

발광형 교통안전표지용 고효율 청색유기발광소자의 제작 및 특성분석

The fabrication and characteristic analysis of high efficiency blue OLED
for luminous traffic safety mark

전현성, 김중연, 강명구, 오환술

(한국폴리텍1대학, 교수), (SK텔레콤, 과장), (극동정보대학, 교수), (건국대학교, 교수)

Key Words : Traffic safety mark, Blue OLED, CIE, Traffic accident, High efficiency

목 차

I. 서 론, II. 실 험, III. 측정 및 고찰, IV. 결 론, 참고문헌

I. 서 론

발광형 교통안전표지는 시인성(Visibility)이 좋아야하며, 휘도, 조도, 광원의 균일성 및 색도가 좋아야 한다. 현재 LED(Luminescent Diode)와 광섬유를 이용한 모델들이 사용되고 있다. 그러나 LED와 광섬유를 이용한 모델들은 LDP(LDM Display Panel) 형식으로 LDM(LED Dot Matrix) 등의 점발광소자를 광원으로 이용하고 있다. 이런 점발광소자의 단점은 FLD(Flat Luminescence Device) 등의 면발광 소자에 비해 광원의 균일성이 떨어진다는 단점이 있다.

경찰청은 발광형 교통안전표지에 대한 표준지침을 2005년 발표하였다. 그러나 발광형 교통안전표지의 설치는 기술상 및 예산상의 문제로 인하여 많이 사용되지 않고 있다. 이로 인한 야간의 가시성 문제는 야간 교통사고 시 피해를 크게 만드는 요인이 되어, 발광형 교통안전표지의 필요성이 대두되고 있다.

발광형 교통안전표지는 안개가 잦은 곳, 야간 교통사고가 많이 발생하거나 발생가능성이 높은 곳, 도로의 구조로 인하여 가시거리가 충분히 확보되지 않은 곳 등과 같은 장소에서 제한적으로 사용하도록 규정 되어 있다[1]. 발광형 교통안전표지는 주의표지와 규제표지로 구분하며, 그 종류는 <표 1>과 같다.

<표 1> 발광형 교통안전표지의 종류

구 분	종 류
주의 표지	좌로 굽은도로, 우로 굽은도로 등
규제 표지	최고 속도제한 등

발광형 교통안전표지의 효과를 알아보기 위해서는 야간 및 안개, 비 등의 시계에 제한을 받는 상황에서의 사고 내역을

알아볼 필요가 있다.

첫째, 2005년 주야별 사고 통계내역(인피사고)을 <표 2>에 나타내었다[2]. <표 2>에서처럼 전체사고의 61.0%인 30,250건이 주간에 발생하여 야간의 39.0%인 19,376건 보다 1.5배가 많이 발생하였으나, 치사율의 경우 주간이 3.6인데 비해 야간이 7.5로써 주간 사고에 비해 야간 사고 시 치사율이 2배가 높은 것으로 나타났다.

<표 2> 2005년 주야별 교통사고

구분	발생건수		사망자			부상자	
	(건)	구성비	(명)	구성비	치사율	(명)	구성비
계	49,626	100	2,543	100	5.1	50,247	100
주간	30,250	61.0	1,095	43.1	3.6	30,821	61.3
야간	19,376	39.0	1,448	56.9	7.5	19,426	38.7

둘째, 발광형 교통안전표지를 먼저 도입한 다른 나라들과의 주야별 교통사고 통계내역을 <표 3>에 나타내었다[3]. 국가별로 보면 우리나라의 경우 야간 시간대의 사고 구성비가 다른 나라에 비해 높은 것으로 나타났다. 사고 건수는 일본에 비해 낮았지만, 야간 사고 구성비를 비교하면 우리나라가 48.2%인데 반해 일본은 28.2%, 프랑스 35.4%, 노르웨이 33.5%로 나타났으며, 우리나라는 일본에 비해 약 2배의 높은 것으로 나타났다.

교통사고 통계를 통해 알아본 바와 같이 사고건수는 주간이 많지만, 치사율은 야간이 더 높은 것을 알 수 있었다. 또한, 국가별 교통사고 발생 건수를 비교하면 발광형 교통안전표지를 사용하는 일본과 유럽국가에 비해 야간 교통사고 비

율이 높은 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 고효율의 발광형 교통안전표지의 필요성이 대두되는 것이다.

<표 3> 2003년 국가별 교통사고 발생건수

국가	대한민국		일본		프랑스		노르웨이	
	(건)	(%)	(건)	(%)	(건)	(%)	(건)	(%)
계	240,832	100	947,993	100	90,220	100	8,034	100
주간	124,728	51.8	680,302	71.8	58,321	64.6	5,343	66.5
야간	116,107	48.2	267,691	28.2	31,899	35.4	2,691	33.5

유기발광소자는 유기박막에서의 자체발광을 이용하므로 TFT-LCD와 달리 백라이트가 필요 없으며 저전력 구동 및 경량화, 박형화가 가능하여 여러 정보화기기 및 가전기기의 응용에 적용시 기타 다른 평면 디스플레이와 비교하여 모듈화가 용이하고, CRT와 비교하여 동등 이상의 시야각 및 색감을 나타낼 수 있다. 또한 PMMA 등의 플렉시블한 기판 위에 소자를 제작할 수 있어 전자종이(e-paper) 등의 어플리케이션 적용이 가능하며 의류나 기타 광고판의 용도로 적용이 가능하여 계속적으로 적용분야를 넓혀가고 있다[4].

유기발광소자는 면 발광의 고체소자로서 시야각이 넓고 박막화가 가능하여 벽걸이형이나 휴대용으로 응용이 가능하고 고휘도의 발광을 얻을 수 있으며, 응답속도가 CRT와 같은 수준으로 빠르며 구동전압이 낮고 RGB 발광색의 선택이 용이하다. 또한 유기발광소자의 일부분은 LCD 제조공정의 앞 공정과 거의 동일하므로 LCD 제조라인을 활용할 수 있는 장점을 갖고 있기 때문에 차세대 디스플레이 소자의 후보로서 주목받고 있다.

유기물질에 의한 전계발광은 유기물 박막에 음극과 양극을 통하여 주입된 전자(Electron)과 정공(Hole)이 재결합(Recombination)하여 여기자(Exiton)를 형성하고 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상으로 1963년 M. Pope 등에 의해 안트라센(Anthracene)의 단결정에서 처음 발견되었다[5]. 그 후 다른 많은 유기물에서의 발광특성이 계속적으로 연구 발표되었고[6], 1987년 E. Kodak(주)의 Tang 등에 의해 발광층(Emission Layer, EML)과 정공 수송층(Hole Transport Layer, HTL)으로 이루어진 적층형 유기발광소자에 대한 연구가 발표됨으로써 유기발광소자의 연구를 활발히 하는 초석을 만들었다[7].

유기발광소자는 유리기판 위에 투명전극인 ITO로부터 공급된 정공이 정공 수송층을 통해 발광물질에 공급되고 음극으로부터는 전자가 전자 수송층을 통해 발광물질로 공급되어 발광물질 내에서 주입된 정공과 전자들이 재결합하여 발광물질의 고유파장에 해당하는 빛을 발하게 되며, 발광층에 색소를 도포하여 다양한 발광색을 구현할 수 있다[8]. 양극재료로 사용되는 ITO는 LCD 산업에서 일반적으로 쓰이고 있는 재료이며 550 nm에서 90% 이상 높은 투과율을 가지고 있다. 낮은 저항과 패

턴형성 공정이 용이한 장점을 가지고 있으며 높은 일함수를 가지고 있다. ITO는 In_2O_3 와 SnO_2 가 90 % 대 10 % 의 비율로 이루어져 있다. 이로 인해 ITO의 일함수는 4.7 eV에서 5.1 eV 까지 표면처리에 의해 변화가 가능하다[9,10]. 또한 표면처리에 의해 소자의 장수명화를 이루었다는 보고도 있다[11]. 유기물/금속 계면에서 정공 주입을 증가시키기 위해서는 ITO의 일함수가 유기물이 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 레벨보다 클수록 좋다. 플라즈마로 표면처리에 의해서 일함수가 변하게 되고 일함수의 변화에 따라 전기적인 특성도 변하게 된다.

본 논문에서는 소자의 양극전극으로 사용하는 ITO 박막에 질소(N_2) 및 산소(O_2) 가스를 주입한 RF 플라즈마로 전처리하여 ITO 박막의 특성을 비교하였고, 제작한 청색유기발광소자의 구조는 양극전극으로는 ITO 박막 위에 정공 주입층으로는 2-TNATA, 정공 수송층으로는 α -NPD, 발광층으로는 DPVBi, 정공 저지층으로는 BAlq, 전자 수송층으로는 Alq_3 , 전자 주입층으로는 LiF, 음극전극으로는 Al을 사용하여, 청색 유기발광소자를 진공증착법으로 제작하였다[12]. 또한 양극전극으로 질소 및 산소 플라즈마로 표면처리한 ITO를 사용한 소자의 특성을 비교하였다.

II. 실험

1. ITO 박막의 RF 플라즈마 표면처리 공정

N_2 가스 및 O_2 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO 박막의 특성을 분석하기 위하여 투명전극인 양극 기판으로 유리기판 위에 코팅된 ITO를 사용하였다. 실험에 사용된 ITO의 두께는 $1000 \text{ \AA} \pm 10 \%$ 이며, 면저항(Sheet resistance)은 $14 \Omega/\square$ 인 한화종합화학(주) 제품을 사용하였으며, 면저항 측정은 MM200W인 4 탐침법(Four point probe) 장비를 사용하였다.

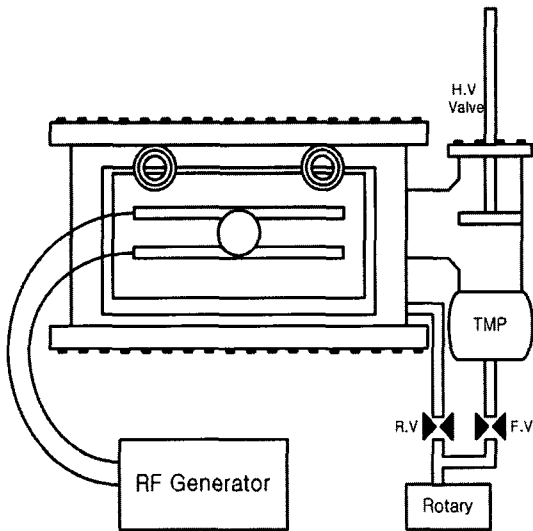
플라즈마 처리를 하기 전에 ITO 패턴 형성 및 식각을 위하여 ITO 유리기판의 크기를 $2.5 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ 절단하여 사용하였으며 양극으로 사용되는 ITO 패턴의 크기는 $9 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$ 으로 일정한 패턴에 따라 식각하였다.

패턴이 형성된 ITO 표면에 붙어있는 불순물을 제거하기 위하여 열판에서 중성세제로 20분 동안 가열하였으며 메탄올(Methanol)과 아세톤(Acetone)으로 세척한 후 탈이온수(D.I water)로 세척하였다. 다시 탈이온수가 들어있는 초음파 세척기로 15분간 세척한 후, 질소 가스로 남아있는 용액들을 건조시켰다.

사진공정은 ITO의 접착력을 높이기 위해 먼저 HMDS(Hexamethyldisilazane)를 도포하고, 양성 감광액 AZ 7220 1ml로 스핀코터를 사용하여 약 $2 \mu\text{m}$ 두께의 감광막을 형성하였다. 감광막에 존재하는 잔류물을 제거하기 위하여 $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 오븐에서 30분 동안 소프트 베이킹(Soft bake)를 하였다. 노광은 수은램프를 이용하여 자외선을 12초 동안 쬐어 주었다. AZ 300 100 % 용액에서 현상을 70초 동안 하였으며 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 오븐에서 30분 동안 베이킹을 하였다. 소자에 필요한 ITO를 제

외한 나머지 부분을 제거하기 위한 ITO 식각은 염산(HCl) : 질산(HNO₃) : 탈이온수가 10 : 1 : 2로 혼합된 용액에서 10 분간 실시하였으며 감광액을 제거하기 위해 PR 제거제는 AZ 700으로 30 분간 처리하여 원하는 패턴을 얻었다.

세척된 ITO 박막의 표면처리를 위한 RF 플라즈마 처리공정을 수행하기 위하여 그림 1과 같이 진공증착기의 로딩 챔버(Loading chamber)에 극판을 설치하고 외부에 RF 제너레이터 및 매칭 박스를 설치하여 플라즈마 챔버를 구성하였다. 로딩 챔버 내에 양극과 음극 기판이 있어 처리할 유기기판을 양 전극 사이에 넣고 진공을 잡은 후 5×10^{-7} Torr 고진공으로 진공을 유지하여 챔버 내부에 있는 다양한 종류의 기체를 제거한 후 플라즈마 처리를 하였다.



<그림 1> 플라즈마 챔버 구성도

패턴 형성 공정에서 제작된 ITO 소자의 기판을 로딩 챔버에 넣은 후 펌핑하여 고진공이 될 때까지 펌핑하였다. 고진공으로 진입을 확인한 후 챔버의 고진공 밸브를 닫고 MFC로 제어할 수 있는 활성가스를 주입하였다. 활성가스를 주입함에 따라 진공도는 상승하며 공정을 위한 진공도를 1.2×10^{-1} Torr까지 주입한 후 공정 진행 간 진공상태의 평형을 유지하기 위하여 챔버의 러핑밸브를 열어 주입하는 양과 배기되는 양이 일정하게 되도록 조절한 후 진공도가 안정이 되면 플라즈마를 작동한다.

N₂ 가스와 O₂ 가스 두 가지를 사용하였으며 플라즈마의 출력을 변화시키며 실험하였다.

2. N₂ 및 O₂ 가스 플라즈마로 ITO 표면 처리한 청색 유기발광소자 제작

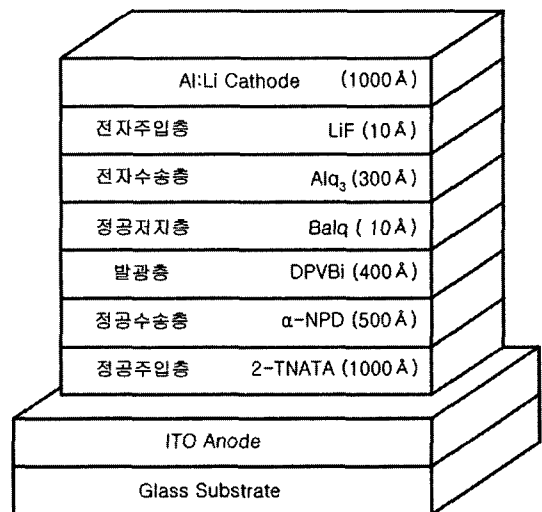
N₂ 가스와 O₂ 가스에서 플라즈마의 출력을 200 W로 표면 처리한 ITO 박막 위에 정공 주입층으로는 소자의 작동시 줄(Joule) 열손실에 의한 소자열화 및 수명감소를 방지할 수 있도록 높은 온도에서도 변화가 적은 유리전이온도(Tg)가 112.4 °C 인 2-TNATA를 사용하였고, 정공 수송층으로는 낮은 이온화 에너지를 가지는 α-NPD를 사용하여 ITO와 유기물 층과의 에너지 준위차를 감소시켰으며, 발광층으로는 청색 발광 유기물인 DPVBi를 사용하였다. 전자 수송층으로는 발광층 안으로 전

자의 주입을 원활히 하기 위하여 높은 전자 친화도를 갖는 Alq₃ 를 사용하였다. 전자 주입층으로 LiF를 10 Å 정도 매우 얇게 증착한 후에 음극전극으로는 낮은 일함수를 갖고 있는 Al을 사용하였다.

일반적으로 유기발광소자의 제작을 위하여 열증착 원리를 이용한 진공증착기(Evaporator)를 사용한다. 유기물 진공증착에 사용한 유기 EL 시스템은 단분자 유기물질을 진공상태에서 열을 가해 증발 시키거나 승화시켜 원하는 시료에 박막을 형성시키는 장비이다. 본 실험에서는 유기물과 금속 사이의 오염문제 때문에 유기물 증착에 사용하는 유기 EL 시스템 진공증착기와 금속 증착에 사용하는 진공증착기를 따로 사용하여 청색 유기발광소자를 제작하였다.

유기박막의 증착은 10⁻⁶ Torr의 고진공 상태에서 다단계 진공증착 방식을 이용하여 기판의 표면에 순차적으로 형성하였다. 증착되는 유기박막의 두께는 매우 얇아서 일반적인 두께 측정 장비로는 그 오차가 매우 크기 때문에 측정이 불가능하다. 따라서 유기박막의 두께 제어를 위해서는 분해능(Resolution)이 뛰어난 센서 시스템이 필요하다. 본 실험의 유기박막 두께 측정 장비로는 금(Au)이 코팅된 6 MHz 크리스탈 센서가 장착되어 0.01 Å의 분해능을 갖는 INFICON社의 XTM/2 Thickness Monitoring 시스템을 사용하였다.

증착하는 유기물의 두께를 균일하게 하기 위하여 본 장비에는 시편 회전모터가 장착되어 있어 시편을 최대 15 RPM까지 회전시켜 준다. 금속증착에 사용한 진공증착기는 2개의 진공펌프를 가지고 있으며 10⁻³ Torr 진공도까지는 로터리펌프를 사용하고 10⁻⁶ Torr의 진공도를 위해서는 확산펌프를 사용하였다. 본 실험에서는 전자 주입층으로 LiF를 약 10 Å 정도로 매우 얇게 증착한 후 알루미늄을 1000 Å 증착하였다.



<그림 2> 청색 유기발광소자의 구조

N₂ 가스와 O₂ 가스에서 플라즈마의 출력을 200 W로 표면 처리한 ITO 박막 위에 2-TNATA(1000Å)/α-NPD(500Å)/DPVBi(400Å)/BALq(10Å)/Alq₃(300Å)/LiF(10Å)/Al:Li(1000Å) 구조로 하여 청색 유기발광소자를 제작하였다. 그림 2는 청색 유기발광소자의 구조도이다.

III. 측정 및 고찰

1. N₂ 및 O₂ 가스 플라즈마로 표면 처리한 ITO 특성 평가

ITO의 특성을 측정하기 위하여 프로세스 챔버의 진공도는 1.2×10^{-1} Torr로 유지하였고 공정 시간은 5분간 실시하였다. 반응가스는 N₂ 가스와 O₂ 가스 두 가지를 사용하였으며 플라즈마의 출력을 변화시켜가며 실험하였다. ITO 표면의 일함수 측정은 Riken Keiki 사의 atmospheric photoelectron emission analyzer(AC-2)를 사용하여 측정하였고 면저항은 MM200W 인 4 탐침법 장비를 사용하여 측정하였다.

표 4는 플라즈마 출력이 200 W일 때 주입가스 종류에 따른 표면 처리한 ITO 박막의 특성을 나타낸 것이다.

<표 4> 플라즈마 출력이 200 W일 때 주입가스 종류에 따른 표면 처리한 ITO 박막의 특성

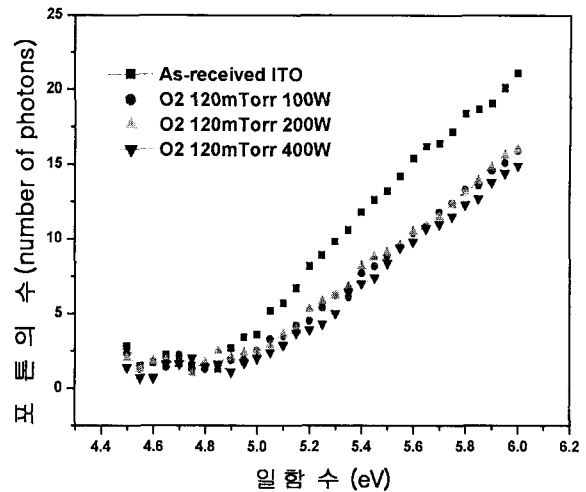
압력	120 mTorr					
	N ₂			O ₂		
Gas 종류	N ₂			O ₂		
출력	400W	200W	100W	400W	200W	100W
일함수 (eV)	4.99 eV	5.02 eV	5.00 eV	4.93 eV	4.91 eV	4.99 eV
면저항 (Ω/□)	14.15	14.83	13.84	14.54	14.55	14.86

그림 3은 O₂ 가스가 주입된 플라즈마의 출력 변화에 따른 표면 처리한 ITO 일함수 값을 나타낸 것으로 플라즈마 출력이 100 W 일 때 일함수는 4.99 eV이고 200 W일 때 4.91 eV, 400 W일 때 4.93 eV로 플라즈마 출력이 100 W일 때 일함수가 가장 높게 나타났으며 플라즈마 출력이 증가함에 따라 표면 처리한 ITO의 일함수 값은 낮아짐을 알 수 있다. 한편 플라즈마 처리를 하지 않은 As-received ITO의 일함수는 4.80 eV로 나타났으며 O₂ 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO의 일함수가 0.11 ~ 0.19 eV 높다.

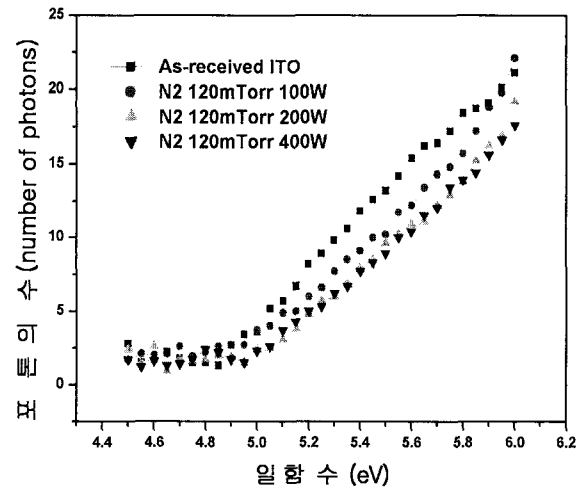
그림 4는 N₂ 가스가 주입된 플라즈마의 출력 변화에 따른 표면 처리한 ITO의 일함수를 나타낸 것으로 플라즈마 출력이 100 W일 때 일함수는 5.00 eV이고 200 W일 때 5.02 eV, 400 W일 때 4.99 eV로 플라즈마 출력이 200 W일 때 일함수가 가장 높게 나타났으며 플라즈마 출력이 증가함에 따라 ITO의 일함수 값은 높아지나 플라즈마 출력이 400 W일 때는 낮아짐을 알 수 있다. O₂ 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO와 비교해 보면 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO의 일함수가 0.03 ~ 0.11 eV 높다.

ITO의 플라즈마 표면처리에 따른 일함수의 증가는 ITO와 정공 주입층 계면의 에너지 장벽을 낮추어 유기물 층으로 정공 주입을 원활하게 하여 유기발광소자의 효율을 높이는 역할을 한다. O₂ 가스가 주입된 플라즈마로 처리한 ITO의 일함수보다 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO의 일

함수가 0.03 ~ 0.11 eV 높게 나타남으로써 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 표면 처리한 ITO를 사용한 소자의 특성이 우수할 것으로 사료된다.



<그림 3> O₂ 가스가 주입된 플라즈마 출력 변화에 따른 표면 처리한 ITO의 일함수



<그림 4> N₂ 가스가 주입된 플라즈마 출력 변화에 따른 표면 처리한 ITO의 일함수

2. N₂ 및 O₂ 가스 플라즈마로 ITO 표면 처리한 청색 유기발광소자 특성분석

제작된 청색 유기발광소자의 전류-전압-광출력(I-V-L)특성은 Newport optical powermeter 1830-C와 Keithley 2400 Sourcemeter로 구성된 시스템을 이용하여 측정하였고, EL 스펙트럼과 색좌표는 Minolta 社의 CS-1000 Spectroradiometer를 이용하여 측정하였다.

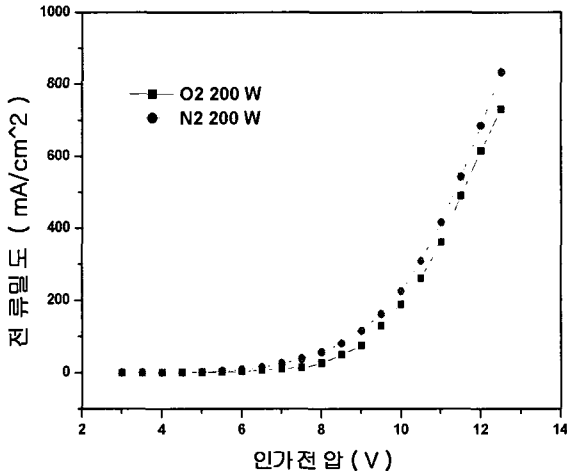
플라즈마 출력이 200 W일 때 가스 변화에 따른 ITO 표면 처리한 청색 유기발광소자의 특성을 비교하기 위하여 ITO/2-TNATA(1000 Å)/α-NPD(500 Å)/DPVBi(400 Å)/BALq(10 Å)/Alq₃(300 Å)/LiF(10 Å)/Al:Li(1000 Å) 구조로 제작하였다. 표 5는 플라즈마 출력이 200 W일 때 주입가스의

종류에 따른 ITO 표면 처리한 소자의 특성을 나타낸 것이며 평가에 사용된 소자의 인가전압은 10 V 기준으로 하였다.

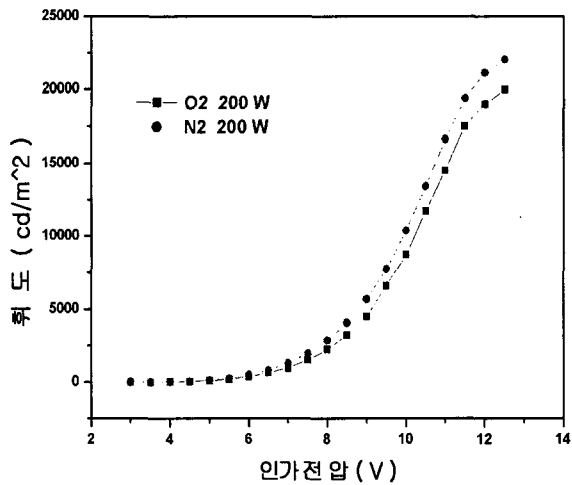
<표 5> 플라즈마 출력이 200 W일 때 가스 변화에 따른 ITO 표면 처리한 소자의 특성

소자 구분	전류밀도 (mA/cm ²)	휘도 (cd/m ²)	발광효율 (cd/A)	P.E (lm/W)
No.1 ; N ₂ 가스	224.39	10,370	4.62	1.45
No.2 ; O ₂ 가스	188.72	8,417	4.30	1.37

그림 6은 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 전류밀도를 비교한 것으로 No.1 소자의 전류밀도는 224.39 mA/cm² 이고 No.2 소자는 188.72 mA/cm² 로 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 ITO 표면 처리한 소자의 전류밀도가 O₂ 가스로 표면 처리한 소자보다 18.9 % 높게 나타났다.



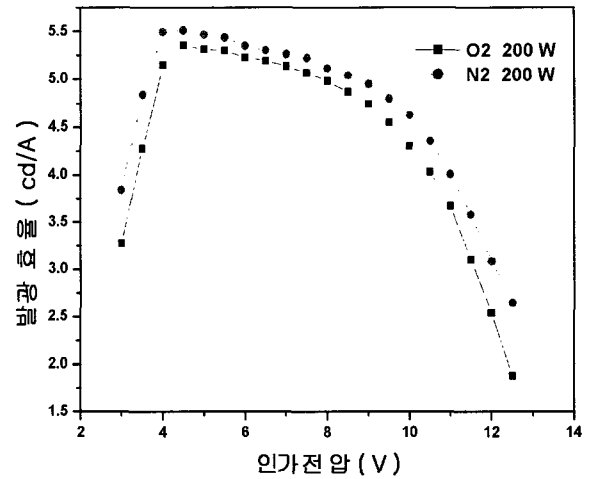
<그림 6> 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 전류밀도



<그림 7> 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 휘도

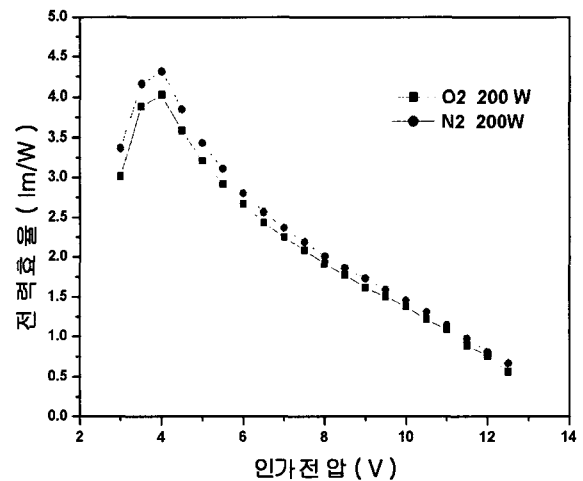
그림 7은 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 휘도를 비교한 것으로 No.1 소자의 휘도는 10,370 cd/m² 이고 No.2 소자는 8417 cd/m²로 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 ITO 표면 처리한 소자의 휘도가 O₂ 가스로 표면 처리한 소자보다 23.2 % 높게 나타났다.

그림 8은 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 발광효율을 비교한 것으로 No.1 소자의 발광효율은 4.62 cd/A이고 No.2 소자는 4.30 cd/A로 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 ITO 표면 처리한 소자의 발광효율이 O₂ 가스로 표면 처리한 소자보다 7.4 % 높게 나타났다.



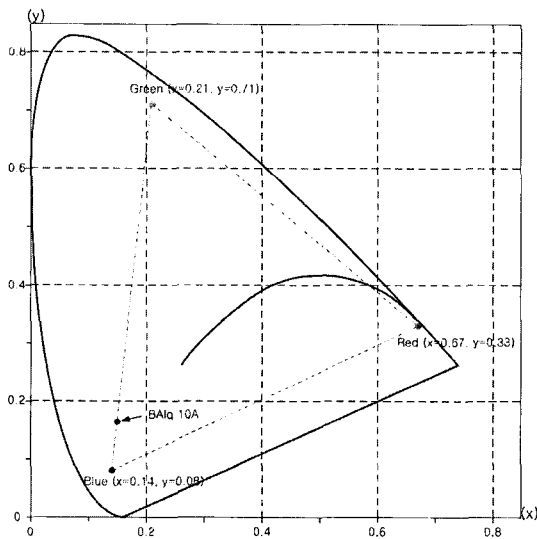
<그림 8> 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 발광효율

그림 9는 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 전력효율을 비교한 것으로 No.1 소자의 전력효율은 1.45 lm/W이고 No.2 소자는 1.37 lm/W 으로 N₂ 가스가 주입된 플라즈마로 ITO 표면 처리한 소자의 전력효율이 O₂ 가스로 표면 처리한 소자보다 5.6 % 높게 나타났다.



<그림 9> 플라즈마 출력 200 W로 ITO 표면 처리한 소자의 전력효율

그림 10은 소자의 색좌표를 나타낸 것으로 색좌표값은 $x = 0.1443$, $y = 0.1600$ 으로 NTSC 삼각좌표 Deep Blue 영역에 근접해 있다.



<그림 10> 제작된 소자의 색좌표

IV. 결 론

본 논문에서는 먼저 고효율의 유기발광소자 제작을 위해 ITO(Indium Thin Oxide) 박막에 N_2 와 O_2 가스로 RF 플라즈마로 표면처리하여 양극전극과 정공주입층 사이의 에너지 갭을 낮추어 정공 주입을 원활하게 하기 위해서 일함수의 변화실험을 하였다.

N_2 가스를 이용하여 플라즈마 표면 처리한 ITO의 일함수는 4.99~5.02 eV의 값을 나타내었고 O_2 가스를 이용하여 플라즈마 표면 처리한 ITO는 4.91~4.99 eV의 일함수를 나타내었다. N_2 가스에서 가스의 압력이 120 mTorr 이면서 플라즈마 출력이 200 W의 조건에서 RF 플라즈마 표면 처리한 ITO의 일함수가 가장 크게 나타났다.

그리고 플라즈마 출력이 200 W일 때 주입 가스의 변화에 따른 ITO 표면 처리한 청색 유기발광소자를 제작하여 소자의 특성을 분석, 비교하였다. N_2 가스에서 플라즈마 출력이 200 W로 표면 전처리한 ITO 박막 위에 2-TNATA(1000 Å)/a-NPD(500 Å)/DPVBi(400 Å)/BA1q(10 Å)/Alq₃(300 Å)/LiF(10 Å)/Al:Li(1000 Å) 구조로 제작하여 인가전압 10 V에서 소자의 전류밀도는 224.39 mA/cm², 휘도는 10,370 cd/m², 발광효율은 4.62 cd/A, 전력효율은 1.45 lm/W이었다. 색좌표값은 $x = 0.1443$, $y = 0.1600$ 로 NTSC 색좌표 Deep blue 영역($x = 0.14$, $y = 0.08$)에 근접한 순수한 청색에 가까운 값을 얻었다.

N_2 가스가 주입된 플라즈마로 ITO 표면 처리한 소자의 특성이 O_2 가스로 표면 처리한 소자보다 높게 나타나 ITO와 정공주입층 계면 간의 에너지 장벽을 낮추어 유기물 층으로 정공의 주입을 원활히 할 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 경찰청, 발광형 교통안전표지표준지침, 경찰청, 2005.
- [2] 경찰청, 교통사고통계, 경찰청, 2004~2005.
- [3] 도로교통안전관리공단, OECD 교통사고통계, 도로교통안전관리공단, 2005.
- [4] 키도준지, 정호균, 김광남, 에디슨 이후의 대혁명 유기 EL, 광문각, 2004.
- [5] H. Kallmann and M. Silver, "Symposium on electrical conductivity in organic solids", Journal of the Franklin Institute, Vol. 273, pp. 521, 1962.
- [6] C. W. Ko and Y. T. Tao, "Bright white organic light-emitting diode", Appl. Phys. Lett., Vol. 79, NO. 25, pp.4234-4236, 2001.
- [7] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, and C. H. Chen, "Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys., Vol. 65, No. 9, pp. 3610 - 3616, 1989.
- [8] F. Pschenitzka and J. C. Sturm, "Three-Color organic light-emitting diodes patterned by masked dye diffusion", Appl. Phys. Lett., Vol. 74, pp.13, 1999.
- [9] J. S. Kim, M. Grandtrm, and R. H. Friend, "Indium-tin oxide treatments for single- and double-layer polymeric light-emitting diodes", J. Appl. Phys., Vol. 84, No. 12, pp. 6859-6870, 1998.
- [10] J. Kido, 有機 EL 材料"ディスプレイ", pp. 258-266, 2001.
- [11] J. S. Kim, F. Cacialli, R. H. Friend, R. Daik, W. J. Feast, "Electro-luminescence lifetime and efficiency of polymer LEDs with surface-treated anodes", Synthetic Metals, Vol. 102, pp. 1065 - 1066, 1999.
- [12] Y. B. Yoon, H. W. Yang, D. C. Choo, T. W. Kim, and H. S. Oh, "Luminescence mechanisms of green and blue organic light-emitting devices utilizing hole-blocking layers," Solid State Communications, vol. 134, pp. 367-372, 2005.