

LED 背光源用于场序彩色 LCD 的研究

周晶晶,张永利,李阳,周翎,代永平

(南开大学光电子薄膜器件与技术天津重点实验室,天津,300071)

摘要:以红色 LED 材料 AlGaInP,绿色和蓝色 LED 材料 InGaN 三芯合一的全彩 LED 为研究对象,通过大量实验及所测数据,研究用高密高位 LED 作场序彩色液晶显示器背光源,在不同情况下形成的彩色对人眼的视觉影响;研究在不同场频和不同占空比情况下,LED 的发光特性曲线,确定白平衡情况下 LED 三基色的等量关系;研究 LED 三基色形成的白光光谱与三基色各光谱之间的关系;比较 LED 三基色与电视系统三基色在色度图上所覆盖的彩色范围,确定 LED 管子的选择方法及使用注意事项。

关键词:场序彩色;发光二极管;三基色

中图分类号:TN312.8 **文献标识码:**A

Research of LED Backlighting for Field Sequential Colour LCD

ZHOU Jing-jing, ZHANG Yong-li, LI Yang, ZHOU Kai, DAI Yong-ping

(The Tianjin Key Laboratory for Photoelectronic Thin Film Devices and Technology,
NanKai University, Tianjin, 300071, China)

Abstract: Researching on full colour LED made up of AlGaInP as red LED material and InGaN as green and blue LED materials, in this paper we demonstrate the use of LED as backlight of the field sequential colour LCD through lots of experiments and the gained data. The effect of colours generated under different conditions on human eyes, the LED characteristic curve according to different vertical frequencies, and pulse duration ratio based on field sequential colour are also analysed. We set up the quantity relation between the three primary LED colours in the situation of white balance, compare the white spectrum of RGB with individual spectrum of the three primary colours. We also compare the colour areas on the chromaticity diagrams of LED RGB and TV system RGB, based on which how to choose LED tubes and the warning items are depicted.

Keyword: Field Sequential Colour; LED; Three Primary Colours

1 引言

场序彩色(Field Sequential Colour)液晶显示器利用人眼的视觉惰性合成彩色,既减少了制作微滤色膜的复杂工艺,又避免了微滤色膜对光线的衰减,非常有利于提高显示分辨率和亮度。场序彩色液晶显示器的工作原理如图 1 所示。采用高于人

眼能接受的临界闪烁频率,时序显示红、绿、蓝子场图形来合成完整的彩色图像。在这种工作模式下,配置快速响应的三基色脉冲光源是非常关键的。

发光二极管(LED)能在电场作用下辐射非相干可见光,具有体积小、发光效率高、响应速度快和单色性好的特点,基本符合场序彩色液晶显示器对背光源的要求。本文主要以红色 LED 材料 AlGaInP,绿色和蓝色 LED 材料 InGaN 为研究对象,以深圳市成

发科电子制品厂加工的 LT05RGB 三芯合一的 LED 以及 COTCO 生产的 LM1-TPP1-01 三芯合一贴片式 LED 为例,研究发光二极管作为背光源,在场序彩色液晶显示器中的应用。

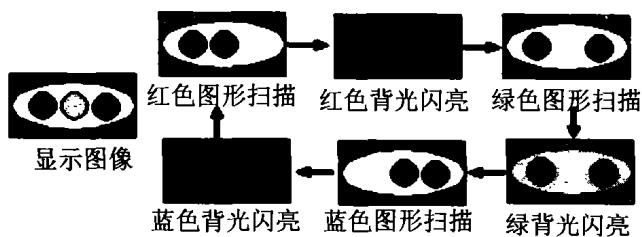


图 1 FS-LCD 的工作原理

2 测量装置

测量装置由单片机系统,控制模块和 LED 驱动电路三个模块构成,如图 2 所示。

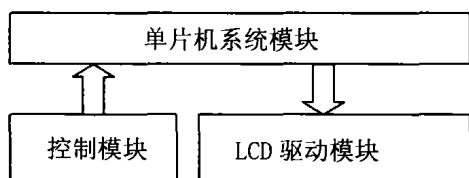


图 2 彩色时序光源控制电路框图

单片机采用 89C51,使用硬件复位电路,用汇编语言编程实现电路控制。由输入控制端口 P2.7~P2.4、P2.3~P2.0、P1.7~P1.4,分别控制三基色脉宽的占空比。当输入端口信号为 1111 时,电平直接输出。当输入为 0 时,输出电平为零。当输入端口信号为 1~1110、场频为 150Hz 时,占空比可在 1.75%~5% 的范围内变化。场频为 225Hz 时,占空比可在 2.625%~7.5% 的范围内变化。单色 LED 一周期的最小点亮时间为 350us,最大点亮时间为 1ms。频率选择端口 P0.5 与控制模块相连。选择子场频率为 150Hz 或 225Hz,单片机输出端口 P0.0、P0.1、P0.2 与 LED 驱动电路模块相连。

LED 采用三极管放大电路驱动,如图 3 所示。通过改变三极管基极电流 I_b 来调节通过 LED 的电流,以改变 LED 发光亮度。图中 R1 为 I_b 的粗调电阻,R2

为 I_b 的细调电阻,R3 为 P0 口输出上拉电阻,兼 I_c 测量电阻,R4 为 LED 保护电阻,兼 I_c 测量电阻。

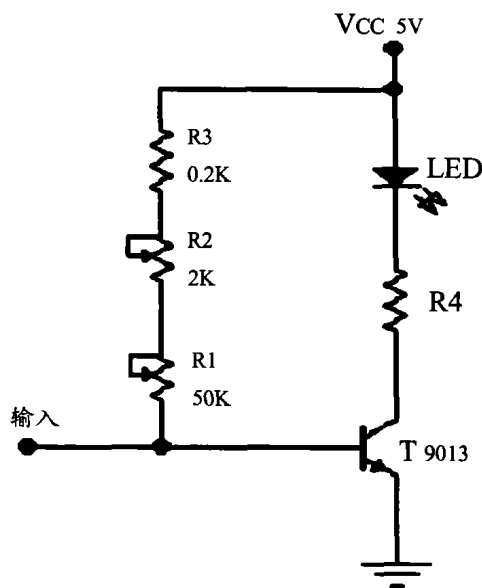


图 3 LED 驱动电路

3 测试方法

测试过程中,用数字万用表测量固定电阻两端的电压,以监控流经 LED 的电流大小。LED 被放入微显示器镜头内,发出的光经匀光后形成面光源,经微显示器 LCoS 芯片反射,通过光学放大进入人眼。利用光学仪器 PR-650 对微显示器镜头内的各种参数进行测试。在人造黑室中测试时,PR-650 镜头与微显示器镜头之间的距离保持不变,从而使每次测得的相对亮度保持不变。

测量时,首先使电路处于直流电平状态,即输入端全部置 1,然后调节电路使电流保持一定。通过调节输入控制端,测得不同场频、不同占空比下光源的各项参数。

4 测试对象

被测对象为 LT05RGB(甲管)和 LM1-TPP1-01(乙管)三芯合一 LED,它们的结构如图 4 所示。测试所得 LED 红、绿、蓝的发光特性曲线如图 5 所示。

以图 5 可以看出,绿光的发光效率最高,蓝光

最低。乙管比甲管发光效率明显要高。在测试过程中我们发现，当调节 LED 直流电平超过一定幅值时，LED 的亮度会突然降低，再增大电流，LED 亮度会缓慢增加，趋于饱和。若将电流调回原来的工作范围，LED 亮度明显低于原来相同电流情况下的亮度。以甲管的绿管为例，可以很清楚的看到这种变化，如图 6 所示。为了保证管子测量时亮度变化的一致性、连续性，我们在测量时，尽量让管子工作在亮度非饱和状态，使管子保持较高的发光效率。

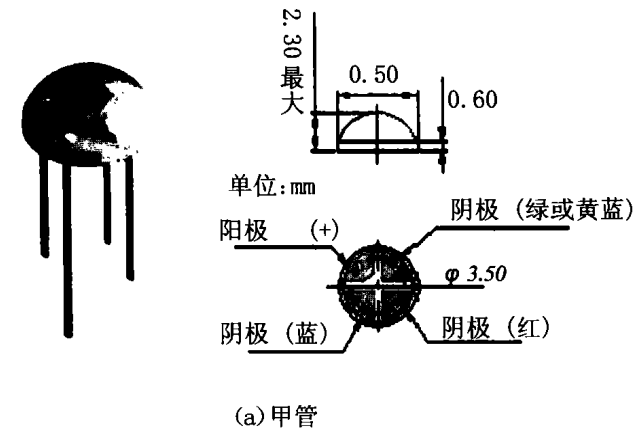


图 4 LT05RGB 和 LM1-TPP1-01 三芯合一 LED 的结构图

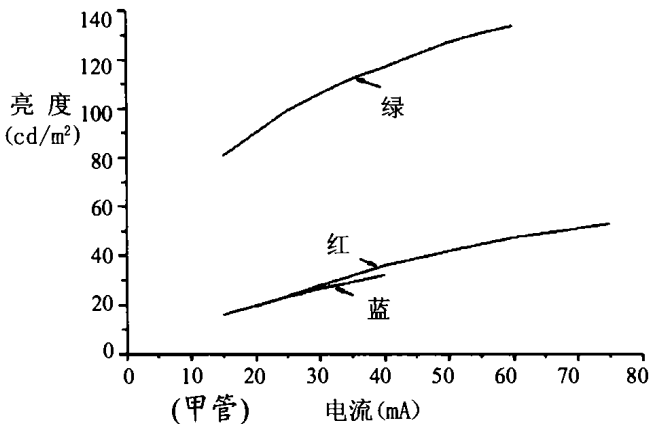


图 5 甲、乙管的发光特性曲线

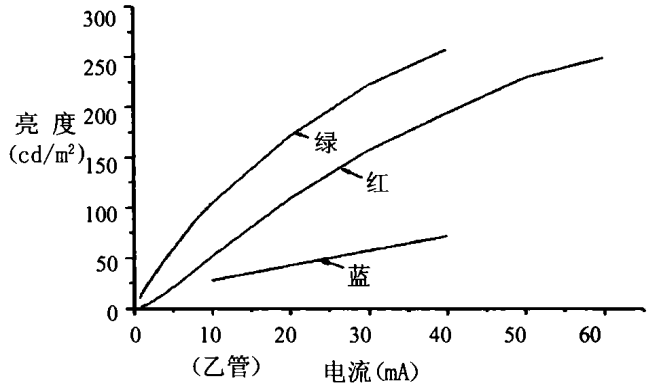


图 6 绿光的发光特性曲线

5 测量结果分析

5.1 单色测量

首先测试场频为 150Hz 时，不同占空比下甲管的蓝光，选取占空比 1.75%，3%，4.5%，5%，分别对应输入端口信号 1,6,12,14。场频为 225Hz 时，选取占空比 2.625%，3%，4.5%，6%，7.5%，分别对应输入端口信号 1,2,6,10,14。根据测得的数据，得到占空比相同时，不同场频下蓝光的光强与电流的关系曲线，如图 7(a) 所示，乙管的红光特性曲线。如图 7(b) 所示。从图 7 看出，在占空比相同时，不同场频下 LED 的发光亮度基本上相同。

在本文，场频为 150Hz 时，取占空比 1.75%，2.625%，3%，4.5%，场频为 225Hz 时占空比为 6%，7.5%。根据实验数据画出 LED 三基色在不同占空比情况下亮度与电流之间的关系，如图 8，图 9 和图 10 所示。

比较图 8，图 9，图 10 可以看出，在一定电流范

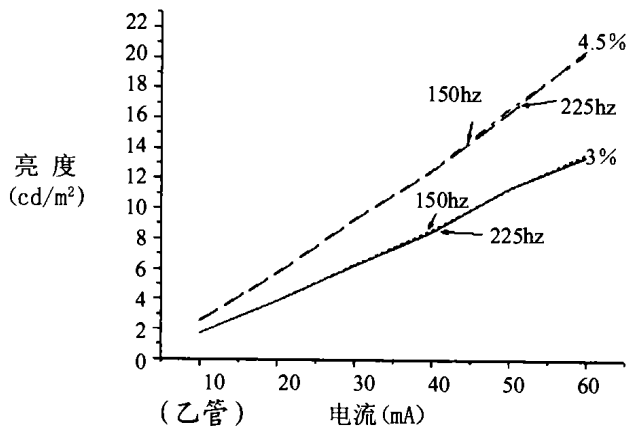
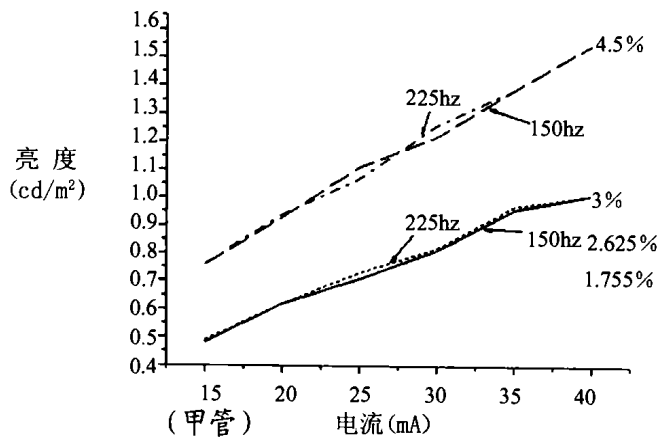


图 7 占空比相同时,不同场频下甲、乙管的发光特性曲线

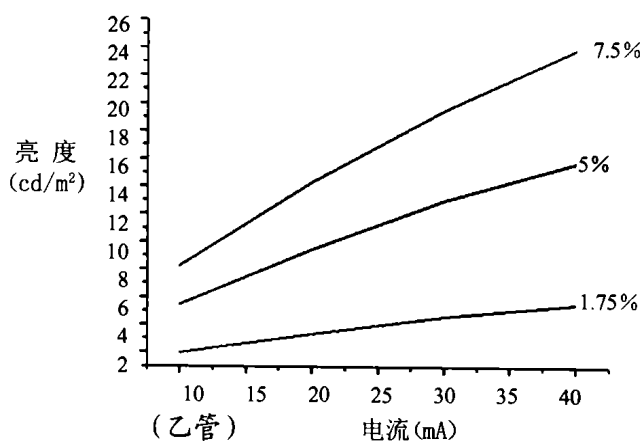
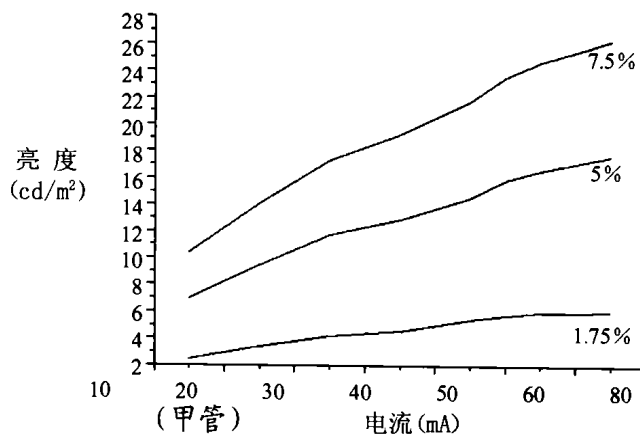


图 9 占空比不同时,甲、乙管的绿光亮度与电流的关系曲线

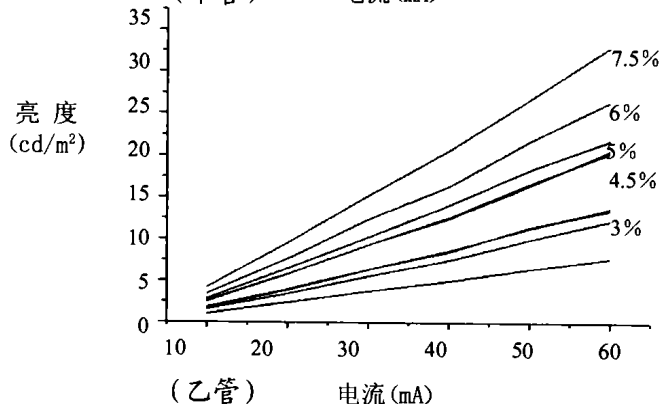
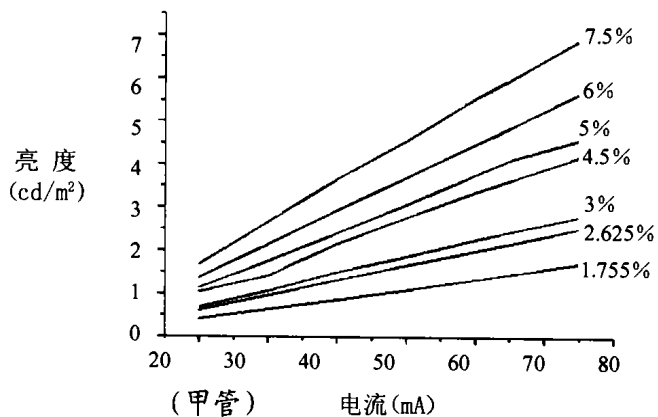


图 8 占空比不同时,甲、乙管的红光亮度与电流的关系曲线

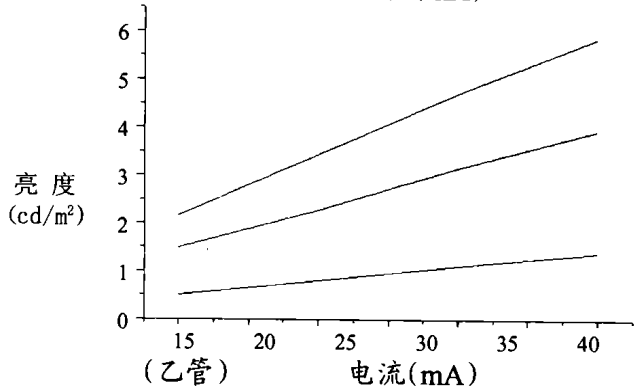
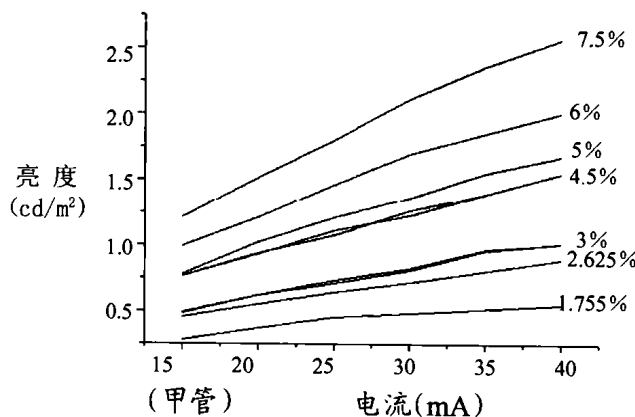


图 10 占空比不同时,甲、乙管的蓝光亮度与电流的关系曲线

围内, 占空比不同时, LED 的亮度随电流线性变化。占空比越大, 亮度的变化幅度越大。从图可以看出, 乙管比较稳定, 线性较好。

5.2 白平衡的确定

根据测得结果, 以乙管为例说明白平衡的确定。我们取发光二极管在峰值电流为 10mA, 场频为 150Hz, 占空比为 5% 时的 CIE1931 色度坐标为基准, 红光的 $x=0.692, y=0.306$; 绿光的 $x=0.157, y=0.727$; 蓝光的 $x=0.125, y=0.081$, 其对应的峰值波长分别为 632nm、520nm 和 468nm。经计算可得亮度方程为

$$Y=0.2932R+0.6056G+0.1012B \quad (1)$$

由公式(1)可以确定 LED 三基色管的发光亮度比为 0.2932:0.6056:0.1012, 即 2.897:5.984:1。这时把三基色定为 1:1:1 的等量关系。

占空比为 5% 时, 以蓝光为基准, 取其峰值电流为 10mA, 此时亮度为 $1.34\text{cd}/\text{m}^2$; 绿光的亮度应为 $8.01\text{cd}/\text{m}^2$, 其电流值经查表对应为 13mA; 红光亮度应为 $3.886\text{cd}/\text{m}^2$, 其电流值经查表对应为 18mA。

在场频为 150Hz, 占空比为 5% 的情况下, 以 D65 为参考白点, 红、绿、蓝 LED 的峰值电流分别为 13mA、18mA、13mA 时, 达到白平衡。经测试, 时序白光的色坐标为 $x=0.313, y=0.344$ 与 D65 的坐标 ($x=0.313, y=0.329$) 相差不多, 基本达到白平衡。将绿管电流调节至 15mA 时, 白光色坐标为 $x=0.317, y=0.329$ 。此时白光色坐标与 D65 基本一致。取乙管中红、绿、蓝三基色 LED 的直流电平分别为 13mA、15mA、10mA, 确定为等量关系。

另外在空间混色和直流电平情况下, 测得的白光色坐标也基本与 D65 的坐标一致。确定三基色的等量关系后, 通过控制输入信号就可以得到不同的彩色背景光源。由实验观察, 彩色效果较好。

5.3 LED 的颜色特性

乙管在白平衡时, 三基色在色品图上的坐标如图 11 所示。图中实线是 LED 场序背光源的三基色三角形 (RL、GL、BL), 虚线表示 PAL 制式彩色电视三基色三角形 (RP、GP、BP), 中间实点为参照白 D65。从图可以看到, 由 RL、GL、BL 构成的三角形几乎覆盖了绝大部分的 PAL 制式彩色 CRT 三基色三角形 RP、GP、BP。因此采用上述 LED 制作的背光源的色彩丰富程度与彩色 CRT 基本一致。

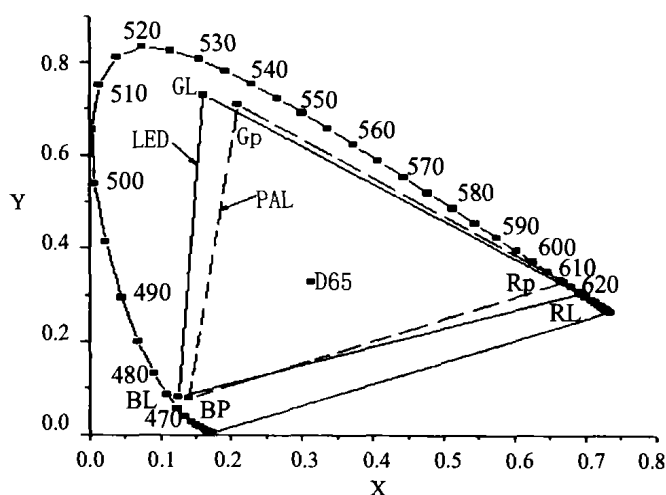


图 11 LED 的颜色特性

5.4 LED 三基色光谱

LED 三基色光谱与场序形成的白光光谱如图 12 所示。从图可以看出, 由 LED 三基色形成的白光光谱为三基色各光谱的叠加。

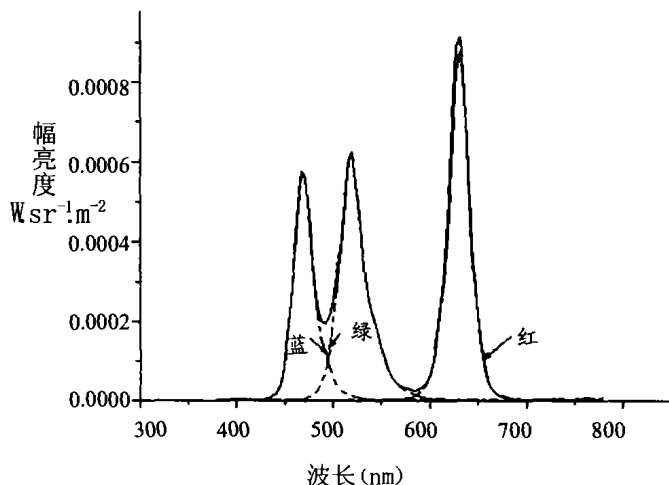


图 12 LED 三基色光谱与场序形成的白光光谱

6 结论

LED 作为场序彩色液晶显示器的背光源, 要求它在低电流范围内工作。通过实验发现, LED 的发光亮度与施加电流近似成正比关系, 占空比越大, 发光亮度变化越明显。另外, LED 的波长及色度坐标也随着电流的变化而变化, 这些参数都将影响着白平衡的确定, 要想获得高质量的彩色图像, 选管子时应注意以下几点:

- 1) 管子的颜色要纯, 发光亮度要高;
- 2) 根据管子的具体情况, 计算红、绿、蓝三基色的亮度比, 确定各管的电流大小, 使 LED 工作在恒流状态下;
- 3) 管子一定要工作在亮度饱和的电流范围内, 否则管子发光效率衰减, 造成显示器屏幕亮度降低

及白光不平衡。

参考文献:

- [1] 俞斯乐等. 电视原理(第四版)[M]. 北京:国防工业出版社, 1994: 1-37.
- [2] 荆其诚等. 色度学[M]. 北京:科学出版社, 1979:91-129.
- [3] 代永平等. 彩色 LCoS 显示器设计分析(一)[J]. 现代显示, 2002. 34(4): 27-2.
- [4] 王钰等. 全彩色 LED 显示屏真彩色显示技术研究[J]. 南京理工大学学报, 1999. 23(3): 234-240.

作者简介: 周晶晶(1977-), 女, 武汉军械士官学校教员, 现为南开大学硕士研究生, E-mail: jingjing_z@163.net.

显示信息

北京万方同辉科技有限公司建成 聚合物分散型液晶(PDLC)光阀薄膜生产线

PDLC 薄膜是一种特殊的液晶显示材料, 具有难得的光电特性: 加电时, 呈无色透明态; 断电时, 呈乳白色“毛玻璃”散射态。这种薄膜可以贴于玻璃或塑料膜上, 裁切成所需形状, 作成电控窗帘或透光膜, 广泛应用于高档建筑、广告板、交通工具、银行、商场、国防和玩具等领域。又可用作光开关、调光器、投影屏幕和显示器, 如自动调节透光率的电焊帽, 各种仪器的光开关, 立体电视眼镜, 无需偏振片的高亮度显示器等。也可以用作显示器, 显示图案或文字, 或建筑物的装饰。

北京万方同辉科技有限公司已于 8 月初建成了 2000m² 的 PDLC 薄膜生产基地, 并完成了超净室装修。目前正在安装和调试生产线, 计划近期供货, 详情请咨询 010-83681155 或 010-83682328 传真: 010-83681009 陈先生。