

参 考 文 献

- [1] 宋菲君,从波动光学到信息光学,科学出版社,(1987), 188.
- [2] J. M. Burch, A. E. Ennos and R. J. Wilton, *Nature*, **209** (1966), 1015.
- [3] G. Greh, Proc. of Symp. Engineering Uses of Holography, Cambridge Univ. Press, London, (1970), 8.
- [4] J. M. Burch and J. M. J. Tokarski, *Opt. Acta*, **15**(1968), 101.
- [5] J. A. Leendertz, *J. Phys. E*, **3**(1970), 214.
- [6] J. A. Leendertz, J. N. Butters, *J. Phys. E*, **6** (1973), 1107.
- [7] Y. Y. Hung and C. Y. Liang, *Appl. opt.*, **18** (1979), 1046.
- [8] J. N. Butters and J. A. Leendertz, *Meas & Contr.*, **4**(1971), 344.
- [9] A. Asundi and F. P. Chiang, *Opt. Eng.*, **21** (1982), 570.
- [10] S. Winther, *Opt. lasers. Eng.*, **8**(1988), 45.
- [11] 何世平、汪柳生、伍小平,实验力学, **5**(1990), 387.
- [12] T. D. Dudderar, J. A. Gilbert and A. J. Boehlein, *Exp. Mech.*, **23**(1981), 289.
- [13] 谭玉山、刘伟、王祥林,光子学报, **21**(1992), 365.
- [14] D. W. Robinson, *Opt. Comm.*, **57**(1986), 26.
- [15] H. Kadono, S. Toyooka and Y. Iwasaki, *J. Opt. Soc. Am. A*, **8**(1991), 2001.
- [16] 郑文、谭玉山,光学学报, **11**(1991), 273.
- [17] I. Yamachi, *Jap. J. Appl. Phys.*, **19**(1980), 113.
- [18] Steven E. Moran, Robert L. Law, Peter N. Craig et al, *Appl. Opt.*, **26**(1987), 475.
- [19] D. J. Chen and F. P. Chiang, Proc. of Intern. Conf. on Hologram Interferometry and Speckle Metrology, Publ. by the Society for Exp. Mech, Maryland (USA), (1990), 49.
- [20] R. Spooren, A. A. Dyresth and M. Vaz, *Appl. Opt.*, **32**(1993), 4719.

全息印刷——21 世纪的印刷术¹⁾

裴 文

(北京三友激光图像公司,北京 100101)

摘要 从特种印刷的角度介绍了近几年才发展起来的新领域——模压全息。模压全息作为低成本、大批量重复复制全息图的一种工业化手段,已在安全印刷、产品促销、包装装潢等领域得到了广泛的应用。文章着重介绍了这一领域的发展概况,全息技术及其应用,工作原理与工艺技术及设备,未来发展前景等几个方面。

关键词 模压全息、全息印刷、全息图

一谈到印刷,人们会立即联想到铅字,丝网和胶版印刷。随着计算机的开发及其应用领域的不断扩大,“轻印刷”这个由计算机与其外围设备实现的 20 世纪的印刷术已经越来越为人们熟悉。这些在人们日常生活中司空见惯的印刷技术,有一个共同的特点,即都是通过油墨来实现印刷目的的。进入到 90 年代,一种新型的印刷术正悄然兴起,其特点之一是印刷过程中不使用油墨,并掀起了一个又一个高潮。这种新型印刷品,首先被广泛应用于安全防伪领域,充当了“防伪标志”和“真品标志”的角色,有“假冒伪劣品的克星”的美誉,从而在安全印刷领域 (security print) 掀起了第一个高潮。由于这种新型的印刷品有着随光源(光线)或观

察位置变化而变化色彩的特点,它又在建筑材料行业占据了一席之地。这种新型的建筑材料就是所谓的“镭射玻璃”(laser glass)或“激光光栅玻璃”。它是利用图像转移 (image transformation) 技术,将图像转移到玻璃上而制成的。目前这种玻璃已被广泛应用于歌厅、舞厅和高档饭店的室内装潢中,从而在建材方面又掀起了第二个高潮。之后的第三个高潮,是在产品促销及包装方面,如正在兴起的高档服装吊牌,礼品与商品内外包装等。这种极具魅力并极有前途的印刷技术,就是所谓的“全息印刷术”。

1) 1994 年 6 月 4 日收到第一稿,1994 年 8 月 30 日收到修改稿。

全息印刷是一种全息图的复制(duplicate)技术,也是目前唯一能实现全息图大批量工业化生产的手段。它是通过专有的制板手段,利用专用的印刷设备——模压机(embossing machine),通过施加适当的温度与压力,在专门材料[通常为聚氯乙烯(PVC)和聚脂(PET)薄膜]上压印出图像。可见,这种模压全息技术类似于印刷技术,但由于不需要使用油墨,因而又被称为无油墨印刷。由于它可以印刷立体图像并具有广泛的前景,故又被称为“立体印刷”和“21世纪的印刷术”。

1 全息技术及其应用

众所周知,全息术原理早在1947年就提出了,而第一张全息图也早在1948年由丹尼斯·伽柏首次获得,但直到1960年一种新型光源——激光器研制出来后,才导致了全息术急速而巨大的发展。

全息技术的应用主要集中在如下两个方面:全息干涉计量和全息显示。全息干涉计量作为一种有效的无接触、无损坏、高灵敏度测量手段,已被广泛应用于过程与质量控制中,如无损检测、振动分析和面内位移检测等。而全息显示(holographic display)技术则是通过将参考光波与来自物体光波相干涉(diffraction)而形成的干涉图样记录在一张全息干板上,实现将三维物体的全部信息记录与再现。这个照相记录经过显定影后,再受到光线照射时,原来被记录的物体就会呈现在观察者面前。到目前为止,主要有如下几种显示用全息图:透射和反射全息,象全息和象面全息,真彩色(fullcolor)全息,合成全息(holographic stereogram)等。从材料上分,有重铬酸明胶(DCG)全息图、银盐(silver halid)全息图、光聚合物(photo-polymer)全息图、模压(embossing)全息图和注塑(injection Moulding)全息图。

全息图具有许多新奇的特性,使得全息显示技术得到广泛的应用。如飞机或汽车上使用的全息平视显示仪,科学教育上使用的全息三

维模型、三维挂图,文化生活上使用的全息艺术品、装饰品等。随着全息图复制技术的发展,不仅使全息应用领域扩大到印刷行业(如全息集邮、明信片、贺年卡、三维艺术片)和防伪行业(如商标、信用卡、钞票身份证等),而且扩大到包装领域与建筑领域。目前,全息图的制做已经走出了实验室,发展到大众化和商品化的阶段。

2 模压全息(全息印刷)及其国内外发展概况

模压全息(embossing hologram)是一种低成本大批量复制全息图的技术,也是目前世界上唯一能够大规模工业化生产全息图的技术方法。它包括模压(embossing)与热转印(hot-stamping)两种方法。其生产过程是首先通过全息照相技术获得一张表面浮雕式全息图,再通过精细化学镀和电铸技术制成上机镍板,最后通过专用机器模压机在适当材料(PET和PVC)上压印出全息图像。

世界上第一条可生产模压全息图的生产线于1979年在美国加州美国光印公司诞生。到1991年,世界上能生产模压全息产品的厂家分布情况为:欧洲14家,美国11家,亚洲10家。随着中国全息工业的迅速发展,生产厂家分布在地理位置上迅速向东移动,据Holopack/Holoprint 93国际会议统计,1993年世界生产厂分布为:欧洲基本没变,美国仅增加几家,东南亚增加两家,而在中国仅登记的就达55家之多。

从模压全息市场上看,以1992年为例,全息产品年产值大约为1.12亿美元(含中国与前苏联)其中美国占50%,欧洲占36%,而亚洲仅占10%。而1988年,全世界模压全息图的产值仅为0.5亿美元左右。

从全息产品应用角度来看,欧美的主要应用在于安全印刷(以1991年为例),其中证券防伪占27.4%,商品防伪占18.6%,而处于第二位的是产品促销,占28.3%,位居第三的是全息包

装,占16%。随着全息材料的不断发展,全息包装不仅得到了更广泛的应用,而且呈现了美好的前景,其年销售增长率居各项应用之首。目前,国际上全息产品的应用达上百种,主要集中在信用卡、驾驶执照、ID卡、签证、钞票、防伪标志、广告封面与插页、商品礼品包装、装饰物等等。在中国,全息产品应用主要集中在防伪标志上,另一个主要应用为服装吊牌,此两项占整个应用的80%以上,其他一些应用还很不成熟,如防伪证件(海南,厦门身份证)、全息邮折、明信片、贺年卡、日历和门票等。

从技术水平与设备水平来看,国外可以制作的全息图种类比较齐全,从2D(即二维),2D/3D,3D彩虹与真彩色全息,到合成、消色差、计算机全息图乃至计算机刻划全息图。而国内仅能制作2D,2D/3D彩虹与真彩色,3D彩虹与消色差等。国外的印刷设备已达系列化,模压设备包括宽幅(0.6m,1m,2m)、窄幅、台式,又分普通与计算机控制(恒张力,纠偏)。热压机包括热压纸片、卷纸、卡片、包装带、标签、热压模切复合机等。在中国除可生产窄幅模压机外,现已有能力生产模切与宽幅模压机,而热转印机也会在不久开发出来。但目前国内设备与欧美设备相比在可靠性和功能方面存在着一定的差距。

3 工艺与设备

3.1 系统工艺过程

激光全息印刷术在生产工艺上与传统印刷术类似,分制版与印刷两大部分。制版生产过程为:计算机制版、照相制版和电铸制版。而印刷部分则包括:模压、涂布复合与模切(die-cutting)。

全封闭生产线工艺过程如下:计算机制版→照相制版→电成形制版→模压(全息印刷)→涂布复合→模切。

3.2 工作原理

适用于全息印刷的母全息图必须是白光再现的浮雕式全息图。所谓浮雕式全息图即是以

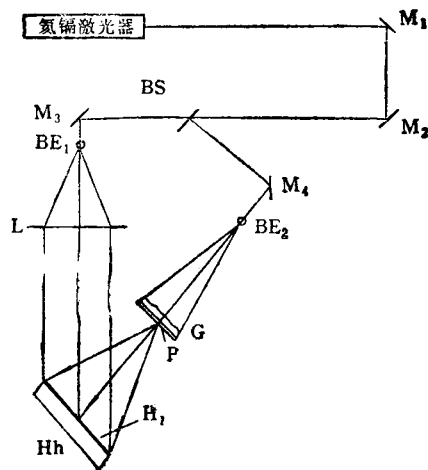


图 1

M——全反射镜; BS——分束镜; BE——扩束镜;
L——大口径准直镜; G——毛玻璃屏; P——透明胶
片; H₁——银盐透射全息图; Hh——H₁板架

受干涉条纹调制的凹凸不平的记录介质表面结构记录的全息图。制作原版浮雕全息图是全息印刷技术最重要的环节之一,是影响模压全息图质量的重要因素。以二步法全息记录为例,首先制作一张色彩编码主全息图。所谓色彩编码,是人为按一定规律(通常为色彩)限制全息图再现光衍射方向,从而达到将再现图形不同区域配上不同颜色的目的。这张主全息图通常称为H₁,用银盐记录干板,是透射位相型全息图,即以受干涉条纹调制的记录材料的相位记录的全息图。如图1所示,从HeCd激光器发出的光束经全反射镜M₁,M₂反射,被分束镜BS分为两束。一束经M₃反射,BE₁扩束,L准直后,成为平行光直接照射全息干板H₁,这就是所谓参考光束。另一束经M₄反射,BE₂扩束后照射毛玻璃屏,由该屏散射的光通过透明胶片P形成物光束。物光束与参考光束在H₁表面形成干涉,干涉条纹被H₁记录下来,从而得到一张主全息图。

随后,用光刻胶板记录再现主全息图实像,从而得到白光再现浮雕式彩虹全息图,也称母全息图。如图2所示,准直光照射H₁,使H₁将实像成在光刻胶干板H₂上,参考光为经M₃反射,BE₂扩束的发散光。在母全息图上并没有

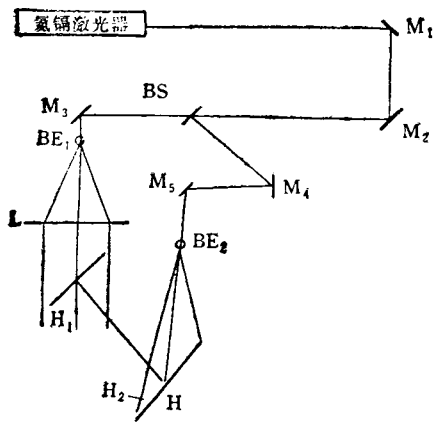


图 2

M——全反射镜；BS——分束镜；BE——扩束镜；
L——大口径准直镜；H₁——银盐透射全息图；
H₂——光刻胶板；H——H₂板架

直接记录物体的像，而是记录了一组参考光与物光的干涉条纹，条纹的精细程度达每毫米上千条，并记录了被射物体的光强与位相信息（普通照相丢失位相信息），这就是所谓全息记录（照像）。由于这种复杂的记录过程很难实现，且更难仿制，故全息图有很强的防伪性能。这组干涉条纹经白光照射，将衍射成像，这就是全息图的再现过程。

由于全息记录的不是图像本身而是干涉条纹，因此任何满足条件的可携带这种条纹的载体（如光刻胶板，金属镍板，PET，PVC，OPP 薄膜等）都可作为全息图的基材。在适当的条件下，以适当的方式复制这组条纹就达到了复制图像的目的。

在实际工作中，首先是利用计算机设计图形，并做适当的分版与扩版，得到满足要求的分图墨稿。该墨稿提供给翻拍系统，制成软片。软片分阴片和阳片两种，图形中不同的层次和颜色部分都要有对应的软片。该软片将作为全息照像制版的被摄物，为下道工序照相做好准备。以该软片为目标，通过二步法全息照相技术获得一张表面浮雕式全息图。再经过精细化学镀和电铸技术制成上机镍板，利用模压机在 PET 薄膜上压印出全息图像，最后在模切机上切出所需形状。

以上仅是以拍摄 2D/3D 全息图（最常用于于

防伪领域的一种全息图）为例，而实际上作为全息拍摄的目标可以是三维实物（不需计算机处理）、彩色照片或图片（需分色加网处理）和计算机制成的图形等。

3.3 工作流程

3.3.1 计算机制版

利用高分辨率扫描仪完成图形的输入或直接在计算机上获得图形图像，再利用计算机完成该图形图像的修改、编辑、分版、扩版等操作，从而得到满足要求的图形。最后用激光打印机输出，得到分图墨稿。

3.3.2 照相制版

分普通照相制版和全息照相制版。普通照相制版的任务是从分图墨稿获得实际尺寸的阴、阳图软片或干板，作为全息拍照的物，同时还可获得定位板。

全息照相制版首先是获得一主全息图，主全息图通常是一个透明全息图。将主全息图再现的实像用光刻胶板进行全息记录，就得到一张光刻胶版全息图。这就是所谓二步全息记录。

3.3.3 电铸制版

首先利用化学喷镀法在光刻胶板表面生成一薄层银表面，使光刻胶板导电。将导电化的光刻胶板作为阴极，利用电铸工艺获得金属上机镍板。

3.3.4 模压

将上机镍板安装在模压机上，通过适当的压力和温度，在 PET 薄膜上压印出全息图像。

3.3.5 涂布复合

将压印好的 PET 膜涂布上压敏胶，并与适当的底纸相复合。

3.3.6 模切

按产品排列和外形，制作适当的刀具，用模切机将涂布复合好的产品切成所需形状，并排除废料。

3.3.7 包装入库

将产品按企业标准中有关要求包装、入库保存。

3.4 系统构成

整个系统涉及电子计算机应用、光学、机

械、电气、化学等多方面。其主要系统及设备为：(1)计算机图形处理系统一套，其中包括彩色扫描仪、激光打印机和电子计算机，用以完成图形的输入输出、修改、编辑、分色、分版和扩版等操作；(2)全息照相系统一套，其中包括大功率激光器、光学防振平台和光学元器件等，用来制作全息主板和光刻胶板全息图；(3)精细化学镀及电铸系统一套，其中包括化学镀银和电铸镍两部分，制作金属上机板；(4)模压机，全息印刷专用设备，用以在专用材料上批量复制全息图；(5)涂布复合机，用以在底纸上涂布压敏胶并完成全息图与底纸的复合；(6)模切机，用以将产品切成所需形状。

以上系统及设备构成了所谓“全封闭模压全息生产线”，缺一不可。目前，在国内北京三友激光图像公司可生产制造上述全部设备。

4 发展前景

全息印刷由于具有若干引人注目的特性，已越来越为人们所重视，其前景非常乐观。作为一种新兴的产业，全息印刷已在国民经济中占有越来越重要的地位。目前，国内外从事这一行业的厂家已达几百家之多，新材料、新设备、新工艺不断涌现。在今年及今后两三年内，这一行业的主要发展将集中在如下几个方面：

4.1 在材料方面

4.1.1 透明全息图 (see-through holograms)

由模压生产的 PET 产品，若用于防伪领域，将产生一个“窗口”(window)效应，由于这个“窗口”效应的存在，将破坏商品原有包装的设计，有时还不得不改变设计，同时使原始设计增加难度。而透明全息图的产生，有效地解决了这一矛盾。这种透明全息图已在全息防伪领域得到了应用，如 VISA 卡和 MASTER 卡。这种全息图只能在某一特定角度观察到一个明亮清晰的立体图象，而在其他位置观察则是透明的。

4.1.2 全息磁卡 (holomagnetics)

这实际上是全息卡片与磁卡的结合物，当然这种卡将具有二者的共同优点。

4.1.3 全息纸 (holo paper)

通常的模压产品为 PVC, PET 或 OPP 薄膜，而通过热转印或一种叫到 transforming 的技术，可以生产以纸为基材的全息印刷品，这就是全息纸。它具有如下优点：成本低，其价格基本上是纸的价格；便于设计，可使产品的设计简单化；应用面广，因在许多应用场合要求材料是纸；环境适应性强，产品设计要求材料具有环境适应性，无毒可回收是对印刷和包装材料的基本要求。

4.2 在拍摄方法方面

4.2.1 加密全息 (coded hologram)

通过光学编码或光学变换等方法，拍摄的一种有特殊效果(光学密码，背景可移动，光点可移动等)的全息图，这种全息图即使是同行(在不知编码或变换方法的情况下)也很难仿制，加强了全息图本身的安全性。

4.2.2 计算机制全息图 (computer generated holograms)

有两种方法可制作计算机制全息图(简称 CGH)：一种是利用计算机和物形状函数方程算出干涉条纹(而不是通过全息拍摄的方法光学记录干涉条纹)，再将此条纹转移到适当的记录材料上，利用此方法可制做世上并不存在的物体(虚物)的全息图；另外一种较为实用的方法是利用计算机驱动激光束直接在光刻胶(photoresist)干板上刻划出光栅，可以完成此项工作的机器是莱特机(light machine)，它是第四代计算机全息数字打印机(computerised holographic digital printer)，利用此设备可以制作一种所谓动态全息图(kinetic holograms)，多用于装饰与包装上。

4.2.3 合成全息 (holographic stereograms)

利用多重曝光技术，将来自电影胶片的图像、视频图像或计算机的二维图像合成在一张全息图上。这种全息图具有四维的特点，它不仅记录三维物体本身而且还记录该物体的一段变

化过程。目前这项技术已发展到采用高分辨率液晶显示屏真彩色合成这一步。

以上仅对模压全息作一简单介绍,在国内这一行业才刚刚兴起,但市场的发展已大大超出人们的意料,其前景非常乐观,随着模压全息的发展,必将给印刷行业注入更多活力。

北京三友激光图像公司作为国内最早从事全息产品生产及其设备的制造商之一,率先在国内开发成功窄幅(200mm)模压机,并获得专利。在此基础上,公司技术人员攻克一个又一个技术难关,相继推出计算机全息制版系统、光刻胶涂布系统、全息照相系统、电铸系统和自动模切机。关键设备模压机已形成系列,到目前为止已是第五代产品。整套全封闭生产线也已通过鉴定。目前,三友公司正在努力开发适用于包装与装璜的宽幅(600mm)模压机,第二代自动模切机已经问世。公司科研部门正在

全息加密、新全息印刷材料方面努力工作。三友公司是美国专门从事生产 HeCd 激光器的 Liconix 公司在中国的独家经销商,可向国内光学界同行提供优质系列 HeCd 激光器,并同时提供优质售后服务。三友公司也是美国 TDA 公司在华的分销商,可向全息界同行提供第四代计算机制全息图设备‘莱特’机,该机完全依靠程序来制作全息图,无须任何光学原件及相关经验,是从事全息安全印刷方面的有力工具。另外,三友公司还可向广大全息用户提供最优质全息包装材料。其宽度为 600mm,可广泛用于包装、图像转移等领域。

参 考 文 献

- [1] 于美文、张静芳著,全息显示技术,科学出版社,(1989).
[2] 宋菲君,从波动光学到信息光学,科学出版社,(1987).

(上接第 150 页)

除了其超硬度特性外,还有许多应用。M. L. Cohen 等^[6]计算得到 $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ 的间接带隙为 6.4eV,其最小的直接带隙为 6.75eV,位于 Γ 点,因而可作为一种优质高温半导体材料,若用于激光器上将能得到一种从没得到过的波长的激光器。因 $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ 不具有对称中心,加上它的许多特性,很可能是一种性能优异的非线性光学材料。

目前,超硬材料 $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ 的研究已成为国际上材料科学研究的一个热点,相信不久的将来, $\beta\text{-C}_3\text{N}_4$ 将成为新一代的切削工具和新一代优质半导体光、电器件的介质膜材料。

参 考 文 献

- [1] Ming Y. Chen et al., *Surface and Coatings Technology*, **54**(1992), 360.
[2] Dong Li et al., *J. Appl. Phys.*, **74**(1993), 219.
[3] A. Y. Liu and M. L. Cohen, *Science*, **245**(1989),

841.
[4] A. Y. Liu and M. L. Cohen, *Phys. Rev. B*, **41**(1990), 10727.
[5] M. L. Cohen, *Phys. Rev. B*, **32**(1985), 7988.
[6] M. L. Cohen, *Science*, **261**(1993), 307.
[7] C. Niu, Y. Z. Lu, C. M. Lieber, *Science*, **261**(1993), 334.
[8] G. L. Doll et al., *Phys. Rev. B*, **43**(1991), 6816.
[9] Fuminori Fujimoto et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32**(1993), L420.
[10] Noriaki Nakayama et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32**(1993), L1465.
[11] M. Diani et al., *Diamond and Related Materials*, **3**(1994), 264.
[12] H. X. Han and B. J. Feldman, *Solid State Commu.*, **65**(1988), 921.
[13] C. J. Torng et al., *J. Mater. Res.*, **5**(1990), 2490.
[14] A. Hoffman et al., *Appl. Phys. Lett.*, **64**(1994), 845.
[15] Ren Zhongmin et al., *Chin. Phys. Lett.*, **11**(1994), 461.
[16] J. L. Corkil and M. L. Cohen, *Phys. Rev. B*, **48**(1993), 17622.