

文章编号: 0253-2239(2007)05-0864-7

# 电子散斑相位主值图的等值线正余弦滤波方法\*

伏思华<sup>1</sup> 林 琨<sup>2</sup> 于起峰<sup>1</sup> 杨 夏<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 国防科学技术大学光电科学与工程学院, 长沙 410073)  
(<sup>2</sup> 香港中文大学 太空与地球信息科学研究所, 香港)

**摘要:** 电子散斑干涉测量相位主值图含有大量的噪声,在对相位主值图进行解缠处理前,一般先要对其进行去噪处理。针对相位主值图的特点,提出一种利用条纹方向信息的等值线正余弦滤波方法。首先由相位主值图求取其方向图,进而得到条纹等值线窗口,最后对相位主值图在条纹等值线窗口内进行正余弦滤波。和已有的滤波方法相比,它具有优点:相位主值图中的跳变信息保持非常好;由于是在等相位线上进行滤波,对相位信息没有损伤;更好地消除相位主值图中的散斑噪声。模拟图实验和真实图实验均验证了该方法的有效性。

**关键词:** 光学测量; 电子散斑干涉测量; 相移; 相位主值图; 滤波

中图分类号: TN911.73 文献标识码: A

## Fringe-Contoured-Window Sine/Cosine Filter for Saw-Tooth Phase Maps of Electronic Speckle Pattern Interferometry

Fu Sihua<sup>1</sup> Lin Hui<sup>2</sup> Yu Qifeng<sup>1</sup> Yang Xia<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> College of Opto-Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073)  
(<sup>2</sup> Institute of Space and Earth Information Science, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong)

**Abstract:** In electronic speckle pattern interferometry (ESPI), the saw-tooth phase map obtained by the phase-shifting technique is inherently full of speckle noise. Noise reduction must be carried out to suppress the high-level noise before it is unwrapped. In accordance with the feature of the saw-tooth phase maps, an adaptive filter is developed combining the classical sine/cosine filter and the fringe orientation information of the saw-tooth phase map. Fringe orientation map is firstly generated from the saw-tooth phase map, and then the fringe-contoured-window is derived accordingly. Finally, the filtering is carried out within the window. Comparing with existed filters, it has a better performance on phase jump information preservation and does not have any blurring effect on the phase distribution providing the filtering is implemented on the equal-phase window. Moreover, its capability of noise reduction is more powerful. The effectiveness and advantages of the novel filter have been verified by both simulated and real saw-tooth phase maps.

**Key words:** optical measurement; electronic speckle pattern interferometry; phase-shifting; saw-tooth phase map; filtering

## 1 引 言

相移法 (Phase-shifting) 是电子散斑干涉 (Electronic speckle pattern interferometry, ESPI) 研究领域中最重要的发展和成果之一<sup>[1,2]</sup>。由于相移法具有很好的实用性,因此目前在条纹图处理中,

若能满足相移法的条件则大都采用它。但相移法获得的相位图仅是相位主值图 (Saw-tooth phase map), 值域为  $(-\pi, +\pi]$ 。要得到连续的相位图, 必须经过解缠处理, 其原理非常简单。但实际的电子散斑干涉相位主值图含有大量的噪声, 使得解缠面

\* 国家自然科学基金(10472133)资助课题。

作者简介: 伏思华(1978—), 河南民权人, 博士研究生, 讲师, 主要从事电子散斑与合成孔径雷达干涉测量技术方面的研究。E-mail: fusihua2002cn@hotmail.com

导师简介: 于起峰(1958—), 山东威海人, 教授, 博士生导师, 主要从事基于图像的精密测量与运动测量方面的研究。E-mail: yuqifeng@vip.sina.com

收稿日期: 2006-07-07; 收到修改稿日期: 2006-09-19

临许多问题和困难。因此,在对相位主值图进行解缠前,一般先要对其进行降噪处理。

中值滤波及均值滤波不能直接用于相位主值图的降噪,它们会严重损害主值图的跳变信息。Annalisa Capanni 等<sup>[3]</sup>提出了一种改进的中值滤波方法,其基本思想对滤波窗口内的灰度信息统计其直方图,并根据直方图来判断滤波窗口与相位跳变线的位置关系,进而选择滤波窗口内的全部信息或部分信息来得到最后的滤波结果。该方法可以较好地保持相位跳变信息,但同时也存在误判现象。M. J. Huang 等<sup>[4]</sup>对这一方法改进,将直方图划分得更细致。Feng Qian 等<sup>[5]</sup>提出窗口尺寸可变的 Capanni 滤波方法。H. A. Aebischer 等<sup>[6]</sup>提出正余弦滤波方法,该方法简单,滤波效果好,能有效去除主值图中的不一致点,且能保相位跳变信息。F. Palacios 等<sup>[7]</sup>提出将正余弦滤波与掩膜滤波技术相结合的方法。

条纹方向(Fringe orientation)包含着干涉条纹图自动处理所需的重要信息<sup>[8]</sup>,它可为散斑条纹图的降噪<sup>[9]</sup>、相位提取<sup>[10]</sup>等提供重要依据。本文把条纹方向这一概念由干涉条纹图进一步推广到电子散斑干涉相位主值图,并针对电子散斑干涉相位主值图的特点,提出一种充分利用条纹方向信息的等值线正余弦滤波方法(Fringe-contoured-window sine/cosine filter,FCW-SCF)。

## 2 原 理

### 2.1 梯度方法得到条纹方向图

现已有数种求取条纹方向的方法,梯度方法<sup>[8]</sup>是较为简单且常用的方法。下面介绍电子散斑干涉条纹图的方向定义及求取方法,然后将其延伸至电子散斑干涉相位主值图的方向求取。干涉条纹方向的定义式为

$$\theta(x, y) = \arctan \left[ \frac{\partial \phi(x, y)}{\partial y} / \frac{\partial \phi(x, y)}{\partial x} \right] \pm \frac{\pi}{2}, \quad (1)$$

其中  $\theta(x, y)$  为待求条纹方向,  $\phi(x, y)$  为条纹相位。若没有噪声的影响,可以采用(1)式直接计算。但实际的干涉条纹图噪声水平较高,有必要先对条纹图进行平滑处理。所以在实际计算中,一般求取条纹方向采用

$$\theta(x, y) = \frac{1}{2} \arctan \left[ \frac{\sum_{(m,n) \in S} 2G_x(m, n)G_y(m, n)}{\sum_{(m,n) \in S} [G_x^2(m, n) - G_y^2(m, n)]} \right] \pm \frac{\pi}{2}, \quad (2)$$

其中  $G_x(m, n)$  和  $G_y(m, n)$  分别为  $x$  方向和  $y$  方向的梯度;  $S$  为方向估计的窗口大小。

电子散斑干涉相位主值图中相位分布有明显的  $2\pi$  跳变,不能直接用(2)式求其条纹方向。但其正弦变换图及余弦变换图相位却是连续的,可以将相位主值图先变换为正弦或余弦图,然后对正弦或余弦图用梯度法求取其条纹方向:

$$\begin{cases} \frac{\partial(\sin \phi)/\partial y}{\partial(\sin \phi)/\partial x} = \frac{\cos \phi(\partial \phi/\partial y)}{\cos \phi(\partial \phi/\partial x)} = \frac{\partial \phi/\partial y}{\partial \phi/\partial x}, \\ \frac{\partial(\cos \phi)/\partial y}{\partial(\cos \phi)/\partial x} = \frac{-\sin \phi(\partial \phi/\partial y)}{-\sin \phi(\partial \phi/\partial x)} = \frac{\partial \phi/\partial y}{\partial \phi/\partial x}, \end{cases} \quad (3)$$

由(3)式及(1)式容易看出,相位主值  $\phi$  与它的正弦变换  $\sin \phi$  或余弦变换  $\cos \phi$  方向一致。

根据以上分析,梯度方法求取电子散斑干涉相位主值图的具体步骤如下:

1) 将相位主值图通过正弦或余弦变换变为正弦或余弦图(这两种图均可用来求取条纹方向,这里以正弦图为例加以说明)。

2) 对正弦图进行平滑处理,减小噪声影响。可以多次用小窗口( $3 \times 3$  或  $5 \times 5$ )进行均值滤波,直到满意为止。文献[8]中提出用高斯滤波器对干涉条纹图进行平滑处理,并对滤波器各参量的影响作了详细的分析。

3) 对平滑处理后的正弦图像用 Sobel, Prewitt, Roberts 等梯度算子求出梯度矢量场,也可选用 Marr-Hildreth 算子,它具有较好的抗噪声能力,但相应的计算复杂度增加。

4) 对梯度矢量场用(2)式计算每一点条纹方向。窗口  $S$ (半径为  $r$ )的大小是一个非常重要的参量,它的选取要根据条纹的疏密作适当变化,且对方向估计的精度有很大的影响。为了找出其中的规律,对大量的模拟条纹图做条纹估计实验,得出:方向估计的窗口  $S$  一般应选为条纹图中最宽条纹宽度的  $1 \sim 1.2$

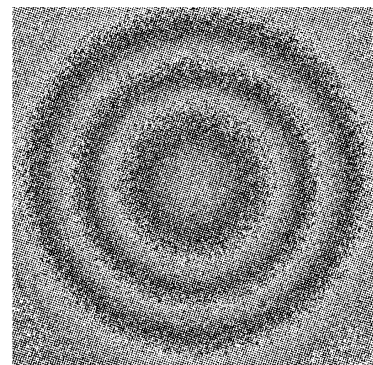


图1 相移方法得到的电子散斑干涉相位主值图  
Fig. 1 Real saw-tooth phase map derived by phase-shifting technique

倍,更大的窗口可以提高估计精度,但效果不明显,且计算量会急剧增加。

通过以上方法得到的条纹方向在  $0 \sim \pi$  之间取值。图 1 是一幅真实的相移方法得到的电子散斑干涉相位主值图,条纹宽度约为 45 pixel。图 2 是对其用梯度方法求得的方向图( $r=21$ ),图像灰度值 0 代表方向 0,灰度值 255 代表方向  $\pi$ 。

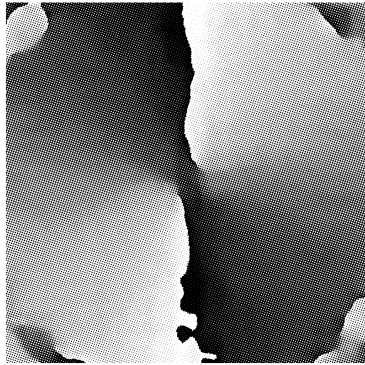


图 2 梯度方法得到的图 1 的条纹方向图

Fig. 2 Fringe orientation map of Fig. 1 derived by gradient method

## 2.2 条纹等值线窗口的确定

条纹等值线窗口(Fringe-contoured window)是一种曲线窗口,它是沿相位主值图的条纹走向取一定长度和宽度所形成的窗口,可以利用条纹方位图进行逐点积分得到。设图像上某一点的坐标为  $P_0(x_0, y_0)$ ,此点的条纹方向为  $\theta_0$ ,由条纹方位图的定义可知,方位图的方向值  $\theta$  是条纹等值线的切线方向。在当前点的邻域内可以近似用切线代替条纹等值线,因此由此点根据条纹方位图可以向两边分别得到两个点  $P_1(x_1, y_1)$  和  $P_{-1}(x_{-1}, y_{-1})$ :

$$\begin{cases} x_1 = x_0 + \cos \theta_0, \\ y_1 = y_0 + \sin \theta_0, \end{cases} \quad \begin{cases} x_{-1} = x_0 - \cos \theta_0, \\ y_{-1} = y_0 - \sin \theta_0, \end{cases} \quad (4)$$

分别从  $(x_1, y_1)$  和  $(x_{-1}, y_{-1})$  两点出发,继续向前得到  $(x_2, y_2)$  和  $(x_{-2}, y_{-2}) \dots$

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n + \cos \theta_n, \\ y_{n+1} = y_n + \sin \theta_n, \end{cases} \quad \begin{cases} x_{-n-1} = x_n - \cos \theta_n, \\ y_{-n-1} = y_n - \sin \theta_n, \end{cases} \quad (5)$$

最后可得到一条过点  $(x_0, y_0)$  沿条纹方向的曲线,即为条纹等值线,如图 3(a)所示。将此曲线向两边扩展一定宽度,即可以得到条纹等值线窗口,如图 3(b)所示。图 4 所示为图 1 的条纹等值线窗口示意图。

由于数字图像只在整像素上取值,而由上述方法得到的点  $(x_i, y_i)$  并不一定是整数点。为了减少由于条纹方向图只在整像素点取值引起的离散误差,可以取非整像素点相邻四点的条纹方向值的双

线性插值作为此点的条纹方向值,以减小离散误差。同时由于上述方法是通过逐点跟踪进行的,所以还存在累积误差。累积误差的大小与条纹方向图的误差有关,还与累积的步数有关。选取合适的累积步数可将累积误差控制在一定的范围内。

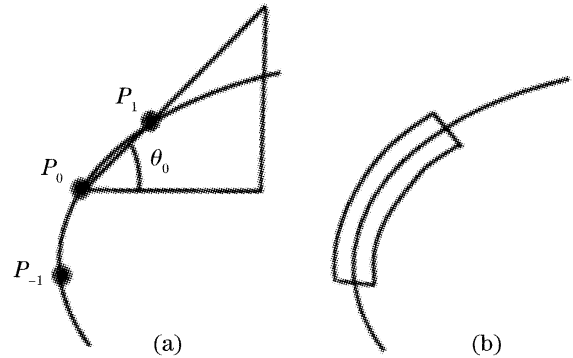


图 3 由方向图跟踪得到的条纹等值线(a)和等值线扩展得到条纹等值线窗口(b)

Fig. 3 Fringe contour derived by tracing along the fringe direction (a), fringe-contoured window derived by expanding the fringe-contour in the normal direction (b)

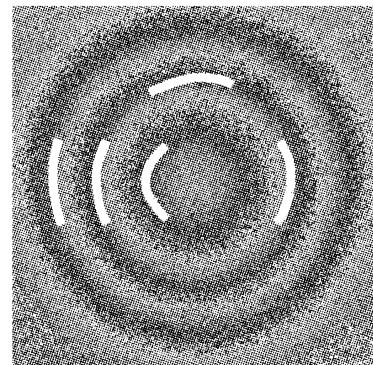


图 4 图 1 的条纹等值线窗口示意图

Fig. 4 Scheme of fringe-contoured window of Fig. 1

## 2.3 在条纹等值线窗口内滤波

相位主值图的条纹等值线窗口确定后,就可以在此窗口内对其进行正余弦滤波。相位主值图中的相位及噪声可以用模型来描述<sup>[11]</sup>:

$$\hat{\phi} = \phi + n, \quad (6)$$

其中  $\hat{\phi}$  为含噪声的测量相位,  $\phi$  为不含噪声的理论相位,  $n$  为高斯分布噪声。

对相位主值图滤波时,为了避免  $2\pi$  跳跃,首先将主值图分解为正弦图和余弦条纹图。然后对正弦和余弦条纹图分别用条纹等值线窗口进行低通滤波。最后对滤波后的正弦图和余弦图利用反正切变换得到滤波后的相位主值图。设  $\tilde{\phi}$  为  $\hat{\phi}$  对滤波后的结果相位,则以滤波过程可描述为

$$\begin{aligned} \tilde{\phi} &= \arctan \frac{\sum \sin(\phi + n)}{\sum \cos(\phi + n)} = \\ &= \arctan \frac{\sum \sin \phi \cos n + \sum \cos \phi \sin n}{\sum \cos \phi \cos n - \sum \sin \phi \sin n}, \quad (7) \end{aligned}$$

因为滤波只在条纹等值线窗口内进行, 相位  $\phi$  保持不变, 即  $\sin \phi$  和  $\cos \phi$  为定值, 此时(7)式可以表示为

$$\tilde{\phi} = \arctan \frac{\sin \phi \sum \cos n + \cos \phi \sum \sin n}{\cos \phi \sum \cos n - \sin \phi \sum \sin n}, \quad (8)$$

如果假定窗口尺寸足够大, 则有

$$\sum \sin n = 0, \quad \sum \cos n > 0, \quad (9)$$

于是(8)式变为

$$\tilde{\phi} = \arctan \frac{\sin \phi \sum \cos n}{\cos \phi \sum \cos n} = \arctan \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \phi, \quad (10)$$

(10)式证明了在条纹等值线窗口内, 散斑噪声能够在不使相位主值图模糊或变形的条件下被全部滤除。

通常情况下, 由于电子散斑干涉相位主值图中的噪声水平非常高, 一次等值线正余弦滤波并不能取得非常满意的结果, 但可以根据噪声水平进行多次滤波。

### 3 实验结果及分析

为了验证等值线正余弦滤波方法的有效性, 分别对模拟相位主值图及真实相位主值图进行了滤波。

#### 3.1 模拟相位主值图(加入方差为 60 的高斯噪声)

图 5 为加了标准差为 60 的高斯噪声的模拟相位主值图, 图中间条纹宽度约为 7 pixel, 边缘条纹

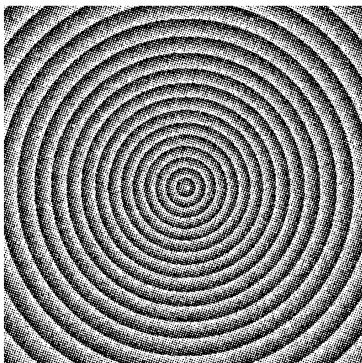


图 5 模拟相位主值图(标准差为 60 的高斯噪声)

Fig. 5 Simulated saw-tooth phase map (standard deviation of the Gaussian noise is 60)

宽度约为 12 pixel。

图 6 为对图 1 进行三次  $3 \times 3$  的正余弦滤波后的结果, 噪声一定程度上被抑制, 但不论是在图中间还是图边缘都还存在不一致点。

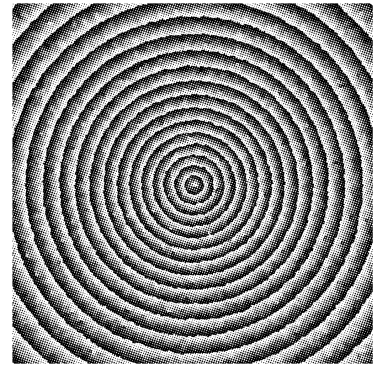


图 6 三次正余弦滤波后的结果( $3 \times 3$ )

Fig. 6 Resultant map filtered three times by sine/cosine filter with a window size of  $3 \times 3$

图 7 是九次  $3 \times 3$  的正余弦滤波后的结果, 图边缘的不一致点减少, 但图中间相位产生了畸变。

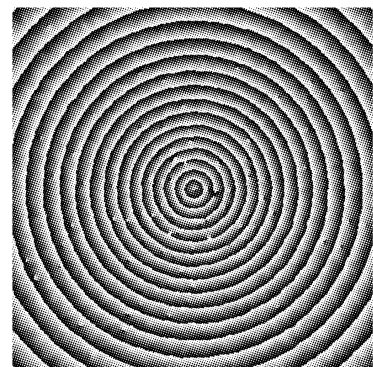


图 7 九次正余弦滤波后的结果( $3 \times 3$ )

Fig. 7 Resultant map filtered nine times by sine/cosine filter with a window size of  $3 \times 3$

图 8 是三次  $5 \times 5$  的正余弦滤波后的结果, 图边缘的不一致点进一步减少, 图中间的相位模糊效应却更为严重。

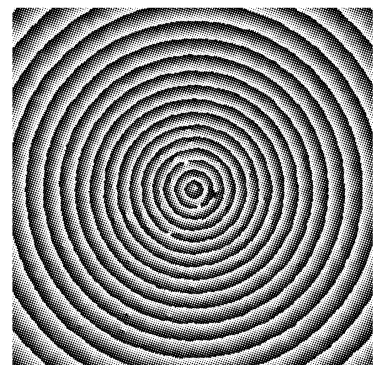


图 8 三次正余弦滤波后的结果( $5 \times 5$ )

Fig. 8 Resultant map filtered 3 times by sine/cosine filter with a window size of  $5 \times 5$

图 9 是六次  $5 \times 5$  的正余弦滤波后的结果。可以看出,传统的正余弦滤波器,无论是增大滤波窗口还是增加滤波次数,都无法取得满意的滤波结果。

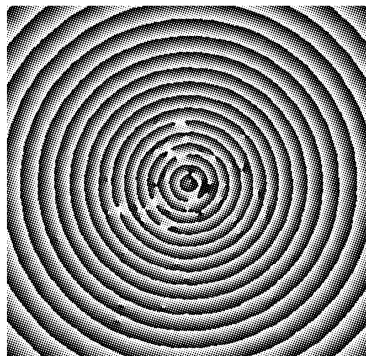


图 9 六次正余弦滤波后的结果( $5 \times 5$ )

Fig. 9 Resultant map filtered six times by sine/cosine filter with a window size of  $5 \times 5$

图 10 为对图 5 进行三次  $3 \times 9$  的等值线正余弦滤波后的结果,在图中间和图边缘均取得了很好的滤波结果,主值图像已经不再有任何散斑噪声。同时,由于是在等值线窗口上进行滤波,对相位信息没有任何损伤。

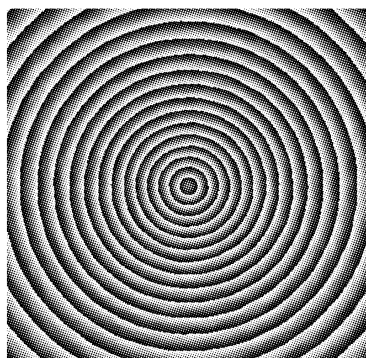


图 10 三次等值线正余弦滤波方法滤波后的结果( $3 \times 9$ )

Fig. 10 Resultant map filtered three times by FCW-SCF with a window size of  $3 \times 9$

### 3.2 模拟相位主值图(加入方差为 70 的高斯噪声)

图 11 为加了标准差为 70 的高斯噪声的模拟相

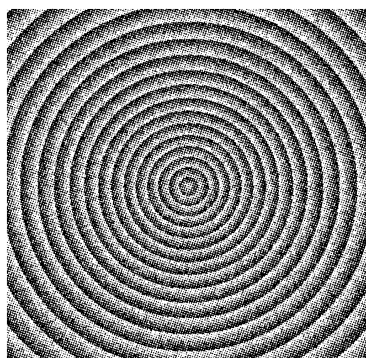


图 11 模拟相位主值图(标准差为 70 的高斯噪声)

Fig. 11 Simulated saw-tooth phase map (standard deviation of the Gaussian noise is 70)

位主值图。图 12 是六次  $3 \times 3$  正余弦滤波后的结果,可以看到,全图充满了相位不一致点,无法进行相位解缠。增加滤波次数或是增大滤波窗口只会使相位进一步模糊。图 13 为三次  $3 \times 15$  等值线正余弦滤波方法滤波后的结果,已经完全消除了相位不连续点,且对相位分布没有任何影响。对图 13 来说,任何解缠方法都可以得到非常好的结果。

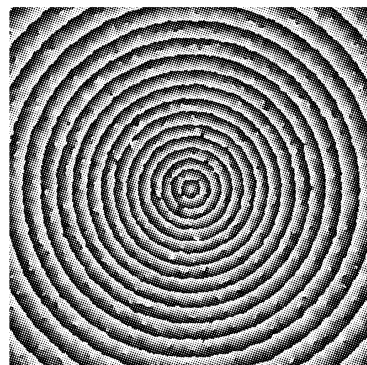


图 12 六次正余弦滤波后的结果( $3 \times 3$ )

Fig. 12 Resultant map filtered six times by sine/cosine filter with a window size of  $3 \times 3$

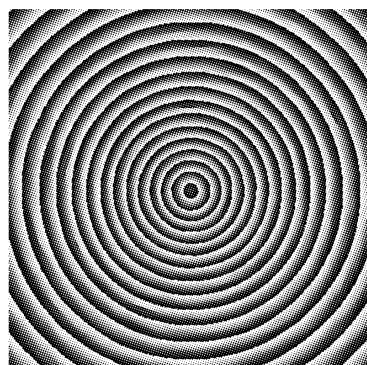


图 13 三次等值线正余弦滤波方法滤波后的结果( $3 \times 15$ )

Fig. 13 Resultant map filtered three times by FCW-SCF with a window size of  $3 \times 15$

### 3.3 真实相位主值图

图 14 为一幅真实的变密度的剪切散斑相位主值图,它充满了散斑噪声。图 15 是三次  $3 \times 15$  等值线

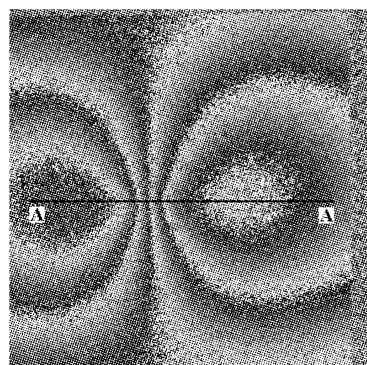


图 14 真实相位主值图

Fig. 14 Real saw-tooth phase map

正余弦滤波方法滤波后的结果,噪声已经完全消除。图 16 为图 15 解缠后的连续相位图。图 17(a)~(c) 分别为图 14~图 16 同一截面上的相位分布。在 A-A 截面上,由于噪声非常严重已经无法分清相位跳跃点和相位不一致点;截面 B-B 上,相位不一致点已经完全消除,同时相位跳变信息得到了很好的保留;截面 C-C 上,通过简单的解缠方法很好地恢复了相位。

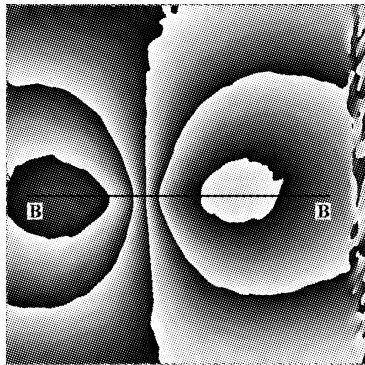


图 15 三次等值线正余弦滤波方法滤波后的结果(3×15)  
Fig. 15 Resultant map filtered three times by FCW-SCF with a window size of 3×15

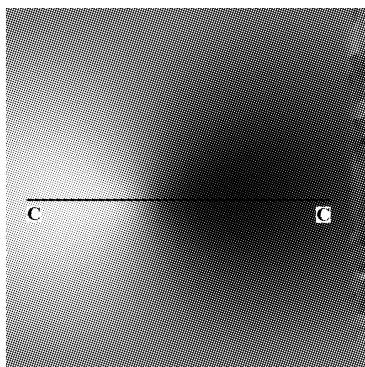


图 16 解缠后的相位图  
Fig. 16 Unwrapped phase map

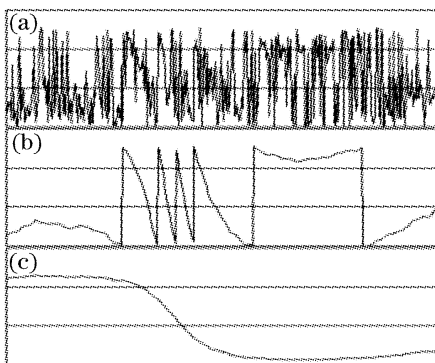


图 17 截面相位分布

Fig. 17 Phase distributions of three cross sections

通过模拟及实验可以看出,提出的等值线正余弦滤波方法较原有的正余弦滤波方法有更好的降噪效果。特别是当相位主值图中条纹密度变化时,通

常的正余弦滤波方法无法在全图取得较好的降噪结果,滤波窗口增大和增加滤波次数都会在条纹稀疏区域取得较好的结果,但在条纹密集的区域相位会模糊,相位跳变信息受到损伤。等值线正余弦滤波方法可以很好地解决这个问题,在全图均得到非常好的降噪结果,且不会损伤相位跳变信息,尤其当噪声水平增大时,它的优势会更加明显。

## 4 结 论

实际的电子散斑干涉相位主值图含有大量的噪声,在对相位主值图进行解缠前,一般先要对其进行降噪。针对电子散斑干涉相位主值图的特点,提出一种充分利用条纹方向信息的等值线正余弦滤波方法。模拟图实验和真实图实验均验证,经过等值线正余弦滤波方法滤波后的相位主值图几乎没有任何散斑噪声,相位信息没有任何损伤,简单的解缠方法就可恢复相位。

电子散斑干涉测量、投影栅线相位法形貌测量等测量技术中滤波和解缠的参量经常需要人工干预选择合适的值,这严重影响其测量的自动化程度,也因此妨碍了此类技术的实用和推广。等值线正余弦滤波方法可以一定程度上解决这个问题,主要体现在两点:

1) 传统的滤波方法(正余弦滤波等)一般选取矩形滤波窗口,针对不同的相位主值图需要人为判断矩形窗口尺寸;当主值图中条纹密度变化较大时,甚至在同一幅主值图中就要选取不同的滤波窗口尺寸,以便在降噪效果和相位信息保持之间折衷。而等值线正余弦滤波方法一般用  $3 \times 9$ ,  $3 \times 15$  等窗口尺寸和不同的滤波次数就可以适应几乎所有相位主值图的滤波要求。

2) 经过等值线正余弦滤波方法滤波后的相位主值图噪声很小且跳变信息保持非常好,对解缠算法及人工干预程度的要求大大降低。

## 参 考 文 献

- 1 K. Creath. Phase-shifting speckle interferometry [J]. *Appl. Opt.*, 1985, **24**(18): 3053~3058
- 2 Osuk Y. Kwon, Dean M. Shough, Rick A. Williams. Stroboscopic phase-shifting interferometry[J]. *Opt. Lett.*, 1987, **12**(11): 855~857
- 3 Annalisa Capanni, Luca Pezzati, Duilio Bertani *et al.*. Phase-shifting speckle interferometry; a noise reduction filter for phase unwrapping[J]. *Opt. Engng.*, 1997, **36**(9): 2466~2472
- 4 M. J. Huang, Wen-Hung Sheu. Histogram-data-orientated filter for inconsistency removal of interferometric phase maps[J]. *Opt. Engng.*, 2005, **44**(4): 045602-1~11

- 5 Feng Qian, Xiangzhao Wang, Xuefeng Bu *et al.*. Adaptive filter for unwrapping noisy phase image in phase-stepping interferometry [J]. *Opt. Laser Technol.*, 2001, **33** (7): 479~486
- 6 H. A. Aebischer, Waldner Stephan. A simple and effective method for filtering speckle-interferometric phase fringe patterns [J]. *Opt. Commun.*, 1999, **162**(4~6): 205~210
- 7 F. Palacios, E. Goncalves, J. Ricardo *et al.*. Adaptive filter to improve the performance of phase-unwrapping in digital holography[J]. *Opt. Commun.*, 2004, **238**(4~6): 245~251
- 8 Xiang Zhou, John P. Baird, John F. Arnold. Fringe-orientation estimation by use of a Gaussian gradient filter and neighboring-direction averaging[J]. *Appl. Opt.*, 1999, **38**(5): 795~804
- 9 Qifeng Yu, Xiangyi Sun, Xiaolin Liu. Spin filter with curve windows for interferometric fringe patterns[J]. *Appl. Opt.*, 2002, **41**(14): 2650~2654
- 10 J. L. Marroquin, R. Rodriguez-Vera, M. Servin. Local phase from local orientation by solution of sequence of linear systems [J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 1998, **15**(6): 1536~1544
- 11 Giovanni Nico. Noise-residue filtering of interferometric phase images[J]. *J. Opt. Soc. Am. A*, 2000, **17**(11): 1962~1974

## 2007 亚洲光电子国际会议(Photonics Asia 2007)11 月将在京召开

由中国光学学会和国际光学工程学会(SPIE)联合举办的 2007 亚洲光电子国际会议(Photonics Asia 2007)将于 2007 年 11 月 11~15 日在中国北京召开。

大会主席是中国光学学会理事长周炳琨院士和 2007 SPIE 主席 Mr. Brian Culshaw。王大珩院士和母国光院士担任大会名誉主席。

亚洲光电子会议是亚洲最大的光学、光电子学学术交流和产业交流的盛会。会议将对学科的最新发展趋势、技术应用、产品发布、市场分析、投资调研等各类问题进行广泛的讨论和交流。会议将举行大会特邀报告、专题报告和高层专家报告会,会议附设光学和光电子学最新成果展览。

会议共设如下 22 个专题。

PA01: High Power Lasers

PA02: Semiconductor Lasers and Applications

PA03: Laser in Material Processing and Manufacturing

PA04: Optics in Health Care and Biomedical Optics

PA05: Quantum Optics and Applications in Computing and Communications

PA06: LED Materials and Devices

PA07: Advanced Materials and Devices for Sensing and Imagine

PA08: Advanced Sensor Systems and Applications

PA09: Nanophotonics, Nanostructure and Nanometrology

PA10: Holography, Diffractive Optics and Applications

PA11: Electronic Imaging and Multimedia Technology

PA12: Optical Design and Testing

PA13: Advances in Optical Data Storage Technology

PA14: Infrared Technologies and Applications

PA15: MEMS/MOEMS Technology and Applications

PA16: Information Optics and Photonics Technology

PA17: Optoelectronic Devices and Integration

PA18: Advanced Microlithography Technology

PA19: Nonlinear Optics and Applications

PA20: Terahertz Photonics

PA21: Solar Energy Technology and Application

PA22: Solid state lighting

会议论文将通过专家审稿,录用的文章将收录到 SPIE 论文集中。该论文集将被 EI, INSPEC, ISI, AIAA 以及其他重要学术检索刊物检索。

在线投稿网站 [www.spie.org](http://www.spie.org)。提交摘要和论文需同时发送到电子邮箱 [photoasia2007@gmail.com](mailto:photoasia2007@gmail.com), 邮件主题按照"专题号码-作者中文姓名-论文标题"编写。会议摘要截稿日期 2007 年 6 月 15 日。

会议国内网站: [www.coscn.org](http://www.coscn.org)

联系人: 翟林 [zhailin@hotmail.com](mailto:zhailin@hotmail.com) Tel: 010-62641108, 13651149955

李翠玲 [cuilingli@bit.edu.cn](mailto:cuilingli@bit.edu.cn) Tel: 010-68912564, 13521121045

丁伯瑜 [dingboyu@sohu.com](mailto:dingboyu@sohu.com) Tel: 010-68912564, 13661197335

通信地址: 100081 北京海淀区中关村南大街 5 号北京理工大学光电工程系 李翠玲 丁伯瑜