

# LED용 형광체 기술현황 및 전망

박주석<한국에너지기술연구원 책임연구원> · 유순재<이즈웰, 대표이사>  
문형대<브레인유니온시스템, 대표이사>

## 1. 서론

130년 전 미국의 Thomas Edison에 의하여 발명된 백열등(incandescent bulb) 과 70년 전 개발된 형광등(fluorescent lamp)은 현재까지 오랜 시간동안 조명장치의 핵심소자로서의 자리를 굳게 지키고 있다. 그러나 20세기 후반에 불어닥친 세계 에너지 파동 이후, 에너지절약에 대한 경각심이 고조되면서 전기, 가스와 같은 고급 에너지에 대한 수요가 폭발적

으로 증가하게 되었고 신 조명기술에 대한 관심이 증폭되기 시작하면서 차세대 조명장치로서 발광다이오드(Light Emitting Diode)의 적용이 수년 내에 가시화될 것으로 전망하고 있다.

현재 LED를 사용하여 백색 조명을 얻는 방법으로는 각각의 RGB LED를 조합하거나, 청색계의 단일 칩상에 황색 형광체를 적용하는 방법, 그리고 자외선 발광 다이오드에 RGB 형광체를 적용하는 방법이 있다.

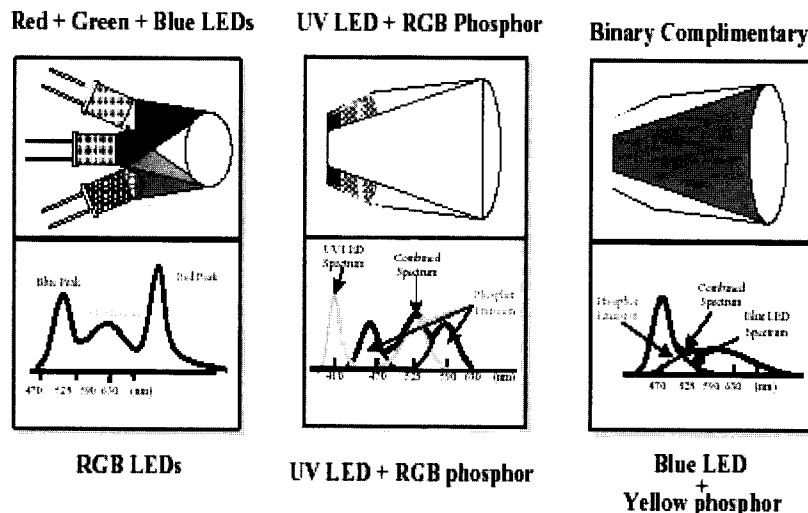


그림 1. White LED를 얻는 방법

LED는 현재 효율이 20~30 lumen/Watt 정도로서 back-lighting (휴대전화, PDA, notebook PC,

LCD monitor screen, dashboard), 교통신호등, 자동차용 내·외장 부품(breaking light, vehicle reading lamp 등), 및 옥외 광고판 등에 사용하고 있다. LED는 효율 면에서 백열등의 수배, 형광등과는 비슷한 수준이며, 또한 수명의 경우 LED가 형광등의 10배, 백열등의 20배 이상으로서 개발초기단계인 현재 기준으로 전력 절감효과가 80% 이상이 되기 때문에 LED의 활용은 전력소비량의 절감과 수명뿐만 아니라 기존 상품의 시각적인 디자인 효과까지 포함된 시너지 효과도 기대할 수 있다. 예를 들어 자동차 제동등의 경우, LED는 점등시간이 2 msec인 반면 기존의 lamp를 이용한 경우는 200 msec로 2가지 제동등의 점등 개시시간 차이 198 msec(약 0.2 sec)는 시속 100(km/hr)로 운행 기준 6m의 제동거리를 더 확보할 수가 있다. 또한 traffic signal의 경우, 기존 교통신호등에 비해 훨씬 적은 전력을 필요로 하기 때문에 battery back-up system 적용이 가능하여 전력공급이 차단되는 비상상황 발생시에도 작동이 가능하며 나아가 일사량 등이 충분한 지역에서는 solar power system을 이용한 교통신호체계 운영도 가능하다.

그러나 LED가 여러 가지 조명분야에 적용되고 flashlight와 같은 새로운 분야에 활용분야를 넓혀가기 위해서는 몇몇의 기술적인 문제점들이 개선되어야 한다. 그중 가장 중요한 것은 LED efficiency향상과 생산단가 절감이다. 현재까지 개발된 white LED는 효율이 20~25 lumen/Watt 인데 비해 가격이 US \$900 이상으로 100W 백열전구(17lm/W, US \$1.0 이하)에 비해 고가인 단점이 있다. 이러한 문제의 개선을 위해서는 효율 향상을 통한 생산가 절감이 필수적으로 시장선점을 위한 기술개발경쟁이 치열하다. 특히 white LED에 있어서 니치아가 보유하고 있는 청색칩을 이용한 백색조명기술을 벗어나기 위한

노력으로서 자외선 발광 다이오드용 형광체 개발에 막대한 투자를 하고 있다. 그러나 아직까지는 니치아 기술을 타파할 수 있는 고효율의 칩과 형광체가 개발되지 않고 있어 당분간은 니치아의 기술독주를 막지는 못할 것으로 전망되고 있다. 따라서 본고에서는 핵심기술 가운데 하나인 형광체에 대한 특성과 기술동향을 살펴보고 앞으로의 기술전망을 하고자 한다.

## 2. 형광체 종류 및 주요특성

형광체(phosphor)란 외부에너지를 흡수하여 가시광선(visble light) 영역의 빛을 방출하는 물질로서 형광체가 가시광을 방출하는 현상을 발광(luminescence)이라 말한다. 발광현상은 금속의 전도대에 있는 전자가 낮은 에너지 준위로 떨어질 때 전자-정공 재결합으로 내놓는 광발산 현상으로서 전자를 높은 에너지 상태로 여기하기 위하여 사용한 에너지원에 따라 다음과 같이 구분한다.

- (1) Photoluminescence : 빛에 의해 발광하는 현상을 말하며 보통 인광을 포함
- (2) Electroluminescence : 형광체에 높은 전계(electric field)를 가하였을 때 발광하는 현상으로서 디스플레이 장치에 일부 적용
- (3) Cathodoluminescence : 음극선(cathod ray)의 방전에 의해 생성된 전자가 형광체를 여기시켜 빛을 내는 현상으로서 현재 가장 많이 사용하고 있는 CRT(cathod ray tube) 모니터가 여기에 속함.
- (4) Chemiluminescence : 화학적인 산화반응에 에너지에 의해 일어나는 발광현상
- (5) Thermoluminescence : 각종 열에너지에 의해 빛을 내는 현상

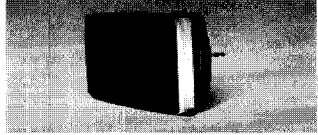



표 1. 형광체의 여기 energy와 응용기기

| 발광 Energy            | 여기 Energy  | 응용 기기  |
|----------------------|--|--|
| Cathodo-luminescence | cathod ray<br>5-35kV<br>20V-1kV                  | Color CRT/Mono CRT/전기 계측용/정보 표시용<br>FED/VFD  |
| Photo-luminescence   | X 선<br>자외선<br>147nm<br>254nm<br>250-420nm<br>가시광 | 중감지 CT용<br><br>PDP<br>형광lamp/일반조명/LCD back-light/산업용(복사기...)<br>수은lamp<br>아광도료, 형광안료 |
| Electro-luminescence | Electric Field                                   | EL display   |

기타 발광 energy source에 따라서, radio-luminescence(방사선), sono-luminescence(소리) tribo-luminescence(마찰), chemo-luminescence(화학반응), bio-luminescence(생체반응) 등이 있다. 형광체의 발광에 의해 나타나는 발광 스펙트럼은 복사열방사에 의해 발생하는 넓은 영역의 스펙트럼(wide band spectrum)과는 달리 매우 좁은 폭으로 나타나거나 경우에 따라서는 띠, 선과 같은 특정 스펙트럼(characteristic spectrum)으로 나타나게 된다. 따라서 이러한 형광체의 특성을 이용한 각종 디스플레이장치나 조명기술 등이 개발되어 널리 사용되고 있으며 특히 군사 및 우주·항공분야에 이르기까지 광범위하게 보급이 되고 있다. 이러한 발전추세에 따라 디스플레이장치는 선명한 화질, 밝은 색상, 색재현성 및 넓은 시야각 등과 같은 특성이 요구되고 있으며 전력소비가 작으면서 가볍고 화면이 크고 평평한 것이 사용자 편의성 측면에서 요구되고 있다. 그 중에서도 최근 반도체기술의 급진적인 발전과 더불어 새로운 광원으로써 부각되고 있는 LED는 디스플레이용뿐만 아니라 차량용 광원에서 그 적용분야를 확대하여 조명용 광원에 이르기까지 광범위하게 적용되고 있다. 특히 청색 LED의 상용화로 LED의 풀 칼라가 구현되면서 빛의 삼원색인 적색, 녹색, 청색뿐만 아니라 적외선, 자외선 영역의 빛을 갖는 하나의 칩에 RGB 형광체를 도포하여 백색의 빛을 구현할 수 있게 하므로써 새로

운 조명기술의 한 장을 열었다. 그 일예가 1995년도 일본 니치아(NICHIA)사에서 고휘도의 청색(450-460nm)LED를 개발하여 주황색(560nm) YAG(Yttrium Aluminum Garnet) 형광물질에 통과시키므로써 백색광을 구현할 수가 있게 된 것이다 [그림 1 참조]. 본 기술은 청색과 주황색과의 파장 간격이 넓어서 색분리로 인한 섬광효과(Halo effect)가 있을 수 있지만, 단일칩으로 간단하게 백색을 구현할 수가 있으며 구동이 매우 간편하여 현재 휴대폰의 백라이트나 옥외광고등에 널리 사용하고 있다. 그러나 현재 정보표시용으로 사용하고 있거나 상용화 단계에 있는 PDP(Plasma Display Panel), ELD(Emissive Electroluminescence Display), CRT(Cathod Ray Tube), FED(Field Emission Display)등은 위에서 설명한 형광체들의 photoluminescence, electroluminescence, cathodoluminescence 현상을 이용한 것으로, 이들 형광체는 전기적, 광학적인 특성이 동일할 것 같으나 발광 mechanism 자체가 각각 다르기 때문에 적용분야에 따라 형광체의 특성이 매우 다르게 나타나게 된다. 상기한 정보표시 장치들 외에도 조명장치나 의료검사 장비 및 도료 등 광범위한 분야에 걸쳐 phosphor의 용도가 확대되고 있으며 기타 특수용도로서도 많은 형광체가 개발되고 있다. <표 2>에 각종 형광체의 종류와 용도를 나타내었다. [일본 NICHIA사 자료인용]

표 2. Commercial phosphors and applications(Nichia Co.)

|                |       |                             |  |
|----------------|-------|-----------------------------|--|
| CRT Phosphor   | Blue  | $ZnS:Ag,Al$                 |  |
|                | Green | $ZnS:Cu,Al$                 |  |
|                | Red   | $Y_2O_3:Eu$                 |  |
| Lamp Phosphor  | Blue  | $(SrCaBaMg)_2(PO_4)_3Cl:Eu$ |  |
|                | Green | $LaPO_4:Ce,Tb$              |  |
|                | Red   | $Y_2O_3:Eu$                 |  |
|                | White | $Ca_{10}(PO_4)_6FCl:Sb,Mn$  |  |
| PDP Phosphor   | Blue  | $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$      |  |
|                | Green | $Zn_2SiO_4:Mn$              |  |
|                | Red   | $(Y,Gd)BO_3:Eu$             |  |
| X-Ray Phosphor | Blue  | $CaWO_4$                    |  |
|                | Green | $Gd_2O_3:S,Tb$              |  |
|                | UV    | $(Y,Sr)TaO_4:Nb$            |  |

## 2.1 형광체의 색도

현재 상용화되어 있는 발광형 표시장치의 대부분이 3개의 기본색을 사용하여 자연색을 재현하고 있다. 따라서 3개의 기본색을 발광하는 적색, 청색, 녹색 형광체의 색 좌표는 색 도표 상에서 기준 백색에 해당하는 중심으로부터 멀리 있어 색 재현 영역을 넓게 할 수 있어야 하며 발광spectrum의 폭이 넓지 않아야 한다. 자연색을 효율적으로 재현하기 위해서는 기본색의 상대적 효율도 무시되어서는 안 된다. 예를 들면, CRT에 사용되는 황화물계 형광체(P-22)의 기본색은 적색, 녹색, 청색을 22%, 68%, 10%로 혼합했을 때 백색광을 얻을 수 있다. 색의 혼합비율은 형광체의 효율과 눈의 시각감지곡선과 관련되어 있으며 화소의 설계를 위한 기본적인 자료가 된다. ELD의 상용화에 가장 문제가 되었던 청색의 낮은 효율을 보충하기 위해 화소 중 청색 영역을 최대화시킨 것들이 한 예라 할 수 있다.

발광색의 측정은 측광과 측색으로 이루어지는데, 측광이란 측정대상으로부터 광원 색을 측정하는 것이고, 측색이란 측정대상의 물체색을 측정하는 것이다. 색이란 빛의 spectrum과 인간의 눈에 의해 지각되어 나타나는 특성이기 때문에 개인에 따라 다르게 나타날 수 있다. 이와 같은 임의성으로 인해 색을 평가하기 위한 표준model이 개발되었으며, CIE(Commission International on Illumination) 색 좌표계와 이를 보정한 CIEUCS(Commission International on Illumination Uniform Color Scale) 색 좌표계가 널리 사용되고 있다. 이들 표준 model에 근거하여 쉽게 이용될 수 있는 공학용 측색기는 여러 종류가 상용화되어 시판되고 있다. 형광체가 방출하는 광에너지는 보통 파장으로 나타내며, 옹스트롬(Å) 혹은 나노 메타(nm)를 사용한다. 예를 들어 청색은 2.74[eV]의 에너지를 가지며 450[nm] 부분에서 방출되는 스펙트럼으로서 전자기파에는 여러 파장의 빛이 존재하지만 우리 눈에 보이는 가시광선은



특집 : LED 광원기술

연의 색을 될 수 있으면 그대로 재현될 수 있는 백색광을 내놓아야 한다. 형광등은 수은증기(0.002~0.006mmHg)와 Ar 기체(3~4mmHg)로 채워져 있으며 유리관 안쪽 벽에 형광체가 얇게 발라져 있다. 형광등의 원리는 형광등에 전류를 흘리면 증기화된

수은원자가 전자와 충돌하여 들뜨게 되고 이것이 바닥상태로 떨어지면서 254(nm)와 185(nm)의 자외선을 내놓게 되는데, 이 자외선이 형광등 내벽에 발라져 있는 형광체를 여기시키면서 가시광선으로 전환되어 빛을 내놓는 형태로 되어 있다.

표 3. Commercial phosphors for lamp

| Phosphor   | Colour |
|--|--------|
| Ca <sub>5</sub> (F, Cl)(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> :Sb, Mn | White  |
| Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn                           | Green  |
| CaSiO <sub>3</sub> :Pb, Mn                                     | Pink   |
| MgWO <sub>4</sub>  | Blue   |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu                              | Red    |
| (Ce, Tb)MgAl <sub>11</sub> O <sub>9</sub> :Ce, Tb              | Green  |
| BaMg <sub>2</sub> Al <sub>16</sub> O <sub>27</sub> :Eu         | Blue   |

현재 일반 조명용 형광등에 많이 사용되는 형광체로는 백색광을 내는 Ca<sub>5</sub>(F, Cl)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>:Sb, Mn이다. 여기서 불순물로 혼합한 Sb<sup>3+</sup> 이온은 활성제 및 증감제로 작용한다. Sb<sup>3+</sup>가 자외선을 흡수하여 일부는 파란색 빛을 내놓고, 일부는 함께 혼합된 Mn<sup>2+</sup>로 전달되어 노란색 빛을 내놓게 되는데, 이 두 빛이 혼합되어 백색광이 되어 조명을 하게 된다. 조명등에 사용되는 형광체는 다음과 같은 면을 고려해야 한다. 첫째로는 에너지 변환율에 관계하는 발광 효율과 자연색을 표시하기 위한 연색지수(Color Rendering Index : CRI)가 그것이다. 여기서 연색지수는 일련의 연속된 색깔들에 등을 비추고, 그 등과 색온도(color temperature)가 같은 흑체 복사를 비추었을 때의 색상과 비교하여 그 차이를 나타낸 값을 가르킨다. 흑체 복사를 비추었을 때와 등을 비추었을 때의 색깔이 완전히 일치 할 때를 연색지수 100이라고 말한다. 발광효율이 높으면서 연수지수 값도 높도록 하기 위하여 빨강, 초록, 파랑 빛을 내는 세가지 형광체를 섞어서 사용하기도 한다. 이것이 삼원색등의 원리로서 삼원색등의 빨강색은 거의 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu를 사용하고 있으며, 초록색에는 Tb<sup>3+</sup> 이온이 활성제로 들어간

(Ce, Tb) MgAl<sub>11</sub>O<sub>9</sub>:Ce, Tb 형광체등이 사용되고 있다. 파란색을 발광하는 형광체로는 Eu<sup>2+</sup>가 혼합된 BaMg<sub>2</sub>Al<sub>16</sub>O<sub>27</sub>가 많이 사용되고 있는데, Eu<sup>2+</sup> 이온은 4f5d 띠로부터 발광하므로 좁은 발광띠를 나타내지만 발광띠의 위치가 모결정에 따라 변한다. 현재 이들 삼원색의 형광체를 혼합하여 연색지수 90 이상의 삼색등이 제조되고 있다

2.2.2. CRT용 형광체

전체 디스플레이 산업의 80% 이상을 차지하고 있는 CRT는 주로 TV용과 데스크형 컴퓨터의 모니터가 대부분으로서, 일반 가정용 TV 뿐만 아니라 고해상도 HDTV, 프로젝션 TV, 고분해 CRT, visual display terminals(VDUS)도 포함시킬 수 있는데 각각은 독특한 형광체 특성을 요구하고 있어 전체 CRT산업은 형광체의 질과 생산성에 그 기틀을 두고 있다. <표 4>는 가정용 TV에 사용되는 형광체를 나타낸 것이다. 표에서 보듯이 가정용 TV브라운관에는 세가지의 중요한 형광체를 사용하는데, 빨강(R)에는 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Eu, 초록(G)에는 (Zn, Cd)S:Cu 혹은

ZnS:Cu:Au:Al가 사용되며, 파랑(B)에는 ZnS:Ag:Al 형광체를 많이 사용하고 있다. CRT에서는 형광체에 초점을 맞추어 주사되는 전자선에 의해 여기되어 발광되기 때문(cathodluminescence)에 극히 짧은 시간동안 주사되는 높은 에너지의 전자 밀도에 견딜 수 있어야 한다. 또 고화질 TV(HDTV) 및 projection TV는 높은 휘도를 얻기 위하여 보통의 TV에서 주사시키는 전자선의 에너지 밀도보다 훨씬

더 높은 전자선을 주사시키게 된다.

이때에는 형광체의 온도가 100℃까지도 올라가게 되어 휘도포화(bright saturation)현상과 열소광(thermal quenching)효과가 커지게 된다. 따라서 일반 TV용 형광체를 사용할 수가 없기 때문에 열에 보다 안정하고 음극선의 전류에 따라 휘도가 증가하는 새로운 형광체가 요구된다.

표 4. Various combination of color phosphors used in CRT for TV sets

| Combination            | Red   | Green                                | Blue      |
|------------------------|---|--------------------------------------|-----------|
| Oxide                  | Zn <sub>3</sub> (PO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> :Mn | Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn | ZnS:Ag:Cl |
| All sulfide            | (Zn,Cd)S:Ag:Cl                                      | (Zn,Cd)S:Ag:Cl                       | ZnS:Ag:Cl |
| RE1 Phosphor           | YVO <sub>4</sub> :Eu                                | (Zn,Cd)S:Cu:Al                       | ZnS:Ag:Cl |
| RE2 Phosphor           | Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu                  | (Zn,Cd)S:Cu:Al                       | ZnS:Ag:Cl |
| No Cd Phosphor Present | Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu                  | ZnS:Cu:Al                            | ZnS:Ag:Cl |
|                        | Y <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu                  | (Zn,Cd)S:Cu and ZnS:Cu:Au:Al         | ZnS:Ag:Cl |

### 2.2.3 VFD(Vacuum Fluorescence Display)용 형광체

VFD는 형광체를 여기시키기 위한 에너지로서 hot wire로부터 발생하는 전자를 이용하기 때문에 저전압 음극선관의 분류에 속한다. 실제로 가동될 때의 전자선의 에너지는 50eV 이하로서 이 시스템에서 현재 사용하고 있는 형광체는 WO<sub>3</sub> 혹은 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>로 표면 개질한 ZnO가 사용되고 있는데 방출되는 빛은 green-blue에 해당한다. 이러한 표면처리는 다른 형광체에 적용되는 방법과는 다르지만 일반적인 sulfide계 형광체의 표면 개질로서는 ZnO에서 얻어지는 효율보다 한 차수 낮은 효율을 나타낸다. 따라서

VF 방식으로 향상된 다양한 색깔의 디스플레이를 만들기 위해서는 새로운 종류의 형광체가 요구된다.

### 2.2.4 PDP(plasma Display Panels)용 형광체

PDP는 원리적으로 진공관 방식을 이용하므로 소형의 평판 디스플레이로는 부적합하지만 대형의 full color 방식에 적합하여 현재 많은 각광을 받고 있다. PDP에 사용되고 있는 형광체를 요약하면 아래 <표 5>와 같다. PDP용 형광체는 특별한 종류의 것이 아닌 기존의 CRT용 형광체가 그대로 사용할 수가 있지만, 해상도를 높이기 위해 형광체 입자를 더욱 미세하게 제조하는 새로운 방법들이 요구된다.

표 5. The Phosphor for Plasma display panel

| Phosphor                                  | Color |
|---|-------|
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu         | red   |
| (Ce, Tb)MgAl <sub>11</sub> O <sub>9</sub> | green |
| BaMgAl <sub>16</sub> O <sub>27</sub> :Eu  | blue  |

### 2.2.5 FED(Field Emission Display)용 형광체

앞에서 설명한 VFD와 같은 저전압 음극선관에서 나오는 전자를 이용한 새로운 평판 디스플레이 기술로서 현재 가장 많은 연구가 진행되고 있는 분야이다. FED는 고진공에서 동작하므로 고진공 속의 전자선으로부터 화학적으로 안정한 형광체가 요구된다. CRT용 형광체는 높은 전압(10keV이상)과 상대적으로 낮은 전류밀도( $\text{수}\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )에서 특성을 발휘될

수 있도록 최적화 되어 있지만 FED형광체는 10~1500(eV)의 낮은 가동전압과 높은 전류밀도를 필요로 한다. 따라서 형광체 표면에 걸리는 공간전하를 피하기 위하여 표면에 전도성 알루미늄 막을 입힐 수가 없기 때문에 공간전하에 의한 휘도 저하를 막기 위해서는 형광체 자체가 전도성을 가지는 것이 요구된다. 특히 FED는 고진공에서 동작하기 때문에 고진공의 전자선으로부터 화학적으로 안정한 형광체가 요구된다. <표 6>에 현재 개발중에 있는 형광체를 나타내었다.

표 6. Phosphors for field emission displays

| Phosphor                             | Color      |
|--------------------------------------|------------|
| ZnO:Zn                               | blue-green |
| (Zn,Mg)O:Zn                          | blue       |
| ZnGa <sub>2</sub> O <sub>4</sub> :Mn | green      |
| CaTiO <sub>3</sub> :Pr               | red        |
| SnO <sub>2</sub> :Eu                 | orange-Red |
| ZnO:Zn(thin film)                    | blue-Green |

## 3. 국내외 기술개발 동향

### 3.1 국외의 경우

디스플레이 및 조명용 형광체는 주로 일본의 Kasei, Optonix, Nichia, 동경화학, Nemoto 등의 회사에서 개발하고 있으며 또한 전 세계적으로 이들 회사 제품들이 사용되어지고 있다.

일본 업체들은 평판디스플레이와 같은 차세대 디스플레이나 LED용 형광체분야에서 큰 강점을 가지고 있으며, 특히 1995년도 청색 LED에 노란색 발광의 야그계 형광체를 결합시켜 백색 LED를 개발한 것이 일본의 니치아이기 때문에, 이 분야의 형광체에 대해서도 가장 앞서고 있다. 한편 UV LED와 형광체를 결합한 청색, 녹색, 적색 및 백색 LED 개발에는 GE, 필립스, 애질런트, 니치아, 도시바 등의 대기업에서 많은 투자를 하여 연구 개발 중에 있는데 기술공개를 서로 기피하고 있으며, 아직까지는 조명용으로 사용하기에는 부족하여 상품화 단계는 아닌 것으로 파악되

고 있다. 그러나 노트북 컴퓨터의 백라이트용이나 광고판등에 적용하고 있으며 시장선점을 위한 기술개발에 집중하고 있다. 특히 고휘도의 자외선용 형광물질은 380[nm]~420[nm] 사이의 여기 파장에서 좋은 발광 특성을 가져야 하기 때문에 기존의 디스플레이 및 조명용 형광물질들의 적용이 불가능하기 때문에 이들 기업에서는 장파장에서 효율적인 새로운 형광물질 개발에 많은 노력을 기울이고 있으며, 최종적으로는 에너지 소비가 적은 조명 시스템과 디스플레이 시장을 겨냥한 국가 지원체제하의 기술개발을 추진하고 있다.

### 3.2 국내의 경우

현재 국내의 형광체 기술개발 수준은 CRT용, PDP용, FED 형광체 개발에 집중되어 있어, LED와 같은 새로운 광원기술 개발에 대해서는 몇몇 연구소나 대학교에서 학위논문만을 비롯한 기초연구가 있는 정도의 수준으로서 전량 수입에 의존하고 있는 미개척 분야이다. 특히 형광체는 주로 디스플레이나 조명



기술 관련회사인 삼성 SDI, LG화학, Itswell 등에서 일부 형광체를 비롯하여 다이오드용 형광체 일부 제품을 생산하여 자체 공급하고 있지만 그의 대부분을 일본이나 미국에서 수입하고 있는 실정이다. 그러나 신광원으로서의 LED는 에너지절약효과가 기존의 다른 기술에 수십배 이상 크기 때문에 고휘도의 백색 LED에 적용하기 위한 블루칩용 형광체와 자외선계 RGB 형광체를 비롯하여 나노 형광체에 대한 연구가 진행되고 있으며 특히 형광체와 결합된 백색 LED를 조명용으로 사용하기 위한 연구가 한국에너지기술연구원과 이츠웰, 나이텍스를 중심으로 추진되고 있다. 백색광 LED램프를 조명용으로 사용하기 위해서는 높은 효율과 특히 CCT(Correlated Color Temperature)와 CRI(Color Rendering Index)의 특성을 향상시키는 것이 관건으로서 조기 목표달성에 전력질주하고 있다.

#### 4. 형광체 시장 규모 및 미래 전망

전 세계에서 소비되는 형광체의 대부분은 일본, 미국, 유럽에서 생산하고 있는데, 디스플레이장치에 사

용하는 형광체는 모두 일본에서 공급하고 있어 일본이 기술적 우위를 가지고 세계시장을 선도하고 있다. 그러나 2003년도 현재 형광체 생산 및 수요에 관해서는 미국, 일본에서 조차 정확한 통계자료가 집계되지 않고 있어 시장규모를 파악하기가 어려운 실정이다. 다만 일본 통산성에서 1996년도 전세계의 희토류 소비량과 LED 및 디스플레이 소비량에 관한 통계자료로부터 추측하여 분석한 결과, 형광등용으로 약 8,000~10,000톤이 소비되었고, CRT용으로 약 3,500~4,500톤, X-ray용으로 150~200톤 정도 소비된 것으로 파악되므로써, 연간 총 소비량은 20,000톤 내외인 것으로 추측하고 있다.

〈표 7〉에 일본 통산성에서 발표한 2005년도 디스플레이, 조명용 LED 시장에 대한 전망을 나타내었다. 〈표 7〉에 나타낸 조명용 LED나 디스플레이 장치의 소비규모로부터 형광체 시장규모를 예측할 경우, 약 20~30억불 정도로 추산하고 있지만, 새로운 첨단 조명기술개발에 많은 투자가 이루어지고 있어 앞으로 지속적인 고도성장이 예상된다.

표 7. 조명용 LED, 디스플레이 시장 전망

(단위 : 억불)

|                      | 2000 | 2005 |
|----------------------|------|------|
| ELD, OLED, VFD 디스플레이 | 14   | 19   |
| 조명용 LED              | 120  | 240  |
| 태양전지                 | 5    | 15   |
| Total                | 139  | 274  |

(주) 참고자료; Ministry of International Trade and Industry 1999

#### 5. 향후 전망

형광체는 가정용 TV나 컴퓨터 모니터를 비롯하여 PDP, FED, ELD 등, 현재 효율적인 정보전달의 수단으로 가장 많이 사용하고 있는 디스플레이장치를

비롯하여 차세대 조명기구로 부각되고 있는 고휘도 백색광 램프의 핵심기술로서 자연색에 가까운  $Ra \approx 100$ 인 고효율 형광체가 개발될 전망이다. 특히 최근 들어 큰 부피나 무게로 인하여 휴대성에 제약이 따르는 CRT의 단점을 보완한 평판형 디스플레이의 요구

가 급격히 증대되고 있어 형광체 재료기술개발과 특성평가 기술확보를 위한 경쟁이 더욱 치열해지고 있다. 더욱이 미국은 2000년도부터 미래 조명기술혁신을 위해 DOE와 OIDA(Optoelectronics Industry Development Association)를 중심으로 하는 국가 지원체제를 구축하여 조명용 LED 램프기술개발을 적극 추진하므로서 고효율, 고성능 형광체 제조기술이 핵심기술로 부각되기 시작하고 있으며, 세계기술을 주도하고 있는 일본은 1998년도부터 통산성 주관하에 백색 LED를 미래 조명기술로 사용하기 위한 "The Light for the 21st Century"라고 하는 국가단위의 대규모 프로젝트를 추진 중에 있어 형광체 산업은 급성장할 것으로 예상되므로서 장차 선진국간의 기술경쟁이 격렬해질 것으로 생각된다. 따라서 국내에서도 동 분야에 대한 기술확보를 위한 국가차원의 중장기적인 기술개발이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Year Handbook 1999, Ministry of International Trade & Industry, 日本通産省刊.
- [2] "The Promise of Solid State Lighting For General Illumination, 2002 Update", Light Emitting Diodes(LEDs) and Organic Light Emitting Diodes(OLEDs), sponsored by DOE(BTS) and OIDA, 2002.
- [3] "Development of Compound Semiconductors for High-Efficiency Optoelectronic Conversion, 'Light for the 21st Century' Project Pamphlet", New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), Year 2000 Report.
- [4] U. S. Patent 5,959,316, Sep.28, 1999; U. S. Patent 6,069,440, May 30, 2000.
- [5] 日本 特公昭49-1221, 特開平05-152609 (H5.6.18), 特開平10-36835(H10.2.8), 特開平

- 10-112557(H10.4.28) 外.  
 [6] 일본 니치아 화학 제품 Catalog 2002.  
 [7] "형광체 기술동향 및 전망", ETIS October, 한국 에너지기술연구원, 2002.

### ◇ 저 자 소 개 ◇



**박 주 석(朴周錫)**

1973년 고려대학교 재료공학과(학사).  
 1975년 고려대학교 재료공학과(석사).  
 1986년 고려대학교 재료공학과(박사).  
 1987년 Univ. of Michigan, 재료공학과 Post-Doc. 2003년 현재 한국에너지기술연구원, 책임연구원.



**유 순 재(兪淳載)**

1959년 12월 14일. 1985년 동국대학교 물리학과 졸업. 1990년 Osaka Univ. 전자에너지 공학과 졸업, 공학박사. 1990 ~ 현재 선문대학교 전자공학과 부교수. 2000 ~ 현재 주식회사 이츠웰 대표이사.



**문 형 대(文炯大)**

1969년 3월 31일. 1992년 서울대학교 공업화학과 졸업. 1994년 서울대학교 공업화학과 대학원 석사학위 취득. 1999년 서울대학교 공업화학과 대학원 박사학위 취득. 2000년 ~ 현재 주식회사 브레인유니온 시스템 대표이사.