

文章编号:1007-2780(2016)11-1033-05

大尺寸薄膜晶体管液晶显示器的一种条状显示不均的分析和改善研究

刘晓伟*, 田 明, 李梁梁, 付艳强, 郭会斌, 刘 耀, 袁剑峰

(福州京东方光电科技有限公司, 福建 福州 350000)

摘要:研究了大尺寸薄膜晶体管液晶显示器产品开发中遇到的一种新的条状显示不均。通过扫描电子显微镜、四探针测试仪和分光光度计设备对这种显示不均进行了分析,这种显示不均与薄膜晶体管阵列基板上的金属配线的膜厚周期性波动有关,金属膜厚的周期性波动导致了液晶显示器的液晶盒盒厚的不均匀,从而造成显示不均。这种膜厚的周期性波动与液晶高世代线广泛采用的平面靶材溅射设备构造有关。通过对设备结构的改造,提高了基板面内的金属膜厚的均匀性,改善了此不良。

关键词:大尺寸薄膜晶体管液晶显示器;磁控溅射;平面靶材;显示不均

中图分类号:TN87 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163111.1033

Analysis and improvement of a larger size TFT-LCD block mura

LIU Xiao-wei*, TIAN ming, LI Liang-liang, FU Yan-qiang, LIU yao

(Fuzhou BOE Optoelectronics Technology Co.,Ltd., Fuzhou 350000,China)

Abstract: A new unknown block mura of large size TFT-LCD has been studied in this paper. The mura was observed by SEM, Four-probe tester and Spectrophotometer. It is caused by the periodic changing of TFT metal line thickness. The periodic changing of metal line thickness led to the changing of LCD cell gap, influencing display quality of TFT-LCD. The periodic changing metal line thickness is caused by adopting the structure of a kind of flat target magnetron sputter equipment, which is used in large size TFT-LCD production line widely. The thickness uniformity of metal line was improved by modifying the equipment structure. The mura disappeared after the thickness uniformity is improved.

Key words: large size TFT-LCD; magnetron sputtering; flat target; Mura

收稿日期:2016-05-26;修订日期:2016-08-12.

* 通信联系人, E-mail: liuxiaowei@boe.com.cn

1 引言

随着信息技术的快速发展,显示技术作为人与信息的界面近年也快速发展。薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)因其轻薄、功耗低、成本低等优点已经成为平板显示行业的主流成品。相关产品已经深入社会生活的方方面面,从智能手机、平板电脑到大尺寸液晶电视等。随着相关产品的普及,消费者对液晶显示器的画面品质要求越来越高。因此,对液晶面板厂商的产品设计、工艺水平以及品质检查能力都提出了更高的要求。而显示不均(mura)是影响画面品质的一类重要不良。Mura一词来自日本,主要表现为显示区域的亮度或颜色不均匀。伴随着液晶面板的新产品和新技术的开发,也会出现很多新的 mura,需要根据具体情况进行分析和改善^[1-2]。

此外,随着 4K 电视等高解析度显示器的普及,大尺寸、高分辨率,高刷新率成为液晶显示器的一个重要的发展方向。为满足这种需求,要求液晶面板的薄膜晶体管阵列的金属配线的电阻更低以降低信号衰减^[3-4]。在配线材料材质确定的情况下,要降低电阻只有增加配线的线宽或增加配线膜厚,增加线宽会影响液晶面板的开口率,因此,一般采用增加金属线的厚度来降低配线电阻。本文研究了一种在大尺寸、高分辨率产品开发过程中,因金属配线厚度增加而产生的一种新型 Mura。这种 Mura 与 TFT-LCD 高世代线中广泛采用的平面靶材设备结构有关,通过对设备结构的改进,改善了这种 Mura,并成功量产。

2 实验

2.1 不良现象

如图 1 所示,55 in(1 in=2.54 cm)液晶面板完成模组工艺后,在 L127 灰度下发生色差相间的条纹状 Mura,垂直于 55 in(1 in=2.54 cm)面板长边方向,位置固定,间隔固定距离且平行排列,边界模糊,每条条纹宽 125 mm 左右,颜色偏黄。每块 55 in(1 in=2.54 cm)的面板上有五条。此外,65 in、110 in 等大尺寸产品也发生了类似不良,且几款产品发生 mura 的位置在玻璃母基板上的对应位置相同。

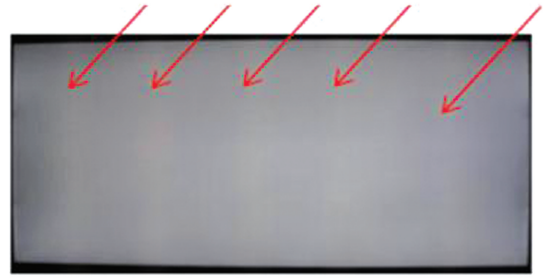


图 1 55 in 液晶面板的垂直黄 mura

Fig.1 Yellow vertical mura of 55 in LCD

2.2 原因分析

从不良现象上看,该 mura 呈水平间隔,且在 L127 灰度下颜色偏黄,用 Otsuk 生产的 LCF-2100A 型分光光度计平行于 55 in 液晶面板的长边方向测量了色温和色度。红色虚线标出的位置是 Mura 发生位置,Mura 区 X、Y 色度明显偏高,色温明显偏低(如图 2)。因此推测 mura 发生可能与彩膜基板的红、绿、蓝三原色色阻或液晶面板的液晶盒(如图 3)盒厚有关。

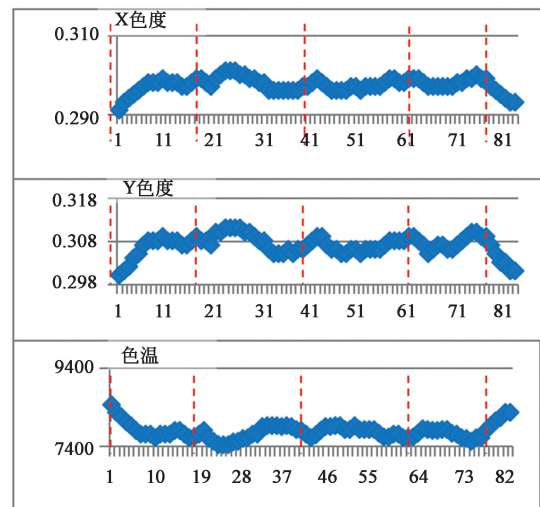


图 2 55 in 液晶面板沿长边方向色温/色度

Fig.2 CCT and chroma of 55 in LCD along the longer side

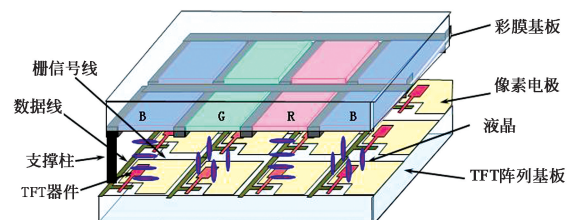


图 3 液晶盒的结构示意图

Fig.3 Structure of TFT-LCD

2.2.1 彩膜色阻色度

把 55 in 液晶面板液晶盒拆解,将彩膜基板和薄膜晶体管阵列基板分离,去掉液晶,用分光光度计测量彩膜基板的色阻的色度和色温,Mura 发生区域与正常区域并无明显差别(如表 1 所示),因此该 mura 与彩膜的色阻无明显关系。

表 1 Mura 区与非 Mura 区的色度比较

Tab.1 Comparison of the chroma of mura area and non-mura area

		R		G		B	
		x	y	x	y	x	y
Mura区	1	0.6427	0.3371	0.2983	0.5958	0.1357	0.1042
	2	0.6427	0.3373	0.2982	0.596	0.1356	0.1044
	3	0.6426	0.3372	0.2981	0.5962	0.1356	0.1045
	4	0.6427	0.3373	0.2983	0.5961	0.1356	0.1047
	5	0.6428	0.3371	0.2984	0.5959	0.1357	0.1042
	6	0.6428	0.3373	0.2982	0.596	0.1356	0.1047
	7	0.6426	0.3372	0.2982	0.5959	0.1356	0.1043
	8	0.6428	0.3372	0.2982	0.5958	0.1356	0.1046
	9	0.6428	0.3372	0.2982	0.5958	0.1356	0.1046
	平均值	0.6427	0.3372	0.2982	0.5958	0.1356	0.1046
非Mura区	1	0.6425	0.3371	0.2982	0.5959	0.1357	0.1042
	2	0.6425	0.3371	0.2982	0.5959	0.1356	0.1047
	3	0.6427	0.3372	0.2981	0.596	0.1356	0.1045
	4	0.6424	0.3372	0.2981	0.596	0.1357	0.1044
	5	0.6425	0.3372	0.2982	0.596	0.1356	0.1047
	6	0.6426	0.3372	0.2982	0.5959	0.1356	0.1046
	7	0.6423	0.337	0.2983	0.5958	0.1357	0.1046
	8	0.6425	0.3372	0.2982	0.5958	0.1356	0.1046
	9	0.6424	0.3372	0.2982	0.596	0.1356	0.1047
	平均值	0.6425	0.3372	0.2982	0.5959	0.1356	0.1046

2.2.2 液晶盒盒厚

把 55 in 的液晶模组去掉模组组件,用沿着平行于面板的长边方向,间隔一定距离取一条线测量裸液晶盒盒厚,分别测试 3 条线,液晶盒厚均表现出明显的周期性波动,如图 4 所示,波峰位置与黄色条状 mura 位置有明显对应性,因此,可以判断该 Mura 为液晶盒厚波动引起,且发生在模组工艺前。

如图 3 所示,液晶盒盒厚主要与柱状隔垫物以及放置柱状隔垫物的金属线厚度有关。

液晶盒柱状隔垫物高度确认

用 Fisher 的 HM-2000 型动态微小硬度计测量了柱状隔垫物的高度。如图 5 所示,柱状隔垫物高度变化趋势与液晶盒盒厚的变化趋势差异较大,因此液晶盒的厚度波动与柱状隔垫物高度无明显关系。

金属厚度

用 SEM 测量了放置柱状隔垫物的金属线的金属厚度,在 Mura 区和非 Mura 区各均匀取 13 个点进行测量。如图 6 所示,Mura 区域的金属厚度明显高于非 Mura 区域。

因此认为,这种 Mura 的产生原因是 TFT 阵列基板上,放置柱状隔垫物的金属线膜厚的波动,

造成了液晶盒厚的变化,从而形成 Mura。

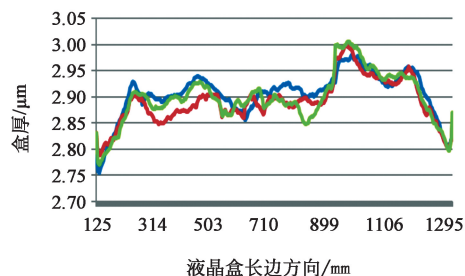


图 4 液晶盒盒厚的变化趋势
Fig.4 Trend of LC cell thickness

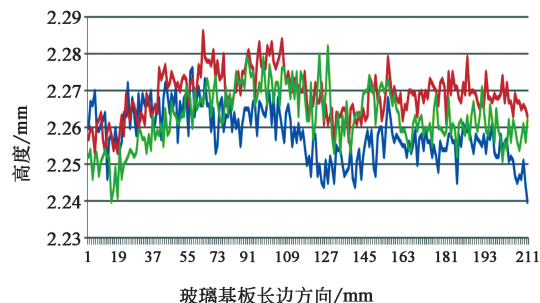


图 5 柱状隔垫物高度的变化趋势
Fig.5 Trend of LC height photo spacer

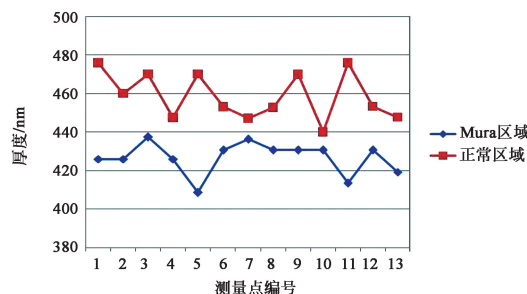


图 6 Mura 区域和非 Mura 区域的金属线厚度
Fig.6 Comparison of the metal line thickness of mura area and non-mura area

2.3 改善措施

2.3.1 金属线厚度周期性的原因

TFT-LCD 中放置柱状隔垫物的金属线主要用磁控溅射镀膜,再通过曝光和刻蚀形成。目前的 TFT-LCD 高世代生产线普遍采用的磁控溅射的平面靶材设备。每个腔室内有若干条独立的条状的平面靶材,若干条条状平面靶材垂直固定,玻璃基板在沉积的时候也垂直静止(如图 7)。这种结构的靶材分布,在两条靶材的间隙的部分,对应

的基板上的薄膜沉积速率偏低,从而形成基板上膜厚的周期性波动。

在 $2\,200\text{ mm} \times 2\,500\text{ mm}$ 的玻璃基板上沉积作为 55 in 液晶面板的金属配线的 Mo/Al/Mo 15/350/100 nm 多层膜。在玻璃基板面内均匀取 1 200 个点测量多层膜的方块电阻。测量结果如图 8 所示, X 表示玻璃的长边方向, Y 表示玻璃的短边方向,可以看出方块电阻有明显的周期性变化趋势。方块电阻 $R_s = \rho/t$, ρ 为金属的电阻率, t 为厚度。一定厚度的金属薄膜的电阻率变化很小,因此方块电阻分布可以反映出整个基板面内的金属厚度分布趋势^[5],且波谷的位置正好对应靶材与靶材的空隙位置。

对比金属薄膜厚度的周期性波动的波谷位置正好与黄色垂直 mura 的发生位置在玻璃母基板上的位置正好吻合。因此,黄色垂直 mura 的发生是因为金属薄膜厚度的周期性波动,导致此处的液晶盒厚产生变化,液晶盒变化导致此处的显示品质恶化。

小尺寸产品并未发生这种 mura 是因为小尺寸产品的金属配线电阻要求较低,因此厚度均较低,大尺寸、高分辨率产品的金属配线电阻要求较高,

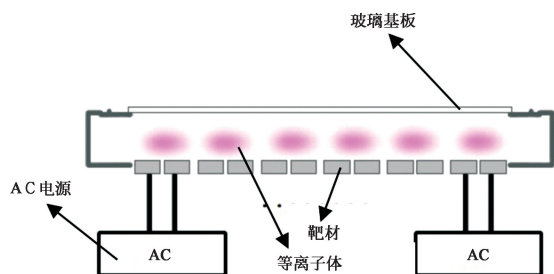


图 7 平面溅射靶材设备薄膜沉积示意图

Fig.7 Schematic diagram of flat target sputter equipment

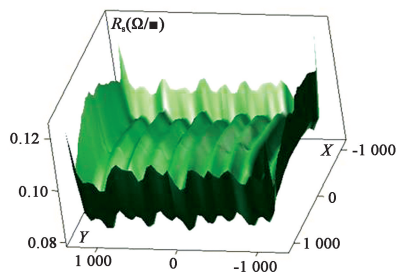


图 8 Mo/Al/Mo 15/350/100 nm 多层膜玻璃基板面内的方块电阻三维分布图

Fig.8 R_s 3D map of Mo/Al/Mo 15/350/100 nm multilayer thin film in glass

因此膜厚明显高于小尺寸产品,这种因设备本身原因造成的周期性波动对液晶盒厚的影响更为明显。

2.3.2 改善措施

图 9 为 TFT-LCD 中常用的沉积金属多层膜的设备结构图,共 4 个腔室,第一个腔室沉积钼,第二和第三个均沉积铝,第四个沉积钼,从而形成 Mo/Al/Mo 的多层膜结构。其中铝为主要导电层,膜厚最厚,为保证生产节拍因此分两个腔室沉积,上下两层钼为抑制纯铝薄膜的小丘现象,沉积方式为垂直静止成膜。

为改善成膜的周期性波动,主要有两种方法,第一种是玻璃在沉积的时候左右运动,第二种是在第一个铝腔体把玻璃停止位置向左移动 1/4 个周期,第二个铝腔体向右移动 1/4 个周期,这样正好可以使得波峰和波谷相互抵消,从而改善这种周期性作用。第一种方式改善效果较好,但设备改造周期和成本较高,且会降低设备稳定性,因此选择了第二种方式进行改善。

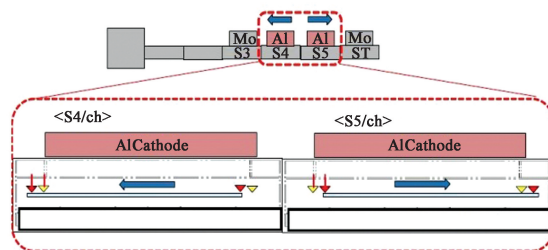


图 9 玻璃基板位置偏移成膜

Fig.9 Schematic diagram of skewing glass deposition

2.4 结果与讨论

设备改造完成后,在玻璃基板上沉积 Mo/Al/Mo 15/350/100 nm 的多层膜,沿着玻璃长边方向(也是 55 in 液晶面板的长边方向)的测量方块电阻分布,如图 10 所示,设备改造前有明显的

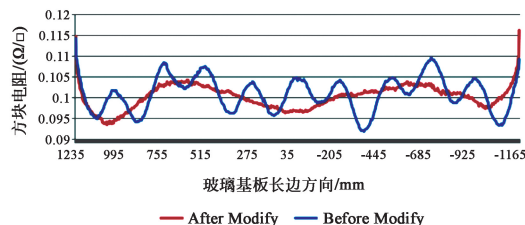


图 10 设备改造前后 Mo/Al/Mo 15/350/100 nm 多层膜方块电阻趋势比较

Fig.10 Comparison of R_s trend of Mo/Al/Mo 15/350/100 nm multilayer film before modify and after modify

波峰和波谷,改造后波峰波谷的趋势消失,均一性明显提高。

图 11 为设备改造后,用 Mo/Al/Mo 15/350/100 nm 多层膜做金属配线的 55 in 液晶面板,黄色垂直 mura 消失。

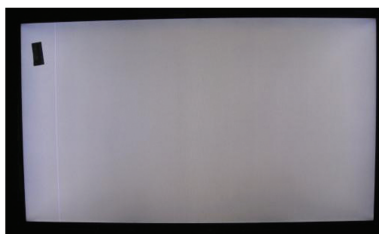


图 11 设备改造后制作的 55 in 液晶面板

Fig.11 55 in TFT-LCD made after equipment modified

3 结 论

目前 TFT-LCD 产业中高世代线中广泛采用的平面溅射设备,普遍采用条状平面靶材,因为靶材与靶材存在间隙会导致基板表面膜厚也产生周期性变化,这种膜厚周期变化因为间隙较大,在小尺寸切割的产品上不会引起膜厚不均相关不良,但在大尺寸产品上容易发生不良。因此,在生产大尺寸薄膜晶体管液晶显示器产品的高世代产线,应改变磁控溅射设备结构或成膜方式来控制靶材间隙造成的成膜不均以避免这种 mura。

参 考 文 献:

- [1] LEE Y H, TANG K H. How human perceptions of Mura affect LCD market values [J]. *Displays*, 2012, 33(1): 46-53.
- [2] 徐伟,彭毅雯,肖光辉.未确认 Mura 分析及改善对策[J].*液晶与显示*,2011,26(5):612-615.
XU W, PENG Y W, XIAO G H. Analysis and improvement of unknown Mura [J].*Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(5): 612-615. (in Chinese)
- [3] YOSHIDA Y, KIKUCHI Y, DALY S, *et al.* 66.3: Invited Paper: image quality improvements in large-screen LC-TV [J]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 2005, 36(1): 1852-1855.
- [4] CHAEG S, SOH H S, LEE W H, *et al.* Self-passivated copper as a gate electrode in a poly-Si thin film transistor liquid crystal display [J]. *Journal of Applied Physics*, 2001, 90(1): 411-415.
- [5] CHOPRAK L. Size effects in the longitudinal magnetoresistance of thin silver films [J]. *Physical Review*, 1967, 155(3): 660-662.

作者简介:刘晓伟(1988—),男,江苏宿迁人,硕士,工程师,从事 TFT-LCD 工艺研究。liuxiaowei@boe.com.cn