

전계발광 디스플레이 기술 고찰 FIELD EMISSION DISPLAY TECHNOLOGY REVIEW

황운택* 이헌택** 이한영***
*,**,*** 시립인천전문대학

Abstract

The Field Emission Display promises to improve upon the performance of the traditional CRT, while overcoming the CRT's disadvantages in size and weight which limit its use in portable applications. The technical feasibility of the FED has been reviewed and expected to move toward the product development.

1. 서 론

오늘날의 전자공학은 20여년전에 사용되던 진공관을 소형화하고 성능향상을 통해 microelectronics 분야를 개척하려는 연구가 시작되고 있다. 이러한 노력은 반도체산업의 출현으로 그 중요성이 다소 감소된감이 있으나 그 반면 반도체산업에 의해 개발된 미세반도체가공 기술덕분에 다시 빛을 보고 있다. 한예로 반도체처리기술을 극소진공소자 제작에 응용한 바 있는데 이러한 진공소자들은 속도측면과 전력용량면에서 장점으로 여러분야에서 이용되고 있다. 앞으로 이러한 기술은 차세대 컴퓨터 통신과 여러 첨단장치 등에서의 사용이 기대된다고 할것이다. 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 진공소자는 음극선관(CRT)으로서 TV나 컴퓨터 등 대부분의 영상장치등에서 사용되고 있다. CRT는 년 100억달러에 이르는 부품시장수요를 이루어 냈고 다른분야(LCD 또는 PDP)에서는 아직 실현되지 않은 영상성능에 관해 표준으로 이용되고 있다. 앞으로 극소진공소자 기술은 전계 발광음극이라는 초소형 원뿔모양을 가진 진공관에서 전자를 발광시키는 기존의 열음극(전자총)을 대체할 것으로 기대된다. 이러한 장치들의 개념도가 그림 1에 나타나 있다. 원뿔모양의 냉음극을 초소형화함으로써 낮은 전압에서도 열을 발생시키지 않고 전자들이 원뿔의 끝부분에서 아주 효율적으로 방출될 수 있다. 이러한 이유로 전계발광음극은 냉음극이라 불리운다. 일반 CRT에 사용되는 전형적인 열음극(전자총)을 냉음극으로 대체함으로써 아주 얇고 평면의 CRT를 얻을 수 있게 된다. 이런장치를 FED라고 부르는데 대량생산이 가능해짐에 따라 차세대 CRT로 자리잡을 전망

이다.

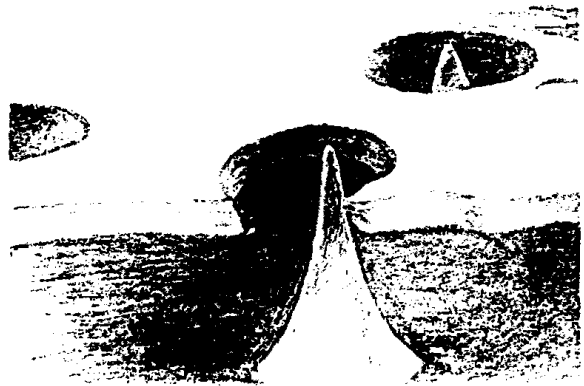


그림 1.

2. 평면음극선관

전자디스플레이 부분은 60년전 CRT가 TV 영상, 오실로스코프, 레이더화면등에 실용적인 장치로서 상업화됨에 따라 하나의 분야로서 확립되었다. 2차대전후 TV의 폭넓은 보급과 그후의 대부분의 데스크탑 컴퓨터스크린, 그리고 일반가정에 영상기기가 대량보급되므로 인하여 전자영상기술은 100억달러의 본격적인 산업으로 자리 잡고 있다. 초기부터 CRT는 큰 부피와 중량, 폭발의 위험과 X선에 의한 위험성 때문에 불편함이 있었다. 최근에는 CRT가 아날로그에서 디지털화 되어감에따라 차차 밀려나는 경향이 있다. 그러나 천연색의 고해상도, 음극선관의 높은효율, 단순한구조, 내구성, 가격측면등 두드러진 장점들 덕택에 아직 대체기술에 밀려나고 있지 않고 있다. 디스플레이분야의 선두로서 출발한 CRT는 부피를 줄이기 위하여 끊임없이 시도를 하였다. 이런과정에서 100도의 편향각을 이룩함으로써 어느정도 진전이 있었다. 최근 고선명 TV

가 일반소비자들의 인기를 얻자 TV 업계에 의하여 이러한 작업들이 더욱 활발히 진행되고 있다. 평면 CRT 는 보통 2가지로 분류된다. 하나는 1 개 이상의 전자빔들을 결합하여 정전형 자기장 형성 구조를 만들어 형광체가 있는 스크린으로 유도하는 것이고, 다른 하나는 성형 또는 평면형 열이온음극을 형성하여서 격자 형식으로 처리된 그리드구조를 통해 스크린에 도달하는 것이다. 열이온음극 평면 CRT 를 개발하는 회사들은 마쓰시다⁽¹⁾, 미쯔비시⁽²⁾, 소스텍노놀리지⁽³⁾ 등이 있다. 그 중에서 가장 성공적인 평면 CRT 는 진공 형광 디스플레이(VFD)일 것이다. VFD 는 표시하고자 하는 모양을 각각 미세하게 만든 표시 장치로 사용되고 있다⁽⁴⁾. 기존의 CRT 성능에 필적할만한 디자인을 개발하기 위한 시도들은 구조적 복잡성과 캐소드의 한계 때문에 지금까지는 실패해왔다. 그럼에도 불구하고 기존 CRT 를 확실하게 대체할 장치가 아직 개발되지 않은 상황에서 이 CRT 를 이어받을 평판디스플레이 기술개발의 필요성이 더욱 커지고 있다.

3. 전계발광 디스플레이(FED)

안정하게 방출시키기 위하여 초진공이나 가열이 필요한 기존의 전계발광소자와는 달리, 매트릭스구조로 된 고밀도 전계발광 디스플레이는 초미니 음극이 일반상업용 CRT 에서 사용되는 진공도에서도 안정되게 동작 될 수 있다⁽⁵⁾. 몇가지 획기적인 기술의 진전에 힘입어 실험실수준의 소자에서 상업적인 수준인 엔지니어링샘플의 출하도 가능하게 하였다. 처음에는 전계발광 캐소드로부터 1000 ampa/cm²의 전류밀도까지도 보여준바 있다. 이러한 결과는 단순히 디스플레이에 대한 요구조건의 수준을 넘어서 최첨단 기술로 평가될 수 있을 것이다. 예를들면, 효율적인 음극선용 형광체를 사용한다면 최근의 결과보다 훨씬 낮은 평방센티 미터당 100 μA/cm² 전류밀도의 음극을 사용하여 100 FL의 FED를 제작할 수 있을 것이다. FED는 그림 2와 같이 두장의 유리판으로 구성되어 있는데 두판의 간격은 극히 미소하며 10⁶ Torr 압력의 진공으로 채워진 구조이다. 전면유리판은 기존의 CRT 처럼 형광체가 발라져 있고 뒤판은 냉음극 전계발광소자와 행렬구동 반도체들로 구성되어 있다. 구동반도체는 연결부위와 결합회로수를 줄이기 위하여 유리판에 직

접 접촉되어 있는 구조이어서 비용과 신뢰성면에서 장점을 가지고 있다고 할 수 있다. 다음 FED의 횡단면을 그림 3에서 보면, 형광체 점들이 행렬전극의 교차점 맞은편에 정렬되어 있다. 빛을 방출하는 구멍들이 직경 1마이크론에 지나지 않으므로 균일한 발광을 위한 여유분과 수율을 높이기 위하여 각교차점마다 10~100의점이 부착된다. 이렇게하면 총 전류방출량은 증가되어 작동에 필요한 전압을 감소시킬 수 있다. X-Y 매트릭스는 열방향전극에는 저전압파형을 인가하고 행방향전극은 가속용 양극이나 데이터전극으로서 사용된다. 계조표시신호는 행방향구동 IC에 인가하고 열방향전극에도 동시에 인가한다. 전계발광다이오드의 비선형적 특성은 다른 평면 디스플레이기술에서 볼수있는 중심치 근처의 신호에 의한 불분명한 화상 문제를 해결해주는 데 이런이유로 FED는 우수한 콘트라스트를 얻을 수 있다. 절연판을 양 유리판 사이에 끼워넣어서 주변의 기압을 이겨내고 전면판과 후면판의 두께를 증가시키지 않고도 표시소자가 발광할 수 있도록 유지시켜준다⁽⁶⁾. 일반적으로 개인용 컴퓨터의 디스플레이에 적용할 수 있는 치수는 반지름 0.125mm 크기의 형광체점안에 0.1 × 0.1mm 크기의 음극으로 구성되어 있고 양유리판의 간격은 0.1mm이며 각 유리판의 두께는 1.1mm이다. 반도체 제조기술과 고효율 음극선용 형광체를 사용하여 FED는 기존 CRT와 최신 평면 CRT의 장점들만을 선택하여 결합할 수 있을 것이다.

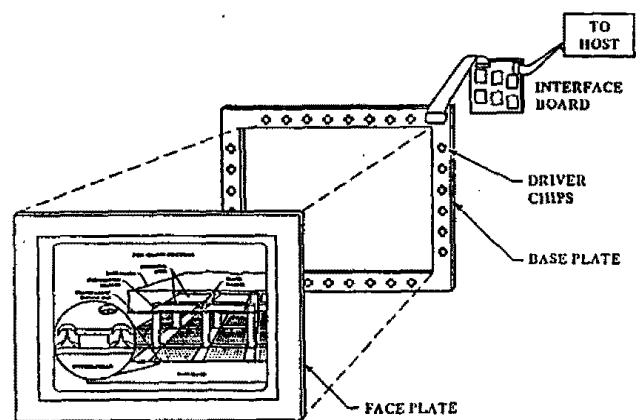


그림 2.

새로운 냉음극 기술은 그 구조가 간단하여 허용전류의 제한이라는 실제적인 한계점을 극복할

수 있어서 평면 CRT 설계를 포함한 모든 가능성에 대하여 근본적으로 재평가를 요구하고 있다. FED는 반도체기술과 진공기술이 결합한 형태로써 평면 CRT 제조시 야기되는 기존의 문제점에 대한 해결방안이며 차세대 기술로서 성장할 새로운 장을 열었다고 말할 수 있을것이다. FED의 주요 특징은 다음과 같다.

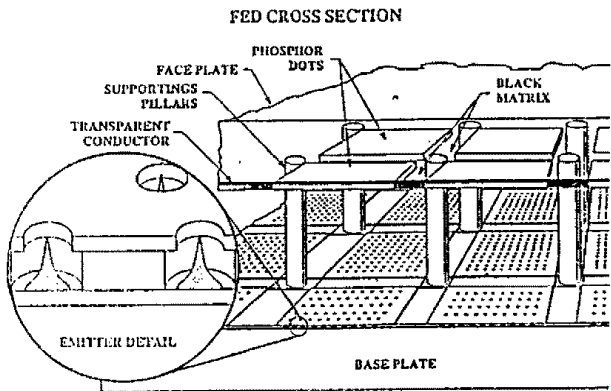


그림 3.

VFD에서 사용되는 25 볼트용 형광체에서부터 고효율 TV나 데이터표시 디스플레이에 사용되는 형광체에 이르기까지 대부분의 음극선용재료가 FED에 의해 사용될 수 있다. 기존의 모든 형광체 재료와 적용자료들을 그대로 이용할 수 있으며 단지 도포시 공정조건의 조정만이 필요할 뿐인것이다.

천연색 디스플레이에서는 후면유리판에 음극이 부착되어 있어서 기존의 CRT 보다는 월등한 고해상도를 얻을 수 있는 구조이므로 전면유리판에의 형광체도포기술이 소자의 해상도를 결정할 것이다. 형광체 패턴을 후면유리판의 전극모양에 정합시키기 위해서는 최종조립단계에서 $\pm 1/2 \text{ mil}$ 의 오차범위내에서 할 필요가 있다. 평면CRT에서 볼 수 있는 전형적인 그리드나 전극등의 복잡한 구조가 없는것이 FED의 특징이라고 할 수 있겠다.

하나의 화소마다 약 10 마이크로론 간격의 수십수백의 발광체로 구성되어 있는 구조로 되어 있다. 이러한 이유로 화소구성에 있어서 충분한 여유도를 가질 수 있고 전류 용량도 여유롭게 선정할 수 있는것이다.

현재로서는 장시간(약 8년이상)의 수명 시험은 되고있지 않으나 기존의 전계발광소자보다 훨씬 저전압에서 동작할 수 있도록 고안되어 있다. 그

러므로 기존의 전계발광소자에 있어서 문제점으로 되어있는 고에너지 이온 방사에 의한 손상과 같은 부정적측면은 일소할 수 있는것이다. 게터의 사용으로 필요한 진공을 유지할 수 있으므로 형광체의 열화문제를 제외하고는 이러한 구조의 FED는 오랜 수명을 가질것으로 기대된다.

전류가 형광체 스크린쪽으로 흐르기때문에 전계발광음극의 효율은 거의 100%에 가깝다고 할 수 있을것이다. 그리고 가열이 필요하지 않기 때문에 기계를 작동 시키자마자 방출이 시작될 수 있고 온도의 영향도 받지 않을것으로 기대된다.

영상신호는 음극과 게이트전극에 부가되고 고품질의 영상을 얻기위해 제조를 사용할때 펄스 폭변조나 아나로그 변조 방식으로 제조조정도 가능할 것이다.

복잡한 내부구조가 거의 없고 음극이 유리판에 일체화되어 있으므로 FED는 본질적으로 기계적 충격에 강하다고 할 수 있다. 음극이 형광체 스크린에 아주 근접해 있으므로 보통은 자기자폐가 필요치 않다. 따라서 FED는 자기적인 부품이나 회로가 없으므로 작동시 전자기방사전파도 없다고 할 수 있겠다.

4. 결론

표 1에서 나타난 비교에서 가장 중요한 요소는 발광소자 자체의 효율이 아니라 반제품시의 순 효율이다. 예를들어 기존의 칼라 CRT는 약 30 lumens/watt의 효율을 가진 형광체 스크린을 사용 하지만 shadow mask에서 그 빛에너지의 75%의 손실이 발생한다. 백색기준으로 환산한다면 7.5 lumens/watt의 효율에 해당한다. 구동회로에 필요한 전력손실을 고려한다면 순효율은 3 ~ 4 lumens/watt 정도이다. FED은 shadow mask를 사용하지 않으므로 적어도 3 lumens/watt의 순효율을 기대할 수 있다. 또한 동적전압은 기존의 CRT와 같은 25 ~ 30kv가 필요치않고 단지 1kv 정도만이 필요하므로 훨씬 유리하다. 현재 대체 디스플레이 기술 연구도 FED보다는 낮은 효율 정도밖에 얻지 못하고 있고 대부분 1 lumens/watt를 목표로 연구중이다. 그리고 칼라 LCD도 더 효율적인 backlight를 개발하여 1.5 lumens/watt를 얻어내기를 바라고있는 실정이다. 칼라 FED에 사용되는 형광체의 효율은 우수하지만 거기에 맞는 파장의 자외선방전을 얻는데 어려움을 겪

고있어 1 lumens/watt의 벽을 깨지 못하고 있다. EL 디스플레이는 청색형광체의 저효율성과 박막 샌드위치구조에서의 대용량 때문에 약 0.5 lumens/watt 정도의 저효율밖에 얻지 못하고 있다.

표 1. FED 와 LCD 비교

10" Diagonal	FED	AMLCD	Future LCD
Brightness	30FL	23FL	30FL
Gray Levels	256	1	8
Number of Colors	16+ million	8	<512
Viewing Angle	>160 degrees	±45 degrees	
Power	2.4 watts	17 watts	7 watt
Relative Cost	1.0	N/A	1.4

효율성 문제 이외에 제작비용도 대량생산시 성공에 중요한점 일것이다. FED는 반도체산업에 사용되는 표준화된 공정 덕분에 대량생산시 능동매트릭스 LCD와 비교하여 공정이 적게 들고 수율이 높아서 LCD보다 비용이 30%정도 감소 될것으로 기대된다. 대면적 FED의 실용적인 제조가 이루어질것이며 일부분에서는 상당한 진전이 있는 상태이다. 예를 들면 사무실이나 집창문에 박막을 증착시키는 진공시스템은 일반적인 생산 공정에서도 사용되고 있고 반도체산업과 EL, PDP, LCD용으로 개발중인 장비들은 대개 FED에 직접 사용될 수 있을것이다. FED 디스플레이에 사용되는 구동회로는 현재 다른 매트릭스 디스플레이기술에 사용되는 것들과 동일하거나 유사하다. FED가 음극선용 형광체를 사용하여 얻게 되는 제조와 효율면에 있어서의 장점은 위표에 나타나 있다. LCD의 경우 backlight는 100%의 전력이 소비되는 반면, FED는 빛을 낼 때만 전력의 90%가 소모되므로 FED의 이점은 크다고 볼 수 있겠다. 단일구동 디스플레이에 관한 연구⁶⁾ 이후 full matrix 처리된 디스플레이도 선보이고 있다. 균일성과 수명문제로 6인치 화면에서 ±5%의 균일도와 3000시간이상 밀폐된 유리기구안에서 수명시험을 거친바도있다⁷⁾ 또한 ZnO 계열의 형광체와 실리콘을 식각하여만든 전계발광구조로 효율 5 lumens/wat의 FED를 선보인 바도있다. 위에서 언급된 기술적인 면들을 고려하여 볼 때 FED에 관한 가능성의 문제는 거

의 해소되고 있고 대면적 화면의 출현이 있을 것으로 기대 된다.

References

1. "A 40 in Matrix-Driven High-Definition Flat-Panel CRT" ; K.Nonomura, et.al. ; SID 1989 Digest; p.106-109.
2. "Fundamental Study of Flat Displays Using a Panel Type Thermionic Electon Source"; R.Suzukiet. al.;Japan Display '89; P1-10.
3. "Flat Electron Control Device Utilizing a Uniform Space-Charge Cloud of Free Electrons as a Virtual Cathode"; Fred Oess; US Patent 4,719,388.
4. "A High-Luminance Vacuum Fluorescent Display for HUD Applications"; H.Kawasaki, et.al.; SID 1989 Digest; p. 278-281.
5. "Physical Properties of Thin-Film Field-Em-ission Cathodes with Molybdenum Cones"; C.A. Spindt, et.al.; Journal of Applied Physics, Vol 47, No.12; December 1976.
6. "Advanced Vacuum Devices: flat cold-cathode CRTs"; A. Ghis, et. al.; Third International Vacuum Microelectronics Conference; Monterey, CA; July 1990.
7. "Scaled Vacuum Devices: Microtips Fluorescent Display"; A. Ghis, et. al.; Third International Vacuum Microelectronis Conference; Monterey, CA; July 1990.