文章编号:1004-2474(2018)06-0829-03

保偏光纤侧视成像光强分析及定轴方法研究

贾世甄[1],任思源[1],朱益清[1],姚晓天[2]

(1.江南大学 理学院 光电信息科学与工程系,江苏 无锡 214122;2.天津大学 精密仪器与光电子工程学院 光电信息工程系,天津 300072)

摘　要:保偏光纤偏振轴方位角的确定和调整对改善光纤器件性能有重要意义。为进一步提高定轴精度,国内科研人员在透镜放应侧视(POL)法的基础上提出了五点法、五指法等,其理论定轴精度有所提高。但由于此类方法是建立在特定光强分布的前提下,对成像面调节要求较高,因此其实用性受限。该文以保偏光纤侧视成像为基础,通过对保偏光纤不同成像面的侧视成像光强分布作了大量仿真分析发现,光纤旋转至慢轴与水平方向成0°角附近时,光强分布会发生明显变化,利用这一现象可对0°位置进行识别。因此,该文改变了以往通过寻找某特定光强分布进行定轴的思路,提出了通过对0°位置进行识别的定轴方法,该方法通过简单的图像处理和数据分析即可判断偏振轴的偏转情况,适用的成像面位置范围也相对更宽,可操作性强,实用前景好。

关键词:光纤光学;保偏光纤;定轴;侧视成像;光强分布

中图分类号:TN253　　**文献标识码**:A　　**DOI**:10.11977/j.issn.1004-2474.2018.06.005

Light Intensity Analysis and Alignment Method for PM Fiber

JIA Shizhen[1], REN Shiyuan[1], ZHU Yiqing[1], YAO Xiaotian[2]

(1. Dept. of Photoelectric Information Science and Engineering, College of Science, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;
2. Dept. of Photoelectric Information Engineering, School of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The determination and adjustment of the polarization axis azimuth of the polarization maintaining (PM) optical fiber is of great significance for improving the performance of the optical fiber devices. In order to further improve the accuracy of the aligning axis, the domestic researchers have put forward the five-point method and the five-finger method on the basis of the POL method, and the theoretical alignment accuracy has been improved. However, such methods are limited in practicability because they are based on the premise of specific light intensity distribution and the imaging plane adjustment requirements are high. Based on the side-view imaging of polarization-maintaining fiber, a large amount of simulation and analysis of the side-view imaging intensity distribution of different imaging planes of polarization-maintaining fiber have been carried out in this paper. It is found that when the fiber rotates to the vicinity of the slow axis at an angle of 0° to the horizontal direction, the light intensity distribution changes significantly. This phenomenon can be used to identify the 0° position. Therefore, this paper changes the previous idea of aligning the axis by finding a specific light intensity distribution axis, and proposes an alignment method to identify the 0° position. The method can determine the deflection of the polarization axis by simple image processing and data analysis. The applicable imaging plane position range is relatively wider, the operability is strong and the practical prospect is good.

Key words: fiber optics; polarization maintaining fiber(PMF); alignment; side-view imaging; light intensity distribution

0　引言

熊猫型保偏光纤在光通信和光纤传感领域有广泛应用[1-2],其特点是纤芯两侧的两个对称圆形应力区产生残余热应力挤压纤芯产生双折射,形成两个相互正交的偏振轴,即快轴和慢轴,进而对沿偏振轴传输的线偏振光有良好的偏振保持能力。偏振轴的

收稿日期:2018-01-18
基金项目:江苏省研究生培养创新工程基金资助项目(SJLX16_0491)
作者简介:贾世甄(1993-),男,山东潍坊人,硕士生,主要从事光纤传感技术的研究。通信作者:朱益清(1962-),男,江苏无锡人,副教授,主要从事光纤通信和激光技术的研究。

精确定位是其应用过程中的重要研究课题[3-5]。

藤仓公司的 PAS 法[6]、爱立信公司的 POL 法[7]可实现较高精度的定轴并已在光纤熔接机上得到了应用，但两种方法主要是实现光纤熔接时偏振轴的对准，并不能直接得到偏振轴的具体偏转角度，这限制了其应用范围。为解决这一问题并进一步提高定轴精度，科研人员在侧视成像法的基础上先后提出了五点法[8-9]、五指法[10]。通过分析山字型、五指型两种特定光强分布，使理论定轴精度有所提高，但此类方法对成像面位置调整要求较高，实用性较低，故国内外科研人员仍在研究新的定轴方法，以进一步提高定轴精度或增强实用性。

本文以保偏光纤侧面成像为基础，以提高对慢轴 0°位置的识别能力为目标，通过大量模拟与实验发现，当成像面在一定位置时，0°附近光强分布中心会发生“单峰”到“双峰”的转变，选取峰谷光强为特征量，分析对应特征值与偏转角度的关系，可对 0°位置进行识别，0°位置确定后，即可将光纤旋转至任意角度，实现偏振轴的角度调整。

1 模拟仿真

1.1 建立侧视成像模型

图 1 为依据侧面成像原理，在 TracePro 中建立的保偏光纤光线追迹模型。非相干平行光从保偏光纤的左侧入射，光纤起到类似柱面透镜的作用，在光纤右侧距离纤芯 L 处的成像面上形成一定图像，旋转光纤使慢轴与水平方向的夹角发生改变，所成图像的光强分布情况也会随之发生变化，如图 2 所示。通过对光强分布曲线提取，选择适当的特征点，可构建特征值与偏转角度的关系。

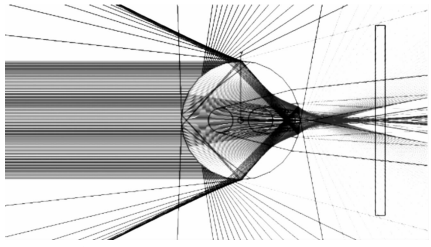
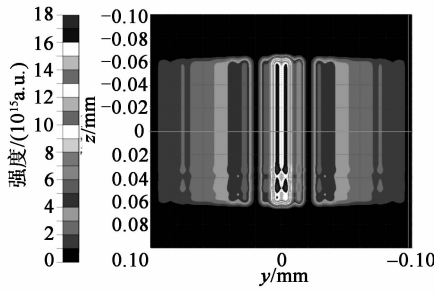
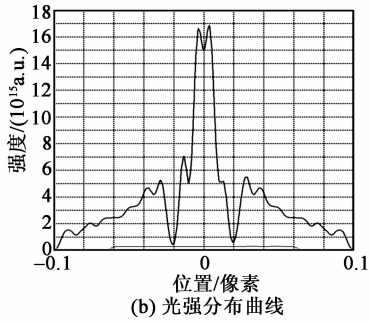


图 1 保偏光纤 TracePro 光线追迹模型



(a) 侧视光强分布图



(b) 光强分布曲线

图 2 TracePro 仿真成像光强分析

1.2 成像面与光强分布的关系

设置成像面的初始位置 $L=70$ μm，使慢轴与水平方向夹角从 0°开始以 0.5°为间隔旋转至 90°，每次旋转都记录下对应的光强分布情况，然后，以 10 μm为间隔逐渐增大成像面与纤芯的距离，再重复上述过程，将光强分布曲线的形态进行汇总统计，如表 1 所示。表中，区间 1～8 指随 L 增大的不同观测面的范围。光纤在 0°～90°旋转过程中，光强分布曲线也会随之发生变化，70～200 μm 成像面上光强分布变化大致分为 8 种情况。

表 1 光强分布曲线与成像面的对应关系

成像面位置 L	光强分布曲线变化情况
区间 1	始终为独峰型
区间 2	独峰型→双峰型
区间 3	始终为双峰型
区间 4	双峰型→山字型
区间 5	山字型→四峰型
区间 6	山字型→四峰型→五指型
区间 7	双峰型→四峰型→五指型
区间 8	双峰型→四峰型→多峰型

由表 1 可看出，成像面的位置不同，所对应的光强分布随偏转角的变化情况也不同，即使是同一成像面，其光强分布曲线的形态随偏转角度的改变也会发生较大的改变。

1.3 特征值的选取与分析

通过仿真分析可得，在较大范围的成像面上，0°附近的光强分布曲线会出现由“山字型”变为“四峰型”的现象。以成像面在 150 μm 时为例，0°、0.5°时的光强分布曲线分别如图 3、4 所示。由图 3 可知，0°时，光强中心区域呈“山字型”分布，曲线中心为高直的独峰。由图 4 可知，旋转 0.5°后呈四峰型分布，曲线中心的独峰一分为二，形成一高一低的 2 个峰。

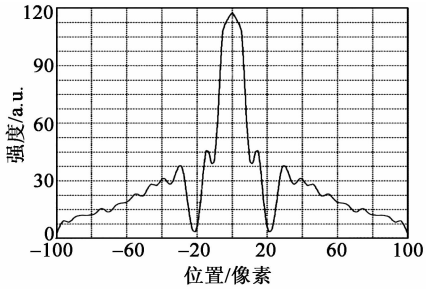


图 3　$\theta=0°$时 150 μm 处成像面的光强分布

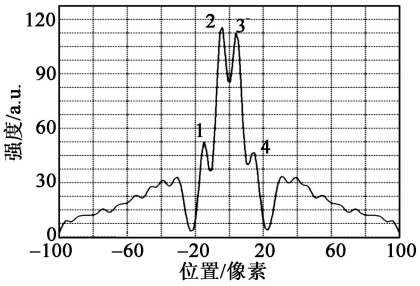
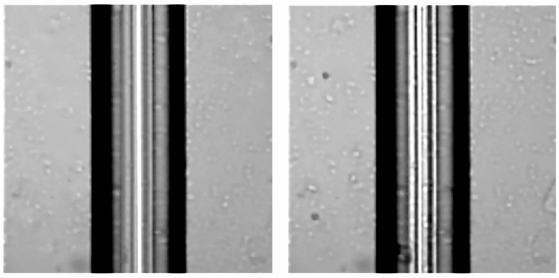


图 4　$\theta=0.5°$时 150 μm 处成像面的光强分布

如图 4 所示,取左、右对称峰谷 1、2、3、4 共 4 个特征点的光强 y_1、y_2、y_3、y_4。为反映峰谷高度起伏变化情况,取特征值 $T=y_1+y_2-(y_3+y_4)$,光纤正向转动时,光强由山字型分布变为左高右低的四峰型分布,$T>0$;光纤反向转动后,$T<0$;当光纤恰好处于 0°位置附近时 $T=0$。因此,通过对特征值进行分析可知,光纤此刻偏角与 0°位置的关系,通过控制步进电机带动光纤夹具旋转,可对光纤角度进行调整。

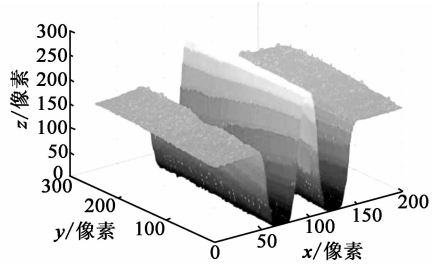
2　实验验证

利用电动旋转夹具、LED 光源、电子显微镜和计算机搭建实验平台,通过编程控制夹具可实现光纤固定角度旋转。采集到的图像如图 5 所示。利用 Matlab 软件对采集到的图像进行光强分析,可得光强分布如图 6 所示。对同一图像多个位置的光强分布进行取平均处理后得到的光强分布曲线如图 7 所示。由图 7 可见,光强分布曲线中心位置的单峰变双峰,与仿真结果相同。

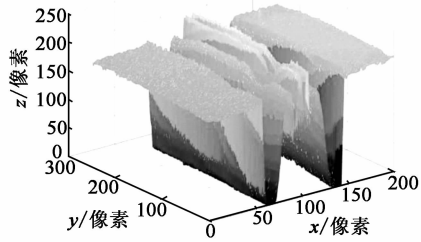


(a) 0°附近侧视成像采集图　(b) 90°附近侧视成像采集图

图 5　实验中保偏光纤 CCD 成像

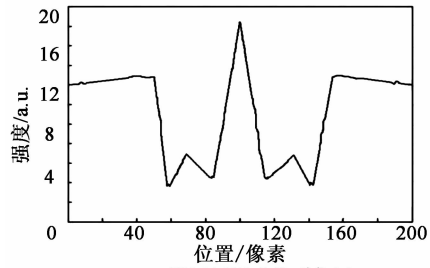


(a) 0°附近侧视成像采集图

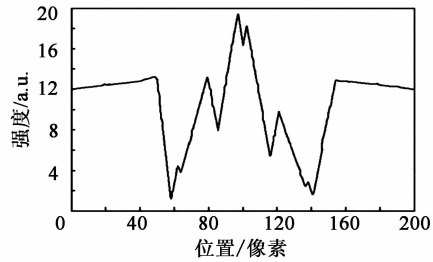


(b) 90°附近侧视成像采集图

图 6　实验中保偏光纤 CCD 成像的光强分布图



(a) 0°附近侧视成像采集图



(b) 90°附近侧视成像采集图

图 7　光强分布图取样平均后的光强分布曲线

3　结束语

本文基于光纤侧面成像原理建立光纤追迹模型,对不同成像面在 0°～90°的光强分布变化情况进行对比发现,当成像面在一定范围内时,0°附近的光强分布会发生“山字型”到“四峰型”的转变,并通过实验验证了该现象的存在。选择慢轴与水平方向成 0°的位置为定轴目标,通过对采集到的图像做光强分布分析可知当前位置与 0°位置的偏转关系,可快速找到 0°附近位置。与传统侧面成像定轴方法相比,本方法在定轴精度上无明显优势,但本方法适用

(下转第 834 页)