

OLED 패널의 기준패턴과 증착패턴의 크기 측정을 위한 패턴 동시 측정 시스템의 구현

곽병호[†], 최경주^{**}

Implementing a Simultaneous Pattern Measurement System for Measuring the Size of the Standard Pattern and the Deposition Pattern of an OLED Panel

Byeong Ho Kwak[†], Kyung Joo Cheoi^{**}

ABSTRACT

Simultaneous pattern measurement system is new research subject for OLED panel inspection. It is defect inspection of OLED panel after deposition. This research suggests the system that calculates the size and center point of each patterns after obtaining standard and deposition pattern as one image. This system could be applied to OLED manufacturing process. The research result shows that the size and center point of each patterns could be obtained by displaying the standard pattern and deposition pattern in one image.

Key words: OLED Fluorescence Microscope, Deposition System

1. 서 론

현대 사회에서 가장 많이 사용되고 있는 콘텐츠로 디스플레이(display)를 볼 수 있다. 디스플레이의 기술이 변화하면서 더 다양한 문화가 생성되고, 생활 패턴이 변화되고 있다. 실제로 사람들의 보다 더 깨끗하고 역동적인 화면에 대한 요구가 커짐에 따라, 더욱 선명한 화면, 실제 사람이 보는 것과 동일한 색채 등을 구현하기 위한 방향으로 디스플레이에 대한 발달이 이루어 졌다.

디스플레이는 1960년대 브라운관 TV를 시작으로 1990년대 LCD(Liquid Crystal Display) 등 평판디스플레이를 거쳐 OLED(Organic Light-Emitting Diode), Flexible 등 차세대 디스플레이로 발전을 하고 있다

[1]. 패널을 중심으로 기술개발의 선도에 따라 세계 시장의 주도권이 결정되는 사업이 된 것이다. 이에 따른 장비 투자로 인하여 국내의 OLED 장비 기업들은 OLED 제조 기술을 개발하기 시작하였다.

OLED는 소비전력, 응답속도, 휘도, 박형 및 경량화 등 대부분의 항목에서는 우수한 특성을 보이고 있지만, 생산수율이 낮아 높은 가격을 유지하고 있는 것이 시장을 확대하는데 있어 걸림돌이 되고 있다 [1]. 그러나, 이럼에도 불구하고 2016년 12월 산업부에서 발표한 미래 한국 경제를 이끌어 나갈 12대 신사업에 차세대 디스플레이 “OLED” 분야가 선정되었다. 또한 미래부는 2015년 12월 국가과학기술심의회에서 세계 최고 수준의 기술 확보 전략 총 9개 지원 대상 중 OLED 산업을 포함하여 의결하였다[1]. 이로

※ Corresponding Author : Kyung Joo Cheoi, Address: (361-768) ChungDae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju-si, Chungbuk, Korea, TEL : +82-43-261-3487, FAX : +82-43-273-2265, E-mail : kjcheoi@chungbuk.ac.kr
Receipt date : Dec. 11, 2018, Approval date : Dec. 24, 2018

[†] Dept. of Computer Science, Chungbuk National University (E-mail : kbh0405@naver.com)

^{**} Dept. of Computer Science, Chungbuk National University
※ This research was supported by the Overseas dispatch Program of Chungbuk National University in 2018.

인해 OLED 장비 제조업체들이 늘어나게 되어 제조 기술은 점점 발전되어졌으나, 그에 비해 검사 기술은 여전히 효율적이지 못하다. 실제 OLED 패턴을 검사하려면 OLED의 기준패턴을 검사 한 후에 증착패턴을 검사하는 방식으로 진행하는데, 이렇게 하면 검사에 대한 시퀀스(sequence)가 증가하게 되고, 검사 시간의 증가로 인하여 제조에 대한 택타임(TactTime), 요구하는 생산 목표를 달성하기 위해 제품 하나를 생산하는데 필요한 시간이 증가하는 문제점이 발생된다.

OLED는 백라이트(Back Light)위에 TFT(Thin Film Transistor) 패턴 공정을 통해 만들어진 모듈(Module)에 R(Red), G(Green), B(Blue)의 색상으로 이루어진 형광물질을 순차적으로 증착시켜 만든다. 형광물질을 증착시킬 때, 정확한 위치에 증착시키기 위해서 모듈 위에 BM(Black Mask)를 올려놓은 후 증착시키게 된다. 이 때 모듈의 백라이트에서 나오는 백색 빛이 BM을 통해 나오게 될 때 나타나는 모양이 기준패턴이다. 증착패턴은 형광물질로 이루어져 있어 UV(Ultraviolet Rays)의 빛에 반응을 하는데, UV 빛을 받은 형광물질이 발광을 할 때 나타나는 모양이 증착패턴이다. 기존의 기준패턴과 증착패턴을 검사하는 일반적인 방식은 기준패턴에 대한 이미지를 획득하여 패턴의 크기와 중심점을 구하고, 그 다음에 증착패턴에 대한 이미지를 획득하여 증착패턴에 대한 크기와 중심점을 구한 후 두개의 중심점을 서로 비교하는 방식으로 진행을 하였다[2]. 그러나 이렇게 두 중심점을 비교하는 방식은 계산된 중심점이 실제와 비교하였을 때 오차가 생기게 되고, 택타임이 증가되는 문제점이 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 OLED의 각 RGB의 형광물질로 이루어진 증착패턴과 기준패턴을 동시에 검사할 수 있는 시스템을 개발하여 기존에 발생했던 위와 같은 문제점을 해결하고자 한다.

다음 2장에서는 OLED에서 현재 사용되고 있는 검사 기술에 대해 좀 더 자세히 소개하고, 이에 대한 문제점과 한계점에 대해 설명한다. 이어 다음 3장에서는 문제점을 해결할 수 있는 제안하는 시스템을 자세히 소개하고, 4장에서 실험을 통해 제안하는 시스템의 성능을 분석한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

증착된 형광물질은 특정 파장의 빛에 노출되었을 때 각각의 RGB 색상의 형광을 발산하는 원리를 이용한 것으로, 특정 파장의 빛에 대응한 형광물질에 대한 이미지를 가지고 있다[3].

이때 증착된 형광물질이란 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue)색을 내는 유기 발광물질을 진공상태에서 적정 온도로 가열 후 가열 된 증기를 글라스에 부착하여 컬러 패터닝(Color Patterning)을 완료한 것을 말한다[4].

기준패턴은 모듈의 백라이트에서 발산되는 파장으로써 증착패턴의 형광물질을 통해 발산되는 파장과 다르기 때문에, 파장 하나 당 하나의 이미지를 획득할 수밖에 없다. 이로 인하여 증착패턴의 형광물질을 따로 촬영한 후, 이에 대한 크기를 구하는 방식으로 진행되어 왔다[5]. 지금까지 개발되어져 왔던 시스템들은 증착패턴 이미지와 기준패턴 이미지를 각각 따로 촬영하여 이들의 패턴을 비교하는 시스템들이다.

기준패턴과 증착패턴의 검사는 검사 장치를 활용해 봉지 공정을 완료한 후 곧바로 검사하는 것이기 때문에 모듈 조립 공정 이전에 불량을 필터링하는 것은 매우 중요하다. 만약, 이 과정에서 불량이 어느 정도 걸러진다면, 불량 모듈이 완성되는 제조 공정상의 손실을 최소화하여 원가 절감 효과를 크게 가져올 수 있기 때문이다. Fig. 1은 OLED 디스플레이의 각 R-G-B 픽셀(pixel)을 광학 현미경으로 100 정도 확대하여 촬영한 것으로 Fig. 1(a)는 정상 픽셀을, Fig. 1(b)는 비정상 픽셀을 촬영한 것이다. Fig. 1(b)의 비정상 픽셀을 살펴보면, 적색 픽셀은 Fig. 1(a)의 정상 픽셀에 비해 밝기가 매우 낮아서 거의 갈색에 가까운 색을 보이고 있고, 녹색도 밝기가 정상에 비해 다소 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한 청색은 부분적으로 후점 또는 검반점(dark spot)이 픽셀 내에 분포한 것을 볼 수 있다. 이러한 불량검사를 품질 검사 인력을 통해 전수 검사한다면 불량을 정확히 판별해 낼 수는 있을 것이나, 생산 효율적 측면에서는 매우 나쁜 결과를 가져오게 된다. 또한 검사장비 측면에서도 광학 현미경과 같은 고배율 장비를 이용한다면 검사 정확도는 크게 높아질 수는 있을 것이나, 수많은 픽셀에 대해 영상처리 시간이 상당히 많이 걸리는 문제가 있다[6-8].

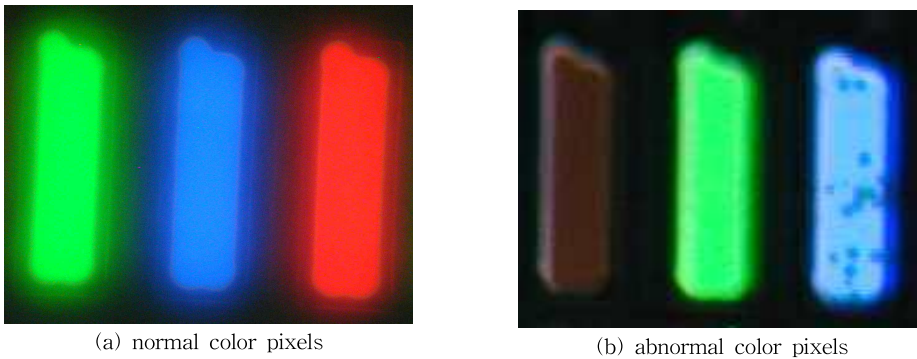


Fig. 1. Micro-scope view of color pixels in OLED displays.

그러나 우리는 위의 픽셀에 대한 불량검사 과정까지는 진행을 하지 않는다. 제안하는 시스템은 형광물질을 증착 시켜 만들어진 증착패턴이 기준패턴 위에 정확한 위치에 증착이 되었는지 확인하는 과정에서 시스템을 제안하고 있다. 기준패턴과 증착패턴의 위치 비교 과정을 더 세분화하여 기준패턴과 증착패턴 간의 비교하는 과정에서, 기준패턴과 증착패턴의 크기와 중심점을 구하는 과정에 대한 시스템을 제안하는 것이다.

기준패턴과 증착패턴을 검사하는 일반적인 방식은 윗절에서도 언급했듯이 기준패턴에 대한 이미지를 획득하여 패턴의 크기와 중심점을 구하고, 그 다음에 증착패턴에 대한 이미지를 획득하여 증착패턴에 대한 크기와 중심점을 구한 후 두개의 중심점을 서로 비교하는 방식이다. 이 경우 서로 다른 이미지의 위치를 비교하게 되어 다음공정의 기준패턴과 증착패턴과의 비교과정에서 오차가 발생이 되며 또한 이미지 촬영을 두 번 하게 되어 택타임(Tact Time)도 증가하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 개선된 방법으로 파장 별 광원과 필터를 교체하여 각기 다른 파장 별 이미지를 획득하는 시스템이 개발되었다[9]. 그러나, 이 또한 증착패턴과 기준패턴을 동시에 획득하는 것이 아니라, 광원과 필터를 교체해가면서 한번에 하나의 증착패턴 이미지와 기준패턴 이미지를 획득하여 서로 비교하는 방식으로 구현되고 있다.

본 논문에서는 기준패턴과 증착패턴을 각각의 이미지로 획득하여 비교하는 기존의 방식을 개선하기 위하여 기준패턴과 증착패턴을 동시에 하나의 이미지로 획득하는 방식을 제안하고자 한다. 기준패턴의

경우, White LED에 이미지를 획득할 수 있으며, 증착패턴은 UV LED에 이미지를 획득할 수 있다. 이러한 각기 다른 LED에 획득하는 이미지가 다르기 때문에 White LED와 UV LED를 동시에 조사(irradiation)를 할 경우 하나의 이미지로 획득할 수 있게 된다. 하나의 카메라에 2개의 LED를 동시 조사하기 위해서는 각기 파장이 다른 LED를 사용해야 한다는 것인데 이를 해결할 수 있는 것이 다이크로익 필터(Dichroic Filter)이다. 다이크로익 필터는 White LED의 광원은 투과를 하며, UV LED의 광원은 반사를 시키는 성질을 가지고 있다. 다이크로익 필터를 이용하여 White LED와 UV LED를 동시조사하게 된다. 또한 빔스플리터(Beam Splitter)를 이용하여 직광은 반사시키고 결상광은 통과시켜 카메라로 전달한다.

정리하면, 기존의 시스템에서는 기준패턴과 증착패턴을 각각의 이미지로 촬영한 다음, 얻어진 기준패턴 이미지와 증착패턴 이미지를 비교 관찰함으로써 서로 다른 이미지를 비교하면서 발생될 수밖에 없는 문제점이 내포가 되기 시작한다. White LED와 UV LED에 대한 각 파장으로 인해 발생하는 초점의 차이로 촬영 타임 마다 획득한 기준패턴 이미지와 증착패턴 이미지를 비교할 때에 발생하는 값의 오차가 발생될 수밖에 없는 문제점을 내포하고 있다. 또한, 기존의 시스템은 기준패턴과 증착패턴에 대한 이미지를 촬영하기 위해 파장 별 광원을 교체 하는데 발생하는 소모되는 불필요한 시간과, 각 파장에 따른 포커싱(focusing)을 맞추는데 불필요한 시간이 발생하는 단점을 가지고 있다. 이와 같은 기존의 시스템에서 보여지는 단점을 보완하고자 본 논문에서는 기준패턴

과 증착패턴을 각각 따로 촬영하지 않고 동시에 촬영하여 얻어진 이미지를 통해 기준패턴과 증착패턴을 측정 및 비교할 수 있도록 하는 새로운 방법을 제시한다.

3. 제안하는 패턴 동시 측정 시스템

3.1 측정 시스템 구현

본 논문에서 제안하는 패턴 측정 시스템은 이전까지 사용된, 기준패턴과 증착패턴을 각각 개별적으로 이미지로 획득하여 비교하는 시스템을 개선하기 위한 것으로서, 다음과 같이 간단히 설명될 수 있다.

먼저 광원(light source)들로부터 각각 발광되는 서로 다른 파장을 가지는 광들을 광 필터를 통해 렌즈를 통해서 규합시킨다. 그 후 규합시킨 관찰 객체로 동시에 조사하고 이에 따른 관찰객체로부터 반사되는 반사광(reflected light)을 통해 증착패턴과 기준패턴의 이미지를 획득한다. 각 광의 파장마다 서로 다르게 획득할 수 있는 이미지들을 하나의 이미지를 통해 동시에 획득한 후 기준패턴의 크기와 중심점(central point), 증착패턴의 RGB의 형광 이미지 대한 크기와 중심점을 측정한다.

기준패턴은 White LED(백색광 LED)을 통하여 보게 되어 있으며, 증착패턴은 UV LED를 통하여 보게 된다. 이 두 개의 패턴을 동시에 보기 위해서는, 즉 두 개의 각기 다른 파장을 동시에 사용하게 하기 위해서는 UV LED는 반사시키고 White LED는 투과시킬 수 있는 다이크로익 필터를 활용한다. 그 후 LED의 빛의 방향을 반사시키도록 거울을 둔 후에 렌즈로 직접 갈 수 있도록 빔스플리터(Beam Splitter)를 두어 직접적인 빛은 반사시키고 물체에 반사되어 나타나는 빛은 투과 할 수 있도록 둔다. 또한, 해당 파장 외에는 다른 파장의 빛이 투과되지 않도록 필터(Filter)를 두어 카메라에 도달하도록 구현한다.

Fig. 2는 기준패턴과 증착패턴을 한 장의 이미지로 구현하기 위하여 제안된 시스템이다. 이 시스템은 White LED, UV LED, Camera, 결상렌즈, 대물렌즈(Lens), 다이크로익필터(1), 거울(2), 빔 스플리터(3), 광필터(4)를 가지고 있다.

이크로익 필터(Dichroic Filter)는 White LED의 광은 투과시키고, UV LED인 단일 파장의 광은 반사하도록 동작하는 특성을 가지고 있다. White LED는

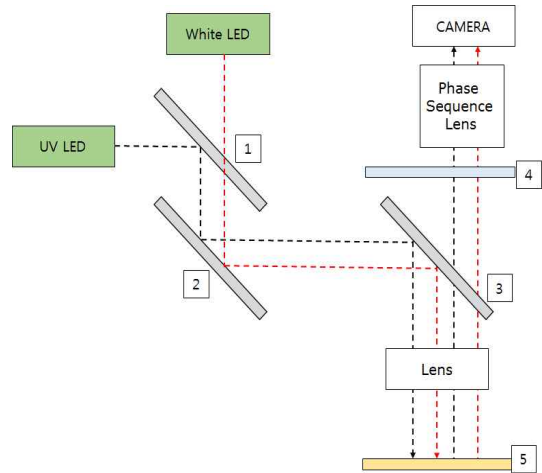


Fig. 2. Overall diagram of proposed system.

다이크로익 필터를 통과하여 거울로 전달되고 UV LED는 다이크로익 필터에서 반사되어 White LED와 함께 나란히 거울로 전달된다. 거울은 White, UV LED 전부 반사시켜 빔 스플리터(Beam Splitter)로 전달한다. 빔 스플리터는 거울로부터 전달되는 White LED와 UV LED를 Lens 방향으로 반사시켜 전달한다. 렌즈는 빔 스플리터로부터 전달받은 White LED, UV LED를 OLED Module(5)를 조사한다. OLED 모듈로 조사된 White LED와 UV LED는 다시 렌즈를 통해 빔 스플리터로 전달된다. 이 때 반사광은 빔 스플리터를 통과하여 필터로 전달된다. 이를 위해 빔 스플리터는 White LED, UV LED의 직접적인 광은 반사시키고 반사광은 투과하도록 구현될 수 있다. 이를 통해 나온 반사광에 노이즈 성분을 필터링 하기 위해 광필터를 구현한 후 필터를 통해 걸러진 광이 결상렌즈로 전달된다. 결상렌즈는 반사광에 대한 광량조절 동작과 배율변경 동작을 수행하여 카메라로 전달하여 카메라는 이미지로 출력한다.

Fig. 2의 시스템에서 White LED와 UV LED를 동시 조사를 하게 되면 White LED는 다이크로익 필터에 반사되고 UV LED는 다이크로익 필터를 통과하기 때문에 백색광과 UV광을 동시에 OLED에 조사를 하게 되고, 각 기준에 백색광은 기준패턴을 반사시키고 UV광은 증착패턴을 반사시켜 기준패턴과 증착패턴을 동시에 하나의 이미지로 촬영을 할 수 있게 된다. 이렇게 구현된 제안하는 시스템으로 촬영된 이미지는 Fig. 3과 같다.

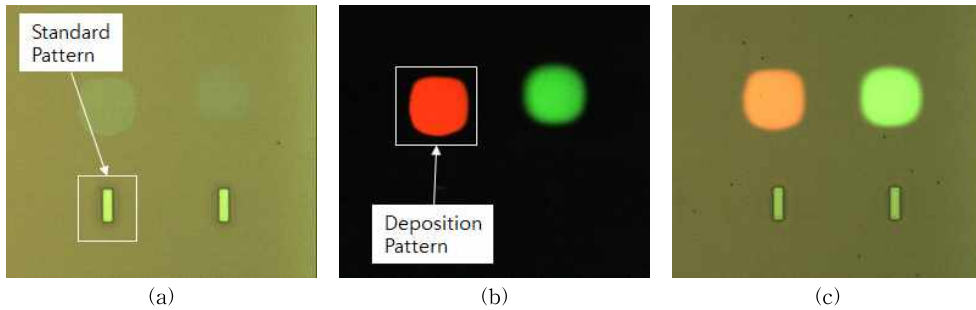


Fig. 3. Pattern Images taken with proposed system, (a) standard pattern image (b) deposition pattern image (c) simultaneous images of standard and deposition pattern.

Fig. 3(a)는 White LED만 이용한 기준패턴을 촬영한 것이며, Fig. 3(b)는 UV LED만 이용한 증착패턴을 촬영한 것이다. 마지막으로 Fig. 3(c)는 White LED와 UV LED를 통하여 기준패턴과 증착패턴이 동시에 나타나도록 촬영한 것이다.

기존의 시스템에서는 Fig. 3(a)와 Fig. 3(b)를 각각 촬영하여 각 기준패턴과 증착패턴의 크기와 중심점을 구했다면, 제안하는 시스템에서는 Fig. 3(c)와 같이 기준패턴과 증착패턴이 동시에 촬영되는 것을 확인할 수 있으며, 이를 이용하여 크기와 중심점을 구할 수 있다.

3.2 이미지 분석 소프트웨어

기준패턴과 증착패턴을 하나의 이미지로 촬영한 후에는 증착패턴과 기준패턴의 크기와 중심점을 구해야 한다. 이를 위해 이미지 분석이 필요한데, 이미지 분석을 위해 다음과 같은 처리를 거친다.

3.2.1 ROI 영역 설정

해당 기준패턴과 증착패턴 위에 ROI(Region Of Interest) 영역을 설정한다. ROI 설정은 하나의 생산라인 상에서는 같은 위치에 패턴이 배열되어 있으므로, 우리가 검사해야 할 이미지는 항상 같은 위치이다. 각각의 생산라인에서 검사 하여야 할 위치를 알고 있으므로 기준패턴과 증착패턴의 위치를 설정한다. ROI를 설정 후 아이템이 변경 되지 않는 이상 계속 설정 된 ROI를 가지고 사용한다.

이미지 패턴 위에 ROI 영역을 그려준 후, 그려진 ROI 영역의 위치와 크기를 계산한다. Fig. 4(a)와 같이 적색의 ROI를 설정한 경우에는 기준패턴 및 증착패턴의 크기와 중심점(center point)을 정확하게 구

할 수 없으므로 패턴의 ROI의 영역을 설정 할 때에는 Fig 4.(b)와 같이 ROI 영역 안에 패턴이 온전히 들어 있어야 한다. 또한, 추후 다른 OLED 모듈을 측정할 경우 해당 ROI 영역 안에 패턴이 들어와 있지 않을 경우 그 모듈은 증착이 잘못된 것으로 판단을 하기 때문에 ROI의 영역은 반드시 패턴에 닿지 않도록 설정한다.

3.2.2 컬러(Color) 이미지의 그레이레벨(Graylevel) 이미지로의 변환

기준패턴과 증착패턴에 대한 각각의 크기(size)를 구하기 위해 컬러 이미지를 그레이레벨(Graylevel) 이미지로 변환을 시켜준다. 그레이레벨 이미지로의 변환이 필요한 이유는 해당 ROI 영역 내 기준패턴 및 증착패턴의 크기를 구할 때에 그레이레벨 값을 통해 크기를 측정하기 위함이다.

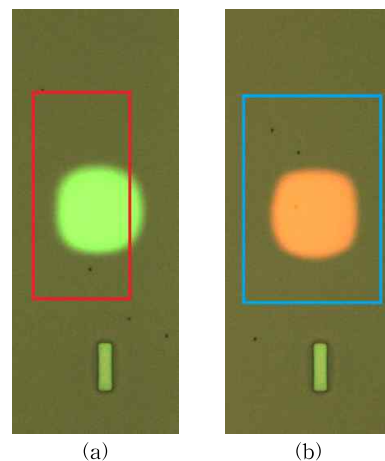


Fig. 4. ROI Setting (a) abnormally setting ROI (b) normally setting ROI.

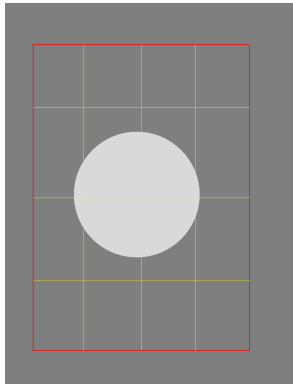


Fig. 5. Search line drawn in ROI of deposition pattern image.

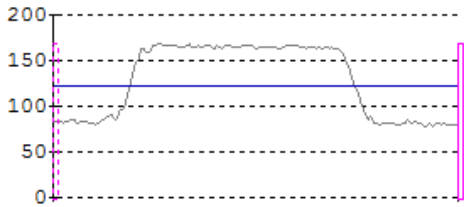


Fig. 6. A graph of pixels' graylevel values on search line.

3.2.3 영역 내 레벨 중심값(Cross Value) 측정

변환된 그레이레벨 이미지를 이용하여 ROI 영역 내에서 패턴의 위치를 파악하기 위해서는 패턴과 배경에 대한 경계선을 찾아야 한다. 이 경계선을 찾는 것이 레벨 중심값(Cross Value)이다. 레벨 중심값은 패턴에 해당하는 그레이레벨 값과 배경에 해당하는 그레이레벨 값의 차이를 이용하여 구하게 되는데, ROI 영역 내에 수평 또는 수직의 직선을 그리고, 이 직선에 해당하는 픽셀 값 중 최대값과 최소값의 중간 값을 구한다.

Fig. 5는 레벨 중심값을 찾기 위해 패턴(원)이 있는 ROI 영역(빨간색 사각형)안에 총 6개의 직선을

해당하는 탐색 선(Search Line)을 그린 것인데, 최대값과 최소값의 차이가 거의 없는 선이 있는 경우 해당 선은 제외하였다. Fig. 6은 탐색선에 있는 픽셀의 밝기를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프 내 파란 실선으로 표시한 것이 레벨 중심값을 나타낸다. 레벨 중심값(Cross Value)은 식 (1)을 통해 구한다.

$$Cross\ Value = \frac{(Max\ Value + Min\ Value)}{2} \quad (1)$$

이렇게 그려진 그래프에서 최대값과 최소값의 중간 값을 지정하고, 이에 대한 그레이 레벨을 구하는데, 이 때에 사용되는 그레이 레벨 값은 정수형(integer) 값이 아닌 부동 소수점형(float) 값을 가지고 진행하게 한다. 이유는 정확한 영역을 구하기 위해서는 서브픽셀(subpixel)을 통해 정확한 위치를 구하기 위함이다.

3.2.4 영역 내 패턴의 크기와 중심점 측정

패턴의 중심값을 찾았으면 크기를 측정하기 위해 패턴의 경계를 찾는다. 최대값과 최소값의 중간 값을 가진 레벨 중심값을 이용하여 ROI 내 이미지의 전체 픽셀라인p(pixel line)에서 경계값을 찾는다. 찾는 방법은 Fig. 7과 같이 가로-세로, 상-하의 양 방향으로 찾으며, 중심값을 기준으로 하여 현재 픽셀의 값이 중심값 보다 작으면 다음 픽셀의 값이 중심값 보다 큰 위치를 찾는다. 위 조건과 부합한 위치가 찾았을 경우 보간 커널 식에서 고정된 매개변수를 사용하지 않고 주변 픽셀 값으로부터 적절한 정보를 얻어내서 매 픽셀마다 매개변수를 변화시키는 방법으로 경계점을 찾아내 저장한다[10]. 이렇게 저장된 값을 비교하여 각 ROI의 변에 가까운 지점을 기준으로 하여 경계를 나타내는 위치(point)를 표시한다.

이미지 내 각 픽셀의 위치는 좌측상단을 (0, 0)을 시작으로 우측하단 (MAX, MAX)으로 끝나므로, 패턴의 경계점을 찾아 영역을 표시하게 되면 Fig. 8과

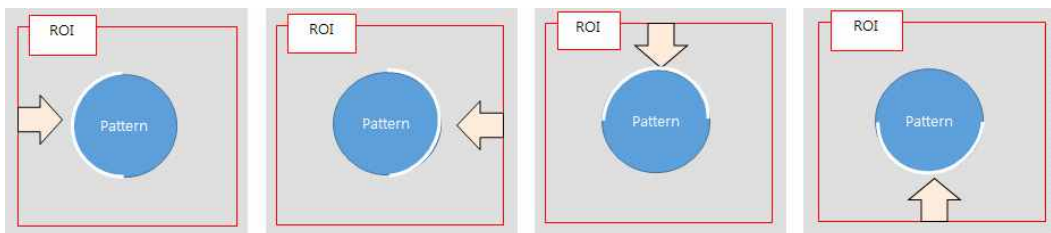


Fig. 7. Method of detecting boundary of the pattern.

Table. 1 X, Y coordinates of each position in pattern

Position	X	Y
Left Top	Left	Top
Right Top	Right	Top
Left Bottom	Left	Bottom
Right Bottom	Right	Bottom

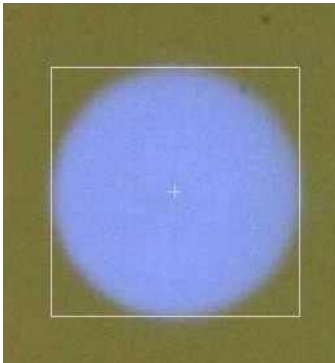


Fig. 8. Deposition pattern detection result.

같다.

패턴의 경계를 찾은 후 Table 1을 이용하여 패턴의 사각형의 폭(width)과 높이(height)를 구하여 각 패턴의 크기(size)를 구한다.

마지막으로, 패턴의 크기(size)를 구한 사각형에서 중심점의 위치를 식 (2)를 통해 구한다.

$$XPosition = \frac{XLeft - XRight}{2}$$

$$YPosition = \frac{YBottom - YTop}{2} \tag{2}$$

$$Center = (XPosition, YPosition)$$

4. 실험 및 결과

4.1 실험 데이터 및 방법

제안하는 시스템의 성능을 분석하기 위하여 OLED 패널의 증착검사용 패턴을 사용하였으며, 각 100개의 증착패턴과 기준패턴을 대상으로 증착패턴과 기준패턴을 동시에 촬영하였으며, 촬영된 이미지 패턴의 크기 및 중심점을 구하는 실험을 실시하였다.

4.2 실험 내용

패턴 촬영을 위해 1/3인치 CCD 카메라와 20배율 대물렌즈를 사용하였다. White LED의 조도는 15로 설정하였으며, UV LED의 조도는 30으로 설정하여 동시 조사하여 기준패턴과 증착패턴이 동시에 올라오는 것을 확인하였다. 택타임(Tact Time)을 줄이기 위해 측정 범위를 축소시켜 이미지 전체에서 기준패턴과 증착패턴을 측정하지 않고 영역 내에서 크기와 중심점을 구하도록 하였다.

기준패턴과 증착패턴을 동시 촬영하여 얻은 이미지를 그레이레벨 이미지로 변환하고, 변환된 이미지에서 레벨 중심값(Cross Value)을 구하였다. 측정 영역에서 구해진 레벨 중심값을 측정영역 내 가로, 세로 양 방향으로 이미지의 1개의 라인씩 패턴의 경계를 확인하였으며, Fig. 9와 같이 레벨 중심값이 현재 픽셀값보다 크고, 다음 픽셀값보다 작을 경우 현재 픽셀과 다음 픽셀의 중간 위치가 경계가 되며, 이 조건을 만족하지 못할 경우에는 1 픽셀씩 이동하여 경계의 유무를 확인하였다.

레벨 중심값을 이용하여 패턴의 경계를 나타낼 때에 정확한 위치 값을 나타내기 위해 서브픽셀을 이용

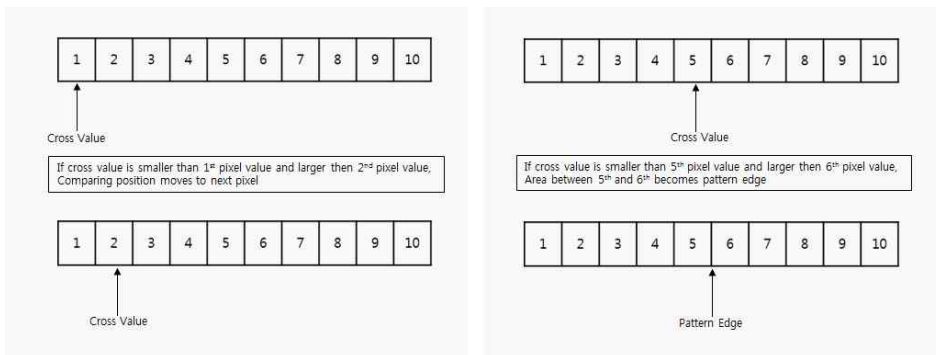


Fig. 9. Pattern edge detection using cross value.

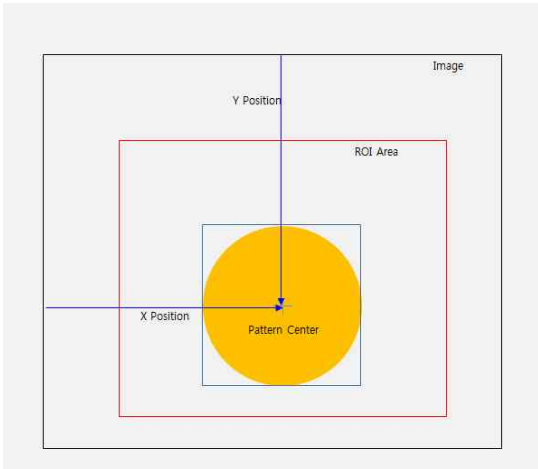


Fig. 10. Printing center position of the pattern.

하였으며, 서브픽셀의 간격은 20개로 분리를 시켰다. 즉, 픽셀과 픽셀 사이의 간격을 20개로 구분하여 레벨 중심값에 가장 가까운 픽셀 값을 적용시키도록 하였다.

경계를 구할 때에는 측정 영역의 외곽에서 측정 영역의 중심점으로 찾도록 하였으며, 찾게 된 경계는 배열에 넣어 측정영역의 외곽과 가장 가까운 부분을 찾아 패턴의 경계가 되도록 하였다. 각 변의 패턴을 찾은 후 패턴의 경계를 지나는 사각형을 그려 육안으로 확인 가능하도록 구현하였다. 찾은 패턴의 크기는 변과 변의 길이(width)와 높이(height)를 구하며 찾은 패턴의 중심점은 변과 변의 중심위치를 구하게 되는데 Fig. 10과 같이 촬영된 전체 이미지의 위치를 구할 수 있었다. 또한 중심점에서는 20 픽셀의 중심

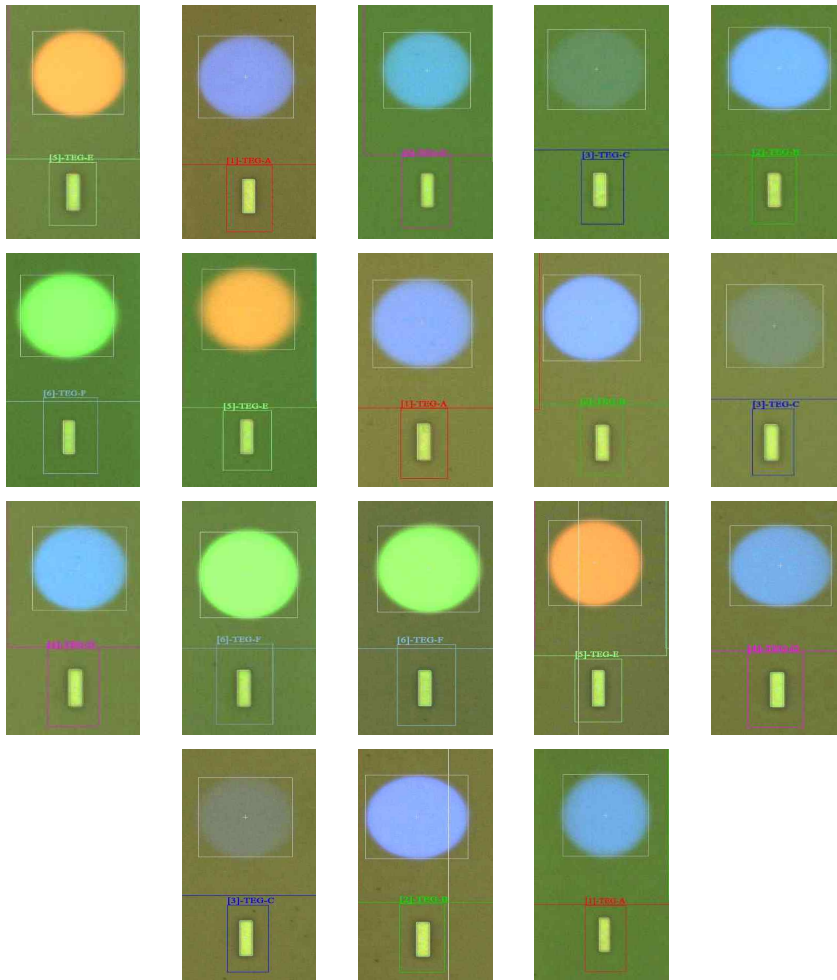


Fig. 11. Some results of the standard and deposition pattern's size and center point detection.

점을 지나는 십자 직선을 그려 중심점을 표시하였다.

4.3 실험 결과

기준패턴과 증착패턴을 동시 촬영하여, 각 패턴마다 ROI 영역을 만들어 영역 안에서 패턴을 찾도록 실험한 결과, 패턴의 경계를 찾은 후 ROI 영역의 변과 가장 가까운 위치를 기준으로 하여 크기를 측정한 후 사각형이 그려지는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 그려진 사각형의 위치를 파악하여 사각형 중심으로 중심점이 표시되는 것을 확인할 수 있었다. 총 100번

의 실험에서 패턴의 크기와 중심점은 100% 구해졌다. Fig. 11은 8개의 기준패턴과 증착 패턴을 하나의 이미지로 만든 후 각 패턴의 크기와 중심점을 구한 결과로 각 패턴에 대한 크기와 중심점을 측정을 한 후, 측 된 결과를 가시적으로 보여주기 위해 흰색 라인을 패턴 이미지에 표시한 샘플이다.

또한 제안하는 방법과 기존의 방법[5]으로 각 패턴의 크기와 중심점을 구하는 비교실험을 실시한 결과, 기존의 방법의 경우에는 평균 236us 소요되는 것을 확인하였으며, 제안하는 방법인 경우에는 평균 191

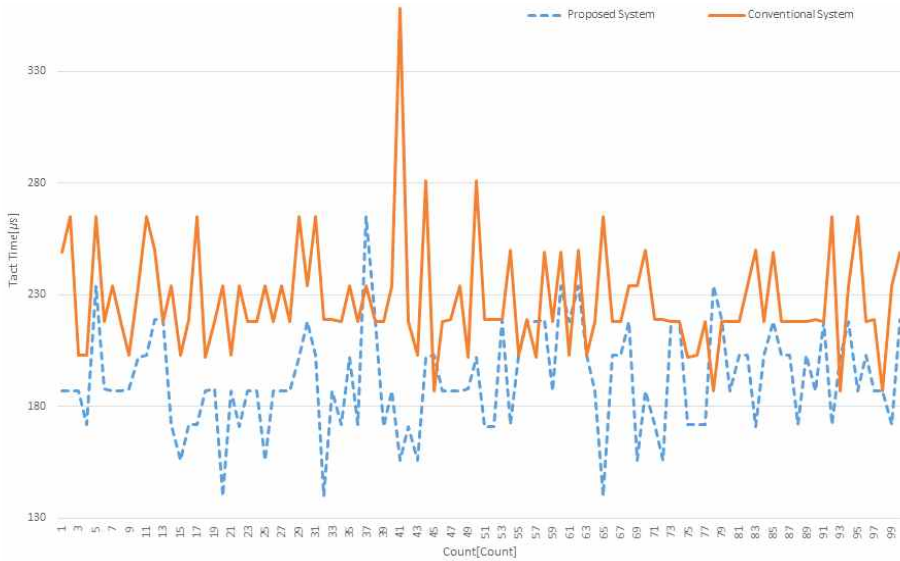


Fig. 12. Determine the time required for the previous system and the proposed system.

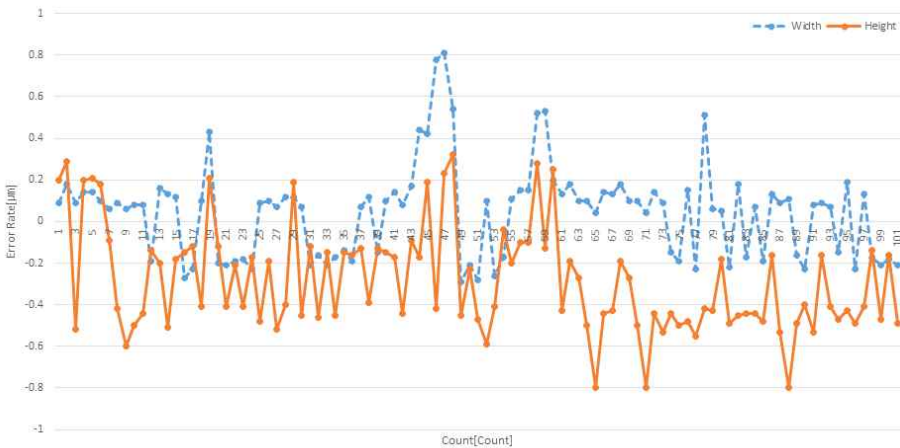


Fig. 13. Error rate for standard pattern.

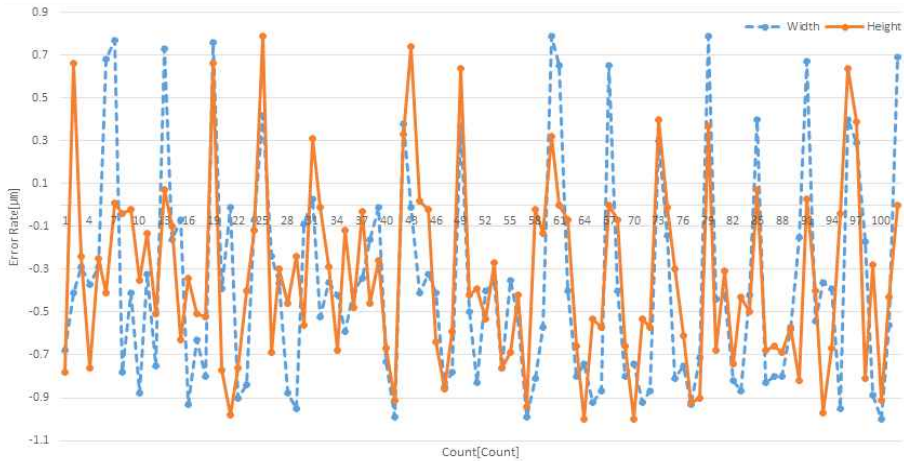


Fig. 14. Error rate for deposition pattern.

us 소요되는 것을 확인하였다. 즉, 기존 방법인 기준 패턴을 먼저 촬영하여 크기와 중심점을 구한 후 증착 패턴을 촬영하여 크기와 중심점을 구하는 방법보다 제안하는 방법이 택타임(Tact Time)이 절반으로 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 12는 기존의 방법으로 소요되는 시간과 제안하는 방법으로 소요되는 시간의 차이를 보여준다. 패턴의 크기에 대한 오차율은 실제 크기 대비 $-1\ \mu\text{m} \sim +0.79\ \mu\text{m}$ 의 오차율을 보여주었다. Fig. 13과 Fig. 14는 제안하는 방법의 기준 패턴과 증착 패턴의 오차율로서, 패턴 각각의 길이(Width)와 높이(Height)에 대한 오차율을 그래프로 나타낸 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 기준패턴과 증착패턴의 크기와 중심점을 동시에 구현하기 위한 새로운 방안을 제시하였다. 기준패턴과 증착 패턴을 동시 촬영을 하여 하나의 이미지로 획득할 수 있었으며 획득한 이미지에서 패턴의 크기와 중심점을 구하는 방법을 제시하였다. 실험을 통한 성능 분석 결과, 패턴의 크기와 중심점은 실제 크기와 비교하여 약 $1\ \mu\text{m} \sim 0.5\ \mu\text{m}$ 의 오차율을 나타내었으며, 중심점에 대해서 1 픽셀의 오차를 가지는 것을 확인하였다. 또한 기존 방법에 비해 실제 측정시간이 약 $200\ \mu\text{s}$ 가 단축되는 것을 확인하였다.

향후 패턴의 크기를 구하는 시퀀스(sequence)에서 찾고자 하는 패턴의 중심에서 밖으로 패턴의 경계를 찾는 방법, 패턴의 모양이 기울어져 있을 경우 크

기와 중심을 찾는 방법, 패턴의 기울기를 찾는 방법, 삼각형 또는 마름모 등 다양한 패턴 모양을 측정하는 방법을 연구가 필요하며 이를 통해 시스템을 확장할 것이다.

REFERENCE

[1] KDIA, *2017 OLED Manufacturing Equipment Industrial Competitiveness Survey*, Korea Display Industry Association, 2017.
 [2] C.K. Kim, G.R. Han, I.Y. Kim, and C. Hone, "Influence of Electrode and Thickness of Organic Layer to the Emission Spectra in Microcavity Organic Light Emitting Diodes," *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 29, No. 11, pp. 1183-1189, 2012.
 [3] LEESOS Inc., *Fluorescence Image Acquisition Apparatus for Acquiring Images by Multiple Light Sources at Once*, 10-1450120, Korea, 2014.
 [4] S.B. Ji, H.W. Choi, and K.S. Yook, "Materials for Organic Light Emitting Diodes," *Korean Industrial Chemistry News*, Vol. 19, No. 3, pp. 1-11, 2016.
 [5] K.M. Lee, M.S. Jang, and P.G. Park, "A New Defect Inspection Method for TFT-LCD Panel Using Pattern Comparison," *The Tran-*

sactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 57, No. 2, pp. 307-313, 2008.

[6] K.S. Park and D.W. Shin, "Defect Inspection of the Pixels in OLED Type Display Device by Image Processing," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 8, No. 2, pp. 25-31, 2009.

[7] J.H. Kim, S. Ahn, J.W. Jeon, and J.E. Byun, "A High-speed Highresolution Vision System for the Inspection of TFT LCD," *Proceedings of International Society for Industrial Ecology 2001. IEEE International Symposium*, Vol. 1, pp. 101-105, 2001.

[8] K. Nakashima, "Hybrid Inspection System for LCD Color Filter Panels," *Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Vol. 2, pp. 689-692, 1994.

[9] S.R. Kim, *Correction of Phase Error Using 2 Cameras in White-light Phase-shifting Interferometer*, Master's Thesis of Seoul National University Engineering Practice School, 2014.

[10] H. Yoo, "Sub-pixel Image Magnification Using Adaptive Linear Interpolation," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 9, No. 8, pp. 1000-1009, 2006.



곽 병 호

2000년 3월~2006년 2월 대전대학교 정보통계학과 학사
 2005년 7월~2008년 8월 모닝테크노로지
 2008년 9월~20014년 5월 커미조아

2014년 5월~2014년 12월 STF
 2015년 1월~2015년 12월 디오틱
 2016년 1월~현재 리스광시스템
 관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 모터제어, 반도체 시스템 제어



최 경 주

1992년 3월~1997년 2월 충북대학교 컴퓨터학과 학사
 1997년 3월~1999년 2월 연세대학교 컴퓨터학과 석사
 1999년 3월~2002년 8월 연세대학교 컴퓨터과학·산업시스템공학과 박사

2002년 7월~2005년 2월 LG CNS 연구개발센터
 2005년 3월~현재 충북대학교 전자정보대학 소프트웨어학과 교수
 관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 바이오컴퓨팅, 유비쿼터스컴퓨팅