

비전 시스템을 이용한 LCD용 편광 필름의 결함 검사에 관한 연구 A study on the defect inspection on the LCD polarizer film using the Vision system

박종성*, 정규원**, 강찬구***
Jongsung Park*, Kyuwon Jeong**, Changu Gang***

Abstract

Recently, LCD(Liquid Crystal Display) is the display product widely used on various fields of industry. This is generally composed of many parts. Among many parts, polarizer film control the intensity of the transmitted light according to the degree of rotation of the polarizer axis. Therefore, this film must be free from defects. But it contains many defects such as the defects caused by dust or different thing, adhesive badness, scratch. Presently, the inspection of these defects is depending on the sight of operator. In this paper, we propose the vision system composed of telecentric lens and optical mirror. This system use the coaxial illumination and the light is specularly reflected on the optical mirror. And we develop the image processing algorithm using the threshold and morphological technique.

1. 서론

액정 디스플레이(LCD)는 최근 디스플레이 장치 중에서 그 수요가 가장 급증하고 있는 제품이다. 일반적인 LCD는 액정 재료, 컬러 필터, 실장 기술, 편광 필름(Polarizer film), 유리 기판, 백라이트(Backlight), 배향막(Alignment layer) 및 스페이서(Spacer) 등의 주요 부품으로 구성된다. LCD 모듈의 백라이트에서 나오는 빛은 진동 방향이 모든 방향으로 같은 확률을 가진다. 편광 필름은 이러한 빛 중에서 편광 축과 동일한 방향으로 진동하는 빛만 투과시키고, 그 외의 나머지 방향으로 진동하는 빛은 적당한 매질을 이용하여 흡수 또는 반사시켜 특정한 한 방향으로 진동하는 빛을 만드는 역할을 한다. 이 편광 필름은 액

정셀의 양면에 편광축이 서로 직교 또는 평행하도록 부착되기 때문에 액정셀을 통과하는 동안 편광축의 회전 정도에 따라 투과 광의 세기가 조절되어 검정색과 백색사이의 그레이 표현이 가능하게 된다. 그러므로, 편광 필름은 LCD의 필수 부품 중의 하나로 그 구조를 Fig. 1에 나타낸다. 그림과 같이 편광 필름은 여러 층으로 구성되며, 입사광을 편광시키는 고분자 편광 물질을 중심으로 지지체 TAC(Tri-acetyl-cellulose)를 편광 물질의 양쪽에 사용하고 접착층은 편광 필름을 유리 표면에 부착시키기 위하여 사용한다. 그리고 상층 표면에는 저반사층인 AG(Anti-Glare) 혹은 AR(Anti-Reflection) 코팅층과 보호막으로 되어 있다. 이러한 편광 필름은 높은 편광기능을 발휘함과 동시에 투과도가 높고, 외관특성 및 내구성이 우수하고, 부품으로 가공하기 쉽고, 사용하기 쉬운 것, 그리고, 결함이 없을 것 등의 특성이 중요하다. 그러나 편광 필름은 제조상에서 먼지나 이물에 의한 결함, 접착 불량에 의한 결함, 그리고, 스크래치 등 많은 결함을 가지고 있다. 현재 이러한 결함의 검사는 작업자의 시각 검사에 의존하고 있다. 또한 검사 과정의 복잡성 때문에 검사의 자동화가 필수적이다.

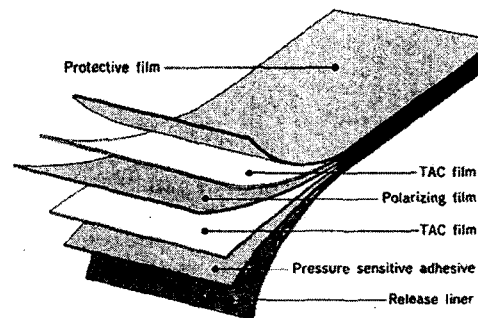


Fig. 1 Schematic structure of the Polarizer film
본 논문에서는 편광 필름의 자동화 검사를 위한 비전 시스템을 구성하였으며, 이 시스템을 이용

하여 영상을 획득하고, 영상에서 결함 부분을 검출하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발된 알고리즘을 이용하여 결함 검출의 가능성을 보였다.

2. 비전 시스템의 구성 및 원리

편광 필름 상에는 많은 종류의 결함 유형이 존재한다. 의복의 실오라기나 접착제 등이 유입된 불량인 실오라기, 덩어리 형태의 이물이 편광 필름 내부의 필름 층 사이에 존재하는 쿠닉, TAC나 PVA가 심하게 긁힌 스크래치, 접착제 코팅시 층의 상하 부위에 형성되는 기포, 그리고, 보호 필름사이에 이물이 존재하는 이물 등이 있다. 이러한 결함 유형의 특성상 하나의 시스템으로 검사하는 것은 매우 어렵다. 그래서 본 연구에서는 여러 종류의 결함 유형을 검사할 수 있는 비전 시스템을 구성한다. 본 연구에서 구성된 비전 시스템을 Fig. 2에 보인다. 640×480 픽셀의 2차원 CCD 카메라와 Moritex사의 동축 조명이 가능한 ML-Z07545D 줌 렌즈를 사용하였다. Table 1에 렌즈의 특성을 나타낸다. 그리고, 프레임 그래버 보드는 Matrox 사의 Meteor-II/standard를 사용하여 영상을 입력하였고, 조명은 할로겐 광원과 광 파이버를 이용하여 동축 조명을 하였다. 그리고, 이 실시간 영상을 관찰하기 위해 흑백 모니터를 사용하였다. 그림에서와 같이 광학 테이블 상에 회전 스테이지를 이용하여 카메라의 각도를 변경 가능하도록 설치하였다. 그리고, 이 카메라 렌즈에 의한 동축 조명을 편광 필름의 하부에서 정반사시키기 위해 광학 거울을 설치하였다. 이 광학 거울은 카메라의 각도 θ 와 같은 각도로 설치하여 입사된 빛을 모두 정반사할 수 있도록 구성하였다. 본 연구에서는 30°의 각도로 설치하였다. Fig. 3에 기본 구성을 나타낸다.

3. 영상처리 알고리즘

카메라로부터 원 영상을 입력받아 할당된 버퍼에 입력한다. 입력된 영상은 편광 필름 상의 특성상 잡음이 많이 포함되어 있으므로 잡음을

제거하기 위해 입력된 영상에 5×5 마스크를 이용한 중간값 필터 처리를 수행한다. 이 처리 후 영상에 대하여 편광 필름의 결함을 검출하기 위한 임계값을 설정하고, 식(1)을 이용하여 이진화 영상을 만든다.

$$f_{\pi}[i, j] = \begin{cases} 0 & \text{if } f[i, j] \leq T \\ 255 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

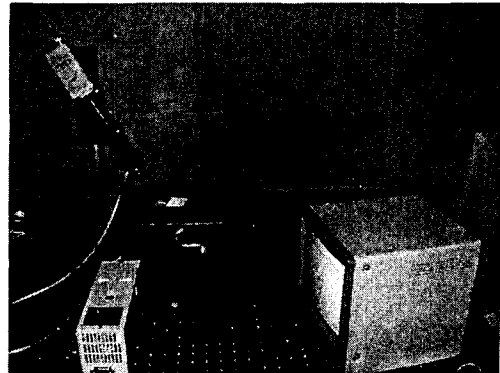


Fig. 2 Experimental setup of the vision system.

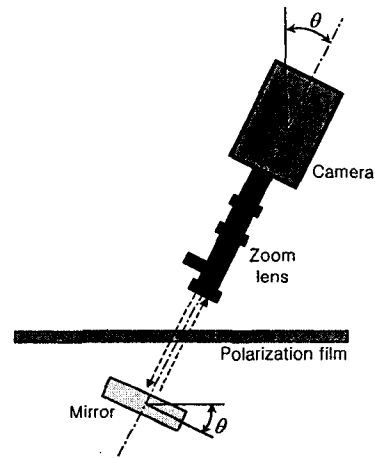


Fig. 3 Schematic diagram of the vision system
이 이진화 영상에 형태론적 기법인 침식과 팽창 기법을 적용한다. 식(2)에 각각에 대한 정의를 보인다.

$$\begin{aligned} A \ominus B &= \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \\ A \oplus B &= \{x \mid [(B)_x \cap A] \subseteq A\} \end{aligned} \quad (2)$$

Table 1 Specifications of the ML-Z07545D lens

Spec.	ML-Z07545D Lens
Magnification	×1.0 Zoom
CCD Camera Types	1/3", 1/2"
Mount	C-Mount
Working Distance(mm)	90
Illumination*2	Coaxial Illumination
Depth of Field(mm)	1.56
Resolution	10.5 μ
Field of view(V×H×D)	6.4×8.5×10.7

침식 과정은 중간값 필터링 후 존재하는 잡음에 대한 정보를 제거하고, 팽창 과정은 침식 과정으로 손실되었던 정보를 복원하는 작용을 수행한다. 이 과정을 수행한 영상에 대해 식(3)과 식(4)를 이용하여 결함의 위치 정보와 결함의 크기 정보를 추출하여 저장한다. Fig. 4에 영상 처리 알고리즘에 대한 순서도를 나타낸다.

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i, j) \quad (3)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n if(i, j)}{A} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n jf(i, j)}{A}$$

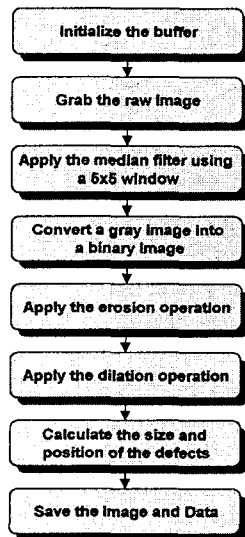


Fig. 4 Procedure of the image processing algorithm

4. 실험 및 결과

4.1 실험

편광 필름을 설치대 위에 수평이 되도록 설치한다. 할로겐 광원과 광 파이버를 이용하여 렌즈에 동축 조명을 설치한다. 카메라에 부착된 회전 스테이지를 이용하여 각도 $\theta=30^\circ$ 로 설치하고, 편광 필름 하단부에 설치된 광학 거울을 같은 각도로 정렬하여 입사된 빛이 정반사되도록 한다. 줌 렌즈는 ×1로 설정하고 카메라를 통하여 입력되는 영상을 관찰한다. 그리고, 입력된 영상을 프레임 그래버 보드를 통하여 컴퓨터에 저장한다. 덩어리 형태의 이물질이 편광판 내부의 필름층 사이에 존재하는 쿠닉(cunic) 결함, 이물질이 보호 필름 내부에 존재하는 이물 결함, 접착제 코팅시 층의 상하부에 형성되는 기포 결함 및 피트(pit) 결함에 대하여 편광 필름에 존재하는 몇몇 결함들에 대한 영상을 현미경을 이용하여 200배율로 관찰한 영상을 Fig. 5에 나타낸다. 그리고, Fig. 6에 본 논문에서 고안된 비전 시스템을 통하여 측정된 영상을 나타낸다.



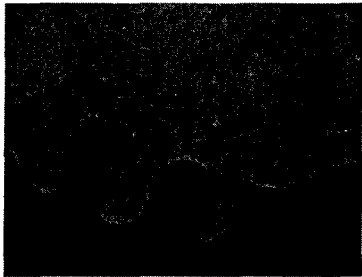
(a) Cunic defect



(b) Yimul defect



(c) Sil defect



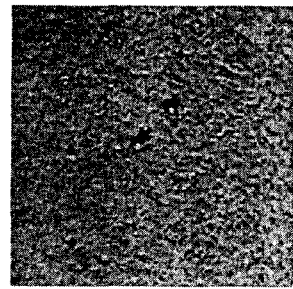
(d) Kipo defect



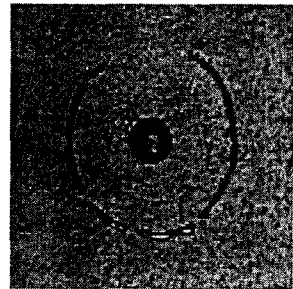
(e) Pit defect



(f) Sil defect



(a) Cunic defect



(b) Yimul defect

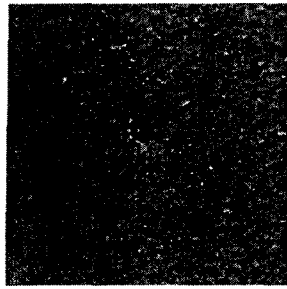


(c) Sil defect

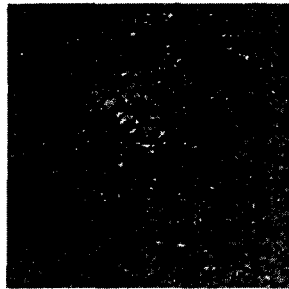


(d) Kipo defect

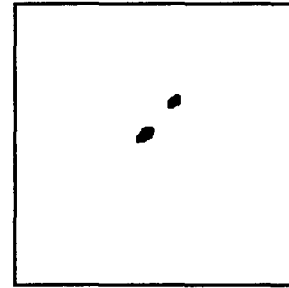
Fig. 5 Defect images for microscope (x200)



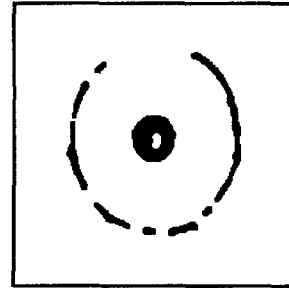
(e) Pit defect



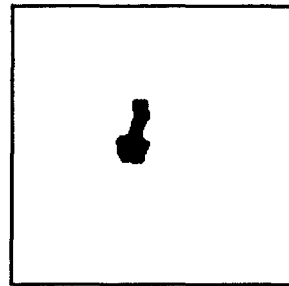
(f) Sil defect



(a) Cunic defect



(b) Yimul defect



(c) Sil defect

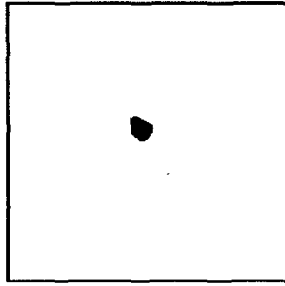


(d) Kipo defect

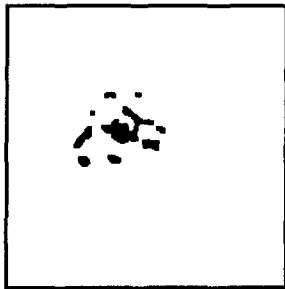
Fig. 6 Defect images for the proposed vision system

4.2 실험 결과

비전 시스템을 이용하여 획득된 영상에 대해 고안된 알고리즘을 적용하여 처리한 영상을 Fig. 7에 나타내었다. 편광의 특성과 여러 층의 보호 필름에 의해 결함이 존재하는 영역은 빛이 투과할 경우 산란 및 굴절이 발생하여 결함이 존재하지 않는 영역에 비해 그레이 레벨값이 감소하였다. 기포 결함을 제외한 나머지 결함은 결함의 영역이 기포 결함에 비해 상대적으로 작아 결함 검출에 있어서 결함의 크기나 위치를 쉽게 알 수 있지만, 기포 결함의 경우 영상 내에 다수 분포하여 정확한 크기와 위치를 산출하기 어렵다.



(e) Pit defect



(f) Sil defect

Fig. 7 Defect images after image processing

결론

본 연구에서는 비전 시스템을 이용하여 편광 필름 상에 존재하는 결함을 검사할 수 있는 시스템과 처리 알고리즘을 개발하였다. 편광 필름 상에는 여러 종류의 결함이 존재하며, 이 결함들의 특성에 따라 검사할 수 있는 장치를 구성해야 한다. 그러나 제안된 시스템은 많은 종류의 결함을 검사할 수 있는 장점을 가지고 있다. 현재 검사된 필름 결함 외에 다른 필름 결함으로 검증을 필요로 한다.

참고문헌

1. Hecht, Optics, Addison wesley, 3rd edition.
2. Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, Machine vision, McGraw-Hill International Editions.
3. 박종성, 정규원, 광삼각법을 이용한 레이저 변위 센서의 특성 연구, 한국정밀공학회, 제16권, 제7

호, pp40 ~50, 1999.

3. 이재윤, 김승우, 광삼각법에 의한 비접촉식 변위 측정계의 설계, 대한기계학회 논문집, 제16권, 제6호, pp.1030~1035, 1992.
2. 유원상, 나석주, "용접 자동화를 위한 주사빔을 이용한 시각센서에 관한 연구," 대한기계학회 논문집(A), 제20권, 제3호, pp.891~900, 1996.
3. 이철원, 나석주, "물체의 반사성질이 능동형 광센서에 미치는 영향에 관한 연구," 대한기계학회 논문집, 제18권, 제11호, pp.2944~2953, 1994.