



北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY



可靠性与系统工程学院

# 元器件质量与可靠性保证

主讲教师：万 博

Email: [wanbo@buaa.edu.cn](mailto:wanbo@buaa.edu.cn)

2023年04月



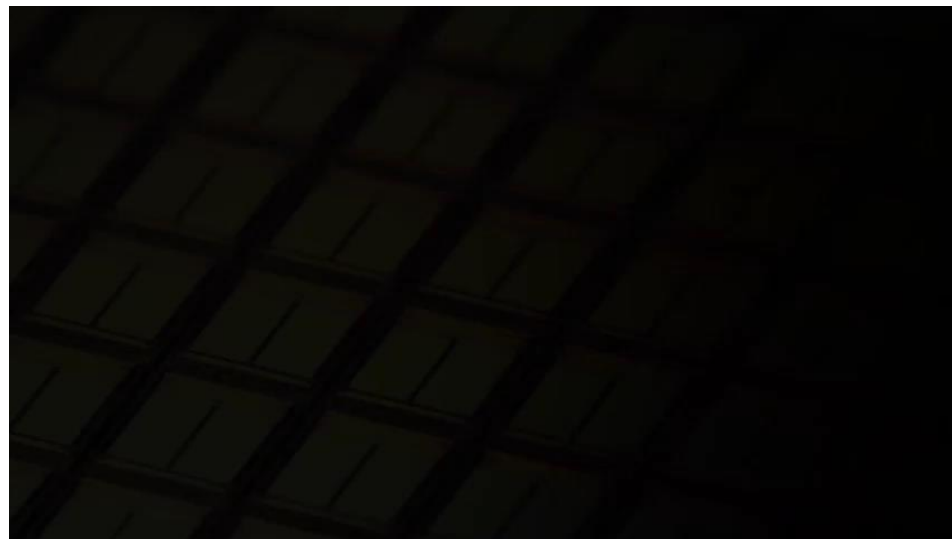
元器件质量保证中心

## 碳基芯片Vs硅基芯片，中美大对决，这次我们能换道超车吗？

B站UP主：爱较真的戴老师



时长：8分33秒



# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

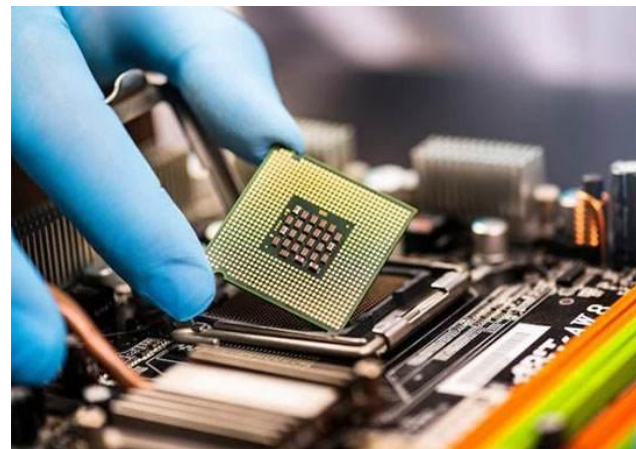
- 一、筛选的定义与目的
- 二、元器件筛选的特点
- 三、筛选试验分类及介绍
- 四、筛选方案设计
- 五、筛选效果的评价
- 六、特殊使用条件下进行的筛选



# 一、筛选的定义与目的

## □ 元器件筛选的定义

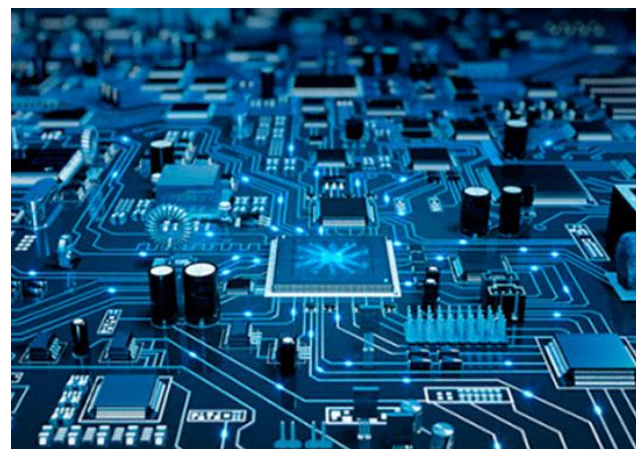
元器件的筛选指专为**剔除有缺陷**的或可能引起**早期失效**的或选择具有一定特性的元器件所进行的可靠性试验。



## □ 元器件筛选的目的

提高元器件**使用可靠性**的重要手段，通过排除早期失效产品使**整批**器件的固有可靠性接近设计水平；

有效保证出厂成品的批**质量水平**，提高产品的使用可靠性。

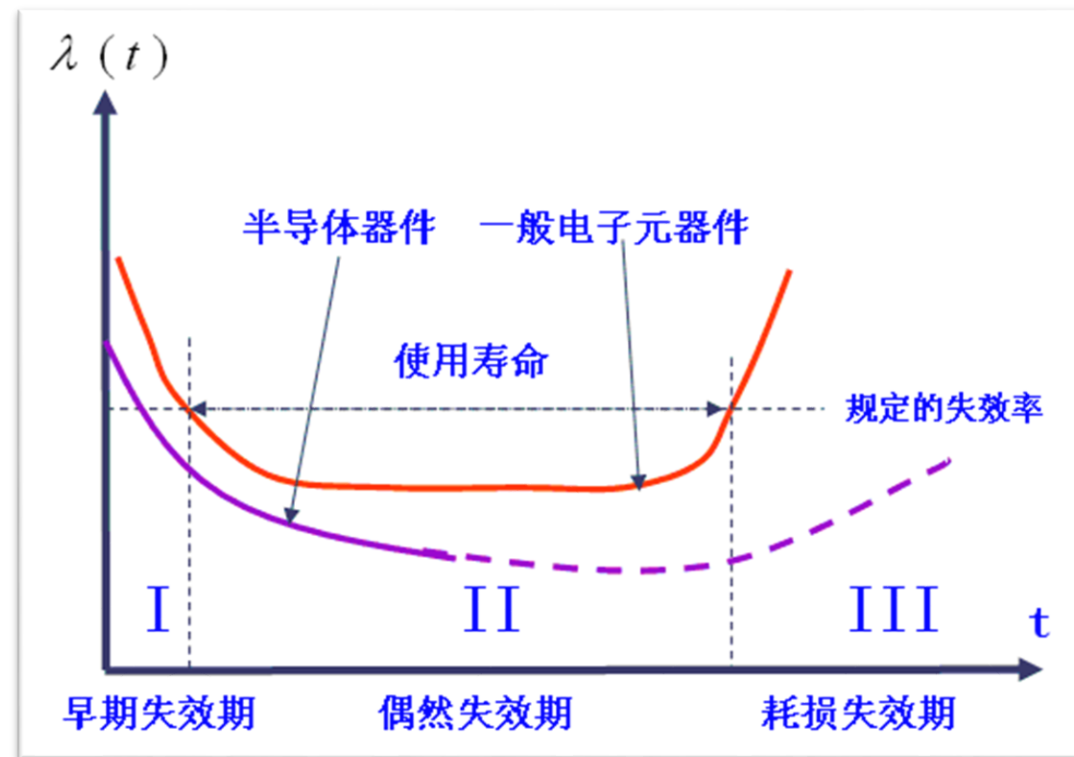


# 一、筛选的定义与目的

## □ 浴盆曲线

电子产品的典型失效率随试验或工作时间的增加呈现先下降、然后保持恒定、最后上升的趋势，由此绘制的 $\lambda(t)$ 图像被形象地称为“浴盆曲线”，大体可以分为I、II、III三个区域。

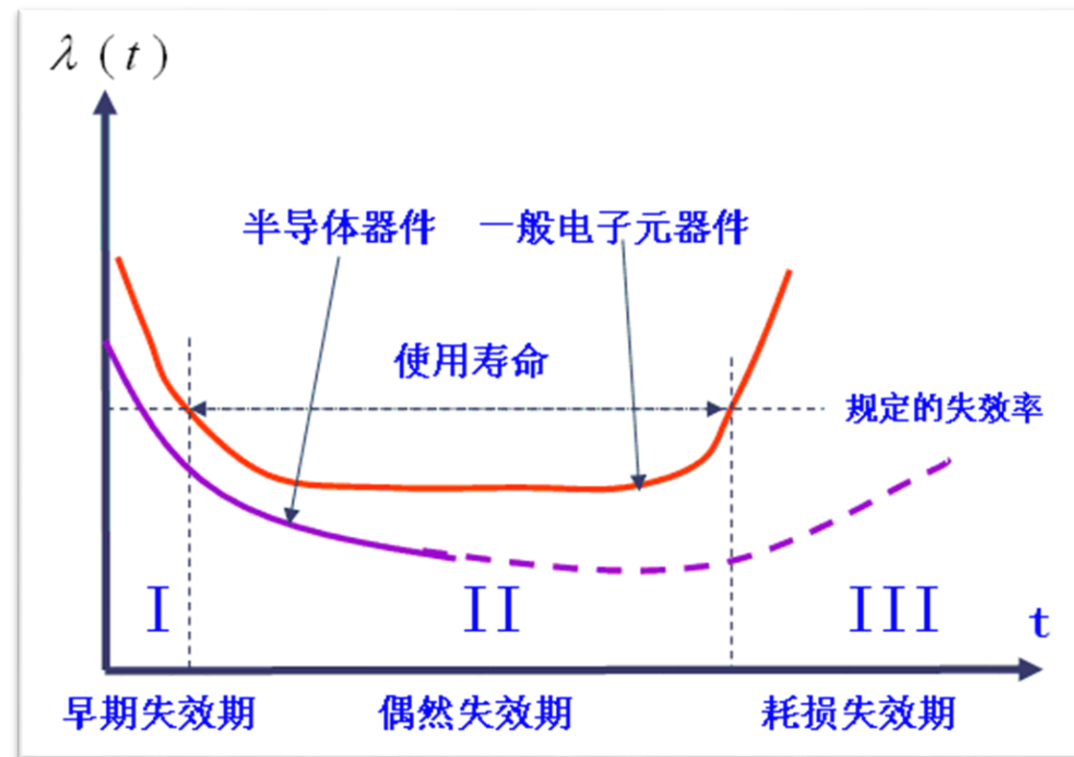
- ❖ I区称为**早期失效期**；
- ❖ II区称为**偶然失效期**；
- ❖ III区称为**耗损失效期**。



# 一、筛选的定义与目的

## □ 浴盆曲线

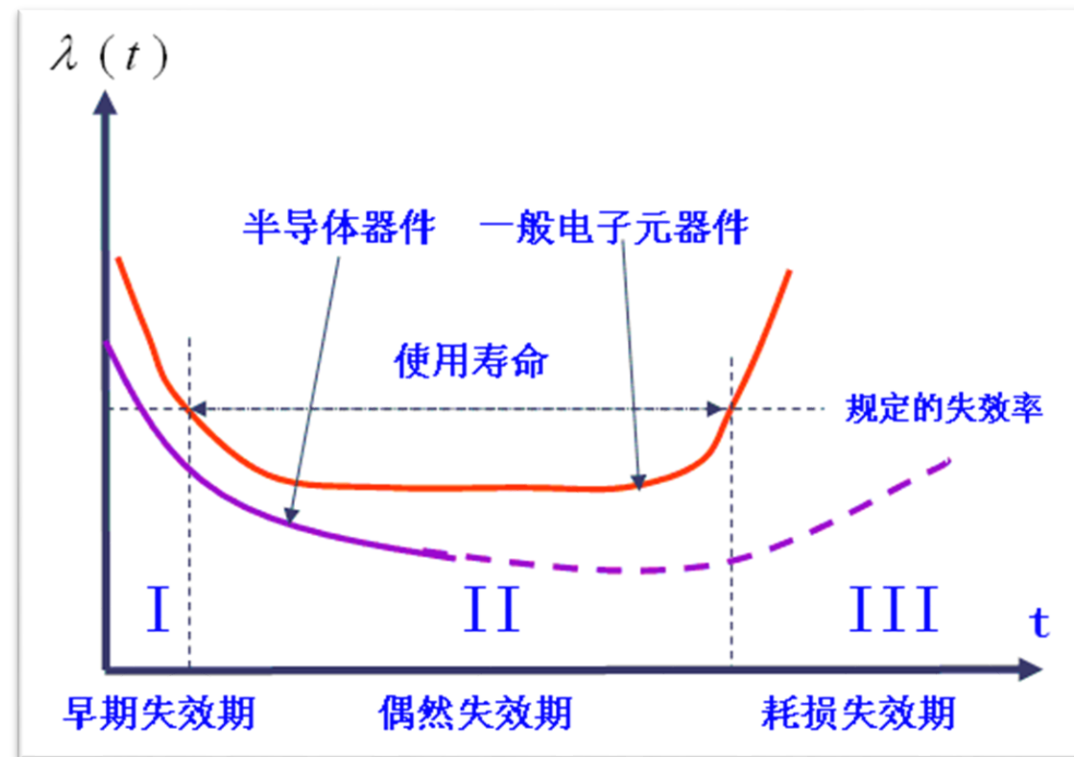
- ❖ **早期失效期**：批次失效率很高，可靠性低，并且失效率随着试验或工作时间**增加迅速下降**。批次产品中混杂着质量低劣的早期失效产品，主要为材料、设计和制造工艺的缺陷。它们的存在导致整批产品的**使用可靠性大大降低**。



# 一、筛选的定义与目的

## □ 浴盆曲线

- ❖ **偶然失效期**：失效率低且基本恒定。早期失效产品因故障而被剔除后，余下的产品进入**稳定工作区**。通常所指的使用寿命就是这一时期。该阶段的产品失效是由**偶然不确定**因素引起的，具有**随机性**。

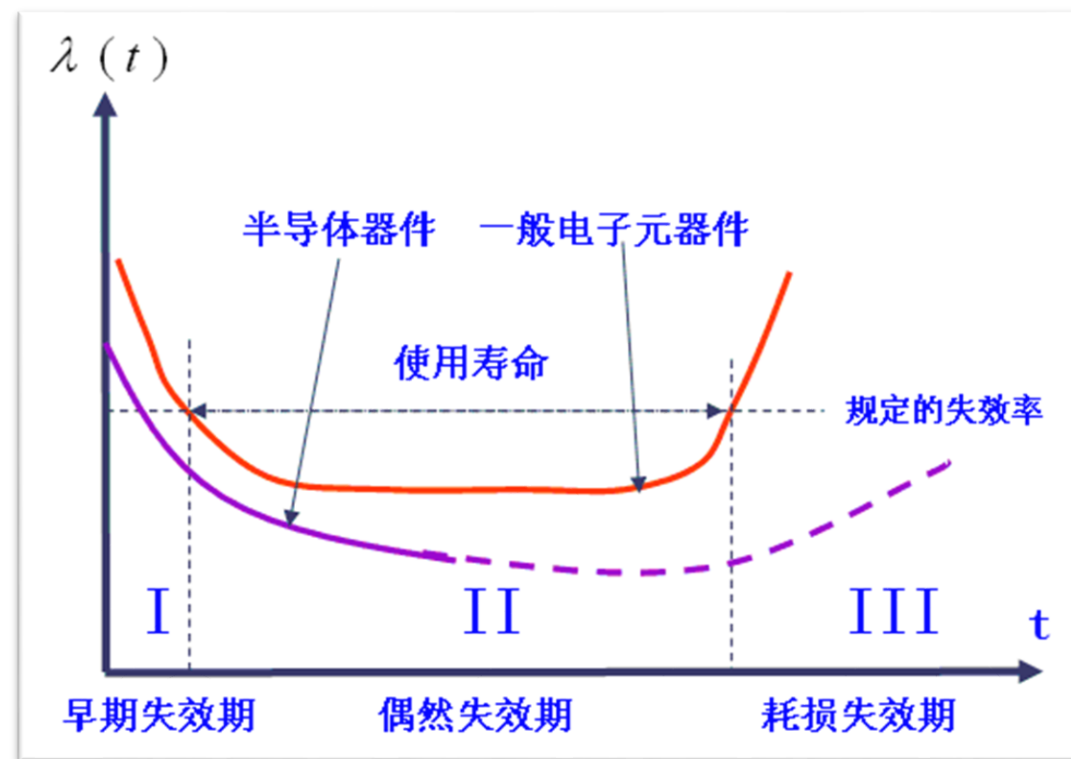




# 一、筛选的定义与目的

## ❑ 浴盆曲线

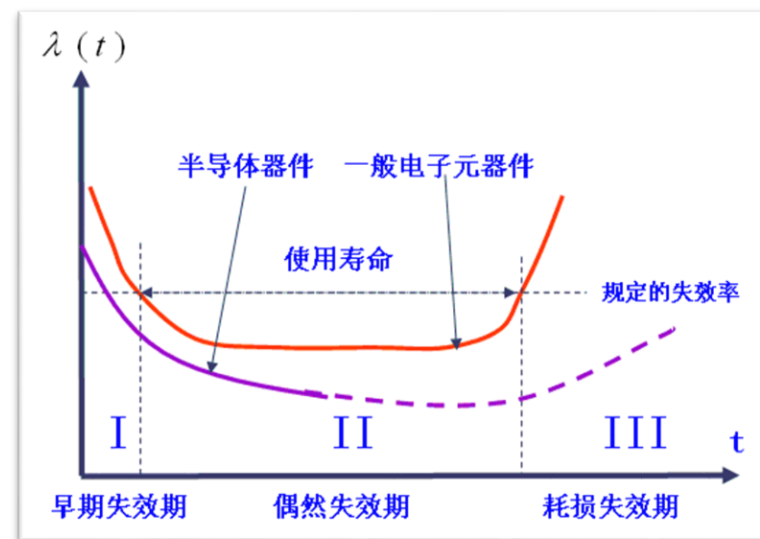
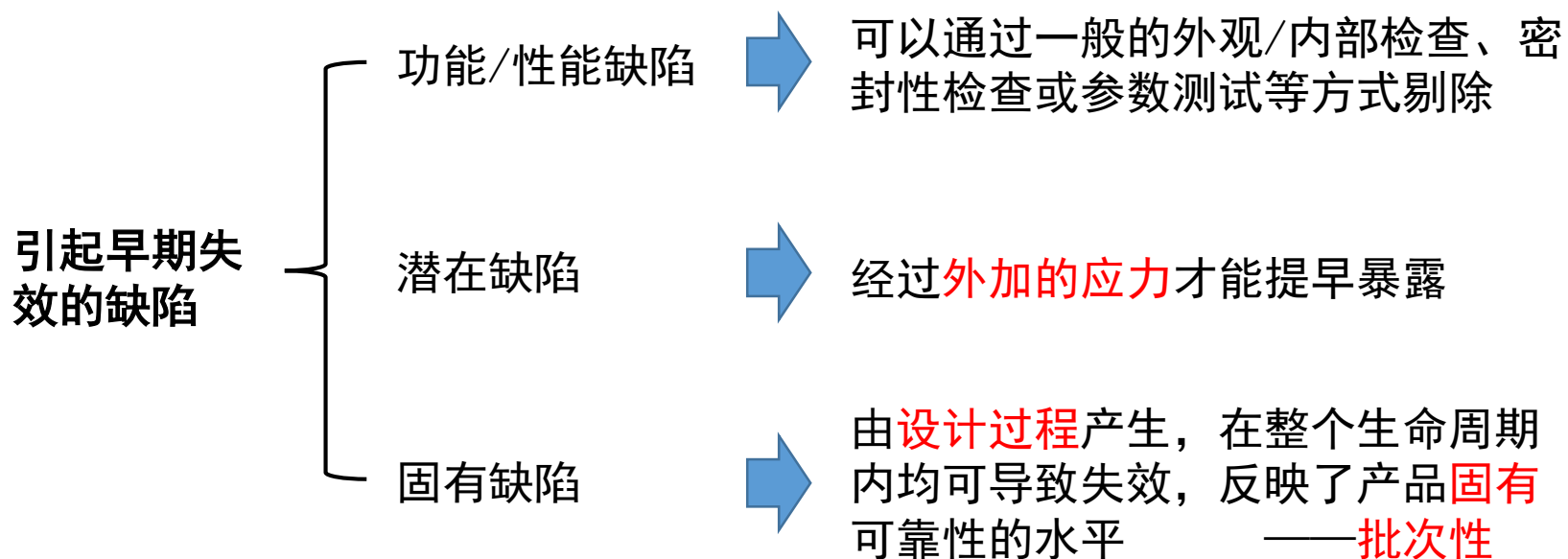
- ❖ **耗损失效期**：失效率随试验或工作时间的**增加迅速上升**，出现大批失效产品。耗损失效是产品经过长时间的试验或工作后，产生**退化或疲劳**现象引起的，达到**使用寿命**。





# 一、筛选的定义与目的

## □ 浴盆曲线



❖ 如果在正式投入使用之前将存在功能/性能缺陷和潜在缺陷的产品剔除掉，余下的产品可以直接以稳定工作的状态使用，进入失效率低且恒定的时期，提高整批元器件的使用可靠性。

# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

一、筛选的定义与目的

**二、元器件筛选的特点**

三、筛选试验分类及介绍

四、筛选方案设计

五、筛选效果的评价

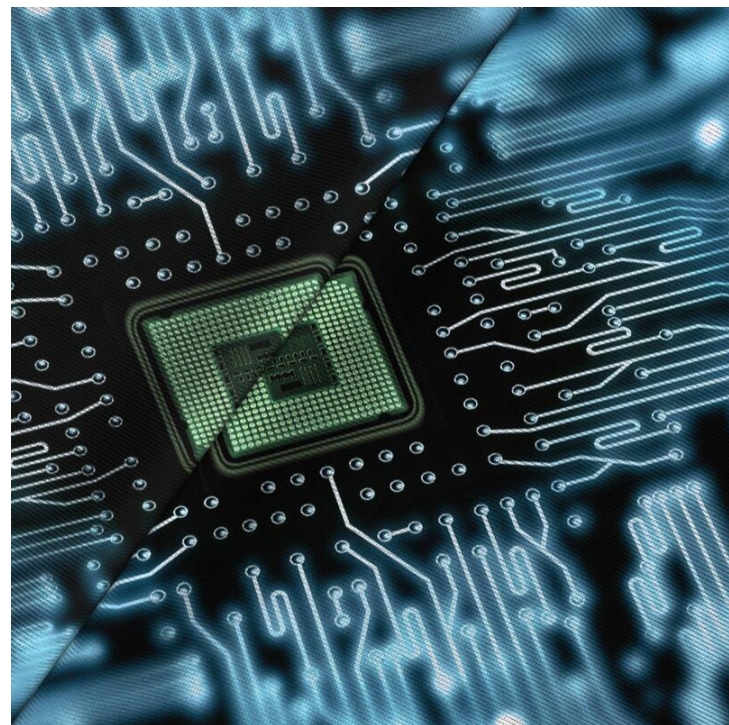
六、特殊使用条件下进行的筛选



## 二、元器件筛选的特点

### □ 元器件筛选的特点

- 对于性能良好的产品来说是一种非破坏性试验，而对于存在可剔除缺陷的产品来说应能检测出缺陷或诱发其失效。
- 筛选是100%的试验，而不是抽样检验。经过筛选试验，对批产品不应增加新的失效模式和机理。
- 筛选不能提高产品的固有可靠性。但它可以提高批产品的使用可靠性。
- 筛选一般由多个试验项目组成。如常见的组成筛选的试验项目有显微镜检查、颗粒碰撞噪声检测、高温贮存、温度循环、功率老练、电性能测试及密封性试验等



# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

一、筛选的定义与目的

二、元器件筛选的特点

**三、筛选试验分类及介绍**

四、筛选方案设计

五、筛选效果的评价

六、特殊使用条件下进行的筛选



# 三、筛选试验分类及介绍

## □ 筛选试验的分类

筛选分为常规筛选和特殊环境筛选。

在一般环境条件下使用的产品只需进行**常规筛选**，而在特殊环境条件下使用的产品则除需进行常规筛选外，还需进行**特殊应力筛选**。常规筛选按筛选性质来分可以分为：检查筛选、密封性筛选、环境应力筛选和寿命筛选四大类。

- ❖ 检查筛选
- ❖ 密封性筛选
- ❖ 环境应力筛选
- ❖ 寿命筛选



# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

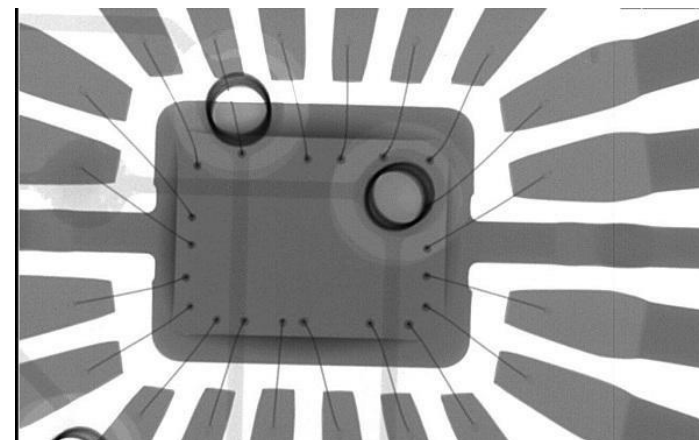
### ➤ 检查筛选

检查筛选的目的是使用**非破坏性**的方式对元器件**表面或内部**的缺陷进行检测，可以剔除存在功能/性能缺陷的早期失效产品。常用的检查筛选试验包括：

#### ❖ 外部目检

#### ❖ X射线检查

#### ❖ 颗粒碰撞噪声监测(PIND)





# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ❖ 外部目检

外部目检主要检查已封装器件表面的工艺质量是否满足适用文件的要求。试验采用的设备应包括至少能放大10倍的光学设备，且应具有较大的可见视场。

若检查过程中发现以下情况，应当视作失效器件予以剔除：

- （1）元器件的外引线不应有机械损伤、断裂、锈蚀等现象；
- （2）元器件的主体不应有变形、颈缩、严重掉漆、开裂等现象；
- （3）元器件型号、极性标志应清楚、正确。





# 三、筛选试验分类及介绍

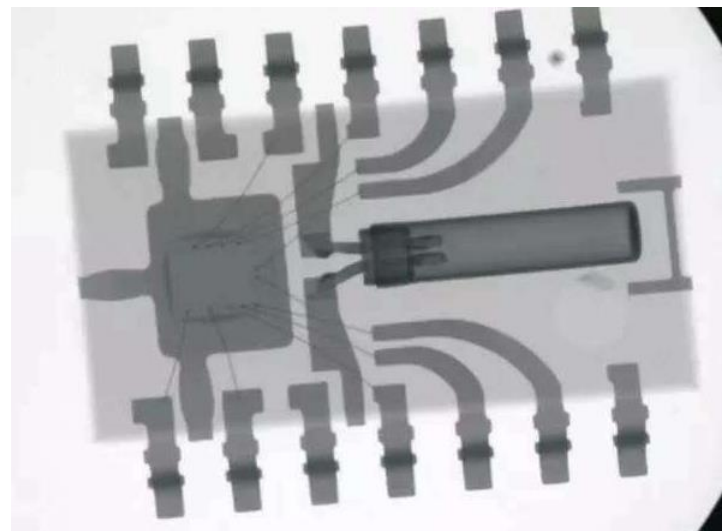
## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ❖ X射线检查

X射线检查是非破坏性的筛选方式，主要检查封装内的缺陷，尤其是密封工艺引入的缺陷，如外来物质、内引线连接错误、芯片粘接不良、键合不良等。

### ❖ 颗粒碰撞噪声监测

颗粒碰撞噪声监测(PIND)主要检查内部存在空腔的元器件。此种元器件的内部空腔若混入冗余物如金属丝、硅渣、粘接材料等，往往会导致突然失效，并且此种失效通常难以复现。



# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ➤ 密封性筛选

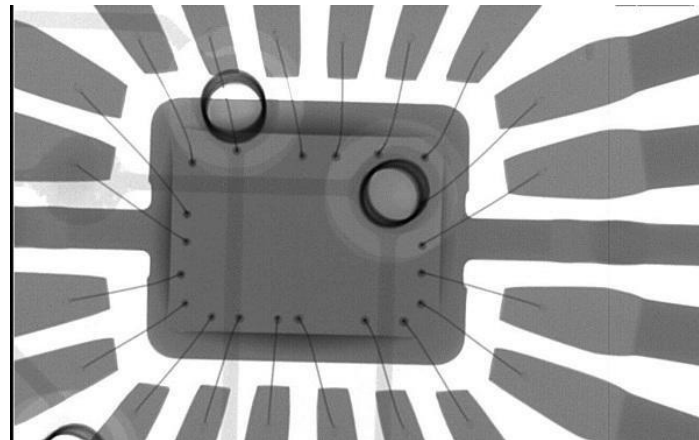
密封性筛选的目的是确定具有空腔的元器件的气密性是否满足规范要求。密封性筛选也称为“**检漏**”，主要用于剔除管壳及密封工艺中存在的潜在缺陷如**裂纹**、**焊缝开裂**、**微小裂孔**等。

检漏分为粗检漏和细检漏：

❖ 粗检漏：氟碳化合物(氟油)检漏

❖ 细检漏：示踪气体(氦)检漏

以漏气速率 $1 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 为分界，界定细检漏和粗检查漏。



# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ❖ 粗检漏：氟碳化合物(氟油)检漏

首先将器件浸入低沸点的**氟碳化合物中并加压**。若器件存在粗漏，氟碳化合物将进入内腔体。然后将器件取出再浸入**高沸点的氟碳化合物中并升温**，使低沸点的氟碳化合物沸腾并汽化。此时观察器件**冒出气泡**的情况和位置即可确定器件是否存在粗漏，并确定粗漏部位。



### ❖ 细检漏：示踪气体(氦)检漏

首先将器件放入**压力罐中并抽真空**，再冲入**氦气并加压**。若器件存在细漏，则氦气将进入内腔体。然后将器件取出并放入氦质谱仪的检测盒中检测是否存在**逸散出的氦气分子**，以此判断器件是否存在细漏。



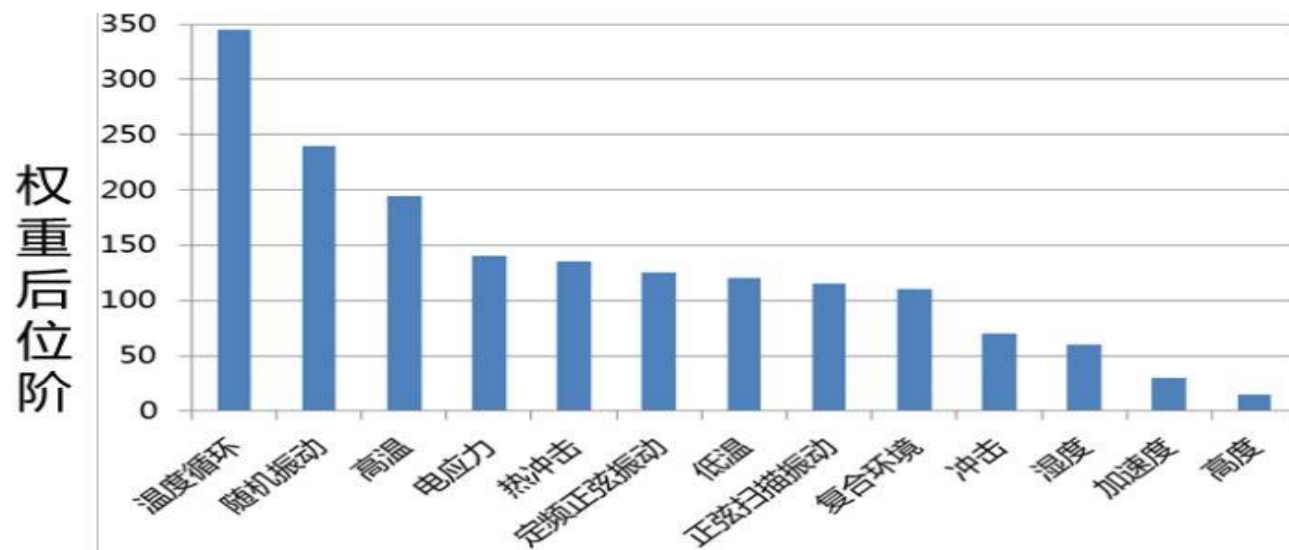
# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ➤ 环境应力筛选

环境应力筛选 (ESS, Environmental Stress Screening) 的主要目的是通过施加**加速的环境应力**剔除存在潜在缺陷的早期失效产品。

温度循环和随机振动都是元器件在实际使用过程中最常见的**恶劣环境应力**，可以较好地模拟现场环境下的应力类型，较单一的高/低温试验和正弦定频/扫频振动试验的筛选效果效果更优。





# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ❖ 温度循环筛选

温度循环应力筛选的目的主要是考核测定元器件在短期内反复承受极端高、低温变化的能力，以及极端温度交替突变对器件的影响。剔除因材料**热胀冷缩性能不匹配**、内引线 and 管芯涂料**温度系数不匹配**、**芯片裂纹、接触不良**等原因而造成的早期失效产品。

### ❖ 随机振动筛选

随机振动筛选一般是将元器件紧固在振动台专用的夹具上，并施加激励，模拟各种恶劣的随机振动条件以检验对元器件性能和可靠性的影响。主要能剔除存在**引线焊接不良**、**内引线过长**等潜在缺陷的早期失效产品。



# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ➤ 老练筛选

老练筛选指在一定的环境温度下、在较长的时间内对元器件施加连续的电应力，通过热/电综合应力的作用使潜在缺陷提早暴露以达到剔除早期失效产品的效果。

不仅能起到剔除存在表面沾污、引线焊接不良、沟道漏电、硅片裂纹、氧化层缺陷、局部发热点等缺陷的早期失效产品的效果，对无缺陷的器件，老练试验还能起到稳定其电参数的作用。

老练的时间越长，温度越高，筛选的效果和效率都可以提高，增加老练时间，过高的温度可能对元器件本身造成不良影响，降低实际使用寿命。



# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ 筛选试验分类及介绍

### ➤ 特殊环境筛选

对于应用环境特殊的电子元器件，还应有针对性地进行特殊环境筛选，特殊环境筛选包括：**抗辐射筛选，冷热超高真空筛选、盐雾筛选、霉菌筛选，油雾筛选**等。

元器件生产厂或使用单位并非对上述各项筛选项目都要进行，在实际选用时，主要依据实际**产品的失效模式和机理**，结合可靠性要求，实际**使用条件以及工艺结构**情况确定。





# 三、筛选试验分类及介绍

## ❑ GJB548方法5004中规定的S级和B级产品的筛选项目

筛选	S级		B级	
	方法和条件	要求	方法和条件	要求
1 晶圆批验收 <sup>a</sup>	5007	所有批		--
2 非破坏性键合拉力	2023	100%		--
3 内部目检 <sup>b</sup>	2010试验条件A	100%	2010试验条件B	100%
4 温度循环 <sup>c</sup>	1010试验条件C	100%	1010试验条件C	100%
5 随机振动或恒定加速度	2001试验条件E(至少), 仅Y1方向	100%	2001试验条件E(至少), 仅Y1方向	100%
6 目检 <sup>d</sup>		100%		100%
7 粒子碰撞噪声检测	2020试验条件A	100% <sup>e</sup>		--
8 老炼前电测试	按适用的器件规范	100% <sup>g</sup>	按适用的器件规范	100% <sup>h</sup>
9 老炼	1015, 240h, 至少125℃	100%	1015, 160h, 至少125℃	100%

### 三、筛选试验分类及介绍

筛选	S级		B级	
	方法和条件	要求	方法和条件	要求
10 中间（老炼后）电测试	按适用的器件规范	100% <sup>g</sup>		--
11 反偏老炼 <sup>j</sup>	1015，试验条件A或C，至少150℃下72h	100%		--
12 中间（老炼后）电测试	按适用的器件规范	100% <sup>g</sup>	按适用的器件规范	100% <sup>h</sup>
13 允许不合格品率（PDA） 计算	3%	所有批	5%	所有批
14 最终电测试	按适用的器件规范	100%	按适用的器件规范	100%
15 密封 a) 细检漏 b) 粗检漏	1014	100% <sup>l</sup>	1014	100% <sup>l</sup>
16 X射线照相 <sup>m</sup>	2012 两个视图 <sup>n</sup>	100%		--
17 外部目检 <sup>p</sup>	2009	100%	2009	100%
18 辐射锁定 <sup>q</sup>	1020	100%	1020	100%

# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

一、筛选的定义与目的

二、元器件筛选的特点

三、筛选试验分类及介绍

**四、筛选方案设计**

五、筛选效果的评价

六、特殊使用条件下进行的筛选



## 四、筛选方案设计

### □ 筛选方案设计

筛选方案设计包括两方面内容：一方面是根据元器件的失效机理和失效模式**确定筛选项目**，并确定每个项目的具体试验**条件**，包括试验**应力**水平，试验**时间**、测量**参数**、测量**周期**、筛选**合格判据**等。另一方面是把各个筛选项目按一定先后次序**排列起来**，成为一个完整的**试验方案**。

- ❖ 筛选项目的确定；
- ❖ 筛选应力强度的确定；
- ❖ 筛选时间的确定；
- ❖ 筛选参数的确定；
- ❖ 筛选判据的确定。



## 四、筛选方案设计

### ❑ 筛选项目的确定

筛选项目的确定是以元器件的失效模式和失效机理为依据的，不同类型的元器件其失效机理不同，进行的筛选项目也不一样。

#### ➤ 半导体集成电路的筛选项目

半导体集成电路的筛选项目主要有封装前的镜检、电参数测试、高温贮存、温度循环、颗粒碰撞噪声检测、高温反偏、功率老练、密封性试验等。具体的试验方法参照GJB548执行。

#### ➤ 半导体分立器件的筛选项目

半导体分立器件的筛选项目主要有封装前的镜检、高温寿命、温度循环、浪涌、恒定加速度、颗粒碰撞噪声检测、机械冲击、振动、密封、高温反偏、功率老练、X射线检查等，具体的试验方法参照GJB128执行。



# 四、筛选方案设计

➤ 元件的筛选项目

元件种类		筛选项目	试验方法及条件
电阻器		(1)直流电阻值测量 (2)高温贮存 (3)温度冲击 (4)功率老练或短时过载 (5)外观及机械检查。	详细规范 GJB360方法108(125℃, 96h) GJB360方法107 <b>很少做功率老练</b> , 一般作2 ~ 5倍额定功耗1h短时过载筛选
电 容 器	电 解 电 容 器	(1)电参数测试 (2)温度冲击 (3)老练 (4)密封试验(适用于密封电容器) (5)外观及机械检查	详细规范(电容量、直流漏电流、损耗角正切) GJB360方法107, 试验条件A 85℃, 额定直流电压, 至少48h GJB360方法112
	非 电 解 电 容 器	(1)电参数测试 (2)温度冲击 (3)老练 (4)密封试验(适用于密封电容器) (5)外观及机械检查	详细规范(电容量、直流漏电流、损耗角正切) GJB360方法107, 试验条件A 85℃, 两倍额定直流电压, 至少48h GJB360方法112;

# 四、筛选方案设计

➤ 元件的筛选项目

元件种类	筛选项目	试验方法及条件
电磁继电器	(1)外观及机械检查	GJB65B方法4.8.11.1规定的方法
	(2)扫频振动	GJB65B方法4.8.11.2规定的方法
	(3)随机振动	GJB65B方法4.8.23规定的方法
	(4)PIND	GJB65B方法4.8.3.1规定的方法
	(5)内部潮湿	GJB65B方法4.8.3.2a规定的方法
	(6)高温运行	GJB65B方法4.8.3.2b规定的方法
	(7)低温运行	详细规范（绝缘电阻、介质耐压、触点接触电阻、动作、保持和释放电压值、线圈电阻、动作和释放时间）
	(8)参数测试	
	(9)密封试验(适用于密封继电器)	GJB65B方法4.8.5规定的方法



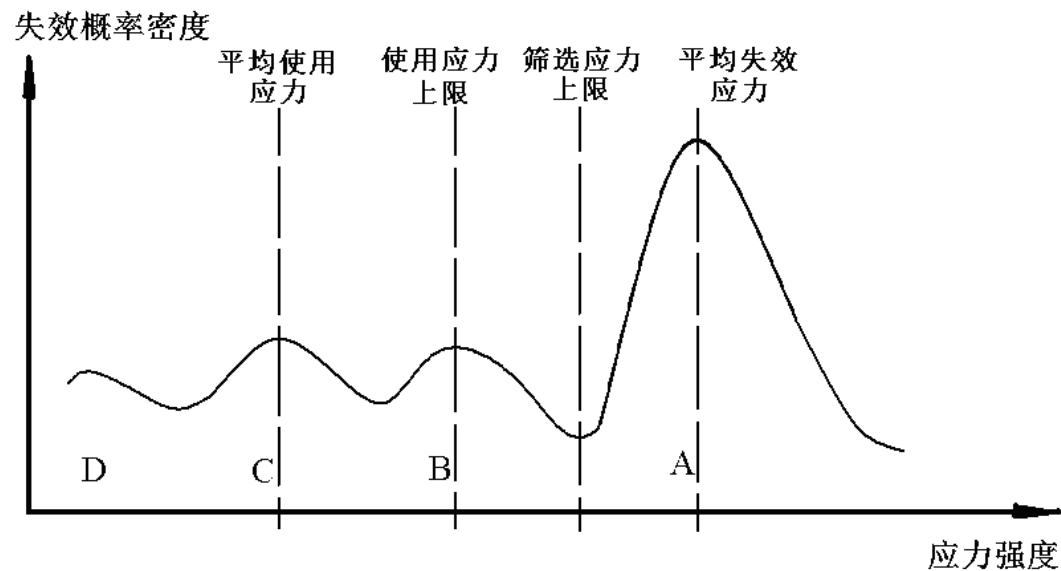
## 四、筛选方案设计

### □ 筛选应力强度的确定

确定筛选应力强度的原则是能有效的激发隐藏于产品中的潜在缺陷，并使其暴露出来，但又不破坏性能好的产品。

对于筛选应力量值的选取必须十分谨慎，应力量值太小，造成欠筛选，不能有效剔除早期失效的产品；应力量值过大，造成过筛选，可能改变原有的失效机理和增加新的失效模式。

元器件的失效概率与其使用的应力如电应力、温度应力、机械环境应力等有密切的关系。使用应力越高，其失效率也越高。右图表示了电子元器件的失效概率密度与应力强度间的关系。它是通过对电子元器件的应力试验及现场使用统计而获得的。



## 四、筛选方案设计

### □ 筛选应力强度的确定

对于不同质量等级的元器件，施加的应力量值不一样，

军用元器件温度循环应力为 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$

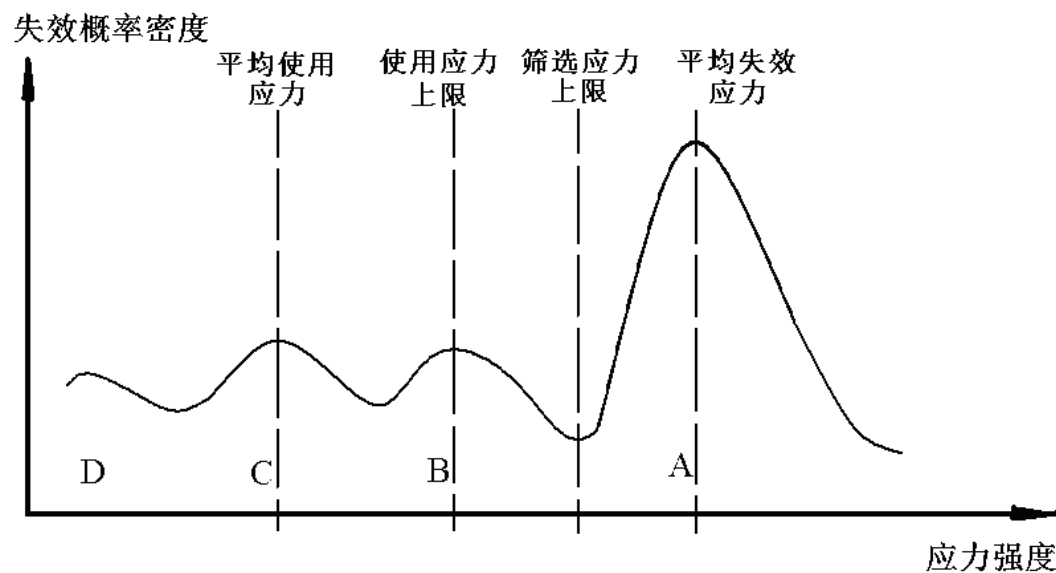
工业级器件温度循环应力为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$

民用器件温度循环应力仅为 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$

确定筛选试验的应力类型和量值的原则是：

①应能最**有效的**激发早期失效，即所施加的应力应是对失效机理能起**最大作用**的。

②能将不可靠的产品剔除而**不损坏**可靠的产品。  
任何时候筛选应力的类型和量值都不得使产品由于承受过应力而**改变其固有的失效机理**。



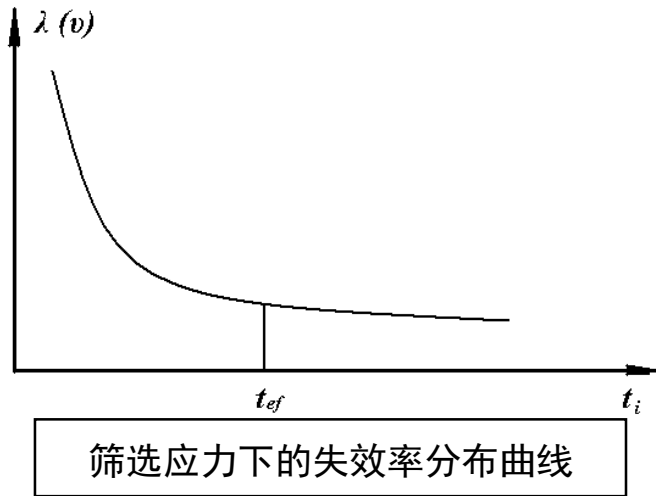
## 四、筛选方案设计

### ❑ 筛选时间的确定

#### ➤ 筛选时间确定的原则

筛选时间是与筛选试验项目和应力有关的，可通过摸底试验来确定。作出筛选应力下的失效率分布曲线如右图所示。

选择筛选时间应是曲线转折点 $t_{ef}$ ，即位于早期失效期的终端。



#### ➤ 筛选时间的定量确定

假设在一定的应力下某批次产品的寿命(故障时间) $T$ 是一个随机变量，它由两部分组成：

- 第一部分是具有早期故障特征的产品，其故障概率密度函数为 $f_1(t)$ ，其平均寿命为：

$$\theta_1 = \int_0^{\infty} t f_1(t) dt$$

- 第二部分是好产品，它的故障概率密度为 $f_2(t)$ ，它的平均寿命为：

$$\theta_2 = \int_0^{\infty} t f_2(t) dt$$

## 四、筛选方案设计

### ❑ 筛选时间的确定

#### ➤ 筛选时间的定量确定

具有早期故障特征的产品的平均寿命 $\theta_1$ 远小于好产品的平均寿命 $\theta_2$ 。

设在某种应力选择一个筛选时间 $T^*$ ，使产品筛选时间 $T^*$ 后，把早期故障产品基本上筛选掉，仅有很少部分没有筛选掉。

设早期故障产品未被剔除的概率为 $p_1$ ：

$$p_1 = \int_{T^*}^{\infty} f_1(t) dt$$

设好的产品被剔除的概率为 $p_2$ ：

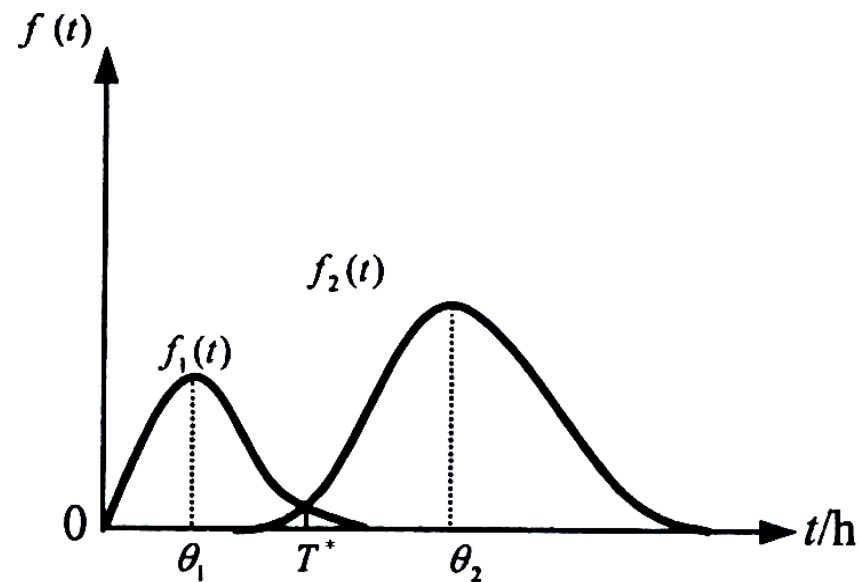
$$p_2 = \int_0^{T^*} f_2(t) dt$$

要使 $p_1$ ， $p_2$ 都很小，必须要求 $\theta_1$ 和 $\theta_2$ 相差很大，即它们的差异比两者的寿命方差 $\sigma_1^2$ 和 $\sigma_2^2$ 要大得多。

$$\frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}{\theta_2 - \theta_1} \ll 1$$



$$T^*$$



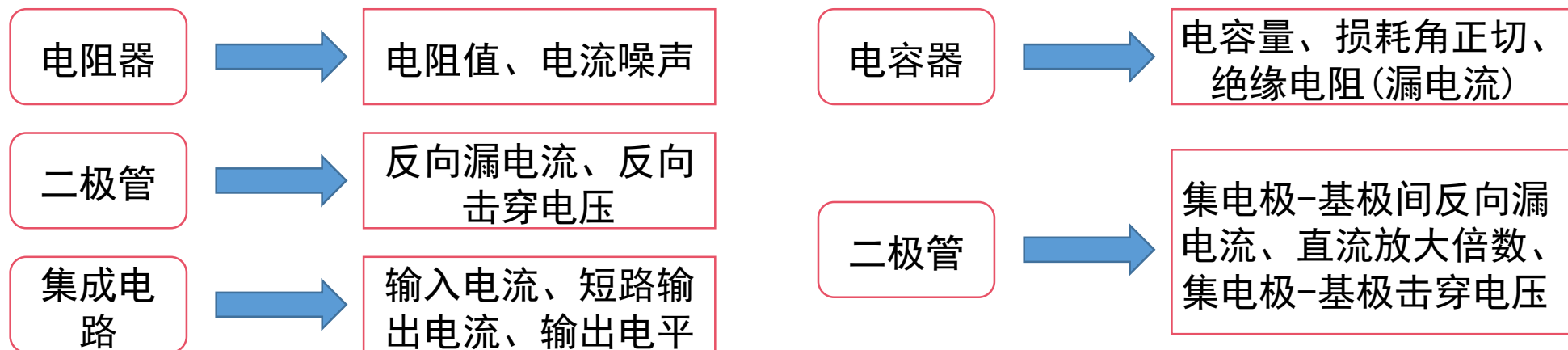
具有早期故障的产品的寿命分布

## 四、筛选方案设计

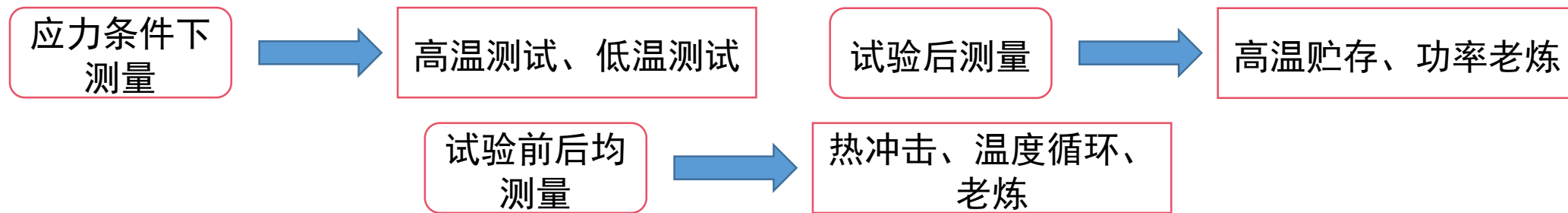
### □ 筛选参数的确定

- 要选择那些能灵敏地显示产品寿命特性(能预示产品早期失效)的参数来作为筛选参数。

例如：



- 电参数测量周期根据具体情况确定。例如：



## 四、筛选方案设计

### □ 筛选判据的确定

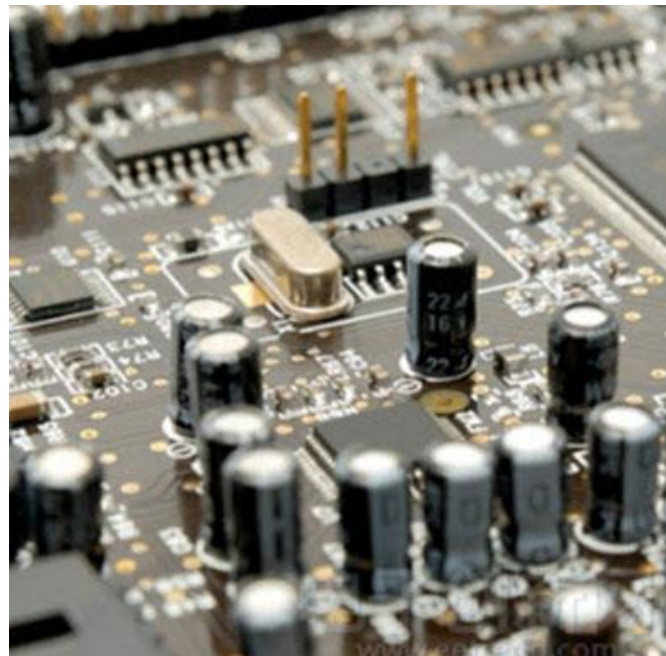
在筛选程序中，通常采用两类拒收判据，即合格/不合格判据和参数漂移极限判据。

#### ➤ 合格/不合格判据

以元器件规范表中参数容差极限作为筛选的拒收判据，只须把参数测量值与判据值进行比较便确定合格与否。

#### ➤ 参数漂移判据

以允许的参数最大漂移百分数作为筛选的拒收判据，需计算筛选前后参数漂移的百分数，而且参数最大漂移极限判据的确定比较复杂，需要通过试验摸清产品参数漂移规律以及产品筛选期间的参数漂移量与产品使用寿命的相关性。



# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

- 一、筛选的定义与目的
- 二、元器件筛选的特点
- 三、筛选试验分类及介绍
- 四、筛选方案设计
- 五、筛选效果的评价**
- 六、特殊使用条件下进行的筛选





## 五、筛选效果的评价

理想的筛选效果是把所有早期失效产品全部剔除，同时又不把本来可靠的产品判为早期失效。

### □ 筛选剔除率Q

$$Q = \frac{n}{N} \times 100\%$$

式中n为通过筛选被剔除的产品数；N为参加筛选的产品总数。在有可靠性指标的产品标准中应规定剔除率Q的上限值。

确定剔除率**Q上限值**。当实际产品的筛选剔除率超过该上限值时，这批产品就不可能作为高可靠产品交付使用。

剔除率太高，有可能是产品本身设计、材料、工艺等存在本质上的**严重缺陷**，但也可能是筛选**应力强度太高**；

剔除率太低，有可能是**产品缺陷少**，但也可能是筛选应力的**强度和试验时间不足**。

## 五、筛选效果的评价

### ❑ 剔除效率 $\eta$

$$\eta = \frac{r}{R} \times \left( 1 - \frac{n-r}{N-R} \right)$$

式中 $n$ 为通过筛选被剔除的产品数； $N$ 为参与筛选试验的产品总数； $R$ 为受试样品中所含早期失效产品数； $r$ 为被剔除样品中所含早期失效产品数。

$r/R$ 比例越大，表示被剔除的早期失效产品越多；

$(n-r)/(N-R)$ 即表示非早期失效产品被剔除的比例，显然要求它越小越好；

不同的筛选方法，能淘汰的早期失效产品数不一样，因此  $\eta$  值也不同， $\eta$  是一个0~1之间的数， $\eta$  值越接近1，筛选方法就越好。

## 五、筛选效果的评价

### □ 筛选效果 $\beta$

$$\beta = \frac{\lambda_N - \lambda_S}{\lambda_S} \times 100\%$$

式中 $\lambda_N$ 为筛选前产品失效率； $\lambda_S$ 筛选后产品失效率。筛选效果表示产品经过筛选后，失效率下降的百分比。

筛选效果表示失效率下降的百分比。 $\beta$ 的取值在0和1之间；

当 $\beta=0$ 时，表示筛选**毫无效果**；

当 $\beta=1$ 时，表示筛选后产品的**失效率降到零**；

当 $\beta=90\%$ 时，表明筛选后的产品失效率大致**能降低一个数量级**。

# 五、筛选效果的评价

## □ 筛选度

筛选度是指产品中存在对某一特定筛选敏感的潜在缺陷时，该筛选将该缺陷以失效形式析出的概率。

### ➤ 温度循环试验的基本参数

上限温度( $T_U$ )，下限温度( $T_L$ )，变化速率( $V$ )，上限温度保温时间( $t_U$ )，下限温度保温时间( $t_L$ )和循环次数( $N$ )。

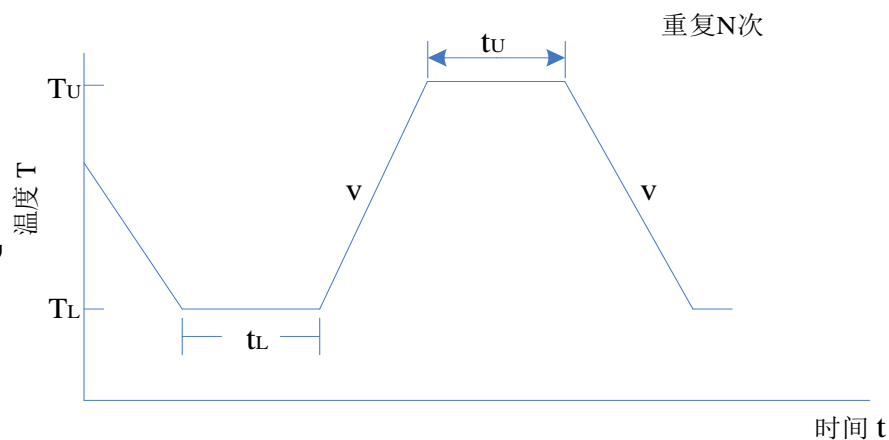
### ➤ 特性

温度循环参数中，对筛选效果最有影响的是温度变化范围( $R$ )，温度变化速率( $V$ )以及循环次数( $N$ )。

### ➤ 筛选度

$$SS = 1 - \exp \left\{ -0.0017(R + 0.6)^{0.6} [\ln(e + V)]^3 N \right\}$$

式中： $R$ 为温度变化范围( $T_U - T_L$ )°C； $V$ 为温度变化速率°C/min； $N$ 循环次数； $e$ 自然对数的底。



# C 本节内容 CONTENTS

## 第10讲：电子元器件筛选

- 一、筛选的定义与目的
- 二、元器件筛选的特点
- 三、筛选试验分类及介绍
- 四、筛选方案设计
- 五、筛选效果的评价
- 六、特殊使用条件下进行的筛选



## 六、特殊使用条件下进行的筛选

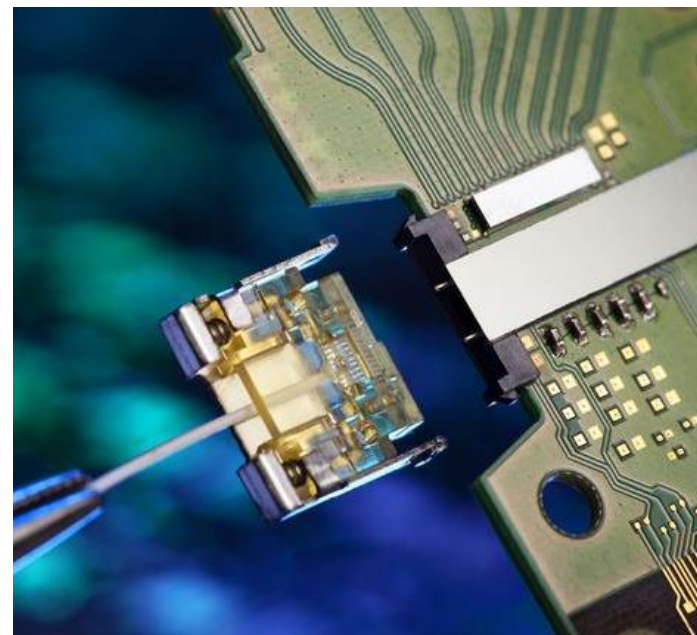
由元器件的**生产方**进行的筛选试验一般称为“**一次筛选**”，**使用方**或委托单位可以再次进行**二次筛选**、二次筛选等筛选试验以**补充**生产方筛选的**不足**。      **二次筛选 补充筛选 升级筛选**

### □ 二次筛选

#### ➤ 二次筛选的项目和程序

二次筛选的试验项目可以**参照**一次筛选的试验项目，并进行适当地**剪裁**。试验条件应按元器件的具体**使用条件**修订

由于经过二次筛选合格的元器件是要交付装机使用的，因此用于二次筛选的试验项目必须是**无破坏性**的。



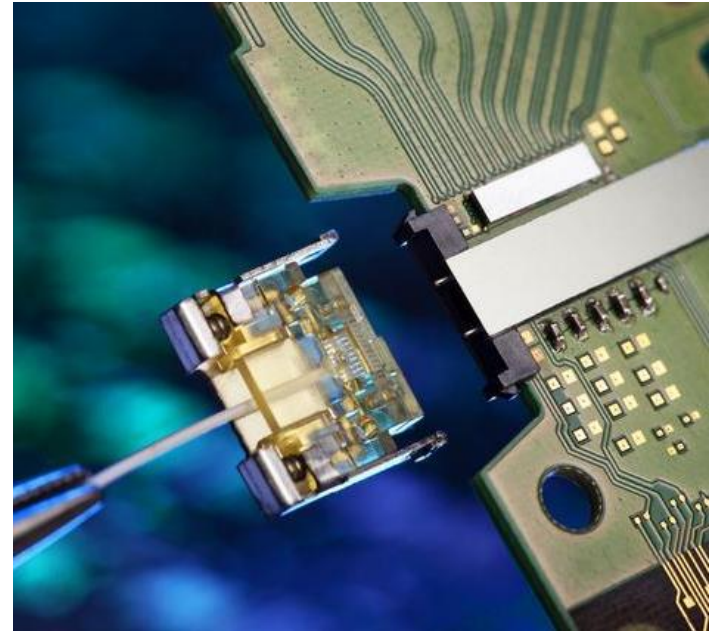


# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## □ 二次筛选

➤ 确定二次筛选项目先后顺序的原则是：

- ❖ 费用低的试验项目应排在较前，降低成本；
- ❖ 安排在前筛选项目应有利于元器件在后一个筛选项目中其缺陷的暴露；
- ❖ 密封和最终电测试两项试验谁先谁后，需要慎重考虑，经电测试合格的器件再经密封性试验，也可能会由于静电损伤等原因引起失效。



## 六、特殊使用条件下进行的筛选

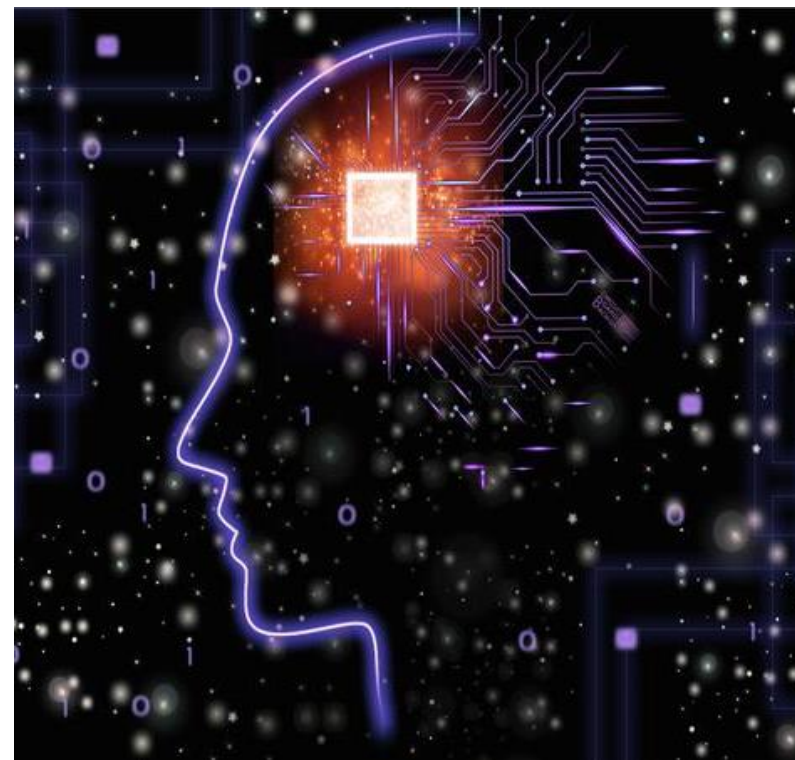
### □ 二次筛选

#### ➤ 二次筛选中的PDA控制

PDA: **Percent Defective Allowable**——**批允许不合格率**，即对于某一批进行筛选试验的元器件产品，所允许的最大批缺陷率。当进行筛选试验后若**批缺陷率大于PDA**，则**整批器件拒收**。

应用PDA时，首先应选定某一**试验项目进行PDA**控制，并将其称为**PDA控制点**；其次应根据可靠性要求确定PDA的取值；最后根据试验结果计算批缺陷率并判断是否接收。

**例如：**某批进行老炼试验的1000只正常器件，规定其PDA值为**5%**。若经过老炼试验后剔除了51只不合格器件，即该试验的批缺陷率为**5.1%**。若未执行PDA控制，则合格的949只器件将交付使用。而执行PDA控制，已经通过筛选的949只器件都将因其可靠性不达标而被拒收。



# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## 二次筛选

半导体集成电路(密封型)的二次筛选项目、顺序及PDA

需做的项目 顺序和项目	常温初测	温度循环	恒定加速度	颗粒碰撞噪声检测	常温中测	高温功率老炼	常温终测	高低温测试	密封性试验	外部目检
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
器件类别										
单片微电路	√	√	按需要选做	√	√	√	√	√	√	√
混合微电路	√	√		√	√	√	√	√	√	√
项目 PDA(%)						5			12	
总的 PDA(%)	15									

# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## 二次筛选

塑封半导体集成电路的二次筛选项目、顺序及PDA

需 做 的 项 目 和 顺 序	外部目检	温度循环	X射线检查	扫描声学检测	老练前电参数测试	静态老炼试验	常温测试	动态老炼试验	终点电参数测试	外部目检	PDA (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1级	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	5
2级	可选	√	可选	√	√	√	√	√	√	√	10
3级		√		可选	√	√	√	√	√	√	15

# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## 二次筛选

半导体分立器件(密封型)的二次筛选项目、顺序及PDA

需做的项目和顺序 器件类别		常温初测	温度循环	恒定加速度	颗粒碰撞噪声检测	常温中测	高温反偏老炼	功率老炼	常温终测	高低温测试	密封性试验	外部目检
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
半导体二极管	整流、检波二极管	√	√	按需要选做	√	√	√	√	√	√	√	√
	开关二极管	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
	其它二极管	√	√		√	√		√	√	√	√	√
双极型晶体管		√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
闸流晶体管		√	√		√	√		√	√	√	√	√
场效应晶体管		√	√		√	√	√	√	√	√	√	√
光电晶体管					√	√		√	√	√	√	√
光电耦合器		√	√		√	√		√	√	√	√	√
项目PDA(%)							10				12	
总的PDA(%) <sup>**</sup>		15										

# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## 二次筛选

电阻器、电位器、电阻网络和电感器的二次筛选项目、顺序及PDA

需做的项目和顺序	常温初测	温度冲击	直流功率老炼	常温终测	外部目检
元件类别	1	2	3	4	5
普通金属膜电阻器	√	√	按需要	√	√
精密金属膜电阻器	√	√		√	√
线绕电阻器	√	√	√	√	√
普通热敏电阻器	√	√		√	√
非线性绕薄膜电位器	√	√	按需要	√	√
线绕电位器	√	√	√	√	√
金属膜电阻网络	√	√	按需要	√	√
小型固定电感器	√	√		√	√
总的 PDA(%)	5				

## 六、特殊使用条件下进行的筛选

### □ 升级筛选

#### ➤ 升级筛选的定义

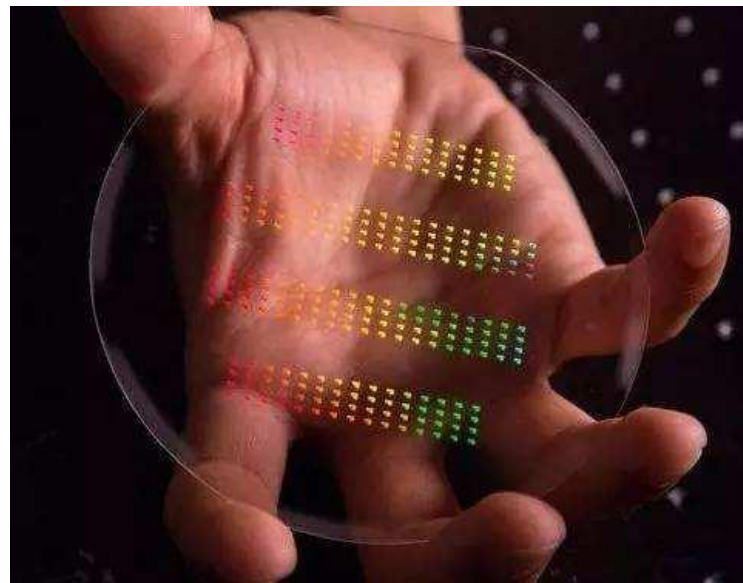
元器件的升级筛选就是指把原来处于一定质量等级的一批元器件，通过一系列的筛选试验、使其应用于高于其质量等级的应用中。

元器件质量等级：宇航级、883B级、军用级、工业级和商业级，宇航级或883B级器件价格高，越来越难以采购。

工业级和商业级塑封器件发展迅速，其性能高于军用器件1-2代，体积小、功耗低，成本远远低于军用器件。

然而，塑封器件、针对严酷工作环境的军用特别是航空、航天的高可靠应用领域。存在潮气容易浸入、耐温度性能差等可靠性问题。

**升级筛选**——将塑封器件可靠的应用于航空航天领域





## 六、特殊使用条件下进行的筛选

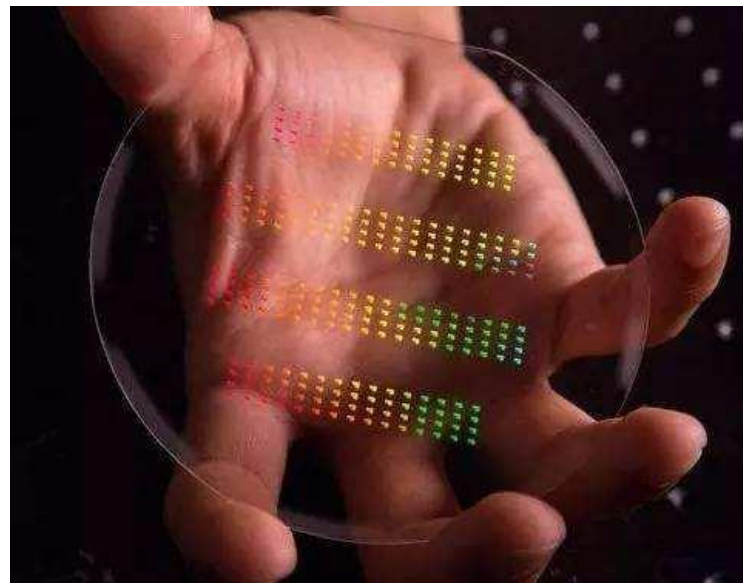
### □ 升级筛选

#### ➤ 升级筛选的定义

升级筛选**并不能提高**元器件个体的质量等级。升级筛选只是通过一系列的试验验证，**证明该批器件可以用于较高质量等级的应用**并淘汰有缺陷的产品。它是解决**低质量等级**的元器件用于高可靠性领域的一种可靠性保证手段。

#### ➤ 升级筛选的意义：

- 增加了**用户设计和选用的范围**；
- 加快**采购进度**并降低**成本**；
- 元器件升级筛选起到了**质量把关**作用。



# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## 升级筛选

NASA-GSFC工程项目中推荐的不同应用级别的塑封微电路升级筛选项目和程序

筛选	试验方法和条件	1级	2级	3级
1. 外部目检和编序列号	MIL-STD-883方法 2009，检查封装、引线变形，外引线和镀层及标记易读性和正确性。	√	√	√
2. 温度循环	MIL-STD-883方法1010，条件B（或制造商规定的贮存温度范围，取较小者） 温度循环最少次数	20	20	20
3. X射线检查	MIL-STD-883方法2012，检查引线偏移，外来物、空洞等。	√	√	√
4. 声学显微镜检查	检查模塑化合物与引线框架、芯片或芯片压焊点之间的分层(分别从顶部和底部检查)，模塑化合物中的空洞和开裂，芯片粘接材料中的未粘合区域及空洞等。	√	√	√
5. 初始（老化前）电测试	按元器件规范，在25℃及最低、最高额定工作温度。	√ √	√ √	√ —
6. 工程复查				

## 六、特殊使用条件下进行的筛选

### □ 升级筛选

筛选	试验方法和条件	1级	2级	3级
7. 静态（稳态）老炼试验，温度：125°C或最高工作温度。	MIL-STD-883方法1015， 条件A或B。 最少小时数取决于老炼温度。	240h, 125°C 445h, 105°C 885h, 85°C 1560h, 70°C	160h, 125°C 300h, 105°C 590h, 85°C 1040h, 70°C	160h, 125°C 300h, 105°C 590h, 85°C 1040h, 70°C
7a. 静态老炼后电测试， 测试温度：25°C。	按元器件规范，适用时应计算Delta（Δ） 值	√	√	√
8. 动态老炼试验 温度：125°C或最高工作 温度。	MIL-STD-883方法1015，条件D。 最少小时数：	同7.	同7.	同7.
9. 终点电参数测试和功能测试	按元器件规范（25°C，最高和最低额定工作温度）。	√	√	√
10. 计算批不合格品率	最大可接受的PDA 值	5%	10%	10%
12. 外部目检/包装		√	√	√

# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## □ 升级筛选

GJB7243-2011推荐的不同应用级别的塑封微电路的升级筛选方法和程序

筛选项目	GJB 548B-2005		筛选等级		
	方法号	条件	1级	2级	3级
1. 外部目检	2009.1	3~10倍放大镜或显微镜	要求	可选	
2. 温度循环	1010.1	条件B；或器件允许的高、低温，取要求低者	25次循环	15次循环	5次循环
3. X射线检查	2012.1	两个视图	要求	可选	
4. C模式扫描声学显微镜超声检测 C-SAM检测	参照GJB 4027A-2006方法1103第2.4条规定的方法和合格判据进行扫描声学显微镜检查		要求		可选
5. 编序列号	-	-	要求		
6. 老练前电参数测试*	-	按适用的详细规范	要求		

# 六、特殊使用条件下进行的筛选

## □ 升级筛选

筛选项目	GJB 548B-2005			筛选等级		
	方法号	条件		1级	2级	3级
7. 静态老炼试验 125℃或最高工作温度。	1015.1	条件A或B 老炼时间由老 练温度和筛选 等级决定	温度	老炼时间		
			125℃	240h	160h	160h
			105℃	445h	300h	300h
			85℃	885h	590h	590h
			70℃	1560h	1040h	1040h
8. 室温电参数测试	-	按适用的详细规范		要求		
9. 动态老炼试验 125℃或最高工作温度。	1015.1	条件D 老炼时间由老练温度和筛 选等级决定(同序号7)		要求(同序号7)		
10. 终点电参数测试*	-	按适用的详细规范		-		
11. 外部目检	2009.1	3~10倍放大镜或显微镜		-		
12. 计算Δ值和PD	-	-		-		
13. PDA	-	-		5%	10%	15%
14. 高压蒸煮试验**	-	-		3(0)	可选	不要求

# 作业

---

1. 元器件筛选的特点是什么？
2. 如何评价筛选方案的优劣？
3. 思考在哪些情况下需要对元器件进行升级筛选。





# The End

万博

可靠性与系统工程学院

wanbo@buaa.edu.cn