

文件编号：Q/WU FLHA19020016R011

版本号：V1.1

受控状态：

分发号：

物质科学公共实验平台

质量管理文件

引线键合机标准操作规程

2021年 01 月 01 日发布

年 月 日实施

物质科学公共实验平台 发布

修订页

修订日期	版本号	修订说明	修订	审核	批准
2021.01.01	V1.0	发布试行			

物料 科学 实验 验证

目录

1.	目的.....	5
2.	范围.....	5
3.	职责.....	5
4.	低温实验室安全管理规范.....	5
5.	低温实验室设备管理规范.....	6
5.1	引线键合机使用制度.....	6
5.2	预约制度.....	7
5.3	培训考核制度.....	7
5.3	仪器故障报告.....	8
6.	引线键合机及相关技术介绍.....	8
6.1	设备基本信息.....	8
6.2	基本原理介绍.....	8
6.2.1	热超声键合功能.....	8
6.2.2	超声键合原理.....	8
6.2.3	超声键合过程.....	9
6.2.4	超声键合优点.....	9
6.3	Wire Bonding 的方式.....	9
6.3.1	Ball Bonding (球焊).....	9
6.3.2	Wedge Bonding (楔焊).....	10
6.3.3	球焊的楔焊的主要区别.....	11
6.3.4	金属线的选择.....	12
6.3.5	压焊工艺的评估.....	13
6.4	设备介绍.....	13
6.5	技术指标.....	14
7.45	度楔焊的标准操作流程.....	14
7.1	样品的准备:.....	14
7.2	样品安装:.....	14
7.3	开机和调试.....	15
7.4	检查状态和测试.....	15
7.5	换更换线轴和穿线.....	16
7.6	样品台加热.....	17

7.7 调节加热台至合适位置..... 18

7.8 参数设定..... 18

7.9 点焊操作..... 19

7.10 测试完成： 20

7.11 注意事项..... 20

7.12 引线键合机使用登记表..... 21

物料质量科学实验台

1. 目的

建立引线键合机的标准操作流程，使其被正确、规范的使用。

2. 范围

本规程适用于所有使用引线键合机的用户。

3. 职责

3.1 用户应严格按照本程序操作，不得进行培训内容以外的操作，发现异常情况请及时汇报实验室技术员。

3.2 用户有保持实验室整洁的义务，未经技术员允许不得动用房间内的任何物品。

3.3 实验室技术员应确保操作人员经过相关培训，并按本规程进行操作。

4. 低温实验室安全管理规范

4.1 实验人员进入实验室前必须通过学校相关安全准入培训，应熟悉消防安全基本知识、化学危险品安全知识、用电/用水/用气常识；所有实验人员应了解消防器具与紧急逃生通道位置，实验过程中做好防护措施；严禁无关人员进入实验室。

4.2 实验人员应穿戴整齐，服装应符合实验要求，严禁穿凉鞋、高跟鞋。

4.3 经培训考核后方可操作仪器，严格遵守仪器标准操作规程并做好实验记录；严禁私自将实验室物品带离实验室；未经考核者严禁触碰和使用仪器。

4.4 应如实填写、告知样品的真实信息，严禁测试有毒有害或有可能损害设备的物质。

4.5 仪器使用中碰到任何疑问、异常和故障报警，及时联系仪器设备责任人，严禁盲目操作。

4.6 严格遵守实验室的各项安全警示、标识；严禁心脏起搏器或金属关节的使用者接近磁体，切勿携带铁磁性物质，如钥匙、手表、耳机、手机、银行卡等物品靠近磁体；不要在磁体附近使用螺丝刀、扳手等易磁化工具，严禁碰撞磁体。

4.7 进入低温实验室后应远离磁体，除放样品之外，应保持在五高斯线（黄色警示线）范围以外；不要在实验室频繁走动，以免对实验造成干扰。

4.8 严禁戴手套接触门把手、鼠标、键盘；将实验废弃物、普通垃圾、废液、尖锐物等进行分类处理，禁止随意丢弃；禁止将锐器、玻璃、枪头丢弃在常规垃圾箱中。

4.9 实验室应保持整洁，严禁摆放与实验无关的物品如食品和饮料等；严禁在实验室进食与吸烟；严禁携带动物进入实验室；应及时将个人物品带离实验室。

4.10 因人为原因造成仪器故障或损坏的，其导师课题组须承担相关责任。

4.11 非常规实验应提前与技术员沟通，须技术员同意并指导方可进行。

4.12 保持试验区整洁，相关工具放置在指定位置；样品制备、装送样品时必须戴手套，禁止直接用手触摸样品台及样品架；

4.13 低温实验时，若发现磁体温度过高，液氦面低于安全值，应立即停止实验并将磁场降为零。

4.14 统一使用低温实验室规定的数据传输、下载方式，严禁使用 USB 拷贝数据；严禁查看、下载其他人的数据；严禁私自修改电脑、安装软件等；严禁私自接入网络；严禁私自使用远程控制软件。

4.15 灌输液氦、液氮时应穿戴实验服、护目镜、低温手套等，打开排风及门窗，防止窒息进入实验室的所有师生应熟悉消防安全基本知识、化学危险品安全知识、用电/用水/用气常识；低温实验室通道及消防紧急通道必须保持畅通，所有实验人员应了解消防器具与紧急逃生通道位置。

4.16 夜间实验需至少两人在场。

5. 低温实验室设备管理规范

5.1 引线键合机使用制度

该仪器遵从学校“科研设施与公共仪器中心”对大型仪器设备实行的管理办法和“集中投入、统一管理、开放公用、资源共享”的建设原则，面向校内所有教学、科研单位开放使用；根据使用机时适当收取费用；并在保障校内使用的同时，面向社会开放。

引线键合机测试系统使用方案分为五类：

- 1) 培训测试：用户提出培训申请，技术员安排培训。培训时需用户准备样品并制样，培训内容包括：实验室规章制度说明，引线键合机的基本原理、硬件构造及各部分功能；常规样品制样、仪器的标准操作流程及测试注意事项。该过程中用户在技术员指导下进行仪器操作并进行数据处理。
- 2) 自主测试-初级：独立操作引线键合机 45 度楔形压焊模块。
- 3) 自主测试-中级：独立操作霍尔效应测试系统的 90 度楔形压焊或球焊模块。
- 4) 自主测试-高级：根据测试需求更换相应模块。
- 5) 送样测试：用户预约时提供样品信息及测试要求；用户负责制样，技术员操作仪器；该仪器的使用实行预约制度，请使用者根据样品的测试要求在学校“大型仪器共享管理系

统”(以下简称大仪共享)进行预约，并按照规定在实验记录本上做详细记录。

5.2 预约制度

为充分利用仪器效能、服务全校科研工作，根据测试内容与时间的不同，低温实验室实行7×24小时预约制度。根据预约制度可登陆大仪共享网站最少提前2小时预约机时；寒暑假及国庆、春节假期至少提前2天预约机时。特殊选件的使用需要提前与技术员沟通确定测试时间。

请严格遵守预约时间使用仪器，以免浪费机时。如需调换时间段，在技术员同意下可与其他使用者协商。因故不能在预约时间内测试者，请提前2小时取消预约并通知技术员。如无故不遵预约时间，将被取消一个月的预约资格。

- 1) 校内使用者须经过技术员的实验操作培训，考核合格后方可上机使用；
- 2) 实验开始时务必在实验记录本上登记，结束时如实记录仪器状态；
- 3) 严禁擅自处理、拆卸、调整仪器主要部件。使用期间如仪器出现故障，使用者须及时通知技术员，以便尽快维修或报修，隐瞒不报者将被追究责任，加重处理；
- 4) 因人为原因造成仪器故障(如硬件损坏)，其导师课题组须承担维修费用；
- 5) 不可擅自做除培训操作之外的测试，如有需求请务必联系技术员；
- 6) 使用者应保持实验区域的卫生清洁，测试完毕请及时带走样品，本实验室不负责保管样品。使用者若违犯以上条例，将酌情给予警告、通报批评、罚款及取消使用资格等惩罚措施；

5.3 培训考核制度

校内教师、研究生均可提出预约申请，由技术员安排时间进行培训，培训分为三部分：

第一部分：由实验室负责人或仪器负责人介绍实验室规章制度、安全管理规范、仪器设备原理、基本硬件知识。

第二部分：上机培训，内容包括：样品送样及制样、仪器标准操作规程(自主测试-初、中、高级SOP)。

第三部分：上机培训结束后，培训者需在两周内进行至少两次自主上机预约，在实验室技术员的监督下进行独立操作。

实验室技术员认为培训者达到相应级别的独立操作水平后，给予培训者授权在相应级别所允许的可操作实验范围内独立使用仪器。如果在各级别因为人为操作错误导致仪器故障者，除按要求承担维修费用之外，给予降级重考惩罚、培训费翻倍。

注意：培训通过后用户需保证每月至少 1 次的自主上机测试，若超过该时间需要重新联系实验室技术员监督考核，否则将无法预约该仪器设备。

对接受培训人员的核心要求：

- 1) 熟悉引线键合机的原理、设备构造及各部分的功能，严格遵守仪器部件的注意事项，关注仪器各部件有无异常；
- 2) 熟练掌握引线键合机系统以及测试参数设置，严格按照标准操作规程操作，防止因人为操作不当造成仪器故障，特别是劈刀损坏（此种情况属人为事故，所属课题组须承担维修费用），认真做好引线键合机的使用及故障记录。

5.3 仪器故障报告

- 1) 仪器使用过程中，仪器出现故障及错误提示信息时：应即时通知技术员；
- 2) 请在第一时间将故障及错误提示拍照并发送技术员，在《仪器设备使用记录本》中做简要说明。

6. 引线键合机及相关技术介绍

6.1 设备基本信息

仪器型号：WEST BOND 7KE；

产地：美国；

官网链接：<http://www.westbond.com/7KE.htm>。

该型号引线键合机支持两种键合方式：楔-楔压键合和球-楔压键合；其中楔-楔压键合又分为 45° 和 90° 劈刀，应对不同的使用场景。可键合的引线一般为金线和铝线。一般情况下使用 45° 楔-楔压键合，引线为铝线，若使用其他功能或引线需联系技术员进行更换。

6.2 基本原理介绍

6.2.1 热超声键合功能

Wire Bonding (压焊，也称为帮定，键合，丝焊) 是指使用金属丝（金线、铝线等），利用热压或超声能源，完成微电子器件中固态电路内部互连接线的连接，即芯片与电路或引线框架之间的连接。

6.2.2 超声键合原理

磁致伸缩换能器在超高频 63KHz/110KHz 正弦波磁场的感应下，迅速伸缩而产生弹性振动，经变幅杆传给劈刀，劈刀在对金施加一定压力的情况下，带动金丝在被焊接的金表面上迅速磨擦，使金丝和金表面产生塑性形变和破坏金层界面的氧化薄膜，使得两个纯净的金属面紧

密接触，形成牢固的冶金焊接。

6.2.3 超声键合过程

- 1) 接触和预变形：焊丝由劈刀引到压焊表面。根据设备参数的设定，此时焊机仅仅使引线同压焊表面接触而使引线压扁或产生一定程度的预变形。
- 2) 超声阶段和焊接：将超声频率引到传感器，同传感器连接的劈刀连着引线振动。WESTBOND 使用标准振动频率的是 63KHz，特殊应用：选用 110KHz。开始时劈刀和引线在稳定的引线和压焊表面压力下一起运动。经过一段时间后引线开始变形，温度上升，焊接出现。

6.2.4 超声键合优点

- 1) 根据不同的需要，改变键合条件来焊接极细金丝、较粗的金丝和宽的金带，铝丝同理。
- 2) 超声键合不需要一个临界键合温度，可在常温下进行，因此对焊接器件本身特性不会有影响。可提高焊接速度。
- 3) 键合时不加电流，不发生熔化。对材料的物理、化学性能没有任何影响，不会形成任何化合物而影响器件的性能，能保持其清洁度，不需经繁琐的清洗处理而直接进行封装，正常的操作获得很高的成品率。

6.3 Wire Bonding 的方式

键合的方式分为两种：Ball Bonding(球焊)和 Wedge Bonding (楔焊)。

6.3.1 Ball Bonding (球焊)

金线通过空心夹具的毛细管穿出，然后经过电弧放电使伸出部分熔化，并在表面张力作用下成球形，然后通过夹具将球压焊到芯片的电极上，压下后作为第一个焊点，为球焊点，然后从第一个焊点抽出弯曲的金线再压焊到相应的位置上，形成第二个焊点，为平焊（楔形）焊点，然后又形成另一个新球用作于下一个的第一个球焊点。

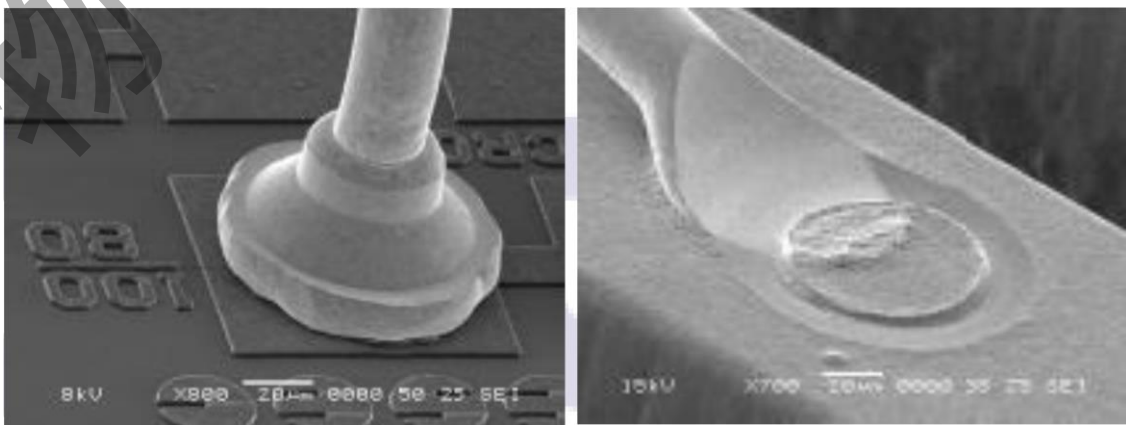


图 1 球焊：第一焊点，球焊点（左图）；第二焊点，压焊点（右图）。

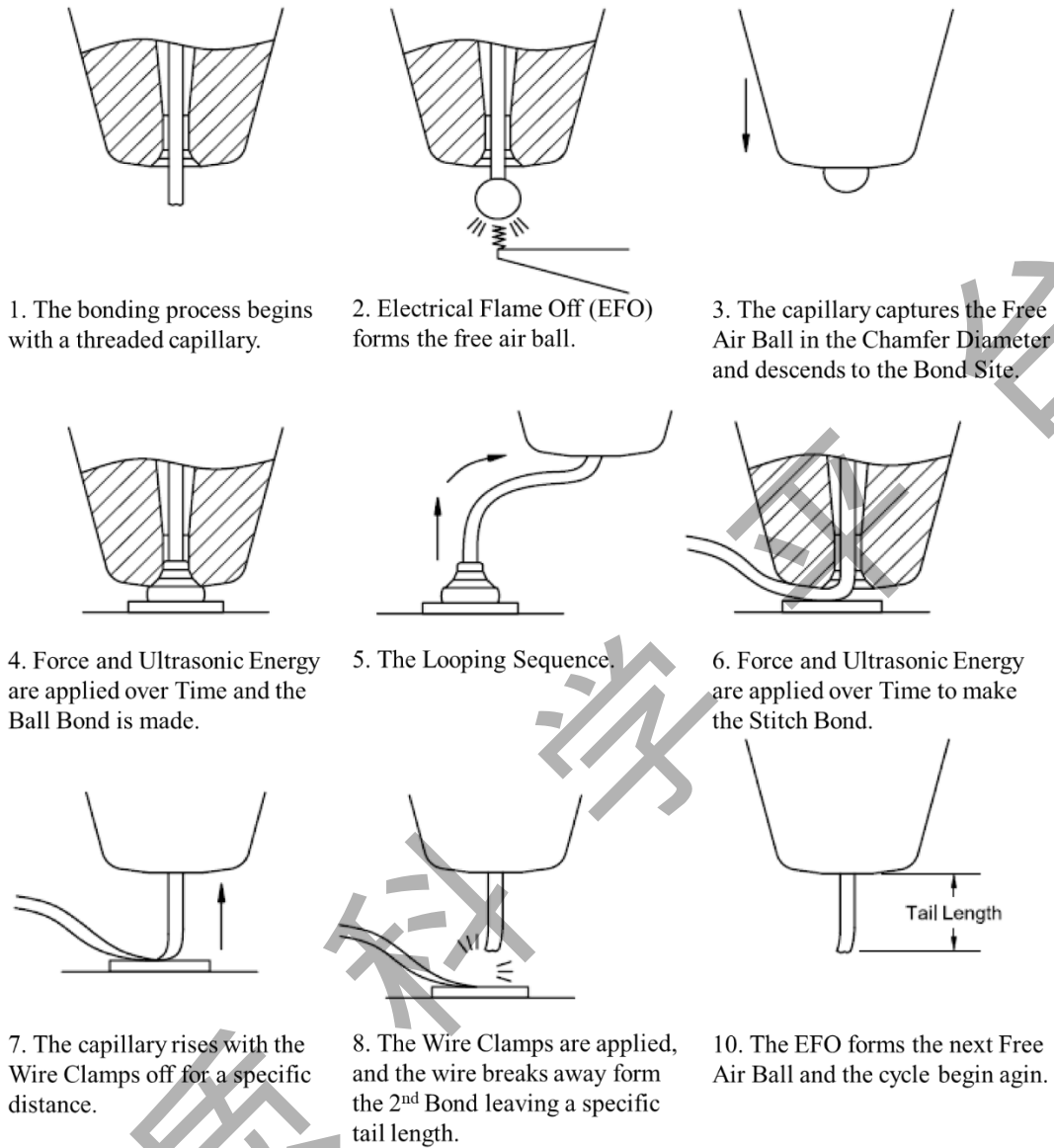


图 2 球焊的过程详解

6.3.2 Wedge Bonding (楔焊)

将两个楔形焊点压下形成连接，在这种工艺中没有球形成。

First Bond

Second Bond

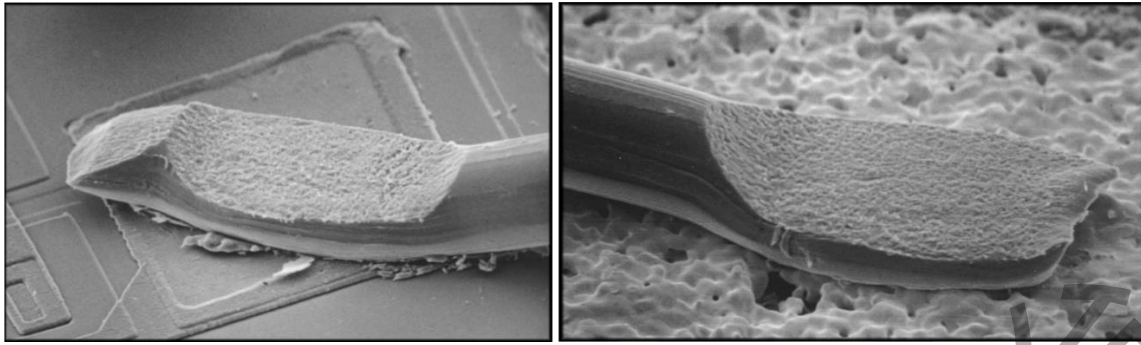
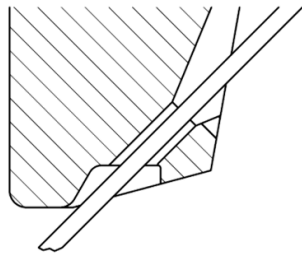
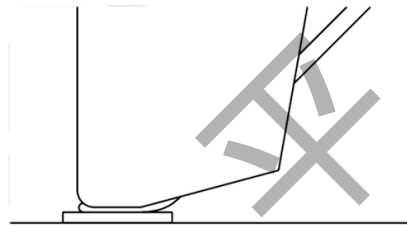


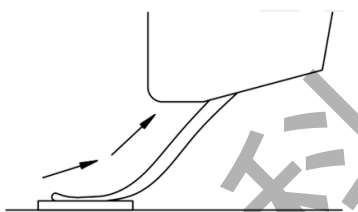
图3 楔焊：第一焊点（左图）；第二焊点（右图）。



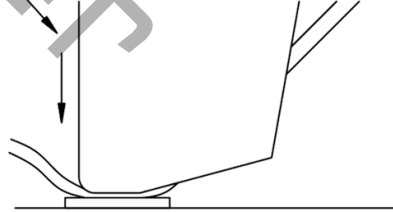
1. The bonding process begins with a threaded wedge.



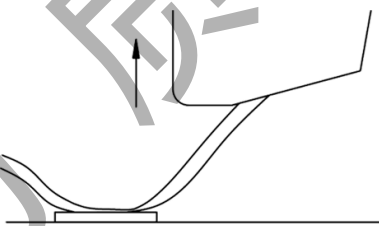
2. Force and Ultrasonic Energy are applied from the 1st Bond.



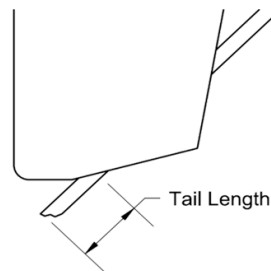
3. The Looping Sequence.



4. Force and Ultrasonic Energy are applied from the 2nd Bond.



5. The wedge rises before the tear 6. The Clamp-Tear or Table-Tear method is engaged.



6. The Clamp-Tear or Table-Tear methods are used to break the wire and the cycle begins again.

图4 楔形焊的过程详解

6.3.3 球焊的楔焊的主要区别

1) 球焊的第一个焊点为球焊点，第二个为压焊点，没有方向的局限；楔焊两个焊点都为

压焊点，楔焊只能前后方向键合。

- 2) 球焊只能使用金线；楔焊可以使用金线或铝线；
- 3) 球焊要求焊点必须为高质量金薄膜；楔焊对于焊点材质没有特殊要求，甚至在不制备薄膜电极的情况下也能焊接；
- 4) 球焊需要对样品进行加热，一般 120℃左右；楔焊不要求对样品进行加热；

由于楔焊模式的兼容性强，使用方便，因此设备一般处于楔焊模式，若使用球焊需要联系技术员更换相关配件。

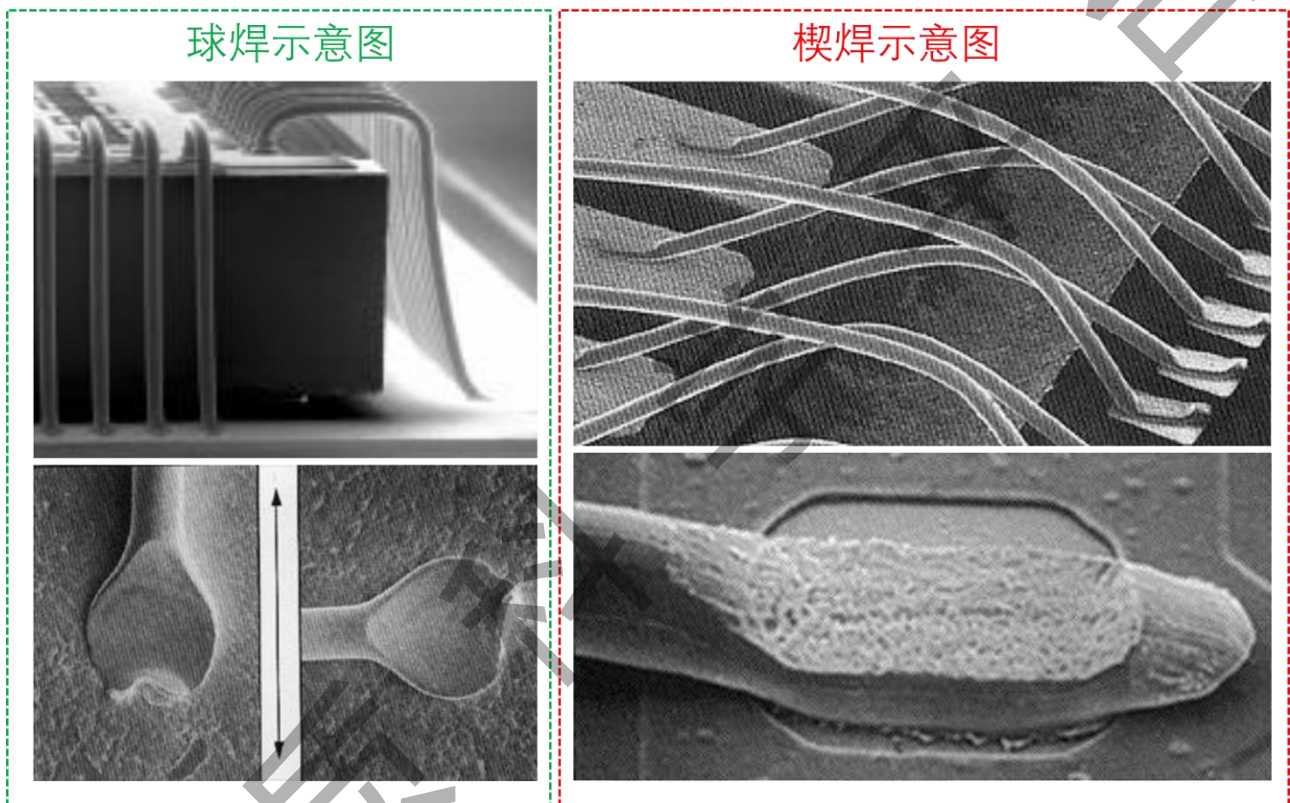


图 5 球焊和楔焊的示意图

6.3.4 金属线的选择

最常用的金属线：金线（Au）、铝线（Al, 1%Si/Mg）。

最常用的金属线直径为：18~25 μm 。

金线键合：主要用在球焊和压焊工艺中。球焊：金丝。金线在热压下更容易变形，在电弧放电下更容易成球形，故在球焊中广泛使用。压焊：在微波器件中，主要用：金丝。由于完成压焊之后，金的特性较稳定，导电、导热以及高频特性好。

铝线键合：压焊。用于不能加热的场合。

6.3.5 压焊工艺的评估

通常，对压焊效果的评估有两种方法：外观检查和物理性测试。

- 1) 外观检查：外观检查主要通过光学显微镜，电子显微扫描（SEM），X 射线探测等手段来实现。SEM 探测图（良好的球焊效果及月牙形的尾部）。

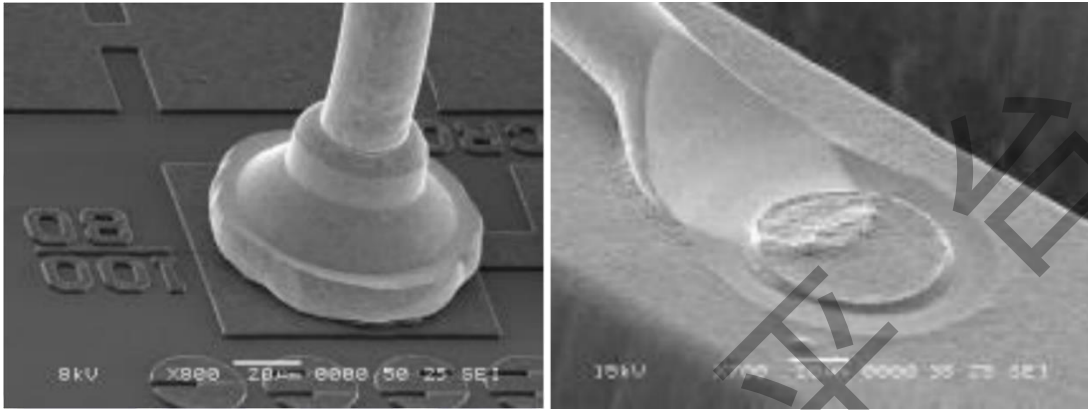


图 6 良好的球焊结果图

- 2) 物理性测试：拉力测试和球剪切力测试；剪切力测试。

6.4 设备介绍

如图 7 所示，引线键合机放置在洁净台内，主要部分包括：刷卡系统、LED 照明系统、显微镜系统、样品台、样品台加热器、升降台、球焊电源、主电源、主控制系统、操作手柄等部分组成；此外设备需要用到钢瓶中的高压空气；

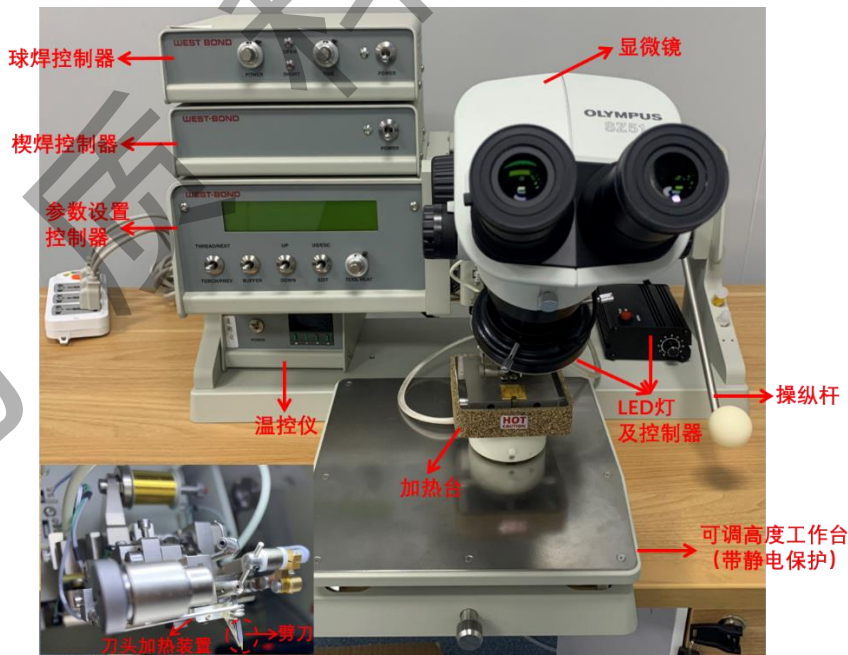


图 7 引线键合机的主要构成部分

6.5 技术指标

- 1) 键合机键合方式：可同时支持楔-楔压键合；球-楔压键合。
- 2) 整机 ESD 防静电保护，防止器件被静电击坏。
- 3) 键合头压力调节范围：10g-250g。
- 4) 键合头配备劈刀刀头辐射加热装置；
- 5) 具有打球装置；
- 6) 可键合金丝、铝丝、小金带；线径范围：标准 18-50 μm 。金带可达：50 μm *12.7 μm 。
- 7) 具有 X-Y-Z 操作杆，右手单手操作。
- 8) 配有液晶显示屏，键合参数可编程显示：功率、时间等参数；至少存储 30 个键合参数。
- 9) 具有 45° 和 90° 送线装置，线轴直径 1/2 英寸；标配支持劈刀长度 0.75 英寸；适用于深腔键合。
- 10) 机身采用架空式设计架构，对大尺寸模块键合不受限制。
- 11) 工作平台高度可调；调节范围可达 15mm。
- 12) 配有 Olympus 显微镜：本体 4X 可调；配 15X 目镜，总体放大倍数可达 60X。
- 13) 配套的 LED 照明装置。
- 14) 高、低力在液晶屏上显示并设定。

7 45 度楔焊的标准操作流程

7.1 样品的准备：

- 1) 样品表面干净、平整、无遮挡，具有一定的硬度；
- 2) 样品电极位置最好镀制致密的金属薄膜，若薄膜致密度、结合力不够，将导致薄膜电极与引线脱落。
- 3) 两个电极之间的距离不易过长，最好小于 1cm，过长可以转接。

7.2 样品安装：

- 1) 打开气瓶主阀，将气压调至 0.5Mpa。
- 2) 打开洁净台电源和照明，注意不要在灭菌状态下操作。
- 3) 将样品固定在加热台上，将螺丝拧紧即可固定。也可以自制点线台固定。样品台含有加热、静电保护接地（防止点焊时烧坏样品）等功能。



图 8 样品的安装

7.3 开机和调试

- 1) 按照预约时间，刷校园卡签入系统。
- 2) 打开 LED 电源（红色按钮），调节旋钮至合适的亮度。
- 3) 打开楔焊控制器电源。

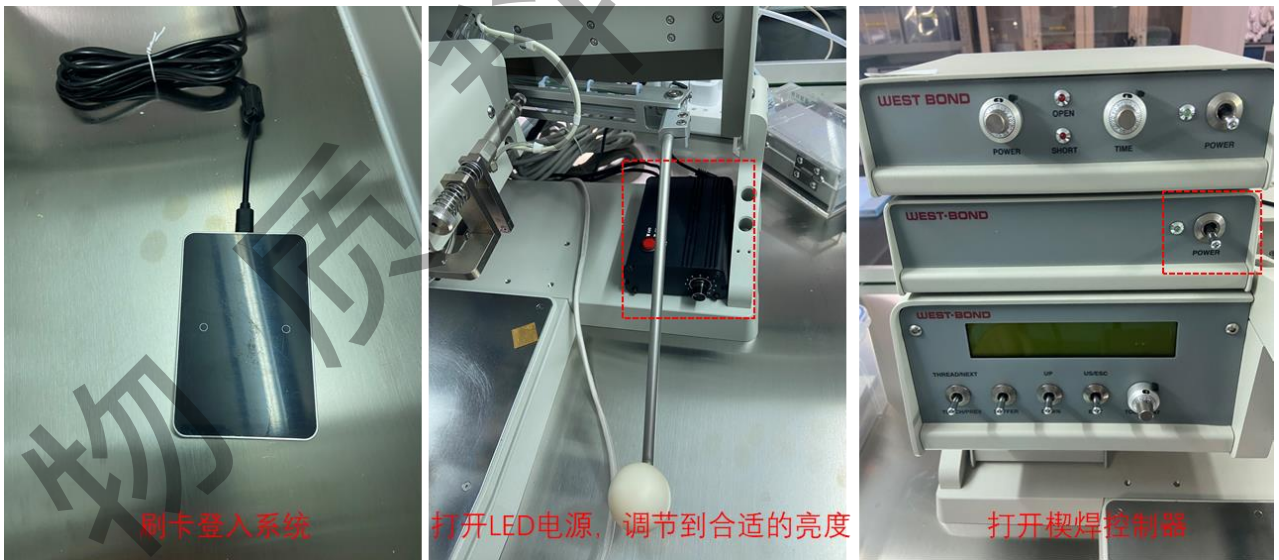


图 9 开机和调试

7.4 检查状态和测试

一般用 45 度劈刀，而且点焊操作更加容易（如图三右图所示）；90 度劈刀适用于特殊要求，如更深度的点焊（见图三左图）。按需求选择金线或铝线。

- 1) 首先查看引线的路径是否完好，引线是否在线夹内，劈刀是否有损坏（这需要从侧面近距离观察）。
- 2) 将最左侧控制杆向上拨动，此时线夹将打开；然后向下拨动，线夹关闭；经过此过程，可以观察到针尖处的线变长了一点，说明线夹工作正常。
- 3) 屏幕右上角显示了当前的 Buffer，可以调整至自己设置的 Buffer。

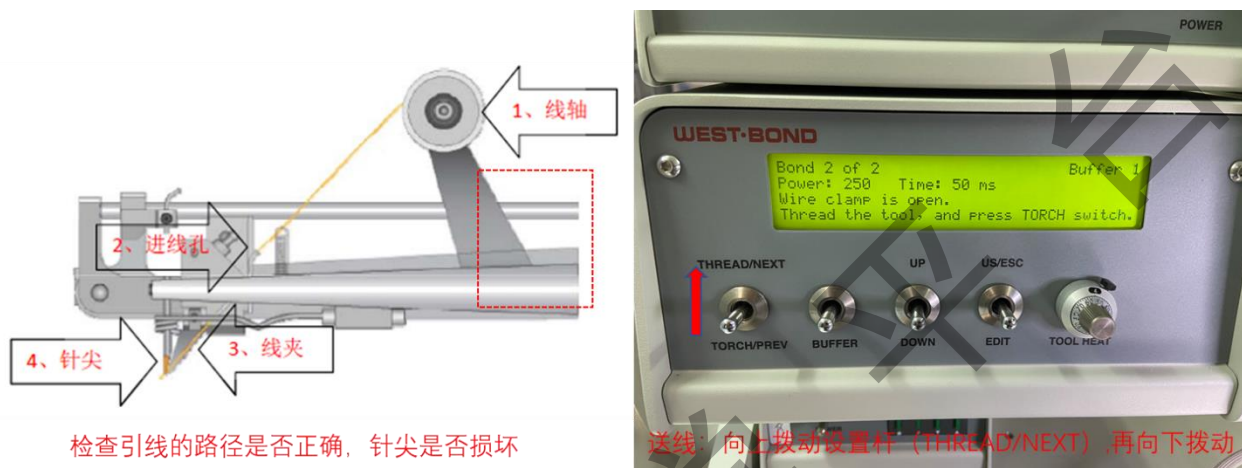


图 10 检查状态和测试

7.5 换更换线轴和穿线

- 1) 换线轴：将线轴外面的螺母、弹簧、转轴取下即可更换，换上新的线轴，并按照之前的顺序固定好。

注意：（1）在更换全新的 Al 线或 Au 线时，注意线轴上的红点部分为线头，也就是用线的起始点，将红点拨开，进行换线。（2）同时保证线圈是逆时针旋转的。（3）更换时请带上丁腈手套，避免污染键合线影响点焊质量。

- 2) 穿线：穿线时松开线夹（向上拨至 THREAD/NEXT），可以听到线夹打开的声音。将线依次穿过进线孔、线夹后面的小孔、以及劈刀前段的小孔即针尖孔三个位置。此过程比较繁琐，需要耐心、细致。穿线要领：保证线前端不要弯折，如有弯折，可在戴手套的情况下用手将线捋直或用镊子将前端弯曲部分夹断，尽量少拉取线而造成浪费；穿完第二个孔向下竖直拉线，线不会滑出证明穿好；第三个孔从后侧倾斜 45 度穿入。看不清可以借助镜子等工具。
- 3) 引线穿入后，将线夹关闭（向下拨至 TORCH/PREV）。此时系统显示为 bond 2 of 2，即当前为点焊的第二个点，在后面的操作中段按一下可以将前段多余的线点掉。

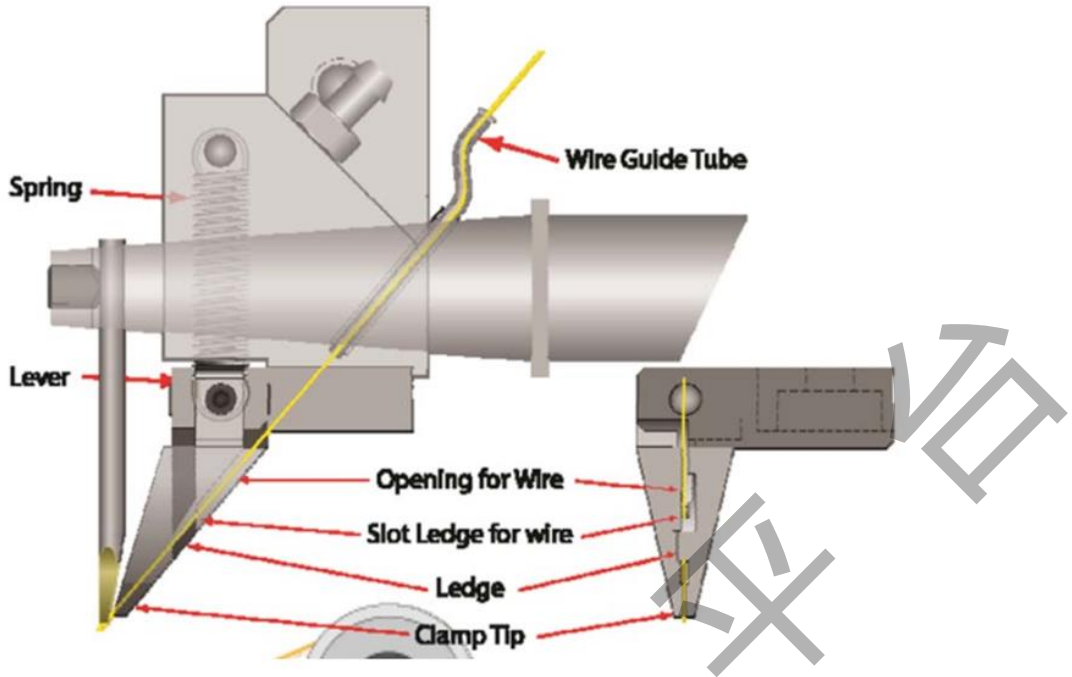


图 10 线夹侧视图与后视图

7.6 样品台加热

若样品需要加热，按如下步骤进行操作。

- 1) 打开温控电源，样品台自动加热，直至达到目标温度。
- 2) 按住*号键，可以查看设置温度。
- 3) 按住*号键，再点击▲或▼键可以设置目标温度。



图 11 样品台加热

7.7 调节加热台至合适位置

- 1) 将工作台调整至最低。
- 2) 轻轻地将操作手柄抬起，将加热台小心的放置在劈刀下方，轻轻地将操作手柄放下；通过调节工作台高度使样品和劈刀之间保持 3mm 左右的距离；
- 3) 调节显微镜的放大倍数和焦距，直到可以看到清晰的样品表面。

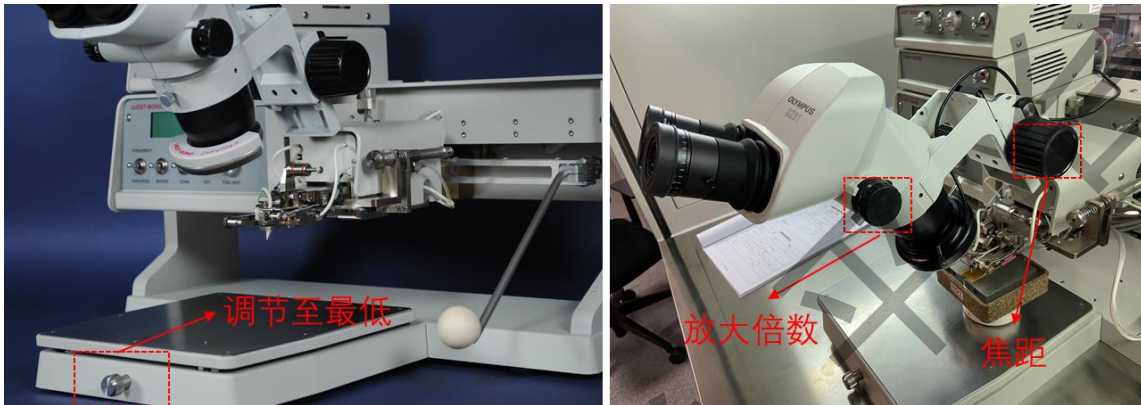


图 12 调节加热台至合适位置

7.8 参数设定

一般情况下使用系统推荐的数值，根据实际情况进行调节。

- 1) 在设置之前，首先确定设置哪个 Buffer，通过上下拨动 Buffer 键进行调节。
- 2) EDIT 进入编辑模式，RESET 退出键。不断拨向 EDIT 就可以改变设置项，通过 UP 和 DOWN 改变设定值。
- 3) 主要需要设置的参数有：ULTRASONIC POWER：超声的功率，面板上有建议值一般 300。ULTRASONIC TIME：超声作用的时间。相比于超声功率，一般点焊对超声时间不那么敏感。LOOP HEIGHT：设定一个高度，点完一次后抬起一定高度，会有响一下的提示，起到一定的提醒作用。WIRE TAIL：打完第二个点后，线夹吐线的长度。
- 4) 常用的点 Al 线用 power300, time30ms。Au 线 power、time 可以加高一些，比如 power380, time90ms

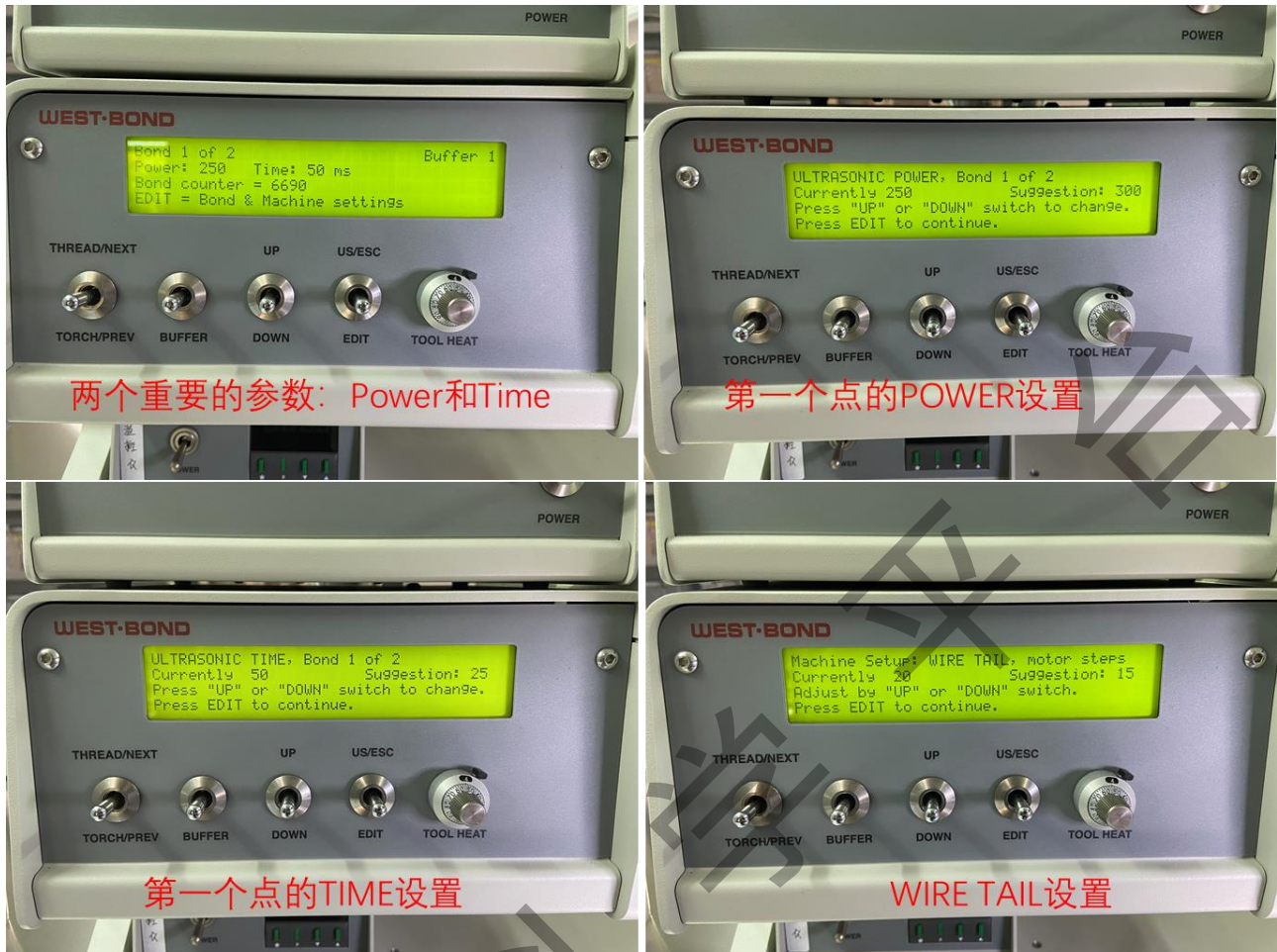


图 13 重要参数的设置

7.9 点焊操作

- 1) 由距离自己近的电极点向远离自己的电极。旋转样品台，使要绑定第二个电极在劈刀向前移动的方向上。
- 2) 轻轻的拿住手柄，在显微镜中观察针尖和电极的位置，将针尖移动到电极上方，轻轻的按压手柄，听到绑定的声音（此过程很短暂）后将手柄抬起，并向远离自己的方向移动，轻轻落到第二个电极上并按压，之后抬起。这样一组线就完成了。
- 4) 若第一个点没有打上或感觉不出线了，此时不要再继续打了，如果继续很容易造成针尖被线堵塞。此时应将最左侧控制杆向上拨动（THREAD/NEXT），线夹将打开；然后向下拨动，线夹关闭；经过此过程，可以观察到针尖处的线变长了一点。接下来先在标样上或者可以很容易打点的位置实验一下。调整好后再继续打样品。
- 3) 两个点是成对出现的，第一个点不成功，也必须要把第二点释放掉，否则无法重新开始。

7.10 测试完成：

- 1) 测试完成后，将工作台调至最低，将样品台从工作台上移除，此过程一定要小心，不要碰到针尖等。
- 2) 关闭加热器，待温度降至室温后取下样品。
- 3) 关闭楔焊控制器电源，关闭 LED 等电源。
- 4) 将整个过程详细的记录在‘引线键合机使用登记表’上。
- 5) 通过刷卡系统登出系统。
- 6) 将洁净台前门关闭，关闭照明。
- 7) 将钢瓶主阀关闭。

7.11 注意事项

- 1) 样品表面一定要保持清洁，这决定了邦定的质量。
- 2) 邦定时不出线了，此时千万不要再继续打，否则会造成劈刀堵塞。
- 3) 穿线时保证线不要弯折，如有弯折，可在戴手套的情况下用手将线捋直，尽量少拉取线而造成浪费。
- 4) 不要碰撞显微镜，碰撞后镜头会歪，导致显微镜视野出现偏差。
- 5) 在更换新的 Al 线或 Au 线时，注意线轴上的红点部分为线头，也就是用线的起始点。将红点拨开，进行换线。
- 6) 在使用或更换 Au 线或 Al 线时，不可用手直接触摸，一定要带手套。否则会污染 Au 线或 Al 线，影响引线键合质量。

7.12 引线键合机使用登记表

引线键合机使用登记表

日期			使用人			课题组		
时间	开始时间 (hh:mm)		结束时间 (hh:mm)			总计 (hh:mm)		
样品信息	检测方式	<input type="checkbox"/> 自主上机	样品信息描述					
		<input type="checkbox"/> 送样测试						
使用信息	使用模式	<input type="checkbox"/> 45° 楔形 <input type="checkbox"/> 90° 楔形 <input type="checkbox"/> 球焊		使用通道 (BUFFER)				
	使用线材	<input type="checkbox"/> 铝线 <input type="checkbox"/> 金线 <input type="checkbox"/> 其他_____		样品加热	<input type="checkbox"/> 不加热 <input type="checkbox"/> 加热温度_____ °C			
使用反馈	使用中遇到的问题							
其他说明								