

电子元器件 失效分析与案例（概要）



中国赛宝实验室 可靠性研究分析中心

可靠性物理国家级重点实验室

张晓明

(020).87237161

www.rac.ceprei.com

目录

➤ 引言

基本技术术语
失效分析的目的
失效分析的应用

➤ 失效分析程序

基本程序
主要设备与作用

➤ 常见失效模式

EOS/ESD
工艺问题

➤ 典型案例

引言

基本技术术语

- **失效**——丧失功能或降低到不能满足规定的要求。
- **失效模式**——失效现象的表现形式，与产生原因无关。如开路、短路、参数漂移、不稳定等
- **失效机理**——失效模式的物理化学变化过程，并对导致失效的物理化学变化提供了解释。如电迁移开路，银电化学迁移短路
- **应力**——驱动产品完成功能所需的动力和加在产品上的环境条件。是产品退化的诱因。

继电器、铝电解、DC/DC、连接器的失效原因

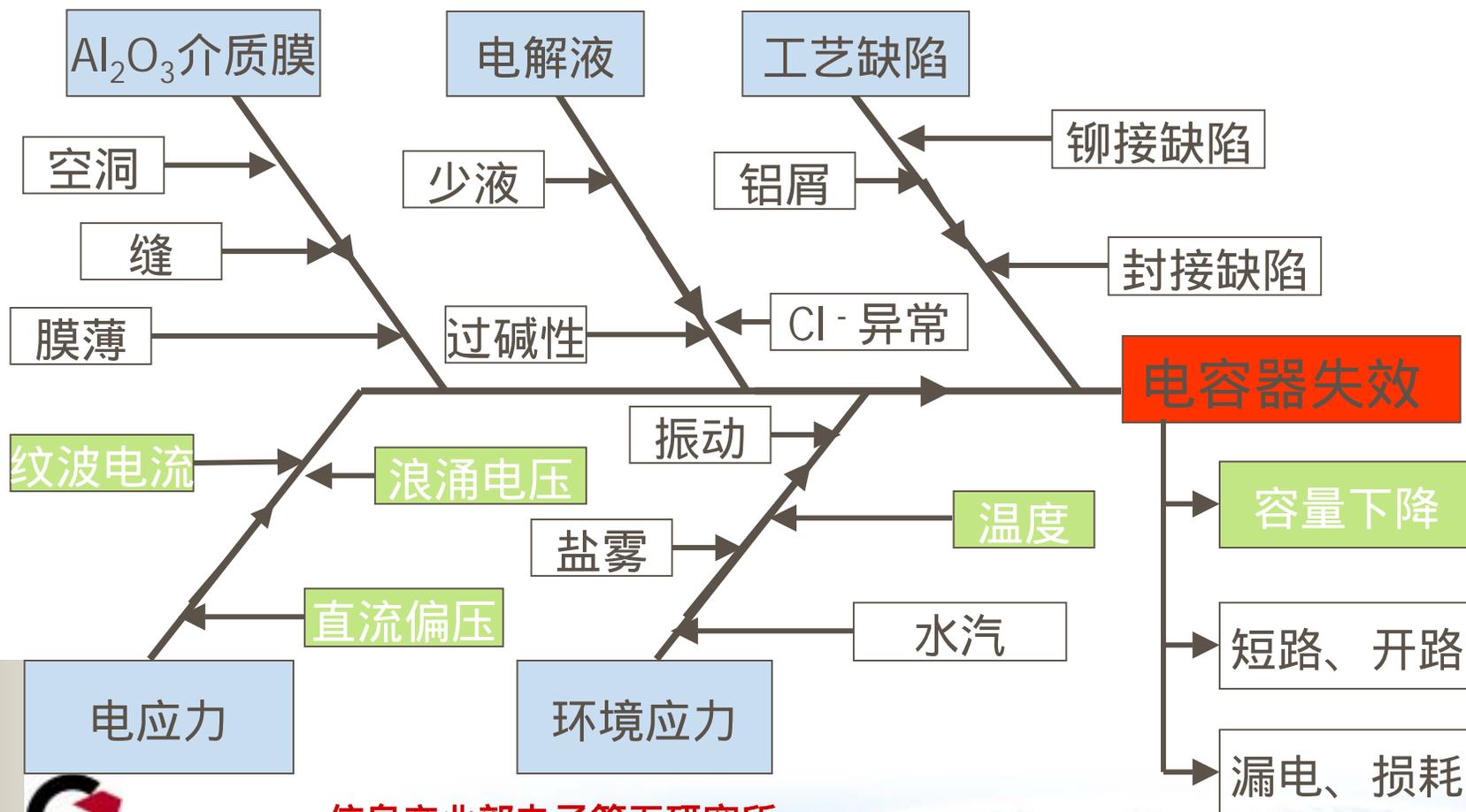


信息产业部电子第五研究所
可靠性研究分析中心(020)87237161

www.rac.ceprei.com

引言

铝电解电容器潜在失效因素



失效分析的目的

- 找出失效原因
- 追溯产品的设计（含选型）、制造、使用、管理存在的不良因素
- 提出纠正措施，预防失效的再发生，改进管理
- 提高产品可靠性，降低全寿命周期成本

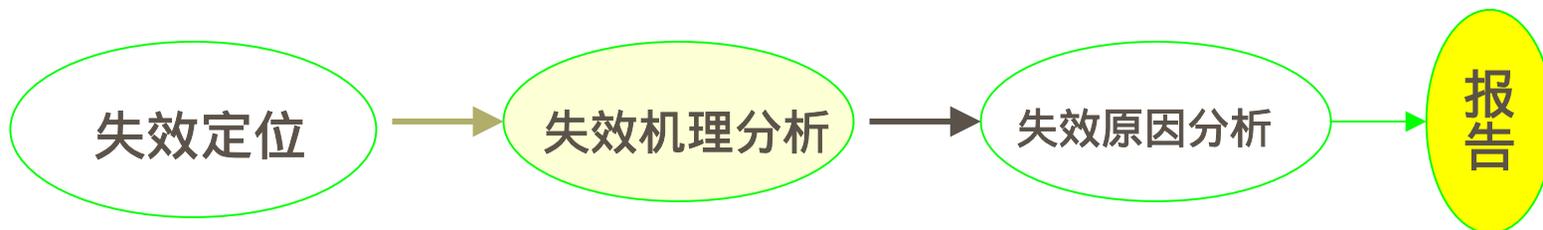


失效分析程序

- 基本程序
- 失效分析设备和作用

失效分析程序

失效分析的基本方法与程序



失效分析程序

FA设备 - 形貌观察分析

➤ 目的

获取失效部位的位置特征和形貌变化特征，求证失效形貌变化过程及其产生原因。

➤ 主要设备

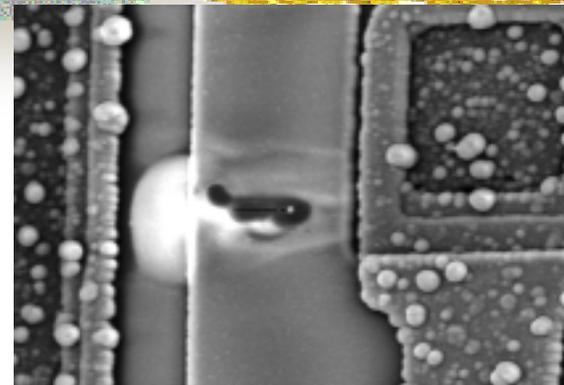
○ 光学显微镜

○ 扫描电子显微镜



失效分析程序

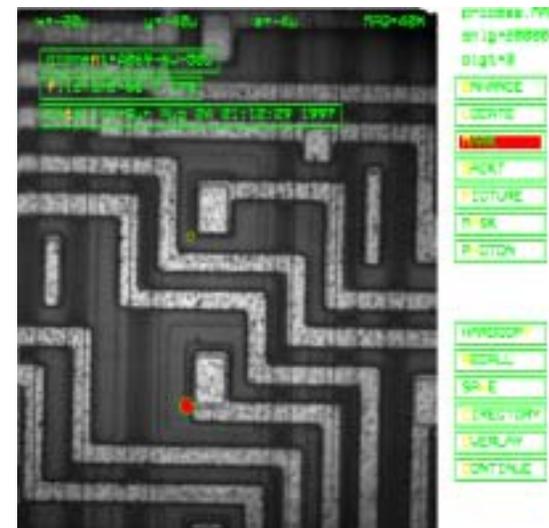
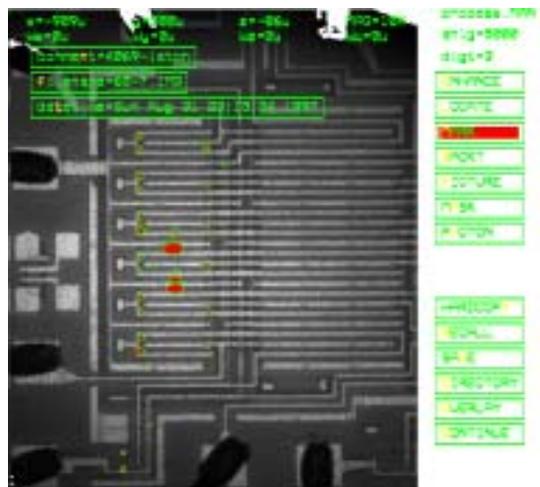
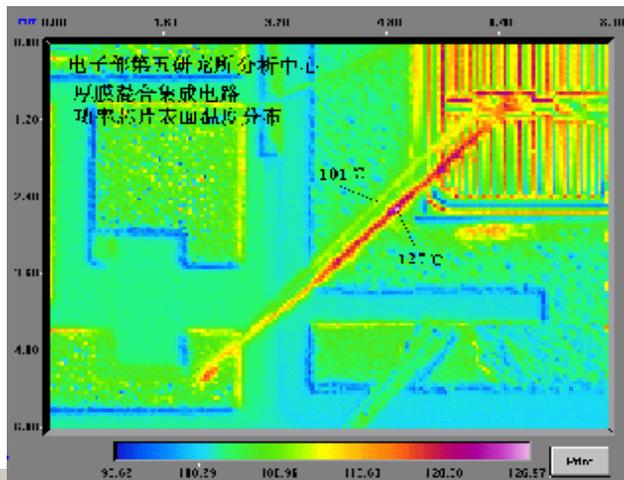
FA设备 - 微形貌分析：微发光、微发热



键合缺陷

闩锁效应

ESD损伤



信息产业部电子第五研究所
可靠性研究分析中心(020)87237161

www.rac.ceprei.com

失效分析程序

FA设备 - 开封、制样

➤ 目的

把失效部位暴露到最表面，实现对失效部位的形貌、成份、微观结构和电参数分析。

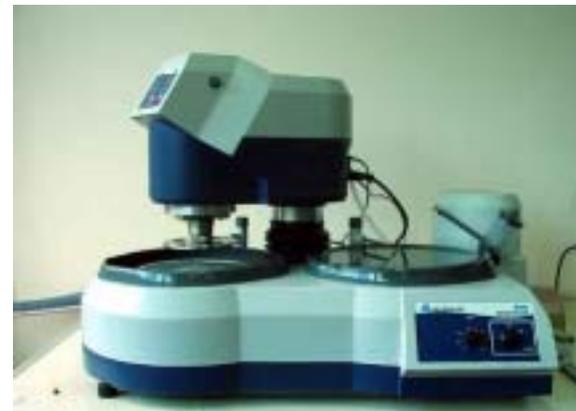
➤ 主要设备

- 化学喷射腐蚀开封
- 机械开封
- 镶嵌制样、剖面制作

开封机

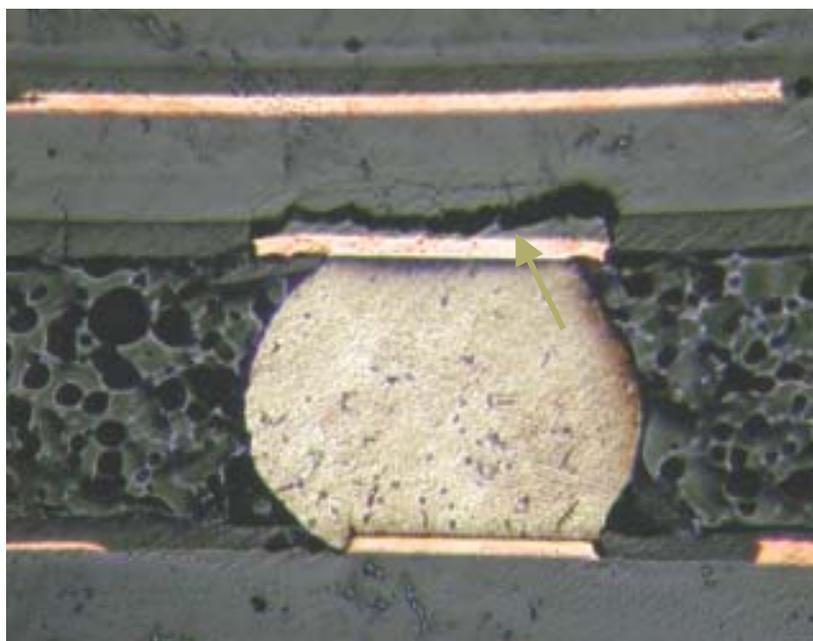


研磨机

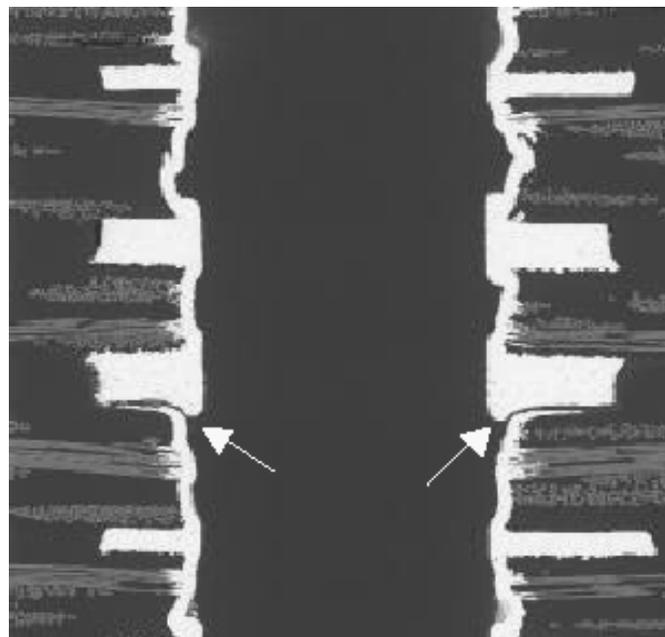


失效分析程序

金相切片分析举例



BGA焊点失效



金属化孔失效

失效分析程序

FA设备 - 电性能分析

➤ 目的

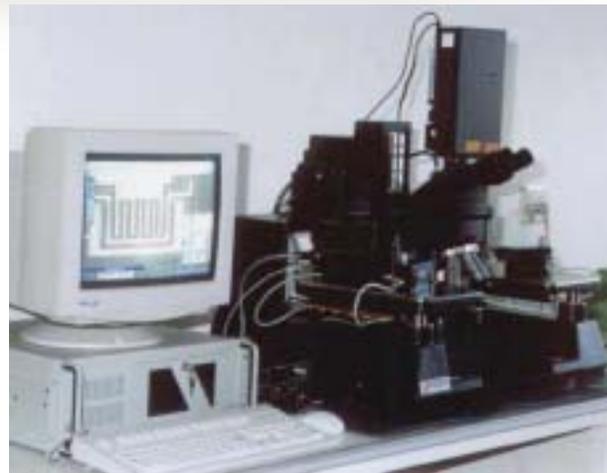
电性能评价，分析样品失效前后电性能变化特征 - 电性能定位、电参数变化与失效机理的求证。

➤ 主要设备

- I - V特性曲线分析
- 半导体参数分析
- LCR参数分析
- 抗静电放电能力分析
- 集成电路参数分析
- 机械探针分析
- 绝缘、耐压分析

失效分析程序

FA设备 - 电性能分析



信息产业部电子第五研究所
可靠性研究分析中心(020)87237161

www.rac.ceprei.com

➤ 目的

实现失效部位成份变化特征分析，求证微区成份变化过程 - 污染、互熔、互扩散、新物质产生、外来物。

➤ 主要设备

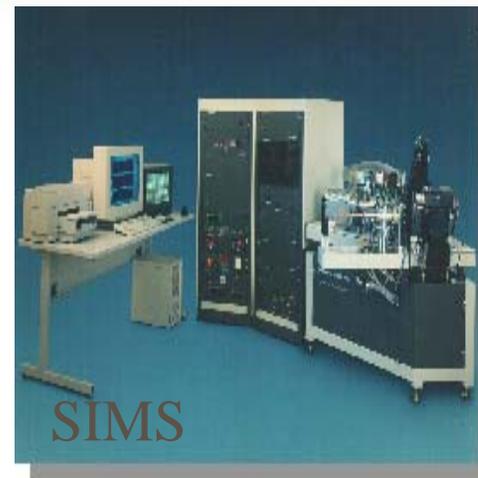
- X射线能谱EDX
- 俄歇谱AES
- 光电子能谱
- 红外光谱
- 二次离子质谱SIMS

	EDAX	AES	SIMS
检测元素 N 原子序数	N>5	N>2	全部
灵敏度 (%)	1	0.1	10 ⁻⁴
深度分辨率 (nm)	1000	1	1
横向分辨率 (nm)	1000	300	1000

失效分析程序

FA设备 - 成份分析

EDX



红外光谱
FT-IR

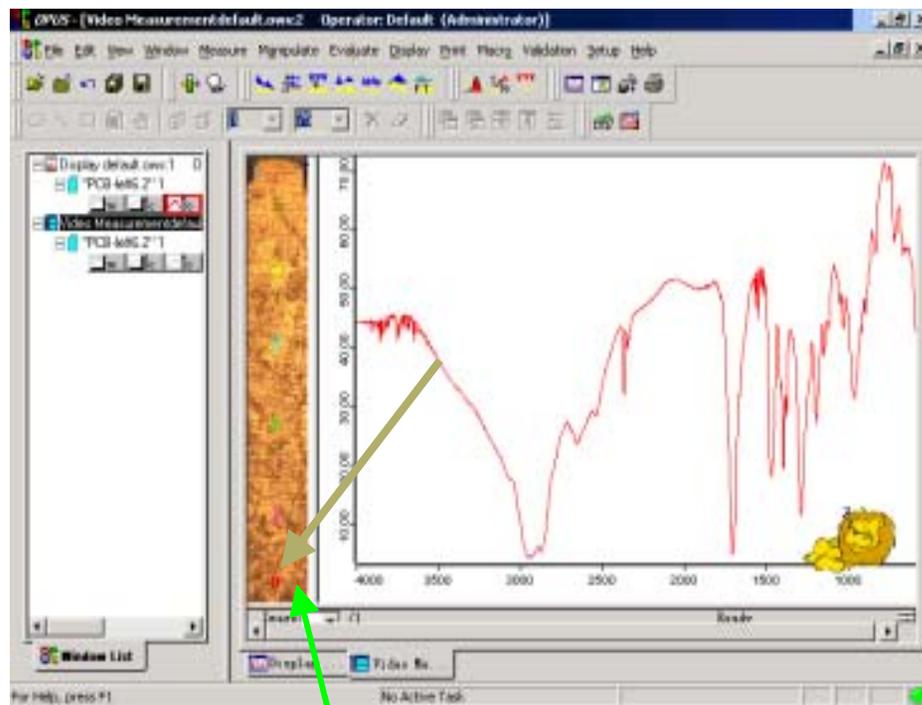




红外显微镜分析 FT - IR Microscopy

失效原因 分析

1. 焊点表面（有机）污染物分析（分析腐蚀失效原因）
2. 可焊性不良的焊盘表面有机污染物分析
(分析焊点开路或虚焊的深层次原因)



金手指有机沾污



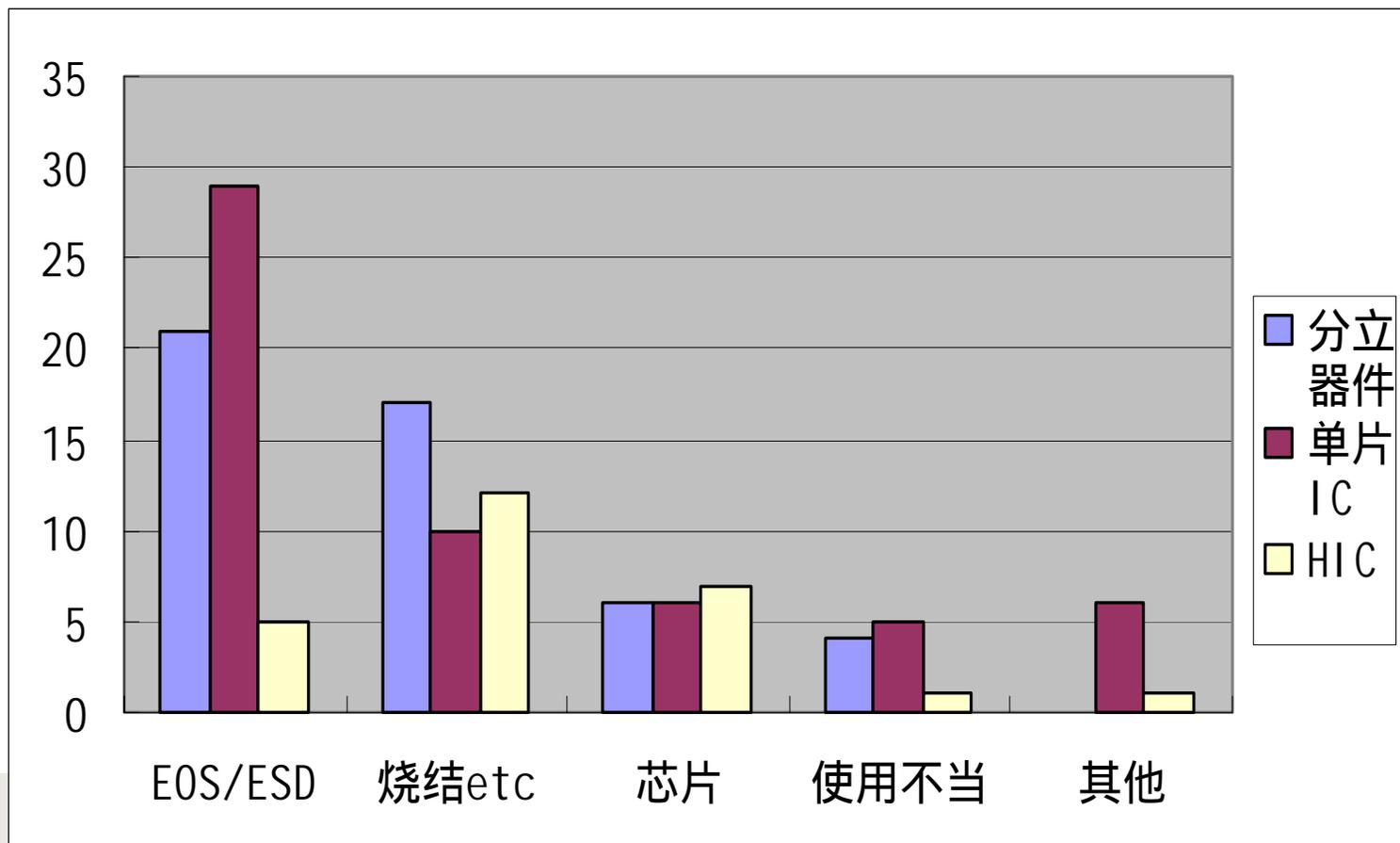
常见失效模式

失效模式分布:

- EOS/ESD
- 工艺问题

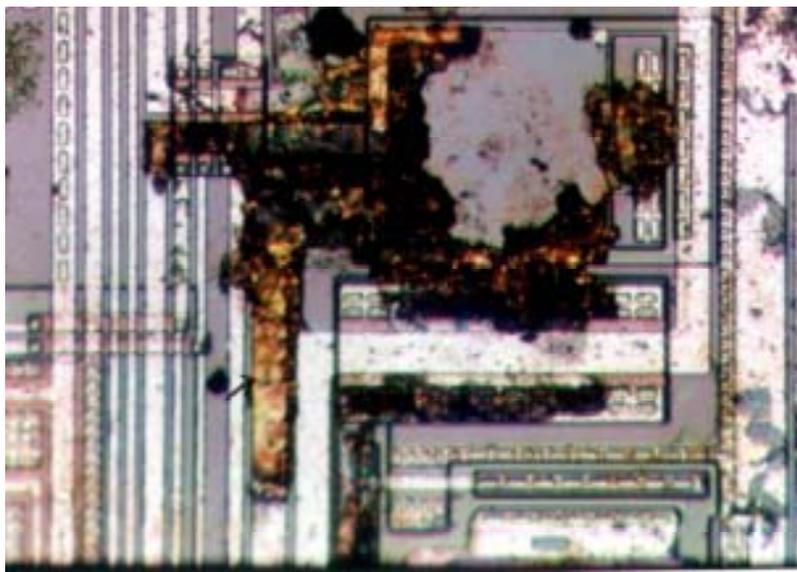
常见失效模式

半导体器件、IC和HIC失效模式分布（原因）

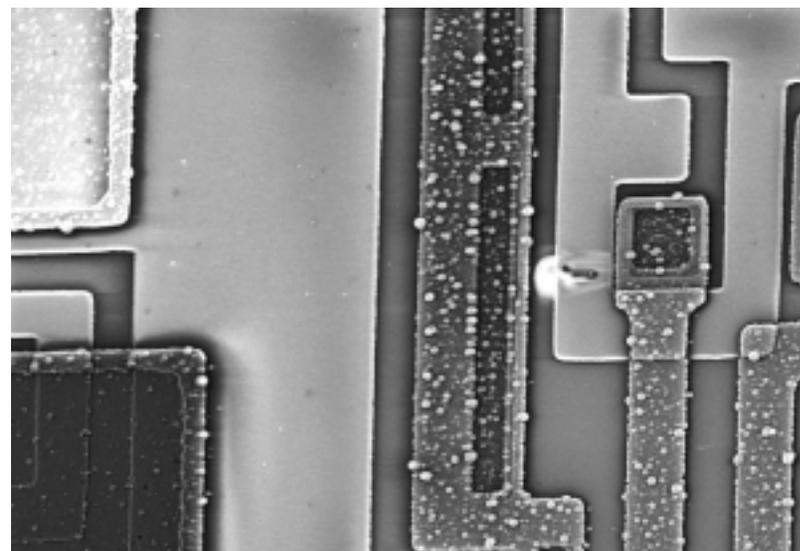


常见失效模式

CMOS电路闩锁失效



集成电路ESD损伤

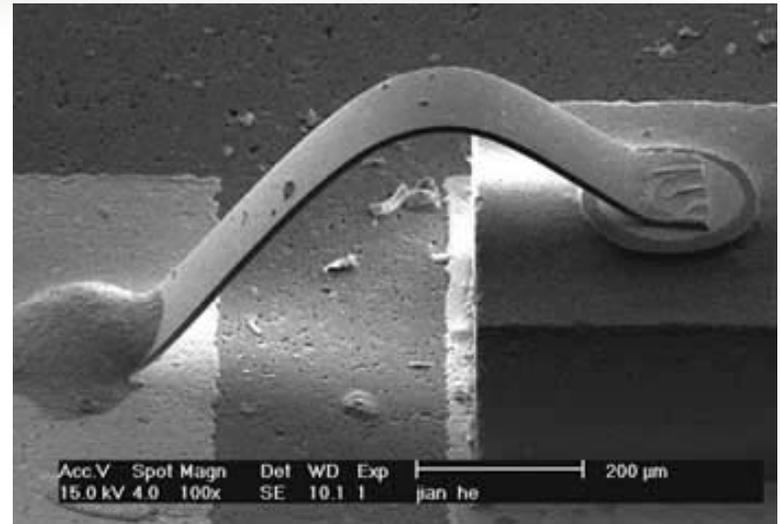
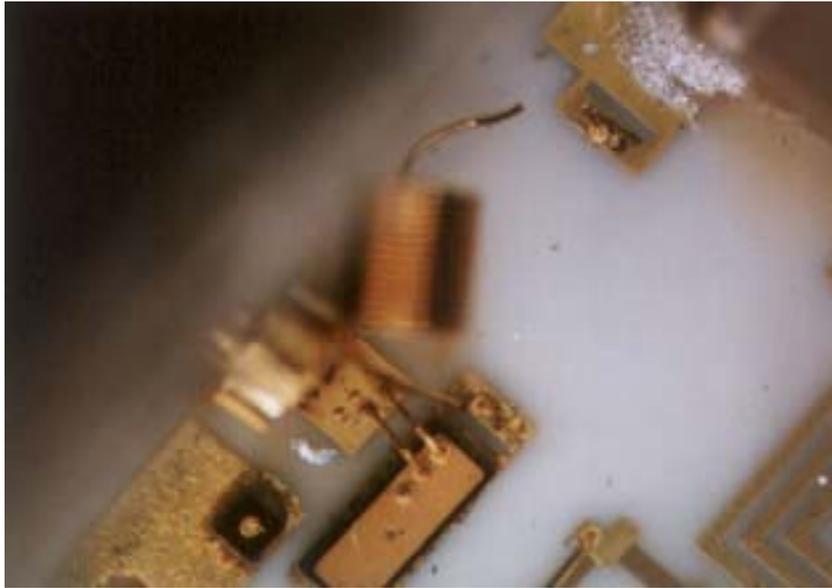


多数电子元器件对静电放电敏感

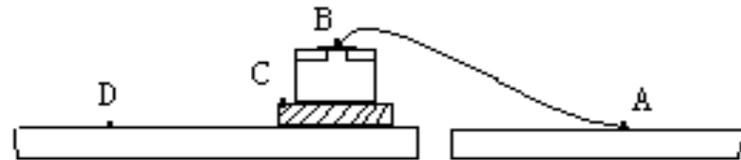
电子生产中产生的静电势的典型值（单位：V）

事件	相对湿度		
	10%	40%	50%
走过乙烯地毯	12000	5000	3000
在工作椅上操作人员的移动	6000	800	400
将 DIP 封装的器件从塑料管中取出	2000	700	400
将印刷电路板装进泡沫包装盒中	21000	11000	5500

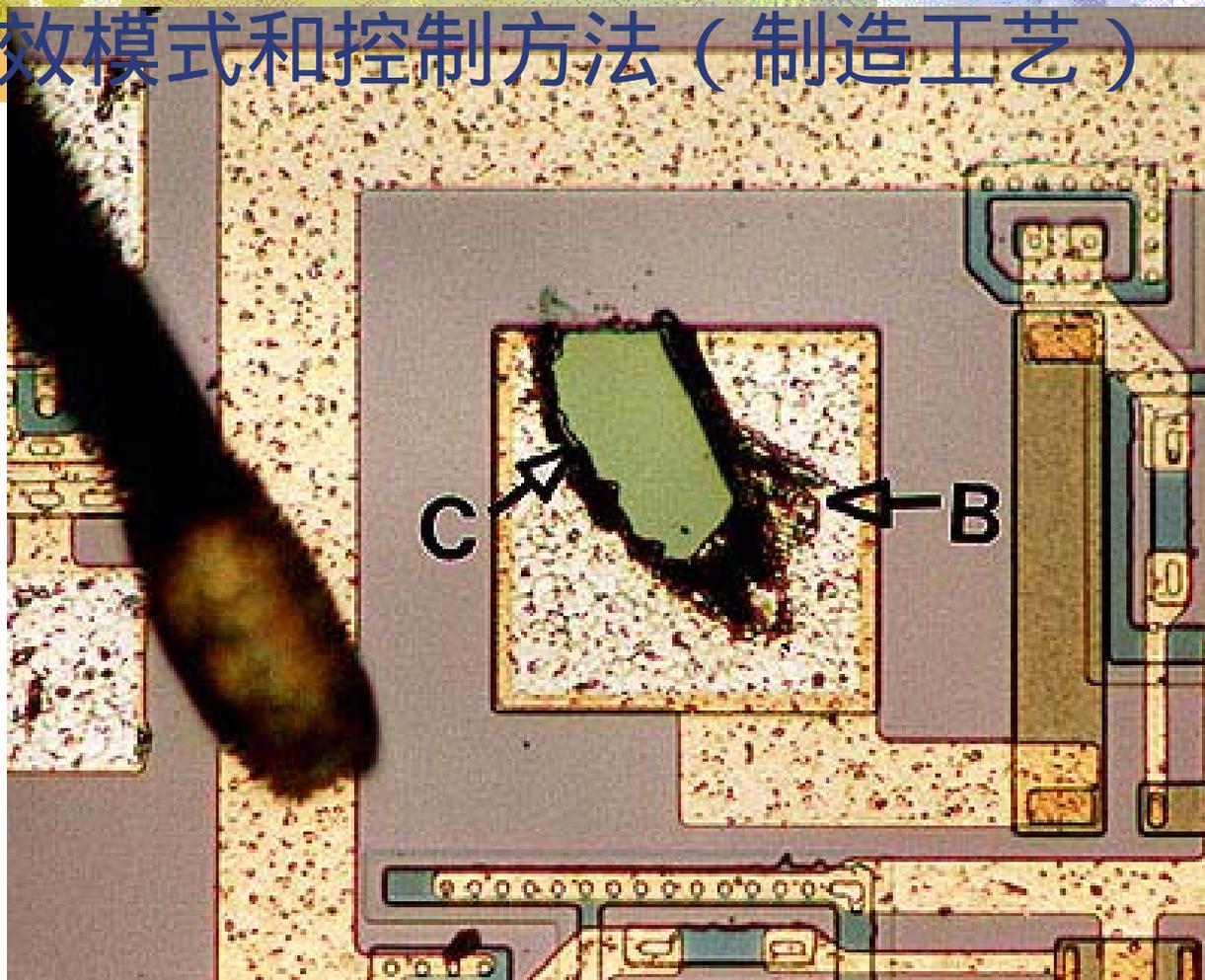
常见失效模式（制造工艺）



键合失效



常见失效模式和控制方法（制造工艺）



键合强度不合格，芯片键合点脱离

B 键合前，键合区曾经划过或曾键合并废弃



键合点从键合区金属化层和氧化层间剥离

信息产业部电子第五研究所
可靠性研究分析中心(020)87237161

www.rac.ceprei.com



典型案例

- 案例1 VDMOS过功率失效
- 案例2 DC/DC模块热设计改进

典型案例

案例1 VDMOS场效应晶体管过功率失效

- 产品：DC - DC (54V - 5V)
电源转换模块
- 现象：输入电子开关大功率VDMOS场效应晶体管频繁烧毁
- 应用电路
- 存在问题



典型案例

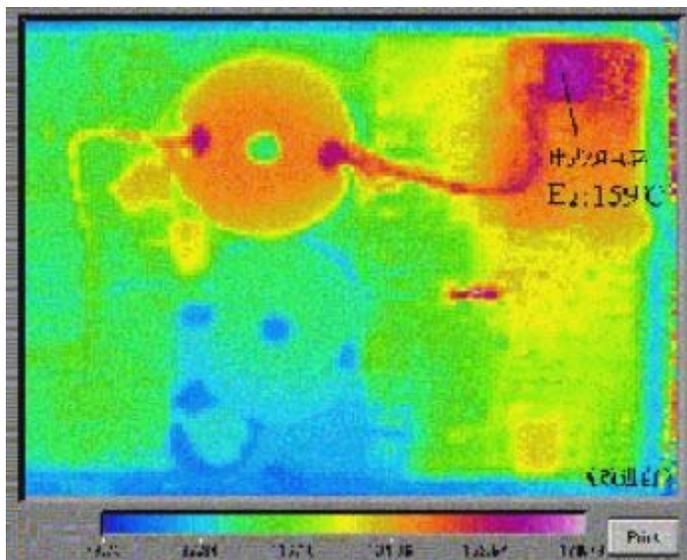
案例1 存在问题

- 开启和关断时间过长，器件在线性区过功率工作，器件过热
- VDMOS场效应管并联工作不能（或难以）均分每个管子的电流
- 供应商调整了器件芯片结构，未通知用户。

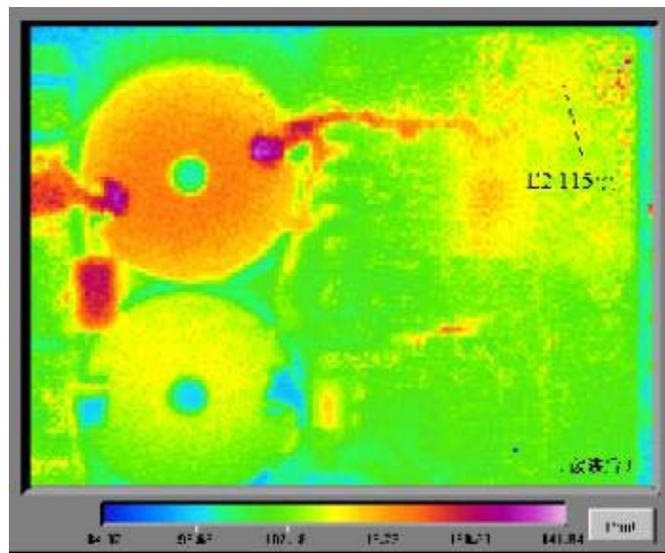


典型案例

案例2 DC/DC热设计改进



原设计电路中，右上角一片式电容器的表面温度已高达159℃，超出了该电容器125℃的温度上限



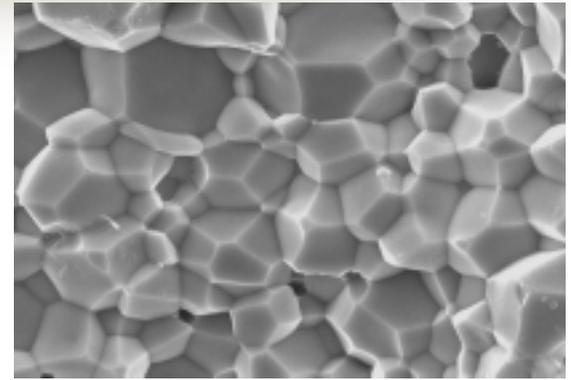
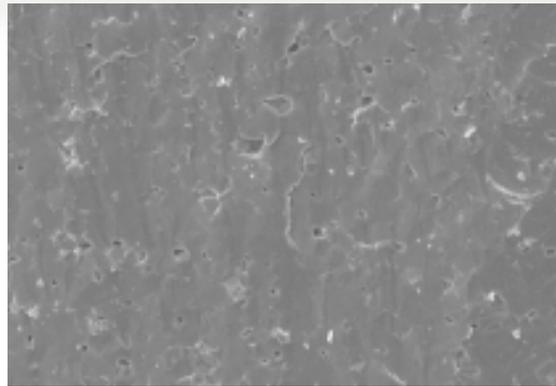
设计改进后，电容器的表面温度下降到115℃，降低了44℃，产品一次通过了高温负荷寿命试验



更多案例... ..

- 材料缺陷
- 工艺缺陷
- ESD失效
- 浪涌失效
- 沾污失效

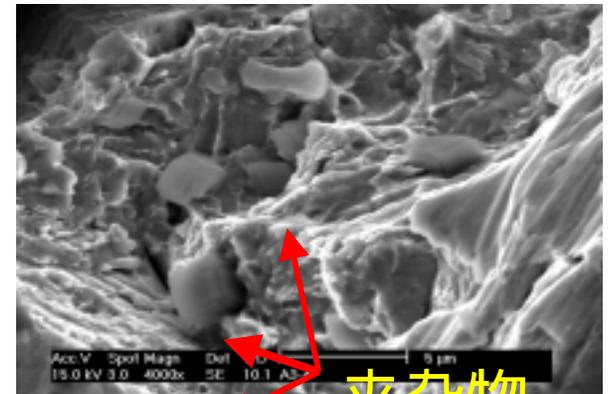
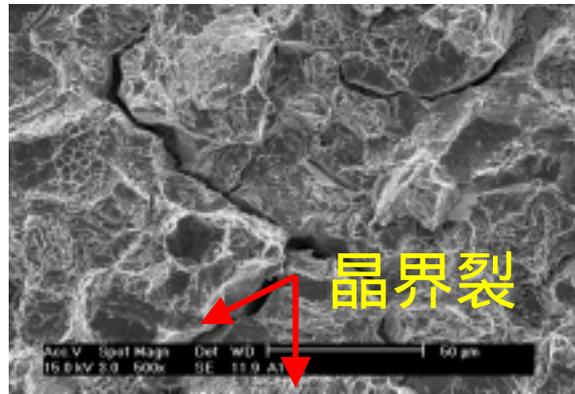
FA案例 - 器件材料缺陷1



磁性材料断裂

断口呈现过烧结 - 玻化

正常材料呈现石榴型结构



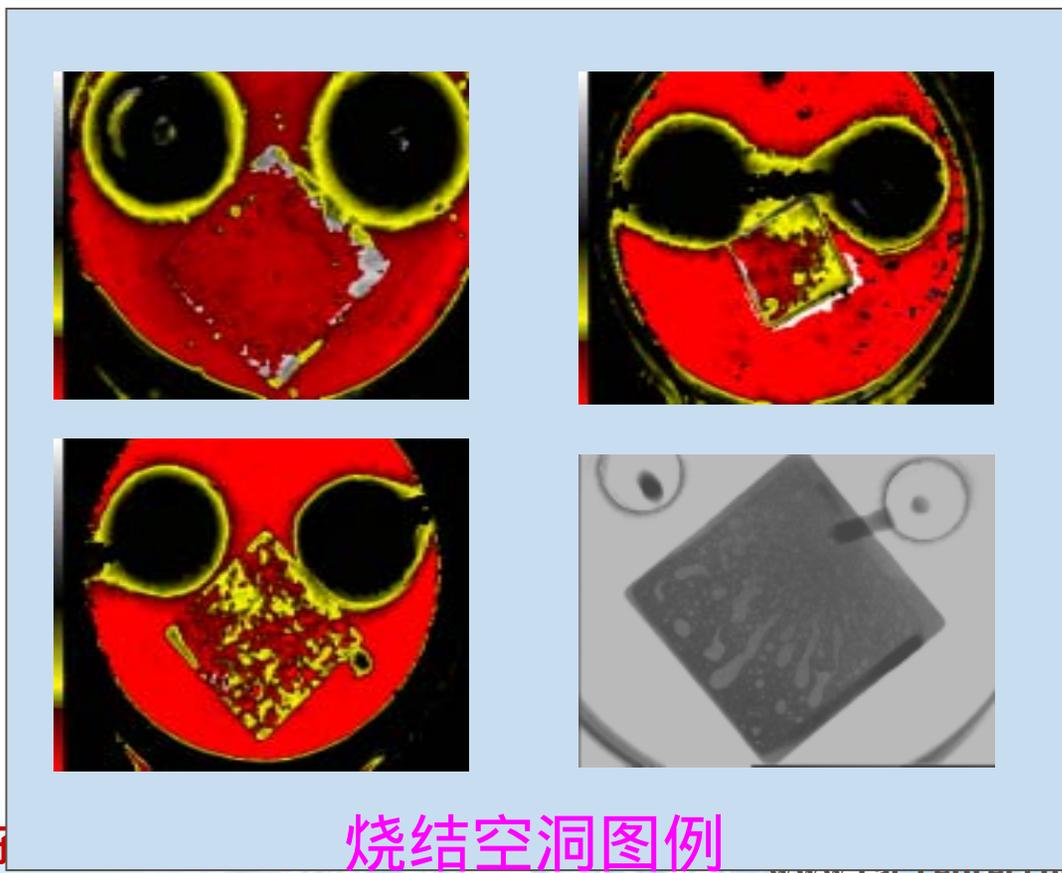
金属断裂

晶粒裂 - 机械力差 - 脆性

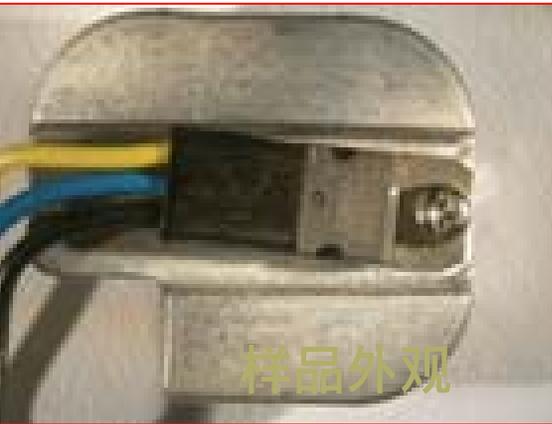
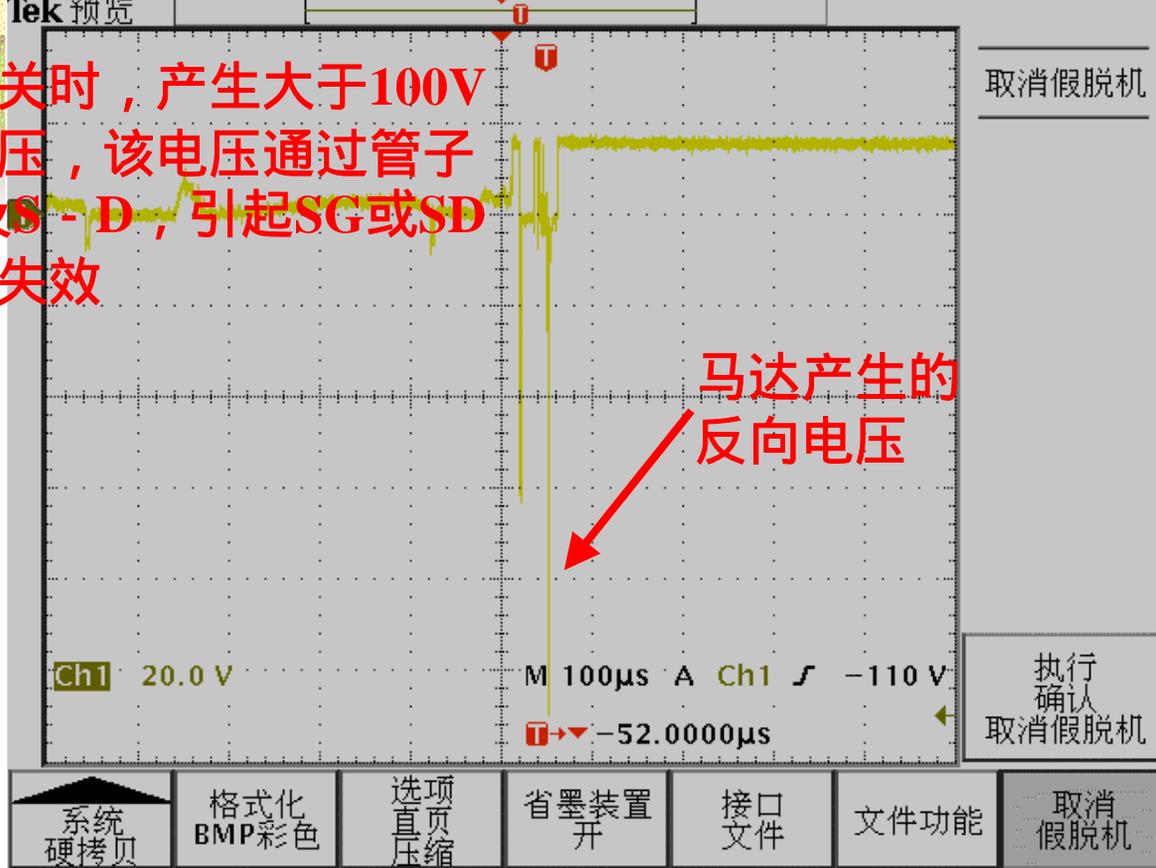
夹杂物 - 机械力差 - 脆性

FA案例 - 器件工艺缺陷 2

芯片焊料烧结空洞 - 散热不良 - 芯片过热烧毁



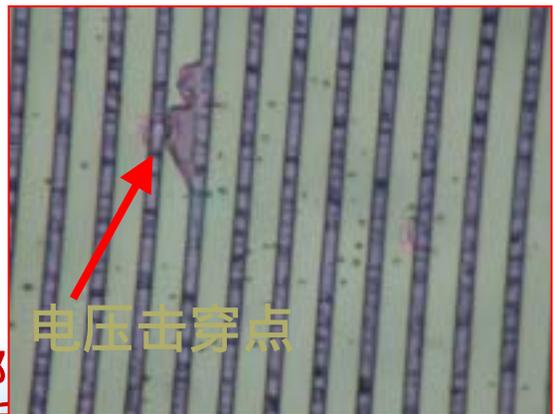
马达关时，产生大于100V
反向电压，该电压通过管子
S - G及S - D，引起SG或SD
击穿而失效



样品外观



芯片全貌



电压击穿点

FA案例
- 电路中电压瞬变
引起失效

www.rac.ceprei.com



信息产业部电子第五研究所
可靠性研究分析中心(020)87237161

www.rac.ceprei.com