

文章编号: 0253-2239(2004)12-1623-6

## 调制度测量轮廓术在复杂面形测量中的应用

邵双运<sup>1,2</sup> 苏显渝<sup>1</sup> 张启灿<sup>1</sup> 王 华<sup>1</sup>

(1 四川大学光电科学技术系, 成都 610064)  
(2 北京交通大学理学院, 北京 100044)

**摘要:** 调制度测量轮廓术(MMP)是将物体的高度信息编码在投影到待测物面上的正弦条纹的调制度信息中, 可以实现对物体的垂直测量, 特别适合测量表面有高度剧烈变化或不连续区域的物体。探讨了基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术在复杂面形测量中的应用, 提出了调制度焦深的概念并详细分析了调制度焦深对测量的影响, 以调制度焦深为基础从测量系统设计的角度提出了提高测量精度的具体措施, 给出了实验系统设计方案, 讨论了影响测量精度的几个实际问题及解决方案。对复杂面形和深孔物体的实测结果表明, 基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术测量复杂面形物体可以达到较高的测量精度。

**关键词:** 傅里叶光学; 光学三维传感; 调制度测量轮廓术; 傅里叶变换; 调制度焦深

中图分类号: TP751 文献标识码: A

## Application of Modulation Measurement Profilometry in Complex Object Shape Measurement

Shao Shuangyun<sup>1,2</sup> Su Xianyu<sup>1</sup> Zhang Qican<sup>1</sup> Wang Hua<sup>1</sup>

(1 *Opto-Electronic Department, Sichuan University, Chengdu 610064*)  
(2 *School of Science, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044*)

(Received 20 June 2003; revised 8 April 2004)

**Abstract:** Modulation measurement profilometry (MMP), which encode the height information into the modulation information of sinusoidal grating on the measuring surface, is a vertical measurement technique. It is suited for measuring those objects with discontinuous height steps and/or spatially isolated surfaces. The application of MMP based on Fourier-transform is discussed in measuring complex surface, with presenting the concept of the depth-of-modulation and analyzing its influence on measurement. Based on the depth-of-modulation, the detailed method and projects of designing measurement system are proposed to improve accuracy of measurement, and several practical questions influencing accuracy and solutions are discussed. The measured results show that the MMP based on Fourier transform measuring surface of complex objects can improve the accuracy of measurement greatly.

**Key words:** Fourier optics; optical 3-D sensing; modulation measurement profilometry; Fourier transform; depth-of-modulation

### 1 引 言

如何获取复杂面形物体, 特别是表面有高度剧烈变化或不连续区域的物体的深度信息一直是三维

传感和机器视觉领域的一大难题。基于三角测量原理的三维传感技术如傅里叶变换轮廓术(FTP)<sup>[1~3]</sup>、相位测量轮廓术(PMP)<sup>[4~6]</sup>以及莫尔轮廓术<sup>[7]</sup>等, 受到阴影、遮挡、相位截断的限制, 不能测量剧烈的面形变化, 基于面结构光的调制度测量轮廓术(Modulation measurement profilometry, MMP)<sup>[8~11]</sup>完全基于投影到待测物面上的正弦条

E-mail: shao\_sy@tom.com

收稿日期: 2003-06-20; 收到修改稿日期: 2004-04-08

纹的调制度分布,物面的高度信息被编码在投影到物面上的条纹调制度信息中,不用求解相位和相位展开,由于投影方向和探测方向一致,可以实现对物体的垂直测量,避免了阴影、遮挡和相位截断等问题,适合于测量物表面高度剧烈变化或不连续的区域。

根据调制度信息获取方式的不同,调制度测量轮廓术可以分为基于相移技术的调制度测量轮廓术<sup>[8~10]</sup>和基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术<sup>[11]</sup>。相移技术提供了一种自动精确测量调制度的方法,但它需要至少三帧相移条纹图才能算出一帧调制度图,而采用傅里叶变换的方法只需要一帧条纹图即可得到一帧调制度图。由于不需要相移,基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术具有测量系统简单、测量时间短、数据处理量小等优点,同时也避免了相移不准给测量结果带来的误差。因为信息量的减少,基于傅里叶变换方法的调制度测量轮廓术测量精度较基于相移技术的调制度测量轮廓术测量精度低,一般认为不适于复杂面形物体的测量。目前,基于傅里叶变换方法的调制度测量轮廓术已经进行了一些基础研究<sup>[11]</sup>,但并未对如何提高测量精度作深入探讨。本文提出了调制度焦深的概念,认为测量系统的精度近似为调制度焦深的1/20,为测量系统的设计提供了判据;详细讨论了调制度焦深、扫描间隔等系统参量对测量精度的影响;以调制度焦深为基础,从测量系统设计的角度提出了提高测量精度的具体措施,即合理设计投影系统,使系统的调制度焦深满足测量要求。实测结果证明,基于傅里叶变换方法的调制度测量轮廓术适合于测量复杂面形物体和深孔物体,并且可以达到较高的测量精度和测量

速度,具有广泛的应用前景。

## 2 原 理

基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术的原理光路如图1所示,在测量过程中,保持待测物体、分束器、CCD摄像机的位置不动,沿投影光轴方向依次平移投影系统,使正弦光栅的成像面扫描待测物体的纵深范围。每次平移后采用傅里叶变换方法计算这一扫描面上所有像素点的调制度值。如果总平移次数为  $N$ ,对于同一像素点,就有  $N+1$  个调制度值,用一定的算法求出调制度最大的位置,就可以确定该像素点所对应物点的高度。

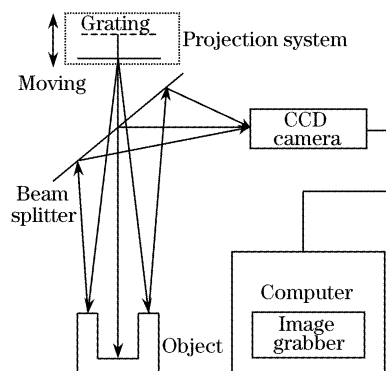


Fig. 1 The experimental setup of MMP

假定投影在物面上的正弦光栅光强分布为

$$I(x_0, y_0) = A(x_0, y_0) + B(x_0, y_0) \cos(2\pi f x_0 + \phi_0), \quad (1)$$

上式中  $A(x_0, y_0)$  为条纹背景强度,  $B(x_0, y_0)$  为条纹振幅,  $f$  为物表面正弦条纹的空间频率,  $\phi_0$  是初相位。对(1)式两端作二维傅里叶变换可得

$$G(f_x, f_y) = G_0(f_x, f_y) + G_1(f_x, f_y) + G_{-1}(f_x, f_y), \quad (2)$$

式中  $G_0(f_x, f_y)$ 、 $G_1(f_x, f_y)$  和  $G_{-1}(f_x, f_y)$  分别为零级和正负一级频谱。从(2)式中滤出一级谱  $G_1(f_x, f_y)$  并对其作二维傅里叶逆变换,可得

$$C(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} G_1(f_x, f_y) \exp[i2\pi(f_x x + f_y y)] df_x df_y = \frac{1}{2} B(x, y) \exp(i2\pi f_x + i\phi_0), \quad (3)$$

除去比例因子 1/2, 由(3)式中  $C(x, y)$  的模就可计算出  $(x, y)$  处的条纹对比度,即条纹的调制度。

## 3 调制度焦深

调制度焦深定义为光栅成像面前后调制度分布曲线的主瓣宽度,如图2中  $AB$  所示。在几何光学近似下,调制度焦深  $M_d$  可表示为

$$M_d = \frac{2.44 d_0 f_0 M}{d f (d_0 - f_0)}, \quad (4)$$

式中  $f$  为光栅空间频率,  $d_0$  为光栅与透镜的间距,即物距,  $f_0$  为投影透镜焦距,  $d$  为投影透镜孔径,  $M$  为放大倍数。在几何光学近似下,在成像面前后一定范围内系统的放大倍数  $M$  可以视为常数。由(4)式可知,透镜孔径越大,焦距越短,光栅空间频率越高,光栅距透镜越远,即物距越大,调制度焦深越小。

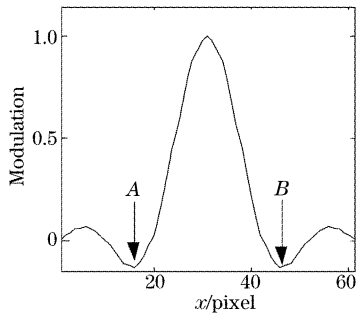


Fig. 2 Modulation distribution

将上式改写为

$$M_d = 2.44 \frac{M}{d(1/f_0 - 1/d_0)} \lambda = C \lambda, \quad (5)$$

其中  $C = 2.44 \frac{M}{d(1/f_0 - 1/d_0)}$ , 是由投影系统参量确定的常量,  $\lambda = 1/f$  为光栅周期。(5) 式等效于相位测量轮廓术中的等效波长<sup>[4~6]</sup>, 一个调制度焦深正好等于引起调制度从最小到最大再到最小的一个完整变化的深度范围。调制度焦深越小, 调制度曲线

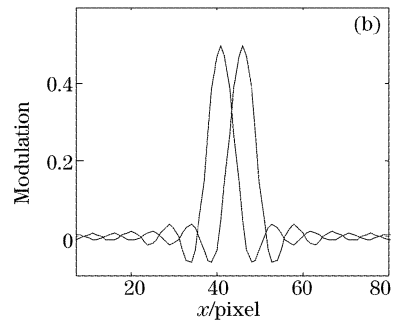
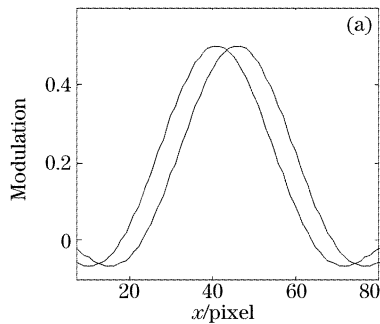


Fig. 3 The effect of depth-of-modulation on the measurement accuracy

调制度焦深是调制度测量轮廓术中的一个重要系统参量, 代表了系统的测量精度, 也决定了测量系统的各种结构参量, 同时影响测量过程中的扫描次数和扫描间隔。

## 4 测量系统设计

基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术的测量精度比基于相移技术的调制度测量轮廓术的测量精度低, 但如果仔细设计测量系统的各个参量, 也可以获得较高的测量精度, 在设计测量系统时主要考虑系统的调制度焦深、扫描范围和扫描间隔三个参量。

### 4.1 调制度焦深

小的调制度焦深对应于较高的测量精度。在实际测量任务中, 应根据具体的测量要求确定系统的调制度焦深并由(4)式确定系统的各参量。

### 4.2 扫描范围

扫描范围大小与待测物体纵深范围有关, 待测

分布就越尖锐, 调制度对深度变化也越敏感, 则系统的测量精度就越高。在实际测量系统中, 根据经验, 采用调制度曲线半峰全宽的1/10作为测量系统的理论精度, 在几何光学近似下, 调制度曲线的半峰全宽为

$$W_{\text{FWHM}} = 1.3 \frac{Md_0 f_0}{df(d_0 - f_0)} \approx \frac{M_d}{2}, \quad (6)$$

近似等于调制度焦深的1/2, 因此, 测量系统的理论精度近似为调制度焦深的1/20左右。

图3说明了调制度焦深与测量精度的关系。图中两条曲线分别是深度相差 $\delta$ 的两个点的调制度分布, 图3(a)对应调制度焦深大的测量系统, 图3(b)对应调制度焦深小的测量系统。当待测两点的深度差小于1/20个调制度焦深时[如图3(a)所示], 由于系统误差以及外界环境的影响, 系统将无法分辨这两点的调制度最大值的位置, 此时获得的高度信息将是一样的, 如果改用调制度焦深较小的测量系统[如图3(b)所示], 此两点是可以分辨的。在实际测量中, 系统精度有可能高于理论精度。

物体深度范围越大, 扫描范围越大。调制度测量轮廓术要求光栅成像面扫描待测物体的整个纵深范围, 以使物面上各点都能得到完整的调制度分布。在实际测量系统中, 如果已知系统的调制度焦深, 可以得到如图4所示的调制度变化范围曲线, 横坐标为投影系统的扫描范围, 纵坐标为物体距投影系统的位置坐标。利用该曲线可以方便地确定投影系统

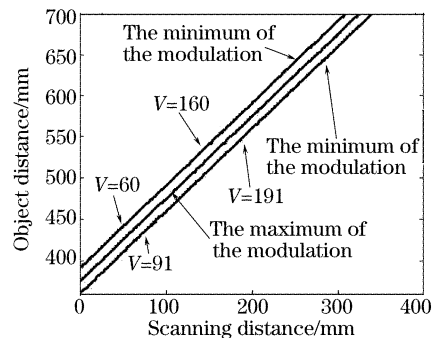


Fig. 4 The curve of modulation range

的扫描范围。例如我们的待测物体深度范围大约为 100 mm, 放在距投影系统大约 450 mm 的位置, 系统的调制度焦深为 30 mm。由曲线可以看出, 为了得到 450 mm 处物面的完整调制度信息, 投影系统应当从 60 mm 移动到 91 mm 的位置, 对于 550 mm 位置的物面, 投影系统应当从 160 mm 移动到 191 mm 的位置, 因此, 为了完成对深度范围大约为 100 mm 物体的扫描, 投影系统应当从 60 mm 的位置移动到大约 191 mm 的位置。

#### 4.3 扫描间隔

理论上, 在同样的测量系统中, 如果扫描次数多, 扫描间隔小, 就可以获得更多的调制度信息, 测量精度就高, 但这种测量精度的提高是以测量时间的增加为代价的。在实际测量任务中, 应根据具体测量要求确定扫描间隔。为了获得足够的调制度信息, 扫描间隔应当不大于调制度焦深的 1/5 到 1/10, 即在调制度焦深范围内, 扫描次数应不少于 5 到 10 次。

#### 4.4 测量范围

调制度测量轮廓术中物体的深度信息是通过寻找调制度最大值对应的扫描位置来获取的, 与傅里叶变换轮廓术和相位测量轮廓术不同, 测量的高度范围不受频谱混叠和投影系统调焦范围的限制, 从理论上说, 测量范围无穷大, 但在实际应用中, 受投影系统移动范围的限制, 最大测量范围不大于投影系统的最大移动范围。

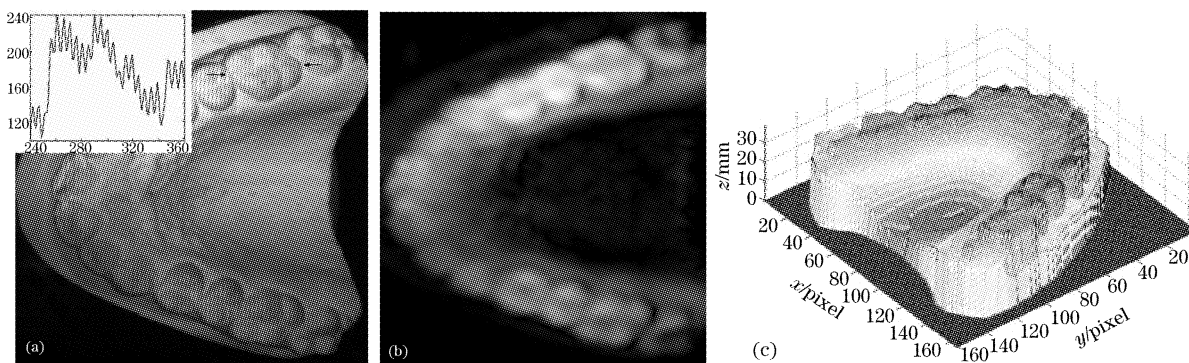


Fig. 5 (a) The 18<sup>th</sup> frame of a human upper jaw cast covered by the projected grating pattern. Intensity plot along one tooth is displayed at the top left corner, (b) the 18<sup>th</sup> modulation map, (c) 3-D reconstruction of the object

#### 5.3.2 深孔物体的测量

由于阴影和遮挡问题, 相位测量轮廓术以及傅里叶变换轮廓术都不能测量有深孔的物体, 而调制度测量轮廓术可以直接得到深孔物体的高度值。被测物体如图 6 所示, 具有深孔的圆形物体放在一个底座上, 圆孔直径为 20 mm, 深约 50 mm。物体各台阶面分别用 A、B、…、F 表示, 各部分的高度真值见表 1(游标

## 5 实 验

### 5.1 实验装置

实验装置如图 1 所示。正弦光栅为 4 lp/mm, 系统调制度焦深为 30 mm。图像采集系统为圆刚图像板和 MTV-1881CCD 摄像机, 摄像机镜头为 25 mm。投影系统搭建在精度为 0.01 mm 的一维扫描装置上。

### 5.2 高度信息的获取

由于扫描过程为分立的过程, 某一像素点调制度最大值的真实位置有可能处于两次扫描的中间, 在实际测量过程中采用重心法、二次曲线拟合等插值方法来得到最大值的真实位置, 该位置对应的高度即为该像素点的测量结果。

### 5.3 实验结果

#### 5.3.1 复杂面形测量: 口腔上牙托模型测量

口腔全牙测量在口腔医学中具有重要意义, 由于复杂的表面形状, 利用相位测量轮廓术进行测量将引起明显的阴影、条纹图形断裂、错位等情况, 给相位展开和面形重建带来极大的困难。图 5(a) 为测量系统采集到的一帧条纹图, 左上角为两个箭头间的一颗牙齿的条纹剖面图。可以看出, 由于采用正投影和共轴光路, CCD 获得的条纹图没有阴影、遮挡等问题, 图 5(b) 为相应图 5(a) 的调制度图。重建结果如图 5(c) 所示。整个测量过程扫描牙托模型 30 次, 扫描间隔 2 mm。

卡尺测量结果, 精度 0.02 mm)。重建三维物体如图 7 所示, 图 8 为重建物体的剖面图(对应图 6 中  $S_1-S_1$ )。整个测量过程扫描被测物体 90 次, 扫描间隔 1.33 mm。

在重建物体表面相应于 A、B、C、D、E、F 等位置分别取 90 个点计算其算术平均值作为该处的高度值, 分别为

$A: 103.86 \text{ mm}, B: 98.73 \text{ mm}, C: 52.33 \text{ mm},$   
 $D: 23.42 \text{ mm}, E: 94.19 \text{ mm}, F: 69.15 \text{ mm},$

由此可得被测物体各部分的高度值如表 1 所示。

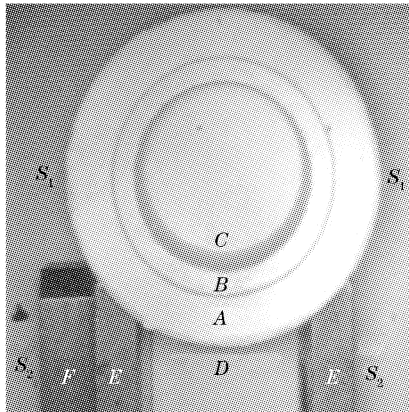


Fig. 6 The test object with a hole about 50 mm deep

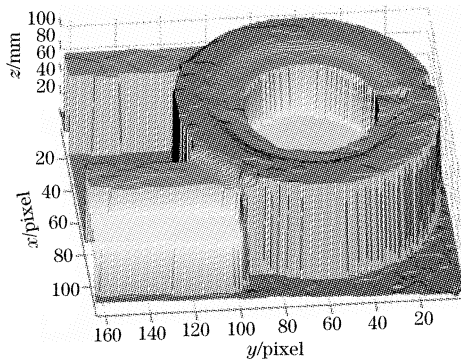


Fig. 7 3-D reconstruction of the object

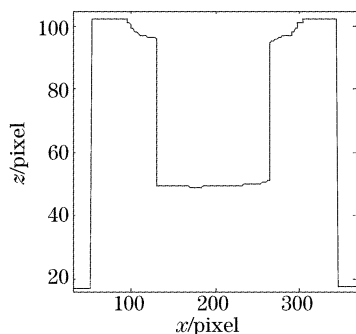


Fig. 8 The section along  $S_1-S_1$

Table 1 The height of the test object and the measurement results

	Height*	Measuring	Absolute	Mean-root-square
	/mm	result /mm	error /mm	error /mm
AB	5.40	5.13	0.27	0.018
AC	51.21	51.53	0.32	0.057
AD	80.36	80.44	0.08	0.0555
EF	25.00	25.04	0.04	0.058
ED	70.10	70.77	0.67	0.0755

\* : the height of the test object was found by contact measurement using a vernier calipers.

## 5.4 实验结果讨论

### 5.4.1 误差

测量误差来源主要有

1) 系统误差。测量结果的均方根差较小,说明误差的主要来源是系统误差,这可以通过测量系统的校准来消除。

2) 扫描误差。主要是指由于步进电机失步或控制系统响应不及时造成的移动误差。由于扫描过程是不连续的,所以扫描误差对测量结果的影响主要表现为在某一扫描位置附近测量误差显著增大。表 1 中 E 点所在平面的测量误差较之其它各处测量误差明显较大,误差的主要来源可能是扫描误差。消除扫描误差的基本手段:一是做好电机的标定工作,二是采用精密的移动控制系统和高精度的步进电机。

### 5.4.2 结论

实测结果表明:

1) 基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术与基于相移技术的调制度测量轮廓术相比,可以在较短的时间内完成对复杂面形物体的测量,其测量时间为基于相移技术的调制度测量轮廓术测量时间的  $1/N$  ( $N$  为相移次数),并且数据处理量小,结构简单。

2) 测量过程中不存在阴影、遮挡、截断等问题,重建过程不需要进行相位展开,算法简单。

**结论** 调制度测量轮廓术可以实现对物体的垂直测量,特别适合测量表面有高度剧烈变化或不连续区域的物体。本文以调制度焦深为基础,从测量系统设计的角度提出了提高测量精度的具体措施,讨论了调制度焦深对测量系统的影响和设计测量系统时需要仔细考虑的几个问题。实测结果表明,基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术除具有垂直测量的优点外,同时具有较高的测量精度,与基于相移技术的调制度测量轮廓术相比,基于傅里叶变换的调制度测量轮廓术具有测量速度快、测量系统简单等优点。本文讨论的测量方法是通过平移投影系统来使光栅成像面扫描物体的纵深范围,实际上将扫描技术改进为调节投影系统焦距或改变光栅的物距,也能满足大尺度物体的垂直测量要求,是一种很有应用前景的三维传感新技术。

## 参 考 文 献

- 1 Takeda M, Mutoh K. Fourier transform profilometry for the automatic measurement of 3-D object shapes. *Appl. Opt.*, 1983, **22**(24): 3977~3982
- 2 Su Xianyu, Chen Wenjing. Fourier transform

- profilometry; a review. *Optics and Lasers in Engineering*, 2001, **35**(5): 263~284
- 3 Su Xianyu, Tan Songxin, Xiang Liqun *et al.*. Complex object shape measurement using FTP method. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1998, **18**(9): 1228~1233 (in Chinese)
- 4 Srinivasan V, Liu H C, Halioua M. Automated phase-measuring profilometry of 3-D diffuse objects. *Appl. Opt.*, 1984, **23**(18): 3105~3108
- 5 Su Xianyu, Zhou Wensen, von Bally C *et al.*. Automated phase-measuring profilometry using defocused projection of a Ronchi grating. *Opt. Commun.*, 1992, **94**(6): 561~573
- 6 Li Wansong, Su Likun, Su Xianyu. Phase-measuring profilometry in big scale measurement. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2000, **20**(6): 792~796 (in Chinese)
- 7 Takasaki H. Moiré topography. *Appl. Opt.*, 1970, **9**(4): 1467~1472
- 8 Su Xianyu, Su Likun. New 3D profilometry based on modulation measurement. *Proc. SPIE*, 1998, **3558**: 1~7
- 9 Su Likun, Su Xianyu, Li Wansong. Application of modulation measurement profilometry (MMP) to objects with holes on surface. *Appl. Opt.*, 1999, **38**(7): 1153~1158
- 10 Su Likun, Su Xianyu, Li Wangsong *et al.*. 3-D profilometry based on modulation measurement. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1999, **19**(9): 1257~1262 (in Chinese)
- 11 Su Xianyu, Su Likun, Li Wansong. A new Fourier transform profilometry based on modulation measurement. *Proc. SPIE*, 1999, **3749**: 438~439

\*\*\*\*\*  
(上接封四)

3.6 计量单位 严格执行国家标准 GB3100~3102-93 规定。在光学论文中常见的如 Å, 托(Torr), 高斯(G 或 GS)等已废止, 必须折算成现行标准。1Å=0.1 nm, 1 托=1 mmHg=133.3 Pa, 1G(GS)=10<sup>-4</sup> T, wt%→质量分数 *w*, vol%→体积分数, mol%→摩尔分数 *x* 或 *y*, at%→原子数分数 *x* 或 *y*。数字: 处理后的数字的精度或有效数字位数不可能超过原始数据的精度或有效数字位数。

3.7 参考文献 参考文献应是公开出版物, 以便审者、编者、读者查证。文后参考文献以 GB/T 7714-1987 顺序编码制列出, 每条内容应包括: 作者(或译者, 论文集编者, 多于 3 人者用等或 *et al.*), 文题, 期刊名(或书名, 会议名), 出版年、卷、期(书或会议文集相应列出版次、出版地、出版者、出版年、会议地点时间), 起止页码。专利需列出专利性质及专利号。引用的网上出版物必须是固定的、可一直查阅的文献。中文参考文献应分别用中英文写出所有项目, 并都须加上参考文献类型的标识:

参考文献类型	期刊	专著	论文集	学位论文	标准	专利	报告	报纸
文献类型标识	J	M	C	D	S	P	R	B

具体格式实例如下:

(1) 期刊: 张 娟, 刘立人, 周 煜等. 一种新型的光交错复用器的设计[J]. 光学学报. Zhang Juan, Liu Liren, Zhou Yu *et al.*. Design of a new type interleaver[J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(12): 1424~1428 (in Chinese)

(2) 专著: 金国藩, 李景镇. 激光测量学[M]. 北京: 科学出版社. Jin Guofan, Li Jingzhen. *Laser Metrology*[M]. Beijing: Science Press, 1998, 162~165 (in Chinese)

(3) 译著: 玻恩, 沃尔夫. 光学原理[T]. 杨葭孙译. 北京: 科学出版社. Born M, Wolf E. *Principles of Optics*[T]. Yang Jiasun Transl. Beijing: Science Press, 1978, 182~190 (in Chinese)

(4) 学位论文: 张 景. 激光二极管微振动传感器及其在肌肉颤动测量中的应用[D]. 武汉: 华中科技大学. Zhang Jing. *LD Sensor for Weak Vibration Measurement and its Application in Muscle Vibration Measurement* [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2000, 21~30 (in Chinese)

(5) 技术标准: 国家标准化技术委员会. 量和单位 GB3100~3102-93[S]. 北京: 中国标准出版社. National Standardization Technical Committee. GB 3100~3102-93. *Quantities and Units* GB3100~3102-93[S]. Beijing: China Standard Press, 1994

为了避免漏引, 并扩大您的论文及《光学学报》、《中国激光》等中国光学类期刊的国际、国内影响, 希望增引您自己和同行近二年在《光学学报》、《中国激光》等中国光学类期刊上发表的文章作为参考文献。

3.8 基金项目: 所投文章项目受到资助的, 应标明资助名称及批准号。

作者简介: 出生年月, 出生地, 职务/职称, 熟悉的学科和课题——不超过 3 个。

此两项置于文章首页页脚。

3.9 投寄要求 为了加速期刊的电子化、网络化, 加快稿件处理速度, 从 2003 年 5 月 1 日起一律采用 E-mail 投稿。稿件需附一份显示来稿创新点的说明(100~300 字); 标明“稿件内容不涉及国家机密”、“此稿无一稿两投”、“作者排名不再随意更改”的证明件(盖章), 挂号寄往: 201800 上海 800-211 信箱光学学报编辑部(请不要交寄个人, 以免延误稿件的受理时间)。稿件录用后, 须提供文章修改定稿后的电子版(包括图)。

3.10 本刊现已进入《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和《万方数据数字化期刊网》等, 不再另行通知作者, 对版权有特殊要求者, 请事先声明。

4 审稿程序 稿件收到评审费后分送两位同行评议、主编终审、择优录用; 编辑部自收稿日起 4 个月内将初审意见函告作者, 逾期, 作者可另行处理原稿, 但需告知编辑部。

5 版权转让 在审稿通过后, 作者须转让著作权人作品版权(包括各种介质、媒体的版权)给编辑部, 并把全部作者签名附单位盖章的版权转让函。

6 录用与否 录用稿作者应遵照中国科协有关文件精神, 支付适量版面费以聊补期刊的高额亏损。由于近年来来稿量猛增, 为了缩短发表周期, 请作者精炼文章内容, 更不要加附录, 否则, 超过 4 页的文章将加收版面费。编辑部有权对录用稿件作编辑意义的增删加工。录用稿一经本刊刊登, 本刊享有版权, 并向作者酌付稿酬, 寄送该期刊一册和抽印本 10 份。

7 投稿及回复时, 请告知作者的有效联系方式 除“姓名、通讯地址、邮政编码”外, E-mail、电话(办公室及家庭或宿舍)、手机等是必不可少的。并用 E-mail 回复修改意见和修改稿(修改部分请划线)。最好注明通讯作者(作者单位相对稳定)。

8 请推荐 3~5 位同行专家(包括海外华人研究人员)作候选审稿人 (给出他们从事研究的学科和课题, 通讯地址和 E-mail)。