



全息显示技术发展及现状

Development and Applications about Holography

景 敏

Jing Min

(陕西理工学院机械工程学院, 陕西 汉中 723003)

(School of Mechanical Engineering, Shanxi University of Technology, Shanxi Hanzhong 723003)

■ ■ 摘 要: 本文叙述了光全息术的原理及其发展过程, 同时就其在生产领域发展较为成熟的全息干涉计量、全息存贮、显示全息和模压全息等产业的现状及其未来发展作了详细的概述。

■ ■ 关键词: 全息术; 全息存储; 全息显示

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1671-4792-(2008)7-0022-03

Abstract: This Paper states briefly the principle and developing process of holography, as well as describes the applications in the present status, such as holographic interferometer, holographic storage, display holography and embossing holography, which are widely applied in different areas and successful in industry.

Keywords: Holography; Holographic Storage; Holographic Display

0 引言

传统的照相技术记录的是照度分布,反映的是物体波场的振幅信息,而物体的信息既包含在波场的振幅结构中,也包含在位相结构中,如果要把波场完全记录下来,振幅和相位二者都必须被检测到,这样,传统的照相技术就不能胜任这一工作。而全息技术记录的是一完整波场,不仅包含了振幅信息还包含相位信息。

1 全息术的原理及特点

全息术是利用干涉原理,将物体发出的特定光波以干涉条纹的形式记录下来,使物光波前的全部信息都存储在记录介质中,故所记录的干涉条纹图样被称为“全息图”。当用光波照射全息图时,由于衍射原理能重现出原始物光波,从而形成原物体逼真的三维像。因此全息术具有以下突出的特点和优点:

①三维立体性——全息照相再现的图像是三维立体的,具有如同观看真实物体一样的立体感,这一性质与现有的用偏振镜观看立体电影有着本质的区别;

②可分割性——全息照片的碎片仍旧能反映出整个物体的图像,不会因照片的破碎而失去像的完整性;

③信息容量大——体全息存储的理论存储容量上限为 $1/\lambda^3$ (λ 为记录光波长),远大于磁盘和光盘的存储容量。

2 全息术的发展

2.1 全息术的由来

全息术这一思想最早是由英国科学家 Dennis Gabor 于 1948 年提出来的。Gabor 发现由透镜所产生的这个象差像依然存储着物体的全部信息。他受到布喇格 X 射线显微镜的启发,先利用相干电子波记录物体的振幅和位相信息,再利用相干光波再现现象差矫正良好的像,这样电子显微镜的分辨率就能达到 $1\text{\AA}$ 。他巧妙地将不易矫正的电子透镜的球差转移到了易于矫正的光学范畴,并用可见光证实了他的想法。他用高压汞灯作光源,用透射物体的直射波作为参考光和物体的衍射波相干涉,得到了同轴全息图,当用相干光再现全息图时,显微镜下观察到了物体的再现像。相干光束通过全息图后,具有了原始波场位相和振幅的调制特性,原始波场好象是被照相干版所俘获以后被释放出来,再现的波形似乎是从未受过干扰而传播着的。迎着光束的观察者发现它与原始波没有区别,观察者似乎在观察原物,仿佛原来的物体仍放在那里。他看到的是观察真实世界所具有的一切光学特性的

物体,它具有三维特性和实际生活中一切正常的视差关系。Gabor 借助于把位相差转换成强度差的背景波解决了全息术发明中的基本问题,从而把位相编码成照相胶片能够识别的量。由于不仅记录了物波场的振幅信息还记录了其位相信息,所以 Gabor 称这记录为全息图,意思是完整的图。

2.2 全息术发展的第一阶段

最早发展起来的传统全息术,记录和再现都是用光学方法。Gabor 找到了这种避免相位信息丢失的技巧,由于同轴全息术所固有的“孪生像”和记录过程中不可避免的各种噪声,使全息图的成像质量很差,且这种技术要求高度相干性及高强度的光源而使得这一技术一度发展缓慢,导致全息术的研究陷入了低谷。但全息术理论却在雷达数据处理工作中取得了巨大的成就。1955年美国科学家 Leith 等人将全息术理论应用于已建立的各种雷达数据处理工作,获得了极为有用的新见解,发展了通讯理论。整个20世纪50年代这些科学家大大扩展了盖伯的理论并加深了对这一新的成像技术的理解。

2.3 全息术发展的第二阶段

全息术的发展离不开激光光源的发展与应用。1960年第一台激光器问世,解决了相干光源问题,继而在1962年美国科学家 Leith 和 Upatnieks 提出了离轴全息图以后,全息术的研究才获得突飞猛进的发展,并越来越为人们所重视。标志性成果有:① Leith 和 Upatnieks 发明了离轴全息图,解决了孪生像的问题;② 1962年 Denisjuk 发明了反射式体积全息图,首次实现了全息图的白光再现;③ 1963年, Vander Lugh 发明了全息复空间滤波器;④ 1969年, S.A. Benton 发明了彩虹全息图。这一阶段,全息术的应用渗透到了科学技术的各个领域,最具代表性的成功应用有全息显示、全息干涉测量、全息光学元件等方面。

2.4 全息术发展的第三阶段

近40年来,全息术的发展开始了一个新的阶段,其特征是,全息术的研究与计算机技术、光电子技术以及非线性光学技术紧密结合,发展了一些全新类型的全息图,并在与当代前沿科学研究的结合和应用中,取得了一系列突破性的进展。全息术原理就是波前记录与再现的过程。波面记录在记录介质上就是全息图,然后应用单色光或白光照射全息图,即可再现原始物波。与普通照相不同,全息照相有两个突出的特点:一是三维立体性,二是可分割性。所谓三维立体性,

是指全息照片再现出来的像是三维立体的,具有如同观看真实物体一样的立体感,这一性质与现有的立体电影有着本质的区别。所谓分割性,是指全息照片的碎片照样能反映出整个物体的像,并不会因为照片的破碎而失去像的完整性。全息照相之所以具有上述特点,是因为全息照相与普通照相的方法截然不同。普通照相在胶片上记录的是物光的振幅信息(仅体现于光强分布),而全息照相在记录振幅信息的同时,还记录了物光的相位信息。光学全息图,就是直接用光学干涉法在记录介质上记录物光波和参考光波叠加后形成的干涉图样。由于全息技术的诸多优点,使得科学家对全息技术的研究日趋广泛深入,逐渐开辟了全息应用的新领域,成为近代光学的一个重要分支。目前,在全息显示、全息存储、全息干涉计量、全息印刷(模压全息)以及全息光学元件等应用领域,全息术均已获得了大量令世人瞩目的成果。

3 全息显示技术的应用与发展

3.1 在商业、艺术领域中的应用

显示全息摄影技术是在激光透射全息图片的基础上来制作各种类型的全息图片,如白光反射全息图片、白光透射全息图片等,各种类型的显示全息图片可用于舞台布景、建筑、室内装饰、投影等;再如,以动态显示的全息技术:层面x线照相术、3DCAD技术、3D动画片、雷达显示、导向和模拟系统等,充分展示了全息技术创造性的艺术魅力。

显示全息术或称全息三维显示是光全息术应用的一个重要方面,随着科学技术的进步,它将被进一步推广加以应用。在每一次的显示全息术国际会议上,美国的 Leith、Benton 和俄罗斯的 Denisjuk 等全息界的泰斗,他们每回展出都带来令人惊讶的全息图,它们或栩栩如上,或色彩鲜艳、变化无穷,或显示的物波占前后空间达半米的立体视觉,带给人遐想和灵感。所以这项技术是科学与技术的结晶,在艺术领域中有广泛的应用,如艺术图像精品、稀世文物再现、三维显示壁灯、科教显示图、大幅仿真商业广告等等。

在反光材料领域中,具有衍射图文的模压箔(也称镭射箔、钻石胶片或晶晶彩虹片),由于它特有的绚丽色彩和丰富变化的图案,在装饰、家具贴边,礼品包装、商品装潢等方面得到应用。近年来,全息立体图和真彩色全息逐渐发展起来,使模压全息图在像质、色彩等方面均有显著地改善,可以表现动态景物,如人物肖像可呈现逼真的立体效果,并能随观看角度的变化伴随着再现像的一连串动作。

3.2 在防伪领域中的应用

第一个模压全息防伪标识是1980年在美国生产的,由于模压全息图片技术含量高,带有附加的保密特性,可以防止复制。将全息防伪标记记录、存储和转移到护照、信用卡以及高级化妆品、酒类、体育用品、家用电器、汽车和飞机的各种配件等高级产品上,起到防伪作用。现在,国内外已有生产制作卡式全息标牌的专用设备,应用于服装标牌、公司标志、产品标签等方面。目前,许多国家已经在大面值钞票上应用了全息防伪标识。

3.3 在医学领域中的应用

激光全息技术首先在眼科疾病诊治的应用中获得了成功,一张全息照片所提供的信息相当于480张普通眼底照片所提供的信息。在眼科疾病的诊断过程中,利用激光全息成像技术可以提供整个眼睛图像的不同位置(如角膜、前房、晶状体、玻璃体以及视网膜等)进行逐层观察和研究。也可以利用激光全息成像技术提供眼睛各个部分单独的三维立体图像以做深入的检查。在临床检查中,利用全息诊断方法可以查出直径在1mm以上的乳腺癌,有利于癌症的早期诊断和治疗。超声全息还可用于医疗上的透视,降低对操作人员的危害。

3.4 在军事领域中的应用

全息技术可以弥补一般的空中、水下监视系统的不足。比如,一般的雷达系统只能探测到目标的远近、方位和运动速度等,而全息监视系统能提供目标的三维图像,这在国防军事上具有重要意义,因为及时判断识别目标对积极采取对策极为重要。全息术应用于军事将使通讯、导航、定位检测等技术发生实质性的变化。

3.5 在测量领域中的应用

用全息干涉的方法进行精密测量,称为全息干涉计量,是目前全息应用最广泛的领域。干涉计量的基础是波前比较。全息术是唯一能记录和再现波前的技术,这使我们有可能用严格标准波前与一个编写物体产生的波前相比较而实现干涉计量。由于相干光束是由同一系统产生的,因而可以消除系统误差的影响,降低对光学元件的精度要求。全息干涉

计量能实现高精度非接触无损三维测量,对任意形状、任意粗糙表面的三维漫反射表面的物体,都能相对分析测量到波长数量级,这是其它测量技术所达不到的。同时它还可以对一个物体在两个不同时刻的状态进行对比,从而探测物体在一段时间内发生的任何变化。全息干涉测量技术已于莫尔技术、光电检测技术、CCD数据采集技术、计算机技术等结合起来,实现了自动、快速、准确地实时测量。

3.6 在存储领域中的应用

由于全息存储具有高冗余度、高存储容量、高数据传输速率和用很快的存储时间即可进行并行内容寻址等优点最终会取代现已成熟的磁性存储技术和光盘存储技术,在未来的数字存储领域发挥巨大作用。例如,日本OPTWARE公司推出的全息通用光盘(HVD, Holographic Versatile Disc),理论上,与传统DVD尺寸相同的HVD的最高可记录3.9TB的数据,传输速率也可达到1Gbps,相当于数百张DVD的容量,传输速度也快了几十倍,并且由于不可物理复制,所以安全性方面表现卓越。此外,伴随着计算全息的进一步发展,光全息完全可满足人们在诸多领域中的要求,如视频服务器、图像数据库和航空航天领域等应用中的数据存储的要求。

参考文献

- [1] 于美文等. 光学全息及信息处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988.
- [2] 苏显渝等. 信息光学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 刘守, 张向苏等. 光全息术及相关产业的现状与发展[J]. 物理, 2000, 29(2): 105-110.
- [4] 杨桂娟等. 全息术及其应用[J]. 应用光学, 2006, 27(2): 96-100.
- [5] 周茜. 光全息术的回顾、发展及相关产业的现状[J]. 信息技术, 2001, (4): 45-46.

作者简介

景敏(1978—), 陕西汉中, 陕西理工学院机械学院讲师。