

用空间滤波实时调节编码相位片的假彩色

彭 芳 麟

(北京师范大学物理系)

提 要

用空间滤波可以实时调节光栅编码相位片的假彩色。本文讨论了它的原理并介绍了实验方法。
关键词：白光信息处理；假彩色；空间滤波。

用光栅可以调节光栅编码相位片的假彩色^[1]，但能产生不同颜色的可调范围只限于光栅的一个甚至半个周期之内^[2]，即只有几十个微米左右。调整中必须保持调色光栅和原光栅条纹平行，故技术要求较高。另外调整中难以预知和控制所出现的颜色。为此我们提出一种简便的用空间滤波来实时调节假彩色的新方法。

一、原 理

考虑一块任意的光栅编码相位片，不同的相位 h_m (m 为整数)在图片上有不同的分布 $f_m(x)$ ，则相位调制度为 h_m 的相位光栅透过率在图片上不再是均匀的，而应写成 $f_m(x) \cdot [1/d \cdot \text{comb}(x/d) \otimes g_m(x)]$ ，其中，若 x 处的相位为 h_m ，则 $f_m(x) = 1$ ，否则为零。且有

$$g_m(x) = \begin{cases} 1 & -a \leq x < 0, \\ \exp[jm] & 0 \leq x < a, \\ 0 & \text{其他。} \end{cases}$$

整个编码片透过率应该对所有的 h_m 求和，

$$f(x) = \sum_n f_m(x) \cdot [1/d \cdot \text{comb}(x/d) \otimes g_m(x)]. \quad (1)$$

由文献[2]中的(6)式可得

$$\tilde{i}(\nu_0 + \nu_0) = \sum_n \left[\sum_m \tilde{f}_m \left(\nu_2 + \nu_0 - \frac{n}{d} \right) \frac{\tilde{g}_m \left(\frac{n}{d} \right)}{d} \right]. \quad (2)$$

若 f_m 的空间频率是有限的，而且光源狭缝足够窄，光栅频率足够大，透镜焦距足够长，那么也可以使得 x_2 面上的频谱 $\int \sigma(x_0) \tilde{i}^* \tilde{i} dx_0$ 是分离的，从而用空间滤波的方法只让其中的某一级频谱程过，也即选用合适的 $H(x_2)$ ，使得(2)式代入文献[2]中的(2)式以后成为

$$\begin{aligned}
 I_\lambda &= \int A_\lambda \sigma(x_0) dx_0 \left[\sum_m \tilde{f}_m \left(\nu_2 + \nu_0 - \frac{n}{d} \right) \frac{\tilde{g}_m \left(\frac{d}{n} \right)}{d} \right] \left[\sum_{m'} \tilde{f}_{m'}^* \left(\nu'_2 + \nu_0 - \frac{d}{n} \right) \frac{\tilde{g}_{m'}^* \left(\frac{n}{d} \right)}{d} \right] \\
 &\quad \times \exp[-j2\pi x(\nu_2 - \nu'_2)] dx_2 dx'_2 \\
 &= \int A_\lambda \sigma(x_0) dx_0 \left\{ \sum_m f_m(x) \cdot \frac{\tilde{g}_m \left(\frac{n}{d} \right)}{d} \cdot \exp \left[-j2\pi \left(\nu_0 - \frac{n}{d} \right) x \right] \right\} \\
 &\quad \times \left\{ \sum_{m'} f_{m'}(x) \cdot \frac{\tilde{g}_{m'} \left(\frac{n}{d} \right)}{d} \cdot \exp \left[j2\pi \left(\nu_0 - \frac{n}{d} \right) x \right] \right\}.
 \end{aligned}$$

由于

$$f_m \cdot f_{m'} = \begin{cases} 1 & m = m', \\ 0 & m \neq m', \end{cases}$$

上式成为

$$I_\lambda(x) = \int A_\lambda \sigma(x_0) dx_0 \cdot \sum_m f_m(x) \cdot \frac{\left| \tilde{g}_m \left(\frac{n}{d} \right) \right|^2}{d^2}. \quad (3)$$

(3)式和文献[2]中(9)式有所不同。那里表示,对均匀相位光栅来说,整个像面上的光强为 $\left| \tilde{g} \left(\frac{n}{d} \right) / d \right|^2$,这里则表示,具有光强为 $\left| \tilde{g}_m \left(\frac{h}{d} \right) / d \right|^2$ 的地方是按 f_m 分布的,而 f_m 反映的是相位 h_m 的分布。若以准单色光照明,则像面上光强的区别反映了原图片各处相位的区别。不过这时的准单色像并不代表黑白图片上的密度分布,有时密度不同的地方也可能出现相同的光强^[3]。若以白光照明,则像面上是一系列准单色像的叠加从而形成了彩色像。按照色度学原理,如用空间滤波的方法在彩色像中去掉或增加一种或数种准单色像,必然会改变彩色像的颜色。这就是空间滤波可以调色的依据。

如用(3)式来讨论光栅对任意编码片的调色作用,所计算的量仍是 $\tilde{g}^* \tilde{g}$,所以文献[2]的讨论仍然有效。

二、实 验

1. 观察单色像

在实验中,若让1级频谱全部通过,将得到一个彩色像。现在只让1级衍射谱中某种色光通过,只要像的频谱不是太宽,便可观察到一个准单色像。在2级衍射谱中观察效果更好,(用狭缝光源和狭缝状的滤波器做实验更方便)。这种做法根据如下。

第 n 级频谱的中心在 $\alpha = \frac{n}{d} \lambda f$,在这个位置放置一个空间滤波器 $H(x_2)$,

$$H(x_2) = \begin{cases} 1 & \alpha_1 < x_2 < \alpha_2, \\ 0. & \end{cases}$$

其中 $\alpha_2 = \lambda f(n/d + \Delta\nu)$, $\alpha_1 = \lambda f(n/d - \Delta\nu)$ 为 $H(x_2)$ 的上下空间限, $\Delta\nu$ 是 f_m 的最大带宽,那么滤波器通过的波长范围近似为^[4]

$$\Delta\lambda \doteq 4\Delta\nu \cdot \lambda \frac{n}{d} \quad \left(\frac{n}{d} \gg \Delta\nu \right)$$

因为人眼总是把一定波长范围的光视为一种颜色,所以只要 $\Delta\lambda$ 不是太大,那么像面上的像可视为准单色的。

2. 用空间滤波调色

所谓用空间滤波调色是指在同一衍射级或在不同衍射级中选择几种单色像进行叠加以改变像的色彩。做法是:选择几种同一级或不同级的颜色光通过滤波器成像。选择的色光的数目和颜色不同,像的颜色也就不同。利用这个方法可以使像面上的色彩大幅度地改变,可以有目的地选择色彩鲜明的红橙黄等色而滤去色彩暗淡的蓝绿等色。另外在改变色彩时可以看见各种色彩的分界线在像面上的位置发生显著的改变,从而起到某种密度分割的效果。

参 考 文 献

- [1] 周英等;《光学学报》,1989,9, No. 1(Jan), 43~49。
- [2] 彭芳麟;《光学学报》,1990,10, (待发表)。
- [3] 龚谦等,《光学学报》,1984,4, No. 8(Aug), 687~693。
- [4] 杨震寰著,母国光等译;《光学信息处理》,(南开大学出版社,1986),310~311。

How to adjust the pseudocoloring of an encoded phase-picture through the spatial filtering

PENG FANGLIN

(Department of Physics, Beijing Normal University)

(Received 17 July 1989; revised 28 November 1989)

Abstract

A new method adjusting pseudocoloring by spatial filtering is presented and its theoretical analysis is given.

Key words: white-light processing system; pseudocoloring; spatial filtering.