



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102607415 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201210080161. 7

(22) 申请日 2012. 03. 23

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路  
3888 号

(72) 发明人 卢振武 刘华

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 张伟

(51) Int. Cl.

G01B 11/00 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

G02B 19/00 (2006. 01)

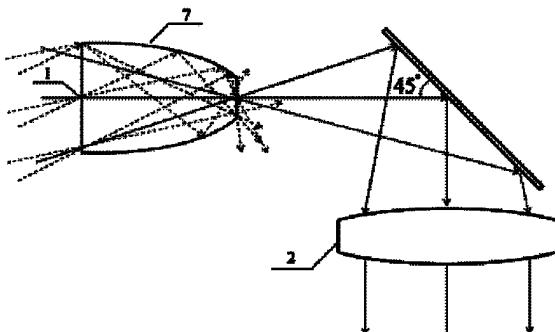
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法

(57) 摘要

一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法属于光学技术领域，该方法缩短了光源的尺寸，输出的电信号比较稳定，提高了光栅测量装置的分辨率和精度。该方法包括首先确定聚光元件的位置，即在光源和准直透镜中间，与光栅读数头照明系统同光轴；根据光栅读数头的具体结构和聚光元件安装的位置，确定光源经聚光元件的尺寸；根据光源的实际尺寸、光源经聚光元件的尺寸和聚光元件所能接收的光线的最大入射半角，确定聚光元件沿轴方向的长度和聚光元件的焦距。本发明使光源的光通量较大，光栅读数头照明系统输出的电信号较强；通过聚光元件的出射光线的准直性好、平行度高；该照明系统用于光栅尺测量时，测量精度高、响应速度快。



1. 一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法,该光栅读数头照明系统包括:光源(1)、准直透镜(2)、标尺光栅(3)、指示光栅(4)、光电接收元件(5)和驱动电路(6),所述光源(1)发出光线经过准直透镜(2)准直,经标尺光栅(3)和指示光栅(4)调制后,由光电接收元件(5)将光信号转化为电信号,最后由驱动电路(6)驱动,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤一:首先确定聚光元件(7)的位置,即在光源(1)和准直透镜(2)中间,与光栅读数头照明系统同光轴;

步骤二:根据光栅读数头的具体结构和聚光元件(7)安装的位置,确定光源经聚光元件(7)的尺寸;

步骤三:根据光源(1)的实际的尺寸、光源(1)经聚光元件(7)的尺寸和聚光元件(7)所能接收的光线的最大入射半角,确定聚光元件(7)沿轴方向的长度和聚光元件(7)的焦距。

2. 如权利要求1所述的一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法,其特征在于,步骤一中所述的确定光源经聚光元件的尺寸有如下两种影响因素:

因素一:当光栅读数头照明系统中各部件的位置确定和准直透镜(2)的焦距确定时,光源(1)经聚光元件(7)的尺寸越大,光电接收元件(5)的条纹对比度越小;

因素二:光源(1)经聚光元件(7)的尺寸越大,光电接收元件(5)的条纹反差就会降低。

## 一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学技术领域,特别涉及一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国对数控机床需求的不断增加,数控机床的精度要求也越来越高,高精度的机床选择高准确度等级的光栅尺是必然的。光栅尺中光电接收元件输出的电信号的变化取决于其接收光通量的变化,接收的光通量越大信号也就越强。读数头作为光栅测量装置的核心部件,其合理的结构设计和元件选用,可以保证精度、降低成本。

[0003] 目前较为简单的照明系统采用非球面准直镜照明,具有光学零件少、尺寸小、结构紧凑、调整简单等优点。但这种照明系统对光源的尺寸要求比较严格,小尺寸的LED光源其光通量比较低,使得输出的电信号比较微弱,降低了光栅尺的测量精度。大尺寸的光源增加了光源的光通量,同时也增加了光源的发光面积,不能满足照明系统中准直性的要求。

### 发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的问题,本发明提供了一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法,LED光源经聚光元件后不仅缩短了光源的尺寸,同时由于光线在聚光元件内部的多次反射,光源出射的均匀性也有了很大的提高,使输出的电信号比较稳定,提高了光栅测量装置的分辨率和精度。

[0005] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0006] 一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法,该光栅读数头照明系统包括:光源、准直透镜、标尺光栅、指示光栅、光电接收元件和驱动电路,光源发出光线经过准直透镜准直,经标尺光栅和指示光栅调制后,由光电接收元件将光信号转化为电信号,最后由驱动电路驱动,该方法包括如下步骤:

[0007] 步骤一:首先确定聚光元件的位置,即在光源和准直透镜中间,与光栅读数头照明系统同光轴;

[0008] 步骤二:根据光栅读数头的具体结构和聚光元件安装的位置,确定光源经聚光元件的尺寸;

[0009] 步骤三:根据光源的实际的尺寸、光源经聚光元件的尺寸和聚光元件所能接收的光线的最大入射半角,确定聚光元件沿轴方向的长度和聚光元件的焦距。

[0010] 本发明的有益效果是:本发明使光源的光通量较大,光栅读数头照明系统输出的电信号较强;通过聚光元件的出射光线的准直性好、平行度高;该照明系统用于光栅尺测量时,测量精度高、响应速度快。

### 附图说明

[0011] 图1 本发明光栅读数头照明系统的结构图。

- [0012] 图 2 本发明光栅读数头照明系统光源宽度与准直镜发散角的关系。
- [0013] 图 3 本发明一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法中复合抛物型聚光元件结构示意图。
- [0014] 图 4 本发明一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法中复合抛物型聚光元件结构的应用图。
- [0015] 图 5 本发明一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法中锥形聚光元件结构示意图。
- [0016] 图中 ;1、光源,2、准直透镜,3、标尺光栅,4、指示光栅,5、光电接收元件,6、驱动电路,7、聚光元件。

### 具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。本发明基于边缘光线原理和光学扩展量守恒原理 :即来自光源边缘的光线经光学元件后应通过目标元件的边缘,并且光在传播过程中的辐射能量保持不变。聚光元件使光源会聚在准直透镜的焦平面处,小尺寸的光源经准直透镜后可实现比较好的准直性。准直镜的作用是将光源发出的发散角比较大的光束转变为发散角尽可能小、光斑能量均匀性尽可能好的光束。

[0018] 一种用于改善光栅读数头照明系统的聚光元件的设计方法,该光栅读数头照明系统包括 :光源 1、准直透镜 2、标尺光栅 3、指示光栅 4、光电接收元件 5 和驱动电路 6,光源 1 发出光线经过准直透镜 2 准直,经标尺光栅 3 和指示光栅 4 调制后,由光电接收元件 5 将光信号转化为电信号,最后由驱动电路 6 驱动,该方法包括如下步骤 :

[0019] 步骤一 :首先确定聚光元件 7 的位置,即在光源 1 和准直透镜 2 中间,与光栅读数头照明系统同光轴;

[0020] 步骤二 :根据光栅读数头的具体结构和聚光元件 7 安装的位置,确定光源经聚光元件 7 的尺寸 b;

[0021] 如图 1 所示,一方面,对于单色光源 1,准直光束经指示光栅 4 后,到达光电接收元件 5 的条纹对比度 K 的计算公式为 :

$$[0022] K = \sin\left(\frac{bl}{gf'}\pi\right) / \frac{bl}{gf'}\pi$$

$$[0023] \text{令 } \alpha = bl/gf' , \text{则 } : K = \frac{\sin(\alpha\pi)}{\alpha\pi} = \sin c(\alpha\pi)$$

[0024] 其中, b 是光源经过聚光元件 7 的尺寸, l 是指示光栅 4 面与光电接收元件 5 之间的距离, g 是指示光栅 4 棚距, f' 是准直透镜 2 焦距。对于给定光栅读数头照明系统, 其 l, g 是确定的, 由  $\text{sinc}(x)$  函数的性质, 当准直透镜 2 的焦距确定时, b 越大条纹对比度 K 越小, 进而影响测量精度。根据条纹对比度 K, 由上式可以确定对光源尺寸 b 的要求。

[0025] 另一方面, 如图 2 所示, 光栅读数头照明系统的极限发散角可近似表示为 :  $\varphi \approx b/f' \approx s/d$ , 其中  $\varphi$  为光源 1 的发散角, d 为两光栅之间的距离, s 为两光栅之间产生的弥散量。由此可见, 光源 1 经过聚光元件 7 的尺寸越大, 产生斜平行光束的倾角也就越大, 致使两光栅之间产生的弥散量越大, 因而条纹的反差就会降低。可根据照明系统中对准直度的要求, 近似求解合适的光源尺寸。

[0026] 步骤三：根据光源 1 的实际的尺寸、光源 1 经聚光元件 7 的尺寸和聚光元件 7 所能接收的光线的最大入射半角，确定聚光元件 7 沿轴方向的长度和聚光元件 7 的焦距。

[0027] 根据光源 1 的实际尺寸  $a$ , 选择聚光元件 7 的结构为复合抛物面聚光镜 (CPC 结构)，该聚光镜的二维截面图由两片反射镜组成，如图 3 所示，其中位于  $P' Q'$  之间是一抛物线， $P' Q'$  面的光轴平行于直线  $PQ'$ ，其焦点为  $Q$ ；同理， $PQ$  之间是以  $Q'$  为焦点，光轴平行于  $P' Q$  的抛物线。

[0028] 根据抛物线在极坐标系下的定义式， $r = 2f/(1-\cos \phi)$ ，其中， $f$  为顶点到焦点的距离， $\phi$  为抛物线上的点相对于焦点的极角。因此有，

$$[0029] \begin{cases} QQ' = 2f/(1-\cos(\pi/2+\theta_i)) \\ QP' = 2f/(1-\cos 2\theta_i) \end{cases}$$

[0030] 其中  $\theta_i$  为复合抛物聚光镜所能接收的光线的最大入射半角。从而可以求得：，

$$[0031] \begin{cases} f = b(1+\sin \theta_i)/2 \\ b = a \sin \theta_i \\ L = (a+b)/2 \tan \theta_i \end{cases}$$

[0032] 已知  $a, b$  可以求得  $f$  和  $L$ ，其中  $L$  是聚光镜沿轴方向的长度。

[0033] 如图 4 所示，聚光镜选择复合抛物 CPC 集光器，该聚光器是一个理想的集光器，在理论上具有最大的集光效率。入射孔径上角度小于  $\theta_i$  的光线均会通过系统且由出射孔径射出。设准直镜的焦距  $f' = 15mm$ ，照明系统的发散角  $\varphi = 0.01rad$ ，根据发散角的近似表达式，可得，光源的临界尺寸  $b = f' \cdot \varphi = 0.15mm$ 。我们选择 osram 光源，型号为 SFH 4850 E7800，其中心波长为 850nm，峰值波长为 860nm，光源的发散半角近似为  $20^\circ$ ，光源尺寸为  $0.3 \times 0.3mm^2$ ，则有效尺寸 (LED 发光面对角线) 为  $a = 0.42mm$ 。根据复合抛物聚光器的计算公式，可以得到： $\theta_i = 21^\circ$ ， $f = 0.102mm$ ， $L = 0.742mm$ ，得到聚光镜的各项参数。

[0034] 另外，聚光镜的结构也可以是锥形结构或其它复合聚光器结构，如图 5 所示，把  $P' Q'$  之间的抛物线用直线替代，即为聚光镜的锥形结构。通过锥形方棒改变光束的数值孔径。设光棒锥角为  $\beta$ ，则光线在光棒内每反射一次，角度将增大  $2\beta$ 。光棒的长度影响光线经光棒后的均匀性，同时决定光棒锥角及入射面、出射面的面积。由光源经聚光镜的前后尺寸分别为  $a = 0.42mm$ ， $b = 0.15mm$ ，锥角  $\tan \beta = (a-b)/2L$ ，选择聚光镜的长度  $L = 0.8mm$ ，则  $\beta = 9.6^\circ$ ，即为锥形光棒的指标参数。由于该类型聚光镜的四个表面均为平面，加工简单，可降低加工成本。其设计的基本原理是类似的。

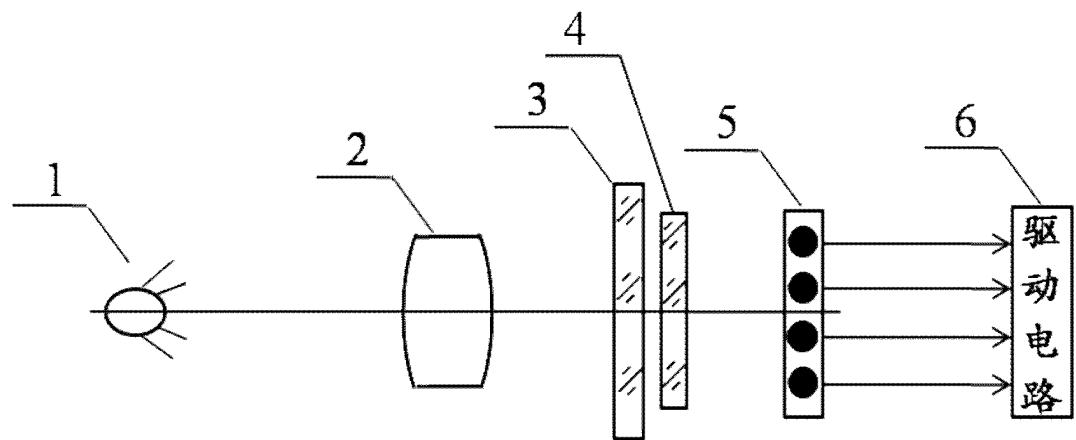


图 1

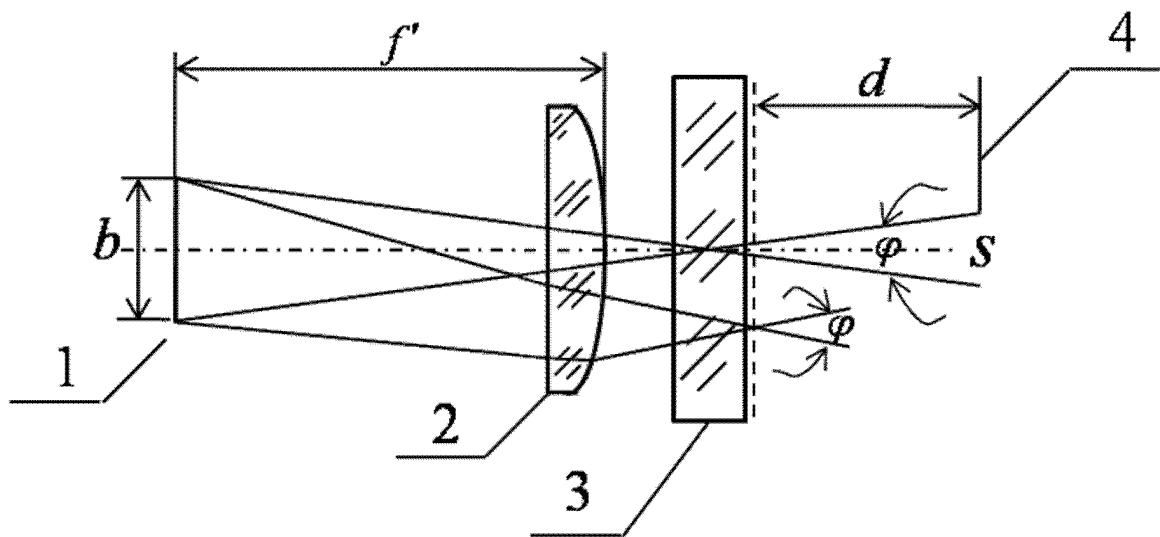


图 2

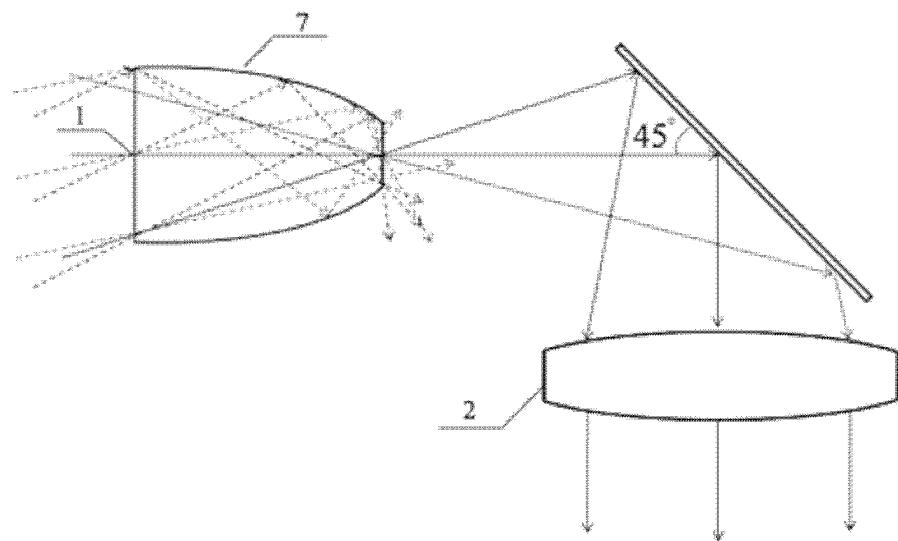


图 3

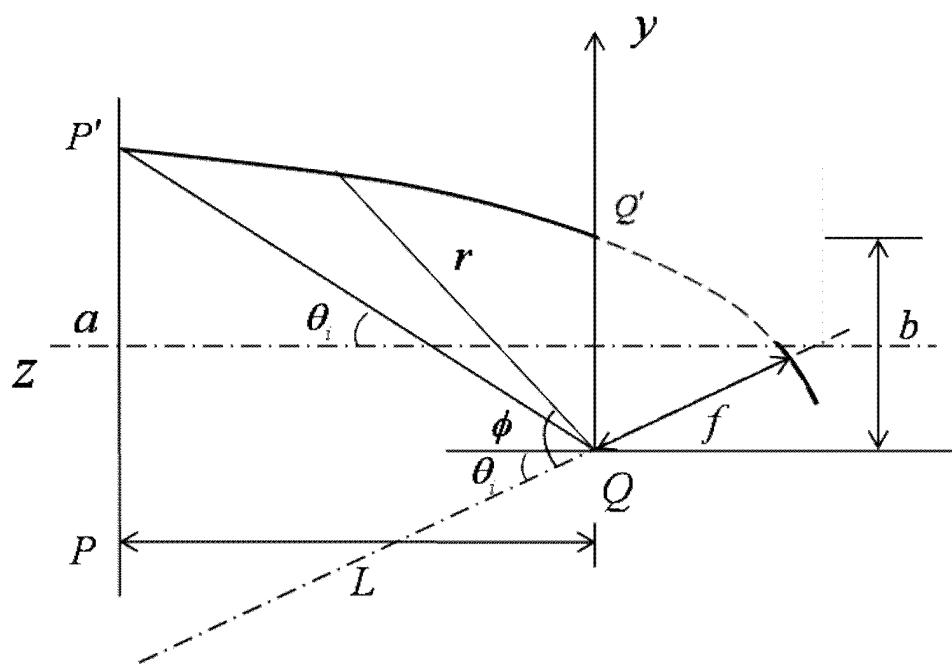


图 4

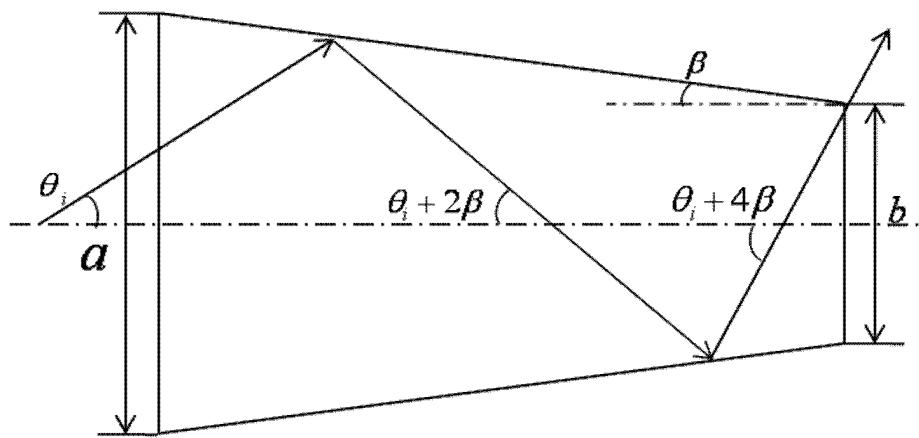


图 5