

适用于显示屏和信息牌的LED返修流程

应用说明



适用产品:
DISPLIX
Multi CHIPLED LRTB R48G & LRTB R98G

摘要

表贴LED (SMT LED) 在显示屏和信息牌中变得越来越普遍, 逐步代替传统的插件LED。由于没有外露的引脚, 导致在返修或更换 PCB 上的故障 LED 时, 尤其针对QFN (四方扁平无引脚) 封装时造成了很多困难。本应用说明提供了如何在显示屏和信息牌应用中返修SMT LED 的基本信息。为了描述返修过程, 我们选择 DISPLIX Oval LED 作为示例, 因为这种 LED 没有裸露的引脚同时在顶部有椭圆透镜, 因此更具挑战性。但是, 该流程也适用于其他 LED。本应用说明详细介绍了所用的材料、设备以及返修流程。最后, 介绍了返修后 LED 的性能检测, 证明在这种情况下, 返修过程不会对 LED 本身造成任何损坏。

作者: Retsch Stefanie / Jiang DeGen

目录

A. QFN封装的返修	2
B. SMT LED 返修的重要影响因素及其意义	2
焊锡膏.....	3
焊接温度	4
返修台类型	4
C. 设备和返修流程示意	6
返修流程	9
返修后的性能检查	14
D. 总结	15
E. 规范性文件.....	16

A. QFN 封装返修

由于传统烙铁不能用于SMT器件的返修，另外，随着像素间距逐渐减小，小间距让返修变得更具挑战性。这在现场尤其如此，因为没有可用的贴片机或回流炉。另一方面，在这种应用中，返修是必须的，因为每块电路板有数千个 LED，即使只有一个 LED 故障也将会影响整个模組的性能。为了克服这个问题，则需要一个适当的返修流程。

由于如今样品制作和返修生产器件时几乎完全采用手工返修，如何保证质量是最大的挑战。其手工返修的质量取决于并将大幅度受到焊锡膏和设备的影响。操作人员的经验和能力以及稳定的的工艺控制也是重要因素。因此，手工返修必须建立在合适的设备的基础上。

B. SMT LED 返修的重要影响因素及其意义

为了达到良好的返修效果，应考虑一些影响因素。最大的影响因素是使用的焊锡膏。另外，还有焊接温度和返修平台的类型。

焊锡膏

所使用的焊锡膏的类型是返修工艺最重要的因素，对整个返修过程具有决定性的影响。一般来说，所用的焊锡膏分以下两种：

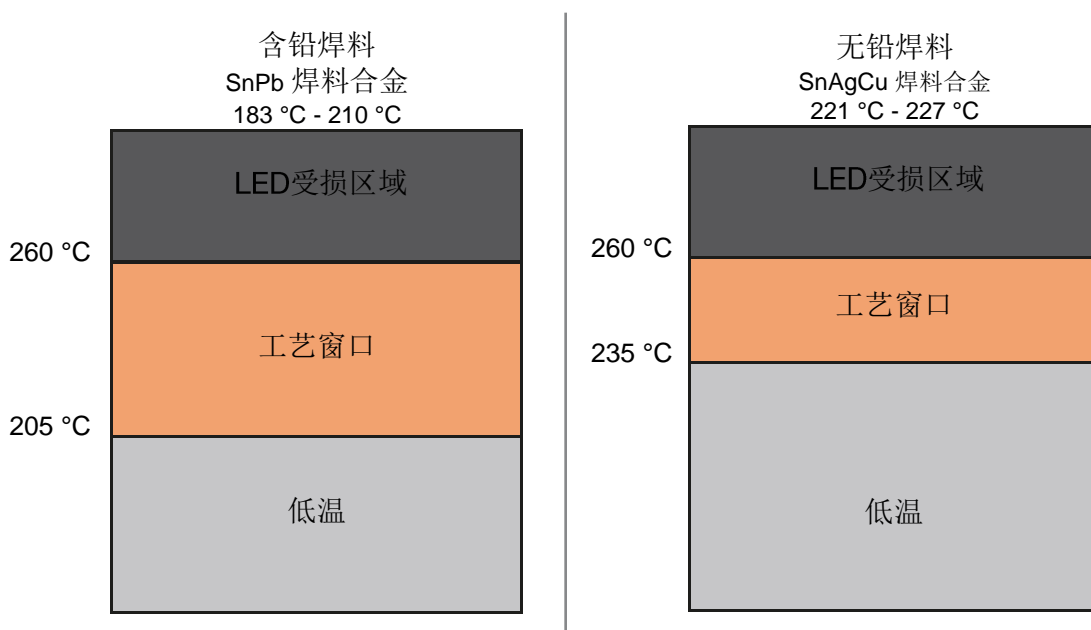
- 无铅焊锡膏
- 含铅焊锡膏

手工焊接是整个返修过程中的关键环节。原则上，使用无铅焊料的操作过程比含铅焊料更困难。

无铅和含铅焊料化合物之间的本质区别首先是无铅焊料的熔点较高（比含铅焊料高出达 40°C ，具体温度取决于使用的焊料种类）。手工焊接过程中，这种特性会导致 LED 自身存在很高的过热风险。此外，无铅焊料的润湿性较差。这意味着润湿焊点所需的时间增加，无铅焊料的扩散时间也更长。

根据焊料的组成和相关特性，例如焊接温度、润湿和氧化特性等，我们定义了用于焊接过程的特定工艺窗口。与含铅焊料相比，无铅焊料的高熔点缩小了其工艺窗口。窗口的大小取决于焊料的熔化温度和 LED 所能承受的最大允许温度（图 1）。

图 1：并排比较含铅和无铅焊料的工艺窗口



焊锡膏中助焊剂材料也对手工焊接过程有重要的影响。助焊剂材料与焊接过程存在两种关系。

首先，它加温后溶解表面的氧化层，同时防止焊料在焊接之前和焊接过程中再次氧化。其次，助焊剂材料同时降低了流动焊料的表面张力，从而提供了更好的润湿性和流动特性。

一般来说，使用助焊剂材料时必须考虑到可能产生的烟气，这对健康是有害的（取决于焊剂材料的类型）。无论如何，通常建议提供足够的通风或使用排风扇，特别是在长时间工作的情况下。

焊接温度

建议尽可能使用最低温度，具体温度取决于焊锡膏的种类。随着温度的升高，确实可以减短无铅焊料的润湿时间，但高温会损坏像LED这样的热敏感元件。对于LED，应始终遵守其所允许的最高焊接温度，请参阅LED的规格书。

由于无铅焊料的熔点比典型的锡铅化合物的熔点高 40°C 左右，因此加热系统的温度必须设定得更高。为了避免过热，控制传递给LED的热量变得非常重要和具有挑战性。

返修平台的类型

在使用锡铅合金的时代，表面贴装器件（SMD）有外露的引脚，因此这些元器件的返修过程没有太大的难度。大多数器件的工艺控制要求并不是特别高。但是，自从采用了四方扁平无引脚（QFN）元器件和无铅焊锡膏之后，返修规则已经完全改变。非接触式加热技术是更换这些组件的唯一选择。

对QFN元器件返修平台的要求高于其他元器件。由于LED是一种热敏感器件，任何过热或不合适的升温或降温斜率都有很高的风险，会导致受损或对LED内部结构造成预损伤。这给返修平台带来了更多的挑战。一个合适的LED返修平台应该有一个良好的温度控制系统，它可以对最高温度和温变斜率进行编程和监控。由于大多数LED灯的重量都很轻，所以在返修过程中，返修平台不能把相邻的LED吹走。为了安全重焊LED，根据IPC1的规定，使用能够控制温度和升降温斜率的设备非常重要。

目前，非接触式加热技术主要有两种原理：

- 热空气加热系统
- 红外加热系统

热空气和中波长红外线加热这两种技术都有其各自的优缺点，具体取决于在哪些应用中使用。

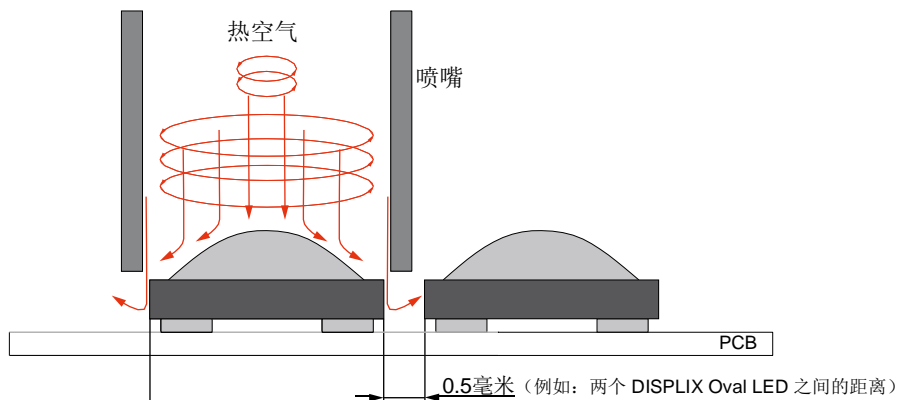
1. IPC/JEDEC J-STD-020 是一个行业标准，规定了对温湿度所导致的应力敏感的表面贴装器件(SMD) 的分类，以便对这些器件进行适当的封装、储存和处理，避免在组装、回流焊接和/或维修操作过程中发生损坏。它规定的最大升温斜率是每秒3°C，最高降温斜率为每秒6°C。

热空气加热系统。热空气加热系统通过热空气喷嘴将热能更强地聚集在一起，从而实现更短的加热时间。但是，在这种情况下，返修过程中可能会出现无意的过热和吹走相邻 LED 的问题。使用热空气加热可以实现高达每秒 10°C ，甚至更高的升温速度。如果待解焊元器件已有缺陷且在去除过程中相邻的较小的器件不会过热，则可以接受这种升温速度。但是，这种方法不适合 LED 返修。

传递给 LED 的热量取决于热空气温度和空气流量。鉴于从喷嘴到 LED 表面的距离以及夹角问题的影响，LED 实际承受的温度可能会与实际的温度设置存在较大偏差（高达 50°C ）。因为无铅焊料的熔化温度较高，过度加热的风险会增加，这可能会损坏 LED。

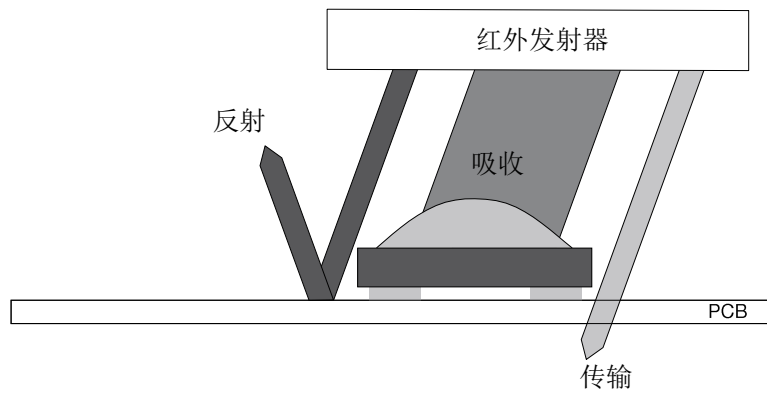
除了 LED 过热问题之外，加热时的空气流动可能会将靠近目标点的 LED 吹走（图2）。特别是 DISPLIX Oval，一组 RGB 像素里包含 3 颗单颗 LED。RGB 像素的各个 LED 之间的小间隙增加了吹走相邻 LED 的风险。

图 2：热空气加热系统



红外加热系统。红外加热系统采用中波长红外辐射代替热空气进行返修（图3）。红外辐射将热量均匀地传递到 LED 封装上。均匀的热辐射与温和而集中的对流相结合，为有效的返修焊接提供了良好的条件。使用这种加热系统，器件可以安全快速地加热，而邻近的器件也不会受到过热影响。由于该系统不使用或者使用很少量热流动空气，因此，LED 不会被吹走。与热空气加热系统相比，辐射的表面积更小。因此，它为小面积的现代 QFN LED 提供了理想的返修条件。加热温度可以由红外辐射功率控制。此外，这项技术更有利于温度的管控。与热空气加热系统相比，它的特点是更慢但更安全。

图 3：红外加热系统



C. 设备和返修流程示意

所述返修流程测试所用材料和设备清单如下所示：

- Ersa HR100 返修平台
- DISPLIX Oval LED
- 测试 DISPLIX Oval 的 PCB
- HERAEUS 焊锡膏
- 镊子
- 解焊线
- 烙铁

上述 DISPLIX Oval 是一个 SMT QFN LED，其尺寸为 2.7毫米 x 2.1毫米，LED 高度为 0.9毫米，顶部有一个椭圆形透镜（图4）。

图 4：DISPLIX Oval LED 产品图片



因为 DISPLIX Oval 是一种单色 LED，因此，在显示屏应用中每个像素必须包含三个 LED (RGB)。两个 LED 之间的距离通常在 0.5 毫米左右，甚至更小（图 5）。如此小的间距提升了返修的难度，而非接触式加热系统是该系统的唯一解决方案。

图 5: 一个像素组件的 DISPLIX Oval LED



改测试使用了 ERSA 混合返修系统 HR 100（图6）。这种红外加热系统是一个非常灵活、温度可控、低成本的解决方案，适合初学者和高级操作人员。该系统将红外和对流加热结合在一个手持式加热装置上，用于安全焊接和解焊密集的 SMD 器件。红外辐射传热是通过精确的热空气量进行聚合和增强的。这种混合设计可以均匀、安全、快速地加热 LED，同时避免相邻的 LED 出现过热以及被吹走的可能性。

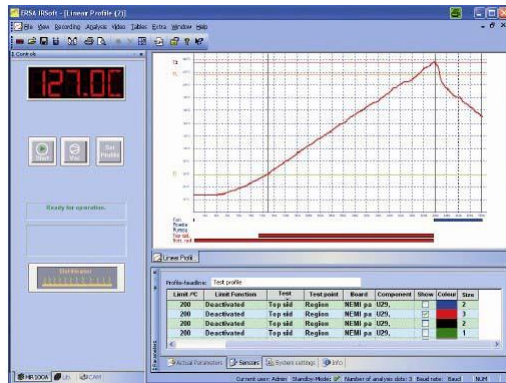
图 6: ERSA HR100 返修平台



一个功能强大且反应灵敏的 800W 红外底部加热板可确保在返修过程中对器件进行安全的底部闭环加热。来自底部的额外功率使 PCB 底部均匀受热，从而提高了顶部加热性能。

选择该设备的最重要原因是闭环温度控制系统。HR 100 可以运行一个闭环加热过程，并通过 IR 软件和 PC 界面将加热曲线完全记录下来（图7）。该设备提供单独的参数设置和升温速率可调的温度曲线，为 LED 提供安全的返修过程。

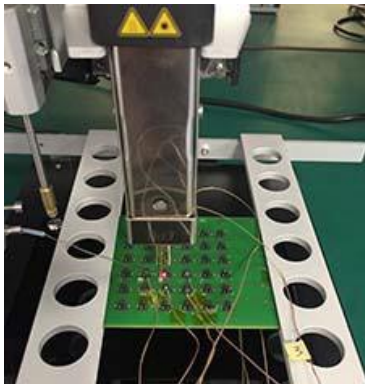
图 7: HR100 软件界面



为了评估传递给目标 LED 和相邻 LED 的热量，使用热感摄像机在加热期间捕捉 LED 的温度。

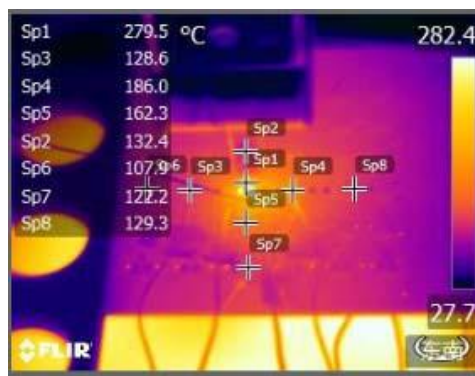
图 8 显示了使用 HR 100 返修平台对 LED 加热同时使用热电偶控制温度的过程。

图 8: 用 HR100 返修平台加热 LED



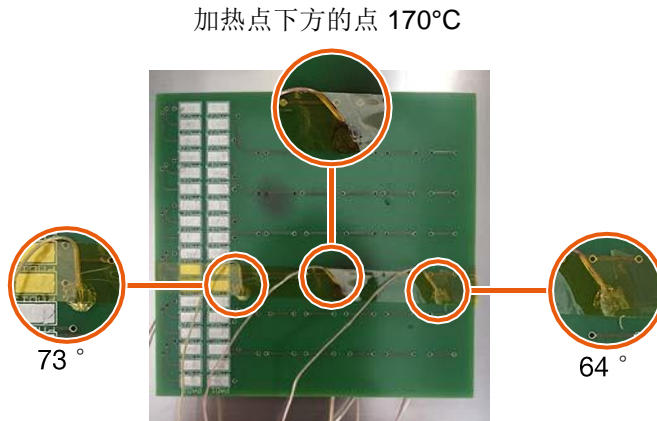
温度控制试验的结果如图9。刻意将目标 LED 加热至 279°C 时，相邻 LED 的温度仍低于焊锡膏的液态温度（在此情况下为 217°C）。这表明，使用该设备的返修过程不会损坏相邻 LED。

图 9: 加热过程中 LED 的热图像



显示屏应用中的 IC（集成电路）器件通常放置在 PCB 的底部。因此，必须测量底部的温度，以确保在返修过程中，不会损坏 IC。在测试过程中，有三个热电偶安装在底部（图10），用于温度监测。根据结果，整个返修程序中的底部最高温度为 170°C。该最高温度是直接加热点的下方测量而来，而相邻温度只有 70°C 左右。在该测试中，没有迹象表明 PCB 底部的组件在此返修过程中会被损坏。但是，由于 PCB 的热传到系数是重要的影响因素，针对不同类型的 PCB 需要做单独的测试。

图 10: PCB 底部上的热电偶



返修过程

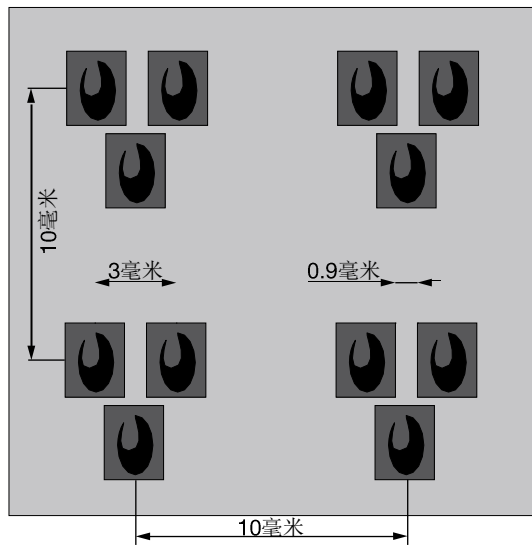
所述返修过程包括以下步骤:

- 将有缺陷的 LED 从 PCB 上解焊
- 从 PCB 焊盘上去除焊料
- 在 PCB 焊盘上添加新的焊锡膏
- 将新的 LED 放到 PCB 焊盘上
- 将新 LED 重新焊接到 PCB 上

本测试选择的 PCB 设计是采用 LED 间距排列较小的 DISPLIX Oval LED（图 11）。LED 像素间距为 10 毫米，LED 至 LED 内间距约为 3 毫米。

1. PCB 材料: 1.6毫米FR4; 用 SAC 305 焊锡膏焊接 LED

图 11: LED (DISPLIX Oval) 小间距排列的 PCB 示意图



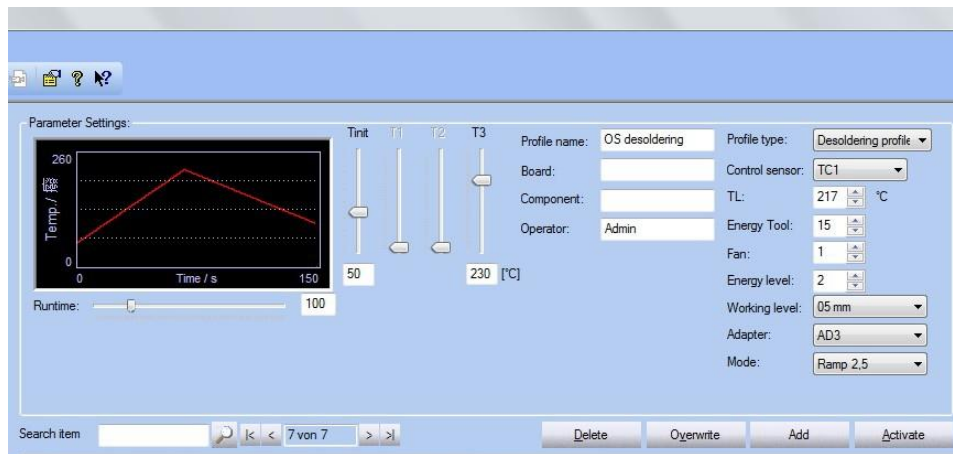
第 1 步: 将有缺陷的 LED 从 PCB 上解焊

首先, 需要设置解焊温度曲线。根据 IPC 标准, 升温斜率应不超过每秒 3°C 。在 ERSA HR 100 的 IR 软件中, 可以根据输入的参数获得曲线。关键参数是:

1. 液态温度: 焊锡膏的液态温度
2. 风扇: 气流的功率水平 (尽可能降低, 以免吹走 LED)
3. 能量水平: 底部加热水平
4. 工作水平: 解焊过程中, LED 表面与加热喷嘴之间的距离。
5. 模式: 升温速度

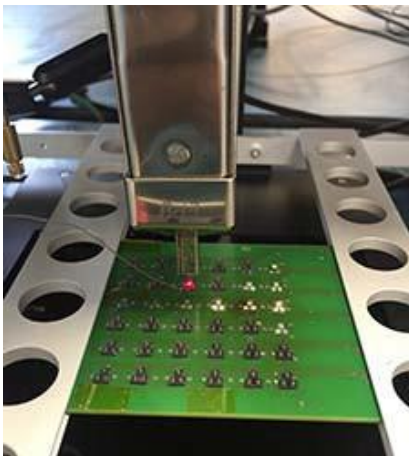
图 12 显示了所用的解焊曲线。在此曲线中, 最高温度设定为 230°C , 以每秒 2.5°C 的速度上升。将风扇设置为 1, 使气流最小化, 将底部加热水平设置为 2, 以避免底部组件过热。

图 12: 解焊温度曲线



完成设置后，将故障LED 放置在加热喷嘴（图 13）下方，并激活解焊曲线。一旦温度达到液态焊锡膏的温度（无铅焊锡膏为 217°C），用金属镊子取下 LED。由于一个像素内的 LED 间隙很小，建议将一个像素中的三个 LED 都拆除。

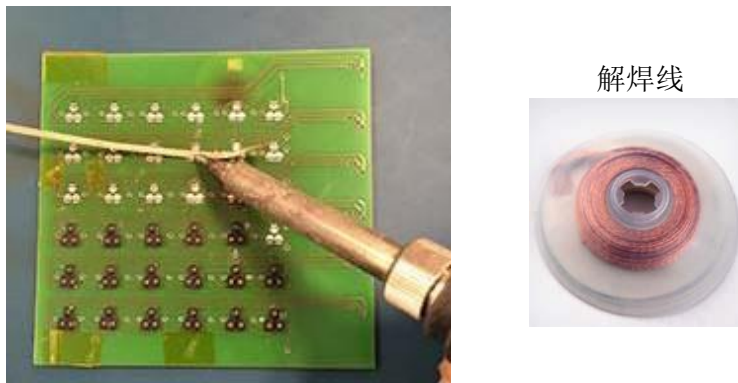
图 13: 解焊流程



第 2 步: 从 PCB 焊盘上去除焊料

为了达到更好的再焊效果，建议在解焊后从焊盘上去除剩余的焊料。利用解焊线和烙铁去除焊料，得到平整、干净的焊盘。将解焊线放置到焊盘顶部并将烙铁放在解焊线上一一起加热。当焊料熔化时，稍微移动烙铁，去除剩余焊料（图14）。

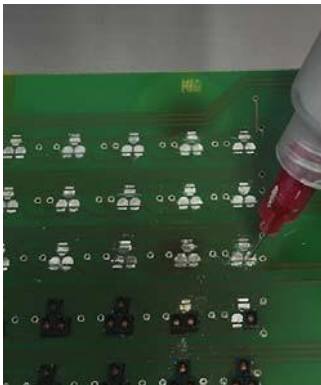
图 14: 用解焊线去除剩余焊料



第 3 步: 在 PCB 焊盘上添加新的焊锡膏

从焊盘上去除剩余的焊料后，必须添加新的焊锡膏，以进行后续重新焊接。用手动焊锡膏点胶机手工添加焊锡膏（图 15）。对手动点胶机没有特殊要求，只需要确保良好的点胶性能。在此试验中，选用了一种直径为 0.2 毫米的喷嘴，采用 HERAEUS F640 SA30C5 - 89- M3 焊锡膏。

图 15: 将焊锡膏手动加到焊盘上

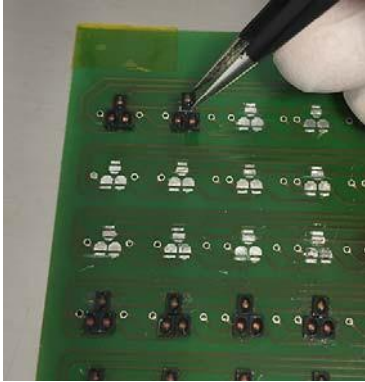


必须根据所加的焊锡膏量来检查真空的设置是否合适。不同的焊锡膏类型可能会需要不同设定。在正常情况下，需要调整真空强度和点胶时间，将焊锡膏膏体高度控制在 0.1 毫米左右。

第 4 步: 将新的 LED 放到 PCB 焊盘上

手动加焊锡膏之后，将功能正常的 LED 放置到焊盘上。在此步骤中，可以用镊子夹住 LED 壳体，手动放置 LED，（图 16）。在夹着 LED 壳体时避免夹到 LED 透镜。

图 16: 将 LED 手动放置到 PCB 焊盘上

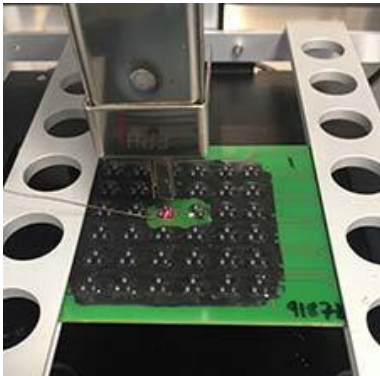


第 5 步: 将新 LED 重新焊接到 PCB 焊盘上

首先, 必须设置重焊的温度曲线。关键参数与之前提到的解焊曲线设置相同。在重焊曲线中, 最高温度设定为 230°C , 以每秒 2.5°C 的速度上升。将风扇设置为 1, 使气流最小化, 将底部加热水平设置为 2, 以避免底部组件过热。然而, 为了获得更好的焊点, 在峰值温度下的持续时间约保持 10 秒。

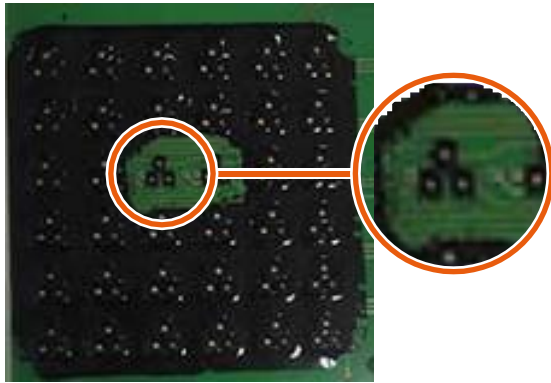
重焊曲线设置好后, 将 LED 放置在加热喷嘴下(图 17), 并激活重焊曲线。机器自动运行曲线。一旦冷却完成, 将 PCB 从工作台上移走, 重焊过程完成。

图 17: 用带灌封材料的 PCB 重新焊接



注意: 因为灌封在室外显示屏应用中很常见, 所以用带顶部的灌封材料的 PCB 进行附加测试, 检查该加热方法是否破坏了灌封胶。在解焊之前, 必须用刀将目标 LED 附近的灌封胶切断, 然后再进行上述返修程序。试验证明灌封材料冷却后仍能恢复良好(图18)。

图 18: 返修后未损坏灌封材料



返修性能检查

为了验证 LED 在焊接过程中是否受到轻微损坏，建议返修后进行性能检查。该测试中，检查条件如下： $T = 25^{\circ}\text{C}$ 和 $I_F = 20 \text{ mA}$ 。

测试过程中，我们在返修之前测量了初始LED的性能。然后在返修之后再次测量相同的 LED，检查返修过程是否对 LED 造成任何损坏。相对应地，检查了以下三个参数：

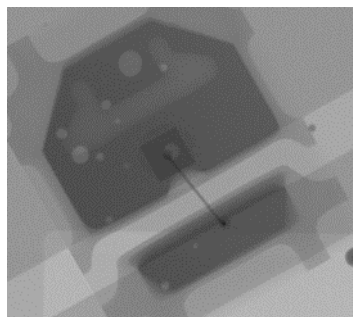
- 焊料空洞情况
- 光学性能
- 电气性能

检查 1: 焊料空洞情况

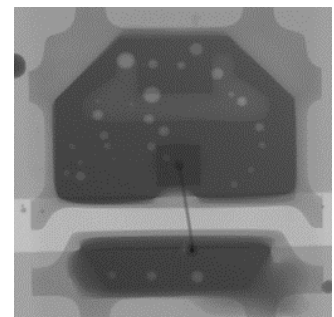
用 X 射线检查焊料的空洞情况。根据 X 射线检查结果，IR 返修后的空洞情况与标准 SMT 组装过程相似（图19）。

图 19: X 射线检查结果

标准 SMT
组装过程



IR 返修

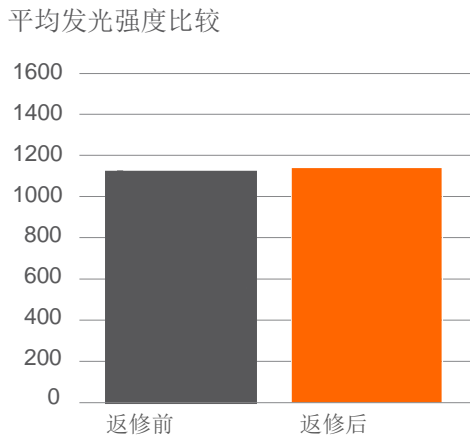


检查 2: 光学性能

测试 4 个 PCB 的光学性能。测量了发光强度、色度坐标和视角等主要光学特性。比较了返修前后的 LED 光学性能测试结果，

发现两组之间仅存在微小差异（图20）。

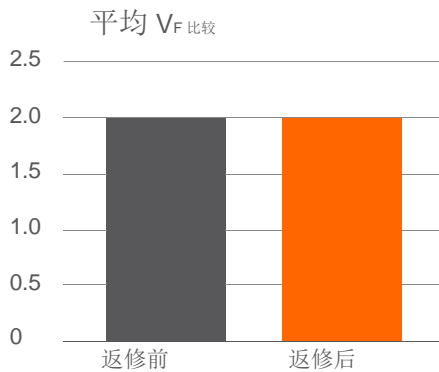
图 20：发光强度比较



检查 3：电气性能

要比较电气性能，需检查 V_F 参数，这是 LED 的主要电气特性。根据结果，返修前后测量的数据之间只发现细微的差异，在机器容差范围内（图21）。

图 21： V_F 比较



根据上述返修性能检查，返修过程未造成明显的光学和电气特性变化。因此，该返修过程为 SMD 提供了一个成功且安全的返修过程示例。

D. 总结

如今，紧凑型台式返修平台的技术要求可以分为三类：“必不可少”、“高度实用”和“有则更好，但非必要”。

“必不可少”的要求包括：

- 快速的返修周期
- 系统成本低
- 体积小

“高度实用”的要求是：

- 工艺稳定性和可重复性
- 操作简单
- 操作员培训简便

“有则更好，但非必要”的要求包括：

- 软件支持
- 使用温度曲线
- 文档和可追溯性

本应用说明中的返修程序符合上述要求。

温度可控特性对温度敏感器件（如 LED）最为重要。所述的返修过程也可用于其他应用中的其他 LED。但是，必须考虑影响传热的各种因素，例如不同的返修平台、PCB 材料、尺寸等。因此，对于每个返修程序的设置，建议首先测试返修过程，并通过热电偶测量 LED 表面温度，确认工艺是否适用。

E. 规范性文件

- IPC/JEDEC J-STD-020 非密封型固态表面贴装器件的湿度/回流焊敏感性分类
- J-STD-033 湿度/回流焊敏感表面贴装器件的搬运、包装、运输和使用
- J-STD-075 针对组装过程的非 IC 电子元件分类
- IPC-7711 电子器件的返修
- IPC-7721 印制板和电子器件的维修和改装
- JESD625 处理静电放电敏感器件 (ESDS) 的要求



请注意：无论何时，若您在寻找 LED 照明项目的信息或全球合作伙伴，LED Light for you 始终是您的理想选择。

www.ledlightforyou.com

关于欧司朗光电光导体（OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS）

德国慕尼黑欧司朗是全球两大领先灯光制造商之一。它在德国雷根斯堡的子公司欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）为客户提供基于半导体技术的解决方案，用于照明、传感器和可视化应用。欧司朗光电光导体（Osram Opto Semiconductors）在雷根斯堡（德国）、檳城（马来西亚）和无锡（中国）都设有生产基地。它在北美的总部位于森尼韦尔（美国），亚洲的总部设在香港。欧司朗光电光导体（Osram Opto Semiconductors）在全球均设有销售办事处。欲了解更多信息，请访问 www.osram-os.com。

免责声明

在使用此处所示信息前，请仔细阅读以下条款和条件。如果您对其条款和条件有异议，请不要使用这些信息。

本通用信息文件所提供的资料是极其谨慎的；但是，本文件内容由欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）按“原样”提供。因此，欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）不对有关本信息的任何方面做出任何形式的明示或暗示保证或担保，包括但不限于：正确性、完整性、适销性、适用于任何特定目的、所有权或非侵权性。在任何情况下，欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）均不对使用此信息导致的直接、间接、特殊、附带性、示范性、连续性或惩罚性的损害负责，无论适用任何法律理论。即使欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）被告知可能的损害，也适用这一限制。若由于有些司法管辖区不允许排除某些担保或责任限制，上述限制和除外条款可能不适用。在这种情况下，欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）的责任仅限于法律允许的最大范围内。

欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）可随时更改所提供的信息，无需通知用户，也没有义务提供与所提供的信息相关的任何维护或支持。所提供的信息是基于特定条件的，这意味着不能排除具有任何改变的可能性。

此处未明确授予的权利均予以保留。除使用本文件所提供的资料以外，不授予其他权利，也不承担任何要求授予进一步权利的任何义务。任何与专利及专利申请有关的权利和许可亦均被明确排除。

除非根据适用法律要求提供，否则，未经欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM Opto Semiconductors GmbH）事先书面许可，禁止以任何形式复制、传输、分发或以任何方式储存本文件中的全部或部分内容。

欧司朗光电光导体有限公司（OSRAM
Opto Semiconductors GmbH）

总部：

Leibnizstr.4
93055 Regensburg
Germany
www.osram-os.com

OSRAM
Opto Semiconductors