为:

[0055] 当温度传感器3显示平台台面1的测试温度低于设定值时,PTC半导体片4加热,多级TEC半导体片5断开;当温度传感器3显示平台台面1的测试温度低于设定值且趋近于设定值时,PTC半导体片4由连续工作模式转为断续工作模式,多级TEC半导体片5制冷,多级TEC半导体片5和PTC半导体片4的制冷和加热相间开始工作,平台台面1的温度越接近设定值时,多级TEC半导体片5与PTC半导体片4相间工作转换频率越高,平台台面1的温度变化幅度逐步减小,直至平台台面1温度达到设定的高温值;

[0056] 当温度传感器3显示平台台面1的测试温度高于设定值时,多级TEC半导体片5制冷,PTC半导体片4断开;当温度传感器3显示平台台面1的测试温度高于设定值且趋近于设定值时,多级TEC半导体片5由连续工作模式转为断续工作模式,PTC半导体片4加热,多级TEC半导体片5和PTC半导体片4的制冷和加热相间开始工作,平台台面1的温度越接近设定值时,多级TEC半导体片5与PTC半导体片4相间工作转换频率越高,平台台面1的温度变化幅度逐步减小,直至平台台面1温度达到设定的低温值。

[0057] 平台台面1的温度调节范围为-60℃-270℃,温控调节精度为0.1℃。

[0058] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置

而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0059] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

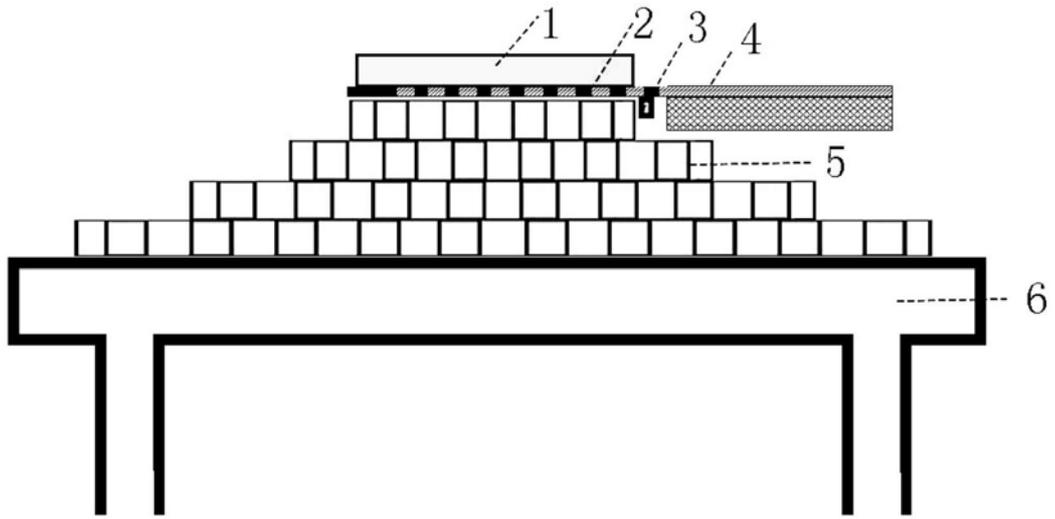


图1

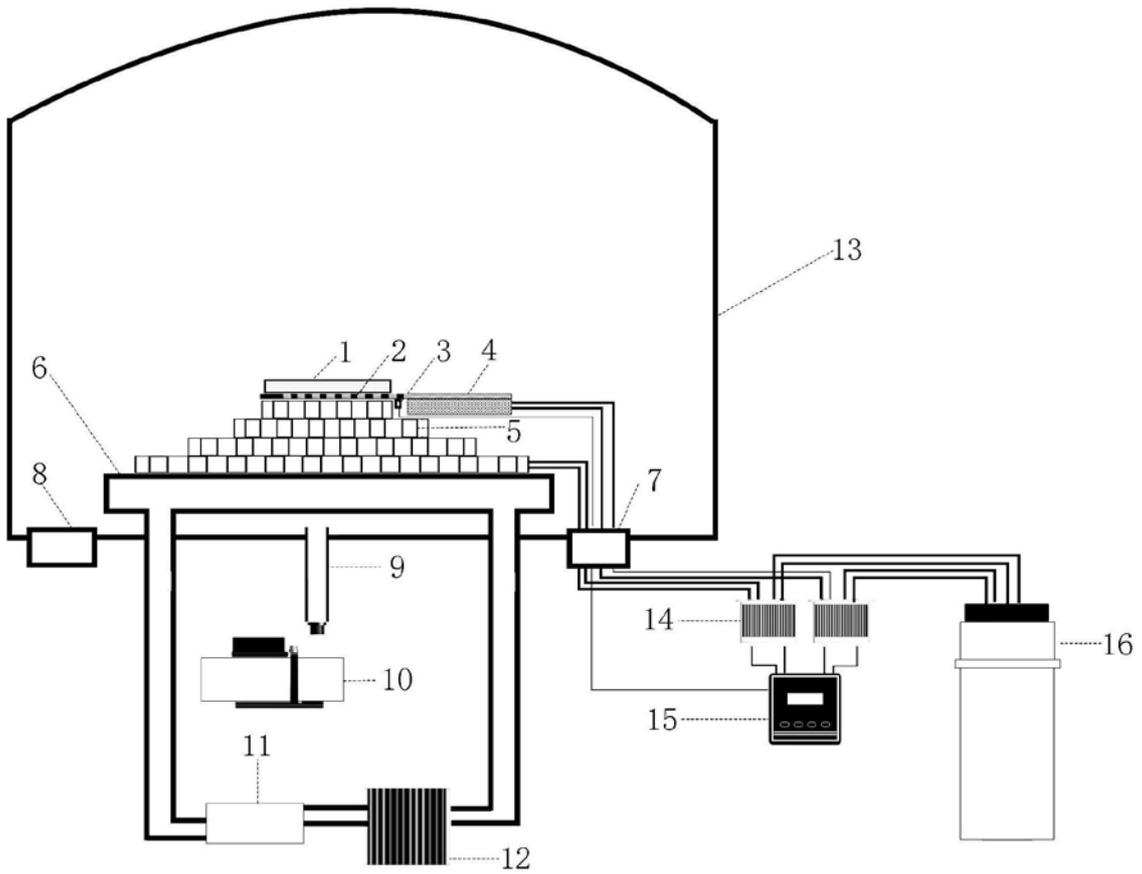


图2