
成功贴装细小片状元件的关键因素

环球仪器上海 SMT 工艺实验室工艺研究工程师 李 忆

前言

随着主动元器件的尺寸变得越来越小，被动元件的尺寸也在减小，设计人员能够灵活的利用它们来完成高密度产品的设计。0603 和 0402 元件的广泛使用已有多多年，这些元件能够在批量应用中有很高的装配良率。最近，0201/01005 元件已经进行系统装配（SiP），在手机、数码相机、无线蓝牙等产品中得以应用。0201 元件约为 0402 元件尺寸的四分之一，而 01005 元件则约为 0201 元件尺寸的四分之一。较小尺寸的元件可能会降低装配工艺的稳健性。这类细小元件的装配比其它元件在工艺材料的选择、设计、工艺的控制方面更具敏感性。由于本身的尺寸非常小，它的尺寸公差对装配工艺也会产生非常显著的影响。所以，细小元件的装配工艺不同于其它元件，需要更加精确的控制。

本文我们讨论的是细小元件的贴片控制工艺。环球仪器 SMT 工艺实验室已开发完整的 0201/01005 元件装配工艺，如果读者对锡膏的选择、印刷工艺的控制、印刷钢网和 PCB 的设计、以及回流焊接工艺的控制感兴趣，欢迎和我们联系。

关键词 0201/01005 元件，成功贴装

影响细小元件成功贴装的关键因素

贴装细小元件的关键因素包括贴片机的定位系统，取料过程控制，贴片机的影像系统，和对贴片过程的控制。除了这些因素之外，还有一些不容忽视的地方，如送料器的精度，元件包装的误差和元件本身的误差，吸嘴的材料设计等等，都是在装配之前需要综合考虑的。下面我们来讨论贴片过程中各个环节的关键控制点。

0201/01005 元件的贴装控制

1. 贴片机的定位系统

对于细小元件的贴装，要求驱动定位系统在所有驱动轴上都采用闭环回路控制，以保证取料和贴装的位置精度。现在很多贴片机都采用了可变磁阻马达（VRM）驱动系统，可以提高热稳定性，获得较高的加速度，还有高的精度，有的分辨率已达到 1 μ m。这些技术的应用给成功贴装细小元件提供了保障。值得注意的另外一点是，采用拱架式机构的贴片机的单悬臂横梁在贴片过程中的抖动，是往往容易被忽视的地方。

2. 取料过程的控制

准确的取料是成功实现贴装的第一步，在此过程中影响正确取料的因素有元器件之间的差异，包装的误差，送料器的精度，贴片机驱动定位系统的误差，贴片头 z 轴方向的压力控制，吸嘴材料和设计，以及在取料过程中对静电的控制。

由于细小元件之间的细小差异会对取料和贴片过程产生显著的影响，要求贴片头在此过程

中能自动感应其变化并采取相应的补偿措施，以消除对元件高度，厚度等的敏感性。采用的方法是在贴片头上安排压力感应器，防止过大的压力在此过程中将元件压碎，或取不到料。比较好的贴片机的贴片头 z 轴分辨率可达 1 μ m，压力感应器可以感应到 24 μ m 的变形。

传统的机械式送料器已不能满足日益变小的元件对于高精度的要求。细小元件要求精度更高的马达驱动的电子送料器，并要求其有良好的抗静电效果。送料器安装在贴片机上，在它们之间会存在间隙和位置误差，这种误差很小，在贴装较大器件如 0603/0805 等，完全可以被忽略。但是对于细小的 0201 和 01005 而言，其影响会很大。在拾取 0201/01005 这类元件时，很难同时取 4 颗或 7 颗元件，原因在于此，另外还有元件包装的误差。所以单颗拾取 0201 或 01005 比较稳妥，可以保证取料的可靠性。理想的取料位置在元件的中心区域，如下图所示。如果取料位置超出元件上最佳的取料区域，可能会导致贴片缺陷，如偏移和立碑等。同时因为板上元件安排很密，可能会使吸嘴干涉到其它元件。

± 0.1

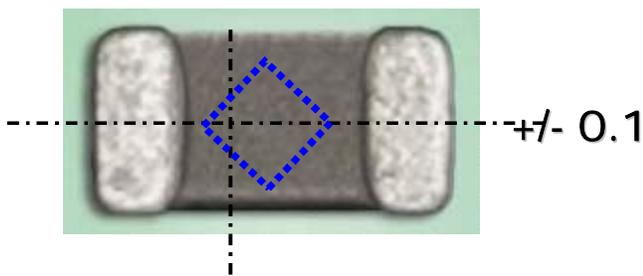


图 1 0201 元件最佳目标取料位置

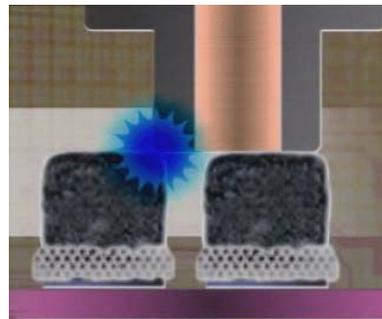


图 2 取料偏差导致吸嘴和其它元件干涉

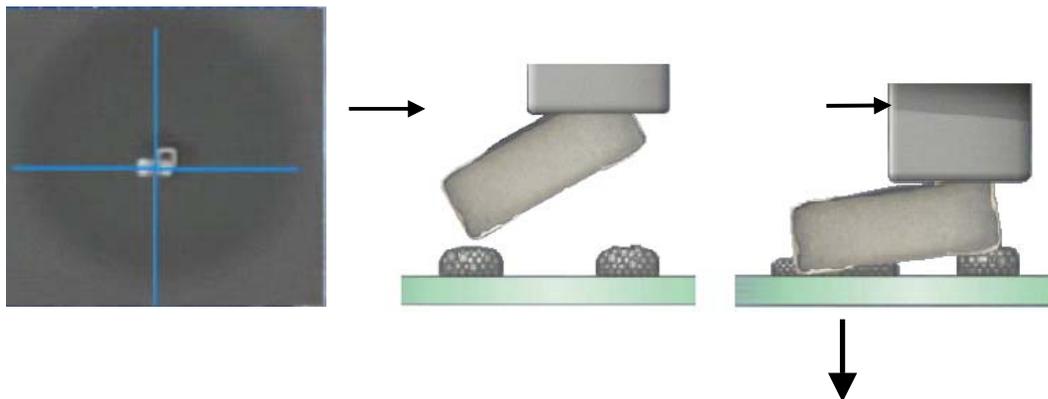
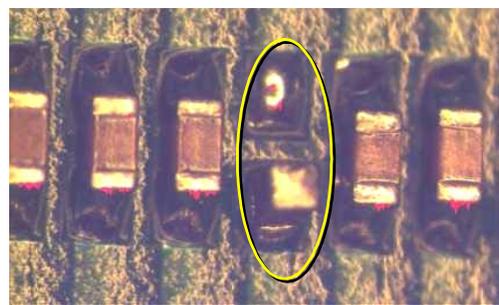


图 3 因吸料偏差导致立碑或侧立



为了消除包装，送料器等带来的误差，保证取料的一致性，需要贴片机在取料过程中具有

动态的自动矫正取料位置的能力。在生产过程中，需要换线，需要换料，并且每只送料器的状态也不一样，所以元件最佳的取料位置也会变化。机器需要在此过程中敏感的捕捉到这种变化，并自动的找准调整吸料位置，保证吸料的准确性和可靠性。下图所示为某一机器在拾取 0201 和 0402 元件过程中，自动调整取料的最佳位置。

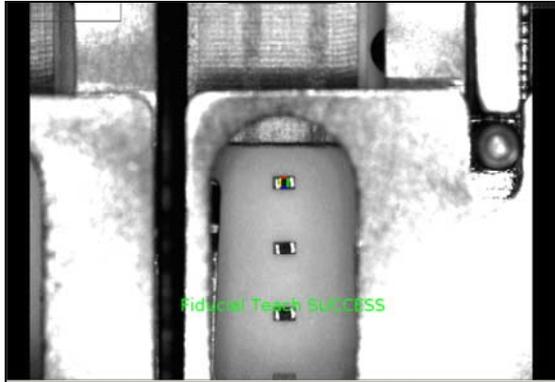


图 4 对 0201 元件吸料位置自动矫正



图 5 对 0402 元件吸料位置自动矫正

3. 吸嘴的设计和保养

贴装 0201 和 01005 元件需要更细的吸嘴，同时为了防止静电损坏元件及在取料过程中带走其它元件，细嘴的材料需要抗静电，所以要选用 ESD 材料。为了尽量降低吸料过程中元件侧立，保证足够的真空和元件被吸起之后的平衡，在吸嘴头部需要设计 2 个或 3 个孔。考虑到贴装密度小于 0.25mm 的情况，吸嘴头部要足够的细，它上面的孔也会比较细。对 0201 的吸嘴而言，最小的孔径会达 0.127mm，而 01005 元件的吸嘴更细，达 0.1mm。这不仅给制造带来了难度，也需提高这些吸嘴的清洁保养频度。对吸嘴的清洁保养的要求比其它类型的吸嘴要高，需要利用清洁溶剂和超声波来清洁。由于 0201/01005 很薄，01005 元件厚度只有 0.1mm，这增加了细嘴与锡膏接触的机会。增加清洁保养的频度成为必要。

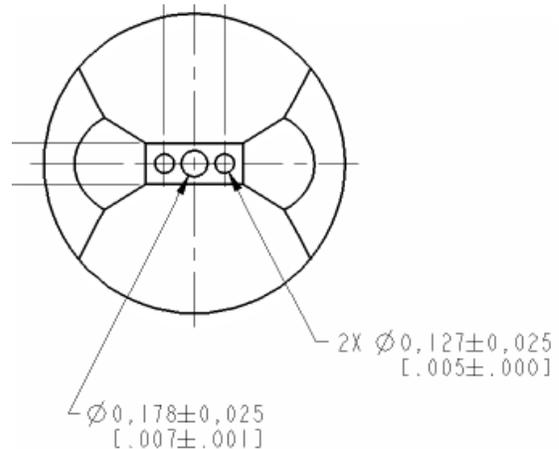
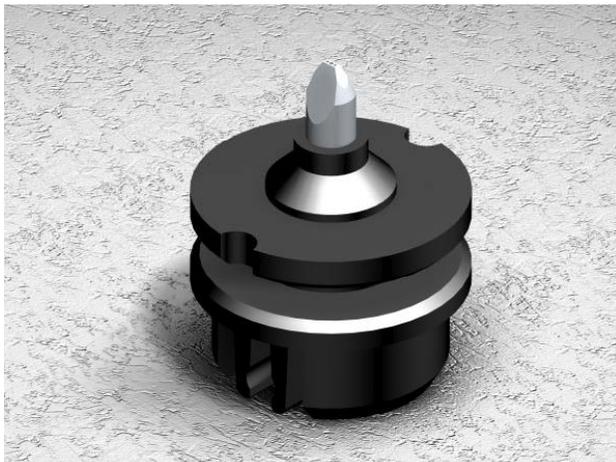


图 6 某机型 0201 的吸嘴

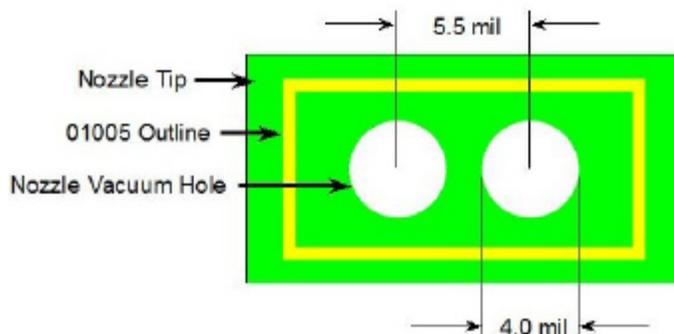


图7 某机型 01005 的吸嘴

4. 元件的影像对中

确定元件的中心有两种方式，一种是采用数码像机，另一种是采用镭射（激光）。两种方法各有优缺点。采用数码像机可以检查出元件电气端的缺陷，如图。但是它不能感测元件的厚度变化。对于 z 轴有压力感应及取料/贴片补偿功能的机器，不会产生严重的问题。采用镭射成像的方法可以检测元件的厚度，但对于元件电气端出现的缺陷则检查不出来。在实际贴装过程中，元器件两端电气端与锡膏重叠的区域的差异，会影响焊接完成后的装配良率。如图。由于不同厂家，或同一厂家不同批次的元件在制造过程电气端可能存在差异，所以采用数码像机成像具有一定优势。

对 0201 元件和 01005 元件成像对中需要高倍率的像机，光源的使用和其它较大的片装元件也有区别。一般的元件如 0603 或 0805 等元件，使用背光，找到整个外形轮廓的中心就好。但是 0201 或 01005 元件需要使用前光，或仰视照相，找到两个电气端之间的中心，以提高贴装精度。

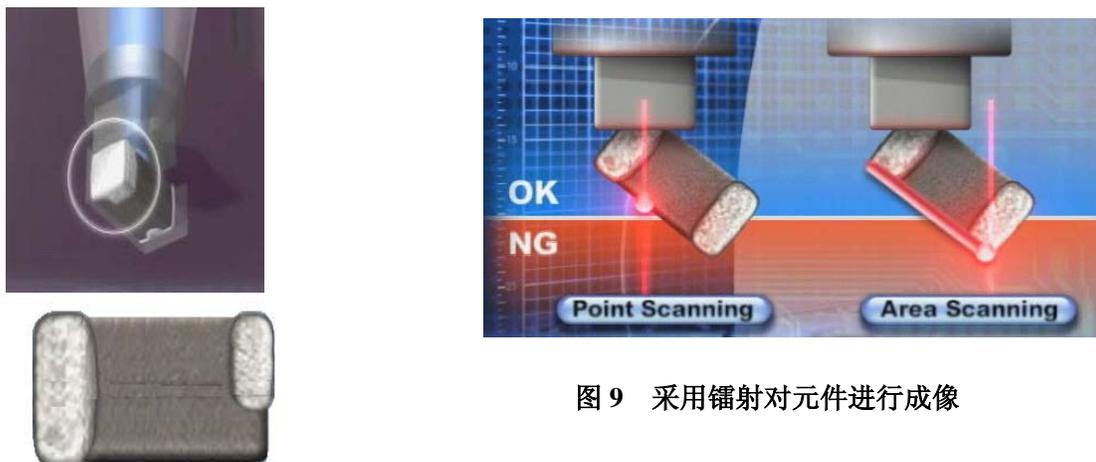


图9 采用镭射对元件进行成像

细小元件两电气端与锡膏重叠区域的大小和差异会对装配良率产生很大的影响（立碑缺陷），如

图。

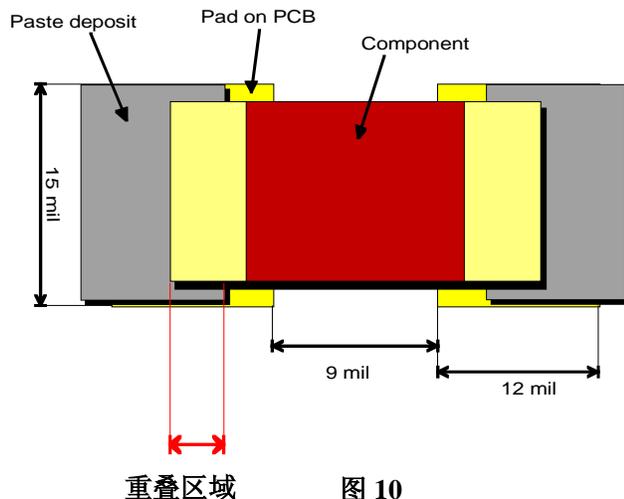


图 10

不同的元器件制造厂生产的同样的 0201 电阻元件会存在很大的差异，如图。

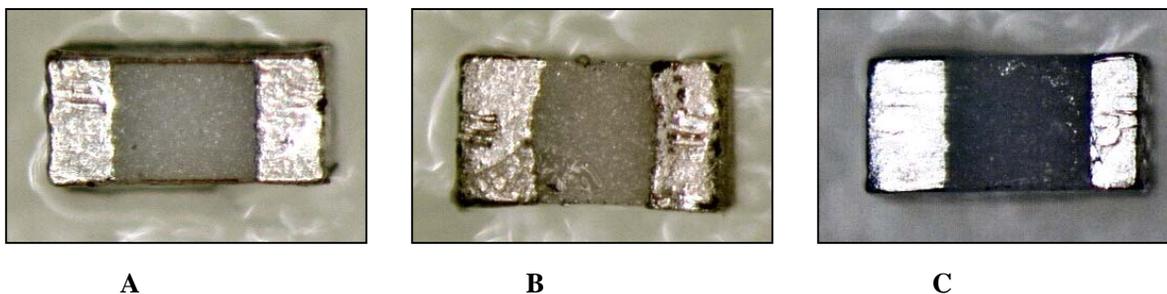


图 11 不同制造厂生产的 0201 电阻差异很大

照相机应该在相当于 PCB 厚度的位置对元件对焦成像，以提高影像的准确性，保证贴片精度。

5. 贴片过程控制

在贴片过程中的关键控制因素有基板平整的支撑，真空关闭转为吹气的控制，贴片压力的控制，贴片的精度和稳定性。

基板进入贴片机后，传输导轨将基板两边夹住，同时支撑平台上升将板支撑住并继续上升到贴片高度。在此过程中由于外力的作用，容易导致基板变形，加上基板来料可能存在的变形，会严重影响贴片的质量。对基板平整的支撑变得非常重要。薄型基板的应用，更容易出现“弹簧床”效应。薄板随着贴片头的下压而下凹，并随着贴片压力的消失而恢复变形，这样反复，造成元件在基板上移动，而出现贴片缺陷。所以在支撑平台上需要安排支撑装置，保证基板在贴片过程中平整稳定。这种装置可以采用真空将基板吸住，也可采用具有吸能作用的特殊橡胶顶针，以消除在贴片过程中的震动并保证基板平整。如下图支撑装置。这类装置能根据不同的应用来设计相应的支撑结构，确保有效的平整支撑，并使平台在上升和下降过程中稳定顺畅，而且可控。

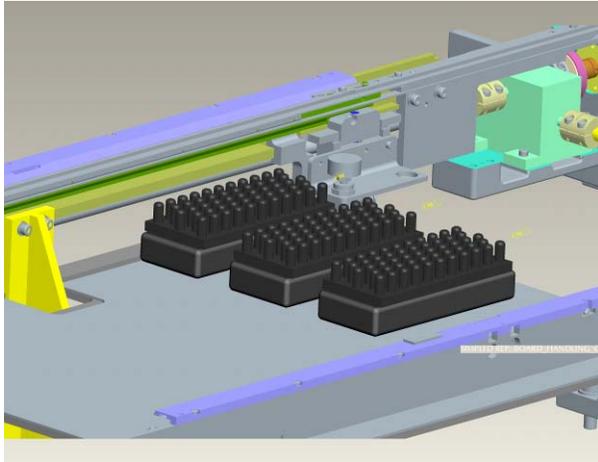


图 12 具有吸能作用的特殊橡胶支撑装置

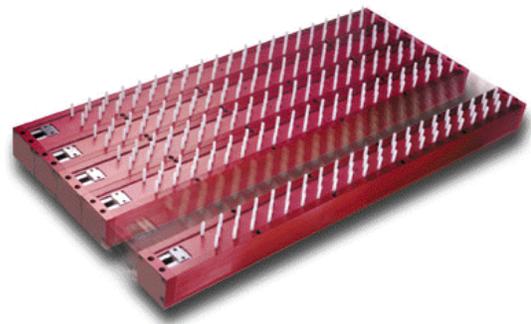


图 13 可以产生真空的支撑装置

贴片头将元件拾取后，照相机对元件照相对中，贴片头在将元件移至 PCB 贴片位置上方。贴片头 z 轴加速下降到贴片高度，这时候 z 轴继续减速下降，同时轴内真空关闭，转化为吹气。元件接触到 PCB 上的锡膏，贴片轴感应到设定的压力后上升并移开，完成单个元件的贴片过程。在这个过程中真空的灵敏快速切换和吹气的时间和强度控制很关键。真空关闭太慢，吹气动作也会延迟，在贴片轴上升过程中会将元件带走，或导致元件偏移。同时，如果在元件被压至最低点时吹气，容易将锡膏吹散，回流焊接之后出现锡珠等焊接缺陷。真空关闭太快，吹气动作也会提前，有可能元件还未接触到锡膏便被吹飞，导致锡膏被吹散，吸嘴被锡膏污染。灵敏的真空切换可以在 5ms 内在 50mm 的轴内完成。

贴片压力是另一需要控制的关键因素。贴片压力控制不当，会导致元件损坏，锡膏压塌，元件下出现锡珠，还有可能导致元件位置偏移。贴装 0201 和 01005 元件合适的压力范围为 150g - 300g。对于基板变形的情况，贴片轴必须能够感应少到 25.4um 的变形对应压力的变化，以补偿基板变形。

过大的压力会导致在下压过程中元件上出现一个水平力，而使元件产生滑动偏移，如图。

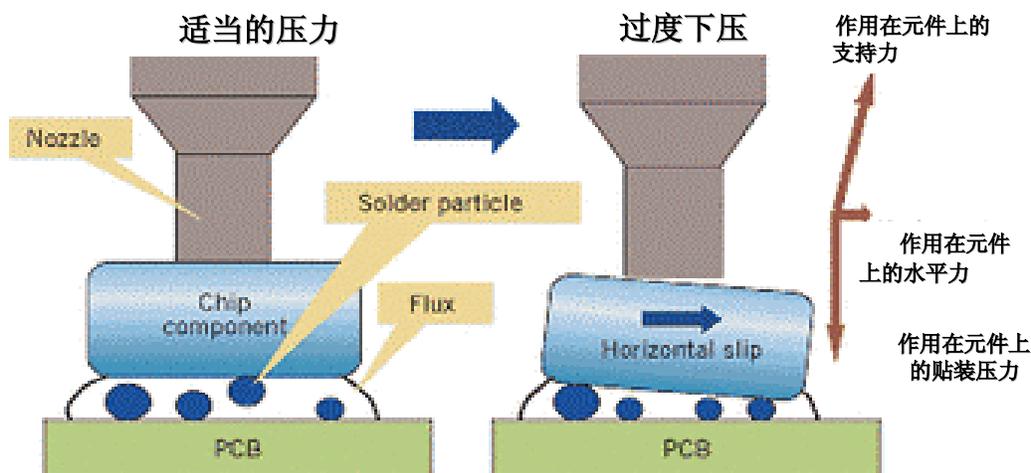


图 14 过多下压导致元件偏移

过大的压力会将元件底部的锡膏挤开，形成锡珠，或导致相邻元件短路，如图。

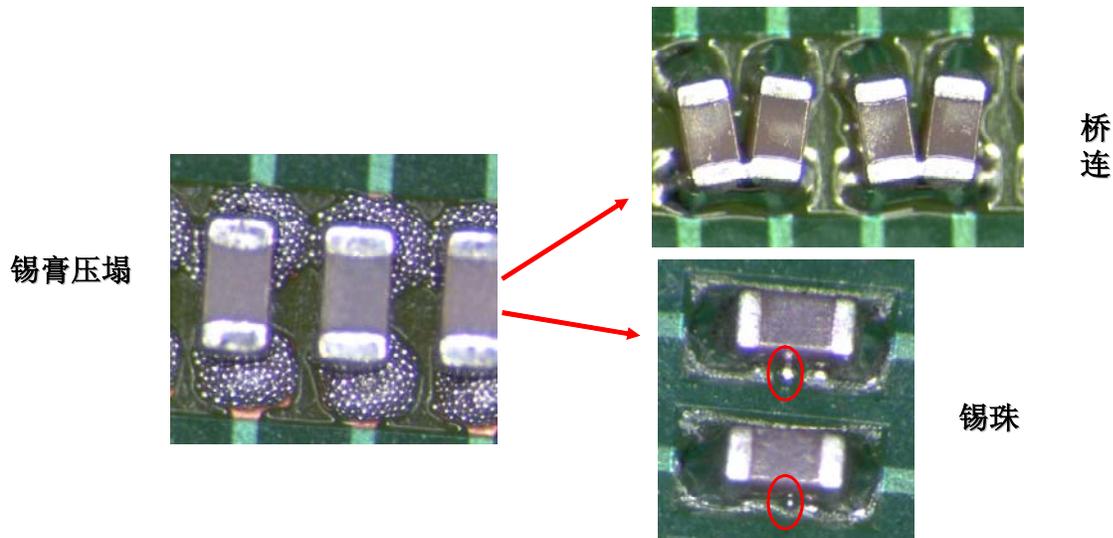


图 15 0201 元件, 过大的压力导致锡珠和桥连

贴片精度对 0201/01005 元件装配的影响

65um@3Sigma 的精度可以很好的处理 0201 和 01005 元件的贴装。当然还必须保证锡膏的印刷精度，单一的偏差有时不会有很大的影响。但是贴片偏差和锡膏印刷偏差的综合影响必须加以控制。譬如，贴片偏差+50um,而印刷偏差为-50um,整个偏差达 0.1mm,对 0201 和 01005 这类细小元件此偏差已非常大。

所以必须关注细小元件电气端与锡膏的重叠区域，细小元件两电气端与锡膏重叠区域的大小和差异会对装配良率产生很大的影响。如果元件两端与锡膏接触的区域差异大，这种不对称很容易导致元件在回流焊接炉内产生“立碑”，锡珠和元件间短路。元件在长度方向和宽度方向的偏移，所产生的缺陷不尽相同。

在 PCB 和印刷钢网设计的时候，需要考虑贴片机和印刷机的精度，以及 PCB 和钢网的制造误差，确定适当的“重叠区域”，以补偿可能出现的差异。总之，细小元件的装配良率受贴片精度和锡膏印刷精度的综合影响。

总结

细小元件应用越来越广，给设备和工艺带来了挑战，因为其对各种变数更加敏感，细小的变化可能导致非常显著的影响，如 0201 贴装偏移量增加甚至小于 0.1mm，不良率将增加超过 5000ppm！工艺材料，机器，方法(工艺)，人员，和环境完美的结合才能获得稳健组装工艺和高质量产品。本次只是阐述贴装工艺中控制重点，基板和印刷钢网的设计，锡膏的选择和印刷，印刷工艺及回流焊接工艺的控制对于整个组装工艺同样重要。

参考资料

1. Adriance, J. and Schake, J., "Mass Reflow Assembly of 0201 Components", proceeding from the IPC APEX conference, March 2000, Long Beach, CA.
2. Westby, G., Adriance, J., Prinz von Hessen, W., Schake, J. And Barbini, D. , "0201 Issue and Process Window", September 2000, Area Array Consortium Area Array Consortium Webcast, Universal Instruments Corporation, Binghamton, New York 13902.
3. Schake, J., "Mass Reflow Assembly of 01005 Resistor Components", proceeding from the IPC APEX conference, February 2007, Los Angeles, CA.
4. Viswanathan, A, Schake, J., and Srihari, K, "Process Characterization for the Assembly of 01005 Components", proceedings from the SMTA International conference, September 2006, Chicago, IL.

环球仪器 SMT 工艺实验室联系方式:

上海办公室:

John P. Almiranez – Sr. Laboratory & Process Engineer

Email address: almiranz@uic.com

Mobile no. - +86 13706210635

Office Phone No. +86 21 -64952100 EXT 221

深圳蛇口办公室:

Li Yi – Process Research Engineer

Email address: liyi@uic.com

Mobile no. - +86 135-1034-3530

Office Phone No. +86 755-2685-9453