

차세대 OLED 조명기술의 발전과 산업동향(1)

신훈규 (포항공과대학교 나노기술집적센터 책임연구원)

1 서론

인류의 삶에 빛이란 매우 중요한 생활 수단의 하나로 작용해왔다. 특히 빛을 야간에 활용할 수 있고, 실내로 가져올 수 있게 됨으로서 인간의 삶에 대한 변화에 많은 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 생각하면 오늘날 에너지를 절약하는 측면이나, 고효율화를 위한 노력 등으로 빛을 이용하는 수단이나 방법은 변화하고 있지만, 그 중요성은 더 높아지고 있다고 할 것이다.

그림 1은 조명원의 발전과정을 정리한 것이다. 1세대는 연료 집적연소방식, 2세대는 필라멘트 집적가열 방식의 백열등(점광원), 3세대는 방전가스방식의 형광등(선광원)에서 4세대는 반도체(면광원) 조명시대로 발전해 왔다. 이처럼 조명은 단순히 고정된 개념의 에너지원이 아니라 시대의 기술의 발전과 연계하여 함께 제품, 시장도 변화를 가져오고 있다.

최근 디자인의 중요성이 인식되면서 기술자체의 중요성 보다는 외적형태의 중요성이 높아지고, 디자인 측면만이 강조된 부분이 없지 않지만, 지구 온난화 등

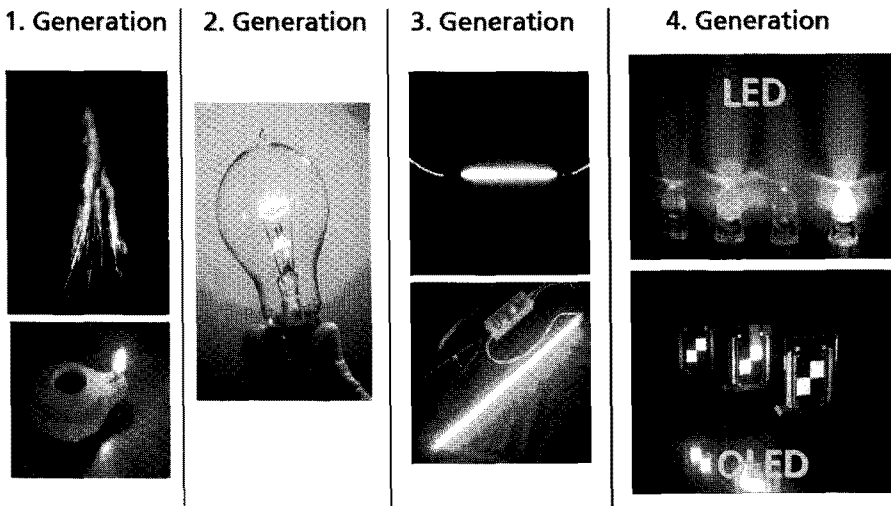


그림 1. 조명원의 발전과정

*출처 : Fraunhofer, Institut Photonische Mikrosysteme

기술해설

기후변화에 대한 대응기술로써, 조명에너지 이용효율을 높이고 소비전력을 저감시키는 기술 등이 주목을 받으면서 차세대 조명에 대한 관심이 높아지고 있다.

“차세대 조명”이란 종래의 백열전구를 대체하게 될 새로운 조명장치를 말하는 것이며, 현재, “저소비전력”, “장수명”, “저환경부하” 등이 특징인 LED (Light-Emitting Diode)/OLED(Organic Light-Emitting Diode)가 차세대 조명의 강력한 후보가 되고 있다. LED 조명의 수명은 일반 백열전구의 약 40 배, 형광등의 약 3 배나 길며, OLED 조명의 수명은 LED에 비하여 다소 짧지만 다양한 장점을 보유하고 있어 향후 기술발전을 통하여 산업적 응용이 확대될 것으로 기대된다. 조명의 소비전력은 백열전구 100(W), 형광등 20(W), OLED는 15(W) 정도이다.





Section	OLED	LED	Fluorescent Lamp	Incandescent Lamp
	Surface	Point	Line	Circle
Characteristic Of Light				
Brightness	Normal	High	Normal	Low
Usefulness	House (Developing)	Signal Lamp, Blinker, BLU	House	House
Life Time	20,000	100,000	10,000	1,000
Unit Cost (\$/Klm)	20	100	10	1
Strength	Diversification	High Luminance	Low Cost	Low Cost
Weakness	R&D invest	Light parts Pollutional Material	Heavy Metal Pollution	Low Efficiency

그림 2. OLED와 타 조명기술 비교

*출처 : 김우영, 호서대학교

그림 2와 같이 OLED 조명은 많은 장점을 가지고 있으며 수은, 납 등 중금속을 사용하지 않아 친환경적으로 광 효율이 높아 LED 조명과 함께 기존 조명을 대체할 차세대 광원으로 주목받아 왔다. 반도체 조명

인 LED와 달리, 패널조명으로서 두께 2~3(mm)의 초슬림 형태로 제작이 가능하고, 눈부심이 거의 없어 실내조명에 적합하다. 그러나, 시장형성에 성공한 LED조명과 달리, OLED조명은 패널제작을 위한 효율적인 생산시스템 개발이 늦어 시장형성이 지연되고 있다. 현재 독일 등 선진국 중심으로 OLED조명 시장이 확대되고 있으며, 오스람, GE, 필립스 등 글로벌 조명기업들은 OLED 조명 양산을 준비 중이다. 한국은 OLED 디스플레이 기술력을 바탕으로 조명 패널 분야에서 세계 1위이나, 장비, 등기구 등 관련 분야와의 연계 부족으로 OLED조명 산업 기술력은 선진국 대비 70(%) 수준에 불과한 상태다.

2. 조명기술

조명기술은 지난 약 100년간에 기술적으로 획기적인 발전을 거듭하여 왔다. 백열등은 지난 100년의 조명시장에 중심에서 가장 오랜 동안 우리의 세상을 밝히는 역할을 하였으며, 이후 형광등, 삼파장 등의 친환경, 저소비전력을 위한 조명등으로 변화를 가져오고 있다. 최근의 조명기술은 디자인 측면이 매우 강조되고 있고, 저소비전력, 고효율, 장수명을 위한 신기술에 주목하고 있다. OLED 조명은 이러한 다양한 요구를 충족하는 것이 가능한 장점을 가지고 있다. 그러나 아직은 제조공정이 고비용이고 소재가 비싸며 수명이 짧은 단점을 가지고 있어 이를 해결해야만 보다 더 실용적인 조명으로 사용될 것으로 기대되고 있다.

OLED 조명은 조명기술의 역사에 비하여 매우 짧은 기간에 의해 기술발전을 하고 있다. OLED 초기 기술은 고급 디스플레이 기술로써 가능성이 있을 정도였으나, 제조공정기술과 소재기술 등의 획기적인 발전은 디스플레이에서 조명까지 영역을 확대하는 계기가 되었다. OLED 조명은 저가격, 저소비전력, 고회도, 대면적화 등의 필요조건이 있지만, 이를 기

술발전에 의해 조건을 단계적으로 충족해 나가고 있는 실정이다.

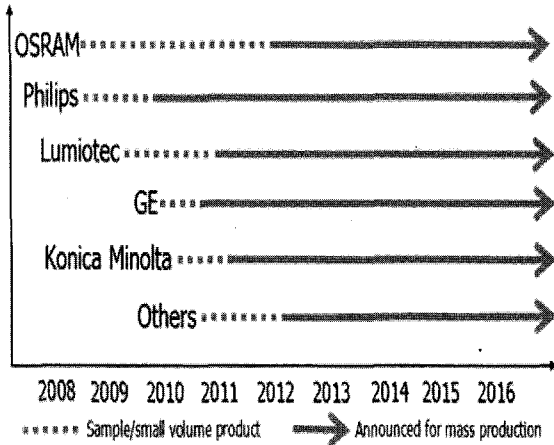


그림 3. OLED 조명기술 분야 기업별 생산전망

*출처 : www.oled-display.net

2008년 이전에는 OLED 조명에 주목하기 보다는 디스플레이 기술에 집중하였으며, 시제품 개발정도에 그쳤다. 그러나 2008년 이후 제조공정과 소재의 개발을 통하여 제품의 생산을 위한 브랜드를 설정하고 양산을 시작한 기업도 나타나기 시작하였다. 2010년부터는 몇몇 조명기업이 OLED 분야를 집중 육성하면서 디자인과 결합된 고급형 조명으로써의 시장을 선점하는 것이 가능할 것으로 평가되었다. 그 동안 소규모 생산 중심으로 이루어졌으나, 2012년부터는 대규모 생산으로 바뀔 것이 예상되고 있으며, 고효율, 저소비전력, 대면적화, 고휘도 등의 강점을 가진 OLED 조명이 타 조명을 대체하는 분야가 점점 확대될 것으로 예상하고 있다. 그림 2는 OLED 조명기술이 발전하면서 세계적 기업들이 대량생산을 통한 시장선점 시기를 나타내고 있다. Philips가 대량생산을 가장 먼저 선도하고 있고, Lumiotec, GE 등이 뒤를 잇고 있다.

조명은 오랫동안 제품화와 동시에 시장의 확보가 매우 중요하여 세계 시장을 대상으로 한 많은 마케팅

전시회가 개최되어 왔다. 그림 4에서 나타낸 바와 같이 조명기술의 대표적인 전시회는 미국에서 개최되는 Lighting Fair International이 있으며, 유럽에서는 Light+Building Frankfurt가 매 2년마다 개최되고 있으며, 일본도 Lighting Fair, 한국도 Lighting Fair를 개최하고 있다. 최근에는 LED와 OLED가 조명기술의 새로운 시장으로 대두되면서 일본에서는 LED/OLED Lighting Technology EXPO를 개최하고 있으며, 한국도 OLED 기술이 발전하면 LED EXPO와 동시에 OLED EXPO를 개최하고 있다. 이러한 전시회는 산업적 발전이 가져오는 대표적인 지표의 하나이며, 제품화를 통한 시장선점, 마케팅, 홍보 등 다양한 기술의 진보를 한눈에 볼 수 있는 좋은 기회인 것이다. OLED 조명이 산업의 신분야로 발전되고 제품화를 통한 기업의 매출액 증대가 발생하는 것은 시장성이 매우 높다는 반증이기도 하다. OLED 조명은 이러한 측면에서 보면 향후 시장이 매우 급격하게 확대될 것으로 예측되고 있으며, 신디자인, 저소비전력, 저가격 등이 실현된다면 친환경 조명기술로 발전가능성은 높다고 할 것이다.

3. OLED 조명의 필요성

차세대 조명은 기본적으로 사용자 편의성, 기술적 우월성 그리고 녹색성장 및 실현 가능성에 관한 부분을 충족시켜야 할 것으로 판단된다. 그 동안 조명은 백열전구가 오랜 기간 시장을 점유해 왔고, 지난 약 20년간은 형광등이 주류를 이루었다. 현재 세계적으로 백열등의 경우에는 낮은 에너지소비 효율로 인해 사용규제 논의가 진행되고 있으며, 형광등의 경우에는 백열등 대비 7~8배의 효율을 보여주어 상대적으로 에너지 효율이 높지만 제조 과정에서 발생하는 환경오염 요소와 편의성 등에서 문제점이 지적되고 있다. 현재 백열등은 시장에서 사라지고 있으며, 각국에서 규제를 통하여 사용을 금지하고 있는 실정이다.

결국 이런 사회적 요구를 만족시킬 수 있는 차세대 조명 기술 개발이 필요하며 이는 근본적으로 효율이 높고 친환경적인 소재를 사용하는 조명의 개발이 근본적으로 필수적인 요소임을 알 수 있다. 또한 지구온난화, 저소비전력, 디자인 등 시장의 다양한 요구를 받아들이면서 친환경적인 소비자의 기호에 대응하기 위한 새로운 조명제품이 요구되고 있다. 현재는 LED 조명시장의 발전이 예측하고 있으며, OLED 시장도 새로운 수요에 대응 가능한 기술로써 발전가능성이 높아지고 있다. OLED는 디스플레이 기술에서 시작되어 기술적인 확립은 되어있으나, 아직도 해결해야할 문제점도 가지고 있지만 시장수요에 대처하여 기술발전으로 충분히 해결 가능

할 것으로 예측된다.

OLED는 다양한 등기구의 형태를 요구하는 고급형 시장에 사용가능한 1~2[mm]의 박막형으로 제조가 가능한 매우 얇은 광원으로써의 역할이 기대되고 있다. 또한 광원화를 하는 데 소요되는 부가적인 부품이 필요하지 않으며, 효율, 연색성 감소와 같은 문제점이 없어 면광원으로 요구되는 실내 조명으로 응용이 기대된다. 그림 5에 나타낸 바와 같이 OLED 조명은 다양한 장점을 바탕으로 점광원에서 선광원으로 이어져 온 조명산업에 면광원이라는 변화를 가져오고 있다. 또한 면광원의 장점은 디자인 측면에서 찾아볼 수 있다. 디자인은 신제품의 개발에 변수로 작용하고 있고 구매수요의 가장 중요한 요인으로 작용하



(a) Lighting Fair International, (b) Lighting Fair Japan, (c) Lighting Fair Korea



(d) LED/OLED Lighting Japan, (e) LED EXPO & OLED EXPO Korea

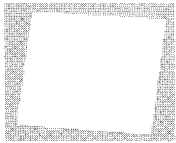

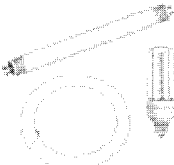

그림 4. 조명전시회 : USA, Japan, Korea

고 있다. 특히 시각효과가 매우 중요한 조명산업 시장에서는 디자인의 자유도가 매우 중요한 요소이다. 이러한 측면에서 OLED 면광원은 발열이 없으며, 다양한 색상을 구현할 수 있고 디밍으로 밝기제어가 가능하여 에너지 절감효과가 있다. OLED 조명이 가지는 특징을 정리하면 표 1과 같다.

4. OLED 소자의 구조 및 원리

OLED 기술은 유기재료를 이용한 발광소자로서 유기재료가 가지는 단수명, 색재현성, 저효율을 극복하여 디스플레이로써 주목하고자 한 시점에서 시작된 기술이다. 기본적인 발광메커니즘은 MIM구조 (Metal-Insulator-Metal)에서 시작되었으며, 다

표 1. 조명원의 특징과 기술비교

	OLED lighting	Incandescent light bulbs	Fluorescent lamps	LED
Illustration				
Principle of light emission	Emits light by applying a voltage to organic matter	Emits light by sending an electric current to a metallic filament	Ultraviolet rays generated by an electric current collide with fluorescent material to produce visible light	Emits light by applying a voltage to an inorganic semiconductor
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> ○ Illuminates large area (surface light source) ○ Energy efficient ○ Low heat-generation ○ Slim, lightweight ○ Flexible (when plastic substrate used) ○ Environmentally sound 	<ul style="list-style-type: none"> • Illuminates small area (point light source) <ul style="list-style-type: none"> ▶ High power consumption ▶ High heat-generation ○ Closely approximates natural light 	<ul style="list-style-type: none"> • Size of area illuminated is between point light source and surface light source (linear light source) ○ Energy efficient <ul style="list-style-type: none"> ▶ Uses hazardous substance (mercury) 	<ul style="list-style-type: none"> • Illuminates small area (point light source) ○ Energy efficient ○ Long life ○ Easy to reduce size ○ Environmentally sound
Uses	○ Anticipated applications include living spaces, offices, decorative illumination, car interior lighting, and POP lighting	○ Photographic lighting, living spaces such as dining rooms or bedrooms, etc.	Living spaces, offices, commercial premises, etc.	Indirect lighting, floor level lighting, spotlights for retail spaces, etc.

*출처 : KONIKA Minolta

층막을 정공수송층(Hole Transport layer : HTL), 전자수송층(Electron Transport Layer : ETL)으로 구성하여 발광효율 향상, 장수명, 고휘도를 구현하는 것이 가능하게 되었다. 이외에도 고효율화를 위하여 정공주입층(Hole Injection Layer : HIL), 전자주입층(Electron Injection layer : EIL)를 추가적으로 도입하면서 디스플레이, 조명 등 다양한 산업적 응용 확대가 가능하게 되었다.

가장 기본적인 OLED 소자는 그림 6과 같이 ITO와 같은 투명 전극인 양극과 일함수(Work Function)가 낮은 금속(Ca, Li, Al:Li, Mg:Ag 등)을 사용한 음극 사이에 유기 박막층이 있는 구조로 되어 있다. 현재 개발되고 있는 일반적인 형태의 OLED는 양극으로 일함수가 4.8[eV]이하인 투명전극 ITO (Indium Tin Oxide)가 사용되고, 음극으로는 일함수가 4.3[eV]인 Al(Aluminium)이 사용되고 있다.

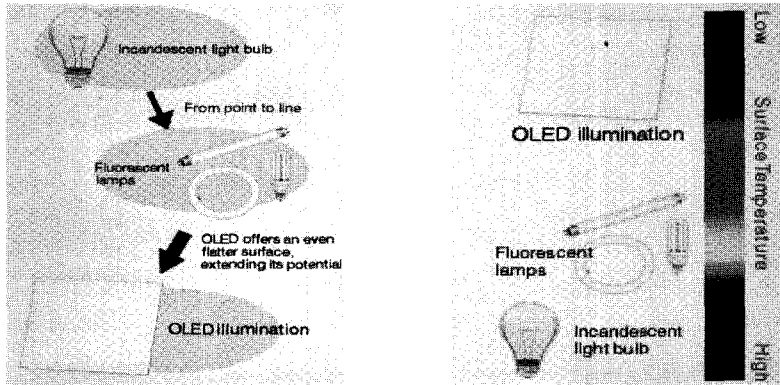


그림 5. 조명기술의 발전과정 기술적 요소

*출처 : KONIKA Minolta

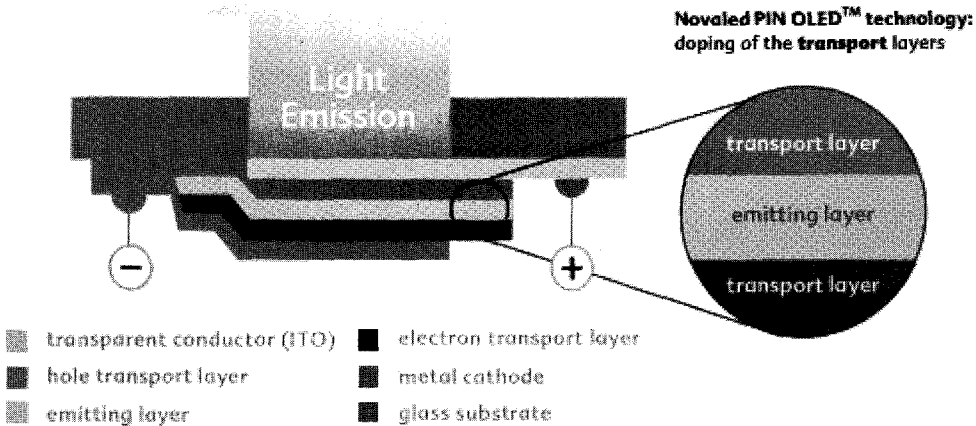


그림 6. OLED 소자 구조

*출처 : Novaled

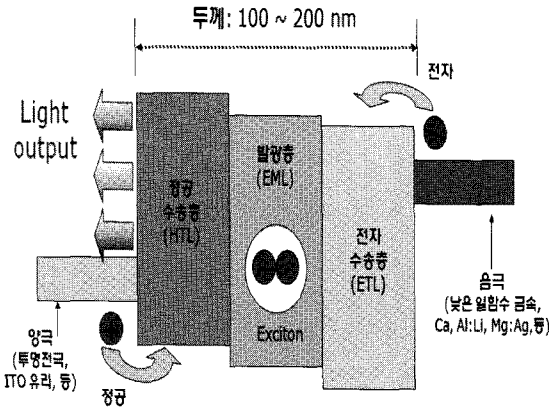


그림 7. OLED 소자의 발광원리

그림 7은 OLED 소자의 발광원리를 나타낸 것으로 OLED 양전극에 전압을 인가하면 열방사 혹은 터널링 효과에 의해서 양극에서는 정공이, 음극에서는 전자가 각각 유기물의 HOMO(Highest Occupied

Molecular Orbital)와 LUMO(Lowest Occupied Molecular Orbital)를 통하여 발광층 내부로 주입된다. 이렇게 주입된 정공과 전자는 결합하여 엑시톤(Exciton)을 형성하고 엑시톤이 발광 재결합(Radiative Recombination)을 하는 것을 전기발광 현상이라고 한다.

전기발광 현상을 백색발광으로 구현하는 방법은 여러 가지가 있으나 대표적으로는 그림 8과 같이 3가지 형태로 구성할 수 있다. 구현하는 목적은 모두 면광원으로 사용하기 위한 백색발광이지만, 구현방법에는 Red, Green, Blue 3개의 발광 물질을 적층하는 방법, 두 개의 발광층을 이용하는 방법(doping에 의한 방법), 단일층 구조를 이용한 방법 등이 있다. 저가격 화하기 위한 시장의 입장에서는 가능한 소재가 적게 사용되고 제조공정이 단순한 구조를 원하고 있으므로 이러한 요구에 맞추어 소재개발, 제조공정 등 면광원

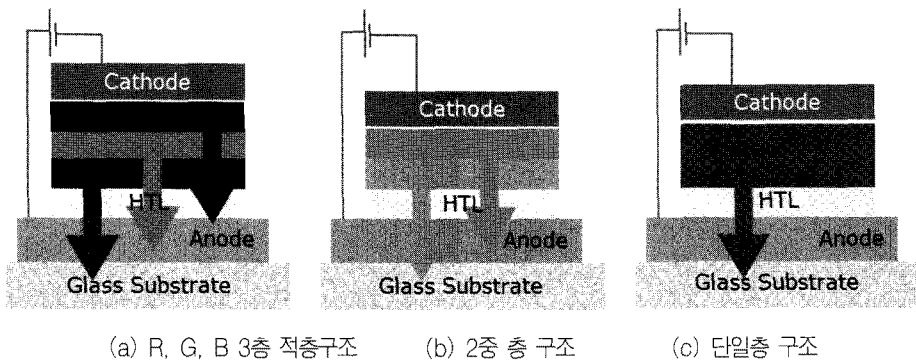


그림 8. OLED 소자의 백색발광 구현 방법 및 구조

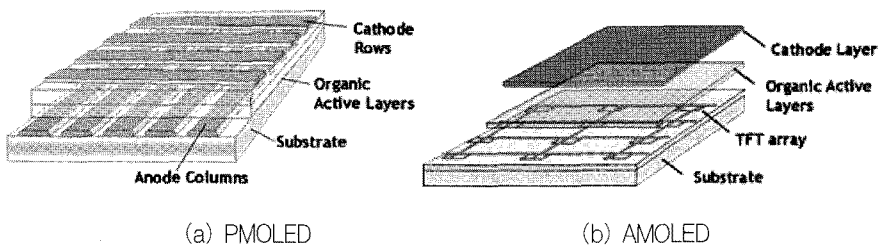


그림 9. OLED 소자의 구동 방식

기술개발을 위한 다양한 연구를 진행 중에 있다.

그림 9에 나타낸 바와 같이 또 하나의 분류는 구동 방식에 따라 수동형(Passive-Matrix) OLED와 능동형(Active-Matrix) OLED로 나누어진다. 수동형 OLED는 X-Y 단순 매트릭스로 구성되어 제작 단가가 싸다는 큰 장점은 있으나 각 라인을 펄스로 Duty 구동을 하여야 하기 때문에 높은 순간 휘도가 필요하고 따라서 소비전력이나 수명, 그리고 해상도가 제한이 되기 때문에 휴대폰 외부 창과 같은 소형 디스플레이에 적합하다(그림 9 (a)). 능동형 OLED는 각 화소마다 박막 트랜지스터(TFT)와 데이터를 저장할 수 있는 커패시터가 있어서 필요한 전류를 지속적으로 흘려주어 DC적으로 동작되기 때문에 소비전력이나 수명, 그리고 해상도 측면에서 수동형 대비 많은 장점이 있으나 한가지 단점이라면 박막트랜지스터 제작을 위한 투자가 필요하며 따라서 투자비 및 제조 비용이 상대적으로 많이 든다는 단점이 있다(그림 9 (b)).

[다음호에 “차세대 OLED 조명기술의 발전과 산업 동향 II” 게재예정]

참 고 문 헌

[1] www.eere.energy.org.
 [2] www.olla-project.org.
 [3] www.ipms.fraunhofer.de.
 [4] www.lighting.philips.com.
 [5] www.osram-os.com.
 [6] www.ge.com.
 [7] www.novaled.com.

[8] www.universaldisplay.com.
 [9] www.nedo.jp.
 [10] www.oled-display.net.
 [11] www.oledesign.com.
 [12] 이창희, 한국정보디스플레이 학회지, “유기 전기발광 소자의 동작원리”, 2권 2호, p.14 (2001.4).
 [13] 정호균, 물리학과 첨단기술, “OLED 기술 개발 현황과 과제”, p.3 (2005.4).
 [14] 유비산업리서처, “차세대 조명용 OLED 광원 시장 전망”, 2008.
 [15] DisplaySearch, “OLED Lighting 2009”, 2009.
 [16] 이정익 외 4인, 인포메이션 디스플레이, 10권 4호, “조명용 백색 OLED”, p.31 (2009.4).
 [17] 박중운 외 2인, 인포메이션 디스플레이, 10권 6호, “OLED 광원기술”, p.16 (2009.6).
 [18] 추혜용, IT SoC Magazine, “OLED 조명 산업동향 및 향후전망”, p.20 (2009.9).
 [19] 추혜용 외 2인, 전자통신동향분석, 24권 6호, “OLED 조명 기술 동향”, p.22 (2009.12).
 [20] 조성민 외 1인, Polymer Science and Technology, Vol.21, No.4, “액상고정을 이용한 고분자 OLED 조명”, p.296, (2010.8).

◇ 저 자 소 개 ◇



신훈규(辛熏珪)

1967년 11월 26일생. 1993년 동아대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 포항공과대학교 나노기술집적센터 책임연구원, 디스플레이/에너지PM.

관심분야 : Organic Light-Emitting Diode, Organic Photo-Voltaic