

合算的,甚至是不可能的。例如对于某种器件,如果要求其失效率为 2.6×10^{-8} /小时,抽取 1000 只进行试验,若允许 5 只失效,则需试验 22 年。因此提出了加速寿命试验来预测器件寿命,即用较短的时间加速老化预测器件寿命。

加速寿命试验的目的概括起来有:可以在较短时间内用较少的元器件估计高可靠器件的可靠性水平,运用外推的方法快速预测器件在正常条件下的可靠度;可以在较短时间内提供试验结果,检验工艺;在较短时间内暴露器件的失效类型及形式,便于对失效机理进行研究,找出失效原因;淘汰早期失效产品;测定元器件的极限使用条件。

2.2 寿命测试的理论依据

2.2.1 寿命的定义

寿命测试是在老化筛选的基础上进行。LD 寿命是表征其可靠性的物理量。是根据不同要求人为规定的,如规定 LD 恒流工作时,其功率下降 10 % 时(也可以规定 20 %, 30 %, 50 % 等等)对应的工作时间为其寿命 $L_{10\%}$,或规定 LD 恒功工作时,其工作电流升高 5 % 时(也可以规定 20 %, 30 %, 50 % 等等)对应的工作时间。又分为平均寿命、中位寿命等等。

平均寿命:常用的一种寿命特征量,是指一批器件寿命的平均值。如有 N 个器件,它们的寿命平均值为

$$L_{\text{平均}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (1)$$

其中 t_i 是第 i 个器件的寿命。

中位寿命:当器件的可靠度下降 50 % 时,对应的工作时间,即总共有 N 个器件有 $N/2$ 个器件寿命终结时对应的时间,即

$$L_{\text{中位}} = t_{N/2} \quad (2)$$

2.2.2 加速寿命测试的数学模型

由于通常 LD 寿命达到 10 万小时左右,因此要测得其常温下的寿命时间太长,因此采用加速寿命的方法。根据高温加速寿命得的结果外推其他温度下的寿命。

LD 的老化寿命测试原理是基于 Arrhenius 模型^[8],利用该模型可以发现由温度应力决定的反应速度的依赖关系,即

$$\ln L = A + \frac{E_a}{kT} \quad (3)$$

式中 L 为寿命, E_a 为激活能, A 为常数, k 为玻

尔兹曼常数: $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, T 为热力学温度。

设通过实验可以测得某温度 T_1 下器件寿命为 L_1 ,从(3)式仍不能推得其它温度下的寿命,因为有两个未知数。因此测试温度应有两个,即还需测得另一个温度 T_2 下器件寿命为 L_2 ,根据(3)式可以求得激活能 E_a 。这样便可以求得温度 T_1 对某温度 T_3 下的加速系数 K_3 :

$$K_3 = \frac{L_3}{L_1} = \frac{\text{EXP}(\frac{E_a}{kT_3})}{\text{EXP}(\frac{E_a}{kT_1})} = \text{EXP}[\frac{E_a}{k}(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1})] \quad (4)$$

则有:

$$L_3 = L_1 \text{EXP}[\frac{E_a}{k}(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1})] \quad (5)$$

可见实验需要测得同一批器件在两个不同温度下的寿命,然后推得其他温度下的寿命。这就要求被测器件的数量应足够多,才能避免个性影响,而得到共性,即得到统计寿命值才真实。

2.2.3 激活能与失效机理

激光器从正常状态进入劣化状态的过程中,存在能量势垒,跃过这个势垒所需要的能量必须由外部供给,这个能量势垒就称为激活能^[9]。由(4)式可以绘出温度、激活能与加速系数之间的关系如图 1、图 2。可以看出,激活能 E_a 越大曲线倾斜越大,与温度关系越密切,加速系数越大;温度越高加速系数越大。

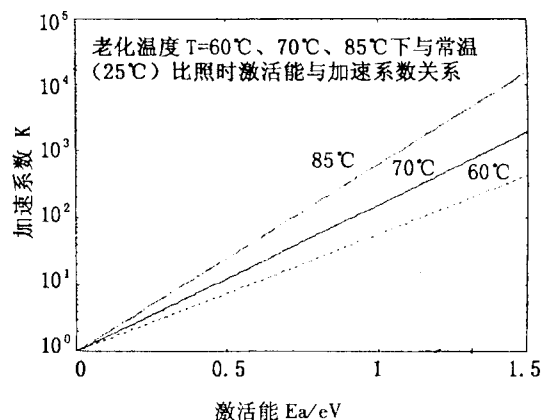


图1 激活能与加速系数的关系

由于器件向失效发展的机理不同,其能量势垒的高度也不同,所以其激活能量值 E_a 也不一样,就像其它半导体器件一样^[10],根据激活能 E_a 量值推出失效机理,据此改进器件设计和生产工艺。某一批次器件的 E_a 可看出近似相同。