

기술 특 집

# LCD 검사장비기술의 현황과 과제

정 대 화 (LG전자 생산기술원 검사기술그룹)

LCD 제조를 위한 검사장비들은 성막, 코팅, 노광, 에칭 등의 주요 공정 장비들과 함께 전략적인 투자가 이루어지는 주요 장비군으로 분류된다. 다양한 결함에 대응하는 여러 가지 검사장비가 존재하며, 공정과 생산시스템의 특성에 맞도록 샘플 검사 혹은 전수 검사 개념으로 배치된다. 미세 패턴 결함을 검출하는 패턴 검사기, 얼룩 유무를 검사하는 매크로 검사기, 화소 전극의 전압 레벨을 기판상태에서 검사하는 어레이검사기가 LCD 검사에 있어 대표적인 검사기이고 이외에 공정 별로 특화된 검사기들이 다수 존재한다. 각 검사기를 용도와 형태, 기능별로 구분해 보고 검사기의 원리와 특징을 살펴본 후, 향후 추가적 기술 개발이 요구되는 부분을 조명해 본다.

## I. 검사 공정의 구성

공정에서 결함을 발생시키는 요인은 공정 조건의 부적합, 장비 작동의 불안정, 이물 침투 등이 있으며 미세한 패턴의 선폭과 높이에 영향을 주는 서브마이크론 크기의 미세 결함에서 기판 전체에 걸쳐 나타나는 대형 얼룩에 이르기까지 많은 종류의 결함이 발생한다.

검사공정은 결함을 조기에 발견하고 결함을 만들어낸 공정 변동요인을 추적하여 제거함으로써 초기수율(First time yield)을 향상시키고, 결함이 발생한 기판을 찾아내어 수리(Repair)하거나 재작업(Rework)하여 다시 투입함으로써 종합수율(Rolled trough yield)를 향상하는 역할을 한다. LCD용 Glass가 세대를 거듭 할수록 더욱 커지고 이에 따라 장비의 가격도 급격히 고가화 되어가고 있으며 검사기를 배치할 크린룸의 투자 및 유지 비용도 높아가고 있으므로 검사장비 투입을 최소화 하면서도 최대의 효과를 얻는 것을 목표로 제조 및 검사 공정을 설계하게 된다.

단위 검사장비 투자에 대한 효율(Pe)은 실무적으로는 다음과 같이 단순화 하여 고려할 수 있다.

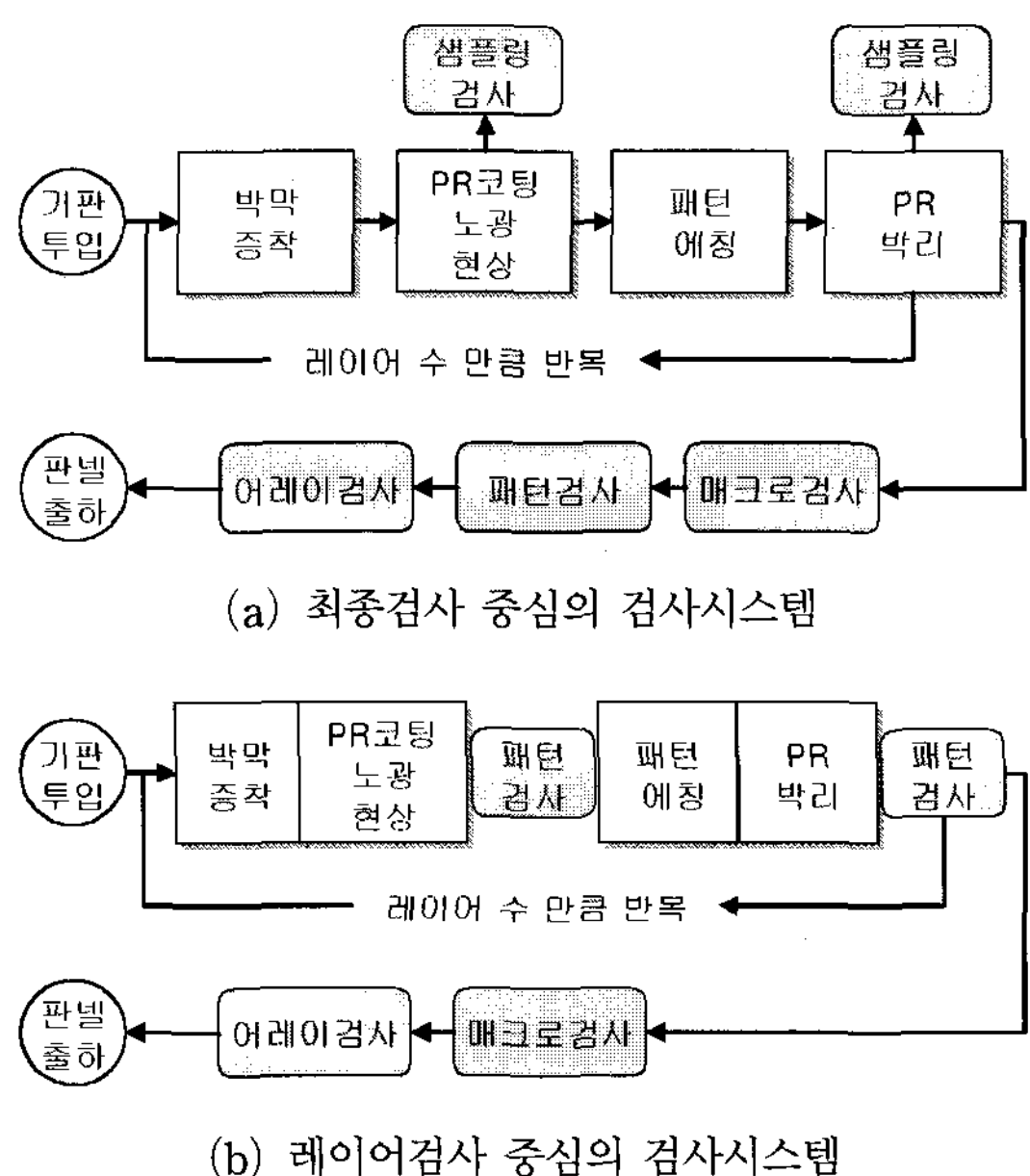
제조 및 검사 시스템은 여러 단위 검사 공정들이 모여서 구성되므로 전체적인 시스템의 투자 효율을 높이기 위하여

$$P_e = \frac{F-Cost + MTR-Return}{Eqp Invest + Running Cost} \quad (1)$$

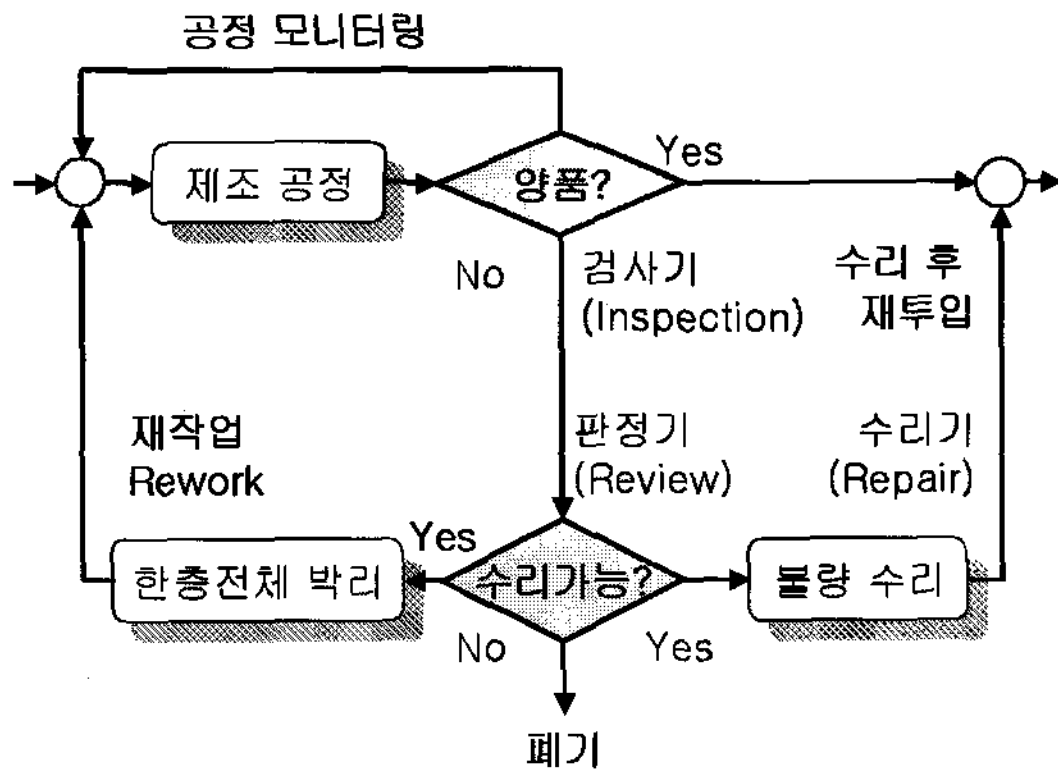
- F-Cost* : 검사를 하지 않았을 때 발생하는 품질 실패비용
- MTR-Return* : 불량으로 폐기될 반제품의 수리를 통하여 회수한 금액
- Eqp-Invest* : 장치 및 공간(클린룸) 비용
- Running-Cost* : 유틸리티 및 인건비와 소모품비

공정의 know-how와 품질관리전략을 기반으로 전체적으로 고려하여 검사시스템을 포함 한 제조공정을 구성하게 된다. LCD 제조공정은 기판(Glass) 위에 얇은 막을 형성하는 증착공정과 PR(Photo resist)을 코팅하고 그 위에 패턴을 형성하는 포토공정, PR 아래의 박막을 녹이는 식각공정 및 사용된 PR을 벗겨내는 박리공정의 연속으로 구성된다.

LCD 제조에서 한 층을 형성하는 일련의 공정을 레이어(Layer) 공정이라 하며 각 레이어공정을 단위로 제조설비의 배치 및 운용 계획을 수립하게 된다. [그림 1] (a), (b)



[그림 1]



[그림 2] 검사 공정의 Process Map

는 레이어 단위의 제조공정을 각 레이어 수 만큼 거쳐서 최종 패널이 출하될 때까지의 제조 및 검사 시스템 구성 예를 나타낸다.

[그림 1](a)와 같이 최종검사에 중점을 둔 배치에 있어서 완성된 패널은 패턴검사 및 어레이검사를 거쳐서 출하된다. 각 레이어의 검사는 샘플검사 방식으로 수행되어 코팅과 노광 등 주요 공정장비의 조건과 품질을 모니터링 한다. 한편 [그림 1](b)에 나타난 것과 같이 레이어 검사에 중점을 둔 경우에는 에칭공정 이후 혹은 PR박리 이후의 전체 기판을 대상으로 패턴검사를 수행하여 불량 패널을 사전에 차단하는 구성을 하기도 한다.

기판 대형화에 따라 기판 내 불량발생 확률이 높아지고 불량에 따른 손실비용도 증대하므로 비교적 적은 수의 레이어가 형성 되었을 때 쉽게 수리하고 불량 기판에 대해 추가적 공정 진행을 차단함으로써 손실을 최소화 하는 방향으로 [그림 1](b)와 같이 검사기를 전진 배치하는 경향이 있다.

[그림 2]는 검사공정 전후의 프로세스를 나타내는 공정도이다. LCD 제조공정은 장치마다 설정된 조건에 따라 다량의 기판을 동일한 조건으로 생산하기 때문에 잘못된 공정 조건이나 이물에 의한 다량의 불량을 감시하기 위하여 공정을 모니터링 할 필요가 있다.

검사의 목적이 공정의 모니터링인 경우는 샘플 검사를 통해 장비의 이상여부를 조기에 판단하여 대형 품질사고의 발생을 방지하고 최적의 공정장비 가동 상태를 유지시키는 것이 바람직하다.

한편 불량 부위를 수리하여 재투입 하고자 하는 목적으로 검사하는 경우에는 모든 패널에 대한 전수 검사를 통해 결함을 검출하여 그 위치와 종류를 적절한 Repair시스템에 전달하여야 한다.

검사장비는 공정 품질과 관련된 많은 정보를 생성해 주므로 다수의 공정 및 검사 장비에서 생성한 정보를 서버에서 수집하고 분석하여 그 결과를 공정의 관리에 이용하는 예방적 품질 관리 정책을 펼 수 있는 시스템이 구축되고 있다.

어떠한 검사장비를 개발한다고 할 때에는 그 장비의 공정 상에서의 위치를 사전에 할당하고, 공정 및 생산시스템과의 연계성을 고려하여 부가적 기능이 정의되어야 한다. 단순히 특정 기능에 대한 성능이 뛰어나다고 하여 양산용 장비로

채택될 수 있는 것은 아니며, 공정에 대한 고려사항들이 검사장비 시장에 대한 일반 기업들의 진입장벽으로 작용하고 있다.

## II. 검사장비의 분류

검사기는 사용 용도, 검사 대상의 물리적 성질, 장비의 형태 등에 따라서 분류할 수 있다.

### 1. 광학식 범용 검사장비와 비광학식 전용 검사 장비

광학식 검사장비의 대표적인 예로 패턴 검사기를 들 수 있으며 기판의 광학적 성질을 이용하여 검사한다. 카메라로 기판의 영상을 획득하여 반사율이나 형상이 정상과 상이함을 보이는 모든 부분에 대하여 결함 후보로 선정한다. 사용에 있어 특정한 제한이 없고 물성치에 대한 조건을 다양하게 수용하므로 여러 공정단계에 걸쳐서 두루 사용될 수 있기 때문에 범용 검사기로 분류 한다. 이 외에 매크로 검사기나 이물검사기 등 대부분의 검사기가 광학적 이미지를 직접 얻어서 검사한다. 이에 반해 Array 검사기, O/S(Open/Short) 검사기 등은 카메라를 일부 사용하지만, 기본적인 결함 검출 원리로 기판의 광학적 성질을 이용하지 않으므로 비광학적 검사기라고 할 수 있고 특정 공정에 특화된 전용 검사기적인 측면을 가진다.

### 2. 검출 결함의 종류에 따른 구분

결함의 사이즈에 따른 구분으로 마이크로 검사기와 매크로 검사기로 나눌 수 있다. 패턴 검사기는 수 마이크론의 결함을 검출하므로 마이크로 결함 검사기로 부를 수 있고, 매크로 검사기는 보통 1mm 이상의 크기에서 기판 전체에 걸친 얼룩들을 검출하기 위한 목적으로 사용된다. 광학계가 다르므로 두 검사기는 호환될 수 없으며, 최근 패턴 검사기의 고 해상도 영상을 압축하여 얼룩이미지를 추출하려는 경향이 있으나, 얼룩의 가시성은 조명의 종류와 조사방법의 영향을 많이 받으므로 성공적인 결과는 보고되어 있지 않다.

[표 1] 마이크로검사기(패턴검사기)와 매크로검사기의 비교

항목	패턴검사기	매크로 검사기
적용 공정	패턴이 형성된 이후	증착, 코팅 등 막 상태를 포함한 전체 외관검사 공정
검출 항목	미세 패턴의 연결, 패임, 끊김	큰 점결함, 표면 흠집 두께 혹은 선폭의 미세한 불량의 균집
결함 크기	1~5 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$ 이상 단일 결함 혹은 수 nm 이상의 균집 결함
검사 목적	점결함 유출방지, 불량 수리	Glass 외관 이상 검출. 코터, 노광기 등 공정의 이상 감지

### 3. 공정상의 설치 위치에 따른 분류

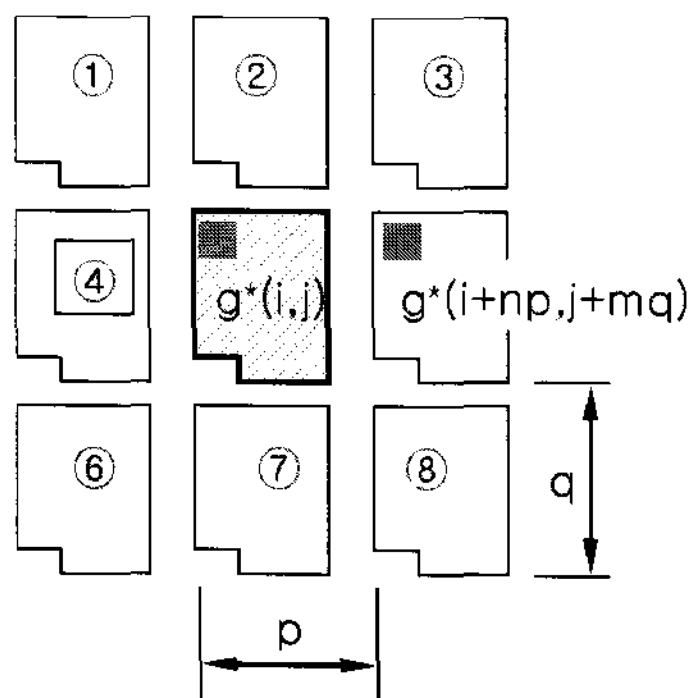
검사장비는 양산라인에서의 운용을 목적으로 하므로, 생산 시스템에 따라 in-line 검사기와 stand-alone(off-line) 검사기로 구분된다. In-line 검사기는 기판의 투입과 배출구간을 분리하기 위해 기판의 투입방향과 배출 방향이 반대로 구성되며, 일반적으로 기판을 장비로 인입하기 위한 컨베이어나 반입기구가 장비 내에 장착된다. In-line 검사장비는 라인과 동일한 수준의 Tact Time(일반적으로 40~60초) 이내에 검사하기 위하여 수십 개의 검사 카메라가 장착되는 구조로 제작된다. 따라서 공정별로 기판의 특성에 적합한 정밀한 튜닝을 하기 어려워 세밀한 검사용으로는 적합하지 않으므로 검출이 비교적 용이한 가시성이 높은 결함의 실시간 검출이나 공정 모니터링용으로 적합하다.

## III. 주요 검사장비의 기술적 특징

### 1. 패턴검사기

패턴 검사기는 기판 화소의 미세한 패턴 결함을 광학식으로 검출하는 장비로서 사용에 있어 범용성이 높아 가장 중요한 검사장비중 하나이다. 최근에는 3 $\mu\text{m}$ 의 결함 검출력을 가진 장비가 일반화 되었는데 검출력이 3 $\mu\text{m}$ 라 하여도, 고속 검사를 위하여 카메라 해상도는 화소당 5~7 $\mu\text{m}$ 의 해상도로 설정하고 sub-pixel 알고리즘을 이용하여 결함을 검출한다. 결함부위의 제조차를 최대화하기 위하여 pitch-wise comparison 알고리즘을 이용하는데, 평판 화소의 형상이 인접한 화소와 동일하다는 특징을 이용하여, [그림 3]과 같이 검사할 화소와 인접 화소를 비교하여 식 (2)에 의해 결함을 판단한다.

기판 화소의 크기가 카메라 화소크기의 정수배가 되지 않는 경우, 인접한 기판 화소의 비교지점이 검사 중인 기판 화소상의 비교 지점과 동일 패턴이 아닐 수가 있다. 이를 보정하기 위하여 카메라의 배율을 가변하거나, 바로 인접이 아닌 2, 3 주기의 TFT 화소를 건너 뛴 지점을 비교하는 방법이 사용된다.



[그림 3] TFT 혹은 칼라필터 검사기의 검사대상 픽셀과 주변 픽셀

$$\text{if } \{g^*(i, j) - 1/8 * \sum \sum g^*(i-np, j-mq)\} > (\text{inspection criterion})$$

where,

$$g^*(i, j) = (1-c_2) [(1-c_1) g(i^*, j^*) + c_1 g(i^* + 1, j^*)] + c_2 [(1-c_1) g(i^*, j^* + 1) + c_1 g(i^* + 1, j^* + 1)]$$

$$c_1 = i/a - i^*, \quad c_2 = j/b - j^*, \\ i^* = \text{Ceiling}[i/a], \quad j^* = \text{Ceiling}[j/a] \quad (2)$$

### 2. 매크로 검사기

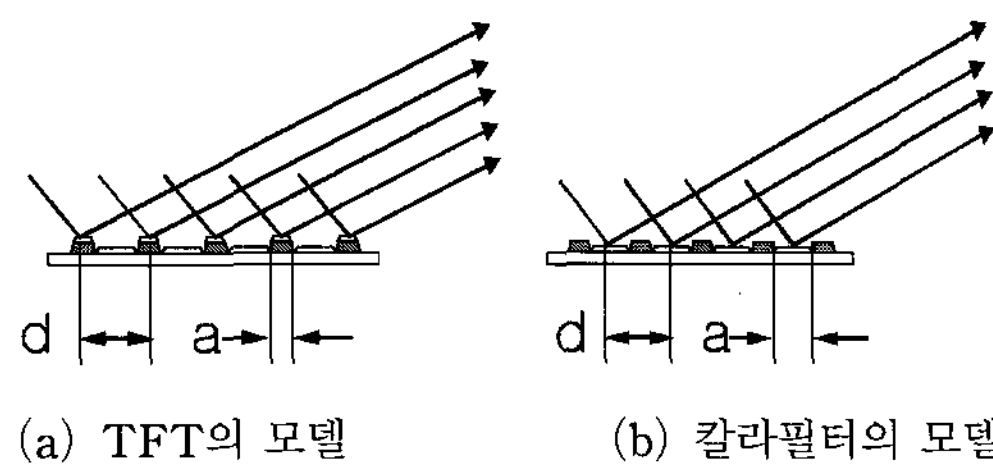
패턴 검사기는 인접 화소 패턴과의 비교에 의한 결함 강조 방식을 사용하므로 패턴의 CD값이나 막의 두께의 점진적 변화로 인하여 거시적으로 나타나 보이는 얼룩은 검출하지 못한다. 얼룩이란 '주변과 미약하게 구별되는 제조값의 차이'로 정의되어 있다. 얼룩은 조명의 방향, 관찰자의 위치 등에 따라 보이기도 하고 보이지 않기도 하므로, 수동 Macro 검사기는 기판을 5자 유도 이상으로 움직이면서 관찰할 수 있는 기구메커니즘과, 조도 10,000lux 이상의 전면 집속광, 형광등 후면광, 나트륨 광원 평행 투사광등을 장착하여 작업자가 여러 각도에서 기판을 관찰할 수 있도록 하고 있다.

밝은 조명과 작업 숙련도에 의존하는 검출력 때문에 자동화된 장비인 오토매크로(Auto Macro) 장비가 개발되어 적용되고 있다.

LCD 패널의 TFT 및 칼라필터는 금속 및 수지로 구성된 일정한 패턴을 갖고 있으므로 다중 슬릿으로 모델링 할 수 있으며 [그림 4](a) 및 [그림 4](b)와 같은 광경로를 갖는다. 이에 따른 밝기 분포는 식 (3)과 같이 계산되며 회절과 간섭에 의한 영향이 중첩되어 나타난다. 오토매크로 장비는 특정 각에 조명과 카메라를 고정하고 기판을 이동하여 회절 및 간섭 영상을 얻는다.

$$I = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 (\cos \beta)^2 \\ \alpha = \pi a \sin(\theta) / \lambda \\ \beta = \pi d \sin(\theta) / \lambda \quad (3)$$

LCD의 광학적 모델은 TFT의 경우 금속전극에서 주로 반사하므로 a가 작고 d가 큰 [그림 4](a)와 같이 설명이 되며 Gate 및 Data 전극의 반사구조가 회절격자 기능을 하여 식 (3-1)에서 나타낸 바와 같은 간섭성분이 주로 나타난다



[그림 4] TFT 및 칼라필터의 반사광에서의 광학적 특성모델

다. Gate 및 Data 전극의 간격이 다르기 때문에 각 전극을 잘 관찰 할 수 있는 방향으로 회전하여 검사하여야 하며, 카메라를 이용한 검사시 작은 각도 범위 안에서 명암이 바뀌므로 영상에서는 흑백이 반전되는 이미지가 관찰된다.

$$I = 4 I_0 (\cos \beta)^2 \tag{3-1}$$

또한 a가 크고 d가 작은 R/G/B 레이어의 경우 경우에는 단일슬릿과 같이 되며 식 (3-2)에 표시하는 바와 같이 회절 패턴 성분이 영상에 주로 반영되고 각도에 민감하지 않은 영상이 얻어진다.

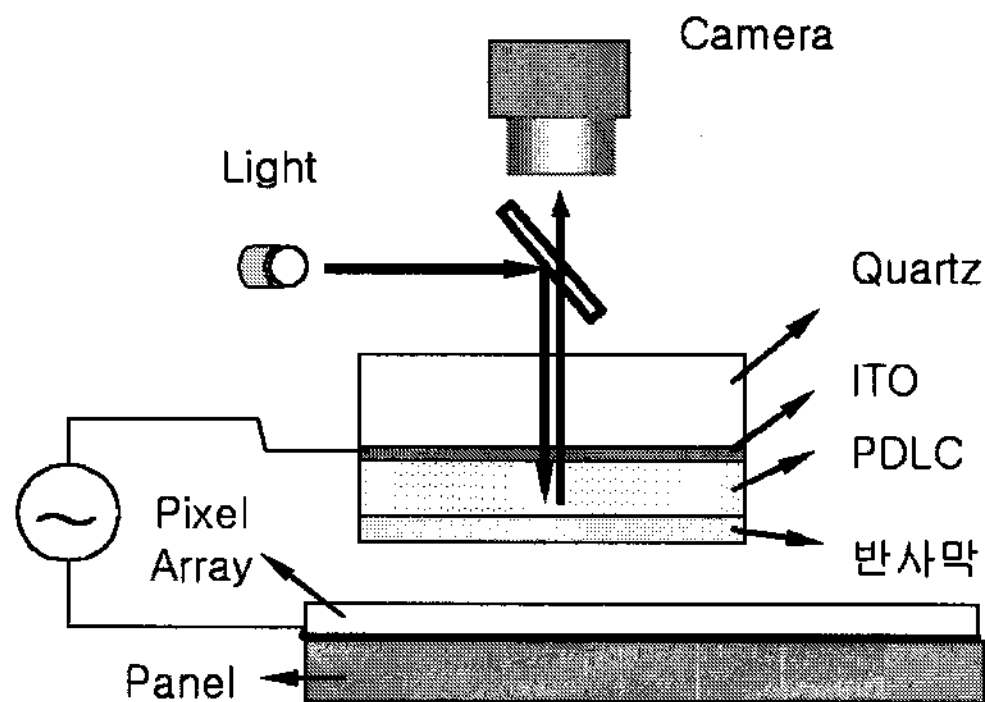
$$I = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \tag{3-2}$$

Macro 검사기에서 검출 된 얼룩은 육안으로 관찰하는 Auto prober 얼룩과 일대일 상관관계가 있다고 밝혀지지 않았기 때문에 얼룩의 치명도를 여부를 판단하기가 어렵다. 따라서 최종 조립 후 Auto Prober에서의 판정결과와 연계하여 경험적 지식에 근거한 판정식으로 양부를 결정한다.

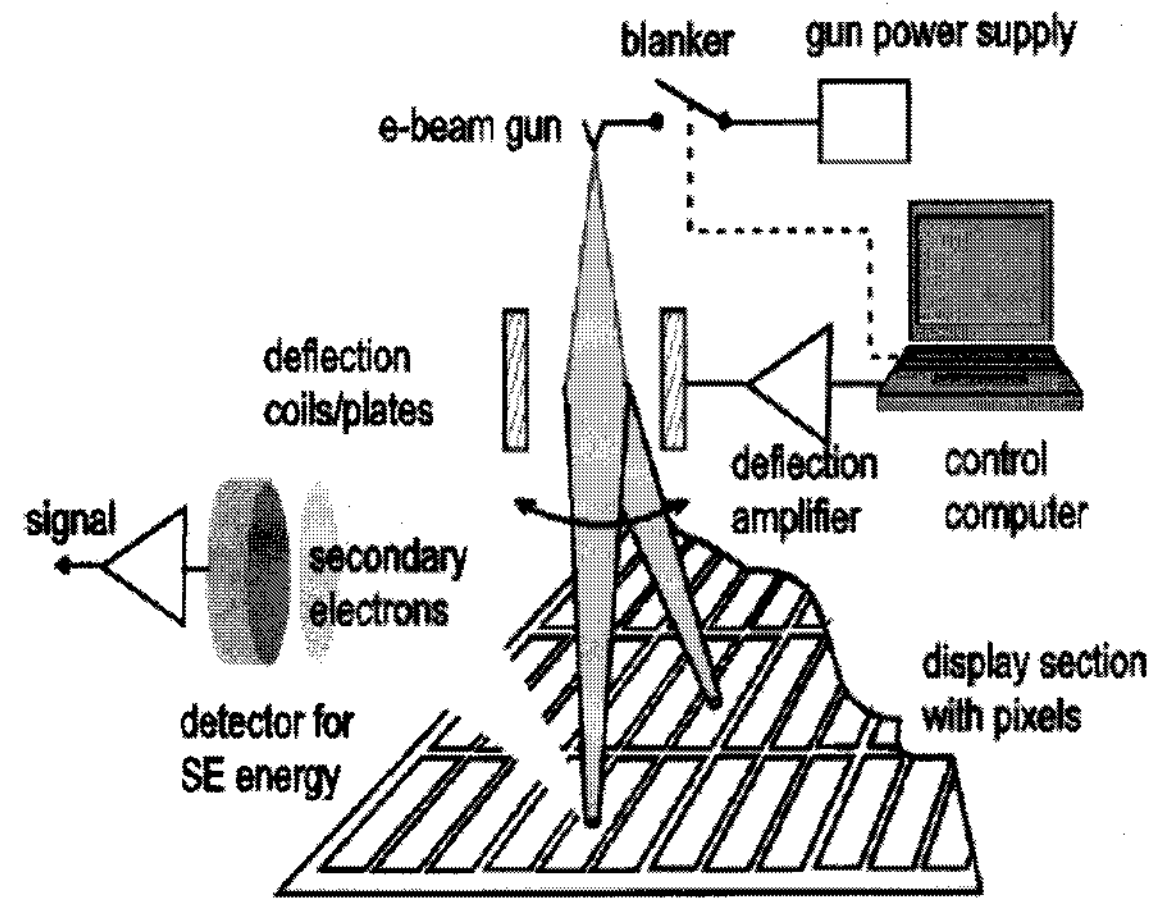
### 3. TFT 어레이검사기

TFT 기판의 완성 후 각 화소의 동작 여부를 검사 하는 장비로서 TFT가 최종 완성 된 후에 적용된다. 검사 원리는 기판에 신호를 가하여 화소전극에 전하를 charging한 후에 전압에 의해 투과율이 바뀌는 모듈레이터를 화소전극array 위에 근접시켜서 모듈레이터의 투과율 변화에 의한 이미지 변화를 통하여 화소전극의 이상유무를 판정하는 것이다.<sup>[1]</sup> 칼라필터, 액정, 편광판 부착등의 LCD를 정상 동작시키기 위한 과정을 거치지 않고서도 TFT기판의 결함을 알 수 있는 장비이므로 개발 당시 혁신적 개념의 제품으로 받아들여 졌고 지금도 TFT기판 최종 검사기로서의 중요한 역할을 하고 있다. [그림 5]에 모듈레이터 방식의 어레이검사기 동작 원리를 표시하였다.

근래에는 [그림 6]에 나타낸 바와 같이 전자빔을 이용하여 진공 챔버 내에서 화소 전극의 동작을 검사하는 e-beam 방식 검사기가 모듈레이터 방식의 검사기와 병용되고 있다.<sup>[2]</sup>



[그림 5] PDLC 방식의 어레이검사기



[그림 6] e-Beam 방식의 어레이검사기

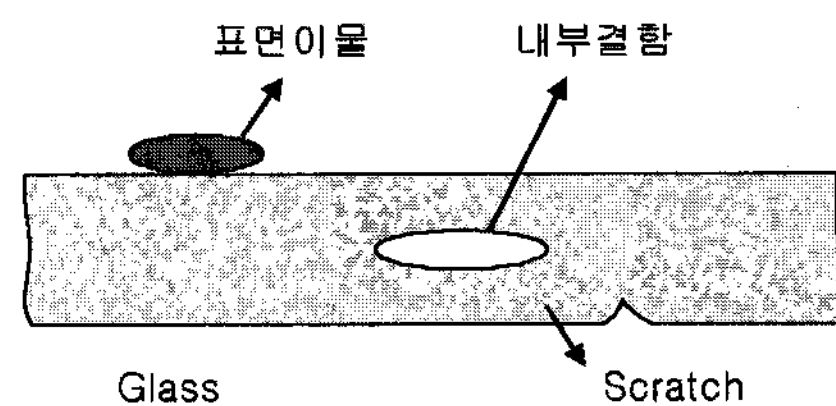
### 4. Vision Auto Prober

Auto prober는 칼라필터 기판과 TFT 기판을 합착시키고 절단한 후(CELL 공정), probe frame을 통해 LCD CELL에 구동 신호를 인가하여 영상 신호를 직접 보고 암점, 휘점 등의 점결함과 단선(Open), 단락(Short)에 의한 선결함과 얼룩을 판정하는 장비이다. 한 화소의 밝기가 주변대비 5%~10% 이상 차이나는 경우로 정의된 휘점이나 암점을 목시로 검사하기 어려울 뿐 아니라, TV 등 대형 모델의 생산에 따른 작업 시간의 증가로 인하여 최근 카메라를 이용한 검사시스템이 개발되었고, 이를 종래의 Auto Prober와 구별하여 Vision Auto Prober로 명명하였다. 본 검사 공정은 모듈 조립전의 최종 검사 공정인 관계로 판정의 정확도를 기하고 수율을 관리하기 위하여 Vision Auto Prober 장비가 1차로 검사하여 결함후보점 주위에 mark를 하고, 작업자가 이를 확인하는 자동-수동 장비의 협업모델로 운용 방식이 정착되고 있다.

### IV. 기타 검사 및 측정 장비

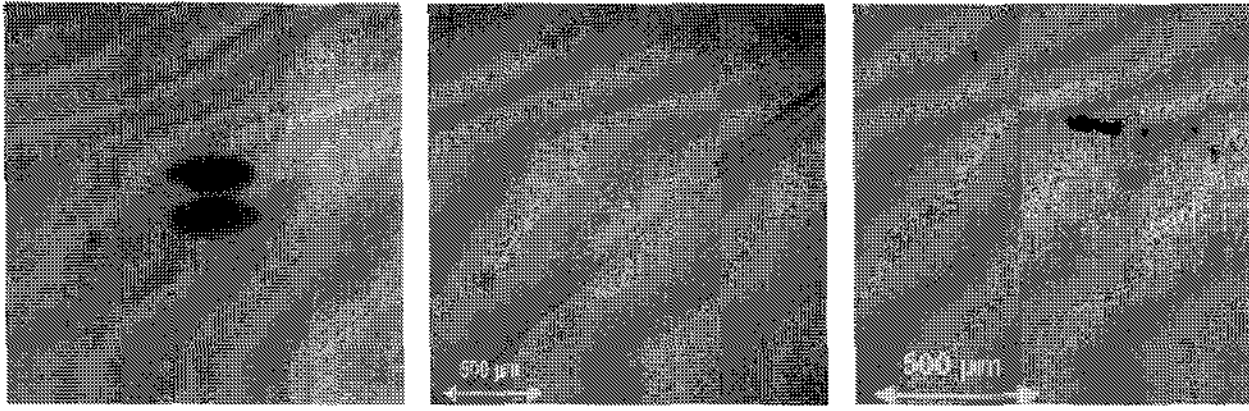
앞 장에서 대표적인 검사기들을 몇 가지 소개하였으나 이외에도 공정 별로 혹은 공정상의 단계별로 특화된 검사장비가 존재하며 새로운 공정기술의 개발에 따라 이에 상응하는 검사기의 개발도 기대된다.

**Bare Glass 검사기:** Glass의 초기 투입 공정에서 수입 검사 목적으로 사용되며 Glass의 scratch, glass내부의 기



[그림 7] Bare Glass 검사기의 결함 종류





내부 기포 스크래치 표면이물

[그림 8] Bare glass 검사기 결합 이미지

포의 유무 등을 조사한다.<sup>[3]</sup> 표면에 부착된 이물은 세정을 통하여 제거될 수 있으므로 결합의 위치가 어디인지를 판단하는 기능이 중요하게 요구된다.

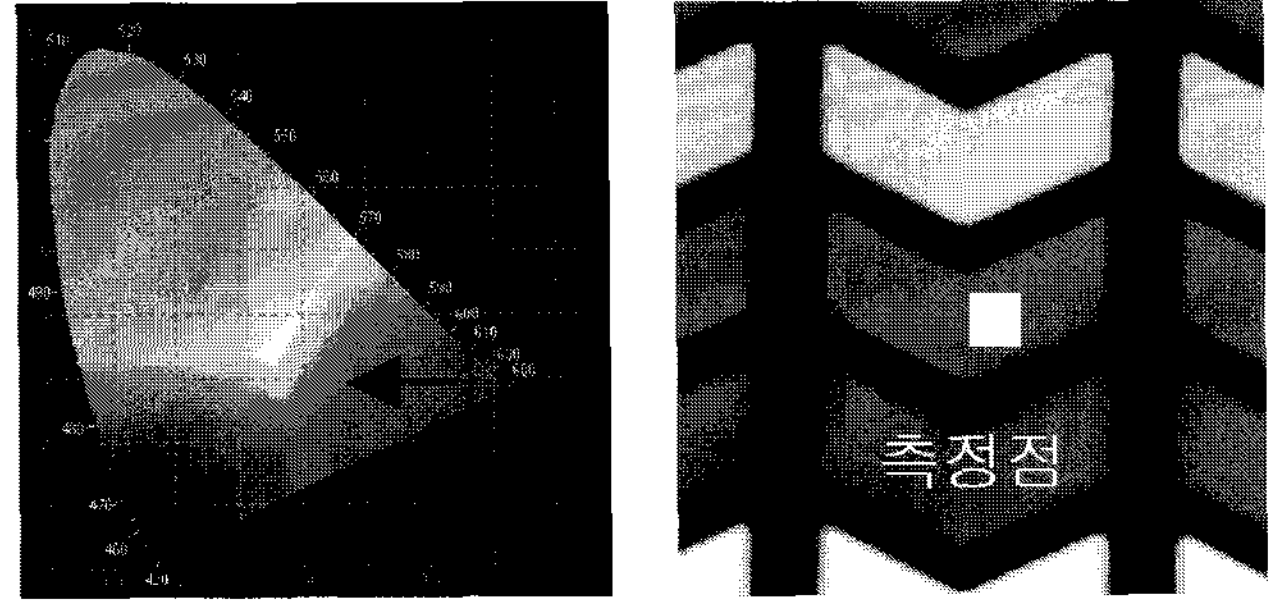
**Gate Short 검사기:** IPS(in plane switch) 모드로 동작하는 LCD의 경우, Gate 전극과 공통 전극과의 사이의 거리가 수  $\mu\text{m}$ 에 불과하여 short 결합이 다발한다. Gate 전극은 TFT 기판의 가장 하부에 위치하고 short 발생시 최종 array 검사가 불가능하므로, 초기에 선별해서 골라낼 필요가 있다. Gate 기판에 약한 전류를 흘리고 결합 부위에서 발생하는 자기 신호를 검출하여 고속으로 결합위치를 찾는 기술이 상용화되었고<sup>[4][5]</sup>, Short 부위의 온도가 상승하는 점을 이용하여 적외선을 이용한 검사방식도 개발되었다.

**Line Open & Short 검사기:** 전극 라인의 검사를 함에 있어 전극 라인의 한쪽 단 위에서 capacitive coupling을 이용하여 전자 유도 신호를 인가한 후 다른 한쪽 단에서 다시 비접촉 capacitive coupling으로 수신하여 전극의 단락과 단선을 검사하는 장비이다. Gate 전극 혹은 Data 전극의 Open & Short 결합을 검출 하는 것은 물론이고 Data 라인 완성공정에서도 Gate-Data의 cross short 결합도 인가 신호가 data 라인으로 빠져나가서 생기는 감도 차이를 이용하여 검출할 수 있다.

위의 Gate Short 검사기와 Line Open & Short 검사기들은 실제 기능상 치명적인 전극의 결합만을 검출할 수 있고, 기판의 전 면에 대한 검사가 아니라 기판상의 패턴 하나 당 1회의 스캔만으로 검사가 종료되므로 검사 속도가 빨라 레이저 공정의 전수 검사용으로 채용되고 있다. 이러한 검사기의 개발로 중간 레이어의 전수 검사가 용이해져서 종래의 최종 완성 단계 repair 공정을 중간 레이어로 옮겨가는 검사시스템이 변혁이 가능하게 되었다.

**칼라필터 검사기:** 칼라필터 기판은 구조가 TFT에 비하여 비교적 간단하여 패턴 검사기는 in-line 검사가 일반화되어 있고, 불량으로 판정되는 결합의 크기도 최소가 수십  $\mu\text{m}$ 이므로 패턴 검사기의 세팅 정도에 영향을 덜 받는다. 그러나 칼라필터 기판상에 TFT와의 Gap을 유지하기 위한 column spacer가 형성되어 치수관리가 중요하고, 칼라필터 안료층의 두께와 물성이 LCD의 색감을 직접적으로 결정하기 때문에 패턴 검사 외에 얼룩도 관리해야 한다.

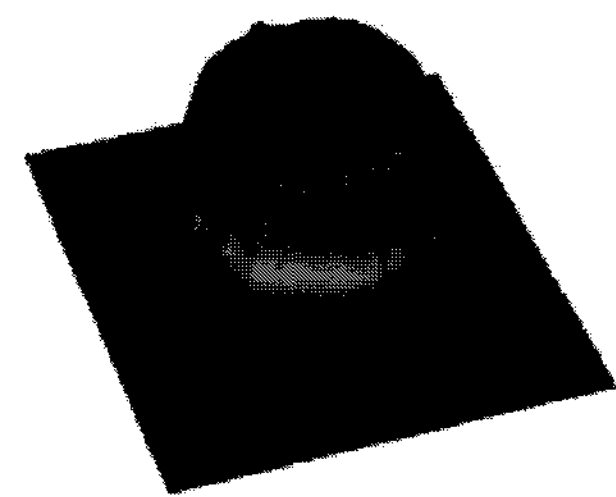
**분광 측정기:** 칼라필터의 RGB 안료의 두께나 재질에 의해 투과율과 색좌표가 결정되는데, 파장별 광 투과율 즉 분광특성을 측정함으로써 칼라필터의 색상품질을 결정할 수 있고, 이를 결정하는 인자의 하나인 막두께를 관리한다. 안



[그림 9] 칼라필터 두께변화에 따른 LCD 색좌표 이동 방향

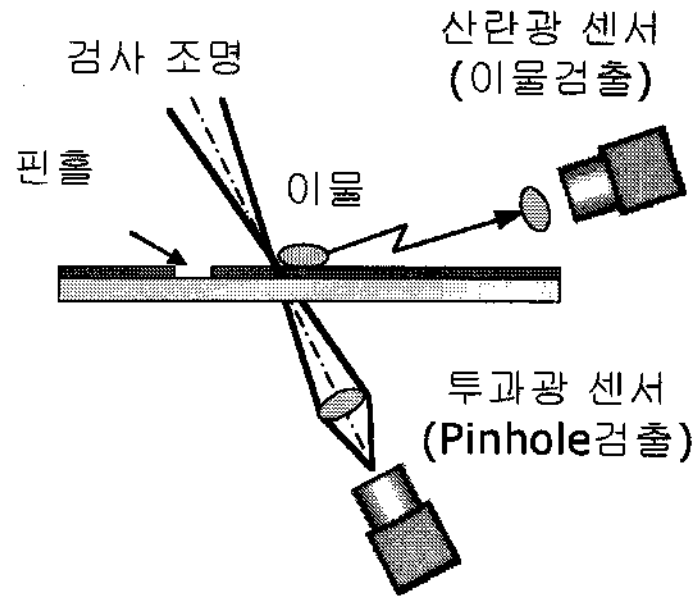
료를 코팅한 이후 패턴을 형성하는 노광공정 전에서 코팅 두께를 실시간으로 관리하는 도구로 사용하기도 하며 색상이 있는 패널을 분석하기 위하여 별도의 독립형 장비로 구성하기도 한다. [그림 9]는 적색 안료 두께가 얇아질 경우 발생할 수 있는 색좌표 이동을 나타낸다.

**Column Spacer 측정기:** 종래에 TFT 기판과 칼라필터 기판 사이의 gap을 유지하기 위하여 polymer나 glass로 된 3~4  $\mu\text{m}$  크기의 ball spacer를 산포하였으나 ball spacer로 인한 광 산란이 대조비(Contrast Ratio)를 떨어뜨리므로 근래에는 칼라필터의 black matrix 영역에 노광 공정을 이용하여 column spacer를 형성시켜 gap을 유지하는 기술이 적용되고 있다. 칼라필터의 높이차가 수백 angstrom ( $\text{\AA}$ ) 발생해도 얼룩을 유발하므로 이의 정밀한 control이 필요하다. 또한 액정을 주입하는 방식이 One Drop Filling (ODF) 공법으로 바뀌면서 정확한 액정 토출량을 계산하기 위하여 Column Spacer의 높이를 정확하게 측정할 필요성이 생겼다. 백색광 주사 간섭 현미경을 이용한 3차원 형상 측정 헤드를 다수 장착하여 칼라필터 기판상의 미리 정해진 수 십개의 지점에서의 Column Spacer의 형상을 측정하여 volume을 산출하고 액정의 토출량을 계산하도록 한 것이 Column Spacer 측정기이다.



[그림 10] Column spacer 측정 사례

**이물 검사기:** 칼라필터는 TFT와 달리 주로 평행광을 이용한 근접 노광 방식을 사용하는데 칼라필터 기판과 포토 마스크가 약 200~300  $\mu\text{m}$ 의 gap으로 근접하게 된다. 칼라필터 기판 위에 gap의 크기보다 큰 이물이 있는 경우 고가의 포토마스크를 손상시키게 되므로, 이물이 존재하는 경우 경고를 발생하고 노광을 중지하는 것이 필요하다. 기판의 대형화에 따라 기판이 이물에 노출될 확률이 높아지고 있어서 노광기로 기판을 투입하기 전에 측면 조명을 비추어 이물에



[그림 11] PI핀홀측정 및 이물검출 원리

의하여 산란하는 광을 카메라로 검사하는 장비가 적용되기 시작했다.

공정장비의 고장과 문제를 방지하기 위한 예방성 검사장비의 도입이 늘어날 전망이다. 예를 들어 기판에 crack이 존재할 경우 sputter 등 진공 성막장비에 투입되면 고온으로 인하여 파괴될 가능성이 많고 진공장비는 한번 down되면 회복에 많은 시간이 소요되므로 진공장비에 기판을 투입하기 전에 crack을 검사하는 것에 대한 경제적 타당성에 대한 검토가 이루어지고 있다.

TFT 기판과 칼라필터 기판을 합착하고 절단하는 공정 공정 역시 PI 도포, rubbing, 액정주입, 합착, scribing, sealing, 연마 등 다양한 공정으로 구성되고 각 공정의 상태를 모니터링하고 결함을 선별하기 위한 여러 종류의 검사기가 투입된다.

**PI Pin Hole 검사기:** 배향막을 형성하기 위하여 PI를 도포한 후에 도포되지 않은 영역이 있는지 검사하는 장비이다. 투과 및 반사광을 이용하여 이물검사 및 핀홀검사 일체형으로 구성하기도 하며 핀홀 불량 유출방지의 목적으로 인라인 전수검사로 배치된다.

**Rubbing 각 측정기:** Rubbing 후 배향막 특성이 분자 레벨에서 이루어지므로 시각적으로 정확한 배향 방향이나 수준을 파악하기 어렵다. ellipsometry를 이용하여 배향막의 광학적 이방성을 측정하는 것이 일반적이나, 시판되는 장비들은 소형 시편만 측정할 수 있고 생산 공정에서의 대형 기판의 측정에 대응할 수 있는 장비는 아직 개발되어 있지 않다. 현재까지 제시된 여러가지 방법도 0.01도 단위의 측정 정밀도를 요구하는 사양에 비하여 훨씬 미달하므로 이를 해결하기 위한 새로운 측정기술의 개발이 요구된다. 원자 현미경을 사용하거나, 이방성 물질을 사용하는 파괴적인 측정 방법도 소개되어 있다.<sup>16)</sup>

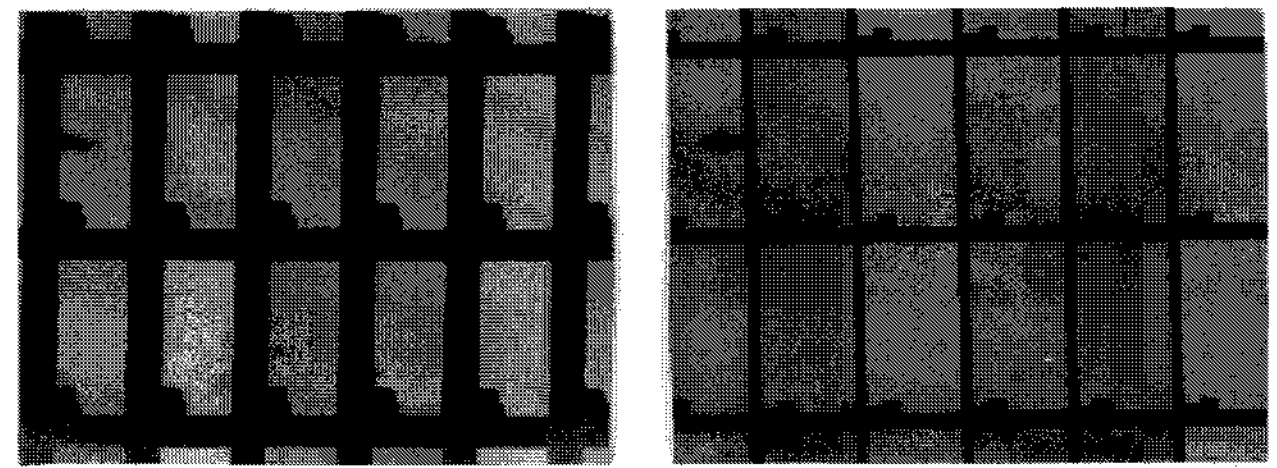
이외에도 칼라필터 기판과 TFT 기판의 합착의 정확도를 검사하는 합착 정도 검사기, 봉지(seal)부의 정확성을 보는 seal 검사기 등이 공정 전후에 배치되어 다수 사용되고 있다.

## V. 검사장비의 과제

검사장비의 많은 종류만큼 다양한 요소 기술이 개입되어 있고, 각 기술마다 고유의 로드맵을 가지고 개발이 진행되고

있다. 앞서 언급된 장비들과 관련하여 비교적 중요도가 높은 과제들에 대하여 살펴 본다.

**고해상도 검사:** LCD의 제조상의 단점 중 하나는 TV처럼 pixel size가 커져도 전극 등 주요 Feature의 크기를 작게 유지하므로 TFT 설계상의 정밀도는 낮아지지 않는다는 점이다. 오히려 개구율을 확보하기 위하여 더 가는 선폭의 사용이 선호되고 있다. 즉 10"급을 생산할 때의 공차나 40"급을 생산할 때의 공차가 비슷하다. 따라서 검사 시간은 종래와 동일하면서 3 $\mu$ m 이하의 미세 결함에 대한 검출 요구가 증대되고 있고 검사를 위한 헤드 수 증가와 처리 속도 증가 등을 통해 대응하고 있다.



12.1" XGA 53%

12.1" XGA 80%

[그림 12] 패턴 미세화의 예

이 외에 Pad부와 같은 불규칙적인 패턴의 동시 검사, LTPS나 GIP(Gate in Panel, Gate 구동회로를 기판상에 구현한 것) 회로의 검사도 패턴 검사기에서 최근에 구현된 기능이다.

**비치명적 결함의 자동 구분:** 결함 구분 기능은 Raw Image상에서 실시간으로 분류하는 RTDC(Real time defect classification)와 결함좌표에서 현미경으로 확대한 Video Image를 이용하는 VDC(Video Defect Classification)이 있다. RTDC는 해상도 관계상 유효한 결과를 기대하기 어렵고, VDC를 하게 되는 경우 Video Camera가 결함 후보점들을 일일이 촬영하는 시간이 많이 걸리므로 애로가 있다. 이 때문에 실제 결함에만 감응하는 비 광학식의 검사장비에 대한 관심이 높아지고 있다.

**얼룩 결함의 치명성 여부 판단:** 미세한 패턴의 크기 차이 혹은 두께 차이로 발생하는 기판의 얼룩은 셀 조립후 Auto Prober에서 신호를 인가하여 화상을 보기 전까지는 실제 결함여부에 대하여 선뜻 판단할 수 없다. 얼룩결함후보에 대한 판정은 다분히 경험적 지식에 의존하므로, 얼룩의 정확한 모델링에 의한 해석으로 판정논리를 만들거나 경험적 지식을 DB화 하여 판정하는 시스템으로 가야 할 것이다.

## VI. 맺음 말

검사장비군은 다양성을 가지고 있으나 머신 비전과 측정 이론에 기반하여 동일한 기술로 다양한 장비에 대한 접근이 가능하다. FPD 산업에 있어 국내가 선도 역할을 하는 만큼 신규 장비에 대한 개발과 공급도 한국이 주도로 갈 것으로

보인다. 특히 신 공법이 적용되는 경우 신 검사기술이 동시에 개발되어야 효과가 극대화 된다. 공정에 대한 이해가 깊으면 새로운 검사 방법을 제시할 수 있으므로 검사장비기술을 개발함에 있어 공정에 대한 이해가 병행되어야 한다.

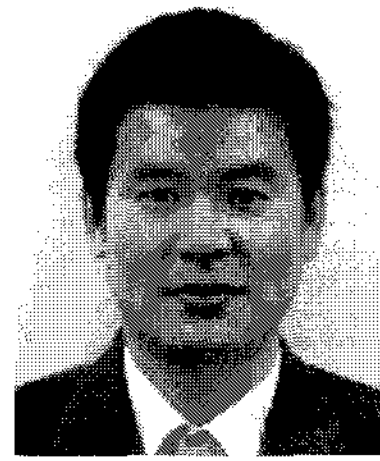
#### 참 고 문 헌

- [1] Xianhai Chen, "New-Generation Electro-Optic Modulator for TFT Array Inspection", SID 05 Digest, p.1792.
- [2] J. Craig Hunter, Matthias Brunner, Ralf Schmid, Frank Abboud, "Issues and Challenges Associated with Electrical Testing of Large LCD-TV Arrays", SID 05 Digest, p.1802.
- [3] "Surface and Edge Inspection of Flat Panels for Efficient Process Control", Tech Note, 2005, dr.schenk.
- [4] LG전자, "LCD Micro Short Detector & Repair", IR52 2004년 41주차.
- [5] LG전자, "LCD Micro Short 위치 검출 기술", 신기

술인정협의회(KT), 2004년 3차 인정기술.

- [6] Byoungcho Park, J.W. WU and Chi-Sub Jung, "Brewster Angle Microscope Imaging of Surface Inhomogeneity in Liquid Crystal Alignment Polyimide Layers", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40(2001) pp. L691-L694.

#### 저 자 소 개



#### 정 대 화

1986년 서울대 기계설계학과 (공학사), 1988년 한국과학기술원(KAIST), 생산공학과(공학석사), 1997년 University of Washington, 기계공학과(공학박사), 1986년~현재: LG전자 생산기술원, 관심분야: 자동화 및 제어, Machine Vision, Machine Learning Display 제조 Process, Optical Measurement.

Machine Vision, Machine Learning Display 제조 Process, Optical Measurement.