

文章编号: 1001-5078 (2006) 03-0213-04

基于像全息技术的资料存储

续志明, 张 鹏, 何 新, 何焰蓝, 丁道一

(国防科技大学理学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要:文中利用像全息技术,对二维文字资料作了全息存储,并对实验结果进行了分析,不仅提高了存储质量,而且为今后的全息显示打下了基础。

关键词:像全息;白光再现;资料存储

中图分类号: TB877. 1 **文献标识码:** A

The Holographic Storage Based on Imaged Holograph Technology

XU Zhiming, ZHANG Peng, HE Xin, HE Yan-lan, DING Dao-yi

(College of Science, NUDT, Changsha 410073, China)

Abstract: Planar literal information has been stored by using the imaged holograph technology, and the experimental results have been analyzed. The technology can not only improve the storing quantity, but also lay the foundation for the holographic display for the future.

Key words: imaged holograph; white light reproduction; information storage

1 引 言

随着社会的进步及科学技术的发展,需要存储、传播和利用的信息量正在急剧增加。信息产业成为当前最优先发展的产业,但在接近物理极限的情况下,现有的磁存储技术和光盘存储技术等都不能满足人们的需要,而全息技术以其固有的优势引起人们极大的兴趣。全息信息存储是近来随着激光全息术的发展而出现的一种新型信息存储方式。与已经成熟的信息存储技术(如磁性存储、光盘存储)相比,具有存储密度高、信息冗余度高、可靠性好、信息检索快等优点。

本文将像全息技术应用于资料存储,成功制作了所需存储的资料白光再现全息图。它的最大特点是对再现光的要求不高,可以用扩展的白光光源照明再现,操作简单方便,易于实现。因此,可以广泛地应用于全息显示及资料存储。

2 原 理

2.1 像全息的基本原理

我们知道任一全息图都可以是许多具有波带片

结构的基元全息图的叠加,当用白光再现时,再现光的方向因波长而异,而再现像点的位置随波长的变化量取决于物体相对全息图平面的位置。因为用白光再现一张普通的离轴全息图时,由于记录的波带片是离轴部分的,条纹间距很小,色散高,从而使像模糊。而像全息记录的是波带片的中心部分,这部分条纹间距较大,色散大大减小。当物体严格位于全息图平面上时,再现的像也位于全息图平面上,表现为消色差,它不随照明波长而改变,照明光源方向的改变只引起像的颜色变化,像的位置不变。而物体上远离全息图的那部分,它们的像点有色差并使像模糊。不过如果物体到全息图的距离较小,用白光再现仍能得到质量相当好的像。此时,照明光的方向改变也只使像的颜色变化,其位置不变,这就是像全息图可以用白光再现的原因。

作者简介:续志明(1984-),男,在国防科技大学理学院从事光全息技术的研究工作。

收稿日期: 2005-07-12

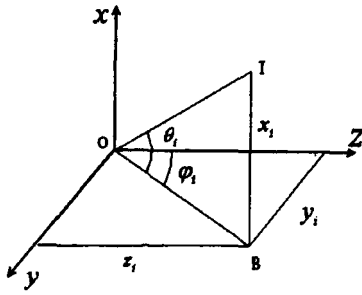


图 1 像点的三角关系

下面定量讨论再现光的光谱密度对再现像的影响。记参考光 (x_r, y_r, z_r) , 物光 (x_0, y_0, z_0) , 照明光源 (x_p, y_p, z_p)

为了下面叙述的方便, 我们首先给出像点坐标公式:

$$\begin{cases} x_i = \mp \frac{\lambda_2 z_i}{\lambda_1 z_0} x_0 \pm \frac{\lambda_2 z_i}{\lambda_1 z_r} x_r + \frac{z_i}{z_p} x_p \\ y_i = \mp \frac{\lambda_2 z_i}{\lambda_1 z_0} y_0 \pm \frac{\lambda_2 z_i}{\lambda_1 z_r} y_r + \frac{z_i}{z_p} y_p \\ z_i = \left(\frac{1}{z_p} \pm \frac{\lambda_2}{\lambda_1 z_r} \mp \frac{\lambda_2}{\lambda_1 z_0} \right)^{-1} \end{cases} \quad (1)$$

在图 1 中, I 为像点, 其坐标为 (x_i, y_i, z_i) , OI 的投影为 OB, $DB = \theta_i$, OB 与 z 轴的夹角为 ϕ_i 。在傍轴条件下有 $OI \approx z_i$ 。于是由图 1 可得:

$$\frac{x_i}{OI} = \sin \theta_i \approx \frac{x_i}{z_i} \quad \frac{y_i}{z_i} = \tan \phi_i \approx \sin \phi_i$$

同样, 对物点、参考点源和再现点源均可写出类似的表达式。于是可以将公式 (1) 中的前两式写成:

$$\sin \theta_i = \mp \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin \theta_0 \pm \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin \theta_r + \sin \theta_p \quad (2)$$

$$\sin \phi_i = \mp \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin \phi_0 \pm \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin \phi_r + \sin \phi_p \quad (3)$$

下面从公式 (2) 出发讨论再现光波长 λ_2 变化时, 再现像在 x 方向的色散情况 (y 和 z 方向类似)。设再现光波中含有 $\lambda_2 \sim \lambda_2 + \Delta \lambda$ 的所有波长的光波, 由于全息图中波带片的色散, 使得对应的 θ_i 变化了 $\Delta \theta_i = \Delta \lambda \frac{d\theta_i}{d\lambda_2}$, 可以为再现像由于色散在 x 方向上的展宽线度 Δx_i 为:

$$\Delta x_i = z_i \Delta \theta_i = z_i \frac{d\theta_i}{d\lambda_2} \quad (4)$$

由式 (2) 可求出 $\frac{d\theta_i}{d\lambda_2}$, 并将它代入式 (4), 注意到 $\cos \theta_i \approx 1$, 于是得:

$$\Delta x_i = \pm \frac{\Delta \lambda}{\lambda_i} (\sin \theta_0 - \sin \theta_r) z_i \quad (5)$$

对于确定的物点, (5) 式的 $(\sin \theta_0 - \sin \theta_r)$ 是常量, 再现像的展宽与 $\Delta \lambda$ 和 z_i 的乘积成正比。当 z_r 和 z_p 确定后, z_i 又可以根据公式 (1) 中的第三式由 z_0 决定。在一定条件下 $|z_0|$ 很小时 $|z_i|$ 也很小, 即使 $\Delta \lambda$ 有较大值, Δx_i 仍然足够小。当 $|z_i| \rightarrow 0$ 时, 可用白光再现。对于 y 方向和 z 方向的色散, 可作类似的讨论。

2.2 全息记录光路

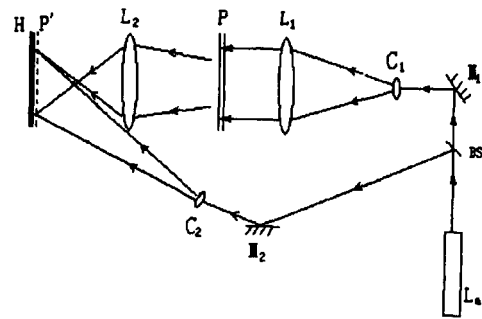


图 2 光路图

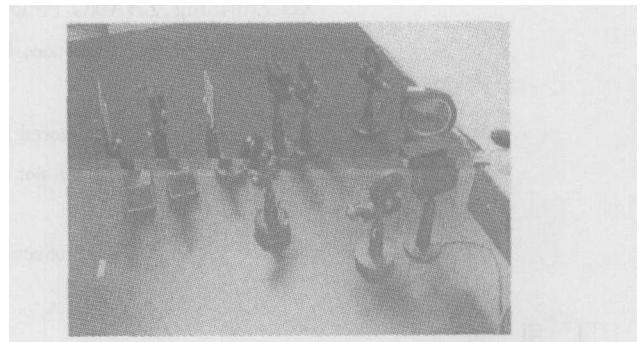


图 3 实物图

在图 2 所示的光路图中, 激光器 La 输出的光束被可调分束镜 BS 分成两束。透过的一束被反射镜 M1 反射折转后, 经过扩束镜 C1 (100 倍) 扩束, 再经凸透镜 L1 变成近平行光束照射原稿 P, 此时的光已经携带了原稿的信息, 通过凸透镜 L2 将原稿的像成在全息干板 H 附近 (如 P 处); 由分束镜 BS 反射的光束被反射镜 M2 反射, 经扩束镜 L2 (40 倍) 后射在全息干板 H 上, 与物光束相叠加, 即可在全息干板上记录下要存储的信息。

3 实验过程及结果分析

3.1 实验过程

(1) 按光路图 2 布置并调整好光路 (实验的实物图如图 3)

实验对光路稳定性以及光学器件要求比较高, 布置光路前应保证各器件的光学表面的清洁, 实验过程中应尽量避免光的扰动。

为了便于调节物光跟参考光的比例以获得质量较好的像, 加上物光束透过原稿时有较大的衰减, 并

且要经过较多的光学器件,在这里使用透反比持续可调的分束镜,将物光和参考光的光强调节到合适的比值;同时为了将光适当聚焦以增加照射到原稿上的光强而增加了凸透镜 L_1 ;由于需要将原稿通过凸透镜成像,这就要求尽量克服散射的影响,所以用于成像的凸透镜最好是短焦距大直径的,以便较充分的利用物光。

扩束镜 C_1 与凸透镜 L_1 应尽量组成共焦系统,这样能使原稿被均匀照明。由于所存储的原稿面积较大,而实验室提供的激光器的功率不能满足把原稿完全照明的要求,在这里只照明一定区域以增大物光的强度。

调节光路时,首先最好将原稿放在凸透镜 L_2 前二倍焦面上,然后用毛玻璃(毛面朝向光束)代替干板安装在干板架上,置于原稿经凸透镜 L_2 所成的像的附近,原稿、凸透镜 L_2 以及毛玻璃大致在同一高度。参考光束经扩束镜 C_2 后均匀覆盖毛玻璃上的像斑,两者的光程差应该尽量小,并使其夹角约为 30° ;通过调节分束镜使打在毛玻璃上的物光与参考光的光强比约为 $1:2 \sim 1:6$ 。实验过程中对光路的要求较严格,凸透镜 L_1 、 L_2 与扩束镜 C_1 最好共轴,以使出射的光斑均匀。

在激光器输出功率一定的情况下,原稿的特性至关重要。在这里,其透光率和对比度是很重要的因素,透光率不高的原稿难于记录高质量的全息图,而对比度直接影响到再现的像清晰度。通过多次实验摸索,我们发现选用写有文字资料的薄纸和毛玻璃做原稿进行存储时效果比较好。

(2) 全息图的记录

合理设置好曝光时间,曝光时间一般应根据物光以及参考光的光强和当时温度来确定,并不是在什么情况下都不变。

将毛玻璃片取下,换上全息干板,乳剂面朝向光束。换上全息干板时,乳剂面的位置与毛玻璃的毛面的位置一致,必须夹紧全息干板。

在安装好全息干板后,稳定几分钟后进行曝光,曝光过程中一定要保持肃静,不要高声说话和随意走动,更不能触及实验台或实验仪器,以免破坏光路的稳定性,影响全息图的质量。

(3) 暗房处理

取下全息干板,在暗室中进行常规的显影、定影、水洗、干燥等处理,这样就得到所需要的全息图。但上述各步骤的时间并不是一成不变的,要根据光照强度、当时的温度、湿度和显影液的浓度等因素而定。各步骤的时间长短对全息图再现像的质量会有

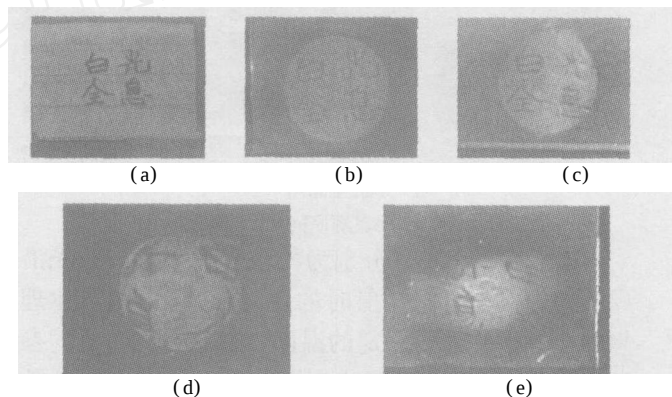
很大的影响。

(4) 全息图的再现

用一束白光(如普通白炽灯的光或阳光)按拍摄时参考光的方向或其共轭方向射向全息图,观察者就会在全息干板附近看到一个色彩绚丽的像,而且稍微改变一个角度就可看到不同颜色的再现像。

3.2 实验结果及分析

(1) 用写有文字资料的薄纸作原稿进行存储时为了以下叙述的方便,我们先将实验过程中所用原稿及其全息再现图(来自同一张全息干板)列出。



(a) 为原稿; (b)、(c) 分别为再现激光和再现白光沿原参考光共轭方向照射时的再现像; (d)、(e) 分别为再现激光和再现白光沿原参考光方向照射时的再现像

图 4 薄纸原稿及再现像

在实验过程中,我们发现对同一张全息图来说,正反两面在参考光的照射下都可以产生再现像,但两个像有明显的不同。图 4(b)、(c) 即是再现光沿原光路参考光的共轭方向入射时的再现像,我们看到这两个像跟原稿相比基本一致,几乎没什么畸变;图 4(d)、(e) 则是再现光沿原参考光方向照射时的再现像,可以看出这两个像发生畸变,中央向上有了明显的凸起。

通过对图 5 的光路进行分析,我们可以看出,在图 5(a) 的成像光路下,当再现光与原参考光的方向一致时,其实等于通过干板观察透镜 L_2 和原稿 P 的虚物(如图 5(b)),通过透镜 L_2 观察原稿 P ,当然会有放大镜效应了;而当再现光与原参考光的共轭方向一致时(如图 5(c)),则相当于我们在观察原透镜 L_2 所成实像 P' ,因此跟原稿相比没什么变形。

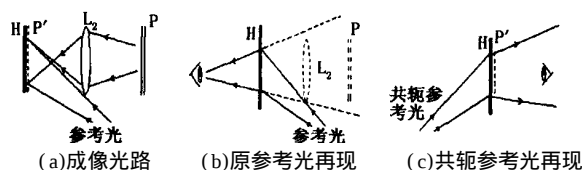


图 5

另外,在图 4(d)、(e) 中我们发现,在激光下再

现和在白光下再现时的放大镜效应强度不同。这是由于对不同波长的光而言,透镜 L_2 的焦距是不同的,在白光再现时除红光以外的其它光的放大镜效应都比红光弱。于是这种像差效应便减弱了单一红光再现时人眼所感受到的放大镜效应,从而产生了图 4(d)和图 4(e)的不同。

(2)用写有文字资料的毛玻璃作原稿进行存储时

我们首先将实验过程中所用原稿及其全息再现图列出:

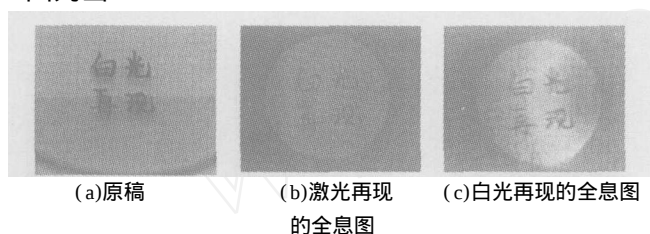


图 6 毛玻璃原稿及再现像

图 6 中 (b)、(c) 分别为再现激光和再现白光沿原参考光共轭方向照射时的再现像,要得到上述理想的全息干板需要一定的温度、湿度条件,合适的参考光与物光光强比、曝光时间,再经过暗房技术处理,干燥处理后完成。

通过多次实践发现如果实验中采用写有文字资料的普通玻璃作为原稿,则得不到全息图,而换用毛玻璃后则效果相当好。

4 结 论

用像全息法制得的全息图可以用白光再现,它的最大特点是对再现光的要求不高,可以用扩展的白光光源照明再现,操作简单方便,易于实现,因此更易推广。

实践证明本文所介绍的方法可以很好的实现二维资料的存储,而且存储效果较好,为满足大容量高清晰的二维资料存储以及全息显示打下了一定的基础。

参考文献:

- [1] H J 考尔菲尔德. 光全息手册 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] 王绿苹. 光全息和信息处理实验 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1991.
- [3] 姚启钧. 光学教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [4] 于美文, 等. 光学全息及信息处理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1983.
- [5] 苏显渝, 李继陶. 信息光学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

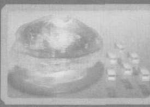




LBO 专利号: 4,826,283 美国专利号
88 1 02084.2 中国专利号
2023845 日本专利号

我司提供以下类型晶体:

- 非线性光学晶体
- 激光晶体
- 声光及电光晶体
- 双折射晶体
- 光折变晶体
- 晶体组件
- X-射线晶体
- 光学件



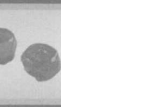
BBO



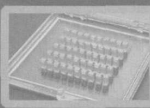
BIBO



KTP



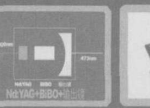
Nd:YVO4



声学晶体



压电晶体



光学组件



光学晶体

福建福晶科技有限公司

地址: 福建省福州市杨桥西路155号 邮编: 350002
TEL: 86-591- 83710533 FAX: 86-591- 83711593
http://www.castech.com E-mail: sales@castech.com