

文章编号:1007-2780(2016)05-0449-05

基于单色光下 ADS 模式 TFT-LCD 闪烁 漂移的对比研究

喻娟*, 刘冬, 徐利燕, 林鸿涛, 王贺陶, 陈维涛
(北京京东方显示技术有限公司, 北京 100176)

摘要:基于挠曲电效应理论,本文对比研究了红、绿、蓝 3 种单色光对 ADS 模式 TFT-LCD 闪烁漂移的影响。主要考察了 3 种单色背光在能量相同以及不同亮度条件下的闪烁漂移和 TFT 光漏电流[Photo I_{off}]特性。实验结果表明 I_{off} 在正常范围内变化时,并不显著影响闪烁漂移量,初步认为:不同光照条件下离子的产生数量和产生速度差异是该条件下导致闪烁漂移的主要因素。

关键词:单色光;闪烁漂移;TFT 光漏电流

中图分类号:TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163105.0449

Comparative study on flicker shift of monochromatic light based on ADS mode TFT-LCD

YU Juan*, LIU Dong, XU Li-yan, LIN Hong-tao, WANG He-tao, CHEN Wei-tao

(Beijing BOE Display Technology Co. Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: Based on flexoelectric effect theory, a comparative study of monochromatic light on flicker shift of ADS mode TFT-LCD has been conducted. The flicker shift and TFT photo leakage current [photo I_{off}] features have been mainly investigated with monochromatic red, green, or blue backlight in the same energy as well as under different brightness conditions. The results indicated that I_{off} changing in the normal range did not significantly affect the amount of flicker shift, it was preliminarily believed that the difference of the amount and generating rate of ions under different light conditions is the main factor resulting in flicker shift under this condition.

Key words: monochromatic light; flicker shift; TFT light leakage current

1 引言

随着 TFT-LCD 在电视、手机、笔记本电脑、显示器以及手持终端设备等领域的广泛应用。人

们对液晶产品的显示品质日益提出了更高要求,其中高级超维场转化技术(Advanced Super Dimension Switch,简称 ADS)以其在大屏幕,高分辨率下的高透过率和宽视角特点广泛应用于高端产品上。

目前 ADS 产品仍有一些问题需要解决,其中一个就是闪烁[flicker]。闪烁是指人眼对显示屏亮度快速变化的一种主观感受,屏幕好像在快速地闪动。闪烁对人们的健康是非常不利的,反映最普遍的问题就是眼睛疲劳^[1]。一般认为闪烁妨碍人眼的扫视运动,使人眼产生过度的肌肉活动,从而导致视觉疲劳^[2],同时,也有研究表明闪烁影响人们的阅读速度^[3]。为了改善甚至消除闪烁对液晶产品画质的影响,业内众多科研工作者都对此进行了研究。

研究还发现 ADS 模式中 flicker 会随着工作时间而持续变化,我们称之为闪烁漂移(flicker shift),研究表明,ADS 模式中 flicker 与挠曲电效应相关^[4-7]。针对 ADS 模式 flicker 漂移问题,之前已有文章研究了灰阶电压大小及灰阶电压对称性对闪烁漂移程度、速率的影响,改变灰阶电压的对称性可在一定程度上增强或抵消自极化效应带来的 flicker 漂移和公共电极电压(V_{com})电压偏移^[8]。本文在以上研究基础上,进一步研究基于红、绿、蓝 3 种单色光下 ADS 模式的 flicker 漂移情况。

2 实 验

2.1 样品与仪器

实验样品:ADS 模组,红、绿、蓝三种背光:分别通过红、绿、蓝单颗 LED 加上扩散板实现,通过调节 LED 电流大小来控制背光亮度,如图 1 所示。

实验仪器:彩色分析仪(CA-310),直流电源,图形发生器 VG-871B,数字万用表,半导体参数测试设备 YAF-6565M,电脑。

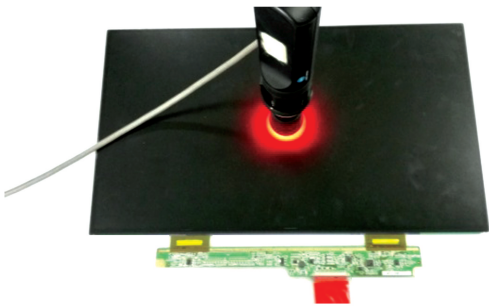


图 1 Flicker 漂移测量系统

Fig.1 Flicker shift measurement system

2.2 实验过程

本文所选样品为 ADS 模式样品,盒厚(cell gap)为 $3.3\text{ }\mu\text{m}$,PI 厚度 120 nm 。本文以 ADS 背光亮度 $3\text{ }440\text{ nit}$ 为基准,分析背光中红、绿、蓝 3 种单色光下 flicker 漂移程度。按照 1931CIE-RGB 系统规定,匹配等能白光的 R、G、B 三原色单位亮度比率为 $(1:4.5907:0.0601)^{[9]}$ 。根据能量相同原则,ADS 背光中红、绿、蓝单色光的亮度近似为 $(609\text{ cd/m}^2,2\text{ }795\text{ cd/m}^2,36\text{ cd/m}^2)$,由于蓝色背光亮度太低,透过液晶面板后 flicker 画面亮度太低无法测试 flicker 值,所以将红、绿、蓝背光亮度均提高到约 3 倍,分别为 $(1\text{ }862\text{ cd/m}^2,8\text{ }336\text{ cd/m}^2,126\text{ cd/m}^2)$,表 1 为能量相同时的详细测试条件。

其次,本文研究了红、绿、蓝三种单色光不同亮度条件下的 flicker 漂移特性,表 2 为亮度不同条件下的详细测试条件。

表 1 能量相同测试条件				
Tab.1 Tested under the same energy conditions				
样品条件	BLU	Red LED	Green LED	Blue LED
Wavelength(nm)		636	528	461
背光亮度(cd/m ²)	3440	1862	8336	126
Aging pattern	W255	R255	G255	B255
Flicker pattern	G127	R127	G127	B127

表 2 亮度不同测试条件			
Tab.2 Measured under different brightness conditions			
样品条件	Red LED	Green LED	Blue LED
Wavelength(nm)	636	528	461
	727	2532	126
背光亮度(cd/m ²)	1243	4273	281
	1862	8336	1246
Aging pattern	R255	G255	B255
Flicker pattern	R127	G127	B127

Flicker 漂移曲线的测试方法:测试前通过调整面板的公共电极电压(V_{com})将 flicker 值调整到最小,老化(Aging)1 h,使用 CA-310 记录此过程中 flicker 值的变化。Flicker 值采用对比法测试,

闪烁度 = AC 构成/DC 构成 = $(V_{\max} - V_{\min}) / \{(V_{\max} + V_{\min}) / 2\} \times 100 [\%]$ 。

TFT 光漏电流[Photo I_{off}](以下简称 I_{off})特性测试方法:分别在红、绿、蓝背光不同亮度条件下,使用半导体参数测试设备测试 ADS 产品阵列基板的 Photo I_{off} 特性。

3 结果与讨论

3.1 能量相同条件下 Flicker 漂移和 TFT 特性比较

图 2 是红、绿、蓝单色背光能量相同条件下的 flicker 漂移曲线,三者的 flicker 都是先增加后趋于稳定。红色光照下 flicker 变化速率较快,迅速达到极值后趋于稳定。绿色和蓝色光照下 flicker 变化速率较慢,达到稳定的时间较长。Flicker 增加推测主要是由于挠曲电效应使液晶产生极化,吸附盒内离子,产生直流偏压,使得正负帧亮度差异变大,从而导致了 flicker 逐渐增加。随着时间的推移,当 cell 盒内达到了一个动态平衡,flicker 最终趋于稳定。

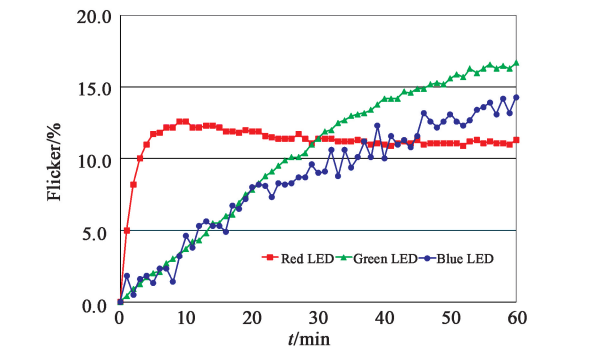


图 2 能量相同下 Flicker 漂移曲线
Fig. 2 Flicker shift curve under the same energy measurement condition

表 3 是红、绿、蓝背光能量相同条件下 flicker 漂移量和 I_{off} 特性数据。其中, I_{off} 与光照强度正相关,23.1 pA@绿光($8\,336\text{ cd/m}^2$)>10.8 pA@红光($1\,862\text{ cd/m}^2$)>4.3 pA @蓝光(126 cd/m^2);flicker 漂移量与 I_{off} 变化趋势不一致,16.7@绿光>14.3@蓝光>11.3@红光。由以上数据可发现,红光下 I_{off} 值大于绿光,相反红光下 flicker 漂移量却小于绿光,两者趋势相反。同时,3 种背光下 I_{off} 差异较大成倍数关系,但 flicker 漂移量却相差不大,可见两者趋势不同,

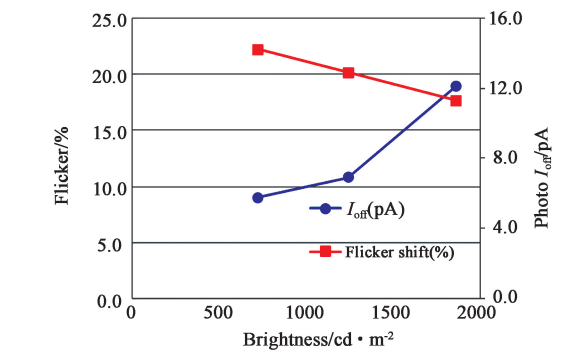
由此判断 I_{off} 在此范围内变化不是影响 flicker 漂移量的主要因素;而且样品工艺条件、加载在像素上的驱动电压大小、产生的宏观电偶极矩大小、吸引“离子”移动的“力”均相同,只有光照条件不同,由此可见,影响 flicker 漂移不同的因素应为不同光照下产生的离子数量和产生速度不同。

表 3 能量相同下 flicker 漂移和 TFT 特性比较
Tab. 3 Flicker shift and TFT I_{off} character under the same energy measurement condition

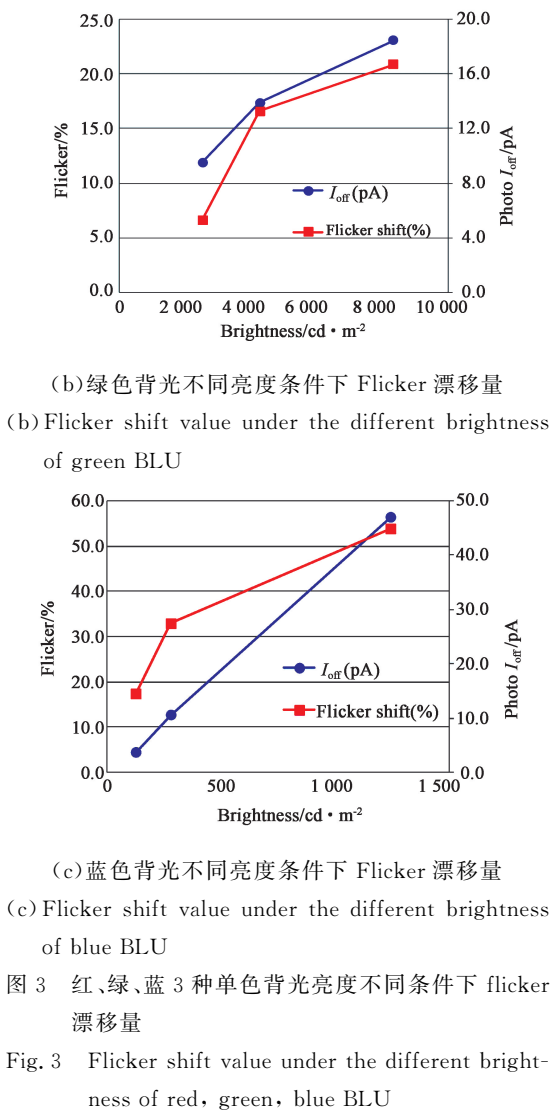
	背光亮度 (cd/m^2)	Flicker shift(%)	I_{off} (pA)
Red LED	1 862	11. 3	10. 8
Green LED	8 336	16. 7	23. 1
Blue LED	126	14. 3	4. 3

3.2 不同亮度条件下 Flicker 漂移量和 TFT I_{off} 特性比较

图 3(a),(b),(c)分别是红、绿、蓝背光亮度不同条件下 flicker 漂移量和 I_{off} 特性数据。从图中可以看出 I_{off} 均与光照强度成正比,变化速率与波长相关;绿光和蓝光下的 flicker 漂移量与光照强度成正比,随光照度增加 flicker 漂移量变大,但红光亮度增加时,flicker 漂移量却有下降的趋势,与绿光和蓝光相反。并且, $I_{\text{off}}\,10.8\text{ pA} @$ 红光 $1\,243\text{ cd/m}^2$ & $11.9\text{ pA} @$ 绿光 $2\,532\text{ cd/m}^2$ & $12.6\text{ pA} @$ 蓝光 281 cd/m^2 (数据详见表 4),三者比较接近,但对应的 flicker 漂移量差异较大,27.4@蓝光>12.9@红光>5.3@绿光,再次说明 I_{off}



(a)红色背光不同亮度条件下 Flicker 漂移量
(a)Flicker shift value under the different brightness of red BLU



在此范围内变化时不是影响 flicker 漂移量的主要因素,与前文所述结论一致。

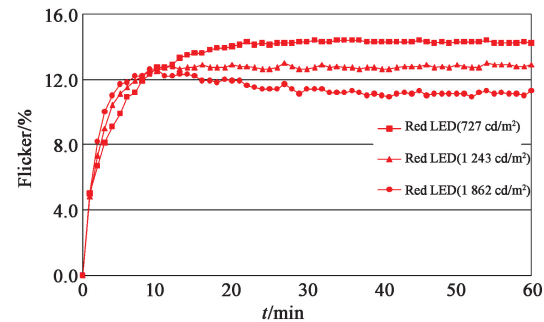
表 4 不同亮度条件下 flicker 漂移和 TFT 特性比较

Tab. 4 Flicker shift and TFT Ioff character under the different brightness measurement condition

	背光亮度 (cd/m ²)	Flicker shift(%)	I _{off} (pA)
Red LED	727	14.2	9.0
	1 243	12.9	10.8
	1 863	11.3	18.9
Green LED	2 532	5.3	11.9
	4 273	13.3	17.4
	8 336	16.7	23.1
Blue LED	126	14.3	4.3
	281	27.4	12.6
	1 246	44.8	56.4

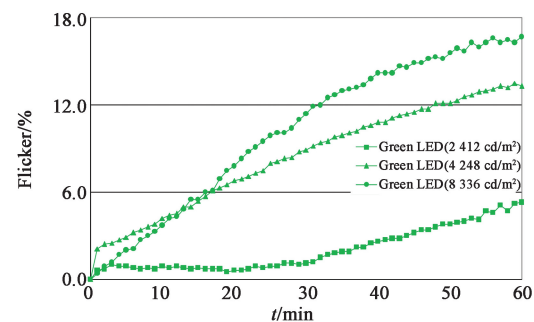
3.3 不同亮度条件下 Flicker 漂移曲线比较

图 4(a), (b), (c) 分别为前述表 4 中红, 绿, 蓝背光不同亮度条件下 flicker 漂移曲线。从图 4 (a) 中可以看出, 随着红光照度的增加, flicker 迅速达到极值, 然后趋于稳定并逐渐衰减。照度越



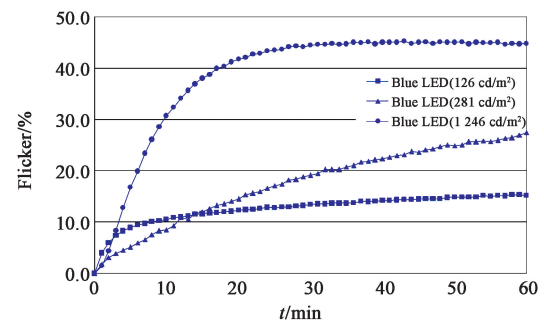
(a)红色背光不同亮度条件下 flicker 漂移曲线

(a) Flicker shift curve under the different brightness of red BLU



(b)绿色背光不同亮度条件下 flicker 漂移曲线

(b) Flicker shift curve under the different brightness of green BLU



(c)蓝色背光不同亮度条件下 flicker 漂移曲线

(c) Flicker shift curve under the different brightness of blue BLU

图 4 红、绿、蓝单色背光下 flicker 漂移曲线

Fig. 4 Flicker shift curve under the red, green, blue monochrome BLU

高,达到极值的时间相对越短,衰减的程度相对越大。推测这是因为红光的波长较大,存在加热效应,通过加热使屏内材料里的离子获得了能量从而逸出形成可动离子,并在液晶电场作用下吸附在电极材料上。光照强度越高,热效应越明显,离子逸出的速度就越快,达到极值的时间越短;但同样温度下可逸出的离子数量大体是不变的(取决于离子的逸出功),因此不同光照条件下最后达到的 flicker 极值是相近的,并且达到极值后基本保持稳定。光照强度越高,离子动能越大,越容易从电极上脱附形成自由离子或正负离子中和,因此 flicker 衰减程度越大。

从图 4(b),4(c)中可以看出,随着绿光、蓝光照度的增加,flicker 逐渐增加并趋于稳定。我们推测这是因为绿光和蓝光的波长较短,单个光子的能量较高,能够激发屏内材料里的离子跃迁形成可动离子,并在液晶电场作用下吸附在电极材料上。波长越短,光子能量越高,可被激发的离子数量越多;光照强度越高,离子激发效应越明显,

离子激发速度越快,吸附在电极材料上的离子越多,屏内的直流偏压也越大,正负帧亮度差异越大,flicker 越大。

4 结 论

本文研究了红、绿、蓝 3 种单色光能量相同和亮度不同 2 种条件下的 flicker 漂移特性。实验结果表明 I_{off} 均与光照强度成正比,变化速率与波长相关, I_{off} 在正常范围内变化时不是显著影响 flicker 漂移的主要因素。绿光和蓝光下的 flicker 漂移量与光照强度成正比,随光照度增加 flicker 漂移量变大,但红光亮度增加时,flicker 漂移量却有下降的趋势,与绿光和蓝光相反,推测主要因素为不同光照下离子的产生数量和产生速度不同。本文对 TFT-LCD 产品中的闪烁漂移不良的分析和改善具有一定的参考意义,相关理论不是很完善,在以后的工作中还需要进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] SHEEDY J E. VDTs and vision complaints: A survey [J]. *Information Display*, 1992, 8(4/5): 20-23.
- [2] ISENSEE S H, BENNETT C A. The perception of flicker and glare on computer CRT displays [J]. *Human Factors*, 1983, 25(2): 177-184.
- [3] CUSHMAN W H. Reading from microfiche, a VDT, and the printed page: Subjective fatigue and performance [J]. *Human Factors*, 1986, 28(1): 63-73.
- [4] HWA J, JANG I W, KIM D H, *et al.* Investigation on flexoelectric effect in the fringe field switching mode[C]. Society for Information Display, SID International Symposium, Seminar, and Exhibition, Vancouver, BC, Canada: SID, 2013: 1368-1371.
- [5] TSURUMA T, GOTO Y, HIGASHI A, *et al.* Novel image sticking model in the fringe field switching mode based on the Flexoelectric effect [J]. *Eurodisplay*, 2011, 11: 15-18.
- [6] 余晓飞,周井雄,孔祥健,等. FFS 模式中闪烁漂移的研究[C]//2014 中国平板显示学术会议,南京:中国光学学会电子行业协会液晶分会,2014:25-26.
- [7] SHE X F, ZHOU J X, KONG X J, *et al.* Investigation on flicker shift in fringe field switching mode [C]. 2014 Chinese Flat-Panel Display Academic Conference, Nanjing: *Optical Society of China Electronics Industry Association LCD Branch*, 2014: 25-26. (in Chinese)
- [8] YANG F, ZHANG J R, XIANG X, *et al.* 24.4L: Late-News Paper: High performance advanced super dimension switch (ADS) mode LCD with negative dielectric anisotropy LC optimization [C]. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, San Diego, CA: *Society for Information Display*, 2014: 318-321.
- [9] 冯兰,侯清娜,王峥,等. 影响 ADS 面板闪烁漂移的因素研究[J]. *液晶与显示*, 2015, 30(5): 807-812.
- [10] FENG L, HOU Q A, WANG Z, *et al.* Influence factors on flicker shift for ADS LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2015, 30(5): 807-812. (in Chinese)
- [11] 荆其诚,焦书兰,喻柏林,等. 色度学[M]. 北京:科学出版社,1979:71-74.
- [12] JING Q C, JIAO S L, YU B L, *et al.* *Colorimetry* [M]. Beijing: Science Press, 1979: 71-74. (in Chinese)