

无铅元器件在航空电子设计中的应用评估对策

安连朋

摘要: 由于元件无铅化的趋势是不可逆转的,所以在ADHP的使用范围内,人们越来越关注锡须的危险性。由于缺少有铅化元件,不能从根本上解决锡须长大问题。但从元件管理的观点来看,无铅元件也不全是祸害,只要有合适的减轻措施就可以了;目前,国内外已有相应的解决方案,以减少锡须源的危害,改善产品的安全。但在ADPH系统中,采用有铅化元件仍是首次选用。要完全取代铅化元件,航天电子产业仍需一代又一代的努力,寻找出一条切实可行的安全解决方案。

关键词: 无铅元器件;航空电子;电子设计

引言

目前,一般商业及工业用途已成为主流,各大厂商纷纷推出「全铅化」的计划,以减低制造成本、缩减生产线。该行业已经得到了ROHS的豁免,因此将来的航空电子设备将可以继续采用锡-铅合金焊料。然而,随着航空电子产业中商业货架产品(COTS)的应用日益增多,出现了无铅与含铅元件混杂、或原先采用含铅元件,后因停产等原因改用无铅元件的现象。

一、无铅元器件对高可靠系统的危害

(一) 易生长锡须,对整机系统造成危害

锡须,或称为锡须,是一种具有导电性的单一晶体结构。锡须会造成设备的永久性短路,短时短路,残屑污染,以及真空金属蒸气弧等。早在1940年代,人们就发现了锡须。通过研究,我们发现,在锡中加入适量的铅(<3%,按质量计),能有效地抑制锡须形核,从而解决了锡须问题。在禁用含铅焊料后,锡须问题再度凸显,而目前的无铅焊料均无法完全防止锡须的增长。

(二) 易造成锡瘤,危害系统

当温度在摄氏零下十三度以下时,锡突然膨胀,原子间的空隙变大,锡就会变成一种新的晶体,也就是所谓的“锡瘤”,也就是“锡疫”。焊瘤可能会造成元件的引出端部和焊接点的损坏。

(三) 焊接温度提高,对其他元器件有负面影响

目前,人们普遍采用的无铅焊料,例如锡银铜焊料,其钎焊温度高于铅锡焊料30~40℃。若按铅锡焊料的焊接温度焊接,则无铅元件无法很好地与焊锡焊接;若按无铅焊料的温度焊接,太高的温度会使印制板变形变色,对含铅装置造成危害。

(四) 铅污染铅的加入

对以锡为主要成分的合金性能有较大的影响,如果将铅移除后,如在焊接时产生铅,则会影响到焊点的性质及品质;这就是所谓的“铅污染”。铅污染降低了焊接点的熔化温度,缩短了焊接点的使用寿命。

二、无铅元器件对高可靠系统造成的技术和管理问题

(1) 标识方法不统一。由于各个部件生产商没有一个统一的无铅部件识别方式,因此,部件使用者很难知道该部件所采用的是哪一种焊料,而且,由于不同种类的焊料焊接温度和工艺都不一样,导致焊接点的可靠性也不一样,而且,这些标识的混淆,也不利于零部件的零部件和系统的维修。(2) 不能用肉眼检查来确定零件的无铅度。对于没有明显识别的设备,必须由高可靠性的用户逐个批次检查元件引出端的电镀成份,并用X射线来分析焊接点的成份。(3) 焊接点的肉眼检测接受准则存在差异。根据铅锡焊点的目检准则不合格的焊点,一般都能满足无铅焊点的目检要求,这就要求操作者再接受训练。(4) 在装配和维护过程中,必须使用有铅、无铅的混炼过程。目前,多采用铅锡焊料及有铅装配方式进行无铅组件的装配,难以对相同型号组件进行不同电镀,且对装配过程要求也不尽相同。有铅和无铅两种

作者简介: 安连朋(1987.3——),男,汉,河北清河人,本科,研究方向:电子元器件。

金属元素混合使用，会导致金属和金属表面的镀层不兼容。如果在组件的装配过程中发现有铅化过程中碰到了无铅化的元素，那么就可以采取相应的行动来解决这个问题。但是，当你不小心碰到了无铅部件，尤其是BGA、CSP封装的无铅部件，而你却在安装之前没有发现它，还在使用有铅焊接和有铅焊接，那就很糟糕了。这将会带来很大的可靠性问题。(5) 在进行焊剂的替换时要小心。目前没有任何一种助焊剂适合进行无铅焊。在装配完成后，如果使用免清洁的焊剂，将会在印刷电路板上留下导电的焊剂。

三、无铅元器件在航空电子设计中的应用评估对策

(一) 商用现货模块

在设计中所用的商业现货模组，是指厂商针对多个用户研发的装配件或子卡，它的设计与配置受厂商或工业标准的控制，用户可以直接在自己生产的产品上使用，而不改变其设计或功能。也就是，这种组件并不是专为满足航天产品的电子系统要求而设计和生产的，因此，其可能的情形是：(1) 商业现货包装附件和商业现货附件可以通过一家或更多的供货商进行采购，可以通过代理商或经销商而非直接向组件制造商采购^[1]。(2) 组件制造商因无法预测本产品的适用范围，因此在选择组件时没有专门考虑无铅化带来的危害，有产生锡须的危险。(3) 模组工厂得变更元件或生产辅料，而无需告知顾客，且不会影响产品的功能及外观。(4) 模组制造商不一定取得有关的飞机产品证书。在未拆卸或维修的前提下，所有商业现货组件均视同商业现货组件，其监管规定与商业现货组件相同。

(二) 商用现货元器件

在设计过程中，我们已经考虑到了一些防护措施，当锡须会破坏重要功能时，可以采用无铅化元件，也可以采用锡镀层；而且，使用无铅化制程及元件，将不会影响产品之可靠性及使用寿命^[2]。目前，在大规模采用商业现货元件时，往往存在着难以获得或无法核实的焊接材料及组装过程等信息问题。在此基础上，本文提出了一种基于板级或系统级可靠性评估的方法。焊接接头的耐用性很大程度上是由其自身性质决定的^[3]。若选用合适的制程及材质，元件插脚上之镀层对整机之耐用性几乎无影响，可忽略不计。无铅材料之元件、制程及材料，在不附加任何环境及工作条件下，均可依AS9100规程制造。

(三) 表面涂层

在印刷电路板装配(装配)的水平上，应该对所有印刷电路板进行表面处理。一是抑制锡须长大；二是对从涂料中逸出的锡须状物，不管其是否松脱或断，均能避免与管脚接触而引起短路；因此，在组装过程中必须进行表面涂装。这种涂料需要用到丙烯酸、对二甲苯、聚亚安酯等涂料。镀层厚度在25-125微米之间。在这种情况下，尽管不能确保元件插脚已经完全封闭，但是插脚焊点处的前面和边上都有一层连续的镀层，就可以认定是采用了有效的减轻措施。

(四) 无铅阵列封装

无铅阵列化封装存在以下问题：无铅钎料延展性差，导致其在高温、高温、高重力等条件下可靠性下降。这时，印刷电路板与此类封装之间由于热膨胀系数的不同而产生的弯曲现象以及机械应力的存在，都会引起焊点的断裂。而且，在焊完以后，很难发现焊缝的缺陷，还需要另外的仪器对焊缝进行检测和修复。从元件管理的观点来看，无铅阵列不被推荐用于航空电子设备，这类器件易出现弱焊点提前失效，只有含锡-铅或锡-铅-银合金的BGA^[4]。在没有其他选择的情况下，采用无铅BGA(锡-银-铜)合金钎料对重铸焊点进行处理。

结束语

总的来说，目前航空业的主流意见是：商业无铅电子元件可用于航空领域，前提是要配合锡-铅焊接，但必须遵守有关规定。针对球形阵列封装(BGA)中存在的可焊性、可靠性等问题，目前更多采用锡-铅(Sn-Pb)球形结构。

参考文献

- [1] 马菁轶. 航空电子设备结构件机械加工工艺设计研究[J]. 中国设备工程, 2023, (22): 107-109.
- [2] 蔡慧敏, 卞金来, 张鹏明, 田建学. 航空电子设备交互式电路图册设计分析[J]. 电子技术, 2023, 52(08): 22-23.
- [3] 张洁. 电子组装元器件半导体激光无铅软钎焊技术研究[J]. 职业, 2019, (31): 114-115.
- [4] 江楚玲, 廖华冲. 有铅与无铅元器件混装焊接工艺方法[J]. 现代制造工程, 2019, (05): 118-121.