

발광형 교통안전표지 성능 개선에 관한 연구

A study on the Improvement of the luminous traffic safety mark

심주용

(건국대학교, 석사과정)

강명구

(극동정보대학, 교수)

오환술

(건국대학교, 교수)

Key Words : 발광형 교통안전표지, OLED, traffic safety mark

목 차

I. 서론	1) 실험
II. 이론 및 실험	2) 실험 결과
1. 발광형 교통안전표지	III. 결과 고찰
1) 사고통계	IV. 결론
2) 고효율 발광형 교통안전표지의 필요성	참고문헌
2. OLED 제작	

I. 서론

경찰청은 발광형 교통안전표지에 대한 표준지침을 2005년 발표하였다. 그러나 발광형 교통안전표지의 설치에 기술상 및 예산상의 문제로 인하여 많이 사용 되지 않고 있다. 지금까지의 교통안전표지는 반사지를 이용한 비발광형 교통안전표지였다. 이로 인한 야간의 가시성 문제는 야간 교통사고 시 피해를 크게 만드는 요인이 되어, 발광형 교통안전표지의 필요성이 대두되고 있다. 교통안전표지의 조명방식에는 2가지 방법이 사용되고 있으며, 내부와 외부 조명방식으로 구분된다. 본 논문에서 주목하는 부분은 내부 조명방식의 발광형 교통안전표지이다.

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. 실제로 이러한 단점 때문에 LED와 광섬유로 만들어진 모델의 경우 교통안전표지의 내용을 선과 점으로만 표현할 수 있어 시인성을 더욱 향상시킬 수 있는 연구가 필요하다.

FLD 방식의 광원으로는 무기 EL(Inorganic Electroluminescence)과 OLED(Organic Light Emitting Diodes)가 대표적이며 현재 차세대 디스플레이라 불리며 활발한 연구가 진행되고 있다. 이 중 무기 EL의 경우 OLED에 비해 휘도가 낮고 다양한 색 구현이 힘들다는 단점이 있고, OLED는 무기 EL에 비해 수명이 짧다는 단점이 있으나 현재 활발한 연구로

빠르게 개선이 되고 있다.

따라서 본 논문에서는 OLED를 발광형 교통안전표지에 적용하여, 기존의 LDM을 이용한 모델에 비해 높은 휘도, 광원의 균일성 및 시인성을 갖는 발광형 교통안전표지를 제안한다.

II. 이론 및 실험

1. 발광형 교통안전표지

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 되어있다. 발광형 교통안전표지는 주의표지와 규제표지로 구분하며, 그 종류는 <표 1>과 같다.

<표 1> 발광형 교통안전표지의 종류

구분	종류
주의표지	좌로굽은도로(106-1), 우로굽은도로(106) 등
규제표지	최고속도제한(220) 등

* 이외의 표지를 설치하고자 할 때에는 경찰청의 기술평가를 통해 성능 및 과학성 등에 대하여 입증을 받아야 한다.

1) 사고통계

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

<표 2> 2005년 주야별 교통사고

구분 주/야	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

① 주야별 교통사고

2005년 주야별 사고 통계내역(인피사고)을 <표 2>에 나타내었다. <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.

② 기상상태별 교통사고

2005년 기상상태별 교통사고(인피사고)를 <표 3>에 나타내었다. <표 3>에서 보는 바와 같이 맑은 날에 전체 보행자사고의 84.4%인 41,899건이 발생하여 대부분을 차지하였고, 비오는 날이 8.6%, 흐린 날이 6.2%, 눈 오는 날이 0.7%, 안개 낀 날이 0.2% 등의 순으로 나타났다. 사망자 역시 맑은 날이 79.9%로 가장 많고, 비오는 날이 10.6%, 흐린 날이 8.4%, 안개 낀 날과 눈 오는 날이 각각 0.6% 등의 순으로 나타났으며, 부상자의 경우 발생건수와 동일한 순으로 나타났다.

하지만 발생건수와 사망자의 구성비를 비교해보면 맑은 날보다 흐린 날, 비오는 날, 안개 낀 날에 발생건수에 비해 사망자 구성비가 높은 것으로 나타났다. 치사율을 살펴보면 안개 낀 날이 18.0으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 흐린 날이 6.9, 비오는 날이 6.3 등으로 맑은 날의 치사율에 비해 높게 나타났다.

③ 해외 비교

발광형 교통안전표지를 더 먼저 도입한 다른 나라들과의 주야별 교통사고 통계내역을 <표 4>에 나타내었다.

<표 3> 2005년 기상상태별 교통사고

구분 기상	발생건수			전체사고 점유율	사망자			부상자
	(건)	구성비	전체사고		(명)	구성비	치사율	
계	49,626	100	100	22.5	2,543	100	5.1	50,247
맑음	41,899	84.4	82.5	23.0	2,032	79.9	4.8	42,402
흐림	3,067	6.2	6.4	21.7	213	8.4	6.9	3,066
비	4,258	8.6	9.7	19.8	270	10.6	6.3	4,367
안개	78	0.2	0.3	12.8	14	0.6	18.0	69
눈	324	0.7	1.2	12.8	14	0.6	4.3	343

<표 4> 2003년 국가별 주야간 교통사고 발생건수

국가 주/야	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

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.

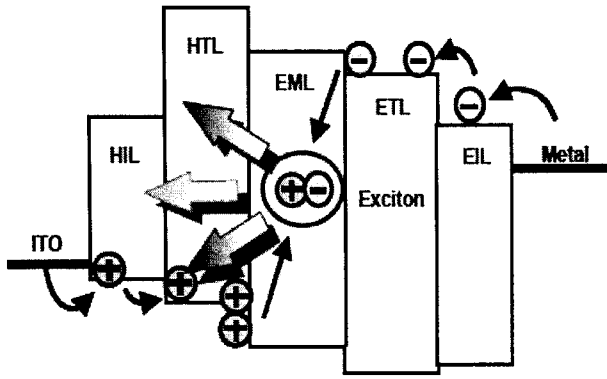
2) 고효율 발광형 교통안전 표지의 필요성

교통사고 통계를 통해 알아본 바와 같이 사고건수는 주간이 많지만, 치사율은 야간이 더 높은 것을 알 수 있었다. 기상 상태별 교통사고는 흐린 날, 비오는 날, 안개 낀 날 순으로 치사율이 높게 나타났다. 또한 도로 교통 안전관리공단의 2005년 자료에 따르면, 맑은 날에는 운전자의 전방주시태만에 의한 사고가 많았고, 흐린 날에는 안전미확인과 판단 잘못으로 인한 사고가 상대적으로 많이 발생하는 것으로 나타났다.

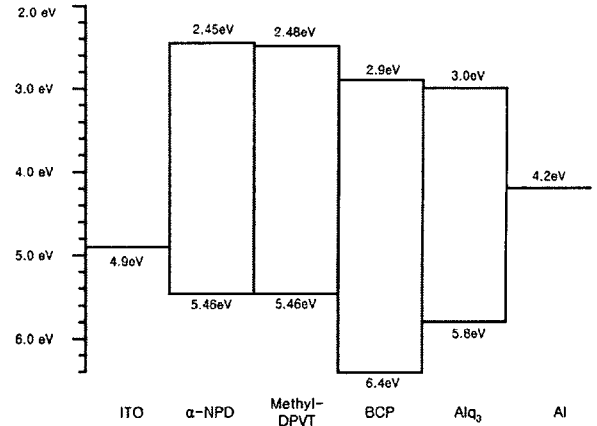
또한, 국가별 교통사고 발생 건수를 비교하면 발광형 교통안전표지를 사용하는 일본과 유럽국가에 비해 야간 교통사고 비율이 높은 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 고효율의 발광형 교통안전표지의 필요성이 대두되는 것이다.

2. OLED 제작

OLED는 유기물 박막에 음극과 양극을 통하여 주입된 전자(Electronic)와 정공(Hole)이 유기 물질 안에서 재결합(Recombination)하여 여기자(Exciton)를 형성하고, 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정 파장의 빛이 발생하는 현상을 이용한다. <그림 1>에 Diagram으로 나타내었다. OLED는 2가지로 분류된다. 유기물 층의 재료에 따라 고분자와 저분자(단분자)로 분류할 수 있고, 소자의 구동 방식에 따라 수동형(Passive Matrix)과 능동형(Active Matrix)로 구분된다.



<그림 1> OLED Band Diagram



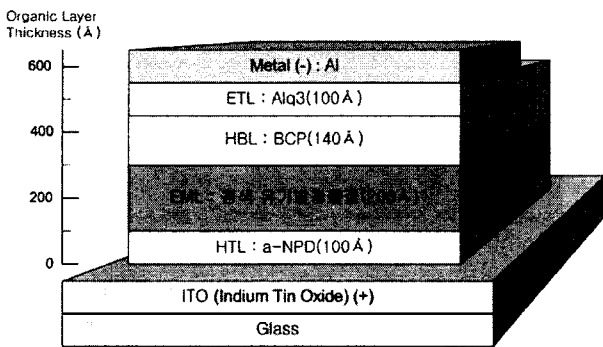
<그림 3> 실험 소자의 에너지 대역도

본 논문에서 OLED에 주목한 것은 OLED만의 장점에서 비롯한다. 가장 두드러진 특징은 자체 발광형이라는 것이다. 스스로 자체가 스스로 빛을 내기 때문에 어두운 곳이나 외부의 빛이 들어 올 때도 시인성이 좋다. 또한 다른 면발광 소자에 비해서 저 소비전력과 초박형이 가능하다. 뿐만 아니라 시야각, 대비 등이 우수하다. 그리고 구조적인 특성상 유연성 있는 기판을 사용할 수 있고, 얇고 가벼우며 내구성이 강하며, 제조공정이 상대적으로 간단하고 저렴하여 양산이 쉽다는 장점도 가지고 있다.

1) 실험

RGB 발광 소자는 RGB 각각의 발광물질을 사용하여 발광층을 형성하여 제작할 수 있으나, 백색 발광소자는 백색 발광물질이 없기 때문에 도핑을 이용하여 제작해야 한다.

양극재료로 ITO(Indium-Tin Oxide)를 사용하고 음극재료로는 알루미늄(Al)을 사용하였다. ITO가 코팅된 유리 기판을 준비하고 ITO Cleaning과 Patterning을 거쳐 유기물 층과 금속전극을 다단계 진공 증착하여 소자를 제작하였다. 제작된 소자의 기본 구조는 ITO/ α -NPD(100Å)/DPVBi(100Å)/Methyl-DPVT:Rubrene(200Å)/BCP(140Å)/Alq₃(100Å)/Al(1000Å)이다. <그림 2>에 소자의 구조를 나타내었으며, <그림 3>에 소자의 에너지 대역도를 나타내었다.



<그림 2> 실험 소자의 구조

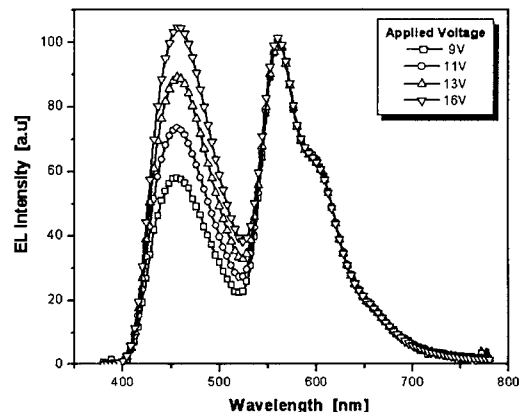
2) 실험 결과

청색 발광물질인 DPVBi와 Methyl-DPVT, 황색 발광물질인 Rubrene을 이용하여, DPVBi/Methyl-DPVT:Rubrene 구조의 백색 유기발광 소자를 구현하였다. <그림 4>는 인가전압 변화에 따른 정규화된 EL 스펙트럼으로, 전압의 증가에 따라 청색 영역의 EL강도가 강해지는 것을 알 수 있다. 이는 황색 발광물질인 Rubrene의 발광 포화로 인해 청색영역의 EL 강도가 강해진 것이다.

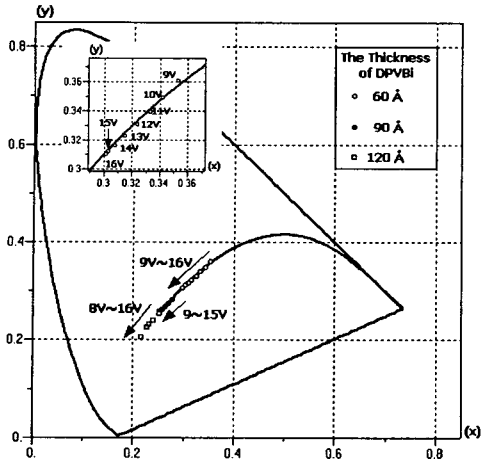
이 소자의 최대 휘도는 874cd/m²이었으며, 11V의 인가전압에서 색순도가 높은 백색 발광(x=3327, y=3397)을 구현하였는데, 이는 <그림 5>에서 확인할 수 있다. <표 5> 색좌표 값을 보면 인가전압이 11V와 12V 사이일 때, 순수 백색 발광 좌표인 (0.3333, 0.3333)에 가장 근접한 좌표값이 도출될 수 있을 것으로 사료된다.

<표 5> 인가전압에 따른 색좌표

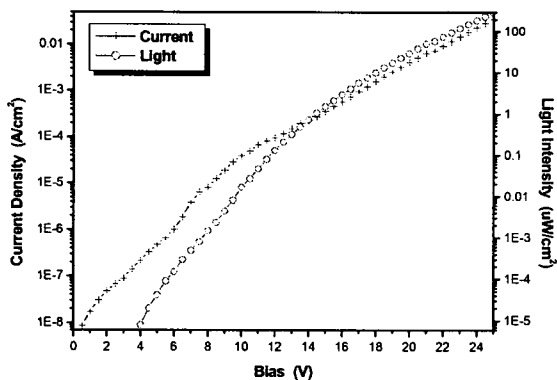
Applied Voltage	Peak Wavelength	CIE Coordinates	
		X	Y
9V	560nm	0.3528	0.3611
11V	560nm	0.3327	0.3397
12V	560nm	0.3238	0.3309
13V	560nm	0.3151	0.3230
16V	461nm	0.3011	0.3104



<그림 4> 인가전압에 따른 EL 스펙트럼

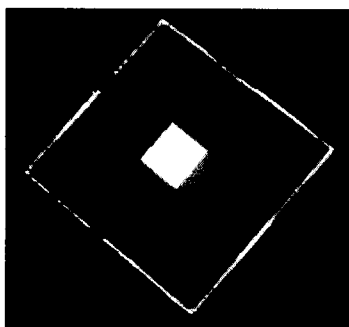


<그림 5> DPVBi 두께와 인가전압의 변화에 따른 색좌표도



<그림 6> 전류-전압-광출력 특성

<그림 6>는 제작된 소자의 전류-전압-광출력 특성을 로그 (log) 스케일로 나타낸 값이다. 그림을 보면 소자의 동작개시 전압은 1V이하이고 발광 개시전압은 4V로서 동작개시전압과 발광개시전압이 모두 낮게 나타남을 알 수 있다. 전압이 낮은 상태에서도 전류가 잘 흘러 전류 밀도가 높은 상태이며 광출력 또한 전류밀도에 맞추어 강하게 나타나고 있음을 알 수 있다. <그림 7>에 제작된 소자를 나타내었다. 제작된 소자의 크기는 1.0×1.0(inch)이며, Passive Matrix 방식으로 구동하였다.



<그림 7> 제작된 소자

III. 결과 고찰

본 논문에서는 2-파장 방식의 OLED를 제작하고 광학적, 전기적 특성을 조사하여, 발광형 교통안전표지에 사용되는 백색광을 만들어 보았다. 발광형 교통안전표지에 사용되는 색은 적색, 황색, 백색이다. 적색과 황색은 그 고유의 발광 스펙트럼을 갖는 물질들이 개발되어있어 소자제작이 용이한 편이다. 유기 백색 발광소자를 제작하기 위한 구조는 ITO/a-NPD(100Å)/DPVBi(100Å)/Methyl-DPVT:Rubrene(200Å)/BCP(140Å)/Alq₃(100Å)/Al(1000Å)로 설계하였다. 최대 휘도 874cd/m²이고, 순수한 백색광에 근접한 색좌표 값 (x=0.3327, y=0.3397)을 얻을 수 있었다. 또한 이때의 외부 양자효율은 전압을 24V 인가해 주었을 때 0.395%로 나타났다.

위의 결과는 발광형 교통안전지침의 색도 기준을 만족하며 <표 6>, 휘도 기준을 뛰어넘는다.<표 7> 이러한 결과는 OLED를 이용하여 발광형 교통안전표지의 성능을 개선시키는데 효과가 있음을 입증하는 것이다.

<표 6> 교통안전지침 색도 기준

색 도		색 좌 표			
		1	2	3	4
백색	x	0.300	0.440	0.440	0.300
	y	0.342	0.432	0.382	0.276

<표 7> 교통안전지침 휘도 기준 (단위 cd/m²)

구 분	황색	백색	녹색	적색	청색
최소값	45	75	20	20	7
최대값	450	750	225	190	75

<표 8> RGB 소자별 수명 (출처 : Kodak, 2004)

Color	Performance 20mA/cm ²				
	Unit	Blue	Green	Red	White
Initial Luminance	cd/m ²	400~500	2,000	1,000	1,000
Lifetime	hour	15,000~20,000	30,000~40,000	30,000~40,000	30,000

<표 8>에 백색 이외의 RGB 소자 수명과 효율을 나타내었다. 황색은 적색 소자와 수명과 효율이 비슷하다는 것을 보았을 때, 현재 발광형 교통안전지침에 사용되는 색들 모두 지침에 명시되어있는 기준을 넘고 있다. 수명은 현재 30,000시간이 넘으며 새로운 유기 물질과 구조가 개발될수록 증가하고 있어 발광형 교통안전표지에 사용하기에 무리가 없다.

IV. 결론

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 되어있으며, 도로교통 안전에 큰 역할을 하고 있다. 현재는 LED와 광섬유를 이용한 발광형 교통안전표지로, 태양전지를 이용하여 별도의 전원 연결 없이 사용되고 있다. 이러한 발광형 교통안전표지의 효율을 향상시키기 위해 유기 전기 발광소자(OLED)를 제안하였다. 유기 전기 발광소자는 자체발광형이고 넓은 시야각과 빠른 응답속도, 우수한 대조비 등의 특징을 갖고 있으며 간단한 제조공정을 통해 원가 절감이 가능하다. 또한 경량박형이 가능하며 제작 온도가 낮기 때문에 유리뿐만 아니라 플라스틱 기판 등에도 제작할 수 있어서 높은 내구성을 기대할 수 있는 등, 응용 가능성이 매우 크다. 또한 저 전력 구동이 가능해 현재 사용되는 발광형 교통안전표지의 전원 시스템에 적용하기에 도 쉽다.

실험을 통하여 제작된 소자의 휘도는 874cd/m^2 , 색좌표 값 ($x=0.3327$, $y=0.3397$)로서 발광형 교통안전지침을 만족하고, 자체발광 소자로서 시야각이 넓어 시인성이 뛰어나다. 그리고 추가적으로 HIL, EIL, Encapsulation 등의 공정을 수행하면 더 좋은 효율과 수명, 그리고 색순도를 갖는 소자가 될 것이며, 이는 발광형 도로교통표지의 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

단점으로는 아직 수명이 30,000~40,000 시간 정도인 것과 제작단가가 아직은 높다는 것이다. 하지만 현재 새로운 유기 발광물질이 개발되면서 수명은 계속 증가하고 있으며, 이미 디스플레이 분야에 장수명의 OLED 패널이 사용되고 있다. 제작 단가는 현재 연구가 활발히 진행되고 있는 Roll-to-Roll, 잉크젯 방식 등의 소자 제작 방식이 결실을 거둔다면 낮은 공정비용으로 제작이 가능하다. 이러한 이유로 향후 OLED를 사용한 상업적인 발광형 교통안전표지가 가능하리라 사료된다.

참고문헌

1. 경찰청, 교통사고통계, 2004, 2005
2. 경찰청, 발광형 교통안전표지 표준지침, 2005
3. 도로교통안전관리공단, 2005년판 OECD교통사고통계, 2005
4. M. Morimoto and H. Watanabe, Flat Panel Displays, NEC Technical Journal, Vol. 49, No. 1, pp. 82-86, 1996
5. W. Conard Holton, Light-emitting polymers: Increasing promise, Solid State Technology, Vol. 40, No. 5, pp. 163-167, 1997
6. Jea-Young Cho, Sung-Jin Choi, Seok-Bum Yoon, Hwan-Sool Oh, A Study on the Luminous Properties of the White-light-emitting Organic LED with Two-wavelength using DPVBi/Alq₃:Rubrene Structure, Journal of the KIEEME, Vol. 16, No. 7, pp.616-621 July 1. 2003
7. M. Pope, H.P. Kallmann and P. Magnate, J. Chem. Phys., No. 38, p.2042, 1963
8. C.W. Tang and S.A. VanSlyke, Organic electroluminescent diodes, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, No. 12, pp. 913-915, 1987
9. C.W. Tang, S.A. VanSlyke, and C.H. Chen, Electroluminescence of doped organic thin films, J. Appl. Phys., Vol. 65, No. 9, pp. 3610-3616, 1989
10. Soo-Woong Hwang, Hwan-Sool Oh and Seong-Jong Kang, A Study of the Fabrication and the Characteristics of an Organic Light-Emitting Device Using BCP, Journal of the Korean Physical Society, Vol. 47, No. 1, pp. 34-36, 2005.