

Top-Emitting Organic Light-Emitting Diodes Based on the Interfacial Electronic Structures of Bis(8-Quinolinolato)Aluminum (III)/Barium

임종태*, 염근영
성균관대학교, 신소재공학부

초 록 : 반투명 전도성 음극 (semi-transparent conducting cathode)인 Ba (x nm)/Au (20 nm)/ITO (100 nm)을 이용하여 전면발광 유기전계 발광 소자 (top-emitting organic light-emitting diodes, TEOLEDs)를 제작했다. Ba과 bis(8-quinolinolato)aluminum (III) (Alq_3) 계면의 전자구조는 엑스선 광전자 분광법 (X-ray photoelectron spectroscopy, XPS), 자외선 광전자 분광법 (ultraviolet photoelectron spectroscopy, UPS) 및 가까운 끝머리 엑스선 흡수 미세구조 (near-edge x-ray absorption fine structure, NEXAFS) 스펙트럼의 광 방출 특성을 통하여 조사되었다. Alq_3/Ba 계면 특성에 있어서 XPS와 NEXAFS 특성에 의하면, Alq_3 (10.0 nm) 위에 Ba이 연속적으로 증착됨에 따라 Ba으로부터 Alq_3 로의 전자전달 (electron charge transfer) 특성은 꾸준히 증가된다. 그러나 Ba의 두께가 1.0 nm 이상 초과되면 Ba의 전자전달에 가인한 반응성때문에 Alq_3 의 분자구조가 해리된다. 한편, 제작된 TEOLED의 전류-전압-휘도 곡선의 경우에서도 바륨의 증착 두께가 1.0 nm일 때 가장 우수한 구동특성을 나타냈다.

1. 서 론

최근에 전면발광 (top-emitting, TE) 방식의 유기전계 발광소자 (organic light-emitting diodes, OLEDs)는 능동형 (active-matrix, AM) 디스플레이에서 개구율을 향상시키는 데 적합한 디스플레이 구조로서 많은 연구가 있었다. 이러한 conventional TEOLED 구조에 있어서 음극으로부터 전자 전달 층 (electron transfer layer, ETL)으로 효율적인 전자전달 (electron charge transfer) 특성이 문제시 되어왔다 이를 극복하기 위하여 낮은 일함수 (work function)를 지닌 금속이 일반적으로 사용되었다. 이러한 낮은 일함수를 가진 메탈은 크게 알칼리 메탈 (alkali metal)로 Li, Na, K 및 Cs이 사용되었고 알칼리토 메탈 (alkaline earth metal)로 Mg 및 Ca 등이 사용되어 왔다. 그러나 Ba에 기초한 TEOLEDs에 사용되는 반투명 전도성 전극 (semi-transparent conducting electrode)에 대한 계면 특성은 아직까지 거의 연구되지 않았다.

본 연구에서는 엑스선 광전자 분광법 (X-ray photoelectron spectroscopy, XPS), 자외선 광전자 분광법 (ultraviolet photoelectron spectroscopy, UPS), 가까운 끝머리 엑스선 흡수 미세구조 (near-edge x-ray absorption fine structure, NEXAFS) 스펙트럼을 통하여 바륨이 Alq_3 위에 증착될 때 계면의 전자구조의 변화를 측정했다. 이들 데이터와 Ba/Au/ITO의 다 층 음극을 포함하는 TEOLEDs의 전류-전압-휘도 특성을 비교하여 설명했다.

2. 본 론

XPS의 O 1s의 내각 준위 (core level) spectra에 있어서, 10.0 nm의 Alq_3 위에 Ba을 연속적으로 증착했을 때 Ba의

두께가 0~1.0 nm까지는 531.7 eV의 순수한 Alq_3 의 피크에 비해 본래의 symmetry를 유지하며 530.4 eV까지 낮은 결합에너지로 이동한다. Ba의 증착 두께가 2.0 nm를 초과하면 527.3 eV의 더 낮은 결합에너지에서 새로운 피크가 출현하기 시작하고 530.4 eV의 피크는 소멸되기 시작한다. 그리고 Ba을 10.0 nm까지 증착하면 530.4 eV의 피크는 거의 사라지고 527.4 eV 피크만 남는다. 한편, Ba 3d의 내각 준위 스펙트럼에 있어서 Alq_3 (10.0 nm)위에 바륨을 증착했을 때 증착두께가 증가됨에 따라 낮은 결합에너지로 이동하다가 10.0 nm 이상부터 높은 결합에너지로 이동되는 특성을 나타냈다. 높은 결합에너지로의 이동은 Ba로부터 Alq_3 로의 전자전달이 감소됨을 의미한다. 이러한 O 1s와 Ba 3d 스펙트럼의 특성으로 보아 Alq_3 위에 바륨의 1.0 nm를 초과하는 증착은 Alq_3 분자구조에서 퀴놀린의 O와 Al간의 결합이 해리됨을 의미한다. 이러한 해석은 Alq_3 위에 0.4 nm 이상의 Ca을 증착했을 때 Alq_3 의 분자구조의 해리와 같은 해석이다 [1].

한편, UPS 스펙트럼을 통하여 Alq_3 (10 nm) 위에 Ba (0~1.0 nm)이 증착됨에 따른, Ba으로부터 Alq_3 로의 전자주입 장벽을 고찰했다. 전자주입 장벽은 Ba의 증착 두께가 1.0 nm일 때 0.3 eV로써 가장 낮다.

또한, NEXAFS 스펙트럼으로부터 Ba으로부터 Alq_3 로의 전자주입의 효율성과 전자가 주입된 최저 비점유 분자 궤도함수 (the lowest unoccupied orbital, LUMO)의 에너지 준위의 변화 등을 조사했다. C K-edge에 경우에서, Alq_3 (10.0 nm) 위에 Ba을 0에서부터 0.4 nm까지 증착두께가 증가함에 따라 LUMO와 LUMO+1보다는 LUMO+2와 LUMO+3로 전자주입이 상대적으로 더 증가했다. O K-edge의 경우, 바륨의 증착이 증가됨에 따라 σ^* 보다는 π^* 로의 전자주입이 증가됨을 고찰했다.

glass/Ag (100 nm)/ITO (125 nm)/2-TNATA (30 nm)/NPB (15 nm)/ Alq_3 (55 nm)/Ba (x nm)/Au (20 nm)/ITO (100 nm)의 녹색 소자에 있어서, 바륨의 두께가 0, 0.5, 1.0nm, 2.0 nm, 3.0 nm일 때, 소자의 전류-전압-휘도 곡선에 있어서 발광효율과 휘도 특성은 바륨의 두께가 1.0 nm일 때 가장 우수한 특성을 나타냈다. 바륨의 두께가 1.0 nm일때, 11.6 V에서 71,000 cd/m^2 의 최대휘도와 100 cd/m^2 에서 1.6 lm/W 의 발광효율을 나타냈다.

3. 결 론

Alq_3/Ba 의 계면에 있어서, Ba로부터 Alq_3 의 LUMO 준위의 전자주입 특성은 Ba의 증착두께가 증가함에 따라 증가한다. 그러나 Ba의 증착두께가 1.0 nm를 초과하면 Alq_3 의 분자구조가 해리되는 특성이 관찰되었다. Ba을 포함하는 음극과 Alq_3 를 ETL로 사용하는 OLEDs에 있어서 Ba의 최적의 증착두께는 1.0 nm일 때, 가장 우수한 구동특성을 나타냈다.

감 사 의 글

본 연구는 테라급나노개발사업 (2006-0420-100)과 포항 방사광가속기의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] V.-E. Choong, "Investigation of the interface formation between calcium and tris(8-hydroxy quinoline)aluminum", Appl. Phys. Lett., Vol. 72, No. 21, p2689 (1998).