

用单色激光彩虹全息图保存彩色图象*

单 槟 王浮萍 来松彪
(郑州工业大学数理力学系)

摘要 本文提出一种彩色图象存储的新方法。该方法用液晶空间光调制器实现不同颜色的非相干光到同一种波长相干光的转换,从而可以用单色激光彩虹全息图保存彩色图象,具有记录系统简单,成本低的特点。

关键词 彩虹全息 图象存储 空间光调制器

中图分类号: TN249

1 前言

彩色胶卷在保存过程中其原始染料的不稳定性会使其逐渐退色,这对于许多重要而珍贵的文档图象的长久保存是十分不利的。而黑白胶卷的图象是以银颗粒的形式保存的,所以黑白图象的保存寿命可以认为是永久的。因此,科学家一直在探索用黑白的记录介质保存彩色图象的方法。目前,已有 θ 调制法¹,一步彩虹全息法以及傅里叶变换全息法²。 θ 调制法的缺点是编码光栅会降低原图象的分辩率,两种全息法的缺点是记录全息图时需要红、绿、蓝三种波长的激光器,因而记录系统复杂,造价昂贵。

最近几年,随着实时光学信息处理、光计算等现代光学领域的发展,空间光调制器已走向实用化阶段。空间光调制器能实现诸如波长转换、非相干—相干转换³等多种功能已是众所周知,但还未见到将其应用于彩色胶卷永久保存的报导。因此我们提出用单色激光器(如最常用的氦氖激光器)和液晶光阀空间光调制器制作彩虹全息图来保存彩色图象的方法,这样就可大大降低记录系统的复杂程度和成本。

2 原理

2. 1 CdS 液晶空间光调制器转换非相干光到相干光的原理

如图 1 所示,一束白光经滤光片 F 以后照明一个彩色透明片 I ,透明片经透镜 L_1 成像到空间光调制器 SLM 的写入面上,在空间光调制器的另一侧,一束 P 偏振的平行激光束经偏振分光镜 PS 后射向空间光调制器的读出面上,由于写入图象上各点强度分布不同,反射回的光束就含有各种偏振成分。与暗区对应的反射光是 P 偏振的,因而不能被分光镜反射;与亮区对应的反射光是椭圆偏振光,其 S 偏振成分可以被分光镜反射,再经 L_2 后在输出面 O 上形成一单色相干光图象。

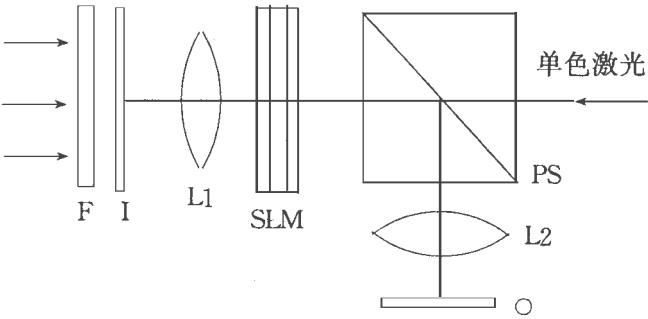


图 1 非相干—相干转换原理

2. 2 用彩虹全息图存储彩色图象

如图 2 所示，一激光束经分光镜 BS 分为两束后，其中一束经准直后作为参考光，而另一束作为空间光调制器 SLM 的读出光。由于从分光镜 PS 反射的输出光是 S 偏振的，所以 P 偏振的参考光用一个半波片 HW 转换为 S 偏振的光。紧贴透镜 L_2 放置一狭缝。作彩虹全息记录时，对红、绿、蓝三色写入光图象分别曝光，曝光时的狭缝位置分别位于 r 、 g 、 b 。这样，记录的全息图有三组空间频率各不相同的条纹。全息图的再现如图 3 所示。用一束与原参考光方向共轭的准直白光照明全息图 RH 。由于全息图上三组条纹相当于三个全息图，所以每个全息图都有一组狭缝的光谱衍射象，其分布如图 4 所示。由图 4 可以看出，只要将原记录用的狭缝放在图 3 的位置 r ，则对应原来红、绿、蓝三色写入图象，三组光谱衍射象中分别只有红、绿、蓝三色光通过狭缝。再通过原来的成像透镜，即可将原彩色图象恢复。

2. 3 狭缝大小与位置分析

如图 4 所示，三组光谱衍射象中的红、绿、蓝三色必须同时通过同一个狭缝，才能将原图象复原，因此记录时狭缝的宽度、位置、移动距离以及参考光夹角必需满足一定的关系。从全息成象的基本公式，我们得到

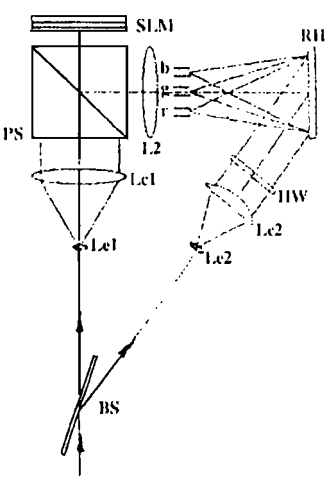


图 2 彩虹全息图的记录光路

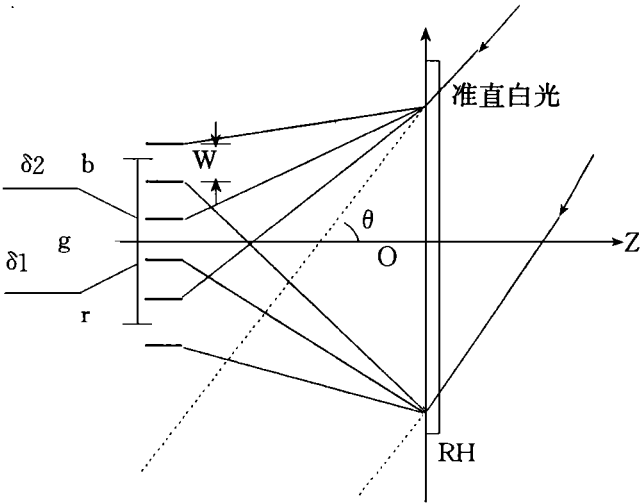


图 3 全息图的再现

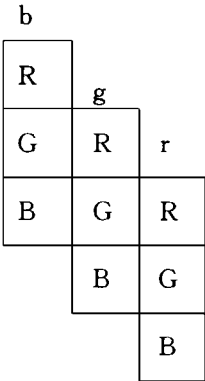


图 4 再现现象的分布

$$\frac{x_l}{l_l} = \frac{x_c}{l_c} \pm \mu \left\{ \frac{x_0}{l_0} - \frac{x_R}{l_R} \right\}, \tag{1}$$

$$\frac{1}{l_l} = \frac{1}{l_c} \pm \mu \left\{ \frac{1}{l_0} - \frac{1}{l_R} \right\}, \tag{2}$$

l_l 式中， x_l 、 x_0 分别是狭缝象及狭缝的中心位置坐标； l_l 、 l_0 分别是狭缝象及狭缝的中心位置与坐标原点的距离； $\mu = \lambda / \lambda$ 是再现光与记录光的波长之比。由于参考光是平行光，因此

$$l_c = l_R \rightarrow \infty, \tag{3}$$

$$\frac{x_c}{l_c} = \frac{x_R}{l_R} = \sin \theta. \tag{4}$$

由于我们只关心正一级衍射, 所以式 (1)、(2) 变为

$$\frac{x_I}{l_I} = \sin \theta + \mu \left\{ \frac{x_0}{l_0} - \sin \theta \right\}, \quad (5)$$

$$\frac{1}{l_I} = \mu \frac{1}{l_0}. \quad (6)$$

对红色写入象的狭缝, 我们可以认为 $\mu \approx 1$, 所以,

$$x_I = x_0, \quad (7)$$

$$l_I = l_0. \quad (8)$$

对绿色写入象的狭缝, $x_0 = 0$, $l_0 = -l$, 因此, 我们得到

$$x_I = \frac{\mu_g - 1}{\mu_g} l \sin \theta. \quad (9)$$

那么, 狭缝移动距离 δ 由下式给出

$$\delta = |x_I| = \frac{1 - \mu_g}{\mu_g} l \sin \theta. \quad (10)$$

对蓝色写入象的狭缝, 应有 $x_I = -\delta$, $l_0 \approx -l$, 我们最后得到

$$\delta = \frac{1 - \mu_b}{\mu_b} l \sin \theta - \delta. \quad (11)$$

狭缝的宽度 w 应满足如下条件

$$w > \max(\delta, \delta). \quad (12)$$

3 结 论

本文提出一种保存彩色图象的新方法。由于硫化镉光导材料的光谱灵敏曲线与人眼的视见函数十分接近, 这意味着硫化镉液晶空间光调制器对红、绿、蓝三色光有良好的响应。只要选取合适的彩虹全息图记录参数, 一幅彩色图象就可以用彩虹全息图存储并从它正确恢复。本方法只使用单一波长的激光器, 因而具有记录系统结构简单, 造价低的特点。

参 考 文 献

- 1 Francis T S· Yu, *Optical Information Processing*, p 313, John Wiley & Sons, Inc., 1983.
- 2 M· Yu, *Optical Holography and Information Processing*, p 163, p 241, National Defense Industry Press, Beijing, 1984.
- 3 A· D· Fisher, "Spatial light modulators: function capability, application, and devices," *Int· J· Optoelec·*, Vol· 5, No· 2, p 125-167, 1990

Storage of Color Films by Means of a Single-wavelength Laser and SLMs

Shan Bin Wang Fuping Lai Songcan
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract In this paper, a new storage approach of color films by means of a single-wavelength laser and SLMs is presented. The conversion from incoherent light of different colors to a single-wavelength coherent light is realized with a CdS liquid crystal SLM. Therefore a color image can be stored in a rainbow hologram. This method is simple in construction and cheap in costs.

Keywords Rainbow holography, color image storage, SLM.