

SMD元件焊接缺陷对可靠性的影响研究

张宝良

河北远东通信系统工程有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 随着电子技术的飞速发展,表面贴装器件(SMD)在电子产品中的应用日益广泛。SMD焊接质量的好坏直接影响到电子产品的可靠性和稳定性。本文旨在探讨SMD元件焊接缺陷对其可靠性的影响,以期为提高电子产品质量和可靠性提供参考。

关键词: SMD元件; 焊接缺陷; 可靠性

引言

SMD(Surface Mounted Devices)元件因其体积小、重量轻、性能稳定等优点,在现代电子产品中得到了广泛应用。然而,SMD元件的焊接过程中容易出现各种缺陷,这些缺陷不仅影响产品的即时性能,更可能对其长期可靠性造成严重威胁。因此,深入研究SMD元件焊接缺陷对可靠性的影响,对于提升电子产品整体质量具有重要意义。

1 SMD焊接常见缺陷及其成因

1.1 小封装阻容器件不翘头、不偏移问题

小封装阻容器件在焊接过程中出现翘头或偏移的问题,主要是由于焊盘设计不合理以及焊接工艺参数设置不当所导致的。首先,焊盘设计方面,如果焊盘尺寸过小或形状不规则,将无法提供足够的焊接面积,使得焊锡在熔化时不能均匀分布,进而导致器件在焊接过程中发生翘曲或偏移。此外,焊盘间的布局若过于紧凑,也会增加器件偏移的风险。其次,焊接工艺参数的不当设置同样是导致这一问题的重要原因。例如,焊接温度过高或焊接时间过长,都可能导致焊锡过度熔化,从而使器件在液态焊锡中的位置发生变化。同时,如果焊接压力不均匀,也会使得器件在焊接过程中受力不均,进而产生翘头或偏移的现象。

1.2 体积较大封装的功率电阻、高压回路电容焊点问题

体积较大的SMD元件,特别是功率电阻和高压回路电容,在焊接过程中常常面临焊点不饱满和锡量不足等问题。这些问题的成因多方面,首先是元件的体积和重量相对较大,使得焊接时在焊点处形成足够的焊锡连接变得更为困难。如果焊接时间过短或焊接温度不够,焊锡可能无法充分熔化并渗透到元件的引脚与焊盘之间,导致焊点不饱满^[1]。此外,焊接前如果焊盘或引脚未进行充分的清洁处理,存在的氧化物或污染物可能阻碍焊锡

的流动和粘附,进而影响焊点的质量。同时,焊锡量不足也可能是由于焊接时锡膏或焊丝的使用量不够,或者是焊接过程中的热量分布不均匀,导致部分焊锡未能有效熔化。

1.3 窄管脚距集成电路器件的焊接问题

窄管脚距集成电路器件因其引脚间距小,给焊接过程带来了特殊的挑战。这类器件在焊接时,经常出现虚焊和相邻引脚锡连的缺陷。虚焊主要是由于焊接温度不够或焊接时间过短导致的。在焊接过程中,如果焊锡未能充分熔化并渗透到引脚与焊盘之间,就会形成虚焊。此外,引脚或焊盘的氧化物、污染物若未能在焊接前彻底清除,也会影响焊锡的润湿性和粘附力,进而导致虚焊。相邻引脚锡连则是由于引脚间距过窄,焊锡在熔化时容易在两个相邻引脚之间形成连接。这种情况通常发生在焊接温度过高或焊接时间过长时,焊锡流动性增强,容易越过引脚间的间隔。此外,如果锡膏或焊丝的使用量过多,也会增加锡连的风险。

2 SMD元件焊接缺陷对可靠性的影响分析

2.1 电气性能下降

SMD元件焊接缺陷对电气性能的影响不容忽视。电气性能下降是焊接缺陷所带来的直接后果之一,而这种下降往往源于焊接过程中出现的各种问题,如虚焊、锡连等。虚焊,作为一种常见的焊接缺陷,指的是焊接接头未能形成有效的金属间连接。这种情况下,焊接点的电气连接是不稳定的,因为焊料与焊接面之间并未完全融合。这种不良的电气连接会导致电流在传输过程中受阻,使得电流不能顺畅地流过焊接点。由于虚焊减少了有效的接触面积,因此接触电阻会相应增加,进而产生更多的热量。长时间的热应力作用可能进一步削弱焊接点的稳定性,甚至导致焊接点开裂或完全断开,从而影响整个电路的正常工作。与虚焊不同,锡连是由于焊接过程中焊锡的过量或焊接温度的不当控制,导致相邻

焊接点之间出现了意外的连接。锡连会直接导致电路短路，即电流在两个本不应直接相连的电路节点之间流动。这种短路现象不仅会使电流异常增大，可能烧毁电路中的元件，还会破坏电路的正常工作逻辑。因为电流可能绕过了某些关键元件，导致整个电路系统的行为变得不可预测或完全失效。此外，焊接缺陷还可能包括焊点不饱满、焊接偏移等问题。焊点不饱满意味着焊接接头的机械强度和电气性能可能未达到预期标准，而焊接偏移则可能导致电气连接点的错位，进而影响电流的正常传输路径。总的来说，SMD元件的焊接缺陷会直接导致电气性能的下降。这种下降不仅表现在电流传输的不畅和接触电阻的增加上，还可能引发更为严重的电路故障，如短路、元件损坏等。

2.2 机械强度减弱

在电子设备的制造和使用过程中，焊接点的机械强度是至关重要的。焊点不仅需要提供稳定的电气连接，还需要承受设备在运输、使用过程中可能遇到的各种机械应力。然而，焊点不饱满、锡量不足等焊接缺陷会显著降低焊接点的机械强度，从而增加设备在振动、冲击等外力作用下发生故障的风险。焊点不饱满是一个常见的焊接问题，它通常由于焊接过程中焊锡量不足或焊接时间不够而导致。当焊点不饱满时，焊接接头的有效连接面积减小，这不仅影响了电气连接的性能，也削弱了焊点的机械支撑能力。不饱满的焊点在受到外力作用时，更容易发生形变或断裂，因为焊锡与焊接面之间的结合不够牢固。锡量不足也是一个不容忽视的问题。在焊接过程中，如果焊锡的使用量不足，焊接接头就无法形成足够厚度的焊锡层，从而降低了焊点的机械强度。锡量不足的焊点在受到振动或冲击时，由于缺乏足够的缓冲和支撑，容易发生开裂或断裂。这些焊接缺陷在电子设备遭受振动、冲击等外力作用时尤为危险^[2]。例如，在运输过程中，设备可能会经历颠簸和振动；在使用过程中，设备可能会受到意外的撞击或摔落。在这些情况下，机械强度减弱的焊点很容易发生断裂，导致电路开路，进而影响设备的正常运行。此外，焊接缺陷还可能引发其他相关问题。例如，虚焊或焊接偏移等缺陷也可能降低焊点的机械稳定性。虚焊导致焊接接头未完全融合，而焊接偏移则可能使焊点偏离预定位置，这些情况都会削弱焊点的承载能力。

2.3 热稳定性变差

焊接缺陷对电路板热稳定性的影响不容忽视。热稳定性是指电子元件或电路在高温环境下能够维持其性能和可靠性的能力。然而，焊接缺陷会显著降低这一稳定

性，从而对电路板的整体性能和寿命产生不利影响。焊点过热是一个关键问题，它通常源于焊接过程中温度控制不当或焊接材料选择不合适。当焊点长时间暴露在高温环境中时，焊接材料容易发生氧化和老化。这是一个化学和物理过程，其中焊接材料中的金属成分会与空气中的氧气发生反应，形成金属氧化物。这些氧化物不仅会降低焊接点的导电性能，因为氧化物的导电性通常远低于纯金属，而且还会削弱焊接点的机械强度。除了焊点过热导致的氧化和老化问题，其他焊接缺陷也可能影响热稳定性。例如，虚焊和焊接偏移会导致焊接接头的有效接触面积减小，从而增加了焊接点的电阻。在高温环境下，这些高电阻区域会产生更多的热量，进一步加剧焊接点的温度上升。这种局部高温可能引发焊接材料的进一步氧化和退化，甚至可能导致焊接点开裂或失效。此外，焊接过程中锡量不足也会降低热稳定性。锡量不足的焊点在高温环境下更容易受到热应力的影响，因为缺乏足够的焊锡来缓冲和分散热量。这可能导致焊接点开裂或变形，进而影响整个电路板的性能和可靠性。

3 减少 SMD 焊接缺陷的措施

3.1 优化印制线路板设计

优化印制线路板设计是减少SMD焊接缺陷的关键措施之一。在印制线路板设计阶段，应着重考虑焊盘尺寸、形状和布局的合理性，以有效降低焊接过程中可能产生的应力集中和热量分布不均等问题，从而提高焊接质量和可靠性。首先，焊盘尺寸的设计至关重要。焊盘尺寸过小可能导致焊接时焊锡量不足，进而影响焊接点的机械强度和电气连接性能。相反，焊盘尺寸过大则可能增加焊接过程中的热阻，使得焊接温度难以均匀分布，同样会影响焊接质量。因此，应根据SMD元件的尺寸和引脚间距，合理确定焊盘的大小，确保焊接过程中能够形成稳定且均匀的焊点。其次，焊盘形状的设计也不容忽视。传统的圆形焊盘在某些情况下可能不是最佳选择。例如，在高频电路中，为了减少寄生电容和电感，可能会采用其他形状的焊盘，如椭圆形或矩形^[3]。此外，针对不同类型的SMD元件，还可以设计特殊的焊盘形状，以更好地适应元件的引脚形状和排列方式，从而提高焊接的准确性和可靠性。再者，焊盘的布局也是关键因素之一。合理的焊盘布局可以确保焊接过程中的热量分布更加均匀，减少应力集中的风险。在设计过程中，应避免出现过近或过远的焊盘间距，以防止焊接时出现桥接或虚焊等问题。同时，应考虑到印制线路板上的其他元件和布线对焊接的影响，确保焊盘布局与其他设计元素相协调。此外，还需要注意避免设计中的一些

常见问题,如过孔和不对称焊盘等。过孔可能会导致焊接过程中的热量分布不均和应力集中,进而影响焊接质量。而不对称焊盘则可能导致焊接时的温度梯度和应力分布不均,增加焊接缺陷的风险。

3.2 改进焊接工艺

改进焊接工艺是减少SMD焊接缺陷的核心策略之一。这涉及到对焊接温度、时间和压力等关键工艺参数的精细调整,以及焊料和助焊剂的慎重选择。首先,优化焊接温度是至关重要的。温度过低可能导致焊锡未能完全熔化,进而产生虚焊;而温度过高则可能引起焊点过热,影响焊点的机械强度和电气性能。因此,需要根据所使用焊料的熔点、SMD元件的耐热性以及印制线路板的材料特性,来精确设定焊接温度。其次,焊接时间的控制也十分重要。焊接时间过短,焊锡可能无法充分流动和浸润焊接面,导致焊点不饱满;焊接时间过长,则可能引起焊点过热或焊料氧化。因此,需要依据焊料的熔化速度和焊接面的热传导性能,来合理确定焊接时间。此外,焊接压力的控制也不容忽视。适当的压力可以确保焊锡与焊接面之间的充分接触,有利于焊锡的流动和浸润;但过大的压力可能导致焊接面变形或损坏。因此,在设定焊接压力时,需要综合考虑焊接面的材料强度、焊料的流动性以及焊接设备的性能。除了优化工艺参数,选用合适的焊料和助焊剂也是提高焊接质量的关键。焊料的选择应基于其熔点、导电性、耐腐蚀性等性能指标,以确保焊点具有良好的电气连接性能和机械强度。同时,助焊剂的使用可以有效去除焊接面的氧化层,降低焊接界面的表面张力,从而改善焊锡的浸润性和流动性。但需要注意的是,助焊剂的残留可能会对焊点的长期可靠性产生不利影响,因此应选择易于清洗的助焊剂,并在焊接完成后及时清除残留物。

3.3 加强质量检测与控制

在SMD焊接过程中,加强质量检测与控制是确保焊接质量、减少焊接缺陷的重要环节。这一环节的实施需要综合运用多种检测手段,以确保焊接接头的质量和可靠性。首先,目视检查是最基本也是最常用的检测手段。在焊接完成后,操作人员应对焊点进行仔细的观

察,检查焊点是否饱满、无虚焊、无锡连等明显缺陷。同时,还应注意检查焊接面的清洁度,确保无氧化物、油污等污染物残留,这些都可能影响焊接质量。除了目视检查,X射线检测也是一种重要的无损检测方法。通过X射线透视,可以清晰地观察到焊接接头的内部结构,检测是否存在内部缺陷,如气孔、裂纹等。X射线检测具有高灵敏度和高分辨率的特点,能够发现微小的焊接缺陷,为焊接质量的评估提供有力依据。此外,超声波检测也是一种有效的焊接质量检测手段。超声波检测利用声波在材料中的传播特性,通过检测声波的反射、折射等信号变化,来判断焊接接头内部是否存在缺陷。这种方法对于检测焊接接头的内部质量和结构完整性具有重要意义^[4]。在实施质量检测与控制时,还应注意数据的记录与分析。通过对检测数据的统计和分析,可以发现焊接过程中的规律性问题和潜在风险,为后续的工艺改进和质量提升提供依据。同时,质量检测与控制不仅限于焊接完成后的检测,还应贯穿于整个焊接过程中。例如,在焊接前对焊接材料和设备进行严格的检查,确保焊接前的准备工作充分;在焊接过程中对焊接参数进行实时监控和调整,确保焊接过程的稳定性和可控性。

结语

SMD元件焊接缺陷对电子产品的可靠性具有重要影响。为了提高产品质量和可靠性,必须从设计、工艺和质量检测等多个方面入手,全面减少焊接缺陷的发生。只有确保每一个焊接点的质量,才能为电子产品的长期稳定运行提供有力保障。

参考文献

- [1]胡毓晓,张昆,仲文艳,等.SMT回流焊工艺分析及其温控技术的实现[J].现代制造技术与装备,2024,60(05):155-157.
- [2]王方园.混装电路板通孔元器件焊接方法研究[J].今日制造与升级,2024,(03):58-59+156.
- [3]王家波.表面组装元件手工焊接方法及质量判定[J].无线互联科技,2014,(10):144.
- [4]陈增生.SMC/SMD的手工焊接工艺技术[J].电子工艺技术,2019,30(05):279-281+286.