

文章编号: 0253-2239(2008)11-2225-07

LED 照明的光栅光调制器光学特性分析与实验

史玲娜^{1,2,3} 黄尚廉^{1,2} 孙吉勇^{1,2} 张 洁^{1,2} 张智海^{1,2}

(¹ 教育部光电技术与系统重点实验室, 重庆 400030; ² 重庆大学光电工程学院, 重庆 400030)
³ 重庆交通大学理学院物理教研室, 重庆 400074)

摘要 针对一种新型的光调制器——光栅光调制器, 研究用 LED 作为其照明光源时对光学调制特性的影响。以部分相干光理论为依据, 结合 MATLAB 仿真, 推导出用 LED 照明光栅光调制器时, 光源带宽对成像对比度具有较大的影响, 通过滤色片将光源带宽减小到 13 nm 时, 像面上的对比度约为 150, 进一步减小带宽至 10 nm, 对比度将达到 225。光源的尺寸在与光源到光栅光调制器之间的距离相比小于 0.03 时, 对光栅光调制器的光学信息处理不会有影响, 并通过实验加以证实, 从而说明采用 LED 作为光栅光调制器照明光源的可行性。

关键词 微机电系统; 光栅光调制器; 部分相干光理论; 带宽; 光源尺寸; 发光二极管

中图分类号 TB133 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS20082811.2225

Optical Performance Analysis and Experiment of Grating Light Modulator with LED Light Source

Shi Lingna^{1,2,3} Huang Shanglian^{1,2} Sun Jiyong^{1,2} Zhang Jie^{1,2} Zhang Zhihai^{1,2}

(¹ Key Laboratory of Opto-Electronic Technology and Systems, Education Ministry of China, Chongqing 400030, China)
² College of Opto-Electronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China
³ Physical Department, College of Science, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract The effect of LED light source on modulation performance of grating light modulator (GLM) is discussed. Based on partially coherent light theory, simulation by MATLAB software shows LED light sources bandwidth will affect the image contrast greatly. If the bandwidth is reduced by filter to 13 nm, the image contrast will be 150, and if the bandwidth decreases to 10 nm, the contrast will be 225. Furthermore, if the ratio of the size of light source and the distance between GLM and light source is less than 0.03, the size of light source will not influence the optical information processing. The research results are testified by experiments. These results prove the feasibility of LED as the light source to GLM.

Key words micro-electro-mechanical systems; grating light modulator; partially coherent light theory; bandwidth; size of light source; light emission diode

1 引 言

随着现代科技的不断发展,人们对投影显示质量提出了更高的要求,各种用于投影显示的新型器件应运而生^[1~4],其中最具代表的是基于微机电系统(MEMS)技术的光调制器件,如德州仪器公司的数字微镜(DMD)^[5],DMD 是利用反射微镜的偏转

来实现对光路的调制,但其多层结构工艺导致了制作过程十分复杂。斯坦福大学的 Bloom 等^[6]提出的光栅光阀(GLV),具有结构简单的优点,但是由于器件本身是一个线阵结构,因此需要通过一个扫描装置来产生二维的图像显示,增加了系统的复杂性和装配难度。重庆大学^[7,8]提出了一种基于衍射

收稿日期: 2008-03-17; **收到修改稿日期**: 2008-06-04

基金项目: 国家自然科学基金(60708017)、重庆市院士基金(8883)、全国博士后基金(20070410773)和重庆市自然科学基金(20070410773)资助课题。

作者简介: 史玲娜(1977—),女,博士研究生,主要从事信息获取和处理技术等方面的研究。E-mail: sln1013@163.com

导师简介: 黄尚廉(1936—),男,教授,中国工程院院士,主要从事光电技术及系统、仪器科学与技术的研究,包括光纤通信与传感、智能结构系统、微光机电系统(MOEMS)、企业信息化等。E-mail: slhuang@cqu.edu.cn

原理的面阵型光栅光调制器(GLM)^[7,8],既克服了DMD的工艺复杂问题,又解决了GLV难于形成面阵的缺点。

在对光栅光调制器的光源选择上,由于器件是基于衍射原理设计,激光无疑是一种比较理想的光源,但是在涉及彩色显示时,蓝色激光相对较贵,这将为该器件在应用上设置一定的障碍。而目前从光源的发展来看,LED由于光源尺寸小,成本低,且具有较纯的R、G、B三基色,不需要分色系统即可合成色饱和度较高的色彩,在实现优质彩色显示的同时又可节约投影引擎空间,有利于系统的小型化、轻量化和低成本化,因此其作为显示器的一种新型照明

光源正被积极地研究和开发。本文将采用部分相干光理论讨论将LED作为光栅光调制器照明光源时对其光学调制特性的影响。

2 光栅光调制器的光学原理

图1是已加工出来的单个光栅光调制器结构及二维阵列^[9],该器件主要包括一个上层的可动光栅面和下层的反射面。光射到调制器的上下表面被反射后,发生衍射。在忽略调制器周围的边框和支撑梁对衍射影响的情况下,单个器件的透射率函数可表示为

$$t_s(x, y) = \left[\sum_{m=-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{x+md}{a}\right) + \exp\left(\frac{j4\pi h}{\lambda}\right) \sum_{m=-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{x+md+d/2}{a}\right) \right] \text{rect}\left(\frac{x}{L}\right) \text{rect}\left(\frac{y}{W}\right), \quad (1)$$

式中 a 为光栅条的宽度, d 为光栅常数, h 为下反射镜和上光栅面之间的光程差, L 为调制器沿光栅周期方向的宽度, W 为光栅条的长度。

用于投影系统的光栅光调制器往往是由 $N_x \times N_y$ 个器件单元所组成的二维阵列(N_x 和 N_y 分别表示在 x 和 y 方向的调制器的个数)。此时调制器的透射率函数为

$$t(x, y) = t_s(x, y) \otimes \left[\frac{1}{D_x} \text{comb}\left(\frac{x}{D_x}\right) \cdot \frac{1}{D_y} \text{comb}\left(\frac{y}{D_y}\right) \right] \cdot \text{rect}\left(\frac{x}{N_x D_x}\right) \text{rect}\left(\frac{y}{N_y D_y}\right), \quad (2)$$

D_x 和 D_y 分别为单个器件在 x 和 y 方向的尺寸,在满足夫琅和费衍射条件下,对上式作傅利叶变换,在频谱面上得到传输函数:

$$T(f_x, f_y) = N_x N_y \sum_{u=-\infty}^{\infty} \sum_{v=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{aLW}{d} \text{sinc}\left(W \frac{v}{D_y}\right) \left\{ \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{an}{d}\right) \text{sinc}\left[L\left(\frac{u}{D_x} - \frac{n}{d}\right)\right] \left\{ 1 + \exp\left[j\left(n\pi + \frac{4\pi h}{\lambda}\right)\right] \right\} \right\} \times \text{sinc}\left[N_x D_x \left(f_x - \frac{u}{D_x}\right)\right] \text{sinc}\left[N_y D_y \left(f_y - \frac{v}{D_y}\right)\right] \right\}, \quad (3)$$

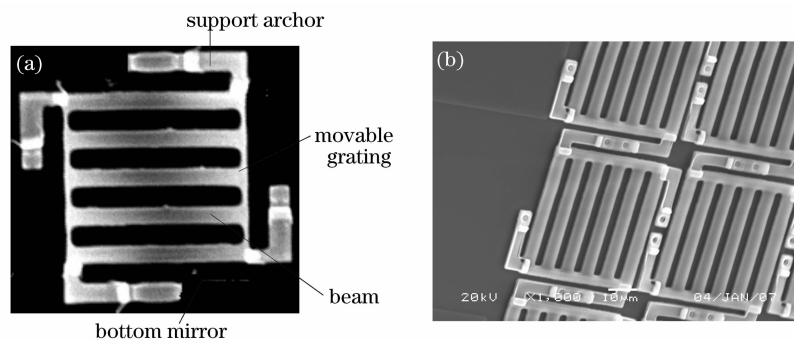


图1 光栅光调制器结构(a)及光栅光调制器阵列(b)

Fig. 1 Grating light modulator (a) and two-dimensional grating light modulator array (b)

则该频谱面上的光强分布为

$$I(x, y) \propto T(f_x, f_y) T^*(f_x, f_y). \quad (4)$$

该调制器的光程差 h 可通过施加电压加以改变。在未加电压时,可动光栅面与下反射面之间的光程差为 $h_1 = k\lambda/2$,相位差 $\phi_1 = 2k\pi$,频谱面上能量主要集中在0级,如图2(a)所示;施加电压后,支撑梁在静电力作用下做垂直上下运动,带动光栅面作相同运

动,从而使上下反射面之间的光程差变为 $h_2 = (2k+1)\lambda/4$,相位差 $\phi_2 = (2k+1)\pi$,频谱面上能量主要集中在 ± 1 级,如图2(b)所示。如果在频谱面上放置一个空间滤波器,只让0级光通过,则当 $h = k\lambda/2$ 时,投影面上显示为亮点,当 $h = (2k+1)\lambda/4$ 时,投影面上显示为暗点,从而实现明暗调制的效果,达到显示的功效。

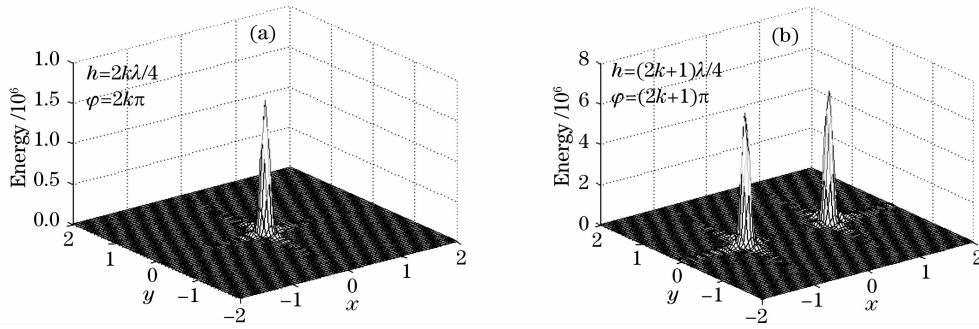


图 2 光栅光调制器的衍射光强分布

Fig. 2 Diffracted light distribution of the grating light modulator

假设光源是单一波长的情况,并且近似地认为光源为点光源,在频谱面上可以获得如图 2 那种理想的能量分布,便于后续的光学信息处理。但是对于如 LED 的这种部分相干光源,不仅光源的波长具有一定的带宽,并且当光源与器件之间的距离不是很远时,光源不能近似为点光源。这些因素都会影响到光栅光调制器的明暗调制效果,从而影响到后续的光学信息处理。

3 光源带宽对光栅光调制器光学特性的影响

图 3 显示了欧司朗公司提供的 LE ATB A2A 型 RGB 三基色 LED 光源的光谱分布特性,从图 3 可以看出该型号 RGB 三基色的光谱分布都具有一定的波长范围 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$, $\Delta\lambda$ 称为光源带宽,且波长与能量之间的关系基本上满足高斯分布,在考虑带宽影响时,针对某一种基色光的谱线分布,(2)式改写为

$$T_{LED}(x, y) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} N_x N_y \sum_{u=-\infty}^{\infty} \sum_{v=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{aLW}{d} \text{sinc}\left(W \frac{v}{D_y}\right) \left\{ \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{an}{d}\right) \text{sinc}\left[L\left(\frac{u}{D_x} - n/d\right)\right] \right\} \times \right. \\ \left. \left\{ 1 + \exp\left[j\left(n\pi + \frac{4\pi h}{\lambda}\right)\right] \right\} \text{sinc}\left[N_x D_x \left(f_x - \frac{u}{D_x}\right)\right] \text{sinc}\left[N_y D_y \left(f_y - \frac{v}{D_y}\right)\right] \right\} d\lambda \Big|_{f_x = \frac{x}{\lambda z}, f_y = \frac{y}{\lambda z}}, \quad (5)$$

此时频谱面上的光强分布应是该基色包含的所有波长成份的光强分布的一个总的效果

$$I(x, y) = T_{LED}(x, y) T_{LED}^*(x, y). \quad (6)$$

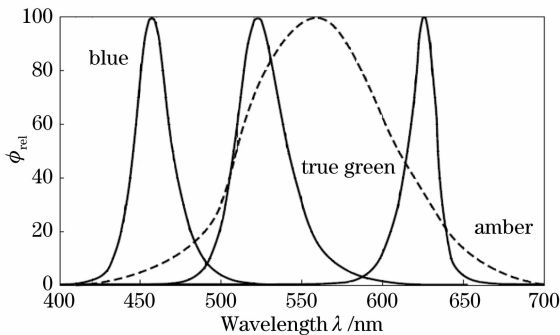


图 3 欧司朗 LE ATB A2A 型 LED 的光谱特性

Fig. 3 Spectrum of LED (LE ATB A2A type)

provided by OSRAM

当器件的光程差被调制时。亮态时光程差 $h_1 = k\lambda_0/2$, 暗态时光程差 $h_2 = (2k+1)\lambda_0/4$ 。式中 λ_0 表示该基色光谱的中心波长。由于带宽的影响,

频谱面上的光强在明暗两种状态下的分布随着带宽的不同而不同,具体情况如图 4 所示。图 4(a)、图 4(b)是对 LED 的谱线以 λ_0 为中心进行滤波,选取的带宽为 40 nm 的情况,其中图 4(a)表示亮态;图 4(b)表示暗态。图 4(c)、图 4(d)是带宽为 100 nm 的情况,其中图 4(c)表示亮态;图 4(d)表示暗态。随着带宽的增加,能量在明暗两种状态下不再单纯集中在 0 级或 ± 1 级。这是由于器件上下表面的光程差 h 是按某一特定波长设计,在这一特定波长下,两种状态下的光束经衍射后高度集中在 0 级和 ± 1 级。当入射光的波长偏离这个特定波长时,衍射效率有所降低,从而导致在频谱面上光能量不再高度集中,并且偏离越大,这种效果越明显。如果将器件设计时所依据的波长定为某一基色 LED 的中心波长时,就得到图 4 的结果。将图 4 与图 2 作比较就可以清楚的看到这一变化,特别是在滤波所需的 0 级光强位置,在理想的只是单一波长的情况下,在亮态时,0 级集中了 97% 以上的光能量,而在暗态时,0

级的光能量几乎为零,从而可以在像面上得到极高的对比度。在一定带宽情况下,同样是亮态,0级所在的光能量却比理想情况有所降低,在滤波带宽为40 nm时,0级几乎占了93%的光能量,当带宽为100 nm时,0级的光能量下降到74%;在暗态时,0

级位置却存在着一定的光能量分布,并且与亮态相反,随着带宽的增加,0级的光能量随之增加,这种结果就影响到光栅光调制器的调制效果,其中受影响的一个关键参数就是对比度。

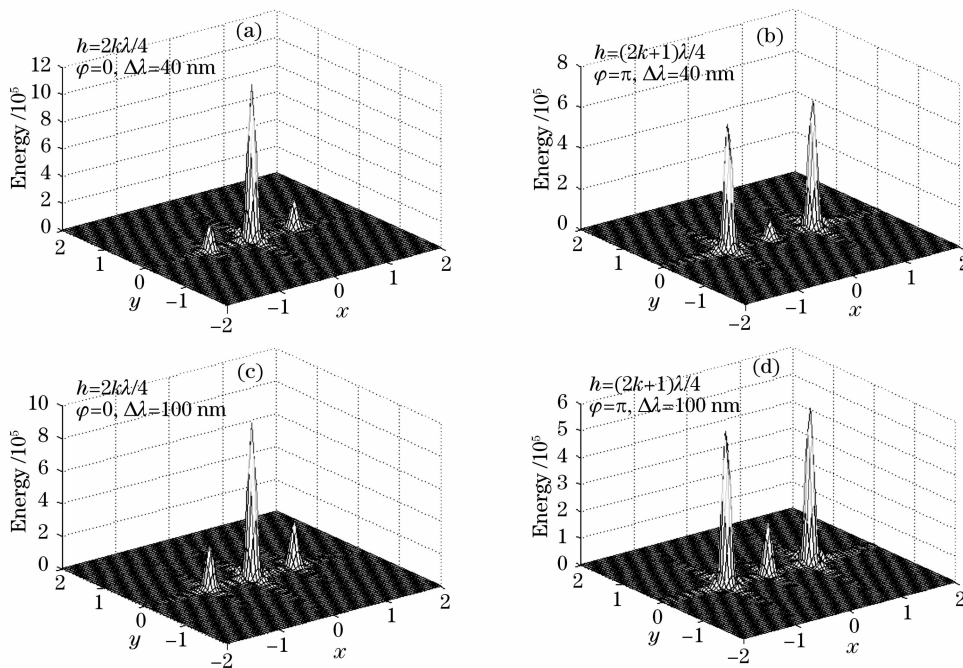


图4 LED照明下相位光栅的衍射光强分布图

Fig. 4 Diffracted light distribution of the phase grating irradiated by LED

在不考虑能量损失的情况下,到达像面上的光能量应该等于从频谱面上射出的光能量。在结合光源带宽的情况下,对比度表达式为

$$V = \frac{I_{\text{bright}}}{I_{\text{dark}}} = \frac{T_{\text{LED}}(x, y) T_{\text{LED}}^*(x, y) \big|_{h=k\lambda_0/2}}{T_{\text{LED}}(x, y) T_{\text{LED}}^*(x, y) \big|_{h=(2k+1)\lambda_0/4}} \quad (7)$$

在信息处理时,通过空间滤波获取0级光能量。根据(7)式就得到对比度与带宽之间的关系,具体情况如图5所示。从图5可以看出,随着光源带宽的增加,对比度迅速降低。如果在保证一定光能量的

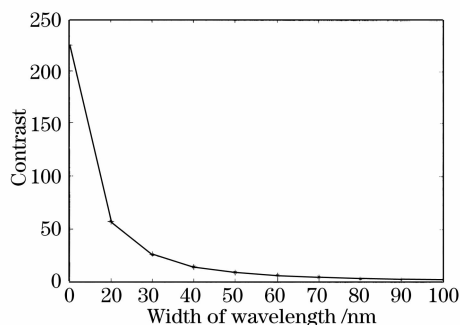


图5 光源带宽与对比度的关系

Fig. 5 Relation between LED bandwidth and contrast

情况下采用滤色片对光源的光谱进行适当的滤波,减小其带宽,可以较大程度地提高对比度,这有利于后续的光信息处理。

针对LE ATB A2A型LED,以红光为例,中心波长为625 nm,波长范围为550~650 nm,由于该光谱分布的能量主要集中在中心波长附近,但是离中心波长越远的光谱成份对对比度的影响却越大,如果将滤波范围取为使光能量下降到3 dB这一区间,此时出射光的波长范围处于618~631 nm范围,在光学处理系统的频谱面上进行空间滤波,只让0级光通过,此时对比度约为150,如果进一步减小带宽至10 nm,对比度将提高到225。由此可见,当用LED照明光栅光调制器时,在减小光源带宽的情况下,可以获得较高的对比度。

4 光源几何尺寸对信息处理的影响

(2)式、(3)式是在假设光源为点光源的情况下得到的。当采用LED作为光源时,由于LED芯片具有一定几何尺寸,此时光源的尺寸也有可能影响到光栅光调制器的调制特性。图6是光栅光调制器

光学系统的信号处理光路图,处于 $x_0 - y_0$ 平面的光源所发出的光射到位于 $x_1 - y_1$ 平面的光栅光调制器表面后,经器件调制从器件的后表面射出,再经傅里叶透镜 L_1 变换后在透镜的后焦平面 ($x_2 - y_2$ 平

面)呈现出一定的频谱结构,如果在频谱面上进行适当的滤波处理,再经一次逆傅里叶变换最终在像面上 ($x_3 - y_3$ 平面)呈现所需的明暗态。

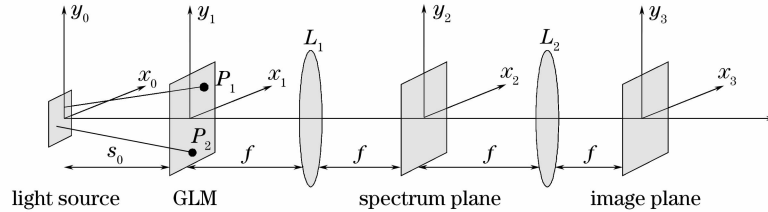


图 6 GLM 的信号处理系统光路图

Fig. 6 Signal processing system of GLM

假定 LED 的芯片是矩形状,设光源的尺寸长为 l ,宽为 w 。假设光源均匀发光,其光强在 $x_0 - y_0$ 平面内的分布 $I(x_0, y_0)$ 即为常数。从而根据冯·西特-泽尼克定理^[10]可得出光源上任意两点发出的光经不同的路径 s_1, s_2 传到 $x_1 - y_1$ 平面上任两点 P_1 点和 P_2 点的互强度为

$$J_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1) = \int_{-L/2}^{L/2} \int_{-w/2}^{w/2} I(x_0, y_0) \frac{\exp\{i\bar{k}[1/(2S_0)][(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 - (x'_1 - x_0)^2 - (y'_1 - y_0)^2]\}}{\bar{\lambda}^2 S_0^2} dx_0 dy_0 = \frac{\exp\{[i\bar{k}/(2S_0)](x_1^2 + y_1^2 - x_1'^2 - y_1'^2)\}}{\bar{\lambda}^2 S_0^2} I_0 l w \operatorname{sinc}\left(l \frac{x_1 - x_1'}{S_0 \bar{\lambda}}\right) \operatorname{sinc}\left(w \frac{y_1 - y_1'}{S_0 \bar{\lambda}}\right), \quad (8)$$

式中 $\bar{k} = 2\pi/\bar{\lambda}$, $\bar{\lambda}$ 是入射光平均波长, (x_1, y_1) 和 (x'_1, y'_1) 是 P_1 和 P_2 两点的坐标。在光栅光调制器阵列的透过率函数 $t(x_1, y_1)$ 已知的情况下,光束经过器件后,器件后方透射互强度为

$$J'_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1) = t(x_1, y_1) t^*(x'_1, y'_1) J_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1). \quad (9)$$

对于许多实际情况,非相干光源或部分相干光源所发出的光在其照射面上的两点的复空间相干度仅依赖于这两点的坐标差。于是,上式可写成

$$J'_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1) = t(x_1, y_1) t^*(x_1 - \Delta x_1, y_1 - \Delta y_1) \times \frac{\exp\{[i\bar{k}/(2S_0)]\{[x_1^2 - (x_1 - \Delta x_1)^2] + [y_1^2 - (y_1 - \Delta y_1)^2]\}}{\bar{\lambda}^2 S_0^2} I_0 l w \operatorname{sinc}\left(l \frac{\Delta x_1}{S_0 \bar{\lambda}}\right) \operatorname{sinc}\left(w \frac{\Delta y_1}{S_0 \bar{\lambda}}\right). \quad (10)$$

从器件后表面透射出的光经过傅里叶透镜变换,可在透镜的焦平面 $x_2 - y_2$ 上得到任两点 Q_1 和 Q_2 的互强度,当 Q_1 和 Q_2 点重合时,可以得到频谱面上的强度分布

$$I(x_2, y_2) = \frac{1}{\bar{\lambda}^2 z^2} \iint_{\sigma_1} J'_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{\bar{\lambda} z} [x_2(x_1 - x'_1) + y_2(y_1 - y'_1)]\right\} dx_1 dy_1 dx'_1 dy'_1, \quad (11)$$

式中 (x_2, y_2) 表示 Q_1 和 Q_2 两点重合时在 $x_2 - y_2$ 平面上的坐标, z 为 $x_1 - y_1$ 平面到 $x_2 - y_2$ 平面的距离。上式表明,在远场近似条件下,强度分布 $I(x_2, y_2)$ 与光栅平面互强度 $J'_1(x_1, y_1; x'_1, y'_1)$ 之间存在着准确的傅里叶变换关系。

将(10)式代入(11)式,并令 $TT(\Delta x_1, \Delta y_1) = \int_{-\infty}^{\infty} t(x_1, y_1) t^*(x_1 - \Delta x_1, y_1 - \Delta y_1) dx_1 dy_1$, 同时利用自相关函数的傅里叶变换性质,(11)式可简单地表示为

$$I(x_2, y_2) = \frac{I_0}{\bar{\lambda}^4 S_0^2 z^2} F\{TT(\Delta x_1, \Delta y_1)\} \otimes F\{u_{12}(\Delta x_1, \Delta y_1)\}, \quad (12)$$

式中 $u_{12}(\Delta x_1, \Delta y_1) = \operatorname{sinc}\left(l \frac{x_1 - x'_1}{S_0 \bar{\lambda}}\right) \operatorname{sinc}\left(w \frac{y_1 - y'_1}{S_0 \bar{\lambda}}\right)$ 正是光源在 P_1 点和 P_2 点的复空间相干度。

在完全相干情况下, $u_{12} = 1$, 此时频谱面上的光强分布 $I(x_2, y_2) \propto |T(f_x, f_y)|^2_{f_x=x_2/\bar{\lambda}z, f_y=y_2/\bar{\lambda}z}$ 。正是图 2 所示结果。对于具有一定空间尺寸的光源而言,频谱面上的光强分布为

$$I(x_2, y_2) = \frac{I_0}{\lambda^3 S_0^2 z} T(x_2, y_2) T^*(x_2, y_2) \otimes \text{rect}(x_2/l) \text{rect}(y_2/w). \quad (13)$$

从(13)式可以看出光源的尺寸对频谱面上的光强分布起到一个平滑展宽作用,效果如图7所示,亮态情况如图7(a)所示,能量还是主要集中在0级,暗态情况如图7(b)所示,能量也还是主要集中在±1级。但是与完全相干情况相比,各能级范围得到扩展,这就有可能对光栅光调制器的调制效果及后续的光学

信息处理带来一定影响,而且光源尺寸越大,这种影响就越大。但是只要频谱面上0级光谱与±1级光谱在空间分布上没发生交错,在选择合适的空间滤波范围后,在像面上都可以呈现所需的明暗态,且对成像质量影响不大。经过MATLAB计算可得,当光源尺寸与光源到光栅光调制器之间的距离相比小于0.03时,在频谱面上0级光谱位置与±1级光谱位置不会发生交错现象。

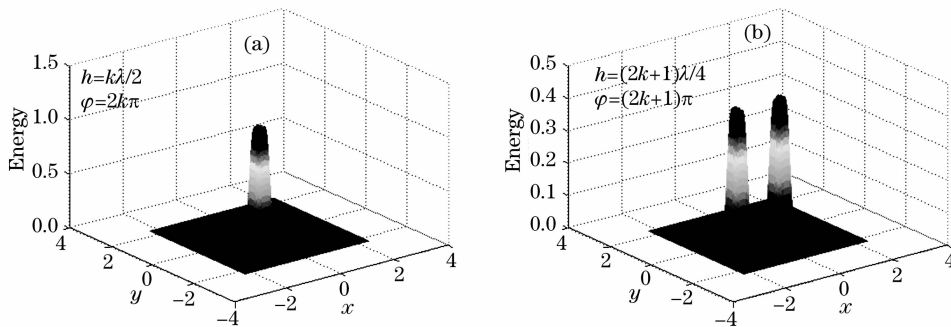


图7 扩展光源照片下相位光栅的衍射光强分布图

Fig. 7 Diffracted light distribution of the phase grating irradiated by expanded light source

对于OSRAM公司LE ATB A2A型LED,单色芯片尺寸是1.1 mm×1.1 mm。在同时考虑光源带宽和光源尺寸的情况下,对比度的表达式改写为

$$V = \frac{I_{\text{bright}}}{I_{\text{dark}}} = \frac{T_{\text{LED}}(x, y) T_{\text{LED}}^*(x, y) \otimes \text{rect}(x/l) \text{rect}(y/w) \Big|_{h=k_0 \lambda / 2}}{T_{\text{LED}}(x, y) T_{\text{LED}}^*(x, y) \otimes \text{rect}(x/l) \text{rect}(y/w) \Big|_{h=(2k+1) \lambda_0 / 4}}. \quad (14)$$

同样对LED的光谱进行滤波,选取光能量下降到3db这一区间的波长范围,在采用空间滤波器只让0级光通过时,对比度还是约为150。说明在光栅光调制器的频谱面上,只要0级光谱与±1级光谱在空间上可以区分,光源尺寸对光栅光调制器的调制效果不会产生多大的影响。并且同样地,随着滤波带宽的减小,可使对比度迅速提高。

5 实 验

为了证明光源的尺寸对光栅调制信息处理的影响,实验中采用OSRAM公司LE ATB A2A型LED中的红光LED作为光栅光调制器的照明光源,具体光路图参照图6。实验中控制光源到光栅光调制器之间的距离,使光源的尺寸与光源到光栅光调制器之间的距离比满足小于0.03这个条件。在该光源照明下,光栅光调制器的频谱面上的光强分布如图8所示。从图8可以看出,尽管LED的芯片具有一定尺寸,但在光栅光调制器的频谱面上,各级谱的分布并未发生重叠交错现象。根据理论分析,当器件的上下反射面之间的光程差满足亮态或

暗态情况时,在频谱面上或是出现0级光或是出现±1级光,而在实验现象中发现0级和±1级甚至高级谱都存在一定的能量分布,出现这种情况的原因可能是实验所用到的光栅光调制器的上下反射面之间的光程差并不严格满足亮态或暗态的情况,从而使在光栅光调制器的频谱面上光能量没有高度集中,而是分散在各级光谱位置。反过来,这种结果恰好可以清楚地看到各级谱点没有发生重叠这个现象,从而不会对后续的光学信息处理产生不利影响。

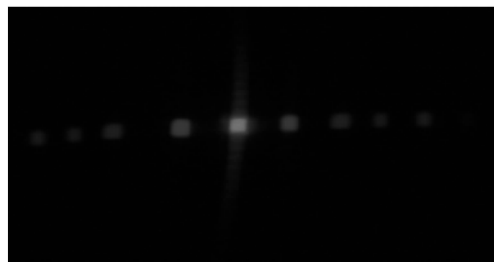


图8 用LED作光源时,频谱上的光强分布情况

Fig. 8 Light intensity in spectrum irradiated by LED

在用红光LED照明的情况下,通过改变器件的光程差 h ,并在频谱面上进行合适的空间滤波,在像

面上就可以得到对应的明暗态,具体如图 9 所示,图 9(a)是亮态的情况,此时文字显示为浅色,图 9(b)对应暗态的情况,此时文字显示为深色。通过这个实验说明在采用 LED 作为光栅光调制器的照明光源时,尽管光源具有一定的带宽和空间尺寸,但是在控制器件的光程差和适当空间滤波后,在像面上都会显示图象的明暗态,并实现显示的效果。

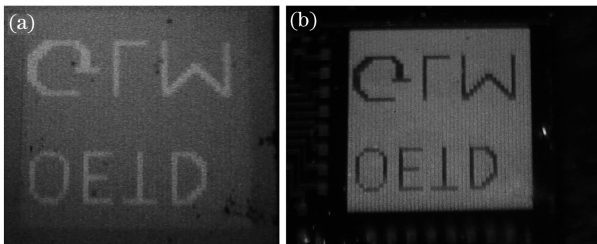


图 9 明(a)、暗(b)状态下像面上的图像显示

Fig. 9 Photo in image plane in condition of brightness (a) and darkness (b)

6 结 论

本文从 LED 用于 GLM 阵列照明光源的应用背景出发,通过部分相干光理论分析和 MATLAB 光学仿真,并以 OSRAM 公司 LE ATB A2A 型 LED 为计算原型,发现光源带宽对成像对比度影响很大,由于 LED 的光谱呈高斯分布,大部分光能量集中在中心波长附近,因此采用光谱滤波后在保证一定光能量的情况下将大大增加对比度,分析证明将带宽滤至 10 nm 时,对比度将提高到 225,能满足一般显示的要求。

此外,LED 芯片的空间尺寸决定了当光源与光栅光调制器的距离较近时点光源的假设不再成立,而计算结果表明当光源尺寸与光源到器件的距离之比小于 0.03 时,频谱面上各级次的分布未对信息处理带来影响,从而对最终的显示质量不会产生不利影响。并通过实验加以验证,从而说明了理论和仿

真的正确性。

参 考 文 献

- 1 Kerwin Wang. *Micro-Optical Components for a MEMS Integrated Display* [D]. Doctoral dissertation of University of Washington, 2004. 4~8
- 2 Xu Yang, Wu Jihong, Liu Litian *et al.*. Design and fabrication of a F-P optical switch based on MOEMS technology[J]. *Chin. J. Semiconductors*, 2002, **23**(8): 841~845
徐 杨,吴霁虹,刘理天 等. 基于 MOEMS 技术的一种 F-P 光开关的设计与制作[J]. *半导体学报*, 2002, **23**(8): 841~845
- 3 Li Wei, Liu Deming, Yang Chunyong *et al.*. Design and implementation of a novel low cost intelligent optical wavelength cross converter connect [J]. *Chin. J. Lasers*, 2006, **33**(3): 351~355
李 蔚,刘德明,杨春勇 等. 一种低成本智能全光波长交叉交换连接器的设计和实现[J]. *中国激光*, 2006, **33**(3): 351~355
- 4 Sun Jiyong, Huang Shanglian, Zhang Jie *et al.*. Transmitting Fabry-Pérot light modulator for display application [J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(12): 2240~2244
孙吉勇,黄尚廉,张 洁 等. 用于显示的透射型法布里珀罗光调制器[J]. *光学学报*, 2007, **27**(12): 2240~2244
- 5 J. B. Sampsell. An overview of the digital micromirror device (DMD) and its application to projection displays [J]. *SID International Symposium Digest of Technical Papers*, 1993, **24**: 1012~1015
- 6 D. M. Bloom. The grating light valve; revolutionizing display technology[C]. *Proc. SPIE*, 1997, **3013**: 165~171
- 7 Zhang Jie, Huang Shanglian, Fu Hongqiao *et al.*. Optical characteristics analysis and simulation of grating light valve[J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, **25**(11): 1452~1456
张 洁,黄尚廉,付红桥 等. 光栅光阀的光学特性分析和仿真[J]. *光学学报*, 2005, **25**(11): 1452~1456
- 8 Zhang Jie, Huang Shanglian, Yan Xu *et al.*. Optimization and analysis for structural parameters of grating moving light modulator[J]. *Acta Optica Sinica*, 2006, **26**(8): 1121~1126
张 洁,黄尚廉,闫 许 等. 光栅平动式光调制器结构参数的优化分析[J]. *光学学报*, 2006, **26**(8): 1121~1126
- 9 Sun Jiyong, Huang Shanglian, Zhang Jie *et al.*. Optical analysis and experiments of two-dimensional grating light modulator array [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(6): 1136~1140
孙吉勇,黄尚廉,张 洁 等. 二维光栅光调制器阵列的光学分析与实验[J]. *光学学报*, 2008, **28**(6): 1136~1140
- 10 Max Born, Emil Wolf. *Principles of Optics* [M]. Huang Letian transl., Beijing: Science Press, 1981
M. 玻恩, E. 沃耳夫. *光学原理* [M]. 黄乐天 译, 北京: 科学出版社, 1981