

Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq를 이용한 유기전기발광 소자의 특성

양기성, 신훈규, 김정균*, 권영수

동아대학교 전기공학과, 동아대학교 화학과*

Characteristics of OLEDs Using Alq₂-Ncd and Alq₂-Nq as Emitting Layer

Ki-Sung Yang, Hoon-Kyu Shin, Chungkyun Kim* and Young-Soo Kwon

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

Abstract

In this paper, new luminescent material, 6,11-dihydroxy-5,12-naphthacene-dione Alq₃ complex (Alq₂-Ncd), 1,4-dihydroxy-5,8-naphthoquinone Alq₃ complex (Alq₂-Nq) was synthesized. And extended efforts had been made to obtain high-performance electroluminescent(EL) devices, since the first report of organic light-emitting diodes(OLEDs) based on tris-(8-hydroxyquinoline) aluminum(Alq₃). We have performed investigate characterization of the materials. Current-voltage characteristics, luminance-voltage characteristics and luminous efficiency were measured by Flat Panel Display Analysis System(Model 200-AT) at room temperature. An intensive research is going on to improve the device efficiency using the hole injection layer, different electrodes, and etc. By using the hole injection layer, the charge-injection can be controlled and the stability could be improved. This study indicates not only the sterical effect but also some other effects would be responsible for the change of the emission wavelength.

Key Words : Alq₃ derivatives, luminescence, emitting layer

1. 서론

정보사회의 급진전으로 언제 어디서나 정보를 주고받게 되었다. 이에 따라 정보를 표시하는 디스플레이 장치도 무겁고 휴대하기 힘든 브라운관에서 가벼운 평판 디스플레이로 옮겨가는 추세이다. 그 중 액정 디스플레이(LCD)는 가볍고 전력소모가 작은 평판 디스플레이로서 현재 가장 많이 사용되어지나, LCD는 자체 발광소자가 아니 수광소자이며 밝기, contrast, 시야각, 대면적화 등에 기술적 한계가 있다. 이러한 단점을 극복할 수 있는 새로운 평판 디스플레이 가운데 하나가 유기전기발광

디스플레이(OLED)이다.

OLED는 자체발광형이기 때문에 LCD에 비해 시야각, 대조비 등이 우수하며, 백라이트가 필요하지 않기 때문에 경량박형이 가능하고, 소비전력 측면에서도 유리하다. 이러한 여러 장점들을 가지고 있으나, 동시에 아직 기술개발의 초기단계에 있기 때문에 여러 문제점들을 가지고 있다. 유기전기발광 소자를 디스플레이로 상용화하기 위해서는 적어도 5[V] 이하의 구동전압에서 약 100[cd/m²]의 밝기로 10000시간 연속 발광을 할 수 있어야한다[1]. 따라서 열에 강하고 발광효율이 뛰어난 유기 재료에 대한 연구와 함께 소자의 안정성에 대한 연구가

요구되고 있다. 지금까지 여러 가지 유기금속성 화합물들이 OLED의 발광재료로 이용되어 왔으나 이 중에서 Alq₃는 가장 뛰어난 발광효과를 가지고 있다고 알려져 있다[2-6]. Alq₃의 성능개선을 위한 많은 연구가 진행되었으나 효과가 그다지 크지 않았으며, 이 화합물의 발광범위를 넓히기 위한 시도도 있지만 아직 밝혀지지 않은 내용이 더 많다고 할 수 있다.

본 연구에서는 현재까지 알려진 알루미늄-퀴논계의 유기EL 화합물들이 가지고 있는 특성을 개선하기 위해서 새롭게 합성된 Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq라는 물질에 대하여 연구하였다. 특히 Alq₃보다 특성이 향상되어진 재료를 이용하여 새로운 화합물에 대한 연구를 시도하였다. 합성한 발광물질인 Alq₂-Ncd(6,11-Dihydroxy-5,12-naphthacenedione)와 Alq₂-Nq(1,4-Dihydroxy-5,8-naphthaquinone)는 종전에 Alq₃가 가지고 있던 발광 범위를 획기적으로 개선하여 백색광에서 적색광까지의 범위를 가지고 있는 것으로 알려져 있다[7-8]. 본 논문에서는 Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq의 발광특성을 이용하여 유기 전기발광소자를 제작하였고, Alq₃와 비교 분석하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 Alq₂-Ncd의 합성

6,11-Dihydroxy-5,12-naphthacenedione 2.1[g]
(7.23mmol)을 50[m] THF에 녹이고 Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum 6.64[g] (14.46 mmol)을 천천히 가하여 상온에서 교반 한 다음 1시간 동안 환류 교반하였다. 이때 시료는 오렌지색에서 붉은색으로 점차 변하면서 잘 녹지 않았던 6,11-Dihydroxy-5,12-naphthacenedione이 완전히 녹는다. 시료 중에 고형물질이 완전히 사라진 다음 다시 2시간 동안 환류 교반하여 반응을 완결하였다.

2.2 Alq₂-Nq의 합성

5,8-Dihydroxy-1,4-naphthaquinone 0.21[g]
(1.08mmol)을 THF 25[m]에 녹이고 Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum 1.01[g] (2.17 mmol)을 천천히 가하여 상온에서 교반한 다음 1시간 동안 환류 교반하였다. 이때 시료는 붉은색에서 보라색으로 점차 변하면서 잘 녹지 않았던 5,8-Dihydroxy-1,4-naphthaquinone이 완전히 녹는다. 고형물질이 완전히 사라진 다음 다시 2시간 동안 환류 교반하

여 반응을 완결하였다. 두 가지 합성된 화합물을 UV-Vis.과 ¹H-NMR로서 확인하였다.

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

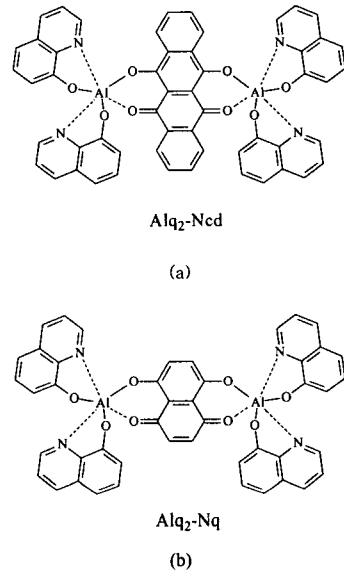


그림 1. Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq의 분자구조

2.3 소자의 제작

소자의 구조는 양전극/정공전달층/발광층/음전극으로 구성하였다. 양(+전극)으로는 15[Q/m²]의 표면저항과 180[nm]두께를 가지는 ITO 기판을 사용하였다. 이 위에 TPD를 정공전달층으로 사용하였고, 박막두께는 15[nm]로 일정하게 하고, 발광층으로 사용된 Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq는 25[nm]의 두께로 약 0.5~1.0[Å/s]의 비율로 약 1×10⁻⁶[torr]정도의 진공도에서 연속적으로 증착하였다. 음극으로 사용된 Al 전극은 1×10⁻⁵[torr]의 진공도에서 5~10[Å/s]의 비율로, 120[nm]를 증착하였다. 발광면적은 마스크를 사용하여 0.3×0.3[cm²]의 크기로 하였으며, 모든 측정은 DC전압에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

2.1 광학적 특성

물질의 광학적 특성을 알아보기 위하여 Alq₃, Alq₂-Ncd, Alq₂-Nq를 Chloroform에 용해시킨 후 액체 상태에서 PL을 측정하였다.

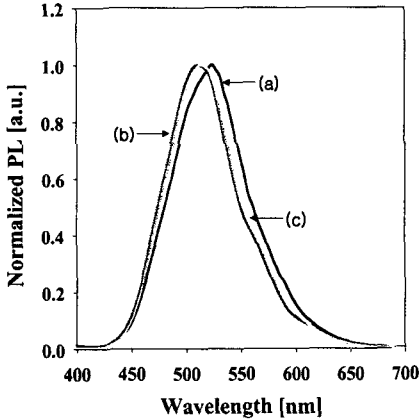


그림 2. (a)Alq₂-Ncd (b)Alq₂-Nq (c) Alq₃의 PL

그림2는 세 가지 시료의 정규화된 PL을 나타내었다. 최대파장피크는 (a)523[nm], (b)511[nm], (c) 513[nm]로서 Alq₂-Ncd가 Alq₃에 비해 10[nm]정도 오른쪽으로 옮겨진 것을 알 수 있고, yellowish-green에 가까운 PL 특성을 나타내었다. (b)와 (c)는 전형적인 녹색 발광 특성을 나타내었다. PL스펙트럼은 PerkinElmer사의 LS45 spectroscopy로 상온에서 측정하였다.

세 가지 시료를 ITO/TPD/Alq₂-Ncd, Alq₂-Nq, Alq₃/Al의 구조로 구성하여 진공 증착하여 소자로 제작하였다.

그림 3은 세 소자의 EL 스펙트럼을 측정한 것이다. EL 스펙트럼 피크는 (a)504[nm], (b)511[nm], (c)517[nm]로 나타났으며, 파장이 조금씩 다르나 모두 녹색 발광하는 것을 알 수 있다. Alq₂-Nq가 가장 강한 녹색의 빛을 발광하였고, intensity는 Alq₂-Nq가 가장 높으며, Alq₂-Ncd, Alq₃ 순이었다.

2.2 전기적 특성

소자는 EL 스펙트럼을 측정할 때와 같은 양극/정공전달층/발광층/음극의 구조로서 제작하였으며, ITO(180nm)/TPD(15nm)/EML(25nm)/Al(120nm)

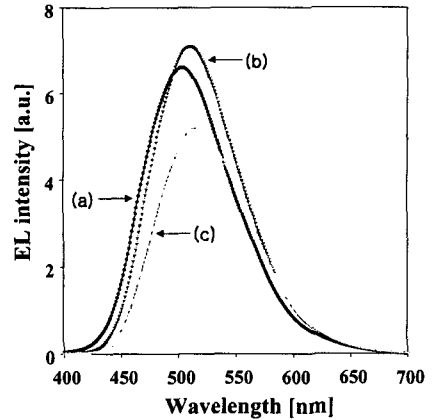


그림 3. (a) Alq₂-Ncd(25nm) (b) Alq₂-Nq(25nm) (c) Alq₃(25nm)의 EL스펙트럼

의 두께로 구성하였다.

소자의 전류-전압(I-V)특성과 전압-휘도(V-L)특성 등의 실험은 Keithley 2400과 617 electrometer, Si-photodiode를 이용하여 측정하였다. 측정 시 Keithley 2400을 이용한 2단자 법에 의해 전압을 인가하여 전류를 검출하면서 동시에 휘도, 효율 등의 특성을 측정하였다.

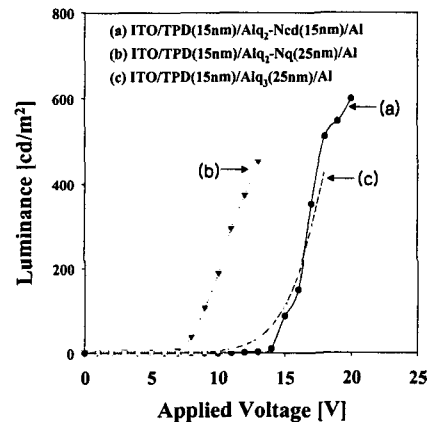


그림 4. 휘도-전압 특성

그림4는 소자의 전압에 따른 휘도 특성을 나타낸 것이다. 최대밝기는 (a)20[V]에서 600[cd/m²], (b)13[V]에서 453[cd/m²], (c)18[V]에서 432[cd/m²]로 나타났다.

참고 문헌

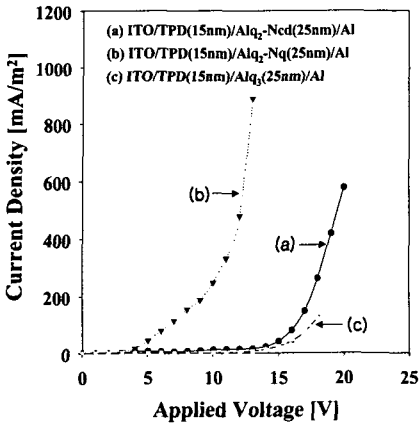


그림 5. 전류-전압(I-V) 특성

그림5는 전압에 따른 전류 특성을 나타낸 것이다. (b)Alq₂-Nq의 전류밀도가 (a)Alq₂-Ncd, (c)Alq₃에 비해 낮은 전압에서 급격하게 상승하는 것을 알 수 있다. 턴-온 전압 역시 (a)와 (c)는 10[V]이상에서 형성되었으나, (b)는 약 6~7[V]사이로 많이 낮은 것을 알 수 있었다.

4. 결론

Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq는 지금까지 많이 알려져 있는 Alq₃ 보다 큰 분자량과 많은 π 전자를 가지고 있다. 이 전자는 Alq₃보다 넓은 공간을 소유하는 구조적인 특징을 가지게 되어 성능이 향상된 발광소자로 응용될 수 있다. 본 연구에서 새로운 녹색 발광 물질인 Alq₂-Ncd와 Alq₂-Nq를 합성하였고, 이들의 발광 특성에 대해 연구하였다. Alq₂-Nq의 경우 구동전압(턴-온 전압) 면에서 기존의 Alq₃보다 3[V]이상 낮아지는 결과를 보였다. Alq₂-Ncd는 기존에 널리 사용된 Alq₃로 제작된 유기전기발광소자보다 발광특성이 양호하게 관측되었다[10]. 또한, 정공수송층과 발광층의 두께조절을 통한 밝기 및 발광효율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

- [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.