

Alq₂-Ncd를 이용한 유기 전기 발광 소자의 발광특성에 관한 연구

°윤희찬*, 신훈규*, 김병상*, 김정균**, 권영수*

동아대학교 전기공학과*, 동아대학교 화학과**

A Study for Luminescence Properties of OLEDs Using Alq₂-Ncd as an Emitting Layer

°Hee-Chan Yoon*, Hoon-Kyu Shin*, Byoung-Sang Kim*, Chung-kyun Kim** and Young-Soo Kwon*

*Dept. of Electrical Engineering, Dong-A University, **Dept. of Chemistry, Dong-A University.

Abstract

New luminescent material, 6,11-Dihydroxy-5,12-naphthacenedione(Alq₂-Ncd) was synthesized. And extended efforts have been made to obtain high-performance electro-luminescent(EL) devices, since the first report of organic light-emitting diodes(OLEDs) based on tris-(8-hydroxy-quinoline)aluminum(Alq₃).

Current-voltage characteristics, brightness-voltage characteristics, luminous efficiency and quantum efficiency were measured at room temperature. The maximum wavelength of the EL is at around 504nm and the brightness is up to 2702[cd/m²] with the maximum efficiency up to 3.91 [lm/W]. This study indicates not only the sterical effect but also some other effect would be responsible for the change of the emission wavelength.

Key Words : naphthacenedione derivatives, OLEDs, luminous efficiency, sterical effect

1. 서 론

유기전기발광소자를 디스플레이로 상용화하기 위해서는 적어도 5[V] 이하의 구동전압에서 약 100[cd/m²]의 밝기로 10000시간 연속 발광을 할 수 있어야 한다[1]. 따라서, 열에 강하고 발광 효율이 뛰어난 유기 재료에 대한 연구와 함께 소자의 안정성에 대한 연구가 반드시 요구되고 있다.

Alq₃, BAlq₂, Beq₂, Zn(BTZ)₂, Tb(ACAC)₃, Snq₂, Snq₄, Snq₂P₂, Er(TTA)₃(Phen), Dy(BTFA)₃(Phen)와 같은 유기금속성 화합물들이 유기전기발광소자의 발광재료로 많이 이용되어왔으나 이 중에서 Alq₃는 그 특성이 지금까지 알려져 있는 다른 재료들에 비하여 가장 뛰어난 발광효과를 가지고 있다고 알려져 있다[2-6]. 그러나 Alq₃의 성능개선을 위한 많은 연구가 진행되었으나 효과가 그다지 크

지 않으며, 이 화합물의 발광범위를 넓히기 위한 시도도 있지만 아직 밝혀지지 않은 내용이 더 많다고 할 수 있다.

본 연구에서는 현재까지 알려진 알루미늄-퀴논계의 유기 EL화합물들이 가지고 있는 특성을 개선하기 위해서 새롭게 합성된 Alq₂-Ncd라는 물질에 대하여 연구하였다. 특히 Alq₃ 보다 특성이 향상되거나 재료를 이용한 소자의 구조를 개선하여 그 성능 향상을 목적으로 하여 새로운 화합물에 대한 연구를 시도하였다.

합성한 발광물질인 Alq₂-Ncd(5,8-Dihydroxy-1,4-naphthaquinone)는 종전에 Alq₃가 가지고 있던 발광 범위를 획기적으로 개선하여 백색광에서 적색광까지의 범위를 가지고 있는 것으로 알려져 있다[7-8]. 따라서, 본 논문에서는 Alq₂-Ncd의 발광 특성을 이용하여 유기전기발광소자를 제작하여 효

율을 향상시키고자 하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 Alq₂-Ncd의 합성

Naphthacenedione 유도체는 각각 2개의 aluminum metal를 가지며 이것은 다시 2개의 quinone 유도체를 가지게 된다.

이 분자는 Alq₃가 가질 수 있는 발광성을 중앙에 있는 naphthaquinone 유도체와 naphthacenedione 유도체가 작용하여 여러 파장대의 발광성 기능을 가지게 된다.

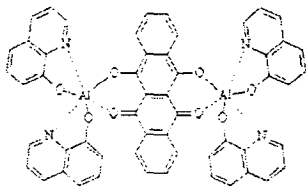


그림 1. Alq₂-Ncd의 분자구조

6.11-Dihydroxy-5.12-naphthacenedione 2.1[g] (8.3mmol)을 25[ml] THF에 녹이고 Tris(8-hydroxy-quinoline)aluminum 7.6[g] (16.6 mmol)을 천천히 가하여 상온에서 교반 한 다음 1시간 동안 환류 교반하였다. 이때 시료는 오렌지색에서 붉은색으로 점차 변하면서 잘 녹지 않았던 6.11-Di-hydroxy-5.12-naphthacenedione 이 완전히 녹는다. 시료 중에 고형물질이 완전히 사라진 다음 다시 2시간 동안 환류 교반하여 반응을 완결하였다. 합성된 화합물의 확인을 위한 스펙트럼은 다음과 같다. Uv-vis (nm, in THF): 243, 261, 390, 478, 505, 541.

(참고: 6.11-Dihydroxy-5.12-naphthacenedione: 263, 455, 482, 516. Alq₃: 237, 260, 320, 335, 392. ¹H-NMR (ppm, CDCl₃): 6.99~7.18, 7.18~7.28, 7.28~7.76, 7.76~7.92, 7.92~8.04, 8.14~8.28, 8.28~8.54, 8.76~8.90.

2.2 소자의 제작

양(+)전극으로는 ~15[Ω/m²]의 표면저항과 180[nm]두께의 ITO 기관 위에 정공 전달 물질인 TPD(SynTec으로부터 구입)의 박막두께는 15[nm]

로 일정하게 하고, 발광층으로 사용된 Alq₂-Ncd는 25[nm]의 두께로 약 0.5~1.0[A/s]의 비율로 약 1×10⁻⁶[torr]정도의 진공도에서 연속적으로 증착하였고, 음극으로 사용된 Al 전극은 1×10⁻⁵[torr]의 진공도에서 10~15[A/s]로, 두께 120[nm]를 증착하여 사용하였다.

발광면적은 마스크를 사용하여 15[mm²]의 크기로 하였으며, 모든 측정은 DC전압에서 측정하였다.

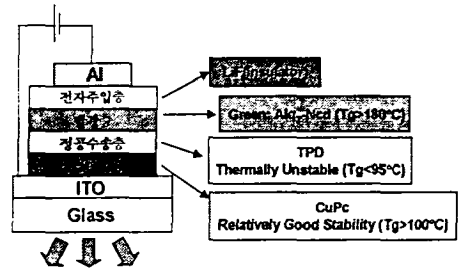


그림 2. 제작한 유기전기발광소자의 구조

3. 결과 및 고찰

3.1 광학적 특성

물질의 광학적 특성을 알아보기 위하여 석영 기판 위에 Alq₂-Ncd를 증착하여 PL을 측정하였다. PL 스펙트럼 피크는 539[nm]에서 확인되었다. 또한, EL 스펙트럼 피크는 504[nm]의 가시광선 영역을 가지고 있었다. 측정결과, Alq₂-Ncd는 녹색영역에서 발광함을 알 수 있었다.

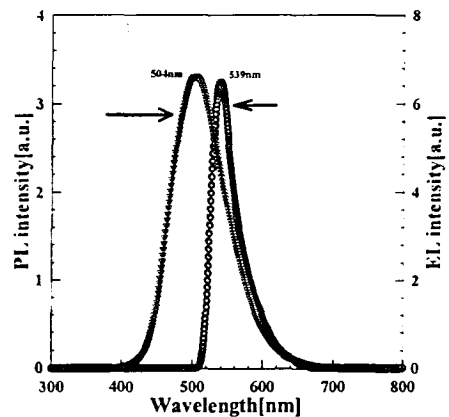


그림 3. Alq₂-Ncd의 PL 및 EL 스펙트럼

3.2 전기적 특성

소자의 전류-전압(I-V)특성 실험은 Keithley 2400을 이용한 2단자 법에 의해 전압을 인가하여 전류를 검출한 다음 전류-전압 곡선을 얻었다.

Turn-on 전압은 Alq₂-Ncd(발광층)에 CuPC(완충층)와 LiF를 사용하였을 때 7[V]였고, CuPC만 사용하였을 경우는 12[V]였다. 또한, LiF만 사용하였을 경우는 9[V]였고, Alq₂-Ncd만 사용하였을 경우는 약 14[V]였다. 전극을 Al로 했을 때보다 LiF/Al을 사용하였을 때의 turn-on 전압이 향상됨을 알 수 있었다.

즉, LiF의 도입이 유기물/음극 계면에서의 이온 이동에 의한 화학반응을 완전히 차단하지는 못하

지만 상당한 정도로 제한시키고 있으며 화학반응의 생성물에 의한 전자 주입을 제한함으로써 전체 소자 구동 효율의 향상을 유도하는 것을 알 수 있었다[9]. 또한 turn-on 전압의 감소와 더불어 전류 밀도의 상승은 완충층에 기인하는 것으로 생각할 수 있다.

밝기는 CuPC와 LiF를 사용했을 경우 약 7V에서 2702[cd/m²]였다. LiF만 사용한 경우는 약 16V에서 575[cd/m²]였고, CuPC만 사용했을 때는 약 18V에서 625[cd/m²]였다. Alq₂-Ncd만으로 구성된 소자는 약 20V에서 600[cd/m²]였다.

이것으로부터 소자 구동은 전류 밀도만의 함수로 표현될 수 없음을 알 수 있다. 정공주입층(CuPC)을 사용할 경우 발광효율의 향상은 구동 전압 감

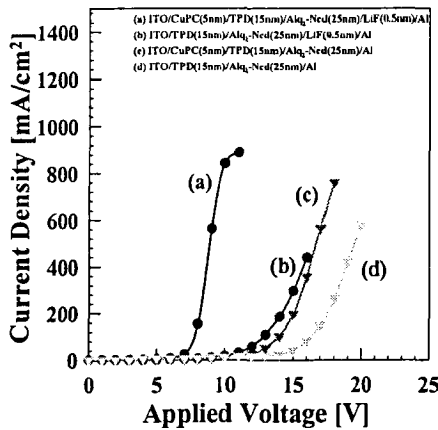


그림 4. 전류-전압(I-V)특성.

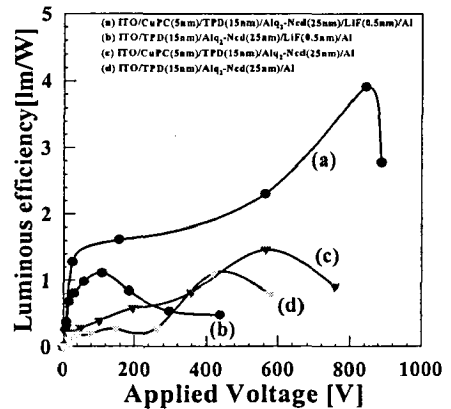


그림 6. 발광효율-전류밀도 특성.

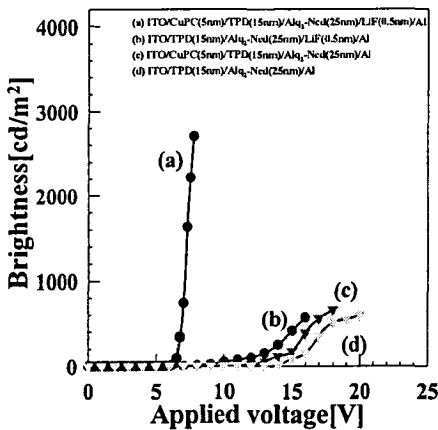


그림 5. 밝기-전압 특성.

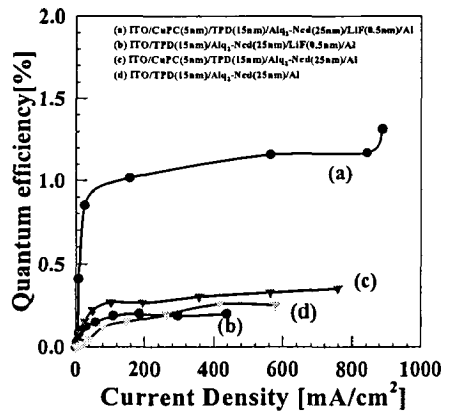


그림 7. 양자효율-전류밀도 특성.

하에 가장 큰 영향이 있는 것으로 판단된다. 즉, 소자의 구동 효율의 향상은 전류 밀도의 향상만으로 얻을 수 없다.

실험결과, 최대 밝기일 때 발광효율은 약 3.91 [lm/W]였고, 양자효율은 약 1.31[%]였다.

Alq₂-Ncd를 발광층으로 사용했을 경우 전류 밀도의 증가에 수반되는 발광 효율의 증가이다. 일반적으로 정공의 증가는 발광 효율에 악영향을 미치는 것으로 알려져 있는 반면 본 연구의 결과는 정공의 증가에도 불구하고 발광 효율이 증가한 것이다.

4. 결 론

Alq₂-Ncd는 지금까지 많이 알려져 있는 Alq₃ 보다 큰 분자량과 많은 π 전자를 가지고 있어, 이 전자는 Alq₃보다 넓은 공간을 소유하는 구조적 인 특징을 가지게 되어 성능이 향상된 발광소자로 응용될 수 있다. 따라서 본 연구에서 새로운 녹색 발광 물질인 Alq₂-Ncd를 합성하였고, 이들의 발광 특성에 대해 연구하였다. 실험 결과 발광물질 (Alq₂-Ncd)을 사용한 소자제작시 CuPC와 LiF를 사용한 경우가 저전압 및 효율향상을 기대할수 있었고, LiF만 사용한 경우는 저전압에만 영향을 주며 효율은 오히려 떨어지는 것을 알 수 있었다.

즉, CuPC는 금속/유기물 계면에 존재하는 에너지 장벽을 낮춤으로써 효과적인 정공의 공급을 유도할 수 있으며 다른 종류의 정공주입층이 보이는 무기물/유기물 계면의 한계를 극복할수 있는 대안으로 생각된다.

따라서, 본 연구에 사용된 발광물질(Alq₂-Ncd)이 기존에 널리 사용된 발광물질(Alq₃)로 제작된 유기 전기발광소자보다 발광특성이 양호하게 관측되었다[10]. 또한, 정공수송층과 발광층의 두께조절을 통한 밝기 및 발광효율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형 통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] N.C.Greenham, S.C.Moratti, D.D.C.Bradley, R.H.Friend and A.B. Holmes, Nature, 365 (1993) 628.
- [2] C.W. Tang and S.A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett. 51 (1987) 913.
- [3] J.H. Burroughes, D.D.C. Bradley, A.R. Brown, R.N. Marks, K. Mackay, R.H. Friend, P.L. Burns and A.B. Holmes, Nature, 347 (1990) 539.
- [4] M.A.Baldo, M.E. Thomson and S.R. Forrest, Nature, 403 (2000) 750.
- [5] N. Tamoto, C. Adachi and K. Nagai, Chem. Mater., 9 (1997) 1077.
- [6] H.K.Kim, M.K.Ryu, K.D.Kim, and J.W.Park, Macromolecules, 31 (1998) 11149.
- [7] Conference Program and Abstract of the 2nd International Conference on Electroluminescence from Molecular Materials and Related Phenomena, 1999, Sheffield, UK.
- [8] Abstract and Conference program of the 5th International Symposium on Functional Electron Systems, Ulm, 2002, Germany.
- [9] Q. T. Le, L. Yan and Y. Gao, M. G. Mason, D. J. Giesen and C. W. Tang, J. Appl. Phys. 87 (2000) 375.
- [10] P.E.Burrows, Z.Shen, V.Bulovic, D.M.McCarthy, S.R.Forrest, J.A.Cronin, M.E.Thompson, J. Appl. Phys., 79 (1996) 1991.