

화상처리를 이용한 ITO 코팅 유리의 결함검출기법 개발

김면희*(경북대), 배준영(경북대), 이태영(구미1대학), 안경철(신안SNP), 이상룡(경북대)

Deveopement of Scratch Detection Algorithm for ITO coated Glass using Image Processing Technique

M. H. Kim(Mech. Eng. Dept., KNU), J. Y. Bae(Mech. Eng. Dept., KNU), T. Y. Lee(Auto. Eng. Dept., Kumi College), K. C. Ahn (SNP Co.) and S. R. Lee(Mech. Eng. Dept., KNU)

ABSTRACT

This research describes a image-processing technique for the scratch detecting algorithm for ITO coated glass. The light emitter efficiency of Organic EL has a falling-off in quality due to many causes. One of the many causes was the defects of the surface in ITO coated glass. We use the logical level thresholding method for binarization of gray-scaled glass image. This method is useful to the algorithm for detecting scratch of ITO coated glass automatically without need of any prior information of manual fine tuning of parameters.

Key Words : 화상처리기법(Image processing technique), 유기EL(Organic EL), ITO 코팅유리(ITO coated glass), 결함검출기법(Defect Detection Technique)

1. 서론

본 연구는 차세대 FPD의 소재로서 각광받고 있는 유기EL의 제조, 검사 공정의 자동화를 위한 연구이다. 유기 EL의 모체로서 이용되고 있는 ITO 코팅 유리는 그 표면의 경밀도에 따라서 제품의 불량률이 변화되게 됨으로 제조공정에 있어서는 매우 중요한 역할을 한다. 하지만, ITO 코팅유리의 표면 경밀도를 얻기 위하여 필수적인 연마공정 내에서 연마입자와 ITO 코팅유리의 상호작용에 의하여 연마가 이루어질 뿐 아니라, 불순물의 유입이나 기타 공정 조건에 의하여 유리 표면 결함이 발생하는 것은 피할 수 없는 상황이다. 따라서 연마공정이 끝난 후, 검사공정을 거쳐서 결함(스크래치, 흠 등)이 발생한 유리를 불량품으로서 골라내게 된다. 하지만 현재는 이러한 검사공정을 작업자의 육안에 의존함으로써, 작업자의 숙련도에 그 품질이 좌우되는 단점을 지니고 있다.

본 연구에서도 Mobile 장비에 대한 수요가 급증하고 있는 유기 EL용 장비의 모재에 해당하는 ITO

코팅유리의 표면연마공정에 대한 자동화 검사를 위한 기초 연구를 수행하고자 한다.

아직은 제조기술에 대한 초창기에 대한 연구임으로 특허의 출원이 활발한 상태인데, 이들의 현황을 살펴보면, 대부분, 유기 EL을 이용하여 반광소자를 구성하는 방식에 대한 특허¹⁾, 구성된 소자를 이용하는 방법에 관련된 특허²⁾, 그리고 제조를 위한 재료에 대한 특허³⁾로서, 제조공정 및 검사공정에 이용 가능한 특허 및 연구는 미약한 실정이다. 하지만 제품의 생산의 측면에서 보면 생산라인의 수율이 100% 일 수는 없으므로, 제품의 품질관리는 검사공정에 의지 할 수밖에 없고, 매우 중요한 공정이라 할 수 있다.

유기 EL에 이용되는 ITO 코팅유리는 유리표면에 ITO 코팅을 수행하고 이를 연마하여, 양질의 표면을 가지도록 제작한 유리인데, 이 위에 발광층을 구성하여 유기 EL을 제작하게 된다.

현재 생산라인에서는 ITO 코팅유리의 검사공정 중 결함(스크래치, 돌기부 등)에 대한 검사는 모두 육안검사에 의존하고 있는데 본 연구에서는 이러한 육안검사를 영상처리를 이용한 자동화 검사로 대체

하기 위한 영상처리 기법을 제시하였다.

이를 위하여, 표면계측을 위한 광학식 화상획득장치를 구성하였으며, 조명의 영향을 줄이고, 스크래치를 검출하기 위하여 Adaptive logical thresholding(이하 ALT) 기법⁴⁾을 응용한 스크래치 검출 알고리즘을 제시하였다.

2. 실험장치

2.1 유기 EL

유기EL은 아래의 Fig.1에서 보는 바와 같이 유리기판 위에 증착된 투명전도성 금속망(ITO)이 Anode로 사용되며, 그 위에 유기 박막을 증착한 뒤 Cathode로 사용되는 금속합금을 증착한 적층형 구조로 구성되며, 유기 박막에 양극(ITO)과 음극(Cathode)을 통하여 주입된 전자와 정공이 재결합하여 여기자를 형성하고, 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정 파장의 빛이 발생되어 발광하는 메커니즘을 가지고 있다.

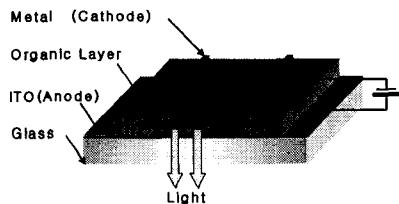


Fig. 1 The structure of organic EL.

그러나 유기EL의 발광 효율은 ITO 증착과정에서 발생되는 각종 오염물질 및 불균일한 증착 현상 때문에 ITO 표면상에 미세한 표면균열 또는 원주형상의 돌기가 형성되어 이들에 의해 유기 박막층의 정상적인 증착이 방해되므로 발광 효율이 현저하게 낮아지거나 Dark spot이 형성되어 불량이 발생되는 주요 요인으로 작용한다. 그리고 제조공정중의 불순물의 유입등의 요인으로 스크래치가 발생하여, 불량이 되는 경우도 있다. 그러므로 유리기판 위에 ITO 코팅작업이 완료된 후 ITO의 표면을 정밀하게 연마하여 일정한 수준의 평면도(300Å 이하) 및 표면조도(50Å 이하)를 유지하여야 한다.

2.2 실험장치

스크래치를 검출하기 위하여 스크래치의 크기에 따른 시야를 확보하고, 충분한 정밀도를 가지며, 영상의 왜곡을 최소화 하기 위하여 배율이 0.5~2 배로 가변되는 Progressive zoom lens를 이용한 가변배율을 구현하였으며, 이를 통과한 광을 확대렌즈를 통

과하여 확대영상을 얻도록 구성하였다. 배율이 높아 진수록 영상이 어두워지므로 출력 150W급의 할로겐 램프(모델명:MHF-150L)를 이용하여 조명장치를 구현하였다. 그리고 이를 조사시키기 위한 동축조명장치를 구현하였다. 동축조명을 조사하지 않는 경우는 영상의 그림자의 영향으로 양질의 영상을 얻지 못하게된다. 영상획득장치로는 CCD 카메라(XC-75)와 영상획득보드(Meteor)를 이용하여 구성하였다. 단일 영상으로 전체 ITO 코팅유리를 계측하지 못하기 때문에 2자유도를 가지는 X-Y 테이블을 이용하여 전직도 0.1μm를 확보하고, 유리를 이동시켜가며 부분적인 검사를 수행하도록 하였다. 다음의 그림에 구성된 실험장치를 보인다

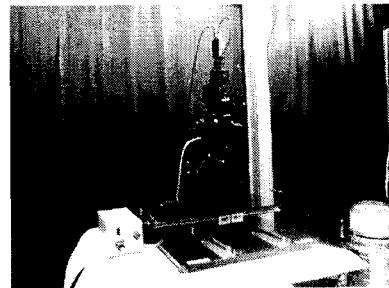


Fig. 2 The test Equipment

2.3 장치보정

회득된 영상이 실제 의도한 시야범위를 확보하였는지를 확인하기 위하여 1mm 기준 스케일을 활용하여 영상의 정밀도를 측정하여 보았다. 활용시 조건은 Zoom lens 배율 최대로 하여, 픽셀의 정밀도를 최대로, 시야범위를 최소로 하였을 경우를 이용하였다. 이 조건하에서 픽셀의 정밀도는 4.7μm의 정밀도를 가져야 한다.

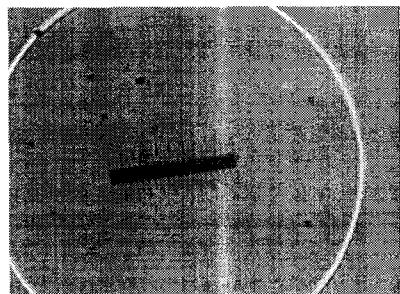


Fig. 3 The image of standard scale

2.4 개발프로그램

본 연구의 영상처리를 위하여 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용하여 Windows 환경에서 동작하는 프로그램을 구현하였다. 작성된 프로그램은 영상처리 기법에 관한 다양한 알고리즘을 탑재하여 여러가

지 영상처리 기법을 적용할 수 있도록 구성하였다. 다음의 그림에 본 연구를 위하여 작성된 영상처리 프로그램의 실행 예를 보인다.

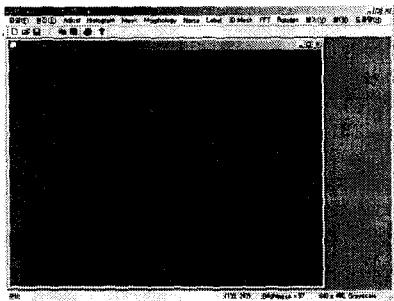


Fig. 4 The developed image processing software

3. 영상처리 및 실험결과

3.1 화상처리 알고리즘

본 연구를 위하여 구성되어진 화상처리 알고리즘은 다음의 그림과 같은 순서를 보인다.

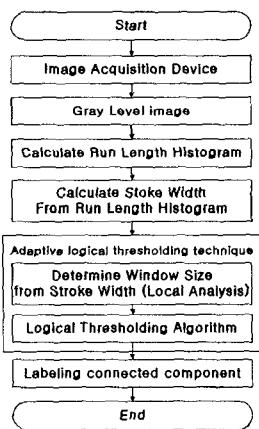


Fig. 5 The algorithm of image processing

먼저 얻어진 영상을 동일한 밝기 분포를 가지도록 하기 위하여 히스토그램 평활화 기법(5)을 적용한 이후, 비균일 조명의 영향을 제거하며, 스크래치부분만을 영상으로 나타내기 위한 ALT (Adaptive logical thresholding) 기법(4)을 적용한다. 이 ALT 기법은 영상의 형태로 보존된 문서의 잡음제거를 위하여 제시된 방법이었는데 본 연구에서 유용하게 이용될 수 있었다. 이 과정을 거치게 되면 유리의 부분은 1로 스크래치 부분은 0으로 그 픽셀의 값이 변환되게 된다. (이진영상으로 결과가 표현된다.) 따라서, 결과영상에 0의 픽셀이 존재하면, 스크래치가 있다고 판단할 수 있다.

3.2 개선된 ALT 기법

ALT 방법의 성능은 계산을 하는 영역의 크기와 그 영역에 따른 Threshold level 값으로 표현되는 값에 따라 결정이 된다고 할 수 있다. 이 값들의 변화에 따라 그 성능이 결정됨으로 이 값들의 결정하는 알고리즘의 개선은 전체 성능의 향상을 가져올 수 있다. 이 과정을 요약하면 다음과 같다.

1. 처리된 점 P의 $(2SW+1) \times (2SW+1)$ 영역 안에서 $f_{SW-\max}(x, y) = \max_{x_i, y_i \in (2SW+1)\text{window}} f(x_i, y_i)$ 와 $f_{SW-\min}(x, y) = \min_{x_i, y_i \in (2SW+1)\text{window}} f(x_i, y_i)$ 를 계산한다.
2. $|f_{SW-\max}(x, y) - ave(P)|$ 와 $|f_{SW-\min}(x, y) - ave(P)|$ 를 계산한다.
3. $|f_{SW-\max}(x, y) - ave(P)| > |f_{SW-\min}(x, y) - ave(P)|$ 이라면, 국부 $(2SW+1) \times (2SW+1)$ 영역은 더욱 낮은 그레이 레벨을 포함하고 있다. 그때 T는

$$T = \alpha \left(\frac{2}{3} f_{SW-\min}(x, y) + \frac{1}{3} ave(P) \right)$$

여기서 $\alpha = 0.3 \sim 0.8$ 이다. 좋지 않은 영상과 높은 잡음일 경우 1/3을 선택하고 대부분의 경우는 2/3 을 선택한다.

4. $|f_{SW-\max}(x, y) - ave(P)| < |f_{SW-\min}(x, y) - ave(P)|$ 라면, 국부 $(2SW+1) \times (2SW+1)$ 영역은 더욱 높은 그레이 레벨을 포함하고 있다. 그때 T는

$$T = \alpha \left(\frac{1}{3} f_{SW-\min}(x, y) + \frac{2}{3} ave(P) \right)$$

5. $|f_{SW-\max}(x, y) - ave(P)| = |f_{SW-\min}(x, y) - ave(P)|$ 라면

- $f_{SW-\max}(x, y) = f_{SW-\min}(x, y)$ 라면 $(2SW+3) \times (2SW+3)$ 의 영역으로 확장하고 1단계로 돌아간다. 그러나 확장된 새로운 영역에서도 $f_{SW-\max}(x, y) = f_{SW-\min}(x, y)$ 라면 P는 배경 화소로 간주하고 T는 다음과 같이 설정한다.

$$T = \alpha \cdot ave(P)$$

- $f_{SW-\max}(x, y) \neq f_{SW-\min}(x, y)$ 라면 $(2SW+1) \times (2SW+1)$ 영역이 높고 낮은 그레이 레벨의 어떤 할당을 포함하는 성향이 있다. 그래서 $(2SW+3) \times (2SW+3)$ 으로 영역을 확장하면서 1단계로 돌아간다. 새로운 영역에서

$|f_{SW-\max}(x, y) - ave(P)| = |f_{SW-\min}(x, y) - ave(P)|$ 이고 $f_{SW-\max}(x, y) \neq f_{SW-\min}(x, y)$ 이면 그때 T는 다음과 같다.

$$T = \alpha \cdot ave(P)$$

이 방법은 논리적인 판단으로 기준의 알고리즘보다 좋은 결과를 얻을 수 있다.

3.3 화상처리 적용 결과

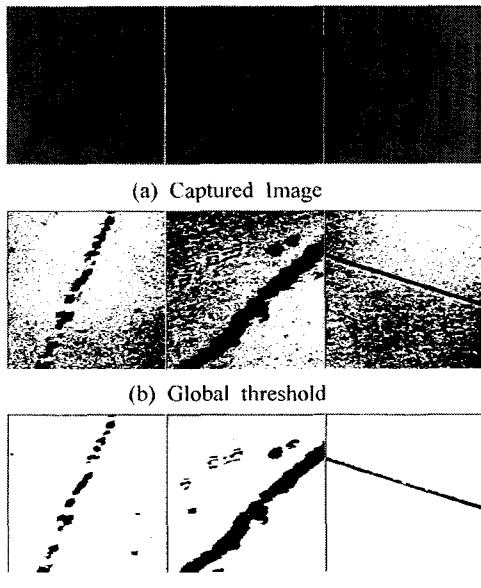


Fig. 6 The result of image processing

그림에서 Fig.6 (a) 는 화상 획득 장치를 통하여 획득된 영상을 보였고, (b)는 Global threshold 기법을 적용시킨 결과를 보인다. 그림에서 보여지는 바와 같이 동축조명 장치를 사용하였음에도 불구하고 조명의 영향에 의하여 전체적인 얼룩이 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 얼룩들은 스크래치 영상이 아님에도 불구하고, 스크래치로 인식되는 결과를 가져올 수 있으므로, 스크래치 영상을 망가뜨리지 않으면서 제거하여야만 한다. (c) 와 (d)의 그림에 본 연구에서 적용한 알고리즘인 Adaptive logical threshold 기법을 적용한 결과를 보였다. 이 그림을 통하여 광원에 의한 영향을 배제할 수 있음을 확인할 수 있다. 미소한 영상에 대하여 검토한 결과 3pixel 미만의 점들은 이 영상처리의 과정에서 사라짐을 확인할 수 있었다. 화상획득장치의 정밀도가 폐셀당 $4.7\mu m$ 임으로, 본 화상처리기법은 최소 $15\mu m$ 의 결함까지 검출할 수 있다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 유안 검사에 의존하고 있는 유기 EL용 ITO 코팅유리의 결합검사를 자동화 하기 위하여, 화상처리 기법을 도입하여 결함을 검출하는 방법을 제시하였다. ALT 방법을 응용하여, 스크래치를 최소 $15\mu m$ 의 크기까지 검출할 수 있었으며, 화대에 의하여 발생하는 조명의 영향도 줄일 수 있었다. 이 방법은 유기 EL용 ITO 코팅 유리의 검사 뿐 아니라, 스크래치에 의하여 불량이 많이 발생하는 FPD용 유리의 검사에도 응용이 가능할 것이다.

참고문헌

1. 장용관, “유기 전계 발광소자”, 특허출원번호: 2001-021032
2. 나가이 아츠오, “유기 전계발광 디스플레이의 구동회로”, 특허출원번호 : 2000-701869
3. LG전자, “적색 유기전계발광소자용 화합물 및 이를 이용한 유기전계발광소자”, 특허출원번호 : 1999-008654
4. Y. Yang. and H. Yan., “An adaptive logical method for binarization of degraded document image”, Pattern Recognition 33, pp. 787~807, 2000
5. R. C. Gonzalez, “Digital Image Processing”, Addison-Wesley, 2001
6. P. K. Sahoo, S. S., “A survey of thresholding technique”, Comput. Vision Graphics Image Process. 41, pp. 233~400, 1988
7. F. Deravi, S.K. Pal, “Gray level thresholding using second order statistics”, Pattern Recognition Lett. 1, pp.417~422, 1983.
8. M. Kamel, A. Zhao, “Extraction of binary character/ graphics images”, Graphical Model Image Process 55 (3), pp. 203~217, 1993.
9. J. Kittler, J. Illingworth, “Threshold based on a simple image statistics”, CVGIP 30, pp.125~147, 1985.