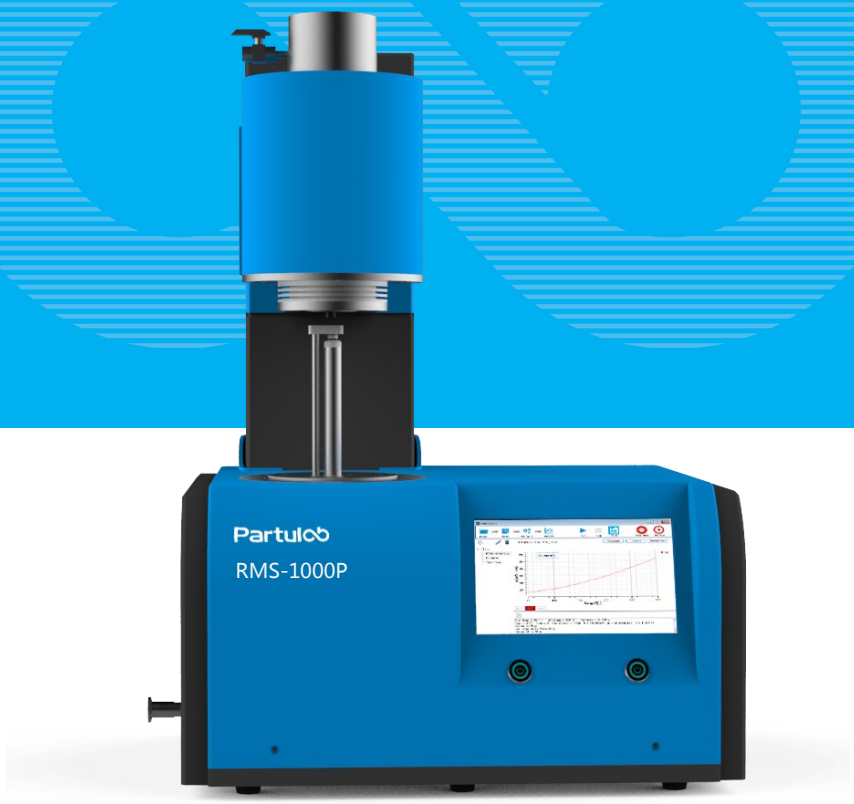
Partulab 佰力博®

RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统

User Manual



Partulab 佰力博®

www.partulab.cn

目 录

前言 5

1.注意事项 6

2.安全概述、安全符号 8

3.认证、保修、保修范围及之外的项目 10

4.保修限制、更改和调整、协助 11

5.示例程序、示例操作 12

6.检查装运 12

7.RMS-1000P附件 15

8.使用之前的准备工作、检验和连接电源线 16

9.环境要求、工作环境、通风要求 18

10.启动RMS-1000P、断开供电电源 19

11.维护保养、佰力博服务、联系佰力博 20

第一章　概述 23

1.产品介绍 24

2.前面板：各部分的名称 25

3.后面板：各部分的名称 26

4.各部分的名称与功能 27

第二章　测量原理与技术规格 29

1.测量原理 30

2.技术规格 33

3.不同电阻率样品的电流设置 33

第三章　设备安装调试 34
1.RMS-1000P拆包安装 35
2.连接电源线 35
3.连接测量导线 35
4.开机操作 36
5.检验RMS-1000P和2400源表连接是否成功 36
6.关机操作 38
7.RMS-1000P连接成功显示 38

第四章　软件交互界面 39
1.主界面功能介绍 40
2.项目界面（Project） 41
3.功能界面（Select） 42
4.设置界面（Configure） 43
5.数据分析界面（Analyze） 44
6.开始测试界面((Run) 45
7.数据保存界面（Save） 46
8.探针检测（Probe Detection） 47
9.系统设置界面（Settings） 48

第五章　测量步骤 49

快速测量流程 50

1. 启动测量软件 51

2. 添加测量功能 53

3. 探针检测设置 54

4. 选择测量功能并设置参数 56

4.1 R-Ts测量方块电阻分段升温 56

4.2 R-Tc测量方块电阻连续升温 58

4.3 V-I 电压随电流变化的曲线 60

4.4　R-t 测量方块电阻随时间变化的曲线 62

5. 开始测量 64

5.1 开始/停止测量 64

5.2 保存数据 65

5.3 导入数据 65

6. 系统设置 66

6.1 系统参数设置 66

6.2 参数功能说明 68

6.3 PID控制参数的调节 69

7.测量示例 70

7.1 R-Ts功能示例 70

7.2 R-Tc功能示例 72

7.3 V-I功能示例 74

7.4 R-t 功能示例 76

第六章　故障诊断 78

1 显示屏故障 79

2　风扇故障 81

3　仪器夹具故障 80

4　炉膛不升温故障 80

5　温控连接失败 81

6　KEITHLEY-2400连接失败 81

7　测试超出范围 81

第七章　出厂检验报告 82

1 R-Ts功能测试报告 83

2 R-Tc功能测试报告 87

3 V-I功能测试报告 89

4 R-t 功能测试报告 91

第一章　前 言

本章介绍设备仪器使用的注意事项、认证、保修、更换和调整及保修范围之外的项目介绍等内容。

注意事项

手册中包含的信息可随时更改，恕不另行通知。本手册包含受版权保护的专有信息，保留所有权利。未经佰力博科技事先书面同意，不得对本手册的任何部分进行影印、复制或译为其他语言。©版权归佰力博科技公司所有。

认 证

佰力博科技证明，此产品在出厂发运时符合发布的技术规格。佰力博科技进一步证明其校准测量可溯源至中国计量院，达到了该研究院的校准设备或其他国际标准化组织成员国的校准设备允许的范围。

保 修

自产品装运之日起，佰力博科技将就其产品材料和工艺缺陷，为客户提供为期十二个 (12) 月的保修服务。在保修期内，佰力博科技将有权单方决定维修或更换已证明有缺陷的产品。为了保证维护或修理质量，请务必将此产品返回到佰力博科技指定的服务机构。正常使用中的消耗品不属于保修之列。佰力博科技承担的所有保修性零部件的更换或修理，仅限于佰力博科技认定为由于（或可追溯至）原材料或工艺缺陷而导致的设备故障。如出现对设备的滥用、意外损害、改装、误用或疏忽使用，则本保修所涵盖的所有销售商责任即告终止。对于保修期内已修理或已更换的零部件，仅在该零部件原保修期的剩余期限内继续保修。保修期满后，客户应按时价支付之后维修所需的零部件款、人工费和运输费，客户必须合理保养产品以避免损害。

更换和调整

当保修情形发生时，客户必须立即提出保修要求且必须在有效保修期内向佰力博科技或其授权代表提交保修资料。保修资料中应包括产品序列号、装运日期及对保修情形的详尽描述。在退回产品以供维修和/或调整之前，客户必须首先获得佰力博科技或其授权代表所提供的产品退回方式及退回地点的书面授权函。

任何退回检测的产品应按销售商指明为可接受的方式运输，且客户预付运费。如果未及时提出保修要求，或对改装项目提出保修要求，或未按佰力博科技可接受的运输方式退回保修产品，则销售商有权拒绝保修。

当为了检测和检查或任何其它原因而退回产品时，客户应对错误包装或搬运而造成的损害以及运输过程中的产品遗失负责，任何情况下，佰力博科技全权负责产品故障原因和性质的认定，且此认定为最终裁定。如果佰力博科技发现其产品被无故退回且仍可正常使用，将会通知客户并将该产品退回客户，而运费及产品的检测和检查费用需由客户承担。

保修范围之外的项目

正常保修范围之外的项目包括：铂电极、K型热电偶，以及明显的客户滥用或误用造成设备故障等， 这些项目应视为保修范围之外的项目。

安全概述

在操作、维护和修理本仪器的任何阶段，请务必遵守以下一般安全防范措施。不遵守这些防范措施或本手册中的特定警告，仪器提供的保护可能会大打折扣。这种违规行为还违反了仪器的设计、制造和预期使用的安全标准。对于因客户不遵守这些防范措施而导致的后果，是德科技不承担任何责任。

- 将仪器接地

为了避免电击，必须用所附三相电源线的接地插脚将仪器底盘和机壳接地。

- 切勿在易爆环境中操作

切勿在有易燃气体或烟雾的环境中操作仪器。显然，在这种环境下操作任何电子仪器都存在安全隐患。

- 远离带电电路

操作人员切记不要卸下仪器的盖子。必须且只能让具备维修资格的人员更换元器件和进行内部调整。切勿在电源线连接状态下更换元器件。在某些情况下，即使在断开电源线后，危险电压可能仍然存在。为了避免造成伤害，在接触电源和电路之前，切记要切断电源并将电路放电。

- 切勿独自维护或调整仪器

请勿对仪器进行内部维护或调整，除非有能够提供急救和紧急治疗的第二人在场。

- 请勿替换部件或改装仪器

为了避免带来其他事故的危险，请勿安装替代部件或未经授权对仪器进行改装。

请将仪器返回到是德科技的销售与服务处进行维修，以保证在操作仪器时保持安全状态。

- 危险操作警告

本手册中的警告（如下面的示例）介绍了潜在的危险操作。请务必遵守警告中提及的操作细则。

警告

在这种仪器中存在能导致死亡的危险电压。

在装卸、测试和调整这种仪器时需格外小心。

安全符号

维护手册符号：在需要用户参考仪器手册时，试用此符号表明。

交流直流

 接通（电源）

 切断（电源）

按钮开关到位

按钮开关复位

机壳终端

与仪器机壳的连接，包括所有外漏的金属结构

待用

警告	这个警告标志表示危险。它提醒用户如果不正确执行或不遵守某个程序、操作规程或条件，将会导致人员伤害或死亡。
注意	这个注意标志表示危险。它提醒用户如果不正确执行或遵守某个程序、操作规程或条件，将会导致仪器部分或全部损坏。
注	这个注解标志表示重要信息。它提醒用户需要理解的必要程序规则或条件。

3.认 证

佰力博科技证明，此产品在出厂发运时符合发布的技术规格。佰力博科技进一步证明其校准测量可溯源至中国计量院，达到了该研究院的校准设备或其他国际标准化组织成员国的校准设备允许的范围。

保 修

自产品装运之日起，佰力博科技将就其产品材料和工艺缺陷，为客户提供为期十二个(12) 月的保修服务。在保修期内，佰力博科技将有权单方决定维修或更换已证明有缺陷的产品。为了保证维护或修理质量，请务必将此产品返回到佰力博科技指定的服务机构。正常使用中的消耗品不属于保修之列。佰力博科技承担的所有保修性零部件的更换或修理，仅限于佰力博科技认定为由于（或可追溯至）原材料或工艺缺陷而导致的设备故障。如出现对设备的滥用、意外损害、改装、误用或疏忽使用，则本保修所涵盖的所有销售商责任即告终止。对于保修期内已修理或已更换的零部件，仅在该零部件原保修期的剩余期限内继续保修。保修期满后，客户应按时价支付之后维修所需的零部件款、人工费和运输费，客户必须合理保养产品以避免损害。

重要声明

不提供任何其他明示或暗示的担保。特别是，佰力博科技对用于特定目的的适销性和适应性的暗示担保不承担责任。

4.保修限制

上述保修不适用于因以下情况导致的缺陷：买方维护不当或不充分；买方提供软件或接口；未经授权的改装或误用；在产品环境规范职位的环境中操作；或者工作场地准备或维护不当。

重要声明

不提供任何其他明示或暗示的担保。特别是，佰力博科技对用于特定目的的适销性和适应性的暗示担保不承担责任。

更换和调整

当保修情形发生时，客户必须立即提出保修要求且必须在有效保修期内向佰力博科技或其授权代表提交保修资料。保修资料中应包括产品序列号、装运日期及对保修情形的详尽描述。在退回产品以供维修和/或调整之前，客户必须首先获得佰力博科技或其授权代表所提供的产品退回方式及退回地点的书面授权函。

任何退回检测的产品应按销售商指明为可接受的方式运输，且客户预付运费。如果未及时提出保修要求，或对改装项目提出保修要求，或未按佰力博科技可接受的运输方式退回保修产品，则销售商有权拒绝保修。

当为了检测和检查或任何其它原因而退回产品时，客户应对错误包装或搬运而造成的损害以及运输过程中的产品遗失负责，任何情况下，佰力博科技全权负责产品故障原因和性质的认定，且此认定为最终裁定。如果佰力博科技发现其产品被无故退回且仍可正常使用，将会通知客户并将该产品退回客户，而运费及产品的检测和检查费用需由客户承担。

协助

产品维护协议及其它客户协助协议适用于佰力博科技的产品。

如欲获得任何协助，请与最近的佰力博科技销售和服务处联系。本手册的背面提供了这些销售和服务处的地址。

5.示例程序

为了便于内部使用，客户将拥有个人使用、复制或修改本手册中示例程序的权利，

但这种权利不可转让 。客户可根据自己的用途独自使用示例程序，但不得许可、租赁、买卖或散布示例程序，也不得对其中的任何部分进行修改。

佰力博科技将不对示例程序的质量、性能或运行状况负责。

佰力博科技不保证程序的运行不间断或无差错,示例程序按照原样提供。

佰力博科技对用于特定目的的适销性和适应性的暗示担保不承担责任。

佰力博科技将不对由示例程序或其使用引起的任何专利、商标、版权或其它所有权的侵权行为负责。佰力博科技不保证示例程序没有对第三方的这些权利造成侵权。但是，佰力博科技不会故意侵权或提供侵犯第三方专利、商标、版权或其它所有权的软件。

示例操作

为了便于用户操作，本操作手册制定一套完整的示例操作教程，该示例将帮助用户

理解佰力博科技开发的设备仪器，佰力博将不对由示例程序或其使用引起的任何专利、商标、版权或其它所有权的侵权行为负责。佰力博科技不保证示例程序没有对第三方的这些权利造成侵权。但是，佰力博科技不会故意侵权或提供侵犯第三方专利、商标、版权或其它所有权的软件。

6.检查装运

用户收到仪器之后，必须按照以下步骤进行拆包检查。

警告

如果仪器的外观（例如外壳、前/后面板、LED屏幕、电源开关和端口连接器）在运输过程中发生损坏，切勿接通电源开关；否则会引发触电危险。

步骤1. 检查用于包装仪器的包装箱或减震材料有无损坏。

如果包装箱或减震材料受到损坏，先让其保持原样，再按照以下步骤继续完成其他项目的检查：

步骤2. 检查包装箱内仪器附带的装箱项目是否有损坏或缺陷。

步骤3. 参见表1-1和图1-1，检查仪器附带的所有装箱项目是否为指定的选件。

步骤4. 检查完毕后，如果发生以下情况之一，请与最近的佰力博科技销售和服务处联系。

1. 用于包装仪器的包装箱或减震材料受到损坏或减震材料呈现受过巨大压力的痕迹。
2. 仪器附带的装箱项目有任何机械性损坏或缺陷。
3. 任何仪器附带的装箱项目丢失。
4. 在以后仪器的操作检查中发现任何缺陷。

如果在步骤1中检查出异常现象，请与负责运输仪器的公司联系，也可以与最近的佰力博科技销售处联系。为方便运输公司的检查，请妥善保管收到的包装箱、减震材料和包装项目。

检查装运

RMS-1000P的装箱项目

名称	产品/部件编号	数量/规格
标准附件		
❑ RMS-1000P测量仪	RMS-1000P	1台
❑ 电源线 *1	YH/N 055082	1根/1.8M
❑ 测量导线 *4	黑色和红色	4根
❑ 产品操作说明书		1本
❑ 鼠标		1个
❑ 键盘		1个
❑ 无线网卡		1个

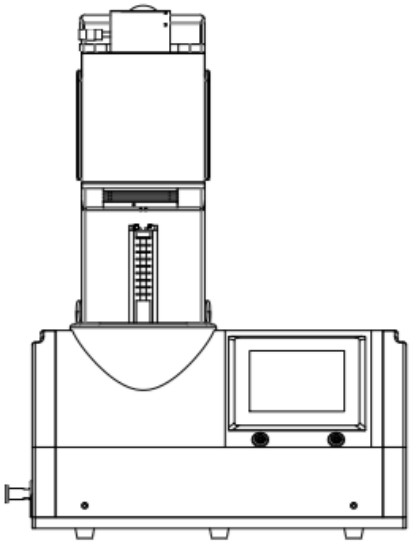
表 1-1

*1.该附件根据国家的不同而不同。有关电源线选件的详情。

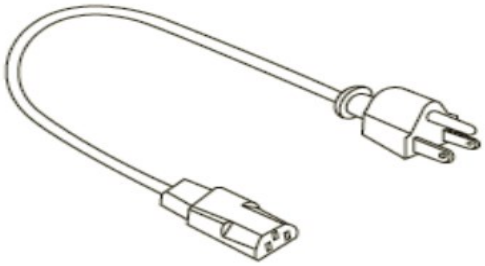
不提供3p-2p转换适配器。

7.RMS-1000P附件

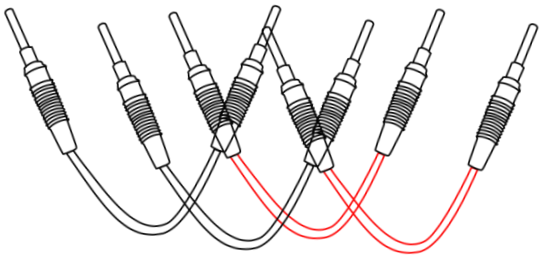
标准附件



RMS-1000P



电源线

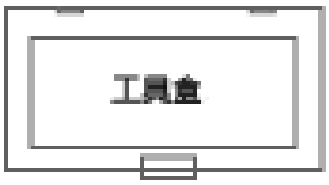


测量导线

产品操作手册

键盘

鼠标



工具盒

无线网卡

图 1-1

8.使用之前的准备工作

检验电源

确定对RMS-1000P提供的电源是否符合以下要求：

RMS-1000P	**要求**
电压	220V±10%，50Hz

安装保险丝

请使用以下保险丝类型。

最大功率：10A

需要保险丝时，请与佰力博科技售后人员联系。为了检验和替换保险丝，应拔掉电源线和抽出熔丝座。

检验和连接电源线

连接RMS-1000P的三线电源线中有一根线为地线。利用这根电源线可使RMS-1000P接地，从而保护用户免遭电源出口的电击。

步骤1. 确认电源线完好无损。

警告 **切勿使用任何损坏迹象的电源线，以免遭到电击。**

步骤2. 使用所提供的电源线将RMS-1000P后面板的电源线插座与固定在地槽中带接地插脚的三线电源线插口相连。

警告 **使用所提供的带接地线的三线电源线，确保RMS-1000P接地。**

注 RMS-1000P不带3相-2相转换适配器。当需要3相-2相转换适配时，请与佰力博科技销售人员联系。

9.环境要求

安装RMS-1000P时需满足以下环境要求。

工作环境

确保工作环境满足以下要求。

工作环境	0℃-55℃
供电	220V±10%，50Hz

通风要求

为了确保RMS-1000P的安全要求和测量精度得到满足，用户必须通过在RMS-1000P周围提供适当的冷却空隙或者对于机架安装型RMS-1000P则靠机架外罩内部的强力空气冷却来使环境温度维持在规定范围之内。

当RMS-1000P的环境温度维持在工作环境规格的温度范围内时，设备将符合安全标准的要求。

RMS-1000P	要求
背面	≥180mm
两侧	≥60mm（右面和左面）

10.启动RMS-1000P

这部分介绍对RMS-1000P电源的接通/切断，以及遇到紧急情况时切断电源的方法。

接通电源和切断电源

接通电源

由RMS-1000P显示屏可以断定电源开关的接通和切断状态。

显示屏	**电源状态**
亮起	电源接通
不亮	电源切断（供电切断）

切断电源

步骤1. 按以下方式切断电源。

- 按下后面板的电源开关。

注

在向RMS-1000P的内存或USB存储器中进行储存或调用时，切勿切断电源，否则将清除存储器中的内容。

断开供电电源

连接电源线（电源出口端或电源线的设备端）的插头是RMS-1000P的切断设备（切断电源的设备）。当必须切断电源以避免诸如电击之类的危险时，拔出电源线的插头（电源出口端或电源线的设备端）。

11.维护保养

定期检查是否工作正常

通电检查

将总电源打开，检查系统各个设备是否工作正常。

清洁仪器预防措施：

1、始终保持连接器的清洁。

2、不要用手触摸连接器的接触表面。

3、不能将已损坏或有刮痕的连接器插入测试端口。

4、任何情况下均禁止使用研磨剂。

5、清洁未知终端和直流源端口以外的部件。

6、用干的或带有少量酒精的软布轻轻擦拭部件。

警告

1、为了保护用户免受电击伤害，清洁仪器之前务必要拔下插座的电源电缆。

2、请勿清洁仪器的内部元件。

3、污斑或者是对连接器的其它损害都会显著影响测量的精度。

适用于要求维修、替换、常规校准等的预防措施

运送仪器时的预防措施

如果有必要将仪器运送到佰力博科技的服务中心，请遵守以下指示。

待运送的设备

若要求在服务中心维修仪器或对仪器进行常规校准，用户只需将不带任何安装选件的主机运送到服务中心。除非特殊说明，一般没有必要运送其附件。

包装

运送仪器时，使用普通包装和减振器，或具有相同效果的抗静电包装材料。

运送地址

有关距离最近的佰力博科技服务中心的地址请直接在本手册最后的客户联系部查找。本仪器的校准周期为一年。佰力博科技建议用户请求服务中心对仪器进行每年一次的常规校准。

佰力博服务

- 提供1年免费维修，终身维护服务；
- 提供出厂检验报告,提供日常预防性维护服务；
- 提供相关技术支持及服务；
- NIST可追溯性校准泄漏检测和验证服务；
- 免费培训服务；
- 软件免费升级服务 。

联系佰力博

客服部E-mail：xpyang@partulab.com

技术部E-mail：tech@partulab.com

服务热线：027-8669 7559

欢迎访问我们的网站：www.partulab.cn

第一章　概述

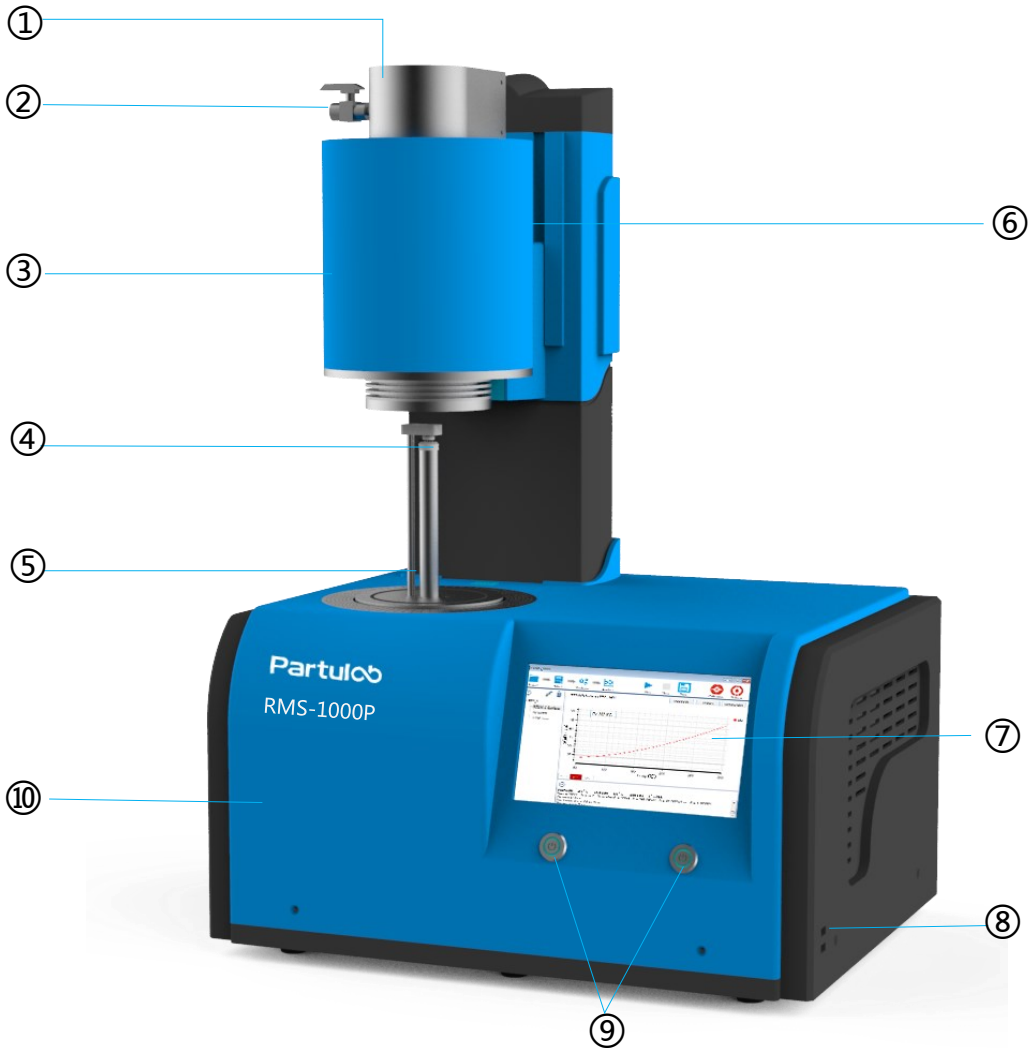
本章通过图解介绍设备仪器各组成部分、并描述前面板和后面板的名称。

1. 产品介绍

佰力博科技是一家专门从事极端条件下新材料电学性能和测量仪器研发制造的高新技术企业，创立于2013年，开创了材料电学测量仪器研发制造领域，是全球材料电学性能表征和测量行业领导者。佰力博科技的核心价值，在于时刻洞察市场需求，为材料物性测量带来精确可靠的数据结果；在于深入了解研发和应用双向需求，为科学工作者、科研实验室定制更为尖端的物性检测解决方案，为客户发明创造的成功、科技成果的展现奠定坚实基础。

Partulab RMS-1000P高温四探针测量系统主要用于评估半导体薄膜和薄片的导电性能，该系统采用直排四探针测量原理和单晶硅物理测试方式国家标准并参考美国A.S.T.M标准设计研发，可以实现高温、真空及惰性气氛条件下测量硅、锗单晶（棒料、晶片）电阻率和硅外延层、扩散层和离子注入层的方块电阻以及测量导电玻璃（ITO）和其他导电薄膜的方块电阻和电阻率。该系统广泛应用于高校科研院所和企业单位半导体薄膜和薄片材料电学性能研究。

2、前面板：各部分的名称与功能



序号	名称	序号	名称
1	风扇	6	炉膛状况监测指示灯
2	充气阀接口	7	液晶显示屏
3	高温炉膛	8	USB接口
4	测量夹具	9	炉膛上升和下降控制键
5	上电极弹簧杆	10	放气阀

3、后面板：各部分的名称与功能

序号	名称	序号	名称
11	网线接口	14	电源开关
12	测量导线接口		
13	电源插口		

4.各部分的名称与功能

1）风扇设计

风扇可以冷却高温炉的外壁，同时让低温段控温更好。

2）充气阀接口

通过真空接口可外接泵，实现炉膛内的真空测量环境。

3）高温炉膛

采用进口金属内胆，耐高温、抗氧化，可实现多种环境（如：惰性气氛、氧化气氛、还原气氛、真空气氛）的测量。

4）测量夹具

测量夹具的上下电极采用探针状设计，均采用弹簧电极设计，可以提高样品测量的重复性和稳定性。

5）炉膛状况监测指示灯

通过指示灯状态监控炉膛是否在正常加热，指示灯不断闪烁，说明炉膛在正常工作。

6）液晶显示屏

具有最简单的操作界面和最强大的测量分析功能，新手也可以快速掌握操作方法简单易操作。

7）电源线插座

连接电源线的插座。

为了将设备与电源（插座）连接，应使用所提供的带有接地线的三相电源线。

电源线附带的插头（位于电缆插座端或设备端）可充当RMS-1000P的断开设备（切断电源的设备）。当必须切断电源以避免危险（如电击）时，应拔出电源线插头（位于电缆的电源插座端或设备端）。有关在正常使用中切断电源的步骤。

8）电源开关

开机的开关在右面板电源接口旁边，ON开机，OFF关机。

9）USB接口

此端口用来将数据保存到USB存储器中。访问USB存储器时，USB指示器便发亮。

连接器类型：通用串行总线（USB）插孔。

10）LAN接口

将仪器连接到LAN（局域网）的端口。通过服务器连接的外部PC机控制此仪器。

11）炉膛上升和下降控制键

采用一键式电动升降设计，如需测量样品前，请先把炉膛升到最高点后再使用。

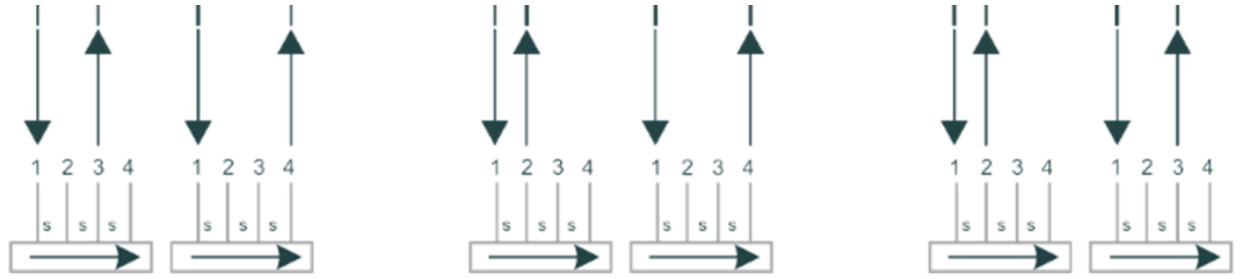
第二章　测量原理与技术规格

本章介绍RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统的工作原理和功能及技术规格。

1.测量原理

1）双电测组合测量原理

目前双电测组合（亦称双位组合）四探针法有三种模式：模式（1），模式（2），模式（3），RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统采用模式（2）通过计算机对三种模式的理论进行比较研究的结果证明：对无穷大被测片三种模式都一样，可是测量小片或大片边缘位置时，模式（2）更好，它能自动消除边界影响，略优于模式（3），更好于模式（1）。



I13V24和I14V23组合 模式（1）　　I12V34和I14V23组合 模式（2）　　I12V34和I13V24组合 模式（3）

2）双位组合四探针突出优点

① 测试结果与探针间距无关，能消除间距不等及针尖机械游移变化的影响，允许使用不等距探针头；

② 具有自动修正边界效应之功能，对小尺寸被测片或探针在较大样片边缘附近时，不需对样品做几何测量，也不必寻找修正因子；

③ 不移动四探针探头，同时使用三种模式测量，即可得计算到测试部位的电阻均匀性，而在经典方法中不移动探针头位置，这是办不到的。

3）双位组合四探针法的测准条件

世上任何一种方法的存在都是有条件的，不论哪一门测量技术要想测得准确都必须配合相应的条件，双位组合四探针法的标准条件就是：对不同的、具体的测量状态式（7）能否完全成立，因为该式是双位组合法的基础。举例说，在硅片边缘地区测量时或者当硅片较小时，如何摆放四探针探头的方位才能保证（7）式严格有效，这是需要认真对待的。下面就分析这问题。

$$\exp\left(\pm\frac{2\pi R_i}{R_s}\right)\mp\exp\left(\pm\frac{2\pi R_i}{R_s}\right)=1 \qquad (7)$$

$i、j=1、2、3$

① 被测片（样品）无穷大时，可以让探针头以任意方向置于任何感兴趣测量的地方进行测量，无特别要求。毫无疑问式（7）是完全成立的，理论上也是严格的。

② 靠近大片（样品）边界附近测量时，四根探针的针尖连线应当垂于边界线，如果是大圆片针尖连线应处在某一半径线上（图2a、b）。虽然e可能较小，式（7）也成立，其左端准确地等于1。边界效应被消除干净。若探针如图2c、d那样摆放，针脚连线平行于边界线或垂直于半径线，距边界为e，则计算机的模拟验证表明，对于模式（2）、（3）当 e/ S… =3mm ;对模式(1) 当 e/ S… = 4mm 时 ,式 (7) 左端与 1相差小于 01005 ,这里 S… 为平均探针间距。此时使用式(2) 、式(4) 和式(6) 式计算 Rs,因边界效应没有被百分之百地抑制住而引入误差约 1 %，e/ S… 更大时该误差还减小(精典方法中 e/ S… = 3mm 时不做修正的结果误差 > 6 %) 。所以 e/ S… ≥3～4 (mm) 就是双位组合法在图 2c、d 状态下的约束条件。遵循该条件 ,获得之结果就能更准确。经典方法中当 e/ S…≥6mm 时边界影响才明显减弱。实际工作中应当尽量按图 2a、b 的方式进行测量。

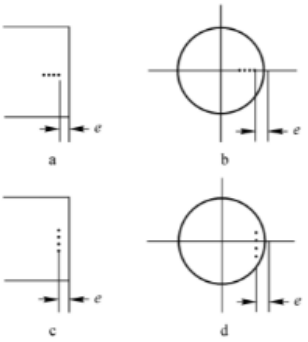


图 2

③ 对于小矩形片 (长 a 宽 d) 和小圆片 (直径D) ,探针应放在中心位置如图 3 所示。所谓小片是测量与设备·8 · 计量技术 20041No 3指 ,若以平均探针间距 S… 为单位 : a、d 和 D 都 <10 S…;否则以大片论 ,已经证明[2]、[5],小矩形片是为考虑边界电场变化影响而采用的电流原无限镜像阵列原理 ,用于双电测组合法是很成功的。对于许多a ×b 预设值(其中最小者为 4 ×3、5 ×2mm) 及不同S…等、不等矩探针探头 ,用计算机对理论式运算 ,结果是式(7) 完全正确 ;条件是探针在中心位置。如果实际上有偏离 ,若只在横向 (探针连线方向) 向左或右偏离中心位置 ,则对测试结果无影响 ,因为两侧镜像移动的作用相互抵消 ;如在纵向(垂直于探针连线方向) 有偏离 ,其偏离值应当小于 1/ 4 d 为好 ,以保证式 (7) 还能应用 ,如果是 a μ d 的长条形片 ,也可以按图 4 所示的探针方位进行测量。

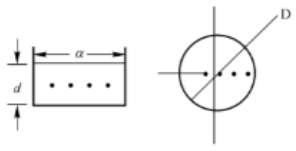


图 3

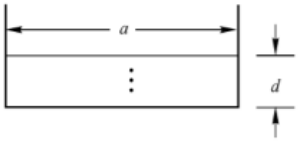
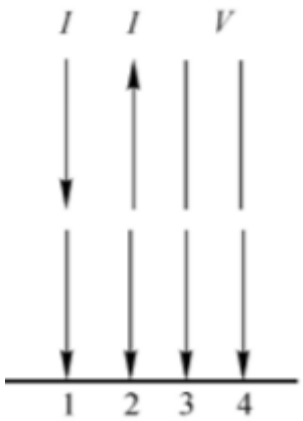


图 4

④ 双电测组合四探针法是基于薄层电阻测试原理研究成功 ,把它引申到测量硅片体电阻率ρ时 ,除了安排好探针头的方位以外 ,慎选计算式也很重要 ,为什么用 pereoff 的 R3 = Rz Ka 式[6], Ka = -1417 + 251174 (R2/ R3) - 71872 (R2/ R3)2, 以及 ρ= R2 K2·W·f 4(W / S) 式会出现很大误差(W / S… =113 时误差高达 8 %) ? 根本原因在于没有计入厚度W 对电压测试值带来的影响 ,换言之它只能用于W ν S…的情况。

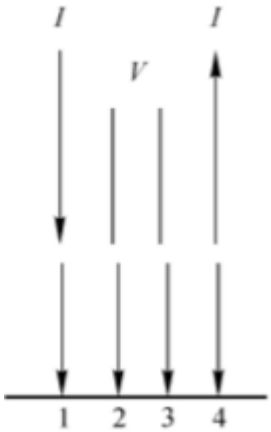
⑤一般情况下三种模式中选用模式 (2) 最佳 ,因为用计算机对三种模式的理论进行比较研究的结果证明 :对无穷大被测片三种模式都一样 ,可是测量小片或大片边缘位置时 ,模式 (2) 更能锦上添花 ,它自动消除边界影响的能力 ,略优于模式 (3) ,更好于模式(1) 。

⑥ 模式进行转态定义



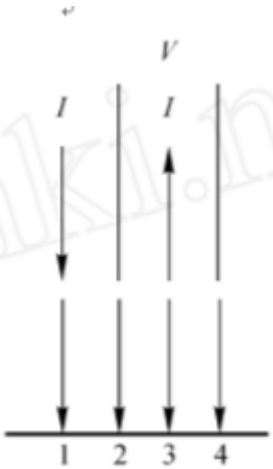
状态1

$I_{12}V_{34}$



状态2

$I_{14}V_{23}$



状态3

$I_{13}V_{24}$

2. 技术规格

测量温度：室温~600℃	测量组合：四探针双电测组合测量
升温斜率：0-10℃/min（典型值：3℃/min）	样品尺寸：φ15~30mm，d＜4mm薄片或薄膜
控温精度：±0.5℃	电极材料：碳化钨针
电阻测量范围：0.1m Ω ~1M Ω	针尖绝缘电阻：≥1000MΩ
电阻率测量范围：0.01mΩ .com~100KΩ.com	绝缘材料：99氧化铝陶瓷
电导率测量范围：0.00001s/cm~100000s/cm	测量精度：0.01%
测量环境：惰性气氛、还原气氛、真空气氛	设备尺寸：400×450×580mm
供电：220V±10%，50Hz	工作温度：5℃至+40℃
工作湿度：±40℃时，相对湿度最高达到95%（无冷凝）	符合标准：ASTM F84、GB/T 1551-2009、GB/T 1551-1995
储存温度：-40℃至+65℃	保修期：1年

3. 不同电阻率样品的电流设置

电阻率/(Ω·cm)	电流/mA	推荐的圆片测量电流值
＜0.03	≤100	100
0.03～0.30	＜100	25
0.3～3	≤10	2.5
3～30	≤1	0.25
30～300	≤0.1	0.025
300～3 000	≤0.01	0.002 5

第三章　设备安装及调试

本章介绍RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统和KETTHLEY 2400数字源表的硬件安装和调试。

一、RMS-1000P安装调试步骤

1. RMS-1000P拆包安装

拆开包装箱，取出仪器（检查仪器在运输过程中是否有缺陷和损坏）。

2.连接电源线

RMS-1000P的电源线接口在后面板上，连接电源线，并且接通电源。

3.连接测量导线

1）RMS-1000P和KEITHLEY-2400数字源表的导线接口均在后面板 。

两线连接法（2W-INPUT/OUTPUT）：

① 连接 INPUT/OUTPUT(右边）目录下的导线接口；

② 红色导线接口为正电流，黑色导线接口为负电流。

四线连接法（4W-WIRE SENSE）：

① 连接 4-WIRE SENSE(左边）和 INPUT/OUTPUT(右边）目录下的导线接口；

② 4-WIRE SENSE目录下的导线接口，红色导线接口为正电压，黑色导线接口为负电压；

③ INPUT/OUTPUT目录下的导线接口，红色导线接口为正电流，黑色导线接口为负电流。

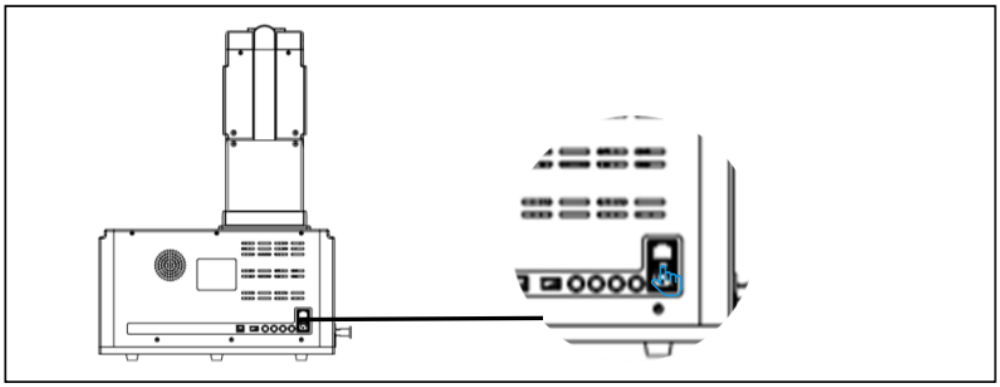
2） GPIB连接

RMS-1000P与KEITHLEY-2400的通讯方式是通过GPIB连接的，GPIB线的GPIB卡一端插入KEITHLEY-2400后面板对应位置（IEEE-488下方），另外一端的USB查到RMS-1000P设备的USB接口上。

4. 开机操作

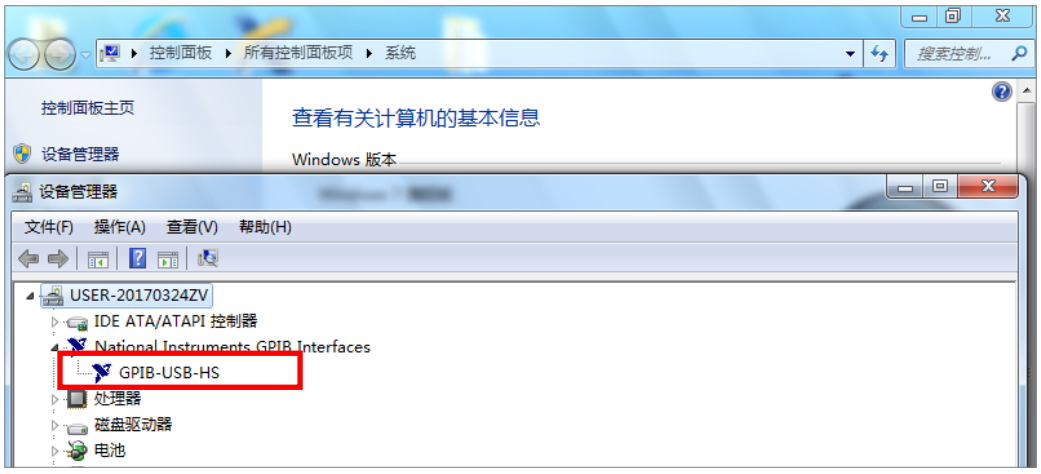
① RMS-1000P开机，开机的开关在后面板电源接口上方，ON开机，OFF关机，开机后显示屏亮起，然后打开RMS-1000P软件。 （开机前请等待KEITHLEY-2400数字源表开机后再开机）

② KEITHLEY-2400数字源表开机，按前面板的ON/OFF开机按钮。（开机时会发出嘀的声音）



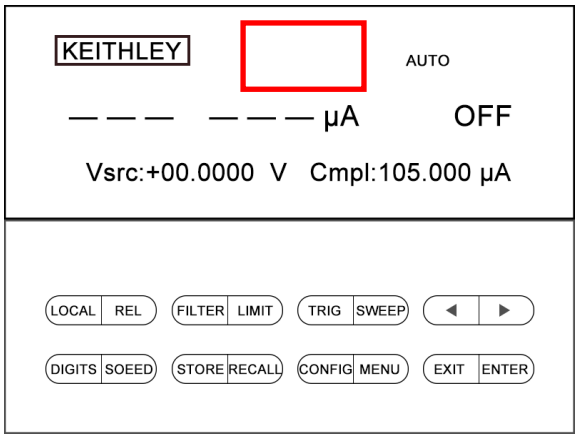
5. 检验RMS-1000P和KEITHLEY-2400是否连接成功

1) 右键点击桌面图标“我的电脑”，点击“属性”，找到设备管理器，GPIB-USB-HS显示没有感叹号，证明已经连接成功，如有感叹号，就是没有连接成功，可能是软件驱动没安装好，会提示错误代码。

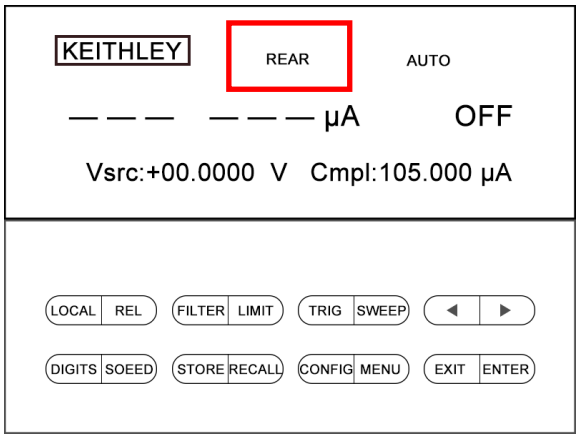


① 连接成功后，KEITHLEY-2400的键盘被锁定，需要按LOCAL键解锁,屏幕上显示Rear。

② 如驱动已安装，设备管理器中GPIB-USB-HS没有显示感叹号，KEITHLEY-2400的显示屏上也没显示Rear，这种情况下可能是KEITHLEY-2400的设置有问题，需重新设置。



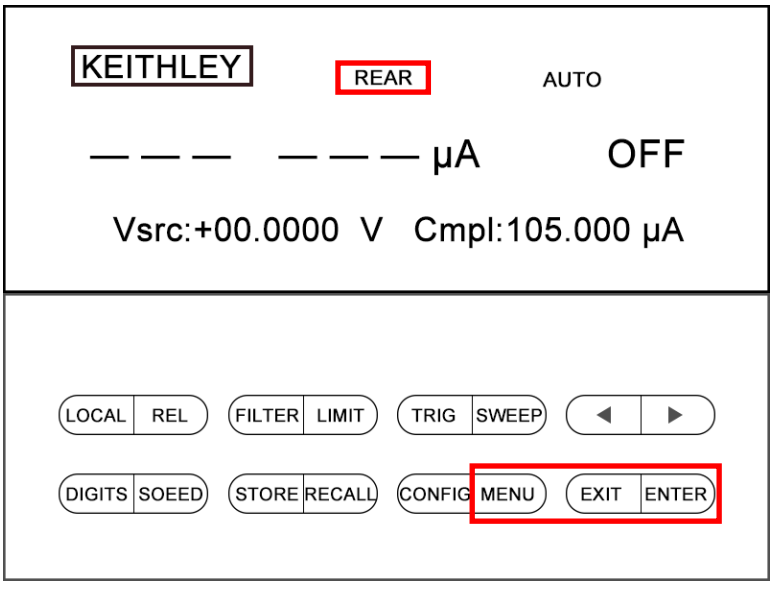
未连接成功



已连接成功

③ 设置KEITHLEY-2400源表

点击键盘MENU键，会显示MAIN MENU界面，选择COMMUNICATION（用键盘右键选择），点击ENTER键,进入COMMUNICATIONS SETUP界面，选择GPIB，点击ENTER键进入ADDRESS=27（0-30）界面，选择数值是27（如不是，请用键盘选择到该数值）；点击ENTER键，进入GPIB PROTOCOL界面，选择数值488.1（如不是，请用键盘选择到该数值），点击EXIT键退出设置，回到主界面。



2）仪器连接成功后，即可开始进行测量。

6. 关机操作

1）RMS-1000P关机应遵循以下步骤：

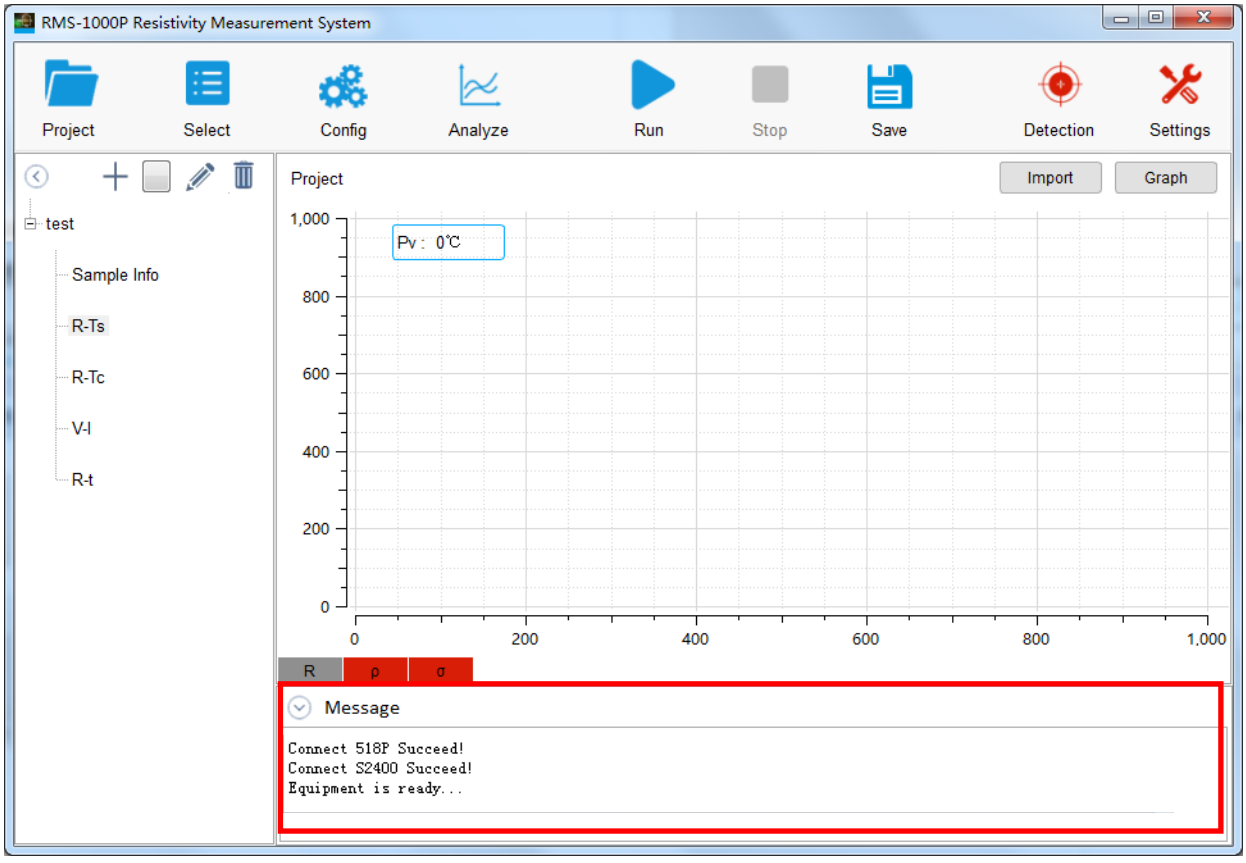
① 先关掉软件，避免软件出现故障，导致不能使用；

② 关掉仪器，避免仪器出现故障，导致不能使用；

③ 关闭电源开关和拔掉电源线。

7. 连接成功显示

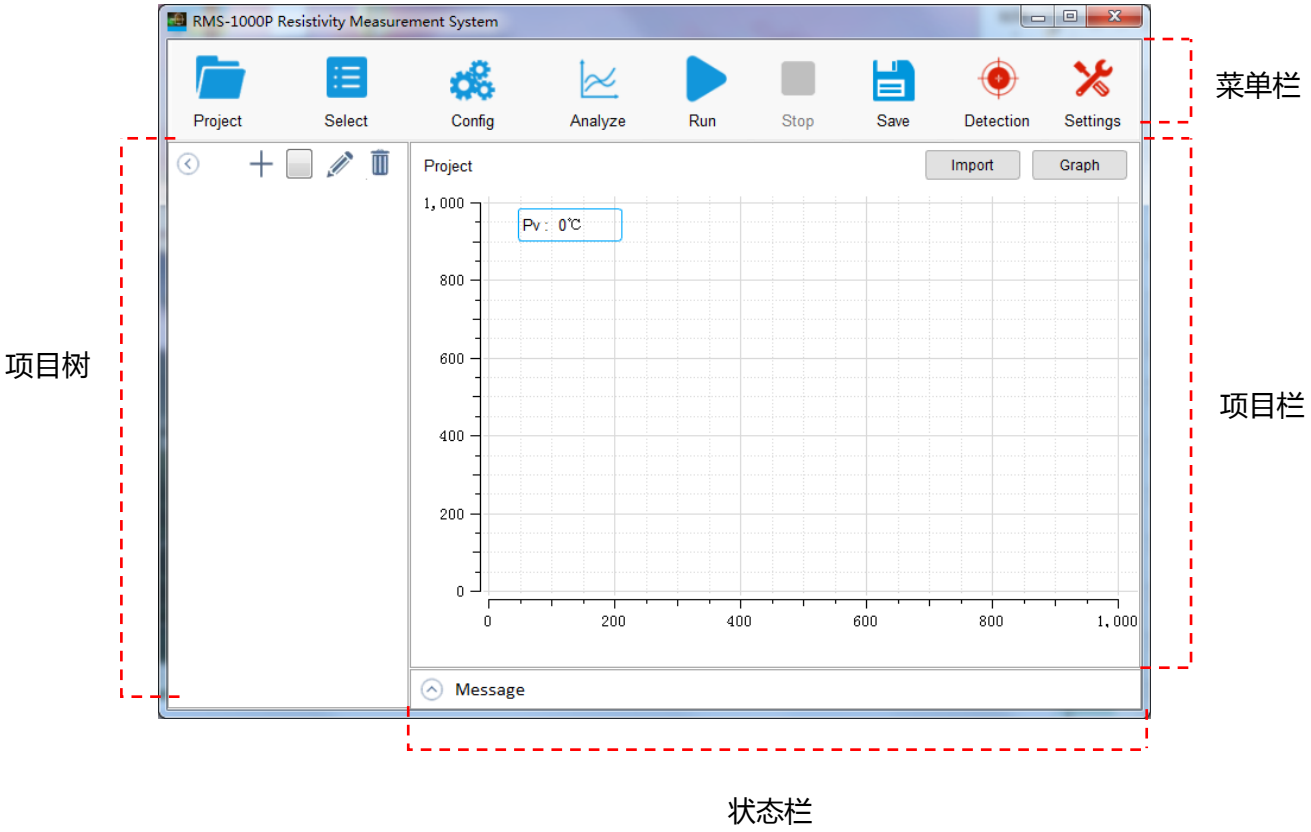
1）仪器连接成功后，打开软件，屏幕的左下角会显示连接成功，如下图（如显示未连接成功，请查找原因，是否没有连接好，直至显示连接成功的提示。



第四章　软件交互界面

本章介绍RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统软件界面及各个界面的详细设置信息。

1、主界面功能介绍



菜单栏

包含了Project（项目）、Select（功能选择）、Configure（配置关键参数）、Analyze（数据曲线分析）、Run（开始测试）、Stop（停止测试）、Save（保存测试数据）、Detection（探针检测）、Settings（PID设置）等选项。

项目栏

可以新建多个项目，所有项目均在项目栏可看。

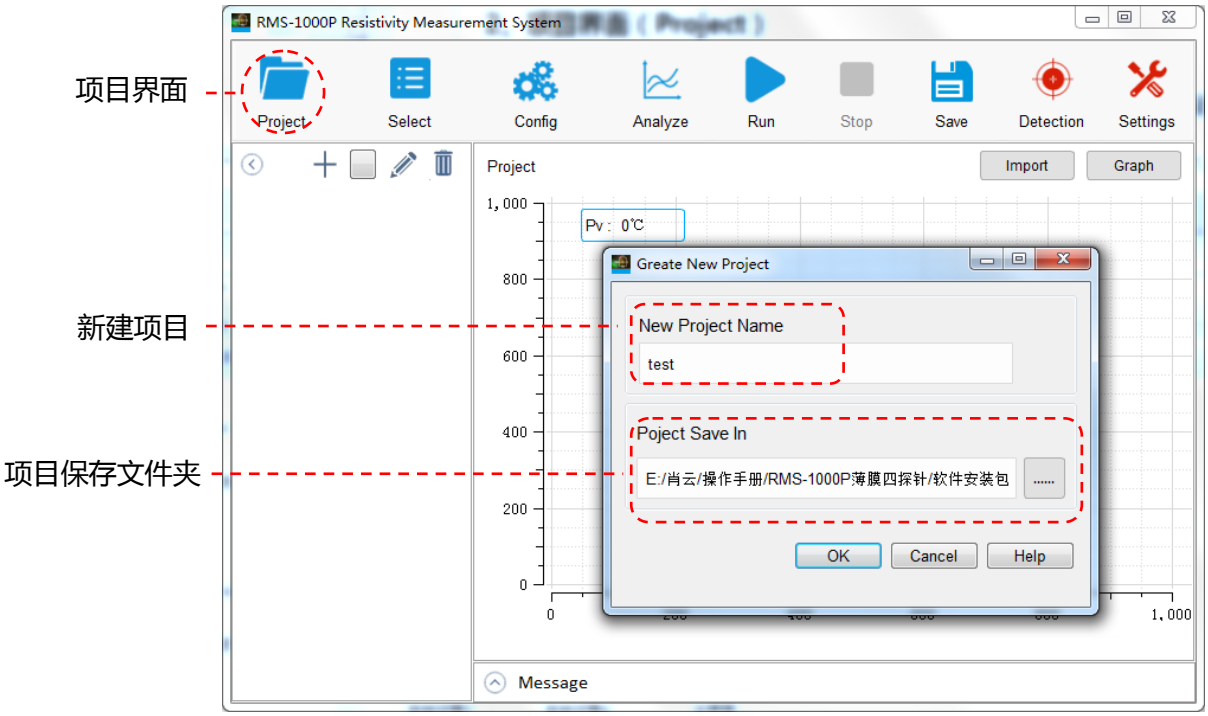
项目导航栏

将项目添加到项目树中，可以添加该项目所需的测量功能，然后在项目树中选择功能进行项目测试。在项目项目树中还可以修改项目名称，可以删除项目。

状态栏

在开始测试后，展开状态栏可以查看实时测试数据，动态展示当前样品测试情况。

2、项目界面（Project）



Project

进入Project（项目）界面，可以对项目进行新建、删除等管理操作。

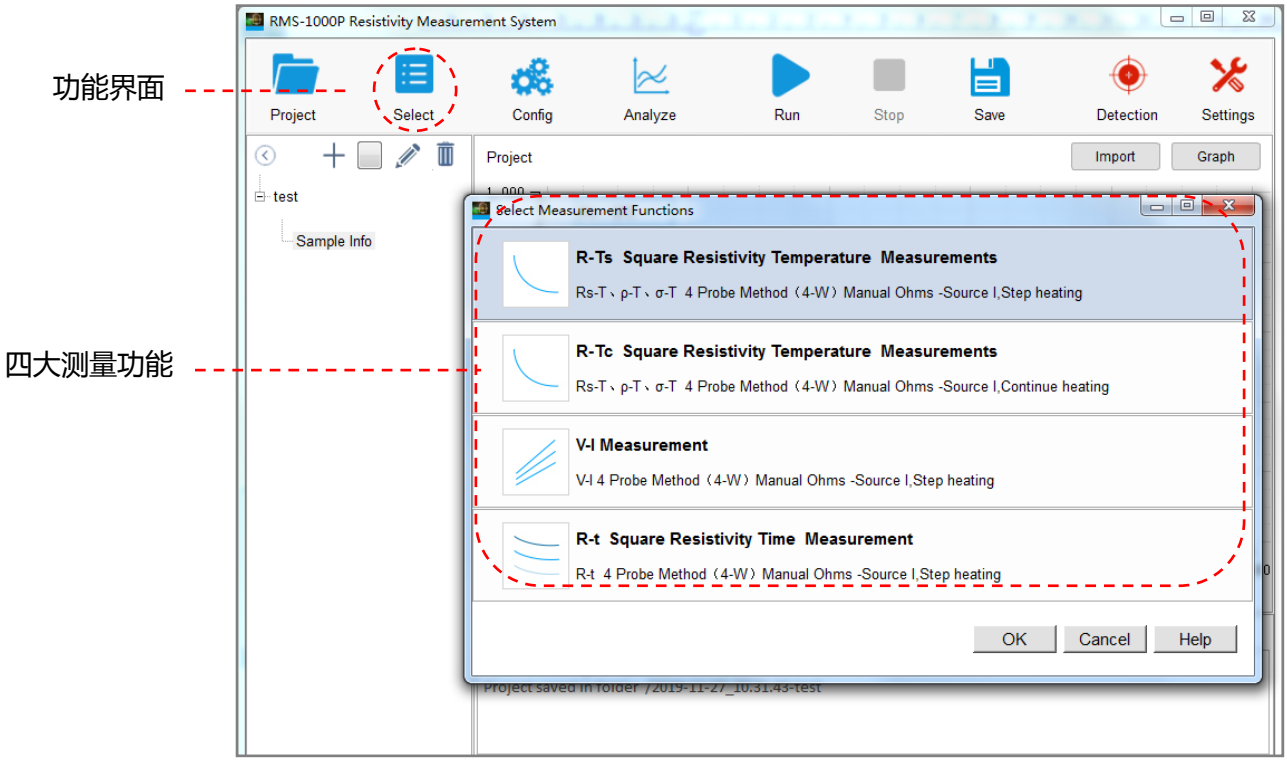
New Project Name

新建项目名称，根据需要设置项目名称

Project Save In

项目保存文件夹，根据需要选择数据保存的路径。

3、功能界面（Select）



1、R-Ts

测量方块电阻分段升温

2、R-Tc

测量方块电阻连续升温

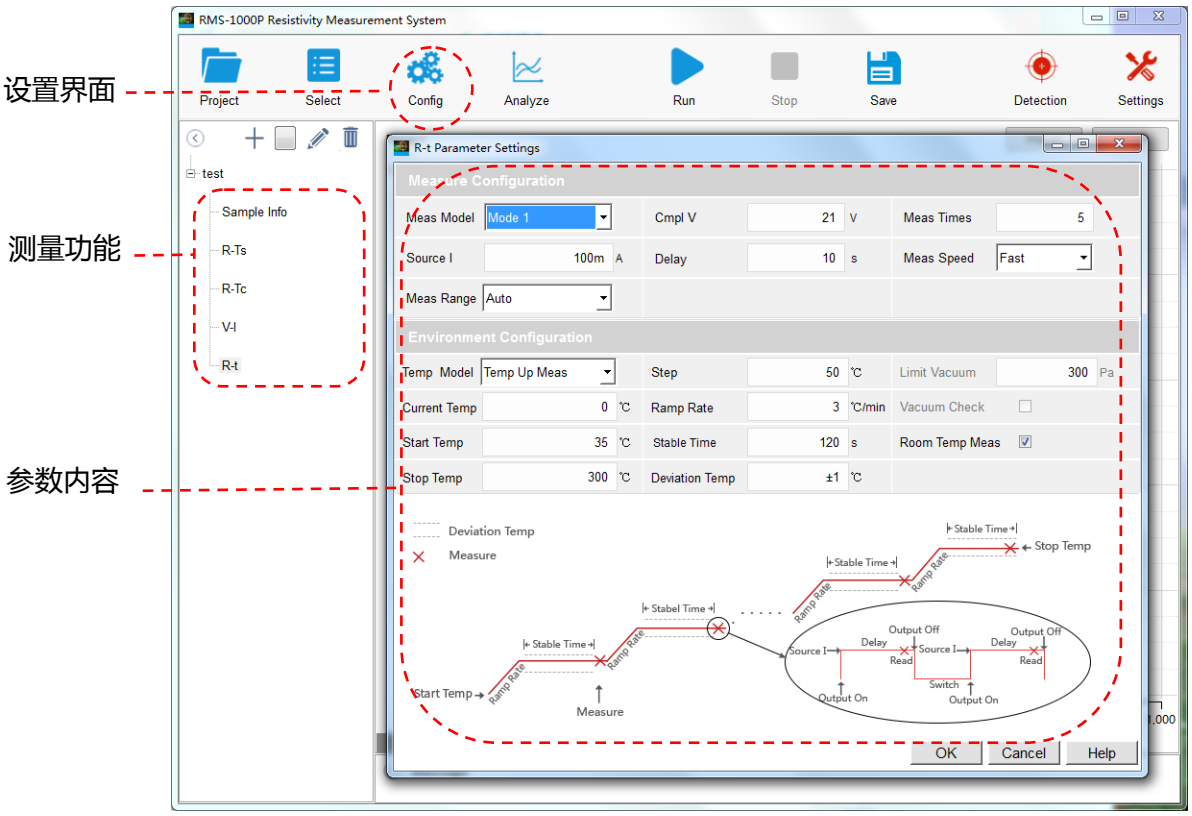
3、V-I

电压随电流变化的曲线

4、R-t

测量方块电阻随时间变化的曲线

4、设置界面（Configure）



Configure（设置界面）

包含关键测量配置和环境配置

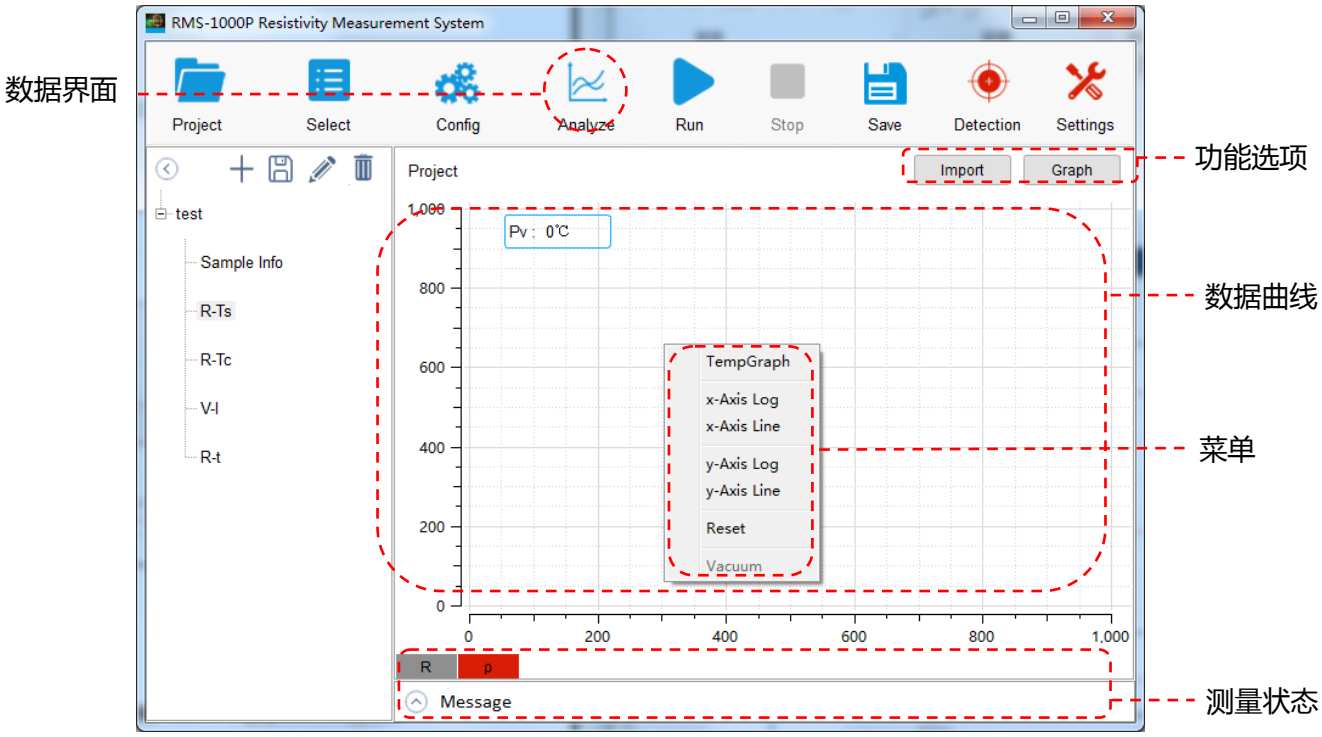
Measure Configuration（测量配置）

测量配置包含探针模式、电压源、测量功能、电流限制值、延迟时间、测量次数、测量速度

Environment Configuration（环境配置）

环境配置，包含温度模式、当前温度、开始温度、停止温度、温度步进、升温斜率、恒温时间、温度偏差、真空度、真空度检查、室温测量

5、数据分析界面（Analyze）



数据界面（Analyze）

包含数据展示和数据分析等内容

Import：导入数据，可以将之前保存的数据重新载入软件中，查看之前的测量结果

Temp Graph：为温度曲线界面；x-Axis Log：取X轴对数；x-Axis Line：取X轴线数

y-Axis Log：取y轴对数；y-Axis Line：取y轴线数

Reset ：恢复出厂设置

Vacuum：真空度

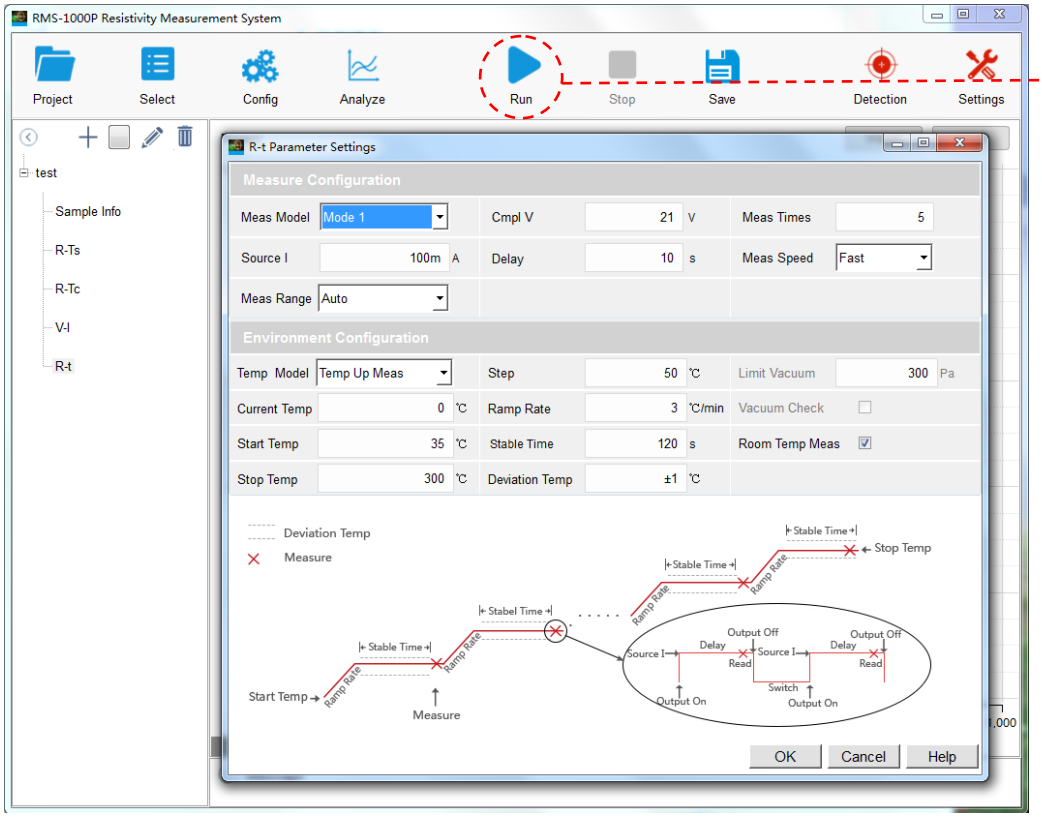
数据曲线

显示样品测量完成后的数据值呈圆滑的曲线形式展示

测量状态

样品在测量中的实时状态显示的情况

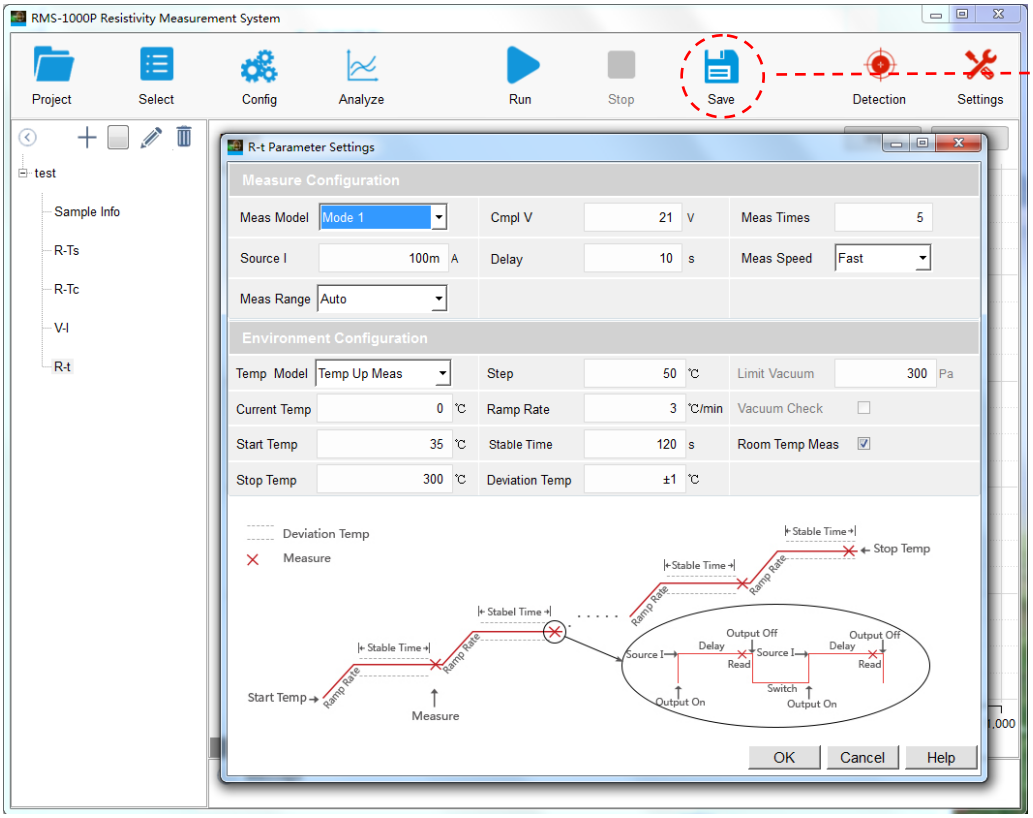
6、开始测试界面（Run）



开始测量（Run）

点击开始测量界面软件会在后台进行测量，如开始测量界面没有错误提示，将在正常测量， 测量过程中可实时查看数据情况。

7、数据存储界面（Save）



数据存储（Save）

点击数据存储功能，测量结果保存到RMS-1000P的硬盘内或USB存储器内。

存储/调用功能概览

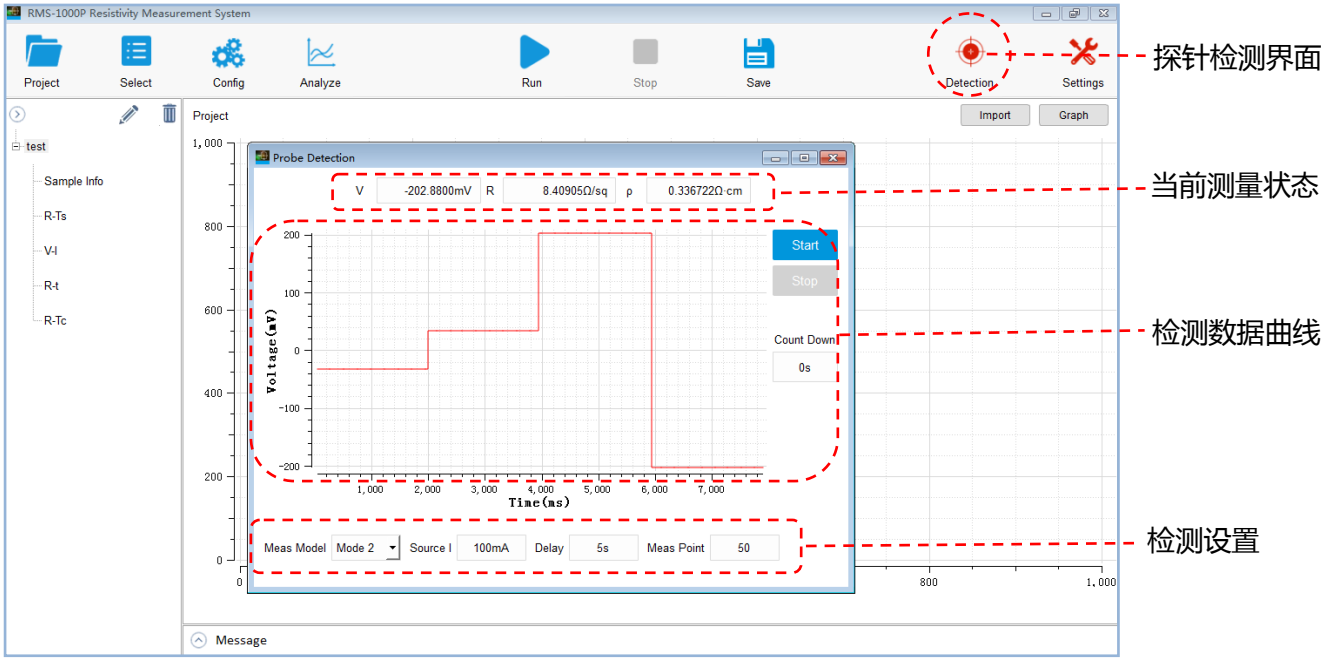
通过存储/调用功能，用户既能将配置和测量结果保存到RMS-1000P的硬盘内或外部USB存储器，又能将其从RMS-1000P的硬盘或外部USB存储器调出。

保存方法及其用途

数据保存路径选择之后会生成一个文件夹，数据测量结果则在文件夹内生成TXT文本。（文件夹的名称和TXT文本的名称不可更改，如更改名称，则会导致数据无法存储到设置的文件夹内）。

数据保存格式默认为TXT文本格式，默认选择是D盘（也可以自定义选择存储路径）。

8、探针检测（Probe Detection）



探针检测 （Probe Detection）

根据探针检测来实现对样品放置与夹具上完好的检测；如检测曲线以一正一负的数值显示，并且有规律的检测，则表示该样品放置完好，反之亦然。

V 显示当前测量的电压值为多少。

R 为样品检测完成时的电阻值。

ρ为样品检测完成时的电阻率。

检测数据曲线

通过探针检测功能测量样品，呈对称曲线显示，并以有规律的数值显示。

Meas Model 测量模式选择，默认为模式2，模式1对应探针状态3和2切换；模式2对应探针状态1和2切换；模式3对应探针状态1和3切换。

Source I 设置电流，根据需求设置电流。

Delay 延迟，在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间。

Meas Point 测量点数，设置测量点数，根据需求进行设置。

Start 点击开始，数据进行检测。

Stop 点击停止，数据停止检测；该功能当设置的MeasPoint（测量点数）完成后，系统会自动停止检测，也可手动停止检测。

9、系统设置界面（Settings）

System Infomation：

系统信息。此项设置一般为默认值，不需要重新设置。

显示当前测量的仪器、通道名称、测量环境和测量功能的信息。

Instrument Infomation：

仪器信息。此项设置一般为默认值，不需要重新设置。

显示当前仪器名称、通信模式、连接地址等。

Temperature Infomation：

温度信息。当控温不准时，用户可将自整定后的控温PID值输入此处。

显示当前温度控温模式、通信模式、恢复出厂模式、温度控制自转、自转温度和PID设置等。

About Partulab：软件声明

第五章　测量步骤

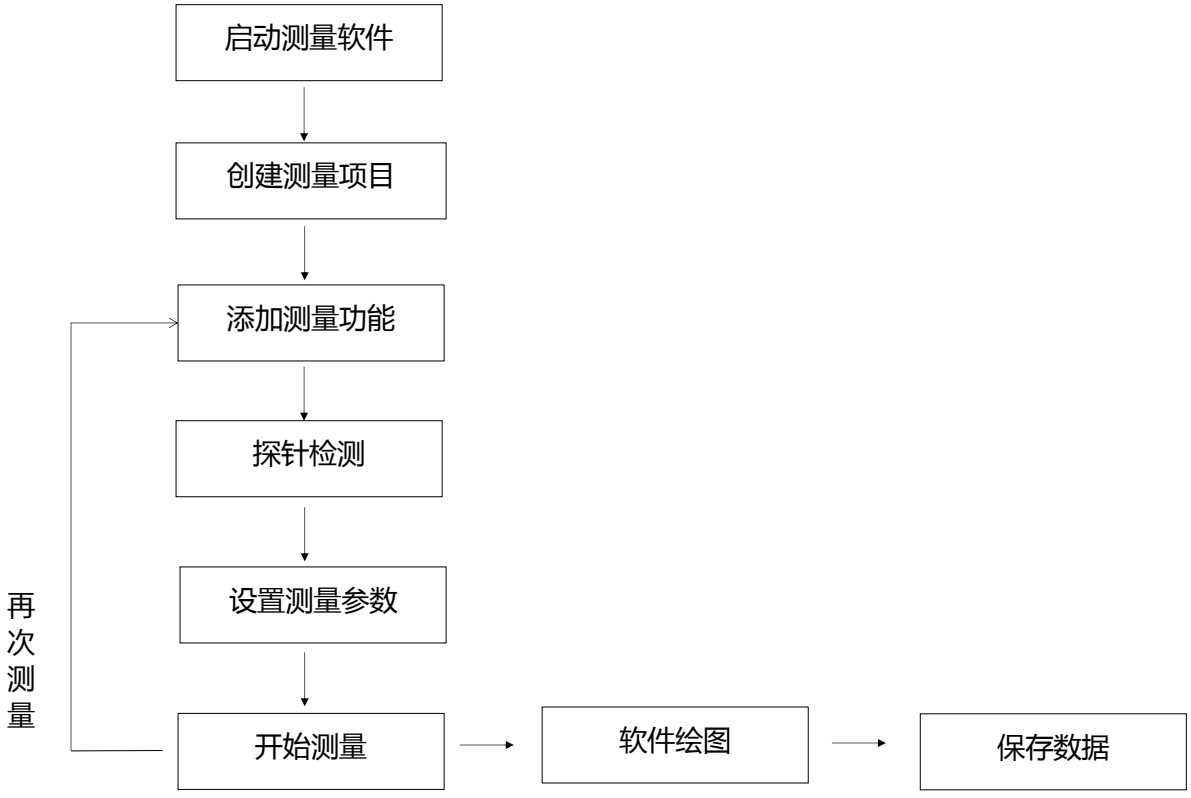
本章介绍RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统实际操作过程示例。

快速测量范例

测量之前，请确认测试样品和样品上导电材料最高承受温度。

本仪器明确规定，样品粘电极属于用户使用不当，主要原因是样品电极材料耐不了相应的温度，由此造成设备损坏不在保修范围之内。万一电极上粘上样品情况，用户可以用2000号的砂纸打磨抛光夹具电极，使其光亮导电即可。如果用户在打磨过程中用力不当造成夹具电极损坏需要维修，我们将收取维修基本费用。

快速测量流程

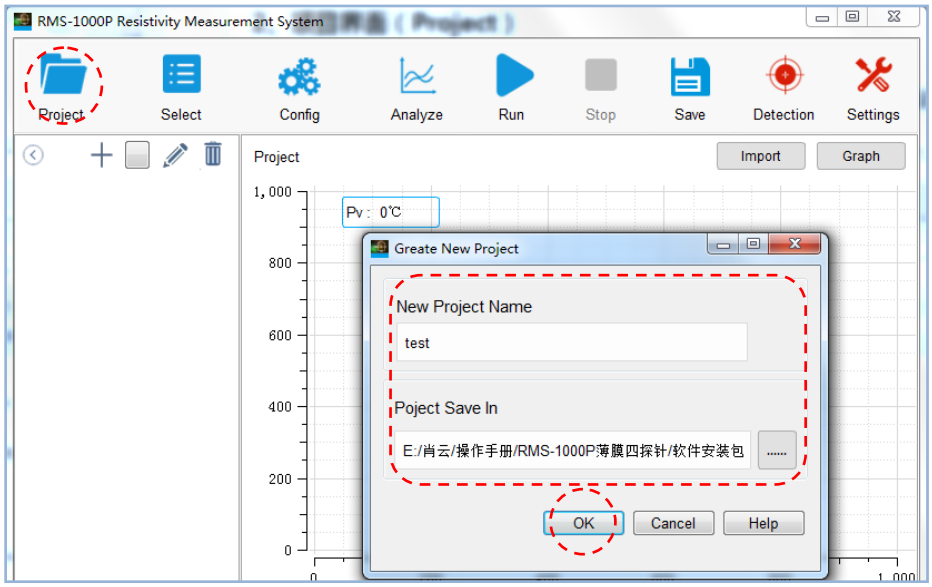


一、启动测量软件

双击桌面RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统软件快捷方式，启动测量软件。

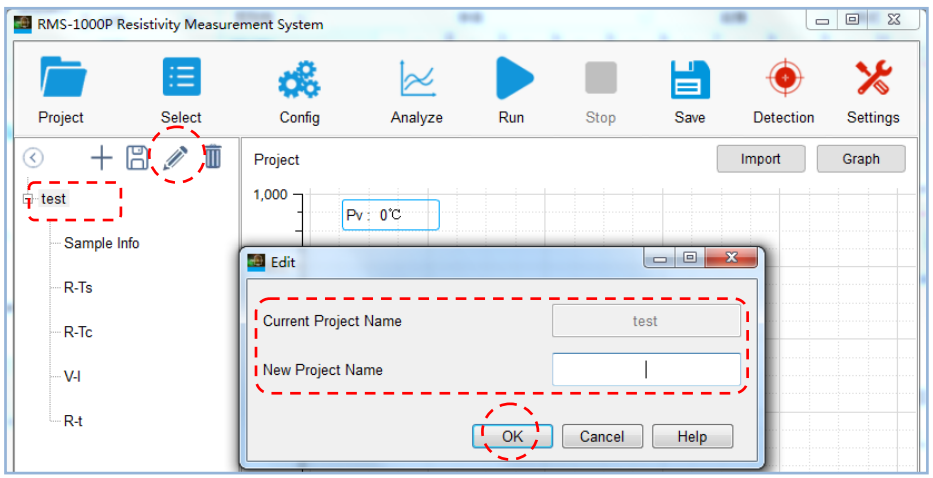
1）新建添加项目

点击进入项目界面，系统提示新建项目对话框，填写项目名称；Project Save In（保存项目文件夹），根据需求选择保存目录的文件夹，点击OK即可。



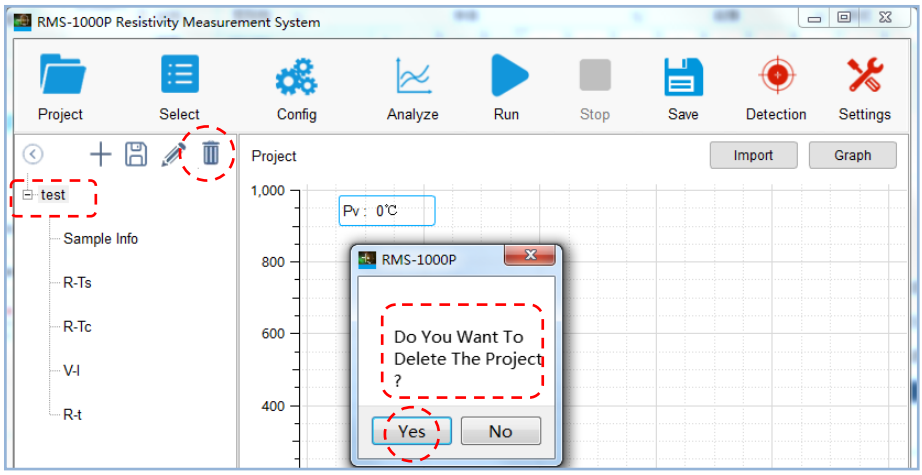
2）修改项目名称

如果需要对项目名称进行修改 ，要在项目树中选择项目名称（test），然后点击编辑，系统弹出窗口Edit ，在窗口中输入新名称即可对项目名称进行修改。



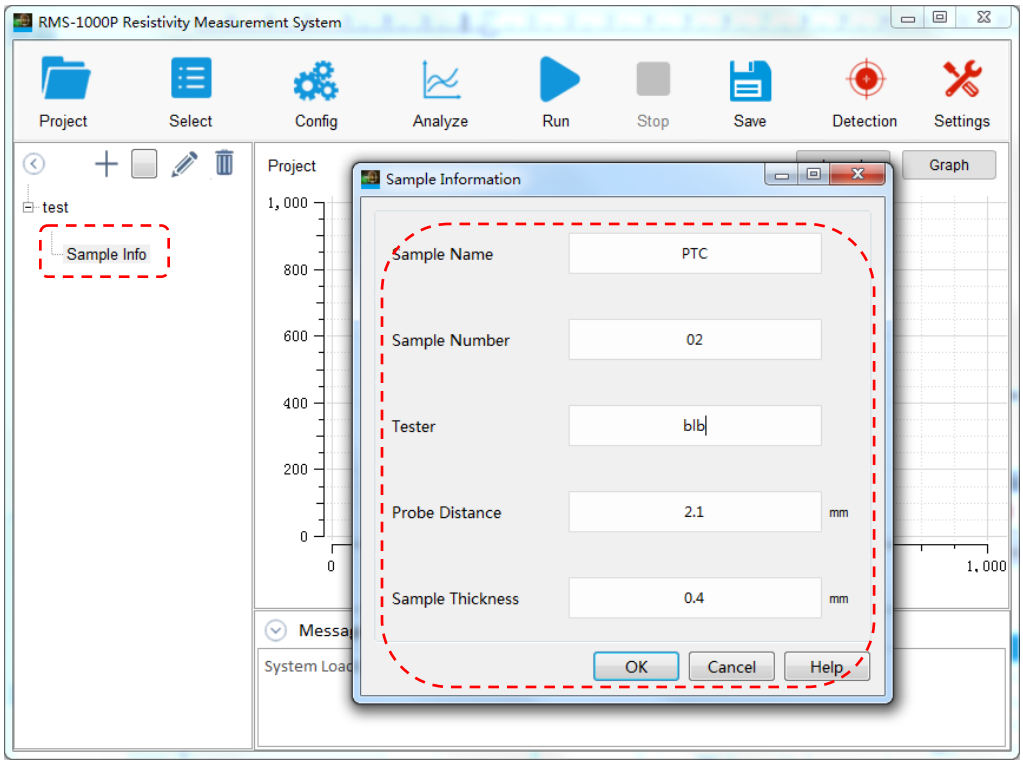
3）删除项目

项目树中一次只能展现一个项目，如果项目树中已有项目，添加新项目到项目树时原有项目会被自动移出到左侧项目栏，如果要删除项目，选择项目栏中的项目，点击删除Del，会弹出提示 Do You Want To Delete The Project？ 点击YES即可将该项目删除。



4）设置样品信息

项目树中的项目下默认有 Sample Info，点击 Sample Info，进入样品信息填写界面，此时可填写样品信息Sample Name（样品名称）、Sample Number（样品编号）、Ttster（测试人员）、Sample Area（样品面积）、Sample Thickness（样品厚度）；设置样品信息时，只需在Values栏下选择对应的选项双击即可弹出键盘修改。



二、添加测量功能

测量功能分为三大类

1、R-Ts：测量方块电阻分段升温

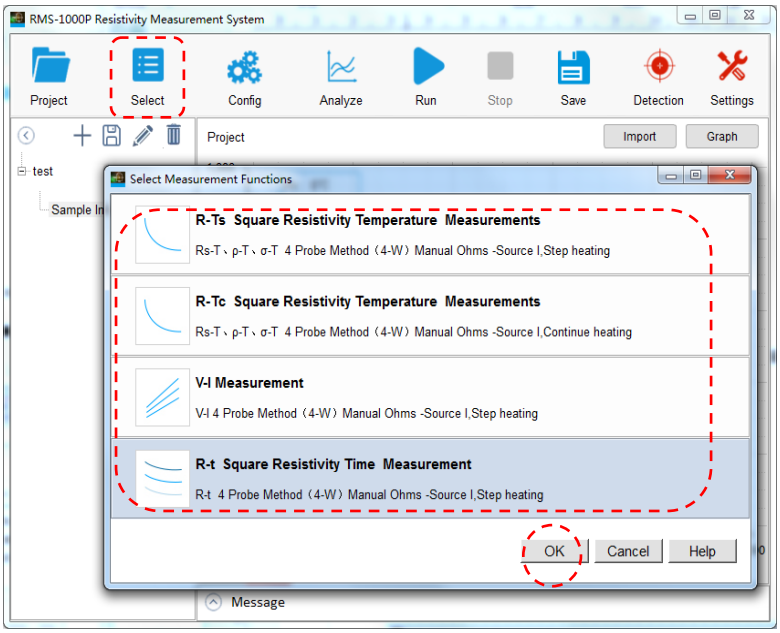
2、R-Tc ：测量方块电阻连续升温

3、V-I：电压随电流变化的曲线

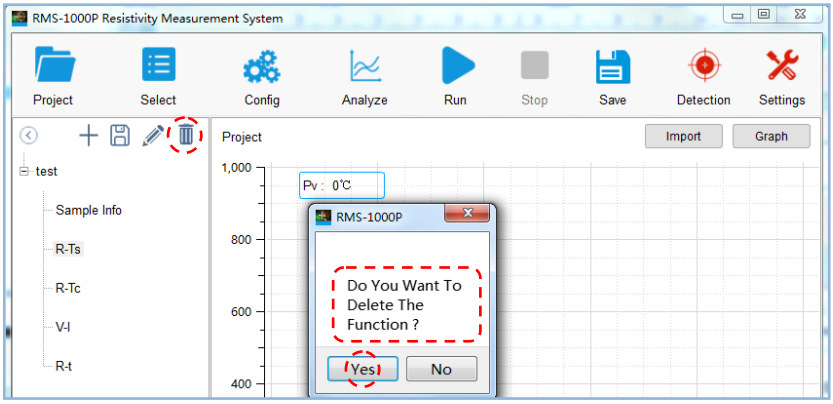
4、R-t：测量方块电阻随时间变化的曲线

1）点击进入功能界面，界面右侧会显示四大测量功能可选。

2) 选择功能点击OK，即可添加到项目下，根据需求选择添加的测量功能。测量功能不可重复添加，每个项目中只可添加一次。

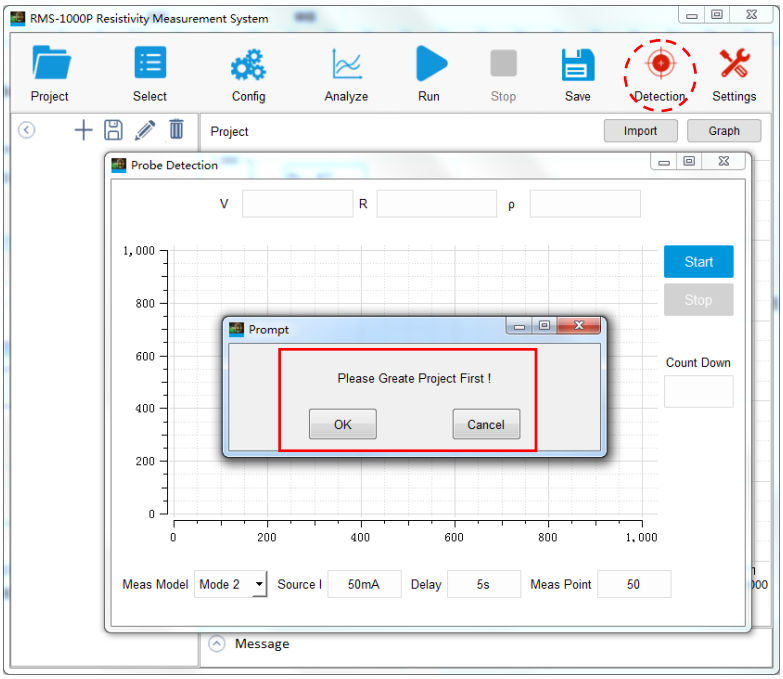


3) 对于每个项目树中的项目来说，每个测量功能只能添加一次，如需重新添加，需要先将已经添加的功能移出，然后才能再次添加。（在项目下选择要移出的功能，点击删除标志，系统会弹出提示：Do You Want To Delete The Function? 点击YES，即可将该功能移出该项目，如下图所示）



三、探针检测设置（ Detection ）

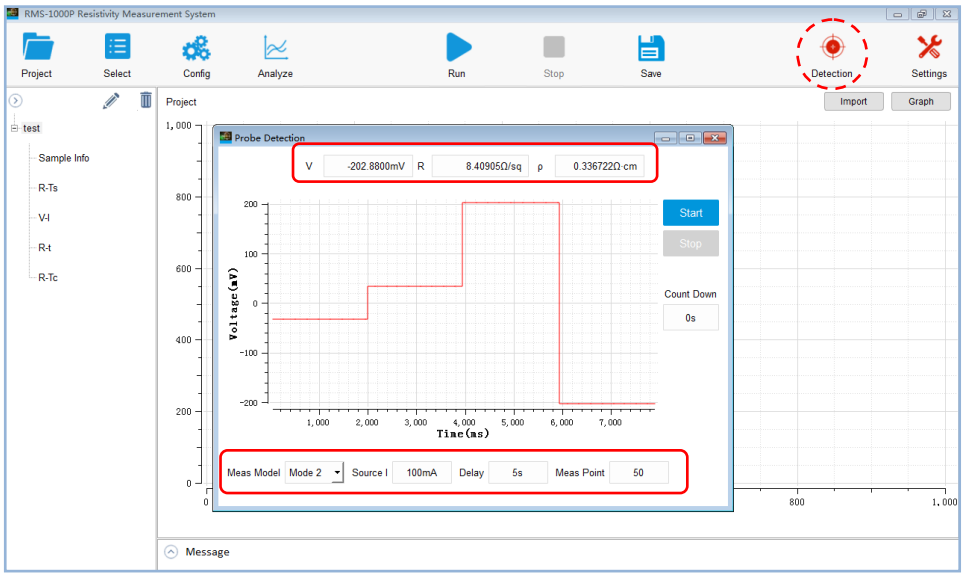
1、每次进行升温测试前点击 Detection（探针检测），选择 Detection（探针检测），前需先添加项目；如没有添加项目，则系统会提示Please Greater Project First！（请先修改项目！）



注

Probe Detection（探针检测）使用之前，请先添加项目，如没有选择，系统则会报错。

2、设置Detection（探针检测）参数



V（当前电压）

当数据测量过程中，此处会显示测量的数值。测量的数值会以一正一负的形式显示，例如当前的数值为-171.772V。

R（电阻值）当样品检测完成后会显示样品的电阻值。

ρ（电阻率）当样品检测完成后会显示样品的电阻率。

Meas Model（测量模式）：一般默认为模式2，共有三种模式，模式1对应探针状态3和2切换；模式2对应探针状态1和2切换；模式3对应探针状态1和3切换。

Source I（电流源）

设置电流值为100mA，根据样品的需求设置电流值；此处只能通电流，因为电阻很小，使用电压可能会把玻璃样品烧坏。

Delay（延迟）在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间；

MeasPoint（测量点数）

设置测量点数，根据需求进行设置；一般设置为50，在一种模式下，在设定的电流值区间，会取50个点获取曲线图，可根据测量需求设置。

Start（开始）点击开始，数据进行检测。

Stop 点击停止，数据停止检测；该功能当设置的MeasTime（测量时间）完成后，系统会自动停止检测，也可手动停止检测。

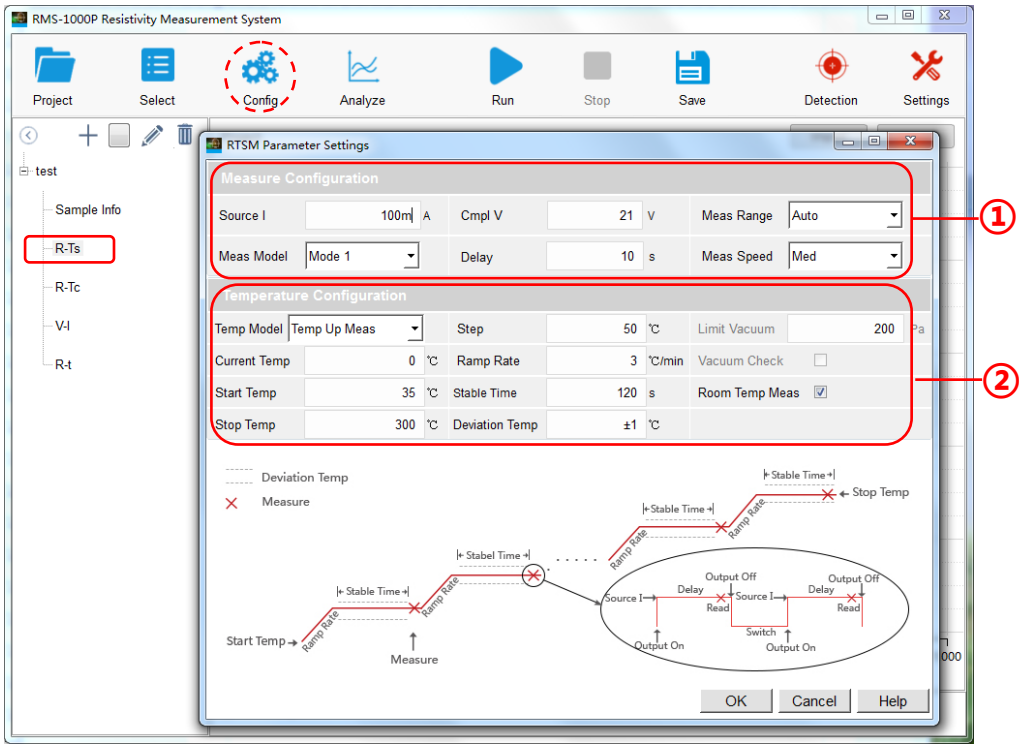
设置好参数后点击Start按钮，软件会自动测出曲线，及显示常温下的不同探针状态的电压值，电阻及电阻率。

注 点击Detection进行探针检测时，根据样品的阻值设置电流值（Source I），延迟时间（Delay）及测量点数（Meas Point）。

四、选择测量功能并设置参数

1、 点击R-Ts（测量方块电阻分段升温）

测量不同温度下的方块电阻；该功能会先进行升温，温度达到后，先进行恒温，达到恒温时间软件会先在每次加电流时进行电化（电化时间为Delay）。电化后会得到测量的电压值。软件会根据得到的电压值，计算出对应的电阻、电阻率及电导率。



① Measure Configuration（测量配置）

Source I：设置电流源，根据测量需求设置。

Meas Model：设置测量模式，Mode1对应探针状态3和2切换；Mode2对应探针状态1和2切换；Mode3对应探针状态1和3切换；根据测量需求设置。

Cmpl V：钳值限制，该设置根据Source I（源值）的范围而定，根据需要进行设置。

注 根据连接的阻抗分析仪的量程范围设置，KEITHLEY-2400可根据用户设置的电流变化，电流＞105mA时Cmpl为21V，电流＜105mA时Cmpl为210V；

Delay：设置延迟时间，在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间；

Meas Range：测量范围，可选Auto（自动）、2nA-25mA，可根据需求进行设置，如果设置超过最大量程，系统会自动选择适合的模式。

Meas Speed：测量速度：一共有快、中、慢三个模式可以选择，一般默认为中档。

② Temperature Configuration（温度配置）

Temp Model：温度模式，一共有两个选项，Temp Up Meas（升温测量）和Temp Up and Down（升温和降温），升温测量指的是炉膛一直是持续升温测量；而升温和降温测量指的是炉膛先升温测量到结束温度点后，再进行降温测量；可以根据实际情况选择测量模式。

Current Temp ：当前温度，一般是系统监控为默认值，无需设置。

StartTemp：样品测试开始温度，设置开始温度时不能低于室温，如低于室温，当开始测量时，仪器则提示错误，如Current temperature is higher than the masured temperature；Please waiting?（当前温度高于测量温度；请等待），此时应该立即停止测量。

StopTemp：样品测试结束温度，设置结束温度时，最高温度为1000℃；如设置的结束温度高于1000℃时，系统则会默认到最大值。

Step：采样间隔温度，如设置为1℃，那么每隔1℃就会测量一个频率点；可根据客户需求进行设置。

Ramp Rate：升温斜率，即3℃/Min（每分钟升温的速度为3摄氏度）；该设置是系统默认设置。

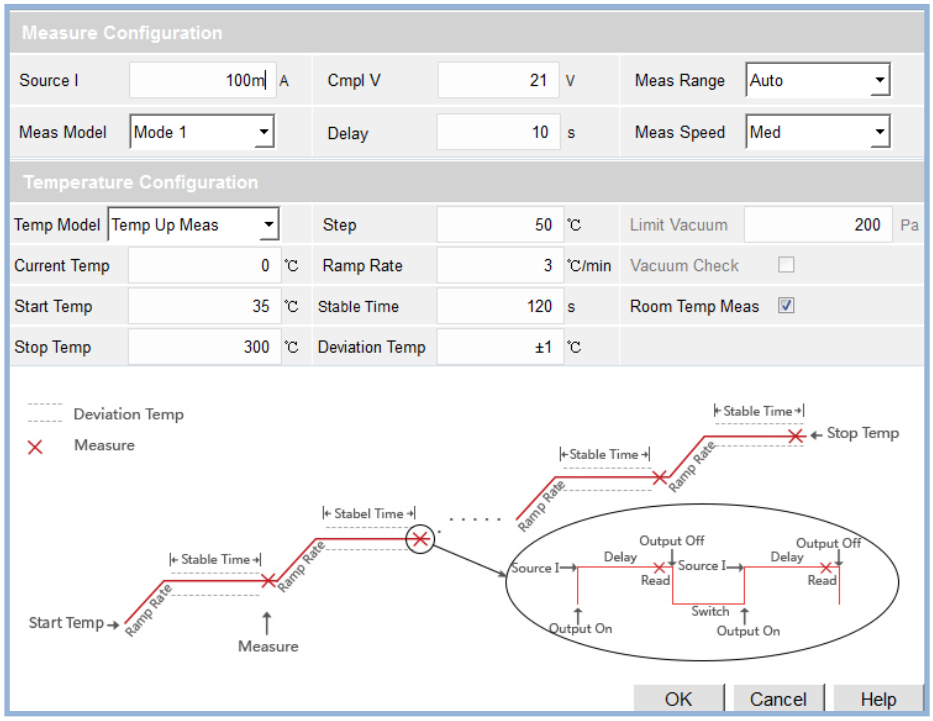
Stable Time：恒温时间，根据测量需求设置。

Deviation Temp：偏差温度，根据测量需求设置，可检测在恒温的这段时间中，测量的温度有没有超过偏差温度的值，如超过，说明恒温时间不够稳定，会影响测量结果，需重新测量。

Limit Vacuum：真空度阈值，根据样品需求，设置真空气氛的度数，当抽取的真空度数达到设定的数值后，该仪器会停止抽真空。

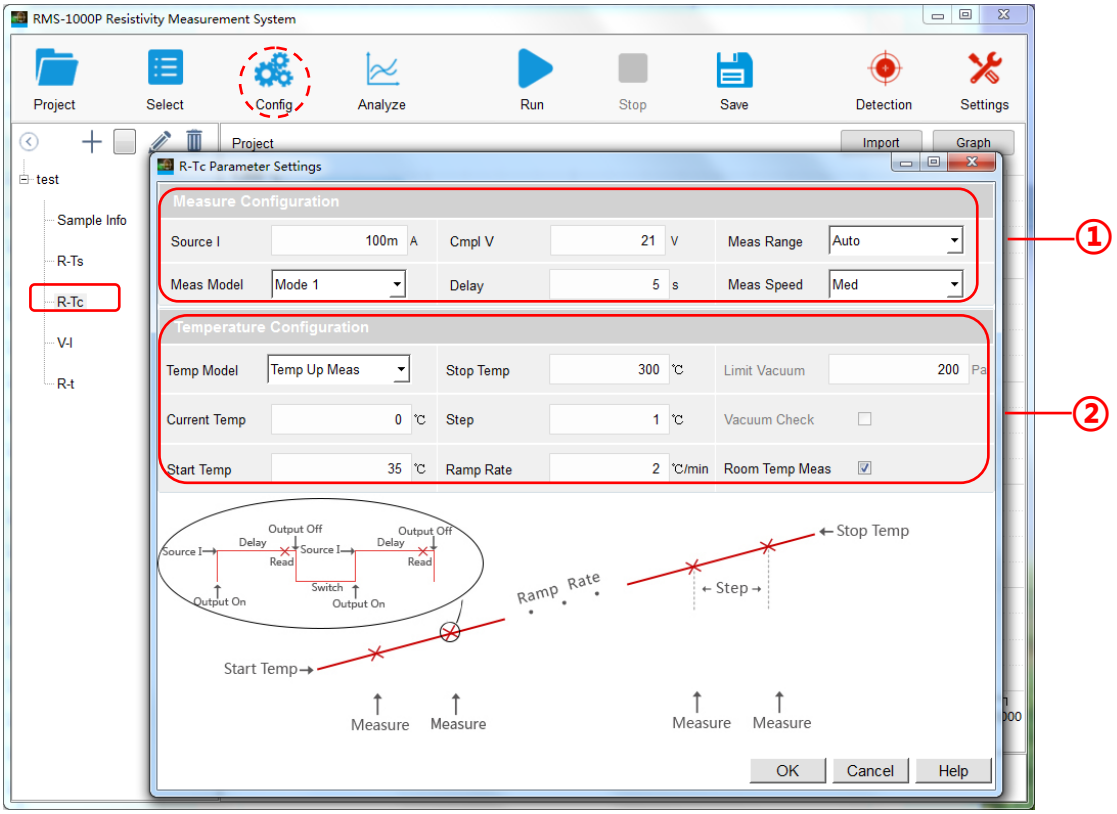
Vacuum Check：真空度检查，勾选后使用抽真空功能。

Room Temp Meas：室温测量，根据测量需求选择，如勾选室温测量，测量温度点则不可选择。



2、 点击R-Tc（测方块电阻连续升温）

测量不同温度下的方块电阻连续升温的曲线图；



① Measure Configuration（测量配置）

Source I：设置电流源，根据测量需求设置。

Meas Model：设置测量模式，Mode1对应探针状态3和2切换；Mode2对应探针状态1和2切换；Mode3对应探针状态1和3切换；根据测量需求设置。

Cmpl V：钳值限制，该设置根据Source I（源值）的范围而定，根据需要进行设置。

注 根据连接的阻抗分析仪的量程范围设置，KEITHLEY-2400可根据用户设置的电流变化，电流＞105mA时Cmpl为21V，电流＜105mA时Cmpl为210V；

Delay：设置延迟时间，在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间；

Meas Range：测量范围，可选Auto（自动）、2nA-25mA，可根据需求进行设置，如果设置超过最大量程，系统会自动选择适合的模式。

Meas Speed：测量速度：一共有快、中、慢三个模式可以选择，一般默认为中档。

② Temperature Configuration（温度配置）

Temp Model：温度模式，一共有两个选项，Temp Up Meas（升温测量）和Temp Up and Down（升温和降温），升温测量指的是炉膛一直是持续升温测量；而升温和降温测量指的是炉膛先升温测量到结束温度点后，再进行降温测量；可以根据实际情况选择测量模式。

Current Temp ：当前温度，一般是系统监控为默认值，无需设置。

StartTemp：样品测试开始温度，设置开始温度时不能低于室温，如低于室温，当开始测量时，仪器则提示错误，如Current temperature is higher than the masured temperature；Please waiting?（当前温度高于测量温度；请等待），此时应该立即停止测量。

StopTemp：样品测试结束温度，设置结束温度时，最高温度为1000℃；如设置的结束温度高于1000℃时，系统则会默认到最大值。

Step：采样间隔温度，如设置为1℃，那么每隔1℃就会测量一个频率点；可根据客户需求进行设置。

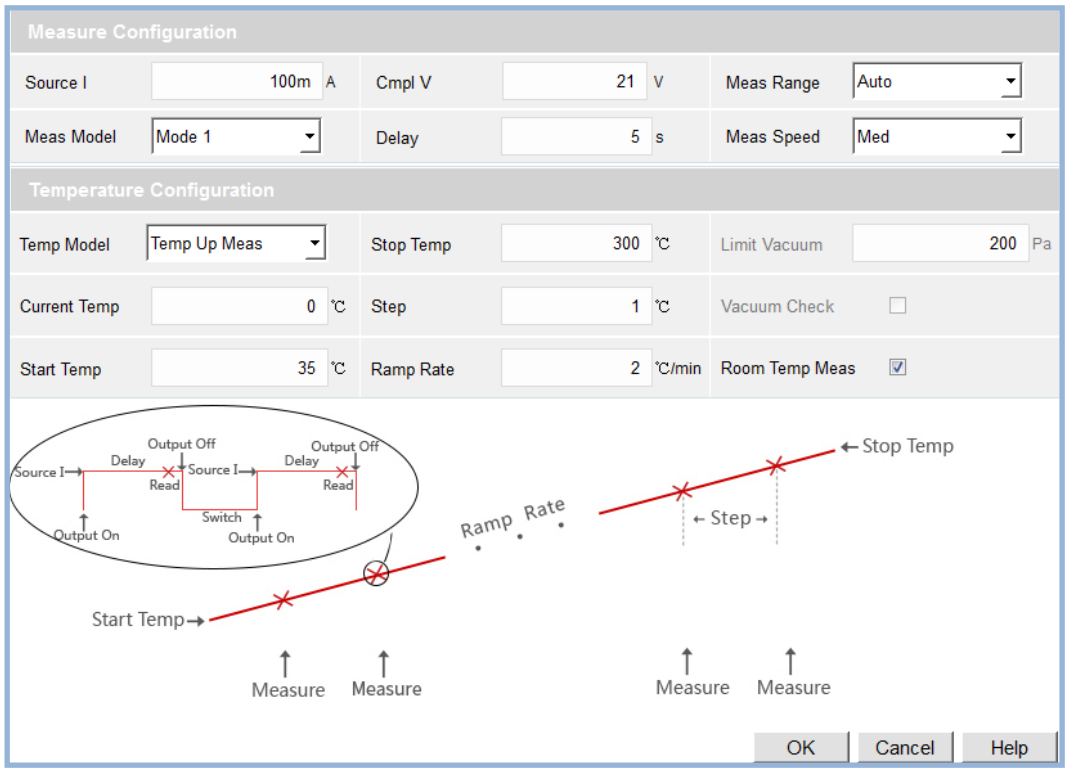
Ramp Rate：升温斜率，即3℃/Min（每分钟升温的速度为3摄氏度）；该设置是系统默认设置。

Stable Time：恒温时间，根据测量需求设置。

Limit Vacuum：真空度阈值，根据样品需求，设置真空气氛的度数，当抽取的真空度数达到设定的数值后，该仪器会停止抽真空。

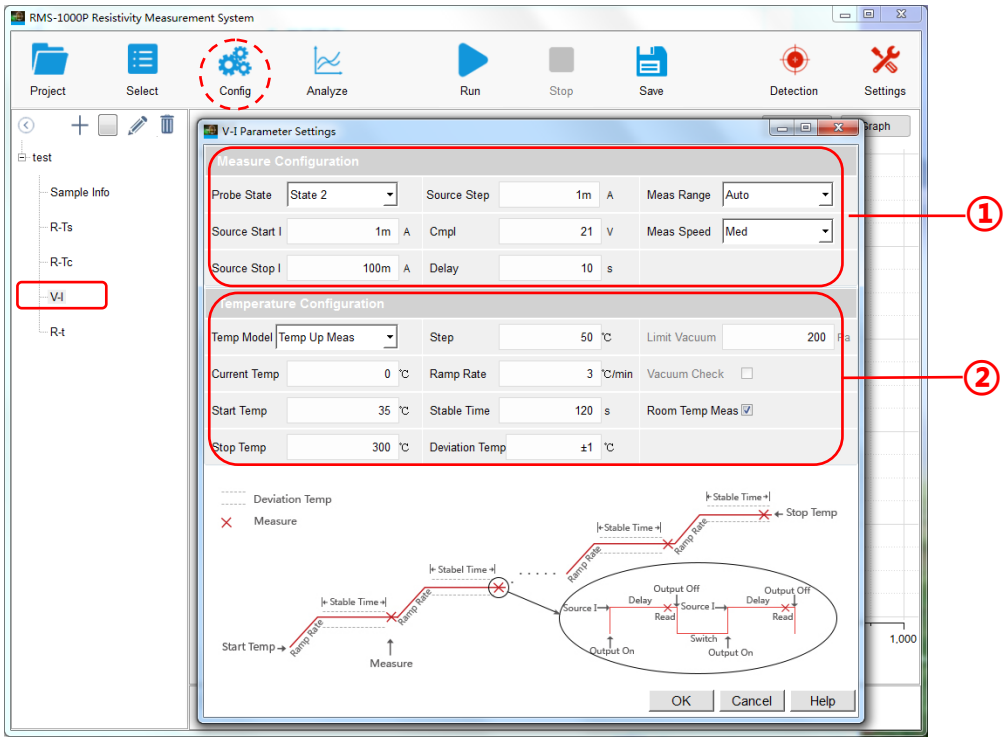
Vacuum Check：真空度检查，勾选后使用抽真空功能。

Room Temp Meas：室温测量，根据测量需求选择，如勾选室温测量，测量温度点则不可选择。



3、 点击V-I（电压随电流变化的曲线）

V-I为分段升温测量；该功能会先进行升温，温度达到后，先进行恒温，恒温时间为分段PID界面设置时间，达到恒温时间软件会先在每次加电流时进行电化（电化时间为Delay）。电化时间结束后软件开始测量并绘制曲线。



① Measure Configuration（测量配置）

Probe State：探针状态，一般默认为State2（状态2），State1对应探针状态3和2切换；State2对应探针状态1和2切换；State3对应探针状态1和3切换；根据测量需求设置。

Source Start I：设置电流源起始值，根据测量需求设置。

Source Stop I：设置电流源终止值，根据测量需求设置。

Source Step：设置电流源步进，如设置为1mA，那么每隔1mA就会测量一个频率点；根据测量需求设置。

Cmpl V：钳值限制，该设置根据Source I（源值）的范围而定，根据需要进行设置。

注 根据连接的阻抗分析仪的量程范围设置，KEITHLEY-2400可根据用户设置的电流变化，电流＞105mA时Cmpl为21V，电流＜105mA时Cmpl为210V；

Delay：设置延迟时间，在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间；

Meas Range：测量范围，可选Auto（自动）、2nA-25mA，可根据需求进行设置，如果设置超过最大量程，系统会自动选择适合的模式。

Meas Speed：测量速度：一共有快、中、慢三个模式可以选择，一般默认为中档。

② Temperature Configuration（温度配置）

Temp Model：温度模式，一共有两个选项，Temp Up Meas（升温测量）和Temp Up and Down（升温和降温），升温测量指的是炉膛一直是持续升温测量；而升温和降温测量指的是炉膛先升温测量到结束温度点后，再进行降温测量；可以根据实际情况选择测量模式。

Current Temp ：当前温度，一般是系统监控为默认值，无需设置。

StartTemp：样品测试开始温度，设置开始温度时不能低于室温，如低于室温，当开始测量时，仪器则提示错误，如Current temperature is higher than the masured temperature；Please waiting?（当前温度高于测量温度；请等待），此时应该立即停止测量。

StopTemp：样品测试结束温度，设置结束温度时，最高温度为1000℃；如设置的结束温度高于1000℃时，系统则会默认到最大值。

Step：采样间隔温度，如设置为1℃，那么每隔1℃就会测量一个频率点；可根据客户需求进行设置。

Ramp Rate：升温斜率，即3℃/Min（每分钟升温的速度为3摄氏度）；该设置是系统默认设置。

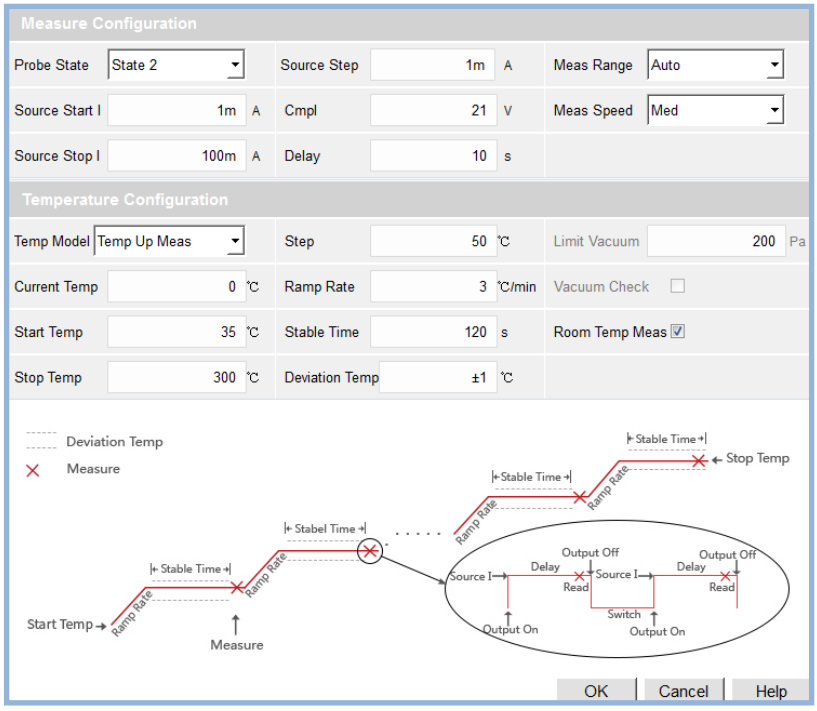
Stable Time：恒温时间，根据测量需求设置。

Deviation Temp：偏差温度，根据测量需求设置，可检测在恒温的这段时间中，测量的温度有没有超过偏差温度的值，如超过，说明恒温时间不够稳定，会影响测量结果，需重新测量。

Limit Vacuum：真空度阈值，根据样品需求，设置真空气氛的度数，当抽取的真空度数达到设定的数值后，该仪器会停止抽真空。

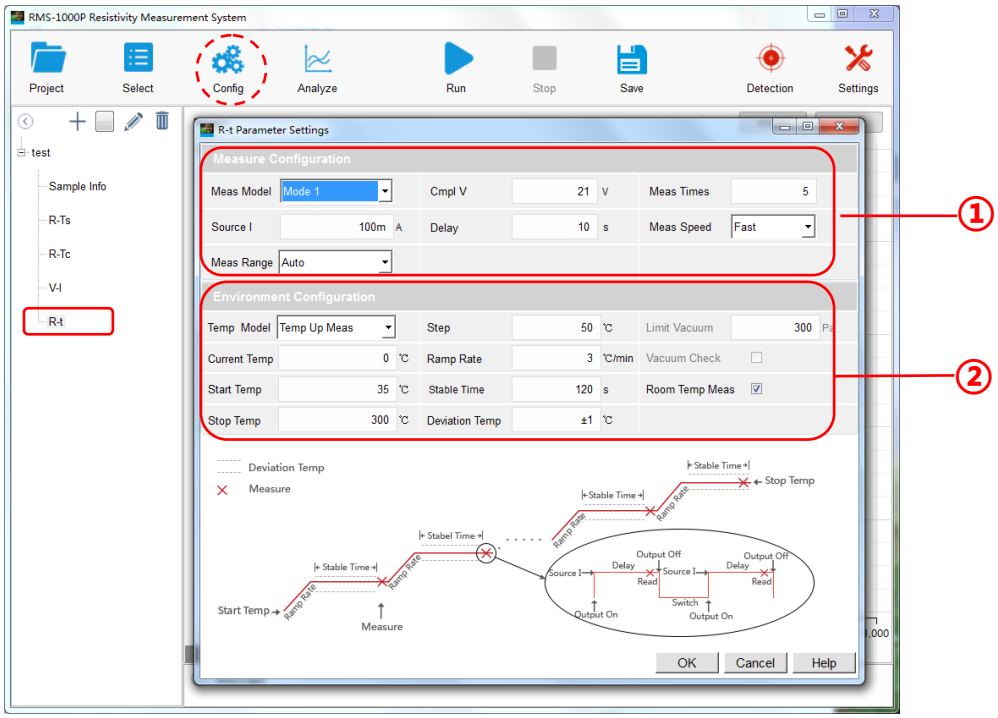
Vacuum Check：真空度检查，勾选后使用抽真空功能。

Room Temp Meas：室温测量，根据测量需求选择，如勾选室温测量，测量温度点则不可选择。



4、 点击R-t（测量方块电阻随时间变化的曲线）

R-I为分段升温测量；该功能会先进行升温，温度达到后，先进行恒温，恒温时间为分段PID界面设置时间，达到恒温时间软件会先在每次加电流时进行电化（电化时间为Delay）。电化时间结束后软件开始测量并绘制曲线。



① Measure Configuration（测量配置）

Source I：设置电流源，根据测量需求设置。

Meas Model：设置测量模式，Mode1对应探针状态3和2切换；Mode2对应探针状态1和2切换；Mode3对应探针状态1和3切换；根据测量需求设置。

Meas Range：测量范围，可选Auto（自动）、2nA-25mA，可根据需求进行设置，如果设置超过最大量程，系统会自动选择适合的模式。

Cmpl V：钳值限制，该设置根据Source I（源值）的范围而定，根据需要进行设置。

注 根据连接的阻抗分析仪的量程范围设置，KEITHLEY-2400可根据用户设置的电流变化，电流＞105mA时Cmpl为21V，电流＜105mA时Cmpl为210V；

Delay：设置延迟时间，在试行测量之前有输出的建立时间；根据需求设置时间；

Meas Times：测量时间，根据测量需求设置；

Meas Speed：测量速度：一共有快、中、慢三个模式可以选择，一般默认为中档。

② Temperature Configuration（温度配置）

Temp Model：温度模式，一共有两个选项，Temp Up Meas（升温测量）和Temp Up and Down（升温和降温），升温测量指的是炉膛一直是持续升温测量；而升温和降温测量指的是炉膛先升温测量到结束温度点后，再进行降温测量；可以根据实际情况选择测量模式。

Current Temp ：当前温度，一般是系统监控为默认值，无需设置。

StartTemp：样品测试开始温度，设置开始温度时不能低于室温，如低于室温，当开始测量时，仪器则提示错误，如Current temperature is higher than the masured temperature；Please waiting?（当前温度高于测量温度；请等待），此时应该立即停止测量。

StopTemp：样品测试结束温度，设置结束温度时，最高温度为1000℃；如设置的结束温度高于1000℃时，系统则会默认到最大值。

Step：采样间隔温度，如设置为1℃，那么每隔1℃就会测量一个频率点；可根据客户需求进行设置。

Stable Time：恒温时间，根据测量需求设置。

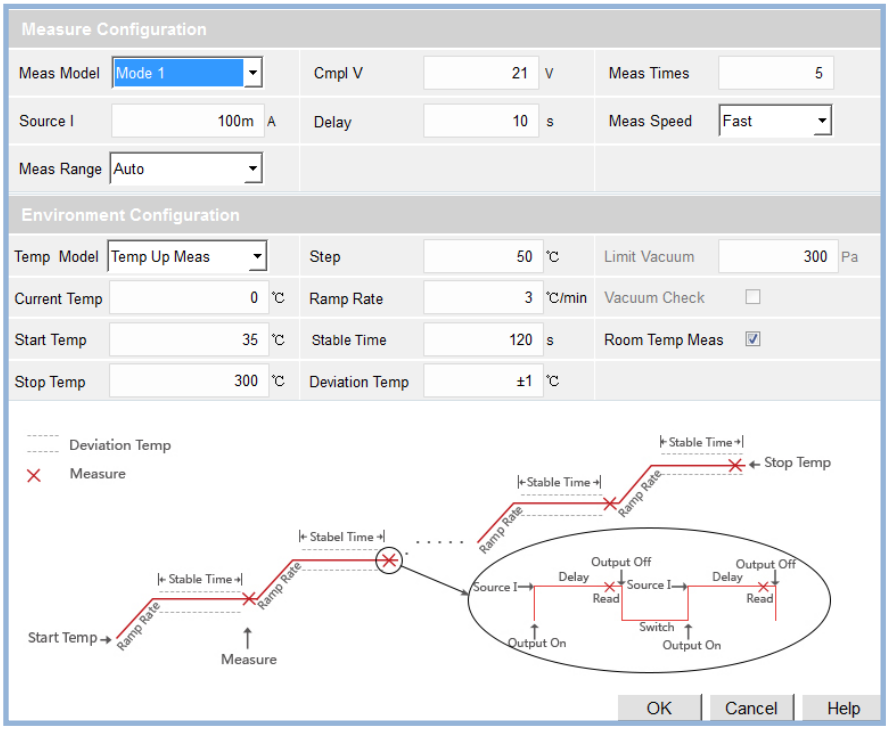
Ramp Rate：升温斜率，即3℃/Min（每分钟升温的速度为3摄氏度）；该设置是系统默认设置。

Deviation Temp：偏差温度，根据测量需求设置，可检测在恒温的这段时间中，测量的温度有没有超过偏差温度的值，如超过，说明恒温时间不够稳定，会影响测量结果，需重新测量。

Limit Vacuum：真空度阈值，根据样品需求，设置真空气氛的度数，当抽取的真空度数达到设定的数值后，该仪器会停止抽真空。

Vacuum Check：真空度检查，勾选后使用抽真空功能。

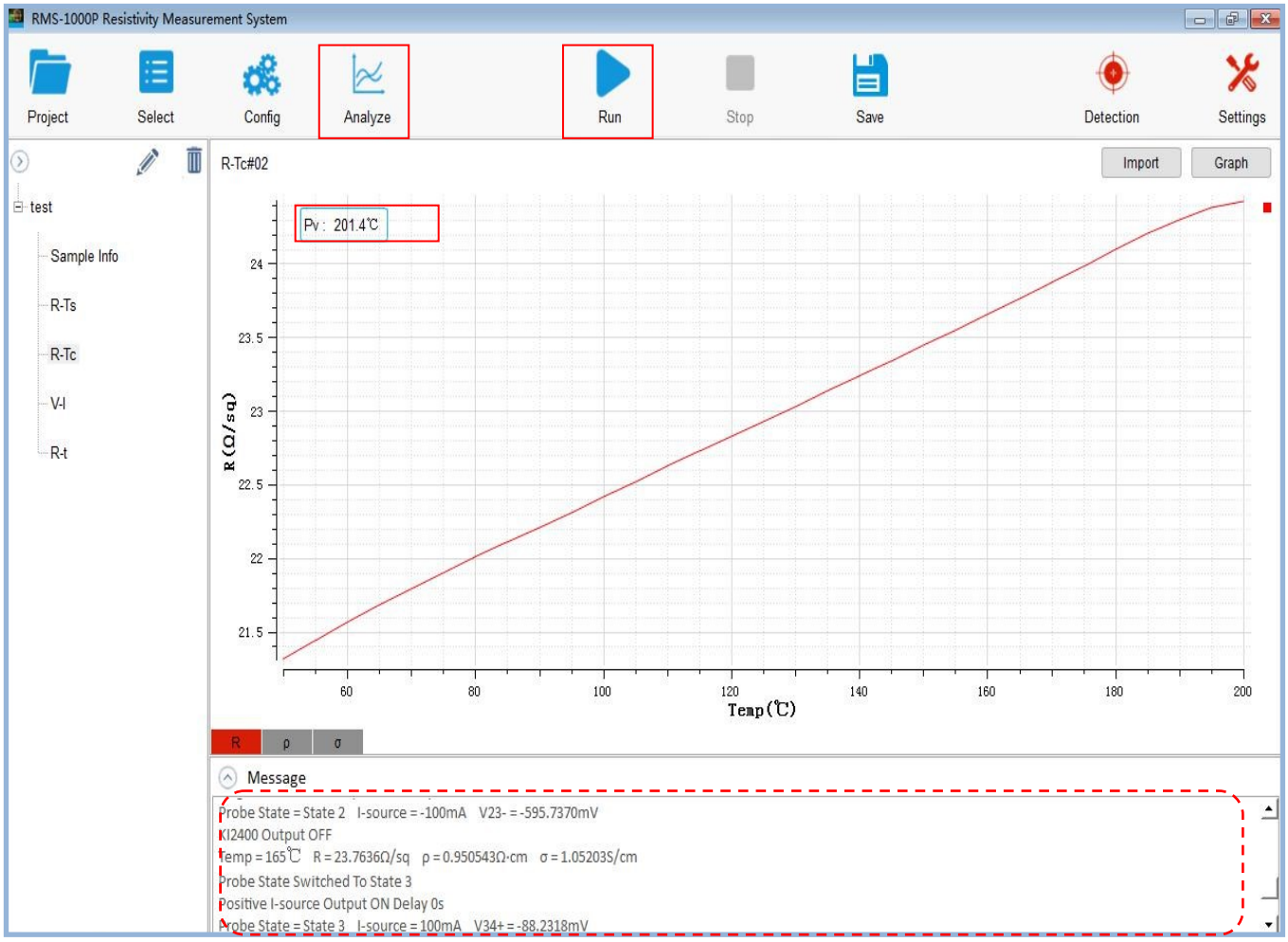
Room Temp Meas：室温测量，根据测量需求选择，如勾选室温测量，测量温度点则不可选择。



五、 开始测量

1）开始/停止测量

参数设置完成后， 点击 Run 开始测量，此时点击菜单栏Analyze，当测量到设定的温度或频率点时，系统会自动生成测量曲线（Pv为当前实时温度），展开底部状态栏可以查看实时测量情况。



2）保存数据

点击菜单栏 Save 保存测量数据。

数据存储（Save）

点击数据存储功能，测量结果保存到1000P的硬盘内或USB存储器内。

存储/调用功能概览

通过存储/调用功能，用户既能将配置和测量结果保存到1000P的硬盘内或外部USB存储器，又能将其从1000P的硬盘或外部USB存储器调出。

保存方法及其用途

数据保存路径选择之后会生成一个文件夹，数据测量结果则在文件夹内生成TXT文本。（文件夹的名称和TXT文本的名称不可更改，如更改名称，则会导致数据无法存储到设置的文件夹内）。

数据保存格式默认为TXT文本格式，默认选择是D盘（也可以自定义选择存储路径）。

3）导入数据

Import：导入数据，可以将之前保存的数据重新载入软件中，查看之前的测量结果。

导入的数据不可查看实时测量情况，数据导入软件内曲线数值是可读的，只需把鼠标放置曲线上就可显示数值。

点击数据界面，选择Import，导入之前保存的TXT文本数据即可。

六、系统设置

1、点击界面中Settings按钮 ,系统会弹出 My Settings 窗口；

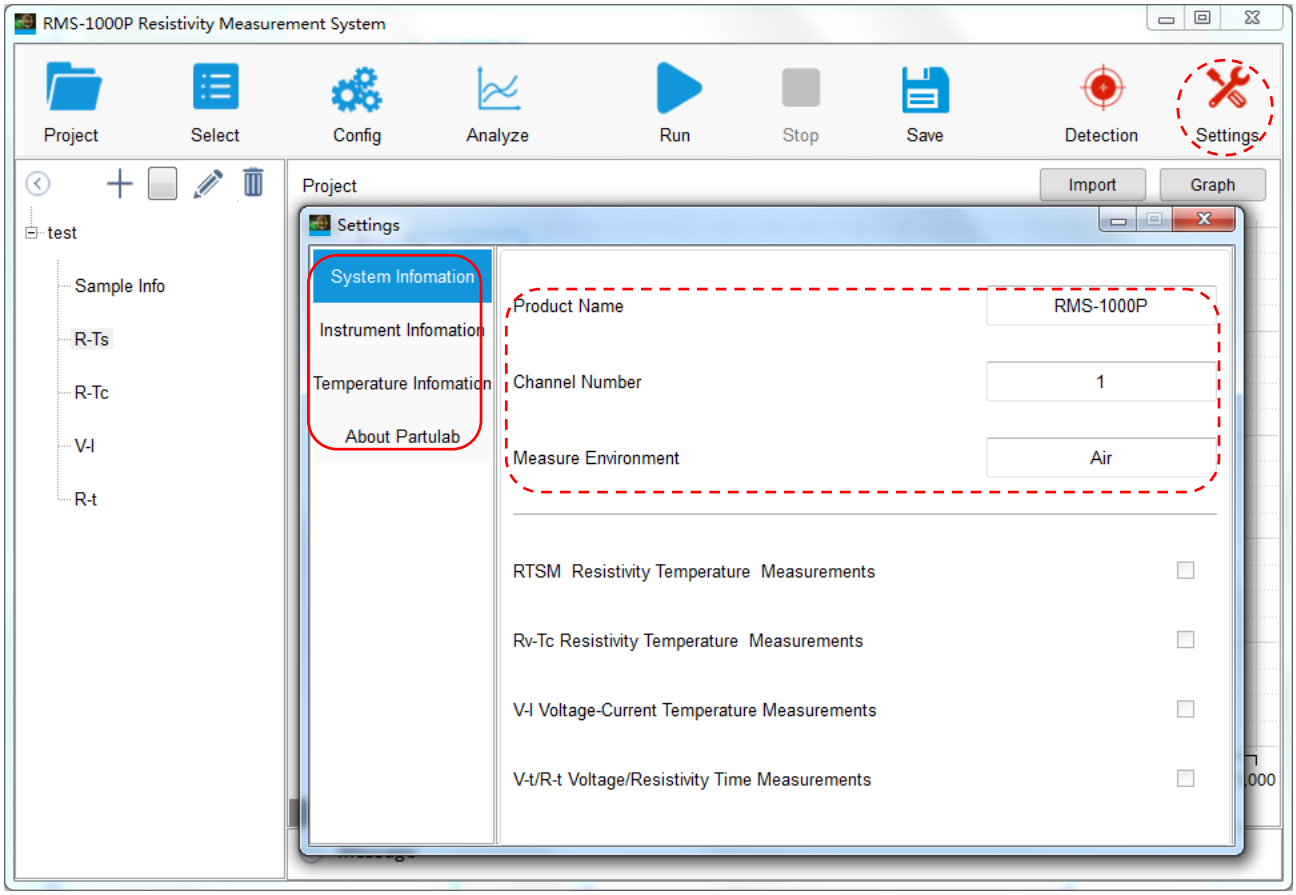
（1）System Infomation：

系统信息。此项设置一般为默认值，不需要重新设置。

（2）Instrument Infomation：

仪器信息。此项设置一般为默认值，不需要重新设置。

显示当前仪器名称、通信模式、连接地址等。

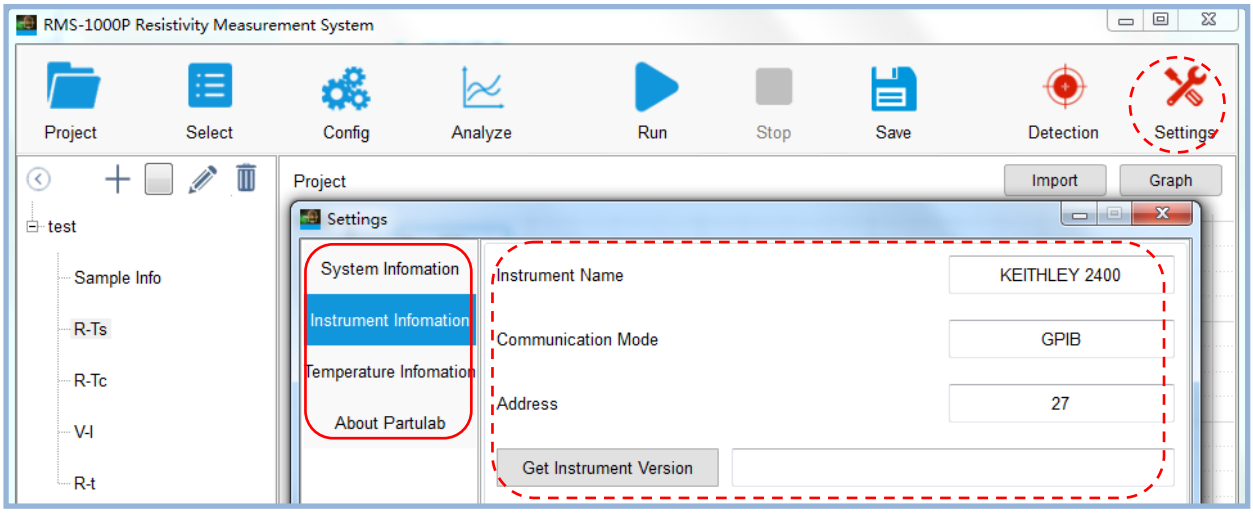


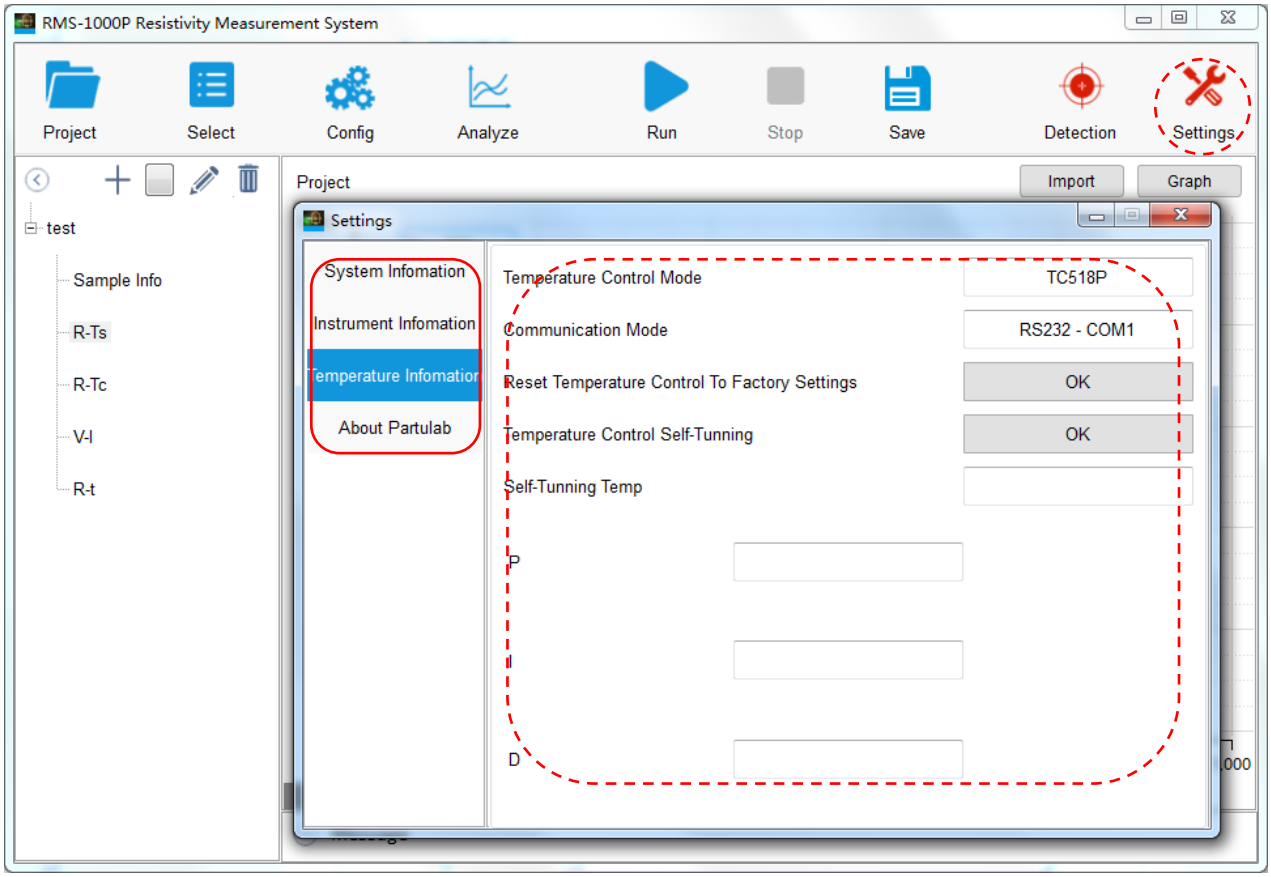
（3）Temperature Infomation：

温度信息。当控温不准时，用户可将自整定后的控温PID值输入此处。

显示当前温度控温模式、通信模式、恢复出厂模式、温度控制自转、自转温度和PID设置等。

（4）About RMS-1000P：软件声明





2、参数功能说明

① 保持参数 I ：

定义为输出变化为5%时，控制对象基本稳定后测量值的差值。它主要决定调节算法中积分作用，和PID调节的积分时间类同。I 越小，系统积分效果越强；I 越大，积分效果越弱（积分时间增加）。设置 I=0时，系统取消积分作用及人工智能调节功能。调节部分成为一个比例微分（ PD ）调节器。

② 速率参数 P：

类似PID调节器的比例带，但变化相反。 P 值越大，比例、微分作用成正比增强；而 P 值越小，比例、微分作用相应减弱。P参数与积分作用无关。

③ 滞后时间 D：

定义为假定没有散热，当其升温速率达到最大值63.5%时所需的时间。D参数对控制的比例、积分、微分均起影响作用，D越小则比例、积分作用均成正比增强，而微分作用相应减弱，但整体反馈作用增强；反之，D越大则比例、积分作用相应减弱、而微分作用相应增强，其设置对控制效果影响很大。如果D≤1系统的微分作用被取消。

3、PID控制参数的调节

PID控制参数设置的正确与否直接关系到高温炉的控温精度，该设备出厂时已进行严格的高温预烧测试（速率5℃/min），并已依据该炉的性能对控制参数PID予以确定，一般无需改动，基本可满足95%以上的客户要求，但由于各地域炉体环境及各客户的生产工艺要求不同，可能正确地操作而无法获得稳定的控制，这时可启动仪表的自整定功能来协助确定PID控制参数。

系统在不同的温度下整定出的参数值不完全相同，执行自整定功能前，炉温应在最常用，或最关心的温度值得50%处，自整定时仪表执行位式调节控制炉体，经2-3次振荡后，仪表自动分析高温炉的温度控制周期、幅度、波形及该温度段的保温系数，自动计算出PID的控制参数。视不同温区，自整定时间长短不一，自整定结束后软件自动生成PID参数，把生成的PID值记录下来，分别填到Continuous Heating PID和Step Heating PID窗口中的PID相对应的值，点击Change提交数据。

仪表的自整定功能整定出的参数准确度较高，但由于各加热元件的特殊电气特性（电阻率随着温度的升高或时间的推移而改变），及各温度段升温率的差异，自整定的参数可能并不是最佳值，如果正确地操作自整定还无法获得稳定的控制，可适当人工修改PID的控制参数。

人工修改时，注意观察系统响应曲线，如果：

① 短周期（与自整定或位式调节时振荡周期相当或略长）振荡；可减小 P（优先），加大 I 及D

② 长周期（数倍于位式调节时的振荡周期）振荡；可加大 I（优先），加大P,D

③ 无振荡而静差太大；可减小 I（优先），加大P

④ 最后能稳定控制但时间太长；可减小D（优先），加大P，减小I

调试时可用逐试法，即将PID参数之一增加或减少30%-50%，如果控制效果变好，则继续增加或减少该参数，否则往反方向调整，直到获得合格的调节质量为止。一般先修改I，如果无法满足要求再依次修改P、D参数，直到满足要求为止。

七、测量示例

1、R-Ts 测量方块电阻分段升温（示例）

样品信息和实验条件

样品名称：PTC（方块电阻≤10）

样品编号：02

测量温度：常温测量

测量需求：测量方块电阻分段升温的变化曲线

1）新建项目，点击菜单栏项目（Project），填写项目名称，选择保存储存的项目文件夹，点击OK。

2）新建一个新项目添加到项目树，此时该项目下默认有Sample Info（样品信息设置选项）。

3）设置样品信息

点击 Sample Info，进入样品信息填写界面；

在Values栏下选择对应的选项双击即可弹出键盘，一一对应填写样品信息。

4）选择功能

点击进入功能界面（Select），点击R-Ts Square Resistivity Temperature Measurements，点击OK添加该功能，将R-Ts功能添加到项目树中。

5）设置参数

点击R-Ts功能，测量方块电阻分段升温的变化曲线

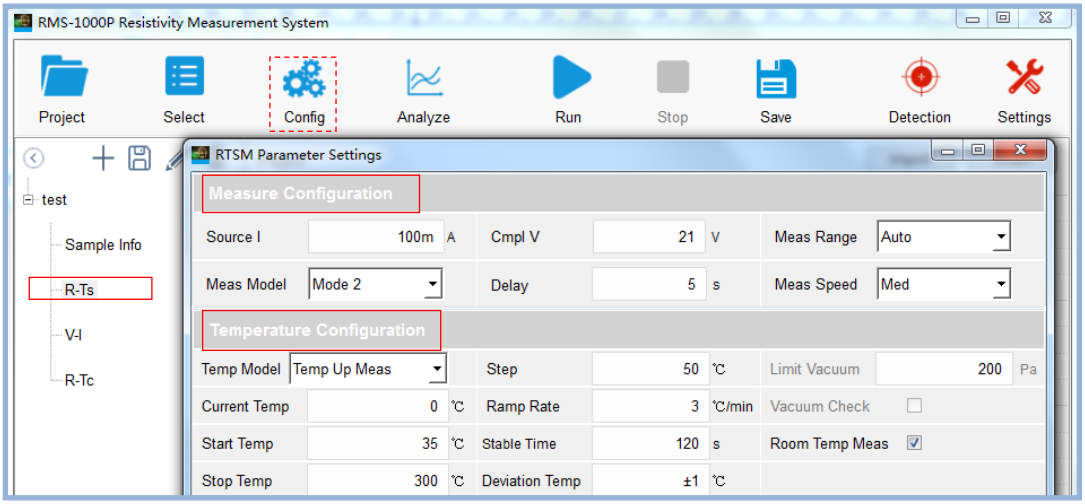
根据测量需求，设置Measure Configuration（测试配置）模块：

设置Source I（电流源值模式）为100mA；设置Meas Model（测量模式）为Mode2（模式2），设置Cmpl V（电压钳值）为21V，设置Delay（延迟）为5s，设置Meas Range（测量模式）为AUTO（自动模式）；设置Meas Speed（测量速度）为Med（中档）。

根据测量需求，设置Temperature Configuration（温度配置）模块：

测量条件为300℃，设置Temp Model （温度模式）为升温测量；设置Start Temp（起始温度）为35℃（起始温度≥室温）；设置Stop Temp（终止温度）为300℃；设置Step（采样间隔温度）为50℃；

勾选Room Temp Meas（室温测量）。

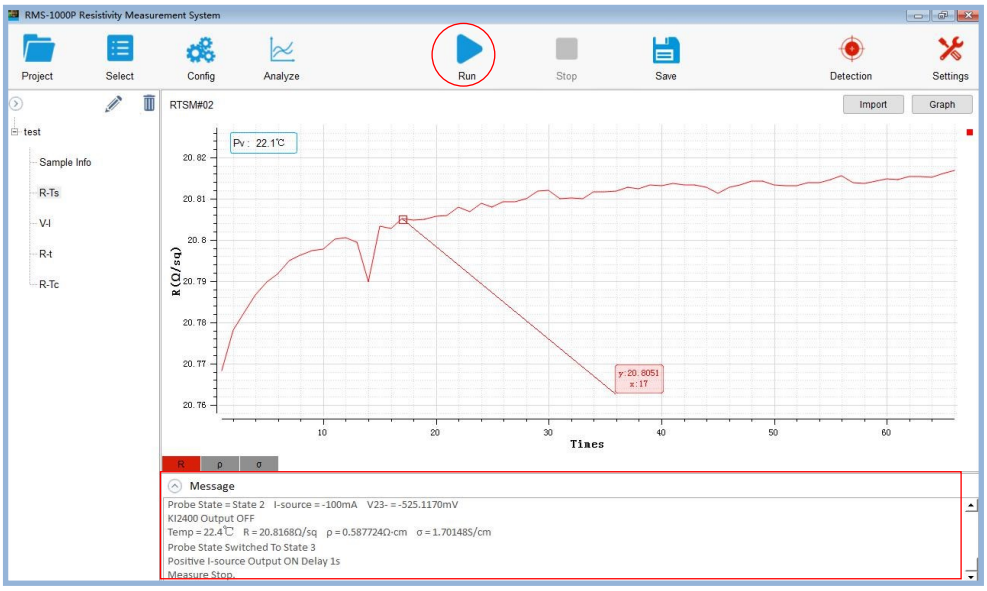


6）开始测量

参数设置完成后，点击菜单栏Run开始测量。

7）查看数据

点击菜单栏Analyze查看数据，当测量到设定的第二个频率点时，系统就会生成测量曲线，展开底部状态栏可以查看实时测量数据。



8）保存数据

当测试完成时，点击Save（保存）系统会弹出保存的提示，选择数据存储路径，数据默认保存在D盘（也可以自定义选择存储路径）。

2、R-Ts 测量方块电阻分段升温（示例）

样品信息和实验条件

样品名称：PTC（方块电阻≤10）

样品编号：02

测量温度：常温测量

测量需求：测量方块电阻连续升温的变化曲线

1）新建项目，点击菜单栏项目（Project），填写项目名称，选择保存储存的项目文件夹，点击OK。

2）新建一个新项目添加到项目树，此时该项目下默认有Sample Info（样品信息设置选项）。

3）设置样品信息

点击 Sample Info，进入样品信息填写界面；

在Values栏下选择对应的选项双击即可弹出键盘，一一对应填写样品信息。

4）选择功能

点击进入功能界面（Select），点击R-Tc Square Resistivity Temperature Measurements，点击OK添加该功能，将R-Tc功能添加到项目树中。

5）设置参数

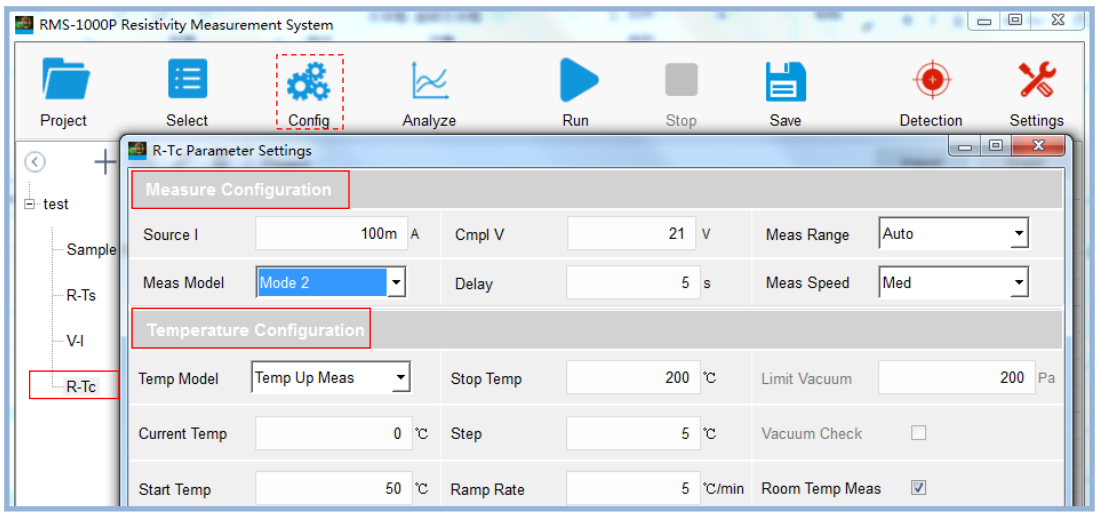
点击R-Tc功能，测量方块电阻连续升温的变化曲线

根据测量需求，设置Measure Configuration（测试配置）模块：

设置Source I（电流源值模式）为100mA；设置Meas Model（测量模式）为Mode2（模式2），设置Cmpl V（电压钳值）为21V，设置Delay（延迟）为5s，设置Meas Range（测量模式）为AUTO（自动模式）；设置Meas Speed（测量速度）为Med（中档）。

根据测量需求，设置Temperature Configuration（温度配置）模块：

测量条件为200℃，设置Temp Model （温度模式）为升温测量；设置Start Temp（起始温度）为50℃（起始温度≥室温）；设置Stop Temp（终止温度）为200℃；设置Step（采样间隔温度）为5℃；Ramp Rate（升温斜率）为5℃/min；勾选Room Temp Meas（室温测量）。

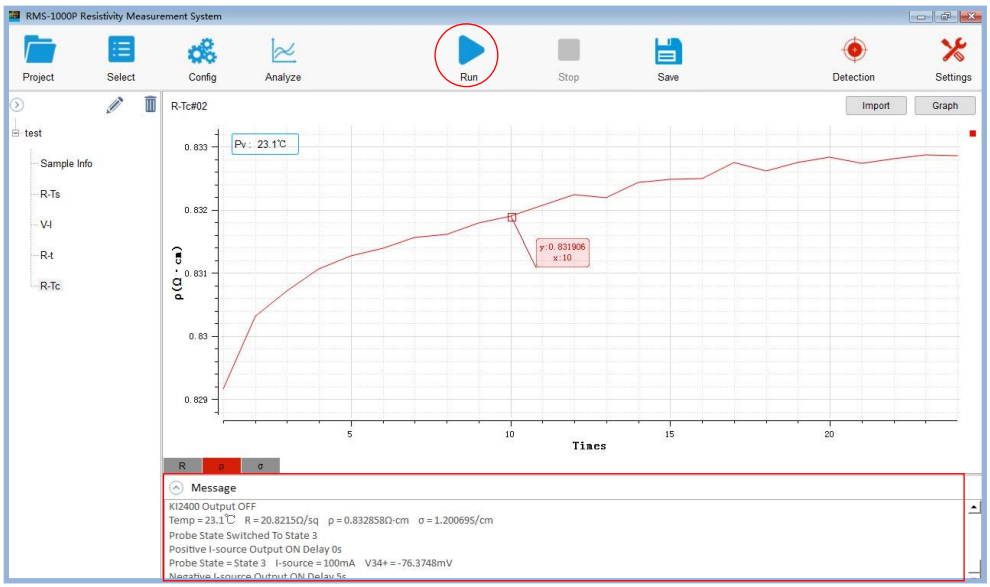


6）开始测量

参数设置完成后，点击菜单栏Run开始测量。

7）查看数据

点击菜单栏Analyze查看数据，当测量到设定的第二个频率点时，系统就会生成测量曲线，展开底部状态栏可以查看实时测量数据。



8）保存数据

当测试完成时，点击Save（保存）系统会弹出保存的提示，选择数据存储路径，数据默认保存在D盘（也可以自定义选择存储路径）。

3、V-I 测量电压随电流的变化曲线（示例）

样品信息和实验条件

样品名称：PTC（方块电阻≤10）

样品编号：02

测量温度：常温测量

测量需求：测量电压随电流的变化曲线

1）新建项目，点击菜单栏项目（Project），填写项目名称，选择保存储存的项目文件夹，点击OK。

2）新建一个新项目添加到项目树，此时该项目下默认有Sample Info（样品信息设置选项）。

3）设置样品信息

点击 Sample Info，进入样品信息填写界面；

在Values栏下选择对应的选项双击即可弹出键盘，一一对应填写样品信息。

4）选择功能

点击进入功能界面（Select），点击V-I Measurements，点击OK添加该功能，将V-I功能添加到项目树中。

5）设置参数

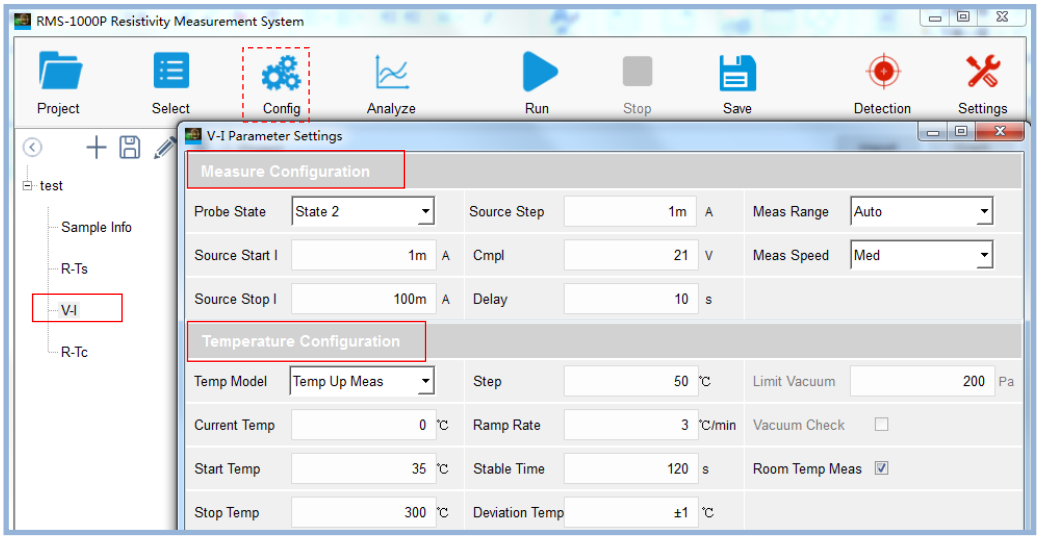
点击V-I功能，测量电压随电流的变化曲线

根据测量需求，设置Measure Configuration（测试配置）模块：

设置Probe State（探针状态）为State2（状态2）；设置Source Start I（电流源起始值）为1mA；设置Source Stop I（电流源终止值）为100mA；设置Source Step（源值步进）为1mA ;设置Cmpl V（电压钳值）为21V，设置Delay（延迟）为10s，设置Meas Range（测量模式）为AUTO（自动模式）；设置Meas Speed（测量速度）为Med（中档）。

根据测量需求，设置Temperature Configuration（温度配置）模块：

测量条件为200℃，设置Temp Model （温度模式）为升温测量；设置Start Temp（起始温度）为35℃（起始温度≥室温）；设置Stop Temp（终止温度）为300℃；设置Step（采样间隔温度）为50℃；Ramp Rate（升温斜率）为3℃/min；勾选Room Temp Meas（室温测量）。

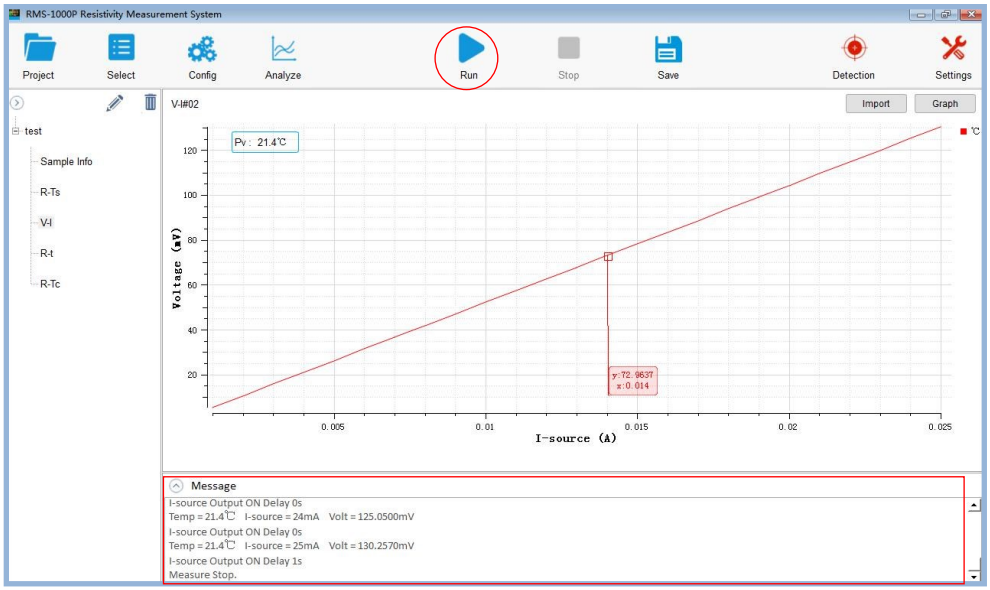


6）开始测量

参数设置完成后，点击菜单栏Run开始测量。

7）查看数据

点击菜单栏Analyze查看数据，当测量到设定的第二个频率点时，系统就会生成测量曲线，展开底部状态栏可以查看实时测量数据。



8）保存数据

当测试完成时，点击Save（保存）系统会弹出保存的提示，选择数据存储路径，数据默认保存在D盘（也可以自定义选择存储路径）。

4、R-t 测量方块电阻随时间的变化曲线（示例）

样品信息和实验条件

样品名称：PTC（方块电阻≤10）

样品编号：02

测量温度：常温测量

测量需求：测量方块电阻随时间的变化曲线

1）新建项目，点击菜单栏项目（Project），填写项目名称，选择保存储存的项目文件夹，点击OK。

2）新建一个新项目添加到项目树，此时该项目下默认有Sample Info（样品信息设置选项）。

3）设置样品信息

点击 Sample Info，进入样品信息填写界面；

在Values栏下选择对应的选项双击即可弹出键盘，一一对应填写样品信息。

4）选择功能

点击进入功能界面（Select），点击R-t Square Resistivity Time Measurements，点击OK添加该功能，将R-t功能添加到项目树中。

5）设置参数

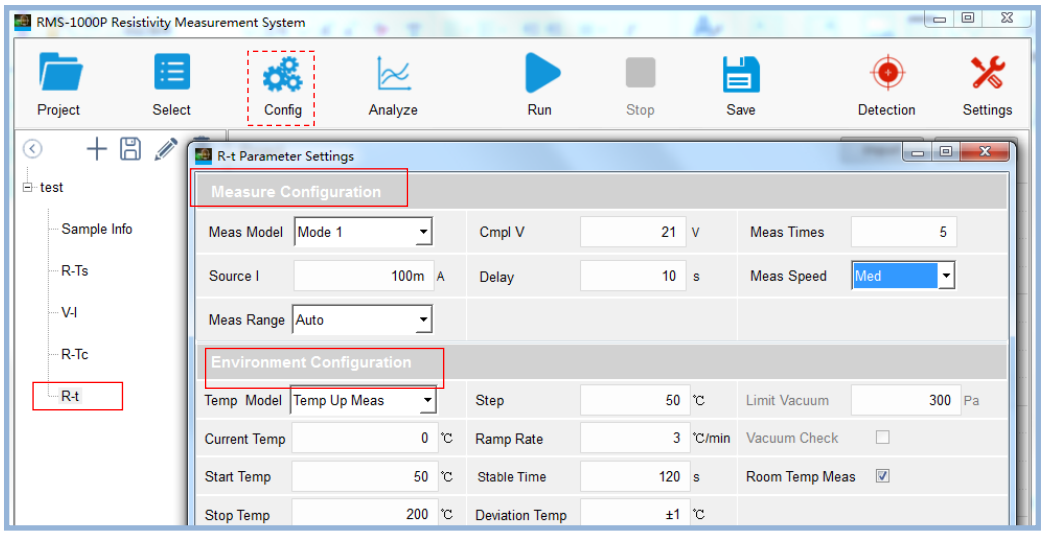
点击R-t功能，测量方块电阻随时间的变化曲线

根据测量需求，设置Measure Configuration（测试配置）模块：

设置Meas Model（测量模式）为Mode1（模式1），设置Source I（电流源值模式）为100mA；设置Meas Range（测量模式）为AUTO（自动模式）；设置Cmpl V（电压钳值）为21V，设置Delay（延迟）为5s，设置Meas Times（测量时间）为5；设置Meas Speed（测量速度）为Med（中档）。

根据测量需求，设置Temperature Configuration（温度配置）模块：

测量条件为200℃，设置Temp Model （温度模式）为升温测量；设置Start Temp（起始温度）为50℃（起始温度≥室温）；设置Stop Temp（终止温度）为200℃；设置Step（采样间隔温度）为50℃；Ramp Rate（升温斜率）为3℃/min；勾选Room Temp Meas（室温测量）。

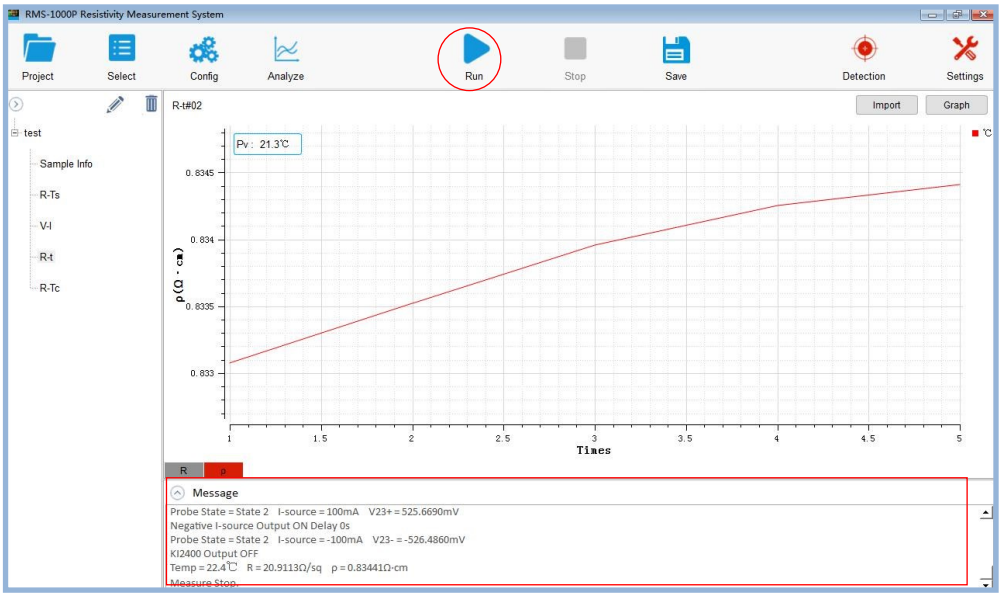


6）开始测量

参数设置完成后，点击菜单栏Run开始测量。

7）查看数据

点击菜单栏Analyze查看数据，当测量到设定的第二个频率点时，系统就会生成测量曲线，展开底部状态栏可以查看实时测量数据。



8）保存数据

当测试完成时，点击Save（保存）系统会弹出保存的提示，选择数据存储路径，数据默认保存在D盘（也可以自定义选择存储路径）。

第六章　故障诊断

本章全面介绍了设备仪器常见故障以及故障排除指南，方便用户及时快速解决问题。如果下面的内容没有涉及到，请及时联系佰力博科技的售后服务工程师。

1、显示屏故障

1）电源线未接入

- 解决方法：检查电源线路 是否连接成功；

2） 电源开关未开，

- 解决方法：请打开电源开关；

3）保险丝烧坏

- 解决方法：请检查保险丝是否烧坏，如果烧坏请更换10A以下保险丝；

4）显示屏损坏

- 解决方法：请联系厂家售后服务人员。

2、风扇故障

1）电源线未接入

- 解决方法：检查电源线路 是否连接成功；

2） 电源开关未开，

- 解决方法：请打开电源开关；

3）保险丝烧坏

- 解决方法：请检查保险丝是否烧坏，如果烧坏请更换10A以下保险丝；

4）风扇故障

- 解决方法：请联系厂家售后服务人员。

3、仪器夹具故障

1）夹具导线故障

- 解决方法：联系厂家售后服务人员；

2）上下电极粘有粘合物

- 解决方法：请用2000号砂纸轻轻磨去粘合物；

3）仪器无法正常工作

- 解决方法：联系厂家售后服务人员。

4、炉膛不升温故障

1）电源线未接入

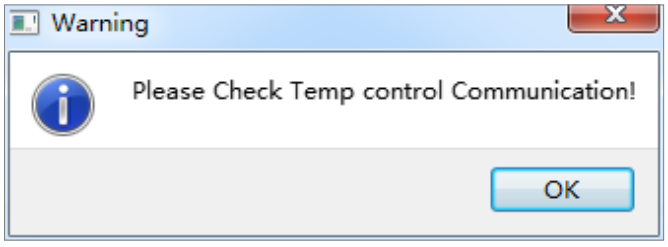
- 解决方法：检查电源线路 ；

2）炉膛不升温

- 解决方法：检查温控仪是否缺少模块，模块一个三个（G、R、报警）；

2）温控未通讯

- 解决方法：如图1所示检测软件会出现提示请检查温控通讯（请联系厂家售后服务人员）；



3）炉膛电阻丝损坏

- 解决方法：请联系厂家售后服务人员 ；

4）线路损坏

- 解决方法：请联系厂家售后服务人员 。

5、温控连接失败，不显示温度

1）温控通讯故障

- 解决方法：检查温控通讯线是否连接正常；
- 解决方法：检查软件518P.exe是否正常启动；
- 解决方法：检查温控仪是否缺少模块或者模块安装错误。

6、提示KEITHLEY-2400连接失败

1）通讯故障

- 解决方法：检查GPIB卡是否连接正常，是否有线头松动；
- 解决方法：检查GPIB驱动是否正常；
- 解决方法：检查KEITHLEY-2400GPIB地址是否为27。

7、测试超出范围

1）软件测试时提示超出范围

- 解决方法：检查探针上是否粘有脏东西；
- 解决方法：检查样品是否没有摆放好。

第七章　出厂检验报告

本章记录了设备仪器出厂前所做的的试验报告。

实验报告一

RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统

R-Ts测试报告

一、实验目的

测试R–Ts的稳定性

二、样品条件

样品：PTC（方阻≤10）

探针间距：0.4mm

厚度：2.1mm

三、测试工具

RMS-1000P、KEITHLEY-2400仪表

四、测试条件

测量温度：室温测量

源模式：Source I 100mA

Cmpl：21V

Meas Model：Mode 2

Delay ：5s

Start Temp：35℃

Stop Temp：300℃

Step：50℃

Ramp Rate：3℃/Min

Temp Meas Model：Temp Up Meas

Stable Time：120s

Deviation Temp：1℃

Room Temp Meas：YES

五、测试步骤

1、将样品放入夹具内，不把炉子放下；

2、打开软件设置参数，只需设置上面几个参数，其余参数保持软件默认值；

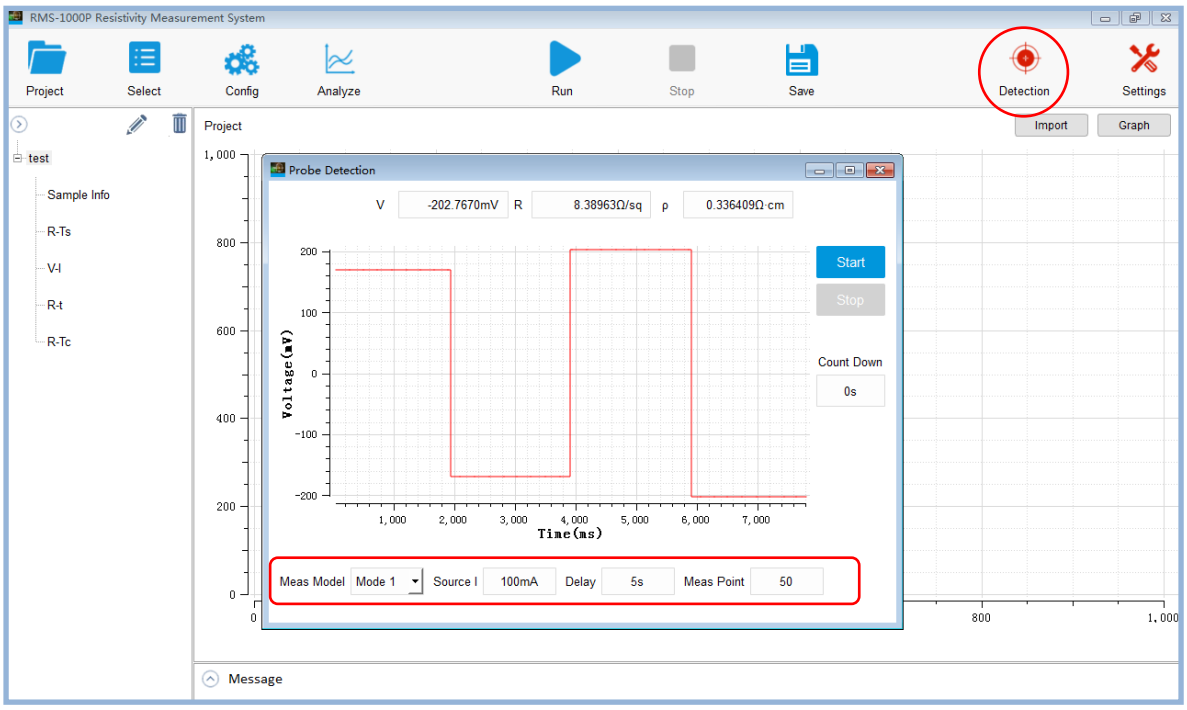
3、第一次使用使，点击Probe Detection（探针检测），设置 Source I （电流模式），电流为100mA，Delay（延迟时间）为5s，Meas Point（测量点数）为50，点击Start（开始）查看检测曲线。

注

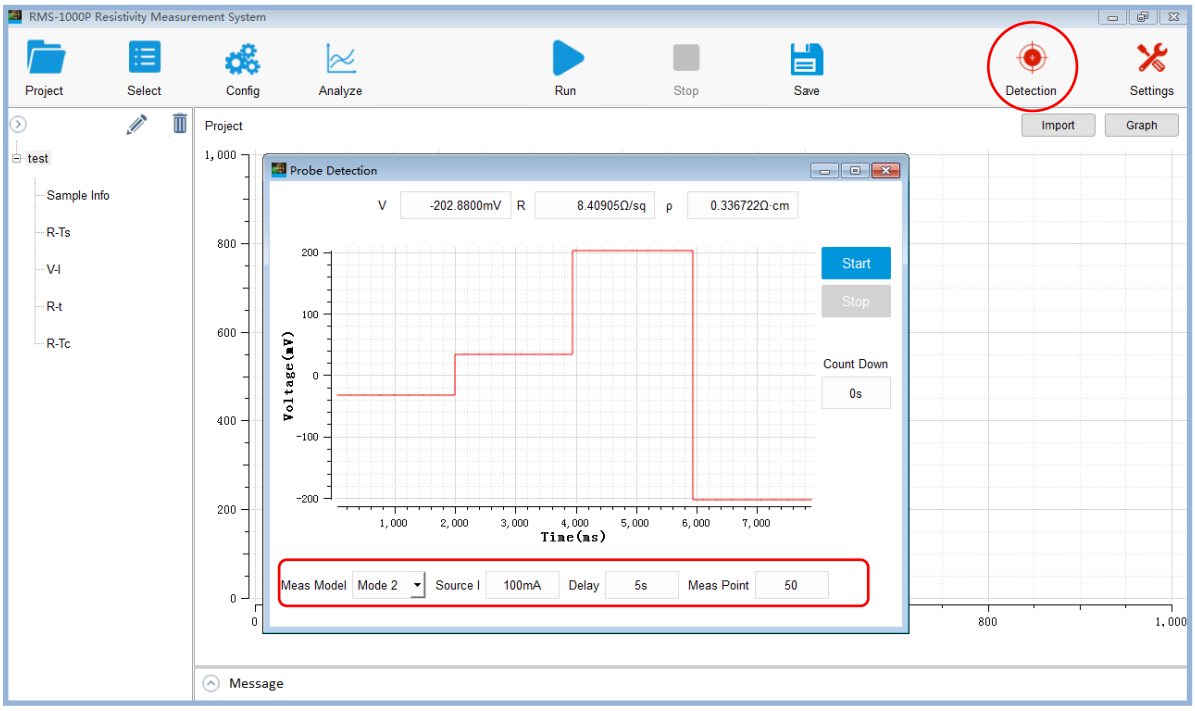
每次新建项目添加功能后都要设置Cmpl，软件显示为210V，实际2KEITHLEY-2400会根据用户设置的电流做变化，电流大于105mA时Cmpl为21V，电流小于等于105mA时Cmpl为210V；不建议使用Source V，因为电阻很小，使用电压可能会把玻璃样品烧坏。

探针检测曲线

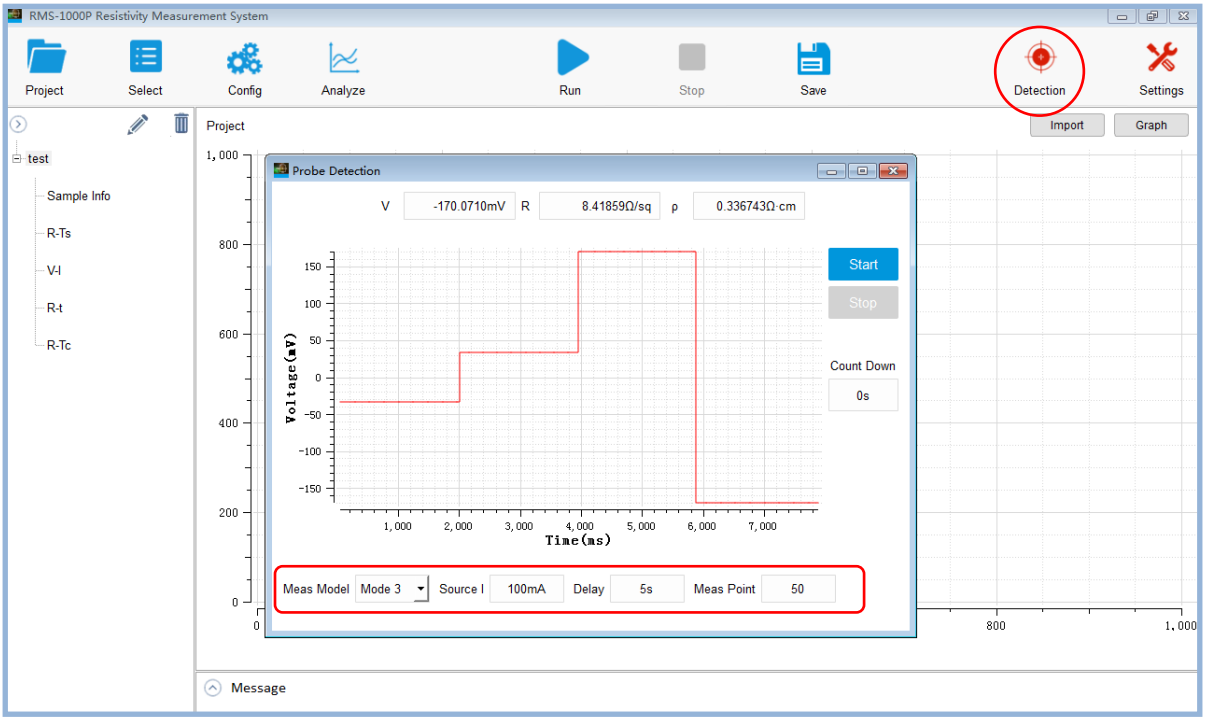
Mode 1



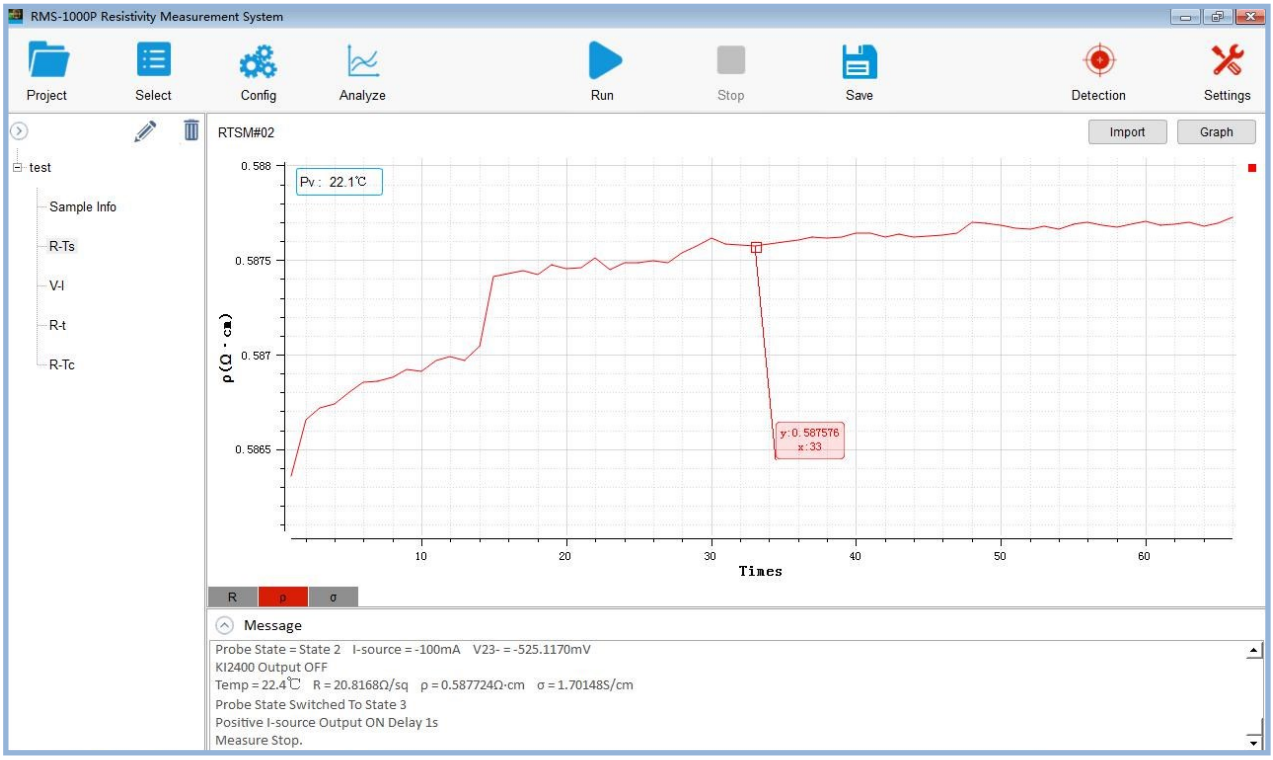
Mode 2


RMS-1000P Resistivity Measurement System
Project
Select
Config
Analyze
Run
Stop
Save
Detection
Settings
Import
Graph
test
Sample Info
R-Ts
V-I
R-t
R-Tc
Probe Detection
V -202.8800mV R 8.40905Ω/sq ρ 0.336722Ω·cm
Start
Stop
Count Down
0s
Voltage(mV)
Time(ms)
Meas Model Mode 2 Source I 100mA Delay 5s Meas Point 50
Message

Mode 3


RMS-1000P Resistivity Measurement System
Project
Select
Config
Analyze
Run
Stop
Save
Detection
Settings
Import
Graph
test
Sample Info
R-Ts
V-I
R-t
R-Tc
Probe Detection
V -170.0710mV R 8.41859Ω/sq ρ 0.336743Ω·cm
Start
Stop
Count Down
0s
Voltage(mV)
Time(ms)
Meas Model Mode 3 Source I 100mA Delay 5s Meas Point 50
Message

测量曲线



测量结果：

测量方块电阻在设定的电流源下，随不同的温度，分段升温变化的曲线。

实验报告二

RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统

R-Tc测试报告

一、实验目的

测试R–Tc的稳定性

二、样品条件

样品：PTC（方阻≤10）

探针间距：0.4mm

厚度：2.1mm

三、测试工具

RMS-1000P、KEITHLEY-2400仪表

四、测试条件

测量温度：室温测量

Source I ：100mA

Cmpl：21V

Meas Model：Mode 2

Delay ：5s

Meas Range：Auto

Start Temp：50℃

Stop Temp：200℃

Step：5℃

Ramp Rate：5℃/Min

Temp Meas Model：Temp Up Meas

Room Temp Meas：YES

五、测试步骤

1、将样品放入夹具内，不把炉子放下；

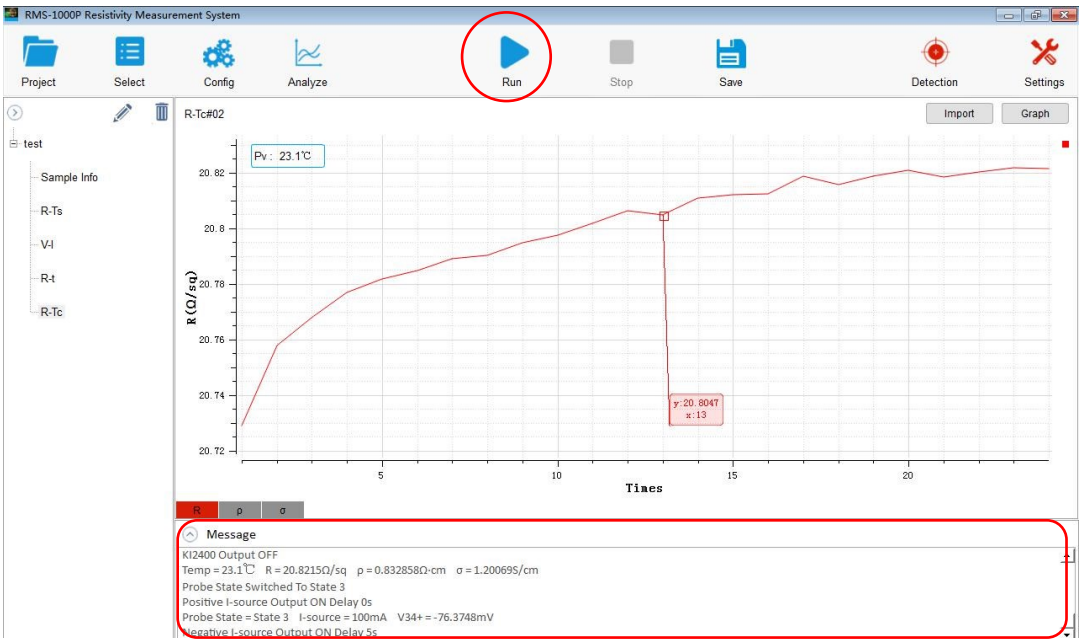
2、打开软件设置参数，只需设置上面几个参数，其余参数保持软件默认值；

3、室温测量；

注

每次新建项目添加功能后都要设置Cmpl，软件显示为210V，实际2KEITHLEY-2400会根据用户设置的电流做变化，电流大于105mA时Cmpl为21V，电流小于等于105mA时Cmpl为210V；不建议使用Source V，因为电阻很小，使用电压可能会把玻璃样品烧坏。

测量曲线



测量结果：

测量方块电阻在设定的电流源下，随不同的温度，连续升温变化的曲线。

实验报告三

RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统

V-I测试报告

一、实验目的

测试V-I的稳定性

二、样品条件

样品：PTC（方阻≤10）

探针间距：0.4mm

厚度：2.1mm

三、测试工具

RMS-1000P、KEITHLEY-2400仪表

四、测试条件

测量温度：室温测量

Source Start Amp：1mA

Source Stop Amp：100mA

Source Step：1mA

Probe State ：State 2

Cmpl：21V

Delay ：10s

Meas Range：Auto

Start Temp：35℃

Stop Temp：300℃

Ramp Rate：3℃/Min

Stable Time：120s

Deviation Temp：1℃

Temp Meas Model：Temp Up Meas

Room Temp Meas：YES

五、测试步骤

1、将样品放入夹具内，不把炉子放下；

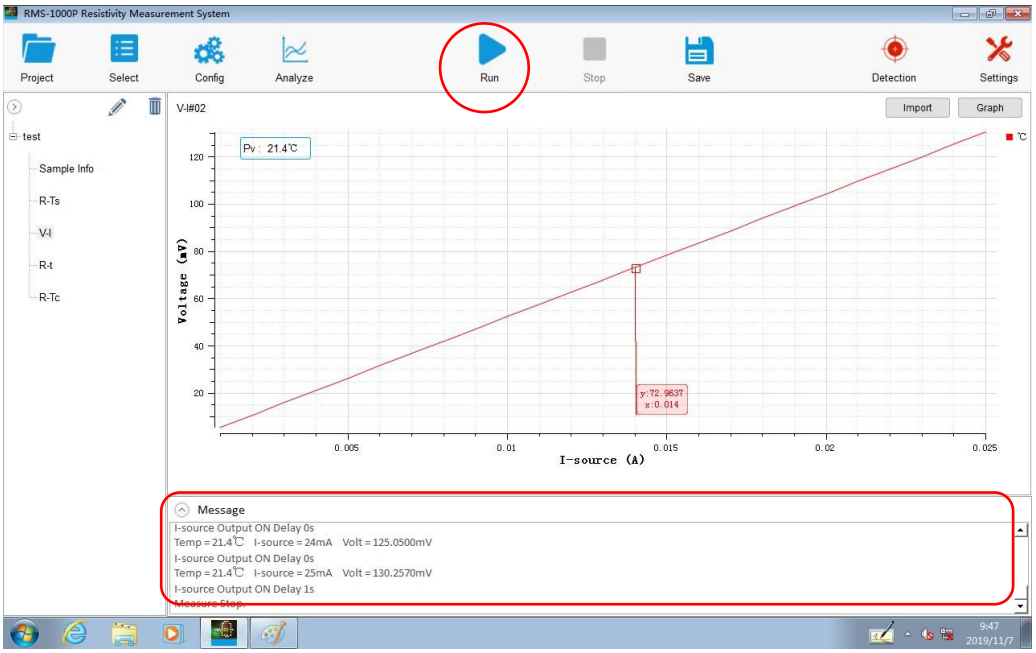
2、打开软件设置参数，只需设置上面几个参数，其余参数保持软件默认值；

3、室温测量；

注

每次新建项目添加功能后都要设置Cmpl，软件显示为210V，实际2KEITHLEY-2400会根据用户设置的电流做变化，电流大于105mA时Cmpl为21V，电流小于等于105mA时Cmpl为210V；不建议使用Source V，因为电阻很小，使用电压可能会把玻璃样品烧坏。

测量曲线



测量结果：

测量方块电阻在设定的电流源下，电压随电流变化的曲线。

实验报告四

RMS-1000P高温薄膜四探针测量系统

R-t测试报告

一、实验目的

测试R-t的稳定性

二、样品条件

样品：PTC（方阻≤10）

探针间距：0.4mm

厚度：2.1mm

三、测试工具

RMS-1000P、KEITHLEY-2400仪表

四、测试条件

测量温度：室温测量

Source I ：100mA

Cmpl：21V

Meas Model：Mode 1

Delay ：10s

Meas Range：Auto

Meas Speed：Med

Start Temp：50℃

Stop Temp：200℃

Step：5℃

Ramp Rate：3℃/Min

Temp Meas Model：Temp Up Meas

Room Temp Meas：YES

五、测试步骤

1、将样品放入夹具内，不把炉子放下；

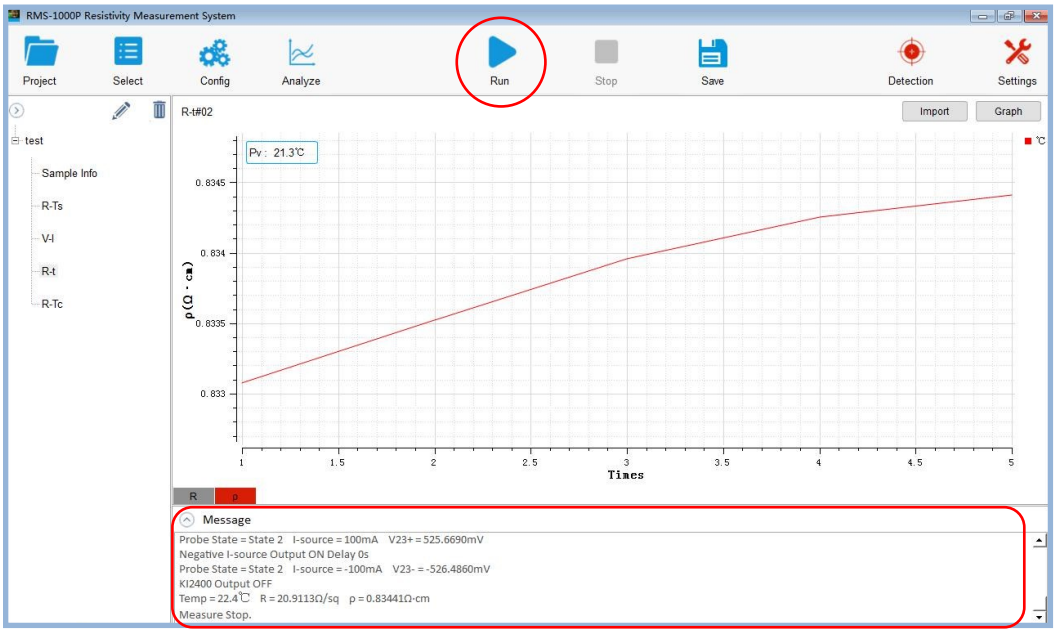
2、打开软件设置参数，只需设置上面几个参数，其余参数保持软件默认值；

3、室温测量；

注

每次新建项目添加功能后都要设置Cmpl，软件显示为210V，实际2KEITHLEY-2400会根据用户设置的电流做变化，电流大于105mA时Cmpl为21V，电流小于等于105mA时Cmpl为210V；不建议使用Source V，因为电阻很小，使用电压可能会把玻璃样品烧坏。

测量曲线



测量结果：

测量方块电阻在设定的电流源下，方块电阻随时间变化的曲线。

欢迎关注“佰力博科技“微信公众号

佰力博科技

优势服务

优势服务旨在确保设备在整个生命周期内保持最佳状态，为您的成功奠定基础。我们不断投资开发新的工具和流程，努力提高校准和维修效率，降低拥有成本，以便您保持卓越的竞争力。您还可以使用网上服务更有效地管理设备和服务。通过共享测量与服务方面的专业经验，我们能够帮助您设计创新产品。

http://www.partulab.cn

您如果想要获得佰力博科技的产品、应用和服务信息， 请与佰力博公司联系，我们会提供完整的产品彩页和资料, 谢谢支持！

热线电话: 027-8669 7559

武汉佰力博科技有限公司

地址：湖北省武汉市东湖高新区光谷新动力9-602

电话：027-8669 7559

销售：xpyang@partulab.com

技术：tech@partulab.com

网址：http://www.partulab.cn

生产工厂：

地址：湖北省武汉市东湖高新区光谷新动力9-602

电话：027-8669 7559

邮编：430000

佰力博科技渠道合作伙伴

http://www.partulab.cn

黄金搭档: 佰力博科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

Partulab 佰力博®

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改 ，出版号: 5990-6618CHCN ，2019年 10月 印于武汉，Partulab Technologies, Inc. 2019