

文章编号:1002-2082(2008)SO-0113-04

环型光纤束的结构概述

朱云青, 徐明泉, 赵锦琳, 张熙岳

(南京春辉科技实业有限公司, 江苏 南京 210012)

摘 要: 环型光纤束具有可实现同轴照明、光斑均匀、无阴影等优点, 近年来广泛应用于机器视觉、光学仪器、影像处理等技术领域。从环型光纤束的照明方式入手, 着重描述了环形光纤束直接照明方式中的单环、双环、多环、小倾角($0^{\circ}\sim 30^{\circ}$)、大倾角($30^{\circ}\sim 60^{\circ}$)、轴向型等光纤束和间接照明方式中的球顶(穹顶)形、扩散型、漏射型等光纤束。对环形光纤束的结构特征和应用特征加以总结, 并给出了制作相应光纤束的注意事项。

关键词: 光纤; 光纤束; 环型光纤束; 光纤焦深

中图分类号: TN253

文献标志码: A

Structures and applications of ring fiber bundles

ZHU Yun-qing, XU Ming-quan, ZHAO Jin-lin, ZHANG Xi-yue

(Nanjing Chunhui Science and Technology Industrial Co. Ltd., Nanjing 210012, China)

Abstract: Since the ring fiber bundle has the advantages of coaxial illumination, uniformly emitted light and shadowlessness, it has been widely used in machine vision, optical instruments, image processing and so on. Proceeding from the illumination mode of ring fiber bundles, the fiber bundles of single ring, double rings, multi rings, small obliquity ($0^{\circ}\sim 30^{\circ}$), large obliquity ($30^{\circ}\sim 60^{\circ}$) and axial direction in direct illumination mode, and the fiber bundles of dome-lick structure, diffused structure and leaky structure in indirect illumination mode are elaborated. The characteristic of the structures and applications of the ring fiber bundles are summarized and the notes in manufacturing the ring fiber bundles are presented.

Key words: optic fiber; fiber bundle; ring fiber bundle; focal depth of fiber

引言

高品质的观测系统需要配置优良的照明器件。环型光纤束因具有可实现同轴照明, 光斑均匀无阴影等优点, 与显微镜、数码相机(CCD, CMOS)等配

合, 能获取全真图像和实现全方位照明, 近年来广泛应用于机器视觉、光学仪器、影像处理等技术领域。相对其他照明器件, 环型光纤束有良好的综合性能(见表1)。

表1 环型光纤束、点状光纤束和LED阵列的性能对比

Table 1 Performance comparison of ring fiber bundle, point fiber bundle and LED array

项目	LED 环形阵列	点状光纤束	环型光纤束
发光部位特征	LED 排列成发光环	光纤排列成圆	光纤丝排列成圆环
照明特征	发散角小, 光斑有点状阴影	发散角大; 光斑有暗环	发散角大; 光斑均匀
工作特征	固定于视觉元件上随视觉元件移动而移动	与视觉元件分开不断调整定型	固定于视觉元件上随视觉元件移动而移动
抗干扰性	差	高	高

随着高端(特种)照明要求的不断提高,环型光纤束的分类越来越精细,就目前而言,按照明方式主要有直接照明和间接(反射)照明2种。直接照明中,按光环数量分有单环、双环和多环;按光纤排列的倾角,有小倾角($0^\circ \sim 30^\circ$)、大倾角($30^\circ \sim 60^\circ$)和轴向型等。间接照明方式中,按外型分有球顶(穹顶)形、扩散型、漏射型等。

1 环型光纤束的结构

1.1 直接照明式

1.1.1 小倾角($0^\circ \sim 30^\circ$)环型

倾角是针对光纤而言的,它是指光纤的中心轴线与环状体的中心轴成一夹角,如图1中的 θ 。

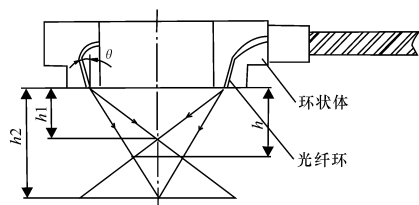


图1 普通环型光纤束工作示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ordinary ring fiber bundle

基于光纤的折射原理及光纤的倾斜效应,环形光纤束焦深在 $h_1 \sim h_2$ 范围内,成圆形均匀且无暗影的光斑(即环型光纤工作结果),照明区域内光强分布如图2所示。

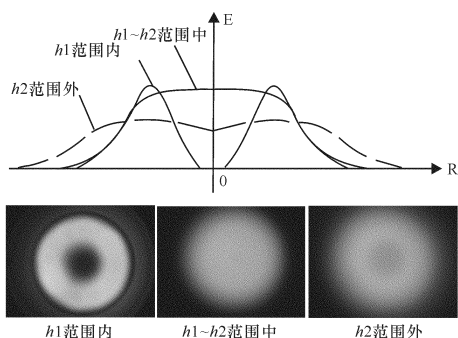


图2 环型光纤照明光斑能量分布

Fig. 2 Energy distribution of light spots of ring fiber bundle illumination

光纤的倾角 θ 和光纤环直径决定工作距离 h 和光斑的大小,它是设计环形光纤束的重要参数之一。小倾角环型光纤束(指 $0^\circ \sim 30^\circ$ 的环型光纤束)是目前环型光纤束的应用主体,相对比较容易制作,适用于长工作距离($100 \text{ mm} \leq h \leq 500 \text{ mm}$)的

照明使用,在制作工艺上也相当成熟。

1.1.2 大倾角($30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$)环型

大倾角环型光纤束特征是光纤倾角在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间,适用于短工作距离 $10 \text{ mm} \leq h \leq 100 \text{ mm}$ 的照明场合。由图1可知,在工作距离短时,照明光斑会出现中间暗、四周亮的现象,要获得均匀光斑,必须增大倾角,而增大倾角对光纤的排列要求加大,当倾角增大到一定程度,光纤束在环片成型时就极易造成光纤断丝(集中断丝数 $>3\%$)和光纤环片厚度不一致($\delta > 2d$, δ 指环片厚度, d 指单丝直径),故工艺难度很高,制作时需注意:1)光环片定型模具采用正向压片定型法;2)光纤丝采用细丝($d \leq 45 \mu\text{m}$)。

1.1.3 90° 倾角轴向环型

从光纤倾角定义上讲,轴向环型光纤束是指构成光纤环的每根光纤除了中心轴线与环状体中心轴线呈 90° 外,而且每根光纤都指向所在光环的圆心,如图3所示。

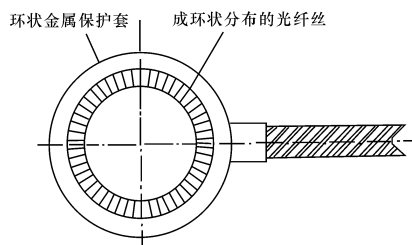


图3 轴向环型光纤示意图

Fig. 3 Scheme of axial ring fiber bundle

轴向环形光纤束适用于近工作距离($h \leq 10 \text{ mm}$)的物体轮廓照明、透射照明以及反射照明,它的制作难度表现在3个方面:1)保证每根光纤丝轴线指向圆心;2)确保每根光纤的中心轴线与环状体中心轴线呈 90° ;3)解决内圆弧光纤端面的磨抛问题。轴向光纤的制造技术目前是个难题,南京春辉公司已解决这一难题。

1.1.4 多环型光纤(双环,多环)

双环、多环型光纤束是相对普通环型光纤束的“单环”而言的,其应用特征是在较长或连续工作深度内提供均匀光斑,并实现对各环型单独控制。以双环型光纤束为例,如图4所示,若环型光纤束仅有环1,则其工作距离为 $H_2 \sim H_1$,增加环2后,其工作距离为 $H_3 \sim H_1$ (明显增大),而且光环也在变大($CD > AB$)。若将光纤束做成图5所示的分叉型,并且制作时保证光耦合端1对应光环1,光耦合端2对应环

2,则就能通过控制耦合端实现对光环的控制,从而达到控制工作距离或光环尺寸的目的。

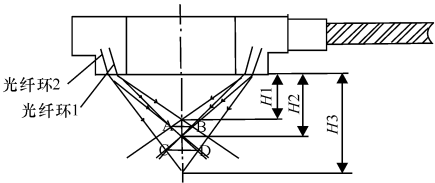


图 4 多环型光纤束的工作示意图

Fig. 4 Scheme of fiber bundles of multi rings

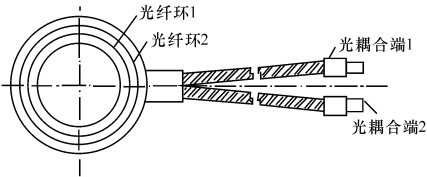


图 5 双分支双环型光纤束的工作示意图

Fig. 5 Scheme of double-ring light bundle with furcation

这种光纤的制作难点在于:1) 环 1 和环 2 倾角设计必须保证工作深度的连续性;2) 实环光纤环片隔离,一一对应。

1.2 间接照明式

间接式环型光纤束,保证了环型光纤束的外型特征,但不是通过光纤直接照明,而是通过反射体反射得到均匀的光斑,主要有球(穹)顶式、扩散式和漏射式 3 种。

1.2.1 穹顶式

一般光斑是将灯泡置于椭球为球冠或椭球冠上,它的反射不同于灯泡反射,灯泡的发光点在椭球焦点上,根据椭球反光罩的光学特性,对一个焦点上投射到椭球面上的任一光线,经反射后,会聚于另一焦点,在此焦平面处光斑集中且光强较强,如图 6 所示。

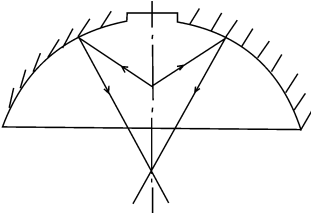


图 6 灯泡发光示意图

Fig. 6 Light emission of bulb

点),光环的倾角需经过严格设计,保证光覆盖球冠(椭球冠内),由椭球方程可得到反射光汇聚到球心或椭球焦点,球心或焦点到底面的距离 H 即为工作距离。光环发射的光在球冠内(椭球冠内)发生有规则的反射,使光能较为均匀地出射。如图 7 所示。

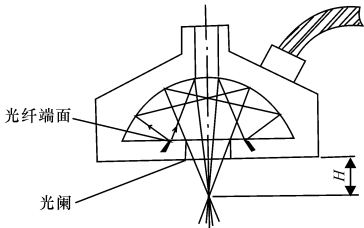


图 7(a) 穹顶光纤束的发光示意图

Fig. 7(a) Light emission of fiber bundle with dome-like structure

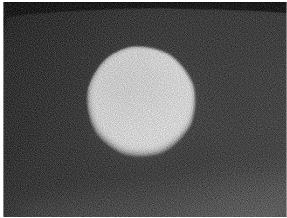


图 7(b) 光斑图像

Fig. 7(b) Image of light spot

此穹顶光纤束的光斑很均匀且边界光学锐度很好。根据需要,特别是空间尺寸的限制,可将光纤环做成轴向型。

1.2.2 扩散式

扩散式主要是指在环型出光部位增加了一个扩散罩(适配器),环型发光的光经扩散罩反射后可均匀地照射到物体上。

光纤的主发光区的光强均占整个 80% 左右且这样可使光纤发出的次发光区的光反射到主发光区,使光更加集中且均匀,如图 8 所示。

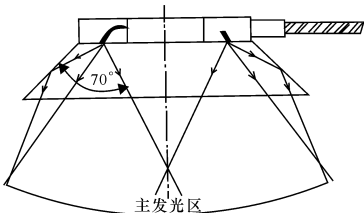


图 8 扩散式光纤束的工作示意图

Fig. 8 Schematic diagram of diffused fiber bundle

穹顶光纤束的发光部位为光环(不同于发光

发散式的适配器可做成喇叭状,也可做成盖状,做成盖状需有反射体。

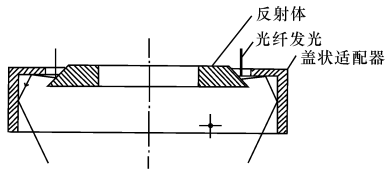


图 9 盖状扩散式光纤示意图

Fig. 9 Scheme of cover-like diffused fiber

1. 2. 3 漏射式

漏射型是指光从发光环射出后经腔体发射器均化后反射至腔体出光口,如图10 所示。它具有近工作距离,光斑均匀性好($\leq 5\%$),泛光暗场照明的功能,适用于物体表面缺陷控制和镜面物体检测等。

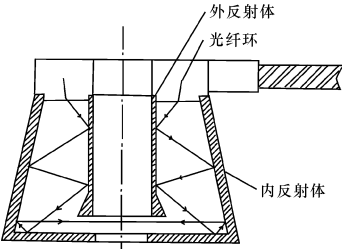


图 10 漏射式环型光纤工作示意图

Fig. 10 Scheme of ring bundle with leaky structure

间接式环型光纤丝需保证其适配器或反射体的反射面要亮,粗糙度 $Ra \leq 0.01$,否则对获得的光

斑强度就会很弱,此外,还要考虑到抛光面不能被氧化。

2 结束语

环型光纤束结构的多样性决定了其应用的广泛性,对于传光束的选择,要针对其应用特征加以选择。随着工业自动化的不断发展,环型光纤束的应用会越来越多,其结构也会随之变化,相信会有更多的环形特征问世。

参考文献:

[1] 徐明泉,赵锦琳,朱云青. 传光束端面的光纤排列[J]. 玻璃纤维,2003,1(1):18-20.
XU Ming-quan, ZHAO Jin-lin, ZHU Yun-qing. Fiber arrangements of the light guide end[J]. Glass Optic Fiber, 2003,1(1):18-20. (in Chinese)

[2] 徐明泉,张振远,赵锦琳,等. 多环形光纤照明装置:中国,03278098. 2[P]. 2003-08-28.
XU Ming-quan, ZHANG Zhen-yuan, ZHAO Jin-lin, et al. Multi rings light guide illumination equipment: China, 03278098. 2[P]. 2003-08-28. (in Chinese)

[3] 萧泽新,安连生. 冷光源的设计[J]. 光学技术,1996,9(5):37-41.
XIAO Ze-xin, AN Lian-sheng. Design of light guide source[J]. Optical Technology, 1996,9(5):37-41. (in Chinese)

[4] MUEHLEMAN M M. Diffuse ring illuminator: US,5752767[P]. 1998-05-19.