

集成电路板 SMT 受潮引发焊接失效问题研究

王飞

重庆川仪微电路有限责任公司 重庆市 400700

摘要：本文系统分析了 SMT 生产中电路板与元器件受潮引发的各类焊接失效问题，明确水汽渗入会造成器件材料性能退化，回流焊高温环境会引发器件分层爆裂，同时会使焊点产生气孔缺陷，严重降低焊接连接稳定性。针对以上失效成因，本文从仓储管理、焊前工艺、过程监测三个维度，搭建全方位的防潮管控方案，通过规范储存体系、优化烘烤工艺、完善监测机制，有效解决受潮导致的焊接缺陷问题。研究成果可有效改善 SMT 焊接质量，降低产品报废率，为电子制造业 SMT 防潮与焊接质量管控提供切实可行的技术参考。

关键词：集成电路板；SMT 受潮；焊接失效

表面贴装技术是当前集成电路板加工生产的主流工艺，广泛应用于消费电子、工业控制及精密通信等各类电子产品制造领域，焊接质量直接决定集成电路板的使用稳定性与使用寿命。在实际 SMT 生产、仓储及运输环节中，集成电路板与湿敏元器件极易吸附环境中的水汽，若未做好除湿管控与预处理工艺，残留水汽会在回流焊高温加工过程中快速汽化膨胀，引发爆米花效应、焊点空洞、虚焊、板面分层及锡珠等多种焊接失效问题。这类受潮引发的焊接缺陷隐蔽性较强，不仅会提升产品返修成本、降低生产良率，还会导致电子产品后期使用中出现故障，严重影响产品可靠性。因此，分析受潮失效机理，提出优化对策至关重要。

1 集成电路板 SMT 受潮引发焊接失效问题

1.1 水汽渗入器件内部，引发材料性能退化

集成电路板及配套贴片元器件多为树脂、陶瓷、金属复合结构，这类多孔疏松的封装材料在常温仓储和生产环境中极易吸附空气中的水汽。水汽会逐步渗透至器件封装层、基材内部以及金属引脚界面，长期滞留会改变基材的绝缘性能与力学性能。水汽会与封装树脂中的极性成分发生作用，引发材料微水解反应，造成基材韧性下降、内应力分布不均。同时水汽会导致金属引脚轻微氧化、腐蚀，生成氧化杂质附着在焊接界面^[1]。这类材料性能退化问题具备极强的隐蔽性，前期无法通过外观检测发现，会直接破坏后续焊接界面的结合条件，为虚焊、脱焊等焊接失效问题埋下隐患，大幅降低电路板基础使用性能。

1.2 回流焊接快速受热，导致器件分层爆裂

完成贴装的受潮电路板进入回流焊工序后，设备内部短时间急剧升温的环境会让器件内部残留的液态水汽快速汽化。水汽汽化后体积会成倍膨胀，而器件封装基材与电路板铜箔层的密封结构无法快速释放内部膨胀气压，进而在材料内部形成高压应力。当内部气压超过材料层间结合力与结构承受极限时，就会出现基材分层、封装鼓包甚至器件爆裂的爆米花效应。这种高温高压引发的结构损伤会直接破坏元器件与电路板的贴合结构，造成器件本体破损、板面铜箔脱落。该缺陷多发生在高温焊接阶段，会直接导致产品一次性报废，大幅降低 SMT 生产线的生产良率，增加企业的生产损耗与返工成本。

1.3 焊点形成气孔缺陷，降低连接可靠性能

电路板与元器件表面吸附的微量水汽，在回流焊高温熔融焊料的作用下会持续汽化，未及时溢出的水汽气体会被困在熔融焊锡内部，焊点冷却固化后就会形成大小不一的气孔缺陷。焊点气孔会直接缩减焊料与引脚、焊盘的有效接触面积，大幅削弱焊点的机械连接强度与导电性能^[2]。在电子产品后续振动、温差变化的使用工况下，带气孔的焊点极易出现开裂、脱焊、接触不良等问题。相较于显性焊接缺陷，气孔缺陷检测难度更高，细微气孔难以通过常规外观筛查检出，会造成产品隐性质量隐患，导致电子产品运行稳定性下降，大幅提升设备后期故障概率。

2 集成电路板 SMT 受潮引发焊接失效问题应对策略

2.1 建立规范储存体系

首先，企业需搭建专用恒温恒湿仓储环境，严格把控仓储核心参数，将生产物料仓库温度稳定维持在 18-26℃，相对湿度控制在 60%以下，配备全自动温湿度监测与调节设备，实时记录环境数据，及时调控湿度波动，杜绝潮湿环境导致电路板、贴片元器件吸潮受潮。其次，落实物料分级密封储存制度，针对湿敏等级不同的集成电路板材与元器件分类管理，所有湿敏物料均采用真空包装搭配干燥剂、湿度指示卡密封存放，严禁物料裸漏放置于空气中，从物理层面隔绝水汽接触。最后，完善物料出入库标准化管理流程，严格执行先进先出的领用原则，严控物料开封后的车间暴露时长，未用完物料及时重新密封收纳，同时对仓储作业人员开展专项技能培训，规范物料存放、领用、保管操作，杜绝不规范操作引

发的物料受潮问题，从源头筑牢 SMT 焊接质量防线。

2.2 优化焊前烘烤工艺

首先，推行差异化烘烤工艺参数体系，摒弃传统统一烘烤模式，根据集成电路板材质、元器件湿敏等级、受潮程度划分烘烤标准，针对常规轻度受潮板材，采用 100-120℃ 恒温烘烤 2-4 小时，快速去除表层及浅层水汽；针对高精密元器件、多层电路板及重度受潮物料，采用 80-90℃ 低温长效烘烤工艺，避免高温骤热导致物料基材开裂、内应力损伤。其次，规范标准化烘烤作业流程，物料烘烤前拆除全部外包装，平铺均匀摆放，杜绝堆叠遮挡，保证物料全方位受热均匀，确保内部深层水汽充分挥发，彻底解决除湿不彻底问题。最后，严控烘烤后流转工序，物料烘烤完成后需在恒温干燥车间自然冷却，待温度降至室温后方可投入贴装、回流焊工序，避免高温物料接触车间空气产生凝露，造成二次受潮，通过全流程工艺优化，彻底消除水汽带来的焊接失效隐患。

2.3 完善过程监测机制

首先，落实入库前置受潮检测机制，物料入库后、投产前需通过专业含水率检测设备完成抽样与全检，精准筛查受潮超标的电路板与元器件，对不合格物料单独分类、专项烘烤除湿，验收合格后方可投入生产，从进料端拦截受潮物料。其次，强化生产过程动态防潮监测，在车间作业区域增设除湿设备，维持生产环境干燥稳定，严格管控物料开封后的作业时长，减少物料裸漏暴露时间，有效规避生产流转过程中的二次吸潮问题，全程把控物料干燥状态。最后，优化成品焊接质量检测与数据复盘机制，结合目视检测、X 射线无损检测等多种技术手段，重点排查受潮引发的焊点气孔、板材分层、虚焊等缺陷，精准甄别不良品；同时建立质量台账，定期统计焊接失效类型与成因，反向优化仓储、烘烤、生产工艺，形成发现、整改、优化的闭环管控体系，持续提升 SMT 产品焊接可靠性。

结语

本文围绕集成电路板 SMT 受潮引发的焊接失效问题展开系统性研究，梳理了水汽受潮对元器件材料结构、焊接成型质量的具体影响机理，明确了材料退化、器件爆裂、焊点气孔三类核心失效问题的形成原因与危害。结合实际生产工况，针对性提出全流程防潮管控应对策略，实现从源头储存、焊前预处理到生产过程监测的闭环质量管控。有效解决了 SMT 生产中因受潮导致的虚焊、分层、焊点失

效等常见问题，能够显著提升电路板焊接可靠性与生产良率。

参考文献

- [1]赵小虎. SMT 焊接工艺对电子产品质量的影响 [J]. 大众标准化, 2025, (5): 22-24.
- [2]董煜. SMT 锡膏冷焊缺陷分析及解决策略研究 [J]. 造纸装备及材料, 2024, 53 (6): 100-102.