

光纤网格器件及其制造

袁 益 谦

(中国科学院西安光学精密机械研究所)

提 要

本文研究了利用光学纤维来制作光纤网格器件的方法。研制成的器件参数和测量结果是：单元透镜总数为 2.25×10^4 ，步距 0.4 mm ，单元透镜摄影分辨率为 110 对线 mm^{-1} 、焦距 0.3 mm ，网格器件总信息容量为 $1.089 \times 10^7 \text{ bit}$ 。

一、器 件 设 计

光纤网格器件应用于光学系统中能对外界目标图象起到分解和复合作用^[1]，在高速摄影、信息处理中是有重要作用的。我们采用圆柱形光学纤维用光学加工的办法做成半圆柱棒，然后按图1结构做成光学纤维网格器件。它

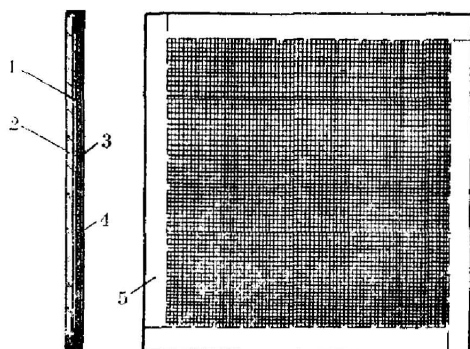


图1 光纤网格器件结构图

Fig. 1 Configuration of optic fiber raster plate

包括2—前基板、4—后基板、1—纵向半圆柱光纤、3—横向半圆柱光纤和5—限位条所组成。该器件是一个密闭胶合的光学结构，其中纵向和横向半圆柱光纤按圆柱面相对、轴线成 90° 交叉而构成。这种光学元件的光学成像关系，可以取出网格的一个单元经放大的后来进行分析，如图2所示。对子午和弧矢剖面进行分析，平行光线通过两个半圆柱透镜后仍能交汇于一点，基本上和球面透镜成像是一样的。可按双凸球面透镜的焦距公式进行计算^[2]。

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{n} \frac{d(n-1) - n(r_1 - r_2)}{r_1 r_2} \circ$$

图2中 $N-N$ 剖面为平凸透镜，则 $r_1 = \infty$ ，焦距公式为： $f = \frac{r}{n-1}$ 。我们制造的光纤网格器

件有效面积为 $60 \times 60 \text{ mm}^2$ ，网格间距为 0.4 mm ，微透镜总数为 22500 单元，按正方形排列，微透镜相对孔径 (D/f) 近似为 $1/0.75$ ，当网格图象经过 $1:4$ 缩小，在 $15 \times 15 \text{ mm}^2$ 的面积上的分辨率为 10 对线 mm^{-1} 。其光学结构尺寸如图3所示。网格成象面和器件端面在设计 and 制作上做到了完全重合。对光学网格器件成象象差的计算，当物距为无限远时的最大象差 $L'_A = 0.08329$ ， $OSC' = -0.03406$ ， $D'_T = 0.01126\%$ ， $x'_x = 0.00002927$ ， $x'_s = -0.00998$ ， $\Delta x' = 0.009985$ 。当物体为近距离时 (300 mm)，最大象差 $L'_A = 0.0688$ ， $OSC' = 0.03406$ ， $D'_T =$

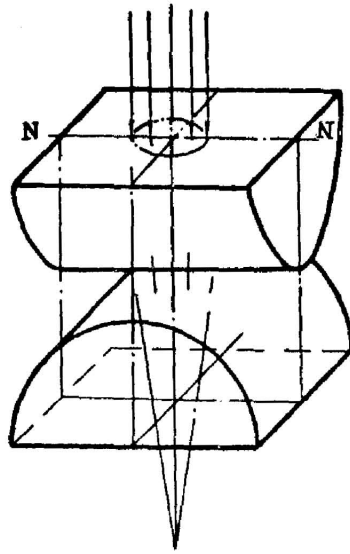


图2 单元微透镜放大图
Fig. 2 A magnification diagram
of single micro-lenticular

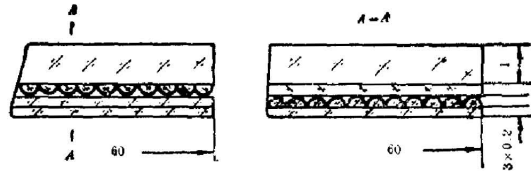


图3 光学结构图
Fig. 3 Optical configuration

0.69%, $x'_x = -0.0009789$, $x'_s = -0.009678$, $\Delta x' = 0.008697$ 。

二、器件制造

光纤网络器件的制造涉及到材料, 光纤拉制, 半圆柱纤维的磨制和胶合, 现分别叙述如下。

1. 圆柱状光学纤维棒的拉制及其材料选择

用高透过率的光学材料 F262/356 在粗纤维拉丝机上进行拉制。在光学纤维拉制前先将光学材料磨成 $\phi 18\text{ mm}$ 圆棒, 表面抛光到 $\nabla 12$ 以上。在拉制光学纤维时应用线径控制仪, 这些都是为了保证让拉出的光学纤维表面保持光学表面和直径尺寸稳定和均匀。在拉制过程中, 总会有个别区段存在质量缺陷, 所以仍然要进行严格的质量检查。因为光学纤维直径的误差直接影响到微透镜焦距的误差分布, 我们采用的光纤直径和公差是 $0.40 \pm 0.01\text{ mm}$ 。

2. 半圆柱状光纤的磨制与胶合

把精选出来的光纤用金刚刀截成需要的长度, 扎成束后磨平端面, 再将它们排列在带腊的玻璃平板上, 周围加框拦住, 用红外灯适当加热, 让光学纤维和玻璃平板紧贴, 纤维之间没有间隙, 如图 4(a) 所示。接着磨去光学纤维直径的一半尺寸, 如图 4(b), 并保证 0.2 mm 尺寸在整个平面上的平整性。另外再磨好 0.2 mm 和 1 mm 厚的平板玻璃各一块, 分别将它们胶合到已磨好的光学纤维之上, 如图 4(c)。胶固化后, 加热脱开蜡层并擦净零件, 如图 4(d), 将它们按光纤方向垂直交叉, 并在栏条上涂胶将两个分离件组合成一整体器件, 如图 4(e)。

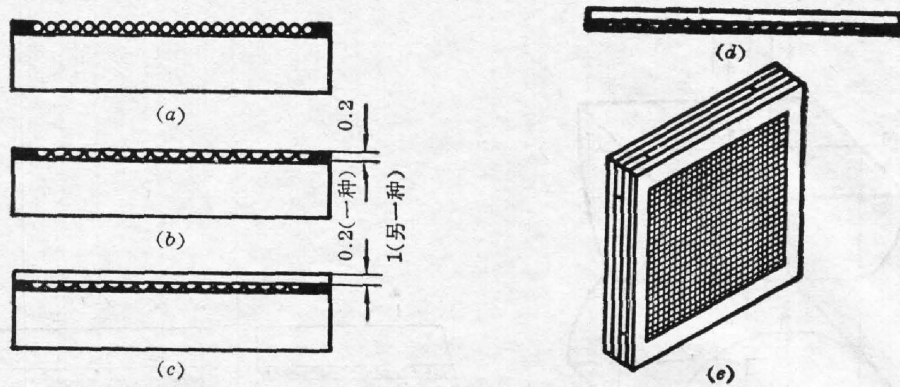


图 4 工艺过程图

Fig. 4 Technological processes

三、器件性能参数测试

器件外形为 $70 \times 70 \times 1.6 \text{ mm}^3$ 。对单元微透镜的焦距进行测量得 $\bar{f}_{\text{白光}} = 0.297 \text{ mm}$, 焦距误差分布 $\Delta f = 0.02 \text{ mm}$ 。用显微摄影法测量单元微透镜的分辨率, 图 5 为放大 27.5 倍的照片。从显微照片上能看到 4 对线 mm^{-1} 。所以实际上网格器件单元微透镜照相分辨率为 110 对线 mm^{-1} 。对人(目标)进行拍照能同时得到 22500 幅人象显微照片。图 6 所示为放大 27.5 倍的局部照片。其总信息容量可用: 微透镜总数 \times (分辨率 \times 象面线尺寸)² 来表示, 经计算总信息容量为 $1.089 \times 10^7 \text{ bit}$ 。

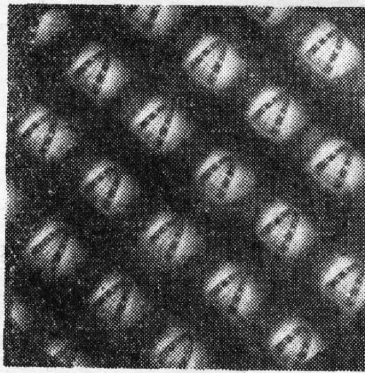


图 5 摄影分辨率照片(放大 27.5 倍)

Fig. 5 The photo of photographic resolving power (magnification 27.5x)

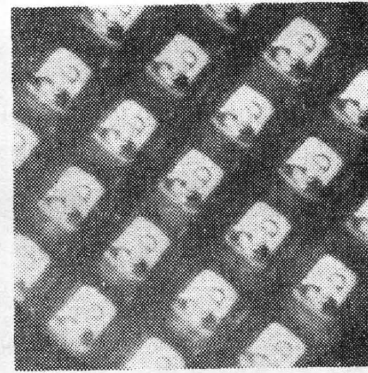


图 6 信息容量照片(放大 27.5 倍)

Fig. 6 The photo of informational capacity (magnification 27.5x)

四、结 束 语

光纤网格器件是由普通光学材料制作的, 成本低, 能成批生产。随着研究工作的进展最近我们又制作了 4×10^4 ; 5.0625×10^4 ; 9×10^4 单元数的光纤网格器件, 证明了用这种方法制造网格器件的工艺是稳定的。

参加本工作的还有石恒志,董新意,张林潘、黄玉金等同志。作者对龚祖同教授和陈俊人同志的指导并审阅了原稿表示感谢。

参 考 文 献

- [1] J. S. Courtney-pratt; «Proceedings of 5th international congress on high speed photography», (SMPTE, New York, U. S. A., 1962), 197.
[2] 浙江大学编;«应用光学», (中国工业出版社, 1961).

Optical fiber raster plate and its fabrication

YUAN YIQIAN

(Xian Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 3 August 1981, revised 9 November 1981)

Abstract

A new method of preparing the raster plate with optical fiber has been developed. The parameters and measurement result of the element of raster plate show that a total of micro-lenticular elements is 2.25×10^4 . The pitch is 0.4 mm. The photographic resolving power of the optical fiber raster plate for a single lenticular element is 110 line-pair mm^{-1} , the focal length 0.3 mm. The raster plate has total information capacity of 1.089×10^7 bit.

(上接第 563 页)

纯光学处理着重在白光光学信号处理。主要工作集中在三个实验室。一是宾州州立大学杨振寰的实验室,着重彩色信号处理。二是 E. Leith 的实验室,以白光光栅干涉仪为设备,开展白光全息记录的工作。三是 Rochester 大学 N. George 的实验室,用全息元件构成消色差傅里叶变换,从这个角度开展工作。计算机和光学结合的混合处理工作以加州大学 S. H. Lee 的实验室,南加州大学 Sawchuk 的实验室和卡乃其-梅隆大学 Casasent 的实验室为代表。两条路线都在发展。光学方法逐步走向“实时”处理。

Gordon 研究会议有不同于一般学术性会议的特点,它的主题必须是基础研究和前沿科学。它采取非正式和充分自由讨论的形式。会议规定不能记录、报告不能发表。为了便于交流,会议选址的原则是僻静,东部在 New Hampshire 州,西部在 California 的 Ventura。因此, Gordon 研究会议是科学工作者交换学术思想的特殊渠道。

Gordon 研究会由 Neil E. Gordon 博士创办。他早在 20 年代末就意味到除了书籍、杂志和普通学术会议之外,科学工作者还应该有一个特殊的渠道交换思想,促进科学发展。从 1931~1944 年一直由 Gordon 担任主席,当他年老退休之后,这个会议就用他的名字命名。

(王能鹤 庄松林 许克彬)

(在美国宾州大学访问学者)