

# 白光光学图象处理的基础研究及其应用研究<sup>1)</sup>

方志良

(南开大学现代光学研究所)

## 一、发展概况

光学信息处理近 20 年来发展迅速,已成为现代光学的前沿。以美国的 Cutrona, Leith, Upatricks, Stroke 和 Vander Lugt, 西德的 Lohman, 法国的 Marechal 以及日本的辻内顺平等为代表,在相干光的光学信息处理方面作了相当充分的研究,作出了举世瞩目的贡献。但是,70 年代末期,人们提出了这样的问题:是否所有光学信息处理都必须而且只能在相干光处理系统中进行?相干光处理系统所固有的噪声能否消除或减小?

1980 年前后,以美国的 Leith 和 Francis T. S. Yu 为代表开始发展多色光的光学信息处理。几年来的研究表明,白光光学信息处理也能完成大多数以复振幅运算为基础的相干光的光学信息处理,同时具有噪声小、光源简单、操作简便和便于彩色图象处理的优点,白光光学信息处理成为光学信息处理这一学科领域中的新分支。自 1978 年以来,历届的光学信息处理和全息术的讨论会以及国际光学会议都对白光光学图象处理给以充分的注意。白光光学图象处理已在遥感、航测、医用诊断、档案存贮、光通讯以及计算技术等方面得到愈来愈多的应用。

南开大学母国光教授及其研究集体,先是在美国参加了最初开拓性研究工作,随后于 1981 年开始在南开大学系统地开展了白光光学图象处理的基础研究及其应用研究。经过七年的努力,通过严格的理论分析和精确的实验,克服了许多条件上的困难,使非相干光-白光源的光学图象处理在改善系统噪声的同时能实现大部分原来相干光处理的各种运算功能,为白光光学图象处理增补了新原理、新概念和新技术。这些成果处于国际先进水平,发表在国内外重

要学术刊物及学术会议上的论文有 20 余篇,受到国内外同行的好评。

## 二、主要研究成果及意义

我们在白光光学图象处理的研究工作中,取得的创造性研究成果的主要内容概括为三种新运算,五种新编码技术和四项具有重要意义的基础实验结果。

### 1. 提出了在白光光学处理系统中用色度值作黑白图象的加法和减法运算的新概念<sup>[1]</sup>

在白光图象处理系统中,利用傅里叶频谱平面的彩色滤波和在输出平面的色度测量来作图象的加法和减法。待处理的透明片的光强透过率可用原色的色度坐标来表示,两个图象的相加和相减的结果可在同一输出平面上以其相应的色度坐标值表示出来。它能在白光处理系统中(图 1)的输出平面  $P_2$  上同时显示出图象 A 减图象 B 的结果  $(A - B)$ , 图象 B 减图象 A 的结果  $(B - A)$  以及两图象相加的结果  $(A + B)$ , 由于以色度代替灰度,因而它有很高的灵敏度。根据该原理提出一种用白光假彩色图象加、减法作光谱定性分析和定量分析的技术<sup>[2]</sup>, 即将待测样品的光谱图用光栅编码,将得到的编码片置于白光图象处理系统(图 1)的输入平面  $P_1$  处,在频谱面  $P_2$  处进行彩色滤波,在输出平面上得到假彩色光谱图。它比传统光谱分析更简便,可在遥感光谱图中有较实际的应用。

### 2. 提出了用白光图象处理的假彩色作图象的微分运算的新概念<sup>[3]</sup>

这种图象微分法是利用假彩色编码,将同时得到的一张图片的离焦象和准焦象实时叠加,从而得到该图片的假彩色微分象。这对于突出图象的轮廓和细节的处理,简单易行,使用方便,并有实用价值。它的优点是,由于是用彩

1) 本文介绍的研究成果获 1987 年国家自然科学奖四等奖。

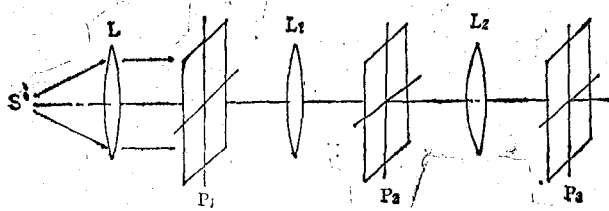


图1 白光光学处理系统

色表现微分象,效果明显,可在医学X光照片及遥感图片的轮廓增强中应用。

### 3. 提出了四种有重要应用价值的新的编码技术,在理论和实验上都进行了成功论述和验证

#### (1) 用三色光栅的彩色编码技术<sup>[4]</sup>

设计并制造了一种新的彩色编码器,即三色光栅。它是在一张透明片上由取向不同的红黑相间、绿黑相间和蓝黑相间的光栅条纹相加而成的。将它与黑白底片紧密接触,对彩色景物摄影曝光,它能同时完成对彩色景物的彩色分解和编码。用普通照相机一次曝光可将彩色图象记录在一张黑白底片上,经冲洗得到黑白编码片。该黑白编码片由不同方向的光栅条纹记录了彩色图象的不同彩色信息。将编码片置于图1所示的白光图象处理器的输入平面 $P_1$ 处,在频谱面 $P_2$ 处进行匹配彩色滤波后,输出平面 $P_3$ 处可显示原彩色景物的图象。这一编码技术的关键是设计和制造三色光栅编码器。利用该技术,我们成功地进行了用黑白底片作彩色摄影,该项技术可在档案存贮、侦察摄影中得到重要应用。

#### (2) 傅里叶频谱衍射级间干涉编码技术<sup>[5]</sup>

这种彩色编码方法是将被记录的彩色透明片和一块二维正交的黑白 Ronchi 光栅相贴着,置于图1所示的白光图象处理器的输入平面 $P_1$ 处,用准直白光照明,在频谱面 $P_2$ 处得到彩色透明片被光栅衍射的频谱。对频谱面上互相正交的两个方向的 $\pm 1$ 级谱分别作红和绿的彩色滤波,对 $45^\circ$ 方向的两个一级卷积衍射谱作蓝滤色片滤波,由于同一原色滤波的两个谱项间的干涉,在象面 $P_3$ 上形成正弦型光栅彩色条纹,并对彩色象实现了分解编码。用黑白底

片对该编码象进行一次曝光,经冲洗后得编码片。将该编码片置于白光图象处理系统中,经频谱彩色滤波,在输出平面得到彩色图象。实验是成功的。这一技术的优点在于,由于用黑白底片记录彩色图象,无彩色底片染料褪色问题,因此可作彩色图象的档案存

贮。这一技术还可消除莫尔条纹和实现倍频编码。

#### (3) 散斑编码<sup>[6]</sup>及定向散斑屏编码<sup>[7]</sup>技术

散斑编码是用不同方向的狭缝构成的光瞳函数来调制散斑作图象编码,即由激光经准直扩束后照射漫散射板,在后面置被编码物片,在成象透镜处置一狭缝,在象面处得散斑编码的象。这种方法操作简单,有足够的分辨本领,特别是在多重图象处理中,不出现莫尔条纹,采用这种方法实现了用一张底片作立体投影。该技术也可用于复数滤波图象综合和图象加减等方面。定向散斑屏编码技术的关键是先用激光器扩束后照明一块散射板,在距散射板后面某一距离处置一高分辨率感光板,曝光时让感光板沿某一方向匀速移动,就可得到定向散斑屏。用该散斑屏可作同光栅编码一样的工作。它具有分辨率高、制备容易、不需激光器和防震台的优点。人们应用它成功地进行了图象假彩色化的实验。

#### (4) 银盐干板漂白后的相位编码<sup>[8]</sup>图象假彩色新技术

从理论上我们分析了相位编码片的衍射效率和应用假彩色密度编码中所存在的问题,并作了实验论证。

我们提出并成功地实现了将两张立体透明图象编码在一张感光片上和和白光图象处理系统的傅里叶频面上采用偏振滤波来作立体投影的新方法。这种方法仅有一个投影系统,并可节省拷贝片一半。

综上所述,我们在白光光学信息处理的基础研究及其应用研究方面作出了卓有成效的工作,创造性地提出了一系列新的理论、观点、方

(下转第120页)