

文章编号: 0253-2239(2003)12-1479-5

随机噪声对激光陀螺输出特性的影响

王可东 顾启泰

(清华大学精密仪器与机械学系, 北京 100084)

摘要: 分析了纯随机噪声输入和周期性抖动信号叠加随机噪声的复合抖动输入两种激励下, 激光陀螺输出信号均值偏差和分散系数与随机噪声强度之间的数学关系, 基于该关系公式, 综合读出角速度标准差、输出信号均值偏差和分散系数, 提出随机噪声强度的选择方法。研究表明, 纯随机噪声减小频率闭锁影响没有应用价值, 因为随机噪声的引入将导致激光陀螺测量范围的减小或输出方差的增大, 这都不是理想的结果。而在周期性抖动信号基础上叠加随机噪声, 并不影响激光陀螺的测量范围, 却可大幅度地提高激光陀螺的读出精度, 输出方差的增大可以通过延长采样周期予以减小, 满足应用要求。

关键词: 应用光学; 激光陀螺; 机械抖动; 随机噪声; 误差补偿

中图分类号: TH744.5 文献标识码: A

1 引 言

在激光陀螺(RLG)的输出特性中, 存在一种非线性现象, 即频率闭锁^[1~3]。目前实用的解决方法就是机械抖动偏频^[4,5]。但是, 抖动偏频后, 所产生的动态锁区的影响仍然存在^[6,7]。即使采用抖动参量优化设计等技术^[8], 由于抖动参量(抖动频率和抖动幅度)是与具体的机械抖动结构和驱动方式等密切相关的, 具有一定分散性的, 所以尽管按照理论分析, 通过局部微调抖动参量, 会使某部分动态锁区的影响减小为 0, 但实际实施是非常困难的, 甚至是不可能的。

最大动态锁区宽度一般比闭锁宽度小两个数量级, 现在一般激光陀螺的闭锁宽度为 100°/h 左右, 这样动态锁区宽度在 1°/h 量级, 对于高精度导航系统而言, 这是不可接受的。

为了进一步减小动态锁区的影响, 一般通过在周期性抖动信号上叠加随机噪声的方式^[9], 在很大程度上减小动态锁区的影响, 使激光陀螺满足应用要求。显然, 选择适当的噪声参量是至关重要的。文献^[10]从二阶机械系统响应入手, 分析了随机噪声强度与激光陀螺读出误差的关系, 但幅值随机变化的正弦输入, 却用确定性方法进行求解, 其解的正确性是令人怀疑的。所以, 本文将从随机过程角度出发, 具体研究随机噪声对激光陀螺输出特性的影

响, 为施加合适的随机噪声提供理论依据。研究内容分纯噪声和周期性抖动叠加随机噪声两种情况下, 激光陀螺输出特性的变化趋势, 并给出随机噪声强度设计方法。

2 纯随机噪声激励对激光陀螺输出特性的影响

2.1 推导过程

从简化的激光陀螺输入输出关系入手, 讨论下面的随机微分方程:

$$\dot{\phi}(t) = \Omega - \Omega_L \sin \phi(t) + \xi(t), \quad (1)$$

式中 $\phi(t)$ 为激光陀螺输出角信号, Ω 为输入角速度, Ω_L 为激光陀螺的闭锁阈值, $\xi(t)$ 为 0 均值的稳态随机过程(如 0 均值的高斯白噪声等, 下面未加说明时, 均认为 $\xi(t)$ 为 0 均值的高斯白噪声过程)。如果随机过程 $\xi(t)$ 的频谱足够宽(远大于 Ω_L), $\phi(t)$ 可以近似用马尔可夫过程来描述。

对式(1)作如下处理:

$$d\phi = (\Omega - \Omega_L \sin \phi) dt + \xi(t) dt, \quad (2)$$

按照前面的假设, 有

$$\left. \begin{aligned} \langle \xi(t) dt \rangle &= 0, \\ \langle [\xi(t) dt]^2 \rangle &= D dt, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中 $\langle x \rangle$ 表示对 x 取均值, D 为随机噪声 $\xi(t)$ 的强度, 表达如下:

$$D = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{\xi}(\tau) d\tau, \quad (4)$$

E-mail: wangkd@post.pim.tsinghua.edu.cn

收稿日期: 2002-11-13; 收到修改稿日期: 2002-12-23

式中 $R_\xi(\tau)$ 为 $\xi(t)$ 的自相关函数。

下面用福克尔-普朗克(Fokker-Plank) 方程^[11] 求解(2) 式所示的随机微分方程。

$$\frac{\partial f(\phi, t/\phi_0, 0)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial \phi} [(\Omega - \Omega_L \sin \phi) f] + \frac{1}{2} D \frac{\partial^2 f}{\partial \phi^2}, \quad (5)$$

式中 $f(\phi, t/\phi_0, 0)$ [为了简便起见, 下面用 $f(\phi, t)$ 代替 $f(\phi, t/\phi_0, 0)$] 为随机过程 $\phi(t)$ 在 t 时刻的转移概率密度函数, $\phi_0 = \phi(0)$ 。

根据定义, 随机过程 $\phi(t)$ 的 n 阶矩为

$$\langle \phi^n(t) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \phi^n(t) f(\phi, t) d\phi. \quad (6)$$

理论上, 解(5) 式得到转移概率密度函数 $f(\phi, t)$, 并进一步得到随机过程 $\phi(t)$ 的统计特性, 判断随机激励 $\xi(t)$ 对激光陀螺输出特性的影响。但是, 一方面, 这个过程很复杂, 即使求出转移概率密度函数 $f(\phi, t)$, 也很难进一步得到随机过程 $\phi(t)$ 的统计特性; 另一方面, 最终要得到的是随机过程 $\phi(t)$ 的统计特性, 如果有其它简洁方便的方法能求出随机过程 $\phi(t)$ 的均值和方差, 那么就没有必要求出转移概率密度函数 $f(\phi, t)$ 。下面, 就是用间接的方法求解(5) 式的。

首先, 对转移概率密度函数 $f(\phi, t)$ 进行傅里叶变换, 即

$$\Theta(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\phi, t) \exp(j\phi x) d\phi, \quad (7)$$

将(7) 式代入(5) 式得到关于 $\Theta(x, t)$ 的方程:

$$\frac{\partial}{\partial t} \Theta(x, t) = (j\Omega x - \frac{1}{2} D x^2) \Theta(x, t) - \frac{1}{2} \Omega_L x [\Theta(x+1, t) - \Theta(x-1, t)], \quad (8)$$

将(7)式代入(6)式得

$$\langle \phi^n(t) \rangle = (-1)^n \left[\frac{\partial^n}{\partial x^n} \Theta(x, t) \right]_{x=0}, \quad (9)$$

当噪声强度较大时 ($D \gg \Omega_L$), 可以用逐步逼近法, 求 $\Theta(x, t)$ 的近似解, 即

$$\Theta(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} \Theta_k(x, t). \quad (10)$$

通过对(9)式的求解, 并令

$$\langle \phi(t) \rangle - \Omega = \Delta \Omega t, \quad (11)$$

$$\langle \phi^2(t) \rangle - \langle \phi(t) \rangle^2 = H t, \quad (12)$$

式中 $\Delta \Omega$ 和 H 分别为 $\phi(t)$ 的均值与理想值之间偏差和 $\phi(t)$ 的分散系数。得

$$\Delta \Omega \approx -\frac{1}{2} \frac{\Omega_L^2 \Omega}{D^2/4 + \Omega^2}, \quad (13)$$

$$H \approx D \left[1 - \frac{1}{2} \Omega_L^2 \frac{D^2/4 - 3\Omega^2}{(D^2/4 + \Omega^2)^2} \right], \quad (14)$$

在推导(13) 式和(14) 式的过程中, 精确到 Ω_L^2 , 而忽略了高阶小量的影响, 同时认为测量时间足够长, 即 $Dt \gg 1$ 。这样就得到了系统输出统计特性随输入随机激励强度的变化关系。下面, 先进行结果分析, 并通过算例, 阐明如何进行随机噪声强度设计。

2.2 结果分析

由(13) 式可知, 随着随机噪声激励强度 D 的增大, $\Delta \Omega$ 减小, 随机过程 $\phi(t)$ 的均值越趋近于理想值, 从这个角度出发, D 应该越大越好。(14) 式表明, 分散系数 H 主要由随机噪声激励强度 D 所决定, 而后面的分式项则为相对小量。因此, 随着 D 增大, 随机过程 $\phi(t)$ 的分散性也变大, 输出信号变宽。所以, 应该结合随机过程 $\phi(t)$ 的均值和方差, 综合考虑, 选择合适的 D 。

另外, 输入角速度范围对输出均值和分散系数也有很大影响, 这样也影响着随机噪声激励强度 D 的选择。如图 1 和 2 所示分别为 $\Delta \Omega$ 和 $(H-D)$ 随 Ω 的变化关系。

由图 1 可知, 当 Ω 由 0 增大到某一值时, $\Delta \Omega$ 达到负的极大值。由(13) 式可知, 当 $\Omega = D/2$ 时, $\Delta \Omega$ 取负的极大值 ($-\Omega_L^2/2D$)。因此, 当 D 取无穷大时, $\phi(t)$ 的均值在无穷输入角速度范围内均趋于理想值。另外, 由图 1 可知, 对于同一随机噪声强度 D , 当测量的角速度 Ω 增大时, $\Delta \Omega$ 逐渐趋于 0, $\phi(t)$ 的均值与理想值之间的误差就越小。

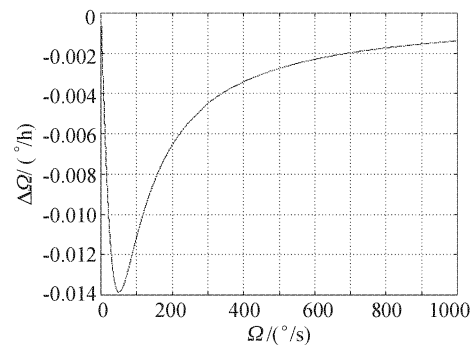


Fig. 1 The relationship of $\Delta \Omega$ vs Ω . $\Omega_L = 100^\circ/\text{h}$, $D = 100^\circ/\text{s}$

由图 2 可知, 当随机噪声强度 D 接近于 0 时, 在测量小角速度 Ω 时, $(H-D)$ 变化幅度很大。随着 D 的增大, $(H-D)$ 很快就减小了, 但再进一步增大 D 时, 这种减小趋势逐渐变缓。另外, 由图中可

知,对于任一固定 D ,在 Ω 由 0 逐渐增大的过程中,出现两个极值点。由(14)式计算得,当 Ω 为 0 和 $\sqrt{5/12}D$ 时, $(H-D)$ 分别取极值 $(-2\Omega_L^2/D)$ 和 $9\Omega_L^2/8D$,显然,随着 D 的增大,这两个极值将减小。但是,当 D 很大时,影响 H 的第一项 D 将同幅度地增大,占主导地位。所以,随机噪声强度 D 过小或过大,分散系数 H 均很大。因此,在选择随机噪声强度时,存在一个选优的过程。

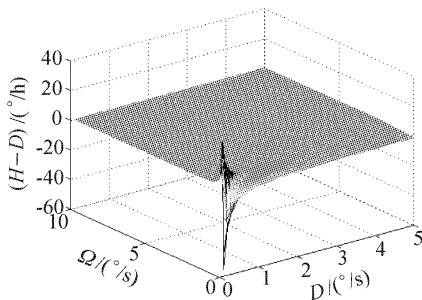


Fig. 2 The relationship of $(H-D)$ vs D and Ω .

$$\Omega_L = 100^\circ/\text{h}$$

由于 $\Delta\Omega$ 和 H 均受到 D 的影响,所以应同时考虑这两个指标。在设计时可以以一个指标进行 D 的选定,以另一个指标进行验证和修改。下面结合算例,进行具体阐明。

2.3 算例

由于 H 和 D 是同一量级,所以在该算例中,先以 H 为指标,进行参量 D 的设计,然后以 $\Delta\Omega$ 为验证指标,分析 D 选取的可行性,或者提出改进方案。

一般对于给定的激光陀螺,闭锁阈值 Ω_L 是已知量,如果要测量的角速度范围给定,那么最大的 Ω 也是已知量,而 H 可参考激光陀螺的读出分辨率得到,这样就可确定随机噪声强度 D 的大小。

依据目前加工水平,一般 Ω_L 在 $100^\circ/\text{h}$ 左右,最大测量角速度范围一般不超过 $1000^\circ/\text{s}$,设激光陀螺读出分辨率为 $0.514(\text{pulse}/\text{''})$,读出误差为 ± 1 个脉冲,并且服从均匀分布,那么 $\sigma_n = 1.634 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 。 H 可参考 σ_n 取值。

将 $\Omega_L = 100^\circ/\text{h}$ 和 $H = 1.634 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 代入(14)式,求极值方程

$$H = D + \frac{9\Omega_L^2}{8D}, \quad (15)$$

得 $D = 1.452 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 。 H 取极值时, $\Omega = 53.7^\circ/\text{s}$,由图 2 可知,当测量角速度 Ω 大于 $53.7^\circ/\text{s}$ 时, H 逐渐减小,因此,激光陀螺的测量范围从理论上讲可以无穷大。因此 $D = 1.452 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 完全满足 H 不超过 $1.634 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 的要求。

将 $D = 1.452 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ 代入(13)式验证发现, $\Delta\Omega$ 的极值却达到了 $-16.7^\circ/\text{h}$,而一般应用要求 $\Delta\Omega$ 应该在 $0.01^\circ/\text{h}$ 或更小,显然不符合应用要求。反之,如果使 $\Delta\Omega$ 小于 $0.01^\circ/\text{h}$, D 必须大于 2.424 rad/s ,而此时 H 也在这个量级。所以这二者是矛盾的。

一种解决办法就是减小测量角速度范围,另一种方法就是进一步减小 Ω_L ,这样也可减小 $\Delta\Omega$ 。前一种方法势必缩小了激光陀螺的应用范围,没有应用前景。下面就针对后一种方法,提出在输入周期性抖动信号的基础上,叠加随机噪声,使激光陀螺的输出性能满足应用要求。

3 周期性抖动叠加随机噪声对激光陀螺输出特性的影响

相关研究表明^[7],在周期抖动信号的作用下,激光陀螺的闭锁区变成了在特定的频率段出现的更小的动态锁区。如果在周期性抖动信号中,再叠加随机噪声,各动态锁区的消除与纯噪声激励时类似。只是由于动态锁区频宽更窄,相应需要的噪声强度较小,实现更容易些。下面进行具体研究。

3.1 过程推导

在周期性抖动和随机噪声作用下,相位方程可表达如下:

$$\dot{\phi} = \Omega - \Omega_L \sin \phi(t) + \Omega_c(\omega_d t) + \xi(t), \quad (16)$$

式中 $\Omega_c(\omega_d t)$ 为周期性抖动信号, ω_d 为抖动频率。

相关研究表明,周期性抖动信号的输入,在非动态锁区部分,输入输出基本上是线性关系;但是在动态锁区部分,输入输出关系仍然是非线性的。和纯随机噪声作用时的研究方法相似,对第 m 个动态锁区进行研究,得到在周期性抖动叠加随机噪声作用下,激光陀螺输出特性:

$$\Delta\Omega \approx -\frac{1}{2} \frac{\Omega_L^2 |F_{-m}|^2 v}{D^2/4 + v^2}, \quad (17)$$

$$H \approx D \left[1 - \frac{1}{2} \Omega_L^2 |F_{-m}|^2 \frac{D^2/4 - 3v^2}{(D^2/4 + v^2)^2} \right], \quad (18)$$

式中 v 相比较于 ω_d 为一小量, $\Omega_L |F_{-m}|$ 是第 m 个动态锁区的宽度, $|F_{-m}|$ 为 $F(\omega_d t)$ 的第 m 阶傅里叶展开系数。

3.2 结果分析

和纯随机噪声激励结果相比,周期性抖动叠加随机噪声激励的结果存在 $v \rightarrow \Omega$ 和 $\Omega_L |F_{-m}| \rightarrow \Omega_L$ 的代换,从物理意义上看, $\Omega_L |F_{-m}|$ 就是第 m 个动态锁

区的宽度, v 是一角速度小量, 而其它的完全一致, 所以 $\Delta\Omega$ 和 H 的变化趋势和纯随机噪声激励时相似。但是, 由于动态锁区比闭锁区要小许多, 所以在量级上, 抖动叠加噪声激励的 $\Delta\Omega$ 和 H 要小些, 这样所要求的 D 也可相应减小, 而且测量范围也可拓宽, 这是复合激励方式的优点。

另外, 需要指出的是, 由于上面讨论时是针对普遍意义上的周期性信号, 所以上面的结论对正弦抖动也是适用的。下面为了利用前面研究的结果, 就只分析正弦抖动信号时的情况。

3.3 算例

还是以 H 为设计指标, 以 $\Delta\Omega$ 为验证指标。

由于动态锁区宽度随着阶次增加而减小, 所以这里就以第 0 阶动态锁区为研究对象。各参量取值为: 激光陀螺标度因子 K 为 26324.45, 抖动信号频率 ω_d 为 300 Hz, 抖动角幅度为 $10'$, 激光陀螺闭锁宽度 Ω_L 为 $100^\circ/\text{h}$, 输出角速度方差不得超过 1.634×10^{-3} rad/s。由这些已知参量, 抖动深度 M 为 2.91×10^{-3} , 所以参量 $(2\pi KM)$ 为 481.133。实际抖动系统由于老化等原因, 抖动参量会有小幅变化的, 所以这里以参量 $(2\pi KM)$ 在 481.133 附近的最大动态锁区(第 0 阶)为研究对象, 按照文献[8]所提出的抖动参量优化设计方法, 对抖动参量进行优化设计。结果表明, 第 0 阶动态锁区宽度在 481.133 附近取极值为

$$\Omega_L |F_0| = \Omega_L |J_0(2\pi KM)| = 3.636^\circ/\text{h}, \quad (19)$$

将(19)式代入 H 的极值(15)式解得 $D = 1.633 \times 10^{-3}$ rad/s。

将(19)式和 $D = 1.633 \times 10^{-3}$ rad/s 代入(17)式, 得 $|\Delta\Omega|$ 的极值为 $0.0196^\circ/\text{h}$, 已经基本上达到了 $0.01^\circ/\text{h}$ 的量级。从等效功率意义上看 $D = 1.633 \times 10^{-3}$ rad/s 相当于抖动角幅度为 $10'$ 、抖动频率为 300 Hz 的正弦抖动的 0.042% , 所以实现相对比较容易, 有可行性。

如果进一步增大噪声强度, 那么 $\Delta\Omega$ 还可以继续减小, 例如将噪声强度加大到相当于正弦抖动的 0.25% 时, $\Delta\Omega$ 约为 $0.003^\circ/\text{h}$, 已经达到了中高精度导航的要求。在实际的机械抖动偏频激光陀螺中, 叠加的随机噪声强度一般是正弦抖动的 $1\% \sim 3\%$, 以保证从偏频角度使 $\Delta\Omega$ 达到高精度导航的要求。噪声强度增大所导致的激光陀螺输出分散性变大, 可以通过延长输出积分时间来减小。

结论 对纯随机噪声和周期性抖动叠加随机噪声两

种激励下激光陀螺输出特性的研究, 得出以下结论:

1) 由于按照激光陀螺读出均值偏差 $\Delta\Omega$ 和分散系数 H 为指标分别确定噪声强度 D 时, D 的取值是相互矛盾的, 所以在确定 D 时, 要按照应用要求, 折中考虑。

2) 纯随机噪声激励时, 减小锁区影响的效果不理想, 没有应用价值。

3) 周期性抖动叠加随机噪声, 一方面周期性抖动输入将闭锁区减小为较小的动态锁区, 另一方面随机噪声进一步减小动态锁区的影响, 提高激光陀螺的读出精度, 是比较理想的减小闭锁区影响的方法。

参 考 文 献

- 1 Chow W W, Gea-Banacloche J, Pedrotti L M. The ring laser gyro. *Rev. Mod. Phys.*, 1985, **57**(1):61~104
- 2 Xiao Guixia, Ding Jinxing. Lock-in effect in a passive resonator laser gyroscope. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1997, **17**(11):1589~1593 (in Chinese)
- 3 Long Xingwu, Huang Yun, Zhang Bin *et al.*. Theory analysis of ring laser gyroscope biased by ATR magnetic mirror. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2002, **22**(8):989~993 (in Chinese)
- 4 Zhang Yanshen, Tang Quan'an, Pan Zhenwu. Ring laser gyro and its error compensation. *Acta Aeronautica Et Astronautica Sinica* (航空学报), 1990, **11**(3):120~126 (in Chinese)
- 5 Zhou Qihuan. General review of products of ring laser gyros at international market. *Navigation* (导航), 1991, **27**(1):55~64 (in Chinese)
- 6 Coccoli J D, Feldman J, Helfant S. Ring laser gyros. *IEEE Trans. Aerospace & Electron. Syst.*, 1984, **AES-20**(4):426~428
- 7 Oelschlaeger J M, Thielman L O. GG1308 ring laser gyro inertial measurement systems-Honeywell's low cost solution for tactical applications. *Proc. IEEE Position, Location and Navigation Symposium*, 1990, 528~536
- 8 Wang Kedong, Gu Qitai. Optimization of dither amplitude and frequency of RLG. *Proc. IEEE Position, Location and Navigation Symposium*, 2002, 277~282
- 9 Tang Jianxun, Fu Wenyu, Zhang Guangfa. Experimental investigation of eliminating the dynamic lock-in error of dithered ring laser gyro. *J. Optoelectronics Laser* (光电子激光), 2000, **11**(2):176~178, 188 (in Chinese)
- 10 Fu Wenyu. Investigation on noise injecting efficiency of dithered ring laser gyros. *Optoelectronic Technology & Information Engineering* (光电子技术与信息), 2001, **14**(6):19~22 (in Chinese)
- 11 Wu Baoting, Li Qingshi, Yang Yaowu. *Stochastic Processes and Differential Equations* (随机过程与随机微分方程). Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China Press, 1994 (in Chinese)

The Influence of Random Noise on Output of Ring Laser Gyroscope

Wang Kedong Gu Qitai

(Department of Precision Instruments and Mechanology, Tsinghua University, Beijing 100084)

(Received 13 November 2002; revised 23 December 2002)

Abstract: The relationships of mean output difference and distribution index of ring laser gyroscope with the intensity of random noise are obtained. Based on the relationships, the way to design random noise is produced and exemplified. The results show that pure random noise is no good to reduce the error because the introduction of random noise will reduce the measurement scope of ring laser gyroscope sharply or enlarge the output difference of ring laser gyroscope heavily. However, superimposing random noise on periodical dither signal can reduce the error deeply while the measurement scope of ring laser gyroscope is not reduced and increasing sample period moderately can reduce the enlarged output difference.

Key words: applied optics; ring laser gyroscope; dither; random noise; error compensation

(上接封四)

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(书或会议文集应相应列出版次、出版地、出版者、出版年、会议地点时间),起止页码。专利文献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。参考文献请全部译英,非英语参考文献应用原出版语言写明期刊名、书名、学位论文题目、会议文集名等。具体格式实例如下:

(1) 期刊: Yan Fengping, Yao Yi, Jian Shuisheng. Characteristics of Lyot optical fiber depolarizer. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 1996, **16**(6): 848~852 (in Chinese)

(2) 专著: Jin Guofan, Li Jingzhen. *Laser Metrology* (激光测量学). Beijing: Science Press, 1998, 162~165 (in Chinese)

(3) 译著: Born M, Wolf E. *Principles of Optics* (光学原理). Yang Jiasun transl. Beijing: Science Press, 1978, 182~190 (in Chinese)

(4) 学位论文: Zhang Jing. *LD Sensor for Weak Vibration Measurement and its Application in Muscle Vibration Measurement* (LD 微振动传感器及其在肌肉颤动测量中的应用)[MS dissertation]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2000, 21~30 (in Chinese)

(5) 技术标准: National Standardization Technical Committee. GB 3100~3102-93. Quantities and Units (量和单位). Beijing: China Standard Press, 1994 (in Chinese)

为避免漏引,并扩大你的论文及《光学学报》等中国光学类期刊的国际、国内影响,希望作者增引您自己和同行近2年在《光学学报》等中国光学类期刊上发表的文章作为参考文献。

3.8 资助来源 所投文章项目受到资助的,应标明资助名称及批准号。

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”的证明文件(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,请提供文章的电子版。

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。凡具有突破性创新成果的文章,经审稿专家审阅通过后,可以快报形式优先发表。

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(空白函在 <http://gxxb.chinajournal.net.cn> “本刊动态”上复制,或在 www.actaoptica.com 上下载)寄给编辑部。

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,寄送该期期刊一册和抽印本17份。

7 投稿及回复时,请告知作者的有效联系方法: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、QQ号等是必不可少的。并用E-mail回复修改意见和修改稿(修改部分须划线)。最好注明通讯作者(作者单位相对稳定)。

8 请另纸提供作者简历(出生年月、职务职称、熟悉的学科和课题——不超过3个)。对研究生而言,请指明自己的导师/课题组负责人。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(给出它们从事研究的学科和课题——不超过3个,通讯地址、E-mail)。