



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112147415 B

(45) 授权公告日 2021.09.24

(21) 申请号 202011035537.3

G01K 7/02 (2021.01)

(22) 申请日 2020.09.27

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101900762 A, 2010.12.01

申请公布号 CN 112147415 A

JP 6172615 B2, 2017.08.02

(43) 申请公布日 2020.12.29

审查员 刘彦庭

(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72) 发明人 尹远 王林 翟双猛

(74) 专利代理机构 贵阳易博皓专利代理事务所

(普通合伙) 52116

代理人 田常娟

(51) Int. Cl.

G01R 27/08 (2006.01)

G01B 21/08 (2006.01)

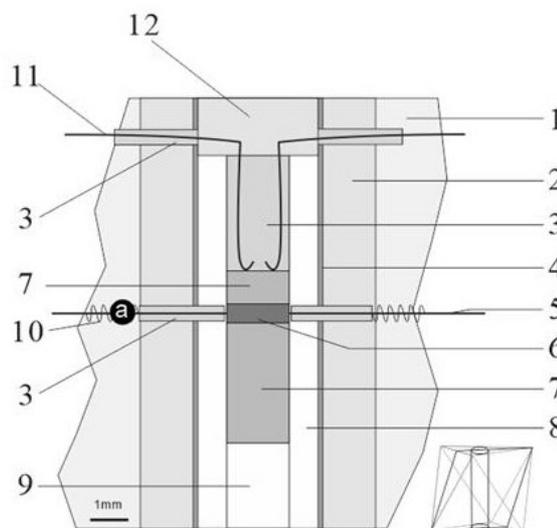
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,它包括:使用激光切割机将高纯度铁片和铼片分别加工成圆形样品和长方形部件;将铼片作为加热器,并把圆形铁片与四根高纯度钨丝放入高温高压测试装置中组装;将测试组装块放置在六面顶大压机内,加载到指定的压力和温度,对样品的电阻率采用四探针范德堡原理进行电阻率测量并记录,温度采用单独的热电偶测量;完成加热和数据记录后,卸载压力;将圆形铁片样品取出后,用环氧树脂固定,然后切割研磨抛光出圆形铁片的纵切面,测量厚度,利用范德堡测量法公式计算得到不同温度和压力条件下金属铁片的电阻率值;解决了现有技术温度梯度大、温度测量不准确,测量导线相互接触,电阻率计算参数过多、误差大等技术问题。



1. 一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,其特征在于,它包括:

步骤1:使用激光切割机将铁片(6)和铌片分别加工成圆形样品和长方形部件,并将该长方形部件卷成中空圆柱形状的铌管加热器(4);

步骤2:准备好四根直径0.2mm,99.9%高纯度钨丝(5),并将每根钨丝一头敲扁,敲扁那端用氧化铝陶瓷管(3)和铜丝线圈(10)包裹保护;

步骤3:组装高压测试组装块;

步骤4:将高压测试组装块放置在六面顶大压机内,预热后冷却至室温,再加载到指定的压力和温度范围,所述指定的压力和温度范围是,2-5GPa,25-1800℃;

步骤5:在不同的温度和压力下,对样品的电阻率采用四探针范德堡原理进行电阻率测量并记录;所述的电阻率测量的方法包括:

步骤5.1、将步骤2中的一根钨铌合金导线①和相邻的一根高纯度钨丝(5)导线②连接上一个恒定电流源装置;以导线①向铁片(6)样品中输入100-300毫安的稳定电流,导线②输出;

步骤5.2、将剩余的两根高纯度钨丝(5)导线连接到高精度万用表上,靠近导线①的标记为导线④,另一根标记为导线③,测量输入电流前后两次,得到铁片(6)样品两端的电势值差值;消除样品背景电势的影响;

步骤5.3、保持输入电流的钨铌合金导线①不变,电流输出端接上另一根相邻的高纯度钨丝(5)导线④上,然后重复步骤5.2,再次记录电流,电势数据,其中电势测量由导线②和导线③完成;

步骤6:完成数据记录后,卸载压力;

步骤7:将铁片(6)样品取出后,用环氧树脂固定,然后切割研磨抛光出铁片(6)的纵切面,测量厚度,利用范德堡测量法公式计算得到不同温度和压力条件下,金属铁片的电阻率值。

2. 根据权利要求1所述的一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,其特征在于:步骤1所述圆形样品为厚度0.5mm,直径为1.6-2.4mm的99.9%高纯度铁片(6);所述长方形部件为厚度0.2毫米,长度17mm、宽度11mm的99.9%高纯度金属铌片。

3. 根据权利要求1所述的一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,其特征在于:步骤3所述组装高压测试组装块中的方法包括:

步骤3.1、选取一个含铬氧化镁八面体(1),在八面体中心打一个圆柱形通孔;

步骤3.2、向圆柱形通孔中套入一个氧化锆圆筒(2);

步骤3.3、在氧化锆圆筒(2)中套入铌管加热器(4),铌管加热器(4)中间位置的四周预留4个穿孔,含铬氧化镁八面体(1)与铌管加热器(4)上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

步骤3.4、在铌管加热器(4)筒内套入一个氧化镁圆筒(8),所述氧化镁圆筒(8)与铌管加热器(4)上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

步骤3.5、将圆形的铁片(6)放入氧化镁圆筒(8)中间;

步骤3.6、将步骤2中的四根高纯度钨丝(5)水平穿过高压测试组装块中的穿孔,与铁片(6)样品四个方向的截面直接接触,作为导线;

步骤3.7、在铁片(6)上下各放置1个的氧化铝陶瓷棒(7),与铁片(6)直接接触;

步骤3.8、将一个C型钨铌热电偶插入到步骤3.7中位于上方的氧化铝陶瓷棒(7)上作为

热电偶(11)；

步骤3.9、将步骤3.7中位于下方的氧化铝陶瓷棒(7)外侧用脆性氧化镁棒(9)密封；所述氧化镁圆筒(8)上端用氧化锆水泥(12)密封；

步骤3.10、将含有测试样品的八面体组装块与八个立方碳化钨块拼合好，做好各处导线的绝缘。

一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法

技术领域

[0001] 本发明属于测试装置领域,尤其涉及一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法。

背景技术

[0002] 常见金属,比如铁、镍、铜、铝等的电阻率很低,都在十的负八次方、负七次方欧姆/米左右。精确测量这些金属的电阻率显得尤为困难。在常压下,已经有很多商业化的金属电阻率测量平台和工具被广泛地在实验室和工业中使用。但是,在高压和高温条件下,缺少测量金属电阻率的办法。因为在高温高压发生装置内,待测试样品的体积有限,电极导线的布置复杂,并且面临着极端温度压力条件下高失败率的风险。

[0003] 常压下,测量金属导线或者导电薄膜的电阻率的常规方法是:针对线状样品,使用开尔文四线法原理;针对片状或薄膜状样品,使用四探针范德堡原理。它们只能获得高电导率样品在常压低温,常压高温范围内的电阻率,无法获得高压高温条件下的电阻率数据。

[0004] 现有的高温高压下金属的电阻率测量方法包括针对柱状样品的四导线法,其原理是开尔文四线法原理,但是存在样品高度过高,造成的温度梯度大;测量导线相互接触,既当导线又当热电偶,无法避免热电势的影响;求解电阻率的参数包括了柱状样品的直径和高度,参数过多引起误差过大(误差7-15%)等问题。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是:提供一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,以解决在高温高压条件下,纯金属的电阻率测量结果误差大,温度梯度大,无法测试片状样品等技术问题。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,它包括:

[0008] 步骤1:使用激光切割机将高纯度铁片和铼片分别加工成圆形样品和长方形部件,并将该长方形部件卷成中空圆柱形状的铼管加热器;

[0009] 步骤2:准备好四根直径0.2mm,99.9%高纯度钨丝,并将每根钨丝一头敲扁,敲扁那端用氧化铝陶瓷管和铜丝线圈包裹保护;

[0010] 步骤3:组装高压测试块;

[0011] 步骤4:将高压测试组装块放置在六面顶大压机内,预热后冷却至室温,再加载到指定的压力和温度范围;

[0012] 步骤5:在不同的温度和压力下,对样品的电阻率采用四探针范德堡原理进行电阻率测量并记录;

[0013] 步骤6:完成数据记录后,卸载压力;

[0014] 步骤7:将圆形铁片样品取出后,用环氧树脂固定,然后切割研磨抛光出圆形铁片的纵切面,测量厚度,利用范德堡测量法公式计算得到不同温度和压力条件下,金属铁片的

电阻率值。

[0015] 进一步的,步骤1所述圆形样品为厚度0.5mm,直径为1.6-2.4mm的99.9%高纯度铁片;所述长方形部件为厚度0.2毫米,长度17mm、宽度11mm的99.9%高纯度金属铼片。

[0016] 进一步的,步骤3所述组装高压测试块中的方法包括:

[0017] 步骤3.1、选取一个含铬氧化镁八面体,在八面体中心打一个圆柱形通孔;

[0018] 步骤3.2、向圆柱形通孔中套入一个氧化锆圆筒;

[0019] 步骤3.3、在氧化锆圆筒中套入铼管加热器,铼管加热器中间位置的四周预留4个穿孔,含铬氧化镁八面体与铼管加热器上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

[0020] 步骤3.4、在铼管加热器筒内套入一个氧化镁圆筒,所述氧化镁圆筒与铼管加热器上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

[0021] 步骤3.5、将圆形的铁片放入氧化镁圆筒中间;

[0022] 步骤3.6、将步骤2中的四根高纯度钨丝水平穿过高压测试块中的穿孔,与圆形铁片样品四个方向的截面直接接触,作为导线;

[0023] 步骤3.7、在铁片上下各放置1个的氧化铝陶瓷棒,与铁片直接接触;

[0024] 步骤3.8、将一个C型钨铼热电偶插入到步骤3.7中位于上方的氧化铝陶瓷棒上作为热电偶;

[0025] 步骤3.9、将步骤3.7中位于下方的氧化铝陶瓷棒外侧用脆性氧化镁棒密封;所述氧化镁圆筒上端用氧化锆水泥密封;

[0026] 步骤3.10、将含有测试样品的八面体组装块与八个立方碳化钨块拼合好,做好各处导线的绝缘。

[0027] 进一步的,步骤4所述指定的压力和温度范围是,2-5GPa,25-1800℃。

[0028] 进一步的,步骤5所述的电阻率测量的方法包括:

[0029] 步骤5.1、将步骤2中的一根钨铼合金导线①和相邻的一根高纯度钨丝导线②连接上一个恒定电流源装置;以导线①向圆形铁片样品中输入100-300毫安的稳定电流,导线②输出;

[0030] 步骤5.2、将剩余的两根高纯度钨丝导线连接到高精度万用表上,靠近导线①的标记为导线④,另一根标记为导线③,测量输入电流前后两次,得到圆形铁片样品两端的电势值差值;消除样品背景电势的影响;

[0031] 步骤5.3、保持输入电流的钨铼合金导线①不变,电流输出端接上另一根相邻的高纯度钨丝导线④上,然后重复步骤5.2,再次记录电流,电势数据,其中电势测量由导线②和导线③完成。

[0032] 本发明通过的高温高压的条件下,采用四根受保护的金属钨丝与金属铁片样品四周接触,提高了实验的成功率。本方法使用四探针范德堡法原理测量电阻率,只需要知道样品的厚度这一单一的参数,就能计算样品的电阻率。相对于高温高压下使用柱状样品,该方法使用的是圆片形样品,具有更小的高度,减小了高温高压装置内样品温度梯度对测量结果的影响。该方法将四根导线在同一个水平面隔开,避免了互相接触产生干扰。

[0033] 相比已报道的针对高温高压条件下柱状样品的四导线测量方法,该方法具有测量温度准确、测量的电阻率更精确等技术优点,为在高温高压下测量金属及合金电阻率的研究提供了重要保障。本方法可以将实验误差降低到<5%,提高测量精度,是由于使用对称的

陶瓷氧化铝堵头固定片状样品形状,控制样品在高压压缩过程中的厚度变化,氧化镁堵头材质比金属铁软,在超高压下易于压缩,从而保证样品不被过分压缩,实验误差主要取决于厚度的误差,试验后测量左中右三个位置的厚度后,可以算出厚度的均值和误差,误差<5%。

[0034] 本发明高压组装块中,含铬氧化镁八面体和氧化镁套管作传压介质,金属铼管作加热炉,单独设置的热电偶作为测温装置,氧化镁套管作为绝缘装置。本发明高压组装块的优点是:①使用单独的热电偶丝测温,在测温的同时,避免了交叉的热电偶导线与样品直接接触造成的热电势对电阻测量的影响;②含铬氧化镁八面体作为一级传压介质,具有很好的传压性、机械加工性、耐热保温性和绝缘性;③金属铼管作为加热炉,温度均匀,加热效率高,不会流动与样品发生短路。

附图说明:

[0035] 图1是本发明步骤3所制备高压测试组装块纵切面结构示意图;

[0036] 图2是本发明步骤5所述电阻率测量的电路布置示意图;

[0037] 图3是本发明步骤7所制备样品纵切面抛光后的扫描电镜图;

[0038] 图4是本发明实施例2在高压和高温下测得的纯铁电阻率数据图。

[0039] 图中,1、含铬氧化镁八面体,2、氧化锆圆筒,3、氧化铝陶瓷管,4、铼管加热器,5、钨丝,6、铁片,7、氧化铝陶瓷棒,8、氧化镁圆筒,9、脆性氧化镁棒,10、铜丝线圈,11、热电偶,12、氧化锆水泥。

具体实施方式:

[0040] 参照图1-4,一种在高温高压下测量金属铁片电阻率的方法,它包括:

[0041] 步骤1:使用激光切割机将高纯度铁片6和铼片分别加工成圆形样品和长方形部件,并将该长方形部件卷成中空圆柱形状的铼管加热器4;

[0042] 步骤2:准备好四根直径0.2mm,99.9%高纯度钨丝5,并将每根钨丝一头敲扁,敲扁那端用氧化铝陶瓷管3和铜丝线圈10包裹保护;

[0043] 步骤3:组装高压测试块,包括:

[0044] 步骤3.1、选取一个边长14mm的含铬氧化镁八面体1,在八面体中心打一个直径5.6mm圆柱形通孔;

[0045] 步骤3.2、向圆柱形通孔中套入一个外径为5.6mm,内径为3.6mm的氧化锆圆筒2;

[0046] 步骤3.3、在氧化锆圆筒2中套入铼管加热器4,铼管加热器4中间位置的四周预留4个穿孔,含铬氧化镁八面体1与铼管加热器4上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

[0047] 步骤3.4、在铼管加热器4筒内套入一个外径3.4mm,内径1.6mm的氧化镁圆筒8,所述氧化镁圆筒8与铼管加热器4上4个穿孔位置对应出预留4个穿孔;

[0048] 步骤3.5、将圆形的铁片6放入氧化镁圆筒8中间;

[0049] 步骤3.6、将步骤2中的四根高纯度钨丝5水平穿过高压测试块中的穿孔,与圆形铁片6样品四个方向的截面直接接触,作为导线;

[0050] 步骤3.7、在铁片6上下各放置1个的氧化铝陶瓷棒7,与铁片6直接接触;

[0051] 步骤3.8、将一个C型钨铼热电偶插入到步骤3.7中位于上方的氧化铝陶瓷棒7上作

为热电偶11；

[0052] 步骤3.9、将步骤3.7中位于下方的氧化铝陶瓷棒7外侧用脆性氧化镁棒9密封；所述氧化镁圆筒8上端用氧化锆水泥12密封；其中，氧化锆圆筒2、氧化铝陶瓷棒7、氧化镁圆筒8、脆性氧化镁棒9和含铬氧化镁八面体1在组装前需放入1000℃烘箱内高温烘干2h；

[0053] 步骤3.10、将含有测试样品的八面体组装块与八个立方碳化钨块拼合好，做好各处导线的绝缘

[0054] 步骤4：将高压测试组装块放置在六面顶大压机内，预热后冷却至室温，再加载到指定的压力和温度范围；再加载到指定的压力和温度范围2-5GPa, 25-1800℃。具体参数参见实施例1-2；预热的温度和压力与指定的压力和温度相同，是为了消除组装装置之间的预应力，使得后续的加压和加温过程更加均匀。

[0055] 步骤5：在不同的温度和压力下，对样品的电阻率采用四探针范德堡原理进行电阻率测量并记录；步骤5所述的电阻率测量的方法包括：

[0056] 步骤5.1、将步骤2中的一根钨铼合金导线①和相邻的一根高纯度钨丝5导线②连接上一个恒定电流源装置；以导线①向圆形铁片样品中输入100-300毫安的稳定电流，导线②输出；

[0057] 步骤5.2、将剩余的两根高纯度钨丝5导线连接到高精度万用表上，靠近导线①的标记为导线④，另一根标记为导线③，测量输入电流前后两次，得到圆形铁片(6)样品两端的电势值差值；消除样品背景电势的影响；

[0058] 步骤5.3、保持输入电流的钨铼合金导线①不变，电流输出端接上另一根相邻的高纯度钨丝5导线④上，然后重复步骤5.2，再次记录电流，电势数据，其中电势测量由导线②和导线③完成；

[0059] 步骤6：以大约50-100℃为间隔完成数据记录后，卸载压力；

[0060] 步骤7：将圆形铁片6样品取出后，用环氧树脂固定，然后切割研磨抛光出圆形铁片6的纵切面，测量厚度，利用范德堡测量法公式计算得到不同温度和压力条件下，金属铁片的电阻率值。图3中样品厚度平均为 $(267\text{mm}+242\text{mm}+248\text{mm})/3=252\text{mm}$ ，误差是 $(252\text{mm}-242\text{mm})/252\text{mm}=4\%$ 。

[0061]

序号	压力	最高温度	固定电流	平均厚度d
实施例1	3GPa	1200℃	300mA	0.344mm
实施例2	5GPa	1541℃	300mA	0.252mm

[0062] 实施例1的记录电流和电势

[0063]

	温度 (°C)	通电流前样品 电势 (mV)	通电流后样品 电势 (mV)	电势差 (mV)	电阻率值 ($\Omega\cdot\text{m}$)
步骤 5.2	28	0.0024	0.0106	0.0082	7.49627E-08
步骤 5.3		0.002	0.0251	0.0231	
步骤 5.2	79	-0.006	0.004	0.01	9.34001E-08
步骤 5.3		-0.007	0.022	0.029	
步骤 5.2	104	-0.0092	0.0026	0.0118	1.12079E-07
步骤 5.3		-0.006	0.029	0.035	
步骤 5.2	159	-0.016	-0.001	0.015	1.38898E-07
步骤 5.3		-0.004	0.039	0.043	
步骤 5.2	211	-0.02	-0.002	0.018	1.74819E-07
步骤 5.3		0.001	0.056	0.055	
步骤 5.2	257	-0.023	-0.002	0.021	2.08345E-07
步骤 5.3		0.011	0.077	0.066	
步骤 5.2	310	-0.022	0.002	0.024	2.46662E-07
步骤 5.3		0.03	0.109	0.079	
步骤 5.2	352	-0.02	0.007	0.027	2.84978E-07
步骤 5.3		0.048	0.14	0.092	
步骤 5.2	404	-0.019	0.013	0.032	3.30479E-07
步骤 5.3		0.076	0.182	0.106	
步骤 5.2	454	0.001	0.038	0.037	3.90348E-07
步骤 5.3		0.104	0.23	0.126	
步骤 5.2	502	0.058	0.099	0.041	4.50218E-07
步骤 5.3		0.148	0.295	0.147	
步骤 5.2	554	0.129	0.174	0.045	5.14876E-07
步骤 5.3		0.183	0.353	0.17	
步骤 5.2	615	0.128	0.077	0.051	6.34615E-07
步骤 5.3		0.248	0.462	0.214	
步骤 5.2	654	0.185	0.114	0.071	8.02249E-07
步骤 5.3		0.369	0.633	0.264	
步骤 5.2	703	0.191	0.118	0.073	8.26197E-07
步骤 5.3		0.41	0.682	0.272	
步骤 5.2	753	0.201	0.125	0.076	8.62119E-07
步骤 5.3		0.482	0.766	0.284	

[0064]	步骤 5.2	805	0.188	0.265	0.077	8.88461E-07
	步骤 5.3		0.541	0.835	0.294	
	步骤 5.2	854	0.196	0.274	0.078	9.10014E-07
	步骤 5.3		0.631	0.933	0.302	
	步骤 5.2	907	0.209	0.291	0.082	9.21988E-07
	步骤 5.3		0.699	0.396	0.303	
	步骤 5.2	944	0.142	0.059	0.083	9.43541E-07
	步骤 5.3		0.747	0.436	0.311	
	步骤 5.2	1006	0.083	0.178	0.095	1.01059E-06
	步骤 5.3		0.78	0.453	0.327	
	步骤 5.2	1050	0.073	0.169	0.096	1.02975E-06
	步骤 5.3		0.823	0.489	0.334	
	步骤 5.2	1101	0.065	0.162	0.097	1.04412E-06
	步骤 5.3		0.856	0.517	0.339	
	步骤 5.2	1150	0.068	0.166	0.098	1.05849E-06
	步骤 5.3		0.919	0.575	0.344	
	步骤 5.2	1200	0.062	0.161	0.099	1.08004E-06
	步骤 5.3		1.007	0.655	0.352	

[0065] 实施例2的记录电流和电势

	温度 (°C)	通电流前样品 电势 (mV)	通电流后样品 电势 (mV)	电势差 (mV)	电阻率值 ($\Omega\cdot\text{m}$)
步骤 5.2	32	0.0256	-0.0006	0.0262	8.80627E-08
		0.0178	0.0315	0.0137	
步骤 5.2	103	0.012	0.0499	0.0379	1.23494E-07
步骤 5.3		0.0322	0.0507	0.0185	
步骤 5.2	153	0.0265	0.0733	0.0468	1.57981E-07
步骤 5.3		0.051	0.0729	0.0219	
步骤 5.2	202	0.0425	0.0989	0.0564	1.89432E-07
步骤 5.3		0.0785	0.1051	0.0266	
步骤 5.2	258	0.0685	0.1382	0.0697	2.32228E-07
步骤 5.3		0.1031	0.1343	0.0312	
步骤 5.2	304	0.0926	0.1737	0.0811	2.70812E-07
步骤 5.3		0.1358	0.1736	0.0378	
步骤 5.2	352	0.119	0.2141	0.0951	3.22563E-07
步骤 5.3		0.1675	0.2103	0.0428	
步骤 5.2	403	0.1529	0.2643	0.1114	3.71854E-07
步骤 5.3		0.2105	0.2608	0.0503	
步骤 5.2	460	0.189	0.3206	0.1316	4.38652E-07
步骤 5.3		0.246	0.3031	0.0571	
步骤 5.2	504	0.224	0.374	0.15	4.98344E-07
步骤 5.3		0.2829	0.3463	0.0634	

[0067]

步骤 5.2	550	0.2555	0.4234	0.1679	5.56577E-07
步骤 5.3		0.3266	0.3987	0.0721	
步骤 5.2	603	0.3009	0.4951	0.1942	6.37334E-07
步骤 5.3		0.3785	0.4738	0.0953	
步骤 5.2	653	0.343	0.5938	0.2508	8.3282E-07
步骤 5.3		0.4251	0.5271	0.102	
步骤 5.2	675	0.4025	0.6818	0.2793	9.12562E-07
步骤 5.3		0.4465	0.5482	0.1017	
步骤 5.2	695	0.423	0.7043	0.2813	9.16631E-07
步骤 5.3		0.5062	0.6116	0.1054	
步骤 5.2	752	0.4712	0.7613	0.2901	9.46547E-07
步骤 5.3		0.5608	0.6675	0.1067	
步骤 5.2	804	0.5188	0.8153	0.2965	9.61829E-07
步骤 5.3		0.6228	0.7346	0.1118	
步骤 5.2	856	0.5693	0.8727	0.3034	9.93695E-07
步骤 5.3		0.6892	0.8046	0.1154	
步骤 5.2	903	0.6362	0.9442	0.308	1.01883E-06
步骤 5.3		0.7655	0.8844	0.1189	
步骤 5.2	950	0.6878	1.0037	0.3159	1.04626E-06
步骤 5.3		0.861	0.98	0.119	
步骤 5.2	1004	0.775	1.0971	0.3221	1.05568E-06
步骤 5.3		0.918	1.039	0.121	
步骤 5.2	1048	0.836	1.163	0.327	1.07219E-06
步骤 5.3		1.034	1.158	0.124	
步骤 5.2	1106	0.908	1.242	0.334	1.09613E-06
步骤 5.3		1.11	1.235	0.125	
步骤 5.2	1150	0.995	1.336	0.341	1.11164E-06
步骤 5.3		1.249	1.377	0.128	
步骤 5.2	1206	1.089	1.438	0.349	1.13788E-06
步骤 5.3		1.324	1.454	0.13	
步骤 5.2	1250	1.221	1.578	0.357	1.16553E-06
步骤 5.3		1.44	1.565	0.125	
步骤 5.2	1305	3.75	3.375	0.375	1.17714E-06
步骤 5.3		1.619	1.749	0.13	
步骤 5.2	1415	1.732	1.352	0.38	1.20068E-06
步骤 5.3		1.797	1.942	0.145	
步骤 5.2	1460	1.169	0.807	0.362	1.23018E-06
步骤 5.3		1.899	2.054	0.155	
步骤 5.2	1500	1.311	0.961	0.35	1.24108E-06
步骤 5.3		2.303	2.467	0.164	
步骤 5.2	1541	1.31	0.948	0.362	1.29953E-06
步骤 5.3		0.9378	1.0618	0.124	

[0068] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在

不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

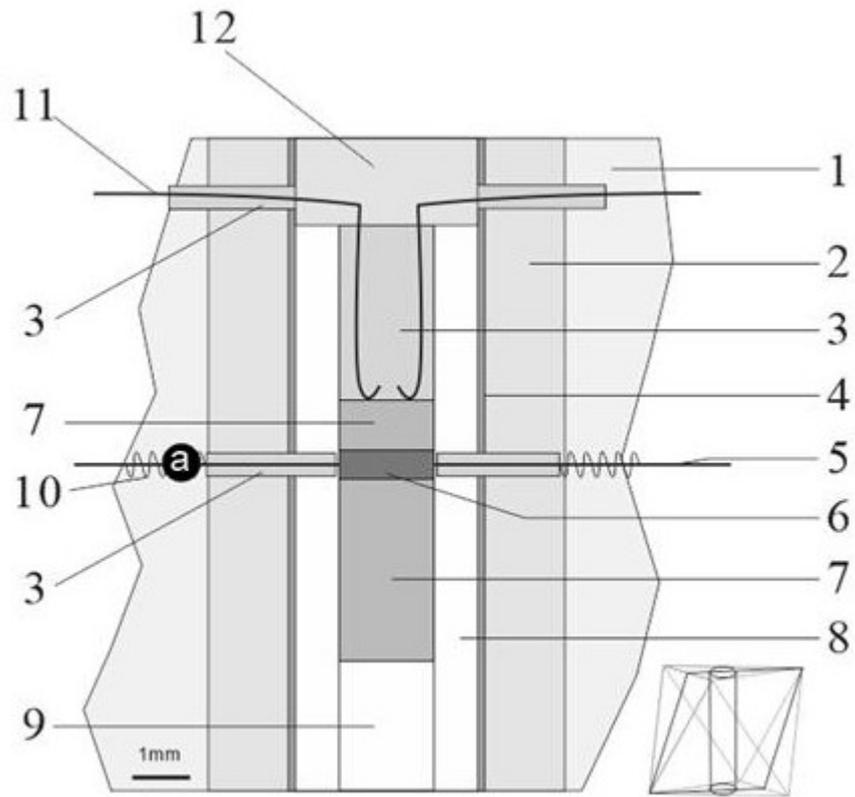


图 1

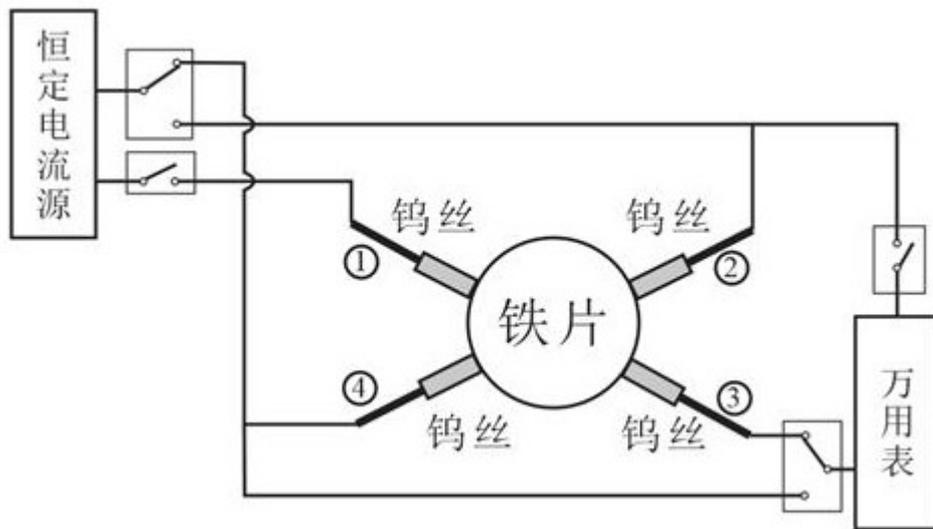


图 2

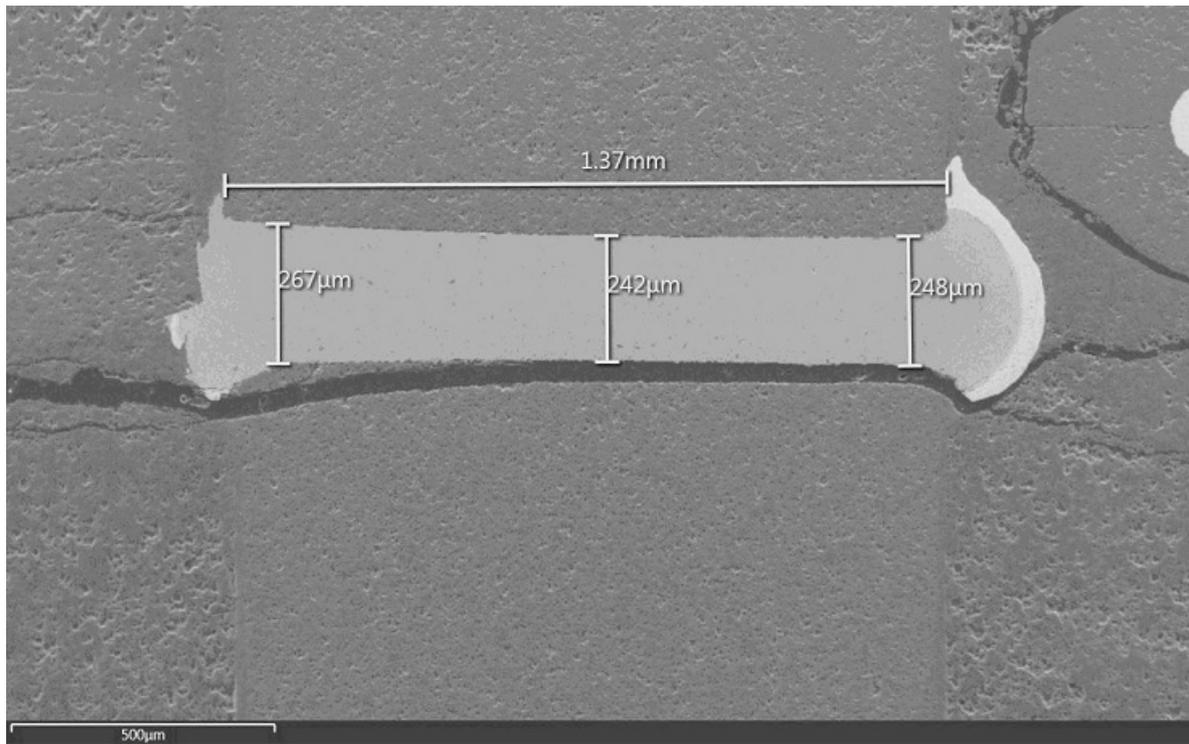


图 3

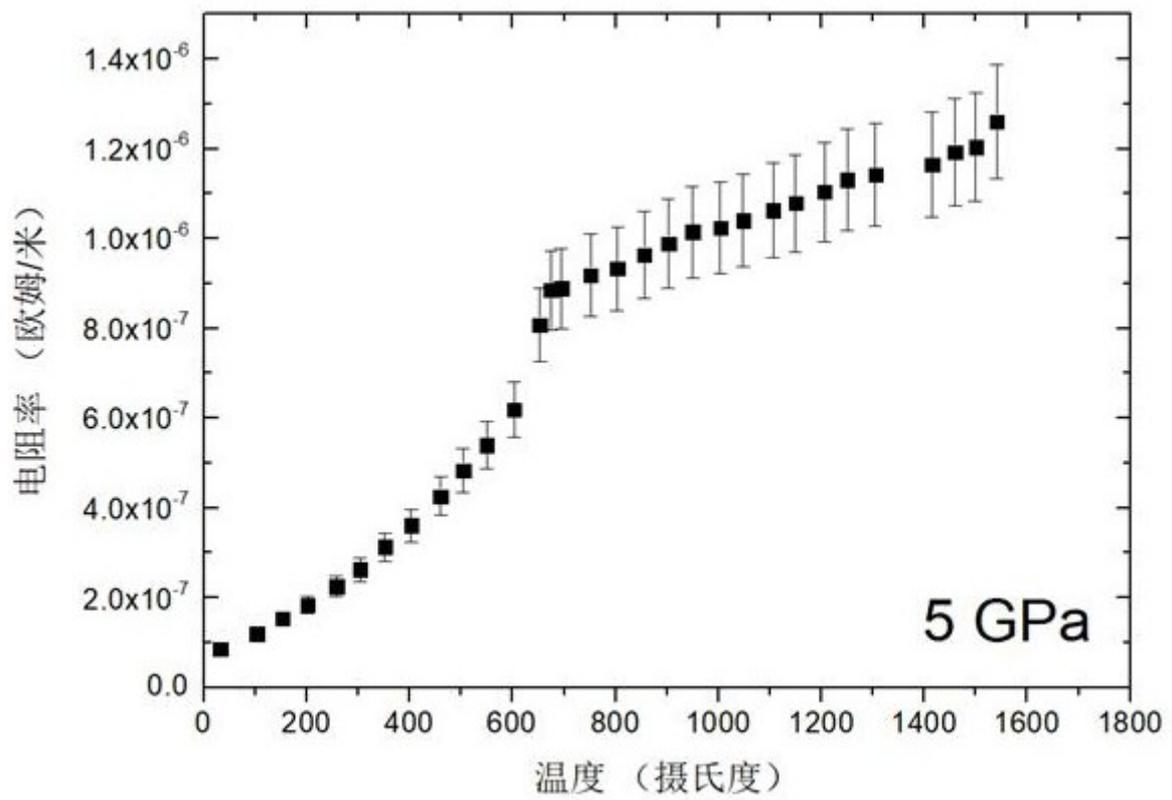


图 4