



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2010년 02 월
석사학위 논문

SiO₂-UV 경화제 혼합층에 의한 OLED 소자의 외부 발광효율 향상

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

함 효 균

SiO₂-UV 경화제 혼합층에 의한 OLED 소자의 외부 발광효율 향상

-Out-coupling efficiency enhancement of OLED device by
SiO₂-UV hardener composite layer-

2010년 02월 25일

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

함 효 균

SiO₂-UV 경화제 혼합층에 의한 OLED 소자의 외부 발광효율 향상

지도교수 신 동 찬

이 논문을 공학석사 학위신청 논문으로 제출함

2009 년 10 월

조선대학교 대학원

첨단부품소재공학과

함 효 균

함효균의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 이 종 국 (인)

위 원 조선대학교 교 수 박 진 성 (인)

위 원 조선대학교 부교수 신 동 찬 (인)

2009년 11 월

조선대학교 대학원

목 차

List of Tables	IV
List of Figures	V
ABSTRACT	VII
제 1 장 서 론	1
제 2 장 이론적 배경	4
제 2.1 절 OLED 디스플레이 개요	4
2.1.1 OLED 연구의 역사	4
2.1.2 OLED 디스플레이 응용분야	5
2.1.3 백색 OLED 조명의 개요	7
2.1.4 백색 OLED 조명 제조를 위한 기술	9
제 2.2 절 OLED 구조 및 동작원리	10
제 2.3 절 전자파의 기본이론	15
2.3.1 전자기파의 전파	15
2.3.2 전자기파의 경계면에서의 반사	20
2.3.3 EMT (Effective Medium Theory)에 의한 전자기파 특성	21
2.3.4 전반사와 반사방지가 빛 이동에 미치는 영향	26

제 2.4 절	단분산 구형 SiO ₂ 분말제조	31
2.4.1	졸-겔 반응론	31
제 3 장	실험 방법	36
제 3.1 절	단분산 구형 SiO ₂ 분말제조	36
3.1.1	stöber 법에 의한 SiO ₂ 분말제조	36
3.1.2	UV 경화제 굴절률 조절	38
제 3.2 절	UV 경화박막 제조	39
3.2.1	콜로이드 SiO ₂ 용액의 분산	39
3.2.2	SiO ₂ 나노분말의 크기와 함유량	39
3.2.3	UV 경화박막 제조	40
3.2.4	OLED device 적용	40
제 3.3 절	미세구조 및 광특성 분석	42
제 4 장	결과 및 고찰	43
제 4.1 절	단분산 구형 SiO ₂ 표면 미세구조	43
4.1.1	반응온도와 H ₂ O/EtOH 몰 비에 따른 입자크기	43
4.1.2	UV 경화제 굴절률 조절	45
제 4.2 절	UV 경화박막 제조	48
4.2.1	콜로이드 SiO ₂ 용액의 분산	48
4.2.2	나노분말의 크기와 함유량에 따른 광특성	51
4.2.3	Muti-coating 방법	54

4.2.4 2 step-coating 방법	58
제 4.3 절 OLED device 적용결과	62
제 5 장 결론	65
참고문헌	66

List of Tables

Table 1. Comparison With OLED driving method	14
Table 2. Relation between products with hydrolysis and polymerization rate	34
Table 3. Efficiency of OLED device using UV-hardening thin film with two methods at 1000 rpm, 2000 rpm spin velocity	63

List of Figures

Fig. 1. The conception of OLED out-coupling structure	3
Fig. 2. The Applications of OLED	6
Fig. 3. OLED lightings Developed by many companies in the world	8
Fig. 4. Flexible OLED film	11
Fig. 5. Device structures of bottom and top emission	12
Fig. 6. Emission structure of OLED	13
Fig. 7. Electromagnetic wave propagation in a medium	18
Fig. 8. Propagation of in Two-wire transmission and a medium	19
Fig. 9. Electromagnetic wave propagation of air and a medium boundary surface	24
Fig. 10. RUC in Effective Medium Theory according to the boundary condition	25
Fig. 11. Lighting transference from a medium with small reflectivity to another medium with big reflectivity	28
Fig. 12. The division of anti-reflection	29
Fig. 13. Lighting transference in the glass with deposited UV-hardening thin film	30
Fig. 14. The Structure of TEOS	35
Fig. 15. Schematize the fabrication method of SiO ₂ nanopowders	37
Fig. 16. FE-SEM micrographs of the colloidal silica powder fabricated at 40°C, 50°C with the variation of mole ratio of H ₂ O/EtOH.	44
Fig. 17. The image of UV-hardener refractivity graph depend on the amount	

of EtOH	46
Fig. 18. The image of transmittance graph depend on the amount of EtOH at visible range	47
Fig. 19. FE-SEM micrographs of degree of dispersion depend on amount of SiO ₂ nanopowders and HCl solution	49
Fig. 20. FE-SEM micrographs of degree of dispersion depend on amount of SiO ₂ nanopowders and 0.1N NaOH solution	50
Fig. 21. The transmittance according to the size of SiO ₂ nanopowders	52
Fig. 22. Transmittance of according to the size of 80/250 nm and the concentration of nanopowders	53
Fig. 23. FE-SEM micrographs of multi-coated UV-hardening thin film	56
Fig. 24. The transmittance graph of made UV-hardening thin film at Fig. 23 according to the ratio of dilution	57
Fig. 25. FE-SEM micrographs of UV-hardening thin film made by 2 step coating method	60
Fig. 26. The transmittance graph of made UV-hardening thin film at Fig. 25 according to the ratio of dilution	61
Fig. 27. The total intensity of radiation in green OLED device with UV-hardening thin film	64

초 록

SiO₂-UV 경화제 혼합층에 의한 OLED 소자의 외부 발광효율 향상

함 효 균

지도교수 : 신 동 찬.

조선대학교 신소재공학과

OLED는 얇고, 가벼우며, 낮은 소비전력 등으로 인해 조명과 디스플레이 응용분야에서 매우 각광받는 소자이다. 그러나 OLED는 여전히 긴 수명과, 높은 효율, 그리고 낮은 구동전압이 요구되어진다. OLED는 ITO/Organic 그리고, Glass/Air층 사이에서의 2가지 waveguide 모드에 의해 20% 이내의 빛만 방출된다. 이러한 낮은 외부발광효율은 현재 디스플레이나 조명에 요구되어지는 높은 휘도를 내기위해 높은 구동 전압이 필요하며, 결국 소자의 수명을 단축시킨다.

본 연구에서는 SiO₂-polymer 복합층을 사용하여 OLED의 외부발광효율을 향상시켰다. SiO₂-polymer 복합체는 SiO₂ nanopowder와 일반적으로 사용되는 UV-경화제로 제조되었다. 이 복합층은 SiO₂와 UV-경화제를 corning glass 위에 스펀 코팅법을 사용하여 1 μ m 두께를 가지는 박막으로 코팅 되었다.

SiO₂-polymer 복합층의 광학적 특징은 복합층안의 SiO₂ 양과 SiO₂ 현탁액의 분산 정도에 의존한다. SiO₂ nanopowder의 양과 점도, 그리고 층수가 증가할 때 투과율은 급속히 감소한다. 빛의 scattering 효과를 향상시키기 위해 복합층 안에 80/250 nm 크기의 SiO₂ nanopowders를 첨가하였다. 30 cps의 점도를 가지는 UV-경화제를 사용하여 1~3층을 가지는 1 μ m 두께의 UV-경화 박막이 제조되었고, 이 때 100%를 상회하

는 투과율이 관측되었다. 이 UV-경화 박막은 전 파장영역에서 OLED 실험용 소자의 외부발광효율을 증가시켰으며, 특히 560-730 nm에서 외부발광효율이 30% 향상 되었다. 본 연구에서 사용된 방법은 매우 큰 cost-effect와 simple process를 가지기 때문에 OLED나 LED 소자에 있어 매우 장래성 있는 방법이다.

ABSTRACT

Out-coupling efficiency enhancement of OLED device by SiO₂-UV hardener composite layer

Hyo-Kyun Ham

Advisor : Prof. Dong-Chan Shin Ph. D.

Department of Advanced Materials Engineering

Graduate School of Chosun University

OLEDs are very promising devices for applications in displays and lighting due to thin, light weight, low power consumption etc.. However OLEDs still require further improvements for longer life time, high efficiency and low operating voltage. Only 20% of the total light emitted can be used due to the two waveguide mode of the ITO/Organic and Glass/Air layers. The low out-coupling efficiency reduces the life time of the devices because the driving voltage needs to be increased to achieve a desirable brightness.

In this study the out-coupling efficiency of OLED devices was improved using SiO₂ - polymer composite layers. The SiO₂ - polymer composite was made from a SiO₂ nanopowder and commercial UV-hardeners. The composite layer was coated on corning glass by dip-coating in a SiO₂ suspension and then coated with a 1 μ m thick UV-hardener by spin-coating.

The optical properties were found to be dependent on the quantity of

SiO₂ in the composite layers and the dispersion of the SiO₂ suspension. When the quantity of SiO₂ nanopowder and viscosity were decreased, the number of layers increased and the transmittance decreased gradually. 194/440 nm SiO₂ nanopowders were added to the composite layer to enhance the light scattering effect. Approximately 100% transmittance was obtained in the 1 μm thick UV-hardening thin film with 1~3 layers using a 30 cps UV-hardener. The composite layer enhanced the out-coupling of the test OLED device within all wavelength regions, particularly 30% between 560-730 nm. This new approach can be a promising method for OLED and LED devices due to the cost-effective and simple process.

제 1 장 서 론

문자, 음성, 화상정보를 시간과 장소에 제한 없이 주고받는데 필요한 디스플레이의 중요성이 급격히 증대하고 있다. 2000년 이전까지 디스플레이 시장의 주류를 형성하고 있던 것은 CRT였으나, 점차 평판디스플레이에 대한 관심이 높아지고, 부피와 편의성 등에서 장점이 많은 LCD의 비중이 점차 커지게 되었고 현재는 PDP, 유기EL 등 차세대 평판 디스플레이의 출현으로 디스플레이간 경쟁이 심화되고 있다. 특히 유기EL은 저전압구동, 자기발광, 경량 박형, 광시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점을 지니고 있어 별도의 광원을 필요로 하며, 밝기, 대조비, 시야각, 그리고 대면적화 등에 기술적 한계를 지니고 있는 LCD의 단점을 극복할 수 있는 새로운 평판 디스플레이뿐만 아니라 형광등 및 백열등을 대체할 조명산업에서도 급격한 성장을 이룩하고 있다.

유기EL은 유기물 박막에 음극과 양극을 통하여 주입된 전자와 정공이 재결합하여 여기자(Excitation)를 형성하고, 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정한 파장과 빛이 발생하는 현상을 이용한 것이다. 유기EL은 자체 발광형이기 때문에 LCD에 비해 시야각, 대조비 등이 우수하며 백라이트가 필요치 않아 경량 박형이 가능하고 소비전력 측면에서도 유리하다. 또한 화질이 뛰어나며 응답속도가 빠르기 때문에 동영상 구현능력이 우수하고 유연성 있는 기판 형성이 가능하므로 새로운 시장 개척의 잠재성을 지니고 있다. 그러나 아직 수명이 짧고, 발광 효율이 낮으며 공기중 수분과의 반응으로 사용하는데 어려움이 있다. 발광층으로부터의 빛 중 25% 내외만이 적출되고 75%이상이 전반사, 흡수, waveguide 된다. 이렇게 내부에 갇히는 빛으로 인해 발광 효율이 낮아지며, 이로 인해 색재현을 떨어지고, 빛을 내기위한 소비전력 또한 높아져 내부에 열이 발생하게 되고 결국 OLED 디스플레이 및 조명의 수명을 단축시킨다.

이와 같이 소자에 갇혀 외부로 나오지 못하는 빛들을 외부로 추출해 내기 위하여 다양한 연구결과가 발표되고 있다. 먼저 유리기판-공기 층 경계면에서의 전반사를 줄이기 위해서 유리기판 위에 마이크로 렌즈를 형성하는 방법이 연구되어왔다^[1,2]. 또한 ITO-유기층 광도파로 모드를 OLED 외부로 추출 시키기 위한 방법으로 ITO-유리 기판 사이에 격자구조를 형성하는 연구를 진행해 오고있다. ITO-유기층은 수백나노미터의 두께만을 가지지만 높은 굴절률을 가지기 때문에 광도파로를 형성하게 되

면 이로 인해 50% 가까운 빛이 ITO-유기층 광도파로를 따라 도파하게 된다^[3-5]. 그 이외에도 이산화 규소 에어로겔과 microcavity, 형성된 메이사 기관등을 사용하여 외부발광 효율을 상승시켰다^[6-8].

그러나 마이크로 렌즈와 microcavity를 제외한 방법들은 제조과정이 복잡할 뿐만 아니라 여러 단계의 제작 단계를 거치기 때문에 복잡하고, 제작의 어려움이 있다. 제작 과정이 비교적 어렵지 않은 마이크로 렌즈와 microcavity에 관한 연구가 많이 행해지고 있는 가운데 본 연구에서는 이것들 보다 더 제작이 간편하고, 제작비용 또한 현저히 줄이면서 외부발광 효율을 높이는 방법을 소개하고자 한다. 기관-공기층의 굴절률 차이에 의한 전반사와 도파모드에 의해 갇히는 빛을 추출해 내기 위하여 glass-공기 사이에 구형의 SiO₂를 포함하는 UV-경화박막층을 삽입하는 방법을 제안하였다.

그림1은 본 연구에서 제안하는 OLED 외부발광효율 구조의 개념도이다. 발광층에서 전자와 정공의 재결합에 의해 생성된 빛은 glass 기관과 UV-경화박막을 통과하여 공기중으로 적출된다. 생성된 빛이 SiO₂가 함유된 UV-경화박막을 통과할 때 기관보다 작은 경화제와 SiO₂ 나노분말에 의한 scattering 효과로 인해 외부발광효율이 증가한다. 복합체에서의 전자기 특성은 복합체를 구성하는 각 물질의 전자기 상수의 평균값으로 특징지을 수 있다. 이러한 평균을 취하는 방법에서 대표적인 이론은 유효매질이론이 있다. 유효매질이론은 복합체 내부의 입자들이 전자기파의 파장보다도 작은 경우에 적용할 수 있는 이론이다. 구형의 SiO₂ 나노분말을 함유하는 UV-경화박막층은 OLED 내부에서 형성되는 모든 빛을 외부로 추출시켜 기존의 20 %에 불과한 추출효율을 30 % 향상시킬 수 있다.

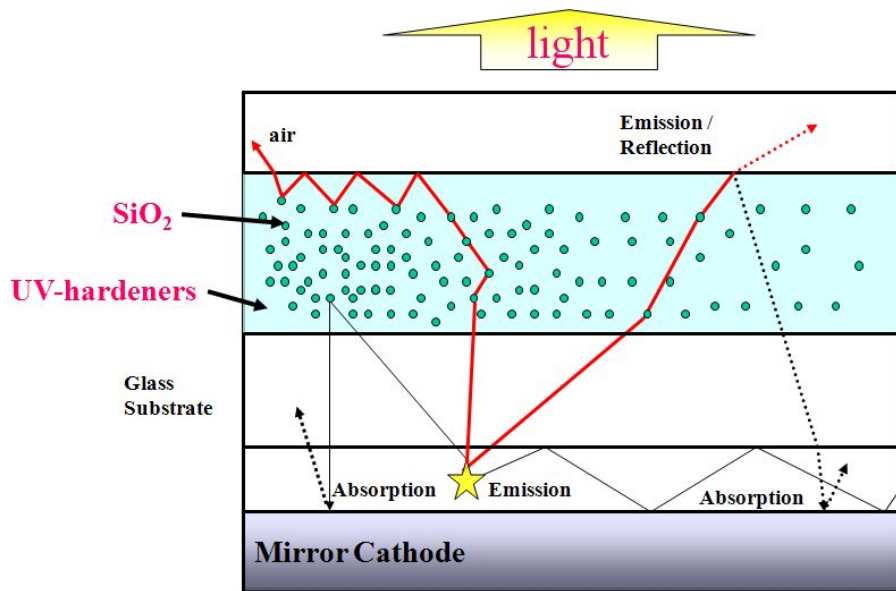


Fig. 1.. The conception of OLED out-coupling structure

제 2 장 이론적 배경

제 2.1 절 OLED디스플레이 개요

2.1.1 OLED 연구의 역사

1963년 Pope, Kallmann, Magnate에 의해 안트라센 결정에서 처음으로 발견되었고, 1965년 W. Helfrich)등이 연구를 계속해서 이루어졌다^[9]. 이후 1982년에 Vincett등이 진공증착방법으로 비결정질의 안트라센 박막을 형성하고 유기 발광다이오드를 제작 성공하고, 소자의 발광효율을 약 0.05% 수준으로 아주 낮았으나, 현재 유기증착방법으로 가장 널리 사용되어지고 있다^[10].

1987년 C. W. Tang과 S. A. Vanslyke는 diamine을 정공수송층으로 사용하고 녹색 발광물질인 tris-(8-hydroxyquinoline) aluminum을 발광층 및 전자 수송층으로 사용하여 각 약 50nm 정도의 아주얇은 박막으로 적층하고, 음극전극으로 Mg:Ag합금을 사용하여 전자와 정공 주입 효율을 향상시켜 발광 효율이 높은 녹색 OLED소자를 개발했다^[11,12].

1989년 C. W. Tang등이 발광층에 유기 형광색소를 소량 도핑하여 효율을 높이고 여러 가지 다른 색을 낼 수 있다는 것을 보여 full color OLED디스플레이 개발의 가능성을 보여주었다^[13]. 이논문에서는 발광층에 도핑하는 형광 색소층의 두께를 변화시키거나 또는 diamine/Alq₃ 계면과 도핑층의 위치를 변화시키면서 발광 스펙트럼을 분석하여 전자정공의 재결합 영역이 diamine/Alq₃ 계면에서 Alq₃층 내부로 5 nm 정도이고, 엑시톤의 거리는 약 20 nm 정도라는 것을 밝혀서 다층 박막형 OLED 소자에서 전기 발광의 원리를 잘 설명하였다.

전도성 고분자를 이용한 최초의 발광다이오드는 1990년에 영국 캠브리지대학의 R.H. Friend 교수팀에서 개발 하였다^[14,15]. Friend 교수팀은 poly(p-phenylenevinylene) 박막을 이용하여 제작한 ITO/PPV/AL 구조의 발광다이오드에서 약한 노란색 빛이 나오는 것을 발견했다. PPV는 용매에 녹지 않아서 박막을 만들기 어려우므로 용액으로 만들 수 있는 PPV 전구체를 스핀코팅 방법으로 ITO 유리기판위 박막을 제작하였다. 그 후 진공중에서 열처리를 하여 공액 고분자인 PPV로 변환시키는 방법을 사

용하여 음극전극으로 일함수가 높은 Al을 사용했기 때문에 13 V이상의 높은 전압에서 발광하기 시작하고, 발광효율이 약 0.05% 수준으로 아주 낮았다. 발광 효율은 낮았지만 스펀코팅 방법으로 대면적 디스플레이나 플렉시블 디스플레이를 쉽게 만들 수 있는 가능성을 보여줬다. 이 방법을 이용하여 잉크젯 프린팅 기법이 사용되는 계기가 되었다

1991년 UCSB의 A. J. Heeger교수팀은 PPV의 불용성과 낮은 효율을 개선하기 위해서 유기용매에 잘 녹는 poly(2-methoxy, 5-(2'-ethyl)hexyloxy-p-phenylenevinylene) (MEH-PPV)를 이용하여 스펀코팅방법으로 박막을 제작하고, 일함수가 낮은 Ca 전극을 음극으로 사용하여 양자효율이 약 1% 수준인 우수한 고분자 LED를 개발하였다^[16]. 이어서 1992년에 Heeger교수팀은 플라스틱 기판위에 양극 전극으로 투명한 전도성 고분자인 camphorsulfonic acid (CSA)가 도핑된 polyaniline (PANI - CSA)을 사용하고, MEH-PPV를 발광층으로 사용한 휘어질 수 있는 플라스틱 발광다이오드를 개발하였다^[17].

영국의 캠브리지 대학의 A. B. Holmes교수팀은 고분자의 결사슬에 전자 끌기 또는 전자 주기그룹을 붙여서 발광 고분자의 에너지 밴드갭과 전기적·광학적 특성을 조절할 수 있다는 것을 보였다^[18,19].

2.1.2 OLED 디스플레이 응용분야

후대 정보단말 Display시장을 바탕으로 QVGA급 대응 Full Color화로 고부가가치의 소형 Display 제품으로 전개가 가능하다. 뿐만 아니라 나날이 발전하는 OLED는 대면적 디스플레이로도 연구개발이 한창이며, 조명과 유기 태양전지 분야에서도 각광받고 있다.

특히 대면적 백색 OLED가 가능해지면서 최근 조명에 대한 관심이 대폭 상승된 가운데 실생활에 맞는 조명을 개발하기 위해 꾸준히 연구 중이다.

그림2는 OLED의 응용분야를 나타내는 그림으로 각각 full color를 구현할 수 있는 디스플레이와 친환경 대면적 면조명, 유기 태양전지를 나타냈다.

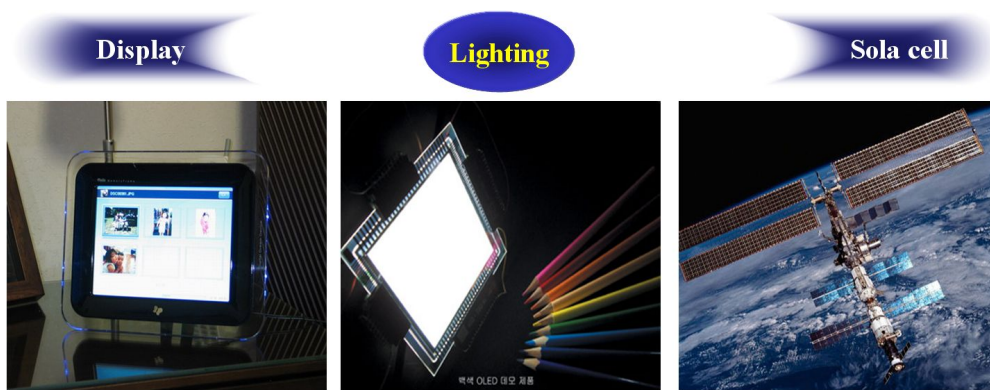


Fig. 2. The Applications of OLED

2.1.3 백색 OLED 조명의 개요

1987년 Tang과 VanSlyke에 의하여 처음으로 유기전기발광소자(OLED) 특성이 보고된 이래로 연구진에 의하여 소재, 소자, 그 응용면에서 폭 넓은 연구가 이루어져 왔으며, 오늘에 이르러 OLED는 cell phone의 디스플레이로 우리의 생활 속에 들어와 있다^[11,12]. 현재 사용되고 있는 유기 EL 디스플레이는 passive 구동 형태로 다원색(multi-color)의 1~2인치급 디스플레이이지만, 궁극적으로는 대면적의 풀 컬러 디스플레이 구현을 위하여 많은 노력을 하고 있다. 또 다른 한편으로 백색의 면 발광을 이용하여 백라이트나 조명기구로의 응용에 연구 중점을 두고 있다.

특히, Toyota 등은 백색 OLED를 LCD의 백라이트로 응용하기 위해 연구개발을 진행 중에 있다. GE, 오스람 등의 조명 업체는 백색 OLED를 조명으로 응용하기 위해 연구개발을 하고 있다. 백색 광원은 색도좌표가 (0.33,0.33), 색온도 3,000~8,000K, 그리고 백색의 질을 나타내는 척도인 CRI (Color Rendering Index)가 80 이상일 때 가장 이상적인 색을 구현할 수 있다.

그림2는 세계 각국의 조명회사에서 개발한 OLED 조명사진을 나타낸 것이다. a)는 GE, b)는 UDC, c)는 pilips, d)는 지엔스, e)는 코이즈미 산업, f)는 IMES가 개발한 조명용 OLED의 이미지 이다.

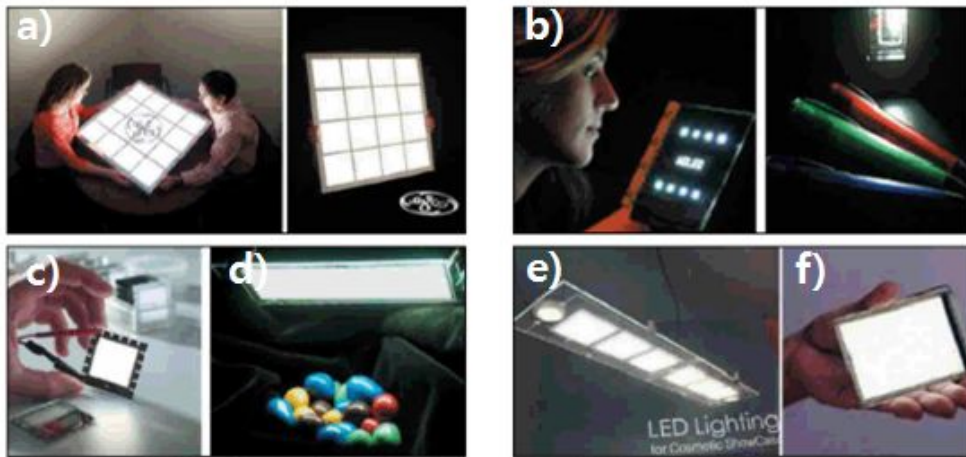


Fig. 3. OLED lightings Developed by many companies in the world

2.1.4 백색 OLED 조명 제조를 위한 기술

백색 OLED을 구현하는 방법으로는 소자의 구조로 분류할 경우에는 고분자 소재의 경우 두 종류이상의 고분자를 blending 하거나 composites를 만드는 방법과 단분자의 경우에는 두 종류 이상의 발광층을 적층하는 다층막 구조와 하나의 host에 두 종류이상의 dopant를 doping하는 방법 등이 있다. 발광 스펙트럼으로는 두 파장과 삼 파장 백색 OLED로 구분할 수 있다^[20,21]. 서로 보색관계를 갖는 두 파장의 발광 특성을 갖는 발광층을 적층하거나 도핑하여 백색을 내는 방법으로 주로 Cyan과 Red, Blue와 Orange 컬러를 발광하는 소재가 적층되거나 doping 된다. 두 파장 백색 OLED의 구조는 소자의 제작이 용이하고 효율이 높은 장점이 있다.

현재까지 Yamagata 대학의 Kido 교수팀에서 16 lm/W의 고효율을 보고했으며, 백색 OLED에서 가장 문제점으로 제시되는 수명에 있어서도 2002년 8월 일본의 Idemitsu Kosan사에서 100,000 시간 이상의 수명을 보고함으로써 실용화에 한발 더 다가서게 되었다. 그러나 두 파장 백색 OLED는 색도좌표는 만족되지만, CRI 값이 낮으며 Green color의 intensity가 다른 컬러에 비하여 약하여 구동회로상에서 보안을 해 주어야 하며 이로 인하여 소자의 수명을 급격하게 감소시키는 원인이 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 1995년 Kido 교수팀에서 R, G, B 세가지 기본색을 발광하는 발광층을 적층하여 백색 발광을 도출한 후로 RGB 다층막 구조로 백색을 구현하는 방법들이 연구되고 있다. 삼 파장 백색은 색순도가 우수하고 높은 CRI의 백색을 얻을 수 있는 반면 제작이 어려우며, 재현성이 적고 두 파장 백색광원에 비하여 효율이 낮은 단점이 있다. 그러나, 미국의 UDC에서는 인광소재를 이용한 삼 파장 적층된 백색 OLED를 개발하여 두 파장 백색 OLED를 뛰어넘는 우수한 특성이 보고하고 있다. 이는 현재 인광소재의 연구 발전 속도에 비추어 볼 때 머지않아 조명 산업에 쓰일 수 있을 정도의 우수한 특성을 얻을 수 있을 것으로 기대하고 있다.

이상에서 살펴본 백색 OLED의 제조 기술을 종합해 보면 크게 1) 단층 발광을 이용한 방법, 2)다층 발광을 이용한 방법, 3) 색변환을 이용한 방법, 4) 소자적층 방식을 이용한 방법 등으로 기술 개발이 이루어지고 있다.

제 2.2절 OLED 구조 및 동작원리

OLED(Organic Light Emitting Diode)는 전원이 공급되면 전자가 이동하면서 전류가 흐르게 되는데 음극에서는 전자(-)가 전자수송층의 도움으로 발광층으로 이동하고, 상대적으로 양극에서는 Hole(+개념, 전자가 빠져나간 상태)이 Hole 수송층의 도움으로 발광층으로 이동하게 된다^[22].

유기물질인 발광층에서 만난 전자와 높은 에너지를 갖는 여기자를 생성하게 되는데 이 때, 여기자가 낮은 에너지로 떨어지면서 빛을 발생하게 되는 것이다^[23]. 발광층을 구성하고 있는 유기물질이 어떤 것이냐에 따라 빛의 색깔을 달라지게 되며 R,G,B를 내는 각각의 유기물질을 이용하여 Full Color를 구현할 수 있다.

무기 EL과 OLED를 비교해서 이해해 보면 열 이외의 에너지에 의해 빛이 복사돼 빛을 내는 것을 발광(發光)이라고 하는데, EL은 특히 전기장을 가하는 방법으로 일으키는 발광현상이다. 이런 발광현상을 이용하는 것이 무기EL과 OLED로, 이 두 방식은 탄소(C)가 포함된 발광물질을 사용하느냐 여부에 따라 구분된다.

탄소가 있으면 유기발광다이오드이고 그렇지 않으면 무기EL이다.

무기EL은 발광다이오드에 비해 소비전력이 3분의 1 정도로 낮고, 먼 전체가 발광하기 때문에 점 발광방식인 LED보다 빛을 고르게 공급한다. 또한 열 발생이 거의 없어 수명이 길며 구부려도 손상이 없다는 장점이 있다. 그러나 몇 가지 색 이외에 전체 컬러 영상과 동영상 구현을 하지 못하는 단점이 있어 휴대폰 자체 디스플레이로는 부적합하다.

이와는 대조적으로 OLED는 다양한 컬러와 빠른 응답속도로 동영상 구현이 용이한 장점을 갖고 있다.



ITO와 음극에서 각각 주입된 정공과 전자가
유기 발광층에서 재결합하여
발광하는 영상표시장치

Fig. 4. Flexible OLED film

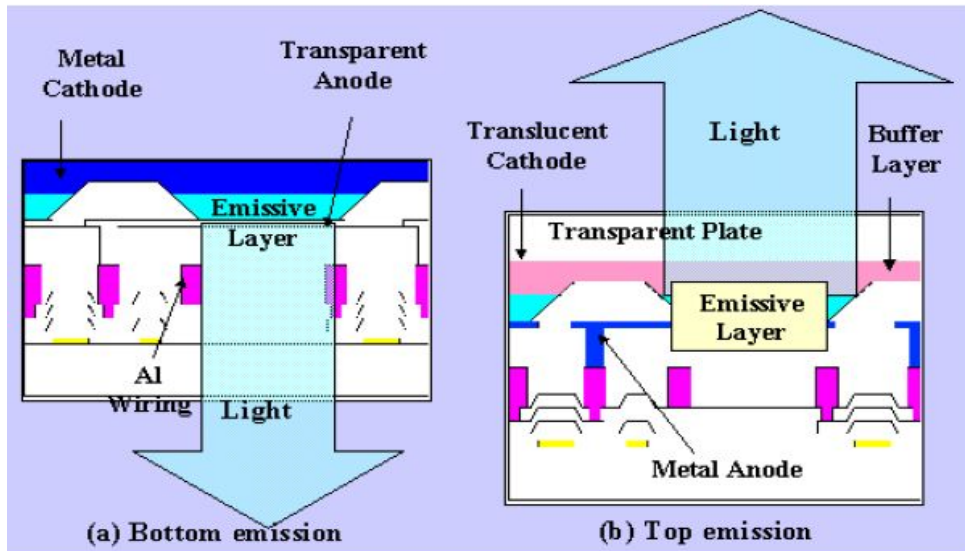


Fig. 5 . Device structures of bottom and top emission

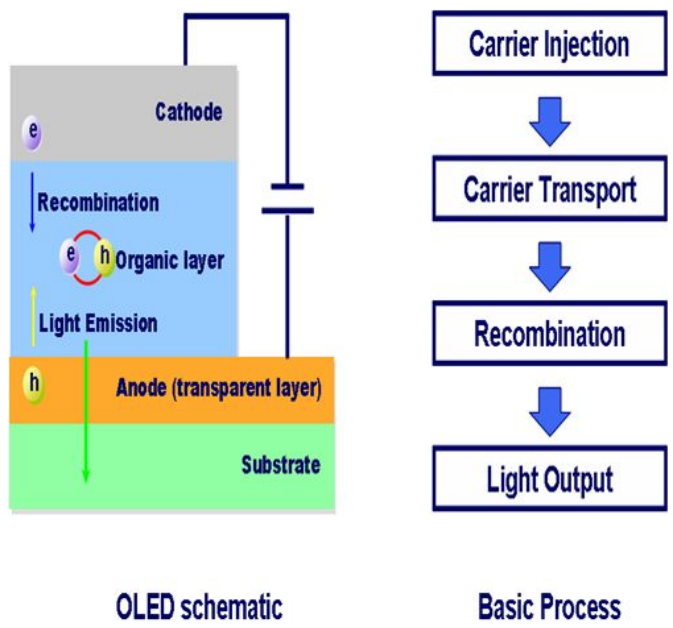


Fig. 6. Emission structure of OLED.

구동방식	Passive Matrix	Active Matrix
구조		
구동원리	<ul style="list-style-type: none"> - 가로선에 신호를 순차적으로 인가하여 가로 방향의 Dot들이 한 줄, 한 줄씩 순차적으로 發光하는 방식 - 따라서 PM 방식은 화면의 밝기와 해상도 (가로선 數)에 한계가 발생하게 됨 	<ul style="list-style-type: none"> - AM 방식은 PM 방식의 비효율적인 '순차발광'의 단점을 없애기 위해 가로선과 세로선의 교차점에 박막 트랜지스터를 각각 형성하여 Dot 전부가 동시에 發光할 수 있도록 한 방식임

Table. 1. Comparison With OLED driving method

제 2.3 전자파의 기본이론

2.3.1 전자기파의 전파

매질 내에서의 전자기파의 전파는 매질의 전자기 특성을 나타내는 유전율, 투자율, 도전율에 의해서 표현된다. 전자기파의 진행 방향을 x축으로 고정하면, 전기장과 자기장은 다음과 같이 표현 된다^[24,25].

$$E = E_0 e^{-rx}, B = B_0 e^{-rx} \dots\dots\dots 2-1$$

식 2-1에서 E는 전기장 B는 자기장, r은 전자기파의 전파상수를 의미한다. 여기서 r은 다시 다음과 같이 정의되고, 물질내의 흡수 상수와 위상상수로 표현된다.

$$\gamma = \gamma_r \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r} \dots\dots\dots 2-2$$

$$= \alpha + i\beta$$

$$\gamma_0 = i\omega\gamma_0 = i\omega\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0} : \text{진공 중의 전파상수}$$

ω : 각 주파수 (angular frequency)

α : 매질의 흡수상수 (attenuation constant)

β : 매질의 위상상수 (phase constant)

그러므로 매질의 흡수상수에 의해서 전자기장은 진행함에 따라 전자기장의 강도 (amplitude)가 줄어들고, 위상상수에 의해서 위상의 변화가 일어난다. 식 2-2에서 ϵ_r , μ_r 은 공기 중에서 유전율과 투자율에 대해서 규격화된 상대 유전율과 상대 투자율로 복소수로 나타내진다.

$$\epsilon_r(\omega) = \epsilon_r' - i\epsilon_r'' = \epsilon_r' - i\frac{\sigma}{\omega\epsilon_0} \dots\dots\dots 2-3$$

$$\mu_r(\omega) = \mu_r' - i\mu_r''$$

ϵ_r , μ_r 은 주파수에 따라서 변화하는 양으로, 특히 ϵ_r 의 복소항은 물질의 도전율 σ 의 함수이다. 위와 같은 전자기파의 전파는 등가적인 전송선 모델로써 표현될 경우 여러 가지 면에서 유용한 경우가 많다. 그림 2-2의 a에서 Z는 길이 당 직렬 임피던스이고, Y는 병렬 임피던스라 하면 다음과 같은 전송선 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{dV}{dx} = -ZI, \frac{dI}{dx} = -YV \dots\dots\dots 2-4$$

그림 2-2의 b의 경우 매질의 유전율과 투자율, 도전율로서 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{dE}{dx} = -i\omega\mu_r H, \quad \dots\dots\dots 2-5$$

$$\frac{dE}{dx} = -(\sigma + i\omega\epsilon)E = -i\omega\epsilon_r E$$

전송선의 경우에 특성 임피던스와 매질의 고유 임피던스는 각각 다음 식으로 표현된다.

$$K = \sqrt{\frac{Z}{Y}} \quad \dots\dots\dots 2-6$$

$$Z = \sqrt{\frac{i\omega\mu_r}{\sigma + i\omega\epsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}}$$

공기 중에서의 임피던스는 다음과 같다.

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad \dots\dots\dots 2-7$$

또한, 전송선의 경우 전파상수는

$$r = \sqrt{ZY} \quad \dots\dots\dots 2-8$$

매질에서의 전파상수는

$$\gamma = i\omega\sqrt{\epsilon_r\mu_r} = \sqrt{i\omega\mu_r(\sigma + i\omega\epsilon_r)} \quad \dots\dots\dots 2-9$$

전파상수는 금속일 경우와 공기 중에서 각각 다음과 같다.

금속 : $\gamma = (1+i)\sqrt{\pi\mu_r f\sigma}$

공기 : $\gamma = i\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \quad \dots\dots\dots 2-10$

식 2-10과 식2-2를 비교하면 공기중에서 흡수계수 $\alpha = 0$ 으로 위상의 차이만이 나타나며, 금속에서는 $\alpha = \beta = \sqrt{\pi\mu f\sigma}$ 으로 위상 변화와 감쇄가 동시에 일어나며, 금속의 경우에 전자기장의 강도가 e^{-1} 이 되는 두께인 $(\pi\mu f\sigma)^{1/2}$ 을 skin depth라고 한다. 전기장이 길이 d인 매질을 통과할 때 전자기파의 투과손실(penetration loss)은 다음과 같다.

$$A = \alpha d \text{ nepers} = 8.686 \alpha d \text{ dB} \quad \dots\dots\dots 2-11$$

식 2-11에서와 같이 흡수계수의 크기가 클수록 매질에서의 흡수는 크게 일어난다. 흡수계수를 풀어서 표현하면 다음과 같다.

$$\alpha = 2\pi f \sqrt{\mu_0\epsilon_0} \sqrt{\frac{\mu_r\epsilon_r}{2}} \times [(\tan\delta_\mu \tan\delta_\epsilon - 1) + (1 + \tan^2\delta_\mu \tan^2\delta_\epsilon + \tan^2\delta_\mu \tan^2\delta_\epsilon)^{1/2}] \quad \dots\dots\dots 2-12$$

여기서 식2-12에서 흡수계수의 크기는 $\epsilon'_r, \mu'_r, \tan\delta_\mu, \tan\delta_\epsilon$ 이 클수록 크다. $\tan\delta_\mu, \tan\delta_\epsilon$ 는 각각 자기 loss factor, 유전 loss factor라 정의하며, 다음과 같이 유전율과 투자율의 허수항의 비로 표현된다.

$$\tan\delta_\mu = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}, \tan\delta_\epsilon = \frac{\mu''}{\mu'} \dots\dots\dots 2-13$$

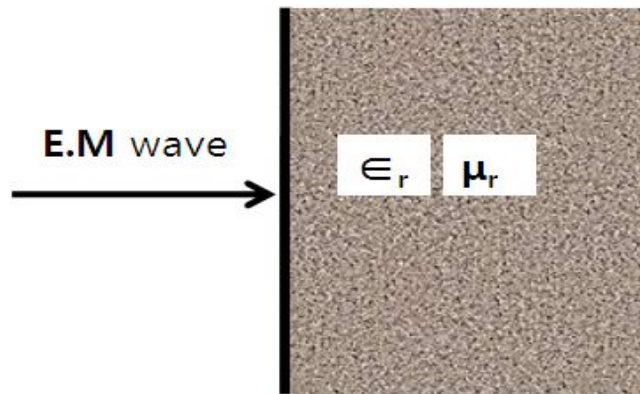
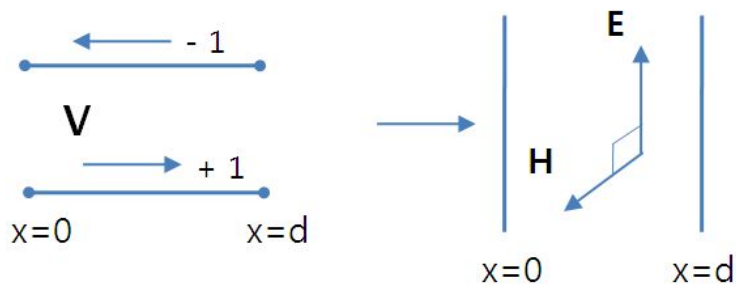


Fig. 7. Electromagnetic wave propagation in a medium



a) Two-wire 전송선

b) 매질에서의 전파

Fig. 8. Propagation of in Two-wire transmission and a medium

2.3.2 전자기파의 경계면에서의 반사

전송선 이론에서 전송선의 길이가 d 이고 $x=d$ 에서 진행방향 쪽에서 대하는 임피던스가 $Z(d)$ 일 경우에 입력 임피던스는

$$Z_{in} = K \frac{Z(d)\cosh rd + \sinh rd}{K\cosh rd + Z(d)\sinh rd} \dots\dots\dots 2-14$$

위와 같이 평면파의 입사에서도 길이 d 인 매질에서 수직한 임피던스는

$$Z_{in} = K \frac{Z(d)\cosh \gamma d + K\sinh \gamma d}{K\cosh \gamma d + Z(d)\sinh \gamma d} \dots\dots\dots 2-15$$

반사는 $x=d$ 에서 $Z(d) \neq Z$ 일 때 존재한다. 즉, 임피던스가 다른 불연속적인 경계면이 존재할 경우에 반사가 일어난다. E^i, H^i 를 입사파라 하고, E^r, H^r 를 반사파라하고, E^t, H^t 를 투과파라 하면 경계면에서 전자장의 연속 조건에 의해서 다음식이 성립한다.

$$E^i + E^r = E^t, H^i + H^r = H^t \dots\dots\dots 2-16$$

반사가 $x=d$ 에서 일어나는 경우의 전기장과 자기장의 관계식은 다음과 같다.

$$E^i = ZH^i, E^r = -ZH^r, E^t = Z(d)H^t \dots\dots\dots 2-17$$

식 2-17을 식 2-16에 대입하면 입사파와 반사파의 비인 반사계수 q 는

$$q = \frac{E^r}{E^i} = \frac{Z(d) - Z}{Z(d) + Z} = \frac{k - 1}{k + 1}, k = \frac{Z(d)}{Z} \dots\dots\dots 2-18$$

입사파와 투과파의 비인 투과계수 p 는

$$p = \frac{E^t}{E^i} = \frac{2Z(d)}{Z(d) + Z} = \frac{2}{k + 1}, k = \frac{Z(d)}{Z} \dots\dots\dots 2-19$$

위와 같은 입사 계수와 투과 계수는 경계면 양쪽의 특성 임피던스의 비의 함수로 표현된다.

그림2-3과 같이 공기와 매질에 의해서 불연속적인 경계면이 존재한 경우에 전자기파의 전파에 대해서 살펴보자. 반사계수 q 는 식 2-18에 의해서 다음과 같다.

$$q = \frac{k - 1}{k + 1} \dots\dots\dots 2-20$$

k 값은 공기와 매질 임피던스의 비로써 다음과 같이 표현된다.

$$k = \frac{Z_m}{Z_0} = \left(\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 2-21$$

$$= \left(\frac{\mu_r'}{\epsilon_r} \right)^{1/2} \frac{(1 + i \tan \delta_\epsilon - i \tan \delta_\mu + \tan \delta_\epsilon \tan \delta_\mu)^{1/2}}{\sqrt{1 + \tan^2 \delta_\epsilon}}$$

Z_m : 매질의 Impedence

Z_0 : 공기 중에서의 Impedence

반사가 일어나지 않는 무반사의 조건(perfect matching condition)은 $k=1$ 의 경우이다. $k=1$ 의 경우에 식 2-21에 의해서 다음식이 성립한다.

$$\mu_r' = \epsilon_r'$$

$$\tan \delta_\epsilon = \tan \delta_\mu \dots\dots\dots 2-22$$

위의 조건에서 식 2-21과 같이 1) 상대 유전율과 상대 투자율이 같을 경우에, 2) 투자 loss factor와 유전 loss factor가 같을 경우에 완전 매칭이 된다. 즉, 반사가 전혀 일어나지 않고 입사파가 완전히 투과하게 된다.

2.3.3 EMT(Effectivemedium theory)에 의한 전자기파 특성

복합체에서의 전자기 특성은 복합체를 구성하는 각 물질의 전자기 상수의 평균값으로 특징 지을 수 있다. 이러한 평균을 취하는 방법은 복합체를 구성하는 물질의 미시 구조적인 경계조건을 세우는데 따라서 변화하게 된다^[26]. 복합체 내부의 입자들이 전자기파의 파장보다도 작은 경우에 적용할 수 있는 이론은 effective medium thoery가 있다^[27]. 가장 간단한 두 개의 상(two-phase)을 갖는 물질의 경우를 살펴보자. Effective medium thoery는 두가지 경우로 대별할 수 있는데, 이것은 미소 경계조건에 의해서 구별된다. 그림 3-1의 a와 같이 A물질을 B물질이 완전히 포함되게 경계조건을 취하는 seperated grain structure이고, A와 B가 서로 같은 확률적인 분포를 갖는 aggregate structure이다. 위와 같은 경계조건에서 고전 산란 이론을 적용할 수 있도록 Random Unit Cell (RUC)를 모델링 하게된다^[28,29]. RUC는 seperated grain structure의 경우에 중심이 같은 두 개의 구에서 핵을 이루고 핵 주위에 B물질이 덮고 있는 형태이고, aggregate structure는 구안에 A와 B물질이 같은 확률로 존재하는 형태이다. 각 경우의 filler의 부피비는 seperated grain structure에서는 전체 구 부피에 대한 핵의 부피의 비인 f_a 이고, aggregate structure에서는 A물

질의 분포 확률인 f_a 를 사용한다.

Effective medium의 기본적인 정의는 RUC가 effective medium안에 들어 있을 경우 전자기파의 산란에 의해서 발견 될 수 없다는 것이다. 다른 말로 표현하면 복합체를 구성하는 각 물질의 특성은 RUC가 갖고 effective medium에 영향을 미치지 않지만 전체적으로 effective medium이 되어 각 물질의 특성이 아닌 각 물질 특성의 평균적인 값으로 나타나는 것이다. 위와같은 RUC에 고전 산란이론을 적용하면 다음과 같이 복합체의 전자기특성을 구할 수 있다. $\mu = 1$ 의 경우를 한정하여 effective medium theory를 적용하여보자. Effective medium theory의 정의에 의해서 RUC에 의한 산란강도, $S(0)$ 는 0이다.

$$S(0) = 0 \quad \dots\dots\dots 2-23$$

구에 의한 $S(0)$ 는 Lorentz-mie theory에 의하면 다음과 같이 급수 전개를 할 수 있다^[30].

$$S(0) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1)(\alpha_n + \beta_n) \quad \dots\dots\dots 2-24$$

α_n : electric multipole coefficient

β_n : magnetic multipole coefficient

Maxwell Garnett theory에 의하면 Separated grain structure의 도금된 구 (coated-sphere)인 RUC에 의한 산란강도는 다음과 같다^[31].

$$S^{es}(0) = i(kb)^3 \frac{(\epsilon_b - \bar{\epsilon})(\epsilon_a - 2\epsilon_b) + f_a(2\epsilon_b + \bar{\epsilon})(\epsilon_a - \epsilon_b)}{(\epsilon_b + 2\bar{\epsilon})(\epsilon_a + 2\epsilon_b) + f_a(2\epsilon_b - 2\bar{\epsilon})(\epsilon_a - \epsilon_b)} \quad \dots\dots\dots 2-25$$

$$+ O[(kb)^5]$$

여기서 부피비는 RUC의 외경과 내경의 비에 의해서 다음과 같다.

$$f_a = \left(\frac{a}{b}\right)^3 \quad \dots\dots\dots 2-26$$

식2-23의 조건에서 유효 유전율 $\bar{\epsilon} = \bar{\epsilon}_{MG}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\bar{\epsilon}_{MG} - \epsilon_b}{\bar{\epsilon}_{MG} + \epsilon_b} = f_a \frac{\epsilon_a - \epsilon_b}{\epsilon_a + 2\epsilon_b} \quad \dots\dots\dots 2-27$$

위식을 $\bar{\epsilon}_{MG}$ 에 대하여 풀어쓰면 다음과 같다.

$$\bar{\epsilon}_{MG} = \epsilon_b \frac{\epsilon_a + 2\epsilon_b + 2f_a(\epsilon_a - \epsilon_b)}{\epsilon_a + 2\epsilon_b - f_a(\epsilon_a - \epsilon_b)} \quad \dots\dots\dots 2-28$$

aggregate grain structure의 경우에 단일 구에 의한 RUC의 산란강도는 Bruggemann theory에 의해서 다음과 같다^[32].

$$S^{ss}(0) = i(kb)^3 \frac{\bar{\varepsilon} - \varepsilon}{\varepsilon + 2\bar{\varepsilon}} + O[(kb)^5] \quad \dots\dots\dots 2-29$$

식2-23의 조건에 의해서 다음식이 성립한다.

$$f_a \frac{\varepsilon_a - \bar{\varepsilon}_{Br}}{\varepsilon_a + 2\bar{\varepsilon}_{Br}} + (1-f_a) \frac{\varepsilon_b - \bar{\varepsilon}_{Br}}{\varepsilon_b + 2\bar{\varepsilon}_{Br}} = 0 \quad \dots\dots\dots 2-30$$

식 2-30에서 식 2-3을 적용하여 실수 유전율과 전도율을 구하면 다음과 같다.

$$\left(\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_p} - \frac{\sigma}{\sigma_p} \right)^2 = (A^2 + B^2)^{1/2} + A \quad \dots\dots\dots 2-31$$

$$\left(\frac{\bar{\varepsilon}'}{\varepsilon_p'} - \frac{\varepsilon'}{\varepsilon_p'} \right)^2 = [(A^2 + B^2)^{1/2} - A] \cdot (\tan \delta_p)^{-2} \quad \dots\dots\dots 2-32$$

여기서,

$$2A = \left(\frac{\sigma}{\sigma_p} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_m}{\sigma_p} - \left[\left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon_p'} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_m'}{\varepsilon_p'} \right] (\tan \delta_p)^{-2}$$

$$B = \left(\frac{1}{4} \frac{\sigma_m}{\sigma_p} + \frac{\varepsilon' \sigma}{\varepsilon_p' \sigma_p} - \frac{1}{4} \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_p} \right) (\tan \delta_p)^{-1}$$

$$\varepsilon' = \frac{1}{4} (3f_p - 1) \varepsilon_p' + \frac{1}{4} (2 - 3f_p) \varepsilon_m'$$

$$\sigma = \frac{1}{4} (3f_p - 1) \sigma_p + \frac{1}{4} (2 - 3f_p) \sigma_m$$

$$\tan \delta_p = \frac{\sigma_p}{\omega \varepsilon_0 \sigma_p}$$

am : matrix의 전도도

em' : matrix의 실수 유전율

op : filler의 전도도

ep' : filler의 실수 유전율

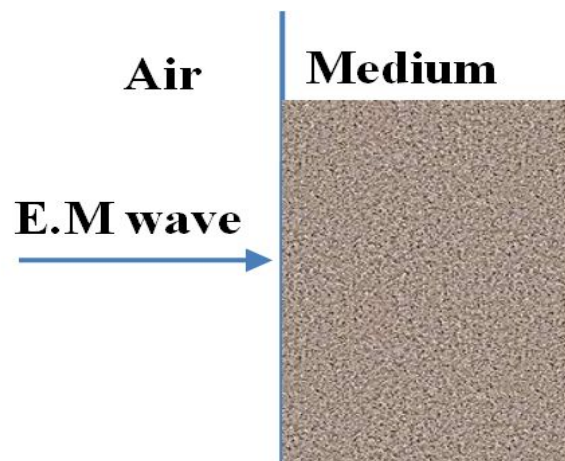


Fig. 9. Electromagnetic wave propagation of air and a medium boundary surface

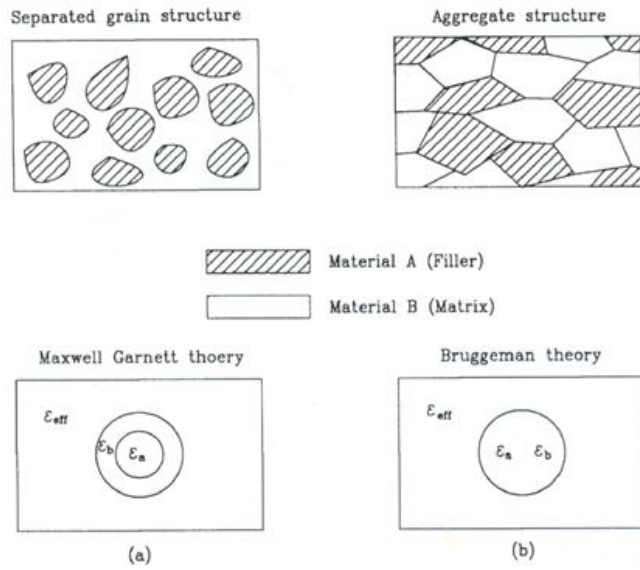


Fig. 10. RUC in Effective Medium Theory according to the boundary condition

2.3.4 전반사와 반사방지가 빛이동에 미치는 영향

전반사는 반사율이 100%인 빛의 반사 즉, 빛이 물질의 경계면에서 모두 반사하는 현상을 말한다. 빛이 광학적으로 밀한 매질(굴절률이 큰 물질)에서 소한 매질(굴절률이 작은 물질)로 입사할 때 입사각이 어느 특정 각도 이상이면 그 경계면에서 빛이 전부 반사되어 버리고 굴절 광선은 존재하지 않게 된다. 이러한 현상을 전반사라 하고, 전반사가 일어날 수 있는 입사각의 최소값을 임계각이라 한다. 다음과 같은 경우에 전반사가 일어난다.

- i. 밀한 매질에서 소한 매질로 빛이 진행할 때
- ii. 입사각이 임계각보다 클 때
- iii. 임계각이 작을수록 전반사는 더 잘 일어난다

그림 10에서 보는 것과 같이 임계각으로 입사하는 빛에 대해서는 스넬의 법칙에

따라 $\frac{\sin i_c}{\sin 90^\circ} = n_{12}$ 또는 $\sin i_c = n_{12} (n_{12} < 1)$ 이 되고, 물질 1의 굴절률이

n 이고 물질2가 공기이면, $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$ 또는 $i_c = \sin^{-1}(1/n)$ 이다.

이 식에서와 같이 임계각은 물질의 굴절률이 클수록 작아진다.

광소자의 단면에서 급격한 굴절률 변화로 인해 발생하는 빛의 반사를 없애고, 투과하는 빛의 양을 증가시키는 것을 반사방지라 한다. 단일 파장에서 수직으로 입사되는 빛의 최소반사를 원하는 경우는 증착시킬 기판의 굴절률의 제곱근에 해당하는 굴절률을 가지는 물질로 그파장의 1/4의 두께로 증착하면 되고, 여러 파장에서 최소 반사를 원하는 경우에는 여러층의 다른 물질을 증착시킨다. 나노 구조를 사용할 경우 넓은 각도, 파장 영역에서 반사율 감소 효과를 가진다.

그림 11와 같이 반사방지는 크게 빛의 산란, 간섭, 복합화를 가지는 종류로 나뉜다.

일반적으로 굴절률 n_1 을 가지는 매체1로부터 굴절률 n_2 를 가지는 매체2에 자연광이 수직 입사할 때 반사율은,

$R = [(n_2 - n_1)/(n_2 + n_1)] \times [(n_2 - n_1)/(n_2 + n_1)]$ 로 매체1이 공기층일 경우 매체2의 굴절률 n_2 는 1.0에 가까운 쪽일수록 반사율 R 은 작게 되며 빛의 투과도가 증가한다.

그림 12와 같이 반사방지는 입사되는 빛에 대하여 영향을 미치고, 전반사는 적출되는 빛에 대하여 영향을 준다. UV경화박막의 반사방지 역할로 인해 상쇄간섭으로 반사되는 빛을 줄이며, 특히 그 굴절률이 1.38로 빛이 corning glass에서 공기로 빠져 나갈 때 보다 전반사되는 빛을 줄일 뿐만 아니라 UV경화박막안의 SiO₂ 나노분말에 의한 scattering 효과로 인해 밖으로 적출되는 빛을 증가시킨다.

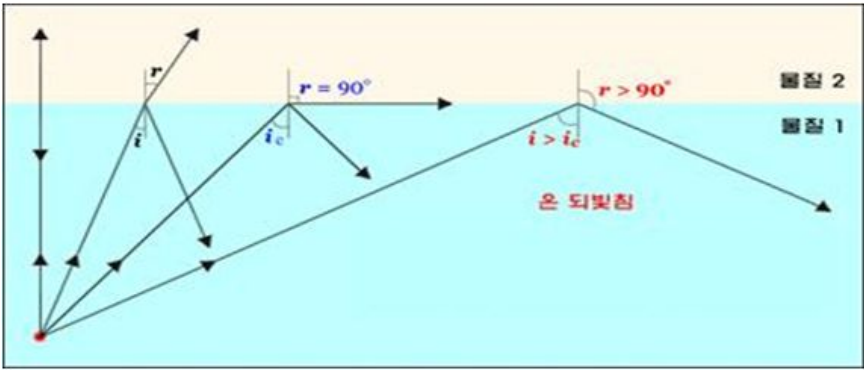


Fig. 11. Lighting transference from a medium with small reflectivity to another medium with big reflectivity



Fig. 12. The division of anti-reflection

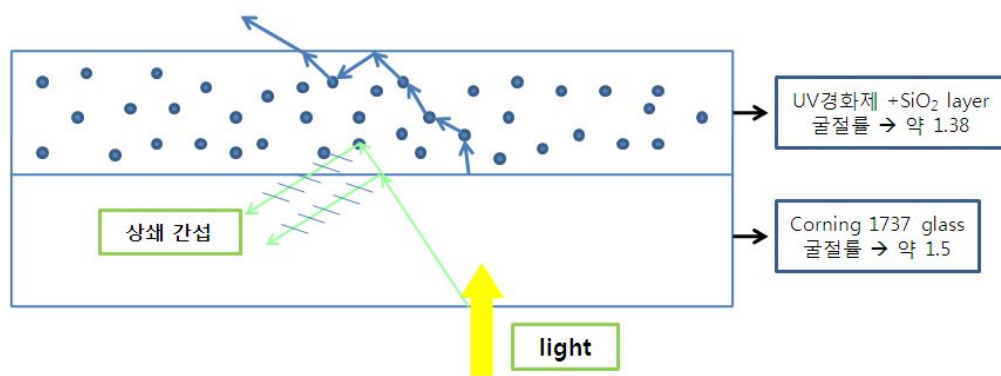


Fig. 13. Lighting transference in the glass with deposited UV-hardening thin film

제 2.4 절 단분산 구형 SiO₂분말 제조

2.4.1 졸-겔 반응론

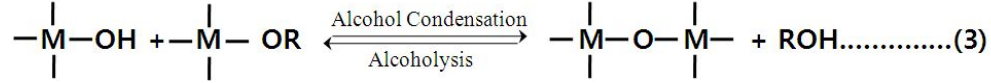
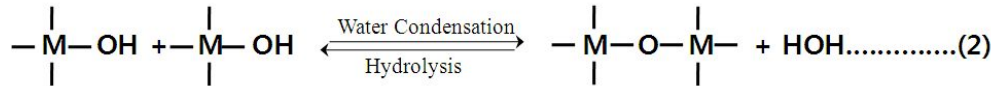
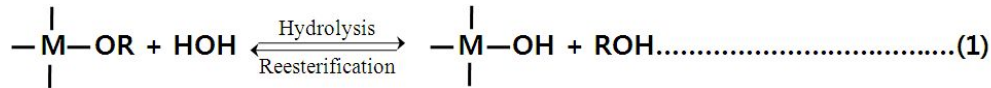
단분산 분산이란 입자크기 분포의 표준편차가 15% 이내로 입도분

포가 매우 좁고 형상이 일정한 분말을 말한다^[33]. 콜로이드 결정을 이용하여 3차원 광자 결정을 제조할 때 가장 중요한 것은 단분산 구형입자의 크기와 분포도이다. Colvin 등은 광자결정용 단분산 구형입자의 크기분포가 5% 이내로 최밀충진된 FCC(Face Centered Cubic) 구조를 형성시켜 광자결정을 제조할 수 있다고 보고하였다^[34]. 광자결정에 사용되는 단분산 구형분말의 제조는 stöber 공정법을 통하여 합성된다^[35]. 이 공정은 물과 알콜의 균일 용액 하에서 NH₃를 촉매로 사용하여 TEOS(Tetraethylorthosilicate)를 가수분해와 중축합 반응을 거쳐 단분산 구형 실리카 분말이 제조된다. TEOS는 금속 알콕사이드로서 산화물인 SiO₂ 세라믹스 제조의 출발물질이다. 구조는 실리콘 원소에 ethoxy group 4개가 결합되었다^[36]. 알콕사이드는 물과 잘 혼합되지 않으므로 공토용매인 알콜을 함께 넣어 균일한 졸을 형성시킨다. H₂O는 가수분해와 중축합반응에 참여한다. TEOS는 가수분해 반응이 느리기 때문에 산성이나 염기성 용액을 촉매로 사용한다. monolith 형태의 고분자성 겔이 합성될 경우는 산성 용액이 촉매로 사용되는 경우는 염기성 용액이 사용된다.

졸-겔 공정은 출발물질의 반복적 가수분해와 중축합반응을 통하여 저온의 용액 내에서 미세 고체입자의 콜로이드 현탁액 상태인 졸을 형성시키며, 연속적인 중축합 반응을 거쳐 겔을 형성 시키는 것이다.

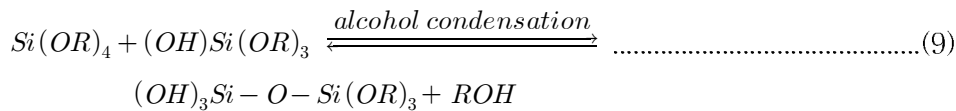
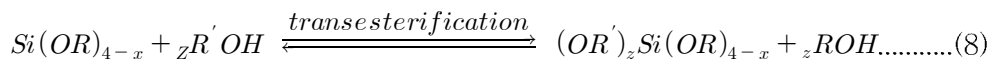
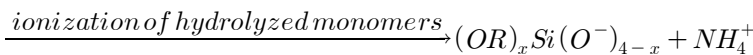
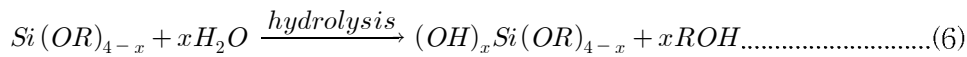
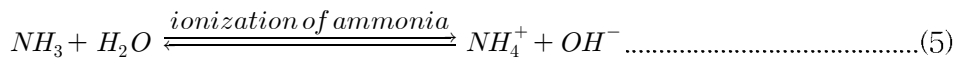
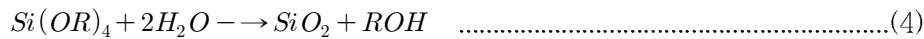
저온공정의 특성에 기인하여 고순도 산화물, 산화물 제조에 따른 낮은 소성온도 그리고 각 성분의 균일한 분포 등 많은 장점을 가지고 있으며, 특히 분말제조에 있어서 입자의 크기와 형태 등의 조절이 용이한 장점을 가지고 있다^[37]. 사용되는 출발물질은 여러 리간드에 의하여 둘러싸여 있는 금속 또는 준금속으로 이루어져 있으며, 일반적으로 출발물질에 대한 필수조건은 반응매질에 용해될 수 있어야 하며, 공정에 참여할 수 있도록 충분한 반응성이 있어야 한다^[38,39].

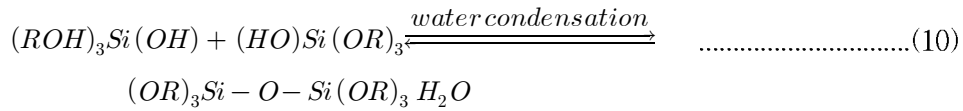
(1) 가수분해와 중축합반응



반응식 (1), (2), (3)은 동시에 일어나며, 이 반응들을 분리하여 생각하기에는 가수분해 속도가 아주 느린 Si계 알콕사이드를 제외하고 매우 어렵다. 이러한 반응 크기인 속도가 최종 생성물의 성질과 형태를 결정짓는다. 반응속도에 영향을 주는 인자로 가수분해용 H₂O와 알콕사이드 원료의 비, 용매의 양과 종류, 촉매, 반응온도 등이 있다. 이러한 인자를 고려하였을 때 생성되는 일반적인 생성물의 형상을 table 2에 나타낸다^[40].

(2) 실리카 분말 합성의 일반적인 반응





여기서 x, y, z는 화학양론적 계수이다. TEOS의 가수분해 속도는 [H₂O]와 [NH₃]에 의존한다. [NH₃] 증가는 더 많은 [OH]가 생성하여 Si 원자를 공격하고, 가수분해가 빨라져서 [H₂O]를 해리한다. 에스테르교환 반응은 -OR이 치환된 리간드와 알콜을 생성하기 위해서 용매 알콜과 함께 교환될 때 일어난다. 축합반응은 가수분해와 에스테르화된 실리카 화학종의 중합체를 가진다. 또한 이반응은 SiO₂ 입자를 최종적으로 형성하기 위해서 탈양성자화 가수분해된 모노머를 가진다^[36].

Hydrolysis Rate	Polymerization Rate	Products
Slow	Slow	Colloid/Sol
Fast	Slow	Polymer Gel
Fast	Fast	Colloidal Gel or Gel precipitation
Slow	Fast	Spherical particle

Table. 2. Relation between products with hydrolysis and polymerization rate

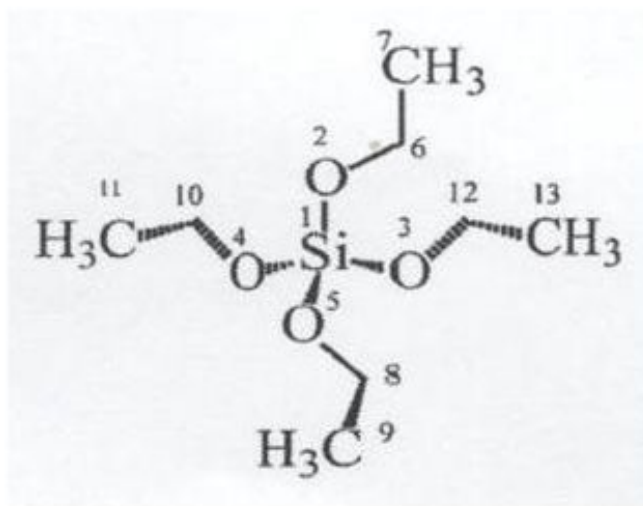


Fig. 14. The structure of TEOS

제 3 장 실험 방법

제 3.1 절 단분산 구형 SiO₂분말 제조

3.1.1 stöber법에 의한 SiO₂분말제조

단분산 구형 SiO₂ 나노분말은 stöber 공정을 통하여 합성되었다. 실험에 사용된 시약은 TEOS(Tetraethylorthosilicate, 99.9%), 에탄올(EtOH, 99.999%), NH₄OH(25% NH₃), 증류수가 사용되었다. 단분산 구형 SiO₂ 나노분말의 제조방법은 Fig.15에 나타내었다. 모든 반응에서 TEOS와 NH₃의 농도는 0.4 mol와 0.7 mol로 일정하게 유지하였으며, 반응 온도에 따라 H₂O/EtOH 물 비는 0.2, 0.4, 0.5 로 변환 하였다. H₂O, NH₃, 1/2EtOH는 삼각플라스크에 혼합된 후 water bath(Fisher isothermperature heating circulators)를 이용하여 40°C, 50°C로 유지하였다. 적정할 반응물은 TEOS와 1/2EtOH로 Glove box에서 비이커에 혼합하였다. TEOS 반응물은 정량 펌프를 이용하여 삼각플라스크에 혼합된 용액에 1.4 ml/min으로 가한 후 반응은 80분간 유지시켰다. 전체 반응 과정동안 반응물은 교반과 함께 질소분위기로 유지시켰다.

반응이 완결된 후 얻어진 콜로이드 실리카 용액은 10,000rpm으로 15분간 원심분리기를 이용하여 원심분리한 후 에탄올로 세척하였다. 콜로이드 SiO₂ 표면의 불순물을 제거하기 위해서, 세척과정은 3회 반복하였다. 세척한 콜로이드 SiO₂ 용액은 80°C의 진공 오븐에서 건조되어 194 nm, 312nm, 500nm 크기의 실리카 나노분말을 얻었다. 큰 사이즈와 작은 사이즈가 혼합된 분말을 얻기 위해서 312 nm 크기의 분말 1 wt%를 seed로 사용하여 실험하였다. 삼각플라스크에 SiO₂ seed(wt%), H₂O, 1/2EtOH를 넣고 초음파를 이용하여 60분간 2번 분산 시킨 후 NH₄OH를 혼합하여 water bath에서 50°C 로 유지 하였다. H₂O/EtOH 물비를 0.4,로 유지하여 적용시킨 결과 80 nm와 250 nm의 크기가 혼합된 실리카 분말을 얻을 수 있었다. 80/250 nm 크기의 분말역시 표면 불순물을 제거하기 위해서 원심분리기를 사용하여 세척작업을 하였다. 위 과정을 거쳐 제조된 194 nm, 312 nm, 500 nm, 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말은 60°C의 건조기에 넣어 보관하였다.

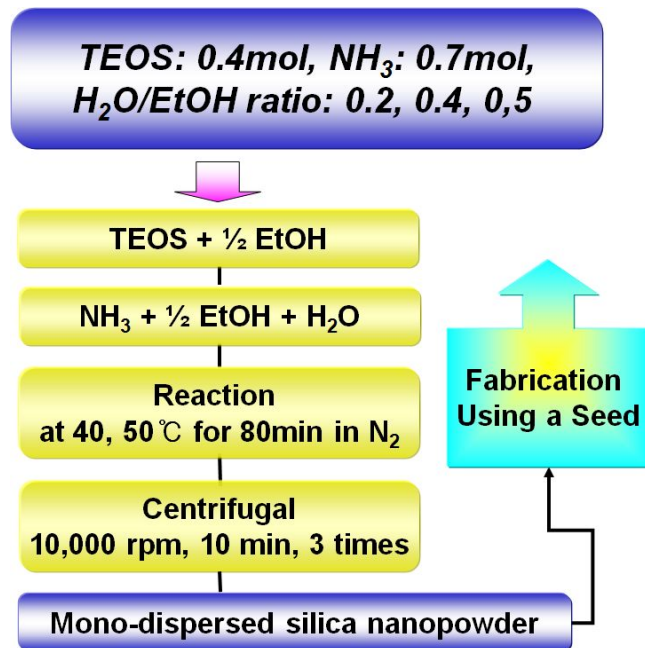


Fig. 15. Schematize the fabrication method of SiO₂ nanopowders

3.1.2 UV 경화제 굴절률 조절

경화제는 투명한 고분자를 사용하고 상업용으로 쓰이는 SE-1868이 사용되었다. 이 UV 경화제의 굴절률은 1.479이며 가시광선 영역에서 90%이상의 투과율을 나타낸다. 사용온도는 $-60^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 이며 점도는 100 cps 이다. UV경화제의 굴절률이 air와 가까운 굴절률을 가지게 함으로써 glass 기판과 공기사이의 굴절률 차이로 인해 발생한 전반사로 인해 손실되는 빛을 줄일 수 있다. UV경화제에 희석제로 에탄올을 첨가하여 UV경화제의 굴절률 및 점도를 조절하였다. 일정한 양의 경화제에 희석제인 에탄올을 혼합하여 그 비를 1, 1:0.5, 1:1, 1:2, 1:3으로 조절하고, 울트라 소닉을 사용하여 2시간 이상 초음파 세척하여 분산시켰다. 그 다음 공정으로 corning glass 위에 spin-coating 방법으로 coating 한 후 UV 램프로 1분 정도를 쬐어 박막을 제조하였다. 경화제와 에탄올의 비에 따른 UV 경화박막의 광특성을 알아보기 위하여 굴절률과 투과율을 측정하였다.

제 3.2 절 UV 경화박막제조

제조한 단분산 실리카 용액을 사용하여 코닝 glass 기판위에 spin-coating법으로 입자결정 단층막을 구현한 후 그 위에 같은 방법으로 상용하는 UV경화제 층을 올림으로써 UV경화박막을 제조하였다. SiO₂ 나노 실리카가 UV경화박막 내에서 고른 분산분포를 가지게 하기위해서 첫째, 울트라 소닉에 넣고 1시간단위로 2회 초음파 세척을 하였다. 둘째, 코팅용액 내의 SiO₂ 나노 분말의 크기를 194 nm, 312 nm, 500 nm, 80/250 nm로 하고 함유량을 0.5 wt%, 1 wt%, 2 wt%로 조절하였다. 셋째로 표면전하를 달리하기 위하여 0.1N NaOH와 HCl을 사용하여 pH 조절을 하였으며, 표면장력 및 점성, 굴절률을 줄이기 위하여 UV경화제에 에탄올을 1:0.5, 1:1, 1:2의 적당한 비율로 혼합하였다.

3.2.1 콜로이드 SiO₂ 용액의 분산

울트라 소닉에 의해 2시간 초음파 세척한 코팅용액의 pH를 조절하여 분산이 잘 되는 알맞은 표면전하를 가지게 하기위해 강산용액인 HCl과 강염기인 0.1N NaOH를 사용하여 코팅용액의 pH를 조절하였다. 분산제로 사용된 용액은 pH 2를 가지며 실험용으로 상용되는 HCl과 수산화 나트륨을 증류수에 알맞은 비로 혼합하여 제조된 pH 13을 가지는 0.1N NaOH를 사용하였다. 0.5 wt%, 1 wt%, 2 wt%의 SiO₂가 담겨진 코팅용액의 비커에 분산제로 작용하여 표면전하를 조절하기위한 HCl과 0.1N NaOH 용액을 실험용 주사기를 사용하여 각각 1~10 wt%를 각각 떨어뜨린 후 다시 울트라 소닉으로 한 시간 가량 세척했다. 세척된 콜로이드 용액을 spin-coating법을 이용하여 코닝 glass 위에 coating하여 그 표면을 SEM으로 관찰하고, SiO₂ 나노분말의 분산분포를 확인하였다.

3.2.2 SiO₂ 나노분말의 크기와 함유량

나노분말의 크기와 함유량에 따른 광특성을 알아보기 위하여 stöber법으로 제조된 각기 다른 크기의 194 nm, 312 nm, 500 nm, 80/250 nm의 SiO₂ 나노분말을 0.5 wt%, 1 wt%, 2 wt% 첨가하고, HCl 5 wt%로 분산 시킨 후 spin-coating법으로 코

닝 glass 기판위에 coating 하였다. UV-Vis spectrophotometer를 사용하여 SiO₂의 서로다른 크기와 함유량에 따른 광 투과율을 관찰하였다.

3.2.3 UV 경화박막 제조

glass 기판위에 scattering film 층으로 UV경화박막을 제조하여 out-coupling 효율을 증가시키기 위해 2가지 방법의 코팅법이 사용되었다.

첫 번째는, multi-coating법으로 에탄올로 희석된 UV경화제 내에 SiO₂ 나노 분말을 넣은 후 5 wt%의 HCl을 첨가하여 울트라소닉으로 2시간 더 분산시키고, spin-coating 법을 사용하여 UV경화 박막을 제조하는 방법이다. 1 wt%의 SiO₂를 경화제와 알코올의 비가 각각 1 : 0.5, 1 : 1, 1 : 2로 희석된 용액에 분산시킨 후 이 코팅용액을 spin-coating법으로 코닝 glass 위에 각각 1000 rpm, 2000 rpm의 속도로 coating 하고 UV 램프를 이용하여 1분가량 쬐어 박막을 경화시켜 UV경화박막을 제조하였다.

두 번째는, 분산제를 첨가하여 울트라소닉에서 분산된 1 wt%의 SiO₂ 나노분말을 glass 위에 spin-coating 한 후 UV경화제를 그 위에 다시 spin-coating 하는 2 step 방법이다. 코팅용액의 비이커에 SiO₂ 나노분말의 multi coating과 같은 농도인 1 wt%를 분산시켜 1000 rpm, 2000 rpm 속도로 glass 기판위에 spin-coating 하였다. glass 기판위의 에탄올을 증발 시키고 난 후 경화제와 에탄올 비 1 : 0.5, 1 : 1, 1 : 2로 희석된 UV경화제를 SiO₂ 나노분말이 코팅된 glass 위에 다시 1000 rpm, 2000 rpm 속도로 spin-coating 하고 UV 램프를 이용하여 1분가량 쬐어 박막을 경화시켜 UV 경화박막을 제조하였다. 에탄올 안의 SiO₂ 나노분말을 분산 시 HCl(pH2)이 사용되었으며, 10 ml의 실험용 주사기를 이용하여 코팅용액의 5 wt%를 첨가하였다.

3.2.4 OLED device 적용

위의 2가지 방법으로 제작된 UV 경화박막을 실제 OLED 샘플에 적용시켜 봄으로써 scattering thin film을 이용한 out-coupling 효율의 향상 정도를 실험하였다. 1 wt%의 SiO₂가 분산된 코팅용액을 2x2 크기의 OLED 테스트 소자 발광면 위에

1000 rpm의 속도로 spin-coating 한 후 에탄올과 UV경화제가 1 : 1의 비로 희석된 용액을 다시 SiO₂가 coating 된 glass 위에 1000 rpm의 속도로 spin-coating 하고 난 후 UV 램프를 이용하여 1분 정도 경화시켜 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV경화박막을 제조 하였다. UV경화박막 층이 삽입된 Green OLED test 소자는 aging package 시스템을 사용하여 전기적, 광학적 특성을 측정하였고, 적분구 시스템을 사용하여 광특성 및 총광량을 측정하였다. aging package 시스템에서 구동전압은 6V 내이며, 적분구에서는 10V이다. Green OLED test 소자는 광주 생산기술연구원 나노집적센터에서 생산된 PM 형 OLED device이다.

제 3.3 절 미세구조 및 광특성 분석

구형 SiO₂ 나노분말의 형상 및 크기와 spin-coating법으로 형성된 SiO₂ film 층의 표면과 단면은 전계 방사형 주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM, Hitachi, S-4700)을 이용하여 관찰하였다. 제작된 UV경화박막의 광특성인 투과율은 분광광도계(UV/VIS/NIR spectroscopy, Hitachi, U-4100)을 이용하여 200 nm~800 nm의 파장영역에서 측정하였다. 에탄올의 변화에 따른 희석된 UV경화제의 굴절률을 측정하기 위해 Ellipsometer(UVISEL ER Benchtop AGAS, Horiba Korea LTD)를 사용하여 측정하였다. UV경화박막 층이 삽입된 Green OLED test 소자의 전기/광학적 특성을 평가하기 위하여 aging package system(® M6101(IVL), Mcscience Polaronix)를 사용하여 측정하였고, 총광량을 관찰하기 위하여 적분구 system(OL770, Optronics Laboratories)을 사용하여 측정하였다.

제 4 장 결과 및 고찰

제 4.1 절 단분산 구형 SiO₂ 표면 미세구조

4.1.1 반응온도와 H₂O/EtOH 몰 비에 따른 입자크기

콜로이드 실리카 분말은 stöber 공정으로 졸-겔법에 의해 제조되었다. 졸-겔법은 낮은 온도에서 쉽게 얻을 수 있는 장점과 온도나 습도 등의 환경에 민감하여 재현성이 낮은 단점을 가진다. 반응속도에 영향을 주는 요인으로는 반응물의 종류, 온도, 촉매, 반응물의 농도 등이 있다. 균일한 입자크기를 조절하기 위해서 반응온도와 H₂O/EtOH 몰 비의 변화로 구형 실리카 분말을 제조하였다.

Fig. 16은 반응온도 40°C, 50°C에서 H₂O/EtOH 몰비가 0.2, 0.4, 0.5로 제조된 실리카 입자를 FE-SEM으로 관찰한 결과이다.

a), b), c), d)는 각각 194 nm, 312 nm, 500 nm, 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말의 표면 이미지를 나타낸다. 모든 조건에서 TEOS와 NH₃의 농도는 각각 0.4 mol과 0.7 mol이었다. SiO₂ 나노분말 제조 시 온도 상승에 따라 입자 평균크기는 감소하였고, 전체 반응량에 대한 H₂O/EtOH의 상대적인 H₂O양의 증가도 입자크기를 감소시켰다[33].

이것은 반응 속도가 빨라져서 가수분해와 중축합 반응을 거쳐 빠른 핵생성으로 인해 다량의 핵생성 입자가 형성되어 결과적으로 작은 입자가 얻어졌다고 생각된다.

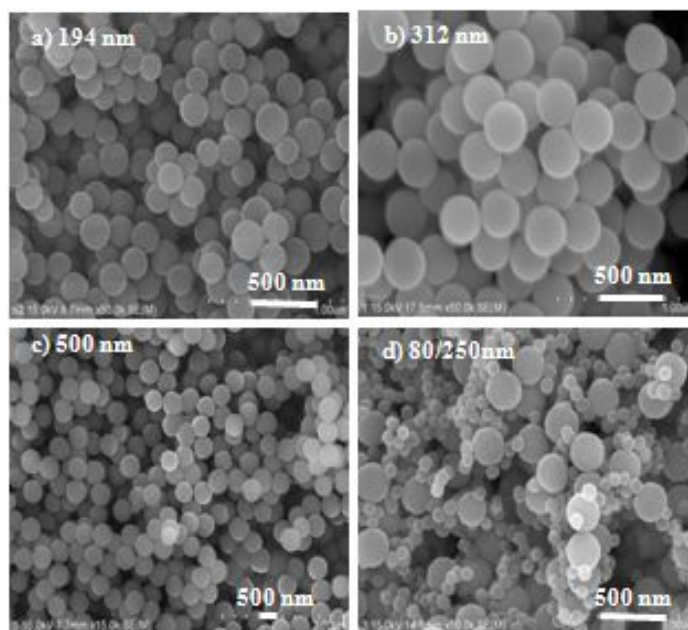


Fig. 16. FE-SEM micrographs of the colloidal silica powder fabricated at 40°C, 50°C with the variation of mole ratio of H₂O/EtOH

4.1.2 UV 경화제 굴절률 조절

UV경화 박막이 glass 표면에 적층되어 Scattering film 층으로 작용해서 emission layer에서 발생한 빛이 glass 와 air 사이의 굴절률 차이로 인해 발생한 전 반사 혹은 wave-guide 되는 것을 방지하기 한다. 그러기 위해서는 첨가되는 SiO₂ 나노분말 이외에도 UV경화제의 굴절률과 점성이 큰 영향을 미친다. UV-경화박막이 glass 와 air 사이의 굴절률 값을 가지게 된다면 위에 언급한 스넬의 법칙에 의하여 전반사가 줄어들게 된다.

그림 17은 경화제와 희석제(에탄올) 비에 따른 UV경화박막의 굴절률을 나타낸 것이다. 일정한 경화제의 양에 따라 점점 증가하는 에탄올에 의한 UV경화박막의 굴절률은 에탄올을 첨가하지 않은 샘플에 비해 1:1의 비율까지 굴절률이 낮아지다가 1:1 이상에서는 다시 증가하는 경향을 나타냈다. 경화제와 에탄올의 비율이 1:1일 때의 굴절률 최소값은 1.38이며, 이때의 점도는 30 cps였다. 일반 물의 굴절률이 1 cps 인데 반해 30 cps를 가지는 경화제의 점성은 실제 물의 유동과 비슷한 경향을 보인다.

그림 18은 경화제와 희석제(에탄올) 비에 따른 UV경화박막의 투과율을 나타낸 것이다. 경화제의 양에 따라 점점 증가하는 에탄올에 의한 UV경화박막의 투과율은 에탄올을 첨가하지 않은 샘플에 비해 1:1의 비율까지 비슷한 투과율을 나타내다 1:1 이상에서는 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 UV경화제 내에 에탄올이 증가할수록 UV램프로 빛을 쬐어 경화시키는 과정에서 그 열로 인해 박막 안에 pore가 생기고, 표면이 고르지 않게 되기 때문이다.

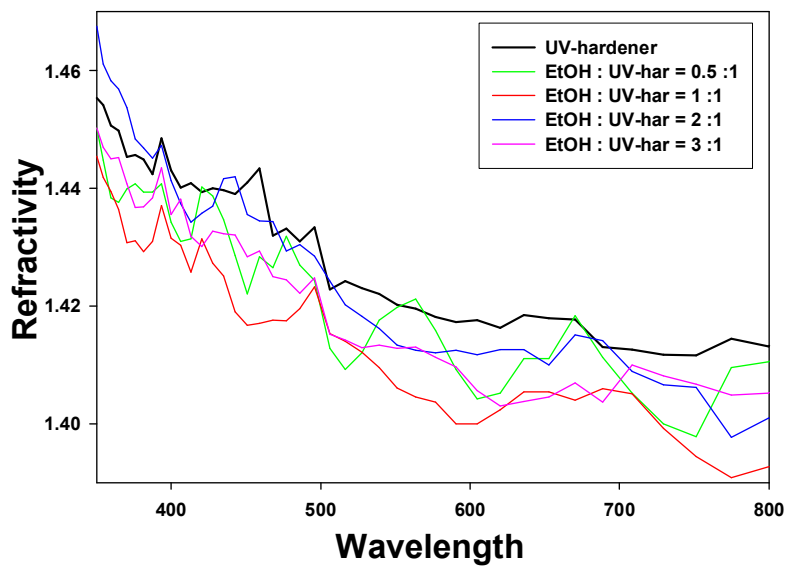


Fig. 17. The image of UV-hardener refractivity graph depend on the amount of EtOH.

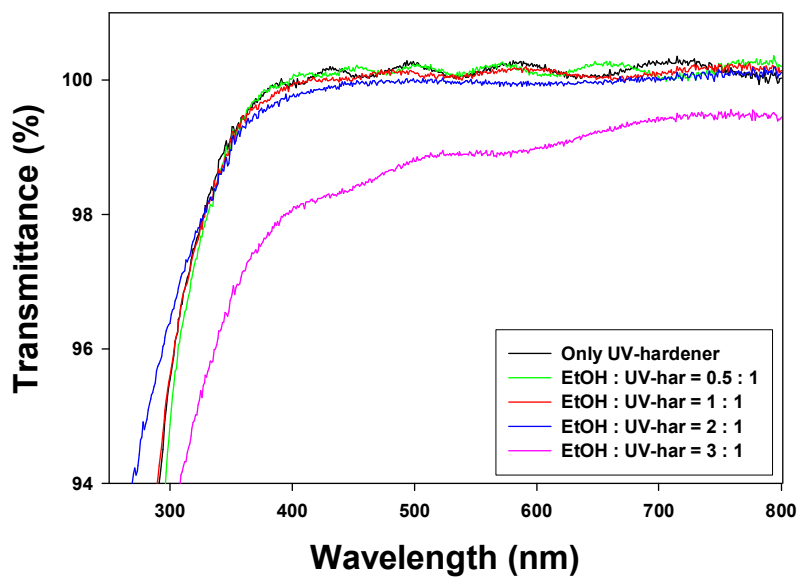


Fig. 18. The image of transmittance graph depend on the amount of EtOH at visible range.

제 4.2 절 UV 경화박막 제조

4.2.1 콜로이드 SiO₂ 용액의 분산

그림 19, 20은 SiO₂ 분말량과 강산 강염기에 따른 분산도 평가하기 위해 SEM 이미지를 통해 미세구조를 관찰하였다. SiO₂를 각각 0.5 wt%, 1 wt%, 2 wt%를 포함하는 용액이 넓은 분산 분포를 가지는 알맞은 산, 염기의 농도를 조절하기 위해서 pH2를 가지는 HCl과 pH13을 가지는 0.1N NaOH를 1~10 wt% 첨가하였다.

그림 19에서 보는바와 같이 분말량이 증가함에 따라 1 wt% 까지 분산이 잘되다 2 wt%에서 많은 분말량으로 인해 나노 입자들이 응집이 되는것을 볼수 있다. 또한 HCl 증가에 따른 분포도를 살펴보면 0.5 wt%의 SiO₂분말량에선 1 wt%, 5 wt%, 10 wt% HCl 모두 비슷한 경향을 띠는 반면에 1 wt%, 2 wt%의 SiO₂ 분말량에서는 각각 5 wt%, 10 wt%의 HCl을 첨가한 샘플에서 더 좋은 분산도를 나타냈다. 이 중에서 1 wt%의 SiO₂ 분말량에 분산제로 5 wt%의 HCl을 첨가한 샘플에서 가장 좋은 분산도를 나타냈다.

그림 20에서도 마찬가지로 모든 미세구조에서 분말량에서는 1 wt%, 강염기 용액인 0.1N NaOH가 5 wt%첨가 했을때 가장 좋은 분산도를 나타냈다. 이는 각각 1 wt%의 SiO₂ 분말에 각각 5 wt%의 HCl, 0.1N NaOH를 첨가함으로써 인해 SiO₂ 나노 입자들이 응집 하려는 힘보다 표면전하 조절로 인한 척력의 힘이 더 커 분산도가 우수했다고 사료된다.

1 wt%의 SiO₂에 5 wt%의 HCl과 0.1N NaOH를 첨가한 두 가지 샘플을 비교 했을 때 분산정도는 두 가지 경우에서 비슷하게 나타났으나 표면 상태는 에칭 효과를 나타내는 HCl을 사용했을 때 더 좋은 거칠기를 나타냈다.

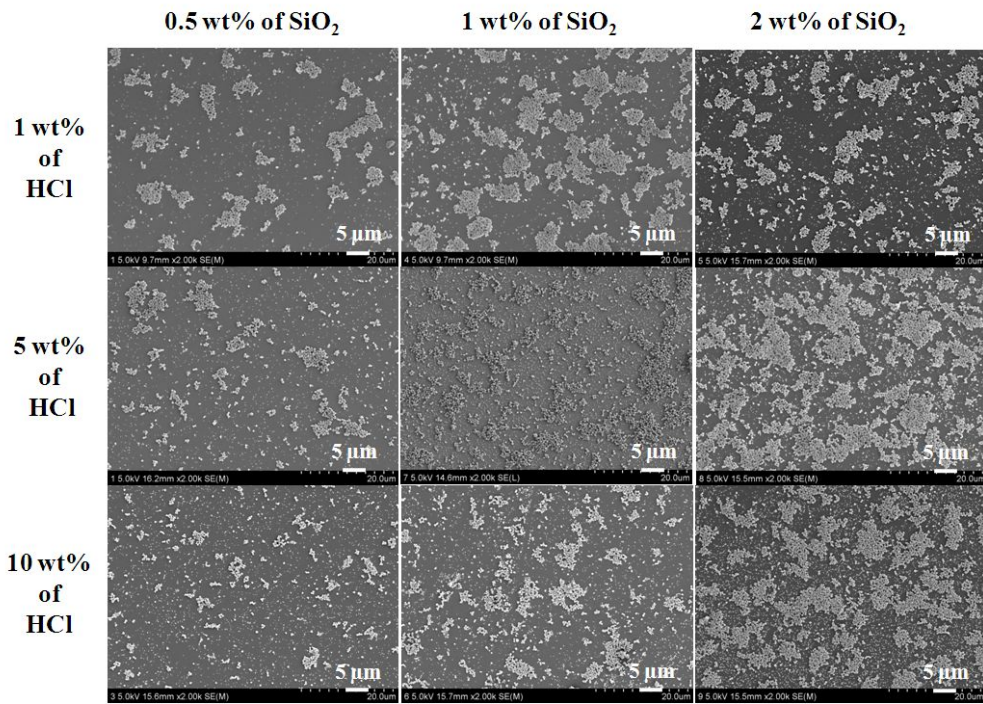


Fig. 19. FE-SEM micrographs of degree of dispersion depend on amount of SiO₂ nanopowders and HCl solution.

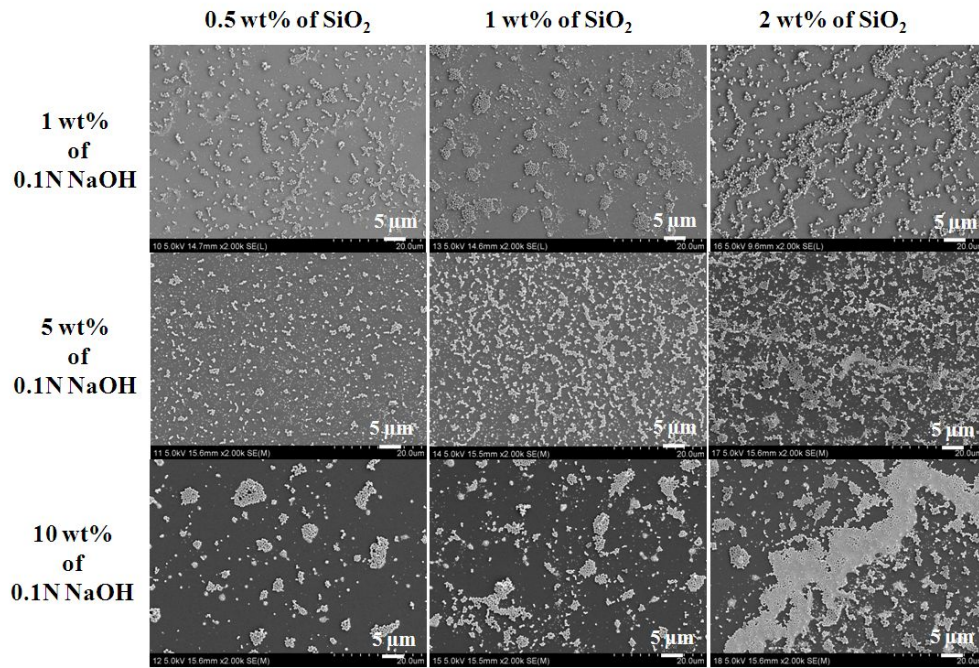


Fig. 20. FE-SEM micrographs of degree of dispersion depend on amount of SiO₂ nanopowders and 0.1N NaOH solution.

4.2.2 나노분말의 크기와 함유량에 따른 광특성

그림21은 stöber법으로 제조된 SiO₂ 나노분말의 크기에 따른 광특성을 측정한 그래프이다. 194 nm, 312 nm, 500 nm, 80/250 nm 크기의 SiO₂나노분말이 함유되어 있는 UV경화박막 중 작은 입자와 중간입자가 섞인 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV경화박막이 가장 좋은 투과율을 나타냈으며 194 nm, 312 nm, 500 nm 순으로 투과율은 점차 낮아졌다.

그림22는 UV경화박막 안에 첨가된 SiO₂ 나노분말의 분말량에 따른 광 특성을 측정한 그래프이다. 첨가된 나노분말의 크기는 그림 21에서 광투과도가 제일 우수한 80/250 nm 크기의 분말을 사용하였으며, 1000 rpm의 속도로 2 step 공정으로 spin-coating 하였다. reference glass를 base로 잡고 상대적인 광 투과율을 측정한 결과, 0.5 wt%를 시작으로 1 wt%의 분말량까지 광 투과도가 상승하다 1 wt% 이후 2 wt%, 5 wt%에는 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 0.5 wt% 처럼 SiO₂ 나노분말량이 적은 경우, spin-coating 후 SiO₂ 나노분말이 corning glass에 적층 되는 양이 적게 되기 때문에 scattering 효과에 의한 광투과율 증가가 적었다. 또한 1 wt% 이상의 농도에서는 spin-coating 후 적층되는 SiO₂ 나노분말의 양이 많아 박막의 두께가 두꺼워지고, 입자간 인력에 의해 서로 응집되어 광 투과도가 급격히 감소하였다. 1 wt%의 SiO₂ 나노분말량에서 최고의 분산도와 최고의 scattering 효과를 나타냈으며, 최고 투과율은 reference glass를 넘어서는 결과를 나타내었다.

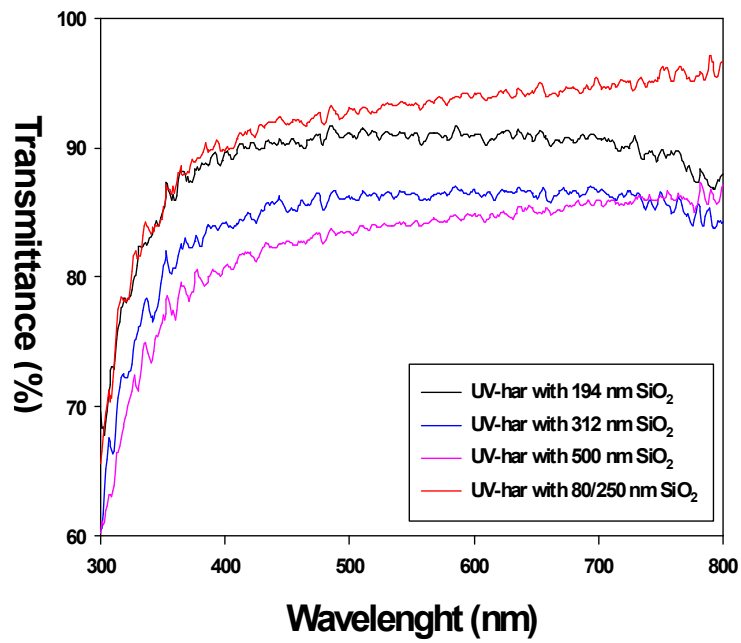


Fig. 21. The transmittance according to the size of SiO₂ nanopowders

80/250 nm SiO₂ at 1000 rpm

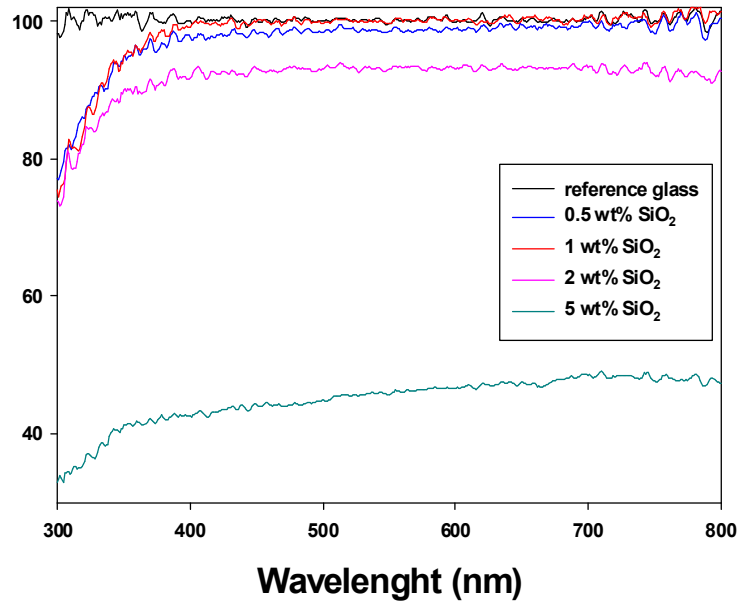


Fig. 22. Transmittance of according to the size of 80/250 nm and the concentration of nanopowders

4.2.3 Multi-coating 방법

본 실험에서 소개하고 사용한 2 가지의 spin-coating 방법 중에 multi-coating은 1000 rpm과 2000 rpm의 두 가지 속도로 corning glass 위에 coating 되었다.

그림 23은 multi-coating 한 UV경화박막의 FE-SEM 이미지를 나타낸 것이다. a)는 1000 rpm, b)는 2000 rpm으로 spin coating 한 샘플의 표면과 단면의 이미지를 나타내었다. 모든 실험에는 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 1 wt% 사용되었으며, 경화제와 에탄올의 희석비는 1:1로 맞추어 고정하였다.

coating 용액은 5 wt%의 HCl을 사용하여 분산시켰다.

multi-coating 시 SiO₂ 나노분말이 첨가된 coating 용액의 분산도가 매우 중요하다. 알코올로 희석된 UV경화제의 점도는 60 cps이다. 여기에 SiO₂ 나노분말을 첨가하면 물과 알코올의 점도보다 높은 coating 용액안의 분산도는 좋아지기 힘들다.

coating 용액을 spin-coating 한 결과 1000 rpm에서는 점도에 의해 입자 이동이 활발하지 않아 분산이 잘되지 않고 그대로 적층되어 입자사이에 빈 공간을 가지고, UV경화박막의 두께 또한 7 μm로 두껍게 형성되었다. 그에 반해 2000 rpm에서는 빠른 spin 속도로 인해 입자간 빈 간격이 채워졌으며, SiO₂ 나노분말이 glass에 달라붙으려는 힘이 높은 spin 속도에 의해 바깥으로 밀려가는 힘과 coating 용액과 잡아당기는 힘보다 더 크게 작용하여 비교적 1000 rpm보다 얇은 두께를 가지게 되었다. coating 용액속의 SiO₂ 나노분말의 분산도를 높이기 위해서 HCl의 양을 증가시키게 되면 박막 표면이 손상을 입어 거칠게 되며, 2000 rpm이상의 속도로 spin-coating 하면 glass에 붙으려는 힘보다 spin 속도에 밀려 나가려는 힘 때문에 glass에 남아있는 분말량이 적게 된다. 그러므로 본 실험에서 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 함유된 coating 용액의 multi-coating 최적조건은 분산제는 HCl 5 wt%, 분말량은 1 wt%, 스핀속도는 2000 rpm이라 하겠다.

그림 24는 그림 23에서 제조된 UV경화박막을 UV경화제 희석비율에 따라 투과도를 측정한 그래프이다. a) 그래프는 1000 rpm, b) 그래프는 2000 rpm의 속도로 spin-coating 한 샘플이다. 그림 18에서 보았을 때는 경화제와 희석제의 비가 1:3일 경우를 제외하고 비슷한 투과율이 관측 되었으나, SiO₂ 나노분말을 첨가하고 분산제 HCl을 사용해 분산한 박막에서는 1000 rpm과 2000 rpm 모두에서 1:1의 비에서 높은 투과도를 나타냈다. 나노분말을 첨가하지 않았을 경우 희석비율에도 크게 바뀌지 않

은 굴절을 때문에 광 투과율이 많이 상승하지 않은 반면에 나노분말을 첨가한 경우에 scattering 효과에 의한 광투과율 증가가 뚜렷이 나타났다.

spin-coating 속도에 의해 변화된 분산도와 박막의 두께로 인해 1000 rpm에서보다 2000 rpm에서 다소 더 높은 투과도가 관측되었다. coating 용액이 glass 위에 coating 될 때의 분산도와 UV-경화박막의 두께를 좀 더 얇게 수정하면 좀 더 좋은 결과를 나타낼 것이라고 사료된다.

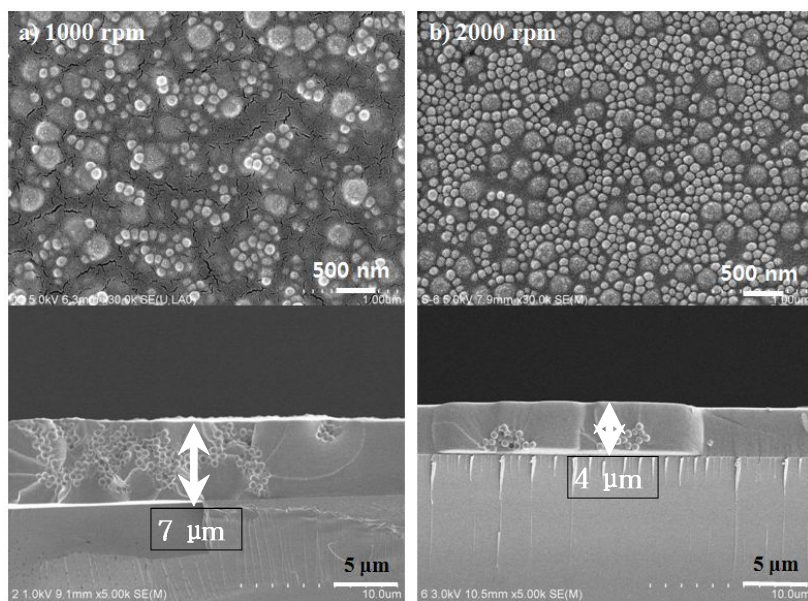


Fig. 23. FE-SEM micrographs of multi-coated UV-hardening thin film.

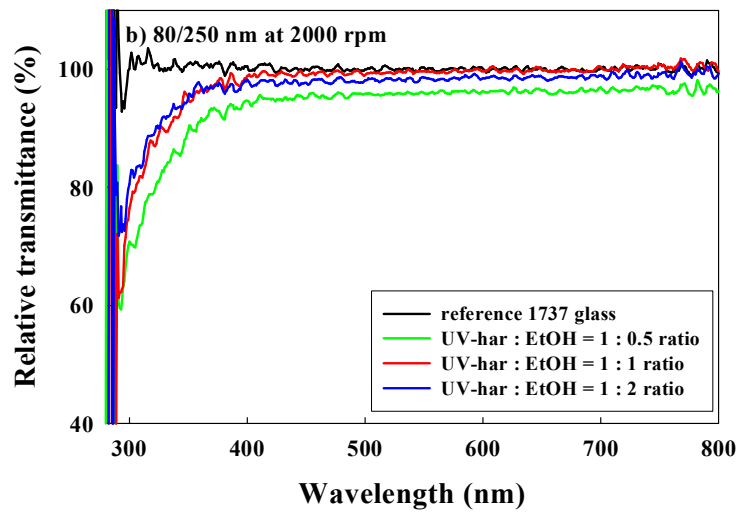
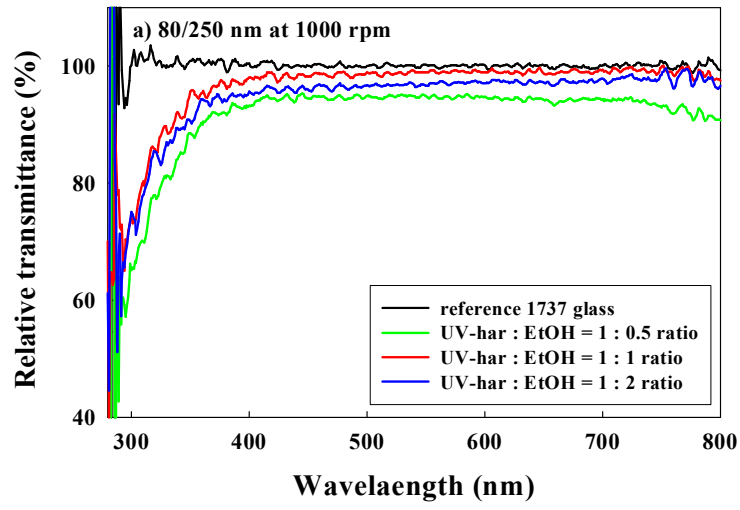


Fig. 24. The transmittance graph of made UV-hardening thin film at Fig. 23 according to the ratio of dilution

4.2.4 2 step coating 방법

2 가지의 spin-coating 방법 중 2step coating 방법으로 1000 rpm과 2000 rpm 두 가지 속도로 corning glass 위에 coating 하였다.

그림25은 2 step coating 방법으로 제조된 UV경화박막의 FE-SEM 이미지를 나타낸 것이다. a)는 SiO₂ 나노분말이 첨가된 에탄올 용액을 1000 rpm의 속도로 spin-coating 한 layer의 표면과 단면 이미지를 나타낸 것이고, b)는 그 layer 위에 다시 UV경화제를 1000 rpm의 속도로 spin-coating 하여 제작된 UV경화박막의 표면과 단면 이미지를 나타냈다.

이와 비슷하게 c)는 SiO₂ 나노분말이 첨가된 에탄올 용액을 2000 rpm의 속도로 spin-coating 한 layer의 표면과 단면 이미지를 나타낸 것이고, d)는 그 layer 위에 다시 UV경화제를 2000 rpm의 속도로 spin-coating 하여 제작된 UV경화박막의 표면과 단면 이미지를 나타냈다. multi-coating과 마찬가지로 모든 실험에는 80/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 1 wt% 사용되었으며, 경화제와 에탄올의 희석비는 1:1로 맞추어 고정하였다.

coating 용액은 5 wt%의 HCl을 사용하여 분산시켰다.

2 step coating 은 SiO₂ 나노분말이 첨가된 용액의 분산이 multi-coating에 비해 좀 더 잘된다는 장점을 가진다.

SiO₂가 함유된 에탄올 용액을 spin-coating 한 결과 1000 rpm에서는 입자 이동이 활발해 넓은 구역에서 분산 분포도가 좋았고, 다시 UV경화 코팅용액을 coating 했을 때에도 균일하고 부드러운 표면을 가지는 1 μm의 두께를 가지는 박막이 생성되었다. 그에 반해 2000 rpm에서의 빠른 spin-coating에서는 spin 속도로 인해 입자간 응집력 및 glass 기판과의 결합력보다 원심력에 의해 밖으로 튀쳐 나가는 힘이 더 크게 작용하여 국부적인 곳에만 SiO₂ 나노분말이 코팅되었다. UV 경화코팅용액을 coating 했을 때에도 SiO₂ 나노분말이 적층된 부분만 튀어나오는 불균일하고 얇은 300 nm의 막이 형성되었다.

multi-coating 에서와 같이 용액속의 SiO₂ 나노분말의 분산도를 높이기 위해서 HCl의 양을 증가시키게 되면 박막 표면이 손상을 입어 거칠게 되며, 1000 rpm이상의 속도로 spin-coating 하면 에탄올 용액의 SiO₂입자들은 glass에 붙으려는 힘보다 spin 속도에 밀려 나가려는 힘 때문에 glass에 남아있는 분말량이 적게 된다. 그러므

로 본 실험에서 80/ 250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 함유된 coating 용액의 2 step-coating 최적조건은 분산제 HCl 5 wt%, 분말량은 1 wt%, 스피ن속도는 1000 rpm 이라 하겠다.

그림 26는 그림 25에서 제조된 UV경화박막을 UV경화제 희석비율에 따라 투과도를 측정한 그래프이다. a) 그래프는 1000 rpm, b) 그래프는 2000 rpm의 속도로 spin-coating 한 샘플이다. SiO₂ 나노분말이 함유된 용액에 분산제 HCl을 사용해 분산한 박막에서는 1000 rpm에서 경화제와 에탄올 희석에 무관하게 100% 가까운 투과율이 관측되었고, 2000 rpm에서는 희석제의 비가 증가할수록 좋아지다가 혼합비가 1:1인 경우에 100 % 가까운 투과도와 관측되었고, 그 이상 희석제가 많아지면 다시 투과도가 떨어지는 것이 관측되었다. SiO₂ 나노분말이 첨가된 UV-경화박막은 나노분말에 의한 scattering과 UV-경화박막의 굴절률로 인하여 광 투과도가 증가되는 것을 지금까지의 실험으로 알 수 있다.

multi-coating과 2 step-coating 방법의 최적 조건에서 모두 100 %에 가까운 광 투과도가 관측되었다. 2 step-coating 방법에서는 multi-coating에서보다 SiO₂ 나노분말의 분산분포가 더 좋았으며, 그에 따라 좀 더 얇은 UV-경화박막을 제조할 수 있었다.

지금까지의 실험은 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV-경화박막을 제조하여 매우 단순한 실험방법으로 광 투과도를 증가시키는 실험을 하였다. 본 실험에서 제조되어진 UV-경화박막은 OLED 디스플레이 및 조명에 적극적으로 활용되어질 수 있다고 사료된다.

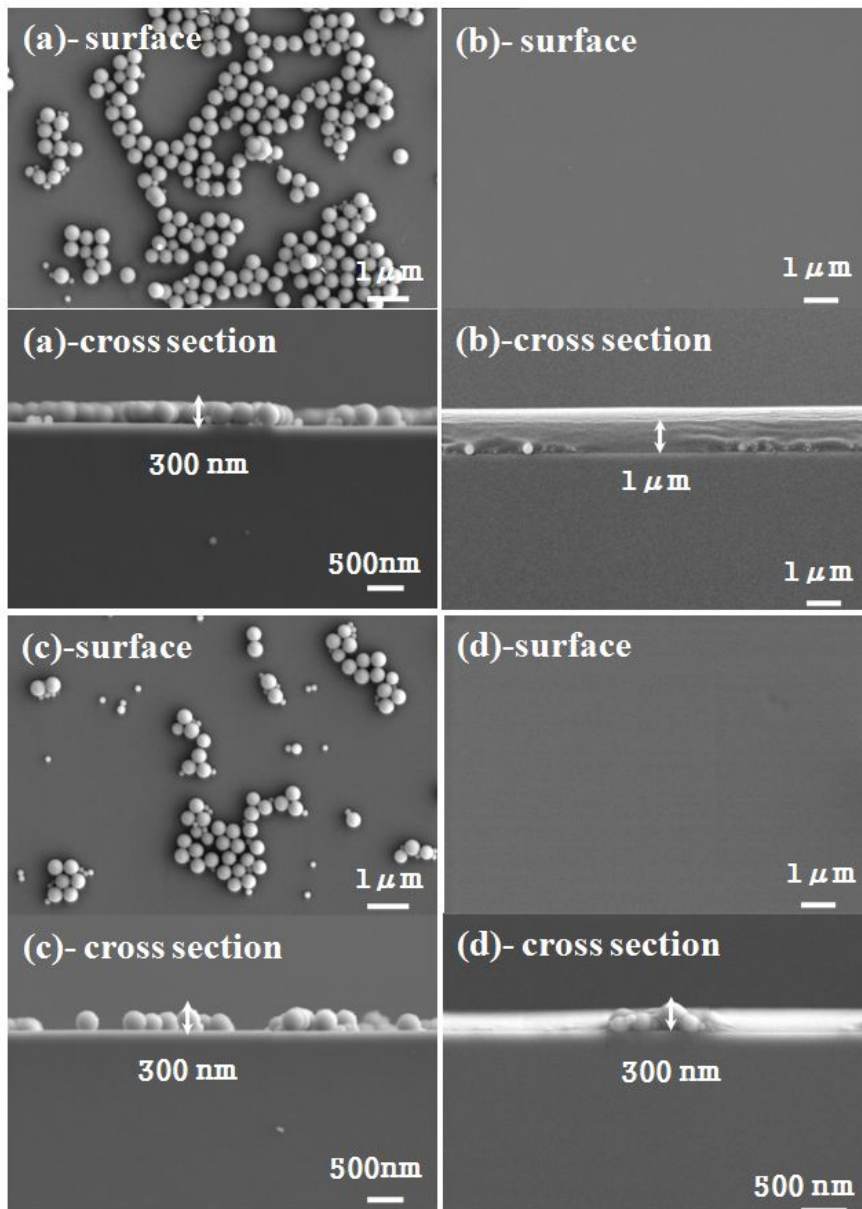


Fig. 25. FE-SEM micrographs of UV-hardening thin film made by 2 step coating method

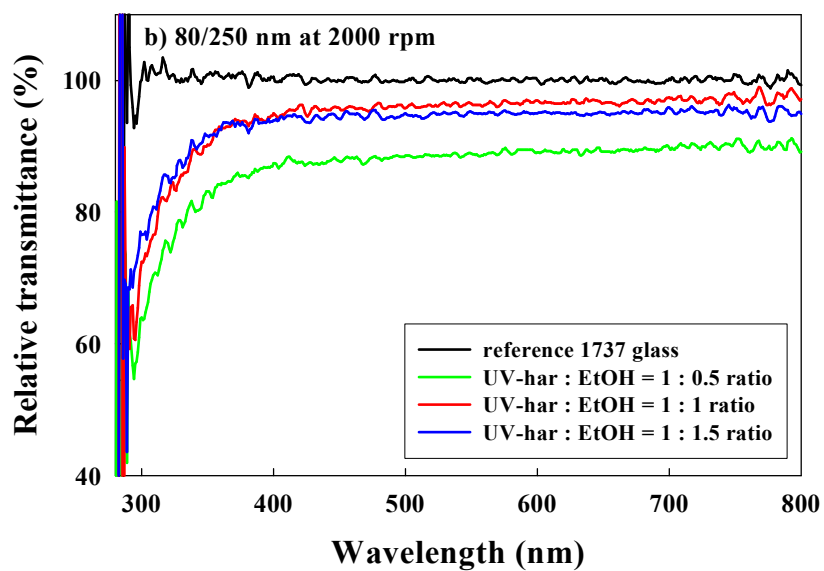
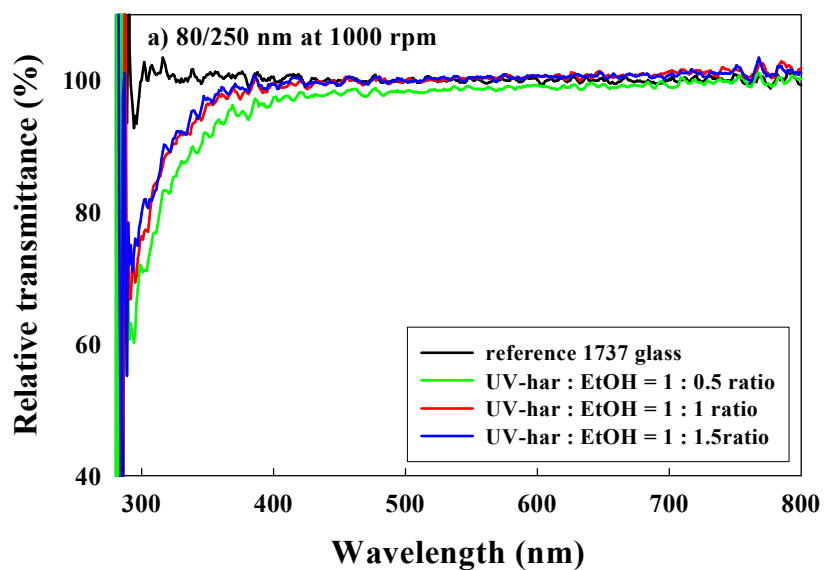


Fig. 26. The transmittance graph of made UV-hardening thin film at Fig. 25 according to the ratio of dilution

제 4.3 절 OLED device 적용 결과

Table 3은 1000 rpm, 2000 rpm의 spin 속도에서 두 가지 방법으로 코팅된 UV-경화박막을 사용한 OLED test device의 전기적/광학적인 특성을 평가한 것이다. UV-경화박막 층이 삽입된 Green OLED test 소자의 전기/광학적 특성을 평가하기 위하여 aging package system(®M6101(IVL), Mcscience Polaronix)를 사용하여 측정하였으며, 구동전압은 6 V 이다.

reference glass에 비해 2000 rpm으로 multi-coating 한 샘플과 1000 rpm으로 2 step-coating한 샘플의 발광효율이 높게 관측된 것을 볼 수 있다.

특히 2 step-coating한 샘플은 구동전압, 색좌표, 전류밀도 등이 거의 비슷하나 발광 효율에서는 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV-경화박막의 외부 발광효율 증감 효과를 확인할 수 있다.

그림 27은 UV-경화박막이 적층된 green OLED test 소자의 파장에 따른 총광량을 측정한 그래프이다. 유기층에서 발광되어 glass를 통과하여 나오는 직선광과 waveguide 된 빛 모두를 측정할 수 있는 적분구 system을 사용하여 측정하였다. 이 방법은 특히 디스플레이에 필요한 직선광보다 전체에 고루 분산된 빛을 필요로 하는 조명분야에 더 필요한 측정방법이다. 전체적인 총광량이 많다는 것은 조명에서 더 넓은 곳을 밝힐 수 있다는 의미이므로 적분구 system 측정의 중요성을 알 수 있다.

이 실험은 scattering film 층으로 사용된 UV-경화박막이 적층된 test 소자와 적층되지 않은 일반 test 소자를 비교하여 측정하였다.

UV-경화박막을 사용한 test 소자는 가시광선 전 영역에서 UV-경화박막을 사용하지 않은 test 소자보다 총광량이 많게 나타났다. green 영역인 470 nm 파장에서 UV-경화박막을 적층하지 않은 소자는 35 a.u, UV-경화박막이 적층된 소자는 40 a.u의 총광량을 관측할 수 있다. 특히 560 nm - 6730 nm 파장영역에서의 총광량은 UV-경화제를 사용하지 않은 일반 test 소자에 비해 25 % 정도의 총광량 증가를 관측할 수 있다.

위에서 보는 결과와 같이 85/250 nm 크기의 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV-경화박막은 scattering 효과 및 전반사 방지역할로 인해 560 nm - 730 nm 파장영역에서 외부발광효율 및 총광량을 증가시킨다는 것을 확인 할 수가 있다.

	V	C	Im	Wc	Wd	Wp	X	Y	CRI
glass	5.836787	0.060004	48.80804	548.6768	508.3892	453.9267	0.322103	0.346799	76.00768
Multi-coating at 1000 rpm	5.886422	0.060004	48.51354	548.6979	509.1151	453.9991	0.322287	0.347107	75.64184
Multi-coating at 2000 rpm	5.911205	0.060004	48.93681	548.7429	508.8798	453.9098	0.322279	0.346946	75.69304
2step-coating at 1000 rpm	5.852044	0.060004	49.94789	548.7681	509.3873	453.821	0.322423	0.347127	75.66226
2step-coating at 1000 rpm	5.985674	0.060004	48.65149	548.5388	507.1665	453.9785	0.321803	0.346235	75.97499

Table. 3. Efficiency of OLED device using UV-hardening thin film with two methods at 1000 rpm, 2000 rpm spin velocity

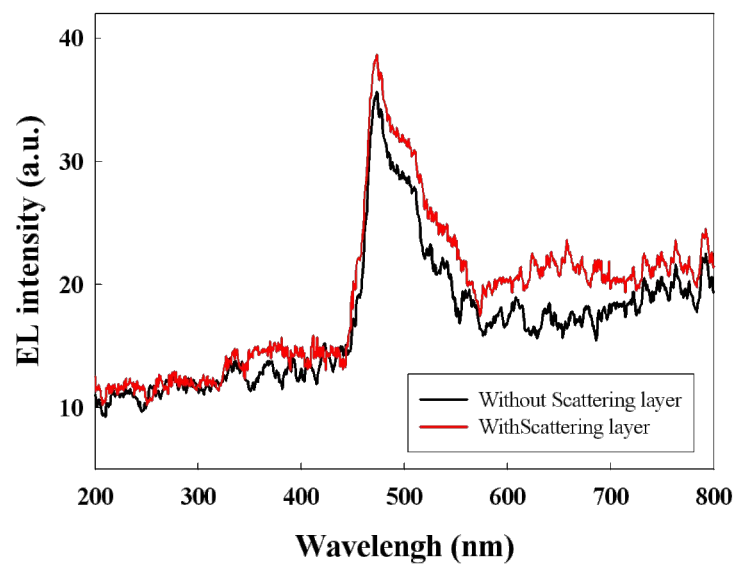


Fig. 27. The total intensity of radiation in green OLED device with UV-hardening thin film

제 5 장 결론

지금까지 실험은 SiO₂ 나노분말이 함유된 UV-경화박막이 외부발광효율에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. UV-경화박막에 함유되어있는 SiO₂ 나노분말은 UV 경화박막 안에서 빛의 scattering을 일으켜 전반사 및 waveguide된 빛을 막고, 직선광의 효율을 상승시키며, glass와 공기 사이의 굴절률을 가지는 UV-경화제 층 또한 glass에서 전반사되는 빛을 막는 역할을 한다. SiO₂ 크기와 에탄올 안에서의 분산분포 정도, UV경화제의 점도를 지금보다 더 조절을 잘 할 수 있으면 훨씬 더 큰 효율 증가를 나타낼 수 있다고 사료된다.

지금까지 알려진 다른 연구방법들에 비해 이 실험방법은 어떠한 복잡한 실험방법을 거치지 않을 뿐 더러 제작 비용또한 획기적으로 줄일 수 있는 방법으로 OLED 디스플레이 뿐만 아니라 OLED 조명에서 더욱 더 높은 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] S. Moller and S. R. Foest, "Improved light out-coupling in OLED employing ordered microlens arrays," *J. Appl. Phys.*, Vol. 91, No. 5, pp. 3324-3327, 2002.
- [2] H. peng, Y. L. Ho, X. J. Yu, M. Wong, and H. S. Kwok, "Coupling efficiency enhancement in OLED using microlens array-theory and experiment," *J. Disp. Tech.*, Vol. 1, No. 2, pp. 278-282, 2005.
- [3] Y.-J. Lee, S.-H. Kim, J. Huh, G.-H. Kim, Y.-H. Lee, S.-H. Cho, Y.-C. Kim, and Y.-P. Do, "A high-extraction-efficiency nanopatterned OLED," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 82, No. 21, pp. 3779-3781, 2003.
- [4] K. Ishihara, M. Fujita, I. Matsubara, T. Asano, S. Noda, H. Ohata, A. Hirasawa, H. Nakada, and N. Shimoji, "OLED with photonic crystals on glass substrate fabricated by nanoimprint lithography," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 90, 111-114, 2007.
- [5] Y.-C. Kim, and Y.-R. Do, "Nanohole-templated OLED fabricated using laser-interfering lithography: moth-eye lighting," *Opt. Express.*, Vol. 13, No. 5, pp. 1598-1603, 2005.
- [6] T. Tsutsui, M. Yahiro, H. Yokogawa, K. Kawano, M. Yokoyama, "Doubling Coupling-Out Efficiency in Organic Light-Emitting Devices Using a Thin Silica Aerogel Layer", *Adv. Mater.* 13, 1149 (2001)
- [7] . H. Jordan, A. Dodabalapur, and R. E. Slusher, "Efficiency enhancement of microcavity organic light emitting diodes", *Appl. Phys. Lett.* 69, 1997 (1996)
- [8] G. Gu, K. Z. Garbuzov, P. E. Burows, S. Venkatesh, S. R. Forrest, M. E. Thompson, "High-external-quantum-efficiency organic light-emitting devices", *Opt. Lett.* 22, 396 (1997)
- [9] M. Pope, H. P. Kallmann, and P. Magnate, *J. Chem. Phys.* 38, 2042 (1963)
- [10] P. S. Vincett, W. A. Barlow, R. A. Hanu, and G. G. Roberts, *Thin Solid Films*

94, 171 (1982)

- [11] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.* 51, 913 (1987)
- [12] R. Sheats, H. Antoniadis, M. Hueschen, W. Leonard, J. Miller, R. Moon, D. Roitman, and A. Stocking, *Science* 273, 884 (1996)
- [13] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, and C. H. Chen *J. Appl. Phys.* 65, 3610 (1989)
- [14] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. B. Brown, R. N. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burns, and A. B. Holmes, *Nature* 347, 539 (1990)
- [15] R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Macks, C. Taliani, D. D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlund and W. R. Salaneck, *Nature* 397, 121 (1999)
- [16] D. Braun and A. J. Heeger, *Appl. Phys. Lett.* 58, 1982 (1991)
- [17] G. Gustafsson, Y. Cao, G. M. Treacy, F. Klavetter, N. F. Colaneri, and A. J. Heeger, *Nature* 357, 477 (1992)
- [18] Burn, P. L. et al., Chemical tuning of electroluminescent copolymers to improve emission efficiencies and allow patterning. *Nature* 356,47-49 (1992)
- [19] Kraft, A., Grimsdale, A.C. & Holmes, A. B. Electroluminescent conjugated polymers seeing polymers in a new light. *Angew. Chem. Int. Ed Engl.* 37, 402-428 (1998)
- [20] I. D. Parker, *J. Appl. Phys* 75, 1656 (1994)
- [21] H. Ishii, K. Sugiyama, E. Ito, and K. Seki, *Adv. Mater.* 11, 606 (1999)
- [22] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, *Appl. Phys. Lett.* 70,152 (1997)
- [23] J. Kido, T. Nakada, J. Endo, N. Kawamura, K. Mori, A. Yokoi, and T. Matsumoto, Proceedings 11st International Workshop on Inorganic and Organic Electroluminescence and 2002 International Conference on the Science and Technology of Emissive Displays and Lighting, (Ghent, Belgium, 23-26 September 2002)
- [24] R. B. Schulz, V. C. Plantz, and D. R. Brush. *IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility*, Vol.30, No.3, 1988

- [25] 명노훈, 전자파장해기술, 한국전자파기술학회, 1992
- [26] J. A. Reynolds and J. M. Hough, Proc, Phys, Soc, London 70,769, 1957
- [27] G. A. Niklasson, C. G. Granqvist, J. Appl. Phy.55(9), 1984
- [28] G. B. Smith. J. Phys. D10.L39, 1977
- [29] G. B. Smith. Appl. Phys, Lett.35, 668, 1979
- [30] M. Kerker. The Scattering of Light and Other Electromagnetic Radiation, Academic. New York, 1969
- [31] C. M. Garnett, Philos. Trans. R.Soc. London 203,385, 1904
- [32] D. A. G. Bruggeman, Ann. Phys., Leipzig 24.636, 1935
- [33] E. Matijevic, "Monodispersed Colloidal Metal Oxides, Sulfides, and Phosphates", pp. 334-352 in Ultrastructure Processing of Ceramics, Glasses, and Composites, Edited by L. L. Hench and K. R. Ulrich. Wiley, New York, 1984.
- [34] P. Jiang, J.F. Bertone, K.S. Hwang, and V.L. Colvin, "Single-Crystal Colloidal Multilayers of Cotrolled Thickness", Chem. Mater., 11:2132-2140, 1999.
- [35] W. Stober, A. Fink, and E. Bohn, "Controlled Growth of Monodisperse Silica Spheres in the Micron Size Range," J. Colloid and Interface Sci., 26:62-69, 1968
- [36] D.L. Green, S. Jayasundara, Yui-Fai Lam, M.T. Harris, "Chemical reaction kinetics leading to the first stober silica nanoparticles-NMR and SAXS investigation," J. Non-Cryst. Solids, 315:166-179, 2003.

감사의 글

대학 4학년 때부터 대학원 4학기를 다닐 때까지 사회에 나가기 위해 노력되어진 짧고도 긴 시간이 지나왔네요. 처음 4학년때 대학원을 들어올 무렵 정말 재미를 느껴 하나라도 더 알고자 열심히, 성실히 공부하려고 했는데 3년이 지난 오늘 생각해보면 다시 하라고 하면 이만큼 할 수 있을지는 모르겠지만 후회는 많이 느껴지네요. 그래도 지금까지 저를 믿고, 가르쳐주시고, 격려해주신 많은 분들께 감사드리기 위해 이 글을 작성합니다.

우선 지도교수님이신 신동찬 교수님. 솔직히 말하자면 처음 들어올 때 교수님 영향이 컸던거 같습니다. 이런 재미있는 분야를 소개시켜 주시고, 흥미를 느끼게 해주셨으니까요....지금까지 감사인사 못했네요. 이 자리를 빌어서 3년 동안 못한 제자를 가르쳐 주셔서 감사하단 말을 드리고 싶습니다. 어딜 가든지 항상 자신감 차있는 교수님 보면서 교수님을 닮고 싶었는데, 제 성격 탓인지 많이 좋아하는 것지만 청출어람하지는 못하였습니다. 그래도 교수님에게 있어서 부끄럽지 않은 제자가 될 것을 약속드리겠습니다.

. 제가 대학4년 동안 이종국 교수님과 이은구 교수님 수업을 거의 다 들었던 것 같습니다. 비록 교수님들께서 가르쳐 주신내용 전부다 습득하지는 못 하였지만 그래도, 대학원을 마칠 수 있었던 밑거름이 된거 같습니다. 거기다 이종국교수님께서는 심사 위원장을 맡아 졸업도 시켜주셨구요. 감사드립니다. 우리 신소재공학과 기둥 이현규교수님, 정 많으신 양권승 교수님, 무뚝뚝한 박진성 교수님, 새로 오신 뉴페이스 강현철 교수님께도 진심으로 감사 말씀 전하겠습니다.

그리고, 가족처럼 항상 격려해주시고, 다독겨려주신 오용택 교수님과 항상 누나처럼 좋아해주고, 친구처럼 친하게 지내준 김명순 박사님께도 감사인사 드립니다. 3년이라지만 제가 생각하기에는 힘들기도 하고, 지루하기도 했지만, 제 일생에서 가장 생각나는 사람들일 것 같습니다. 오용택 교수님은 꼭 담배 끊으시길 바랄게요....ㅋ.ㅋ 애들이 좋아하실 겁니다. 실험실에 상쾌한 냄새도 날꺼구요. 옆에 없겠

지만 응원하겠습니다^^

3년간 가족(?)처럼 매일 티격태격한 우리 실험실 막내 석의... 아참! 지금은 아니지만.kk 성격도 별로 좋지 않고, 기분파인 나 맞추느라 3년간 고생했다. 너도 그렇게 생각하겠지만 3년이라는 시간동안 너하고 참 많은걸 공감했다. 니가 없었으면 짧은 3년 정말 지루한 3년이 됐을꺼야. 한 살 어리다고 허드렛일도 많이 하고, 편하지도 않았을 텐데, 꼭 좋은데 취업하길 바란다. 나도그렇고,,...ㅋ.ㅋ
대학원 동기인 진태와 영화야~너희들도 그동안 고생 많았다. 너희들도 좋은데 취업잘하길 바라고, 나중에 나이 먹고라도 01학번이랑 너희들은 꼭 보자~~!!

마지막으로 어렸을때부터 항상 철부지로 자랐고, 30살이 다됐는데도 항상 못된 성격만 부리고, 어린애 같은 질 키워주시고, 돌봐주신 우리 부모님과 항상 같이 웃어주고, 울어준 피붙이 우리 누나들.....항상 말하는거지만, 고맙다는 감사의 말보다 미안하다는 말을 더 해주고 싶습니다. 아들인 질 남부럽지 않게 키우기 위해 고생하셨을 부모님, 덕분에 대우받지 못한 우리누나들.....정말로 죄송합니다.
당신들 고생에 비해, 그 기대에 비해 이론계 너무나도 없습니다.
하지만 항상 당신들을 품고 살아가겠습니다. 부끄럽지 않은 아들, 그리고 동생이 되겠습니다. 사랑합니다...우리 가족들~~!!^^~*

자 이만 마무리를 해야겠네요~~

모두들 행복하시고, 항상 웃는 얼굴로 건강하게 살아가시길 바랍니다!!!!!!

저작물 이용 허락서

학 과	첨단부품소재 공학과	학 번	20087157	과 정	석사
성 명	한글: 함 효 균 한문: 咸孝均		영문: Ham Hyo-Kyun		
주 소	전남 영광군 백수읍 지산리 893번지				
연 락 처	E-MAIL : gkagyrbbs@naver.com				
논문제목	한글 : SiO ₂ -경화제 혼합층에 의한 OLED의 아웃커플링 효율향상 영문 : Out-coupling efficiency enhancement of OLED device by SiO ₂ -UV hardener composite layer				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(0) 반대()

2009 년 12 월 07 일

저작자 : 함 효 균 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하