

文章编号 1004-924X(2012)07-1455-08

用于侧出式发光二极管背光的全局动态调光算法

冯奇斌¹, 何会杰², 张伟伟², 方 勇¹, 吕国强^{1*}

(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 光电技术研究院, 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)

摘要:结合背光源发展趋势,提出了适用于侧出式 LED 背光的全局动态调光算法。首先,根据显示图片平均灰度值、最大灰度值和平均值的差值确定背光调光亮度。接着,基于 S 曲线对液晶像素亮度值进行补偿。亮度大于 S 曲线拐点的像素的调整因子大于 1,小于拐点的像素的调整因子小于 1,以此有效提高静态对比度,并且不会引入溢出失真。对算法进行了仿真分析并开发了原理样机进行实际验证。结果表明:采用动态调光算法的液晶显示器的功耗严重依赖于显示内容;显示 40 幅不同类型的图片时,平均整机节能为 9.39%;静态对比度提高了 124.7%。采用本文提出的全局动态调光算法的侧出式背光具有成本低、体积轻薄、节能、对比度高的优点。

关键词:液晶显示;发光二极管背光;全局调光;能耗;对比度

中图分类号:TN141.9;TN312.8 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20122007.1455

Global dimming algorithm for side-lit LED backlights

FENG Qi-bin¹, HE Hui-jie², ZHANG Wei-wei², FANG Yong¹, LÜ Guo-qiang^{1*}

(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, Academy of Photoelectric Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. School of Instrumentation and Opto-electronics Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

* Corresponding author, E-mail: guoqianglv@hfut.edu.cn

Abstract: In consideration of the development trends of backlights, a global dimming algorithm for side-lit backlights was proposed to solve the problems of Liquid Crystal Devices (LCDs) in low contrast ratio and high power consumption. The backlight dimming level was decided by the average luminance and the difference between the average and max grayscales of all subpixels. Then, the S-shaped function was involved to improve the static contrast ratio, by which the pixels with the grayscales more than the turning point of the curve could become brighter and those less than the turning point could become darker, so that the static contrast ratio was improved efficiently. The al-

收稿日期:2012-01-18;修订日期:2012-02-10.

基金项目:国家 973 重点基础研究发展计划资助项目(No. 2010CB334704, No. 2012CB723406); 国家青年科学基金资助项目(No. 61107014); 广东省科技战略性新兴产业重大专项资助项目(No. 2011A010801003)

gorithm was simulated and a prototype was developed to evaluate the effects of the dimming algorithm. Experimental results indicate that the power consumption of the LCD with the global dimming heavily depends on what to be displayed on the images. For 40 different kinds of images, the average power has reduced by 9.39% and the static contrast ratio improved by 124.7%. The side-lit backlights performing the proposed global dimming algorithm have the advantages of low-cost, small thickness, low power consumption and high contrast ratio.

Key words: Liquid Crystal Display(LCD); Light Emitting Diode(LED) backlight; global dimming; power consumption; contrast ratio

1 引言

液晶显示(Liquid Crystal Display, LCD)经过 30 年的发展,已经成为平板显示的主流技术。液晶本身不发光,需要背光源发出光线照亮显示区域。目前,液晶显示背光源主要有冷阴极荧光灯(Cold Cathode Fluorescent, CCFL)和发光二极管(Light Emitting Diode, LED)。由于 CCFL 含汞会破坏环境,已经被欧盟明文禁止,我国的相关禁用标准也正在制订中。LED 因寿命长、环保、低压启动、高效等优点,已广泛用于室外显示、道路照明等领域,其在背光产品中的应用也将呈现爆发式增长^[1-5]。

液晶显示存在两个固有缺点:(1)对比度低;(2)功耗大^[6]。国内外研究者提出动态调光算法,根据显示图像内容动态改变背光亮度以提高液晶显示对比度,降低能耗^[6-11]。动态调光算法主要分为区域调光和全局调光。目前提出的动态调光算法主要以区域调光为主,包括最大值法^[12]、改进的最大值法^[13]、平均值法^[12]、均方根值法^[14]、映射曲线反转法(Inverse of Mapping Function, IMF)^[15]等。最大值法根据每个区域内所有像素的灰度最大值作为该区域背光亮度值,可保持大部分图像细节,但节能和对比度提高效果不明显。改进的最大值算法采用红(Red, R)、绿(Green, G)、蓝(Blue, B)子像素亮度最大值,保存了颜色细节,但无法克服最大值法的固有问题。平均值算法根据每个背光区域内所有像素灰度平均值确定背光亮度,功耗较小,但背光过暗,图像失真严重。均方根算法对区域灰度平均值归一化后取均方根,提高了背光亮度,但仍不能避免图像细节失真。IMF 是目前较为流行的区域调光算法,该算

法首先对输入图像进行柱状图统计分析,获得图像灰阶分布曲线,然后对曲线进行累加后沿 $y=x$ 做镜像,根据翻转后的曲线确定背光亮度。全局调光算法相对较少,BDG(Backlight Dimming Gray)将统计方法和全局调光相结合,以包含 75%像素的对应灰度作为全局背光亮度^[16],但无法提高静态对比度。

区域调光要求 LED 背光具有多个可以单独控制亮度的区域,全局调光则整体调节背光亮度。区域调光主要应用于直下式背光,全局调光则可用于直下式和侧出式两种背光类型。和直下式背光相比,侧出式背光具有体积轻薄、成本低(LED 数量少)等优点。针对背光“更环保、更节能、更明亮、更轻薄”的发展趋势,开发适用于侧出式 LED 背光的全局调光算法更具有应用前景。本文针对侧出式 LED 背光,通过引入图像处理技术开发了有助于降低能耗、提高静态对比度的全局调光算法。

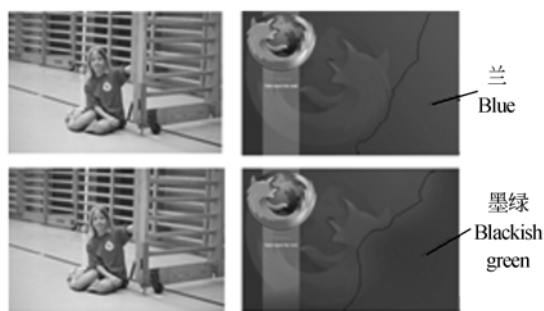
2 全局调光算法

动态调光算法主要包括 2 个步骤:(1)确定背光亮度;(2)对液晶像素亮度进行补偿。

2.1 背光亮度确定

上述算法都是根据背光亮度确定方法命名的。采用 IMF 对多幅图片进行了软件仿真,发现对于整体亮度较高的图片,效果较好(图 1(a)),对于亮度较低的图像(图 1(b)),IMF 翻转后背光亮度降低较多,导致液晶像素补偿时亮度溢出,造成图像失真。如图 1 所示,原始图像右下角区域为蓝色,经过 IMF 调光后该区域颜色变为墨绿色,严重失真。

为充分表达图片的特征值,本文采用如下算



(a) 对于亮度较高的图片, 效果较好
(b) 对于亮度较低的图片, 存在失真
(a) Better effects on images with high brightness
(b) Distortions for low brightness images

图 1 IMF 仿真结果

Fig. 1 Results of IMF simulation

法确定背光亮度的^[6]:

$$\begin{cases} K_{BLU} = (\text{pixel}_{\text{avg}} + 0.5 \times (\text{pixel}_{\text{diff}} + \frac{\text{pixel}_{\text{diff}}}{255})) / 255, \\ \text{pixel}_{\text{diff}} = \text{pixel}_{\text{max}} - \text{pixel}_{\text{avg}} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\text{pixel}_{\text{avg}}$ 是所有像素的平均灰度, $\text{pixel}_{\text{max}}$ 是所有像素的最大灰度。

2.2 液晶像素补偿

背光亮度的确定后, 为补偿背光亮度的降低, 需要对 LCD 像素进行调整, 以保持显示亮度不变。公式(2)是目前普遍采用的补偿算法。

$$I \times BL = I' \times BL' \quad (2)$$

式中, BL 和 BL' 分别为调光前后的背光亮度的值, I 和 I' 分别为调光前后 LCD 的像素强度。可以看出, 当背光亮度的降低较多时, 可能导致液晶分子补偿过大, 超过 255 将造成溢出失真, 如图 1(b) 所示。

为避免溢出失真并提高静态对比度, 本文引入图像处理技术中用于提高对比度的 S 曲线方法。S 曲线方程为^[17]:

$$y = \frac{255}{1 + Ae^{-ax}} \quad (3)$$

像素的补偿基于 S 曲线, 即高亮度的像素补偿多, 低亮度的像素补偿少, 以此有效提高静态对比度。当像素灰度为 255 时, 不进行补偿, 不会引起溢出失真。

S 曲线方程包括 A 和 a 两个参数, 其中 A 和 a 的关系为:

$$A = e^{L_g \times a} \quad (4)$$

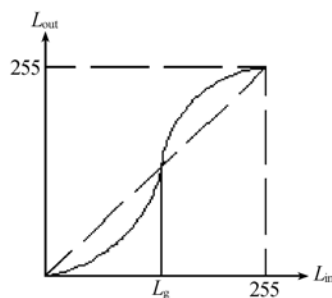


图 2 S 曲线

Fig. 2 S curve

式中 L_g 是 S 曲线拐点坐标。 L_g 决定了调整范围, 如图 2 所示, 亮度大于 L_g 的像素调整因子大于 1, 亮度小于 L_g 的像素调整因子小于 1。

a 决定了曲线的变化率, 也就是对比度的提高程度。需要综合考虑图像特征、背光亮度的调整、调光后显示效果等多方面因素, 确定最佳的 L_g 和 a 。本文采用公式(5)计算拐点坐标。式中: L_{25} 是包括所有像素 25% 的对应灰度值; L_{75} 是包括所有像素 75% 的灰度值; a 取 0.22。

$$L_g = \frac{L_{25} + L_{75}}{3} \quad (5)$$

获得 S 曲线后, 就可以得到不同灰度的液晶像素调整系数 k_{lcd} :

$$k_{\text{lcd}} = \frac{L_{\text{out}}}{L_{\text{in}}} \quad (6)$$

式中: L_{in} 是像素原始亮度值, L_{out} 是调光后像素亮度值。调光后子像素亮度值 (R' , G' , B') 由公式(7)得到:

$$(R', G', B')_{i,j} = (k_{\text{lcd}})_{i,j} \times (R, G, B)_{i,j} \quad (7)$$

3 软件仿真

选择了亮度比较低 (No. 1~10)、亮度比较高 (No. 11~20)、对比度一般 (No. 21~30) 和对比度较高 (No. 31~40) 的 40 幅图片进行了仿真试验, 图片如图 3 所示, 仿真结果见表 1。根据公式(8)计算得到对比度提高比例 (CR Enhancement, CR-E)。 L_{90} 是包括所有像素 90% 的对应灰度值, L_{10} 是包括所有像素 10% 的灰度值。 No' 是经过调光算法后的图像对比度, No 是没有经过调光算法的原始图像对比度。

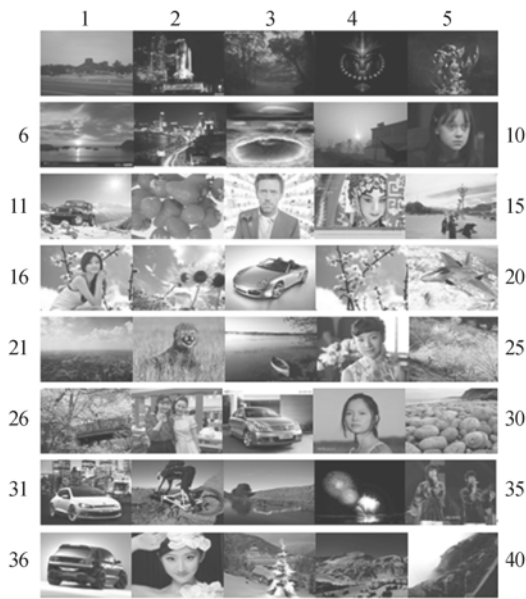


图 3 仿真/测试图片
Fig. 3 Simulation/test pictures

$$\begin{cases} CR-E(\%) = \frac{No'(CR) - No(CR)}{No(CR)} \times 100\% \\ CR = \frac{L_{90}}{L_{10}} \times 100\% \end{cases} \quad (8)$$

表 1 全局动态调光算法仿真结果

Tab. 1 Simulation results (%)

No.	CR-E	P-R	No.	CR-E	P-R
1	52.90	20.00	21	62.08	12.55
2	71.09	6.67	22	34.78	12.16
3	28.70	6.67	23	39.87	12.55
4	0.00	2.75	24	25.47	12.55
5	34.24	5.88	25	34.89	12.55
6	76.10	12.55	26	57.89	12.54
7	81.11	9.41	27	45.46	12.16
8	66.67	12.55	28	51.57	12.55
9	65.64	12.55	29	56.25	11.76
10	76.00	16.47	30	34.17	12.55
11	32.48	10.59	31	39.79	12.16
12	10.10	10.20	32	98.05	12.55
13	3.50	7.84	33	63.22	12.55
14	39.83	9.41	34	19.20	7.06
15	49.13	10.98	35	48.81	9.41
16	31.02	10.59	36	63.64	12.55
17	22.70	9.41	37	61.39	12.55
18	37.85	10.20	38	61.57	12.55
19	5.81	9.41	39	68.83	10.59
20	1.86	9.41	40	19.25	12.55

根据公式(9)计算节能比例(Power Reduction, P-R)。

$$P-R = 1 - k_{BLU}/255. \quad (9)$$

以上述图像循环等时间播放为前题,平均静态对比度提高为 44.32%,节能 11.05%。

4 实际测量结果与讨论

本课题组开发了一套原理样机,用以验证算法的节能和对比度提高效果。如图 4 所示,原理样机包括 2 套液晶显示器,一套采用传统的背光模式,即背光亮度始终处于最亮状态,另外一套采用本文提出的全局调光算法,即背光亮度随输入图像动态改变。2 台液晶显示器均接有功率计,实时显示能耗。图中左边是传统的液晶显示器,右边是采用动态调光的显示器。对于测试图片 1 (图 4(a)),采用动态调光算法后,显示系统的能耗(39.4 W)比没有采用动态调光技术的能耗(46.4 W)降低了(46.4-39.4)/46.4=15.09%。对于测试图片 2(图 4(b)),采用动态调光技术后系统节能(46.7-32.5)/46.7=30.4%。可以看出,动态调光算法的节能效果依赖于显示内容。



(a)测试图片 1 (b)测试图片 2
(a) Test picture 1 (b) Test picture 2

图 4 原理样机
Fig. 4 Prototype

对图 3 的 40 幅图片进行了实际测试。将 40 幅图片在演示系统上循环放映,记录每幅图片在功率计上显示的系统能耗。结果如表 2 所示。表中节能效果(P-R)根据公式(10)得到:

$$P-R = \frac{P - P'}{P} \times 100\%. \quad (10)$$

式中:P 是接在没有采用调光算法的显示系统上的功率计指示功耗,P'是接在采用调光算法的显示系统上的功率计指示功耗。

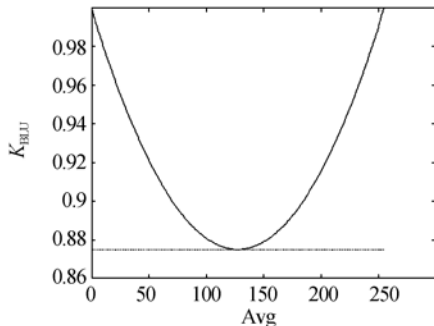
从表 2 数据可知,等时间播放图 3 的 40 幅图片时,实际平均节能为 9.39%。需要注意的是,对于 No. 1~No. 10 的图,虽然整体亮度较低,但这 10 幅图片的平均节能效果只有 8.51%,小于 No. 21~No. 30(平均节能 10.50%)和 No. 31~No. 40 的图片(平均节能 10.92%)。分析可知,根据公式(1)确定背光亮度时,背光亮度 K_{BLU} 是图片平均亮度的二次函数。如图 5(a)所示,图片平均亮度 K_{avg} 在(0,255)之间, $K_{avg}=125$ 左右时, K_{BLU} 是最小值,约为 0.875;如果想要得到 20%的节能效果($K_{BLU}=0.8$),图片最大像素值不应超

表 2 节能测试结果

Tab. 2 Test results of power reduction (%)

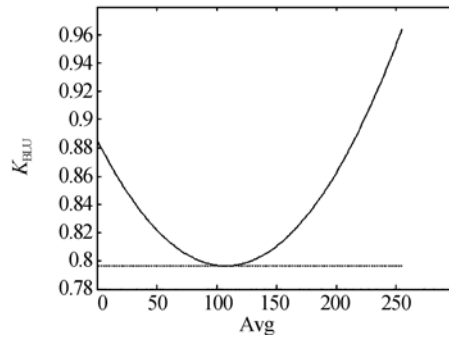
No.	P-R	No.	P-R	No.	P-R	No.	P-R
1	14.03	11	9.7	21	11.18	31	11.68
2	5.32	12	10.19	22	11.18	32	11.82
3	5.18	13	7.43	23	10.56	33	11.70
4	2.65	14	7.42	24	11.18	34	7.19
5	4.42	15	8.47	25	11.18	35	9.31
6	10.52	16	5.95	26	9.24	36	11.70
7	8.84	17	5.54	27	11.31	37	11.82
8	10.78	18	9.80	28	6.72	38	11.70
9	10.78	19	6.0	29	11.18	39	10.28
10	12.61	20	5.84	30	11.31	40	11.95

过 235,如图 5(b)所示。由此可以看出,公式(1)的背光亮度确定算法对于平均亮度过高或过低的图片都无法得到较好的节能效果,需要在今后的研究工作中深入分析,尝试开发对于大多数图片



(a) 最大调光亮度为 87.5%

(a) $K_{BLU} = 87.5\%$



(b) 最大调光亮度为 80%

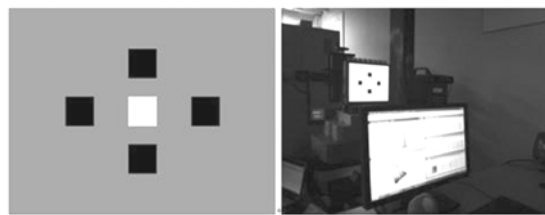
(b) $K_{BLU} = 80\%$

图 5 背光调光亮度与显示图片平均值的关系曲线

Fig. 5 K_{BLU} vs. picture average luminance

节能效果都较好的 LED 背光动态调光算法。

目前尚无针对动态调光算法节能和对比度提高效果的测试标准,每篇文献均采用不同的评价图片和方法,导致无法综合比较各种算法的优缺点,这也是本项目下阶段研究内容的重点。采用标准的液晶显示器静态对比度测试方法进行了评定。测试图片和系统如图 6 所示,采用日本 Topcon 公司的 SR-UL1R 色度亮度计配合液晶系统五维测量台对采用和没采用动态调光方法的显示画面进行测试,记录白色区域和黑色区域的亮度值,如表 3 所示。可以看出,采用调光算法的显示静态对比度较没有调光时提高了:(3 608.15 - 1 605.46)/1 605.46 × 100% = 124.7%。



(a) 测试图片

(b) 测试系统

(a) Test picture

(b) Test system

图 6 测试图片和系统

Fig. 6 Test picture and system

表 3 标准测试图片对比度测试结果

Tab. 3 Test results of static CR

	最大亮度/nit	最小亮度/nit	对比度
没调光	535.26	0.333 4	1 605.46
调光	438.39	0.121 5	3 608.15

为验证算法对普通图片的效果,采用 25 点法(左上到右下均匀分布 25 个测量点)对图 3 的 40 幅图像进行了测试。No. 1 图片的测试数据如表 4 所示(由于篇幅限制其他图片的测试数据不再列出),其中 P_n 表示第 n 个测量点的亮度值。

由于目前尚无动态调光算法的评价标准,故本文采用 25 个测量值中最大/最小的方法计算对比度,对比度的提高则根据公式(8)计算。例如,根据表 4, No. 1 图片没调光时对比度 = 最大值(260.200)/最小值(9.560) = 27.218,调光后对比度 = 最大值(234.485)/最小值(5.983) = 39.192,对比度提高 $(39.192 - 27.427) / 27.427 \times 100\% = 42.90\%$ 。40 幅图片对比度提高实测数据见表 5。

表 4 No. 1 图片亮度测量值

Tab. 4 Test luminance of No. 1 picture (nit)

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
没调光	220.700	239.280	217.120	183.420	132.960
调光	199.390	217.945	199.444	171.506	121.42
	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
没调光	149.110	225.840	260.200	250.270	200.330
调光	139.439	209.699	234.485	242.400	195.250
	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}
没调光	161.460	224.750	16.474	9.560	134.680
调光	143.775	206.280	7.720	5.983	125.773
	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}
没调光	20.588	102.290	67.269	33.485	15.890
调光	8.186	77.478	71.374	30.497	7.892
	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}
没调光	13.634	15.704	20.805	17.551	16.966
调光	6.058	6.842	9.026	7.519	11.986

对比表 3 和表 5 的实际结果与表 1 的仿真结果发现,两者相差较大,其原因主要在于对比度的计算方法不同。对图片进行仿真时,如果采用对比度的实际测试标准定义(最大值/最小值),图片中黑场采集到的数据为 0,计算后的对比度为无穷大。为此,仿真时对比度采取了 L_{90}/L_{10} 的计算方法,造成和实际测试数据的较大差异。实际测试过程中采用的 25 点测试方法也会造成误差。由于 25 个测量点位置不可能正好包括图片的最

大亮度和最小亮度,故由此计算的对比度和采用标准测试图片(图 6)的结果相差较大。

表 5 40 幅图片对比度测试结果

Tab. 5 Test results of CR improvement for 40 pictures (%)

No.	CR-E	No.	CR-E	No.	CR-E	No.	CR-E
1	42.90	11	14.24	21	15.82	31	21.15
2	91.05	12	2.81	22	58.72	32	4.89
3	84.10	13	0.02	23	13.67	33	86.35
4	11.94	14	0.38	24	42.99	34	67.11
5	51.82	15	0.14	25	57.87	35	19.31
6	18.33	16	44.86	26	11.64	36	4.66
7	59.59	17	57.67	27	64.17	37	4.83
8	14.94	18	1.05	28	10.98	38	41.45
9	62.00	19	31.10	29	40.25	39	93.04
10	45.91	20	25.41	30	79.04	40	3.19

将 2 台显示器并排放置,不接功率计,也不放置任何标牌,组织多人对 2 台显示器的显示内容进行肉眼评判,一致认为采用动态调光算法的显示器显示效果好于传统的没有采用调光算法的显示器。从而可知,由于人眼视觉感受是亮度、对比度、色彩等因素的综合心理反应,故虽然调光后背光亮度有所降低,但由于对比度的增加,人眼总体感觉调光后的显示图片清晰,感觉亮度反而大于没有调光的图片。

5 结 论

本文针对液晶显示能耗高、对比度低的问题,结合背光源发展趋势,提出了适用于侧出式 LED 背光的全局动态调光算法,进行了大量的软件仿真,并开发了原理样机进行实际测试。测试结果显示:采用动态调光的液晶显示器的功耗严重依赖于显示图片,显示 40 幅不同类型的图片时,平均节能为 9.39%,静态对比度提高了 124.7%。由此表明,本文提出的全局动态调光算法对于平均亮度不是过高或过低的图片具有较好的节能效果。

参考文献:

- [1] DEN ENGELSEN D, 童林凤. 背光源的发展趋势[J]. 光电子技术, 2006, 26(2):74-80.
DEN ENGELSEN D, TONG L S. Trends of backlights[J]. *Journal of Opto-Electronic Technology*, 2006, 26(2):74-80. (in Chinese)
- [2] 常锋, 孙志远, 王瑞光, 等. LED显示图像的非均匀度校正改进方法[J]. 光学精密工程, 2011, 19(4): 929-937.
CHANG F, SUN ZH Y, WANG R G, *et al.*. Improvement of nonuniformity correction of LED display images[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2011, 19(4):929-937. (in Chinese)
- [3] WU S T. Next generation LCD technology [J]. *Journal of Information Display*, 2010, 26(1): 3.
- [4] 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.*. Progress of high dynamic range liquid crystal display based on LED backlight with area control technology [J]. *Journal of Optical Technique*, 2009, 35(6): 835-839. (in Chinese)
- [5] 金鹏, 喻春雨, 周奇峰, 等. LED在道路照明中的光效优势[J]. 光学精密工程, 2011, 19(1):51-55.
JIN P, YU CH Y, ZHOU Q F, *et al.*. Superior application of LED to street lighting [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2011, 19(1): 51-55. (in Chinese)
- [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] HUANG M H, TSAI Y C, CHEN K H. Energy-Recycling (ER) technique for a direct-lit intelligent power management Backlight Unit (BLU) [J]. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2010, 25(10): 2588-2598.
- [8] CHIU T L, LEE J H. Color gamut variation of LED-lit LCD at different module temperatures [J]. *Optics Communications*, 2010, 283:373-378.
- [9] HUANG W, LI J M, YANG L M, *et al.*. Local dimming algorithm and color gamut calibration for RGB LED backlight LCD display[J]. *Optics & Laser Technology*, 2011, 43:214-217.
- [10] YEO D, KWON Y, KANG E, *et al.*. Smart algorithms for local dimming LED backlight [C]. *SID Digest*, 2008:986-989.
- [11] DONG M Y, YONG H K. White LED local dimming backlight for aggressive power saving and artifact minimizing [C]. *Proc. IMID/IDMC/ASIA Display*, 2008:1156-1158.
- [12] FUNAMOTO, KOBAYASHI T, MURAO T. High-picture-quality technique for LCD television: LCD-AI [C]. *Proc. International Display Workshop*, 2000:1157-1158.
- [13] REMCO M J, LANGENDIJK E, VOSSSEN F. Spatio-temporally consistent video processing for local backlight dimming [C]. *SID Digest*, 2007: 979-982.
- [14] SEETZEN H, HEIDRICH W, STUERZLINGER W, *et al.*. High dynamic range display systems [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2004:760-768.
- [15] LIN F, LIAO C, LIAO L, *et al.*. Inverse of Mapping Function (IMF) method for image quality enhancement of high dynamic range LCD TVs [C]. *SID Digest*, 2007:1343-1346.
- [16] LAI C, TSAI C. Backlight power reduction and image contrast enhancement using adaptive dimming for global backlight applications [J]. *IEEE Transaction on Consumer Electron*, 2008, 54(2): 669-674.
- [17] <http://baike.baidu.com/view/1719747.htm>[Z/OL].

作者简介:



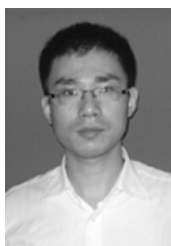
冯奇斌(1970—),女,天津人,博士,副教授,1995年于华东工业大学获得硕士学位,2006年于维也纳工业大学获得博士学位,主要从事立体显示、LED背光等方面的研究。E-mail: fengqibin@hfut.edu.cn.



何会杰(1987—),男,河南商丘人,硕士研究生,2011年于河南理工大学获得学士学位,主要从事LED背光动态调光算法、图像处理等方面的研究。E-mail: hehuijie@yahoo.cn.



张伟伟(1986—),男,河南新乡人,硕士研究生,2010年于合肥工业大学获得学士学位,主要从事LED背光驱动电路设计、FPGA设计及研发等方面的研究。E-mail: xuezhongqing187@126.com.



方勇(1980—),男,安徽淮南人,博士研究生,2004年,2007年于合肥工业大学分别获得学士和硕士学位,主要从事数字电路系统设计、立体显示、LED动态背光源等方向的研究。E-mail: fangyong@hfut.edu.cn



吕国强(1962—),男,浙江新昌人,教授,博士生导师,1983年,1986年于浙江大学分别获得学士和硕士学位,现任合肥工业大学光电技术研究院常务副院长,合肥现代显示研究院院长,省部共建现代显示技术国家重点实验室主任,特种显示技术国家工程实验室副主任,主要从事立体显示、液晶显示等方向的研究。E-mail: guoqianglv@hfut.edu.cn

●下期预告

Φ510 mmSiC 超轻量化反射镜设计与有限元分析

张媛媛,敬畏,程云涛,胡桂涛,方敬忠
(中国科学院光电技术研究所,四川成都610209)

以研制Φ510 mmSiC超轻量化反射镜为目标,确定一剖面为船型,内部为正三角形,面板加密正六边形的轻量化结构。通过调整各个结构参数,当设计质量为1.85 kg时,设计比较了相同质量的另外两种轻量化结构,同样在背部6点支撑作用下,通过对比光轴指向天顶时自重引起的面形(RMS),可知该超轻量化结构具有较大优势。同时,利用Patran\Nastran有限元软件模拟计算了该超轻量化反射镜在光轴水平状态下的自重镜面变形,并对它进行了热力学及动力学特性分析。分析结果显示,该超轻量化反射镜各项指标均能满足使用要求。最终,根据设计结果试制完成一块镜坯,初步加工后的质量约为2.2 kg,面密度约为10.8 kg/m²,已达到目前SiC超轻量化反射镜的世界先进水平。