

·成果简介·

微光学及其应用研究

周常河*

(中科院上海光学精密机械研究所,上海 201800)

[关键词] 衍射光学,光栅自成像效应,超分辨技术,飞秒测量技术

信息光电子产业已成为经济发展中最引人注目、最有活力的产业之一。研究新型的、具有自主知识产权的信息光学技术,对于发展我国的信息光电子产业具有重要意义。微光学器件及应用是信息光电子产业中一个重要的发展方向。微电子的快速进步,以及飞秒激光的迅速进展,为新的信息光电子技术提供了发展空间,是目前重要的前沿学科方向之一。

信息光电子产业化发展需要原创性的理论做指导并发展新的技术。微光学技术利用先进的微电子工艺技术,为新型光学元件的发展提供了技术基础。我们课题组最近在光栅自成像的理论、微光学元件、以及在飞秒技术中的应用等方面取得了如下进展:

1 光栅自成像效应中的简单规律

2004年11月在美国光学学会的 *Optics Photonics News* (Features Article 栏目)上发表一篇综述论文^[1]。这篇论文的题目是“Simple Principles of the Talbot Effect(泰伯效应中的简单原理)”,这篇论文综述了周常河等人在泰伯效应中多年来发现的一系列新原理,包括如下内容:发现了泰伯效应中的对称性^[2];领域差分规则传播规律^[3];首次给出了泰伯阵列照明的完整简化位相公式^[4];素数分解规律^[5]。

2 蚀微光学元件

深刻蚀光学元件的最大优点是衍射效率高,同时使用友好,不怕潮解,易清洗。传统的精密光栅极易受潮损坏,所镀的膜层也容易损坏。深刻蚀光栅最大的难点在加工工艺。我们经过长期的探索,对

深刻蚀石英光栅的高密度等离子体加工工艺进行了研究^[6],加工出了670线/毫米,深度达2.5微米的高密度光栅,在通信波段1550纳米下的实测效率为89%(理论效率97%)^[7]。深刻蚀微光学元件作为高效率的衍射光学元件,具有重要的应用前景,是微光学元件的一个发展方向。

3 采用达曼光栅的飞秒测量技术

我们首次采用达曼光栅进行飞秒激光的分束和测量工作^[8,9]。分束是飞秒激光测量和应用中一定要用到的。由于高能量和宽光谱的影响,传统的半透半反分束镜必将引入材料的色散影响。反射式达曼光栅可使飞秒激光不通过介质而分束。对不同级次采用不同密度补偿光栅可以消除角度色散,在透镜的焦点处可以消除空间谱的走离,利用大周期的光栅,例如:100微米,可以使得脉冲的展宽量很小,因此采用反射式达曼光栅和补偿光栅的技术是实现大规模阵列的一个好方法,至少比采用多块半透半反镜的树形结构要好^[10]。

我们发明了反射式达曼光栅飞秒测量技术,搭建了相应的实验装置,测量了我们实验室目前可以得到的飞秒激光器的最短脉冲11飞秒^[11],还测量了77飞秒的简单脉冲^[9],以及在1000飞秒内的多个脉冲。实验结果的误差很小,证明了反射式达曼光栅测量飞秒技术的可行性。本装置的优点是结构简单,成本低,容易对准,有实用价值。达曼光栅的制造和光刻工艺兼容,可以大规模低成本制造。同时采用闪耀光栅可以进一步提高光的效率。

这个项目体现了从一个新想法的产生,经过实验验证,到仪器化的漫长过程。我们在2001年国家

* 2001年度国家杰出青年科学基金获得者。

本文于2005年11月16日收到。

杰出青年基金项目申请书中表达了这个想法。经过4年的努力,我们克服了飞秒激光器不稳定的困难,到2005年用实验证明了这条路线的可行性。我们正在完成达曼光栅测量飞秒装置的仪器化工作,并且开展飞秒散斑技术^[12]等一系列新技术的研究工作。

4 超分辨技术

首次提出了连续调制的离散型位相超分辨滤波器^[13],其特点是将连续调制的位相滤波器进行离散位相调制处理,优点是能得到比连续调制型位相滤波器更好的超分辨结果,这个滤波器隐含的优点是能够分析离散位相分布在连续位相照明下的超分辨效应,这一特性是以往任何一种超分辨滤波器所无法得到的,这对超分辨的应用具有重要的实际意义。

比较了超分辨效应中振幅型和位相型滤波器性能,经过分析和比对研究,我们认为,从提高光效率的角度,应该采用位相型的滤波器,而且位相型滤波器可以实现振幅型滤波器所无法实现的新的光场分布,这一结果对超分辨技术的实际应用具有指导作用^[14]。

激光通信、激光加工等许多场合均需要高精度的波面测量,这一直是个难题,特别对于1%波长精度的激光波面,要求光学元件有极高的加工精度,加工难度大,价格高。利用消零点位相板技术对于波面的敏感性,提出了一种新颖的高精度激光波面的判断技术,激光波面的微小变化将导致零级谱点光强度的增加。该技术具有成本低、性能稳定的优点,对于高精度激光波面的测量有重要意义^[15]。

5 纳米光学技术

首次采用近场光学扫描技术对高密度光栅的自成像进行研究,发现光栅的缺陷将导致自成像的变形^[16,17],因此,该技术可以无损地检测高密度光栅的质量。高密度光栅表面形貌的传统测量方法是采用扫描电镜技术,但需要破坏光栅。高密度光栅价格昂贵。我们研究的这种技术对高密度光栅的质量判断是一种有意义的辅助检测技术,利用这种技术,目前已经在高密度光栅的近场偏振效应方面发现了新的光学现象。

以上方向体现了微光学技术的内在进步和发展趋势,微光学在飞秒技术领域的应用有其独特的优越性,纳米光学近场扫描技术会产生许多新的成果。本课题组为德国科技大学、香港科技大学、长春光机

所、南开大学、上海交大、上海大学和上海应用物理研究所等多家大学和科研机构加工了多种新奇微米光学元件,提供了一系列技术服务。这说明微光学技术是一项有实用价值的技术,其研究具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Zhou Changhe, Wang Wei, Dai Enwen et al. Simple principles of the Talbot effect. *Optics and Photonics News*, 2004, 11: 46—50.
- [2] Zhou Changhe, Liu L. Simple equations for the calculation of a multilevel phase grating for Talbot array illumination. *Opt. Commun.* 1995, 115: 40—44.
- [3] Zhou Changhe, Wang L, T Tschudi. Solutions and analyses of the fractional-Talbot array illuminations. *Opt Commun.* 1998, 147: 224—228.
- [4] Zhou Changhe, S. Stankovic, T. Tschudi. Analytic phase-factor equations for Talbot array illuminations. *Appl Opt*, 1999, 38: 284—290.
- [5] Zhou Changhe, Wang Huaisheng, Zhao Shuai et al. Number of phase levels of a Talbot array illuminator. *Applied Optics*. 2001, 40: 607—613.
- [6] Wang Shunquan, Zhou Changhe, Ru Huayi et al. Optimized condition for etching fused silica phase gratings with inductively coupled plasma technology. *Applied Optics*. 2005, 44: 4429—4434.
- [7] Wang Shunquan, Zhou Changhe, Zhang Yanyan et al. Deep etched high-density fused silica transmission gratings with high efficiency at wavelength of 1550 nm. *Applied Optics* (accepted)
- [8] Li Guowei, Zhou Changhe, Dai Enwen. Splitting of femtosecond laser pulses by using a Dammann grating and compensation gratings. *J. Opt Soc Am A*. 2005, 22: 767—772.
- [9] Dai Enwen, Zhou Changhe, Li Guowei. Dammann SHG FROG for characterization of ultrashort laser pulses. *Optics Express*, 2005, 12: 6145—6152.
- [10] Zhou Changhe, Dai Enwen, Li Guowei. Measurement of ultrashort laser pulses with the splitting Dammann gratings. 20th Congress of the International Commission for Optics (ICO-20), August 21—26, 2005, Changchun, China. (Oral Invited)
- [11] Zhou Changhe, Dai Enwen, Li Guowei et al. Developing novel femtosecond laser processing techniques by using the reflective Dammann gratings. ICOL-2005, International Conference on Optics & Optoelectronics, Dehradun, Uttaranchal, (INDIA), 12—15 December 2005. (Oral Invited).
- [12] Liu Wenjun, Zhou Changhe. Femtosecond laser speckles. *Applied Optics*. 2005, 44: 6506—6510.
- [13] Zhou S, Zhou Changhe. Discrete continuous phase superresolving filters. *Optics Letters*, 2004, 29: 2746—2748.
- [14] Luo Hongxin, Zhou Changhe. Comparison of superresolution effects with annular phase and amplitude filters. *Applied Optics*, 2004, 43: 6242—6247.

- [15] Luo Hongxin, Zhou Changhe, Zou Hua. High Sensitive Wave-front Sensor by Using a Non-zero-order Phase Plate. *Applied Optics*, 2005, 44: 4654—4658.
- [16] Luo Hongxin, Zhou Changhe, Zuo Hua et al. Talbot-SNOM method for non-contact evaluation of high-density gratings. *Opt. Commun.*, 2005, 248: 97—103.
- [17] Lu Yunqing, Zhou Changhe, Luo Hongxin. Talbot effect of a grating with different flaws. *JOSA A*, December issue, (2005).

RESEARCH ON MICROOPTICS AND ITS APPLICATIONS

Zhou Changhe

(*Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, CAS, Shanghai 201800*)

Key words diffractive optics, the talbot effect, superresolution technique, measurement of femtosecond laser pulses

·资料·信息·

“中国苔藓植物学奠基人陈邦杰先生百年寿辰 国际学术研讨会”在南京召开

2005年10月26—28日,“中国苔藓植物学奠基人陈邦杰先生百年寿辰国际学术研讨会”在南京师范大学召开。会议由中国植物学会主办,中国科学院植物研究所和南京师范大学承办,江苏植物研究所协助承办。会议代表80人,分别来自中国、美国、加拿大、芬兰、日本、印度、匈牙利等国,其中包括前国际苔藓植物学会主席,芬兰赫尔辛基大学教授 T. Koponen,另外还有25位研究生参加。

陈邦杰先生作为我国苔藓植物学奠基人,为我国培养了大批苔藓分类人才。此次会议的召开,一方面是缅怀陈先生的丰功伟绩,更重要的是加强交流,推进我国苔藓植物学的研究和队伍建设。我国的苔藓植物资源丰富,开发潜力巨大,但由于各种原因,经典分类研究一度受到冷落,研究经费短缺,分类人才后继乏人,为了改变这种状况,国家自然科学基金委员会生命科学部自2002年开始每年倾斜300万元设立“经典分类倾斜项目”,苔藓植物学作为植物经典分类学中的重点扶持方向,近4年共资助面上项目16项,经费277万元。另外,《三志》作为自然科学基金委“十五”重大项目立项资助,《孢子植物志》的经费为314万元,这些项目对培养和稳定

一支高水平的苔藓分类队伍起到了积极作用。

研讨会上,昆明植物研究所臧穆研究员介绍了陈邦杰先生对苔藓植物学的贡献;陈邦杰先生的女儿陈佐芳教授以大量珍贵的资料和照片介绍了陈邦杰先生的生平和为中国苔藓植物研究所所做的贡献;吴鹏程研究员以“中国苔藓植物百年回顾与展望”为题,回顾了中国苔藓植物的研究历史和现状,并就未来提出了展望;中国科学院沈阳应用生态研究所高谦研究员介绍了他与其他同事共同提出的苔类植物新分类系统;另有23位与会专家分别从系统分类、形态发育、植物地理与区系、植物生态学等角度在大会上介绍了自己的工作。

苔藓植物作为一类比较特殊的类群,对其进行系统全面的研究既是学科发展的需要,也是我国社会和经济发展的需要。中外学者的报告使我们充分了解了中国与世界苔藓植物学研究的现状和存在的不足,年轻学者尤其是研究生的报告使我们对未来中国苔藓植物研究充满了信心。

(生命科学部 温明章 供稿)