

진공증착법으로 제작한 다층 구조의 Europium Complex의 발광특성

Emission Properties of Europium Complex Utilizing Multilayer Quantum-Well Structure Properties by Vacuum Vapor Deposition Method

이상필*, 이재혁*, 이한성*, 김영관**, 김정수*

*홍익대학교 전기제어공학과 **홍익대학교 화학공학과

Sang-Phil Lee*, Jae-Hyuk Lee*, Han-Sung Lee*, Young-Kwan Kim**, Jung-Soo Kim*

*Dept. of Electrical and control Eng., Hongik Univ.

**Dept. of Chemical Eng., Hongik Univ.

Abstract

Organic electroluminescent(EL) devices have received a great deal of attention due to their potential application as full-color displays. They are attractive because of their capability of multicolor emission, ease of fabrication, and operation at a low driving voltage.

In this study, single and multiple quantum-well structures consisting of Eu(TTA)₃(bpy) complex well layer sandwiched between triphenyldiamine derivative (TPD) layers were fabricated and their photoluminescent and electroluminescent characteristics were also investigated. Sharp emission at 616 nm has been observed from the Eu complex in multilayer, single and multiple quantum-well structures. Details on the explanation of electrical properties of these structures will be discussed.

1. 서론

전기 발광 디스플레이(Electroluminescence Display; ELD)는 형광성 유기화합물을 전기적으로 여기시키는 자발광형 디스플레이이다. 유기 EL 디스플레이는 현재 각광을 받고 있는 LCD와 같은 수광형태의 소자에 비해 응답속도가 빠르다는 장점이 있고 또 발광형태이므로 휘도가 뛰어나다는 잇점을 갖고 있다. 유기 화합물에 의한 발광현상은 1960년대에 안트라센의 발광현상의 발광으로 시작되었으나, 1987년 Kodak사의 Tang에 의해 적층형 유기 EL소자가 발표된 후 실용화를 목표로 연구개발이 더욱 활발히 진행되어 왔다. 유기물 또는 공액 고분자를 이용하는 EL 소자는 낮은 직류 구동 전압, 박막 형태 가능, 발광 빛의 균일성, 용이한 패턴 형성, 다른 발광 소자에 견줄 만한 발광 효율, 가시영역에서의 모든 색상 발광 가능, 구부릴 수 있는 형태의 소자 제작가능, 대량 생

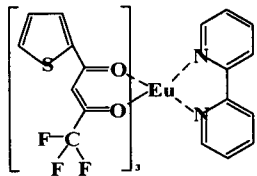
산 가능 등의 큰 장점을 갖고 있어 LCD에서 문제로 지적되고 있는 결점을 해결할 수 있어 차세대 디스플레이의 후보로서 주목받고 있다. 유기물 혹은 공액 고분자로 이루어진 발광 소자와 무기물로 이루어진 발광 소자의 성능을 비교하면, 인광 물질(phosphors) 계통의 무기물로 이루어진 EL 소자는 구동전압이 교류 200V 이상이 필요하고, 소자의 제작 방법상 진공 증착으로 이루어지므로 대형화가 어렵고 특히 청색 발광이 어려우며 가격이 비싸다는 단점이 있다. 그러나, 고분자 EL 소자는 표시 소자로 이용될 경우, 길이가 수 m 일 정도의 대형화와 넓은 각도에서 볼 수 있는 평면화 및 화면을 구부릴 수 있는 곡면화가 용이하며, 휘도가 높은 것도 하나의 장점이다. 그러나, 유기물 또는 고분자 EL 소자는 안정성, 발광 효율 등 여러 성능에 있어서 아직도 해결해야 할 과제가 많이 있으며, 특히 실용적인 디스플레이 소자로의 활용성이 검증되어야 할 필요가 있

다.[1][2][3]

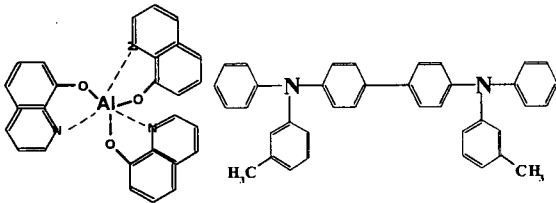
2. 실험 방법

2-1. 성막 물질

그림 1은 본 실험에서 사용한 물질들의 분자구조를 나타낸 것으로 Europium complex를 triple-layer와 quantum-well 구조로 소자를 제작하였다. 전자 수송 물질인 AlQ₃와 정공 수송 물질로 사용한 TPD의 분자 구조를 나타내고 있다. 여기서 Eu(TTA)₃(Bpy) complex는 EL 소자에서 발광층으로 사용하였다.



(a) Eu(TTA)₃(Bpy)



(b) Alq₃

(c) TPD

그림 1. Eu(TTA)₃(Bpy), Alq₃, TPD의 분자 구조.

2-2. EL cell의 구조

그림 2는 전기적 특성의 측정을 위한 전기발광 소자의 구조이다. 본 실험에서는 Europium complex만을 발광층으로 사용했을 때는 낮은 전하운반 특성과 양전극으로부터 전자와 정공이 균형적으로 주입되지 않아 휘도 및 효율이 크게 떨어졌다. 그래서, 전하의 균형적인 주입을 위해서 정공 수송 층인 TPD와 전자 수송 층인 Alq₃를 사용하여 triple-layer와 발광층이 정공 수송 층으로 둘러싸인 quantum-well 구조로 소자를 제작하였고 소자들의 단면도를 그림 2에서 보여주고 있다.[4][5]

하부 전극은 ITO(indium-tin-oxide ; sheet

resistance ; 30Ω/sq) 기판을 사용하였고 모든 유기물과 알루미늄(Al)은 동일한 조건에서 5×10⁻⁶Torr의 진공도에서 진공 증착을 하였으며 소자의 면적은 25 mm²이다.

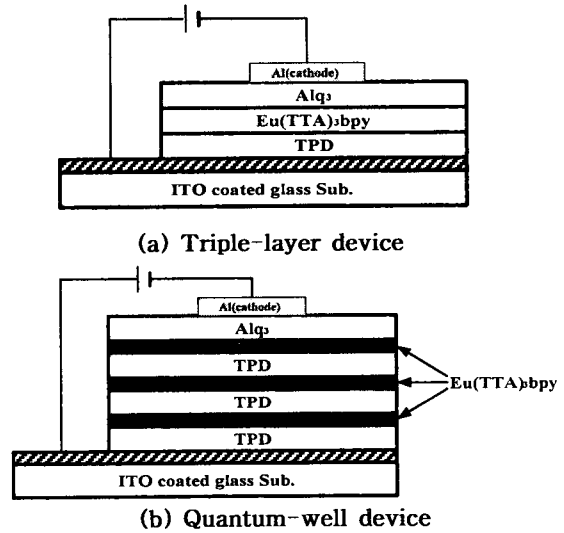


그림 2. 전기발광 소자의 구조.

3. 결과 및 검토

3-1. Eu(TTA)₃(Bpy)의 UV/vis. 및 PL spectrum

표 1은 TPD, Alq₃, Eu(TTA)₃(bpy)의 UV/vis. 흡광도와 PL spectrum을 조사하기 위해 석영 기판(quartz)위에 진공 증착한 후 UV/vis. 흡광도와 PL을 측정하였다.

	Absorbance λ max(nm)	Photoluminescence λ max(nm)
TPD	358	405
Alq ₃	280	520
Eu(TTA) ₃ (bpy)	350	615

표 1. TPD, Alq₃, Eu(TTA)₃(bpy)의 UV/vis. 흡광도와 PL spectrum.

실험에서 사용한 Europium complex의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 PL 스펙트럼을 측정하였으며, 측정 그림은 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 Eu(TTA)₃(Bpy)

의 UV/vis. 흡수 스펙트럼과 표 1 에서의 정공 수송층인 TPD의 PL spectrum이 어느 정도 겹쳐짐을 알 수 있다. $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Bpy})$ 의 PL 스펙트럼을 보면 FWHM(Full Width at Half Maximum)이 2~4nm 정도로 매우 좁은 것을 알 수 있으며 PL의 emission peak가 615nm 정도로 red의 발광특성이 있음을 알 수 있었다.

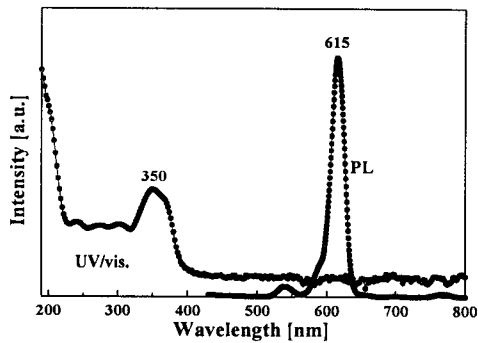
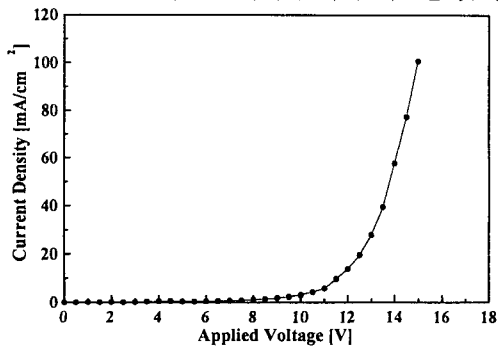


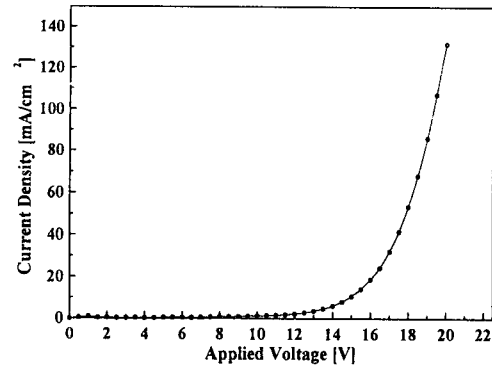
그림 3. $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Bpy})$ 의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 PL 스펙트럼.

3-2. EL소자의 J-V 특성

Triple-layer와 quantum-well 구조로 제작한 소자의 J-V 특성을 알아보기 위하여 각각의 물질을 ITO 기판 위에 막을 누적 한 후에 상부 전극으로 알루미늄(Al)을 동일한 조건으로 증착한 후 Keithley 238을 이용하여 J-V를 측정하였다. 그림 4는 제작된 소자의 전류밀도(J)와 전압(V)의 관계를 나타내고 있다. 두 소자의 구동전압은 2V 이상 차이가 나는 것을 알 수 있으며, 같은 전압에서 비교했을 때 Quantum-well 구조로 제작된 소자가 triple-layer로 제작된 소자보다 전류가 더 적게 흐름을 알 수 있는데 이것은 $\text{Eu}(\text{TTA})_3(\text{Bpy})$ 의 band gap이 크기 때문에 전하의 전송이 원활하지 못하기 때문인 것 같다.



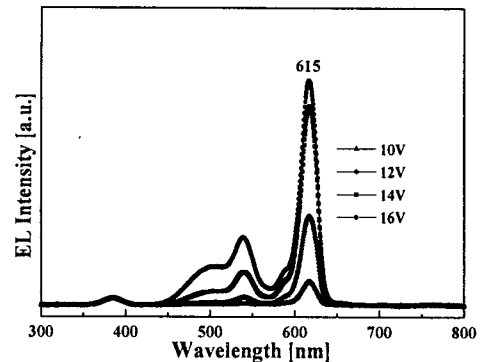
(a) Triple-layer device.



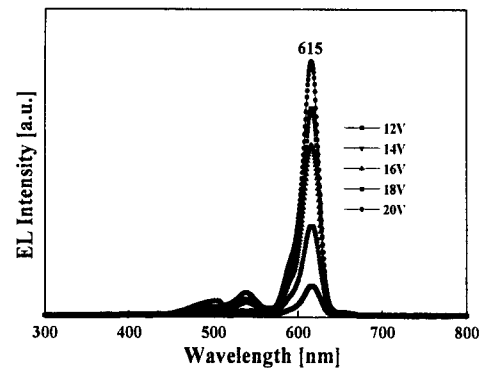
(b) Quantum-well device.

그림 4. Triple-layer와 Quantum-well 구조의 전류밀도-전압(J-V) 특성곡선.

3-3. Triple-layer와 Quantum-well 구조의 EL 특성



(a) Triple-layer 소자의 EL spectrum



(b) Quantum-well 소자의 EL spectrum

그림 5. Triple-layer와 Quantum-well 소자의 EL 스펙트럼.

본 연구는 정보통신부의 지원에 의하여
수행되었음

그림 5는 triple-layer와 quantum-well 구조로 제작된 소자들의 EL 스펙트럼을 나타내고 있다. 두 소자의 EL 스펙트럼은 615nm로 PL 스펙트럼의 emission peak인 615nm와 동일함을 알 수 있었다.

그러나, triple-layer로 제작된 소자에서는 전압이 증가함에 따라서 green영역에서 spectrum이 약간씩 증가하는데 이것은 전자 수송 층의 두께를 최적화시키지 못해서 recombination zone이 Alq₃의 영역에서도 일어 난 것으로 보이며 Eu(TTA)₃(Bpy)가 전자 수송 보다는 정공 수송 능력이 뛰어난 것으로 유추 된다. Quantum-well 구조로 제작된 소자에서는 전자와 정공의 recombination이 Eu(TTA)₃(Bpy)에서만 일어남을 알 수 있었다. Triple-layer 소자에서는 maximum luminance는 15cd/m²를 얻었지만 quantum-well 소자에서는 10cd/m²의 휘도를 얻었다. Quantum-well 구조로 Europium complex를 사용하여 제작할때는 Europium complex의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 비슷한 파장의 PL 스펙트럼을 가지면서 전자 수송 능력이 뛰어난 물질의 선택이 필요한 것 같다.

4. 결 론

본 실험에서는 red 전기발광 특성이 있는 Eu(TTA)₃(Bpy)의 금속착물 박막을 진공증착법에 의하여 제작하였으며 그 박막의 광학적 및 전기적 특성에 관하여 연구를 하였다. Europium complex는 낮은 전하운반 특성을 갖고 있으므로 박막의 전기발광 특성을 향상시키기 위하여 정공 수송 층인 TPD와 전자 수송 층인 Alq₃ 박막을 이용하여 triple-layer와 quantum-well 구조의 소자를 제작하였으며 결론은 다음과 같다.

Europium complex를 단층으로 사용했을 때는 낮은 전하 운반 특성으로 인하여 발광하지 않았으며 정공 수송 층과 전자 수송 층으로 된 소자에서 전기발광 특성을 관찰 할 수 있었다. 또한 quantum-well 구조로 제작할 때는 Europium complex의 UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 비슷한 파장의 PL 스펙트럼을 가지면서 전자 수송 능력이 뛰어난 물질의 선택이 필요하다는 것을 확인할 수가 있었다.

Europium complex를 발광층으로 사용했을 때는 효율이 떨어지므로 적절한 물질과 doping을 하여 효율을 증가시키는 방향으로의 연구가 필요하다고 생각되어진다.

References

- [1] 정태형, 전기 발광 고분자 소재 및 소자, Polymer Science and Technology Vol 7, No. 6, December 1996.
- [2] C. W. Tang, An Overview of Organic Electroluminescent Materials and Devices, SID 96 DIGEST, pp. 181-184, 1996.
- [3] Lin Liu, "Europium complexes as emitters in organic electroluminescent devices", Synthetic Metals 91 (1997)
- [4] Yutaka OHMORI, "Enhanced Emission from Europium Complex Utilizing Quantum-Well Structure in Organic Electroluminescent Device", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37 pp. L798-801 1998.
- [5] Keizou Okada, "A novel red organic electroluminescent device using Eu complex as an emitting layer", Synthetic Metals 97 (1998)