



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111505512 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 18

(21) 申请号 202010496379.5

G01R 31/389 (2019.01)

(22) 申请日 2020.06.03

G01R 31/392 (2019.01)

H01M 6/36 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111505512 A

(56) 对比文件

CN 212275912 U, 2021.01.01

(43) 申请公布日 2020.08.07

审查员 蔡婷

(73) 专利权人 中国工程物理研究院电子工程研究所

地址 621000 四川省绵阳市绵山路64号

(72) 发明人 张小强 崔艳华 陈伟 李科
刘效疆

(74) 专利代理机构 成都行之专利代理有限公司
51220

专利代理师 李朝虎

(51) Int. Cl.

G01R 31/3842 (2019.01)

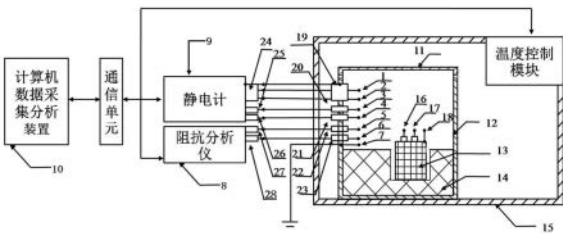
权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统和方法,解决了热电池在未激活状态由于内阻极高,通常用于判断电池性能和健康状态的多个关键电学参量远超过常用电池检测仪器和检测方法的测量范围,无法得到准确测量的问题。本系统包括阻抗分析仪、静电计、恒温箱、电学测量夹具和计算机数据采集分析装置,本测量方法中通过阻抗匹配、抑制环境噪声、降低温度波动,并充分利用热电池有源特性,提高了测量精度,扩大了热电池电学参量的测量范围。本发明实现了热电池未激活状态的开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱和电容等电学性能参数的准确测量,为实现热电池在线检测和可靠性评估提供了依据。



1. 一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,其特征在于,包括阻抗分析仪(8)、静电计(9)、恒温箱(15)、电学测量夹具,所述电学测量夹具设于恒温箱(15)内,所述电学测量夹具与阻抗分析仪(8)、静电计(9)均电连接,所述电学测量夹具的外壳接地;还包括计算机数据采集分析装置(10),所述计算机数据采集分析装置(10)通过通信单元与阻抗分析仪(8)、静电计(9)均连接;

所述电学测量夹具,其内用于放置热电池(13),通过电学测量夹具来屏蔽热电池(13)未激活状态电学性能参数测量时受到的电磁干扰环境噪声;

所述恒温箱(15),用于为热电池(13)提供0℃到150℃范围内的恒温测试环境,支撑热电池(13)未激活状态电学性能参数的后续测量;

所述阻抗分析仪(8),用于测量热电池(13)未激活状态阻抗谱,并传输至计算机数据采集分析装置(10);所述静电计(9),用于测量热电池(13)未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流阻抗,并传输至计算机数据采集分析装置(10);

所述计算机数据采集分析装置(10),用于控制和采集恒温箱(15)的温度数据,控制阻抗分析仪(8)、静电计(9)进行热电池(13)的未激活状态电学性能参数采集和分析,同时能够实时显示各种数据的图形,并实现数据实时存储;

所述电学测量夹具包括外壳(12)、上盖(11)、绝缘座(14),所述绝缘座(14)设于外壳(12)内的底部,上盖(11)设于外壳(12)顶部,热电池(13)设于所述绝缘座(14)上;

还包括一个三同轴接头(19)和4个BNC接头,所述三同轴接头(19)和BNC接头均依次从上到下固定在电学测量夹具的外壳(12)左侧,且BNC接头水平位置高于绝缘座(14)顶部;4个BNC接头从上到下依次记作第一BNC接头(20)、第二BNC接头(21)、第三BNC接头(22)、第四BNC接头(23);所述三同轴接头(19)的外屏蔽层和电学测量夹具的外壳(12)电气连通,所述BNC接头的屏蔽层和电学测量夹具的外壳(12)电气连通;

还包括7个内部电连接线,用于测量时通过对应内部电连接线与热电池(13)电连接;7个内部电连接线从上到下依次记作第一内部电连接线(1)、第二内部电连接线(2)、第三内部电连接线(3)、第四内部电连接线(4)、第五内部电连接线(5)、第六内部电连接线(6)、第七内部电连接线(7),所述第一内部电连接线(1)同三同轴接头(19)内芯电气连通,所述第二内部电连接线(2)同三同轴接头(19)内屏蔽层电气连通,所述第三内部电连接线(3)同第一BNC接头(20)内芯电气连通,所述第四内部电连接线(4)同第二BNC接头(21)内芯电气连通,所述第五内部电连接线(5)同第三BNC接头(22)内芯电气连通,所述第六内部电连接线(6)同第四BNC接头(23)内芯电气连通,所述第七内部电连接线(7)同电学测量夹具外壳电气连通;

所述三同轴接头(19)和静电计信号输入端三同轴接头(24)通过三同轴测试线缆连接,所述第一BNC接头(20)和静电计公共端(25)通过同轴线缆连接,所述第二BNC接头(21)和静电计电压输出端(26)通过同轴线缆连接,所述第三BNC接头(22)和阻抗分析仪电压输出端(27)通过同轴线缆连接,所述第四BNC接头(23)和阻抗分析仪电流输入端(28)通过同轴线缆连接;

所述静电计(9)为同时或分别具有电压源、电压、电流和电荷测量功能的仪表,电压测量输入阻抗大于 $10^{12}\Omega$,电压测试量程大于10V,电流测量极限小于 10^{-12}A ,电荷测量极限小于 10^{-12}C ,通过通信单元GPIB或RS232接口与所述计算机数据采集分析装置(10)通信连接;

所述阻抗分析仪(8)为输出幅值大于0.1V、频率范围宽于1mHz到500kHz的交流电压信号、测试量程大于 $10^{12}\Omega$ 的阻抗测量仪表,通过通信单元GPIB、RS232或USB与所述计算机数据采集分析装置(10)通信连接;

所述恒温箱(15)包括温度控制模块,所述温度控制模块通过通信单元连接所述计算机数据采集分析装置(10)。

2.根据权利要求1所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,其特征在于,所述外壳(12)和上盖(11)的材质为不锈钢材质,所述绝缘座(14)的材质为高绝缘性聚四氟乙烯、特氟龙、玻璃或陶瓷材质。

3.根据权利要求1所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,其特征在于,所述绝缘座(14)形状开口向上的U型,所述热电池(13)设于所述绝缘座(14)的U型槽内。

4.根据权利要求1所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,其特征在于,所述恒温箱(15)的外壳上设有测试孔,测试孔内壁为绝缘陶瓷、特氟龙、玻璃或聚四氟乙烯材质。

5.根据权利要求1所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,其特征在于,该系统应用于热电池单体电池片数量和装配方向的初步检测。

6.一种测量热电池未激活状态电学性能参数的方法,其特征在于,该方法支持权利要求1至5中任意一项所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,该方法包括以下步骤:

S10,开启计算机数据采集分析装置、静电计、阻抗分析仪、恒温箱,设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,使各个测量仪表预热10min到30min;

S20,将电学测量夹具上的三同轴接头和静电计信号输入端三同轴接头通过三同轴测试线缆连接,将电学测量夹具上的第一BNC接头和静电计公共端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第二BNC接头和静电计电压输出端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第三BNC接头和阻抗分析仪电压输出端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第四BNC接头和阻抗分析仪电流输入端通过同轴线缆连接;

S30:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极、热电池负极以及热电池外壳分别对应地同电学测量夹具中的第一内部电连接线、第三内部电连接线、第二内部电连接线连接,盖上电学测量夹具的上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电压-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态开路电压 V_{oc} ;

S40:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第二内部电连接线、第七内部电连接线连接,盖上电学测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电荷-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态输出电荷 Q ;

S50:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第二内部电连接线、第七内部电连接线连接,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱

舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} ;

S60:设定恒温箱温度至目标温度,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第四内部电连接线连接,热电池外壳同第二内部电连接线相连,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-电压测量选项,设置电流测试量程和电压扫描范围,测量热电池未激活状态电流-电压曲线;

S70:根据步骤S60测得的电流-电压曲线,依据公式 $R = \Delta V / \Delta I$,计算得到温度为 T_0 时热电池未激活状态电阻 R ;

S80:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第五内部电连接线连接,热电池负极同第六内部电连接线连接,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择阻抗谱测量选项,设置频率(ω)扫描范围、激励电压、电流测试量程、偏置电压和数据存放路径参数,测量热电池未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$;

S90:根据步骤S80测得的热电池未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$,在1kHz到500kHz频率范围内对阻抗的对数 $\log(Z)$ 和频率的对数 $\log(\omega)$ 进行线性拟合,根据 $\log(Z) = -\log(\omega) - \log(C)$,所得截距为 $-\log(C)$,进一步计算得到热电池未激活状态电容 C 。

7.根据权利要求6所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的方法,其特征在于,步骤S50中的热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} 亦可通过输出电荷 Q 进行计算,测量时间 t 内输出的电荷量 $Q(t)$,最大输出电流由 $I_{sc} = Q(t) / t$ 计算得到。

8.根据权利要求6所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的方法,其特征在于,步骤S70中的热电池未激活状态电阻 R 亦可根据步骤S30测得的 V_{oc} ,步骤S50测得的 I_{sc} ,依据公式 $R = V_{oc} / I_{sc}$ 计算得到 R 。

一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热电池检测技术领域,尤其涉及一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统及方法。

背景技术

[0002] 热电池是一种采用两元或多元熔融盐固溶体作为电解质的一次贮备式电池,在常态下电解质不导电,电池处于非工作状态,需要工作时,外界给予激活信号后热电池本身加热系统使熔盐迅速熔融成离子型导体,实现对外输出电能。热电池具有贮存寿命长,比功率高,激活时间短,高可靠,免维护,能耐极端环境等特点,广泛应用于导弹、炸弹、鱼雷、空间探测、紧急逃生装置等各类军用或民用装备系统。

[0003] 在热电池生产、检验和贮存期间,需要对处于未激活状态的热电池开展一定的检测,以判断其性能是否满足使用要求。目前,热电池未激活状态电学检测方法主要包括利用万用表测量点火头电阻,利用绝缘电表测量激活回路、工作回路和外壳间的绝缘电阻等,用于表征电池内部电气引线的连接情况。由于热电池未激活状态内阻极高,通常用于判断电池性能和健康状态的关键电学参量如开路电压、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱等远超过常用电池电学检测仪器的测量范围,无法得到准确测量。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是热电池在未激活状态内阻极高,通常用于判断电池性能和健康状态的关键电学参量如开路电压、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱等电学参量远超过常用电池检测仪器的测量范围,无法得到准确测量。

[0005] 本发明提供了解决上述问题的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统及方法,通过阻抗匹配、抑制噪声和稳定环境温度,实现具有超高内阻的热电池未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱和电容的准确测量,为基于以上电学参量实现热电池在线检测和可靠性评估提供依据。

[0006] 本发明通过下述技术方案实现:

[0007] 一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,包括阻抗分析仪、静电计、恒温箱、电学测量夹具,所述电学测量夹具设于恒温箱内,所述电学测量夹具与阻抗分析仪、静电计均电连接,所述电学测量夹具的外壳接地;还包括计算机数据采集分析装置,所述计算机数据采集分析装置通过通信单元与阻抗分析仪、静电计均连接;

[0008] 所述电学测量夹具,其内用于放置热电池,通过电学测量夹具来屏蔽热电池未激活状态电学性能参数测量时受到的电磁干扰的环境噪声;

[0009] 所述恒温箱,用于为热电池提供0℃到150℃范围内的恒温测试环境,支撑热电池未激活状态电学性能参数的后续测量;

[0010] 所述阻抗分析仪,用于测量热电池未激活状态阻抗谱,并传输至计算机数据采集分析装置;所述静电计,用于测量热电池未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电

流-电压曲线、直流阻抗,并传输至计算机数据采集分析装置;

[0011] 所述计算机数据采集分析装置,用于控制和采集恒温箱的温度数据,控制阻抗分析仪、静电计进行热电池的未激活状态电学性能参数采集和分析,同时能够实时显示各种数据的图形,并实现数据实时存储。

[0012] 工作原理是如下:由于热电池在未激活状态内阻极高,通常用于判断电池性能和健康状态的关键电学参量如开路电压、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱等电学参量远超过常用电池检测仪器的测量范围,无法得到准确测量。

[0013] 本发明通过阻抗匹配、抑制噪声和稳定环境温度,提供一个热电池未激活状态电学性能参数测量系统,主要包括阻抗分析仪、静电计、恒温箱、电学测量夹具,电学测量夹具设于恒温箱内,电学测量夹具与阻抗分析仪、静电计均电连接,电学测量夹具的外壳接地;还包括计算机数据采集分析装置,计算机数据采集分析装置通过通信单元与阻抗分析仪、静电计均连接;基于该系统,本发明提供一种准确测量热电池未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱和电容的方法,可准确测量热电池在未激活状态的开路电压、输出电荷、最大输出电流、直流电阻、电流-电压曲线、阻抗谱、电容等基本电学性能参数;测试过程中,由于采用了恒温箱,上述基本电学性能参数测量温度范围为0℃到150℃;测试环境温度波动小于0.5℃,有效降低由于外界温度起伏导致上述测量结果波动;同时,由于采用的测量夹具可有效屏蔽电磁干扰等环境噪声,有效降低上述测试误差。本发明为热电池未激活状态基于以上电学参量实现热电池在线检测和可靠性评估提供依据。

[0014] 进一步地,所述电学测量夹具包括外壳、上盖、绝缘座,所述绝缘座设于外壳内的底部,上盖设于外壳顶部,热电池设于所述绝缘座上;

[0015] 还包括一个三同轴接头和4个BNC接头,所述三同轴接头和BNC接头均依次从上到下固定在电学测量夹具的外壳左侧,且BNC接头水平位置高于绝缘座顶部;4个BNC接头从上到下依次记作第一BNC接头、第二BNC接头、第三BNC接头、第四BNC接头;所述三同轴接头的外屏蔽层和电学测量夹具的外壳电气连通,所述BNC接头的屏蔽层和电学测量夹具的外壳电气连通;

[0016] 还包括7个内部电连接线,用于测量时通过对应内部电连接线与热电池电连接;7个内部电连接线从上到下依次记作第一内部电连接线、第二内部电连接线、第三内部电连接线、第四内部电连接线、第五内部电连接线、第六内部电连接线、第七内部电连接线,所述第一内部电连接线同三同轴接头内芯电气连通,所述第二内部电连接线同三同轴接头内屏蔽层电气连通,所述第三内部电连接线同第一BNC接头内芯电气连通,所述第四内部电连接线同第二BNC接头内芯电气连通,所述第五内部电连接线同第三BNC接头内芯电气连通,所述第六内部电连接线同第四BNC接头内芯电气连通,所述第七内部电连接线同电学测量夹具外壳电气连通。

[0017] 进一步地,所述三同轴接头和静电计信号输入端三同轴接头通过三同轴测试线缆连接,所述第一BNC接头和静电计公共端通过同轴线缆连接,所述第二BNC接头和静电计电压输出端通过同轴线缆连接,所述第三BNC接头和阻抗分析仪电压输出端通过同轴线缆连接,所述第四BNC接头和阻抗分析仪电流输入端通过同轴线缆连接。

[0018] 进一步地,所述外壳和上盖的材质为不锈钢材质。

- [0019] 进一步地,所述绝缘座的材质为高绝缘性聚四氟乙烯、特氟龙、玻璃或陶瓷材质。
- [0020] 进一步地,所述绝缘座形状开口向上的U型,所述热电池设于所述绝缘座的U型槽内。
- [0021] 进一步地,所述静电计为同时或分别具有电压源、电压、电流和电荷测量功能的仪表,电压测量输入阻抗大于 $10^{12}\Omega$,电压测试量程大于10V,电流测量极限小于 10^{-12}A ,电荷测量极限小于 10^{-12}C ,通过通信单元GPIB或RS232接口与所述计算机数据采集分析装置通信连接。
- [0022] 进一步地,所述阻抗分析仪为输出幅值大于0.1V、频率范围宽于1mHz到500kHz的交流电压信号、测试量程大于 $10^{12}\Omega$ 的阻抗测量仪表,通过通信单元GPIB、RS232或USB与所述计算机数据采集分析装置通信连接。
- [0023] 进一步地,所述恒温箱包括温度控制模块,所述温度控制模块通过通信单元连接所述计算机数据采集分析装置;所述恒温箱的外壳上设有测试孔,所有连接电学测量夹具和静电计或阻抗分析仪的测试线缆通过该测试孔引出;测试孔内壁为绝缘陶瓷、特氟龙、玻璃或聚四氟乙烯材质。
- [0024] 进一步地,所述计算机数据采集分析装置采用Labview工具自主开发,用以控制和采集恒温箱的温度数据,控制静电计的测量模式,采集静电计的电压数据、电流数据、电荷数据,采集阻抗分析仪的阻抗数据,同时能够实时显示各种数据的图形,并实现数据实时存储,测试选项包括热电池开路电压随时间或温度的变化、输出电流随时间或温度变化的、输出电荷随时间的变化、直流电阻随时间或温度的变化、电流随电压的变化、阻抗和相位随频率的变化。
- [0025] 进一步地,该系统应用于热电池单体电池片数量和装配方向的初步检测;具体地,根据该系统测量的热电池开路电压 V_{100} 、并测量热电池单体电池片开路电压 V_0 ,其中取若干个热电池单体电池片对应的开路电压的平均值作为单体电池片开路电压参考值 V_0 ;
- [0026] 根据公式 $V_{100}=V_0 \times (n_1-n_2)$,其中 n_1 为装配方向正确的单体电池片数量, n_2 为装配方向错误的单体电池片数量,计算得到 $(n_1-n_2)=\text{ROUND}(V_{100}/V_0)$,其中ROUND为四舍五入函数;
- [0027] 比较 (n_1-n_2) 和 n_{100} 之间的数值关系,其中, n_{100} 为工艺要求热电池内部的单体电池片数量,若 $n_1-n_2 \neq n_{100}$,则单体电池片数量或装配方向存在错误。
- [0028] 另一方面,本发明还提供了一种测量热电池未激活状态电学性能参数的方法,该方法支持所述的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,该方法包括以下步骤:
- [0029] S10,开启计算机数据采集分析装置、静电计、阻抗分析仪、恒温箱,设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,使各个测量仪表预热10min到30min;
- [0030] S20,将电学测量夹具上的三同轴接头和静电计信号输入端三同轴接头通过三同轴测试线缆连接,将电学测量夹具上的第一BNC接头和静电计公共端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第二BNC接头和静电计电压输出端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第三BNC接头和阻抗分析仪电压输出端通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第四BNC接头和阻抗分析仪电流输入端通过同轴线缆连接;
- [0031] S30:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极、热电池负极以及热电

池外壳分别对应地同电学测量夹具中的第一内部电连接线、第三内部电连接线、第二内部电连接线连接,盖上电学测量夹具的上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电压-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态开路电压 V_{oc} ;

[0032] S40:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第二内部电连接线、第七内部电连接线连接,盖上电学测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电荷-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态输出电荷 Q ;

[0033] S50:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第二内部电连接线、第七内部电连接线连接,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} ;

[0034] S60:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第一内部电连接线连接,热电池负极同第四内部电连接线连接,热电池外壳同第二内部电连接线相连,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-电压测量选项,设置电流测试量程和电压扫描范围,测量热电池未激活状态电流-电压曲线;

[0035] S70:根据步骤S60测得的电流-电压曲线,依据公式 $R = \Delta V / \Delta I$,计算得到温度 T_0 时热电池未激活状态电阻 R ;

[0036] S80:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池置于恒温箱中的电学测量夹具的绝缘座上,等待1h使热电池内部温度和恒温箱温度一致,将热电池正极同第五内部电连接线连接,热电池负极同第六内部电连接线连接,盖上测量夹具上盖,关闭恒温箱舱门,在计算机数据采集分析装置上选择阻抗谱测量选项,设置频率(ω)扫描范围、激励电压、电流测试量程、偏置电压和数据存放路径等参数,测量热电池未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$;

[0037] S90:根据步骤S80测得的热电池未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$,在1kHz到500kHz频率范围内对阻抗的对数 $\log(Z)$ 和频率的对数 $\log(\omega)$ 进行线性拟合,根据 $\log(Z) = -\log(\omega) - \log(C)$,所得截距为 $-\log(C)$,进一步计算得到热电池未激活状态电容 C 。

[0038] 进一步地,所述步骤S50中的热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} 亦可通过输出电荷 Q 进行计算,测量时间 t 内输出的电荷量 $Q(t)$,最大输出电流由 $I_{sc} = Q(t)/t$ 计算得到。

[0039] 进一步地,所述步骤S70中的热电池未激活状态电阻 R 亦可根据步骤S30测得的 V_{oc} ,步骤S50测得的 I_{sc} ,依据公式 $R = V_{oc} / I_{sc}$ 计算得到 R 。

[0040] 本发明与现有技术相比,具有如下的优点和有益效果:

[0041] 1、本发明可准确测量热电池在未激活状态的开路电压、输出电荷、最大输出电流、直流电阻、电流-电压曲线、阻抗谱、电容等基本电学性能参数;

[0042] 2、本发明采用了恒温箱,上述基本电学性能参数测量温度范围为 0°C 到 150°C 。测试环境温度波动小于 0.5°C ,有效降低由于外界温度起伏导致上述测量结果波动;

[0043] 3、本发明采用的电学测量夹具可有效屏蔽电磁干扰等环境噪声,有效提升测试精

度;

[0044] 4、本发明热电池未激活状态阻抗谱测量频率下限可低至1mHz;

[0045] 5、本发明热电池未激活状态阻抗谱测量激励电压可低至0.1V,热电池未激活状态直流电阻测量无需外加激励电压,对热电池实现无损测量;

[0046] 6、本发明计算机数据采集分析装置在测试过程中,采集开路电压、输出电荷、最大输出电流、直流电阻、电流-电压曲线、阻抗谱、电容等基本电学性能测量数据,以及温度等环境数据,并实时显示和存储,可防止软件意外关闭导致数据丢失。

附图说明

[0047] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

[0048] 图1为本发明一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统结构示意图。

[0049] 图2为本发明常温下测量得到的热电池未激活状态开路电压随时间的变化曲线。

[0050] 图3为本发明常温下测量得到的热电池未激活状态短路电流随时间的变化曲线。

[0051] 图4为本发明常温下测量得到的热电池未激活状态输出的电荷随时间的变化曲线。

[0052] 图5为本发明常温下测量得到的热电池未激活状态的电流-电压曲线。

[0053] 图6为本发明常温下测量得到的热电池未激活状态阻抗随频率的变化曲线。

[0054] 附图中标记及对应的零部件名称:

[0055] 1-第一内部电连接线,2-第二内部电连接线,3-第三内部电连接线,4-第四内部电连接线,5-第五内部电连接线,6-第六内部电连接线,7-第七内部电连接线,8-阻抗分析仪,9-静电计,10-计算机数据采集分析装置,11-上盖,12-外壳,13-热电池,14-绝缘座,15-恒温箱,16-热电池正极,17-热电池负极,18-热电池外壳,19-三同轴接头,20-第一BNC接头,21-第二BNC接头,22-第三BNC接头,23-第四BNC接头,24-静电计信号输入端三同轴接头,25-静电计公共端,26-静电计电压输出端,27-阻抗分析仪电压输出端,28-阻抗分析仪电流输入端。

具体实施方式

[0056] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。

[0057] 实施例1

[0058] 如图1所示,本发明一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,包括阻抗分析仪8、静电计9、恒温箱15、电学测量夹具,所述电学测量夹具设于恒温箱15内,所述电学测量夹具与阻抗分析仪8、静电计9均电连接,所述电学测量夹具的外壳接地;还包括计算机数据采集分析装置10,所述计算机数据采集分析装置10通过通信单元与阻抗分析仪8、静电计9均连接;

[0059] 所述电学测量夹具,其内用于放置热电池13,通过电学测量夹具来屏蔽热电池13未激活状态电学性能参数测量时受到的电磁干扰的环境噪声;

[0060] 所述恒温箱15,用于为热电池13提供0°C到150°C范围内的恒温测试环境,支撑热电池13未激活状态电学性能参数的后续测量;

[0061] 所述阻抗分析仪8,用于测量热电池13未激活状态阻抗谱,并传输至计算机数据采集分析装置10;所述静电计9,用于测量热电池13未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流阻抗,并传输至计算机数据采集分析装置10;

[0062] 所述计算机数据采集分析装置10,用于控制和采集恒温箱15的温度数据,控制阻抗分析仪8、静电计9进行热电池13的未激活状态电学性能参数采集和分析,同时能够实时显示各种数据的图形,并实现数据实时存储。

[0063] 具体地,所述电学测量夹具包括外壳12、上盖11、绝缘座14,所述绝缘座14设于外壳12内的底部,上盖11设于外壳12顶部,热电池13设于所述绝缘座14上;

[0064] 还包括一个三同轴接头19和4个BNC接头,所述三同轴接头19和BNC接头均依次从上到下固定在电学测量夹具的外壳12左侧,且BNC接头水平位置高于绝缘座14顶部;4个BNC接头从上到下依次记作第一BNC接头20、第二BNC接头21、第三BNC接头22、第四BNC接头23;所述三同轴接头19的外屏蔽层和电学测量夹具的外壳12电气连通,所述BNC接头的屏蔽层和电学测量夹具的外壳12电气连通;

[0065] 还包括7个内部电连接线,用于测量时通过对应内部电连接线与热电池13电连接;7个内部电连接线从上到下依次记作第一内部电连接线1、第二内部电连接线2、第三内部电连接线3、第四内部电连接线4、第五内部电连接线5、第六内部电连接线6、第七内部电连接线7,所述第一内部电连接线1同三同轴接头19内芯电气连通,所述第二内部电连接线2同三同轴接头19内屏蔽层电气连通,所述第三内部电连接线3同第一BNC接头20内芯电气连通,所述第四内部电连接线4同第二BNC接头21内芯电气连通,所述第五内部电连接线5同第三BNC接头22内芯电气连通,所述第六内部电连接线6同第四BNC接头23内芯电气连通,所述第七内部电连接线7同电学测量夹具外壳电气连通。

[0066] 具体地,所述三同轴接头19和静电计信号输入端三同轴接头24通过三同轴测试线缆连接,所述第一BNC接头20和静电计公共端25通过同轴线缆连接,所述第二BNC接头21和静电计电压输出端26通过同轴线缆连接,所述第三BNC接头22和阻抗分析仪电压输出端27通过同轴线缆连接,所述第四BNC接头23和阻抗分析仪电流输入端28通过同轴线缆连接。

[0067] 具体地,所述外壳12和上盖11的材质为不锈钢材质。

[0068] 具体地,所述绝缘座14的材质为高绝缘性聚四氟乙烯、特氟龙、玻璃或陶瓷材质。

[0069] 具体地,所述绝缘座14形状开口向上的U型,所述热电池13放置于所述绝缘座14的U型槽内。

[0070] 具体地,所述静电计9为同时或分别具有电压源、电压、电流和电荷测量功能的仪表,电压测量输入阻抗大于 $10^{12}\Omega$,电压测试量程大于10V,电流测量极限小于 10^{-12}A ,电荷测量极限小于 10^{-12}C ,通过通信单元GPIB或RS232接口与所述计算机数据采集分析装置10通信连接。

[0071] 具体地,所述阻抗分析仪8为输出幅值大于0.1V、频率范围宽于1mHz到500kHz的交流电压信号、测试量程大于 $10^{12}\Omega$ 的阻抗测量仪表,通过通信单元GPIB、RS232或USB与所述计算机数据采集分析装置10通信连接。

[0072] 具体地,所述计算机数据采集分析装置10采用Labview工具自主开发,用以控制和

采集恒温箱15的温度数据,控制静电计9的测量模式,采集静电计9的电压数据、电流数据、电荷数据,采集阻抗分析仪8的阻抗数据,同时能够实时显示各种数据的图形,并实现数据实时存储,测试选项包括热电池开路电压随时间或温度的变化、输出电流随时间或温度变化的、输出电荷随时间的变化、直流电阻随时间或温度的变化、电流随电压的变化、阻抗和相位随频率的变化。

[0073] 实施时:本发明通过阻抗匹配、抑制噪声和稳定环境温度,提供一个热电池未激活状态电学性能参数测量系统,主要包括阻抗分析仪、静电计、恒温箱、电学测量夹具,电学测量夹具设于恒温箱内,电学测量夹具与阻抗分析仪、静电计均电连接,电学测量夹具的外壳接地;还包括计算机数据采集分析装置,计算机数据采集分析装置通过通信单元与阻抗分析仪、静电计均连接;基于该系统,本发明提供一种准确测量热电池未激活状态开路电压、输出电荷、最大输出电流、电流-电压曲线、直流电阻、阻抗谱和电容的方法,可准确测量热电池在未激活状态的开路电压、输出电荷、最大输出电流、直流电阻、电流-电压曲线、阻抗谱、电容等基本电学性能参数;测试过程中,由于采用了恒温箱,上述基本电学性能参数测量温度范围为0℃到150℃;测试环境温度波动小于0.5℃,有效降低由于外界温度起伏导致上述测量结果波动;同时,由于采用的测量夹具可有效屏蔽电磁干扰等环境噪声,有效降低上述测试误差。本发明为热电池未激活状态基于以上电学参量实现热电池在线检测和可靠性评估提供依据。

[0074] 实施例2

[0075] 如图1所示,本实施例与实施例1的区别在于,所述恒温箱15包括温度控制模块,所述温度控制模块通过通信单元连接所述计算机数据采集分析装置10;所述恒温箱15的外壳上设有测试孔,所有连接电学测量夹具和静电计或阻抗分析仪的测试线缆通过该测试孔引出,测试孔内壁为绝缘陶瓷、特氟龙、玻璃或聚四氟乙烯材质。

[0076] 所述温度控制模块通过USB或RS485接口与计算机数据采集分析装置通信连接。

[0077] 实施例3

[0078] 如图1所示,本实施例提供一种测量热电池未激活状态电学性能参数的方法,该方法实施实施例1或者实施例2中的一种测量热电池未激活状态电学性能参数的系统,该方法包括以下步骤:

[0079] S10,开启计算机数据采集分析装置10、静电计9、阻抗分析仪8、恒温箱15,设定恒温箱15温度至目标温度 T_0 ,使各个测量仪表预热10min到30min;

[0080] S20,将电学测量夹具上的三同轴接头19和静电计信号输入端三同轴接头24通过三同轴测试线缆连接,将电学测量夹具上的第一BNC接头20和静电计公共端25通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第二BNC接头21和静电计电压输出端26通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第三BNC接头22和阻抗分析仪电压输出端27通过同轴线缆连接,将电学测量夹具上的第四BNC接头23和阻抗分析仪电流输入端28通过同轴线缆连接;

[0081] S30:设定恒温箱15温度至目标温度 T_0 ,将热电池13置于恒温箱15中的电学测量夹具的绝缘座14上,等待1h使热电池13内部温度和恒温箱15温度一致,将热电池正极16、热电池负极17以及热电池外壳18分别对应地同电学测量夹具中的第一内部电连接线1、第三内部电连接线3、第二内部电连接线2连接,盖上电学测量夹具的上盖11,关闭恒温箱15舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电压-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速

率和数据存放路径,测量热电池13未激活状态开路电压 V_{oc} 。

[0082] S40:设定恒温箱温度至目标温度 T_0 ,将热电池13置于恒温箱15中的电学测量夹具的绝缘座14上,等待1h使热电池13内部温度和恒温箱15温度一致,将热电池正极16同第一内部电连接线1连接,热电池负极17同第二内部电连接线2和第七内部电连接线7连接,盖上电学测量夹具上盖11,关闭恒温箱15舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电荷-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池13未激活状态输出电荷 Q 。

[0083] S50:设定恒温箱15温度至目标温度 T_0 ,将热电池13置于恒温箱15中的电学测量夹具的绝缘座14上,等待1h使热电池13内部温度和恒温箱15温度一致,将热电池正极16同第一内部电连接线1连接,热电池负极17同第二内部电连接线2、第七内部电连接线7连接,盖上测量夹具上盖11,关闭恒温箱15舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-时间测量选项,设置测试量程、测试时间、采样速率和数据存放路径,测量热电池13未激活状态最大输出电流 I_{sc} 。

[0084] S60:设定恒温箱15温度至目标温度 T_0 ,将热电池13置于恒温箱15中的电学测量夹具的绝缘座14上,等待1h使热电池13内部温度和恒温箱15温度一致,将热电池正极16同第一内部电连接线1连接,热电池负极17同第四内部电连接线4连接,热电池外壳18同第二内部电连接线2相连,盖上测量夹具上盖11,关闭恒温箱15舱门,在计算机数据采集分析装置上选择电流-电压测量选项,设置电流测试量程和电压扫描范围,测量热电池13未激活状态电流-电压曲线。

[0085] S70:根据步骤S60测得的电流-电压曲线,依据公式 $R = \Delta V / \Delta I$,计算得到温度 T_0 时热电池13未激活状态电阻 R ;

[0086] S80:设定恒温箱15温度至目标温度 T_0 ,将热电池13置于恒温箱15中的电学测量夹具的绝缘座14上,等待1h使热电池13内部温度和恒温箱15温度一致,将热电池正极16同第五内部电连接线4连接,热电池负极17同第六内部电连接线5连接,盖上测量夹具上盖11,关闭恒温箱15舱门,在计算机数据采集分析装置上选择阻抗谱测量选项,设置频率(ω)扫描范围、激励电压、电流测试量程、偏置电压和数据存放路径等参数,测量热电池13未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$ 。

[0087] S90:根据上述测得的热电池13未激活状态阻抗谱 $Z(\omega)$,在1kHz到500kHz频率范围内对阻抗的对数 $\log(Z)$ 和频率的对数 $\log(\omega)$ 进行线性拟合,根据 $\log(Z) = -\log(\omega) - \log(C)$,所得截距为 $-\log(C)$,进一步计算得到热电池13未激活状态电容 C 。

[0088] 根据本方法测得常温下测量得到的某热电池样品未激活状态下开路电压、短路电流、输出的电荷随时间的变化曲线如图2至图4所示,电流-电压曲线如图5所示,由测量结果可知,该热电池常温下未激活状态开路电压为38.2V,短路电流为 $3.35 \times 10^{-11}A$,可持续向外输出电荷,300s内向外最大输出电荷量为 $9.95 \times 10^{-9}C$,未激活状态电阻为 $1.08 \times 10^{12}\Omega$;阻抗谱如图6所示,1mHz下阻抗高达 $1.02 \times 10^{12}\Omega$,通过拟合得到电容 $C = 9.8 \times 10^{-11}F$,本发明方法可准确测量热电池未激活状态的相关基本电学性能参数。

[0089] 实施例4

[0090] 如图1至图6所示,本实施例与实施例3的区别在于,所述步骤S50中的热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} 通过输出电荷 Q 进行计算,测量时间 t 内输出的电荷量 $Q(t)$,最大输

出电流由 $I_{sc} = Q(t)/t$ 计算得到。如图4所示,300s内输出电荷量为 $9.95 \times 10^{-9}C$, 根据 $I_{sc} = Q(t)/t$ 计算可得, $I_{sc} = 9.95 \times 10^{-9}/300 = 3.32 \times 10^{-11}A$ 。

[0091] 实施例5

[0092] 如图1至图6所示,本实施例与实施例3的区别在于,所述步骤S70中的热电池未激活状态电阻R根据步骤S30测得的 V_{oc} , 步骤S50测得的 I_{sc} , 依据公式 $R = V_{oc}/I_{sc}$ 计算得到R。如图2和图3中所示,测得 $V_{oc} = 38.2V$, $I_{sc} = 3.35 \times 10^{-11}A$, 根据 $R = V_{oc}/I_{sc}$ 计算得到, $R = 38.2/(3.35 \times 10^{-11}) = 1.14 \times 10^{12} \Omega$ 。

[0093] 实施例6

[0094] 如图1至图6所示,本实施例与实施例3的区别在于,所述步骤S50中的热电池未激活状态最大输出电流 I_{sc} 通过输出电荷Q进行计算,测量时间t内输出的电荷量Q(t),最大输出电流由 $I_{sc} = Q(t)/t$ 计算得到;如图4所示,300s内输出电荷量为 $9.95nC$, 根据 $I_{sc} = Q(t)/t$ 计算可得, $I_{sc} = 9.95 \times 10^{-9}/300 = 3.32 \times 10^{-11}A$ 。

[0095] 所述步骤S70中的热电池未激活状态电阻R根据步骤S30测得的 V_{oc} , 步骤S50测得的 I_{sc} , 依据公式 $R = V_{oc}/I_{sc}$ 计算得到R, 如图2和图3中所示,测得 $V_{oc} = 38.2V$, $I_{sc} = 3.32 \times 10^{-11}A$, 根据 $R = V_{oc}/I_{sc}$ 计算得到, $R = 38.2/(3.32 \times 10^{-11}) = 1.15 \times 10^{12} \Omega$ 。

[0096] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

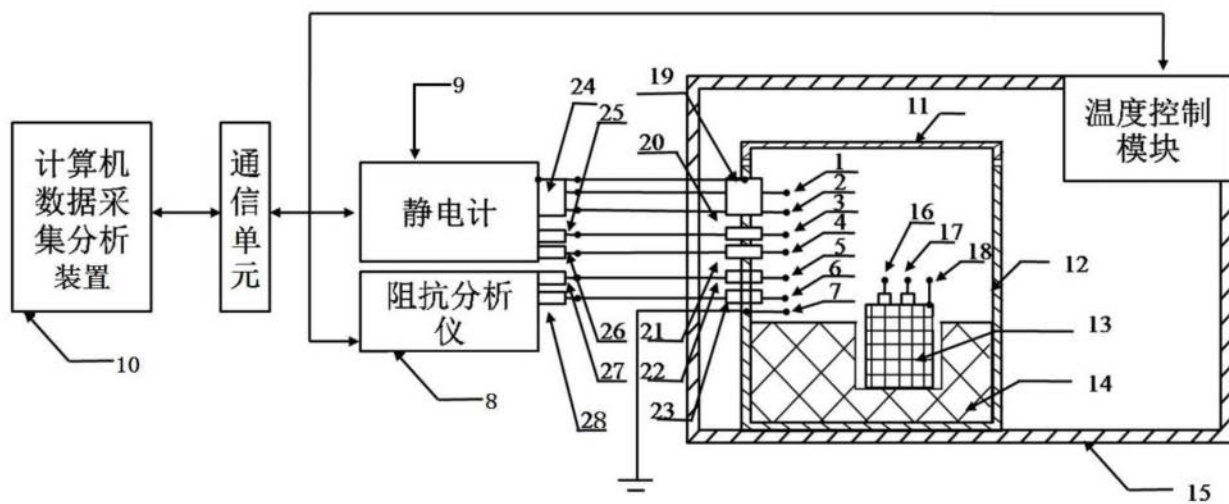


图1

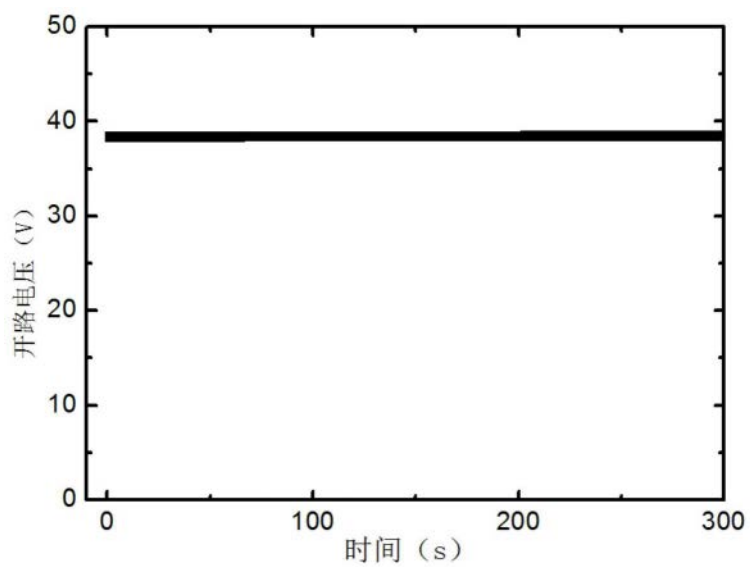


图2

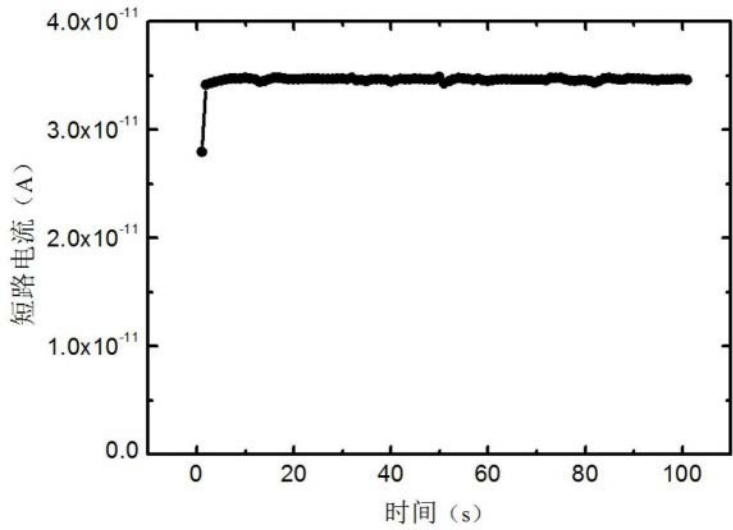


图3

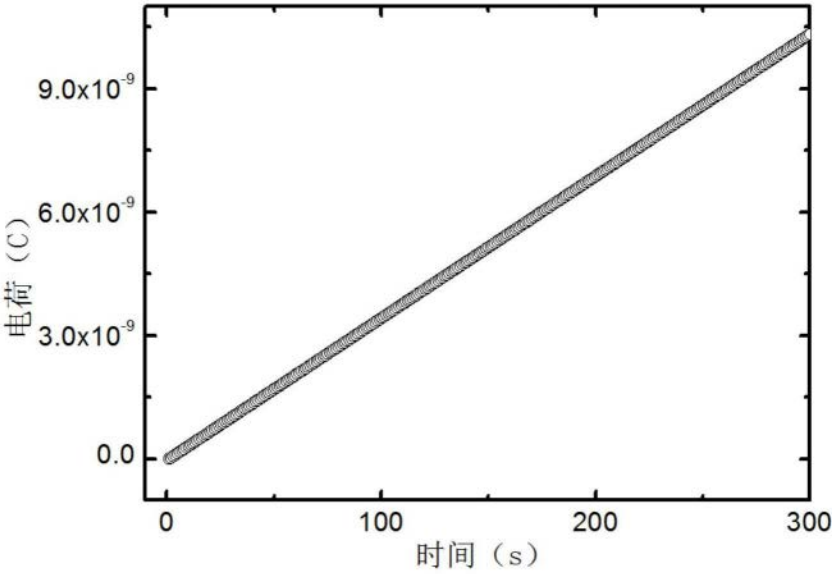


图4

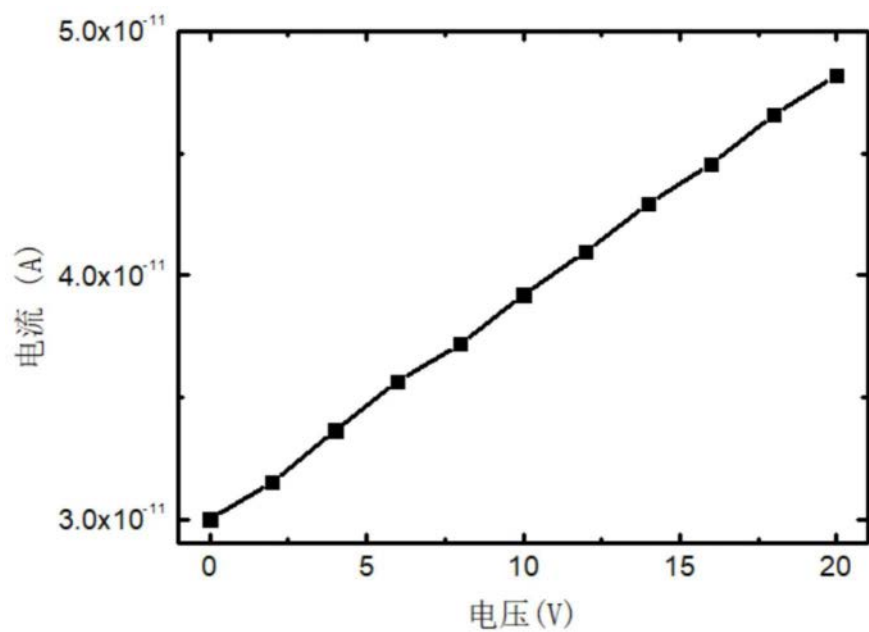


图5

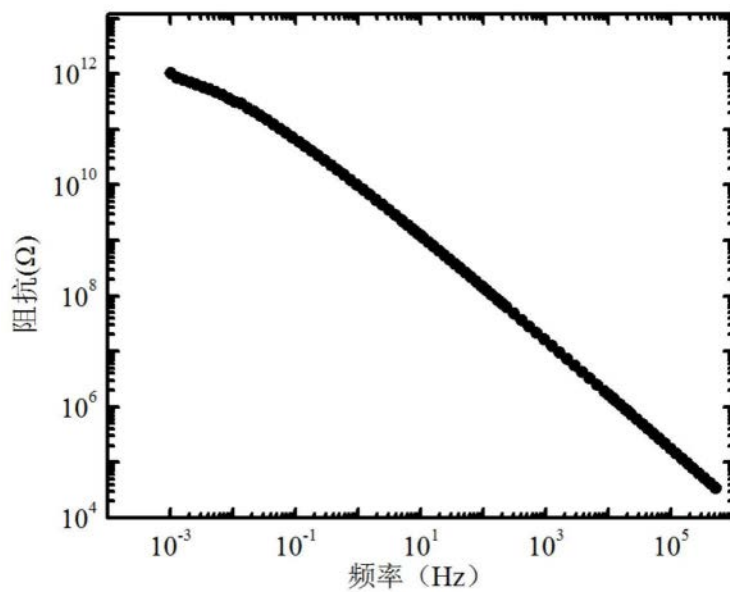


图6