

文章编号:1007-2780(2011)02-0154-04

液晶显示器寿命评估

孔令军¹, 任立军²

(1. 成都天马微电子有限公司 质量部, 四川 成都 611730, E-mail:kljywqs@163.com;
2. 天马微电子股份有限公司 深圳事业部实验室, 广东 深圳 518118)

摘 要: 提出了一种液晶显示器寿命评估方法。介绍了加速寿命实验的基本原理和实验方法, 并对加速模型进行推导, 在进行分布验证的前提下进行寿命计算, 通过加速状态下测试的产品寿命计算任意环境下的寿命, 完成液晶显示器的寿命评估。

关 键 词: 加速寿命试验; 平均寿命; 分布

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112602.0154

Evaluation of LCD Life

KONG Ling-jun¹, REN Li-jun²

(1. QM Department, Chengdu Tianma Micro-Electronics Co. Ltd., Chengdu 611730, China, E-mail:kljywqs@163.com;
2. Quality Department Lab, ShenZhen Tianma Micro-Electronics Co. Ltd., Shenzhen 518118, China)

Abstract: An evaluation method of LCD life was proposed in this paper. The basic experiment principle of accelerated life and experiment method were introduced, and the acceleration model was derived. Under the premise of distribution verifying, the accelerated life was calculated, and the life under any environment could be obtained by which the life evaluation of LCD is completed.

Key words: accelerated life test; mean time between failures; distribution

1 引 言

目前国内外对电子产品的寿命评估较多^[1-3], 而对于液晶显示器(LCD)的寿命评估较少^[4]。虽然国内一些终端产品(笔记本、电视等)使用液晶面板的企业也做过 MTBF 评估, 但由于整机评估受产品结构影响比较大, 所以不能单独对液晶显示屏进行寿命评估。液晶显示器是一类特殊产品, 结合了物理学、化学、光学、材料学等综合特性, 国内外对其寿命评估的相关文献比较少, 很多企业在对液晶显示器评估时直接参照电子产品的评估方法, 甚至直接引用相关参数来计算, 虽然其结论有一定的参考性, 但是评估的误差

相对较大。

对产品的寿命评估一般有 3 种方法: 其一是将产品放在正常使用的环境下测试, 自然损耗, 直到寿命终止; 其二是收集类似产品的出货及不良退货数据加以整理, 估算产品的寿命; 其三是采用加速寿命试验, 以合理的试验计划, 将一定的产品投入到合适的加速条件下, 加速产品的损耗, 保证这类损耗和自然损耗是相同的, 然后通过加速模型计算常规环境下的产品寿命。

本文通过加速模型推导和产品寿命分布分析, 建立了液晶显示器产品寿命的评估方法。此评估方法已经应用于国内外各类客户的产品评估, 并且得到了较好的评价。

2 实 验

2.1 加速寿命试验原理

半导体器件等电子元器件在使用或储存过程中,总存在着某种比较缓慢的物理化学变化。当这一物理化学变化过程发展到一定阶段,器件的外观特性和功能就会逐步变化,最终导致特性的退化和功能的完全丧失,即失效。器件的失效大多是由于器件表面状态的变化和体内、金属化系统等的物理化学变化造成的。这些变化遵循一定的规律,外界环境对这样的变化可以通过加速的方式来完成,加速应力与产品寿命的理论关系则由加速试验模型描述。

2.2 加速寿命试验模型

加速寿命的常用模型为阿列尼乌斯模型、爱伦模型及以电应力为加速变量的加速模型。大多数电子元器件、复杂机器及系统的寿命都服从一定的分布,产品的加速模型和寿命分布不能等同计算。

阿列尼乌斯模型适用于产品的单应力温度,Power-law humidity model^[1]适用于温度和湿度双应力。根据液晶显示器产品特性,选择的加速应力模型为 Power-law humidity model。

计算公式为:

$$L = A' \exp(E_a/kT) \times RH^n \tag{1}$$

式中: L 为产品在温度 T 和湿度 RH 下的寿命; T 为产品的工作温度(热力学温度); RH 为产品的相对湿度(% RH); k 为玻尔兹曼常数, $k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/}^\circ\text{C}$; E_a 为产品激活能; n 为湿度加速因子。由式(1)推导出来的加速系数 $\Gamma^{[1]}$ 为:

$$\Gamma = [RH_{\text{stress}}/RH_{\text{use}}]^n \cdot \exp\{(E_a/k)(1/T_{\text{use}} - 1/T_{\text{stress}})\} \tag{2}$$

激活能 E_a 是晶体中晶格点阵上的原子运动到另一点阵或间隙位置时所需的能量,是反映温度应力对产品寿命影响的一种指标。阿列尼乌斯认为,对于某一确定反应来说,激活能是不随温度变化的常数(温度小于 500 K)。激活能对加速系数影响较大,同一产品不同失效模式会使激活能发生变化,目前可以看到很多机构推荐的激活能值,而这些只能是参考,不能直接应用于具体产品上,需要进行推导计算。

对式(1)两边取对数,即得到线性化的广义模型:

$$\ln L' = a + b/T + c \ln RH \tag{3}$$

对式(3)求解三元一次方程,给出参数 a 、 b 、 c ,再代到式(2),就可以推导任何温度、湿度条件下的寿命,为评估液晶显示器产品的常规寿命提供理论依据。

常规产品的寿命即平均无故障时间(Mean Time Between Failure, MTBF)为加速条件下的 MTBF 乘以加速因子 Γ 。

2.3 产品寿命分布计算

产品的失效遵循一定的规律,常见的寿命分布有指数分布、威布尔分布和对数正态分布等,不同的寿命分布计算产品的寿命方法不一致。在评估产品寿命时,应先对试验数据进行处理,对失效数据分析确定分布后再进行寿命计算。产品寿命分布评估可使用工具 MINITAB 进行分布验证和假设的检验。

2.4 加速寿命实验方案

本文设定的加速实验方案如下:

应力水平: $60\text{ }^\circ\text{C} \times 90\%(\text{RH})$, $70\text{ }^\circ\text{C} \times 80\%(\text{RH})$, $70\text{ }^\circ\text{C} \times 90\%(\text{RH})$, $80\text{ }^\circ\text{C} \times 80\%(\text{RH})$;

实验方法:恒定应力,定数截尾,选取失效比例为 40%以上;

实验样品状态:工作寿命试验;

失效机理:水汽渗入,聚合物材料解聚、结合性能下降,腐蚀,空洞;

失效模式:线焊点脱开,引线间漏电,芯片与芯片粘片层脱开,焊盘腐蚀,金属化或引线间短路,电极腐蚀,偏光材料沁润变形;

失效判定:外观缺陷、功能显示缺陷、消耗电流增大为试验前的两倍,当其中某一项失效就认为产品已经失效(寿命终结)。

2.5 实验过程

选用 4 台计量合格的恒温恒湿实验设备,根据实验方案做 4 组试验。

实验开始时,所有样品工作的电源同样经过计量检验,输出恒定的电压和电流。

实验过程中每隔一定时间对样品进行监控和测试,确保实验数据的准确性,并且及时记录,对于出现的失效及时判定和分析确保属于实验正常失效。

3 结果与讨论

根据实验方案整理出实验数据如下:

表 1 实验数据
Table 1 Test data

实验条件	样品总数	失效数	实验时间/h
60 ℃,90% RH	8	5	1 078
70 ℃,80% RH	7	4	926
70 ℃,90% RH	8	5	526
80 ℃,80% RH	8	4	336

3.1 寿命分布

对表 1 的详细数据进行分解,得到其中一个实验条件下的数据,如表 2 所示。

表 2 失效数据
Table 2 Failure data

试验条件	样品编号	失效数据 实验时间/h	结果判定
60 ℃, 90% RH	B6	517	Fail
	B2	662	Fail
	B3	686	Fail
	B4	1 054	Fail
	B1	1 078	Fail
	B5	1 078	Pass
	B7	1 078	Pass
	B8	1 078	Pass

使用 MINITAB 对表 2 的数据分别进行指数和 Weibull 分布验证和检验,得到如图 1 和图 2 所示的失效概率图。

从图 1 和图 2 结果中可以看出,数据在 Weibull

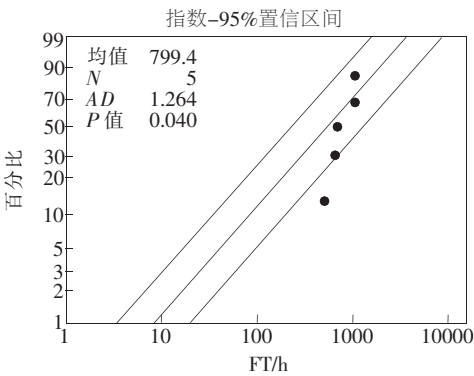


图 1 指数分布的概率图

Fig. 1 Probability graph of exponential distribution

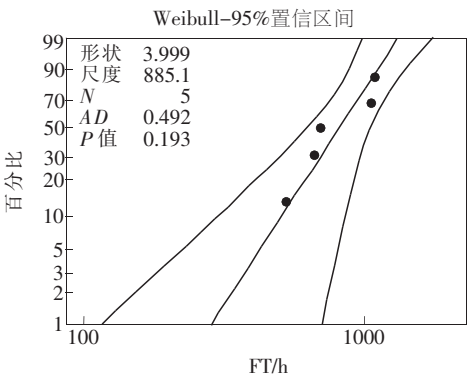


图 2 Weibull 分布下的概率图

Fig. 2 Probability graph of Weibull distribution

下拟合直线比较好,且满足 $P>0.05$ 。根据 MT-NITAB 的 P 值和 AD 值来看,产品的失效服从威布尔分布。

3.2 寿命计算

失效数据的失效概率可转化为表 3。

表 3 失效概率数据
Table 3 Failure probability data

i	Time of Fail/h	$\ln(t)$	$F(t_i)$ estimate	$R(t_i)$ estimate	$\ln[-\ln R(t_i)]$
1	517	6.248 042 875	0.083 333 3	0.916 666 667	-2.441 716
2	662	6.495 265 556	0.202 381 0	0.797 619 048	-1.486 671
3	686	6.530 877 628	0.321 428 6	0.678 571 429	-0.947 354
4	1 054	6.960 347 729	0.440 476 2	0.559 523 810	-0.543 574
5	1 078	6.982 862 751	0.559 523 8	0.440 476 190	-0.198 574

根据 Weibull 分布函数^[5]:
$$F(t) = 1 - \exp[-(t/\eta)^m] \quad (t \geqslant 0) \quad (4)$$

将式(4)变换为:
$$\ln\{-\ln[1-F(t)]\} = m\ln t - m\ln\eta \quad (5)$$

把表 3 的数据代入式(5)中,可得如下的拟合图 3。

从图 3 可以得出:
直线的斜率 $m=2.589 6$;
截距 $m\ln\eta=18.327$ 。
根据斜率和截距可以计算出特征寿命
 $\eta=1\,184.59$ 。

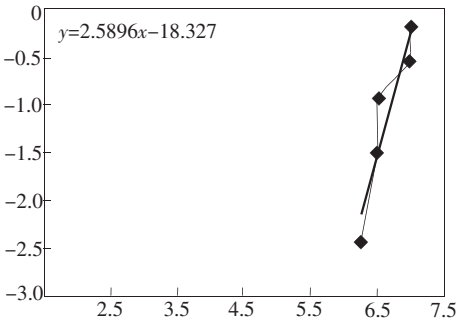


图 3 失效概率拟合图

Fig. 3 Fitting graph of failure probability

威布尔分布下的平均寿命表达式为^[2,5]:

$$\mu = \eta \Gamma(1 + 1/m) \tag{5}$$

其中 η 为特征寿命, m 为形状参数, $\Gamma(x)$ 为伽马函数, 在数学手册表查询或在 EXCEL 中可计算。

根据式 (5) 可计算出平均寿命 MTBF 为 1 052.04。

依次可计算各个条件下的特征寿命和 MTBF 值如表 4 所示。

表 4 各个条件下的特征寿命和平均寿命

Table 4 Characteristic life and MTBF under various conditions

试验条件	特征寿命	MTBF
60 ℃, 90%RH	1 184.59	1 052.04
70 ℃, 80%RH	952.94	916.57
70 ℃, 90%RH	571.52	512.78
80 ℃, 80%RH	367.80	332.82

参 考 文 献:

[1] Amerasekera E A, Naim F N. *Failure Mechanisms and Models for Semiconductor Devices* [M]. USA: JEDEC Publication, 2009:39.

[2] MIL-HAND-338B. Military handbook-electronic reliability design handbook [S]. USA: USA Department of Defence, 1998:5-7, 5-22, 23.

[3] 张建平. 威布尔分布下 VFD 恒定应力加速寿命试验与统计分析 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(2):205-210.

[4] 宋宇红, 何林桥, 杨顺林. 液晶显示器件电极腐蚀失效可靠性研究 [J]. 液晶与显示, 2009, 24(3):459-463.

[5] 刘明治. 可靠性试验 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004:57-83.

应用式 (3) 对三元一次方程求解并且采用直线拟合及交显公式可得:

激活能 $E_a = 0.88 \text{ eV}$, 湿度加速因子 $n = 4.93$ (取 $n = 4.9$)

4 结果应用

根据加速模型, 求解出未知参数后, 可以根据式 (2) 得出常规环境下寿命评估 60 ℃, 90% RH 下对于 25 ℃, 70% RH 的加速系数为 125.63, 则 MTBF 为:

$$1\,052.04 \times 125.63 = 132\,617.7 \text{ h} = 15.1 \text{ 年}$$

上述结果说明液晶显示器在常温常湿 (25 ℃, 70%RH) 下的平均寿命为 15.1 年。

从上述平均的结果值及这几年的试验数据来分析, 液晶显示器的平均寿命在 3~20 年。由于不同产品的结构、材料和工艺不同, 产品的平均寿命也有差异, 因此可以说寿命评估数据和实际市场反馈数据接近。

根据上述的评估方法可以同样评估出各类产品的加速系数, 进而为产品的研发寿命评估提供数据支持。

5 结 论

提出了一种液晶显示器寿命评估方法, 可完成对任意未知的液晶显示器的寿命评估。此评估方法已经应用于国内外各类客户的产品评估, 并且已经收到比较好的评价。