

一种多功能OE-HOE组合系统

王典民 哈流柱 王民草

(北京理工大学, 北京)

摘要: 本文给出一种光学元件(OE)与全息光学元件(HOE)的组合系统, 利用它可以获得大口径高精度准直波、大口径会聚球面波和象散波以及各种形状截面的光波。文中给出了系统的构造原理, 阐述了其用途。

A multifunctional OE-HOE system

Wang Dianmin, Ha Liuzhu, Wang Mincao

(Beijing Institute of Technology)

Abstract: A new OE-HOE system has been worked out, with which the large-aperture collimated waves, large-aperture convergent waves, astigmatic waves, or wave beam with cross-section of any aperture shape can be produced. The principle of the system and its applications are described.

随着全息术的发展, 全息光学元件(HOE) [1] 越来越受到重视, 其应用领域也越来越广 [2]。但是由于它的衍射效率、透明度及象差 [3] 等各种因素的影响, 使得HOE的应用大大地受到限制。我们结合了光学元件OE与HOE的优点, 设计了一种OE-HOE组合系统, 这种系统与同功能的OE系统相比, 造价大大地降低了, 同时克服了HOE的以上三大缺陷的影响。利用此系统, 只需更换其中的HOE, 即可分别获得大口径高精度的准直波, 大口径会聚球面波和象散波或者各种形状截面的任何光波。

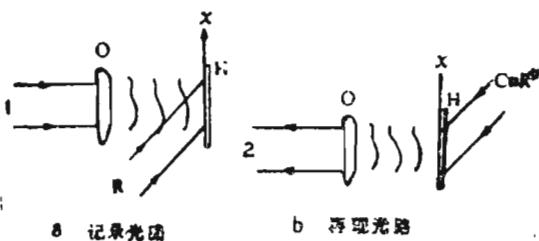


图1 全息图的反向再现性质
 O—透明物体 H—全息图
 R, R*—参考光波及其共轭光路 C—再现光波

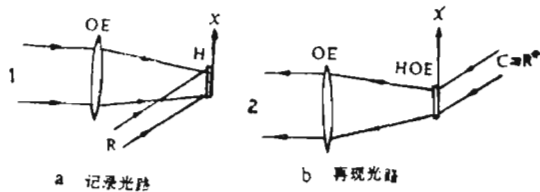


图2 OE-HOE系统构造原理

OE—光学元件, 通常为—正透镜 H—全息干板 HOE—全息光学元件 R, R*—参考光波及其共轭波 C—再现光波
 1—入射光波 2—出射光波

这种系统基于以下原理制成的,如图1。由图1可见,无论物体O的形状如何,只要透射光,那么当全息图共轭再现时,都能反向衍射出原来的入射光。基于这个原理^[4],我们根据情况可以把所需的光“记录”在全息图上,只要共轭再现全息图即可得到反向传播的入射光(即入射光的共轭光)。

为了减少散射光,节省能量,我们把图1中的O用OE代替,通常取为一个大口径的正透镜,显然对此透镜无任何质量要求。为了使全息图即系统中的HOE面积小些,以利于制作,常把它置于OE的焦面内侧附近进行记录,如图2所示。图2b即OE-HOE系统的工作光路图。显然光波2是光波1的共轭波,要得到不同的光波2,只需合理地给出光波1即可。

在以上OE-HOE系统中,HOE的衍射效率、透明度并不直接影响再现波的质量,而HOE的象差由于共轭再现,全部为零。现在影响再现光波质量的主要因素,仅在于HOE基片玻璃的平整度。另外,显然,OE的质量丝毫不影响出射光波2的质量,因而OE可以任意选定。

一、高精度大口径准直波的产生

在光学测量中,往往需要大口径的准直波^[5],而要获得大口径高精度的准直波则必须用大口径高精度的准直系统,这种系统造价很高。

采用图2光路,可以把一个高精度大口径的准直光波用OE-HOE系统复制下来,具体做法



图3 高精度大口径准直波的产生

S—针孔滤波器 PL—高精度大口径准直系统

如图3所示给出图2中的光波1即可。这样利用图2a可得一HOE,然后利用图2b所示的OE-HOE系统即可获得光波1的共轭波2,从而实现了OE-HOE系统取代高精度大口径准直系统的目的。显然,光波2的精度理论上完全取决于光波1,而与OE和HOE的质量无关。

二、大口径会聚球面波的产生

在全息实验中,往往需要大口径的会聚球面波^[6],以产生高质量的全息象,这就需要大口径的透镜系统,而这一系统制造工艺复杂,造价很高。由图2看出,利用OE-HOE系统很容易实现大口径的会聚球面波的产生,只要采用图4光路给出光波1即可。这样,利用图2a光路可得一HOE,然后利用图2b中OE-HOE系统即可很容易地获得大口径的会聚球面波。从而实现了OE-HOE系统取代大口径会聚镜的目的。

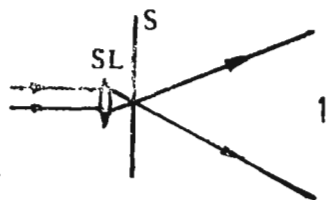


图4 光路示意图

SL—扩束镜 S—针孔滤波器

三、大口径会聚象散波的产生

在制作象散全息图时,往往需要大口径的会聚象散波^[7],这需要一个大口径的柱面镜

系统,这种柱面镜制作较球面镜更为复杂,其造价也更高。与大口徑会聚球面波的获得类似,利用OE-HOE系统,只需按图5光路形式给出光波1即可。这样,按图2a光路记录一张HOE,利用图2b光路很容易由OE-HOE产生一个大口徑的会聚象散波。

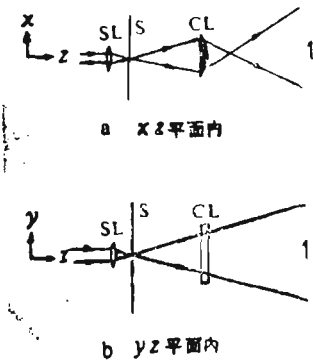


图5 光路示意图

SL—扩束镜 S—针孔滤波器
CL—柱面镜

四、各种形状口径的光波的产生

在光学测量和全息图记录时,有时需要特殊形状口径的光波^[8,9],当然,采用光栏很

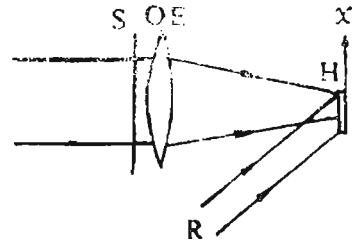


图6 OE前光栏图

S—所需光波截面形状透光光栏

容易实现,但对于大口徑的光波,采用光栏将损失很多能量。采用OE-HOE系统很容易克服这个问题,只需在图2a记录光路中OE前适当位置加上所需的透光孔径形状光栏即可,如图6所示。这样由图2b中HOE衍射出的光都将全部进入光栏透光孔径,避免了光能浪费。

五、OE-HOE系统的制作使用注意事项

在图1和图2中,要光波1与光波2绝对共轭,则必须解决两个问题:1.全息图H或HOE必须相对于O或OE准确复位;2.必须保证再现光C与参考光R准确共轭。这两个问题其实都是机械技术问题,结合一定的光学技巧很容易解决。

OE-HOE系统最终形式只是一个OE与一个固定支承架,支承架上有HOE的复位槽和保证C与R共轭的支架。一个OE-HOE系统可以配置多个HOE,根据不同的需要选用合适的HOE。

值得说明的是:HOE的面积要选择适中,大小往往由于OE的会聚光不均产生不良影响,太大时又不易制作,一般可取3cm×3cm左右。全息干板可根据需要任意选择,但必须注意解决干板胶层收缩问题,以保证出射光的精度。

对于非单色光波的产生,理论上利用OE-HOE系统亦易产生,但在具体制作上比较复杂,是一个有待研究的领域。

六、实验结果及分析

我们利用口径为80mm的准直镜和一个一般的透镜(OE),利用图3与图2a制得一面积为4cm×5cm的HOE,此时参考光用一直径为30mm的平行光,利用复位架把HOE复位,利用原光路系统共轭再现,此时再现光为原记录光波的原路返回光(利用反射镜实现),经OE-HOE产生的准直光经原准直镜会聚后几乎全部进入了图3所示的针孔。我们分析,由于参考光象差的影响,以及HOE处理过程中的噪声,导致了再现光波的畸变,从而出现了再

现光不能全部进入针孔的现象。在制作实用的OE-HOE系统时,我们拟制作固定的框架结构,以固定各元件(OE和HOE的再现准直系统),同时采用高质量的全息干板,可望提高再现波的精度。

另外,我们利用口径为400mm×300mm的非涅尔透镜(OE)和一个口径为30mm的一般质量准直镜,制作了面积为40mm×50mm的HOE,利用此OE-HOE系统再现出了口径为250mm的会聚球面波,并成功地利用它作参考光制作了大视角的彩虹全息图^[10]。

目前,在我们实验室,除了不能产生用于光学测量的高质量准直波外,其它几种光波都已制得。现在我们正致力于使此系统产品化,早日为社会服务。

总之,OE-HOE系统以其低廉的成本、简易的制作以及多功能的特点克服了OE、HOE的缺陷,综合了它们的优点,同时解决了一些OE、HOE不能或不易解决的问题,此系统的产生为HOE的应用开辟了新的领域。

参 考 文 献

- [1] 于美文,哈流柱,王民革.光学全息及信息处理.北京:国防工业出版社,1984;142~153
- [2] 陈冕明.全息光学设计.北京:科学出版社,1987;298~314
- [3] 陈冕明.全息光学设计.北京:科学出版社,1987;265~268
- [4] 于美文,哈流柱,王民革.光学全息及信息处理.北京:国防工业出版社,1984;238
- [5] 北京工业学院光学测量小组编.光学测量与象质鉴定.北京:北京工业学院出版社,1980;273
- [6] 于美文,哈流柱,王民革.光学全息及信息处理.北京:国防工业出版社,1984;158~159
- [7] Leith E N, Chen Hsuan. Opt Lett, 1978; 2 (4) : 82
- [8] Yu F T S. Appl Opt, 1980; 19 (14) : 2457
- [9] Yu F T S. Optical Information Processing. New York; John Wiley & Sons, 1983; 461

收稿日期:1990年4月14日。 收到修改稿日期:1991年1月3日。

· 产品简讯 ·

离子激光系统

美国加州相干公司推出的Innova 328离子激光系统是供科学研究、工业和电光调制应用的小型装置。性能指标为:1W(TEM₀₀模)多线紫外功率,光束直径1.5mm,有效光束束腰位置1.46m,全角光束发散度0.5mrad,束腰直径1.4mm,腔长1.1m。功能有:CPU双线菜单遥控驱动模式,16位字符,LCD显示。采用标准的RS-232接口,选用0V~5V直流调控。

译自L F World, 1991; 27 (2) : 183

中尧译 松明校