

文章编号: 1007-2780(2013)01-0087-05

实现 LCD 阳光下可视性的光学设计及实施工艺

吴添德, 余 雷, 铁 斌

(1. 国家平板显示工程技术研究中心, 江苏 南京 210016, E-mail: wuqing300@163.com;
2. 中国电子科技集团公司 第五十五研究所, 江苏 南京 210016)

摘 要: 研究开发了一种采用液态光学胶在液晶显示器前贴合盖板的方法, 提高了显示器强阳光下的对比度, 实现了液晶显示器在阳光下可视。通过改进工艺, 提高了生产良率, 质量更稳定, 可靠性更高, 增强了液晶显示器在高端、户外等领域上的竞争力。简述了液晶显示器阳光下可视性的原理和方法, 重点介绍了液态光学胶贴合技术的实施工艺和应注意的问题及解决办法, 并对该技术的优缺点和应用前景进行阐述和分析。

关 键 词: 液态光学胶; 液晶显示器; 阳光下可视性

中图分类号: TN27 文献标识码: A DOI: 10.3788/YJYXS20132801.0087

Optical Designing and Implementation Process in LCD for Sunlight Readability

WU Tian-de, YU Lei, TIE Bin

(1. National Flat Panel Display Engineering Technology Research Center,
Nanjing 210016, China, E-mail: wuqing300@163.com;

2. The 55th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210016, China)

Abstract: A method of using liquid optically clear adhesive to bond a cover plate in the Liquid Crystal Display (LCD) former is developed, which improves the LCD display contrast and makes LCD clearly visible in sunlight environment. Through the improvement process, the production yield increases, quality is more stable and reliability higher. All of these make the LCD more competitive in the high-end and outdoor areas. The principle and method of sunlight readability of LCD are briefly described in this paper, as well as the implementation process and the problems of liquid optically clear adhesive bonding technology. The advantages and disadvantages of the technology and application prospects are elaborated and analyzed.

Key words: liquid optically clear adhesive; LCD; sunlight readability

1 引 言

近年来, 液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 例如手机显示屏、笔记本电脑、计算机显示器、液晶电视、平板电脑及其他视频播放器液晶显示屏及其他终端显示屏等, 在平板显示市场

日渐成为主流^[1-8]。液晶屏是液晶显示器的核心部件, 液晶屏面板前后面各有一层偏光片, 特别是前偏光片暴露在外面, 由于偏光片的制作工艺和材料特点, 一般不耐磨, 遇湿气容易脱胶、变性失效^[9], 不能直接用于户外显示, 因此, 户外液晶显示屏前一般需要增加一块保护镜片或触摸屏 (以

下统称为盖板)。如果用口型胶将盖板与液晶屏黏接,中间将产生一个空气层。随着用户对画质、视觉效果要求的不断提高,空气层的反射率比较高,在较强的外界光下会产生很强的眩光,导致看不清液晶屏显示的图像内容。我们研究开发了一种采用液态光学胶在液晶显示屏前贴合盖板的方法,再将液态光学胶固化,取代空气层,可以实现液晶屏在阳光下清晰可视。

2 液晶显示器阳光下可视性原理和光学设计

根据反射原理,光经过两个不同折射率的透明介质将在界面上产生反射,反射率 $R=[(n_0-n_1)/(n_0+n_1)]^2$,相邻不同透明介质的折射率相差越大,在界面上反射率越高,由于空气与盖板、液晶屏偏光片之间的折射率相差比较大,故而采用空气层的显示屏镜面反射率会很高,整体反射率达到 12% 左右,产生很强的眩光,导致人眼看不清显示屏的图像内容。为降低界面的反射率,一般可以采用插入过渡介质的方法,当该介质折射率 $n=(n_0\times n_1)^{1/2}$ 时整体反射率达到最低^[10]。偏光片的偏光膜片机械性非常脆弱,两侧必须以三醋酸纤维素酯(TAC: Triacetyl Cellulose)作为保护,TAC 折射率为 1.47~1.48,TAC 材料可能会加入其他材料进行表面特殊处理,折射率会有一些的变化。盖板的材料一般选用玻璃(折射率 1.5~1.9)、亚克力板(折射率 1.5)、PC 板(折射率 1.6)或 PET(折射率 1.63)等。对于光学胶的选择,为了使界面处的反射率达到最低,所选择的光学胶(折射率 1.42~1.56)的折射率必须介于 LCD 偏光片的折射率和盖板材料的折射率之间,最好能够满足关系 $n=(n_0\times n_1)^{1/2}$,并且玻璃外表面经过减反射镀膜处理,表面镜面反射率约 0.5%,多个界面只产生了约 1% 的整体镜面反射率,不会对显示屏造成很强的光冲刷,液晶显示器在外界强光下仍清晰可视。与空气层相比,采用液态光学胶的制作工艺减小了液晶显示器的眩光(强反射光),增加了液晶屏的透光率,从而提高了液晶屏的对比度,特别是在强外界光下优势更加明显,并且增强了产品的抗振动冲击的能力。

当然,对于光学胶的选择,除了考虑光学性能匹配外,还需要考虑结构可靠性、环境稳定性、工艺制程等多方面的因素,因此必须选用折射率满

足要求,适合于玻璃及偏光片材料都具备足够黏结强度的胶水,以保证结构的稳定性,并且工作温度范围广,能够在高温和低温下正常工作而不改变性质,具有很高的环境稳定型。考虑到胶水贴合的具体实施工艺,还需考量胶水的黏度系数、操作时间、固化方式等参数的选择,固化方式主要有热固化、紫外固化等方式,紫外固化效率高,适合于批量生产,最好能同时具备低硬度、低弹性模量的特点,以增强产品抗振动冲击的能力。

3 液态胶贴合技术的实施工艺

3.1 液态光学胶贴合原理

液态光学胶(LOCA)的涂布方式其实与 RTV(Room Temperature Vulcanization)胶的涂布原理相同,其差异是在 RTV 胶涂布之后只需摆放任其固化,而液态光学胶在涂布在盖板之后须立即与液晶屏做贴合动作并均匀的施加压力使其胶能够顺利拓展至全面性,避免缺胶或溢胶又能达到需求的贴合 GAP,然后再进行固化。目前使用的液态光学胶以 UV 固化为主,也可以用热固化,或二者兼有等固化方式。

3.2 液态光学胶贴合实施工艺

液态光学胶贴合的一般流程为:点胶,上下贴合,检验及溢胶处理,预固化,固化。

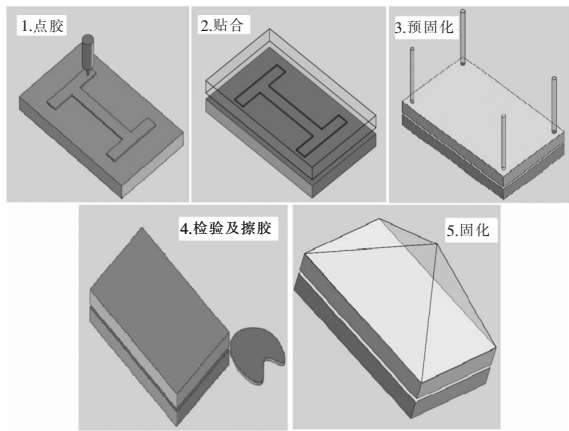


图 1 液态光学胶贴合的一般流程
Fig. 1 Flow map of liquid optics glue joint process

3.2.1 点胶涂布

液态光学胶涂布方式目前有:单针头式涂布、双针头式涂布、三针头式涂布、多针头式涂布。

点胶图形设计:“工”字型设计或其他图形设计。

目前,液态光学胶贴合尺寸范围为 5.08 ~ 106.68 cm,针对大尺寸胶水黏度较低,可采用围坝形式进行边框施胶,控制胶水不溢胶(如图 2)。

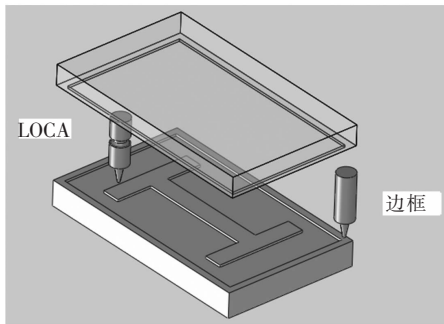


图 2 大尺寸显示屏采用围坝形式进行边框施胶
Fig. 2 Apply glue picture of large size display panel all round embankment

3.2.2 上下贴合

将胶体点在上面板上,翻转后,由上往下贴合,或下基板由下往上贴合。等上下基板快要接触时,控制速度缓慢贴合,直至所需 GAP 停止。这样胶体呈“凸”型,往下接触面板时,由点扩散至面,不会把气泡包裹在胶层里面。

3.2.3 检验及溢胶处理

上下贴合好后要进行检验是否有气泡、脏点等缺陷,如果发现有缺陷可以及时返工。检验合格后,可以用擦拭布蘸酒精将边沿多余的溢胶擦除干净。

3.2.4 UV 固化

紫外线(UV)是肉眼看不见的,是可见紫光以外的一段电磁辐射,波长按其性质不同又细分以下几段:

- A. 真空紫外线(Vacuum UV),波长为 10 ~ 200 nm;
- B. 短波紫外线(UV-C),波长为 200 ~ 290 nm;
- C. 中波紫外线(UV-B),波长为 290 ~ 320 nm;
- D. 长波紫外线(UV-A),波长为 320 ~ 400 nm;
- E. 可见光(Visible light),波长为 400 ~ 760 nm。

紫外线(UV)用于工业生产,长波长的 UV 光穿透能力强,适用于胶水等深度的固化,一般大多使用的是长波 UV(UV-A);短波长的 UV 光穿

透能力低,适用于油墨、涂料等表面固化。我们采用的是与光学胶对应的长波 UV(UV-A)。

固化过程一般分为预固化和本固化两个过程,在贴合好并检验合格后在机台上可以先进行预固化,防止上下基板移动错位,再将模组放入紫外隧道炉内进行本固化。影响固化的主要因素:UV(紫外)光强,合适的预固化和固化能量,液态胶的厚度,固化的速度等。

4 工艺实施过程中应注意的问题和解决方法

4.1 解决液态光学胶贴合产生气泡问题

气泡问题的产生主要有几个方面的原因:

(1) 胶体本身有气泡。这主要是由于分装时引起的。解决办法:存储时将材料静置竖放。使用时最好也能静置 1 ~ 2 个小时(根据胶水的黏度不同),或进行真空除气,再进行使用。

(2) 点胶量没有计算好。点胶量过多,容易溢胶;点胶量过小,容易造成产品貌似已经全部有胶,固化过后,胶体回缩,造成边缘气泡。解决办法:根据实际工艺,比如给压力贴合,或不给压力贴合。根据产品尺寸,胶体黏度,胶体密度,所需厚度等条件,科学计算点胶量。使用可以控制点胶量的设备,如果没有设备,宁多勿少。

(3) 点胶图形。点胶图形没有设计好。造成有“口”型施胶点,空气被胶水包围,没有地方排放,导致形成气泡。解决办法:设计较好的点胶图形,避免“口”型施胶点的产生。目前较流行的点胶图形是双“Y”或“工”字型。

(4) 贴合方法。胶水贴在下方,形成凹形面,上面板贴下来,造成空气排放不掉。解决办法:将胶体点在上面板上,翻转后,由上往下贴合,或下基板由下往上贴合。不要担心胶水会滴,因为胶水有黏性的。这样胶体呈“凸”型,往下接触面板时,由点扩散至面,容易将气体排放。

4.2 其他影响贴合良率的重要因素

(1) 平整性(机台 stage/cover/sensor/glass)。机台、上下基板的平整性会影响胶层的均匀性,也是造成气泡产生的一个重要原因。解决办法:对机台、上下基板的平整性提出更高的要求,或对基板进行平面研磨以达到生产要求的平整度。

(2) 胶量(液态胶输出量稳定性/缺胶/溢

胶)。胶量过多,容易溢胶;胶量过小,容易造成边缘气泡或应力较大,甚至光学胶达不到显示屏的边角。解决办法:科学计算点胶量,使用可以精确控制点胶量的设备,可以比计算出来的点胶量多约 1%~5%的胶量,防止缺胶,多余的胶在固化前可以擦拭掉。

(3) 速度(液态胶涂布的速度及展胶的时间)。液态胶涂布或展胶的速度过快,容易产生气泡;速度过慢,达不到所需点胶图形,效率比较低。解决办法:进行反复试验,找出最佳的液态胶涂布的速度及展胶的时间,对不同尺寸的基板,采取不同的速度和展胶的时间。

5 结 论

5.1 液态光学胶主要的优点

(1)成本低:成本比传统的OCA贴合具有较大优势,在大屏方面成本优势更大。

(2)周转方便:不用定制成型,缩短备料时间,使用方便。

(3)黏接方便:更好地解决异形,三维基材贴合,能适应高度差和表面不平整的问题,也就能更好地解决气泡问题,更强的黏接力,可以灵活地控制胶层厚度。

(4)光学效果好:减少光线反射折射,增强显示的对比度,不易因贴胶产生牛顿环、彩虹纹等不良,更好的防尘、防湿气效果。

(5)质量稳定:不易出现成品后质量不稳定等的现象。气泡问题、重工问题更是可以很简单地解决。

(6)抗振性能好:对液晶屏增加了刚性,提高了液晶屏的振动性能,软屏在轻轻触摸时也不易出现水波纹。

5.2 液态光学胶主要的缺点

(1)设备成本高,一条进口的全自动生产线动辄上千万元。

(2)技术还不成熟,还有很多工艺上的问题。

(3)手工制作效率低,成品率不高。

6 实验结果和讨论

我们采用上述液态光学胶贴合技术将减反射玻璃贴合在一个液晶显示模块上,取一个相同的玻璃用口型胶贴在另一块液晶显示模块(屏有效显示区与玻璃之间为空气层)作为参照物进行对

比测试。实测结果如表 1 所示,液晶显示模块亮度为 780 cd/m²,在外界 5 460 cd/m² 的强光照射下,在有效显示范围内,采用液态光学胶贴合的显示屏镜面反射率为 1.2%,对比度为 12.5:1,而口型胶贴合方式镜面反射率为 11.8%,对比度为 2.1:1^[11]。从表中结果可以看出,采用液态光学胶贴合的镜面反射率远小于口型胶贴合方式的镜面反射率,是口型胶贴合方式的约 1/10,对比度是 12.5:1,在强光下能清晰可见液晶屏内图像(一般视频显示要求对比度大于 5:1),而口型胶贴合方式的镜面反射率太高,对比度只有 2.1:1,由于眩光看不清液晶屏内图像。

表 1 测量液晶显示模块的镜面反射率及对比度
Table 1 Measuring contrast and reflectivity of TFT-LCDs

项 目	口型胶贴 合的液晶 显示模块	液态胶贴 合的液晶 显示模块
镜面反射亮度/(cd·m ⁻²)	647	66
白场亮度/(cd·m ⁻²)	711	774
黑场亮度/(cd·m ⁻²)	1.15	1.23
镜面反射率(镜面反射率=镜 面反射亮度/标准镜面的反射 亮度)	11.8%	1.2%
对比度(对比度=(白场亮度+ 镜面反射亮度)/(暗场亮度+ 镜面反射亮度))	2.1:1	12.5:1
标准镜面的反射亮度/ 备注:(cd·m ⁻²)	5 460	
液晶显示模块亮度/(cd·m ⁻²)	780	

在提高产品良率上,贴合设备只是一方面,国产的液态胶贴合设备也已经有了,结构并不复杂,复杂的是贴合的工艺。其实还有很多工艺上的问题国内外都没有得到很好的解决,影响了产品的良率和生产效率,也就影响了该技术的推广应用。经过我们不断的摸索,改进工艺,可以避免上述的问题,质量稳定,可靠性高,批量生产良率达到了 88%以上。

7 结 论

通过本文介绍的方法,研制开发出采用液态

产良率,质量更稳定,可靠性更高,批量生产良品率达到了88%以上。增强了在高端、户外等领域液晶显示器上的竞争力。

- [1] 田民波,叶锋.平板显示器技术发展[M].北京:科学出版社,2010:302-308.
- [2] 夏亮,徐琼,陆红波,等.辊压法制备柔性双稳态液晶显示器[J].液晶与显示,2011,26(4):608-611.
- [3] 初华,刘春光,袁东,等.基于DSP的液晶显控终端设计与实现[J].液晶与显示,2011,26(4):501-504.
- [4] 石建国,邓春健.二级驱动的串行TFT LCD显示终端设计[J].液晶与显示,2011,26(1):73-77.
- [5] 范志新,杨宇婴,高攀,等.应变液晶调光玻璃显示[J].液晶与显示,2012,27(5):618-621.
- [6] 胡霄骁,孙玉宝.新型多畴扭曲向列液晶显示器[J].液晶与显示,2012,27(4):481-485.
- [7] 陈翠莹,吴迪,刘必涛,等.LCoS微型显示器接口电流设计[J].液晶与显示,2011,26(2):210-215.
- [8] 张天翼,许军,董佳垚.胆甾型液晶显示技术和产业发展[J].液晶与显示,2011,26(6):741-745.
- [9] 高鸿锦,董友梅.液晶与平板显示技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2008:250-253.
- [10] 唐晋发,顾培夫,刘旭,等.现代光学薄膜技术[M].杭州:浙江大学出版社,2006:61-63.
- [11] 王大巍,王刚,李俊峰,等.薄膜晶体管液晶显示器件的制造、测试与技术发展[M].北京:机械工业出版社,2007:88-91.

6. 表示带百分数公差的中心值时,百分号只需写 1 次,且“%”前的中心值与公差应用括号括起来。
例如: $(65 \pm 0.5)\%$ 。