

文章编号:1007-2780(2014)04-0559-05

广视角液晶显示器设计

王 欢^{1*}, 徐向阳¹, 辛武根¹, 王 伟², 涂志中¹, 尹榕俊¹, 徐宇博¹, 李乘揆¹

(1. 合肥京东方光电股份有限公司, 安徽 合肥 230031;

2. 合肥京东方显示光源有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要:为了实现液晶显示器的广视角显示, 论文详细阐述了一款 54.6 cm(21.5 in)液晶显示器的广对比度视角液晶面板及广亮度视角背光源的设计原理和方法。介绍了边缘场开关模式液晶面板的设计方法及结构, 从原理上阐释了此液晶面板具有广对比度视角的原因; 介绍了背光源亮度视角的设计方法, 通过对背光源中多组光学膜层架构的测试和数据对比, 得到了具有最广亮度视角的膜层架构。根据上述原理进行实际模组样品的制作并进行实测, 数据结果显示此款液晶显示器的对比度视角可达 $90^\circ/90^\circ/90^\circ/90^\circ$, 且在水平方向的 $1/2$ 亮度视角可达 60° , 相应的亮度视角均一性为 1.20。通过对比其他同类产品的实测数据, 表明此款液晶显示器无论在对比度视角还是亮度视角方面都远优于同类产品。

关键词: 广视角; 边缘场开关; 光学膜层; 背光源

中图分类号: TN873 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20142904.0559

Design of wide viewing angle liquid crystal display

WANG Huan^{1*}, XU Xiang-yang¹, SHIN Moo-keun¹, WANG Wei²,
TU Zhi-zhong¹, YOON Yong-jun¹, XU Yu-bo¹, LEE Seung-kyu¹

(1. *Product Development Institute, Heifei BOE Optoelectronics
Technology Co., Ltd., Heifei 230031, China;*

2. *Product Development Institute, Hefei BOE Display Light Co., Ltd., Heifei 230031, China)*

Abstract: In order to realize wide viewing angle of liquid crystal display, this paper presents the design principle and method of one 54.6 cm (21.5 in) liquid crystal display with wide contrast viewing angle of liquid crystal panel and wide brightness viewing angle of backlight unit. First, through the introduction of structure and design of fringe field switching mode, the principle of wide contrast viewing angle of this liquid crystal panel is explained. Then the design method of brightness viewing angle of backlight unit is introduced, a variety of combinations of optical films were tested and optimal combination with biggest brightness viewing angle was chosen. Test data of practically-fabricated liquid crystal modules show the contrast viewing angle can achieve $90^\circ/90^\circ/90^\circ/90^\circ$, and one half brightness viewing angle in horizontal direction can achieve 60° , corresponding to the data of luminance uniformity-angular dependence 1.20. This liquid crystal display has obvious advantages on contrast and brightness viewing angle compared with similar products.

Key words: wide viewing angle; fringe field switching; optical film; backlight unit

1 引言

近年来,由于液晶显示器的体积小、功耗低、显示质量优越等诸多优点而成功取代了传统的 CRT 显示器。但是相比于 CRT 显示器,液晶显示器仍有以下两大缺点:响应速度慢和可视角度窄。除了笔记本、平板电脑和手机等便携设备对可视角度的要求不高外,其他的液晶显示设备都要求具有较广的可视角度。

可视角度是指用户可以从不同的方向清晰地观看屏幕上所有内容的角度,包含对比度视角和亮度视角。对比度视角的下降是指在离开液晶面板法线方向观看时,液晶面板对比度下降而导致无法正常观看图像^[1];亮度视角的下降是指在离开液晶面板法线方向观看时,亮度呈下降趋势从而对正常观看图像造成影响。对比度视角由液晶面板所决定,目前针对对比度视角改善的主要技术有光学自补充弯曲模式、共面转换模式、边缘场开关模式和多畴垂直排列模式等^[2-8];亮度视角最主要与背光源光学膜层设计有关。

本文设计了一款尺寸为 54.6 cm(21.5 in)、分辨率为 1 920×1 080 Pixels 的液晶显示器,液晶面板采用具有广对比度视角的边缘场开关(Fringe Field Switching, FFS)模式技术,且对背光源光学膜层的特性进行研究,选定最佳的膜层架构,使液晶显示器具有最广的亮度视角。

2 设计方案

FFS 模式液晶面板的特点是液晶分子在平行于玻璃基板的平面方向发生旋转,这种结构具有较广的对比度视角;背光源为侧入光式,光学膜层选用一层扩散膜和一层反射型偏光增亮膜(Dual Brightness Enhancement Film, DBEF)的双膜层架构,这种架构具有较广的亮度视角。

2.1 液晶面板设计

如图 1 所示是 FFS 模式面板的基本结构,不同于扭曲向列式(Twisted Nematic, TN)模式,FFS 模式的液晶分子与玻璃基板平行,上基板没有电极,在下基板上设有像素电极和数字电极,且两者之间设有氮化硅钝化层起到隔绝保护作用。

下基板像素电极的宽度为 3 μm,取向膜的摩擦方向和电极间的夹角为 12°和 78°,预倾角为 2°,盒间距 d 为 4 μm。

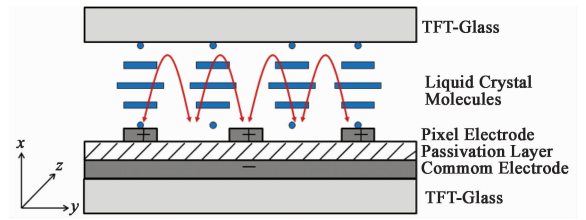


图 1 FFS 模式的基本结构
Fig. 1 Structure of FFS mode

FFS 模式面板的液晶分子在不加电压时与下偏光片的透光轴平行,液晶分子不对通过下偏光片的光进行偏振态调节,不能通过上偏光片的透过轴,因而在不加电压时为常黑模式。当加载电压且超过阈值时,液晶分子在电场方向发生扭转,电场 E_y 在像素电极边缘位置极强,在电极中间极弱,电场 E_z 在像素电极中间极强,在像素电极边缘极弱,所以扭转角最大值在像素电极边缘底表面附近,其倾斜角最大可达 20~30°,因此相应的光透过率在像素电极边缘处最大,在像素电极中间透光率最小。

FFS 模式液晶面板透光率可由如公式(1)计算得到:

$$I = I_0 \sin^2(2\Phi) \sin^2(\pi d \Delta n / \lambda), \tag{1}$$

其中: I 为透过液晶面板的光强, I_0 为入射光强, Φ 为下偏光片透光方向与 LC 光轴间的夹角, d 为液晶盒厚度, Δn 为各向异性折射率差, λ 为光波长。如图 2 所示,由于 FFS 模式面板的液晶分子主要是在同一水平面内旋转,从各个方向上看光程差变化不大,所以透光率差异很小,因此 I 值变化较小,对比度视角较好。

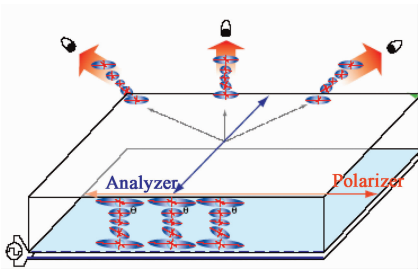


图 2 FFS 模式广对比度视角原理图
Fig. 2 Principle of wide contrast ration viewing angle of FFS mode

表 1 中所示为此款 FFS 模式液晶面板的主要资材,测试根据上述原理进行制作的样品,可以得到如图 3 所示的测试结果,图 3 的最外圈是在 0°(平行于液晶面板法线方向)时的测试数据,而中心点是在 90°(液晶面板法线方向)时的测试数据,在对比度大于 10 的前提下,数据显示其上下左右的对比度视角可达 90°/90°/90°/90°。

表 1 FFS 液晶面板使用资材
Tab.1 Material of FFS cell

Material	Model	Usage/1000 Panels
Color Filter	Inhouse	1000 EA
Liquid Crystal	Merck;MAT-09-1284	4756 G
Polyimide	Nissan;SE-6414	20 KG
Rubbing Cloth	Agehara;89IC	0.27 ROL
APR Plate	KOMURA	0.059 SH
Sealant	Seksui;S-WB21	578 G
Glass Fiber	NEG;PF-51S	5.78 G
Cleaning Agent	SAWASH;LH-540	13.1 L
Pol	LGC;LR	10000 SET

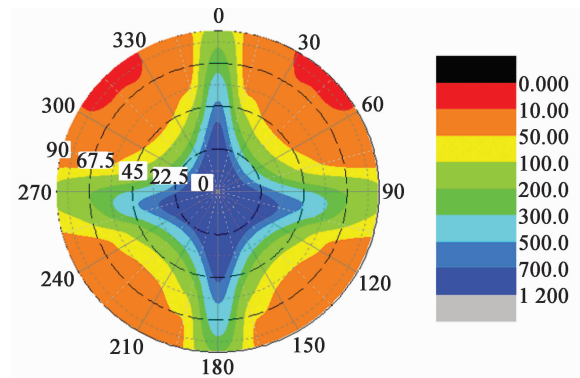


图 3 FFS 模式对比度视角实际测试数据

Fig.3 Real test data of contrast ratio viewing angle of FFS mode

2.2 背光源设计

本文所述背光源为侧入光式 LED 背光源。LED 背光源分为直下入光式和侧入光式,直下入光式背光源厚度较厚,通常用于液晶电视等尺寸较大的显示设备,液晶显示器以及便携式液晶显示设备一般采用厚度较薄的侧入光式背光源。侧入光式背光源的主要部件有背板、边框、胶框、导光板、光学膜层、灯源等,灯源采用 LED 灯条,位于导光板的侧边,LED 出射的光线经过导光板及光学膜层之后由原来的线光源变成画面品味较佳

的面光源,再由液晶面板进行调制使其形成画面,背板、边框和胶框起到支撑作用^[9]。此款液晶显示器采用单长边入光方式,即在背光源的长边采用单根 LED 灯条作为其光源,LED 封装为 4014,导光板采用油墨印刷导光板。

光学膜层是影响亮度视角的主要因素。背光源常用的光学膜层有反射膜(Reflector Film)、扩散膜(Diffuser Film)、棱镜膜(Prism Film)、微透镜阵列膜(Microlens Film)及反射型偏光增亮膜(DBEF 和 Brilliant Viewing Film,BVF)。反射膜位于导光板下方,用于反射杂散的光线,对亮度视角不会产生影响;扩散膜的作用是对从导光板中出射的光进行扩散,使得光线分布得更加均匀,画面品味更佳;棱镜膜的作用是对散射的光起到聚光的作用,使得背光源正面出射的光更加集中,从而提升液晶面板法线方向的亮度;微透镜阵列膜是介于扩散膜和棱镜膜之间的一种膜层,即可以对光起到扩散作用,又可以起到聚光作用;DBEF 的作用是将不能通过下偏光片的光反射回背光源,被背光二次反射的光不再是线偏振光,而是部分偏振光,这样又有一部分光可以通过下偏光片,经过多次循环利用,使得光的透过率得到提升^[10]。

通常情况下台式计算机对水平方向的亮度视角的要求较为严格,而对垂直方向的亮度视角要求较为宽松^[11],所以本文只对水平方向的亮度视角进行了研究。为使显示器具有最广的水平亮度视角,测试了多种光学膜层架构,所使用的膜层信息如表 2 所示。

图 4 所示是基本的膜层架构测试得到的亮度

表 2 膜材参数

Tab.2 Parameters of optical film

Film Model	Film Type	Haze/%	Thickness/ μm	Vender
CH27NH	Diffuser	95	125	SKC
ND155	Diffuser	89	205	LGE
CH403P	Diffuser	95	220	SKC
CH152DNH	Diffuser	99	125	SKC
UTE23	Microlens	86	220	MN-Tech
UTE27G	Prism	7	220	MN-Tech
BVF-230	BVF	96	230	3M
DBEF-260	DBEF	82	260	3M

视角数据，图中所示膜层排列顺序从左到右相对应实际膜层是从下到上的排列顺序（最下面的膜层与导光板接触）。图中测试的亮度数据为液晶显示器中心点亮度随角度的变化值，角度测试间隔为 2° ，测试范围为 $-90^{\circ}\sim+90^{\circ}$ 。随着测试角度的增大亮度随之下降，当亮度下降为液晶显示器法线方向亮度的一半时的角度定义为亮度

视角。由于不同光学膜层架构法线方向亮度不同，为便于数据的比较，液晶显示器的法线方向亮度被归一化为 200 cd/m^2 。

从图 4 可知，不同光学膜层架构的亮度视角差异较大，其中一层扩散膜 CH27NH 搭配一层 DBEF-260 的架构亮度视角（ 58° ）明显要大于其他的架构的视角。

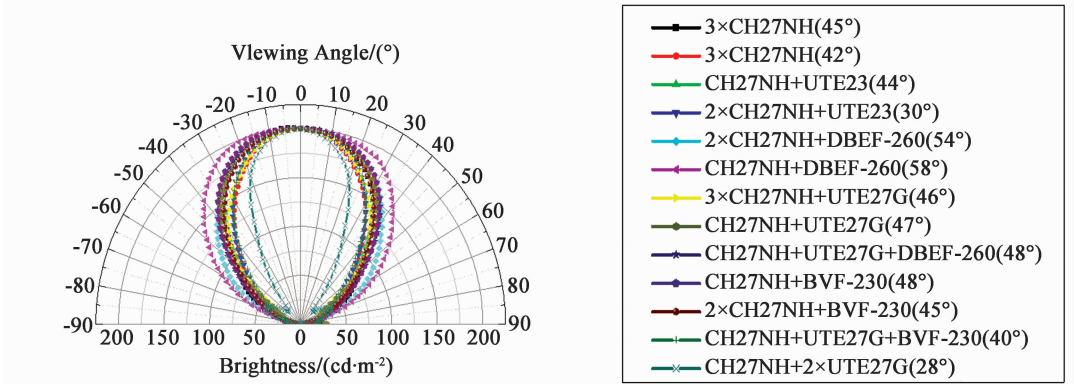


图 4 不同膜层架构的角度测试数据
Fig. 4 Test data of viewing angle of different film structure

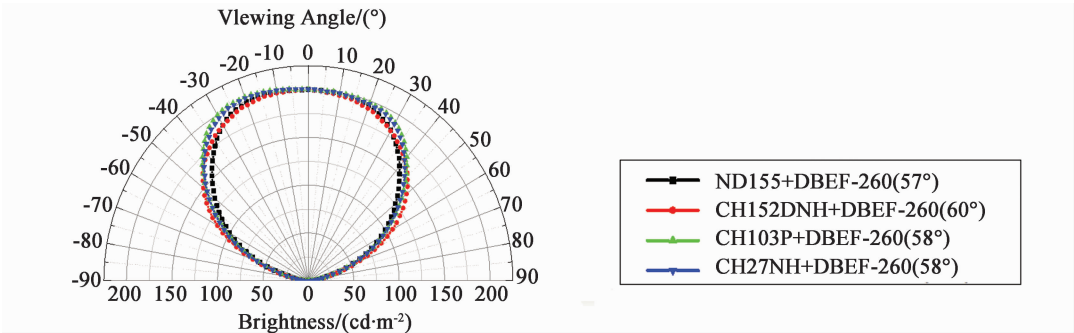


图 5 不同扩散膜的亮度视角测试数据
Fig. 5 Test data of viewing angle of different diffuser film

接着对不同雾度的扩散膜（相关参数如表 2 所示）搭配 DBEF-260 的亮度视角变化情况进行研究，如图 5 所示，扩散膜雾度越高亮度视角越大，具有最大的亮度视角（ 60° ）的架构是一层扩散膜 CH152DNH 搭配一层 DBEF-260 的架构。在确认了上述光学膜层的架构之后，进行其他光学部材的设计，选用的 LED 荧光粉为 YR 粉，搭配此款液晶面板的彩膜，色域 NTSC 为 72%；灯条选用 68 颗 4014-LED，以确保液晶显示器的亮度达到 250 cd/m^2 ；对导光板的网点进行调节，以避免灯条入光侧的 Hotspot Mura。

3 样品测试结果

对上述样品进行制作并对相关数据进行实测，且和其他同类产品进行了比较，如表 3 所示（表中最后两项参数是 TCO 标准中表述亮度和对比度随角度变化的参数，其定义方式和测试方法参考文献[11]），其中亮度均一性随角度变化数值越小代表亮度视角越宽，而亮度对比度随角度变化数值越大代表对比度视角越好。从表中可以看出，此款产品与同类产品相比，在对比度视角和亮度视角方面有明显的优势。

表 3 样品测试结果
Tab. 3 Test Result of Module

Parameters	产品 A	产品 B	54.6 cm 广视角
Resolution	1 920×1080	1 920×1 080	1 920×1 080
Response Time/ms	5.16	5.44	13.36
Module Brightness / (cd·m ⁻²)	253	293	248
Color Gamut:NTSC/%	72.2	72.4	72.1
Module Power Consumption /W	15.89	16.66	15.52
Contrast Ratio	578:1	1053:1	972:1
Contrast Ratio Viewing Angle/(°)	54/54/27/54	85/85/85/85	90/90/90/90
1/2Brightness Viewing Angle/(°)	42	42	60
TCO:Luminance uniformity-angular dependence	1.77	1.69	1.20
TCO:Luminance contrast-angular dependence	0.97	0.99	0.99

5 结 论

根据论文所述的原理进行样品的实际制作并测试,测得上下左右的对比度视角值为 90°/90°/90°/90°,1/2 亮度视角为 60°,与同类产品相比较,此款产品在视角方面具有明显优势。

设计了一款具有广视角的液晶显示器,不仅具有较广的对比度视角还具有较广的亮度视角。

参 考 文 献:

[1] 牟强. 液晶电视的广视角技术[J]. 液晶与显示,2005,20(1):67-71.
MOU Q. Wide visual angle technology of TFT-LCDTV [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2005,20(1):67-71. (in Chinese)

[2] 马新利,黄子强. FFS 宽视角技术的发展[J]. 光电子技术与信息,2006,19(1):8-13.
Ma X L, Huang Z Q. Progress of wide-viewing angle technologies for fringe-field switching [J]. *Optoelectronic Technology & Information*. 2006,19(1):8-13. (in Chinese)

[3] 李雪红,邹忠飞,钟德镇,等. 扭曲排列增强的广视角技术[J]. 液晶与显示,2013,28(3):354-357.
Li X H,Zhou Z F,Zhong D Z,*et al.* Wide viewing angle technology of twisted arrangement enhanced [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2013,28(3):354-357. (in Chinese)

[4] 伊藤洋士. OCB 模式或 VA 模式的液晶显示器:中国,CN 1726426A[P]. 2006-01-25.

[5] 矢野周治,河合雅之. IPS 模式液晶显示装置:中国,CN 101135812A[P]. 2008-03-05.

[6] 全台贤,白承竣. FFS 模式 LCD 及其制造方法:中国,CN 101446717A[P]. 2009-06-03.

[7] 李景夏,金香律,田钟烨,等. FFS 模式液晶显示装置:中国,CN 1591142A[P]. 2005-03-09.

[8] 花冈一孝,田沼清治,仲西洋平,等. 液晶显示器:中国,CN 101551554A[P]. 2009-10-07.

[9] 王海雄,李积彬. LCD 导光板微结构成型技术及发展趋势[J]. 液晶与显示,2012,27(4):486-492.
Wang H X,Li J B. Molding technologies of micro-structure on light guide plate of LCD and trends[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2012,27(4):486-492. (in Chinese)

[10] Li Y,T Wu T X,Wu S T. Design optimization of reflective polarizers for LCD backlight recycling [J]. *Journal of Display Technology*,2009(5):335-340.

[11] TCO Certified Displays 6.0 [EB/OL]. [2011-11-07]. <http://tcodevelopment.com>.