

음극전극의 종류에 따른 유기발광소자의 특성에 관한 연구

노병규, 김중연, 오환술
건국대학교 전자·정보통신공학과
전화 : 02-450-3494 / 핸드폰 : 016-401-3399

A Study on Characteristics of Organic Light-Emitting Device with Various Cathodes

ByeongGyu Roh, JoongYeoun Kim, HwanSool Oh
Dept. of Electronics, Information & Communication Engineering, Konkuk University
E-mail : bgroh@kkucc.konkuk.ac.kr

Abstract

This paper has been studied on characteristics of organic light-emitting device with various cathode materials. These cathode materials were Al:Li(5%), Al, Cu, CsF/Al. And in these devices, HTL(hole transfer layer) was TPD and EML(emitting layer) was Alq₃. We studied the I-V characteristics for each device. And then, the turn-on voltage of device for Al-Li(5%), Al, Cu, CsF/Al cathode were 7, 9, 13, 3V respectively. So, the CsF/Al cathode is superior to other cathode materials for I-V characteristics.

I. 서론

유기발광소자는 C.W. Tang^[1]에 의해 처음 제시된 후 많은 연구개발이 진행되어왔고 현재, 저전압구동, 박막형, 발광 및 빛의 균일성등의 장점으로 인해 차세대 평판디스플레이 소자로 대두되기 시작하였다^[2]. 그러나 아직까지 유기발광소자의 효율과 수명은 개선의 여지가 남아있어 많은 연구가 진행중이다^[3-6]. 본 논문에서는 유기발광소자의 동작특성을 향상시키기 위하여 음극전극의 종류에 따라 제작하고 전기적인 특성을 조사하였다. 국내에서도 많은 관심을 받고 있는 유기발광소자의 음극의 종류에 따른 특성연구는 상용화하는데 있어서 필수적인 연구라 볼 수 있다. 따라서 본 논

문은 음극의 종류를 Al:Li(5%), Al, Cu, CsF/Al로 4가지로 하여 제작하고 발광층은 Alq₃, HTL(hole transfer layer)로는 TPD를 사용하여 전체 소자를 제작하여 전기적인 특성을 조사하고 유기발광소자의 음극으로 가장 좋은 물질을 제시하고자 한다.

II. 실험방법

본 실험에서 사용된 정공 주입 재료(hole transfer layer)는 양극전극에 직접 접촉하기 때문에 정공 주입 장벽이 낮은 재료가 요구된다. 즉, 양극으로 주로 사용되는 ITO(indium tin oxide)의 이온화 포텐셜과 거의 동일한 이온화 포텐셜을 갖는 재료가 바람직하다. 이러한 재료를 사용함으로써 소자의 구동전압을 줄이고 안정성도 우수하기 때문에 소자의 수명과 내열성의 향상을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 정공수송능력이 뛰어나 가장 널리 사용되고 있는 TPD를 사용하였다. 또한 발광물질로는 금속착체 화합물로 가장 대표적인 유기 단분자 물질인 Alq₃를 사용하였다. 이는 녹색영역(550nm)에서 발광하는 물질이다. 음극의 재료로는 일함수가 낮은 물질이 좋는데 일함수가 낮은 금속은 일반적으로 화학적으로 활성적이고 산소 및 수분에 의해 산화 등의 화학 변화를 일으키기 쉽다. 이 문제를 해결하기 위해 낮은 일함수의 금속과 화학적으로 안정한 금속을 중첩함으로써 음극의 화학적 안정성을 얻어야 한다. 음극의 일함수를 낮추면 구동 전압이 낮아질 뿐

만 아니라 휘도 등의 발광특성도 향상된다. 본 논문에서 사용된 기본 구조는 그림 1과 같이 ITO(1200 Å)/TPD(300 Å)/Alq₃(700 Å)/Metal Cathode 이다.

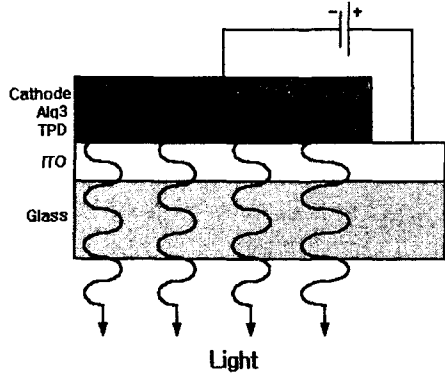


그림 1 유기발광소자의 구조

사용한 기판은 유리(glass) 위에 인듐틴옥사이드(ITO)가 코팅된 20.Ω/□의 면저항을 갖고 두께가 1200 Å인 것을 사용하였다. 제조공정은 첫단계로 ITO를 세척을 한 후 ITO를 패터닝(patterning)하고 다시 세척을 하여 ITO전처리 과정을 거쳐 진공증착장비로 다단계 진공증착법을 이용하여 유기물을 증착하였다. 유기물 증착후 4종류의 금속인 Al:Li(5%), Al, Cu, CsF/Al을 증착하기 위하여 진공증착장비를 사용하였다.

음극 전극을 형성시킨 방법은 진공증착법을 사용하였으며 이 때 진공도는 5×10⁻⁶ Torr였다. 각각의 음극 전극 형성은 그림 2와 같이 다단계 진공 증착법을 사용하였다.

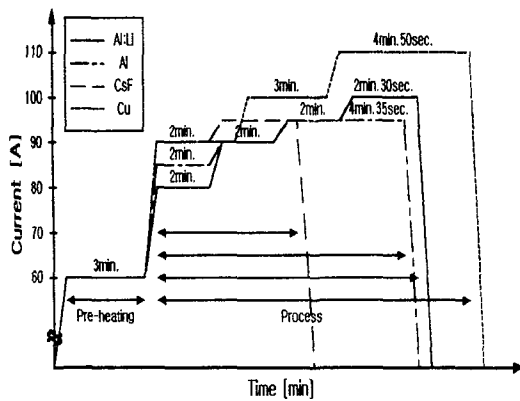


그림 2. 각각의 음극 형성을 위한 다단계 진공증착 조건

이 때 유기물 층인 TPD와 Alq₃의 증착 조건은 표 1과 같다.

표 1. 유기물의 증착 조건

Layers	진공도	증착량	두께	증착시간
TPD	5×10 ⁻⁶ Torr	5mg	300 Å	130sec.
Alq ₃	5×10 ⁻⁶ Torr	8mg	700 Å	330sec.

각 음극 전극의 두께는 Al:Li(5%), Al, Cu전극은 모두 1000Å, CsF/Al의 경우에는 CsF층을 75Å, Al은 200Å의 두께를 갖도록 증착하였다. CsF/Al층을 증착할 경우에는 습기와 산소의 영향을 최소화 하기 위해 CsF증착하고 나서 챔버를 개방하지 않고 즉시 Al층을 증착하였다.

III. 검토 및 고찰

본 실험에서 제작된 유기발광소자의 열평형상태에서의 에너지 대역도는 그림 3과 같다. Al:Li, Al, Cu 물질은 발광층인 Alq₃의 일함수보다 모두 아래쪽에 위치하고 있는 반면에 CsF층은 발광층보다 위쪽에 에너지가 존재한다. 이와 같이 CsF층이 발광층의 위쪽에 존재하면 그림 4와 같이 유기발광소자에 순바이어스가 인가되면 CsF층에서 전자가 쉽게 발광층으로 주입이 될 수 있다. 즉, 그림 5와 같이 발광층에서 발생될 재결합 위해서 Al:Li, Al, Cu에서 발광층으로 주입되는 전자는 각각 1.17, 1.18, 1.55eV의 에너지 장벽을 만나지만 CsF(일함수는 1.9eV^[7])의 경우에는 어떠한 에너지 장벽도 없이 쉽게 발광층으로 주입된다.

Vacuum Level

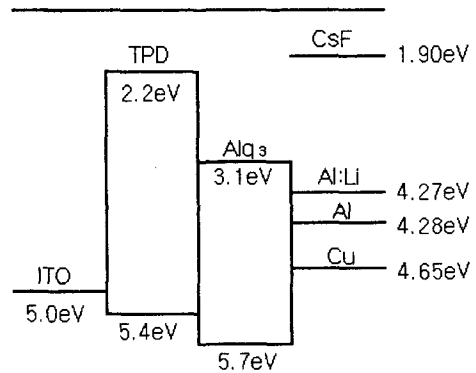


그림 3. 열평형상태에서의 에너지 밴드

즉, Al층 밑에 CsF층을 삽입할 경우 에너지 레벨은 Alq₃의 LUMO위에 위치하여 쉽게 전자가 발광층으로 주입되는 것이다. 이러한 결과는 그림 8에서 볼 수 있는 바와 같이 동작전압이 낮게 나타난 것으로 확인할

수가 있다. 즉, 같은 전압에서 CsF층이 Al 전극 밑에 형성되었을 때 더욱 큰 전류가 흐르는 것으로 사료된다. 이러한 원인은 해리된 CsF가 AlF₃를 생성하고 남은 자유로운 Cs의 영향인 것으로 사료된다. 다른 물질에서는 이러한 해리작용이 발생되지 않았으므로 동작 전압이 높게 나온 것으로 보인다. 그러므로 다른 금속물질 보다도 가장 좋은 특성을 보이는 CsF/Al가 유기발광소자의 음극전극으로 가장 적합할 것으로 판단된다.

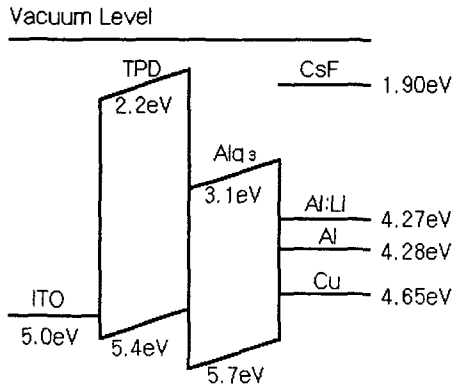


그림 4. 순방향바이어스시 에너지 밴드

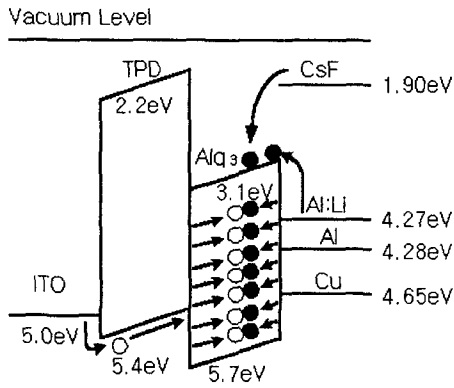


그림 5. 유기발광소자의 발광 메커니즘

또한 정공의 이동도가 전자의 이동도보다 빠르기 때문에 Alq₃와 금속 전극 계면에서 정공과 전자의 재결합에 의해 발광층인 Alq₃의 고유파장에 해당되는 524nm에서 최대발광을 보였다. 이러한 Alq₃의 전계 발광 스펙트럼과 실제 제작된 소자의 발광사진을 그림 6과 그림 7에 나타내었다.

본 실험에서 사용된 음극 전극 재료에 따른 전류-전압 특성을 그림 8에 나타내었다.

전류, 전압특성 결과로서 음극재료가 Al일 경우 9V, Cu는 13V, Al-Li(5%)는 7V, CsF/Al은 3V에서 발광이 시작되었다. 모든 전극 중에서도 가장 낮은 발광 전압을 보인 것은 CsF/Al 층이었다. 이것은 기존에 알려진 Al-Li전극을 사용한 것 보다도 더 낮은 전압에서 동작을 보이는 우수한 음극 전극 물질로 사료된다.

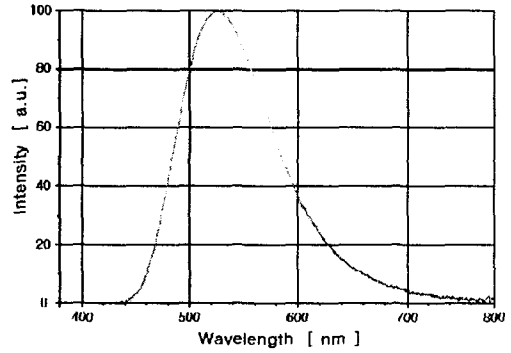


그림 6. Alq₃ 발광층의 EL 스펙트럼

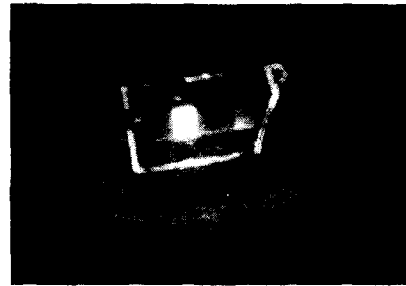


그림 7. 실제 제작된 소자의 발광사진

이와 같이 CsF층을 Al 전극 밑에 형성함으로써 다른 전극의 소자보다 동작전압이 낮게 나타난 것은 음극에서의 전자주입이 보다 양호하였기 때문이라 사료된다.

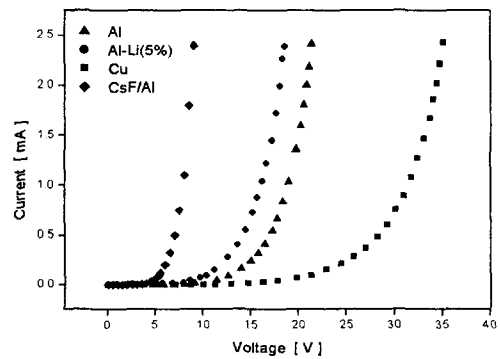


그림 8. 전극에 따른 유기발광소자의 I-V특성

IV. 결론

본 논문은 음극 전극 형성시 Al:Li(5%), Al, Cu, CsF/Al 금속을 이용하여 4종류의 유기발광소자를 제작하였다. 이 때 발광층은 Alq₃, HTL(hole transfer layer)로는 TPD를 사용하여 전체 소자를 제작하였으며 전류-전압 특성을 조사한 결과 Al층 밑에 CsF층을 삽입하였을 경우에 가장 좋은 특성을 보였으며 동작전압은 음극재료가 Al일 경우 9V, Cu는 13V, Al-Li(5%)는 7V, CsF/Al은 3V이었다.

CsF/Al 전극을 사용하였을 경우 동작전압이 낮아진 원인은 해리된 CsF가 AlF₃를 생성하고 남은 자유로운 Cs의 영향인 것으로 사료된다. 다른 물질에서는 이러한 해리작용이 발생되지 않았으므로 동작 전압이 높게 나온 것으로 보인다. 그러므로 다른 금속물질 보다도 가장 좋은 특성을 보이는 CsF/Al이 유기발광소자의 음극전극으로 가장 적합할 것으로 판단된다.

double-layered organic light-emitting diodes with the Al₂O₃/Al cathode", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 70, No. 10, pp. 1233-1235, 1997

- [7] W. H. Kohl, *Handbook of materials and techniques for vacuum devices*, New York: AIP Press, 1995

참고문헌

- [1] C.W. Tang and S.A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 51, No. 12, pp. 913-915, 1987
- [2] W. Conard Holton, "Light-emitting polymers: Increasing promise", *Solid State Technology*, Vol. 40, No. 5, pp. 163-167, 1997
- [3] E.I. Haskal, A. Curioni, P.F. Seidler, and W. Andreoni, "Lithium-aluminium contacts for organic light-emitting devices", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 71, No. 9, pp. 1151-1153, 1997
- [4] J. Shi and C.W. Tang, "Doped organic electroluminescent devices with improved stability", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 70, No. 13, pp. 1665-1667, 1997
- [5] B. Zhang, W. Zhao, Y. Cao, X. Wang, Z. Zhnang, X. Jiang, "Photoluminescence and electroluminescence of squarylium cyanine dyes", *Synthetic Metals*, Vol. 91, No. 1, pp. 237-241, 1997
- [6] F. Li, H. Tang, J. Anderegg, and J. Shinar, "Fabrication and electroluminescence of