

采用正交参考光束的全光学联想存储器*

战元龄 路明哲 刘卫民 母国光

(南开大学现代光学研究所, 天津 300071)

提要 本文采用 LiNbO_3 晶体作为动态全息存储元件和相位共轭反射镜, 实现了全光学联想存储器。提出了正交参考光束法存储图像, 用于以上结构时, 可使联想存储器的存储容量提高一倍。

关键词 正交参考光束, 全光学联想存储器

All optical associative memory adopting orthogonal reference lights

ZHAN Yuanling, LU Mingzhe, LIU Weimin, MU Guoguang

(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract An all optical associative memory is presented in which the dynamic holographic storage element and phase conjugation mirror are made up with LiNbO_3 . A new method of storing image is proposed which can double the storage capacity of the all optical associative memory.

Key words orthogonal reference light, all-optic associative memory

1 引言

由于计算机的工作方式与人脑的工作方式有本质的区别^[1], 计算机在处理模式识别等方面的问题时遇到很多困难。这些模糊问题的解决有赖于神经网络的使用。在神经网络中, 每个神经元通过突触和周围的神经元作用, 具有很强的容错能力和联想功能, 以及自组织能力和自适应性。

光学方法具有运算速度快、并行处理以及在信息存储上的大容量等特点, 光学信息处理在模式识别中的应用一直倍受重视。光学方法是实现人工神经网络的重要途径之一。

本文对掺杂 LiNbO_3 晶体的光折变性质进行了研究, 并用此晶体实现了对图像的动态存储及相位共轭反射镜。在此基础上实现了具有实时性质的全光学联想存储器。提出了正交参考光束法存储图像。用于以上结构时, 可使联想存储器的存储容量提高一倍。

收稿日期: 1992年5月12日; 收到修改稿日期: 1992年10月9日。

* 本工作由国家自然科学基金资助。

2 具有实时性质的自适应光学神经网络系统

利用非线性光学晶体的光折变性质,可以对图像进行实时存储;利用光折变晶体实现的位相共轭镜可以完成神经网络中的取阈和反馈,并使系统有增益。本文采用光折变晶体作为存储器件和反馈器件,组成了一个具有实时性质的自适应全光学关联存储器,实现了对畸变输入的内容寻址。通过对参考光束的正交化处理,提高了存储器的存储容量。

自适应光学神经网络如图 1 所示,全息片作为存储元件,共轭反射镜的非线性性质可以对关联输出进行取阈,共轭波的时间反演性质使系统具有自适应性。如果在系统中使用两个位相共轭镜,利用四波混频对光的放大,可以使光束在两个共轭反射镜之间形成振荡,实现神经网络的迭代过程。

设系统存储 M 个模式。制备全息片时,分别将要记录的图像输入,经透镜和相应的参考光束干涉,形成干涉全息图。全息干板记录干涉条纹后,其透过率正比于

$$\sum_m (|A_m|^2 + |B_m|^2 + A_m^* B_m + A_m B_m^*) \quad (1)$$

其中 A_m 为第 m 个存储模式, B_m 为第 m 个存储模式的参考光束。

当用某一个存储模式 A_{m_0} 的畸变或部分图像 A'_{m_0} 进行内容寻址时,经过全息图的光场为

$$\sum_m (A_m^* B_m + A_m B_m^*) A'_{m_0} \quad (2)$$

沿参考光方向传播的光场为

$$A'_{m_0} A_{m_0}^* B_{m_0} + \sum_m A'_{m_0} A_m^* B_m \quad (3)$$

各模式关联结果的大小以输入模式和各存储模式的内积为权重。经位相共轭镜对寻址结果的取阈、放大和反馈,和输入模式最接近的存储模式被联想再现,而其它模式则被抑制。

我们选用掺杂 LiNbO_3 作为实时存储器件和位相共轭反射镜,采用四波混频方法实现位相共轭镜。在实验中,光源为氦氖激光器,输出波长为 632.8 nm ,输出功率为 20 mW ,激光束的偏振方向与晶体的 c 轴在同一个平面内,构成非常光入射。前向泵浦光与信号光的夹角约为 30° ,两束光光强之比约为 $10:1$,后向泵浦光与前向泵浦光光强之比为 $3:1$ 。这样构成的相位共轭镜的反射率为 1600% ,存储时间为 3 min 左右。我们选用分辨率板作为存储图像,当以畸变图像进行寻址时,网络可以对畸变图像较好地恢复。图 2 给出了内容寻址结果。

通常用光折变晶体作为反馈元件的全光学神经网络,为了对多个存储模式进行区别,在记录存储模式时,每个存储模式的参考光束的入射角度不同。在用光折变晶体作为存储元件的实时系统中,以四波混频方式实现的位相共轭镜对反馈光束有增益,但此时光折变晶体的存储区域和反馈区域都较小,对参考光束的偏转角度有极大的限制,从而影响了系统可存储的模式数目。

网络的寻址过程由(3)式描述。经过输入模式内容寻址结果经 PCM 取阈、放大后,反馈到全息图上对存储模式读出,读出结果可表示为

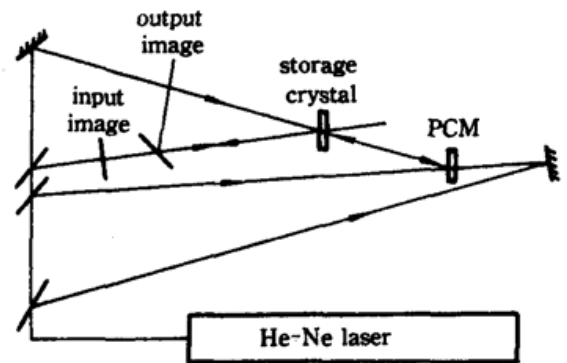


Fig. 1 All optical associative memory

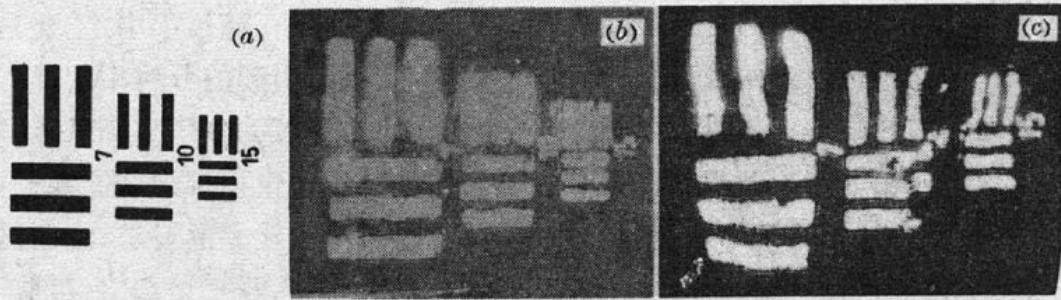


Fig. 2 Association for a distorted object

(a) storing image; (b) output image; (c) addressing image

$$\sum_m (A'_{mo} A_{mo}^*) B_{mo} B_m^* A_m \tag{4}$$

可以看出,关联过程中共有两次内容寻址:第一次是以输入模式与存储模式的内积进行寻址,第二次是以参考光束之间的内积进行寻址。如果选用正交化的参考光束,使参考光束之间的内积为零,即

$$B_m B_{m'}^* = \delta_{mm'} \tag{5}$$

则系统可以达到良好的寻址效果。

我们选用二元网络调制参考光束,网络如图 3 所示。在图 1 所示的光学关联存储器中,以相同的入射参考光方向存储了两幅图像。在存储第一幅图像时在系统中加入网络;在存储第二幅图像时,将二元网络透明与不透明状态进行反转,参考光束满足

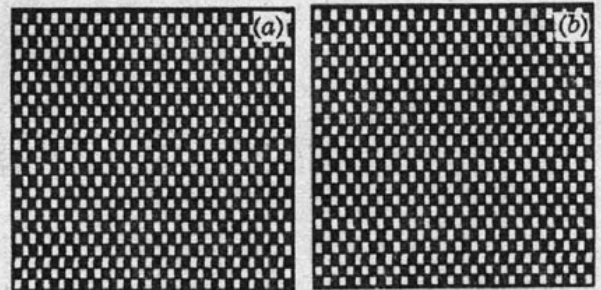


Fig. 3 Orthogonal modulating masks of reference light

$$B_m B_{m'}^* = \delta_{mm'} \tag{6}$$

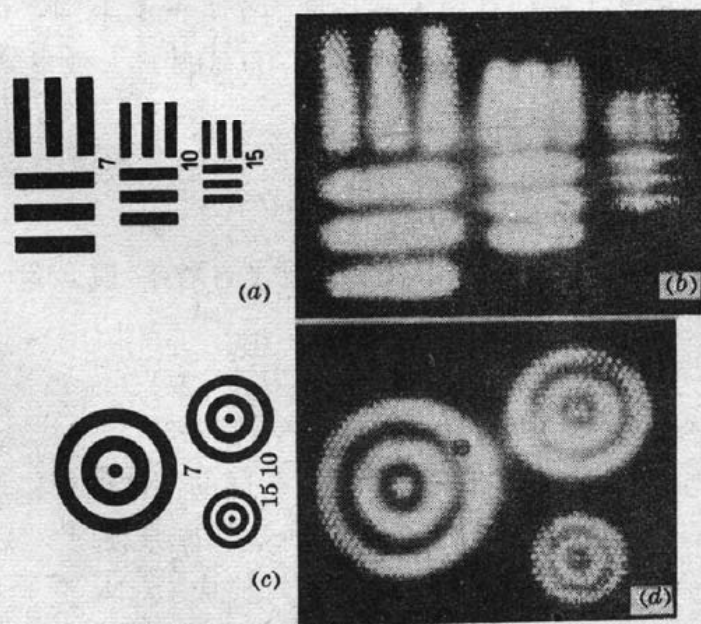


Fig. 4 Associative results by using orthogonal reference light

实验中使用的 PCM 反射率仍为 1600%, 关联结果如图 4 所示。采用这样的正交方法,内容寻址得到的输出图像分辨率有所下降,在这里应该强调的是神经网络系统并不象图像存储

系统那样对恢复图像的质量有很高的要求。在神经网络的关联存储过程中,主要是对输入图像进行内容寻址,一般所存模式的差别较大,因正交参考光束而引起的分辨率的降低对于特定模式的识别,并无太大的影响。换句话说,当正交参考光束所导致的分辨率降低能够使两存储模式不能区分时,这样相近的存储模式在其它的神经网络系统中也很难识别。我们可以认为,能够把存储模式之间的差别有效地表现出来,就是对神经网络分辨率的要求。使用网络调制参考光存储多个图像时,可将网络通光与不通光面积之比设成 $1:(N-1)$, N 为存储图像的数目,每存储一个图像时,使网格相应一个单位面积通光。

实验中所用晶体由南开大学物理系吴仲康教授提供,作者在此表示谢意。

参 考 文 献

- 1 焦李成,神经网络系统理论,西安电子科技大学出版社,1990,2

可见多谱线氦氖激光器

氖的 $3S_2 - 2P_i (i = 1 \sim 10)$ 十个能级之间,除 $3S_2 - 2P_9$ 为禁戒跃迁外,其余九个能级间跃迁对应的九条可见谱线,都实现了激光振荡。本文报道能同时共轴输出橙(612 nm)、橙黄(605 nm)、黄(594 nm)、及绿(543 nm)四条可见谱线的氦氖激光器。

激光器由两端为布儒斯特窗口的放电管及高 Q 值谐振腔构成。激光腔内不加其它选择波长的色散元件,不同波长的激光辐射同时共轴振荡。用衍射光栅(每毫米 1200 条)使输出光束空间分开,经比较确认为上述四条激光谱线。

精制的放电管内径为 2.1 mm,放电增益长度为 715 mm,毛细管全长有五个校直点,其直线性用透过毛细管的 633 nm 光束检查,可见完整的同心圆环。放电管内充 170 Pa He^3 和 Ne^{22} 混合气,分压比为 $P_{\text{He}^3} : P_{\text{Ne}^{22}} = 9 : 1$ 。

激光共振腔由曲率半径为 1 m 和 3 m 的反射镜构成,其镀层为宽带高反射膜系。腔长为 920 mm,由四根铟钢棒组成。

放电管外侧加不均匀磁场,以降低 3.39 μm 谱线的增益,使 543 nm 激光谱线的输出功率明显增加。放电管采用铝质冷阴极和直流放电。

放电电流为 7 mA 时,四条谱线的总输出功率为 1.4 mW(探测器未进行色散修正)。放电电流升高时,543 nm 谱线输出功率下降,至 7.5 mA 时,543 nm 谱线消失。

共轴输出谱线的光束截面可为 TEM_{00} ,也可有不同的高阶横模。用扫描标准具,分别测量了它们的纵模数,612 nm 和 594 nm 谱线可达六个纵模,其余为两个纵模。

上述结果,对深入了各谱线的增益及其竞争对形成 He-Ne 激光振荡的影响是很有意义的。此外其谱线间的波长差达 69 nm,在实现单模稳频后,对实现干涉测量中的精确小数符合法是很合用的标准光源。