

Bebq₂ 박막의 제작 및 전기발광 특성

권오관 · 김영관 · 하윤경* · 손병청

홍익대학교 화학공학과, *홍익대학교 기초과학과

The Preparation of Bebq₂ Thin Films and Their Electroluminescent Characteristics

Kwon, Oh-Kwan · Kim, Young Kwan · Ha, Yun-Kyoung* · Sohn, Byoung-Chung

Dept. of Chemical Engineering, Hong-Ik University
Dept. of Basic Science, Hong-Ik University

Abstract : ABSTRACT : Recently, high luminance and high efficiency were realized in organic thin film electroluminescence (EL) cells with multilayer structures including an emitting layer (EML), hole transporting layer (HTL), and an electron transporting layer (ETL). In this study, Bis(10-hydroxybenzo[h]quinolinato)beryllium (Bebq₂) was synthesized. PL and EL characteristics of their thin films were investigated by fabricating the devices having a structure of ITO/PVK/Bebq₂/Al, ITO/PVK dispersed with TPD/Bebq₂/Al. The EL color of these devices was greenish and the wavelength of their EL peaks was located, respectively, at 495nm, and 492.5nm.

I. 서 론

21세기 정보화 사회에서 정보를 표시하는 평판 표시소자는 반도체 못지 않게 중요한 역할을 할 것으로 전망된다. 따라서 많은 연구자들이 액정 표시소자, 플라즈마 표시소자, 그리고 전계 방출 표시소자 등의 다양한 종류의 표시소자에 관한 연구를 진행하고 있다. 그러나, 최근에 유기물을 이용한 유기 전기발광 소자에 대한 연구가 매우 빠른 속도로 진행되고 있다.¹⁻⁶⁾ 최근에는 공액성 고분자로서 반도체의 성질을 가진 Poly(p-Phenylene Vinylene (PPV)를 EL 소자에 응용하는 성공하였으며 그 전에는 Alq₃와 같은 금속 착체 화합물이나 유기 단분자 등을 이용한 EL 소자를 제작하여 그 발광 특성을 연구하였으며 지금은 거의 실용화 단계에 와 있다.⁵⁻⁷⁾ 그리고 또한 다양한 종류의 금속 착체 화합물을 여러 가지 고분자 물질들과 혼합하여 EL 소자로서 사용하려는 연구도 상당히 많이

진행되고 있다.¹⁻⁴⁾ 금속 착체 화합물로 가장 대표적인 유기 단분자 발광물질은 Alq₃인데 이보다 발광 효율과 휘도가 더 좋은 발광체로는 Bebq₂나 Almq 등이 있다.

본 연구에서는 Green 발광 특성이 있는 Bebq₂ 박막을 진공 증착법으로 제작하고 Bebq₂를 발광층으로 하고 TPD와 PVK를 정공수송층으로 하는 다층막 EL 소자를 제작하여 정공수송층의 종류에 따른 소자의 EL 특성 및 전류-전압 특성을 조사하였다.

II. 실험 방법

1. 성막물질

본 연구에 green 발광 물질로서 사용된 시료는 Bis(10-hydroxybenzo[h] quinolinato)eryllium (Bebq₂)로서 본 연구실에서 직접 합성하여 사용하였으며 양극으로부터 발광층까지의 전공

수송을 원활하게 하는 정공수송 물질로서는 N,N'-diphenyl-N,N'-(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (TPD)와 Poly (9-vinylcarbazole) (PVK)를 이용하였으며 이 때 두가지 물질을 서로 다른 비율로서 혼합한 후 정공수송층으로 사용하여 유기 EL 소자를 제작하였다. 한편 이러한 TPD 및 PVK 물질들의 분자 구조는 Fig. 1에 보여주는 바와 같다.

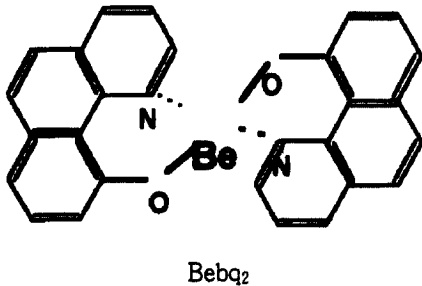
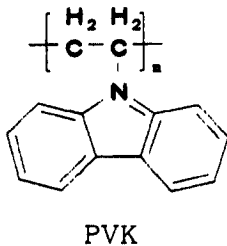
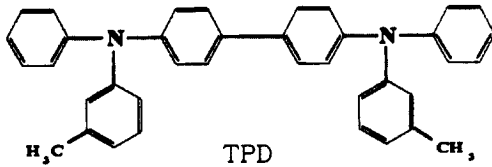


Fig. 1 The molecular structures of TPD, PVK and Bq₂

2. 다층막 구조의 EL 소자 제작

Bebq₂ 박막은 고진공을 유지하는 진공증착 장비에서 제작하였다. 챔버 내에 텅스텐으로 제작된 증착 보트 (boat)를 설치한 뒤 Beq₂의 분말을 넣고 챔버내의 진공도가 2~5×10⁻⁵Torr에 도달한 후 보트에 전류를 흘려주면 보트가 가열되면서 Beq₂ 분자선을 발생시켜 기판에 박막을 형성시켰다. 진공증착 장비의 주챔버의 내부 구조를 Fig. 2에 나타내었다.

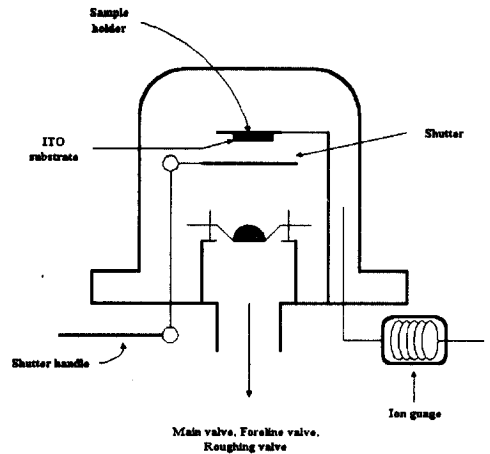


Fig. 2 The schematic diagram of main evaporation chamber.

정공 수송층으로 사용되는 TPD와 PVK는 일정한 농도의 용액으로 만든 후 spin-coating에 의하여 제작하고 그 위에 Beq₂ 박막을 제작하였다. 하부 전극으로는 indium-tin-oxide(ITO) 기판을 사용하였으며, 상부 전극은 Al을 진공 증착하여 사용하였다. 그리고 전기발광 소자의 구조는 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 (a)의 경우 정공 수송층으로 PVK만을 사용하였으며 (b)의 경우 정공 수송층으로 PVK와 TPD를 혼합하여 제작하였다. 정공 수송층으로 사용한 물질의 두께는 2가지 cell 모두 300Å으로 고정시켰으며 발광층으로 사용한 Beq₂의 두께는 600Å으로 증착 제작하였다. 이 때 정공 수송층 제작을 위한 용액의 농도는 (a)의 경우 PVK를 2wt%로 하고, (b)의 경우 PVK 1wt%와 TPD 1wt%를 혼합하여 사용하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. Beq₂ 박막의 특성

Fig. 4는 Beq₂ 박막의 PL 스펙트럼과 2가지 형태로 제작한 cell의 EL 스펙트럼을 측정하여 각각 나타낸 그림이다. Fig. 4에서 보면 PL 스펙트럼의 경우 Beq₂는 498.5nm의 파장대에서 흡수 피크가 관측되어 green색의 발광을 하는 물질임을 보여 주고 있다. 위에서 언급한 두 가

지 종류의 EL 소자에서 EL 스펙트럼을 측정한 결과 각각 495nm와 492.5nm의 파장대에서 피크가 관측되어 PL과 거의 일치하는 green색의 발광을 하는 것을 알 수 있다.

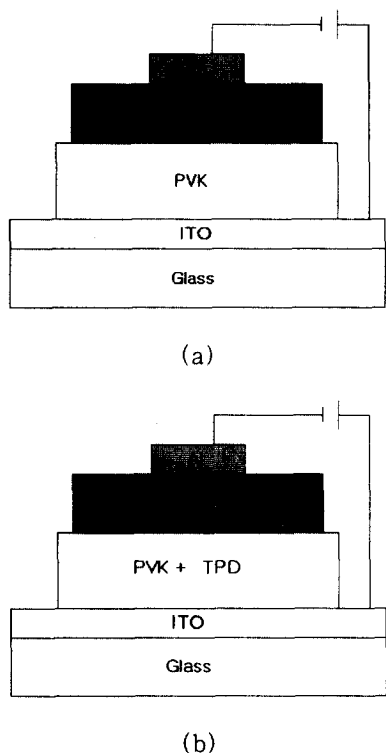


Fig. 3. The structure of EL devices used in this pair
 (a) ITO/PVK/Bebq₂/Al.
 (b) ITO/PVK dispersed TPD/Bebq₂/Al.

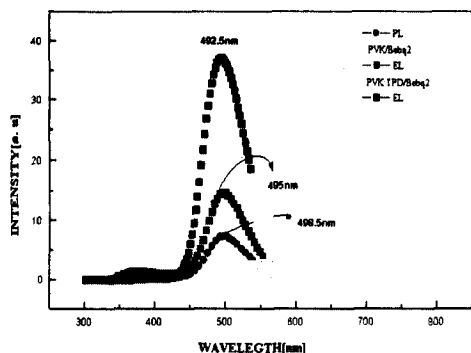


Fig. 4 PL spectrum of Bebq₂ and EL spectra of two EL devices.

2. EL 소자의 전류-전압 및 휘도 특성

Fig. 3의 구조로 제작된 각각의 두 종류의 EL 소자의 전류-전압 특성을 Fig. 5에 나타내었다. 정공수송층을 PVK만으로 한 EL 소자의 경우인 Fig. 5의 (a)에서는 turn-on 전압이 약 16V이나, PVK와 TPD를 같은 비율로 혼합하여 정공수송층으로 사용한 (b)의 경우에는 turn-on 전압이 약 10V로서 매우 turn-on 전압이 낮아진 것을 알 수 있다. 또한 두 EL 소자의 휘도

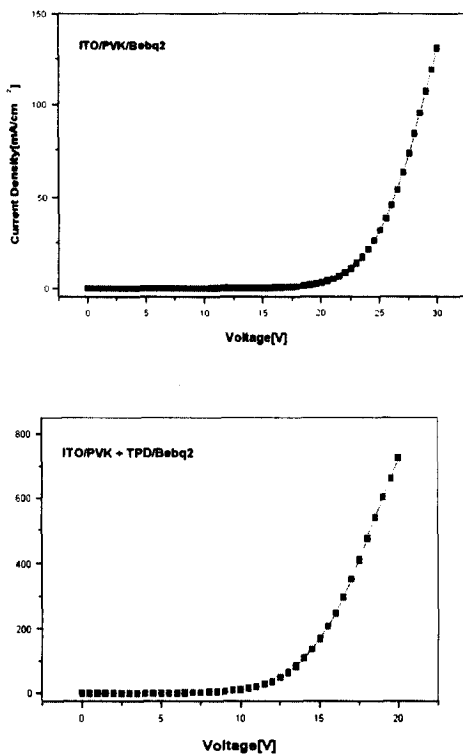
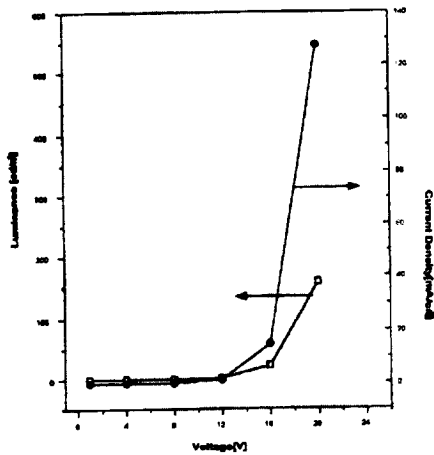


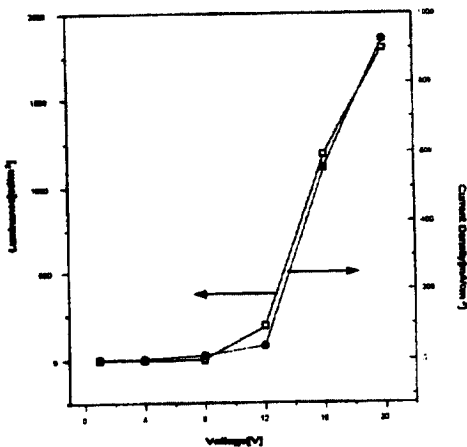
Fig. 5. The voltage-current characteristics of two EL devices.

및 그 때의 전류 밀도를 측정한 결과가 Fig. 6의 (a)와 (b)에 각각 나와 있다. 정공수송층을 PVK만으로 사용한 (a)의 경우에는 20V에서 휘도가 160cd/m²이고 그 때의 전류 밀도는 128mA/cm²이 었으나, PVK와 TPD의 혼합물을 정공수송층으로 사용한 (b)의 경우에는 20V에서 휘도가 1800cd/m²이었으며 이 때의 전류 밀도는 900mA/cm²임을 알 수 있었다. 한편 이 경우에 두 EL 소자의 발광효율(luminous efficiency)를 계산하여 보면 (a)의 경우가 0.02lm/W이며 (b)의 경우에는 0.3lm/W로서 PVK와

TPD를 혼합하여 정공수송층으로 사용한 경우가 더 우수한 발광 특성을 보여줄 수 있다. 그리고 이러한 조건하에서 좀 더 일함수 값이 작은 Li:Al 전극을 사용하는 경우에는 좀더 높은 발광효율을 얻을 것으로 예상되며 이렇게 TPD를 혼합시켰을 때에 좀더 높은 발광효율을 나타내게 된 것은 TPD를 PVK에 혼합시킴으로써 그 LUMO 준위가 좀더 높아져서 ITO로부터의 정공이 좀 더 쉽게 주입되기 때문인 것으로 판단되며 이에 대한 추가적인 연구가 진행될 예정이다.



(a)



(b)

Fig. 6. The voltage, current and luminescent characteristics of two EL devices, (a) ITO/PVK/Bebq₂/Al, (b) ITO/PVK dispersed TPD/Bebq₂/Al.

IV. 결 론

본 연구에서 green색의 발광을 하는 Beq₂를 발광층으로 하고 정공 전달 물질을 PVK와 TPD를 혼합하여 제작한 EL 소자와 PVK만을 정공 전달 물질로 사용한 EL 소자를 제작하고 그 소자의 EL 특성을 비교 분석한 결과 다음과 같다.

정공 전달 물질을 PVK와 TPD를 혼합하여 사용할 경우 PVK만을 사용한 경우 보다 구동 전압이 낮아지며 같은 구동전압에서 휘도가 10배 정도 상승되며 또한 이 때의 전류밀도도 상승함을 알 수 있었다. 그러나, 두 경우의 발광효율을 계산하여 보면 PVK에 TPD를 혼합하여 정공수송층으로 사용한 경우의 발광효율이 PVK만 정공수송층으로 사용한 경우의 발광효율보다 1.5배 정도 향상되었음을 알 수 있었다. 그 향상된 원인 및 PVK와 TPD의 농도 비율 변화에 따른 발광효율과의 관계는 추가적인 연구가 진행되고 있다.

참고문헌

1. Tang, C. W., and VanSlyke, S. A., *Appl. Phys. Lett.*, **51**, 913 (1987).
2. Kido, J., Ikeda, W., Kimura, M., Nagai, K., Okayama, K., *Appl. Phys. Lett.*, **65**, 2124 (1994).
3. Kido, J., Kimura, M., and Nagai, K., *Science*, **267**, 1332 (1991).
4. Bradley, D. D. C., Brown, A. R., Burn, P. L., Friend, R. H., Holmes, A. B., Kraft, A., *Electronic Properties of Polymers, Springer, Solid state Sciences, Heidelberg* **107**, 301 (1992).
5. Burroughes, J. H., Bradley, D. D. C., Brown, A. R., Marks, R. N., Mackey, K., Friend, R. H., Burns, P. L., and Holmes, A. B., *Nature(London)*, **347**, 539 (1990).
6. Bradley, D. D. C., *Synthetic Metals*, **54**, 401 (1993).
7. Burn, P. L., Holmes, A. B., Kraft, A., Bradley, D. D. C., Brown A. R., and Friend, R. H., *J Chem. Soc., Chem. Commun.*, 32 (1992).