

获得特殊圆分度光栅的一种途径

祝 继 彬

(汉江精密机床研究所)

提 要

本文叙述了在光栅光刻工艺的基础上,采用一些特殊的措施,刻制了任意条纹的圆分度光栅,带四倍频的圆分度光栅及带绝对零位的圆分度光栅。

一、前 言

随着技术的发展,对圆分度光栅提出了各种新的要求,除了需要高精度圆分度光栅外,在使用中还提出了需要任意条纹数的、带四倍频的以及带绝对零位的圆分度光栅等等。这些特殊的圆分度光栅的制作已不是一般传统的机械刻制所能解决的,而需要用特殊的工艺手段来解决。本文介绍的是使用光刻工艺技术和圆分度磁栅作基准刻制特殊光栅。

二、任意条纹刻制

由于磁栅可以录制成任意条纹^[1],用这种圆分度磁栅作基准是可以达到刻制任意条纹的圆分度光栅的目的。将磁盘9安装在高精度的空气静压轴系上,空气静压轴承的主轴回转精度可以高于 0.1μ ,磁栅的精度可达 $\pm 1''$ 。

需要刻制的光栅感光板放置在主轴的顶端的工作台8上,与磁盘9同轴旋转。磁栅的讯号由主轴回转后通过磁头1输入到放大器,由放大器输入到频闪灯电源,再由频闪灯电源来控制频闪灯2。频闪灯经聚光系统3照明刀口狭缝4,经反射镜5转像后,由物镜系统6将狭缝成像在感光板7上。刀口狭缝4可以根据光栅线条的需要调节其宽度。光

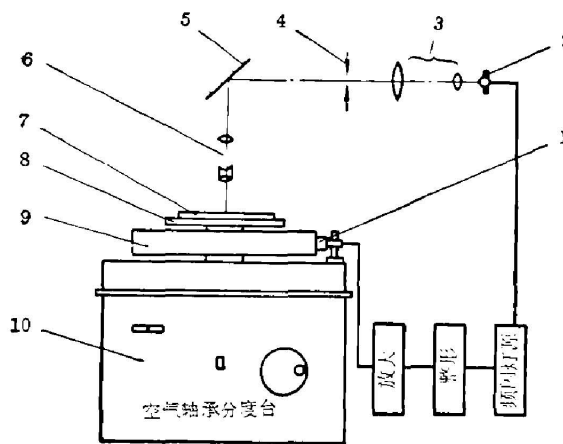


图 1

刻装置如图1所示。因此感光板上的光栅线条是由磁栅讯号通过控制频闪灯而成。整个光刻是在动态过程中进行。

三、四倍频光栅的刻制

为了对光栅讯号进行四倍频处理，可以直接在光栅上刻制出带四倍频的光栅组。这种光栅不仅使用上方便，而且倍频的等分精度高，工作稳定可靠。使指示光栅分成四组，在同一组内的节距均为 d ，而二相邻组间的节距为 $5d/4$ 或 $3d/4$ ，那末当四个光电接收器在分别接收这四组光电讯号时，这四个讯号之间就出现彼此相差 $\pi/4$ 电角度，如图 2 所示。

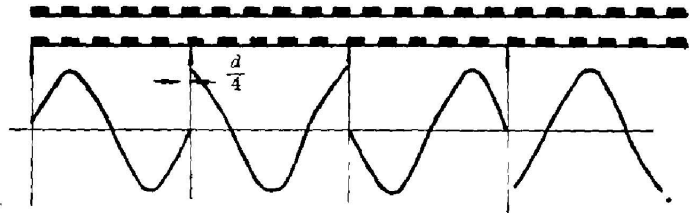


图 2

刻制带四倍频圆分度光栅时，如果主光栅一周内的条纹数为 n ，那末磁栅讯号一周内应该录制 $4n$ 条纹数，在刻制主光栅时，磁栅讯号经分频器 4 分频后进行光刻，这样刻制的是带四倍频的主光栅。

对于这种带四倍频的指示光栅，在光刻时，必须将磁栅讯号经过放大器整形后，输入到一个带 4 分频及 5 分频(或 3 分频)的分频器内，如图 3 所示。

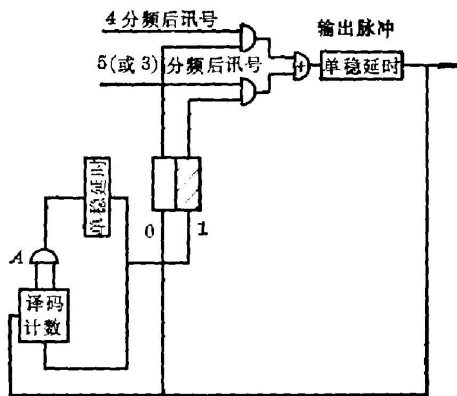


图 3

指示光栅中每组光栅线条的光刻，由磁栅讯号经 4 分频后来控制频闪灯源。每当光刻相邻二组具有 $\pi/4$ 相差时，磁栅的讯号经 5 分频(或 3 分频)来控制频闪灯源，然后再经 4 分频，如图 4 所示。

由于采用刀口狭缝刻制光栅，光能损失大，以致一次曝光还达不到预期的效果，这时就需要进行多次重复曝光，刻制主光栅时是不会出现什么问题的。而在刻制指示光栅时就会出现能否重复循环的问题，否则会出现线条干涉现象，因此在设计光栅时，还需要考虑一周内使每一组线条数完整，封闭。



图 4

如果每一组光栅线条数为 n' ，那么每四组指示光栅所对应的主光栅共有 $4n'+1$ 条刻线(或者 $4n'-1$ 条刻线)，因此能满足重复循环的条件必须是

$$n/4n'+1 = \text{整数} \text{ 或 } n/4n'-1 = \text{整数}, \tag{1}$$

式中 n 为主光栅一周内的刻线条数; 每组宽度为

$$B = n' \pi D / n, \quad (2)$$

式中 D 为刻划中径。在选择 B 时, 必须满足 $B \geq$ 光电池宽度。例如, 主光栅一周内为 600 条刻线, 则带四倍频的指示光栅可按表 1 选择:

表 1

每组光栅刻线数	每组之间的间距	四组共有实际刻线数	对应的主光栅的刻线数	一周内共有组数	一周内磁栅的条纹数
6	$5a/4$	24	25	96	2400

主光栅一周内为 600 条刻线(刻线中径 $\phi 62$ mm, 刻线长 3 mm)带四倍频的指示光栅, 如图 5 所示。再例如, 主光栅一周内为 240 条刻线(刻线中径 $\phi 33$ mm, 刻线长 3 mm), 则带四倍频的指示光栅可按表 2 选择:

表 2

每组光栅刻线数	每组之间的间距	四组共有实际刻线数	对应的主光栅的刻线数	一周内共有组数	一周内磁栅的条纹数
4	$3a/4$	16	15	64	960

主光栅一周内为 240 条刻线带四倍频的指示光栅, 如图 6 所示。

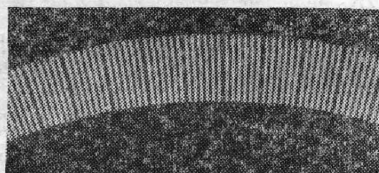


图 5

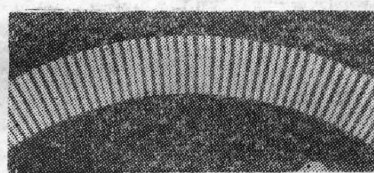


图 6

四、零位光栅的刻制

由于零位光栅不是一般光栅的这种“黑”、“白”等间隔排列, 不同光栅间隔的光栅所带的零位光栅刻线数也不同, 排列的程序也不同。因此, 要满足能刻制不同规格的零位光栅, 必须要有一个移位寄存器才能完成, 以便将已确定的零位光栅程序编码输入到移位寄存器内, 然后进行运转刻制。

例如, 采用 7 线条组合成零位光栅, 根据排列, 1100101 较为理想, 其中“1”表示线条的通光部分, “0”表示线条的不通光部分。图 7 是零位光栅 1100101 排列后零位脉冲的波形。

零位光栅的刻制过程中也存在需要多次重复循环曝光的问题。根据设计, 假如一个零位光栅组内包含相当的刻线数为 n'' , 主光栅一周内的刻线数为 n , 那末必须满足 $n/n'' =$ 整数。如果 $n/n'' \neq$ 整数, 应该使 $n/n'' + a =$ 整数, 也就是在每组零位光栅之间要加上一个 a 数目的刻线。这个 a 数目的编码应该以全部为“0”最合适, 这样既保证了重复循环曝光, 又保持了零位光栅的应有波形。所以移位寄存器除了具有储存编码外, 还必须具有不断循环输出的特性。

I I 0 0 I 0 I
 I
 0 I
 I 0 I
 0 I 0 I
 0 0 I 0 I
 I 0 0 I 0 I
 I I 0 0 I 0 I
 I I 0 0 I 0
 I I 0 0 I
 I I 0 0
 I I 0
 I I
 I

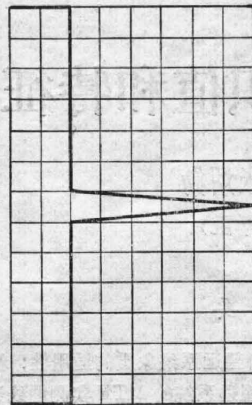


图 7

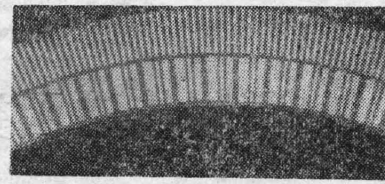


图 8

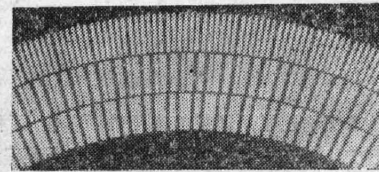


图 9

排列程序为 1100101(负片)(图 8)和排列程序为 0110010110 的差分式零位光栅^[2](图 9 是一种带四倍频的指示光栅(负片)。刻制差分式零位光栅也可采用类似的原理。

五、讨 论

对于刻制特殊圆分度光栅,采用磁栅作基准是恰到好处的。在刻制过程中,如果能采用激光光源或其它强光源,那末就可以避免重复循环曝光,从而还可以在刻制四倍频光栅的基础上刻制更高倍频数的圆分度光栅。

参 考 文 献

- [1] 刘嗣洪;《机床》,1980, No. 5, 41.
 [2] 祝继彬;《光学学报》,1981, 1, No. 5 (Sep), 475.

An approach to the ruling of special circle-dividing gratings

ZHU JIBIN

(Hanjiang Institute of Precision Machine Tools, Hanshong)

(Received 21 December 1981)

Abstract

In this paper, some special measures based on the grating photoetching technique are presented. The ruling of circle-dividing gratings with optional fringes, quadruple frequency and absolute zero has been carried out in this manner.