

《液晶显示 LED 背光技术》专题文章导读

吕国强

合肥工业大学 光电技术研究院 特种显示技术教育部重点实验室
特种显示技术国家工程实验室 现代显示技术省部共建国家重点实验室

科学技术快速发展的今天,人们对于信息显示的依赖程度已经到了不可或缺的地步,成为人们获取现代信息的最重要的手段和途径,是历来各国高科技竞争的制高点之一,带动着相当可观的上下游产业的发展。以 TFT-LCD、OLED 为代表的现代显示产业进入了新的高速发展阶段,成为支撑全球信息产业持续发展的新经济增长点。其产品广泛应用于移动设备、消费性电子产品、新兴电子产品等众多领域,几乎涵盖整个电子市场,并且随着人类活动领域的不断拓宽以及国家国防战略的需要,对可应用于各种特殊时空状态下的显示技术也提出了更高的要求。总的来说,新型显示的研究包括 3 个方面:

一是研究能够提供更好的显示性能如色彩、亮度、分辨率的新型显示器件,以及可以满足复杂条件应用的显示系统。如蓝相液晶、OLED、量子点发光器件等。

二是研究新的显示方法和原理,使其能够将更加准确的观察目标信息同时展现出来。对其他产业的发展具有巨大的支撑作用。如自由立体显示、真三维立体显示等。

三是研究新的工艺方式,能够以低成本制造出高性能显示器件;或聚焦于研究更轻薄、更高光电效率的显示组件。如印刷电子技术,微结构光整形技术等。

本专题围绕着当今占据绝对市场主流地位的液晶显示器的 LED 背光技术展开。《一种高节能、低溢出率的动态调光算法》、《基于直方图和主灰度的调光算法》、《LED 背光动态调光算法评估方法研究》针对液晶显示光效低、对比度低的本质问题,提出了能大幅提升显示器能效比及显示对比度的 LED 动态背光调节方法,特别地,《LED 背光动态调光算法评估方法研究》围绕国际主流动态调光算法开展了评估方法研究,得出了极有指导性的方法。显示器的轻薄化、轻量化是市场热点之一,特别是对移动设备应用极为重要。《直下式 LED 背光模组的超薄设计》提出了一种逆棱微结构的扩散板,有效地缩短了混光距离,即减薄了显示器厚度。《改善显示品质的直下式 LED 背光技术》针对液晶显示色域相比 OLED、激光显示小的问题,提出白光加 RGB 彩灯的背光结构,同时兼顾了背光光效和扩色域,获得了较好的效果。

上述文章,针对 LED 背光问题展开,目的是为了提升液晶显示器的性能。文章有较强的工程背景特点,有很好的实用价值。

最后,希望本专题能给从事相关研究工作的科技工作者有积极意义,不到之处还请批评指正。

文章编号:1007-2780(2014)06-1083-07

一种高节能、低溢出率的动态调光算法

刘 芬^{1,2}, 吕国强^{1,3,*}, 冯奇斌^{1,3}, 张喜条^{1,2}

- (1. 合肥工业大学 特种显示技术教育部重点实验室 特种显示技术国家工程实验室
现代显示技术省部共建国家重点实验室,安徽 合肥 230009;
2. 合肥工业大学 仪器科学与光电工程学院,安徽 合肥 230009;
3. 合肥工业大学 光电技术研究院,安徽 合肥 230009)

摘要:为了解决现有调光算法存在节能率低和溢出失真率高的问题,本文提出了一种高节能、低溢出率的动态调光算法。

收稿日期:2014-06-20;修订日期:2014-07-14.
基金项目:安徽省 2012 科技计划资助项目(No. 1206c0805007)
* 通信联系人,E-mail: guoqianglv@hfut. edu. cn

在综合考虑液晶显示器中背光亮度和像素亮度对最终显示效果存在非等效影响的实际情况下,将输入图像灰阶亮度作一定的预处理后再进行图像背光亮度计算,并且采用带有权重的线性调节方式来进行液晶像素的补偿计算。与常见调光算法的平均节能 11.9% 和平均溢出率 12.34% 相比,本文算法的平均节能可达 22.15%,而溢出失真率降低至 9.95%。在工程样机上对 50 幅图像进行了实际测试,与采用常见调光算法的显示器相比,采用本文调光算法的显示器在获得更高节能率的同时,保持了较好的显示质量,没有明显的亮度下降。

关 键 词:调光技术;背光;节能率;溢出率

中图分类号:TN141.9;TN312.8 文献标识码:A doi:10.3788/YJYXS20142906.1083

Dynamic dimming algorithm with high power-saving and low overflow rate

LIU Fen^{1,2}, LV Guo-qiang^{1,3,*}, FENG Qi-bin^{1,3}, ZHANG Xi-tiao^{1,2}

(1. Key Laboratory of Special Display Technology of the Ministry of Education, National Engineering Laboratory of Special Display Technology, National Key Laboratory of Advanced Display Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
2. School of Instrument Science and Opto-electronics Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
3. Academy of Photoelectric Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: To solve the problem of low power-saving and high overflow distortion rate of exist dimming algorithms, this paper proposes a dynamic dimming algorithm of high power-saving and low overflow rate. Considering that the backlight and pixels luminance have different influence on display effect in LCDs, input images are preprocessed to calculate the image luminance. The compensated pixel luminance is calculated by a weighted linear adjustment method. The simulation results of the proposed algorithm indicate that the average power-saving could reach 22.15% with overflow distortion of 9.95%, while the common algorithm only has 11.9% and 12.34%, respectively. The actual test is implemented on the prototype. Compared to common dimming algorithms, it can present good display quality without sensitive luminance decrease as well as higher power-saving rate.

Key words: dimming technology; backlight; power-saving; overflow rate

1 引 言

传统的液晶显示器 LCD(Liquid Crystal Display, LCD)因其背光一直处于全开状态,使得消耗的电源功率较高且严重漏光造成显示对比度不高^[1]。为解决这个问题,国内外研究者提出了可针对显示画面内容动态改变背光的动态调光技术^[2-3]。动态调光技术由两部分构成,背光确定和像素调节。背光确定是根据显示画面内容,动态

地提取能表征图像信息的特征值,常用的方法有最大值法^[4]、平均值法^[4]、均方根法^[5]以及误差修正法^[6]等。像素调节是依据求取后的背光和原始像素值来进行计算得到调光后的像素亮度。常用的调节公式为线性,即用背光与像素的线性乘积作为最终显示的亮度。

现有调光算法^[7-16]的背光确定方法常根据输入图像的灰阶亮度来提取特征值,除了最大值法,其他的任何背光确定方法计算的背光都会使一部分像素在线性调节后数值高于 255 而产生溢出。

为控制调光的溢出失真,必然牺牲了节能率^[16]。实际测试中,调光图像在高亮处因像素溢出低于原始图像,而低亮处因线性调节不匹配实际情况使得亮度远远高于原始图像。为解决这个问题,本文在考虑背光与像素对实际显示效果存在不同影响的前提下,将输入图像灰阶亮度作一定的预处理后再进行图像背光亮度计算,并且采用带有权重的线性像素调节方式,获得高节能率的同时保持像素溢出率最低。

2 常用动态调光算法介绍及调光效果

动态调光算法主要包括两个步骤:图像背光确定算法和像素补偿算法,算法框图如图 1 所示。

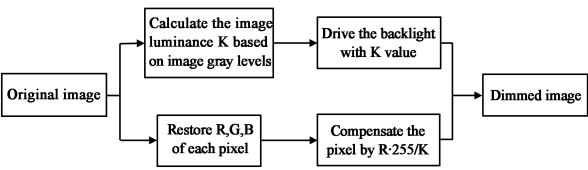


图 1 动态调光算法框图

Fig. 1 Block diagram of dynamic dimming algorithm

文献[6]介绍了基于误差修正的背光调光亮度确定方法,如公式(1)所示:

$$\begin{cases} K = L_{\text{avg}} + 0.5 \cdot (L_{\text{dif}} + \frac{L_{\text{dif}}^2}{255}) \\ L_{\text{dif}} = L_{\text{max}} - L_{\text{avg}} \end{cases}, \quad (1)$$

式中: L_{max} 为图像中所有像素亮度值 L_{LC} 的最大亮度, L_{avg} 为图像中所有像素亮度值的平均亮度, L_{dif} 为最大亮度和平均亮度的差值, K 为求得的图像背光亮度。

像素调节通常采用线性方法,如公式(2)所示:

$$L_{\text{LC}}' = \frac{255}{K} \times L_{\text{LC}}, \quad (2)$$

式中: L_{LC} 和 L_{LC}' 分别为原始图像和调光后图像的像素亮度, K 为显示区域的背光亮度。

图 2 为使用上述调光算法进行调光处理的显示效果。图 2(a)为原始输入图像,根据公式(1)计算得到背光 K 值为 224,背光效果如图 2(b),图 2(c)为使用公式(2)进行像素调节后并综合背光 K 的调光图像。从图 2(a)和图 2(c)的红色方框区域可以明显看出,调光后的图像在该区域亮



(a)原图 (b)计算背光图 (c)调光图

(a)Original image (b)Backlight image (c)Dimmed image

图 2 动态调光效果图

Fig. 2 Dimming effect of dynamic algorithm

度低于原始图像,存在一定程度的颜色失真,这是由于该区域的原始像素亮度较高,经过公式(2)的计算使得部分像素亮度高于 255 产生溢出。可此时的背光值 K 为 224,仅能获得 12.1%的节能率。相对于图 2(a)这种整体亮度偏暗的图像,12.1%的节能率丝毫体现不了调光技术的优势。

3 高节能、低溢出率的调光算法

由上述分析可以看出:该背光确定方法对整体偏暗的画面计算得到的背光却很高,完全体现不了调光技术在节能率上应该具有的优势;线性像素调节方式会使调整后的像素存在溢出,造成调光图像的亮度和颜色失真,且在调光样机上进行测试,调光后的图像亮度却远远高于原始不调光图像的亮度。

3.1 权重线性像素调节算法

为解决线性调节后的图像亮度远远高于原始图像的问题,在考虑实际 LCD 的背光和像素亮度对最终显示效果存在非等权重的影响下,使用公式(3)进行像素调节:

$$b(255) \times t(L_{\text{LC}}) = b(K) \times t(L_{\text{LC}}'), \quad (3)$$

通过测试,背光亮度和像素亮度与最终显示亮度的关系如图 3 所示。由图 3 可以看出,当像素亮度保持不变时,背光亮度对最终显示亮度成线性正比关系;而当背光不变,最终显示亮度与像素亮度成非线性关系。将测试的数据进行拟合处理后,得到最终显示亮度与背光和像素的亮度关系如式(4)所示:

$$L(K, L_{\text{LC}}) = K \times (k \cdot L_{\text{LC}}^2 + b \cdot L_{\text{LC}} + l), \quad (4)$$

其中: K 与 L_{LC} 的范围都是 0~255, k 、 b 、 l 是从像素与显示亮度关系数据中拟合计算的系数, l 的取值与使用的液晶屏有关,主要是漏光产生的

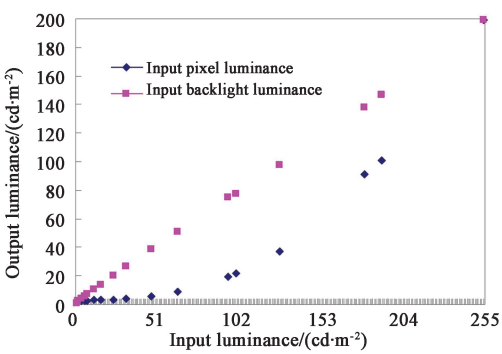


图 3 背光及像素亮度与显示亮度关系

Fig. 3 Display luminance related to backlight and pixels

亮度。

在不改变背光确定方法的情况下,在工程样机上对线性像素调节方式和改进的带权重线性调节方式分别进行了实际测试,表 1 给出了测试图片中心点的实测亮度。

表 1 原图与两种调节方式的亮度对比

Tab. 1 Luminance of original and two dimming methods

测试图像	原图亮度/ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	线性调节亮 度/($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	带权重线性 调节亮度/ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
	25.2	38.5	25.9
	75.6	99.0	76.7
	18.6	24.3	18.6
	143.2	142.7	143.9
	61.4	118.6	63.6
	23.0	97.6	24.6

从表 1 中的数据可以看出,线性调节后的图像亮度普遍高于原始亮度,而使用修正的带权重

线性像素调节方式,可使调光后的图像亮度与不调光时候保持较好的一致性。这是由于采用公式(4)计算后的像素亮度低于公式(2)计算的值,这样也大大降低了线性调节方式会导致的像素溢出问题。

3.2 高效节能的背光确定算法

上述的像素调节方式解决了像素溢出和调光前后亮度的匹配问题,可并没有解决节能较低的通病。如表 1 中的最后一幅图像,整体亮度很低,但根据公式(1)计算得到的 K 值为 223,与不进行调光技术的 255 背光值相差不多,仅节能 12.55%。并且运用修正的带权重线性像素调节公式得到的调光后像素亮度与最大可达到的 255 相差甚远,充分说明运用公式(1)计算得到的背光可以进一步降低。

调光技术在保证图像画质与原始不调光图像一致的情况下,可以获得的最大节能是使图像的最大像素值调至 255。为最大程度地提高节能率,由亮度关系公式(4)进行反向推导,可以得到能获得最高节能的背光为式(5)所示:

$$B = 255 \times (k \cdot L_{LC}^2 + b \cdot L_{LC} + l), \quad (5)$$

式中: B 为求得的每个像素点的背光亮度,对于整幅图像的背光亮度,仍然采用公式(1)来计算,但此时公式(1)中的图像最大亮度 $L_{\max}$ 、平均亮度 L_{avg} 、和两者的差值 L_{dif} 均是根据 B 来计算得到,而非原始图像的像素亮度值 L_{LC} 。

4 软件仿真

对图 4 的 50 幅图像进行仿真测试,并统计了使用本文算法与常用调光算法的节能率和溢出失真率,如图 5。

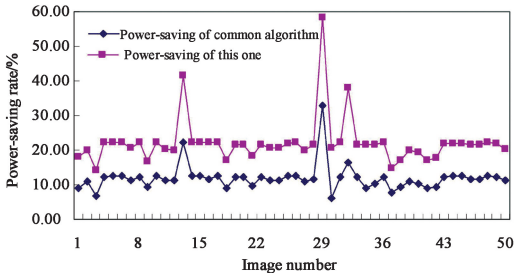


图 4 测试用图像

Fig. 4 Tested images

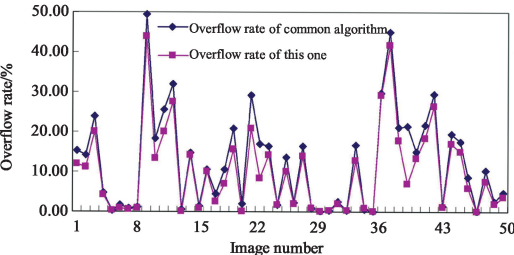
使用本文方法可平均获得 22.15% 的节能率,仅存在 9.95% 的平均溢出率,调光效果远远

优于常见算法的平均 11.9% 的节能率和 12.34% 的溢出率。从图中可以看出,本文算法对测试图像进行仿真得到的节能率全部高于常用的调光算法,且对于大部分图像的调光后溢出失真率都低于常用算法,仅存在第 30、32、34 和 36 这 4 幅图像,本文算法的溢出失真率偏高于原算法,这是由于第 30、32、34 幅图像的亮度较低,使用本文的背光确定方法使计算背光值过低造成;而第 36 幅图像由于存在较大范围的全白场,使用本文算法也会适当降低背光计算值。虽然这 4 幅图像的溢出失真率高于原算法,但差距较小,且节能率的提升远远超过溢出率的降低。



(a) 节能率对比

(a)Power-saving rate



(b) 溢出失真率对比

(b)Overflow distortion rate

图 5 两种调光方式的节能和溢出失真对比

Fig. 5 Power-saving and overflow distortion of two dimming method

5 实际效果测试

在 81.3 cm(32 in) 的全局调光工程样机上,对图 4 中的 50 幅图像进行原始不调光和两种调光方法的效果测试,图 6 是用 ELDIM 公司的面成像亮度计 UMaster 测试的实际显示效果图,并用 SR-UL1R 色度亮度计测量调光前后的亮度,图 7 分别给出了这 50 幅图像的原始不调光图像中心点亮度、常用方法的调光图像中心亮度和本



图 6 实际测试效果图
Fig. 6 Actual display effect

文方法的调光图像中心亮度对比曲线。

图 6(a)、(b)、(c)分别为原始不调光图像、常见调光算法的图像和本文算法的调光图像,可以明显看出,图 6(b)较原始图像(a)亮度高出很多并存在颜色失真,且中心的太阳由于溢出失真模糊成一片,调光效果很差。图 6(c)是本文算法得到的调光图像,因为背光较不调光的较低,使中心太阳处存在一点溢出,但整体效果明显优于(b)中的显示效果。

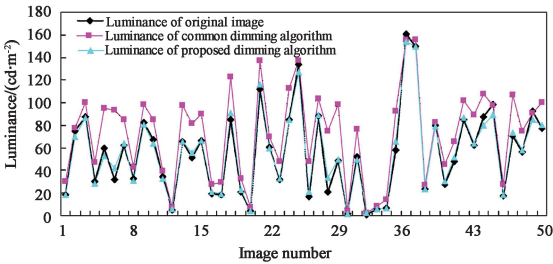


图 7 原图与两种调光图亮度对比
Fig. 7 Luminance contrast of original and two dimmed images

从图 7 中可以看出,本文的背光确定方法和像素调节方法能使调光后图像亮度基本保持与原始不调光图像一样,吻合程度较高。

6 结 论

针对现有调光算法存在节能率低和溢出失真率高的问题,在综合考虑 LCD 中背光亮度和像素亮度对最终显示效果存在非等效影响的实际情况下,将输入图像灰阶亮度做一定的预处理后再进行图像背光亮度计算,并且采用带有权重的线性像素调节方式,与常见调光算法的平均节能 11.9% 和平均溢出率 12.34% 相比,本文算法的平均节能可达 22.15%,而溢出失真率降低至

9.95%。在工程样机上对 50 幅图像进行了实际测试,和采用常见调光算法的显示器相比,采用本文调光算法的显示器在获得更高节能率的同时,保持了较好的显示质量,没有明显的亮度下降。

参 考 文 献:

- [1] 董军,柴宝玉,田学彬.液晶显示技术产业发展概述[J].西安邮电学院学报,2012,17(3):102-104.
Dong J, Chai B Y, Tian X B. An overview of liquid crystal display technology industry [J]. *Journal of Xi'an University of Posts And Telecommunications*, 2012, 17(3):102-104. (in Chinese)
- [2] 吴琦.液晶电视 LED 背光模组及区域调光控制技术浅析[J].山西电子技术,2012(4):78-79.
Wu Q. Analysis on the LED backlight module of LCD TV and local dimming control technology [J]. *Shanxi Electronic Technology*, 2012(4):78-79. (in Chinese)
- [3] 李福文,金伟其,邵喜斌,等.基于 LED 背光源区域控制的高动态范围液晶显示技术进展[J].光学技术,2009,35(6):835-839.
Li F W, Jin W Q, Shao X B, et al. Process of high dynamic range liquid crystal display based on LED backlight with area control technology [J]. *Journal of Optical Technology*, 2009, 35(6):835-839. (in Chinese)
- [4] 杨雷,李纯怀,陈宥焯,等.基于平均值法的 LED 背光源动态调光二次修正算法[J].液晶与显示,2014, 29(1):101-105.
Yang L, Li C H, Chen Y Y, et al. Dynamic dimming algorithm with twice-correction of LED backlit based on average [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(1):101-105. (in Chinese)
- [5] Seetzen H, Heidrich W, Stuerzlinger W, et al. High dynamic range display systems [J]. *ACM Transaction on Graphics*, 2004, 23(4):760-768.
- [6] Cho H, Kwon O K. A backlight dimming algorithm for low power and high image quality LCD applications [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2009, 55(2):839-844.
- [7] Kang S J, Kim Y H. Image integrity-based gray-level error control for low power liquid crystal displays [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2009, 55(4):2401-2406.
- [8] Kang S J, Kim Y H. Multi-histogram-based backlight dimming for low power liquid crystal displays [J]. *IEEE/OSA Journal of Display Technology*, 2011, 7(10):544-549.
- [9] Lai C C, Tsai C T. Backlight power reduction and image contrast enhancement using adaptive dimming for global backlight applications [J]. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 2008, 54(2):669-674.
- [10] Feng Q B, Tong H, Lv G Q. An adaptive global LED backlight dimming for contrast enhancement and power reduction [C]. *Journal of Solid State Phenomena 2nd International Symposium on Liquid Crystal: Science and Technology*, Changzhou, 2011:181-182.
- [11] Cho H, Kwon O K. Alocal dimming algorithm for low power LCD TVs using edge-type LED backlight [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2010, 56(4):2054-2060.
- [12] Lin F, Liao C, Liao L, et al. Inverse of Mapping Function (IMF) method for image quality enhancement of high dynamic range LCD TVs [J]. *Digest of Technical Papers-SID international Symposium*, 2007, 38(2):1343-1346.
- [13] 冯奇斌,何会杰,张伟伟,等.用于侧出式发光二极管背光的全局动态调光算法[J].光学精密工程,2012, 20(7):1455-1462.
Feng Q B, He H J, Zhang W W, et al. Global dimming algorithm for side-lit LED backlights [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2012, 20(7):1455-1462. (in Chinese)
- [14] 何会杰,冯奇斌,张磊,等.基于图像分类的全局动态调光算法[J].光学学报,2013, 33(8):205-211.
He H J, Feng Q B, Zhang L, et al. Global dimming algorithm based on image classification [J]. *Acta Optica Sinica*, 2013, 33(8):205-211. (in Chinese)
- [15] 刘芬,张磊,韩东,等.液晶显示全局动态调光算法的高效实现方法研究[J].液晶与显示,2014, 29(1):28-33.
Liu F, Zhang L, Han D, et al. Efficient hardware implementations for global dimming in LCDs [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(1):28-33. (in Chinese)

[16] 屠震涛,郑仁涛,张小宁. 临界背光亮度法改善 LCD 动态调光中的灰度截断[J]. 液晶与显示,2012, 27(3): 318-323.
Tu Z T, Zheng R T, Zhang X N. Critical backlight luminance for reducing clipping artifacts in local dimming LCDs [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(3):318-323. (in Chinese)

作者简介:刘芬(1989—),女,安徽怀宁人,硕士研究生,主要从事 LED 背光动态调光算法、图像处理方面研究。E-mail: liufen1121@126.com
吕国强(1962—),男,浙江新昌人,硕士,教授,博士生导师,主要从事立体显示、液晶显示等方向的研究。E-mail:guoqianglv@hfut.edu.cn

上海交通大学光电材料与器件中心

上海交通大学光电材料与器件中心成立于 2009 年,目前有 13 名核心人员,其中讲席教授 1 人,教授 1 人、特别研究员 3 人、副研究员 2 人、副教授 1 人、助理研究员 2 人、高级工程师 1 人,秘书 2 名,在读博士生 16 人、硕士生 23 人。中心负责人苏翼凯教授为上海交通大学电子信息与电气工程学院责任教授、博士生导师。并获得 2012 年度教育部长江学者及 2011 年度国家杰出青年基金荣誉称号。中心依托于“TFT—LCD 关键材料及技术国家工程实验室”。申请的上海市高校微纳电子器件重点实验室于 2014 年获批。

中心承担了 40 余项国家和省部级科研项目,在研项目包括负责 973 课题 1 项,参加 973、863 课题各 1 项,负责国家自然科学基金 2 个重点项目,以及教育部、上海市等多个省部级项目。在产学研方面与台湾友达光电、江苏昆山龙腾、深圳华星光电、京东方集团、浙江星星瑞金等众多企业取得了合作。

中心在“基于新型液晶的全息三维显示”方面,通过对偶氮掺杂液晶的研究实现了视频速度的全息图像的再现,成果发表于 2012 年 SID、2012 DH、和 MIT 举办的 ISDH,并被评为 2012 SID 十大亮点技术之一,列 Information Display 期刊封面导读第一位。在蓝相液晶方面取得了一定的研究成果,相关成果在 APL、JDT 等 SCI 期刊上发表,在国际显示领域的主要国际会议 SID 连续多年都有相关口头报告。2013 年发表 SID 论文 13 篇,2014 年发表 SID 论文 14 篇(其中杰出论文 2 篇),连续两年列全球高校第一位。与国内液晶材料与面板企业紧密合作,开发了国内首台被动驱动的蓝相液晶显示器件。



图 1 净化实验室

列Information Display
封面导读第一位



图 2 全息显示成果列 Information Display
封面导读第一位

地址:上海交通大学电子信息与电气工程学院
邮编:200240
电话:021-34207924(苏翼凯)
邮箱:yikaisu@sjtu.edu.cn