



TFT-LCD 패널 유닛 공정 기술

전 재 흥(한국항공대학교)

1. 서 론

1970년대에 일본의 Sharp사가 휴대용 전자 계산기의 숫자 표시용 디스플레이로써 LCD (liquid crystal display)를 상용제품에 최초로 적용한 이래, 현재는 노트북 및 탁상용 컴퓨터의 단말기, 모바일 기기의 단말기, 최근에는 대형 TV 제품에도 LCD가 적용되고 있다. 다양한 응용분야에 LCD가 적용되기 전인 1980년대에 LCD는 CRT(cathode ray tube)와 비교하여 얇고 가볍게 제작될 수 있는 잇점을 살려 휴대용 목적으로 개발된 노트북 컴퓨터의 단말기로 성공적으로 적용됨으로써 잠재적인 성장 가능성을 인정받게 되었다. 최초로 적용되었던 전자계산기나 손목시계의 숫자 표시 용도와 비교해서 노트북 컴퓨터의 디스플레이 장치로 사용되기 위해서는 화소수가 현격히 증가하게 된다. 즉, 문자나 숫자 외에 다양한 이미지를 표시하기 위해서는 정사각형 또는 직사각형의 형태를 갖는 수많은 화소가 매트릭스 형태로 배열되어야

한다. 매트릭스 형태의 화소 배열을 갖는 LCD를 구동하기 위해 초창기에는 수동행렬 (passive matrix) 방식의 구동방법을 이용하였으나^[1], 수동행렬 구동방식으로는 구현할 수 있는 해상도가 제한적이기 때문에 고해상도 및 고휘도가 필요한 탁상용 컴퓨터의 모니터나 TV를 구현하기 위해서는 새로운 구동방식 즉, 능동행렬(active matrix) 방식의 구동방법이 필요하였다^[2].

능동행렬 구동방식에서는 각 화소마다 전기적 신호의 전달 또는 차단 역할을 할 수 있는 스위치를 필요로 하게 되는데 이 전기적 스위치 역할을 하는 반도체 소자가 바로 박막 트랜지스터(thin film transistor, TFT)이다^[3]. 1990년대에 TFT를 각 화소마다 형성하여 능동 행렬 구동방식을 구현한 상용 노트북 컴퓨터 제품의 개발을 시작으로 TFT-LCD의 응용 분야는 급격히 확장되어 왔으며 현재는 기존 CRT가 차지하고 있던 시장의 대부분 잠식했을 뿐만 아니라 전체 디스플레이 시장을 이끄는 선두주자 위치에 이르게 되었다.

II. TFT-LCD 공정 기술 개요

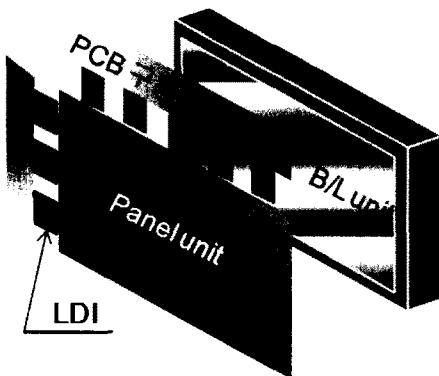
1. TFT-LCD 모듈 구성

TFT-LCD의 제작기술을 기술하기 전에 우선 TFT-LCD 제품의 모듈구성을 살펴보면 <그림 1>과 같다.

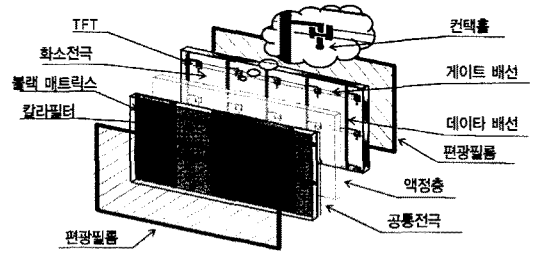
TFT-LCD는 CRT 또는 PDP(plasma display panel)와 달리 화소에서 직접 방출되는 빛의 양을 제어하는 방식의 자발광형 장치가 아니라 장치에 전원이 공급되면 <그림 1>에 나타난 바와 같이 면광원에 해당하는 백라이트(backlight, B/L)가 지속적으로 균일한 빛을 발산하게 하고 백라이트 앞쪽에 위치한 패널 유닛(panel unit)의 투과도를 제어함으로써 이미지를 표시하는 수광형 장치이다. 바로 패널 유닛의 제작 기술이 TFT-LCD의 성능을 좌우하는 핵심 기술이라 할 수 있다.

패널 유닛 구조에 대한 이해를 돕기 위해 몇 개의 화소만을 포함하고 있는 패널의 일부를 나타낸 모식도가 <그림 2>이다.

패널 유닛은 두 장의 유리기판을 이용하여 제작이 되며 두 장의 유리기판은 대부분의 디스플레이 장치와 마찬가지로 장치가 구현되



<그림 1> TFT-LCD 모듈구성



<그림 2> TFT-LCD의 패널 유닛 구조도

기 위해 필요한 각종 구조물을 지지하는 기판 역할을 함과 동시에 패널 유닛의 투과도 제어에 있어 중추적 역할을 하는 액정을 담아두는 용기의 역할도 하게 된다. 액정은 인가된 전압에 따라 분자배열을 바꾸게 되는 특징이 있다. 다양한 인가전압에 대한 액정층의 고유한 분자 배열상태와 유리기판 바깥면에 부착된 두 장의 편광필름의 조합에 의해 다양한 투과도를 나타내게 된다. 서론부에서 언급한 매트릭스 형태의 화소배열이 정의되어 있는 부분이 바로 패널 유닛이 되며 화소배열이란 간단히 말해 화소에 근접한 면적을 차지하면서 액정에 전압을 인가할 수 있게 하면서 백라이트에서 방출되는 백색의 가시광선에 대해 투명한 성질을 갖는 전극의 배열이라고도 할 수 있다. 액정에 전압을 인가하기 위해 두 장의 유리기판 안쪽면에 형성되는 전극은 양쪽 모두 화소단위로 패터닝될 필요는 없다. 한쪽 전극은 모든 화소가 동일한 기준 전압을 갖고 있으면 되기 때문에 공통 전극(common electrode)이라 하며 화소단위로 패터닝되어 있지 않다. 반대쪽 전극은 화소마다 분리된 형태로 패터닝되어 있으며 이를 화소 전극(pixel electrode)라 한다. 이 화소 전극에 인가된 전압에 따라 화소의 투과도가 제어된다. 구동회로에서 출력되는 이미지 신호, 즉 데이터 전압을 매트릭스

형태로 배열된 화소 전극에 전달하는 패턴이 데이터 배선이며 <그림 2>에 나타나 있다. 한편 데이터 배선과 화소 전극사이에서 신호의 전달 및 차단 역할을 하는 TFT가 화소마다 한 개씩 형성되어 있음을 볼 수 있다. 스위치 역할을 하는 TFT의 온상태 및 오프상태를 결정하는 컨트롤 전압, 즉 스캐닝(scanning) 신호를 TFT의 게이트 전극에 전달하는 패턴이 게이트 배선이며 <그림 2>에 나타나 있다. 스위치 온상태의 전압을 각 게이트 배선에 순차적으로 인가하면서 온상태의 TFT와 연결된 화소 전극에 필요한 전압을 데이터 배선을 통해 전달함으로써 매 프레임마다 모든 화소에 필요한 이미지 신호를 전달하게 하는 구동방식이 바로 능동행렬 구동방식이다.

2. TFT-LCD 모듈 제작 과정

TFT-LCD 모듈을 제작하는 과정은 크게 패널 유닛 제작공정과 제작된 패널 유닛의 가장자리에 구동회로를 부착하고 패널 유닛 뒤편에 백라이트를 부착하고 조립하는 모듈 조립 공정으로 나눌 수 있다. TFT-LCD 모듈생산 기업은 구동회로 설계는 하지만 PCB 및 구동 IC 제작 및 공급은 외주를 통하는 것이 일반

적이며 백라이트 역시 외주를 통해 공급받고 있다. 따라서 모듈생산 기업의 핵심 기술은 바로 패널 유닛 제작기술이라 할 수 있으며 앞으로 기술하는 내용도 패널 유닛 제작기술에 대한 것이다.

앞서 설명한 바와 같이 패널 유닛은 두 장의 유리기판(두께 : 0.7mm 또는 0.5mm)에 수 μm 의 두께를 갖는 액정이 채워져 있으며 유리기판 바깥면에 두 장의 편광필름(두께 : $\sim 0.3\text{mm}$)이 부착된 것으로서 박막(두께 : $< 1\mu\text{m}$)으로 형성되는 TFT, 배선, 전극 등의 두께를 무시하고 1~2 μm 의 두께를 갖는 칼라필터(color filter, C/F)의 두께를 고려하더라도 전체 유닛의 두께가 2mm 내외밖에 되지 않는다.

한편 한 개 화소의 크기는 제품의 크기와 해상도에 따라 정해지게 된다. 해상도 규격은 PC용 모니터, 모바일 기기, TV 등 제품의 종류에 따라 다양한 규격이 정해져 있는데 PC용 모니터의 해상도 규격을 나열하면 아래 <표 1>과 같다.

17"의 SXGA 해상도를 갖는 TFT-LCD에서 한 개 서브화소(세개의 서브화소가 합해져 한 개의 칼라화소가 됨)의 크기는 가로, 세로 각각 $88\mu\text{m}$ 와 $263\mu\text{m}$ 가 된다. 화소의 크기를 개략적으로 계산해 본 이유는 <그림 2>의 패널 유

<표 1> 모니터의 다양한 해상도 규격

해상도	화소수	화소수	서브화소수	화면비
VGA	640×480	307,200	×3	4 : 3
SVGA	800×600	480,000	×3	4 : 3
XGA	1024×768	786,432	×3	4 : 3
SXGA	1280×1024	1,310,720	×3	5 : 4
XGA	1600×1200	1,920,000	×3	4 : 3

닛의 구조도에 나타낸 바와 같이 각 화소에 형성되어야 하는 패턴들의 크기가 화소 크기의 대략 10분의 1 이하의 미세 패턴들임을 보이기 위한 것이다. 이러한 미세 패턴을 형성하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있겠지만 현재 TFT-LCD 모듈을 생산하는 기업에서는 대부분 이미 성숙되어 있는 반도체 제작 기술을 응용하고 있다. 국내의 TFT-LCD 산업이 급성장할 수 있었던 이유 중 하나로서 이미 성숙기에 도달한 반도체 제작 기술을 국내 기업이 보유하고 있었던 점을 무시할 수 없다.

3. TFT 및 C/F 기판 공정

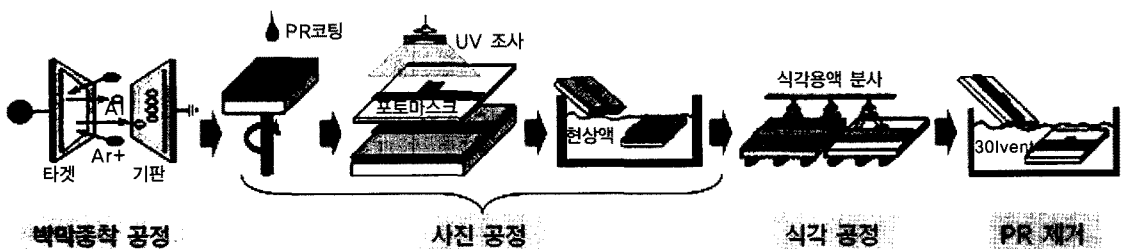
본격적으로 TFT-LCD의 패널 유닛의 제작 과정을 설명하면 다음과 같다. 패널 유닛의 제작도 크게 TFT 기판과 C/F 기판을 제작하는 기판 공정과 제작된 두 기판 사이에 액정을 주입하는 액정주입 공정으로 나눌 수 있다. 앞서 기술했듯이 반도체 제작 공정을 이용하여 유리 기판 위에 미세 패턴을 형성하는 공정이 기판 공정이며, 액정 주입 공정은 TFT-LCD 산업만의 고유한 공정으로서 현재까지 발전되어 왔다.

먼저 기판 공정 중 TFT 기판의 제작 순서는 이전 <그림 2>에 나타낸 패턴들에서 게이트

배선 형성, TFT 형성, 데이터 배선 형성, 보호막 증착 후 컨택홀(contact hole) 형성, 마지막으로 화소전극 형성의 순서로 총 5가지의 패턴이 만들어진다. 각 패턴은 <그림 3>과 같이 박막증착 공정(deposition), 사진 공정(photolithography), 식각 공정(etch) 이 세가지의 단위공정이 순서대로 진행되면서 형성된다.

사진공정에서 필요한 포토마스크의 종류가 총 5가지 이므로 이 경우 5매 마스크 공정이란 일컫는다. 게이트 배선, 데이터 배선, 화소전극은 금속물질로 패턴이 형성되기 때문에 박막 증착 단계에서 스퍼터링(sputtering) 공정으로 수행되며, TFT 형성을 위한 실리콘 질화막(silicon nitride, SiN_x), 비정질 실리콘(amorphous silicon, a-Si:H), 도핑된 비정질 실리콘(doped a-Si:H) 박막은 플라즈마 화학기상증착(plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD) 공정으로 수행된다. 식각 공정의 경우 금속물질을 식각할 경우는 주로 습식식각(wet etch) 공정으로 수행되며, 비금속물질을 식각할 경우는 주로 플라즈마를 이용한 건식식각(dry etch) 공정으로 수행된다.

C/F 기판에 형성되는 패턴들은 블랙 매트릭스(black matrix, BM) 형성, 세가지 칼라필터(C/F) 형성, 공통전극 형성의 순서로 진행된



<그림 3> 유리기판 상의 패턴 형성 과정 (출처 : SID 2008, Symposium Digest, p.637)

다. 공통 전극 형성 시는 박막 증착 후에 별도의 패터닝 공정이 필요 없으며, 칼라필터 형성 시는 빨강(red, R), 초록(green, G), 파랑(blue, B) 세가지 색을 위한 칼라필터 패턴의 형태가 동일하므로 한개의 포토마스크만 있으면 된다. 따라서 C/F 기판 공정에는 BM 및 C/F를 위한 두가지 포토마스크가 필요하다.

4. 액정주입 공정

액정주입 공정은 제작이 완료된 TFT기판과 C/F 기판 사이에 액정을 채워 넣는 공정이라고 간략하게 설명할 수 있고 이에 대한 간략한 공정 모식도를 <그림 4>에 나타내었다.

액정주입 공정은 세가지의 부분공정으로 구분할 수 있다. 첫번째는 TFT 및 C/F 기판 각각 수행되는 공정으로서 배향(alignment)공정이다. 두번째는 두 기판이 합착하는 합착공정이다. 세번째는 합착된 기판을 셀(cell) 단위로 절단하고 셀 단위로 액정을 채워 넣는 공정이다.

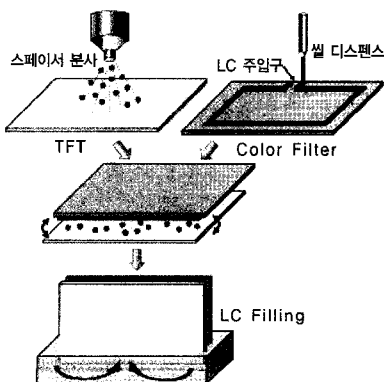
세부적으로 다시 설명하면 배향 공정은 액정의 초기 분자배열 상태를 결정하기 위해 배향막을 인쇄한 후 회전하는 러빙(rubbing) 롤러를

배향막 표면과 마찰되도록 하여 배향막 표면이 액정의 분자 배열을 규제할 수 있도록 하는 것이다. 후속공정으로 TFT 또는 C/F 기판 중 한쪽에 셀런트(sealnt)를 디스펜스(disperse)하고 반대쪽 기판에는 액정의 두께를 결정하는 스페이서를 분사한다.

이 후 TFT기판의 화소배열과 C/F기판의 화소배열이 위치적으로 어긋나지 않게 정렬하여 합착 및 가압을 하는 합착공정을 수행한다. 후속으로 셀런트가 경화될 수 있도록 가열하거나 자외선을 조사한다. 셀런트는 TFT기판과 C/F 기판을 접착시키는 접착제 역할을함과 동시에 후속으로 이어지는 액정주입 공정에 의해 주입된 액정이 기판 밖으로 누출되지 않도록 밀봉하는 역할을 한다.

다음으로 합착된 기판을 다이아몬드 나이프를 이용하여 절단선을 따라 미세 크랙(crack)이 생기도록 처리를 한 후에 가압하여 셀을 합착된 기판으로부터 절단해 낸다. 셀이란 화소배열을 포함하고 있으며, 이후 모듈 공정에서 구동회로 기판이 부착될 수 있는 여유 공간을 갖는 실제 제품크기에 해당하는 합착된 기판을 의미한다.

후속으로 액정주입 공정은 진공 챔버 내에서 셀의 한쪽면이 액정이 담겨진 용기에 집어 넣어 셀내부 공간으로 액정을 채워 넣는 공정이다. 이 때 용기에 들어가는 셀의 한쪽면에는 액정이 침투할 수 있도록 주입구가 이 전 셀런트 디스펜스 공정에서 형성되어 있어야 하며, 액정이 침투할 수 있도록 셀 내부와 챔버 사이에 압력차이가 생길 수 있도록 분위기를 형성해 주어야 한다. 이러한 방식으로 액정을 주입하는 방식을 진공주입 방식이라 한다. 액정주입 후에 주입구를 밀봉하는 공정을 거치면 액



<그림 4> 액정주입 공정의 모식도 (진공주입 방식)

정주입 공정은 완료된다.

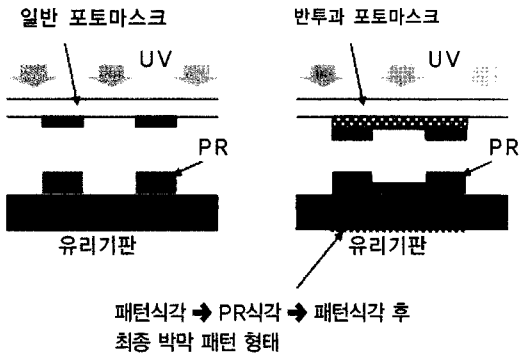
액정주입 공정 이후 진행되는 공정은 모듈 공정이라 불리며 셀 바깥면에 두장의 편광필름을 부착하고 구동회로용 PCB(printed circuit board) 및 TCP(tape carried package)라 불리는 구동 IC (driver IC)를 셀에 부착하며, 마지막으로 백라이트를 체결하여 TFT-LCD 모듈을 완성하는 공정을 일컫는데 여기서는 자세한 모듈공정의 설명은 생략하기로 한다.

III. TFT-LCD 공정 기술 현황

앞서 설명한 TFT-LCD 패널 유닛의 제작공정은 LCD의 제품 분류 중 액정광학 모드(mode)에 따른 분류 중 TN(twisted nematic) 모드의 경우에 해당하는 것으로 가장 보편화된 방법에 대한 것이다⁴⁾. 실제 TFT-LCD의 전체 세부공정은 설명한 것보다 훨씬 많은 단계를 거치게 되며 제품의 종류에 따라 약간씩 차이가 있다. 약 15년간 국내 TFT-LCD 산업이 성장하는 동안 각각의 세부공정은 이루 말할 수 없이 다양하게 변화하고 발전해 왔다. 제작기술의 발전은 공정 단순화를 통한 생산성 향상, 불량률 감소 및 원가 절감, 성능 개선을 위한 새로운 부품, 소재 및 설계방식 적용 등 다양한 요구를 충족시키는 방향으로 전개되어 왔다. 이 중 최근 몇년 사이에 TFT-LCD의 전반적인 제작방식에 큰 변혁을 가져온 몇가지 개선기술과 현재 개발 중이며 향후 큰 변혁을 가져올 잠재성이 있는 몇가지 기술을 소개하고자 한다.

1. 포토마스크 저감 기술

TFT 기판 상에 한가지 패턴이 형성되기 위해서 기본적으로 박막의 증착 공정, 사진공정, 식각 공정을 순서대로 거쳐야 하는데, 특히 사진공정은 다른 공정보다 거쳐야 할 세부공정 단계가 현격히 많고 복잡하다. 따라서, 필요한 패턴들을 모두 형성하되 사진공정의 횟수를 줄일 수 있으면 생산성 향상에 큰 잇점을 가져다 준다. 앞서 기술한 것처럼 TFT 기판 상에는 다섯 가지 종류의 패턴이 형성되어야 하는데 과거 90년대 초반에는 다섯 종류의 패턴을 형성하는 데에도 여섯번 또는 일곱번의 사진공정이 필요하였다. 예를 들어 배선 하나를 형성하기 위해서도 후속 공정과의 연계가 잘 되지 않아 TFT가 정상적으로 동작하지 않는다거나 금속 배선의 부식 불량이 발생하는 등의 문제점을 극복하기 위해 불가피하게 두번의 사진 공정 및 식각 공정을 적용했기 때문이다. 이러한 문제점을 극복하고 90년대 후반에 다섯가지 패턴을 형성하기 위해 다섯번의 사진공정을 이용하여 제작하는 기술이 확보되었으나, 생산성 향상을 위한 추가적인 사진공정 횟수의 감소에 대한 요구는 계속되었다. 추가적인 사진공정 횟수의 감소, 즉 4매 포토마스크를 이용한 제작 기술은 두종류의 패턴을 묶어서 한개의 포토마스크를 이용해서 사진공정을 수행하고 후속 식각 공정을 효과적으로 수행하여 두종류의 패턴이 각각 형성되면서 각각의 기능도 정상적으로 구현되는 원리를 통해서 달성하였다. 대표적으로 TFT를 형성하기 위한 비정질 실리콘 패턴을 형성하기 위한 포토마스크와 데이터 배선을 형성하기 위한 포토마스크를 한 개의 마스크로 통합하여



〈그림 5〉 (左) 일반 포토마스크를 이용한 사진공정 모식도
(右) 반투과 포토마스크를 이용한 사진공정 모식도

4매 포토마스크를 이용한 제작 기술을 양산에 적용한 것이 그 대표적인 예이다⁵⁾. <그림 5(左)>와 같이 기존 포토마스크는 기관 상에 자외선(ultra violet, UV)을 차단하는 금속패턴 한 가지만으로 제작되었기 때문에 두가지 종류의 패턴을 형성하기 위해 각각 두개의 포토마스크가 필요하였으나 <그림 5(右)>와 같이 자외선을 완전 차단하는 금속패턴과 자외선을 반투과시키는 물질패턴이 조합되면 한번의 사진공정으로 두가지 패턴을 형성할 수 있게 된다.

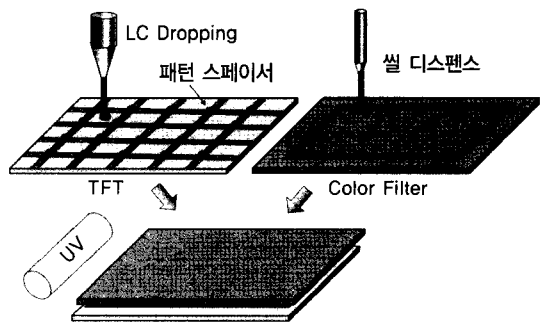
이러한 반투과 패턴이 포함된 포토마스크를 이용하여 사진공정을 수행하면 잔류하는 포토리지스트 패턴의 두께가 위치마다 달라지게 된다. 이를 이용하여 첫번째 식각을 통해 두가지 물질을 연속적으로 식각하고난 후 포토리지스트 패턴의 두께를 감소시키는 건식 식각을 수행해서 얇게 잔류하는 영역의 포토리지스트 패턴을 제거하면 이 전 두꺼운 포토리지스트 패턴은 여전히 잔류하면서 두번째 식각에서도 보호막 역할을 할 수 있도록 하는 것이 이 기술의 핵심이다. 최근에는 컨택홀 형성을 위한 포토마스크와 화소전극 형성을 위

한 포토마스크를 묶어서 추가적으로 사진공정 횟수를 줄인 3매 포토마스크를 이용한 공정으로 TFT-LCD를 제작한 시제품을 발표한 사례도 있다.

2. 액정적하주입 기술

앞서 기술한 기존의 진공주입 방식을 이용한 액정주입 방식은 틈새가 좁은 주입구를 통해 셀 내부에 액정을 채우는 방식으로서 셀 내부에 액정이 완전히 채워지는데 10시간 가까이 소요되는 생산성 향상에 큰 걸림돌이 되는 공정이었다. 비록 챔버에 많은 수의 셀을 넣어 동시에 주입되도록 함으로써 생산성을 올린 바 있었으나 혁신을 요하는 공정방법이었다.

5세대(1100mm×1250mm) 유리기판을 이용한 생산라인부터 적용된 액정적하주입(one drop filling, ODF) 방식은 기존의 진공주입 방식보다 생산시간단축과 TV용 대형 패널유닛을 효과적으로 제작하는데 기여한 혁신적인 기술이었다. 액정적하주입 방식은 <그림 6>과 같이 진행되어 진다.

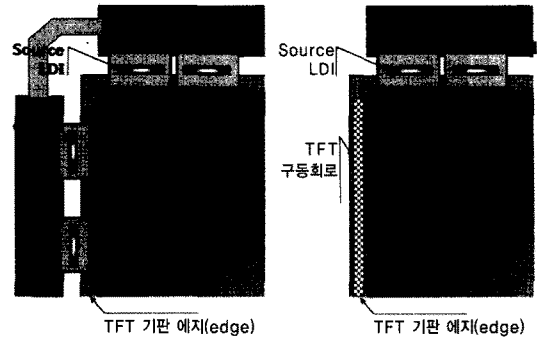


〈그림 6〉 액정적하주입 공정의 모식도

액정적하주입 방식에서 배향 공정과 셀런트 디스펜스 및 스페이서 산포 공정은 기존 진공 주입 방식과 동일한 순서로 진행한다. 다만 진공 주입 방식에서 필요했던 주입구 형성이 없다는 차이점이 있고, 디스펜스 방식으로 스페이서를 형성하지 않고 사진 공정을 이용하여 위치가 고정된 패턴 스페이서를 형성한다는 차이점이 있다. 다음으로 액정적하주입 방식에서는 합착공정과 액정주입이 동시에 진행된다. 기존 진공주입 방식에서는 합착 및 셀 절단을 먼저 수행하고 주입구를 통해 액정을 주입하지만 액정적하주입 방식에서는 TFT 또는 C/F 기판 중 어느 한쪽 기판 상에 액정 방울(LC drop)을 적하(dispensing)시킨 후 반대쪽 기판을 합착시키는 방식이다. 따라서, 진공주입 방식처럼 주입구가 형성되어서는 안 된다. 또한 액정 방울이 합착에 의해 퍼지면서 셀 내부에 완전히 채워지고 빈 공간이 생기지 않도록 액정 방울의 갯수, 즉 액정의 총 부피를 정밀하게 조절해야 하며 방울과 방울 사이에 공기가 들어가지 않도록 적하 및 합착은 진공 분위기에서 수행되어야 한다. 후속으로 셀런트 경화 공정을 수행하고 마지막으로 셀 절단을 수행하면 액정주입 공정이 완료된다. 액정적하주입 방식은 공정단계 감소, 공정시간 단축 및 대형 패널 유닛 생산에 획기적인 전기를 마련하였다고 평가할 수 있다.

3. 게이트 구동회로 내장 기술

반도체 공정은 실리콘 웨이퍼 위에 트랜지스터를 제작하여 고속으로 동작하는 복잡한 회로를 구현하지만, TFT-LCD의 유리기판에 형성되는 TFT는 반도체 소자이지만 화소의



<그림 7> (左) 일반적인 TFT-LCD 모델
(右) TFT 구동회로가 집적된 TFT-LCD 모델

스위칭 기능만 하는 것이 전부이다. TFT-LCD 패널에 공급할 신호를 처리하고 생성하는 복잡한 회로 동작은 구동 IC에서 많은 부분을 담당하는데, 이 구동 IC(LCD driver IC, LDI)는 반도체 생산 업체에서 생산하고 있다. LCD 생산업체는 수급받은 LDI를 모듈공정 단계에서 패널유닛 외곽에 부착하게 된다. <그림 7(右)>와 같이 LDI를 별도로 사용하지 않고 TFT를 이용하여 패널에 집적하려는 시도는 다결정 실리콘 TFT를 적용한 TFT-LCD 제품에서 오래 전부터 진행되어 왔다.

TFT 기판 공정에서 화소배열 바깥쪽에 LDI가 자체적으로 형성되면 LDI를 수급받기 위해 지불하는 비용이 없어지므로 원가절감효과가 크기 때문이다. LDI의 고속 회로 동작은 전류 구동 능력이 우수한 다결정 실리콘 TFT로만 가능할 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 몇 년 사이에 데이터용 LDI보다는 상대적으로 요구속도가 낮은 게이트용 LDI 대신 비정질 실리콘 TFT 구동회로의 적용이 가능하다는 연구가 발표되었고⁶⁾, 최근 LCD 생산업체는 일부 제품에 비정질 실리콘 TFT를 이용하여 게이트 구동회로를 집적한 제품을 양산하고 있다.

4. 롤프린팅 기술

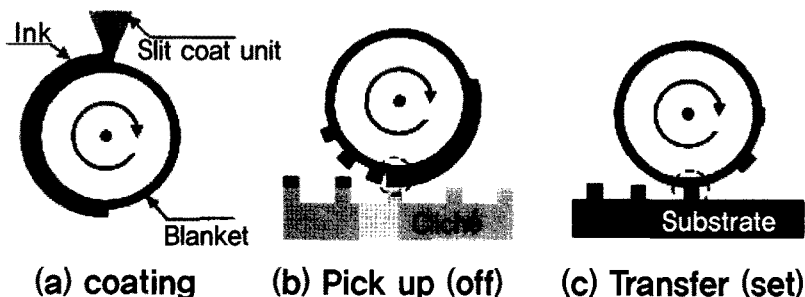
사진공정은 세부단계가 복잡하고 공정시간도 다른 공정보다 상대적으로 많이 소요되는 공정이다. 사진공정의 부분공정으로서 포토리지스트 도포, 포토마스크 정렬 및 노광, 현상으로 구분할 수 있지만 각 부분공정도 많은 단계의 세부 공정이 필요하기 때문이다. 최근 국내 LCD 생산 업체는 사진공정을 사용하지 않고 롤프린팅(roll printing) 공정을 적용하여 시제품 제작을 발표하였다⁷⁾. 롤프린팅 공정은 <그림 8>과 같이 포토리지스트 잉크가 원하는 형태의 패턴으로 표면에 코팅된 롤러를 이용하여 인쇄하듯이 기판에 포토리지스트 패턴을 전사하는 기술이다. 따라서, 양산에 성공적으로 적용될 경우 패널의 생산 비용 및 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다.

또한, 사진공정에 필요한 노광장비는 유리 기판 크기가 증가할 수록 가격이 현격히 상승되는 고가의 장비이다. 따라서, 향후 신규 라인 건설에 롤프린팅 공정이 적용될 경우 투자비를 줄일 수 있는 장점이 있다. 이와 유사한 개념으로 임프린팅 방식도 외국에서는

연구가 진행 중인데 이는 필요한 형태의 패턴이 각인된 스탬프(stamp)를 기판 위에 도포된 포토리지스트 표면을 눌러서 포토리지스트 패턴을 전사하는 기술이다. 롤프린팅 방식보다 공정단순화 및 생산성 향상에 더 효과적인 시도는 잉크젯(ink-jet) 프린팅 방식으로서 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 잉크젯 프린팅 방식 적용이 우선적으로 검토되고 있는 공정은 칼라필터 형성 공정으로서 칼라필터가 상대적으로 잉크로 만들기가 용이하기 때문이다. 이 칼라필터 잉크를 원하는 형태대로 노즐로부터 분사하여 경화만 시키면 아주 단순화된 공정 단계로 패턴을 형성할 수 있는 장점이 있다. 이 기술이 다른 물질의 패턴 형성에도 적용된다면 TFT-LCD의 제작 기술은 또 한번의 큰 변혁이 있을 것으로 기대된다.

IV. 결 론

서두에서 언급한 것처럼 TFT-LCD가 디스플레이 시장의 선두주자 위치에 오르기까지는 본문에 언급된 공정기술의 발전뿐만 아니



(그림 8) 롤프린팅 공정의 모식도 (출처 : SID 2008, Symposium Digest, p.637)

라 수많은 요소기술의 발전이 뒷받침된 결과라고 볼 수 있을 것이다. 현재 우리나라의 TFT-LCD 업계가 세계 시장을 주도하고 있지만 기술 개발의 매진과 더불어 업계 간의 시너지 효과까지 더해 지속적으로 디스플레이 강국의 위상을 지켜나갈 수 있기를 기대해 본다.

저자소개



전재홍

1995년 서울대학교 전기공학과 학사
 1997년 서울대학교 전기공학과 석사
 2001년 서울대학교 전기공학부 박사
 2001년-2005년 (주)삼성전자 책임연구원
 2005년-현재 한국항공대학교 조교수

주관심 분야 : display device, TFT fabrication, semiconductor material

참고문헌

- [1] P.M. Alt and P. Pleshko, "Scanning Limitations of Liquid Crystal Displays", IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-21, p. 146, 1974.
- [2] T.J. Scheffer et al., "Active Addressing Method for High-Contrast Video-Rate STN Displays", SID 1992 Symposium Digest, p.228, May, 1992.
- [3] C.R. Kagan and P. Andry, "Thin-Film Transistors", (Marcel Dekker, 2003).
- [4] T. Tsukada, "TFT/LCD : liquid-crystal displays addressed by thin-film transistors", (Gordon and Breach, 1996).
- [5] C.W. Kim et al., "A Novel Four-Mask-Count Process Architecture for TFT-LCDs", SID 2000 Symposium Digest, p.1006, May, 2000.
- [6] C.H. Kim et al., "High-Resolution Integrated a-Si Row Driver Circuits", SID 2005 Symposium Digest, p.939, May, 2005.
- [7] Y.G. Chang et al., "Design Parameters of Roll Printing Process for TFT-LCD Fabrication", SID 2008 Symposium Digest, p.637, May, 2008.