

用相干光学反馈技术消除放大的干扰

1 概 述

相关光学处理器的缺点之一是在做滤波运算时没有灵活性,在大多数情况下,这样的处理器能完成像固定滤波这样的特殊任务。例如,数字计算机能以最大灵活性处理信息,这使它在大多数应用中具有很多优点。克服这样障碍的途径是利用可逆的记录介质,但是,这设备的存贮材料标准很高。本文将介绍在一定限度内灵活地完成滤光运算的另一种原理。利用变化回路长度简单地改变相关光学反馈系统的传递函数的可能性可进行滤光运算,这运算在光学处理器中,一般应要求不同的滤波透明片。这里我们介绍一个例子,在反馈处理器中,仅用一个固定的滤波片在画面信息中消除不同对比度的放大的干扰。

2 原 理

相干光学反馈系统的传递函数由其他参考资料介绍。

$$T = r \frac{G}{1 - \alpha G H e^{i\phi}} \quad (1)$$

G 为正方向的传递函数, H 是反馈传递函数, α 是衰减参数, ϕ 是可调的相位, r 是常数因子。

光学反馈系统的作用是用来作为对比度控制设备。如果把一个透明片放进反馈回路中,改变等式(1)中的传递函数的位相 ϕ 就可以改变输出端的对比,利用这个性质来减少或消除目标透明片的放大干扰:输入是放大方式的噪音分布复盖着的目标。其目的是

恢复目标的本来面貌,条件是已知噪音的空间分布与对比度无关。光学反馈处理器包含有滤波透明片它是噪音分布的负片。在确定的范围内改变反馈系统的相位就改变输出的对比度。反馈系统的输出给出输入片与滤波片的乘积。用调整相位的办法,能把滤波片的对比度与输入噪音的对比度对于同一值但符号相反进行匹配,得到的结果是正比于目标信息的输出光分布。

另一个人射透明片,它与噪音所复盖的目标有相同形状但不同对比度,仅调节相位就使干扰消失。

3 理论推导

我们讨论一个干扰的特殊例子,只具有两个透过率值 $[a_1, a_2]$,但具有任意空间形状。它的对比度由下式决定,

$$K_N = (a_1^2 - a_2^2) / (a_1^2 + a_2^2) \quad (2)$$

在反馈路中的滤波片 H 是输入干扰的负片,但它具有任意的对比度

$$K_F = (a_3^2 - a_4^2) / (a_3^2 + a_4^2) \quad (3)$$

在正方向的光路中没有滤波片 ($G = 1$),处理器的整个函数是

$$T = r \frac{1}{1 - \alpha \left\{ \begin{matrix} a_3 \\ a_4 \end{matrix} \right\} e^{i\phi}} \quad (4)$$

一般 a_3 和 a_4 是复数量。为了计算上简便而在结果上又没有本质差别,我们假设 a_3 和 a_4 是实数值。

光学处理器必须设计成其输出是传递函数 T 与干扰输入的乘积。

$$I_{\text{输出}} = |O \cdot n \cdot T|^2 \quad (5)$$

O 是目标信息, $n = \{a_1 a_2\}$ 是噪音。把(4)代入(5)得

$$I_{\text{输出}} \sim |O|^2 \cdot \left\{ \begin{aligned} & a_1^2 (1 - 2\alpha a_4 \cos\phi + \alpha^2 a_1^2)^{-1} \\ & a_2^2 (1 - 2\alpha a_3 \cos\phi + \alpha^2 a_3^2)^{-1} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

如果(6)式右边的上行和下行相等, 输出的噪音被消除。这条件也可以解出仅用调节系统相位的方法, 在回路中用同样滤波片就能补偿可变对比度的极限输入噪音。将(2)和(3)代入(6)得出补偿条件

$$\alpha a_3 = 0.8 \quad (7)$$

$$K_N = \frac{\alpha a_3 [\cos\phi \cdot (1 + K_F - \sqrt{1 - K_F^2}) - K_F \alpha a_3]}{1 + K_F - \alpha a_3 [\cos\phi \cdot (1 + K_F - \sqrt{1 - K_F^2}) - \alpha a_3]} \quad (7)$$

根据(7)式和以滤波片对比度为参数, 图1表示使噪音消除 K_N 和 ϕ 之间的关系。系统能处理的输入对比度的范围是在 K_N ($\phi = 0$) 和 K_N ($\phi = \pi$) 之间。输入对比度跨度范围为负值使在确定输入对比度范围内利用噪音本身的正片作为滤波函数成为可能

全部计算可以推广到连续灰色调的目标。其结果是使限制灰度级范围有补偿的解决办法。

4 实 验

实验装置是用类似于较早实验用的可结合的存贮器模型, 图2所示。系统的内部是一个弯曲的 $4F$ 排列。在 $4F$ 回路的透镜2的前焦面产生目标透过的傅立叶变换, 在输出面上产生(5)式的变换性质。在回路中焦面前的棱镜把回路里面的光束分成两部分, 在分束器上反射后两个分离光线互相变换。一部分表示前路(打点的部分), 用传递函数 G 表示, 另一部分是反馈路(画长线部分)。传递函数(4)的相位可用一个压电驱动反射镜来控制。

反射镜和透镜具有很高的光学性能 ($\lambda/10$)。透镜是镀双层抗反射膜的夫朗合费消色差透镜。光束分束器有97%反射和3%透射。经过一次正方向和反馈后振幅衰减约

的对比度值 K_N

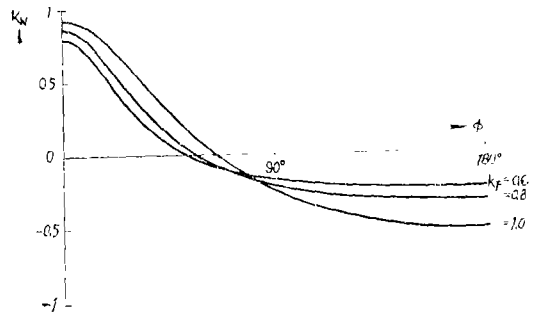


图1 根据有实验验证的衰减因子 $\alpha a_3 = 0.8$ 。(7)式得到输入干扰的可能的对比变值 K_N

15%~20% ($\alpha = 0.8$)。用的所有滤波片是在抗反射镀膜的光学平面上用蒸发技术制造。

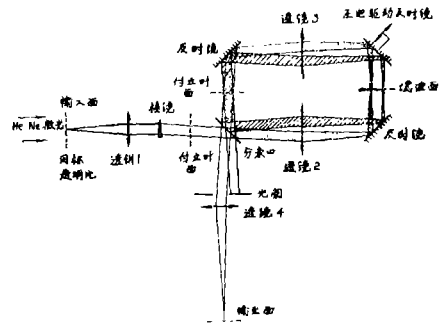


图2 相关光学反馈处理器(打点面: 正方向光路; 划长线面: 反馈光路)

回路光学设备引入的相位误差限制反馈系统处理的目标尺寸, 由于有一个直径为25mm入射孔径范围内在均匀照明恒位相区域的情况下, 在输出面中适当调节测量相位偏差小于 $\lambda/20$, 系统的分辨极限至少是20条线/mm。

在每个完整的周期后, 分束器后面的光线振幅就叠加, 在我们的系统中, 回路的光程与光源的相关函数的周期是相匹配的, 光源是几个轴向振荡模的氩氦激光器。

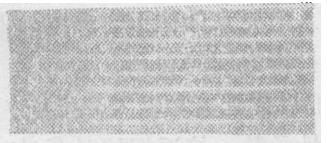
这种激光器与有几米相关长度的单频率工作激光光源的反馈系统相比较有较高的激光输出功率。虽然只有约20cm的相关长度。由于光程差是激光器谐振器长度的二倍, 干

涉输出光束振幅叠加。

5 结 果

图 3 是反馈系统不同相位调整情况下干扰补偿的一个例子。图 3(a) 表示输入透明片，从左到右有四个不同对比度的光栅，最后一个(第五个)对比度为零。在正方向的光路里没有滤波片，在反馈光路中一个光栅的负片放在滤波面上。仅改变压电反射镜变换器上的电压，光栅对比度发生变化并在一定的电压下一个一个的消失。图 3(b) 表示第三个光栅的消除。图 3(c) 表示当调节滤波片对比度为零时的输出。

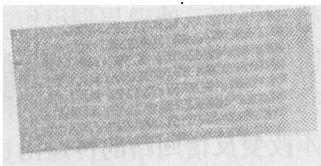
根据图 1 在确定对比度的范围内，用滤波片的正片消除干扰也是可能的。输入片和滤波片是两个仅对比度不同的正光栅，由图 4 表示，图 4(a) 表示输入片是由两个不同对比度的光栅和零对比度的光栅组成的(与图 3(a) 相比较对比度相反)。滤波片与上面用的相同。图 4(b) 表示当第二光栅被补偿时输出面上的情况。



(a)

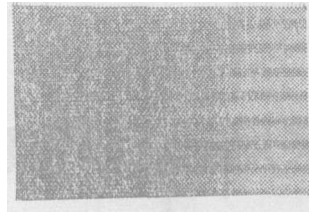


(b)

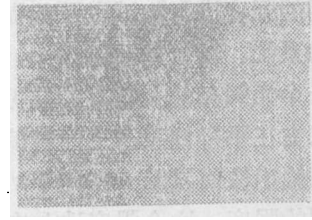


(c)

图 3 输入和滤波片是互为负片。(a) 输入透明片，(b) 被补偿的第三个光栅的输入，(c) 光栅对比度调整到 0 时的输出。



(a)



(b)

图 4 图 3 与图 4 有相同的滤波片，但是输入和滤波片是互为正片。(a) 输入透明片，(b) 第二光栅被补偿后的输出

图 5 是目标被噪音所复盖情况下，信息被恢复的一个例子。其输入是两个紧密地连着的像片，一个带有目标，另一个在目标上有干扰。用这种方法确保两个振幅透射以放

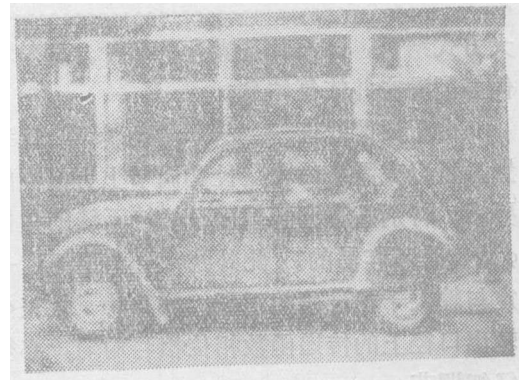
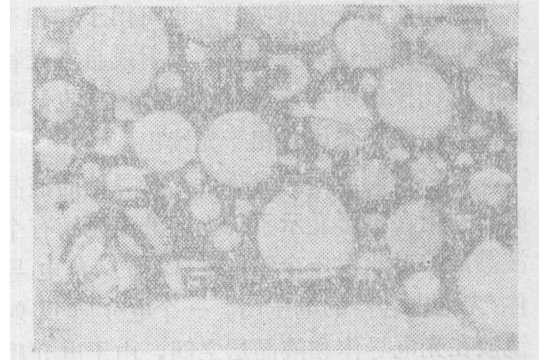


图 5 放大干扰的消除(a) 干扰目标(b) 处理后的目标

采用非相干照明方法进行实时图像相减

本文描述一个新的能够实时地对二个非相干照明的强度进行相减以及能提供相减信息符号的系统。场景是通过二个液晶光阀读出的。一个光阀在两个垂直的偏振器之间解偏，第二支在平行偏振器之间解偏。两个光阀的共同输出像面显示一正比于两个输入场景之差别的强度；这个强度迭加在一个恒定的背景强度上，于是就能给出差别信号的极性。

过去所描述的进行光学信息相减的大部份系统都要求作几个连续的操作；并且常常要记录中间结果。

下面介绍的是，利用一个包含有两个液晶光阀的光路来实时地进行图像相减。这个光路可用于相干光照明目标也可用于非相干光照明的目标（真实物体，反射或自发光物体，或图像透明片）；虽然相干光读出也是可行的，但最好采用非相干光读出。

已经研制出来的双折射，光寻址的液晶光阀最初用在投影显示系统上。液晶光阀有个液晶层，对此用一个硫化镉(CdS)光电导体/光电电容器的电压门。一个电介质反射镜放在光电导体和液晶层之间，由于电介质

大方式结合，滤波片是噪音的负片。调整相位抑制噪音并恢复信息。

由于反馈处理器是一个多光束干涉装置，所以在系统的稳定性和调节上有很高的要求。特别是在记录输出时保持系统的相位 ϕ 稳定是不容易的。此外滤片的图象标度一定与输入干扰准确的匹配。同时为了使整个输出口径上的传递函数相位相当均匀，必须仔细调节。

为了消除系统中的相关噪音，在全部实验中插入一个随意转动的毛玻璃，这是可能

反射镜的反射，读出光两次通过液晶。要是液晶接着它的轴向排列，其轴几乎垂直于电极，就没有电压出现，也不会发生像位延迟；所以，如果读出光在两个垂直偏振器之间解偏，就没有光通过。但是如果成像光投射在光电导体上，一个高于效应阈值的电压就加到了液晶层上，液晶分子就趋向于在垂直场方向上进行排列；这样就在寻常的和非寻常的光束之间引入了像位延迟。液晶光阀是在多层结构两端加上了交流电压的情况下工作的。

位于垂直偏振器之间的光阀所透射的光可由下式给出，

$$T_c = \sin^2 2\phi \sin^2 [F(I)] \quad (1)$$

如果光阀放在平行偏振器之间（互补方式）透射光可由下式给出，

$$T_p = \sin^2 2\phi \cos^2 [F(I)] \quad (2)$$

式中 ϕ 是入射光束的偏振方向和液晶光轴在入瞳面上投影之间的夹角。

$F(I)$ 是把相位延迟和输入光强度 I 联系起来的非线性函数，接近阈值时 $F(I) \rightarrow 0$ 。

尽管输出强度方程和对输入强度的依赖关系是一个高的非线性函数，但是注意到这

的，因为在我们的实验中，输入片直接成像在回路的滤波上。因此在空间相关方面没有严格的限制。重要的只是毛玻璃的运动不能消除反馈相干振幅。处理周期很短（一个完整的过程需要24毫微秒，13个过程最后的强度是90%）。毛玻璃的缓慢机械运动消除相关的噪音而不改变反馈回路的传递函数。

译自“Optics Communication”

1977 Vol.23 No 3

P352.

〔吴桂英 译 董玉芝 校〕