

# Electroluminescence (EL) 와 그의 응용

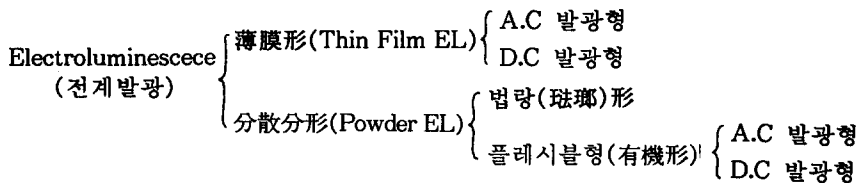
李 性 午

## 1. 개요<sup>1)</sup>

Electroluminescence(EL)는 유화아연(ZnS)을 주체로 한 형광체에 高電界를 인가할 때 생기는 발광현상으로서 1936년에 Destriau에 의해서 발견되었다. 1952년에 Sylvania사에서 EL램프(법랑형 EL)를 개발하여 조명의 面光源으로서 또한 平面板정보표시 Display의 개발이라는 큰 기대를 가지고 세계적인 규모로 연

구개발을 시작으로하여 많은 노력을 기울였음에도 불구하고 低輝度, 短壽命이 문제가 되어 실용성을 갖는데에는 이르지 못하였다. 그러나 형광체를 비롯하여 새로운 재료의 개발과 생산 기술의 급진적인 발전으로 급속하게 실용화되어 오늘날에는 그의 응용범위도 넓어지고 있다.

EL을 크게 나누면



## 2. 薄膜 A.C形

薄膜 A.C형 EL소자의 일반적인 소자의 구조는 그림 1과 같다. 發光層을 絶緣層 사이에 샌드위치모양으로 끼우고 絶緣層의 兩側에서 전계를 인가하는 구조로 되어 있으며 二重絶緣構造라 불리고 있다. 또한 근래에는 三層構造의 것도 개발되어 있다.<sup>2)</sup> 二重絶緣構造의 EL 소자는 절연층으로 얇게 끼어 있으므로 발광층 내에서 충돌과 여기를 반복하는 전자는 절연층

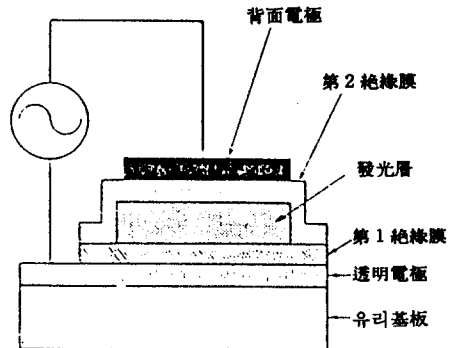


그림 1. 二重絶緣型薄膜 EL素子の 構造

과 界面으로 트랩되어 내부로 分極電界를 발생한다. 그 결과 外部電界의 극성이 반전하였을 때 이 分極電界가 외부전계와 중첩하여 발광층 내에 유효하게 고전계가 인가되어 고휘도의 빛(發光)을 얻을 수 있다. 그림 1에 박막 A.C형 EL소자는 유리基板, 전극, 절연층, 발광층으로 구성되어 있다.

유리基板은 박막형 EL소자를 구성하는 基盤을 이루는 것으로서 그의 재질 및 표면상태에 대한 요구는 매우 까다롭다. 즉 (1) 可視領域에서의 투명성이 좋을 것. (2) Photomask grade의 표면연마가 되어 있을 것. (3) 발광층의 燒鈍溫度(Annealing temp.)(450~600°C)에서 좋은 온도특성을 가질 것. (4) 장기신뢰성을 확보하기 위해서는 낮은 알칼리성일 것.

박막형 EL소자는 앞에서 설명한 바와 같이 위 아래 두장의 전극판사이에 끼어있다. 보통 유리기판측에는 透明導電膜을 사용하고 뒷면에는 Al을 사용하고 있다. 透明導電膜은 일반적으로 ITO膜(Indium Tin Oxide)이 사용되고 EL 디스플레이에서는 ITO膜이 선상으로 배열되어 뒷면의 Al전극과 直交되도록 배치되어 있다. 따라서 배선저항을 무시할 수 없게 되기 때문에 發熱, 驅動波形維持라는 점에서 저항이 낮게 하는 것이 바람직하다. EL디스플레이의 전극으로 사용하기 위해서는 쉬이트저항으로 10~20Ω/mm<sup>2</sup>이 필요하다고 말하고 있다.<sup>9)</sup>

박막형 EL소자로 사용되는 絶緣材料의 역할은 (1) 전기적인 파괴에 대한 발광층의 보호, (2) 發光層界面準位の 안정화, (3) 전극재료의 발광층에의 금속이온확산방지등과 또한 발광층에 유효하게 전압을 인가하기 위해서 高誘電體材料인 것이 바람직하다. 일반적으로 박막 A.C형 EL소자로 사용되는 절연재료는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 非晶質酸化物(또는 窒化物)이거나 또는 BaTiO<sub>3</sub>, PbTiO<sub>3</sub>등의 強誘電體이다.

비정질산화물은 비교적 耐電壓은 높지만 誘電率이 낮고, 強誘電體의 경우는 그와 반대이다.

유전율이나 내전압이외에 절연막의 성질로서 중요한 것이 절연파괴모드이다. 한번 파괴가

일어나면 그 주변에서부터 차례차례로 새로운 파괴가 퍼져가는 傳播性모드(Propagation mode)와 한점의 파괴점만으로 끝나는 개방모드(Open mode)가 있으며 표 1에 각종 절연막의 파괴모드를 나타냈다. 표에서 중간모드란 성막조건에 의해서 파괴모드가 다른 것이다. 斷線의 缺陷率등을 고려하면 박막형 EL소자의 절연재료로는 개방모드의 절연막이 적합하다.

박막형 EL소자에 있어서 絶緣膜을 설계하는데 있어서는 絶緣破壞모드외에 투명전도막(ITO막)과의 반응성, 발광층과의 밀착성, 내습성등을 고려하고 최적의 절연막을 선정할 필요가 있다. 위의 성질을 모두 만족시킬 수 있는 절연막은 존재하지 않기 때문에 신뢰성을 올리기 위해서는 각 특성을 살린 여러 층의 절연막이 필요하다.<sup>4)</sup>

EL발광층재료인 형광체로서 요구되는 특성은 可視域에서의 발광과 형광체의 勵起에 필요한 10<sup>6</sup>[V/cm]정도의 高電界에 대한 안정성등이므로 일반적으로 EL소자는 附活劑를 첨가하여 可視發光을 얻기 위해서, 母體材料는 近紫

表 1. 각종절연막의 파괴모드

전파성 mode	中間 mode	Open mode
PbTiO <sub>3</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
SrTiO <sub>3</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>
BaTiO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	HfO <sub>2</sub>
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		BaTa <sub>2</sub> O <sub>7</sub>

表 2. 칼라薄膜 EL素子の 發光色과 輝度 (驅動周波數 5[kHz])

EL재료	발광색	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	효율(lm/W)
ZnS : Mn	황등색	5,000~10,000	1~5
ZnS : Sm, F	등적색	600	0.05
ZnS : Tb, F	녹 색	5,000	1.0~1.5
ZnS : Tm, F	청 색	10	0.003
CaS : Eu	적 색	900	0.05
CaS : Ce	녹 색	650	0.11
SrS : Ce	청 색	1,600	0.3
SrS : Ce, Eu.	백 색	1,500	0.1

外線域의 Band gap이 필요하다. 母體材料는 주로 II-IV族 화합물이 사용되고 그 중에서도 ZnS가 많이 사용되고 있다. 이 ZnS:Mn는 황등색이고 녹색의 것으로 ZnS:Tb,F가 실용화되고 있다. 薄膜形EL은 휘도 수명특성도 分散形EL보다 훨씬 우수하고 구동회로와 구동용 IC도 많이 개발되어 매트릭스표시패널로서 실용화의 범위가 점점 넓혀지고 있다. 표2에 대표적인 발광재료의 휘도와 효율의 예를 나타냈다.

薄膜形EL의 풀칼라화의 연구도 활발하게 진행되고 있다. ZnS의 모체중에는 모든 회토류 원소가 EL발광을 나타내고 4f내 각전자의 遷移에 의한 선스펙트럼을 나타내고 있다. ZnS:Tb,F의 녹색에서는 실용적으로 충분한 휘도를 가진 것을 얻을 수 있다. 적색도 ZnS:Sm,F의 F를 Cl로 代替함으로써 상당히 순도가 좋은 적색을 얻게 되었으나 최근에는 CaS:Eu에 관심이 모아지고 있다. CaS:Eu는 650nm부근에서 피이크치를 가진 폭 넓은 스펙트럼을 가지고 있으며 색순도가 좋은 적색발광을 얻을 수 있게 된다. 발광휘도의 향상을 위해서 Ca·S·Se:Eu가 제안되고 있다. 이 소자는 발광의 피이크파장이 610nm의 주위에 있으며 1kHz에서 650(cd/m<sup>2</sup>)의 발광휘도를 얻고 있다.<sup>5)</sup>

청색용발광재료로서는 ZnS:Tm, ZnS:Ag, ZnS:Cu등이 있으나 아직 휘도가 충분하지 못하고 오히려 SrS:Ce가 유망하다고 생각하고 있다. SrS:Ce<sup>3+</sup>의 발광스펙트럼은 490nm부근에서 피이크파장을 가지고 長波長측에 넓게 분포되어 이로 인해서 청록색으로 된다. 색순도는 좋지 않지만 청색계의 재료로서는 1(kHz)의 구동주파수에서 600cd/m<sup>2</sup>의 높은 휘도의 것을 얻었다. 청색 LED는 한층 색순도가 좋은 발광재료의 개발이 바람직하다.

백색용발광재료로서는 ZnS:Pr, ZnS:Pr, Tb, SrS:Pr, SrS:Ce, K, Eu등이 검토되고 있다. 발광중심에 있는 Pr는 490nm의 청색과 650nm의 적색에서 발광피이크를 가지고 있으며 시각적으로 백색을 얻을 수 있으나 녹색성분이 없기 때문에 그의 용도가 제한되고 있다. SrS

:Ce, Ce, K, Eu는 Ce의 청록색과 Eu의 적색과에 의해서 백색이 얻어지고 양자의 발광스펙트럼이 넓기 때문에 可視域 全域에 걸쳐있는 백색으로 된다. 휘도는 1kHz의 구동주파수에서 500cd/m<sup>2</sup>를 얻게된다.<sup>6)</sup>

Full-color EL패널 제작에는 적 녹색의 3원색의 발광층을 페턴화하여 만드는 방법이 생각되나 각 발광층의 문턱電壓(Threshold Voltage)와 휘도가 다르고 또한 수명 특성도 다르기 때문에 구동회로가 복잡하게 된다. 오히려 백색형광체에 칼라필터를 조합하는 방법이 실현하는데 쉬어진다. 이 때문에 위의 백색발광층에 한층 큰 휘도향상이 바람직하다.

### 3. 分散形 EL(Powder EL)

分散形EL은 기본적으로는 그림 2에 나타낸 바와 같이 유리 또는 플라스틱의 基板위에 透明導電膜(ITO)을 붙여 發光層, 誘電體層을 도포하고 그 위에 金屬性電極을 붙인 구조로 되어 있다. 발광층은 高誘電率 有機바인더로 된 螢光體粉末을 분산시킨 것이 사용되고 있다. 또한 용도에 따라서는 吸濕層과 플라스틱보호막으로 덮여있다. 형광체는 청록색으로서 ZnS:Cu계가, 녹색으로는 ZnS:Cu, Al계가 橙色으로서는 Zn:Cu, Mn계의 것이 사용되고, 백색을 얻기 위해서는 청녹색의 형광체에 청색발광의 일부를 등색으로 변환하는 형광안료를 혼

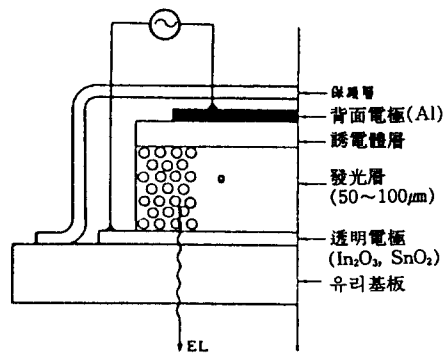


그림 2. 分散形 AC粉末 EL의 構造

합하고 있다. 그림 3에 위의 청록색, 녹색 등색, 백색 EL발광의 분광에너지분포를 나타내고 있다. EL은 인가전압을 높게하고 인가주파수를 높이면 밝게 되지만 수명이 짧아진다. 厚膜 EL의 경우 최초 100V~400[Hz]정도에서 점등하지만 고정전극에서 점등하면 점등초기에 저항이 커져서 입력전력이 감소하는 성질이 있으므로 인버터회로에서 주파수를 조정하여 정전력으로 점등하고 있으며 이것으로 실질적으로는 수명을 2~3배 연장할 수가 있었다. 현재 백색 EL에서는 150~200(cd/m<sup>2</sup>) 정도의 것이 실용단계에 있다.

有機分散形 EL패널은 구조가 간단하고 양산성이 쉽기 때문에 비교적 간단한 디스플레이 이외에 모노크롬液晶디스플레이용 백라이트로서 근래에 이르러 수요가 급증하고 있다. 그러나 휘도가 낮으므로 高輝度化와 長壽命化가 이루어지고 형광체, 바인더, 절연재료, 휘도열화의

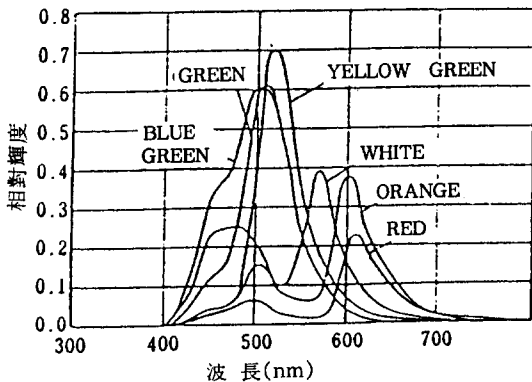


그림 3.各色 EL의 發光波長分布

表 3. 有機發光層材料의 例

發光色	材 料
赤(橙)	Perylene(C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> ) Alq <sub>3</sub> + Pyrane(DCM)
黃	Phthalopherynone誘導體
綠	8-Al Hydroxiquinoline Coronene(C <sub>24</sub> H <sub>12</sub> ) Anthracene + Tetracene
靑	Anthracene Cyclopentadiene(C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> )

방지등의 개량이 계속되고 있다. 분산형 EL의 發光機構는 아직 불명한 점도 많으나 앞으로 구성재료의 상호작용에 대한 劣化메카니즘을 해명함으로써 휘도저하가 적은 EL소자도 가능할 것이다.

#### 4. EL用驅動方式

구동방식으로는 Field reflash구동방식, P-N대칭구동방식, P-P대칭구동방식등이 있다. 이들 각 방식에 대해서 설명하기 전에 X-Y Matrix Panel을 구동하는 주변회로에서 각부의 명칭과 그의 작용을 보면 그림 4에 이 시스템의 대표적인 한 예를 나타냈으며, 표시유닛트의 최소단위로서 그림 4에서와 같이 주로 3가지 부분으로 되어 있다. EL특유의 Timing제어 회로등을 내장하고 이의 사용자는 이 특유의 구동방식을 의식하지 않고서도 CRT시스템과 같이 인터페이스신호에 의해서 쉽게 취급할 수 있다.

X-Y Matrix전극구성의 박막 EL패널의 Column(垂直)전극군에 접속한 데이터측(變調)구동회로는 線·順次로 驅動하기 위해서 1走査電極상의 畫素에 대응하는 Serial Data의 전송과 축적을 위한 論理回路와 그의 데이터에 따라서 패널의 Colum(垂直)전극군과 병렬로 구동하는 高耐壓出力部로 되어 있다.

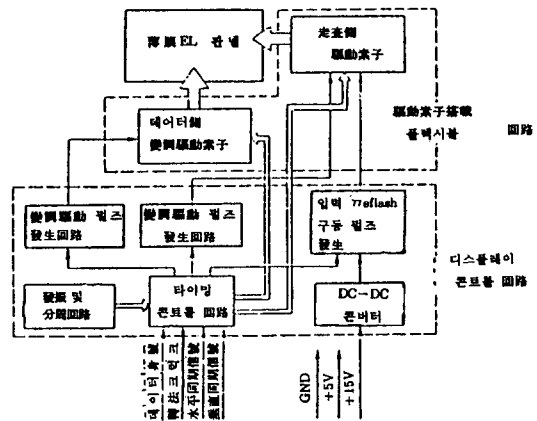


그림 4. 구동방식 시스템의 예

Field reflash구동방식은 한 화면의 데이터를 써넣을 때마다 전체패널면에 써넣은 데이터와 역극성의 펄스(Reflash Pulse)를 인가한다. 데이터가 써넣어진 畫素(Picture Element)는 EL특유의 분극상태를 유지하고 역극성의 펄스가 인가되면 분극에 의해서 형성된 내부전계와 중첩하여 발광한다. 데이터가 써넣어지지 아니한 畫素는 분극에 의한 내부전계가 중첩되지 않기 때문에 발광하지 않는다. 따라서 데이터를 써넣을 때와 Reflash Pulse印加時에 두번 발광한다. 또한 A.C형 디스플레이임에도 불구하고 데이터입력이 단극이며 역극성의 Reflash Pulse는 한꺼번에 인가할 수 있으므로 구동회로가 단순화된다.

P-N대칭구동방식은 Field reflash구동방식의 Reflash Pulse와 데이터 입력 펄스의 정·부의 진폭이 비대칭으로 되는 결점을 해소하기 위해서 펄드마다 입력펄스의 극성반전시키는 방식이 P-N대칭구동방식이다. 발광은 한 펄드당 1회의 발광이지만 대칭구동으로 Field reflash구동방식보다 높은 전압을 인가할 수 있으므로(발광휘도의 포화영역에서 사용가능) 발광휘도 분포가 균일하게 되고 또한 경시변화도 적다.

P-P대칭구동방식 이는 종래의 Field reflash구동방식 및 P-N대칭구동방식과 상위한 점은 이들이 NMOS, PMOS를 사용하고 있는데 반하여 P-P대칭구동방식은 Bipolar소자의 고전압 IC를 사용하고 있는 점이다. 또한 IC출력단의 다이오드는 寄生 또는 단지 역내압보호용인데 반해서 EL디스플레이에 축적된 전하를 외부 커패시터로 되돌려 보내고 소비전력을 줄이기 위해서 회복소자(Recovery Element)로서 활용하고 구동 IC에 쌍방향성을 갖게하도록 노력하고 있다.

## 5. EL의 응용분야와 전망

EL은 自己發光素子이며 高解像度化, 大面積化등이 가능하고 예로 ZnS : Mn(황등색)발광소자는 휘도와 발광효율이 모두가 우수하여 精細化되어 있어 Personal Computer 등으로 사용

되고 있다. 현재 이의 크기는 약 9인치 크기로 640×400 dot의 것도 나왔으며 더 넓은 것도 개발되고 있다. EL이 실용화가 가능한 배경에는 박막기술의 급진적인 발전과 고내압구동 IC의 개발에 힘을 입었다고 본다. 핀홀이 적고 세밀하고 절연성과 결정성이 우수한 박막이 비교적 면적이 넓은 것으로 용이하게 얻을 수 있게 되고 또한 절연내압이 높은 복합유전막의 개발이 EL의 특성을 개선하고 신뢰성향상에 크게 공헌하였다.

이 EL디스플레이의 수요가 앞으로 기대되는 곳은

- (1) 퍼스널 컴퓨터, 워드프로세서 등의 단말 디스플레이.
- (2) 벽걸이 텔레비전등의 화상 디스플레이.
- (3) 자동차, 항공기등의 디스플레이.

현재 EL디스플레이가 量産되고 있는 기업은 일본의 샤프, 핀랜드의 Rohia사, 미국의 Planner사 등 수개사에 불과하다.

EL디스플레이가 아직까지는 고가이므로 용도가 한정되어 있지만 앞에 예거한 3개분야와 EWS.CIM(컴퓨터 통합생산), FA등, 디스플레이등의 용도를 확대하려고 노력하고 있다.

또한 기술적인 과제로서는

- (1) Full Color화(多色化)
- (2) 低電壓化
- (3) 大畫面化
- (4) 大容量化

이들이 달성된다면 앞에서 말한 여러 분야의 수요도 확대될 가능성이 높다. 또한 예로서 유럽에서는 RACE(歐洲高度通信技術開發計劃)의 일환으로 전유럽에서 사용할 TV전화시스템에 EL디스플레이를 사용하기로 결정하고 Full color EL디스플레이의 개발을 Finlux Electronics(Rohia사)가 담당하기로 하였다.<sup>8)</sup>

이와 같이 EL디스플레이를 둘러싼 여러가지 환경이 유동적이지만 반면에 일시에 일어설 수 있는 가능성도 내다 보인다. 예측하기는 어려운 일이지만 잠재수요는 대단히 크다고 본다. 다만 전제조건으로서서는 高性能화와 低價格化를 동시에 달성하여야하며 생산방법, 형광체 재료를 위시해서 구동회로를 포함하여 광범위한 기술적인 총력집중이 소망스럽다.

### 참고문헌

- 1)塚田 外, 電子技術 Vol. 24 No.10, p.42, 1982.
- 2)金谷 外, 電子技術 Vol. 27 No.5, p.81, 1982.
- 3)岩下 外, 電子技術 8月 臨時増刊號, p.154, 1987.
- 4)大脇 外, テレビジョン學會誌 42, p.1097, 1988.
- 5)松下 修, 照明學會誌 Vol. 72 No.11, p.729, 1989.
- 6)S. Tanaka et al., SID 86 Digest, p.29, 1986.
- 7)中上 明光 外, 金屬 p.29~34, 1989年 9月號, 1989.
- 8)Abe, Electronic Packaging Technology Vol. 4 No.6, p.83, 1988.  
이 분야의 단행본으로서 다음과 같은 것이 있다.
- 1)D.Bosman, DISPLAY ENGINEERING ,NORTH-HOLLAND 1988.
- 2)原島 治 外, エレクトロルミネセンス-その應用,日刊工業新聞社 1962.
- 3)E.W. Williams et al., Luminescent and the Light Emitting Diode, Pegamon Press. 1978.