

文章编号:1004-4213(2011)06-0872-6

微型激光光学引擎中光学噪音的抑制

张薇^{1,2}, 杨波¹, 庄松林¹

(1 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海市现代光学仪器重点实验室, 上海 200093)

(2 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710119)

摘 要:分析了微型激光投影引擎的两种主要光学噪音:干涉网格和激光散斑产生的机理;提出采用振动的随机位相板同时实现干涉网格和激光散斑抑制的方法并进行了理论分析;自行设计了微型激光投影引擎,利用微型电控马达带动随机位相板振动,用 CCD 相机在不同的 F# 及曝光时间下对投影图像进行了采集,并对图像的散斑对比度进行了测试.结果表明,通过静止的随机位相板可以很好地抑制干涉网格噪音;通过使随机位相板以大于视觉暂留效应形成的融合频率进行振动,可以同时抑制干涉网格和激光散斑,使得散斑对比度小于 5%,达到投影观察的要求.

关键词:微型投影;激光光源;光学噪音;散斑对比度;随机位相板

中图分类号:O439

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20114006.0872

0 引言

随着科技的发展,显示技术的应用越来越深入到人们工作生活的各个方面.微型投影显示系统能够方便的提供一种不受器件尺寸限制的显示方式,越来越受到人们的重视.

激光是一种新型光源,与普通光源相比具有单色性、方向性、相干性好且亮度高等优点,在微型投影光学引擎中具有很大的优势.将激光作为微型投影光学引擎的光源,在色度图上具有最大的色三角形区域,因此,能够实现更高的对比度、亮度.尤其在使用反射型硅基液晶光调制器(Liquid Crystal on Silicon, LCOS)的光学引擎中,激光光源的光学效率将高出其它光源近 50%.

但是,采用激光作为投影引擎的光源,也存在其特有的技术问题必须解决,其中最重要的问题之一就是光学噪音的抑制.由于激光的光能量成高斯分布,不易产生均匀的照明效果.在激光显示中,为了在像面上实现均匀照明,常采用复眼透镜阵列匀光.由于激光的相干性,阵列中的多个微小透镜将入射光束分割为多个相干子光束,各相干子光束会在像面上形成网格状图案的干涉花纹,严重影响图像质量.另一方面,激光光源照射到粗糙物体的表面会形

成激光散斑,从而降低图像的对比度和分辨率,严重影响成像质量.因此,为了使激光投影出的图像符合投影观看要求,必须对网格、散斑等光学噪音进行有效消除.

不少科研工作者曾提出抑制散斑的很多方法,如利用不同波长的光源、利用脉冲激光的叠加、移动散射体、移动孔径光阑、振动屏幕、超声光栅等方法^[1-7]来降低散斑对比度.但将这些方法应用于微型投影光学引擎中,由于体积结构的限制,都存在一定困难.

本文从理论上分析了微型激光投影引擎中两种主要光学噪音的产生机理及特征,提出在系统的适当位置加入振动的随机位相板,对干涉网格及激光散斑同时进行抑制,将系统的散斑对比度降低至 5% 以下,达到了投影观察的要求.具有方法简便,易于实现的优点;同时成本低,有利于规模化生产.在此基础上研制了整体体积约为 40 mm × 30 mm × 20 mm 的微型激光投影引擎,实现了口袋式投影.

1 微型激光光学引擎的光学噪音分析

1.1 网格噪音产生及抑制的理论分析

1.1.1 网格噪音的产生机理

在投影显示照明系统中,常根据光源的发光特

基金项目:中国博士后科学基金(No. 20100470712)、上海市教委科研创新项目(No. 10YZ98)和上海市重点学科建设(No. S30502)资助

第一作者:张薇(1978-),女,助理研究员,博士,主要研究方向为微光学与新型光学仪器. Email: zwopxa@gmail.com

收稿日期:2010-11-01;修回日期:2010-12-31

性和尺寸,采用不同的方式调整照明光束的数值孔径和形状,实现以高效率、均匀照明,常采用的一种简单、有效的方式是微型透镜阵列。

实际使用中一般采用两组透镜阵列,靠近光源一侧的第一透镜阵列,将光源成像到靠近空间光调制器的第二透镜阵列焦面上,形成一个虚拟光源的阵列。其中第一透镜阵列的作用是将光源的出射光束切割成许多子光束,第二透镜阵列的作用是将第一透镜阵列上的相应透镜单元成像到空间光调制器上,使之处于共振关系。光源所发出的光束经过切割重叠后,在空间光调制器上就会获得均匀的照明光场。在设计中,为了简化结构及方便装调,将两组透镜阵列制作为一个器件,如图 1(a)。

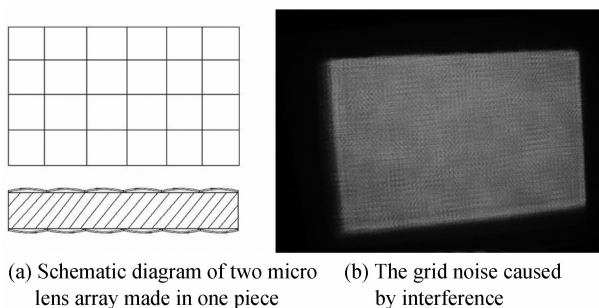


图 1 微型透镜阵列及其形成的干涉网格图案

Fig. 1 Schematic diagram drawing of the micro lens array and the grid noise caused by interference

当第一透镜阵列单元透镜的 $F\# \ll$ 光源的 $F\#$ 时,出射光斑形状主要由阵列单元透镜的形状决定。因此,第一透镜阵列决定了出射光斑的形状,其长宽比应与被照明的空间光调制器相匹配。光源发出的光出射后经第一透镜阵列,其出射光束是所有微透镜单元与入射光强卷积后的叠加

$$I_{\text{Beam}} = \sum_{i,j} R_{\text{Lensarray}} * I_{\text{Source}} \quad (1)$$

式中, i, j 包含了透镜阵列中的所有单元。

从几何光学的角度考虑,每一个单元透镜类似于一个点光源在像面上叠加;但多个微小透镜分割入射光束,每个子束是相干的,考虑到衍射效应的影响,在像面上产生的典型能量分布是非涅尔衍射图案和多光束干涉条纹的卷积。通过略离焦可以消除衍射斑纹,但干涉条纹却无法消除。

如图 1(b),这种多光束干涉将形成如网格状的能量分布。这样的网格噪音会严重影响投影图像的质量,因此,在微型投影激光光学引擎中,采用透镜阵列进行匀光时必须考虑对网格噪音的消除。

1.1.2 网格噪音的抑制理论

要消除像面上的网格噪音,可以通过改变出射光束的相干性,消除其空间相干的方法。

随机位相板是一种由许多阵列状排列的小位相单元组成的器件,每个小位相单元被随机地选择对入射光束引入 0 或 π 的相位延迟。将一块随机位相板放置在透镜阵列之后,随机位相板上的位相单元将多个入射子光束波面再分割为许多子波束,再经透镜聚焦在像面上,则像面上的光强分布由二次分割的各个子波束的衍射图样随机叠加确定,从而达到消除干涉图案的目的。它的原理为:

如考虑两点在像面上形成光强,则像面上的能量分布可表示为

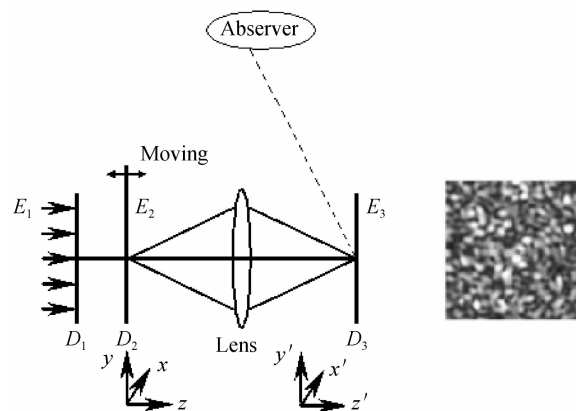
$$|E|^2 = |E_1|^2 + |E_2|^2 + 2E_1E_2 \cos [(k_1 - k_2) \cdot x - (\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)] \quad (2)$$

当相位差完全随机时,则式(1)的干涉项等于 0 ,从而达到消除干涉网格的效果。但是,将随机位相板的引入,不可避免地又会在像面上产生新的干涉散斑,这在投影图像的使用中也必须采取一定的抑制方法。

1.2 激光散斑的产生及抑制理论分析

1.2.1 激光散斑的产生机理

当一束平行激光照射到相对光波长而言的粗糙平面上,表面上各点都要向空间散射光,这些光的振幅和位相呈现无规分布。来自粗糙物体表面上各个小面积元射来的基元光波将相互干涉而产生颗粒状的图样,即激光散斑,如图 2(b)。在微型激光投影光学引擎中,透镜阵列、随机位相板、投影镜头及投影屏幕等,都可认为是散斑产生的来源。



(a) Schematic diagram drawing of the system (b) Speckle phenomena

图 2 简化的系统模型

Fig. 2 Schematic diagram drawing of the simplified system

一般来说,按照光场的传播方式,可将散斑分为远场散斑、近场散斑和像面散斑三种。对微型激光投影光学引擎而言,在投影平面和人眼视网膜上形成的散斑都属于像面散斑,可认为是由成像系统出瞳平面上的光场通过自由空间传播在像面上形成的。散射后的激光光束在投影屏上形成的散斑称为一次

散射散斑;经投影屏再次散射后,经人眼的光学系统,在视网膜上形成的散斑,称为二次散射散斑.在一定的近似条件下,一次散斑和二次散斑具有相同的变化规律,且当投影物镜的数值孔径远大于人眼的数值孔径时(一般与实际情况符合),投影屏的散射对观察者观察到的图像的影响可以忽略^[6].这样,可以仅考虑投影屏上的一次散斑分布情况.

常用散斑对比度来表征散斑图案的严重程度,定义为观测时间内观察面上光强的标准差与均值之比

$$S = \frac{1}{I_{\text{ave}}} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - I_{\text{ave}})^2} \quad (3)$$

式中: $I_{\text{ave}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i$. 散斑对比度越大,散斑图案越强,对投影图像质量的影响也越严重.

1.2.2 激光散斑的抑制理论

根据光场的标量理论,散斑的形成可以由一个叠加积分表征.若已知单色光场在 $x_0 y_0$ 平面上的复振幅分布 $E_0(x_0, y_0)$,光场在 $x_0 y_0$ 平面与平行的 xy 平面间传播过程的权函数为: $h(x, y; x_0, y_0)$,则 xy 平面上光场的复振幅分布可表示为

$$E(x, y) = \iint_s E_0(x_0, y_0) h(x, y; x_0, y_0) dx_0 dy_0 \quad (4)$$

式中, s 由 $x_0 y_0$ 平面上光场分布范围决定.

当在照明光路中引入随机位相板时,可将系统简化为图 2(a).

图中, D_1 代表微型激光投影光学引擎中除投影屏和引入的位相调制器以外其余元件的散射, D_2 代表引入的位相调制板, D_3 为投影屏; Lens 为投影物镜.设激光光场 E_1 经散射板 D_1 和位相板 D_2 调制后,经透镜 Lens 成像在散射板 D_3 上,形成散射散斑光场 E_3 .假设透镜 Lens 的横向放大率为 M ,脉冲响应函数为 h . D_1 、 D_2 和 D_3 的复振幅透过率分别为 $D_1(r)$ 、 $D_2(r)$ 和 $D_3(r)$.

假设^[6-7] $D_1(r)$ 、 $D_2(r)$ 为平稳的随机变量,且彼此间相互独立;并忽略 D_1 、 D_2 和 D_3 对光能的吸收;同时设 $E_1(r) = 1$.

如图 2,在平面 D_2 上以光轴为中心建立坐标系 xyz ,在平面 D_3 上建立坐标系 $x'y'z'$.则在平面 D_2 和 D_3 间的坐标系变换关系为

$$\begin{cases} x = x'/M \\ y = y'/M \\ z = z' \end{cases} \quad (5)$$

因此,当考虑随机位相板以一定方式运动时,平面 D_2 和 D_3 上的光场可表示为

$$E_2 = E(r, t) = E_1(r) D_1(r) D_2(r - vt) \quad (6)$$

$$E_3(r, t) = E_2(r, t) * h(r)$$

式中, $*$ 表示卷积运算, v 是随机位相板的速度.

在 t 时刻, D_3 上的瞬时光强度可表示为

$$I_3(r, t) = |E_3(r, t)|^2 = |E_1(r, t) D_1(r) * D_2(r, vt) * h(r)|^2 \quad (7)$$

则在 T 时间内 D_3 上的平均光强度可表示为

$$\overline{I_{3T}}(r, t) = \int_{t-T/2}^{t+T/2} I_3(r, t) dt \quad (8)$$

在 D_3 上 T 时间内的散斑对比度为

$$S = \sigma / \langle \overline{I_{3T}} \rangle \quad (9)$$

式中, σ 为 D_3 上平均光强 $\overline{I_{3T}}$ 的标准差, $\langle \overline{I_{3T}} \rangle$ 是平均光强的系宗平均.

由于假设 $D_1(r)$ 、 $D_2(r)$ 为平稳的随机变量且相互独立,因此平均光强 $\overline{I_{3T}}(r, t)$ 与观测点位置和起始时间无关,也就是说,其系宗平均是一个常量

$$\langle \overline{I_{3T}} \rangle = C$$

则 D_3 上平均光强 $\overline{I_{3T}}$ 的标准差 σ 可表示为

$$\sigma = \sqrt{R_{\overline{I_{3T}}}(0, 0) - [\langle \overline{I_{3T}}(r, t) \rangle]^2} \quad (10)$$

式中, $R_{\overline{I_{3T}}}(r, \tau)$ 是 $\overline{I_{3T}}$ 的自相关函数

$$R_{\overline{I_{3T}}}(r, \tau) = \langle \overline{I_{3T}}(r_1, t_1) \overline{I_{3T}}(r_2, t_2) \rangle \quad (11)$$

式中: $\tau = t_1 - t_2$, $r = r_1 - r_2$.

由于 T 时间内的平均光强 $\overline{I_{3T}}(r, t)$ 与任意时刻的瞬时光强 $I_3(r, t)$ 存在线性关系,将 $\overline{I_{3T}}(r, t)$ 的自相关函数以 $I_3(r, t)$ 的自相关函数表示,同时考虑 $E_3(r, t)$ 为高斯复随机变量,可以将标准差 σ 简化为

$$\sigma = \left\{ \left[|R_{D_1}(r) R_{D_2}(r - vt) * R_h(r)|^2 * g(\tau) * g(-\tau) \right]_{\tau=0}^{1/2} \right\}^{1/2} \quad (12)$$

式中

$$R_{D_1}(r) = \langle D_1(r_1) D_1^*(r_2) \rangle$$

$$R_{D_2}(r - vt) = \langle D_2(r_1 - vt_1) D_2^*(r_2 - vt_2) \rangle \quad (13)$$

$g(t)$ 为特殊函数

$$g(t) = \begin{cases} 1/T, & |t| < T/2 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (14)$$

假设 Lens 的脉冲响应函数 $h(r)$ 的宽度远远大于 D_1 、 D_2 位相单元的宽度,则 $R_h(r)$ 的宽度远远大于 $R_{D_1}(r)$ 、 $R_{D_2}(r)$ 的宽度.同时有

$$R_{D_1}(r) = R_{D_1}(0) * R_{D_1}(-r) \quad (15)$$

$$R_{D_2}(r) = R_{D_2}(0) * R_{D_2}(-r)$$

$$\text{令 } R_d(v\tau) \text{ 为 } R_{D_1}(r)、R_{D_2}(r) \text{ 的归一化相关函数} \\ R_d(v\tau) = [R_{D_1}(v\tau) * R_{D_2}(-v\tau)] / [R_{D_1}(0) * R_{D_2}(0)] \quad (16)$$

则可将标准差 σ 写为

$$\sigma = \sqrt{C^2 |R_d(v\tau)|^2 * g(\tau) * g(-\tau)} \Big|_{\tau=0} \quad (17)$$

则 D_3 上散斑的对比度可表示为

$$S = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} |R_d(v\tau)|^2 d\tau} = \sqrt{\frac{1}{vT} \int_{-\infty}^{+\infty} |R_d(v\tau)|^2 d(v\tau)} \quad (18)$$

记: $P = \int_{-\infty}^{+\infty} |R_d(v\tau)|^2 d(v\tau)$ 可将上式简化为

$$S = \sqrt{P/vT} \quad (19)$$

可见,通过在人眼积分时间内移动随机位相板,并通过图像叠加的方式减小散斑对比度,实现对散斑的抑制。

2 微型激光光学引擎光学噪音抑制的实验及结果

2.1 实验模型

可以采用在复眼透镜阵列后添加运动的随机位相板的方式,同时实现对网格噪音和散斑噪音的抑制。

图 3(a)是本文设计的一种微型激光光学引擎结构示意图,图 3(b)是实验中的微型激光投影引擎实物模型。

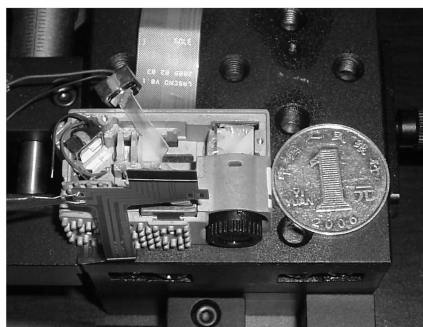
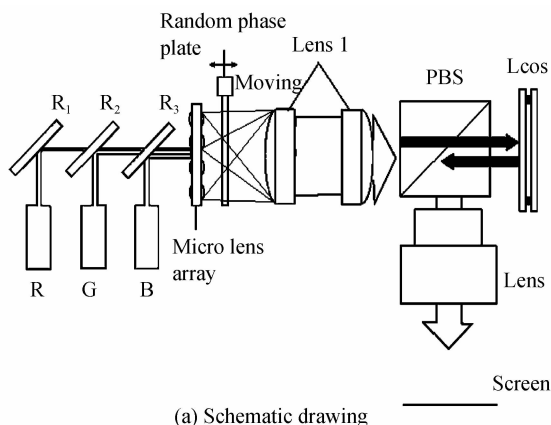


图 3 微型激光光学引擎结构和本文设计的微型激光光学引擎
Fig. 3 Schematic diagram drawing of micro laser projector and its designed model

R、G、B 为三色激光光源,通过 R_1 、 R_2 、 R_3 三片

具有光谱选择性的反射镜(或半透半反镜)后合为一束;然后再通过两个微透镜阵列实现匀光,可振动的随机位相板(Random Phase Plate, RPP)位于透镜阵列之后. Lens1 是一组集束透镜,用于更好的聚焦、调制匀化后的光束. 光束经过 Lens1 透镜组后,通过偏振分光棱镜(Polarized Beam Splitter, PBS)照射在 LCOS 上,经 LCOS 调制并反射后偏振特性发生改变,再通过 PBS 反射进入投影镜头组 Lens,最终投影于投影屏幕上. 整个微型激光引擎的尺寸约为 $40 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$,实现了口袋式投影。

实验中采用的随机位相板是一种散射型位相板,采用全息成像技术纪录毛玻璃相位,通过模压在高透明度树脂膜表面形成粗化效果. 由于散射板表面随机的微小凹凸结构改变了光线入射后光程,从而引入位相的随机变化. 位相单元尺寸约 $30 \mu\text{m}$.

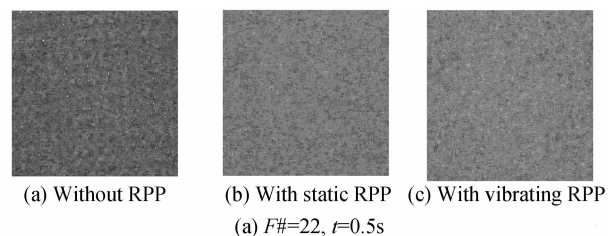
为了考察随机位相板在静止及振动情况下对两种光学噪音的抑制能力,在不同情况下拍摄了像面上的投影图像,并利用 matlab 软件计算了像面上的散斑对比度. 由散斑对比度的定义可知,其表征的是观测时间内观察面上光强度的分布均匀性,因此,对于干涉网格噪音的影响,同样可以用其来进行表征。

将随机位相板安装于由输入电流控制的微型振动马达上做正弦振动,振动频率应大于人眼由于视觉暂留效应形成的融合频率,在实验中则应大于 CCD 相机的曝光时间的倒数;同时,为了更好的获得位相改变的随机性,实验中将振幅设置为大于 50 个位相单元尺寸。

2.2 实验结果

实验中为获得更清晰的图像,采用了 532 nm 绿光光源,由于颜色信息并不会改变光学噪音的分布和构成,因此在用 matlab 软件进行计算时丢弃了颜色信息,只对灰度进行了计算。

将微型投影光学引擎置于距投影屏 80 mm 处,照相机放置在投影屏幕的反射方向距离屏幕 150 mm 处对投影图像进行拍摄. 随机位相板的振动频率大于 100 Hz ,衰减率小于 8% . 投影物镜的 $F\# = 3.5$,将照相机镜头的 $F\#$ 设置为 22 ,曝光时间 $t = 0.5 \text{ s}$,获得的实验结果如图 4(a). 照相镜头 $F\# = 10$,曝光时间 $t = 1/10 \text{ s}$,实验结果如图 4(b).



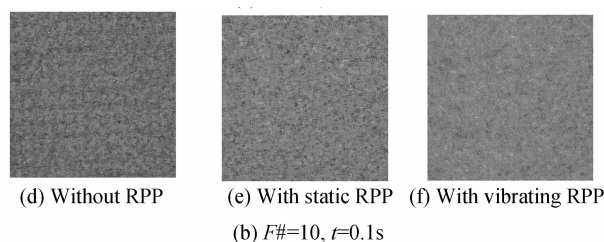


图4 不同相机设置下散斑对比度抑制情况

Fig. 4 Calculation of the speckle contrast when the camera at different parameter setting

按照定义,利用 matlab 软件计算了各幅图像的散斑对比度,所得结果见表 1.

表 1 不同设置下散斑对比度计算结果

Table 1 Calculations results of the speckle contrast at different setting parameters

	F#	Exposure time/s	Speckle contrast
Without RPP	22	0.5	0.071 8
With static RPP	22	0.5	0.069 8
With vibrating RPP	22	0.5	0.054 6
Without RPP	10	0.1	0.068 4
With static RPP	10	0.1	0.059 3
With vibrating RPP	10	0.1	0.039 6

通常认为当散斑对比度小于 5% 时,对于观察者来讲可以接受.从计算数据可以看出,当使用静止的位相板时,散斑对比度有所减小;当采用振动的位相板时,散斑对比度达到了观察要求.

3 结论

在微型投影引擎中,采用半导体激光光源具有亮度高、显色性好、光学效率高的优点,但由于其相干性,在使用中必须解决光学噪音的抑制问题.微型激光投影引擎的光学噪音主要包括干涉网格和激光散斑两种.在简化模型的基础上,分析了静止随机位相板消除干涉网格,及采用振动的随机位相板抑制激光散斑的基本原理.设计了微型激光投影引擎,利用电流控制的微型振动马达带动随机位相板,对光学噪音的抑制能力进行了测试.结果表明,通过在光路中加入静止的随机位相板,可以消除成规律状排列的网格噪音,并减小散斑对比度;通过使随机位相板以大于视觉暂留效应形成的融合频率进行振动,

可以同时抑制两种光学噪音,使得散斑对比度小于 5%,达到投影观察的要求.利用振动的随机位相板抑制微型激光投影引擎光学噪音的方法具有成本低、易实现的优点,有利于规模化生产,尤其适用于采用 Lcos 器件作为光调器的微型投影引擎中.

参考文献

- [1] HA W, LEE S, JUNG Y, *et al.* Speckle reduction in multimode fiber with a piezoelectric transducer in radial vibration for fiber laser marking and display applications[C]. *SPIE*, 2008, **6873**: 68731V1-68731V8
- [2] AKRAM M N, KARTASHOV V, WANG K, *et al.* Laser speckle reduction using dynamic polymer-based diffraction grating spatial phase modulator [C]. *SPIE*, 2009, **7382**: 73822H1-73822H9.
- [3] FURUKAWA Akio, OHSE Norihiro, SATO Yoshifumi, *et al.* Effective speckle reduction in laser projection displays[C]. *SPIE*, 2008, **6911**: 69110T-1-69110T-7.
- [4] HAO Li, ZHANG Yue, LIU Wei-qi, *et al.* Speckle suppression in laser display[J]. *Laser & Infrared*, 2006, **36** (10): 927-930.
郝丽, 张岳, 刘伟奇, 等. 激光显示中散斑的抑制[J]. *激光与红外*, 2006, **36**(10): 927-930.
- [5] LI Xia, HAO Li, LIU Wei-qi, *et al.* Speckle reduction in laser display [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2007, **22**(3): 320-324.
李霞, 郝丽, 刘伟奇, 等. 激光显示中散斑减弱的研究[J]. *液晶与显示*, 2007, **22**(3): 320-324.
- [6] LIAO Zhi-jie, XING Ting-wen, LIN Wu-mei, *et al.* Twice scattering speckle patterns suppression in laser projection display[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2009, **36** (1): 45-51.
廖志杰, 邢廷文, 林妩媚, 等. 激光投影显示中二次散射散斑抑制方法[J]. *光电工程*, 2009, **36**(4): 45-51.
- [7] TRISNADI J I. Hadamard speckle contrast reduction [J]. *Optics Letters*, 2003, **29**(1): 11-13.
- [8] GUREVICH B S. Laser projection displays based on acoustoopic devices [J]. *Journal of Optical Technology*, 2003, **70**(7): 500-503.
- [9] LI Xin-zhong, DAI Qin, WANG Yong-yang, *et al.* Study on statistical characteristics of speckle patterns generated by optical disk information marks [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(11): 1705-1708.
李新忠, 岱钦, 汪永阳, 等. 光盘信息符散斑图的统计特性研究 [J]. *光子学报*, 2006, **35**(11): 1705-1708.
- [10] ZHAO Hua-long, LIANG Zhi-yi, SHI Xing-chun, *et al.* The design of led using in optical projector [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(2): 244-246.
赵华龙, 梁志毅, 石兴春, 等. 利用 LED 的投影系统光源设计 [J]. *光子学报*, 2007, **36**(2): 244-246.

Reduction of the Optical Noise in Micro Laser Projector

ZHANG Wei^{1,2}, YANG Bo¹, ZHUANG Sun-lin¹

(1 *Shanghai Key Laboratory of Contemporary Optical System, Optical and Electronic Information Engineering College, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China*)

(2 *Xi'an Institute of Optical & Precision Mechanics of CAS, Xi'an 710119, China*)

Abstract: The reason of the two kinds of optical noise including grid noise and speckle noise is analyzed. A method of reducing the both two kinds of optical noise by a moving random phase plate is introduced. And the theoretic principle is deduced. A micro projector model is designed, in which a random phase plate is driving for vibration by a micro electric controlled motor. The projected imaging was obtained by a CCD camera with different F# and exposure time. The speckle contrast of the projected imaging is calculated. It is shown in the results that when the random phase plate is static, the grid noise can be reduced well. When the random phase plate is vibrated in a frequency higher than the frequency based on the vision hysteresis, the two kinds of optical noise can both be reduced. The final speckle contrast of the projected imaging is less than 5%, which can be satisfied with the projection display application.

Key words: Micro projector; Laser source; Optical noise; Speckle contrast; Random phase plate