

文章编号:1007-2780(2015)03-0393-06

负性液晶在 FFS 模式下的残像研究

童 芬¹, 郭小军^{2*}

(上海交通大学 电子与通信工程学院, 上海 200240)

摘要:图像残像是评价画面质量的最重要因素之一,大部分工程师研究了组合物的材料和液晶面板的制造工艺,以改善影像残留,但之前的研究主要是以正性液晶材料为基础进行探讨的,本文主要以负性液晶材料为基础研究了用边缘场驱动的面板残像。首先为了比较正性液晶与负性液晶,测量了离子密度及电压保持率(VHR),其次为了比较两种配向材料(PI)与液晶材料的搭配特性并选择合适的组合,量测了样品的直流残留(RDC)电压和 V_{com} 电压随时间的变化。从量测结果可知,紫外(UV)光照前负性液晶离子密度是正性液晶的 39 倍,经过紫外光照,后负性液晶的离子密度为 560 Pc/cm,且其紫外光照后电压保持率变化量为 2.7%;使用负性液晶搭配 PI1 的样品 A-1 的直流残留电压和 V_{com} (等效为交流驱动电压的中心值)随时间变化量都是最大的,分别为 0.5 V 和 250 mV,负性液晶搭配 PI2 材料的面板和正性液晶的面板的直流残留电压均小于 0.2 V,其 V_{com} 随时间变化量均在 50 mV 以内。负性液晶材料的离子浓度含量高,且其稳定性比正性液晶材料差,负性液晶材料比正性液晶材料更容易发生残像;对于使用负性液晶材料,边缘场驱动模式的面板,搭配 PI2 配向膜材料能够保持低的直流残留电压及低的 V_{com} 电压变化量,从而对改善残像现象有帮助。

关 键 词:边缘场切换广视角技术;负性液晶;残像;配向膜

中图分类号: TN141 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/JYXSS20153003.0393

Image sticking study of negative LC for FFS mode

TONG Fen, GUO Xiao-jun*

(School of Electronic Information and Electronic Engineering,
Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Image sticking is one of the most important factors to evaluate the display quality of liquid crystal display(LCD), and most of the engineers studied the material composition and the LCD manufacturing process to improve the image sticking, but the previous research mostly based on the positive liquid crystal material. In this paper, the image sticking is mainly focused on the negative liquid crystal(LC) material which is driven by fringe electric field. First, the ion density and VHR are measured to compare the stability of the two kinds of LC material, and then the residual DC voltage and the V_{com} voltage shift of the sample are measured to compare the characteristics of the negative LC with two PI materials so as to select the right combination. The experimental results show that the ion density of the negative LC is 39 times as much as the positive LC before UV curing. After UV curing, its ion density is 560 Pc/cm and its VHR variation is 2.7%; the residual DC voltage and the V_{com} volt-

收稿日期:2014-07-22;修订日期:2014-09-11.

* 通信联系人, E-mail: x. guo@sjtu. edu. cn

age shift with time of sample A-1 are the largest which use negative LC with PI1. Its residual DC voltage is 0.5 V and the V_{com} voltage shift is 250 mV, and the residual DC voltage of samples which use negative LC with PI2 and positive LC are less than 0.2 V, of which the V_{com} variation with time are within 50 mV. The ion density of negative LC material is high, and its stability is worse than positive LC material, image sticking appears in the negative LC material more likely. For the FFS driving mode LCD panel which using negative liquid crystal materials, it is beneficial to use the PI2 material to maintain a low residual DC voltage and low V_{com} voltage variation, which are helpful to improve the image sticking.

Key words: fringe field switching; negative LC; image sticking; polyimide

1 引言

残像形成于 TFT-LCD 显示器内部,源于液晶分子容易在静态充电的条件下被极化,个别液晶分子有其独特的光学特性。在长时间显示一个固定画面时,会引起液晶内寄生电荷的不断积聚以致极化,最后影响了液晶的光学特性,从而在改变画面时阻碍了液晶返回到原来那种受电场控制的状态。这种极化的效果可能还会影响液晶在盒内沿 Z 轴方向上的上部或下部的液晶分子的取向,或者使得液晶分子朝着某一方向的边缘迁移,这种分子极化是因为像素或亚像素在长时间显示静态画面而产生的,所以在改变图像时也会留下以前那个图像的浅浅的可见的画面。

残像产生的主要原因归结为缺一不可的两个并存因素:一是驱动上存在直流偏置电压;二是显示屏内存在制造过程中产生的离子不纯物。由于受到像素结构、工艺技术等的限制,在加电压时,在像素区会出现交流不对称的地方,偏离对称中心的那部分电压就是 DC 偏置。由于屏内存在离子型不纯物,这个 DC 偏置就会吸引由于制造过程中产生的屏内的离子不纯物,导致交流驱动不对称的地方形成残留 DC 偏置。这样,显示画面的部分区域中离子极性残留下来。取消显示画面后,由于残留 DC 偏置的作用,在显示下一个不同画面的时候,液晶分子受到离子的影响不能正确保持设计所要求的排列状态,看起来就像有前面显示画面的残留。只有经过很长时间,等到电极上的残留极性散开后,才能显示真实的下一个画面。残像会使新画面上出现重影,从而使对比度降低,图像模

糊^[1-2]。实际上,离子型不纯物的来源有很多,分两大方面:一个是各种材料本身特性引入,另一个是工艺过程中的各种设备参数和控制条件的引入。材料方面包括液晶(LC),取向膜(PI),彩色滤光膜(CF)基板和阵列(ARRAY)基板;液晶材料中的离子浓度,本身的残留 DC,电压保持率,介电常数以及取向膜本身的残留 DC 等;工艺过程中的影响包括,液晶的注入工艺,取向层液体时浓度的大小,摩擦的工艺条件及清洗工艺中各参数的控制等。

FFS 显示模式由于其特殊的平面电场结构,高 $\Delta\epsilon$ 液晶材料,低像素开口率,残像问题相对于其他显示模式更为突出,要想得到高品质的画面显示,残像问题亟待我们解决,研究如何改善 FFS 广视角技术的残像问题有很重要的现实意义。

在研究残像方面, LG Display 提出了 FFS 驱动模式下,使用不含交联剂的配向膜材料-聚酰胺酸(PA),配向层上聚集的不纯离子可以快速消散,残影可以快速消失^[3]。LG Display 还研究了液晶材料的阻抗在长残像时对 DC 残留电压释放的影响^[4]。Sharp 通过分析直流残留和界面离子活动的关系,建立了 3 个评价参数:一是饱和直流残留电压;二是饱和时间;三是直流残留消散时间;并提出饱和直流残留电压对于评价直流残留最为重要,对于通过液晶材料和配向膜材料的设计改善 LCD 残像(选择残影性能好的材料)至关重要^[5]。

在这里我们主要关注于通过实验讨论 FFS 驱动模式下的负性液晶材料的特性及其与配向膜材料搭配的特性对于 LCD 面板的短残像的影响,并对于此应用给出一个改善产品短残像现象的方向。

2 实 验

2.1 实验方法

液晶显示屏的残像程度的评价一般采用棋盘格画面进行测试。测试残像时,我们先将面板在棋盘格画面测试一段时间,然后在 50%灰阶画面判定显示画面均一性。残影现象按照画面切换后出现的残像状态不同,分为线残像和面残像两种^[6]。这里,我们主要讨论面残像,状况如图 1(a)所示。

测试中,残影测试的画面如图 1(b)所示,使用 7×5 黑白棋盘格。测试 2 h 后,在 50%灰阶画面观察残影变化状况,在测试时,会使用减光过滤片(ND filter)辅助进行判定。

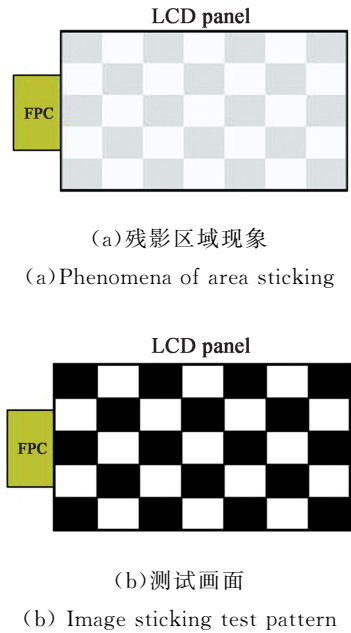


图 1 残影测试画面

Fig.1 Image sticking test pattern

2.2 实验样品条件

残影测试在 25℃环境温度下进行,实验使用的测试面板侧视图如图 2 所示,该面板使用 FFS 驱动模式。该边缘场的驱动结构同时具有水平电场和垂直电场,预倾角为 2°,液晶盒厚采用 3.5 μm,液晶材料特性如下表 1 所示,配向膜材料的特性参数如表 2 所示。测试面板外观尺寸为 5.5 in(1 in=2.54 cm),解析度为 960×540(QHD),白画面亮度为 300 cd/m²,黑画面亮度为 0.22 cd/m²。实验测试材料搭配如下:

样品 A-1 使用负性液晶,搭配 PI 1,样品 A-2 使用负性液晶,搭配 PI 2,样品 B-2 使用正性液晶,搭配 PI 2。

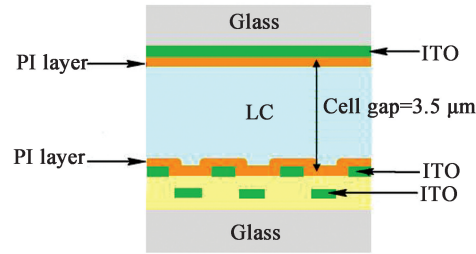


图 2 边缘场面板的截面图

Fig.2 Side view of FFS cell

表 1 液晶的特性参数

Tab.1 Parameters of LC

Item	N _n LC	N _p LC
Δ <i>n</i>	0.101	0.101 4
Δε	−5.4	9.5
γ ₁	150	59

表 2 PI 材料的体阻抗

Tab.2 Volume resistivity of PI material

Sample	ρ/(Ω·cm)	VHR/%
PI 1	3.0×10 ¹³	98.8
PI 2	5.8×10 ¹⁵	99.2

3 结果与讨论

3.1 残像的测试结果

首先,对样品进行残像测试,用 7×5 黑白棋盘格点灯,分别在 1 min、10 min 和 2 h 时将画面切换至 50%,用 ND Filter 判定残像程度,各样品的残像测试结果如表 3。从结果可以看出,样品 B-2 使用正性液晶,搭配 PI 2 残像表现最好 2 h 目视不可见,样品 A-1 使用负性液晶,搭配 PI 1 的残像表现最差 2 h ND3%不可遮,样品 A-2 使用负性液晶,搭配 PI 2 残像 2 h ND8%可遮。针对负性液晶而言,样品 A-2 残像表现优于样品 A-1,即负性液晶搭配 PI 2 残像优于搭配 PI 1。

表 3 残影测试结果

Tab. 3 Test result of Image Sticking

测试时间	测试结果		
	A-1	A-2	B-2
	PI1&-Nega	PI2&-Nega	PI2&-Posi
	LC	LC	LC
1 min	不可见	不可见	不可见
10 min	8%可遮	不可见	不可见
2 h	3%不可遮	8%可遮	不可见

3.2 负性液晶离子密度及 VHR 量测

根据残像测试结果,比较两款液晶材料稳定性,首先确认液晶分子材料离子解离状况及 VHR 的变化状况。将上述两款液晶材料的样品经过 60℃ UV 光照后,量测离子密度及 VHR 变化状况分别如图 3,4 所示。

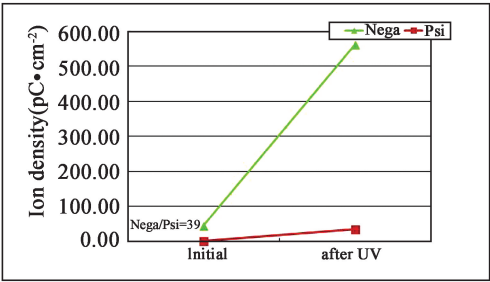


图 3 液晶的离子浓度
Fig. 3 Ion density of LC

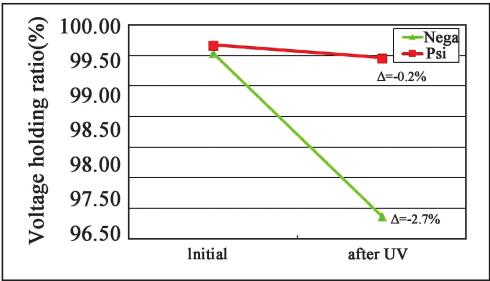


图 4 液晶的 VHR
Fig. 4 VHR of LC

从图 3 可以看出 UV 光照前负性液晶离子密度是正性液晶的 39 倍,经过 UV 后负性液晶的离子密度是 560 Pc/cm,远远高于正性液晶的离子密度。由此可见,负性液晶材料本身离子浓度高于正性液晶材料,经过 UV 光照后,负性液晶材

料的离子析出速度及离子浓度远高于正性液晶材料。

由图 4 量测的液晶 VHR 知,UV 前负性液晶与正性液晶的 VHR 基本无差异,经过 UV 光照后,正性液晶变化量不大,为 UV 前 0.2%,负性液晶变化量为 2.7%,负性液晶 VHR 变化量大于正性液晶材料。

如前文中提到,面板材料中的离子含量越高越容易产生残像,从量测的液晶材料的离子浓度及 VHR 变化量可以看出,负性液晶材料的稳定性比正性液晶材料稳定性差,负性液晶材料比正性液晶材料更容易发生残像。

3.3 DC 残留电压测试

配向膜是影响残像的一个关键因素,配向膜在 DC 偏置下会有选择性的吸附液晶中的不纯物离子,形成残留 DC 偏置,如图 5 所示。配向膜对这些离子的吸附能力在一定程度上影响残像残留时间的长短。

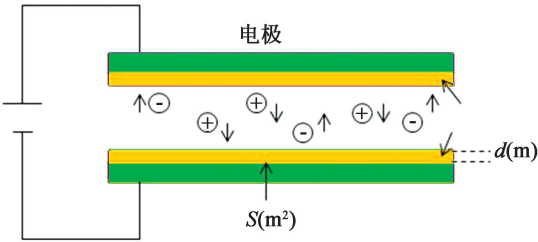


图 5 配向膜吸附离子型不纯物
Fig. 5 PI adsorption of ions

为了选择与负性液晶材料匹配较好,对残像改善有明显帮助的 PI 材料,量测了样品的 DC 残留电压。其中 DC 残留电压的量测装置如图 6 所示,外加 5 V 直流电压,量测加压 2 h,以及 2 h 后撤销外加电压时的 DC 残留,量测结果如图 7 所示。

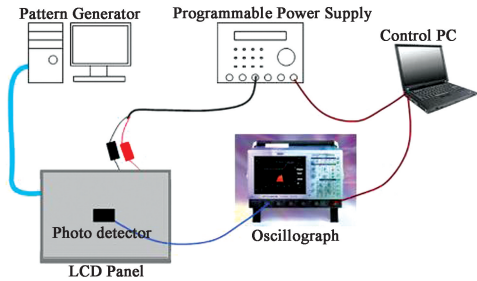


图 6 DC 残留的量测系统
Fig. 6 RDC measure system

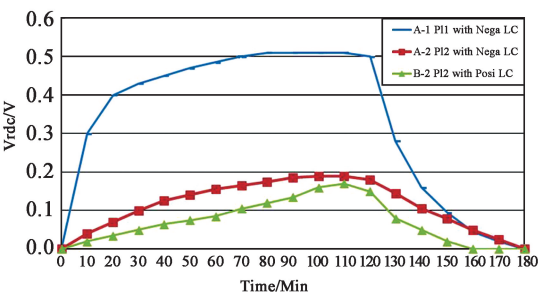


图 7 样品的 RDC 特性

Fig. 7 RDC properties of samples

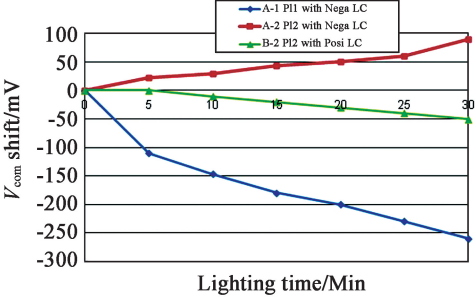


图 8 V_{com} 电压随时间变化

Fig. 8 V_{com} shift with lighting time

从 DC 残留的量测结果可以看出,对于相同液晶驱动模式,长时间点灯 2 h 后,使用负性液晶搭配 PI1 的样品 A-1 的 DC 残留电压最大,为 0.5 V,其 DC 残留电压聚集快,释放也快,样品 A-2 和 B-2 点灯 2 h 后,DC 残留电压均小于 0.2 V,相对于 A-1 样品,其 DC 残留电压较难聚集,且聚集少,释放也相对较快。由 $Q = CV$ 可知, V 就是 DC 偏置电压,聚集的电荷量 Q 大,就相当于在电极上方配向膜聚集的离子型不纯物多,要在 DC 偏置解除后消失所需要的时间越长,残像越严重。

从上述量测结果可知,保持低的 DC 残留电压对改善残影是非常重要的,且负性液晶使用高阻抗 PI2 配向膜材料不易聚集 DC 残留电压,对改善残影有帮助。

3.4 V_{com} 电压随时间变化

根据 Feed through 电压公式

$$V_{Feedthrough} = \frac{(V_{gh} - V_{gl})C_{gs}}{C_{gs} + C_{lc} + C_{st}}. \tag{1}$$

不同灰阶的液晶电容 C_{lc} 不同,显示屏内不同位置的扫描信号延迟差异引起 $(V_{gh}-V_{gl})$ 不同,所以在不同灰阶和面内不同位置都会出现 Feed through 电压差,液晶面板驱动电压波形会由于 Feed through 电压或晶体管特性变动而含有 Offset DC 成分,长时间进行这种方式的驱动后,直流成分将会在配向膜液晶的界面引起诱电分极,从而导致残像的发生。

量测各样品在中间灰阶电压下 V_{com} 电压随时间变化状况,结果如图 8 所示。

点灯测试 30 min,样品的 V_{com} 电压与开始点灯测试时比较,都随时间发生不同程度的飘移,正

性液晶材料样品 B-2 变化量最小,在 50 mV 以内,负性液晶材料变化量大,但使用 PI2 配向膜材料的样品 V_{com} 飘移程度较使用 PI1 配向膜材料的样品飘移程度轻微。

由此可见,使用 PI2 配向膜材料对减少使用负性液晶的 FFS 驱动模式的面板的 V_{com} 电压飘移是有帮助的,即对改善残像有帮助。

4 结 论

从残像发生的机理,可以知道,残像产生的主要原因归结为缺一不可的两个并存因素:一是驱动上存在直流偏置电压;二是显示屏内存在中的离子不纯物。要改善残像现象,一是要抑制 DC 偏置电压;二是要抑制离子不纯物的产生。

从实验中量测的负性液晶离子密度及 VHR 结果可知,负性液晶材料本身含有的离子密度是正性液晶材料的 39 倍,且其稳定性比正性液晶材料的稳定性差,UV 后易发生离子析出,UV 后负性液晶的离子密度是 560 Pc/cm,远远高于正性液晶的离子密度,且 UV 后,负性液晶材料 VHR 变化量为 2.7%,大于正性液晶材料的 0.2%,负性液晶材料比正性液晶材料更容易发生残像。

从残像测试结果、DC 残留电压的量测结果以及中间灰阶电压下 V_{com} 电压随时间变化状况可知,对于使用负性液晶材料,FFS 驱动模式的 V_{com} 电压变化量,从而改善残像现象。

同时需要说明是,改善残像,针对不同的驱动架构,不同的液晶材料以及产品不同的应用等,对 PI 材料特性的要求是不同的,要根据实际架构进行评估,从而得到最佳化的显示质量。

参 考 文 献:

- [1] 马群刚. TFT-LCD 原理与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2011:244-255.
Ma Q G. *Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2011:244-255. (in Chinese)
- [2] 李永忠, 纪伟丰, 周炎宏. STN-LCD 残影显示的原理分析及实验研究[J]. 液晶与显示, 2011, 26(6):733-740。
Li Y Z, Ji W F, Zhou Y H. Image retention principle analysis and experimental study of STN-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(6):733-740. (in Chinese)
- [3] Seen S M, Kim S M, Lee S H. Image sticking resistant liquid crystal display driven by fringe electric field for mobile applications [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2010, 49:050208(1-3).
- [4] Ahn H J, Hwang H S, KIM D G, *et al.* Improvement of the long-term image sticking in an IPS-LCD by development of LCD cell materials [C]. The 15th International Display Workshops, IDW'08:1571-1572.
- [5] Mizusaki M, Miyashita T, Uchida T. The mechanism of image sticking on LCD and its evaluation parameters related to LC and alignment materials [C]. Society For Information Display, SID'06, 2006:673-676.
- [6] Choi N C, Ahn H K, Shin S T. Developing the new evaluation method of the image sticking [C]. The 15th International Display Workshops, IDW'08:43-45.

作者简介:童 芬(1982-),女,湖北武汉人,硕士研究生,从事 LCD 的研发工作。E-mail:tongtongtf416@tom.com
郭小军(1981-),男,江苏如皋人,教授,博士生导师,主要从事薄膜电子器件与电路、新型显示技术和柔性电子与系统集成方面的研究。E-mail: x. guo@sjtu. edu. cn