

유리 결함 검사를 위한 개선된 알고리즘 연구

한창호 박성수 오춘석 유영기

선문대학교 정보통신공학부

liberman@paran.com, csch@sunmoon.ac.kr

A Study on Enhanced Algorithms for Detecting Defects of Glasses

ChangHo Han, SeongSoo Park, ChoonSuk Oh, YoungKee Ryu

Division of Electronics, Information and Communication Engineering, SunMoon University

요약

본 논문은 유리의 결함 검사를 위한 알고리즘을 제안한다. 기포 측정에 대한 정의와 기포의 형상을 측정하는 알고리즘을 제시하고, 비전 시스템을 이용한 검사자동화 시스템에 적용하여 테스트를 하였다. 기포 형상에는 두가지 타입으로 원형 타입과 긴형상 타입으로 구분되며, 이 두가지 타입에 따라 측정 결과 표시 방법이 다르다. 이미지 획득 및 전처리에서는 ccd 카메라를 사용하여 획득한 영상과 결함을 찾기 위해 영상을 이진화를 했으며, 얻어진 이진영상은 chain code 알고리즘을 통해 결함의 면적, 둘레, 길이 및 위치등의 정보를 추출한다. 실제 물리적 크기를 정확히 얻기 위해 카메라의 보정을 했다. 광학계의 심도에 비하여 패널의 두께가 두껍기 때문에 하나의 영상으로는 기포의 양질의 영상획득이 불가능하다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 높이를 변화시켜가며 획득한 영상으로 불량형상을 찾아내고, 측정하기 적합한 영상을 획득하는 화상처리 알고리즘도 제안한다. 조명은 기존에 사용한 백라이트 영시야 조명을 사용하였다. 시스템의 결함 검출율은 거의 90%이상의 성능을 나타내고 있다.

1. Introduction

평판 유리의 검사 시스템은 유리의 크기가 날이 커지면서 질적 요구에 의해 꼭 필요한 시스템이 되었다. 이러한 요구에 대한 해결책은 평판 유리 생산 공정을 거쳐 나온 후 100% 자동화된 표면 검사를 하는 것이다.

최근, TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) 디바이스는 FPD (Flat Panel Display)에 대한 주요한 기술이 되었다. FPD 시장이 점점 더 경쟁적이 되면서, 디스플레이의 질은 생산업체의 중요한 문제가 되었다. 디스플레이의 질을 조절하는 가장 중요한 점은 LCD 패널에서 공정상 가끔씩 발생하는 결함을 검사하는 것이다. 현재 패널 검사공정은 다른 어느 공정보다 작업자에 의존하는 공정이라 할 수 있다. 제품의 양품 판별의 대부분이 검사자의 경험과 목시에 의존한 육안판별에 의해 이루어지고 있기 때문이다. 이러한 특성으로 인하여 검사공정은 표준화 및 정량화가 힘들고, 검사자의 경험과 상태에 따라 측정의 일관성을 이루기 힘들어 검사 결과의 양품 판정기준에 차이가 있을 수 있다.

현재 많은 유리 생산업체들은 공정상에서 두께나 결함을 다양한 방법으로 측정하고 있다. 광학적 측정 방법이 실시간 작동성과 구현성이 우수하여 광범위하게 사용 되고 있다.

2. 영상 획득과 전처리

Panel 내의 기포(Blister) 불량형의 형상을 측정하는데 있어서, 불량형의 크기는 미세하고, 고분해능의 측정 정밀도를 원하기 때문에 만일 640×480의 CCD 이미지 센서로 6.4 mm×4.8 mm의 영역을 측정한다면, 한 Pixel 당 10 μm에 해당하며, 이때 심도는 실험적으로 약 3mm이하로 나타난다.

대부분의 Panel 두께가 8mm이상인 상태에서 3mm이하의 심도를 갖는 광학계로 불량을 측정하기 위해서는 Panel의 임의의 위치에 존재할 Blister의 현상을 측정하기 위하여 광학계의 높이를 바꾸어가며 여러 장의 영상을 측정한다.

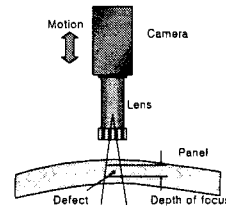


그림 1. Proposed image acquisition system

그림 2는 Blister가 Panel의 안면부분에 존재하는 경우 깊이에 따라 여러 장의 이미지를 획득한 예이다.

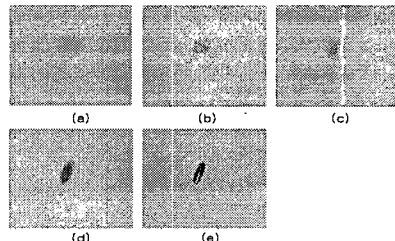


그림 2. A series of defect images captured by different focusing

어떤 불량형의 형상이 뚜렷이 보이는 화상(초점이 맞은 화상)과 그렇지 않은 화상 사이에 큰 밝기 차이가 나타날 것이다. 이러한 현상을 이용하여 불량형의 유무 및 위치를 판단하고 알고리즘의 속도를 고려하여 새로운 화상을 아래의 식과 같이 연산하여 다음과 같이 재구성할 수 있다.

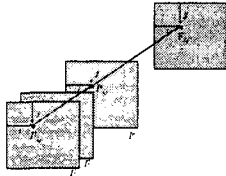


그림 3. Reconstruction from a series of images

$$F_{i,j} = \sum_0^{k-n} |I_{i,j}^k - I_{i,j}^{k+1}| \quad (1)$$

여기서, 아래첨자 i, j 는 픽셀 위치, 윗첨자 k 는 화상 번호, I 는 입력화상 그리고 F 는 다수의 영상에서 계산된 새로운 영상의 밝기값을 표현한다.

(식 1)에서 보이는 바와 같이 연속된 화상 사이에서 변하는 밝기차이의 절대값의 합을 새로운 영상으로 재구성하는 경우, 불량형이 존재하는 경우는 밝은 화상이, 불량형이 없는 배경 부분은 어둡게 나타날 것이다. 아래의 그림 4(a)에 예를 보았다.

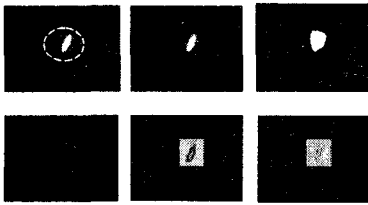


그림 4. Various pre-processed images

그림 4(a)는 심도를 달리하여 얻은 영상으로부터 밝기 차이로 구한 영상이며, 그림 4(b)는 같이 3×3 단위로 평활화한 영상이며, 그림 4(c)는 실험으로 구해진 문턱값을 이용하여 이진화상처리를 하여 불량 부위를 나타내는 영상이다. 그림 4(d)는 불량 영역으로 예상되는 부분으로 앞서 구한 획득이미지 I_1 부터 I_n 까지의 영상 중 가장 윤곽선이 큰 부분에 해당하는 영상영역이 된다. 그림 4(e)와 같이 그림 4(f)는 영역을 네모 형태로 보여준다. 이진화상 그림 4(c)로부터 Chain Code 방법으로 불량형 예상 영역들의 면적, 둘레, 길이 및 위치를 고려하여 불량으로 의심되는 영역만 남겨두고 그 외의 영역은 소거한다. 가장 윤곽이 뚜렷한 영상으로부터 자세한 불량형의 정보를 추출하는 전체적인 과정으로 불량형의 정보를 추출한다.

3. Calibration

카메라와 렌즈로 구성된 광학시스템에서 획득된 이미지의 한 화소가 차지하는 물리적 크기를 구하여, 측정시 화상의 픽셀 정보를 실제의 크기로 변환하기 위하여 아래와 같은 형태의 시편을 사용하였다.

예칭된 마크는 크기가 0.5 mm에서 1 mm의 것을 사용하였으며 화전에 무관하게 간단히 측정하기 위하여 원형의 마크를 선정하였다. 위의 그림에서 중심부가 뚫려진 시편을 사용하였다.

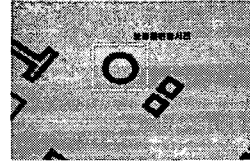


그림 5. A pattern for calibration

4. 불량형상 정보 추출

영상처리의 chain code algorithm은 ROI 영역내의 불량형 후보 영역을 구하는 역할을 한다. 미미한 잡음에 의한 영상은 배제하고 불량으로 예상되는 영역에 대한 정보를 추출한다. 측정하기에는 너무 많은 잡음이나 너무 작은 불량형은 시편의 상태가 좋지 않은 경우로 간주할 수 있으므로 측정 대상에서 무시되며, 화상의 경계에 존재하는 경우도 무시된다. 이러한 조건을 만족하는 경우에 대한 불량형 예상 영역에 대해서는 무게중심, 면적, 둘레, MBR(Maximum Boundary Region), 회전된 상태에서 장축을 기준으로 한 MBR, 밑그림질량, 통계적 장단축 방향의 길이, 외곽의 장단축 길이 등을 계산한다.

5. Blister의 측정 알고리즘

Blister의 윤곽을 정확하게 구한다는 것은 실제로 매우 힘든 문제이다. 그 이유는 Blister의 발생 위치가 투명한 유리의 중심에 위치하고 있어 물리적으로 유리를 절단하여 실제의 크기를 측정할 값과 상단 camera에서 측정할 크기는 유리의 굴절을 영향으로 다르게 보일 것이다. 보통은 실제보다 크게 보인다.

또한 실제의 Blister 크기를 정확히 측정한다 하더라도 그 크기의 값보다 그 불량 크기로 인하여 발생한 화상상의 불량 이미지 크기는 또한 Blister의 위치에 따라 달라진다. 즉 Blister의 크기 자체보다는 근본적으로 Blister에 의한 불량 영상 효과를 고려한 불량 크기 판별이 이루어져야 한다.

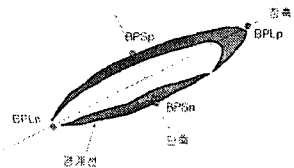


그림 6. A long-axis and short-axis of MBR

- BPLp : 장축의 + 방향에 최외곽 위치점
- BPLn : 장축의 - 방향에 최외곽 위치점
- BPSp : 단축의 + 방향에 최외곽 위치점
- BPSn : 단축의 - 방향에 최외곽 위치점

- 1) 이진화 영상에서 경계선을 이용한 최외곽 경계 위치 검출(Boundary Points)하고, 위의 이진 영상을 장축 방향과 단축 방향에서 최외각이 되는 점을 계산한다.
- 2) 불량형의 주변 밝기값을 구하여 장축, 단축의 밝기값에서 바탕 밝기를 빼줌으로서 불량형의 정확한 경계를 구한다.

3) 주변 광 밝기가 불균일 할 경우도 있기 때문에 장축과 일정 offset 을 갖는 위치의 밝기(I2,I3)의 평균값을 장축상의 밝기 강도값 I1 에 빼주어 주변 광의 영향을 제거한 불량을 장축에 대한 밝기 분포를 구한다.

4) 각 축에 따라 투영한 밝기를 일정한 값으로 Scaling 한 윤곽값을 구한다.

5.1 원형에 가까운 불량

경계의 윤곽이 뚜렷하며 위의 세 정보 값이 매우 유사하다. 실험을 통하여 윤곽치의 최대값 위치가 복시 검사와 매우 유사한 결과를 보인다. 따라서 장단축의 경계값은 윤곽치의 최대값 위치로 정하였다.

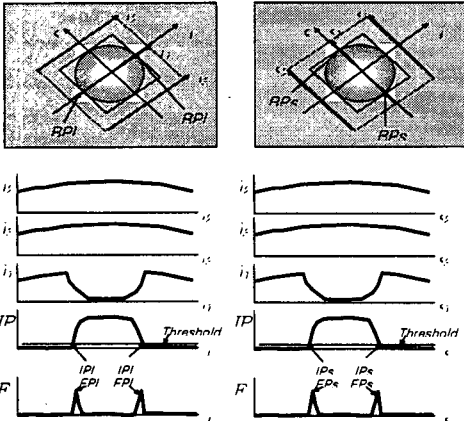


그림 7. Measure of circle type of a blister

5.2 장축에 가까운 불량

원형상과는 달리 장축에 가까운 형상은 최외각 경계 위치점 (BPLp, BPLn, BPSp, BPSn), 장단축에서의 윤곽치 (EI, Es), 장단축에서의 밝기 분포 (IPI, IPS)를 구하는데 있어 차이를 준다.

원형의 경우는 윤곽 값은 장축길이와 단축길이를 합하여 2 로 나눈 평균값이 되지만, 긴 형상의 경우는 장축의 길이가 된다.

즉, 단축은 앞에서와 같이 윤곽 값의 최대 위치로 하고, 장축은 원형에 가까운 경우는 윤곽 값으로 긴 형상에 가까운 경우는 세가지 정보 중 가장 큰 값과 윤곽 최대값 사이의 거리로 결정하도록 하였다.

6. 실험장비

아래의 그림과 같이 IBM PC 에 Matrox Meteor II/MC 화상처리보드를 탑재하고 SONY XC-55 흑백 카메라를 통하여 이미지를 획득한다. 렌즈는 초점거리 50mm(CANON 사)에 경통 50mm 를 부착하여 FOV 는 6.4mm x 4.8mm 로 설계하였다. 설계 제작된 X-Y table 및 Z 축 정밀 모션 스테이지를 보였다. X-Y Table 의 정밀도는 1 Pulse 당 10mm/400 = 25um 이며 z 축의 이송정밀도는 0.5mm/1000=0.5um 의 스테이지를 사용하였다.

기포의 형상 검사를 위한 조명으로 본 연구에서는 RED LED 조명을 선택하였다. 조명의 수명, 비용, 정밀특성 및 RED 파장대에서의 CCD 센서의 감도 등을 고려하여 구성하였다.

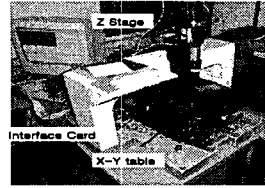


그림 8. A picture of the system

7. 결론

본 연구에서는 평판 유리의 기포형상을 측정하고 기포 불량을 판별하기 위하여 화상처리 알고리즘과 성능평가를 위한 비전시스템을 구성하였다. 기포의 형상 측정은 원형 타입과 긴형상 타입으로 구분된다. 이 두 가지 타입에 따라 측정 결과 표시 방법이 다르다. 실제의 측정실험 시 원형과 긴 형상의 중간적인 형상의 경우 측정의 신뢰성이 떨어지는 문제점이 있다. 본 연구에서는 형상이 두 타입 중 어느 형상으로 판단되어도 측정에 일관성을 유지하도록 측정의 판단 기준을 제시하여 측정의 신뢰성을 향상시켰다. 광학계의 심도에 비하여 패널의 두께가 두껍기 때문에 높이를 변화시켜가며 획득한 영상에서 불량 존재를 판단하고 불량 형상을 측정하기에 적합한 영상을 여러 획득영상에서 선택하는 화상처리 알고리즘을 제안하였다. 기포의 형상 측정에 적합한 조명실험을 행하여 기존에 사용한 백라이트의 명시야 조명에서의 측정이 타당함을 확인하였다.

References

[1] Sang Pil Youn, Young Kee Ryu, "Development of a non-contact optical sensor for measuring the shape and thickness of the transparent objects", Optomechatronic System, SPIE, Vol 4190, pp20-28, November, 2000
 [2] Ji-hua Zhang, Liong Cal, "An Autofocusing Measurement System with a Piezoelectric Translator", IEEE/ASME TRANSACTION ON MECHATRONIC, 2, pp.213-316, 1997.
 [3] Y.K.Ryu and H.S.Cho, "New Optical Sensing System for Obtaining 3D shape of Specular Objects", Optical Engineering, Vol 35, No5, pp.1483-1495,1996.
 [4] R.C.Gonzalez, R.E.Woods, Digital Image Processing, 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
 [5] Jee Hong Kim, "A Detection Method of Non-uniform Brightness Defects in LCD Based on Human Vision," Journal of IEEK vol. 41, SP-3, pp9-16, 2004.
 [6] Matrox Electronic System Ltd., Matrox Imaging Library, Manual No. 10513-MN-0600, February, 1999.
 [7] C.Oh, Y.Ryu, and B.Roh, "Video Tape Recorder Head Inspection using Image Processing Techniques," Optical Engineering, vol. 38, no.1 pp. 124-130, Jan., 1999.
 [8] N. Otsu, " A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
 [9] P.J.Rousseeuw and A. M. Leroy, Robust Regression and Outlier Detection, New York: John Wiley & Sons, 1987.
 [10] Y.Ryu, C. Oh and J. Lim, " Development of a non-contact optical sensor for a measuring the shape of a surface and thickness of transparent objects," Optical Engineering, vol. 40, no.4, pp.500-502, Apr., 2001.