

## 자발광 Display소자를 중심으로



최 규 만  
(관동대학교 전자공학과 교수)

### 1. 서론

광소자라 함은 전기적인 신호를 광신호로 변환시켜 주거나, 혹은 이의 역작용인 광신호를 전기적인 신호로 변환시켜주는 소자를 말한다. 고도화된 정보화 사회일수록 광소자에 대한 요구가 커지게 되는데 그것은 컴퓨터를 중심으로한 정보시스템의 중요도가 크게 증가하기 때문인데, 이러한 정보 시스템에서는 광소자가 핵심소자로 사용되고 있다. 사람과 기계와의 사이를 연결해 주는 통로로 사용되는 대표적인 소자는 display이며 이 또한 광소자의 하나이다. 광소자 가운데 큰 비중을 차지하고 있던 진공관 기술을 이용한 아이코노스코프로부터 비디콘에 이르기까지의 활상 소자와 닥시판으로 대표되는 영상표시소자가 반도체가 발명되면서 반도체 광소자로 전환되었다.

현재의 광소자는 반도체 레이저와 같이 반도체 재료를 이용한 반도체 광소자와 CRT와 같이 비반도체 재료를 이용한 비반도체 광소자로 구분되어지고 있다. 반도체 광소자는 빛을 전기신호로 변환하는 수광소자와 전기신호를 빛으로 변환시키는 발광소자로 구분되어있다.

수광소자의 대표적인 예는 광다이오드, 광트랜지스터, 태양전지 및 LDR (Light Dependent Resistor) 이고 발광소자의 대표적인 예는 LED이다.

본고에서는 발광소자 군으로 분류할 수 있는 Display용 소자들을 중심으로 한 기술동향을 살펴보고자 한다.

### 2. LED의 기술동향

반도체를 이용한 광소자의 출현은 1923에 탄화규소(SiC)를 이용한 발광물질의 발견에서 그 기원을 잡을 수 있다. 이 SiC는 성장시키는 것이 기술적으로 많은 어려움이 있어 그 기술의 진전이 이루어지지 못하다가 1962년에 GE에서 LED를 개발하고 1968년에는 GaAsP 적색 LED가 양산되어 상용화되면서 본격적인 LED의 실용화가 이루어지기 시작했다.

1970년대까지는 실내용 기기의 표시소자용으로 주로 사용되었으나 GaAs와 GaP 등의 단결정 성장기술이 발달되어 진 것과 반도체제조 관련기술이 성숙되어진 것에 힘입어 1980년대 초까지는 1% 수준의 변환효율을 보이던 LED가 급격한 성능향상을 이루어 옥외용 표시소자로까지 사용 가능하게 되었다.

부분적으로 실외 광고용으로 사용되던 LED display는 1993년 니찌아화학(일)에서 InGaN을 이용한 고휘도 청색 LED를 개발함으로써 full color가 실현 가능하게 되었고 이로써 현재와 같은 옥외용 대형 display가 실현되게 되었다.

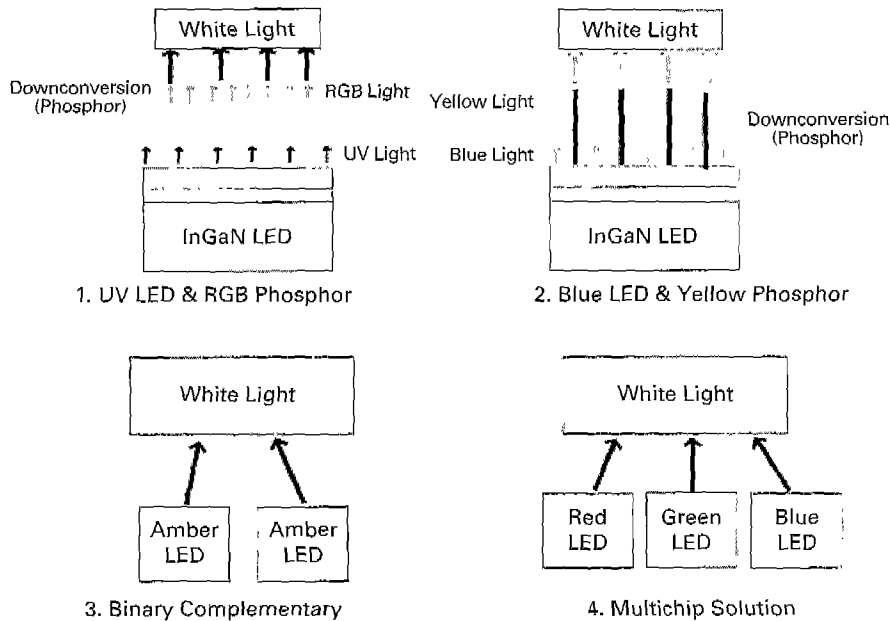


그림 1. 백색 LED의 구현을 위해 제안된 방법.

2000년도에 이르러서는 InGaAlP를 이용한 적색 LED가 형광등보다도 효율이 좋은 100lm/w를 실현하게 되어 그동안 표시장치용 소자로만 사용되었던 LED가 조명용 광원으로까지 그 활용 범위가 확대될 수 있는 가능성을 제시하게 되었다.

현재까지는 조명용으로 기대할 수 있는 백색 LED의 가격이 lumen 당 0.5불 정도로 lumen당 0.1센트인 백열전구와 lumen당 1센트인 형광등에 비해 약 50배에서 500배 정도로 비싸므로 특수 조명용으로만 그 사용이 국한되어 있으나 지금까지 매 10년 주기로 가격이 10분의 1로 하락하는 추세로 보아 향후 10년에서 20년 이내에는 일반 조명용으로까지 사용이 가능할 것으로 기대된다.

이 시기에 이르면 현재 40"이상의 대형 TV에는 PDP가 유일한 수단이지만 LED가 새로운 대안으로 제시될 수 있을 것으로 기대된다.

백색 발광의 LED를 제작하기 위한 방법은 크게 4가지로 나눌 수 있다. 그림 1은 백색 구현을 위한 각각의 방법을 보여주고 있다[1].

1990년 후반에는 니찌아화학(일)에 의해 상용화된 고효율 청색 LED와 560nm의 파장을 갖는 형광물질을 이용한 백색 LED가 선보였다. 그러나 이 백색 LED는 색좌표가 동일한 제품을 생산하기 어려운 단점을 갖고 있다. 실제로 휴대폰 단말기의 Display로 사용되는 LCD의 백라이트용 광원으로 이러한 백색 LED를 사용할 경우 3개 내지 4개의 백색 LED가 설치되는데 설치되는 LED마다 색좌표가 일치되는 것을 선택

하기가 매우 까다롭다는 것을 실무자들이 경험하고 있다.

그림 2는 니찌아화학이 내어놓은 백색 LED의 구조도이다 [2].

UV LED가 여기 광원으로 채용됨에 따라 백색 LED의 구현에 대해 새로운 돌파구가 찾아지게 되었다. 우선 245nm 혹은 185nm의 자외선으로 형광램프의 원리와 유사하게 UV LED 위에 RGB의 다중 형광물질을 도포하여 발광시킴으로써 폭넓은 스펙트럼을 갖게 해 우수한 색 안정성을 확보할 수 있

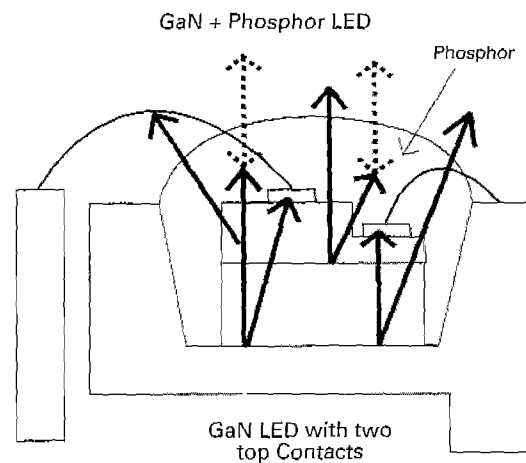


그림 2. 니찌아화학이 내어놓은 백색 LED의 구조.

게 되었다.

### 3. CRT의 기술동향

1897년 Karl F. Braun(독)에 의해 개발된 CRT는 지금까지 100여 년간 display로서의 확고한 위치를 유지해 왔다. 그러나 최근 평판 디스플레이 관련 기술들이 급격하게 진전되면서 그 동안 CRT가 지켜왔던 display로서의 영역을 많이 잠식 당했다. TFT LCD와 더불어 PDP의 출현 등으로 CRT는 도대체 운명인 것처럼 여겨졌으나 여전히 CRT가 보편적인 display로 사용되어 지는 것을 CRT가 갖고 있는 특성이 우수하고 평판 display를 요구하는 수요자의 요구를 충족시키는 방향으로 기술개발이 계속 이루어져가고 있기 때문이다.

표 1은 대표적인 display 들의 특성비교를 나타낸 것이다. CRT는 그 특성상 40"이상의 대화면 구현이 어렵고 부피가

크며 큰 중량 때문에 40"급 이상의 영역은 PDP에 그 자리를 내어주게 되었고 desktop용 monitor용에는 TFT LCD에 그 자리를 내어 줄 수밖에 없게 되었다. 그러나 HDTV용으로는 여전히 CRT를 능가할만한 display가 없어 여전히 CRT가 그 자리를 유지하고 있다. 이러한 경쟁에서 살아남기 위한 CRT의 개발 방향은 CRT의 Flat화와 slim화에 초점을 맞추고 있다.

1997년 소니사가 완전 Flat CRT를 채용한 WEGA 시리즈의 TV를 선보이면서 브라운관의 Flat화가 급속하게 진전되어 가고 있다.

Flat CRT 기술은 Shadow mask에 있어서 Tension 방식과 Formed 방식으로 나뉘는데 Formed 방식은 Philips가 개발한 cybertube(3)이며 그림 3은 이 방식을 보여준다.

LG 전자의 "Flatron", 소니의 "FD Trinitron" 및 미츠비시의 "NF"의 인장 마스크 방식의 평면 CRT로써 CRT에서도

표 1. 디스플레이의 주요 특성 비교.

	CRT	AMLCD	PMLCD	PDP	FED	OLCD
Size	4	3	2	5	2	2
Contrast	5	5	4	3	5	5
Brightness	5	5	3	5	5	3
Maturity	5	5	5	4	1	1
Resolution	5	5	1	5	4	5
Speed	5	4	3	5	5	5
Cost	5	2	4	1	3	2
Color	5	5	4	5	5	5
Lifetime	5	5	5	4	3	3
Power	3	3	4	1	5	2
View Cone	5	4	1	5	5	5
Temp	5	4	4	4	5	5

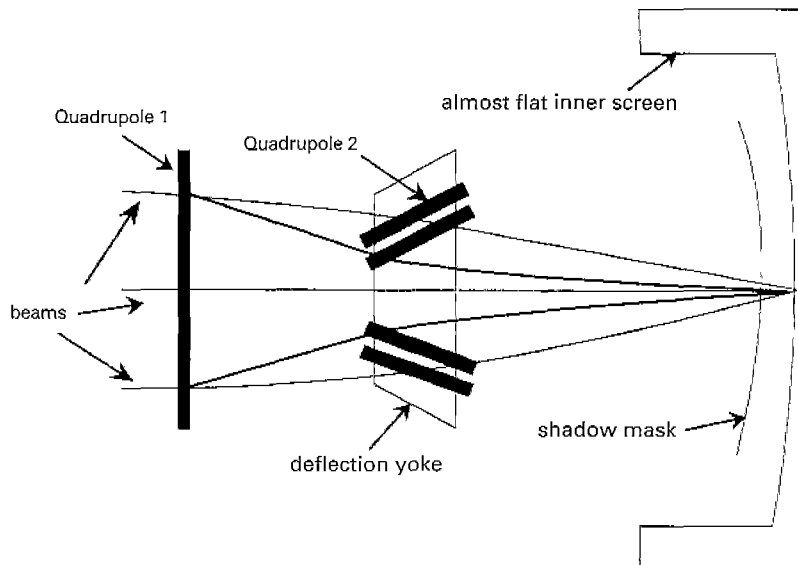


그림 3. Philips가 개발한 cybertube 방식.

FPD와 동일한 수준의 감성적 평면감을 얻을 수 있게 되었다.

CRT의 또다른 단점이 되는 volume 감을 없애고 slim화를 실현하고자 하는 노력을 실현하는 것은 FPD와의 경쟁을 위해서는 필수적인 과제이다. DY 편향각의 증가를 통한 전장단축은 CRT의 Slim화를 위한 가장 현실적인 방법이 된다.

Matsushita는 DY 편향각을 120°로한 36"의 CRT로서 [4] CRT의 전장길이를 427mm로 줄이는데 성공했다. 그러나 이 정도의 결과는 42"급PDP의 전장 길이가 100mm이하라는 점과 비교하면 아직까지는 미흡한 수준이다.

CRT의 고유 특성을 유지하면서 전장을 줄일 수 있는 기술 개발 방안으로는 camel CRT[5]라고하는 두 개이상의 전자총 및 DY를 이용한 CRT방식, 수직주사방식[6] 및 전계 편향을 이용한 편향각 증가방식이 제안되고 있다. 그림 4는 camel CRT의 구조를 나타낸 것이다.

도시바(일)에서는 6"의 소형 CRT 24개를 가로 세로로 배열하여 32"를 구현한 멀티 벡 CRT는 CRT의 전장감소 실현을 위한 또 하나의 제안으로 평가되고 있다.

이상과 같은 노력은 FPT가 CRT를 부분적으로 잠식해 나간다는 데에는 부인할 수 없었으나 현재의 CRT 보다 더 나은 전기 광학적 특성을 달성하면서 Size와 부피 및 무게를 개선하여 나간다면 FPT의 부분적 대체를 극복하고 여전히 디스플레이의 강자로서 그 자리를 유지해 나갈 것이다.

#### 4. PDP의 기술동향

국내는 작년부터 삼성 SDI등의 가진사에서 40"이상의

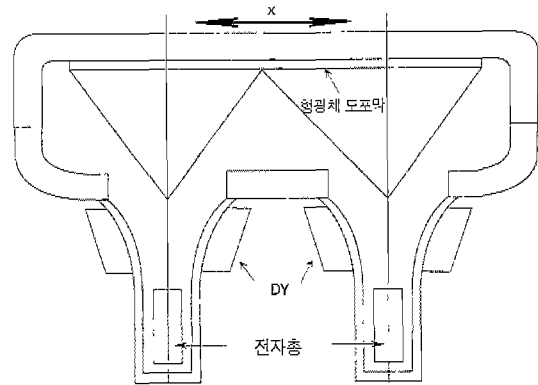


그림 4. Camel CRT.

PDP가 상용화되면서 일반인에게 PDP는 더 이상 생소한 Display가 아닌 평면 TV의 시대를 맞게 되었다. 그러나 아직까지는 PDP가 고가격이며 소비전력이 높고 화질면에서 여전히 개선해야 할 점들이 과제로 남겨져있다.

CRT의 변환효율이 3~5 lm/w에 지나지 않는다는 것은 PDP가 아직 효율이 낮다는 것을 의미한다. 따라서 저소비전력의 고효율 PDP를 실현하기 위해서 PDP의 고효율 셀구조 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 구조변경을 통해 고효율화를 실현한 방법 가운데 전극 구조변경을 통해 얻은 결과는 대표적인 PDP에 효율향상 방안이 되고 있다.

최근의 연구결과 내용을 요약한 것이 그림 5이다[7~9].

그림 5에서 (a)의 경우가 일반적으로 PDP에 적용되는 전

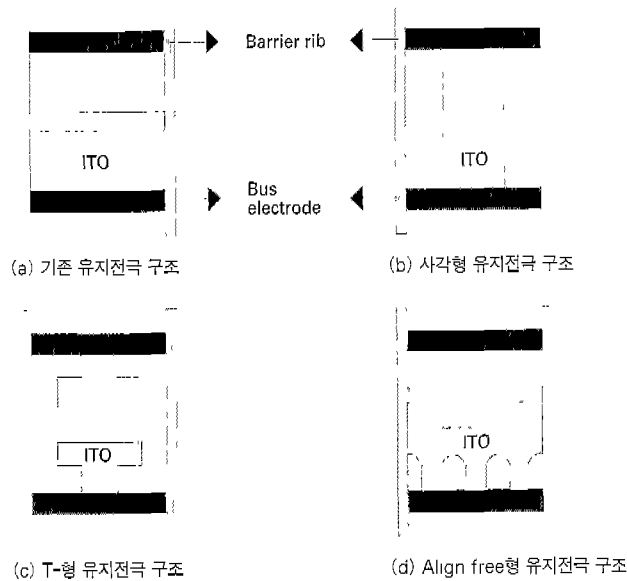


그림 5. 전극 구조 변경을 통한 효율 개선방안.

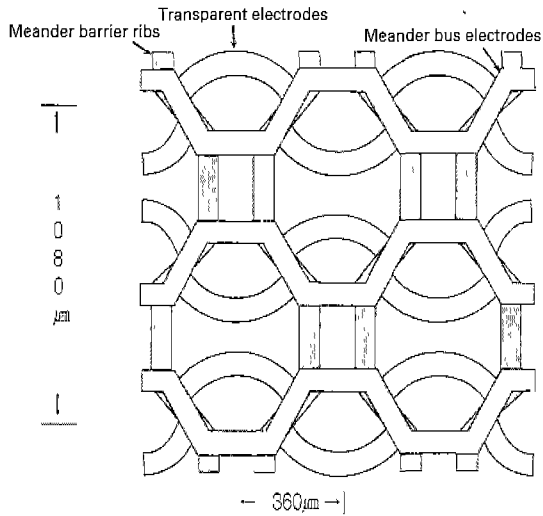


그림6. 전극구조 뿐만 아니라 각 cell의 격벽 구조까지 변화시켜 효율을 개선한 예.

극 구조이다. 그림 (b)는 투명 전극의 폭을 대폭 줄여 PDP 동작 중에 방전 peak 전류를 세어할 수 있게 한 방법이다. 이러한 전극 구조는 하전입자가 격벽쪽으로 확산되어 효율이 떨어지는 것을 방지할 수 있는 기능을 갖게 됨으로써 발광효율을 향상시킬 수 있게 한 것이다. 그림(c)는 그림(b)의 단점을 보완한 방식인데 그림(b)의 경우 방전전압이 상승하게 되고 휘도가 떨어지는 단점이 발생하게 되는데 이러한 문제를 해결하기 위해서는 두 전극간의 대향 면적을 키워줌으로써 방전 전압 상승을 효과적으로 줄여줄 수 있게 한 구조이다. 또한 방전 gap 근방의 발광을 효과적으로 활용함으로써 휘도 저하를 막아 기존의 PDP와 같은 효율을 얻게 해준다. 이 방식으로 실

현한 PDP의 휘도는 40"에서 1.2(lm/w)의 효율을 실현했다.

그러나 이 방식은 대면적화 할 경우 각 cell의 전극에 대한 상하판의 정렬이 용이하지 않아 제조 공정상 매우 까다로워지는 취약점을 노출하게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위한 방안으로 제안된 전극 구조가 그림(d)와 같은 전극 구조이다. 이 방식은 그림 (c)의 전극에 있어서 상하 전극의 정렬이 제대로 이루어지지 않으면 각 cell 간에 구동전압의 차이가 발생하여 화질이 나빠지게 되는 문제를 쉽게 해결해 줄 수 있다. 그것은 그림(c)의 전극구조에 비해 다수개의 전극이 한 cell에 설치된 효과로 인해 상하 전극간의 정렬이 쉽게 이루어지게 되고 발광효율도 기존 방식에 비해 30% 향상된 결과를 얻었다.

그림 6은 전극구조 뿐만 아니라 각 cell의 격벽 구조까지 변화시켜 효율을 개선한 예이다[10].

이 방식은 기존의 stripe 형태의 격벽구조를 갖는 PDP cell에 비해 비발광영역이 대폭 축소되고 대신 발광부의 면적이 확대된 Delta Tri-color Arrangement(DelTA) 구조를 갖는다. 기존의 PDP는 R, G, B 영역이 나란하게 배열되는데 비해 이 방식은 벌집 모양의 R, G, B 영역 배열이 이루어져 발광 면적이 기존 방식에 비해 1.8배 가량 증가하였고 따라서 형광체 도포면적이 그만큼 넓어져 발광 효율이 2.15lm/w 까지 높아지는 결과를 얻었다.

기존의 PDP는 cell 공간이 미세하여 발광은 부 글로우 영역에 해당하는 부분을 이용할 수 밖에 없어 근본적으로 발광효율이 양광주 영역을 이용하는 형광등과 같은 방전 제품에 비해 낮을 수밖에 없다. 따라서 최근에는 적극적으로 양광주 영역을 이용하여 PDP를 발광시킬 수 있는 구조가 제안되었다 [11]. 그림 7은 그 예를 보여주는 것이다.

이 경우는 DC형 PDP에 해당되는 것으로서 유지 방전기간에는 cathode(C)와 On-set anode(Aon-set) 전극간의

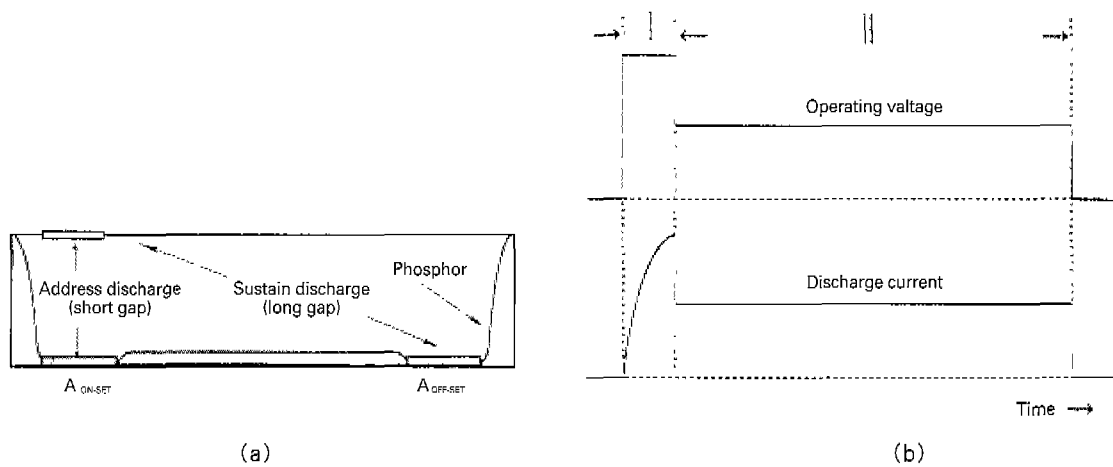


그림7. 양광주 영역을 이용하여 PDP를 발광시킬 수 있는 구조

address 방전을 일으킨 후 cathode(c)와 off-set anode (Aoff-set)간에 양광주 특성을 이용할 수 있는 유지방전을 일으킬 수 있는 구조로 되어있다.

방전 유지기간 동안 동작전압과 방전전류를 감소시켜 소비 전력을 줄이면서 휘도를 향상시키는 효과를 얻어 발광효율을 증가시킬 수 있게 하고있다.

### 5. FED의 기술 동향

FED는 CRT의 장점을 그대로 유지하면서 FPD의 형태를 갖춘 display이다. 1980년 후반 LETI(프)에 의해 상용화의 가능성을 보여준 것이 계기가 되어 1992년 FED생산을 목적으로 Pixel International이 설립되게 됨으로써 본격적인 상용화가 진행되고 있는 제품이다. 현재 전세계적으로 10여개의 업체들이 FED의 제품화 실현을 위해 노력을 기울이고 있다.

FED의 기본적인 구조는 그림 8과 같다[12].

Field Emitter Array Cell 은 CRT의 전자총에 해당하는 microtip을 갖게되고, 이 microtip과 Gate Electrode사이에 수십V의 전압을 인가하면 전자들이 터널링 현상에 의해 방출된다. 방출된 전자는 전면 기판에 설치된 양극에 인가된 수백 V이상의 전압에 의해 가속되어 전면기판에 도포된 형광체와 충돌하여 발광하도록 되어있다.

CRT의 전자총에 해당되는 microtip에는 실리콘을 이용한

것과 금속재료를 이용한 것이 있다. 실리콘 tip은 구조 조절이 용이하고 균일성은 좋지만 전류 방출이 불안하고 tip의 기계적 강도가 낮을 뿐만 아니라 대면적화가 어려운 단점을 갖는다. 금속 tip은 내구성이 좋고 유리기판을 사용해도 무방하므로 실리콘 tip이 갖는 대면적화에 대한 단점은 극복할 수 있다. 그러나 tip의 구조 조절이 용이하지 않다는 단점을 갖는다.

최근에는 탄소 나노 튜브가 전계 성능을 향상시킬 수 있는 이상적인 구조와 낮은 일함수를 갖는 특성 때문에 이를 이용한 FED의 개발이 급속히 진행되고 있다. 최근 국내 FED 전문가들이 이 분야에 집중하고 있는 것은 FED의 실용화를 위해 탄소 나노 튜브에 거는 기대가 크다는 것을 보여준다.

국내의 경우 삼성 종합기술원에서는 FED의 제품화를 위한 노력에 박차를 가하고 있고, 대면적화 및 가격 경쟁력확보를 위해 인쇄 방식으로도 가능한 탄소 나노 튜브를 이용한 FED 연구에 전력하고 있다. 현재는 7~10"급 color 패널을 개발 중이며 display 표면 휘도도 200cd/m<sup>2</sup> 이상을 실현할 수 있을 것으로 본다.

이 정도의 size라면 현재 car navigation용으로 사용되는 LCD 대신 사용이 가능할 것으로 보이며 삼성의 경우 2005년까지는 실용화하는 것을 목표로 잡고있어 FED의 실용화도 멀지 않은 것으로 전망된다.

LG전자의 경우는 KIST와 공동으로 저전력 - 저가격의 특

### CROSS-SECTION OF FIELD EMISSION DISPLAY

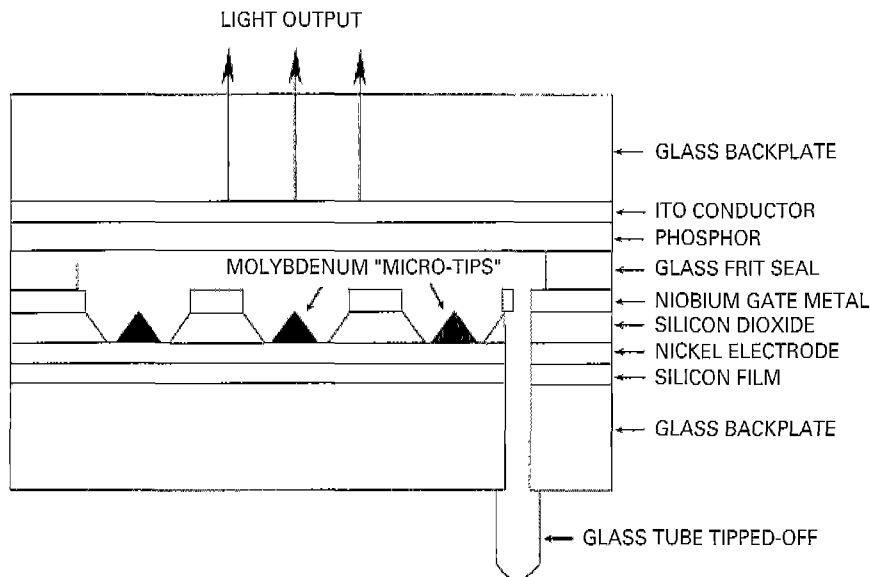


그림 8. FED 기본 구조.

정을 갖는 고유 모델의 개발을 진행중이다. 국외의 경우 Candescend(미)가 5.3" 및 13.2"의 TinCRT로 불리는 고전압 FED를 시제품으로 내어놓았고 1998년부터는 Sony와 제휴하여 고전압 FED를 개발하여 제품화하려는 노력을 진행중이다. 실제로 2000년 10월에는 파리에서 열린 Mondial de l'Automobile 2000에서는 Delphi 모델에 FED를 장착시켰고 2001년 2월 San Jose에서 열린 Mobile Insights Conference Showcase에서는 Texas Instruments의 멀티미디어에 5.3"의 QVGA FED 적용이 구체화되고 있다고 발표했다. Canon에서는 후막인쇄 공정을 이용한 저가격, 대형의 FED를 개발했고 이를 기반으로 Toshiba와 협력하여 30~40"급 display의 실현을 목표로 하고 있다. pix Tech는 2"급 mono type FED를 제품화했고 2001년 DARPA의 지원으로 군사용 기기에 사용될 12.1"급 color FED를 개발하고 있다[10].

수년 내에 자동차용, 계측기기용 및 군사용으로는 FED가 본격적으로 채용되면서 소형 size의 display로는 FED가 유효한 방식으로 부상될 것으로 기대된다.

저전압에서 구동 가능한 형광체가 개발됨과 함께 탄소나노튜브의 도포기술이 정착되면 FED가 중대형의 display로도 적용 가능하게 될 것이므로, 차차 주목받는 display로 부상될 것으로 기대된다.

## 6. 결 론

지금까지 광소자들 중에서 특별히 발광소자로 분류될 수 있는 display를 중심으로 각 display의 기술동향에 대해 개략적으로 살펴보았다.

어느 한 시점에서 보아 가장 우수한 display라고 해서 그것이 영속적으로 절대적인 display로서의 역할을 할 수 없음을 지금까지 살펴본 바로써 명확히 알 수 있다. PDP가 처음 세상에 선 보였을 때는 주로 note book computer의 display로 사용되었으며 그 당시 상용화된 PDP는 적색의 단색 display이었다. 20여 년이 지난 지금 그 PDP가 full color화를 실현하면서 40"이상의 대면적 display로 변화할 것이라고 상상하기 힘들었다.

LCD는 비발광 소자에 해당하므로 본 고에서는 제외했지만 1980년대 후반에 TFT LCD를 소형 TV에 장착하여 세상에 내어놓았을 때는 그것이 중대형 TV로까지 발전해서 color CRT를 사용하고 있는 TV를 TFT LCD Type의 TV로 교체해 버릴 만한 존재로 생각하기 어려웠다. 그러나 지금은 color CRT를 채용한 TV에서 TFT LCD를 채용한 TV로의 진환이 이루어지고 있는 것이 현실이다.

현재로서는 40"이상의 대형 TV로 PDP를 능가할 수 있는 display가 없어 보이지만 display의 기술 발전의 결과를 보면 분명 또 다른 display가 가까운 미래에는 대형 TV의 절대 강

자로 등장할 것이 분명하다. 그것이 어찌면 FED일 수도 있고 유기 EL 방식을 채용한 display일 수도 있다.

따라서 지금 현재 가장 두각을 나타내고 있는 기술에만 매달리기도는 새로운 기술에 대해서도 수용하는 자세와 신기술에 대한 끊임없는 도전이 미래의 기술에 대한 바람직한 자세가 아닐까.

## 참고 문헌

- [1] 홍창희, 전기전자재료학회논문지, 14권, 11호, p. 25, 2001.
- [2] 손성진, 전기전자재료학회논문지, 14권, 11호, p. 21, 2001.
- [3] T. G. Spnjer, SID 00 DIGEST, p. 496, 2000
- [4] M. Taniguchi, Y. Wada, and Y. Iwai, 월간 디스플레이, Vol. 7, p. 16, 2001.
- [5] 일본특허, 특개 2000-200567.
- [6] M. P. C. M. Krijn, et al., SID 01 DIGEST, p 1008, 2001.
- [7] K. Amemiya, et al., U.S. patent No. 5,742,122, pioneer, 1998.
- [8] T. Nishio, et al., SID 99 DIGEST, p. 268, 1999.
- [9] C.H. Park, et al., J. of Information Display, Vol. 2, No. 1, 2001.
- [10] Y. Hashimoto, et al., SID 01 DIGEST, p. 1328, 2001.
- [11] K. Ishii, et al., IDW 00 DIGEST, p. 619, 2000.
- [12] 주병권, 한국정보디스플레이 학회지, 2권, 3호, p. 6, 2001.

## 저 자 약 력

성명 : 최규만

### ❖ 학 력

- 1977년 부산대 물리학과 공학사
- 1983년 부산대 대학원 물리학과 공학석사
- 1991년 경북대 대학원 전자공학과 공학박사

### ❖ 경 력

- 1981년-1989년 삼성 종합연구소 선임연구원
- 1989년- 현재 관동대 정보기술공학부 교수

### ❖ 연구분야

- 전자재료