

动态目标发生器圆鼓图形光刻掩模板的研制

付永启 刘怀道*

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

(* 南京光学仪器厂, 南京210008)

摘要 本文详细论述了动态目标发生器圆鼓图形光学刻划掩模板的设计思想及其制作过程, 经试刻效果良好, 为非球面光刻掩模板的制作开创了一条新途径。

关键词: 动态目标发生器, 圆鼓图形, 光学刻划, 掩模板。

1 前 言

动态目标发生器圆鼓是检验大口径相机透镜动态分辨率装置的核心部件, 该圆鼓要求将3号鉴别率板图形用光学刻划的手段刻制到直径320mm、厚30mm的圆鼓侧面周边上。此圆鼓图形的光学刻划在国内尚属首次研制, 类似的技术在国外刊物上也未见报道, 具有一定的技术难度。由于整个圆鼓周边由近二百个图案组成, 采用常规的接触式曝光因其易损伤刻划胶面的缺点很难完成二百个图案的顺利刻划。故决定采用接近式光刻法, 该方法不损伤刻划胶面, 而且能够实现连续刻划、速度快。但是, 通常的掩模板都为一平面, 而被刻圆鼓侧面为圆柱面, 若直接将此掩模板图案向圆鼓侧面上成象, 势必会产生图形畸变, 使刻出的圆鼓图形难以达到要求。故常规的掩模板已不能适应此处圆鼓图形的刻划要求, 必须设计新的特殊掩模板以解决图形畸变问题。本文就是以此为着眼点详细论述了该掩模板研制的设计思想。

2 平面掩模板产生的刻划误差分析

动态目标发生器圆鼓图形的接近式光学刻划光路系统图如图1所示。高压汞灯光源经凹面反射镜1反射会聚后, 经柱面透镜3、4及6将 $\varnothing 5 \times 28$ 的长条形汞灯光源变成正方形光斑, 再经透镜7、9及孔径光阑8变为 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的均匀照明场照射其后的掩模板10, 掩模板上的图形经曝光后在涂有正性光刻胶的被刻圆鼓侧面上成象, 将曝光后的圆鼓图形显影、腐蚀, 便得到所需刻划的图案。

当掩模板上的图形所在面为平面时,经平行光照射掩模板后,在被刻圆鼓侧面上的成象将产生畸变,即掩模板上线条宽度发生改变,使光刻后的线条黑白比及对比度均发生变化,如图2所示。

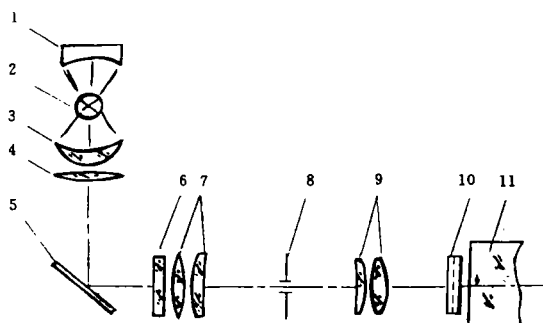


图1 接近式光刻圆鼓图形刻划光路示意图

1球面反射镜,2汞灯,3柱面镜,4柱面镜,5反射镜,6柱面镜,
7球面物镜,8孔径光阑,9球面物镜,10掩模板,11被刻圆鼓

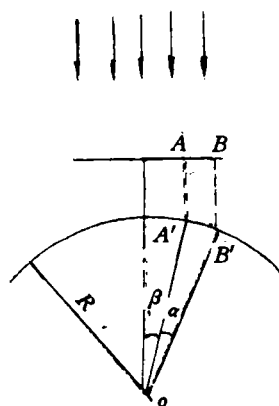


图2 线宽成象变化关系图

设掩模板上线宽为 \overline{AB} ,则成象后的线宽为 $\overline{A'B'}$,由图中几何关系可知

$$\widehat{A'B'} = R\alpha \quad (1)$$

式中

R ——被刻圆鼓半径,mm;

α ——线宽对应的圆心角,rad。

由于 α 很小,故可用 A' 点切线段 $\overline{A'B'}$ 近似代替弧长 $\widehat{A'B'}$,则线宽变化量 Δ 为

$$\Delta = \overline{A'B'} - \overline{AB} = R\alpha(1 - \cos\beta) \quad (2)$$

式中 β 为线条边缘内侧与中线光轴的夹角。

掩模板上图形线密度为12.5pl/mm~50pl/mm,被刻圆鼓直径为320mm,图案尺寸为5mm×5mm,由式(2)可估算出图案边缘处线宽的最大变形误差为

$$\Delta_{\max} = 1.71\mu\text{m}$$

此误差值已超出要求的技术指标,且实际刻划中诸多因素影响还会使线条黑白比变大。因此,必须设计新的掩模板以克服平面掩模板产生的线条畸变。

3 新型掩模板的设计制作

为消除圆鼓侧面掩模成象的图形畸变,采取了两条措施:

(1)设置合理的刻划间隙,避免近场衍射对刻线对比度及黑白比的影响。此方法另有文章叙述。

(2)设计新型掩模板。

根据仪器工作要求及刻线质量要求,新型掩模板应具有如下技术指标及参数。

- (1)目标空间频率:12.5pl/mm~50pl/mm;
- (2)目标空间频率误差:<5%;
- (3)目标线条黑白比:1:1±0.03;
- (4)目标对比度:100:1;
- (5)目标对比度误差:<5%;
- (6)目标图形一圈刻划数:192;
- (7)分辨率图案线条边缘清晰,用400倍显微镜观察线条边界整齐陡直,线头角为直角;
- (8)分辨率图形线条要牢固。

这里主要的技术指标为(3)、(5)、(7)、(8)四项,针对此四项指标决定采用如下设计方案。

见示意图3,将K9玻璃材料的平面模板一面磨成与圆鼓侧面圆周同心的圆柱面,即掩模板上圆柱面半径与圆鼓半径相同,这样就保证了掩模板圆柱凹面上任何点都与圆鼓侧面保持相同的刻划间隙。将3号鉴别率板图案刻制在掩模板凹形圆柱面上,即可以1:1的黑白比及较好的对比度将图案成象在圆鼓侧面上。

该掩模板制造工艺类似集成电路的刻制,工艺流程如图4所示。

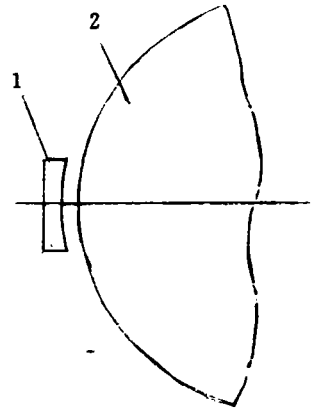


图3 同心掩模板与被刻圆鼓
1掩模板 2被刻圆鼓

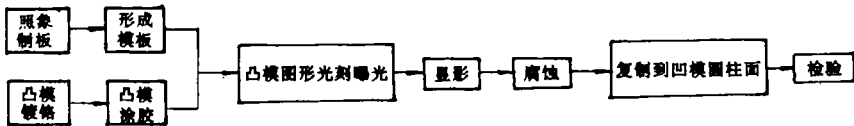


图4 掩模板制作工艺流程图

图中的凸模图形刻制由专用的制版光刻机完成。制作好的新型掩模板如图5所示,经制作单位试刻,成象效果良好,完全可以达到上述技术指标要求。

4 结 论

本文提出了一种新型掩模板的设计和制作方法,满足了动态目标发生器圆鼓图形光学刻划的特殊要求,为今后非球面掩模板制作摸索了一条途径,同时也为非球面的接近式光刻奠定了基础。



图5 新型掩模板示意图

参 考 文 献

- [1] 马宏骗,精密刻划工艺. 北京:兵器工业出版社,1994
[2] 曹向群主编,光学刻划技术论文精选. 北京:机械工业出版社,1991

Design of Mask for Dynamic Aim Generator Image

Fu Yongqi, Liu Huaidao*

*(Changchun Institute of Optic and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)
(* Nanjing Optical Instruments Work, Nanjing 210008)*

Abstract

This paper describes design idea of mask manufacture of dynamic aim generator image and its making process. It was used in experimental lithography and got a better result. A new method was found for the manufacture of nonglobal mask.

Key words: Dynamic aim generator, Drum image, Photolithography, Mask