

文章编号:1007-2780(2009)03-0459-05

液晶显示器件电极腐蚀失效可靠性研究

宋宇红,何林桥,杨顺林

(深圳市宇顺电子股份有限公司,广东 深圳 518132,E-mail:yangshunlin@szsucccess.com.cn)

摘 要: 利用 Arrhenius 模型和 Eyring 模型分析了温度应力和湿度应力对 LCD 电极腐蚀可靠性的加速影响特性,并根据加速特性推导出典型的可靠性加速试验可验证的产品寿命。结果表明,温度应力和湿度应力对 LCD 腐蚀的加速作用都呈指数关系,典型的腐蚀可靠性验证试验条件($55\text{ }^{\circ}\text{C}\times 95\%\text{RH}\times 24\text{ h}$)所对应的 LCD 产品在常温常湿条件下的理论寿命约为 3 年。同时,试验统计了 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}$ 和常温常湿条件下产品发生腐蚀失效比例随时间的趋势。结果表明, $40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}\times 48\text{ h}$ 的条件可筛选出 95% 以上的潜在腐蚀失效产品。

关 键 词: 液晶显示器; 腐蚀; 可靠性; 温度应力; 湿度应力

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A

1 引 言

液晶显示目前已成为平板显示技术中最重要的显示技术之一^[1,2]。在液晶显示器制造和使用过程中,经常会有因 ITO 电极腐蚀而引起产品失效的现象发生^[3]。该现象的发生存在一定的偶然性,且难以在 LCD 产品出厂前全部检出,属于产品的可靠性问题^[4],一直是液晶显示行业难以解决的问题之一。

针对电极腐蚀失效问题,LCD 行业一般采用抽样老化或做高温高湿运行试验来评估产品的可靠性^[5],但不同条件下对应的产品寿命目前尚不明确。本文利用经典可靠度评价模型,研究了外界应力对 LCD 腐蚀失效的加速效应,得出 LCD 可靠性试验条件与其产品腐蚀失效时间(即只考虑腐蚀失效时产品的寿命)之间的关系,并通过试验得出筛选潜在腐蚀产品的合适的加速试验条件。

2 实 验

2.1 外部应力对腐蚀失效的影响试验^[6]

取在线生产的点阵型 STN-LCD 模组成品 10 000 片(测试无电性能缺陷产品),按生产型号及批次顺序等分成 100 组,分别投入不同温湿度条件下驱动运行,按每组出现第一片腐蚀失效的

时间记录为该组发生腐蚀失效的时间,相同试验条件下不同组别的数据求平均值记为该条件下的腐蚀失效时间。

试验运行 1 500 h,若某组在该时间内未出现腐蚀失效,则该组试验不计。试验条件及结果记入表 1。

表 1 外部应力条件试验记录

Table 1 Failure time at different temperature and humidity conditions

NO.	试验条件	投入 试验 组数	有效 试验 组数	平均腐蚀 失效时间 (h)
a	$40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	15	7	572.7
b	$55\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	15	10	39.0
c	$40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 95\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	15	9	234.3
d	$55\text{ }^{\circ}\text{C}\times 95\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	15	12	15.8
e	$60\text{ }^{\circ}\text{C}\times 90\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	10	9	7.9
f	$60\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	10	8	16.7
g	$40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 90\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	10	7	271.3
h	$60\text{ }^{\circ}\text{C}\times 95\%\text{RH}\times 1500\text{ h}$	10	8	7.0

2.2 产品寿命试验

取电性能正常的点阵型 STN-LCD 模组成品 10 个型号共 5 000 片,在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\times 70\%\text{RH}$ 条件下驱动 1 000 h,同时跟踪各型号同批产品(未经过试验)在客户处 3 个月内的使用情况,其产品失效记录如表 2 所示。

表 2 不同条件下的产品失效率

Table 2 Failure rate with the relationship between running time

型号	投入日期	40℃×70% RH(%)	客户使用 3 个月 内的失效率(%)
MODEL 1	2007-03-17	0.44	0.42
MODEL 2	2007-03-22	0.47	0.35
MODEL 3	2007-03-25	0.25	0.25
MODEL 4	2007-04-02	0.36	0.38
MODEL 5	2007-05-10	0.49	0.41
MODEL 6	2007-07-06	0.46	0.45
MODEL 7	2007-10-08	0.40	0.40
MODEL 8	2007-12-15	0.18	0.18
MODEL 9	2008-01-17	0.24	0.22
MODEL 10	2008-01-19	0.27	0.25

注:腐蚀失效的详细时间未计入该表

3 结果与讨论

产品的可靠性与工作条件的关系极为密切,产品失效就是由工作条件中的各因素对产品所施加的应力而引起^[7]。对于 LCD 产品的腐蚀而言,

表 3 不同组别试验计算出的腐蚀反应激活能及其平均值
Table 3 E_a of corrosion reaction with different experiment

试验组合	a-b	a-f	e-f	a-d	c-h	d-h	b-f	平均值
E_a (eV)	1.59	1.59	1.59	1.59	1.58	1.53	1.60	1.58

根据式(4),若已知某试验温度 T_E 下产品的寿命 t_E ,则可推算产品在常温使用时的寿命 t_C (常温定为 25℃,即 298.15 K),则:

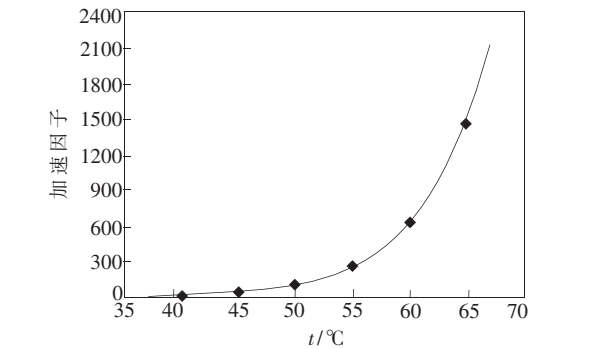


图 1 温度应力与腐蚀加速因子的关系曲线
Fig. 1 Relationship between corrosion-accelerating factor and temperature

温度和湿度是最大的环境影响因素^[5]。

3.1 温度应力对腐蚀失效的加速分析

温度应力的影响一般使用阿累尼乌兹 (Arrhenius) 反应速率理论模型进行分析^[8],温度应力对腐蚀的加速关系如下:

$$\frac{dM}{dt} = Ae^{(-E_a/KT)} \tag{1}$$

假设某 LCD 产品在 t_0 时刻处于正常状态数 M_0 ,到 t_1 时刻,LCD 因腐蚀而处于失效状态 M_1 ,则积分式(1)可得:

$$M_1 - M_0 = Ae^{(-E_a/KT)} (t_1 - t_0)$$

令 $\Delta M=M_1-M_0, t=t_1-t_0$,得到:

$$t = \frac{\Delta M}{A}e^{(E_a/KT)} \tag{2}$$

则不同温度条件下产品因腐蚀失效的时间比为:

$$\frac{t_1(M_0)}{t_2(M_0)} = E^{\frac{E_a}{k}} \left(\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \right) \tag{3}$$

根据式(3),代入表 1 数据,可计算产品因腐蚀失效的激活能 E_a 。由表 1 中不同试验间的组合计算出来的 E_a 及均值见表 3。

将 E_a 平均值代入式(3),得:

$$\frac{t_1(F_0)}{t_2(F_0)} = E^{\frac{E_a}{k}} \left(\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \right) = E^{1.83 \times 10^4} \left(\frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \right) \tag{4}$$

表 3 不同组别试验计算出的腐蚀反应激活能及其平均值
Table 3 E_a of corrosion reaction with different experiment

试验组合	a-b	a-f	e-f	a-d	c-h	d-h	b-f	平均值
E_a (eV)	1.59	1.59	1.59	1.59	1.58	1.53	1.60	1.58

$$\frac{t_C(F_0)}{t_E(F_0)} = E^{1.83 \times 10^4} \left(\frac{298.15 \times T_E}{T_E - 298.15} \right) \tag{5}$$

按照式(5)可得出可靠性试验中温度应力与腐蚀加速因子之间的关系曲线,如图 1 所示。

3.2 湿度应力对腐蚀失效的加速分析

对温度以外的应力效应一般采用艾林模型 (Eyring model)^[8] 进行分析。该模型的评价公式为:

$$t = A \exp(E_a/kT) \cdot g(V) \cdot f(RH) \tag{6}$$

式中, t 是平均寿命, $\exp(E_a/kT)$ 为 Arrhenius 模型方程因子, $f(RH)$ 是相对湿度函数, $f(RH) = B \cdot \exp\left(\frac{D}{RH}\right)$, $g(V) = \frac{1}{kV^c}$ 为爱伦模型因子。则不同相对湿度条件下的产品的寿命对比可表示为:

$$\frac{t_1(F_0)}{t_2(F_0)} = \frac{A \exp(E_a/kT) \cdot f(RH_1)}{A \exp(E_a/kT) \cdot g(V) \cdot f(RH_2)} \tag{7}$$

$$\frac{t_1(F_0)}{t_2(F_0)} = \frac{f(RH_1)}{f(RH_2)} = \frac{B \exp\left(\frac{D}{RH}\right)}{B \exp\left(\frac{D}{RH_2}\right)} = e^{D\left(\frac{1}{RH_1} - \frac{1}{RH_2}\right)} \tag{8}$$

对腐蚀反应单纯考虑湿度影响时,Arrhenius 模型因子和爱伦模型因子均可认为是常数,则式(7)可转化为:

将表 1 数据代入式(8),根据不同试验间组合可求得一组 D 值,如表 4 所示。

表 4 不同组别试验计算出的艾林模型中的 D 值及其平均值
Table 4 Values D of corrosion reaction in different experiment

试验组合	a-c	a-g	c-g	b-d	e-f	e-h	h-f	平均值
D	2. 81	2. 35	2. 51	2. 40	2. 36	2. 07	2. 31	2. 40

将 D 平均值代入式(8)可得:

$$\frac{t_1(M_0)}{t_2(M_0)} = e^{2.41 \times \left(\frac{1}{RH_1} - \frac{1}{RH_2}\right)} \tag{9}$$

根据式(9)可得出可靠性试验中湿度应力与腐蚀加速因子之间的关系曲线,如图 2 所示(按正常使用时相对湿度为 60%)。

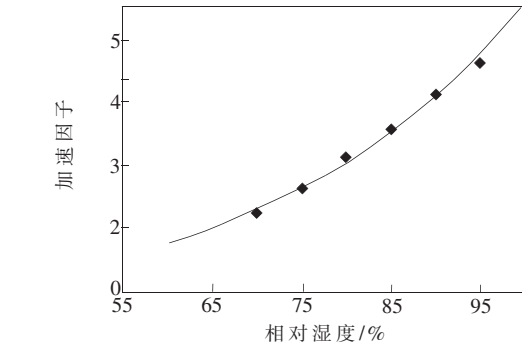


图 2 湿度应力与腐蚀加速因子的关系曲线
Fig. 2 Dependence of corrosion-accelerating factor on the humidity

3.3 LCD 一般可靠性试验对产品腐蚀失效的加速分析

在 LCD 可靠性试验中,一般会同时对抽取的样本施加温度和湿度应力。根据式(2)和式(4),不同温湿度条件下,针对腐蚀作用,产品的寿命比为:

$$\frac{t_1(M_0)}{t_2(M_0)} = e^{\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} \cdot e^{D \left(\frac{1}{RH_1} - \frac{1}{RH_2}\right)} = e^{\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) + D \left(\frac{1}{RH_1} - \frac{1}{RH_2}\right)} \tag{10}$$

根据式(10),可得出典型的试验条件下,产品的耐候性对应的产品在常温常湿条件下的使用寿命如图 3 所示。

目前,LCD 行业一般以 55℃×95%RH 的条

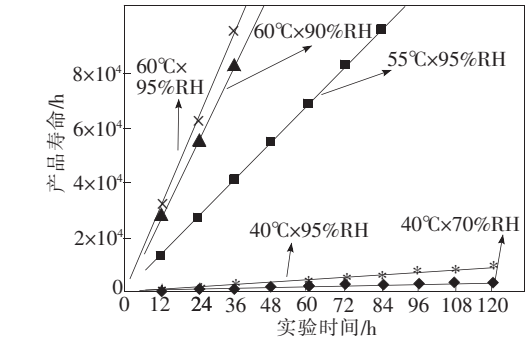


图 3 可靠性试验条件与产品寿命的对应关系
Fig. 3 Relationship between product life and normal conditions and test condition

件来判断 ITO 腐蚀失效的发生。由图 3 可知,该条件下试验 24 h 所对应的产品寿命可达到 2.7 万小时(约 3 年)。

事实上,LCD 产品在做高温高湿可靠性试验时,湿度应力对 ITO 腐蚀的加速作用要比图 2 所示要更大,这是由于 ITO 电极主要是通过电化学腐蚀而造成失效,所以水(湿度)渗入溶解杂质形成电解液起了很大的作用。也就是在试验时,很多时候 55℃×95%RH 的条件比 60℃×90%RH 的条件对腐蚀的加速作用更明显的原因。

3.4 LCD 腐蚀可靠性筛选试验分析

LCD 行业多采用加速试验的方法来筛选潜在腐蚀不良品^[9],对批量产品进行寿命验证试验,跟踪产品发生腐蚀失效率的比例变化。根据本文所试验的 10 款产品的数据统计,其失效率随时间的变化趋势如图 4 所示。

由图 4 可知,常温条件下的腐蚀失效主要发生在工作 400 h 之前,400 h 以后几乎没有增加腐蚀失效的产品。而在 40℃×70%RH 的条件下,

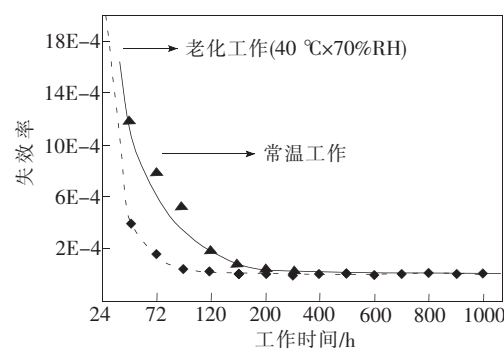


图 4 腐蚀失效发生率随工作时间的关系

Fig. 4 Corrosion failure rate with the running time

产品在工作 48 h 后,95%以上的潜在腐蚀不良品已被筛选出,在 72 h 后进入稳定期。该腐蚀失效率曲线与一般电子产品的失效率“浴盆曲线”^[10]的早期失效期和稳定期吻合,表明经过筛选后的产品是稳定的,不会出现不稳定的腐蚀不良。在 LCD 行业中,对怀疑有 ITO 潜在腐蚀不良的产品一般都采用该条件进行挑选,但时间的选择差

异较大(12 h、24 h 或 48 h),实际作业应根据实际情况进行验证,一般使用 48 h 的条件可确保挑选出 95%以上的潜在腐蚀不良。

4 结 论

在 LCD 产品的高温高湿可靠性试验中,温度应力和湿度应力对 ITO 腐蚀的加速作用都呈指数关系。LCD 行业通常使用 55 °C×95%RH 的可靠性试验条件,对应的产品在正常条件下的理论寿命约为 3 年。不同条件下腐蚀失效的时间和比例的统计分析表明,产品的腐蚀在常温常湿条件下主要发生在 400 h 之前,400 h 之后,产品处于稳定期;在 40 °C×70%RH 的条件下腐蚀主要发生在 72 h 之前,72 h 之后产品基本处于稳定。以 40 °C×70%RH 的条件作 LCD 产品潜在腐蚀不良的挑选条件时,试验 48 h 可挑选出 95%以上的潜在腐蚀失效不良品。经过该条件筛选后的产品,一般不会再出现不稳定的腐蚀失效。

参 考 文 献:

- [1] 黄锡珉. 液晶显示技术的开发和产业化 [J]. 液晶与显示, 2002, 17(6): 403-415.
- [2] 黄锡珉. 液晶显示技术发展轨迹 [J]. 液晶与显示, 2003, 18(1): 1-6.
- [3] 王巍强. COG 工艺的 LCD 模块电极腐蚀的控制 [J]. 液晶与显示, 2006, 21(6): 696-699.
- [4] 王辉, 缴春雷, 王虹. COG 液晶显示模块电极腐蚀问题研究 [J]. 光电子技术, 2006, 26(2): 127-128.
- [5] 日本学术振兴会第 142 委员会编. 液晶器件手册 [M]. 黄锡珉, 黄辉光, 李之榕, 等译. 北京: 航空工业出版社, 1992: 609-614.
- [6] 徐福祯. 设备可靠性试验·恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案, GB5080. 7-8, 中华人民共和国国家标准[S]. 北京: 国家标准局, 1986.
- [7] 刘婧, 吕长志, 李志国, 等. 电子元器件加速寿命试验方法的比较介绍 [J]. 半导体技术, 2006, 31(9): 44-47.
- [8] 彭鸿霖. 可靠度技术手册·失效物理分析技术 [M]. 2000: 9-11.
- [9] 吴永俊, 詹前贤. 加速环境应力试验在 COG-LCD 中的应用 [J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2004, (5): 45-48.
- [10] 郭永基. 可靠性工程原理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 27-30.

ITO Corrosion Reliability for LCD

SONG Yu-hong, HE Lin-qiao, YANG Shun-lin

(Success Electronics Co. Ltd., Shenzhen 518132, China, E-mail: yangshunlin@szsucccess.com.cn)

Abstract

Using Arrhenius model and Eyring model, the reliability properties of LCD electrode corrosion were studied by corrosion acceleration experiments of LCD electrode with thermal stress & humidity

stress, and a typical verifiable LCD life was derived. The results showed that corrosion velocity of LCD electrode was index function of thermal and humidity. That means, LCD products pass the reliability test at 55 ℃×95% RH×24 h, corresponding at least 3 years of product life at room temperature. In addition, the relationship between corrosion failure ratio of LCD products and time was discussed at 40 ℃×70% RH & at room temperature, respectively. More than 95% potential corrosion failure products can be selected at 40 ℃×70% RH×48 h.

Key words: LCD; corrosion; reliability; temperature stress; humidity stress

作者简介:宋宇红(1972—),男,湖北荆州人,高级工程师,研究方向为液晶显示技术。



数值范围的表示法

- 1. 数值范围采用波浪号“~”。
- 2. 书写百分数范围,每个百分数后面的“%”都要重复写出。例如“10 %~20 %”不能写成“10~20 %”。
- 3. 书写用万或亿表示的数值范围,每个数值中的万或亿不得省略。例如 2 万~5 万,不能写成 2~5 万。
- 4. 书写具有相同幂次的数值范围,每个数值中的幂次都要重复写出。例如“ $3\times 10^5\sim 5\times 10^5$ ”不能写成“ $3\sim 5\times 10^5$ ”,但可以写“ $(3\sim 5)\times 10^5$ ”。
- 5. 单位相同的量值范围,前一个量值的单位可以省略,只需在后一个量值上写出。例如:“5 mm~8 mm”应写作“5~8 mm”。
- 6. 单位不完全相同的量值范围,每个量值的单位应全部写出。例如:2 h~2 h30 min(但最好改为“2~2.5 h”)。

文章编码的识读

为了便于期刊文章的检索、查询、全文信息索取和远程传递以及著作管理,凡具有文献标识码的文章均可标识一个数字化的文章编号,其中 A(理论与应用研究学术论文(包括综述报告))、B(实用性技术成果报告(科技)、理论学习与社会实践总结(社科))、C(业务指导与技术管理性文章(包括领导讲话、特约评论等))三类文章必须编号。

文章编号由期刊的国际标准刊号、出版年、期次号及文章的篇首码和页数五段共 20 位数字组成,其结构为:XXXX-XXXX(YYYY)NN-PPPP-CC,其中 XXXX-XXXX 为文章所在期刊的国际标准刊号(ISSN),YYYY 为文章所在期刊的出版年,NN 为文章所在期刊的期次,PPPP 为文章首页所在期刊页码,CC 为文章页数,“-”为连字符。该编号在全世界范围内是该文章的惟一标识。

文章编号由各编辑部给定,中文文章编号的标识为“文章编号:”或[文章编号]。如:文章编号:1007-2780(2003)02-0097-04 为发表在《液晶与显示》2003 年第 2 期第 97~100 页(共 4 页)上题为“液晶中聚合物网络的形貌研究”(作者:杨文君等)一文的文章编号。