

◆특집◆ Display 제조 공정에 적용된 Machine Vision 사례

백색광 간섭계를 이용한 LCD Glass 의 Pole 높이 측정 검사

고국원*, 고경철*, 김종형**

Pole Height Inspection on LCD Glass via High Speed White Light Interferometry

Kuk Won Ko*, Kyung Cheol Ko* and Jong Hyeong Kim**

Key Words : Autofocuse(자동초점조정), 3D measurement(3차원 측정), Pole(폴), LCD(액정), WSI (White Light Scanning Interferometry, 백색광 간섭계)

1. 서론

LCD 제조 공정에서 LCD glass 의 pole 은 TFT LCD 에 있는 유리판과 컬러 필터 사이의 공간을 일정하게 유지해주는 부분으로 평균적으로 약 4um 정도의 높이 값을 가지고 있다. Pole 의 높이가 너무 높거나 낮을 경우 LCD 의 화질이 어둡거나 밝아지며, pole 의 높이가 불균일 한 경우에는 화면에 무늬가 생기기도 하므로 pole 의 높이는 중요한 공정 변수중의 하나이다.

기존의 LCD 제조 공정에서 pole 은 stylus 를 이용하여 접촉식으로 3 차원 높이를 검사한 후 일정한 높이를 유지하도록 연마 공정을 거친다. 이러한 기존의 접촉식 측정 방법은 높이 검사에 5 초 정도의 검사 시간이 걸리므로, 전 영역을 검사하기에는 많은 시간이 걸리며, 접촉 센서의 운영이 잘 못 될 경우 pole 에 손상을 줄 수 있으며, 측정

대상물이 급격한 단차를 가질 경우 측정 이 어려우며 측정용 측침이 상할 수 있다는 단점이 있다.

최근 나노 기술이 발전됨에 따라 이러한 디스플레이산업 분야에서 광부품의 미세가공의 영역이 커지고 있으며, 이러한 미세 부품들의 가공 상태는 양산품의 질에 큰 영향을 주기 때문에 미세 부품의 결함 및 불량률 비접촉에 의한 빠른 속도의 3 차원으로 검사할 수 있는 측정법이 필요하다.

본 연구에서는 백색광 주사 간섭계(white light scanning interferometer)를 이용하여 LCD glass 위의 pole 의 높이를 고속으로 측정하고자 한다. 백색광 주사 간섭법의 경우 백색광이 가지고 있는 짧은 시가 간섭 거리와 비 접촉 식 측정법으로 대상물에 손상을 주지 않는다는 장점과 같은 광 위 상법을 사용하는 위상천이 간섭계가 가지고 있는 2 π-모호성으로부터 자유로워 큰 단차의 높이 측정이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 고속 백색광 주사 간섭계를 개발하여 반도체 부품 및 디스플레이 분야의 In-Line 장비에 적용할 수 있도록 40um/sec 의 높이 측정 속도와 300um/sec 속도를 가지는 고속의 Autofocusing 방법을 적용하여 LCD 의 pole 높이 측정을 하였다.

* 선문대학교 제어계측 공학과

** 서울산업대학교 기계설계자동화공학부

Tel. 041-530-2308, Fax. 041-530-2981

Email kuks2309@sunmoon.ac.kr

영상처리를 이용한 검사, 자동화 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

2. 백색광 간섭계의 설계

2.1 백색광 간섭계의 기본 원리

백색광 주사 간섭계란 Fig. 1 과 같이 넓은 주파수 대의 광원을 가지고 있는 백색광이 수 마이크로 이하의 짧은 가 간섭 거리를 가지고 있다는 점을 이용하여 측정 광과 기준 광으로 분리하여 측정면과 기준면에 조사하여 반사되어 돌아오는 광들이 같은 광 경로를 가지게 하여 광 간섭 현상을 발생시킨다. 이때에 광 간섭 현상에 의해서 발생하는 모아레 무늬의 정보로부터 이용하여 3 차원 높이를 구하는 방법이다. Piezo actuator 를 미소 단위로(μm 이하)로 step 이동하면서 *interferogram* 을 얻게 되면 sine 파 형상의 *intensity profile* 을 얻을 수 있으며, 이렇게 얻어진 *interferogram* 에서 최고 정점을 구하게 되면 대상물의 한 point 에 대하여 상대 높이 값을 구할 수 있으며, 획득된 영상 전구간에 걸쳐서 3 차원의 높이 값을 구할 수 있다.

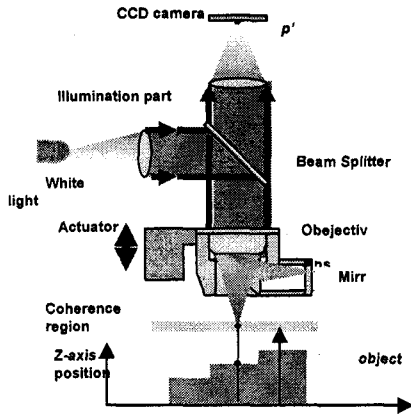


Fig. 1 Principle of WSI

백색광 간섭계의 측정기로서 처음 1972 년에 P. A. Flournoy 에 의해서 필름의 두께 측정에 이용된 시기부터 이며 그 이후 N. Balasubramanian 에 의서 1980 년에 측정기로서 발표 되었고, 이때 처음으로 가시도 추출 방법이 사용되었다. 1990 년대 이후에 들어와서는 고속으로 빠른 시간 내에 3 차원 높이 측정에 관한 연구가 이루어지고 있다.

2.2 백색광 간섭계의 설계

2.2.1 광원부의 설계

백색광 주사 간섭계에 있어서의 충분한 광량과 고른 분포는 간섭 무늬의 *interferogram* 의 정점 검출에 유리하다. 일반적으로 백색광 간섭계는 충분한 광원을 가지는 할로겐 램프를 많이 사용하나, in-line 장비에 사용하기에는 주변 장치가 복잡하며, 수명이 짧아서 본 연구에는 LED를 광원으로 사용하였다. LED는 할로겐 광원 보다 광량이 작은 단점이 있으므로 최적 설계를 통하여 광원 확보를 해야 한다. 최대 광량 확보와 고른 분포 확보를 위해서는 Fig. 2 와 같이 렌즈의 선택과 렌즈와 광원 대상 물체와의 거리가 중요한 변수이다. 수행한 렌즈 모의실험 결과를 바탕으로 실험 결과를 Table 1에 정리하였다.

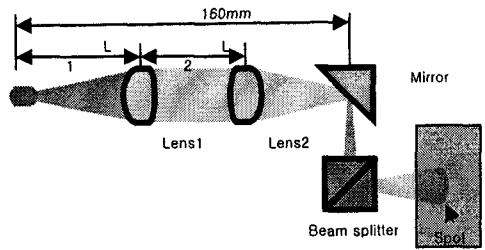
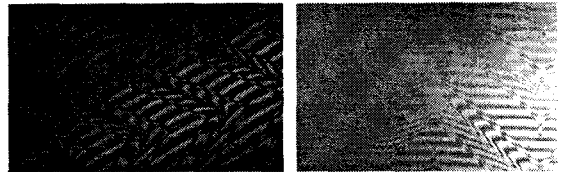


Fig. 2 Design parameter for illumination

Fig. 3(a)는 모의실험을 통하여 얻은 최적의 영상이며, Fig. 3(b)와 비교하여 볼 때 고르고 선명한 간섭무늬를 획득함을 알 수 있다.



(a) best interferogram (b) non-uniform image

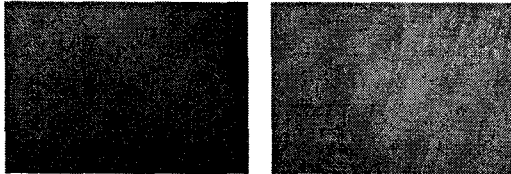
Fig. 3 Image result of lens design

Table 1 The caption comes before the table

Lens1FL/ Lens2 FL	L1 mm	L2 mm	Spot Size	focus length (mm)	조 도	밝기 표준 편차
50/100	30	40	4.719	207.367	965	7.07
50/100	45	35	6.215	237.266	754	12.45
50/120	70	40	6.760	227.129	689	15.5
50/120	45	30	9.256	294.702	312	29.8
50/125	60	800	4.171	206.460	412	23.4

2.2.2 수광부 광학계 설계

수광부의 광학계는 측정하고자 하는 검사 영역 FOI (field of Interest)와 간섭 무늬의 contrast를 결정한다. Fig. 4의 (a)의 경우 focal length 175mm 의 렌즈이며 (b)는 125mm 의 focal length 렌즈이다 125mm 의 렌즈 의 경우 약 800 x 600um의 FOV를 보이며 있으며 175mm의 경우 약 600 x 400um 의 FOV를 보이고 있다.

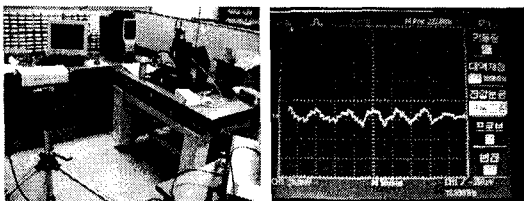


(a)800x 600um (FL 175) (b)640x480um (FL125)

Fig. 4 Images by different lens

2.2.3 측정 장치의 경량화

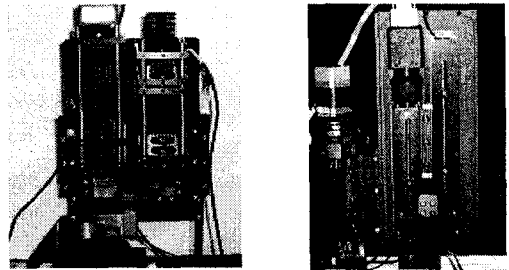
LCD 패널 8 세대의 경우 패널의 크기가 2200 x 2500 mm 로 600 x 400um 의 검사 영역으로 전 영역을 검사하기 위해서는 고속 이동을 해야 한다. 앞서 2 차원 영상 검사기나 CAD 로부터 pole 의 위치 정보를 받아 센서를 이동하여 pole 의 높이를 측정하게 되는데, 측정 장치의 경량화는 속도에도 많은 영향을 미칠 뿐 아니라, 미세 측정을 하게 되므로 측정 장치의 고유 진동수를 고려하여야 한다. 만일 측정 장치의 진동수가 각종 모터의 진동수와 같을 경우 공진이 발생하여 정밀 측정이 어렵게 된다. 측정 장치의 진동을 알아보기 위하여 Laser Vibrometer 를 이용하여 측정하여 보았으며 약 20kg 의 test 장비에서는 125Hz 의 진동이 측정 되어 모터 제어 주파수와 비슷하여 공진이 발생하였으나 무게를 10kg 정도 절반으로 줄인 모듈화 구성 장비에서는 평균 60Hz 의 진동으로 감소함을 보이고 있다.



(a) Laser Vibrometer (b) frequency signal

Fig. 5 Experiments for anti-vibration

Fig. 6(a)는 모듈 구성을 위한 test 용 장비이며 Fig.6(b)는 최적화하여 10kg 이내로 경량화된 장비이다. Table2 는 개발된 장비의 사양을 나타내고 있다.



(a) Test equipment (b) Optimized system

Fig. 6 WSI measurement system

Table 2 System Specification

목차	Specification
측정 방법	white light Interferometry
측정 범위	250um
Objective Lens	CF Plan 10X DI
Function and option	2D and 3D view Vibration Isolation system Visual c++ .net LED Controller
Scan Speed	40um/sec
Z Step Resolution	0.2um
Auto focusing	300um/sec
FOV	640um X 480um

2.3 측정 기준면 자동 검출

2.3.1 측정 기준면 자동 검출 방법

백색광 주사 간섭계에서 절대 높이를 구하기 위해서는 기준면(reference)에 대한 위치 정보가 필요하므로 실험장치에 z 축 linear encoder 와 스테핑 모터를 장착하여 자동으로 기준면을 찾고 절대 높이를 구할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 개발된 백색광 주사 간섭계에 있어 고속으로 바닥 기준면의 높이를 검출하기 위하여 개발된 자동 초점 검출 방식은 macro focus 와 micro focus 로 나뉘며, 검출에는 영상상의 특징치를 이용하여 초점을 맞추는 방법을 사용하였다. 측정 대상물인 LCD 8 세대 glass 의 경우 위에서도 언급 하였듯이 2200 x 2500 mm 의 대면적으로 높이 편차가 약 200um 이상으로 되기 때문에 스테핑 모터를 사용하여 10um 정도의 정밀도를 가지는 marco 방법과

piezo actuator 를 사용하여 0,4um 정도의 정밀도를 가지는 micro 방법으로 나누어 적용을 하였다.. 빠른 시간 안에 바닥 면을 찾기 위하여 z 축 모터를 이용 넓은 sampling interval 을 가지고 바닥 면에 근사한 위치를 잡은 후 PZT 만을 이용 좁은 영역에서의 sampling 을 하여 바닥 면을 정확히 찾아내는 것이 되겠다. 본 연구에서는 Macro focusing 방법후 Micro focusing 방법을 하여 Table 3 에 나타난 바와 같이 99.87% 의 성공률과 약 300um/sec 의 속도를 가지는 기구부 와 알고리즘을 설계 하고 구현 하였다.

2.3.2 Macro focusing 방법

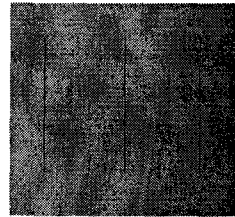
Macro focus 란 Fig. 2 (b) 와 같이 Sensor Head를 Z축 방향으로 mm 에서 um단위로 이송 할 수 있는 Z Step 모터를 이용하여 약 10mm 정도의 범위의 영역 내에서 focusing 을 하는 것을 말한다. 기본적으로 macro focusing은 어디 있을지 모르는 바닥 면에 대하여 100um~10mm의 범위 내에서 최대한 빠른 시간내에 찾아야 한다. 본 실험에서는 약 1mm 검사 구간에 대하여 Z축 모터를 10um단위로 이송하면서 영상을 획득한 가장 선명해지는 부분을 찾아내는 방법을 사용하였다. 10um의 이송 단위는 10배의 간섭 렌즈를 적용할 경우 image 상에서 약 30um ~ 50um 대상물의 edge를 구분할 수 있기 때문이다. 연산속도를 높이 위하여 image 상의 7의 (a)에서 붉은 선으로 표시된 검사 영역에 대하여 영상의 edge의 sharpness를 구하게 되겠다. 모터 이동으로 측정기가 depth of focus 영역 근처에 들어 오게 되면 image의 edge의 선명도는 강해 지게 되며 가장 선명도가 강한 부분을 찾아 그 위치로 이동하게 된다. 이때의 edge 추출은 간단히 Sobel과 같은 간단한 영상처리 기법을 적용하였으며, 식(1)과 같이 5 pixel의 연산 범위를 정하였다. 이때 z축 모터가 10um로 scan하게 되면 간섭 무늬가 나타나는 구간이 약 4 ~ 5um로 Fig. 8의 (b)의 경우 간섭 무늬 영상에 보는 경우 큰 값의 변화율을 보이고 있으며 (c)의 경우 간섭 무늬 보이지는 않았으나 image 상에서 가장 선명한 부분을 찾아 낸 경우이다.

$$f = \sum_{n=2}^{N-2} \sum_{j=-2}^2 (I_{n+j} \times j) \tag{1}$$

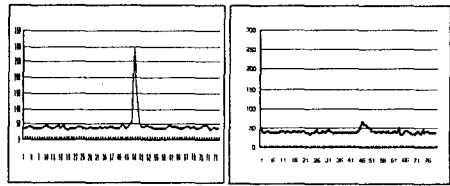
I = intensity, N = sampling time

초점 검사의 측정 정밀도를 높이기 위해서는

scan 간격을 줄일수록 유리하지만, 영상 획득 속도의 한계로 인하여 카메라를 사용한 방법에서는 한계점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 Z 축을 고속으로 움직이며 Photo sensor 를 이용하여 자동 초점을 찾도록 개선해야 한다.



(a) ROI for macro focusing image



(b) edged sharpness with fringe (c) without fringe
Fig. 7 Marco focusing method

2.3.3 Micro focusing 방법

Micro focus 란 약 100um의 영역을 PZT를 이용하여 고속으로 Scan하여 fringe를 찾아내는 방법이 되겠다. 이미지 상에서 fringe 가 확인되는 구간은 약 4~5um 정도 된다. 본 실험에서는 100um의 영역에 대하여 0.4um단위로 scan 하며 Fig. 8의 (a)의 사각형 범위의 ROI영역을 정하여 영상의 표준편차를 구하였다. 영상에서의 fringe가 발생할 경우 밝고 어두운 부분으로 선명하게 나누어지게 되어 표준 편차를 구할 시 그 값이 다른 이미지에 비하여 확연히 커지게 되어 있다. 이를 식(2)과 같이 보일 수 있으며 Fig. 9의 (b)와 같은 그래프 형태의 값을 얻을 수가 있다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (I(u,v)_i - m)^2}{N^2}} \tag{2}$$

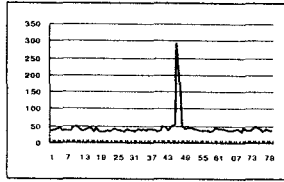
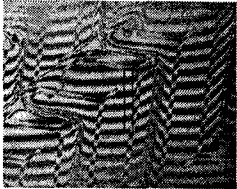
I(u,v) = Intensity of pixel

m = Intensity average

N = number of pixel in ROI Step

Table 3 Result of Macro + Micro focusing

측정횟수	측정속도	성공률	비고
2000	300um/sec	99.85%	3회 오차



(a) Micro focusing ROI (b) standard deviation value
Fig. 8 Micro focusing method

2.4 측정 알고리즘 비교

2.4.1 측정 알고리즘

백색광 주사 간섭계에서 높이 추출을 위해서 영상에서 획득한 fringe 의 정점을 찾는 연구에 대해서는 현재까지도 많은 연구가 이루어지고 있으며, 본 연구에서는 Fourier transform 을 이용한 방법, 무게 중심 법, 가시도 상관 분포 법, SEST 등이 4 가지 알고리즘의 비교를 통하여 LCD glass 의 pole 의 측정에 적용하여 속도, 주위환경의 영향과 반복도 등을 비교하였으며, 가장 in-line 적용에 적합한 알고리즘을 선정하였다. 실험은 640 x 480 image size 의 영상에 대하여 약 40nm 의 범위에 대하여 각각 알고리즘 마다 0.2um 와 0.4um 구간을 이송하였으며, 결과는 Table 4 에서 나타내었다.

2.4.2 Fourier Transform Analysis

FFT^{5,7} 를 이용한 방법은 많이 알려진 방법으로 처음 Kino 에 의해 제안된 알고리즘이다. 백색광 간섭무늬는 배경 광 성분을 제외하면 식 (3) 과 같이 주기 성분인 cosine 함수 항과 가시도 함수의 곱으로 표현되고, 이의 Fourier 변환이 두 함수의 Convolution 인 성질을 이용한 것이다. 식 (5) 은 식 (4) 의 Fourier 변화 결과이다.

$$I(x, y, z) = I_0(I + g(x, y, z)\cos 2k_c(z - z_0(x, y))) \quad (3)$$

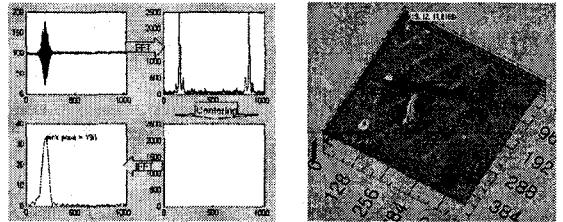
$$I(x, y, z) = I_0g(x, y, z)\cos 2k(z - z_0(x, y)) \quad (4)$$

$$F(I) = I_0F(g) * F(\cos 2k(z - z_0)) \quad (5)$$

주기함수의 Fourier 변환은 delta 함수가 되므로, 식 4 에 의해 가시도 함수가 주기함수의 주파수만큼 이동된 결과를 갖는다. 따라서 고주파

주기 성분을 제거하면 가시도 함수를 추출해낼 수 있고, 이는 저주파 성분의 peak 점을 구하여, 이때의 PZT 의 위치의 측정 높이를 찾아서 측정물의 높이를 구한다.

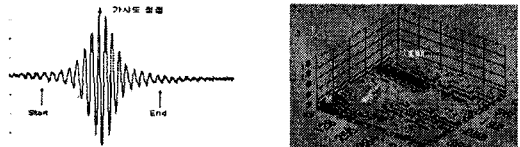
FFT 를 이용한 방법은 뒤에서 언급한 가시도 추출법에 비하여 잡음과 왜란에 강하다는 장점은 있지만 연산 시간이 40um 를 0.2um 단위로 측정 시 24 초 이상으로 너무 오래 걸리기 때문에 빠른 시간 안에 검사하여야 하는 실시간 검사 장비에 적용하기에는 부적합하다는 단점이 있다.



(a) Fourier Transform Analysis (b) Result by FFT
Fig. 9 FFT method application measurement result

2.4.3 무게 중심법

무게 중심 법이란 Interferogram 의 가시도의 정점에 대하여 무게 중심 점을 구하는 방법으로 매우 간단한 연산으로 고속의 정점을 구할 수가 있다. 이 방법은 연산량을 줄이기 위하여 Fig. 10과 같이 Interferogram 의 가시도의 정점을 중심으로 fringe 가 나오기 시작하여 끝나는 구간에 대하여 무게 중심을 구하면 된다.



(a) Mass centering method (b) Result
Fig. 10 Mass center method application measurement result

이는 식 (6)로 표현 한다. 무게 중심법은 소량의 연산을 통하여 고속으로 정점을 찾을 수 있다는 장점이 있지만 data 양이 적거나 진동에 의한 왜곡 시 오차 값이 커진다는 단점이 있다.

$$I(x, y) = \frac{\sum_{n=1}^N z_n I(z_n)}{\sum_{n=1}^N I(z_n)} \quad (6)$$

여기서 z_n 은 영상 화소상 (x,y)좌표에 해당하는

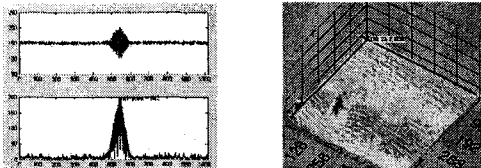
주사방향 (z 축 방향)의 가시도 좌표 값을 나타낸다.

2.4.4 가시도 상관 분포법

가시도 상관 분포법은 간섭무늬의 주기적인 성질을 이용하여 실험 결과의 임의의 형태의 함수를 만들어 서로 상관시켜 그 크기가 가장 큰 점을 찾는다.

$$f(x) \otimes h(x) = \int f(x)h(\alpha - x)da \quad (7)$$

여기서 상관시키는 함수 h(x) 통상 측정치 함수를 잘 대표할 수 있는 함수를 구성하여 사용하는데, WSI 의 가시도 분포함수는 Fig. 11 과 같이 보통 가우스 함수 형태를 가지고 있다.



(a) Correlation method (b) Result of the method
Fig. 11 Correlation method application and result

가시도 상관 분포법의 경우 또한 연산 량이 많아 빠른 연산속도를 가지고 있으나 역시 진동에 영향을 받으며 측정환경의 변화에 의한 주기 함수의 변화가 오차율을 그대로 측정 결과로 가지고 간다는 점에서 실시간 검사 장비에 있어서 부적합하였다.

2.4.5 SEST (squared-Envelope function estimation by Sampling Theory)

기존의 Fourier Transform을 이용한 digital filter의 방법이 연속의 좁은 간격의 sample data를 획득하여 많은 수의 data량과 대용량의 연산으로 많은 시간이 걸리는데 반하여 제안하는 sampling 이론을 바탕으로 Interferogram으로 부터 얻은 적은 sample data 값에 대하여 넓은 sampling interval을 가지고 squared-envelope function을 이용 정점을 빠른 속도로 구하는 방법이 되겠다.

식 (9)는 Z 축 방향으로의 Interferogram의 intensity 값의 평균이 되겠으며 식 (8)에서 Sampling value를 구한 후 식 (10)에 적용하여 정점을 검출한다. Fig 12.는 SEST의 방법을 사용하여 검출한 결과이다.

$$f_n = g(z_n) - c \quad (8)$$

$$c = \frac{1}{n} \sum_{n=0}^{N-1} g(z_n) \quad (9)$$

$$r_n(z_j) = (f_j)^2 + \frac{4}{\pi^2} \left[\sum_{n=-\lfloor (j+1)/2 \rfloor}^{\lfloor (N-j-2)/2 \rfloor} \frac{f_{j+2n+1}}{2n+1} \right]^2 \quad (10)$$

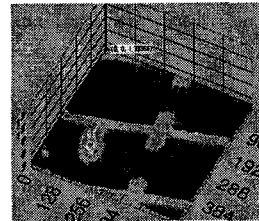


Fig. 12 SEST application measurement result

2.4.6 제안된 방법

위의 알고리즘의 구현 결과 SEST 알고리즘이 속도와 정밀도를 동시에 고려할 때 비교적 우수한 성능을 보이고 있으나 in-line 적용을 위한 목표치인 40um/sec 의 연산속도에는 미치지 못하고 있다. 따라서, 연산 속도를 줄이기 위해서 속도가 빠른 무게중심법과 정밀도가 높은 SEST 알고리즘을 병행하여 In-line 장비에서 가장 취약한 외부 진동 환경에 강하도록 하였다. 본 실험에서는 Fig. 13과 같이 속도 개선을 위하여 정점은 무게중심 법을 이용하여 구한 후 Interferogram내의 작은 범위 안에서 SEST 알고리즘으로 점을 검출하도록 하여 속도와 정밀도를 높였다.

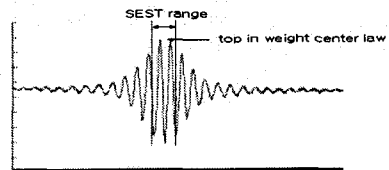
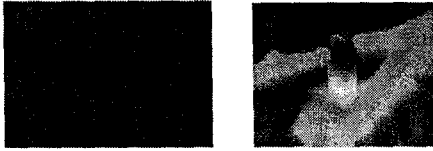


Fig. 13 Proposed measurement algorithm

Fig. 14 는 측정 대상인 pole 에 대해서 제안된 방법을 사용하여 측정된 결과이다. Fig. 14 는 높이 max 4.07um 평균 3.99um minimum 3.91um 의 표준 시편에 대한 측정 영상이며, 100 회 측정하여 Table4 에 대하여 나타내었다. 측정결과 평균 3.94um 의 높이를 보이고 있으며 최고 높이

3.997um 최소 높이 3.9043um 로 표준편차 0.024 의 값을 보이고 있다.



(a) Image of Pole (b) Pole 3D measurement

Fig. 14 3D measurement result of proposed method

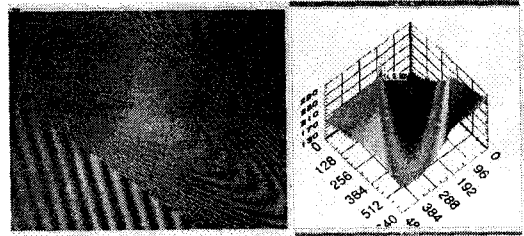
Table 4 Normal poem height and measurement result

	Max	Average	Min	100회 측정 표준편차
시편 높이	4.07um	3.99um	3.91um	
측정 높이	3.997um	3.94um	3.9043um	0.024

3. 측정 실험

개발된 백색광 간섭계의 성능을 평가 하기 위하여 500 회의 측정 시험을 하였으며, 그 결과를 Table 5 에 나타내었다. 측정에 사용된 시편은 LCD 의 pole 과 wafer 상의 gold bump 이다. 측정기의 측정 정밀도를 비교하기 위해서는 산업계에서 3 차원 측정용으로 널리 사용하고 있는 Olympus 사의 confocal 장비의 측정 결과를 비교 대상으로 정하였다. 측정 실험 방법은 PZT 의 이송 속도를 0.2um 와 0.4um 로 나누어서 40um 의 높이를 측정하여 각 알고리즘 별로 측정 속도를 비교하였으며, 0.4um/step 의 이송 속도를 사용하여 측정 정밀도를 비교하였다.

Table5 에서 속도 면에서는 연산량이 적은 무게 중심 법이 가장 빠르며, 정밀도 면에서는 FFT 를 이용한 방법이 측정 정밀도 및 신뢰도가 가장 높았다. 반면, FFT 를 이용한 방법은 연산 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 무게 중심 법은 정밀도 면에서 낮은 신뢰도를 보이고 있으며, SEST 알고리즘은 정밀도 면에서는 높지만 속도에서는 주어진 성능을 만족하기에는 미흡함을 알 수 있었다. 마지막으로 제한된 방법은 측정 속도와 정밀도 면에서 만족할 만한 성능을 보임을 알 수 있다.



(a) reference specimen (b) measurement result
Fig. 15 reference specimen and its measurement result

Table 5 A measurement result by algorithm

Step 분해능/ 측정범위	0.2/40	0.4/40	Pole 측정 오차	Bump 측정 오차
FFT	24 sec	12 sec	1.25%	0.48%
무게 중심 법	1.1 sec	0.6 sec	3.2%	1.1%
가시도 분포 상관 법	1.7 sec	0.9 sec	5.51%	2.3%
SEST	2.3 sec	1.7 sec	1.38%	0.52%
제한된 방법	1.3 sec	0.7 sec	1.41%	0.58%

4. 결론

본 연구에서는 LCD glass의 pole 형상 측정을 위하여 백색광 주사 간섭계를 In-Line 장비에 적용을 위한 측정기 설계 및 고속 측정 알고리즘을 개발하였다. 광량 확보를 위한 최소 렌즈를 사용한 백색광 광학계의 in-line 장비를 위한 Autofocusing 방법과 측정 속도를 높이기 위하여 여러가지 알고리즘을 비교 분석하여 적합한 알고리즘을 선택하여 사용하였다. 본 연구를 통하여 개발된 광학계 설계 및 Autofocusing, 측정 알고리즘을 적용한 in-line 장비는 LCD 생산의 각종 검사 측정 분야를 비롯하여 반도체 및 광부품 산업에 있어 큰 기대 효과를 볼 수 있을 것으로 기대한다. 반도체 공정 적용을 위해서는 측정 속도를 약 100um/sec로 높이기 위하여 새로운 광학계 설계 고속 카메라의 적용 및 Strobe 조명 방식 적용, 간섭렌즈의 고속 구동을 위해서 피에조 액츄에이터를 멈추지 않고 이동하면서 고속 영상 획득하는 on the flying image 방법이 현재 진행중이다. 또한 백색광 간섭계는 진동에 취약한 문제점이 있으므로, in-line 장비에 적용하기 위해서는 진동에 강건하도록 측정계 설계와 측정 알고리즘을 보완해야 할 것이다.

후 기

본 연구는 충남디스플레이 연구개발 클러스터 사업단(RTI 04-01-02)의 연구비 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Creath, K., "Sampling requirements for white-light interferometry," Proc. Fringe'97, Academic Ver;ag, pp. 52-59, 1997.
2. Hirabavashi, A., Ogawa, H. and Kitagawa, K., "Fast surface profiler by white-light interferometry by use of a new algorithm base on sampling thory," APPLIED OPTICS, Vol. 41, No. 23, 2002.
3. Young, M., "The Technical Writer's Handbook," Mill Valley, 1989.
4. Ono, A., "Aspherical mirror testing with an area detector array," Applied Optics, Vol. 26, No. 10, 1987.
5. Kino, S. G. and Chim, S. S. C., "Mirau correlation microscope," Appl.Opt.29, pp. 3775-3783, 1990.
6. Chim, S. S. C. and Kino, S. G., "Phase measurements using the Mirau correlation microscope," Appl.Opt 30, pp. 2197-2201, 1991.
7. Chim, S. S. C. and Kino, S. G., "Three-dimensional image realization in interference microscopy," Appl. Opt. 31, pp .2550-2553, 1992.
8. Chim, J. P., "Interferometric profiler for rough surfaces," Appl.Opt. 32, pp. 3438-3441, 1993.
9. de Groot, P. and Deck, L. "three-demensional imaging by sub nyquist sampling of white-light interferograms," Opt.Lett. 18, pp. 1462-1464, 1993.
10. Joo, S. J., "Three-dimensional geometric data acquisition and surface recognition using structured light system," M.S.Thesis, KAIST, pp. 7-10, 2006.