

文章编号 1004-924X(2012)07-1440-07

## 毛细管成像法精确测量微量液体的折射率

李 强, 孙丽存, 韩广辉, 李 宇, 普小云\*  
(云南大学 物理科学技术学院 物理系, 云南 昆明 650091)

**摘要:**介绍了一种用玻璃毛细管成像法精确测量微量液体折射率的方法及测量装置。该方法以充入透明液体的毛细管构成柱透镜, 基于共轴球面光学系统的成像原理, 对光学成像系统的放大率进行单一参数的测量, 进而计算出待测液体的折射率。测量了纯水、乙醇、乙二醇、丙三醇的折射率, 各种待测样品的需要量均小于 0.002 mL, 结果显示本试验装置的测量准确度与目前商用阿贝折射仪( $\pm 0.0002$ )相当。另外, 测量了不同浓度的乙二醇水溶液的折射率, 并对测量的数据点进行了曲线拟合, 测试结果与阿贝折射仪测量结果和理论公式计算结果所拟合曲线吻合完好。该方法具有待测液体用量极少、操作方便和折射率测量精度高的特点, 适用于微量液体折射率的精确、快速测量。

**关键词:**微量液体; 折射率测量; 毛细管成像法; 横向放大率

中图分类号: TB96; TH741.1 文献标识码: A doi: 10.3788/OPE.20122007.1440

## Measurement of refractive index of micro-quantity liquid by glass capillary imaging

LI Qiang, SUN Li-cun, HAN Guang-hui, LI Yu, PU Xiao-yun\*

(Department of Physics, School of Physical Science and Technology,  
Yunnan University, Kunming 650091, China)

\* Corresponding author, E-mail: xyphu@163.com

**Abstract:** A measuring method for the refractive index of micro-quantity liquid within a glass capillary was introduced. The capillary filled with liquid samples was used as a sphero-cylindrical lens in the system and a couple of objective lenses together with the glass capillary was used to image a micro-ruler onto a CCD imaging plane. As the image size and lateral magnification were very sensitive to the liquid filled in the capillary, the refractive index of the liquid could be exactly calculated by measuring the image-lateral magnification. The refractive indexes of four standard liquid media, pure water, ethanol, ethylene glycol and glycerin were measured, and experiments show that the accuracy of this equipment is the same as that of an Abbe refractometer ( $\pm 0.0002$ ), and the quantity of liquid samples required by measurement is less than 0.002 mL. Moreover, the refraction indexes of a series of ethylene glycol with various concentrations were also calculated by this method and the results were compared with the values measured by the Abbe refractometer. These results demonstrate that the proposed method is characterized by micro-quantity sample required, easy operation and high measure-

收稿日期: 2011-11-21; 修订日期: 2012-02-25.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(No. 11164033); 云南省应用基础研究基金资助项目(No. 2011FA006)

ment accuracy and it is suitable for the measurement of micro-quantity liquid quickly and exactly.

**Key words:** refractive index of liquid; refractive index measurement; glass capillary imaging; lateral magnification

## 1 引言

折射率是透明液体的重要光学参数,借助折射率能了解物质的光学性能、纯度、浓度、以及色散等性质,其他一些参数(如扩散系数)也与折射率密切相关。液体折射率的精确测量在化工、医药、食品、石油等工业部门和高校实验中都有重要的应用价值<sup>[1]</sup>。常用的折射率测量方法有干涉法、掠入射法(阿贝折射仪)、CCD测量法等,随着技术的不断更新和发展,折射率测量方法也因不同领域的要求不同而不断更新,但至今一直没有较好的方法能精确测量有毒、易挥发液体及珍贵样品的折射率<sup>[2]</sup>。本文基于毛细管成像法,提出了一种测量透明液体折射率的新方法。这种测量方法利用装有透明待测液体的玻璃毛细管作为柱面透镜,基于共轴球面光学系统的成像原理,对光学成像系统的放大率进行单一参数的测量,进而计算出待测液体的折射率。与毛细管焦点法测量微量液体折射率<sup>[3-4]</sup>的方法相比,这种方法既保持了液体微量测量的特点,又克服了测量毛细管外轮廓(管轴位置)时由于边缘衍射带来的测量误差,其实验装置更加稳定。用此方法测量了纯水、乙醇、乙二醇、丙三醇的折射率,结果与目前商用阿贝折射仪的测量精度相当。同时还测量了不同浓度乙二醇水溶液的折射率,并对测量的数据点

进行了曲线拟合,结果与阿贝折射仪测量结果和理论公式计算结果的拟合曲线吻合完好。

## 2 实验部分

### 2.1 测量装置和原理

#### 2.1.1 测量装置

毛细管成像法测量折射率分布装置是由3个透镜组成的复合光学系统,如图1所示。钠灯发出的光线照亮多孔板,多孔板上的3个透光孔(孔宽为1.5 mm,孔间距为6 mm)作为物光源。首先由物镜1( $\times 10$ 显微物镜)成像到平面1,装有待测液体的毛细管将平面1上的物成像到平面2上,再由物镜2( $\times 10$ 显微物镜)将平面2上的物成像到CCD阵列上,CCD将采集到的像数字化处理后传输到计算机终端上。平面1是物镜1的像面,记为 $\pi$ ;平面2是物镜2的物面,记为 $\omega$ 。待测毛细管沿横向( $z$ 轴方向)固定,可由电控位移台(Leetro DMD402A V1.1)带着沿竖直方向( $y$ 轴)运动;钠灯、多孔板、物镜1、物镜2和CCD阵列放置在可移动导轨上,可以调整移动相对位置(移动过程中钠灯、多孔板、物镜1的相对位置保持不变;物镜2和CCD阵列的相对位置保持不变,所以 $\pi$ 平面到物镜1的距离固定, $\omega$ 平面到物镜2的距离固定),或电控沿水平方向( $z$ 轴)做整体运动。

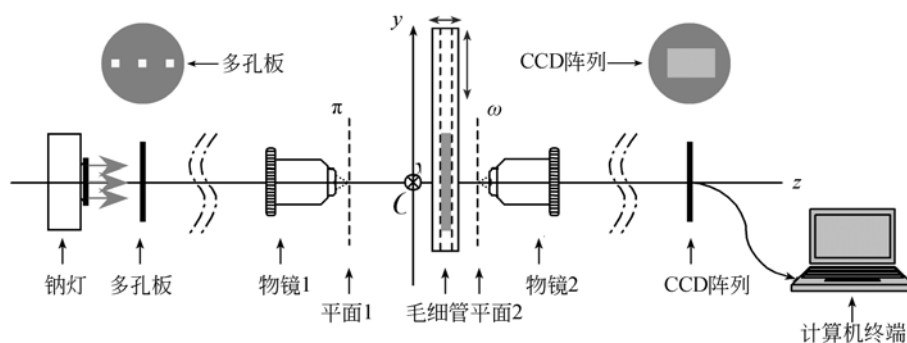


图1 装置示意图

Fig. 1 Diagram of measurement setup

2.1.2 测量原理

2.1.2.1 石英毛细管的焦点公式推导

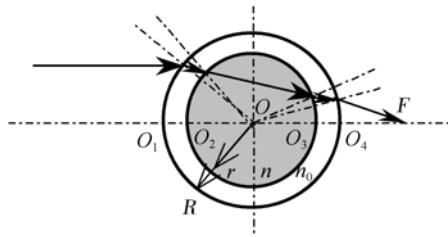


图 2 光线折射路线图  
Fig. 2 Refraction path of light

装入待测液体的石英毛细管构成一个由 4 个共轴圆柱面组成的柱透镜。设  $R, r, n_0$  为毛细管的外半径、内半径和管壁折射率, 毛细管内部所装液体折射率为  $n$ 。如图 2 所示, 平行光经过 4 次折射 (折射面  $O_1, O_2, O_3$  和  $O_4$ ) 和 3 次传递 ( $O_1 O_2, O_2 O_3$  和  $O_3 O_4$ ) 过程后汇聚到柱透镜的焦点位置  $F$ 。则 4 个折射矩阵分别是:

$$\mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} 1 & \phi_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}_1, \phi_1 = \frac{n_0 - 1}{R};$$

$$\mathbf{R}_2 = \begin{bmatrix} 1 & \phi_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}_2, \phi_2 = \frac{n - n_0}{r};$$

$$\mathbf{R}_3 = \begin{bmatrix} 1 & \phi_3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}_3, \phi_3 = \frac{n_0 - n}{r};$$

$$\mathbf{R}_4 = \begin{bmatrix} 1 & \phi_4 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}_4, \phi_4 = -\frac{1 - n_0}{R}.$$

3 个传递矩阵分别是:

$$\mathbf{T}_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{R-r}{n_0} & 1 \end{bmatrix}_2; \mathbf{T}_{32} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2r}{n} & 1 \end{bmatrix}_3$$

$$\mathbf{T}_{43} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{R-r}{n_0} & 1 \end{bmatrix}_4;$$

系统的高斯矩阵可以表示为:

$$\mathbf{S}_{41} = \mathbf{R}_4 \mathbf{T}_{43} \mathbf{R}_3 \mathbf{T}_{32} \mathbf{R}_2 \mathbf{T}_{21} \mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} B & A \\ D & C \end{bmatrix}_1.$$

根据焦距的计算公式<sup>[5]</sup>  $f = \frac{n'}{A}$  (其中  $n'$  为像方空间的折射率) 可得:  $f = \frac{n_0 n R r}{2(n R + m_0 r - n r - n_0 R)}$ . (1)

由式(1)可得:

$$n = \frac{2 n_0 R f}{2 f (R - r) + 2 n_0 r f - n_0 R r}, \quad (2)$$

其中  $R, r$  由德国蔡斯 10096 型读数显微镜测量毛

细管横截面得到; 石英毛细管折射率  $n_0 = 1.458 4$ 。

2.1.2.2 放大率和待测液体折射率的关系

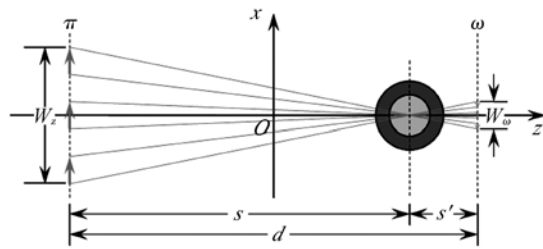


图 3 测量原理示意图  
Fig. 3 Principle of measurement with glass capillary

毛细管作为一个柱透镜, 仅具有垂直于轴径方向上的成像能力。图 3 显示了在  $xOz$  截面内毛细管将  $\pi$  面上的物成像于  $\omega$  面的情况。设毛细管的内外半径分别为  $r, R$ , 管壁折射率为  $n_0$ , 装入待测液体后的焦距为  $f$ , 毛细管成像的放大率为  $\gamma$ ,  $\pi$  面与  $\omega$  面的距离为  $d$ , 结合公式(2)、(3)、(4) 可求出管中待测液体的折射率, 其中

$$\gamma = \frac{W_\omega}{W_\pi} = \frac{s'}{s}, \quad (3)$$

$$f = \frac{\gamma}{(1 + \gamma)^2} d. \quad (4)$$

2.1.2.3 横向放大率的测量

横向放大率  $\gamma$  的测量方法如图 4 所示。在整个测量过程中保持物镜 2 和 CCD 的位置不变。首先移除毛细管, 钠灯、多孔板和物镜 1 整体向物镜 2 移动, 使多孔板作为物光源经过物镜 1 和物镜 2 后直接成像到 CCD 阵面上, 如图 4(a) 所示。此时, 物镜 1 的像面  $\pi$  和物镜 2 的物面  $\omega$  重

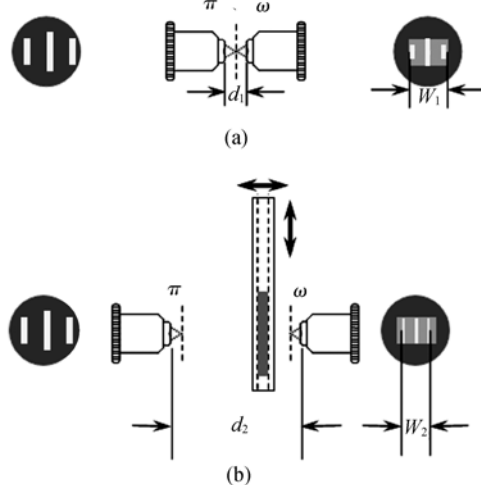


图 4 系统参数测量示意图  
Fig. 4 Measurement diagram of systemic parameters

合,  $d_1$  是物镜 1 和 2 的镜面距离; CCD 阵面上多孔板的宽度为  $W_1$ ,  $W_1 = \beta W_\pi$  ( $\beta$  是物镜 2 的横向有效放大倍率)。然后, 钠灯、多孔板和物镜 1 整体向物镜 2 移动一个距离  $d_2$  后, 装上并固定毛细管在  $Z$  轴的位置, 整体移动钠灯、多孔板和物镜 1 和物镜 2 的距离, 使多孔板经过物镜 1 和毛细管后成像在物镜 2 的物面  $\omega$  上, 再经物镜 2 后清晰成像到 CCD 阵面上, 如图 4(b) 所示。此时,  $W_2 = \beta W_\omega$ , 因为物镜 2 和 CCD 的相对位置固定不变, 所以图 4(a) 和图 4(b) 的  $\beta$  值相同, 则:

$$\gamma = \frac{W_\omega}{W_\pi} = \frac{W_2}{W_1}$$

在测量过程中,  $R, r, n_0, d, W_1$  保持不变, 只有  $W_2$  会因毛细管中待测液体的折射率不同而改变, 所以毛细管成像法测量折射率是一种单参数的测量方法。

## 2.2 测量步骤

如图 1 所示, 首先调整钠黄灯、多孔板、物镜 1、通光狭缝、毛细管和物镜 2, 使整个测量系统满足共轴条件。即两物镜镜筒中心轴线重合并构成该光学系统的光轴, 此光轴将通过竖直放置且相互平行的多孔板, 通光狭缝和毛细管的中心轴线。光路调整结束后, 计算机屏幕上所显示的多孔板的像应该是竖直的。

然后, 利用前述方法测量  $R, r, d, W_1$  等参数。

最后, 利用毛细现象将待测液体吸入毛细管中, 毛细管外壁无液体残留, 装上毛细管, 移动图 1 中的物镜 2 和 CCD 阵列, 直到得到多孔板的最清晰的像, 测量此时的像宽  $W_2$ 。

整个测量过程始终保持毛细管位置不变, 因此, 只需重复最后步骤, 测量  $W_2$  值, 利用公式(2)

就可求得各种待测液体的折射率。

## 3 测量结果

### 3.1 标准样品折射率的测量结果及分析

由式(4)可得:

$$\frac{\partial f}{\partial \gamma} = \frac{d(1-\gamma)}{(1+\gamma)^3} \quad (5)$$

由式(2)可得:

$$\frac{\partial n}{\partial f} = \frac{2n^2 R^2 r}{[2f(R-r) + 2nfr - nRr]^2} \quad (6)$$

所以有:

$$\frac{\partial n}{\partial \gamma} = \frac{\partial n}{\partial f} \cdot \frac{\partial f}{\partial \gamma} = \frac{2n^2 R^2 r}{[2f(R-r) + 2nfr - nRr]^2} \cdot \frac{d(1-\gamma)}{(1+\gamma)^3} \quad (7)$$

则放大率对折射率值的影响计算公式<sup>[6]</sup>为:

$$\Delta_n = \frac{2n^2 R^2 r}{[2f(R-r) + 2nfr - nRr]^2} \cdot \frac{d(1-\gamma)}{(1+\gamma)^3} |\sigma_\gamma| \quad (8)$$

测得式(2)中的相关参数:  $R=0.6186 \text{ mm}$ 、 $r=0.4772 \text{ mm}$ 、 $n_0=1.4584$ 、 $d=13.60 \text{ mm}$ 、 $W_1=3421 \text{ Pixel}$ 。在室温条件( $20^\circ\text{C}$ )下分别测量了纯水、乙醇、乙二醇和丙三醇 4 种液体样品的折射率, 结果见表 1。纯水为去离子蒸馏水, 其余 3 种样品均为含量 99% 的分析纯样品。表 1 中的第 2 列是成清晰像的像宽,  $\pm 1$  表示所读像元的误差;  $\Delta_n$  表示一个像元引起的折射率偏差, 由公式(8)得出; 第 4 列是在白光照明条件下, 用 2WA-J 型阿贝折射仪<sup>[7]</sup>(上海光学仪器五厂生产)测量的结果,  $\sigma$  表示阿贝折射仪的测量准确度。

表 1 几种液体折射率的测量结果

Tab. 1 Measurement results of refractive indexes for four kinds of liquid samples

待测液体	测量结果			
	$W_2$ /pixel	$n \pm \Delta_n$ (毛细管成像法)	$n \pm \sigma$ (阿贝折射仪法)	$n$ (文献[8])
纯水	426 $\pm$ 1	1.333 3 $\pm$ 0.000 6	1.333 4 $\pm$ 0.000 2	1.333 0
乙醇	364 $\pm$ 1	1.364 7 $\pm$ 0.000 8	1.364 2 $\pm$ 0.000 2	1.362 9
乙二醇	310 $\pm$ 1	1.432 3 $\pm$ 0.001 3	1.432 0 $\pm$ 0.000 2	1.433 1
丙三醇	281 $\pm$ 1	1.473 1 $\pm$ 0.001 6	1.473 2 $\pm$ 0.000 2	1.475 8

### 3.2 不同浓度乙二醇溶液折射率的测量结果及处理

#### 3.2.1 测量结果

实验中乙二醇溶液浓度(体积百分比)从 0 开始,浓度每增加 10%,在相同的实验条件下,测出相应的折射率,一直测到浓度为 1 止,数据记录见

表 2,表 2 中的理论值由混合溶液折射率的理论公式<sup>[9]</sup>求得:

$$\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} = \sum_i^n V_i \frac{n_i^2 - 1}{n_i^2 + 2}. \quad (9)$$

其中: $m$ 为混合溶液的折射率, $n_i$ 为第  $i$  种纯溶液的折射率, $V_i$ 为第  $i$  种溶液的体积百分比。

表 2 不同浓度乙二醇水溶液折射率的测量结果

Tab. 2 Measurement results of refractive indexes for different consistence ethylene glycol

溶液浓度 (%)	$W_2$ /pixel	$n \pm \Delta_n$ (毛细管成像法)	$n \pm \sigma$ (阿贝折射仪法)	$n$ (理论值)	相对误差比较	
					毛细管成像法	阿贝折射仪法
0	426±1	1.333 3±0.000 6	1.333 4±0.000 2	1.333 5	0.000 1	0.000 1
10	408±1	1.344 3±0.000 6	1.344 0±0.000 2	1.343 1	0.000 9	0.000 7
20	393±1	1.354 4±0.000 7	1.354 5±0.000 2	1.352 7	0.001 3	0.001 3
30	378±1	1.365 5±0.000 8	1.365 1±0.000 2	1.362 4	0.002 3	0.002 0
40	366±1	1.375 1±0.000 8	1.375 1±0.000 2	1.372 1	0.002 2	0.002 2
50	355±1	1.384 7±0.000 9	1.385 5±0.000 2	1.382 0	0.002 0	0.002 5
60	343±1	1.396 0±0.001 0	1.396 4±0.000 2	1.391 8	0.003 0	0.003 3
70	334±1	1.405 2±0.001 1	1.405 6±0.000 2	1.401 8	0.002 4	0.002 4
80	325±1	1.415 0±0.001 1	1.414 5±0.000 2	1.411 8	0.002 3	0.001 9
90	318±1	1.423 1±0.001 2	1.422 9±0.000 2	1.421 9	0.000 8	0.000 7
100	310±1	1.432 3±0.001 3	1.432 0±0.000 2	1.432 1	0.000 1	0.000 1

由表 2 可知:毛细管成像法和阿贝折射仪法所测出的值与理论公式计算得出值之间的相对误差值一致,所呈现出来的趋势也一致。这说明毛细管成像法对不同浓度溶液的折射率也能进行精确测量,为扩展此方法的应用范围奠定了前提条件。同时,根据相对误差的接近程度可以清晰地表明本试验装置与阿贝折射仪的测量准确度(±0.000 2)相当。

#### 3.2.2 数据曲线拟合

利用 matlab 语言对数据进行拟合。毛细管成像法所得数据的一次拟合结果为:

$$n = 0.099 3C + 1.334 8.$$

阿贝折射仪所得数据的一次拟合结果为:

$$n = 0.099 1C + 1.334 9.$$

拟合曲线如图 5 所示。由图可知:毛细管成像法对不同浓度的乙二醇溶液折射率的测量和阿贝折射仪的测量值所拟合出来的曲线几乎重合,所测数据均高于理论值;但拟合所得的曲线和理论曲线接近平行,若对理论公式进行修正,则可使 3 条曲线完全重合。

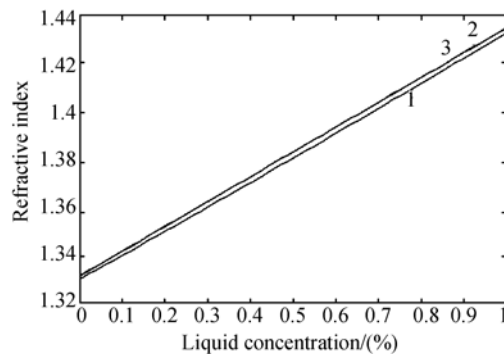


图 5 折射率与浓度的拟合曲线(1 为理论曲线;2 为阿贝折射仪所测数据的拟合曲线;3 为毛细管成像法所测数据的拟合曲线)

Fig. 5 Curves of refractive index vs. liquor-consistence (Curve 1 is theory line; Curve 2 is from Abbe refractometer and Curve 3 is from new imaging method)

## 4 结 论

基于毛细管成像提出了一种测量透明液体折射率的新方法,采用该方法测量微量液体折

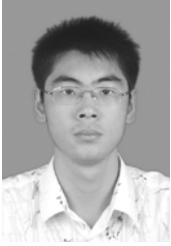
射率具有待测液体用量少、操作方便和折射率测量精度高的特点,试验装置的测量准确度与目前商用阿贝折射仪( $\pm 0.0002$ )相当。同时对不同浓度的溶液折射率进行了测量,并与阿贝折射仪测量值和理论公式计算值进行比较和数值的曲线拟合,验证了本实验方法也能精确测量不同浓度液体的折射率,为扩展此方法的应

用范围奠定了前提条件。测试实验显示,随着折射率的增大,试验装置中 CCD 的一个像素点对测量结果的影响(折射率偏差)越大(表1,表2),最高达到 0.0016,若换用更高像素的 CCD<sup>[10-12]</sup>则可减小测量误差。此技术在微量液体折射率的精确测量和液体折射率的空间分布测量方面具有良好的应用前景。

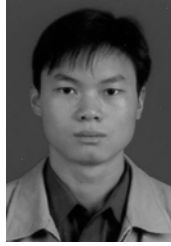
### 参考文献:

- [1] 辛督强,朱氏,解延雷等. 测量液体折射率的几种方法[J]. 大学物理, 2007,26(1):34-37.  
XIN D Q, ZHU M, XIE Y L, *et al.*. Several measuring methods of the refractive index of liquid[J]. *College Physics*, 2007,26(1):34-37. (in Chinese)
- [2] 邢曼男,白然,普小云. 精确测量微量液体折射率的新方法[J]. 光学精密工程, 2008,16(7):1196-1201.  
XING M N, BAI R, PU X Y. Novel measuring method for refractive index of micro-quantity liquid [J]. *Opt. and Precision Eng.*, 2008,16(7):1196-1201. (in Chinese)
- [3] 李强,韩广辉,邢曼男,等. 用毛细管焦点法精确测量微量液体的折射率[J]. 光学学报, 2009,29(9):2468-2472.  
LI Q, HAN G H, XING M N, *et al.*. Measuring refractive index of micro-quantity liquid by focus method[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009,29(9):2468-2472. (in Chinese)
- [4] 李强,韩广辉,邢曼男,等. 一种精确测量微量液体折射率的仪器:中国,200820081301.1[P].  
LI Q, HAN G H, XING M N, *et al.*. *Apparatus of accurate measuring the refractive index of micro-quantity liquid*:\Patent of China, No. 200820081301.1 [P]. (in Chinese)
- [5] 赵明如. 矩阵方法在几何光学中的应用[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 1988(3):81-86. (in Chinese)  
ZHAO M R. Applied matrix methods into geometrical optics[J]. *Sichun Normal Univ. (Sci. Ed.)*, 1988(3):81-86. (in Chinese)
- [6] 王武义. 误差原理与数据处理[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2001.  
Wang W Y. *The Principal of Error and Disposal of Data* [M]. Harbin: Press of Harbin Institute of Technology, 2001. (in Chinese)
- [7] 上海光学仪器五厂生产. 2WA-J型阿贝折射仪使用说明[Z].  
Shanghai Optical Instrument 5 production. 2 WA-JAbbe refractometer instruction manual [Z]. (in Chinese)
- [8] 李景镇. 光学手册[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 1986.  
LI J ZH. *Optics Handbook* [M]. Xi'an: Shanxi Science and Technology Press, 1986. (in Chinese)
- [9] 王之江. 光学技术手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1987:394-396.  
WANG ZH J. *Optics Handbook* [M]. Beijing: China Machine Press, 1987: 394-396. (in Chinese)
- [10] 邓广安,张运华,蔡志岗,等. CCD在透明材料折射率测量中的应用[J]. 半导体光电, 2003,24(4):270-273.  
DENG G A, ZHANG Y H, CAI ZH G, *et al.*. Application of CCD in measurement of refractive index of transparent materials[J]. *Semiconductor Opto-Electronics*, 2003,24(4):270-273. (in Chinese)
- [11] 唐启敬,田行斌,耿明超,等. CCD视觉检测系统的整体标定[J]. 光学精密工程, 2011,19(8):1903-1909.  
TANG Q J, TIAN X B, GENG M CH, *et al.*. Global calibration method for CCD based visual inspective system[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2011,19(8):1903-1909. (in Chinese)
- [12] 李雅倩,付献斌,周坤. CCD分段测量的光学位移测量系统[J]. 光学精密工程, 2011,19(9):2036-2042.  
LI Y Q, FU X B, ZHOU K. Optical displacement measuring system by CCD segmental measurement [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011,19(9):2036-2042. (in Chinese)

## 作者简介:



李 强(1987—),男,云南昆明人,博士研究生,助教,2011 年于云南大学获得光学硕士学位,主要从事光学系统的成像及液体折射率测量领域的研究。E-mail: liqiang\_ynu@126.com



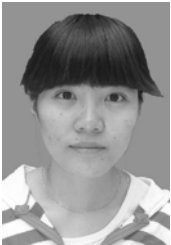
李 宇(1986—),男,硕士研究生,主要从事液体折射率测量领域的研究。E-mail: 570353583@qq.com



韩广辉(1987—),男,河北人,硕士研究生,主要从事洋流监测绘制成像方面的研究。E-mail: 562568047@qq.com



普小云(1957—),男,云南昆明人,教授,博士生导师,1982 年于云南大学获得学士学位,1987 年于中科院北京物理所获硕士学位,2000 年于香港中文大学获博士学位,2001 年至 2002 年在香港浸会大学从事博士后研究,现为云南大学物理科学技术学院副院长,主要从事光学和光电子学领域的科研和教学工作。E-mail: xyphu@163.com



孙丽存(1990—),女,山东济宁人,硕士研究生,主要从事液体折射率测量领域的研究。E-mail: 407102542@qq.com

## ● 下期预告

## 基于相机阵列的三维集成成像记录系统设计

焦小雪,赵 星,杨 勇,方志良,袁小聪

(南开大学 现代光学研究所 光学信息技术科学教育部重点实验室,天津 300071)

为了提供不匹配全光学集成成像系统显示所需的大场景、高分辨率微图像阵列,基于三维集成成像理论以及相机阵列和显示透镜阵列之间的对应关系,利用几何成像理论和光线追踪方法,以集成成像三维显示特性为设计指标,提出了一种基于相机阵列的不匹配光学集成成像记录系统的设计方法。据此原理设计了相机阵列记录系统,计算得到了其关键参数:记录距离为 49.6 cm,相机间隔为 25 mm。光学实验结果表明,基于本设计系统的三维显示特性基本达到了设计指标,且相机阵列的主要记录参数与集成成像三维显示特性的关系符合理论分析,验证了此方法及系统设计的可行性。