

微电子器件可靠性

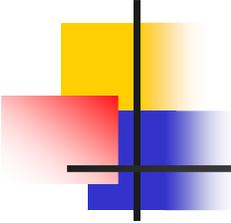
Reliability of Microelectronic Devices

西安电子科技大学 XIDIDIAN UNIVERSITY

V2.0 © 2007 韩孝勇 Han XiaoYong

xyhan5151@yahoo.com.cn www.dianzichan.com

第十一次课 可靠性试验



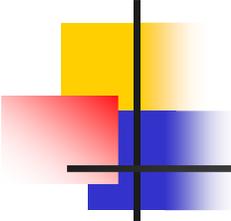
第十一次课 可靠性试验

- 本次课主要内容

- 概述
- 比较
- 气候环境试验
- 机械环境试验
- 电磁环境试验
- 辐射环境试验
- 生物环境试验

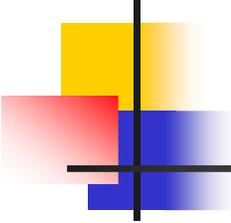
- 本次课要点:

- 了解各种试验的目的和基本概念。



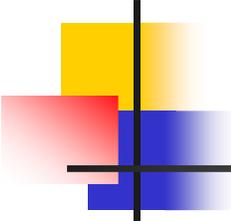
概述——可靠性试验的定义

- 为测定、验证、评价、分析或提高产品可靠性而进行的试验。
- 可靠性试验的目的：
 - 确定可靠性特征量；
 - 考核评价可靠性指标能否达到要求；
 - 研究不同环境的失效机理，提高可靠性；



概述——可靠性试验的分类

- 按试验目的分：
 - 提高产品固有可靠性为目的的工程可靠性试验
 - 研制过程的可靠性增长试验
 - 为提高产品固有可靠性而进行的失效分析试验
 - 筛选试验（100%）
 - 以评价产品可靠性水平为目的的统计可靠性试验。
 - 可靠性鉴定试验
 - 可靠性定级试验
 - 可靠性维持试验
 - 例行试验
 - 可靠性验收试验
 - 寿命试验



概述——可靠性试验的分类

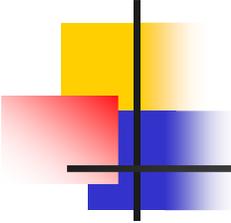
- 按试验场所分：

- 模拟试验

- 模拟现场环境或工作环境对器件施加应力试验称模拟试验。它包括单应力试验和复合应力试验。

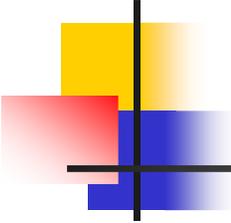
- 现场试验

- 在工作现场进行的试验称现场试验。包括现场存储试验和现场使用试验。（收集用户数据）



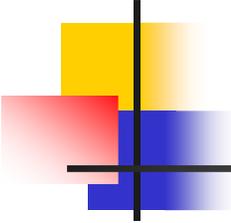
概述——可靠性试验的分类

- 按试验应力大小的角度分：
 - 破坏性试验
 - 使良品样品产生个结构缺陷的试验称破坏性试验。
 - 非破坏性试验
 - 若某一试验连续进行5次，被试样品的性能没有因试验而发生变化，一般称非破坏性试验。



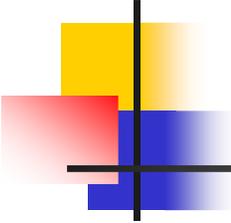
概述——可靠性试验的分类

- 按施加应力的类别分：
 - 气候环境试验
 - 机械环境试验
 - 电磁环境试验
 - 辐射环境试验
 - 生物环境试验



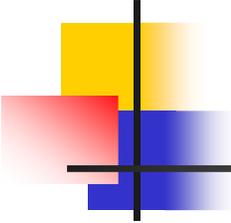
比较——可靠性增长试验和失效分析试验

- **可靠性增长试验**是为**提高**产品可靠性而进行的有计划的可靠性试验。
 - 其实施方法是：为暴露产品的可靠性薄弱环节，对产品施加特定的强应力，使其失效，依据失效机理确定产品的可靠性薄弱环节，实施改进措施，并证明改进措施能解决找到的薄弱环节，然后再对改进后的产品施加新的应力，寻找新的薄弱环节；随着试验不断地进行，产品的可靠性逐步增长。
- **失效分析试验**是在产品失效后进行的试验
 - 寻找失效机理的目的是为了**确定失效**是由使用不当造成的，还是由产品固有缺陷引起的。若是后者还要确定这种缺陷是偶然的，还是批次性的，然后才能依据结论采取措施。



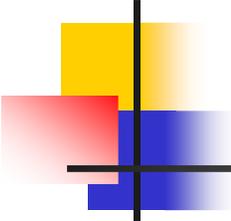
比较——老炼试验和筛选试验

- 共同点：产品都要**100%**地进行。
- 差别：
 - 老炼试验的目的是使产品的微结构**进入稳定状态**，以便使产品在工作状态下具有设计者赋予的稳定功能。
 - 老炼试验一般施加长时间的温度应力或电应力，或两者兼而有之。老炼试验也会剔除部分不能进入期望状态的产品。
 - 筛选试验的目的是**剔除不合格产品和早期失效产品**，使其处于浴盆曲线的早期失效区与偶然失效区的交界。对合格产品筛选试验应当是非破坏性试验，但是试验应力应能诱发有早期失效缺陷的产品发生失效。



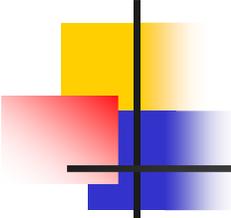
比较——模拟试验和现场试验

- 将产品置于实用的现场，考核其可靠性，称为**现场试验**。产品在现场试验中承受实际使用的应力，所以现场试验所得数据真实性好。可是现场试验费用高，时间长。
- 将产品在实际使用中受的应力分解为诸如热、电、机械振动、加速度等各种单应力。模拟这些应力，施加于被试样品进行的试验称**模拟试验**。
 - 为了使模拟试验更接近现场使用的应力，有时将几种单应力同时施加于被试样品，这种同时施加多个单应力的模拟试验为复合应力试验。复合应力试验设备比较昂贵。目前多见的复合应力设备有机械、温度、湿度和气压四应力试验设备相机械、温度、湿度和电四应力试验设备。



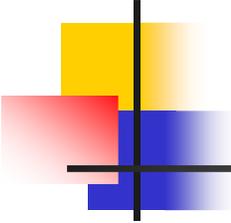
比较—— 例行试验、质量一致性检验和可靠性验收试验

- 例行试验
- 是生产厂为了监视所生产产品的质量 and 可靠性而进行的一种常规试验。
 - 其试验内容和周期原则上依据产品和工厂的具体情况而定。



比较—— 例行试验、质量一致性检验和可靠性验收试验

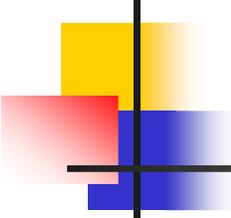
- 质量一致性检验
- 是产品提交用户前必须进行的可靠性试验。它是提交用户产品批质量和可靠性是否符合相应采购标准或订货合同的验证试验。
 - 在一些标准中，如美国的MIL标准和我国的国家军用标准(GJB)将质量一致性检验的内容分为若干组。这些组的组合构成了不同要求的可靠世试验。
 - 微电子的质量一致性检验共分A、B、C、D、E五个试验组。
 - A组试验内容不同环境下的电参数测试。
 - B组——与装配封装的试验。A组、B组为批质量一致性检验的内容。
 - C组——与芯片有关的试验。目检缺陷
 - D组——机械有关的试验。C组和D组用于质量一致性检验的周期试验。
 - E组——抗辐射方面的试验
 - 质量一致性检验属于生产厂为用户提供用户具有一定质量可靠性保证产品的自主行为。



比较—— 例行试验、质量一致性检验和可靠性验收试验

■ 可靠性验收试验

- 是用户接收产品前所做的验证产品的质量和可靠性是否符合合同要求的验证试验，它属于用户行为。一般情况下可靠性验收试验的内容与质量一致性检验是一致的。



比较——可靠性鉴定、可靠性定级和可靠性维持试验

- **可靠性鉴定试验**分两类。
 - 一类为产品可靠性鉴定试验，
 - 产品可靠性鉴定试验一般是在新产品设计定型和生产定型时进行。目的是考核产品的指标是否全面达到了设计要求，考核产品是否达到了预定的可靠性要求。试验的内容一般与质量一致性检验一致，既A、E、C、D四组试验都做，有抗辐射强度规定产品也做要E组试验。当产品的设计、结构、材料或工艺有重大改变时也要做可靠性鉴定试验。
 - 一类为工艺(含材料)的可靠性鉴定试验。
 - 工艺(含材料)的可靠性鉴定试验用于考核生产线对材料和工艺的选择及控制能力是否能保证所制造的产品质量和可靠性，是否能满足某种质量保证等级的要求。
- **可靠性定级试验：**有些产品有可靠性指标即失效率等级或平均无故障时间(MTBF)要求。为确定产品的失效率等级或平均无故障时间所做的试验称可靠性定级试验。有可靠性指标产品的标准中规定了可靠性定级试验的内容、抽样方法和试验判据等。
- **可靠性维持试验：**为了证实产品已确定的失效率等级的时间有效性。按规定的周期要做可靠性维持试验。

了解——寿命试验

- 目的：评价分析产品寿命特征的试验
- 分类：
 - 长期寿命试验
 - 长期存储寿命试验
 - 长期工作寿命试验
 - 加速寿命试验
 - 恒定应力法
 - 步进应力法
 - 序进应力法

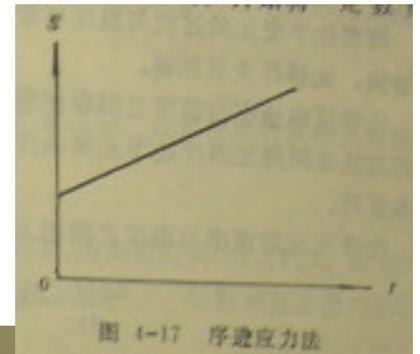


图 4-17 序进应力法

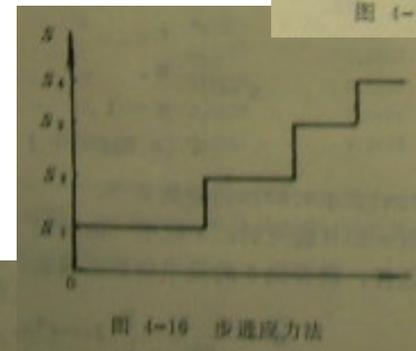


图 4-16 步进应力法

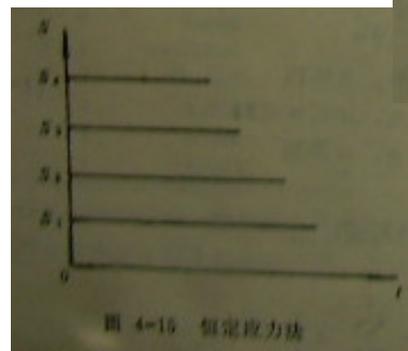
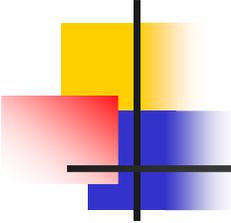
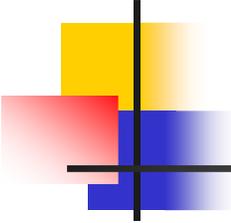


图 4-15 恒定应力法



环境的特点

- 室内环境：最好 振动 高温
 - 野外环境：温度 湿度 水浸 振动 生物
 - 海洋环境：盐雾 温湿度
 - 高空环境：低气压 温差 振动
 - 宇宙环境：高真空 辐射 热冲击 散热
-
- 广义的环境：凡电子元器件工作的地方都属环境
 - 狭义的环境：仅指气候环境

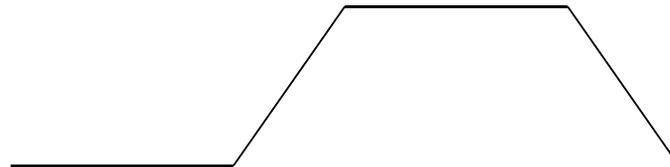


气候环境—— 1、高温存储试验

- 目的：不加电，高温存储下器件性能的变化
- 设备：恒温箱 中测、终测仪器
- 例：
 - A ——75 °C
 - B ——125°C
 - C ——150 °C
 - D ——200°C
 - E ——250 °C
 - F ——300°C
 - G ——350 °C
 - H ——400°C
 - 24h以上

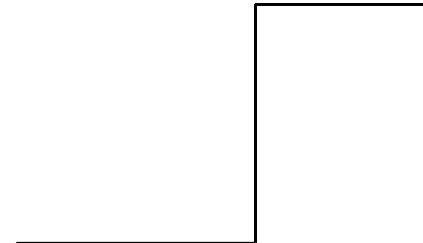
气候环境—— 2. 温度循环试验

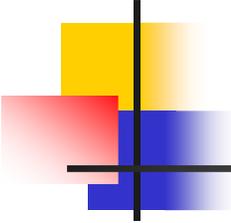
- 目的:考核产品承受一定温度变化速率的能力及对极端高温和极端低温环境的承受能力。
 - 是针对产品热机械性能设置的。当构成产品各部件的材料热匹配较差,或部件内应力较大时,温度循环试验可以发产界出机械结构缺陷劣比产生的失效。如漏气、内引线断裂、芯片裂纹等。
- 设备:高低温试验箱
- 试验环境:
 - 电路的转换时间要求不大于**1min**: 在高温或低温状态下的保持时间要求不小于**10 min**;
- 例:
 - A:-55~85C
 - B:-55~125C
 - C:-65~150C
 - D:-65~200C



气候环境—— 3. 热冲击试验

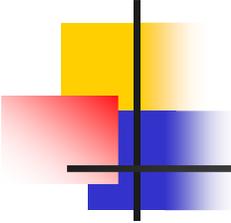
- 目的:测试电路对温度剧变的适应能力
- 设备:高低温试验槽(液体)
 - 电路的转换时间要求不大于**10s**: 在高温或低温状态下的保持时间要求不小于**2 min**;
- 例:
- 沸水——液氮 **15次循环**
- 比高低温循环严酷些





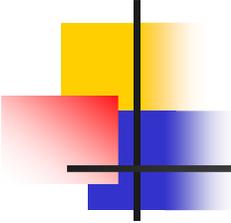
气候环境—— 4. 低气压试验

- 目的：模拟高空环境下，测量耐电击穿的能力
 - 击穿 电离 电晕放电 等，散热更差
- 设备：真空泵、压力表，**30M**交流毫安表，目检设备
- 加最大电压，观察从直流到**30MHz**范围内是否有电晕放电或电流增加。



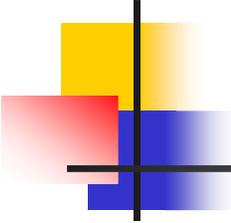
气候环境—— 5. 耐湿试验

- 目的：施加加速应力的方法评定微电路在潮湿和炎热环境下抗衰变的能力。
- 设备：潮湿箱，电测设备
- 试验环境：
 - 潮热试验
 - 交变潮热试验和恒定潮热试验。
- 相对湿度为90%—100%的范围内，10次以上。
- 25C~65C 干——湿3h——干
- 失效：脱落 褪色 移动 腐蚀 桥接



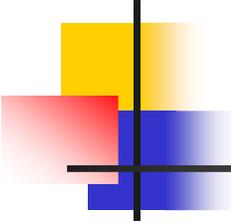
气候环境—— 6 盐雾试验

- 目的:以加速的方法评定元器件外露部分在盐雾、潮湿和炎热环境下抗腐蚀的能力。
- 设备: 试验箱 盐雾喷嘴 放大镜
- 试验环境:
 - 试验温度一般要求为 $(35\pm 3)^\circ\text{C}$ 、在24h内盐淀积。
 - 试验时间一般分为24h、48h、96h和240 h 4档
 - 放大10~20倍观察



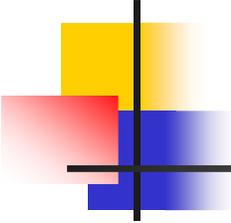
机械环境—— 1、恒定加速度试验

- 目的：考核微电路承受恒定加速度的能力。
 - 它可以暴露由微电路结构强度低和机械缺陷引起的失效。如芯片脱落、内引线开路、管壳变形、漏气等。
- 设备：加速台 **xyz**三个方向加速度
- 试验环境：
 - 在微电路芯片脱出方向、压紧方向相与该方向垂直的方向施加大于**1min**的恒定加速度，加速度取值范围一般**500~3000g**



机械环境—— 2. 机械冲击试验

- 目的：考核微电路承受机械冲击的能力。
 - 即考核微电路承受突然受力的能力。在装卸、运输、现场工作过程中会使微电路突然受力。如跌落、碰撞时微电路会受到突发的机械应力。这些应力可能引起微电路的芯片脱落、内引线开路、管壳变形、漏气等失效。
- 设备：冲击台
- 试验环境：
 - 对微电路的芯片脱出方向、压紧方向相与该方向垂直的方向各施加五次半正弦波的机械冲击脉冲。冲击脉冲的峰值加速度取值范围一般取为500~3000g

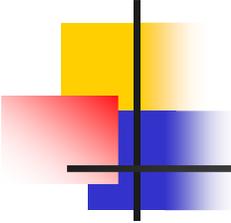


机械环境—— 3. 机械振动试验

- 目的：考核微电路在不同振动环境下的结构牢固性和电持性的稳定性。
- 设备：振动台 各频率范围振动对器件影响
- 试验环境：
 - 4分钟内冲20hz~2000hz再回到20hz 加速度峰值一般分为 (20 g~70g)

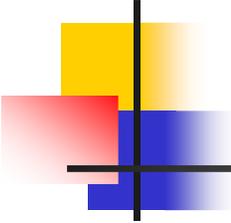
机械环境—— 4. 键合强度试验

- 目的:检验微电路封装内部的内引线与芯片和内引线与封装体内外引线端键合强度。
 - 分为破坏性键合强度试验和非破坏性键合强度试验。键合强度差的微电路会出现内引线开路失效。
- 设备: 小钩 弹簧拉力器等
- 试验要求: 在键合线中部对键合线施加垂直微电路芯片方向指向芯片反方向的力, 施力要从零开始缓慢增加, 避免冲击力。若设定一个力, 当施力增加到该力时停止施力, 且此力应不大于最小键合力规定值的**80%**, 则试验称为非破坏性键合强度试验。若试验时施力增加到键合断裂时停止. 称破坏性键合强度试验。
- 非破坏性键合强度试验有时作为筛选试验项目。



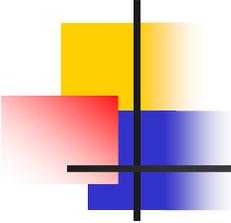
机械环境——5. 芯片附着强度试验

- 目的:考核芯片与管壳或基片结合的机械强度。
 - 芯片附着强度试验有两个，即芯片与基片 / 底座附着强度试验和剪切力试验。前者是考核芯片承受垂直芯片脱离基片 / 底座方向受力的能力。后者是考核芯片承受平行芯片与基片 / 底座结合面方向受力的能力。
- 设备：带弹簧力刻度的推子
- 试验要求：
 - 严格控制施加力的方向，且避免冲击力。该试验的判据力与芯片面积成正比，且与脱落后界面附着痕迹面积与芯片面积的比值有关。



机械环境—— 6. 与外引线有关的试验

- 目的：考核微电路外引线质量。
 - 主要试验有外引线可焊性试验、引线涂覆层附着力试验、引线牢固性试验等
 - 外引线可焊性试验是考核外引线接收低熔点焊接的能力。
 - 引线涂覆层附着力试验涂覆层附着力牢固度：反复弯曲不剥落
 - 引线牢固性试验：抗拉力，扭力 密封

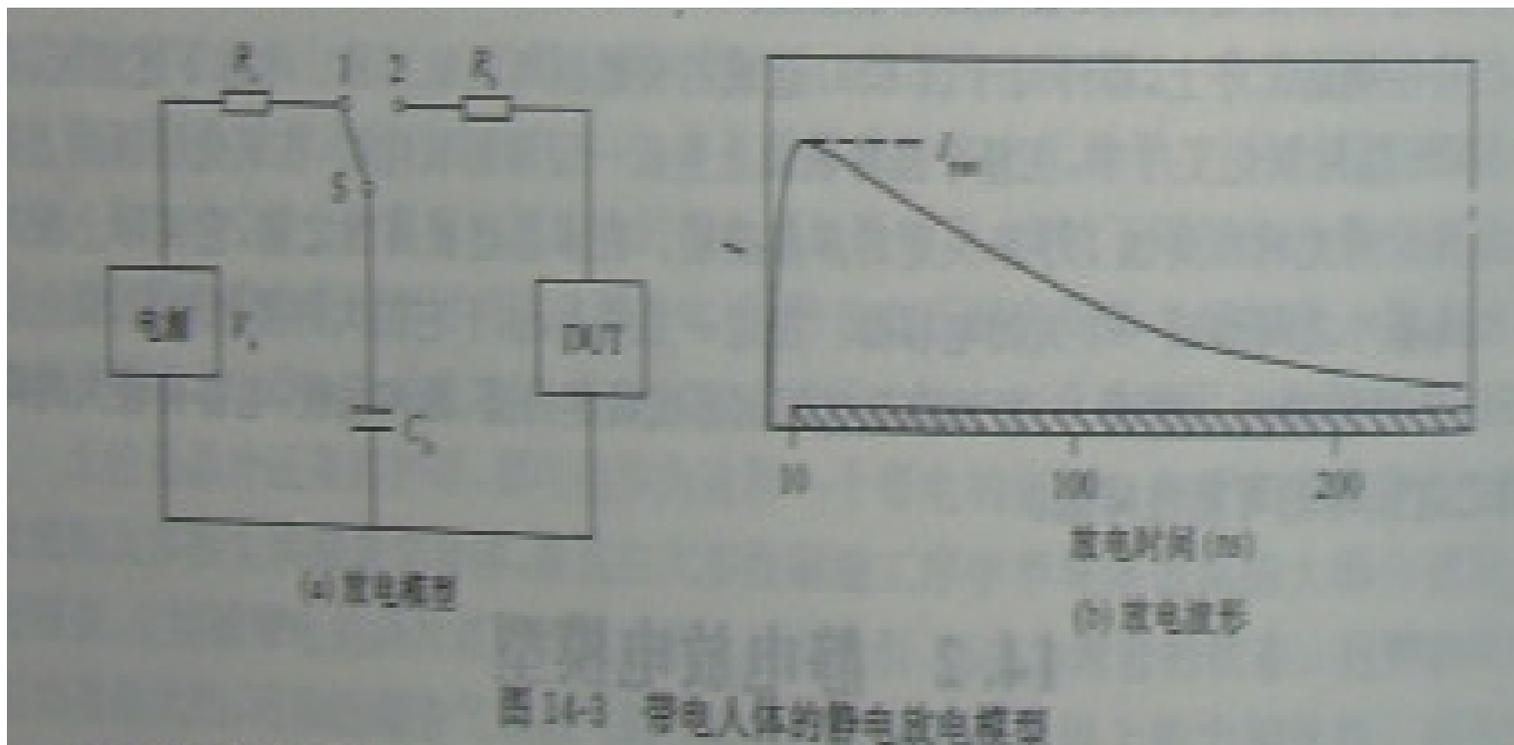


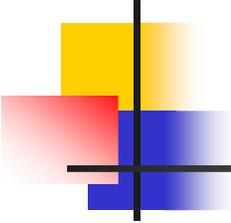
机械环境—— 7. 粒子碰撞噪声检测试验

- 目的:检验微电路空腔封装腔体内是否存在可动多余物。
 - 可动导电多余物可能导致微电路内部短路失效。
- 试验原理是对微电路施加适当的机械冲击应力使沾附微电路腔体内的多余物成为可动多余物。再同时施加振动应力,使可动多余物产生振动,振动的多余物与腔体壁按击产生噪声。

电磁环境——静电放电敏感度试验

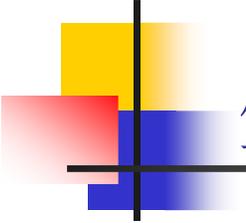
- 目的：静电放电对器件的影响
- 设备：静电放电设备





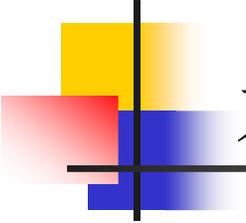
辐射环境——辐照试验

- 目的：考核微电路在**高能粒子辐照环境**下的工作能力。
 - 高能粒子进入微电路会使微观结构发生变化产生缺陷或产生附加电荷或电流。从而导致微电路参数退化、发生锁定、电路翻转或产生浪涌电流引起烧毁失效。超过某一界限会使微电路产生永久性损伤。
- 设备：辐射源，电测设备
- 试验环境：微电路的辐照试验主要有中子辐照和 γ 射线辐照两大类。



生物环境——霉菌 昆虫 鸟类

- 90多种霉菌



本次课完

- 回顾讲过的内容。
- 参考补充：