

# 一种简易全息防伪图像的设计与制作方法探究

刘 凌,薛 洁,程学豫,刘建平  
(云南警官学院 信息网络安全学院,云南 昆明 650223)

**摘要:**介绍一种简易的全息防伪图像的设计及制作方法.通过推导离轴全息图的光场描述公式,分别得到振幅表达式和相位表达式,从而可以分类表达相干光源的干涉.借助参照光,在全息胶片上得到简易成像.通过简化和改进,给出一种简易全息图的制作方法.实验结果表明,该全息图虽然达不到较高显示精度,但能够满足一些对精度要求相对较低的防伪应用,达到最初设计目标.

**关键词:**全息图像;相干光源;防伪;安全标签

**中图分类号:**TN247 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-5639(2017)03-0063-04

**DOI:**10.14091/j.cnki.kmxyxb.2017.03.015

## Research for an Easy Approach to Design and Make Anti-fake Holographic

LIU Ling, XUE Jie, CHENG Xueyu, LIU Jianping  
(Information Security College, Yunnan Police College, Kunming, Yunnan, China 650223)

**Abstract:** An easy approach to design and make anti-fake holographic is introduced. After the equations for off-axis holographic were derived, the expressions for amplitude and phase were obtained respectively. By using the reference light, the simple sights are imaged on holographic film. The easily making approach was obtained with simplicity and improvement. The experimental results indicate that although the holographic can't reach the high display accuracy, it can achieve the essential designing goal to meet the demands for anti-fake application with relatively low requirement in accuracy.

**Key words:** holographic; coherent source; anti-fake; security label

全息技术是利用激光的干涉、衍射现象来成像的一种图像生成方式<sup>[1]</sup>.换言之,全息图片的成像原理和方式与数字图像成像完全不同.数字图像成像主要依赖像素点的累积,而全息图像成像则是依靠光反射在特殊的感光材质上成像.同时,全息成像得到的图像可以呈现出三维效果,类似信用卡防伪标记的彩色三维标识码图.

从成像原理可以看出全息图像的光线反射特性.当激光的功率不同时,反射和干涉特性受频率影响,使得成像效果的光线、色彩分布等均存在差别,从而实现一种可唯一标识的图像,或者说捕获频率间的差异,从而实现对物体的唯一性识别<sup>[2]</sup>.而这也是全息图像可用于防伪标识的一个重要特性.正是这种特性,使得全息图像可以实现一种类似简化

的数字签名效果,因此在数据传输方面也作为校验性标志.

然而,全息图像的分析识别要更加复杂,包括从图像中识别颜色频率差异,逆推方向计算发射功率等<sup>[3]</sup>,这些过程不仅要具有较高的数学功底,同时还依赖于具有更高计算能力的图像识别系统.由于这些限制,使得全息图像作为数字签名尚未得到广泛的普及和应用<sup>[4]</sup>.尽管理论上研究人员已经发现,全息图像作为数字签名标识要比现有数字签名算法更加安全可靠,但考虑其应用成本,如果不是特别重要的信息,是不值得使用全息图像保护的.

实际上,加密的全息图像是采用如随机位相编码图像加密、莫尔编码图像加密、激光散斑图像加密等光学图像编码加密技术,对防伪图像进行加密,得

收稿日期:2017-04-26

基金项目:云南省自然科学基金资助项目(2015FD037).

作者简介:刘凌(1981—),女,云南建水人,讲师,研究生,主要从事信息安全与图像识别研究.

到不可见的或变成一些散斑的加密图像<sup>[5]</sup>. 其中随机位相编码加密的图像是隐形的, 只有使用专门的光电解码机才能够显示出原来的图像, 主要应用于各种证卡的防伪. 莫尔编码加密和激光散斑加密图像只有与解码光栅或解码散斑叠合, 才能够显示出原来的图像, 主要应用于一般商品的防伪<sup>[5]</sup>.

在安全精度要求不是很高的时候, 构建一种相对简单的全息图像来作为识别标志, 其实更加符合现代信息安全的要求. 要实现这一目标, 一种可行的办法是获得一种相对简单的, 可用于普通安全级别要求的全息图像制作方法.

## 1 全息成像

全息照相 (Holography) 是一种特殊成像模式, 可以让从物体发射的衍射光通过反射而被重现<sup>[5]</sup>. 该技术不仅包括物体反射光的幅值能量信息, 同时能够记录物体所处的空间位置信息. 在成像过程中, 物体的大小和位置与之前完全相同. 观测此物体的位置不同, 所显示的像会发生变化. 因此, 采用该技术所拍照片是三维的<sup>[6]</sup>. 其原理如图1所示.

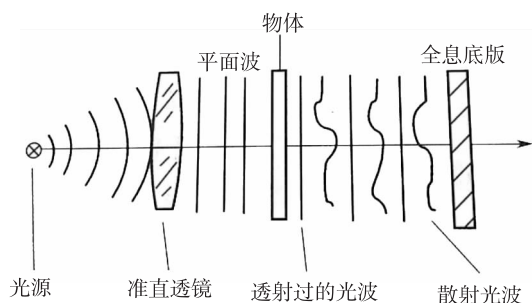


图1 全息照相原理

传统摄影技术, 或者说基于像素点布置的光敏传感器感光成像得到的数字图像, 其本质是记录反射光的明暗强弱. 换言之, 像素点对应的像素值其本质是记录了光信号的振幅强度. 这种成像方式丢失了景物或物体的空间位置信息. 相反, 全息成像技术, 则是同时记录反射光的幅值和相位, 换言之, 可以记录物体的空间位置信息. 在全息成像时, 相位记录采用的方式是记录两束光的相对位相, 通过考察实物与参考光线之间的光强差异来识别位置.

全息技术包含: 1) 记录物体光波; 2) 再现物体光波. 在记录物体光波过程中, 光波的相对相位被存储在双光束的干涉图中, 这两束光分别称为物体光

束(物光)和参考光束. 为了得到较好的干涉图, 或者说使两束光具有比较高的干涉性, 制造全息图时采用的最基本方法是来自同一个激光光源的相干光分成两束光, 一束光直接照射被记录的物体, 另一束用作参考光束. 假定两束光完全相干, 在两束光相重叠的空间区域内就会形成一个干涉图, 光波的强度分布可以用下面公式表示(下式中, \* 表示共轭复数).

$$\begin{aligned} I &= H(x, y) \times H^*(x, y) \\ &= [R(x, y) + O(x, y)] \times [R^*(x, y) + O^*(x, y)] \\ &= \vec{R} \cdot \vec{R}^* + \vec{O} \cdot \vec{O}^* + \vec{R} \cdot \vec{O}^* + \vec{O} \cdot \vec{R}^*. \end{aligned}$$

这个描述是复杂的, 但是从本质上来说, 若两束相干光束传播方向相同, 且记录下干涉图样, 那么记录下的物体光束、参考光束和全息干板的中心都位于同一条线上. 这样一来, 得到的全息图像就是共轴全息图衍射.

共轴全息图衍射后对应的光场可由如下数学公式进行描述:

$$\begin{aligned} U &= U_1 + U_2 + U_3 + U_4; \\ U_1 &= T_h C(x, y); \\ U_2 &= \beta' C(x, y) |O(x, y)|^2; \\ U_3 &= \beta' C(x, y) r(x, y) O(x, y); \\ U_4 &= \beta' C(x, y) r(x, y) O^*(x, y). \end{aligned}$$

其中:  $T_h$  是平均透过率;  $C(x, y)$  是照明波的振幅;  $r(x, y)$  是参考波的振幅;  $O(x, y)$  是物体波的振幅.

然而, 这样的表达依然依赖于后期较好的分解, 特别是在干涉过剩的情况下, 有可能给识别带来困难. 其主要原因是产生孪生像, 但是共轴全息是一个能够简化全息图像制作的有效思路.

## 2 简易全息图像成像的改进

受共轴全息的启发, 可将全息图像成像模型做如下改进, 其改进思路如图2所示.

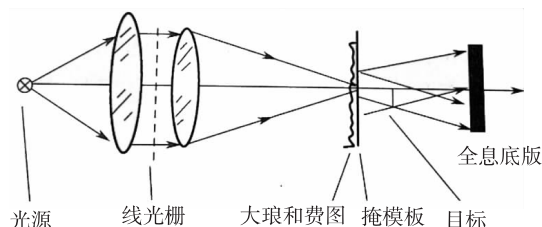


图2 改进的全息成像原理图

“离轴全息图”(Leith-Upatnieks 全息图)是指在成像过程中, 两束干涉光束从不同的方向(具有

不同夹角)射向全息干板.在此情况下,得到的全息图像就是“离轴全息图”.

离轴全息图的光场表示为以下形式,其中  $\theta$  表示倾斜角.

$$U_1 = T_h C(x, y);$$

$$U_2 = \beta' C(x, y) |O(x, y)|^2;$$

$$U_3 = \beta' C(x, y) r(x, y) O(x, y) \exp(i \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta y);$$

$$U_4 = \beta' C(x, y) r(x, y) O^*(x, y) \exp(-i \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta y).$$

在离轴全息图中,原始像和共轭像在不同方向上形成,并产生一个相应的夹角.因此区分孪生像相对容易,同时可消除共轴全息图中的孪生像现象.

在此情况下,全息图像的振幅、相位分别可以使用以下公式进行描述.

1) 振幅:

$$H(x, y) = |O(x, y) e^{i\varphi_o(x, y)} + r(x, y) e^{i\varphi_R(x, y)}|^2.$$

2) 相位:

$$\begin{aligned} \varphi(x, y) &= \beta |O(x, y) e^{i\varphi_o(x, y)} + r(x, y) e^{i\varphi_R(x, y)}|^2 \\ &= \beta [ |O(x, y)|^2 + |r(x, y)|^2 + O(x, y) r^*(x, y) + O^*(x, y) r(x, y) ] \\ &= \beta [ |O(x, y)|^2 + |r(x, y)|^2 + 2O(x, y) r(x, y) \cos(\varphi_R - \varphi_o) ]. \end{aligned}$$

复振幅透过率也可以写成以下的形式:

$$T_h(x, y) = T_o(x, y) \exp[i\varphi(x, y)],$$

其中  $T_o(x, y)$  是振幅透过率;  $\varphi(x, y)$  代表相位变化.

同样如果衍射后光波的振幅透过率  $T_o(x, y)$  与位置坐标  $(x, y)$  无关,该全息图仅只是改变了再现光波的相位,如此一来,这类该全息图就称为相位全息图.事实上,相位全息图的透过率可以使用一个指数函数来进行描述:

$$T_h(x, y) = \exp[i\varphi(x, y)].$$

在这种情况下,简易的全息干板(感光器件)就能记录干涉条纹,从而简化获取途径.这也就是说,可以将全息图像的获取降低到普通实验室条件的程度,即在此条件下,仍可获得相对简易的全息防伪图.

### 3 简易全息图像的制作

经过理论分析和推导后,制作简易全息图就成为可能.首先准备相关器件.具体如下.

1) 相干光源.激光发生器是最常见的激光光

源.在简易条件下,只需要普通激光发生器即可,例如红光激光笔,参数:波长为 532 nm,尺寸 160 mm × 23 mm × 23 mm,电源为充电锂电池.

2) 分光镜或简单半反光半透镜.参数:尺寸为 15 mm × 15 mm × 15 mm,光束偏移为(透射/反射分光比) (50:50) ± 5%.

3) 全反光镜.参数:尺寸为 20 mm × 4 mm,反射率为 99.3% ~ 99.8%.

4) 扩束镜.参数:尺寸为 40 mm × 4 mm,扩束倍率为 40.

5) 全息干板(全息胶片).感光元素为卤化银.参数:感光灵敏波长为  $\lambda = 632.8$  nm,反差系数  $\geq 4$ ,灵敏度  $\geq 30 \mu\text{cm}^2$ ,乳胶厚度 7  $\mu\text{m}$ ,分辨率  $\geq 3000$  条/mm,干板规格为 9 cm × 24 cm,暗室操作.

具体对应的器件图如图 3 所示.


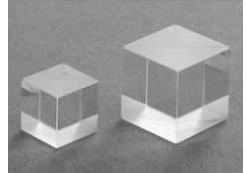
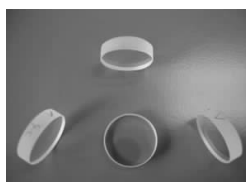
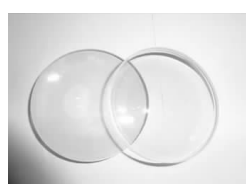
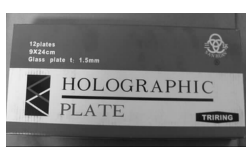
器件图	器件名称
	相干器, 激光光源
	分光镜
	全反镜
	扩束镜
	全息干板

图3 全息成像器件

准备好器件之后,按照以下模型安排器件顺序,从而在全息干板(全息胶片)上获得简易的全息图像(图 4).

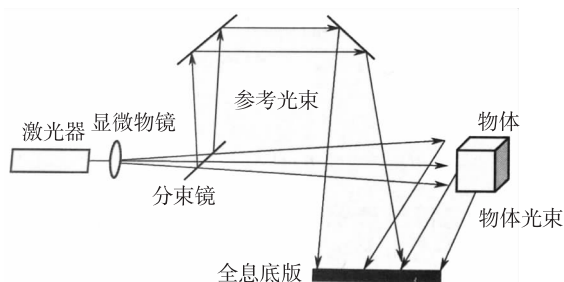


图4 全息成像原理图

在实验中,按照上述方法,可获得一些简易的全息图像防伪标签.同时,借助图像处理技术,可以很方便地对其进行识别真伪(由于现有的标签涉及一些保密信息,故在此未能给出).需要指出的是,本方法获得的全息图像虽然不如精度很高的全息图像,但对于精度要求不高的保密工作,则完全可以达到要求.

#### 4 在信息安全中的应用

目前,全息技术已被逐渐应用于社会生活的方方面面.全息技术不仅在民用领域发挥着防伪标签的作用,同时在军用、警用实战中,同样发挥着重要的作用.作为一种物理编码与软编码结合的成像方法,全息技术对于标签保护、信息加密、情报安全等具有积极的促进作用.具体应用包括:

1) 身份标识防伪.居民身份证是中国公民身份的重要标识证件.近年来,随着第二代芯片身份证的使用,居民身份证在日常使用过程中变得日趋重要,也日趋便捷.但是内置芯片的硬加密系统其实很容易被破解.因此,身份证上同时还会增加全息图像来进行识别.由于产生身份证全息图像的系统、制作工艺和方法较复杂,这就使得身份证制作周期较长.为了应对诸如身份证丢失等情况,临时身份证作为居民临时身份标识的证件可用于应对上述情况.但由于临时身份证要求制证周期短,因此一般不采用全息图像标签.这就使得一些不法分子有机可乘,有空子可钻,使用伪造的临时身份证干违法的事情.事实上,如果能在临时身份证上也采用全息防伪,则此类案件在一定程度上可以得到控制.本文提出的简易全息图像制作方法可应用于临时身份证全息防伪.

尽管其精度远远达不到正式身份证上的全息防伪图,但用于加强临时身份证的抗伪造能力,则可到相应要求.

2) 警犬的管理.目前,警犬作为辅助侦查手段,对发现细节线索具有重要意义.然而,现在警犬的管理大多采用管理信息系统和标识卡的形式进行.虽然基于 RFID 的警犬跟踪和检测系统也逐步被引入,但是这些系统大多是动态跟踪警犬状态,相反,对于警犬的身份标识却相对简化.事实上,在实战中,敌方使用警犬替换等方式来调换侦缉犬,从而传递假情报等手段已有相关报道.这就对警犬身份提出了要求.使用本文提出的全息图像生成方法,可以快速为警犬生成身份标识,从而提高警犬身份识别安全性.这也是从实战出发进行考虑的一项举措,同时也是提高身份信息安全的一项有效途径.

综上所述,简易的全息图像生成方法,可以在实战中提高各类信息安全的防伪能力.同时也可以应用到网络信息安全的相关领域.

#### 5 结论

通过对全息成像原理的分析,经过对其成像方法的简化、改进,则可得到一种相对简易的全息图像成像方法,并可将其应用于相对精度要求不高的保密、防伪领域.通过推导成像公式,搭建成像平台,得到的全息照片符合设计目标,达到设计要求.

#### [参考文献]

- [1] 杨晓梅. 白光再现激光全息照相的实验研究[J]. 大学物理实验, 2008, 21(4): 14 - 16.
- [2] LEITH E N. The legacy of dennis gabor[J]. Optical Engineering, 1980, 19(5): 633 - 645.
- [3] 刘成林. 全息照相实验[J]. 河北联合大学学报(自然科学版), 2003, 25(4): 162 - 164.
- [4] HARPE G D J. 全息技术应用 41 例[M]. 于露, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [5] 马金涛. 激光全息防伪技术及其应用[J]. 中国防伪报道, 2007(11): 31 - 40.
- [6] 龚勇清, 何兴道. 激光原理与全息技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.