

·测试、试验与仿真·

径向偏振光的研究及检测方法

陈 恒¹, 韩 建^{1,2,3}, 谷俊达¹, 柳 涛¹, 马万卓^{1,2}, 孙鸿伟^{1,2}, 徐 磊^{1,2}

(1. 长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022; 2. 长春理工大学 空间光电技术国家与地方联合工程研究中心, 长春 130022; 3. 上海微电子装备有限公司, 上海 201203)

摘 要: 径向偏振光具有轴对称的偏振光结构, 在经过高数值孔径的透镜汇聚以后有很强的纵向梯度电场且具有超越衍射极限的能力, 光波的电磁场强度越大, 处于这种光波之中的物质能量越高。采用偏振光轴向检测片产生径向偏振光, 并通过偏振光检测装置对径向偏振光进行质量检测。结果发现, 利用该方法产生的偏振光具有轴对称性高、各个点沿径向偏振光强均匀分布。

关键词: 偏振检测; 偏振光; 径向偏振光

中图分类号: O439

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-03-0058-04

Research on Radial Polarized Light and Method of Detection

CHEN Heng¹, HAN Jian^{1,2,3}, GU Jun-da¹, LIU Tao¹, MA Wan-zhuo^{1,2}, SUN Hong-wei^{1,2}, XU Lei^{1,2}

(1. Changchun University of Science and Technology, Institute of Photo-Electronic Engineering, Changchun 130022, China;
2. Institute of Space Photo-electronic Technology, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China;
3. Shanghai Micro Electronics Equipment Co., Ltd., Shanghai 201203, China)

Abstract: Radial polarized light has a polarization structure of axial symmetry, after passing by the high numerical aperture of converging lens, it is provided with a strong longitudinal electric field gradient and the ability to go beyond the diffraction limit, and the greater the electromagnetic field strength of light waves is, the higher the material power among the light waves is. A method with the use of POLARIZATION AXIS FINDER to generate radial polarized light was put forward. The quality of radial polarized light was tested by the detection device of polarized light. And the results show that by this way, the polarized light has the characteristics of high axial symmetry and well-proportioned distribution for each point along the direction of radial polarized light.

Key words: polarization detection; polarized light; radial polarization

随着技术的发展, 科研和实际工业以及军事等领域的精度要求的提高, 人们已经开始并且能够制作出新型的偏振光。近年来, 轴对称的光束引起了研究人员广泛的关注, 此类光束即为所谓的轴对称偏振光^[1]。轴对称偏振光束可以利用多种方法^[2]获得, 并且包括显微镜、印刷、频移、电子加速和光学捕捉等方面具有非常广泛的应用^[3]。轴对称偏振光在高数值孔径聚焦后形成的光场分布具有非常高的研究价值, 具有代表性的为径向偏振光和角向偏

振光。

径向偏振光的电场振动方向在光束横截面上具有轴对称性, 始终沿着径向方向。径向偏振光是具有轴对称图形的偏振光, 具有纵向磁场^[4]和横向电场^[5]。可以把径向偏振光等效地看成是无数条线偏振光的叠加, 他们的公共交点就是径向偏振光的圆心。

径向偏振光电矢量振动方向如图 1 所示。

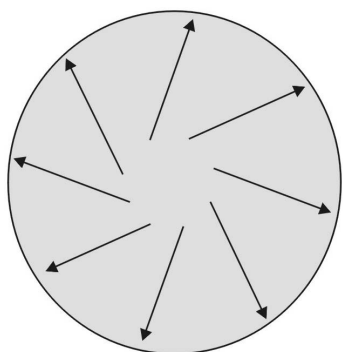


图1 径向偏振光电矢量

1 径向偏振光的制备

矢量偏振光束产生方法大致可分为两类:即腔内法和腔外法。腔内法,即在激光腔内直接添加特殊光学元件产生径向或角向偏振光束^[6];腔外法,有螺旋相位板法^[7]、组合波片法^[8]、相干偏振操纵法^[9]。但由于利用上述装置产生径向偏振光结构复杂,而且所产生的径向偏振光质量仍需进一步研究讨论。

文中将采取不同的思路来获得径向偏振光:通过偏振光轴向检测片之后产生角向偏振光或叫做方位角偏振光,之后再在后面增加两个夹角为45°的1/2波片之后,将两个半波片组合在一起构成的偏振旋转器^[10],产生径向偏振光,如图2所示(注:PAF为POLARIZATION AXIS FINDER的简称,译为偏振光轴向检测片)。

氦氖激光器 632.8 nm
经扩束镜扩束

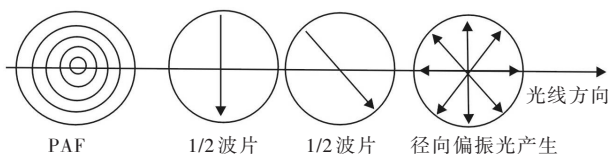


图2 径向偏振光制备原理图

2 径向偏振光的检测

既然径向偏振光可以等效看作是无数线偏振光的叠加,那么就可利用线偏振光的检测方法来检测径向偏振光^[11]。

2.1 利用检偏器检测径向偏振光

径向偏振光通过检偏器时产生两侧是扇形的

亮纹,即通过检偏器也可定性确定入射光是径向偏振光。通过旋转检偏器来测量不同方向时的最大光强,确定径向偏振光在不同方向上的光强,可以定量地分析径向偏振光质量^[12]的好坏。

图3、图4是通过 CCD 截得的图片和经过 MATLAB 处理过的灰度图片。

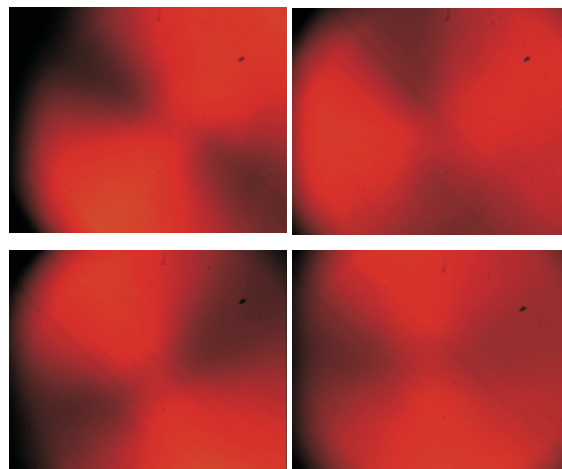


图3 径向偏振光通过检偏器后的 CCD 图

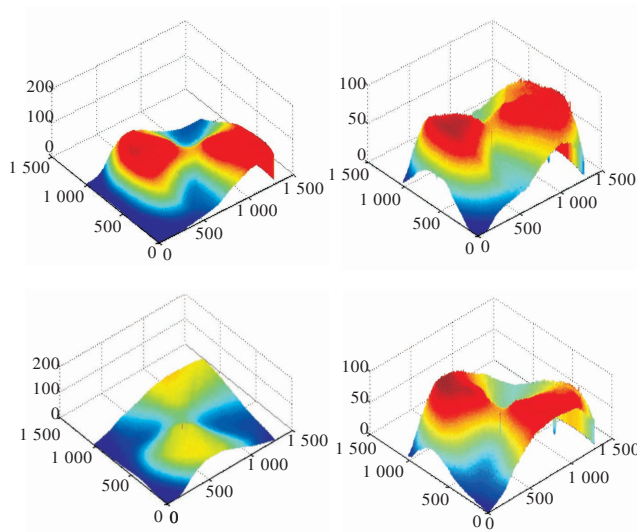


图4 径向偏振光通过检偏器后经 MATLAB 处理过的灰度图片

径向偏振光通过检偏器之后,当检偏器的偏振方向和径向偏振光的部分偏振方向相同时,透过检偏器的偏振图样是一个亮纹。不过由于径向偏振光的偏振状态不是特别的好,所以效果不是特别明显。通过上面的检测方法^[13]可以简单方便地检测径向偏振光。当径向偏振光通过起偏器时,两侧暗扇形的角平分线就是偏振片偏振的垂直方向,旋转偏振片,暗扇形也跟着偏振片旋转的角度而发生相应

的角度变化,说明此偏振光为径向偏振光。

2.2 用偏振光轴向检测片检测径向偏振光

径向偏振光通过偏振光轴向检测片时,会出现光强急剧降低^[14]的现象,通过这种现象可以用偏振光轴向检测片定性地检测径向偏振光。图5、图6是径向偏振光通过偏振光轴向检测片的 CCD 图片和 MATLAB 处理过的灰度图片。

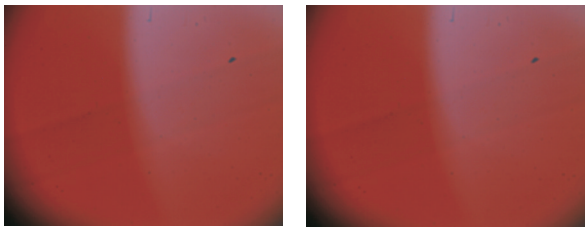


图5 径向偏振光通过偏振光轴向检测片之后的光强变化图

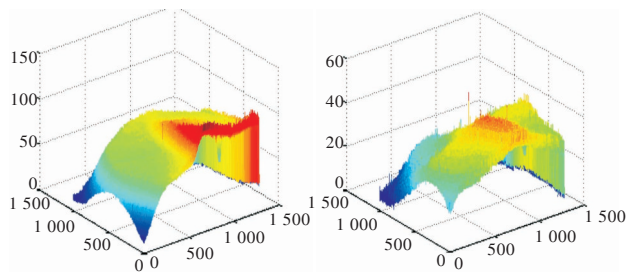


图6 径向偏振光通过偏振光轴向检测片之后经 MATLAB 处理过的灰度图片

通过上面灰度图可知,径向偏振光通过偏振光轴向检测片之后,光强变为原来的 1/5。由于径向偏振光的偏振方向正好与偏振光轴向检测片的起偏方向垂直,所以在理想状态时,径向偏振光在通过偏振光轴向检测片时,不会有光通过,完全是黑色。通过分析径向偏振光,得到的原因因为在径向偏振光中掺杂了杂质光^[15],杂质光的成分既有线偏振光和圆偏振光,还有角向偏振光。

2.3 检偏器与偏振光轴向检测片检测径向偏振光的区别

检偏器和偏振光轴向检测片对径向偏振光所起的作用是相同的,都是通过马吕斯定律处理数据来分析径向偏振光。用检偏器能定量地得出径向偏振光在不同方向的光强度,而用偏振光轴向检测

片则不能,但偏振光轴向检测片能直接辨别出径向偏振光与普通光。

2.4 波片与偏振光轴向检测片同时检测径向偏振光

现在用波片与偏振光轴向检测片连用测量径向偏振光,由于径向偏振光通过 1/4 波片之后,在与 1/4 波片快轴方向和慢轴方向振动的光的偏振状态将不会发生改变,则光依然不能通过偏振光轴向检测片,且当快轴和慢轴的夹角为 45° 的方向上会有圆偏振光的产生,根据马吕斯定律可以知道,会有一半的光通过偏振光轴向检测片,通过测量四个亮点最大值位置的光强来定性地评价径向偏振光的质量。图7、图8是径向偏振光先通过 1/4 波片然后再通过径向偏振光检测片且旋转波片得到的光强分布图。

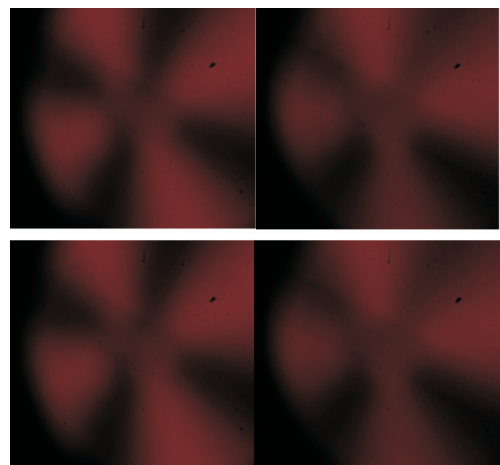


图7 径向偏振光通过 1/4 波片之后的 CCD 图

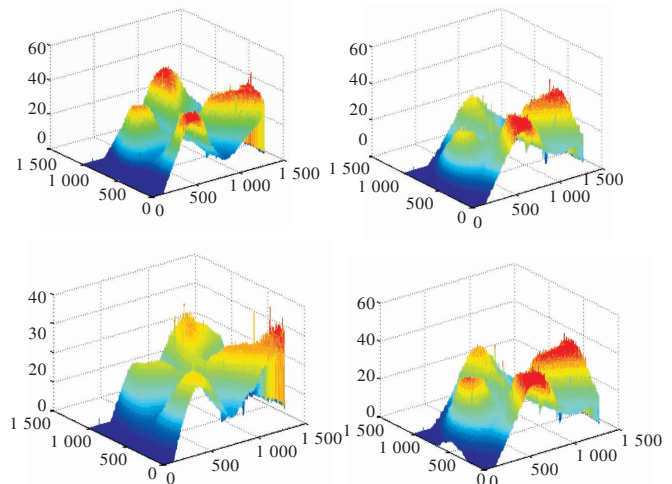


图8 径向偏振光通过 1/4 波片后经 MATLAB 处理得到的灰度图

3 结 论

经过 MATLAB 处理过的灰度图,会有部分偏振光变成圆偏振光或椭圆偏振光。椭圆偏振光可以部分通过偏振光轴向检测片,但没有圆偏振光通过的光通量多,通过分析四个亮点来评价径向偏振光的质量。偏振光首先为径向偏振光,径向偏振光是轴对称偏振光,同过检测四个点的光强的比值,来检测径向偏振光的轴对称性,当完全是轴对称时,四个点的光强应该完全相等,但是如果轴对称效果不好时,则四个点的光强不同。如图 8 第一幅图中,四个点的光强比为 40:37:38:35,证明所得到的径向偏振光质量良好,验证了该方法的有效性和实用性。该实验装置结构简单、价格低廉、便于使用等优点,具有更为广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 唐若愚,于国萍,王晓峰.自然光照下偏振度图像的获取方法[J]. 武汉大学学报,2006.
- [2] 王新,王学勤,孙金祚.基于偏振成像和图像融合的目标识别技术[J]. 激光与红外,2007.
- [3] 刘必鏊,时家明,赵大鹏,等.偏振探测的机理及应用[J]. 红外,2008.
- [4] CHEN Wei-bin, ZHAN Qi-wen. Numerical study of an apertureless near field scanning optical microscope probe under radial polarization illumination[J]. Opt. Express, 2007, 15(7): 1406-1461.
- [5] Niziev V G, Nesterov A V. Influence of beam polarization on laser cutting efficiency[J]. Appl. Phys.,1999, 32(13): 1455-1461.

- [6] YU Yi, PANG Yu, S UN Yin-hong, et al. Radially or azimuthally polarized laser based on mode selection of thermally induced bifocus[J]. Chinese J. Lasers, 2010, 37(10): 2451-2455.
- [7] Moh K J, Yuan X C, Bu J, et al. Generating radial or azimuthal polarization by axial sampling of circularly polarized vortex beams[J]. Appl. Opt., 2007, 46(30): 7544-7551.
- [8] ZHANG Yan-li, LI Xiao-yan, ZHU Jian-qiang. Generation and focusing property with high-numerical aperture lens of vectorial polarized beam[J]. Chinese J. Lasers, 2009, 36(1): 129-133.
- [9] LIN Hui-chuan, LIU Hui, PU Ji-xiong. Extra cavity coherent superposition for generation of radially polarized beam[J]. Chinese J. Lasers, 2009, 36(s1): 251-256.
- [10] ZHAN Qi-wen, James R Leger. Microellipsometer with radial symmetry [J]. Appl. Opt.,2002, 41(22):4630-4637.
- [11] Yousef I, Salamin. Mono-energetic Gev electrons from ionization in a radially polarized laser beam[J]. Opt. Lett., 2007, 32(1): 90-92.
- [12] 李晓平,周风晴,明军,等. Introcavity polarization mirror for high power CO₂ laser[J]. 激光技术, 1994,18 (3):138-141.
- [13] 李德元,孙惠.偏振光定量测量实验的改进[J]. 中国科技信息, 2011(10):242-245.
- [14] 陈万金.椭圆偏振光时空旋转特性的分析[J]. Jilin Normal University Journal(Natural Science Edition),2006(1): 49-51.
- [15] Hikaru Kawauchi, Kazuhiro Yonezawa, Yuichi Kozawa, et al. Calculation of optical trapping forces on a dielectric sphere in the ray optics regime produced by a radially polarized laser beam[J]. Opt. Lett., 2007, 32(13): 1839-1841.

(上接第 48 页)

更换单元故障隔离率低的问题。当然,此方法也只是利用现场可更换单元的现有信号,不能对全部故障模式进行检测隔离。因此对设备的外部自动测试在设备设计之初就要进行故障模式及测试方法分析,预留专用测试接口,选择合适的测试点,才能可靠、有效地完成设备的测试性要求。

参考文献

- [1] 于劲松,李行善.下一代自动测试系统体系结构与关键技术[J]. 计算机测量与控制,2005(1):1-3.

- [2] 曹志伟,周晓东,王成刚,等.基于多信号模型的电路板 TPS 开发方法研究[J]. 计算机测量与控制,2008, 16(11):1533-1535.
- [3] 石君友.测试性设计分析与验证[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [4] 朱旖,杜建军.自动测试系统及其结构和标准[J]. 国外电子测量技术,2008,27(8):72-74.
- [5] 张波,陈岩申,王桂芝.海军某型声纳电路板测试程序集(TPS)开发研究[J]. 仪器仪表学报,2002(z1):251-253.
- [6] 李柯.基于虚拟仪器自动测试系统硬件平台的研究[J].

(下转第 66 页)