

多器件级联的声光信息处理器

蒲雪松,朱吉,刘彪,杨涛,周丹

(中国电子科技集团公司第26研究所,重庆400060)

摘要:声光信息处理器具有检测灵敏度高、处理增益大,能在复杂的电磁环境下实时处理大带宽信号和检测分析这些复杂信号,在电子监视测量(ESM)接收机方面国外已有实际应用。随着战争形式的变化,雷达组网势在必行,采用多器件级联的声光信息处理器能够处理多路同时到达的信号。该文提出了一种多器件级联的声光信息处理器,并从理论上证明采用这种结构能提高处理器增益。

关键词:信息处理器;声光器件;级联

中图分类号:TN97 **文献标识码:**A

Acousto-optic Information Processor with Multiple Modules Cascaded

PU Xuesong, ZHU Ji, LIU Biao, YANG Tao, ZHOU Dan

(26th Institute of China Electronic Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China)

Abstract: The acousto-optic information processor has the features of high detection sensitivity, great processing gain, and the abilities of real-time processing broadband signals and complex signal detection and analysis at the complex electromagnetic environment. It has been applied to the electronic stakeout meterage(ESM) receiver by other countries. With the change of the warfare form, the radar networking is needed, while the use of multiple devices cascaded acousto-optic information processor can process the simultaneously arriving signals. An acousto-optic information processor with multiple devices cascading is presented in this paper. The improvement of the processor gain by using the presented structure has been verified theoretically.

Key words: information processor; acousto-optic device; series connection

0 引言

声光信息处理技术作为现代电子战的关键技术之一^[1],具有瞬时带宽大,检测灵敏度高,处理增益大,能并行处理多路同时到达信号等优点,国外投入大量的人力、物力、财力,开发了多种声光信息处理器产品,部分产品已用于军事装备,如美国的ALR-74警戒雷达接收机,俄罗斯的“铠甲”系统。而随着电子技术及隐身技术的发展,现在战争形式已从平台中心战向网络中心战过渡,单部雷达已不能满足雷达四抗的要求,雷达组网已成为世界各国雷达发展的一大趋势^[2]。在雷达网中,接收机数量多,接收信号的信息量大,用数字技术和传统声光信息处理技术其代价将成倍增加,因此,我们提出了采用多器件级联的声光信息处理器。

1 声光信息处理器原理及分析

声光信息处理器的基本结构如图1所示。2个信号 $f(t)$ 、 $s(t)$ 分别加到声光器件AOM1和AOM2中,激光器以一定角度入射AOM1和AOM2就会发生衍射,通过傅里叶透镜把一级衍射光聚焦到探测器1处进行检测。

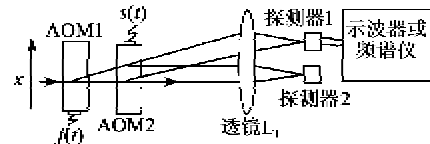


图1 声光信息处理器的基本结构框图
从AOM1出射的一级衍射光为

$$f(t, x) = C_1 f(t - x/v) \cos[\omega_0 t + \omega_c(t - x/v)] \quad (1)$$

收稿日期:2014-05-18

作者简介:蒲雪松(1980-),男,四川遂宁人,工程师,主要从事声光技术的研究工作。

从 AOM2 出射的一级衍射光为

$$s(t, x) = C_2 s(t - x/v) \cos[\omega_0 t - \omega_c(t + x/v)] \quad (2)$$

检测器检测信号为

$$T_1 = C \int |f(t, x) + s(t, x)|^2 dx = I_1 + I_2 + I_3 \quad (3)$$

式中: I_1, I_2 均为直流项; I_3 为交流信号项。

$$I_3 = 2C \int |f(t, x)s(t, x)| dx = 2C \int |f(t - x/v)s(t + x/v) \cos(2\omega_0 t - 2\omega_c x/v)| dx + 2C \int |f(t - x/v)s(t + x/v) \cos(2\omega_c t)| dx \quad (4)$$

因式(4)中前一项为一高频项(2倍光频),光电二极管可自动滤去,后一项是一个带宽受限的中心频率为 $2\omega_c$ 的带通信号,则输出为

$$D_1 = 2C \cos(2\omega_c t) \int |f(t - x/v)s(t + x/v)| dx \quad (5)$$

令 $t - x/v = \tau$, 则 $t + x/v = 2t - \tau$, 有

$$D_1 = 2C \cos(2\omega_c t) \int |f(\tau)s(2t - \tau)| dx \quad (6)$$

2 测试结果

对图 1 理论分析后,结合实际器件和设备仪器进行原理性实验验证,实验用的激光器是波长较短、相干性较好的 532 nm 绿光激光器。声光器件选用 2 只中心频率为 100 MHz,带宽约为 10 MHz 的器件,安装好光路后,调整器件,确保各器件衍射光通过傅里叶透镜聚焦到探测器中。其输入条件为各器件频率 100 MHz、射频功率 10 dBm、脉冲周期 20 μ s、脉宽 1 μ s,测试结果如图 2、3 所示。

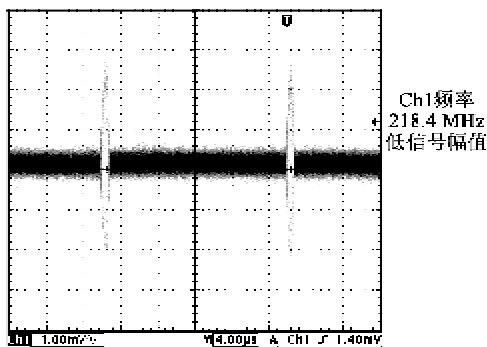


图 2 相关信号

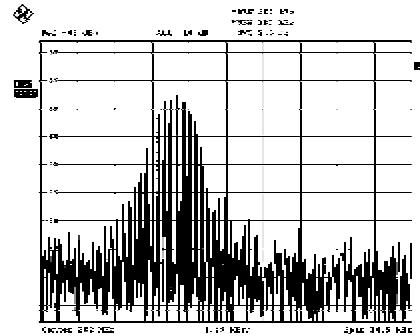


图 3 频谱

通过对声光信息处理器的理论及测试结果进行分析可得以下结论:

- 1) 当输入为 $f(t)$ 和 $s(t)$ 时,此时系统为 $f(t)$ 和 $s(t)$ 的卷积;当其中一个为实偶函数时,系统为 $f(t)$ 和 $s(t)$ 的相关。
- 2) 峰内载波信号的频率为输入载波信号的 2 倍。
- 3) 因该结果调制在频率为 $2\omega_c$ 上,所以需对探测器输出作低通滤波解调。

3 多器件级联的声光信息处理器的原理及分析

在实际工作中,接收机系统的信息处理框图如图 4 所示。

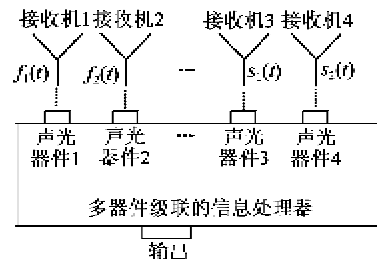


图 4 接收机系统信息处理框图

我们据此提出了多器件级联的声光信息处理器,其工作原理是将各接收机接收信号输入到相应的声光器件中,用傅里叶透镜将各器件的一级衍射光聚到探测器上进行检测。

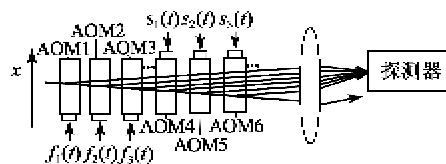


图 5 多器件级联的声光信息处理器

从 AOM1 出射的一级衍射光为

$$f_1(t, x) = C_1 f_1(t - x/v) \cos[\omega_0 t + \omega_c(t - x/v)] \quad (7)$$

从 AOM2 出射的一级衍射光为

$$f_2(t, x) = C_2 f_2(t - x/v) \cos[\omega_0 t + \omega_c(t - x/v)] \quad (8)$$

从 AOM3 出射的一级衍射光为

$$f_3(t, x) = C_3 f_3(t - x/v) \cos[\omega_0 t + \omega_c(t - x/v)] \quad (9)$$

从 AOM4 出射的一级衍射光为

$$s_1(t, x) = A_1 s_1(t + x/v) \cos[\omega_0 t - \omega_c(t + x/v)] \quad (10)$$

从 AOM5 出射的一级衍射光为

$$s_2(t, x) = A_2 s_2(t + x/v) \cos[\omega_0 t - \omega_c(t + x/v)] \quad (11)$$

从 AOM6 出射的一级衍射光为

$$s_3(t, x) = A_3 s_3(t + x/v) \cos[\omega_0 t - \omega_c(t + x/v)] \quad (12)$$

则检测器检测结果为

$$D = A \int_D | f_1(t, x) + f_2(t, x) + f_3(t, x) + s_1(t, x) + s_2(t, x) + s_3(t, x) |^2 dx \quad (13)$$

提取有用交流信号项为

$$D = 2A \int_D | f_1(t, x) s_1(t, x) + f_1(t, x) s_2(t, x) + f_1(t, x) s_3(t, x) + f_2(t, x) s_1(t, x) + f_2(t, x) s_2(t, x) + f_2(t, x) s_3(t, x) + f_3(t, x) s_1(t, x) + f_3(t, x) s_2(t, x) + f_3(t, x) s_3(t, x) | dx \quad (14)$$

当信号 $f_1(t, x) = f_2(t, x) = f_3(t, x) = f(t, x)$, $s_1(t, x) = s_2(t, x) = s_3(t, x) = s(t, x)$ 时, 则有

$$D = 18A \cos(2\omega_c t) \int | f(t - x/v) s(t + x/v) | dx \quad (15)$$

令 $t - x/v = \tau$, 则 $t + x/v = 2t - \tau$ 时有

$$D = 18A \cos(2\omega_c t) \int | f(\tau) s(2t - \tau) | dx \quad (16)$$

理论上当 6 只器件性能完全一致时, 可得 $D \approx 9D_1$, 可提高 $10 \lg 9 = 9.5$ dB 的增益。当用 8 只器件时, 可得 $D \approx 16D_1$, 可提高 $10 \lg 16 = 12$ dB 的增益, 以此类推, 这就大大提高了接收机系统的增益。

4 结束语

本文通过对声光信息处理器的分析, 提出采用多器件级联的方式来处理多个接收机接收的同时到达信号, 并且从理论上推导证明了能够提高处理增益, 由于声光信息处理器处理信号具有实时性, 因此并不会影响处理速度, 不会增加处理时间。采用该系统的雷达可减小雷达发射功率, 提高雷达作用距离, 从而提高雷达四抗的能力。

参考文献:

- [1] 程乃平, 江修富, 邵定蓉. 声光信号处理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [2] 张昆辉, 承德保, 沈继善, 等. 雷达系统[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [3] 蒲雪松, 王立, 王立, 等. 一种基于 ARM-Linux 的分布式管道泄漏监测系统[J]. 电子技术应用, 2011, 37(10): 73-76.
- [4] FLETCHER R. Smartball-a new approach in pipeline leak detection, proceedings of the international pipeline conference(IPC2008-64065)[C]//USA: American Society of Mechanical Engineers, 2008: 1-17.
- [5] 杨理践, 张禄, 高松巍. 供水管道泄漏声信号特性[J]. 沈阳工业大学学报, 2011, 33(2): 183-187.
YANG Lijian, ZHANG Lu, GAO Songwei. Acoustic signal characteristic for water supply pipeline leakage [J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2009, 31(6): 671-675.
- [6] 陈世利, 谭皓予, 李健, 等. 一种基于 ARM-Linux 的分布式管道泄漏监测系统[J]. 电子技术应用, 2011, 37(10): 73-76.
CHEN Shili, TAN Haoyu, LI Jian, et al. A distributed pipeline leakage detection system based on ARM-Linux [J]. Application of Electronic Technique, 2011, 37(10): 73-76.
- [7] 何永琪, 杨红涛, 焦悦光, 等. 嵌入式 Linux 系统实用开发[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 368-371.

(上接第 568 页)