



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105043572 B

(45)授权公告日 2018.03.16

(21)申请号 201510488027.4

(22)申请日 2015.08.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105043572 A

(43)申请公布日 2015.11.11

(73)专利权人 北京工业大学  
地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 韩晓东 翟亚迪 吉元 王丽  
毛圣成 王晓冬 张泽

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理  
有限公司 11203

代理人 刘萍

(51)Int.Cl.  
G01K 7/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 205138659 U,2016.04.06,  
CN 101762339 A,2010.06.30,  
CN 203720119 U,2014.07.16,  
CN 101750157 A,2010.06.23,  
CN 101776727 A,2010.07.14,  
CN 102539019 A,2012.07.04,  
JP 2000213993 A,2000.08.04,

审查员 张天然

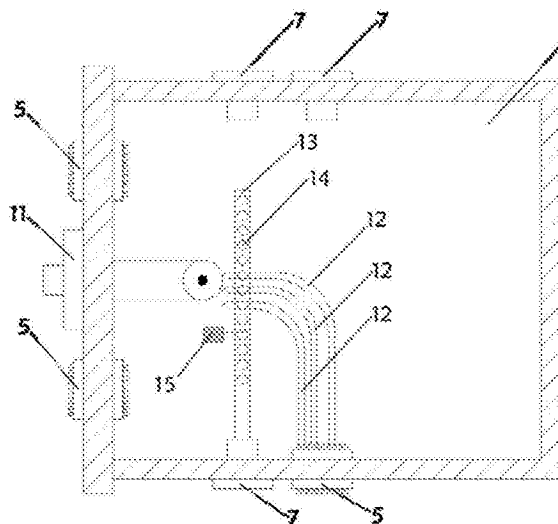
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

## (54)发明名称

一种用于扫描电镜真空环境的高温测试装置

## (57)摘要

本文公开了一种用于模拟扫描电镜真空环境的高温测试装置,测试在高、低真空环境及大气环境( $10^{-5} \sim 10^5 \text{Pa}$ )下,目标点的温度分布,并可测试施加热防护措施后对目标测试点温度降低的效果,测温范围为 $-40 \sim 1600^\circ\text{C}$ 。该测温装置包括:真空室及真空装置,热电偶测温组件,电极法兰组件,支撑法兰组件,加热台装置,及热防护挡板。本装置结构设计简单,测温精度高,测温范围广,适用于测试不同类型扫描电镜及真空设备中的温度分布。



1. 一种用于模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于包括:真空室及真空装置,热电偶,电极法兰组件,支撑法兰组件,加热台装置,及观察窗;

所述的真空室壁接有真空装置的机械泵法兰(9)、加热台法兰(4)、支撑法兰(7)、电极法兰组件(5)、观察窗法兰(6)、冷却水法兰(10);机械泵法兰(9)、加热台法兰(4)、支撑法兰(7)、电极法兰组件(5)、观察窗法兰(6)、冷却水法兰(10);通过螺钉固定在真空室壁上,各个法兰与真空室壁之间装有密封圈;

所述的真空装置包括机械泵(3)和分子泵(2)及控制面板,控制面板显示真空度的变化;热电偶(12)固定在支撑法兰组件(7)的固定轴(14)上,固定轴(14)固定在连接轴(13)上,热电偶的连接线通过锡焊与电极法兰组件(5)的内、外侧密封电极(17)连接,真空室外的热电偶连接线与热电偶仪表连接;

所述的电极法兰组件(5)由密封电极(17)、电极法兰盘(19)、密封圈和固定螺钉组成,密封电极通过螺钉固定在电极法兰上,密封电极与电极法兰之间装有密封圈;

所述的支撑法兰组件(7)由支撑法兰盘(20)、连接轴、固定轴及固定螺钉组成,支撑法兰盘固定在真空室壁上,支撑法兰盘的内表面上做出一个凸台孔(21),凸台孔上的螺钉孔用来固定连接轴,连接轴上开有多个圆孔,固定轴插入所述多个圆孔固定,固定轴上开有方槽,通过固定轴侧面的螺钉,固定热电偶;

若需降低热源上方目标点温度值在设定所需热源温度下的温度值,在热源上方或者测试位置的前方,添加热防护挡板,所述的热防护挡板的材质为金属和合金板,或者在金属和合金板上蒸镀薄膜。

2. 根据权利要求1所述的模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于,所述热电偶(12)测温范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 1600^{\circ}\text{C}$ ,测温精度为 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 。

3. 根据权利要求1所示的模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于,所述的加热台包括加热装置、热源、电源及温控装置,热源通过螺旋测微器式的移动机构并实现X/Y/Z三维方向的移动,加热台通过螺钉与加热台接口连接,加热台与加热台接口之间装有密封圈。

4. 根据权利要求1所示的模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于,所述的观察窗接口安装普通玻璃观察真空室,或安装锗玻璃,通过红外热像仪测试真空室内,安装在不同位置上的样品的温度分布。

5. 根据权利要求1所示的模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于,冷却水法兰上连接冷却水装置。

6. 根据权利要求1所述的高温测温装置的应用,其特征在于,装置安装完毕后,抽至所需的真空度即可开始实验,测试目标点温度随热源温度的变化,扫描电镜中的目标点包括真空样品室内安装的探头、物镜极靴,给加热台热源通电加热,达到所需设定温度,由热电偶仪表读出,测出距热源不同距离目标点温度,测出不同所需温度下不同目标点的温度值,若需降低热源上方目标点温度值在设定所需热源温度下的温度值,在热源上方或者测试位置的前方,添加挡板,改变热量热辐射方向,将热量更多的集中在挡板以下部分,或者对加热台添加循环冷却水装置,将热量更多的传导出来,进而降低目标点温度值;

通过测试不同温度下目标点的温度值,得出各测试点在有、无热防护挡板时测试点温

度随热源温度升高变化曲线;当热源上方加挡板后,改变了热辐射方向,使各测试点温度降低效果;还能测量数据外推到更高的温度。

## 一种用于扫描电镜真空环境的高温测试装置

### 技术领域：

[0001] 本发明涉及一种用于模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置，用于测试在高、低真空下，以及高、低温度下的温度测试及防护装置测试。属于温度检测技术及防护领域。

### 背景技术：

[0002] 在扫描电镜中采用加热台观察样品，可以获得材料在加热过程中的微观形貌、结构及成分变化的信息，是研究材料相变、再结晶转变、晶粒长大、氧化反应、气体反应、元素迁徙，及电子器件失效分析的十分有用的技术手段。与室温相比，高温下的电子成像面临很大的困难，包括：(1) 加热过程中，图像漂移使图像分辨率降低；(2) 加热使样品表面氧化、排气及污染等问题变得严重；(3) 加热使样品表面发射出大量热电子和光子，影响二次电子的发射和像衬度；(4) 加热对扫描电镜样品室中安装的各种探测系统(二次电子探头，背散射电子探头，能谱仪探头，电子背散射衍射仪探头等)，以及扫描电镜样品室中的电子光学系统的物镜都会带来不利影响，造成探测器性能下降或热辐射损伤。因此，如果能测试出扫描电镜真空样品中的不同目标点(包括探测器、样品和物镜)的温度，测试不同防护装置对温度降低的影响，可以有效降低高温成像的风险，提高热防护装置的设计及作用，提高扫描电镜成像质量。

[0003] 对于块体材料或空间位置温度分布的测量通常采用热电偶装置测量温度。热电偶测温的基本原理是将两种不同成分的均质导体作为2个热电极，两端组成闭合回路。当两端受热时，产生温度梯度，使回路中产生电流，两端存在电动势-热电动势(赛贝克效应，seebeck effect)，通过电气仪表转换成被测物体的温度。其中温度较高的电极端是工作端，温度较低的电极端是自由端，自由端通常处于某个恒定温度。根据热电动势与温度的函数关系，制成热电偶分度表；不同的自由端温度是在0℃条件下得到的，不同热电偶对应不同的温度表。在热电偶回路中接入第三种金属材料时，只要该材料两个接点的温度相同，热电偶所产生的热电动势将保持不变，即不受第三种金属接入回路的影响。热电偶技术的优势在于，测温范围宽，-40~1600℃连续测温，测温稳定，精度高，热响应时间快，性能牢靠，机械强度好，使用寿命长，装置简单。

[0004] 此外，用于真空红外热像仪是半导体材料和器件常用的测温和失效分析的方法。红外热相仪是利用红外探测器和光学成像物镜，接受被测目标的红外辐射能量，获得与物体表面的热分布场相对应的红外热相图。所有高于绝对零度(-273℃)的物体都会发出红外辐射，红外热相仪是通过测量物体发出的不可见的红外辐射，确定辐射表面的温度分布。热像图上的不同颜色代表被测物体的不同温度。红外热像仪因价格较昂贵，空间分辨率较低(微米数量级)及观测视场较小而使其测温精度和使用利用范围受到限制。

[0005] 因此，设计和制造一种能在高、低真空环境中，在不同分辨率下、在较广的温度区间内，测试装置不同部位、加热台、样品及半导体器件的温度分布，测试热防护对温度降低的有效性，对研究材料和器件的高温性能是十分有利的。

**发明内容:**

[0006] (一) 要解决的技术问题

[0007] 通常SEM探头(二次电子探头,背散射电子探头,能谱仪探头,电子背散射衍射仪探头等)或真空中使用的器件都有一定的使用温度范围。当加热台加热到约1000℃的高温阶段,探头受到热辐射后会出现异常状态,或被毁坏。使用本发明的真空高温测试装置的功能优势如下:

[0008] (1) 模拟出真实扫描电镜样品室或真空设备中,在不同真空环境下,探头及物镜极靴或器件处的温度。确定其可否正常工作或受到损伤。

[0009] (2) 测试采用不同的热防护措施后,探头和物镜或器件处的温度,确定热防护装置对目标点温度降低的有效性和可靠性。热防护装置包括:在加热台上方和探头前方安装热防护挡板,对加热台进行冷却(通过冷却水法兰10,接入循环冷却水装置)等,确定探头及物镜极靴或器件可否正常工作或受到损伤。

[0010] (二) 技术方案

[0011] 本发明提供一种用于模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其构造简单、测温精度高、测温范围广,适用模拟测试不同类型扫描电镜及真空设备中的温度分布,可方便实现在高、低真空至大气压环境( $10^{-5}\sim 10^5\text{Pa}$ ),测试真空室内目标点的温度,并可测试施加热防护措施后对目标测试点温度降低的效果,测温范围为 $-40\sim 1600^\circ\text{C}$ ,有效预防高温对元器件带来的危害,扫描电镜真空室内的目标点包括,各种信号探测器、加热台及热防护措施。

[0012] 一种用于模拟扫描电镜真空环境的高温测温装置,其特征在于包括:真空室及真空装置,热电偶,电极法兰组件,支撑法兰组件,加热台装置,及观察窗;

[0013] 所述的真空室壁接有真空装置的机械泵法兰9、加热台法兰4、支撑法兰7、电极法兰组件5、观察窗法兰6、冷却水法兰10;机械泵法兰9、加热台法兰4、支撑法兰7、电极法兰组件5、观察窗法兰6、冷却水法兰10;通过螺钉固定在真空室壁上,各个法兰与真空室壁之间装有密封圈;

[0014] 所述的真空装置包括机械泵3和分子泵2及控制面板,控制面板显示真空度的变化;热电偶12固定在支撑法兰组件7的固定轴14上,固定轴14固定在连接轴13上,热电偶的连接线通过锡焊与电极法兰组件5的内、外侧密封电极17连接,真空室外的热电偶连接线与热电偶仪表连接。

[0015] 进一步,所述热电偶12测温范围为 $-40^\circ\text{C}\sim 1600^\circ\text{C}$ ,测温精度为 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ 。

[0016] 进一步,所述的电极法兰组件5由密封电极17、电极法兰盘19、密封圈和固定螺钉组成,密封电极通过螺钉固定在电极法兰上,密封电极与电极法兰之间装有密封圈。

[0017] 进一步,所述的支撑法兰组件77由支撑法兰盘20、连接轴、固定轴及固定螺钉组成,支撑法兰盘固定在真空室壁上,支撑法兰盘的内表面上做出一个凸台孔21,凸台孔上的螺钉孔用来固定连接轴,连接轴上开有多个圆孔,固定轴插入所述多个圆孔固定,固定轴上开有方槽,通过固定轴侧面的螺钉,固定热电偶。

[0018] 进一步,所述的加热台包括加热装置、热源、电源及温控装置,热源通过螺旋测微器式的移动机构并实现X/Y/Z三维方向的移动,加热台通过螺钉与加热台接口连接,加热台与加热台接口之间装有密封圈。

[0019] 进一步,若需降低热源上方目标点温度值在设定所需热源温度下的温度值,在热源上方或者测试位置的前方,添加热防护挡板,所述的热防护挡板的材质为金属和合金板,或者在金属和合金板上蒸镀薄膜。

[0020] 进一步,所述的观察窗接口安装普通玻璃观察真空室,或安装锗玻璃,通过红外热像仪测试真空室内,安装在不同位置上的样品的温度分布。

[0021] 进一步,冷却水法兰上连接冷却水装置。

[0022] 所述装置的应用,其特征在于,装置安装完毕后,抽至所需的真空度即可开始实验,测试目标点温度随热源温度的变化,扫描电镜中的目标点包括真空样品室内安装的探头、物镜极靴,给加热台热源通电加热,达到所需设定温度,由热电偶仪表读出,测出距热源不同距离目标点温度,测出不同所需温度下不同目标点的温度值,若需降低热源上方目标点温度值在设定所需热源温度下的温度值,在热源上方或者测试位置的前方,添加挡板,改变热量热辐射方向,将热量更多的集中在挡板以下部分,或者对加热台添加循环冷却水装置,将热量更多的传导出来,进而降低目标点温度值;

[0023] 通过测试不同温度下目标点的温度值,得出各测试点在有、无热防护挡板时测试点温度随热源温度升高变化曲线;当热源上方加挡板后,改变了热辐射方向,使各测试点温度降低效果;还能测量数据外推到更高的温度。

[0024] 以下是更为具体的说明:

[0025] 机械泵控制真空室由大气压至低真空环境( $1.0 \times 10^5 \text{Pa} \sim 10 \text{Pa}$ ),机械泵和分子泵控制真空室至高真空环境( $10 \text{Pa} \sim 10^{-5} \text{Pa}$ ),控制面板控制真空度变化。

[0026] 热电偶为K型热电偶,测温范围为 $-40^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ ,测温精度为 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ ,若采用其它类型的热电偶,测温范围可为 $-40^\circ\text{C} \sim 1600^\circ\text{C}$ 。热电偶固定在支撑法兰接口上,热电偶的连接线内外两侧与电极法兰通过锡焊连接,真空室外的热电偶的连接线与热电偶仪表连接;

[0027] 进一步,电极法兰组件由多芯密封电极、电极法兰盘、密封圈和固定螺钉组成,密封电极通过螺钉固定在电极法兰盘上,密封电极与法兰之间装有密封圈,电极法兰组件通过螺钉与电极法兰接口连接,电极法兰组件和电极法兰接口之间装有O型密封圈;

[0028] 进一步,支撑法兰组件由支撑法兰盘、连接轴、固定轴及固定螺钉组成,法兰盘的内表面上做出凸台孔,凸台孔上的螺钉孔,用来固定连接轴,连接轴上开有多个圆孔,固定轴插入圆孔固定,固定轴上开有方槽,通过侧面的螺钉,固定热电偶和热防护挡板;

[0029] 进一步,加热台包括加热装置、热电偶、电源及温控装置、热防护挡板及冷却装置,加热温度达 $1600^\circ\text{C}$ ,并实现X/Y/Z三维方向的移动,加热台通过螺钉与加热台接口连接,加热台通过螺钉与加热台接口之间装有O型密封圈,加热台可以用其它类型的加热台代替;

[0030] 进一步,冷却水法兰上可连接冷却水装置,冷却水装置用来测试该装置对热台温度降低、各探头位置温度降低的效果,减少加热台产生热量,冷却水接口与连接冷却水装置接口之间装有O型密封圈。

[0031] 本发明的优势在于其设计结构简单,测温精度高,测温范围广且可以方便的模拟测试在真空室内高低真空下目标点高低温的温度测量,且有效的添加热防护挡板等措施降低目标点温度,并可测试施加热防护措施后对目标测试点温度降低的效果,为此可对真空环境中使用的元器件位置处提供温度参考,对解决实际问题提供很大便利,适用范围广。

[0032] 通过测试不同温度下目标点的温度值,可得出(1)各测试点在有、无热防护挡板时测试点温度随热源温度(热台坩埚中心温度)升高变化曲线(2)热源上方加挡板后,改变了热辐射方向,使各测试点温度(T)降低效果。(3)测量数据外推到更高的温度。

[0033] 通常扫描电镜探头(二次电子探头,背散射电子探头,能谱仪探头,电子背散射衍射仪探头等)以及物镜极靴都有一定的使用温度范围,目前主要在中低温范围内使用,当加热台温度较高时,探头及物镜极靴位置处温度过高可能会使其不能正常工作甚至毁坏,通过使用本装置可以模拟出真实扫描电镜样品室或真空设备中,在不同真空环境下,探头及物镜极靴或器件处的温度。确定其可否正常工作或受到损伤,可以明确其是否可以正常使用,如果超出正常使用温度范围,可以测试采用不同的热防护措施后,探头和物镜或器件处的温度,确定热防护装置对目标点温度降低的有效性和可靠性。热防护装置包括:在加热台上方和探头前方安装热防护挡板,对加热台进行冷却(通过冷却水法兰10,接入循环冷却水装置)等,确定探头及物镜极靴或器件可否正常工作或受到损伤,确保探头位置处温度在正常使用温度范围,而无论是扫描电镜探头以及物镜极靴还是其他在真空环境中使用的固体材料,元器件或装置都面临这种情况,因此本装置适用于不同类型的扫描电镜,以及其它真空装置中的温度测量和评价,对解决实际问题提供很大便利,有重大实际意义。

#### 附图说明:

[0034] 图1为高温测试系统的侧视图

[0035] 图2为高温测试系统的三维示意图

[0036] 图3为高温测试系统无热防护挡板顶视剖面图

[0037] 图4高温测试系统无热防护挡板顶视剖面图

[0038] 图5为电极法兰的组装和分解示意图

[0039] 图6为支撑法兰的组装和分解示意图

[0040] 图7为热电偶固定示意图

[0041] 图8为高温测试系统有防护挡板与无热防护挡板测温曲线图

[0042] 图9为红外热像图

[0043] 图中标识说明如下:

[0044] 1真空室 2分子泵 3机械泵 4加热台法兰 5电极法兰组件 6观察窗 7支撑法兰组件 8热防护法兰组件(同支撑法兰组件) 9机械泵法兰 10冷却水法兰 11加热台 12热电偶 13连接轴 14固定轴 15热防护挡板 16螺钉 17密封电极 18密封圈 19电极法兰盘 20支撑法兰盘 21凸台孔

#### 具体实施方式:

[0045] 参考附图,对本发明做进一步说明。附图中示意出本发明的示意性实施例。在不脱离本发明范围的情况下,还可体现不同的形式和类型,而非局限于本文叙述的实例。

[0046] 图1为高温测试系统的侧视图,图2为高温测试系统三维示意图,器壁上留有相应的法兰接口,加热台接口法兰4电极法兰组件5接口,观察窗6接口观察窗也可连接红外热像仪使用,支撑法兰7接口,热防护法兰8接口,机械泵接口9冷却水法兰10接口等,图3,图4分别为高温测试系统无热防护挡板顶视剖面图和无热防护挡板顶视剖面图,对应于相应的工

作示意图,图5为电极法兰组件5组合及分解示意图,电极法兰盘19上开有与密封电极17一般为多芯密封电极,根据需要热电偶和导线的数量选择密封电极芯数适配的孔,为保证密封性,密封电极17与法兰19之间装有O型密封圈18,并通过螺钉16将密封电极17固定在法兰19上,热电偶12与密封电极17通过锡焊连接,图4为支撑法兰组件,支撑法兰6与固定组件13,14分组装与分解示意图,支撑法兰盘20上留有凸台孔21,固定组件连接轴13通过螺钉16固定在支撑法兰盘20上的凸台孔21上,固定组件的连接轴13上开有多个圆孔,用以将固定轴14固定在不同的位置,进而将热电偶12工作端固定在不同位置,热电偶12固定如图7所示,挡板固定与热电偶固定方式相同,为保证真空室的真空度,所有法兰与真空室器壁之间均有O型密封圈。

[0047] 安装加热台,加热台为高温测试系统提供热源,通过外加电源为热源通电加热,热源温度通过自身热电偶测出,通过螺钉固定在真空室器壁加热台接口,热台与真空室器壁之间装有密封圈。

[0048] 安装温度测试装置,热电偶连接线与电极法兰(5)内外两侧通过锡焊连接,真空室内热电偶连接线固定在支撑组件上,真空室外热电偶连接线与热电偶仪表相连,读取测试温度示数,电极法兰通过螺钉固定在真空室侧壁,两者之间装有O型密封圈密封

[0049] 安装支撑法兰组件,支撑法兰组件用来固定热防护挡板与真空室内热电偶,因此需要选择适当的固定组件(主要选择合适长度的连接轴),通过测量与热源的距离将固定组件中固定轴放置在连接轴的孔里,然后通过螺钉将热防护挡板或真空室内热电偶连接线固定在目标位置,固定示意图如图7所示。

[0050] 安装锺窗,锺窗可以用作观察窗口,观察真空室内实验状况,也可用做红外热像仪窗口,测定器件的温度分布,以及在视场范围内测定器件随热源温度的变化。锺窗通过螺钉固定在真空室器壁,两者之间装有O型密封圈。

[0051] 安装其他预留法兰,法兰与真空室器壁均通过螺钉固定连接,通过密封圈保证真空。

[0052] 安装完毕后,对真空室抽真空,若实验条件为大气压至低真空环境( $1.0 \times 10^5 \text{Pa} \sim 10 \text{Pa}$ ),由机械泵控制完成,若实验条件为高真空,由机械泵抽至10Pa后再由分子泵抽至高真空环境(可达到 $>10^{-5} \text{Pa}$ )。

[0053] 抽至实验所需真空度,即可在次真空度下开始测温实验,给加热台热源通电加热,达到所需设定温度,由热电偶仪表读出,进而测出距热源一定距离目标点温度,可以测出不同所需温度下不同目标点的温度值,。

[0054] 若需降低热源上方目标点温度值在设定所需热源温度下的温度值,可以在热源上方添加挡板,改变热量热辐射方向,将热量更多的集中在挡板以下部分,图4为高温测试系统的顶视剖面图(加热台热源上方不加挡板),也可对加热台添加循环冷却水装置,将热量更多的传导出来。

[0055] 实施例一:采用真空高温测试装置,测试真空室内目标测试点在有、无热防护装置情况下的温度。

[0056] 真空高温测试装置(图1-4)内安装的目标测试点是模拟扫描电镜样品室内安装的探头(二次电子探头、电子背散射衍射仪探头)、物镜极靴、加热台及加热台防护挡板的位置。图3给出各目标测试点距加热台(坩埚中心)的位置:物镜极靴到加热台的距离为18mm



(K1), 二次电子探头到加热台的距离为20mm (K2), 和电子背散射衍射仪探头到加热台的距离为30mm (K3), 分别记为K1、K2和K3。在高真空下 ( $>10^{-4}$ Pa) 测试各目标点的温度。

[0057] 按照上述步骤, 在真空室1内, 依次安装加热台11、热电偶12、电极法兰组件5、支撑法兰组件7、观察窗6、热防护法兰组件8。测温采用三根热电偶, 热电偶的工作端分别固定在支撑法兰组件7上, 位于K1、K2和K3的位置, 安装完毕后, 采用机械泵3和分子泵2, 将真空室1内抽到高真空 (优于 $10^{-4}$ Pa) 后, 对加热台通电升温。测试加热台在不同温度下, K1、K2、K3位置处, 在有、无热防护挡板条件下的温度。实验后, 得到如图8所示的测试点温度-热源温度曲线。

[0058] 在图8中, 空心曲线和实心曲线分别为有、无热防护挡板时, K1 (物镜极靴)、K2 (二次电子探头) 和K3 (电子背散射衍射仪探头) 处, 从室温到 $1000^{\circ}\text{C}$ 的测试点温度与热源温度曲线。可以看出: (1) 各测试点在有、无热防护挡板时, 测试点温度随热源温度 (热台坩埚中心温度) 升高呈线性变化 (2) 热源上方加挡板后, 改变了热辐射方向, 使各测试点温度 (T) 降低, K1:  $\Delta T = T_{k1'} - T_{k1''} = 74.8^{\circ}\text{C}$ ; K2:  $\Delta T = T_{k2'} - T_{k2''} = 67.3^{\circ}\text{C}$ ; K3:  $\Delta T = T_{k3'} - T_{k3''} = 53.0^{\circ}\text{C}$ 。(3) 由测量数据外推到 $1200^{\circ}\text{C}$ :  $T = 237.9^{\circ}\text{C}$  (18mm, 无挡板),  $T = 137.3^{\circ}\text{C}$  (18mm, 有挡板)。

[0059] 实施例二: 采用真空高温测试装置, 配置红外热像仪, 测试真空室内目标测试点的温度分布。

[0060] 利用真空高温装置真空室 (1) 的观察窗 (6) (图1和2), 安装一个锗玻璃及红外热像仪, 锗玻璃为红外热像仪的观察窗。

[0061] 目标测试点为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷样品, 陶瓷加热器的加热温度范围为室温到 $400^{\circ}\text{C}$ , 加热器距离 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷样品的距离为20mm, 即SE探头与加热台的距离 (见图9)。真空室内的真空度为 $10^{-3}$ Pa。

[0062] 图9为加热器温度为 $304^{\circ}\text{C}$ 时的一幅红外热像图。红外热像图中显示出红外热像仪观察视场中, 加热器和陶瓷样品的温度分布。红外热像图的右侧列出相对应的温度值。红外热像仪是通过测量物体发出的不可见的红外辐射, 确定辐射表面 (包括热源和测温目标点) 的温度分布。经过温度校正, 红外热像图可以精确地给出辐射表面的温度。但是, 利用红外热像仪测温, 不可以在热源上方加热防护挡板, 否则不能测试出热源的真实温度。此外, 红外热像仪通常用于测试中、低温电子器件中的温度分布, 高温红外热像仪价格昂贵。

[0063] 通过实施例说明, 采用本发明模拟扫描电镜真空环境的高温测试装置, 可以测试在高、低真空环境中, 固体材料及器件、装置及附件的表面温度。温度测试范围从室温到 $1600^{\circ}\text{C}$ , 真空室的真空度从大气压到 $10^{-5}$ Pa。在本发明的装置中可以安装不同类型的热源、探测器, 热防护装置, 以及不同类型的固体材料和器件, 而并非局限于本文说明的实例。本发明的装置可以采用热电偶测温, 也可以外接红外热像仪等不同的测定装置。若更换不同类型的热源本发明装置还可以实现更高的温度测试, 适用与不同类型的扫描电镜, 以及其它真空装置中的温度测量和评价, 测试数据可以为研究材料和器件的热效应, 以及热防护措施的有效性和可靠性提供数据, 并可测试施加热防护措施后对目标测试点温度降低的效果。除了本发明的实例外, 本发明还可体现为不同的应用, 在不脱离本发明精神和范围的情况下, 等同的技术方案也属本发明的范畴。

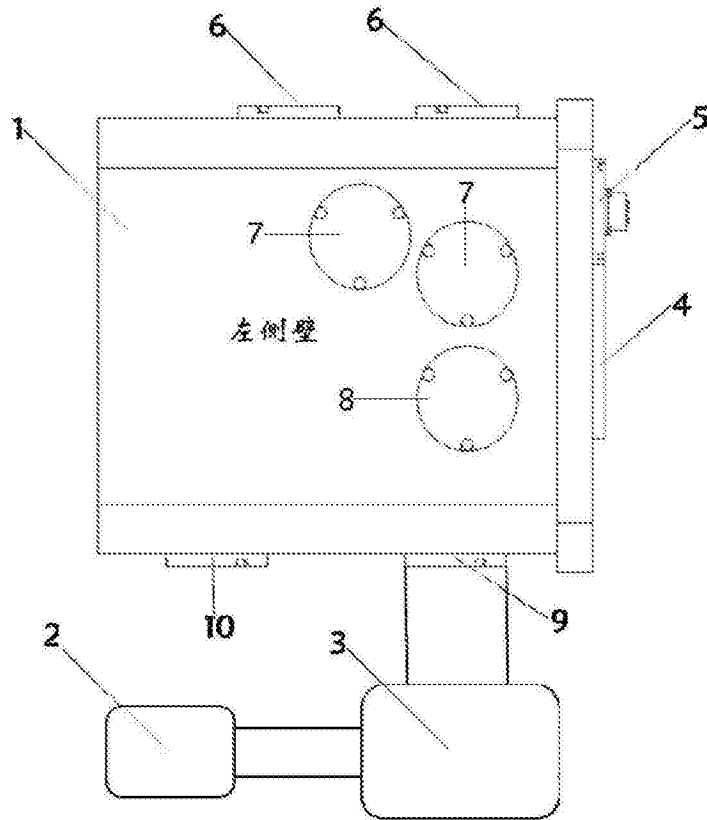


图1

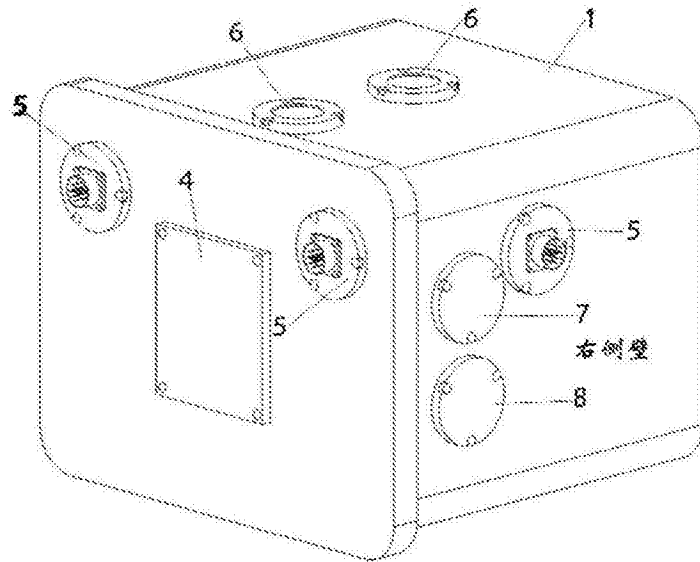


图2

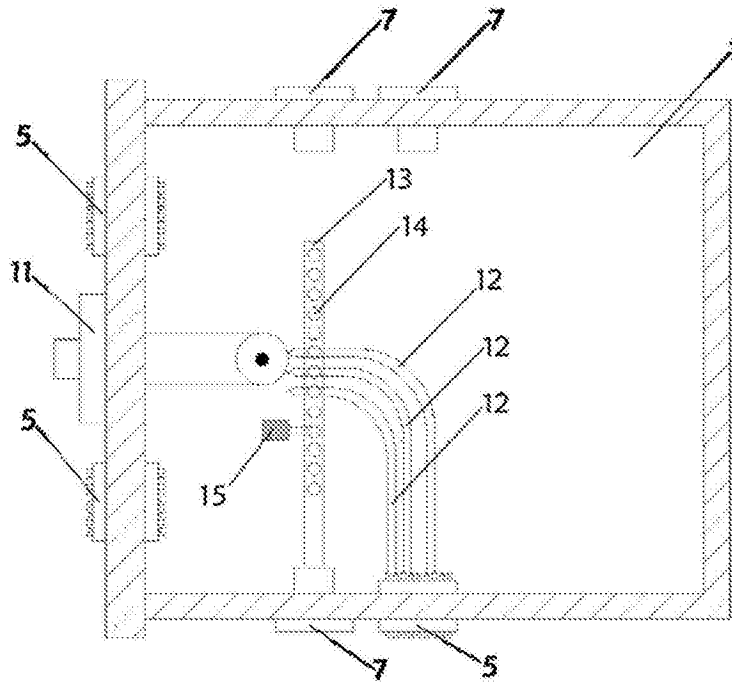


图3

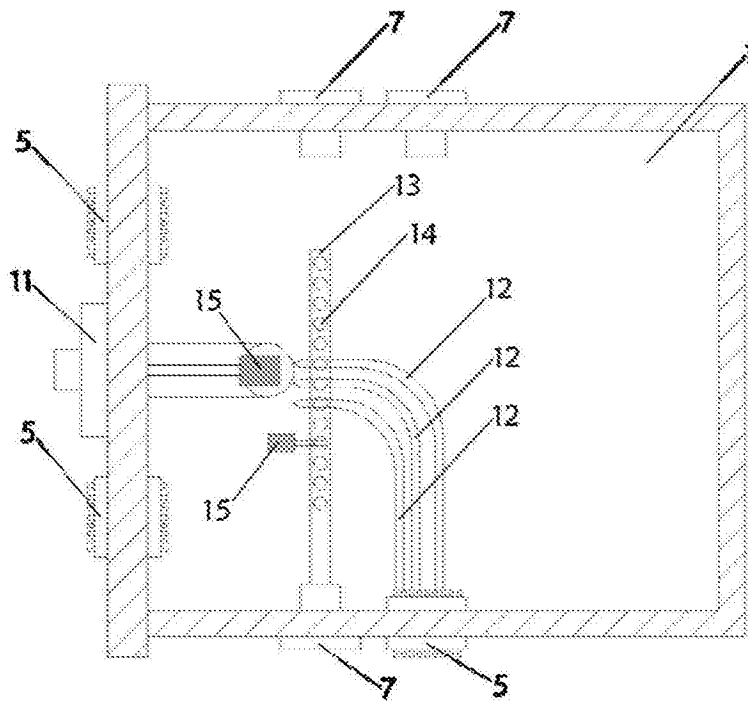


图4

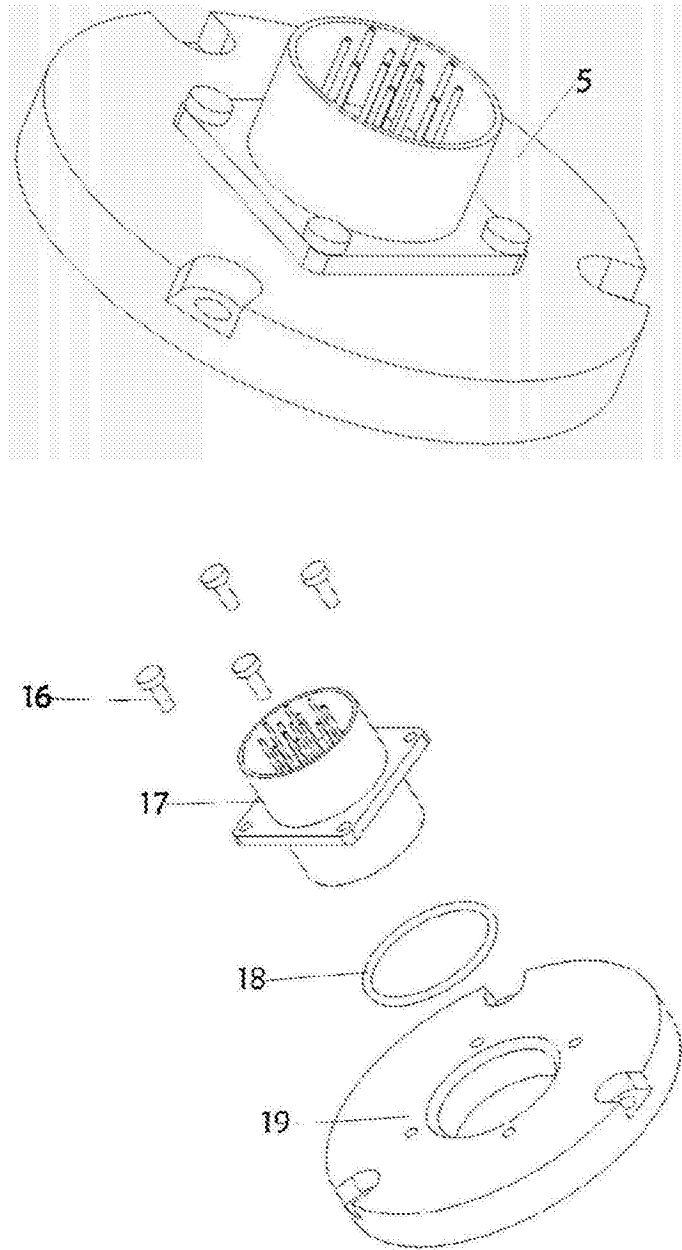


图5

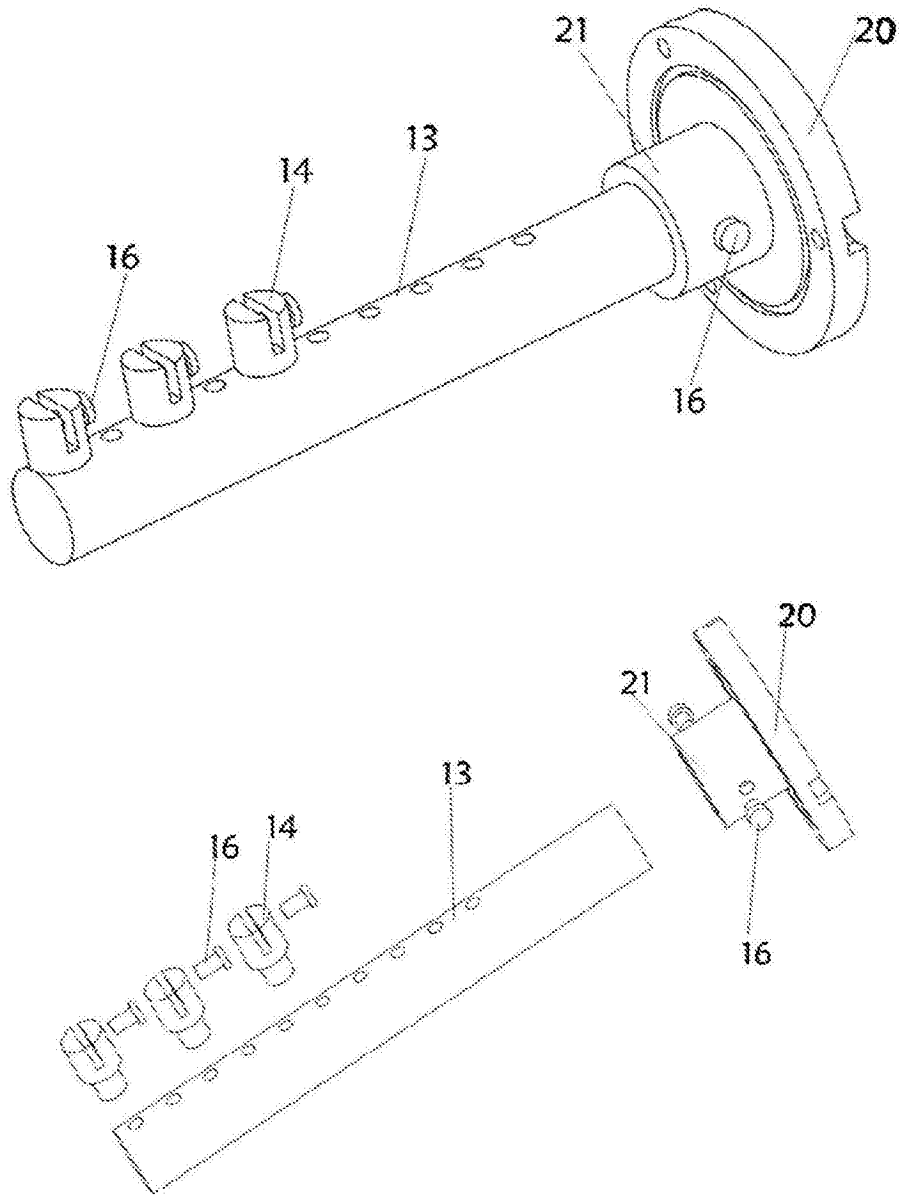


图6

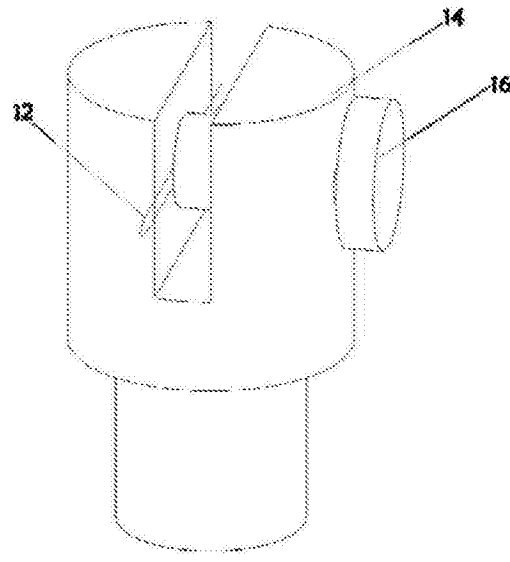


图7

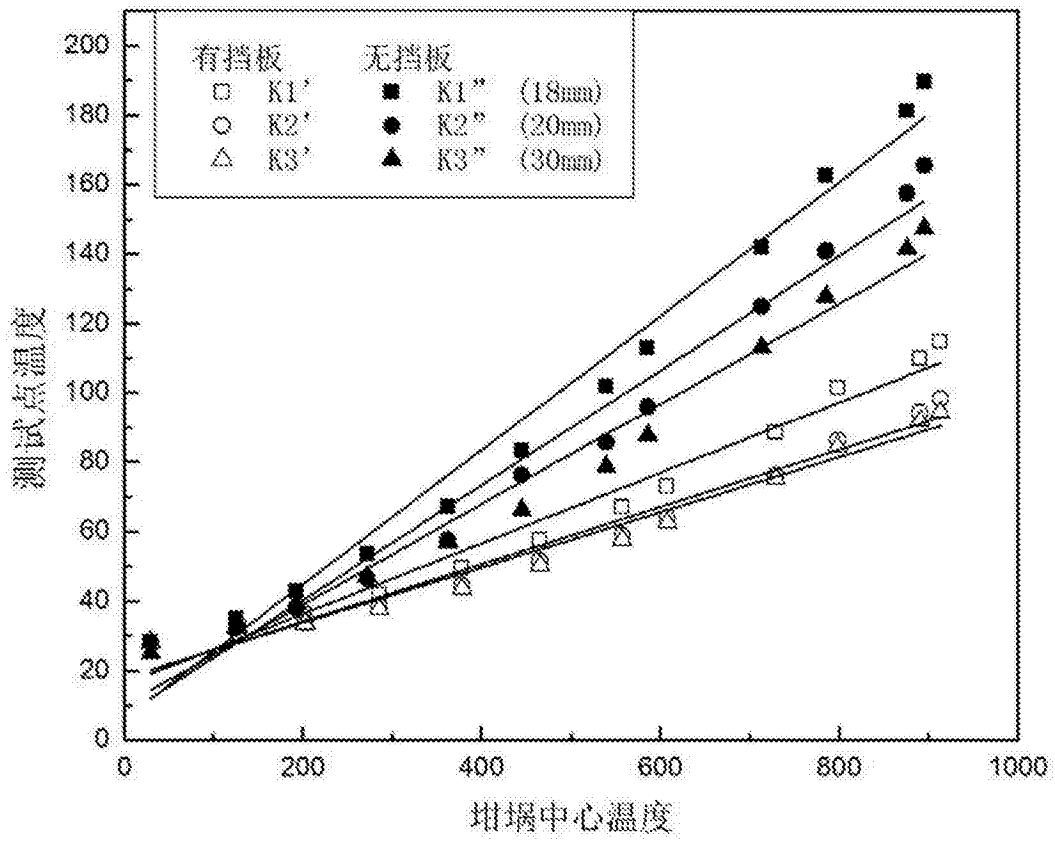


图8

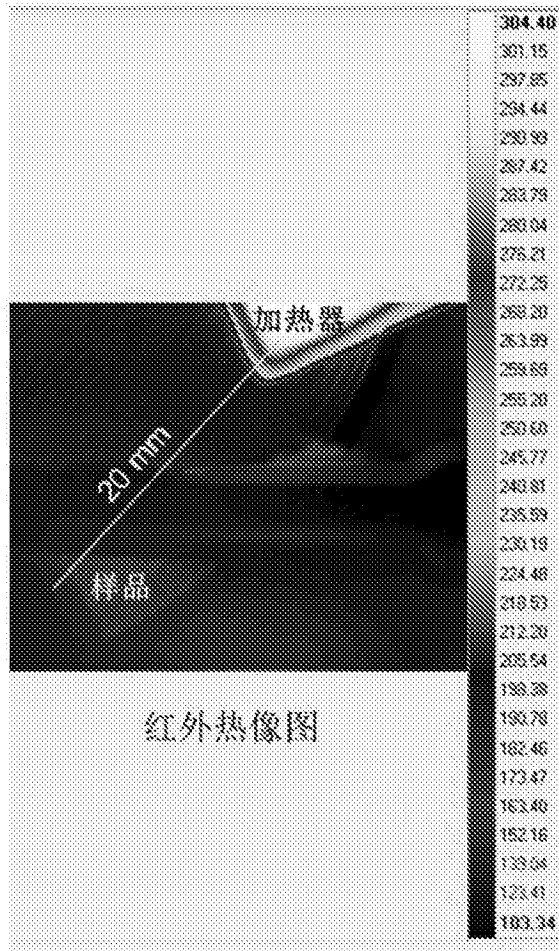


图9