

·光电系统·

## CCD同步协同技术在同步移相干涉术中的应用

徐萌萌, 左芬

(淮阴师范学院物理与电子电气工程学院, 江苏 淮安 223001)

**摘要:**在同步移相干涉测量系统中,利用三部性能参数一致的CCD同步协同分别提取空间移相产生的干涉图,来提高干涉图的空间分辨率。选择多CCD系统中的一个CCD作为主机,产生同步信号来控制所有CCD同时工作,设计了以视频同步信号发生器CXD1217Q为核心的同步信号发生和外协同电路,提出了一种基于OPA692视频放大器的同步信号驱动和分发电路。

**关键词:**干涉测量;同步移相;抗振;多CCD同步协同

中图分类号: TN709

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-04-0018-03

## Application of Multi-CCD-synergy Technology in Simultaneous Phase-shifting Interferometry

XU Meng-meng, ZUO Fen

(School of Physics and Electronic Electrical Engineering, Huaiyin Normal University, Huai'an 223001, China)

**Abstract:** In simultaneous phase-shifting interferometry system based on three-bucket algorithm, three CCD cameras of the same characteristics are utilized to pick up the three space interferograms synchronously, so that the space resolution of the interferogram can be improved effectively. One of the multi-CCD-synergy system is selected as the master to associate the sync-signals with the others. A central circuit of sync-signals generation and signal-cooperation is designed by the video sync-signal generator CXD1217Q as the main IC. Meanwhile, a circuit of the drive and distribution of sync-signals is presented by using the video operation amplifier OPA692.

**Key words:** interferometry; simultaneous-phase-shifting; anti-vibration; multi-CCD-synergy

近年来,光学干涉测量技术以其高精度、高可靠性,在计量、工业产品质量测控等精密测量领域发挥了广泛而不可替代的作用。移相干涉采用数字波面相位检测技术,对波面的分析精度可高达1%的波长<sup>[1-2]</sup>。但是在实际的工程应用中,环境的扰动尤其是振动对干涉测量的精度造成了较为显著的影响<sup>[1,3,4,5]</sup>,这限制了干涉测量技术在大口径光学元件的在线监测中的推广应用。因此,有关振动对干涉测量的影响以及干涉测量的抗振技术的研究越来越重要,主要表现为测量的算法研究和干涉测量的系统研究两个方向。比较典型

的有:基于高速采集的单幅干涉图法、共光路式的干涉仪、随机移相干涉术、自适应抗振干涉术、同步移相干涉术等。其中,同步移相干涉术利用光学元件对参考光和测试光产生的干涉光束进行分光、移相,并对多幅移相干涉图进行同时采集,这既保证了移相干涉测量的精度,同时由于干涉图是一次采集,通过设置CCD的电子快门时间,可以在各种不同的振动环境中得到对比度良好的移相干涉图,从而可以进一步运用移相算法恢复被测波面。在目前现有的同步移相干涉测量系统中,多采用一个CCD经过分区来同时采集3~4幅移相

收稿日期: 2013-05-04

基金项目: 2012年度第二批国家级大学生创新创业训练计划项目(201210323001); 2012年江苏省高等学校大学生实践创新训练计划重点项目(2012JSSPITP2480); 淮安市科技支撑计划项目(HA2010002)

作者简介: 徐萌萌(1990-),男,江苏淮安人。学士,主要研究方向为光学测试技术;左芬(1974-),女,江苏淮安人,博士,副教授,主要研究方向为光学测试技术。

干涉图,这种方法尽可能地保证了数据采集的同步性,但是也造成了干涉图的空间分辨率成倍地降低。

针对这一不足,文中研究一种利用三部性能参数一致的CCD相机同时对由空间三部同步移相干涉产生的干涉图进行提取,研究了多CCD的干涉图的同步采集原理和控制电路。在保证测量精度的前提下,提高了干涉图的空间分辨率,为对干涉图进一步高质量的数值分析提供了可能。

## 1 系统原理

在系统中,利用通用的偏振激光干涉仪产生偏振方向相互正交的参考光和测试光,经由分光移相器后在空间不同位置形成依次移相 $90^\circ$ 的三幅移相干涉图,并最终由三部同步协同工作的CCD分别进行实时获取,系统整体原理如图1所示。

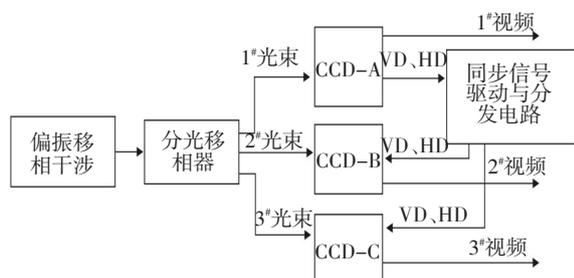


图1 系统整体原理图

研究表明,环境振动的能量主要集中在100 Hz以下的频谱成分中,峰值在30 Hz左右的振动<sup>[6]</sup>。无论是干涉测量系统中固有的系统误差,还是电气设备中的电噪声、环境中的气流、振动、温度场等随机误差瞬间对由空间同步移相产生的干涉场的干扰是相同的。那么,此系统抗振的关键则在于三部相机工作的同时性。理想情况下,三部相机瞬间、同时“冻结”振动,完全消除由于振动对干涉图造成的影响。CCD相机要做到“瞬间冻结”振动取决于电子快门的速度,CCD系统的电子快门时间越短,“冻结”得越彻底。当然,CCD曝光时间过短将导致所采集干涉光的不足,无法形成高亮度、高对比度的干涉图,直接影响对干涉图的进一步数据处理。那么必须在二者之间做一个合理的折中,以达到系统即能够抗振又能够获取较为理想的干涉图。

多CCD同步协同工作的核心思想<sup>[7-8]</sup>是:将多CCD系统中的一个CCD作为主机,而将其他CCD作

为从机。如图1所示,CCD-A作为主机,CCD-B、CCD-C作为从机。主机产生的同步信号(VD、HD)在作为自身内同步信号的同时,作为从机外同步信号的输入,从而协调系统中各CCD同时工作。关于多CCD系统协调工作将在“硬件构成”中的“同步信号发生、外同步协同电路”中作具体说明。

考虑到同步信号的驱动能力有限,必须另外经由同步信号驱动与分发电路,提高同步信号的驱动能力。

## 2 硬件构成

### 2.1 CCD传感器的选择

该系统的CCD传感器选用SONY ICX-429ALL,有效像素752(H)X582(V),为隔列转移型黑白CCD。由于采用了SONY的EXview HAD CCD™专利技术,其光学灵敏度、smear效应、动态响应范围、信噪比等特性与已有的类似功能的CCD相比有了彻底的改善,特别适合于本课题要求的应用。另外值得一提的是,为了保证该系统中各个CCD通道信号的均匀性,应将各个CCD的增益人为地控制为同一个值<sup>[8]</sup>。以及控制CCD传感器信号读出噪声在一定范围下,确定合适的像素时钟<sup>[9-10]</sup>。

### 2.2 同步信号发生、外同步协同电路

同步信号发生电路是产生VD、HD、CSYNC、CBLNK等同步信号的核心电路。在多CCD系统中,各个从机的同步信号发生电路在主机同步信号发生电路产生的VD、HD同步信号的外同步协同作用下,产生全视频信号所需的各同步信号(VD、HD、CSYNC、CBLNK)。至此,系统中各CCD所产生的同步信号达到了高度的同步。在VD、HD等同步信号的作用之下,各CCD传感器同步产生视频信号,最终经由图像采集卡处理。

按照以上的思路,系统选用SONY公司的视频同步信号发生器CXD1217Q。它同时兼容NTSC、PALM、PAL、SECAM等视频格式,采用PAL格式时有25 Hz的频率补偿处理。另外,它可以通过复位(H reset)、场复位(V reset)、隔行复位(line alternate reset)等专用功能进行外同步。其部分引脚功能如表1所示。

根据国内使用视频制式的一般情况以及该芯片的特点,采用PAL视频制式。因此,MODE1、MODE2引脚均为高电平。

表1 SONY CXD1217Q的部分引脚功能

引脚编号	引脚符号	引脚描述
2	OSYNC	复合同步信号输出
4	OBLK	复合消隐信号输出
6	OHD	行同步信号输出
7	4fscOUT	4倍时钟信号输出
8	4fscIN	4倍时钟信号输入
10	OVD	场同步信号输出
13	LALTRI	隔行复位信号输入
18	EXT	同步模式转换
19	MODE1	系统选择输入1
20	MODE2	系统选择输入2
21	HRI	水平复位信号输入
24	CLIN	时钟信号输入
29	VRI	垂直复位信号输入

由表1可知,CXD1217Q芯片有三个复位信号输入:HRI、VRI、LALTRI。当检测到下降沿时便会执行复位操作,同时这三个复位输入端的使用可以做到输入信号与芯片的内部时钟同步。因此在执行外同步的复位操作时,系统的时钟相互匹配是很有必要的。

在进行同步信号(OHD)之后检测到HRI引脚有下降沿时,将执行行复位操作。在此过程中,即使输入端产生低于两个时钟周期(140 ns)的脉冲抖动都将被忽略。但是,复位脉冲宽度不得小于0.3 μs。复位操作的相位将滞后于HRI引脚输入的负脉冲90~91个时钟脉冲(6.3~6.37 μs),如图2所示。

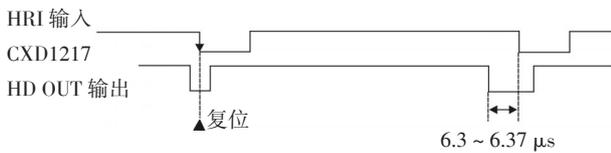


图2 CXD1217Q芯片OHD引脚功能时序图

当VRI引脚的信号输入如图3时,复合同步信号(OSYNC)和场同步信号(SYNC)将同时、同相被复位。图中的符号“↑”所指示的两个下降沿分别表示复位的边界。如果VRI引脚输入信号的下降沿穿过边界,将导致1/2行周期的复位偏差。在系统中由于各CCD并不是使用同一个时钟信号,那么必然导致这1/2行周期的抖动。这是多CCD系统外同步的误差来源之一。至于LALTRI引脚的相关分析完全类似于VRI引脚,不再赘述。

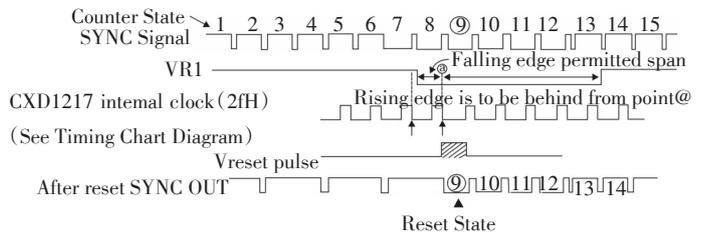


图3 CXD1217Q芯片VRI引脚功能时序图

根据以上对同步信号发生器(CXD1217Q)复位外同步功能及其脉冲时序分析,针对本课题的应用实际,设计如图4所示的同步信号发生、外同步协同电路。这是一个同步信号发生、外同步协同电路的说明性简图,图4中只列出主要芯片的部分引脚及连线。着重说明以下几点:每个CXD1217Q芯片第24引脚由各自对应的CCD扫描信号发生器(图中未画出)送入908 f<sub>H</sub>(14.187 MHz)的时钟信号;每个CXD1217Q芯片的第10、6、2、4引脚分别输出的VD、HD、CSYNC、CBLNK信号输入到各自对应的CCD扫描信号发生器以及信号处理器等电路(方便起见,图中只以CCD-\*加以代替);OPA692芯片的具体功能及相关电路将在“第2.3节同步信号驱动与分发电路”中详细说明(在此图中,该芯片引脚并不对应于真实芯片)。其他未尽之处请查阅相关书籍或数据手册。

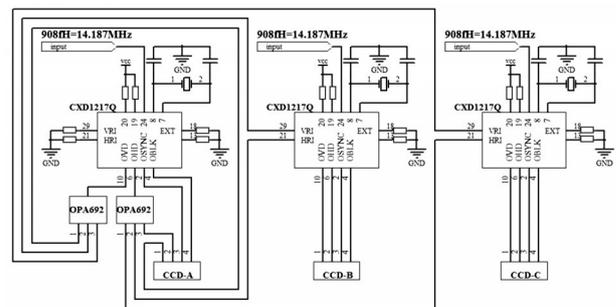


图4 同步信号发生、外同步协同电路简图

### 2.3 同步信号驱动与分发电路

如前文所述,同步信号发生器产生的同步信号无法同时驱动多个CCD。因此,同步信号驱动与分发电路显得尤为重要。文中电路中选用TI公司的OPA692视频放大器。这是一款带有禁用功能的宽带固定增益缓冲放大器,带宽225 MHz(G=2),双电源,高驱动电流,低功耗。将主机的同步信号发生电

(下转第29页)

结果表明,T型腔的长度和宽度对透射谱的峰值波长有显著影响,随着腔长的增加,峰值波长会向长波长移动,随着腔的宽度增加而向短波长移动。另外,改变腔与耦合波导之间的间距,则可以调节腔的 $Q$ 值。间距增加,透射谱的 $Q$ 值会变大,但与此同时,峰值波长的透射率将会减少。

### 参考文献

- [1] S I Bozhevolnyi, Plasmonic Nanoguides and Circuits[M]. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., Singapore, 2009.
- [2] 孙梅.表面等离子体亚波长光学[M].北京:中央民族大学出版社,2010.
- [3] 王振林.表面等离子体研究新进展[J].物理学进展, 2009, 29(3):287-324.

- [4] G V Georgios Veronis, Z Y Zongfu Yu, S E K Sükri Ekin Kocabas, et al. Metal-dielectric-metal plasmonic waveguide devices for manipulating light at the nanoscale[J]. Chinese Optics Letters, 2009, 7(4):302-308.
- [5] X-S Lin, X-G Huang. Tooth-shaped plasmonic waveguide filters with nanometric sizes[J]. Optics Letters 2008, 33 (23): 2874-2876.
- [6] 叶卫民.光子晶体导论[M].北京:科学出版社,2010.
- [7] 马科斯·玻恩,埃米尔·沃耳夫.光学原理[M].7版.杨葭荪.北京:电子工业出版社,2011.
- [8] L Liu, Z Han, S He. Novel surface plasmon waveguide for high integration[J]. Optics Express, 2005, 13:6645-6650.
- [9] J Dionne, L Sweatlock, H Atwater, et al. Plasmon slot waveguides: towards chip-scale propagation with subwavelength-scale localization[J]. Physical Review B, 2006, 73 (3).

(上接第20页)

路产生的VD(场同步)、HD(行同步)信号分别经由同步信号驱动与分发电路后,同时输入到从机中,如图4。在整个系统中,OPA692视频放大器的功能与作用如图5所示。主机中的同步信号发生器CXD1217Q第10(或6)引脚产生的VD(或HD)信号输入到OPA692视频放大器中放大均分成三路信号,其中一路作为主机自身的内同步信号,另外两路作为从机的CXD1217Q第29(或21)引脚的输入。

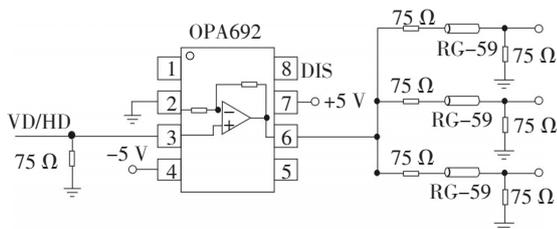


图5 同步信号驱动与分发电路

### 3 结论

同步移相干涉术作为一种干涉测量的抗振技术的研究越来越受到人们的重视。文中在现有技术的基础上,利用三部CCD同步协同分别提取空间同步移相产生的移相干涉图。设计了一种以视频同步信号发生器CXD1217Q为主体的同步信号的产生和外协同电路,来实现多CCD数据采集的同步控制,并设计了基于OPA692视频放大器的同步信号驱动和分发电路。解决了单一CCD拍摄多幅干涉图所导致的

干涉图的空间分辨率降低的问题。

### 参考文献

- [1] 左芬.同步移相干涉测量的抗振技术研究[D].南京:南京理工大学,2008.
- [2] 沙定国.光学测试技术[M]2版.北京:北京理工大学出版社,2010.
- [3] Peter J, Leslie L. Numerical simulations of vibration in phase-shifting interferometry[J]. Appl.Opt. 1996,35 (13): 2172-2178.
- [4] Geon-Soo Han,Seung-Woo Kim. Numerical correction of reference phases in phase-shifting interferometry by iterative least-squares fitting[J]. Appl.Opt.1994, 33 (31): 7321-7325.
- [5] Chris L, Koliopoulos. Simultaneous phase shift interferometer[J]. SPIE, 1991,1531: 119-127.
- [6] P D Ruiz, J M Huntley, Y Shen,et al. Vibration-induced phase errors in high-speed phase-shifting speckle-pattern interferometry[J]. Appl.Opt. 2001, 40(13): 2117-2125.
- [7] 孙若渔.速滑运动分析中多台摄像机视频同步问题的研究[J].冰雪运动,2008,30(1): 63-65.
- [8] 田慧,王义,杜宏亮.多CCD图像传感器在辐射成像系统中的应用[J].传感器技术, 2001,20(5): 37-41.
- [9] 武利翻. CCD制造的关键工艺[J].光电技术应用, 2005, 20(1): 38-42.
- [10] 江宝坦,邱跃洪,文延,等. CCD噪声建模与仿真分析[J].光电技术应用,2010, 25(2): 64-67.