

論文2000-37SD-6-3

## 정공블록킹층을 설치한 유기 EL의 적색발광특성

## (Red Emission Properties of Organic EL Having Hole Blocking Layer)

金亨權\*, 李殷學\*\*

(Hyeong-Gweon Kim and Eun-Hak Lee)

## 요약

본 연구에서는 Sq색소를 이용하여 적색발광의 디바이스를 제작하고, 발광효율을 증가시키기 위해 OXD7과 Alq<sub>3</sub>층을 발광층과 음극사이에 삽입하여 그 효과를 관측하고, 기구특성을 검토하였다. 정공운송층으로서 TPD, 발광층 호스트재료로서 Alq<sub>3</sub>, 게스트 재료로서 Sq를 사용하였다. 그 결과 Alq<sub>3</sub>층의 삽입은 효율을 증가시킬 수 있었지만, 삽입된 Alq<sub>3</sub>층에서의 발광 때문에 색순도 높은 적색발광을 얻지 못했다. OXD7층의 삽입은 정공을 블로킹하고 정공을 누적시킨다. 이는 전자와 정공의 재결합확률을 증가시키기 때문에 색순도 높은 적색발광을 유지하면서 휘도 특성과 발광효율이 향상되었다.

## Abstract

In this study, we prepared red organic light-emitting-diode(OLED) with a fluorescent dye(Sq)-doped and inserted between emission and cathode layer 1,3-bis(5-p-t-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl)benzene (OXD7) or/and tris(8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq<sub>3</sub>) layers for increasing electroluminescent(EL) efficiency. This inserting effect has been observed and EL mechanism characteristics have been examined. The hole transfer layer is a N,N'-diphenyl-N,N'-bis-(3-methyl phenyl)-1,1'-diphenyl-4,4'-diamine (TPD), and the host and guest materials of emission layer is Alq<sub>3</sub> and bis[1-methyl-3,3'-dimethyl-2-indorindylmethyl] squaraine (Sq), respectively. For the inserting of Alq<sub>3</sub>, emission efficiency increased. But we can not obtained highly pure red emission owing to the emission of inserting Alq<sub>3</sub> layer. The inserting of OXD7 makes hole block and accumulate. Because of increasing recombination probability of electron and hole, highly pure red color can be held. Simultaneously brightness characteristics and emission efficiency could improve.

## 1. 서론

유기발광현상은 1963년부터 알려져 왔지만<sup>[1]</sup>, 1987년

Tang등<sup>[2]</sup>이 유기 초박막을 2층으로 하여 직류 10V이하의 전압 이하에서 1000 cd/m<sup>2</sup>이상의 고휘도를 갖는 발광소자를 발표한 이후 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 기본적인 2층형 구조에 정공주입층, 전자주입층등을 삽입한다던가, 발광층에 색소를 도포하여 다양한 색을 발광시키거나, 휘도와 효율을 향상시키는 연구를 행하고 있다. 또한 필요한 발광특성을 가지면서 효율이 좋은 재료를 개발하는 연구도 계속 진행되고 있다.

유기발광소자는 무기 반도체 발광다이오드(LED :

\* 正會員, (주) BES, 평판디스플레이 연구팀  
(Flat Panel Display Team, BES Co., Ltd)

\*\* 正會員, 漢拏大學校 電氣電子컴퓨터工學部  
(Department of Electrical Engineering, Halla University)

接受日字:1999年7月19日, 수정완료일:2000年4月27日

light emitting-diode)와 같은 모양으로 전계 인가에 의한 캐리어 주입으로 발광하는 주입형 발광이다. 그 때문에 발광은 전극에서의 캐리어 주입, 벌크 운송을 거쳐 발광층 내에서 전자 정공의 재결합에 의하지만 유기재료의 경우에는 여기자를 경유하여 발광한다. 유기발광소자의 고 효율화에는 발광기구의 해명 외에 사용한 유기재료의 캐리어 운송과 주입과 같은 기초적인 과정을 명확하게 하는 것은 매우 중요하다.

유기발광소자의 고 효율화 및 발광색의 선택 때문에 호스트 발광층에 게스트재료의 형광색소를 도포한 색소 도포소자가 있다. Tang은 알루미늄퀴놀린 착체( $Alq_3$ )를 발광층 호스트재료로 사용해 레이저용 색소인 크마린유도체와 스티렌색소를 도포하는것에 의해 미도프 시료보다도 고효율의 소자를 실현했다.<sup>[3]</sup>

$Alq_3$ 를 발광층 호스트재료로서, 스쿠아리리움재료( $Sq$ )를 게스트재료로 하는 유기발광소자에는 호스트에서의 발광이 도포농도와 인가전류와 함께 변화하기 때문에 가변 색의 디바이스를 작성할 수 있다는 것을 나타냈다.<sup>[4]</sup>

$Sq$ 는 단독으로 박막화 하면 강한 농도 소광 때문에 전혀 PL이 관측되지 않지만 색순도가 높은 적색이기 때문에 효율 좋은 발광이 이루어진다면 실용적으로도 흥미가 높은 재료이다.

본 논문에서는  $Sq$ 색소 미 도포시료와 도포시료의 발광특성을 조사하여,  $Sq$ 14mol% 도포 시료에 있어서의 OXD7과  $Alq_3$ 층의 삽입하여, 그 효과를 관측하고 기구 특성을 검토하였다.

## II. 실험 및 측정 방법

### 1. 시편의 작성

실험에 사용한 정공운송층재료와 발광층재료는 각각 방향족 디아민유도체(TPD: N,N'-diphenyl-N,N'-bis-(3-methyl phenyl)-1,1'-diphenyl-4,4'-diamine)와 알루미늄퀴놀린착체( $Alq_3$ : tris(8-hydroxyquinoline) aluminum)를 사용하였다. 적색발광을 위해 발광층에 도핑하는 게스트 재료로서 스쿠아리리움 색소( $Sq$ : bis[1-methyl-3,3'-dimethyl-2-indorindylmethyl] squaraine), 블로킹장벽층재료로서 옥사디아졸 유도체(OXD7: 1,3-bis(5-p-t-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl) benzene)을 사용하였다. 소자는 할로겐램프의 복

사열을 이용한 발열원을 사용하여 진공증착법에 의해 다윈 증착하여 제조하였다. 양극으로서는 글라스의 위에  $30 \Omega/\square$ 의 저항율을 갖는 ITO (Indium-Tin-Oxide)를 전자 빔 증착법으로 형성한 기판을 사용하였으며, 그 기판 위에 TPD와  $Alq_3$ 를 온도 컨트롤러와 수정 진동자 막 두께 측정장치를 이용하여  $0.2 \text{ nm/sec}$ 의 증착속도로 증착하였다. 음극으로서는  $AlLi$ 합금을 열증착으로 형성하였다. 이 때의 상하부의 두 전극면적은  $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 로 하였다. 그림 1에 작성시편의 구조를 나타내었다.

그림에서 TA는 ITO/TPD/ $Alq_3$ / $AlLi$ , TAS는 ITO/TPD/ $Alq_3$ + $Sq$ / $AlLi$ , TASA는 ITO/TPD/ $Alq_3$ + $Sq$ / $Alq_3$ / $AlLi$ , TASOA는 ITO/TPD/ $Alq_3$ + $Sq$ /OXD7/ $Alq_3$ / $AlLi$ 의 구조를 갖는다.

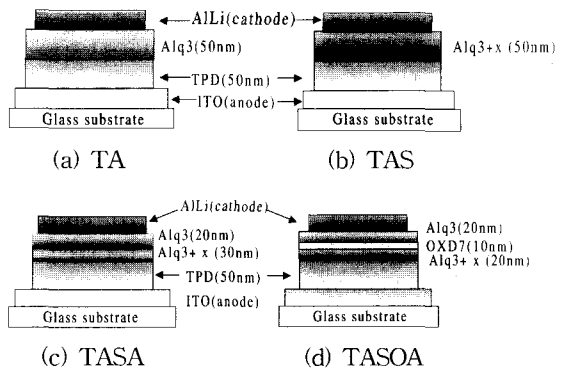


그림 1. 작성시편의 각각의 구조

Fig. 1. The structures of OLED devices.

### 2. 측정방법

전압인가에 따른 전류의 변화 및 휘도특성은 source measurement unit (SMU; Keithley, model 238)과 휘도계(TOPCON, BM-8)를 사용하여 측정하였다. 측정시스템은 퍼스널컴퓨터(PC)를 이용하여 SMU를 GP-IB 인터페이스를 통해 전압을 인가를 제어하면서 전류를 측정하였으며, 동시에 휘도계를 RS-232C 인터페이스를 통해 휘도를 측정하였다. 인가전압의 전압상승율은  $0.5V/0.5sec$ 이었다.

전기발광스펙트라의 측정에는 멀티 광 검출기(HAMAMATSU, PMA-10)를 이용하였다. 측정시스템은 분광기와 멀티 채널검출기를 일체화한 분광기헤드(M4197)와 컨트롤러(C4196)로 구성하였다. 조작은 PC의 키보드로 행하였으며, 전압 및 전류의 인가는 SMU

를 수동으로 조절하였다. 모든 측정은 진공중( $2 \times 10^{-3}$ Torr)에서 행하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. Sq 도프농도 의존성

그림 2에는 ITO/TPD[50nm]/Alq<sub>3</sub>+Sq(x)[50nm]/AlLi, x=0, 8, 14, 25 mol%, 시료의 전류밀도 대 인가전압 특성을 나타내었다. 미 도프시료(x=0mol%)에 대해서 8mol% 도프시료는 전류가 흐르기 어렵다. 그러나 14mol% 시료에서는 전류가 8mol% 시료보다 흐르기 쉬워지며, 25mol% 시료는 미 도프 시료보다도 전류가 더 흐르기 쉽다. 이것은 Sq분자의 도프량이 적으면 Sq분자는 Alq<sub>3</sub> 중에서 캐리어 트랩으로서 작용하는 것을 의미한다. 도프량이 많아지면 Alq<sub>3</sub>와 Sq의 혼성막에 가깝게 되어 Sq의 준위가 증가하면서 캐리어가 Alq<sub>3</sub>분자의 에너지 레벨에 주입되지 않고 HOMO준위가 낮은 Sq분자의 준위에서 천이 한다고 생각할 수 있다.<sup>[5]</sup> 따라서 Sq분자의 연속벌크를 통하여 캐리어는 발광층의 양극 측에서 음극 측으로 이동할 수 있게 되기 때문으로 생각된다.

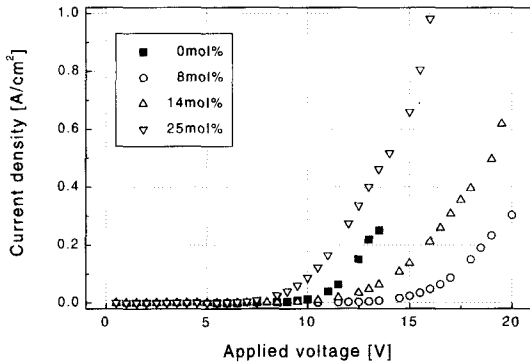


그림 2 전류밀도에 따른 인가전압특성의 Sq도핑 농도 의존성

Fig. 2. The Sq-doping concentration dependence of the current density vs. applied voltage characteristics.

그림 3에는 100mA/cm<sup>2</sup>를 인가했을 때의 발광층에 호스트 색소 Alq<sub>3</sub>중에 게스트 색소Sq를 도프한 ITO/TPD[50nm]/Alq<sub>3</sub>+Sq(x)[50nm]/AlLi의 EL스펙트라를 나타내었다. 유기EL소자에서 Alq<sub>3</sub>의 발광피이크는

520nm부근에서 Sq의 발광피이크는 670nm부근에서 관찰할 수 있는데, Sq 8mol%시료는 Sq에 의한 667nm 부근의 피이크와 함께 Alq<sub>3</sub>에 의한 520nm부근의 작은 피이크가 있어 순도 좋은 적색보다는 오렌지색이 섞인 적색을 나타내었다. 그러나 Sq 14mol%와 Sq 25mol%는 각각 Sq에 의한 673nm와 680nm피이크가 있으며, Alq<sub>3</sub>에 의한 520nm의 피이크는 발견할 수 없었다. 발광 피이크파장은 도프량이 증가함에 따라 장파장영역으로 쉬프트되고 있으며, Sq의 발광스펙트럼의 반치폭은 30nm이다. 또한 발광스펙트라의 면적을 광량자수로서 환산한 값은 미 도프시료가  $8.7 \times 10^5$ , Sq 8mol%시료는  $6.8 \times 10^5$ , 14mol%시료는  $2.6 \times 10^5$ , 25mol%시료는  $1.2 \times 10^5$ 이었다. 미 도프시료와 14mol%시료의 광량자량은 약  $3 \times 10^2$  정도의 차가 있다. Sq도프 농도가 증가함에 따라 적색발광이 감소하고 있으며, 발광피이크도 장파장으로 이동한다. 이것은 농도 소광에 의해 발광효율이 저하하고, 에너지 상태가 높은 EL성분이 감소하기 때문이라고 생각할 수 있다.

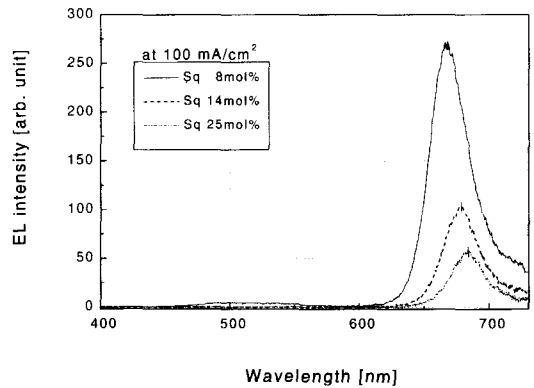


그림 3. Sq도핑 Alq<sub>3</sub> LEDs에 있어서 발광스펙트라의 Sq도핑 농도 의존성

Fig. 3. The Sq-doping concentration dependence of EL spectra for Sq-doped Alq<sub>3</sub> LEDs.

그림 4에는 도프 농도에 대한 전류밀도 대 휘도 특성을 나타내었다. 도프 농도에 따라 휘도가 저하하고 있다. 미 도프시료는 100mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도에서 3200cd/m<sup>2</sup>을 나타낸다. Sq 8mol%도프시료는 100mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도에서 2 cd/m<sup>2</sup>을 나타낸다. Sq14mol%와 25mol%도프시료는 100mA/cm<sup>2</sup>에서 각각 0.32cd/m<sup>2</sup>, 0.12cd/m<sup>2</sup>을 나타낸다. Sq 미도프시료와 Sq 14mol%도프 시료는 휘도차가  $1 \times 10^4$ 정도가 된다. 전술

한 것 같이 광량자수는 2승정도의 휘도차가 있으나 휘도에서는 4승의 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 미 도프시료는 Alq<sub>3</sub>의 발광성분의 녹색발광이 주가 되고 고농도로 Sq를 도프한 시료는 적색발광이 주가 되므로 이를 직접 비교할 수 없다. 즉 휘도는 인간이 느낄 수 있는 광 감도에 대해서 파장 555nm를 최대값 1로서 나타내는 표준비시감도에 따른 것으로 휘도 만으로는 본래의 EL강도를 정확히 반영할 수 없다는 것을 알 수 있다.

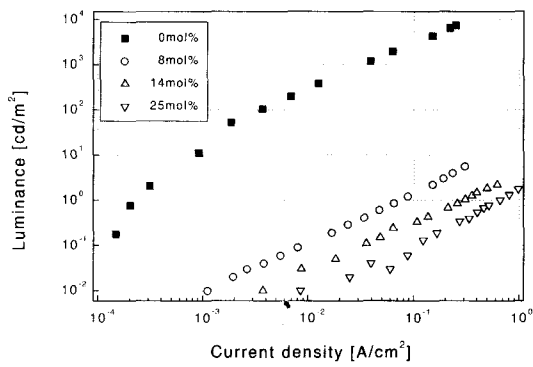


그림 4. 전류밀도에 따른 휘도특성의 Sq도핑 농도의 의존성  
 Fig. 4. The Sq-doping concentration dependence of the luminance vs. current density characteristics.

2. 정공 블록킹층의 효과

전 절에서도 서술하였듯이 Sq의 고농도 도프는 색순도가 높은 적색을 얻을 수 있었지만, 만족할만한 휘도 특성을 얻을 수 없었다. 이는 전하운송층을 통해 이동한 캐리어가 Alq<sub>3</sub>로 에너지전달이 되지 않고 Alq<sub>3</sub>내에 분산되어 있는 Sq분자의 준위로 전이되면서 이 Sq의 연속 벌크를 통해서 전도패스가 이루어져 재결합확률이 낮아지는 것에 원인이 있다고 생각된다. 따라서 휘도 특성을 개선하기 위하여 정공이 Sq의 연속벌크를 통해 음극으로 직접 도달하지 못하게 하기 위해서 정공 블록킹층을 삽입하였다.

그림 5에는 ITO/TPD[50nm]/Alq<sub>3</sub>[50nm]/AlLi (TA), ITO/TPD[50nm]/Alq<sub>3</sub>+Sq[50nm]/AlLi (TAS), ITO/TPD[50nm]/Alq<sub>3</sub>+Sq[30nm]/Alq<sub>3</sub>[20nm]/AlLi (TASA) 그리고 ITO/TPD [50nm]/Alq<sub>3</sub>+Sq[20nm]/OXD7[10nm]/Alq<sub>3</sub>[20nm]/AlLi (TASOA)의 전류 대

전압특성의 정공 블록킹층의 의존성을 나타내었다. 이들 시료에 Sq는 14mol%도프 한 것이다. 그림 2에서 서술한바와 같이 Sq가 첨가된 TAS는 미 첨가된 TA보다 전류가 흐르기 어렵다. Sq가 도프된 시료에 Alq<sub>3</sub>를 정공 블록킹층으로 설치한 TASA는 TA과 비슷한 경향을 보인다. OXD7을 정공 블록킹층으로 사용한 TASOA은 TAS보다 더욱 전류가 흐르기 어렵다. 정공 블록킹을 설치하지 않은 시료는 분산되어있는 Sq때문에 전류가 잘 흐르지만, Alq<sub>3</sub>를 발광층과 음극사이에 블록킹 층으로 삽입했을 때는 효과적인 정공 블록킹으로 작용하지 못하고 TA와 같은 경향을 보인다. OXD7을 발광층과 음극사이에 삽입한 경우는 전류가 잘 흐르지 못하고 있는데, 이는 OXD7의 삽입으로 정공이 직접 음극으로 이동하는 것을 막았기 때문이라고 생각 된다.

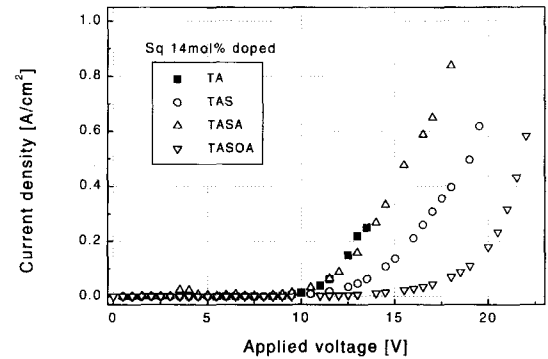


그림 5. 전류밀도에 따른 인가전압특성의 정공블록킹층 의존성  
 Fig. 5. The hole blocking barrier dependence of the current density vs. applied voltage characteristics.

그림 6에는 정공블록킹층을 설치하였을 때 이것이 EL스펙트라에 미치는 영향을 알아보기 위해 발광층에 Sq를 첨가한 시료에 블록킹층을 삽입하지 않은 시료 (TAS)와 삽입한 시료(TASA, TASOA)에 대해서 나타내었다. Alq<sub>3</sub>를 블록킹층으로 사용했을 때는(TASA) Sq에 의한 680nm피크의 발광량이 블록킹층이 없을 때(TAS) 보다 적어지며, 520nm 부근의 Alq<sub>3</sub>의 발광이 관측된다. 이것은 Sq를 통해서 재결합되지 않고 지나온 정공이 블록킹층의 Alq<sub>3</sub>에서도 전자와 재결합이 이루어짐을 알 수 있다. 또한 OXD7을 블록킹으로 사용했을 때는 블록킹층이 없을 때 보다도 Sq의 발광강도가 3배 이상 많아졌다. 이것은 OXD7이 정공의 직접적인 음극

으로의 이동을 막는 역할을 하기 때문에 발광층에서의 전자-정공 재결합 확률이 증가하였기 때문이라고 생각된다.

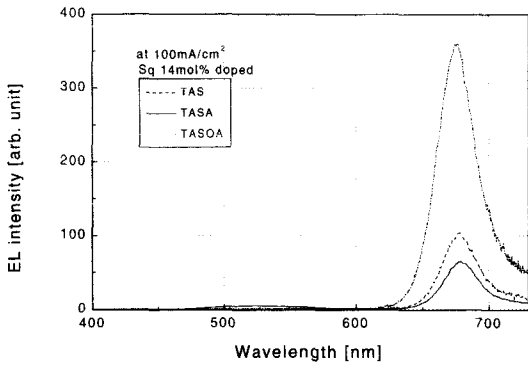


그림 6. Sq도프 Alq3 LEDs에 있어서 발광스펙트라의 정공블로킹층 의존성  
Fig. 6. The hole blocking barrier dependence of the EL spectra for organic Sq-doped LEDs

그림 7에는 발광층에 Sq 14mol% 도프한 시료에 블로킹층을 설치한 시료(TASOA)와 블로킹을 설치하지 않은 시료 (TAS)의 전류밀도에 따른 휘도 특성을 나타내었다. 정공 블로킹층이 없는 Sq 14mol% 도프시료는 0.1A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도에서 0.3cd/m<sup>2</sup>, 정공 블로킹층으로 OXD7을 설치한 시료는 전류밀도 0.1A/cm<sup>2</sup>에서 2cd/m<sup>2</sup> 정도이다. OXD7을 설치한 시료가 설치하지 않은 시료보다 휘도가 7배정도 증가한 것을 알 수 있다. 정공블로킹 때문에 재결합확률이 높아서 휘도가 증가한 것으로 생각된다.

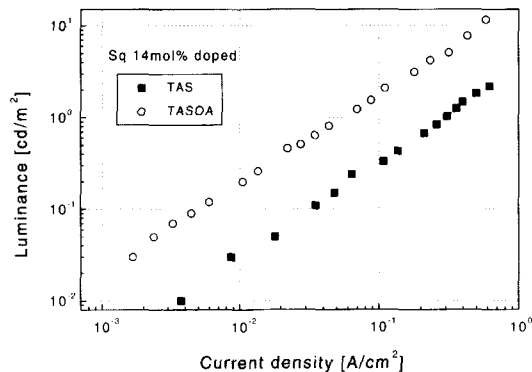


그림 7. 정공블로킹층으로 OXD7의 사용 및 미사용 Sq도프 Alq3 LED의 휘도 대 전류밀도특성  
Fig. 7. The luminance vs. current density characteristics of the Sq doped Alq3 LEDs unusing and using OXD7 as blocking layer.

그림 8에는 Sq 14mol% 도프시료에서 블로킹층을 설치한 시료(TASOA)와 블로킹층을 설치하지 않은 시료 (TAS)의 전류밀도에 따른 EL 효율 특성을 나타내었다. 블로킹층을 설치하지 않은 시료에서는 10<sup>-3</sup>~10<sup>-1</sup>A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도에서 효율은 10<sup>-4</sup>~6×10<sup>-5</sup>lm/W이다. OXD7을 설치한 시료에서는 10<sup>-3</sup>~10<sup>-1</sup>A/cm<sup>2</sup>의 전류밀도 내에서 6×10<sup>-4</sup>~2.4×10<sup>-4</sup>lm/W이다. EL 효율은 블로킹층을 설치한 것과 안한 것은 4배 이상의 차이가 남을 알았다.

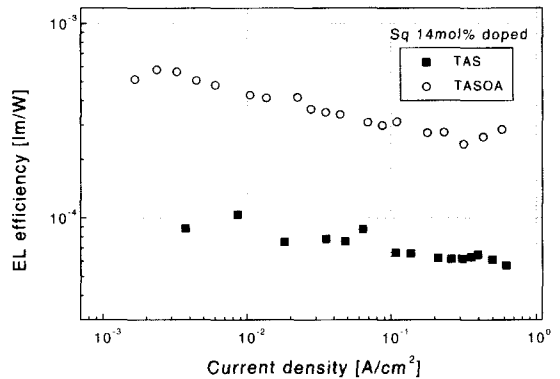


그림 8. 정공블로킹층으로 OXD7의 사용 및 미사용 Sq도프 Alq3 LED의 발광효율 대 전류밀도특성  
Fig. 8. The EL efficiency vs. current density characteristics of the Sq doped Alq3 LEDs unusing and using OXD7 as blocking layer.

### 3. 에너지 다이어그램을 이용한 고찰

그림 9에는 본 실험에서 사용한 시료 ITO와 AlLi전극의 일함수, TPD, Alq3, Sq와 OXD7의 HOMO, LUMO레벨을 나타낸다.

발광층과 음극사이의 OXD7과 Alq3의 도입은 다음의 효과를 위해서 삽입하였다. Sq를 통하여 음극으로 흘러나아가는 정공의 저지와 재결합의 증가이다. OXD7까지의 HOMO준위 레벨의 차는 Alq3으로부터는 0.82eV, Sq으로 부터는 1.49eV 정도가 된다. 그런데 Sq가 도프된 시료에서는 정공이 Sq의 에너지 레벨에서 흘러간다고 생각되므로 Alq3+Sq에서 OXD7까지의 정공 주입장벽의 높이는 1.49eV정도로 생각할 수 있다. 블로킹장벽으로 Alq3를 사용한 시료에서 정공 주입장벽은 Sq와 Alq3의 HOMO준위 레벨차인 0.67eV로 생각할 수 있다. Alq3를 블로킹 장벽으로 사용한 경우는 Alq3+Sq에서

Sq와 Alq<sub>3</sub>를 통해서 주입된 정공이 블로킹층의 Alq<sub>3</sub>에서도 발광한다고 생각할 수 있었다. 따라서 정공블로킹을 위한 장벽설치 시료에 있어서 Alq<sub>3</sub>층의 정공블로킹에 비해 OXD7층의 이용이 효과적이라고 할 수 있다.

또한 전류에 있어서 다수캐리어가 정공이라면 블로킹이 설치된 시료의 전류가 정공블로킹층에 비해 억제된다고 생각할 수 있다. 효율의 정의에 있어서 전류가 저하하면, 일단은 EI효율은 상승한다. 따라서 정공의 블로킹에 의해 EL효율이 상승한 것을 생각할 수 있다.

정공이 Alq<sub>3</sub>+Sq/OXD7계면의 Alq<sub>3</sub>+Sq부근에 누적되어, 계면부근에서의 정공농도는 증가하게 된다. 즉, OXD7의 양극측 전면에 정공 누적이 일어난다. Alq<sub>3</sub>+Sq에의 전자주입이 OXD7의 영향을 받지 않는다고 생각하면, 전자와 정공의 농도가 증가하는 것에 의해 전자-정공 재결합은 증가한다. 재결합확률 증가에 의해 발광(EL)량이 증가하면, 휘도 및 EL확률을 상승시킨다.

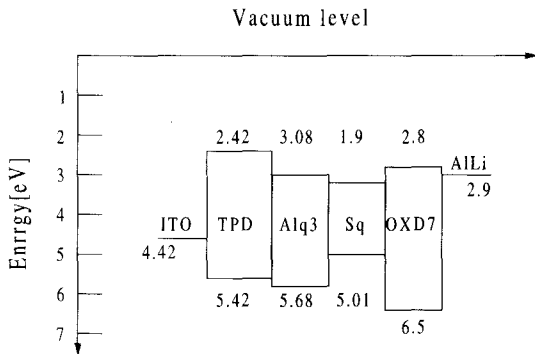


그림 9. ITO, TPD, Alq<sub>3</sub>, Sq, OXD7, Alli의 에너지 다이어그램

Fig. 9. The energy diagram of ITO, TPD, Alq<sub>3</sub>, Sq, OXD7, Alli.

따라서 적절한 블로킹 장벽을 이용하면 높은 효율의 디바이스를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 Sq색소 미도프 시료와 도프시료의 발광특성과 Sq14mol%도프 시료에 있어서의 OXD7과 Alq<sub>3</sub>층을 삽입하여 그 효과 및 발광기구 특성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Sq 14mol%이상의 도프에 의해서 호스트재료로서

Alq<sub>3</sub>를 사용한 유기발광소자는 반치폭이 좁은 순도 좋은 적색발광을 얻었으나, 휘도와 효율이 낮기 때문에 실용화를 위해서는 단순한 TPD와의 2층구조의 조합으로는 적당하지 않음을 알았다.

2) Alq<sub>3</sub>에 의한 삽입효과는 효율을 증가시킬 수는 있지만, 삽입된 Alq<sub>3</sub>층에서의 발광 때문에 색순도가 높은 적색발광을 얻지 못했다.

3) OXD7의 삽입에 의해서 음극으로 흘러가는 정공을 블로킹하고 정공을 누적시켜, 전자-정공의 재결합확률을 증가시켜, 높은 색순도를 유지하면서도 휘도 특성과 발광효율을 향상시킬 수 있었다.

따라서 적절한 블로킹 장벽을 이용하면 높은 효율의 디바이스를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] M. Pope, H. P. Kallmann and P. Magnante, "Electroluminescence in Organic Crystal", J. Chem. Phys., Vol. 38 p.2042, 1962.
- [2] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, "Organic Electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p.913 1987.
- [3] C. W. Tang, S. A. VanSlyke and C. H. Chen "Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys., Vol. 65, p.3610, 1989.
- [4] T. Mori, K. Miyachi, T. Kichimi and T. Mizutani "Electrical and Luminescent Properties of color-changable Organic Electroluminescent Diode Using Squarylium Dyes" Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 33, p.6594, 1994.
- [5] H. G. Kim, T. Mori, T. Mizutani and D. C. Lee "Electroluminescent Properties of Organic Light-Emitting-Diode Doped with Squarylium Dye" T. IEE Japan, Vol. 188-E, No. 4, p.223, 1998.

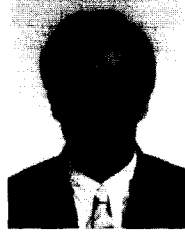
저 자 소 개



金 亨 權(正會員)

1966년 3월 4일생. 1992년 인하대학교 전기공학과 졸업(학사). 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~1998년 일본 나고야대학 연구원. 1997년 10월~1998

년 9월 일본 나고야 대학 강사. 현재 (주)BES FPD개발팀장



李 殷 學(正會員)

1946년 9월 5일생. 1974년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1979년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1972~1977년 LG기전.

1978~1994년 (주)삼안건설 기술공사 전무이사. 1984년 발송배전기술사. 1995~현재 한라대학교 전기전자컴퓨터공학부 부교수