



Part IV. Functional Polymers for Display Applications

■ Outline of Part

Display Applications

- ❑ Introductions for Display Applications
- ❑ Liquid Crystal Display (LCD)
- ❑ Electroluminescence (EL)

Electroluminescence (EL)



EL의 장점

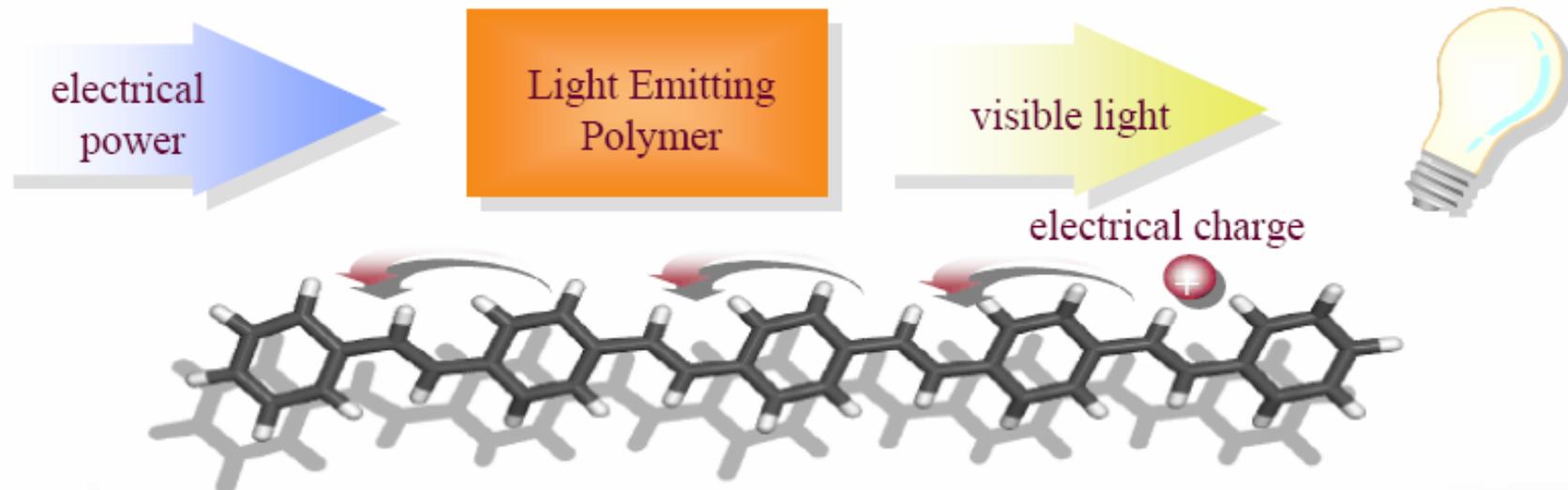
특징	이점 (상대적으로 우수한 점)
고체 소자	내구성과 내 환경성이 우수함. (-20 ~ +100°C)
자체 발광	휘도가 높음. (> 10,000 cd/m ²) 효율이 높음. (> 15 lm/W) 시야각이 넓음. (170°) 대조비가 우수함. (100:1) 후면 광원이 불필요함.
빠른 스위칭 속도	Video rate가 가능함.
낮은 동작 전압	배터리 구동이 가능함. (5~ 15 Volts)
저온 및 간단한 공정	유연성 있는 기판의 사용이 가능함. 대면적 코팅이 가능함.
얇고 가벼운 패키지	휴대용 기기에 적합함.

EL의 발광원리

Polymer Light Emitting Display

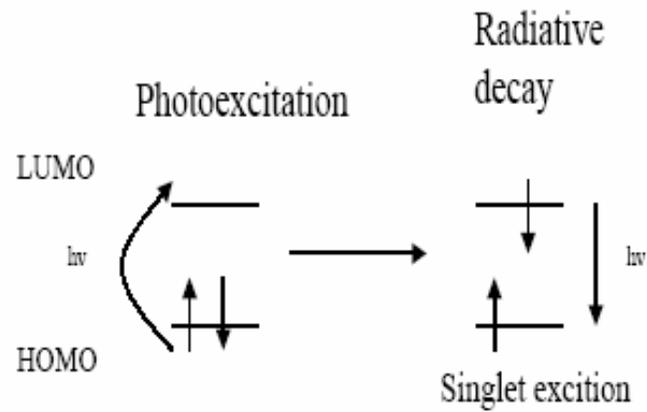
... is a novel technology to manufacture very thin light sources and displays.

Light-Emitting polymers are special materials that convert electrical power into visible light.

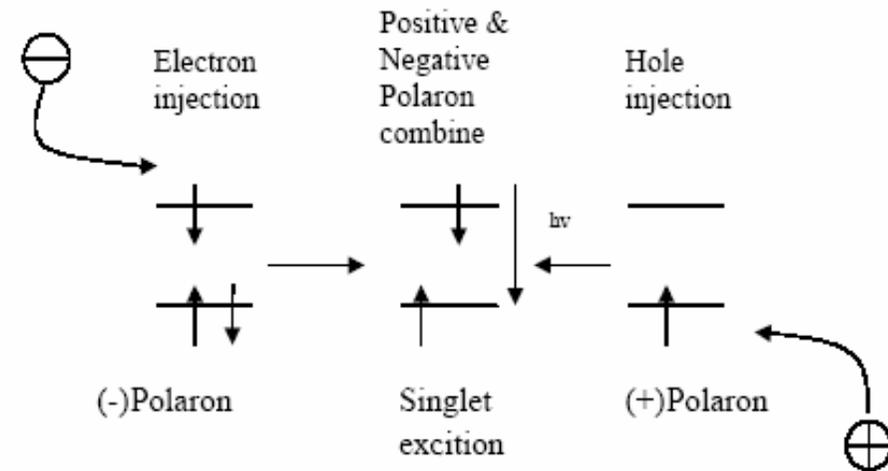


PL vs EL

Photoluminescence

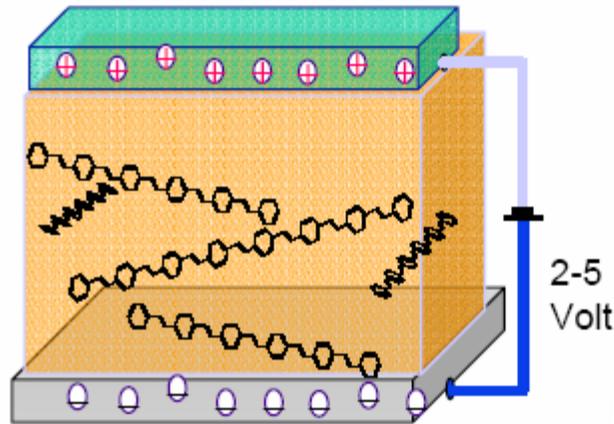


Electroluminescence

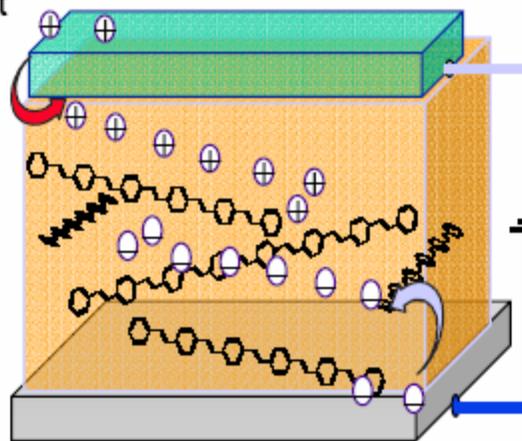


동작원리

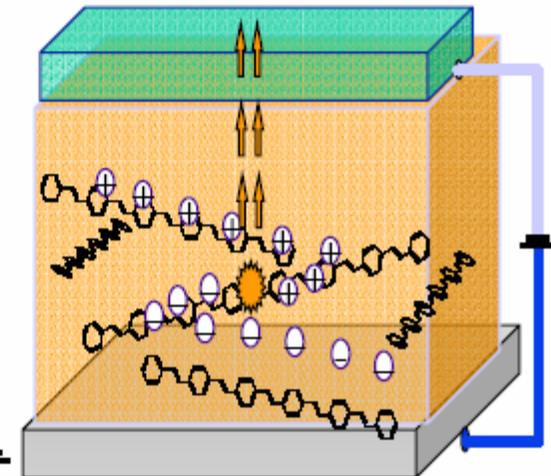
1. Injection of carrier



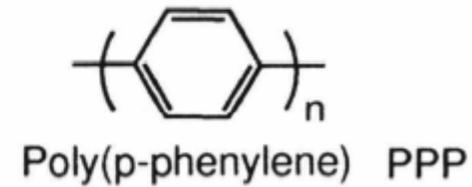
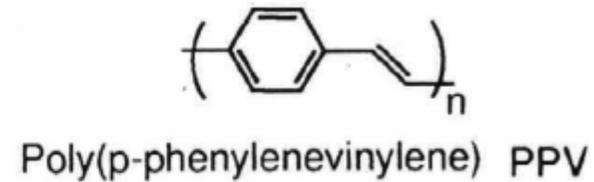
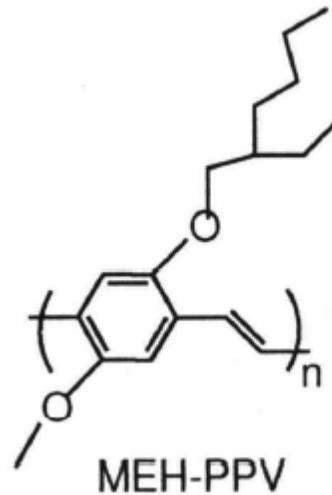
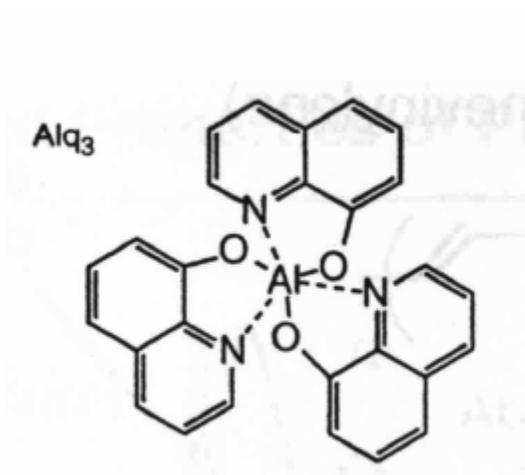
2. Hopping of carrier



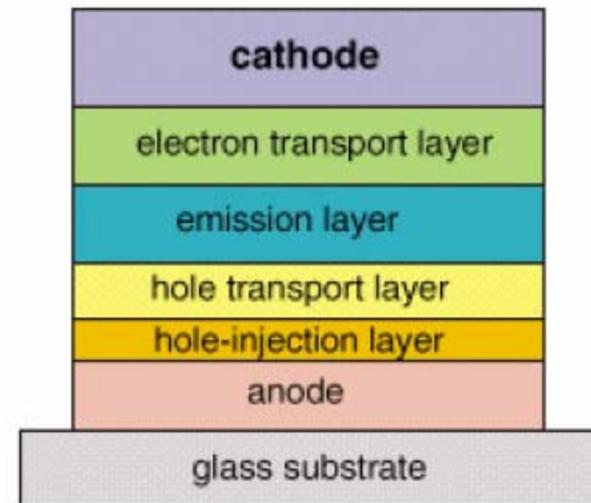
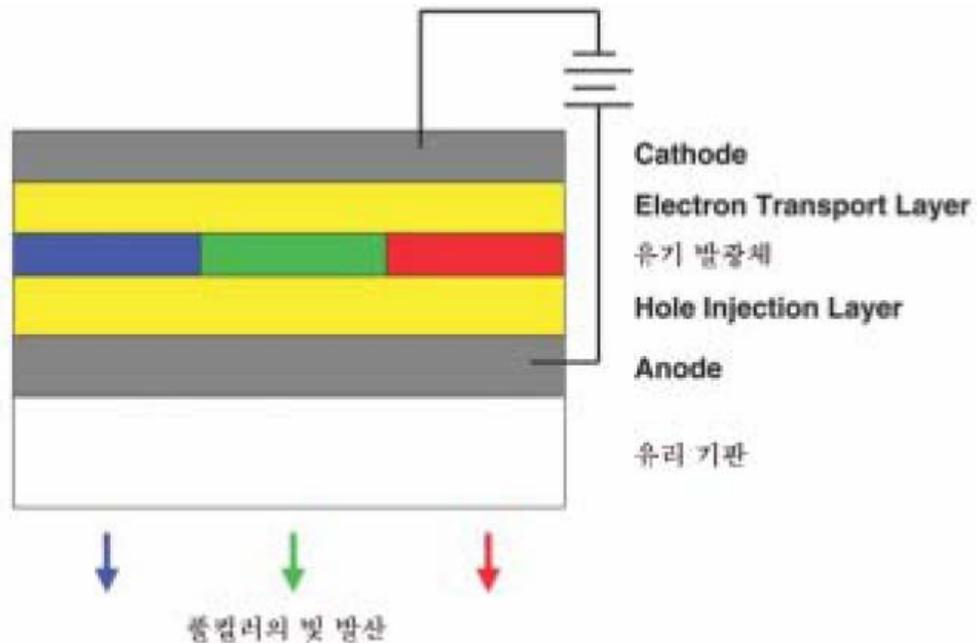
3. Generation of exciton & Emitting



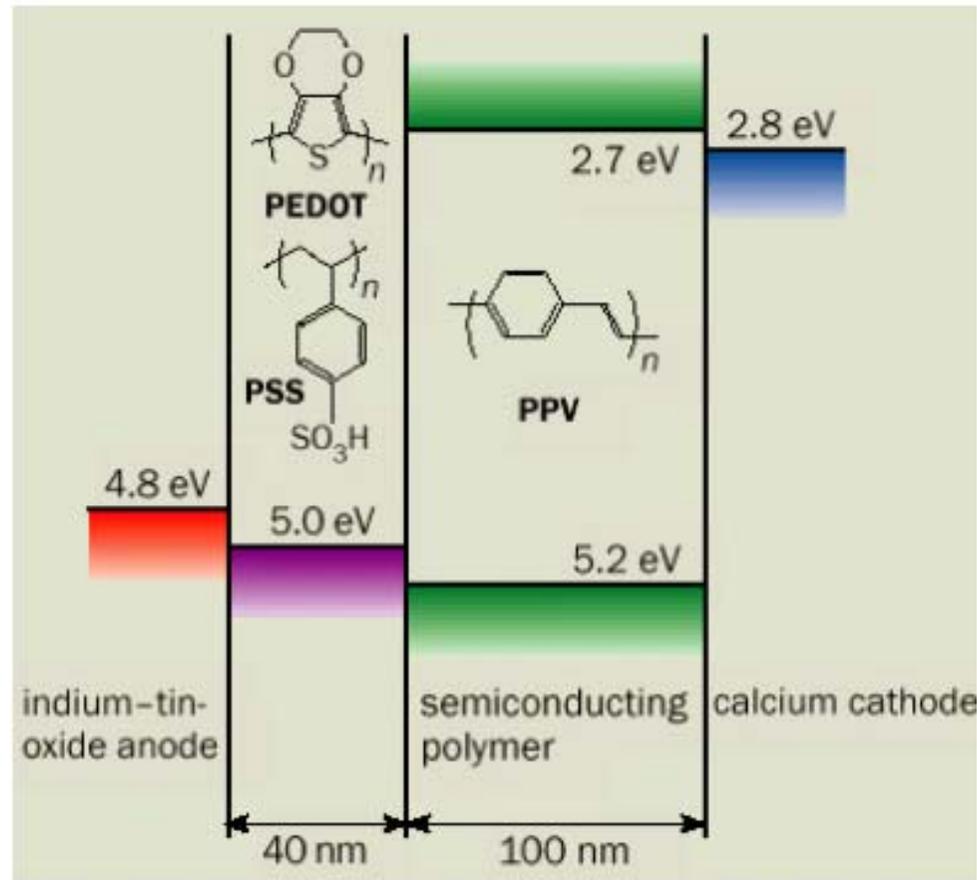
대표적인 유기 발광층의 분자구조



OLED의 구조



OLED의 구조



동작원리

1. carrier주입단계

낮은 일함수를 갖는 금속에서 주입한 전자와 높은 일함수를 갖는 전극에서 주입된 hole들이 무기물 반도체에서와 마찬가지로 전자는 conduction band(고분자의 경우 LUMO:lowest unoccupied molecular orbital)로 hole은 valence band(HOMO:highest occupied molecular orbital)로 주입된다 발광층내에 주입된 carrier들은 고분자내 pi결합을 따라 delocalization되어 pi전자를 형성하게 된다.

2. carrier완화단계

이러한 delocalize된 carrier들은 발광층내에서 lattice와 coupling되면서 각각 음성 polaron(electron-lattice), 양성 polaron(hole-lattice)을 형성하게 된다.

3. carrier이동단계

이렇게 형성된 새로운 형태의 carrier들은 각각 안정화된 위치에서 해당 에너지를 갖게된다. 이들 carrier들은 외부에서 공급한 전기장에 의해 hopping등을 통해 고분자 사슬을 따라 반대 전극을 향해 이동한다.

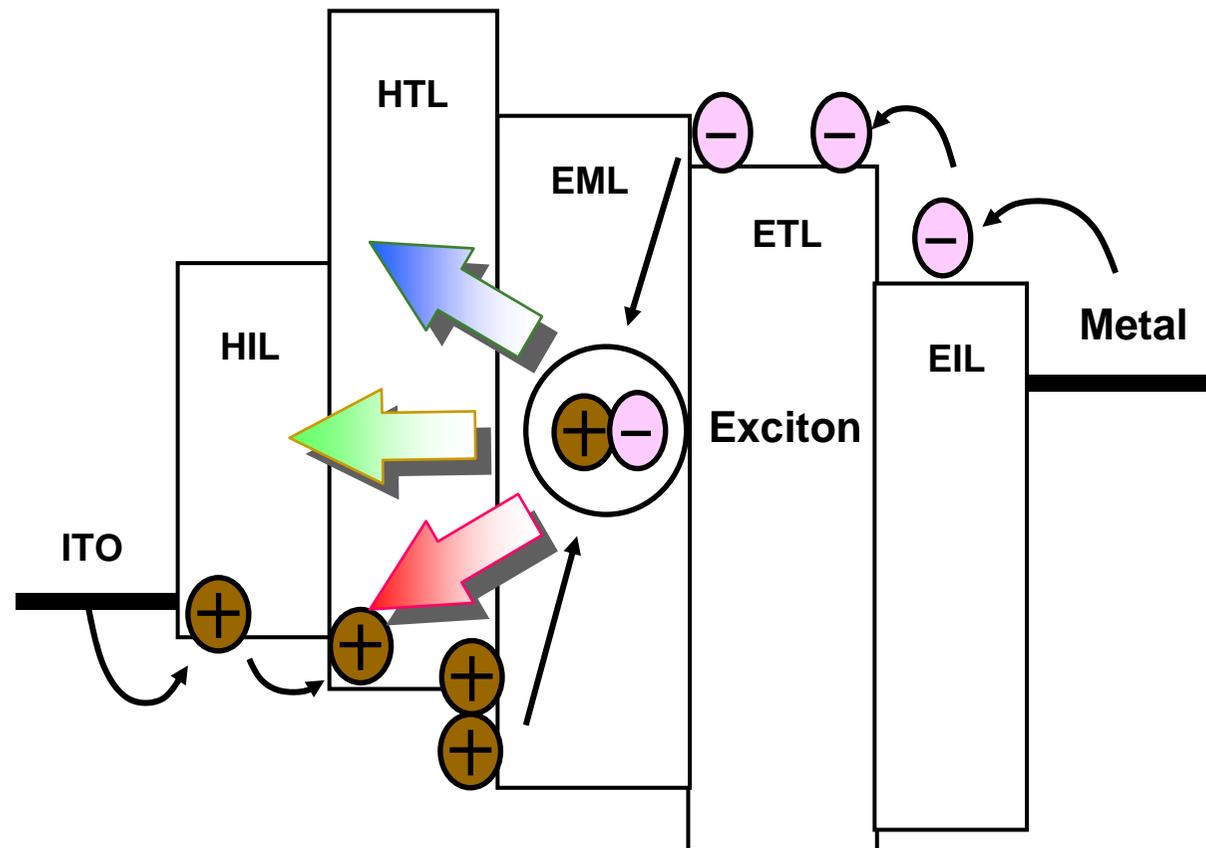
4. exciton생성단계

이렇게 이동하던 carrier들이 발광체내의 어느 한 부분에서 만나 결합하여 exciton을 생성하게 된다. 이때 생성되는 exciton은 singlet 과 triplet의 spin상태를 갖게되는데 이때 형성된 triplet, singlet exciton의 비율은 3:1이다. triplet의 경우 효율 높은 radiation을 기대할 수 없으므로 효율의 약 75%를 손실하게 되는 것이다. (이러한 triplet의 존재에 대한 관측은 electroluminescence-detected electron-spin resonance와 가장 높고 낮은 triplet사이의 광학적 transition의 측정을 통해 확인 할 수 있다. 또한 이러한 재결합은 한층으로 구성된 소자에서나 다중 layer에서 모두 일어날 수 있다.)

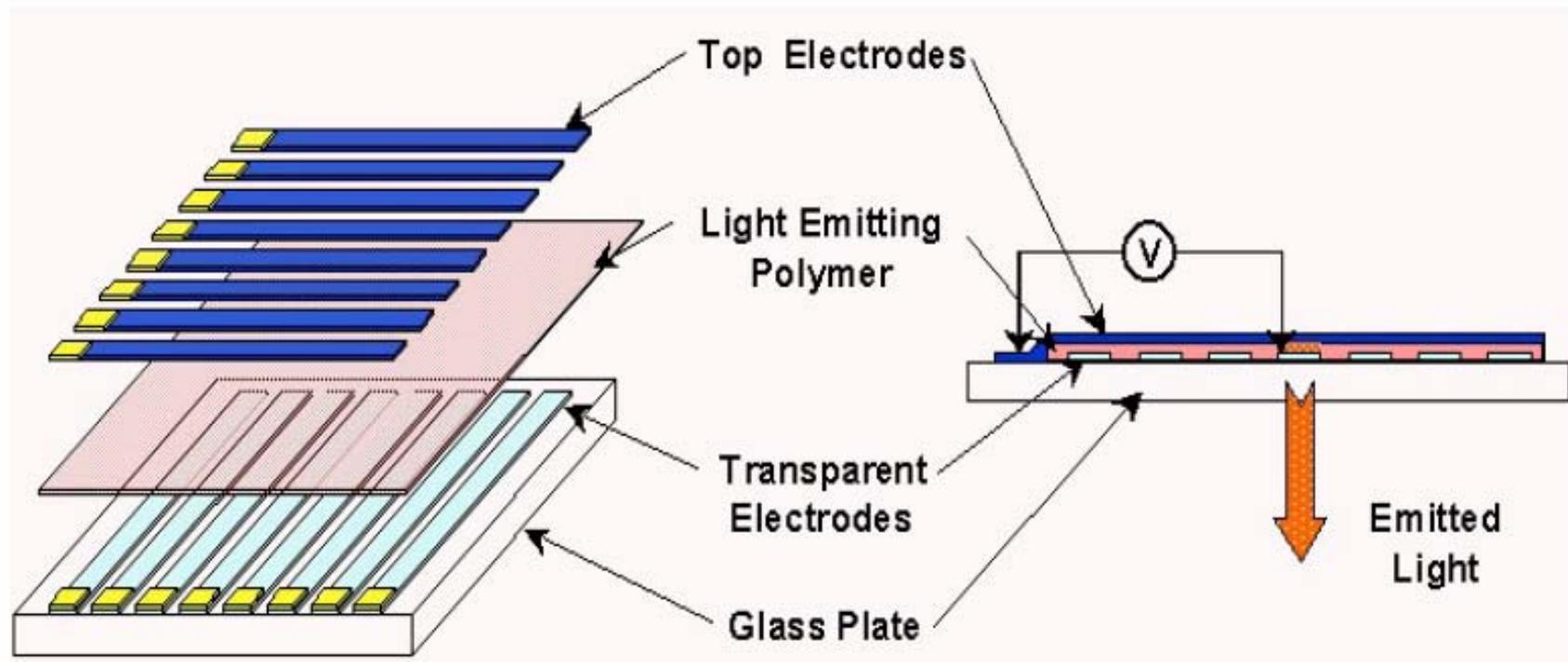
5. 발광단계

이렇게 생성된 exciton들이 polaron 에너지 gap에 해당하는 빛을 발생하여 발광 소멸하게 된다. 유기 EL의 경우 실질적으로 발광에 참여하는 carrier 들이 PL의 경우와 무기 EL의 경우와는 달리 lattice와의 coupling에의해 형성된 polaron들이 특징적이다.

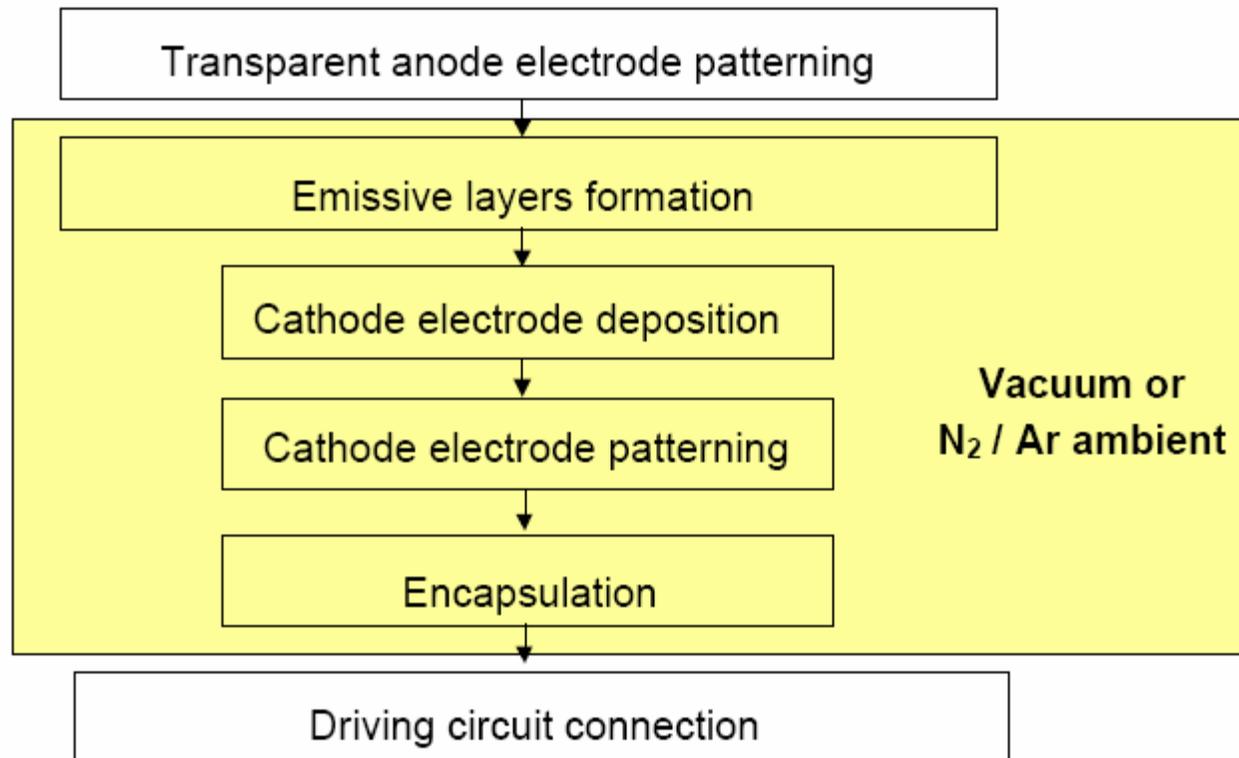
유기 EL 소자의 에너지 밴드 다이어그램



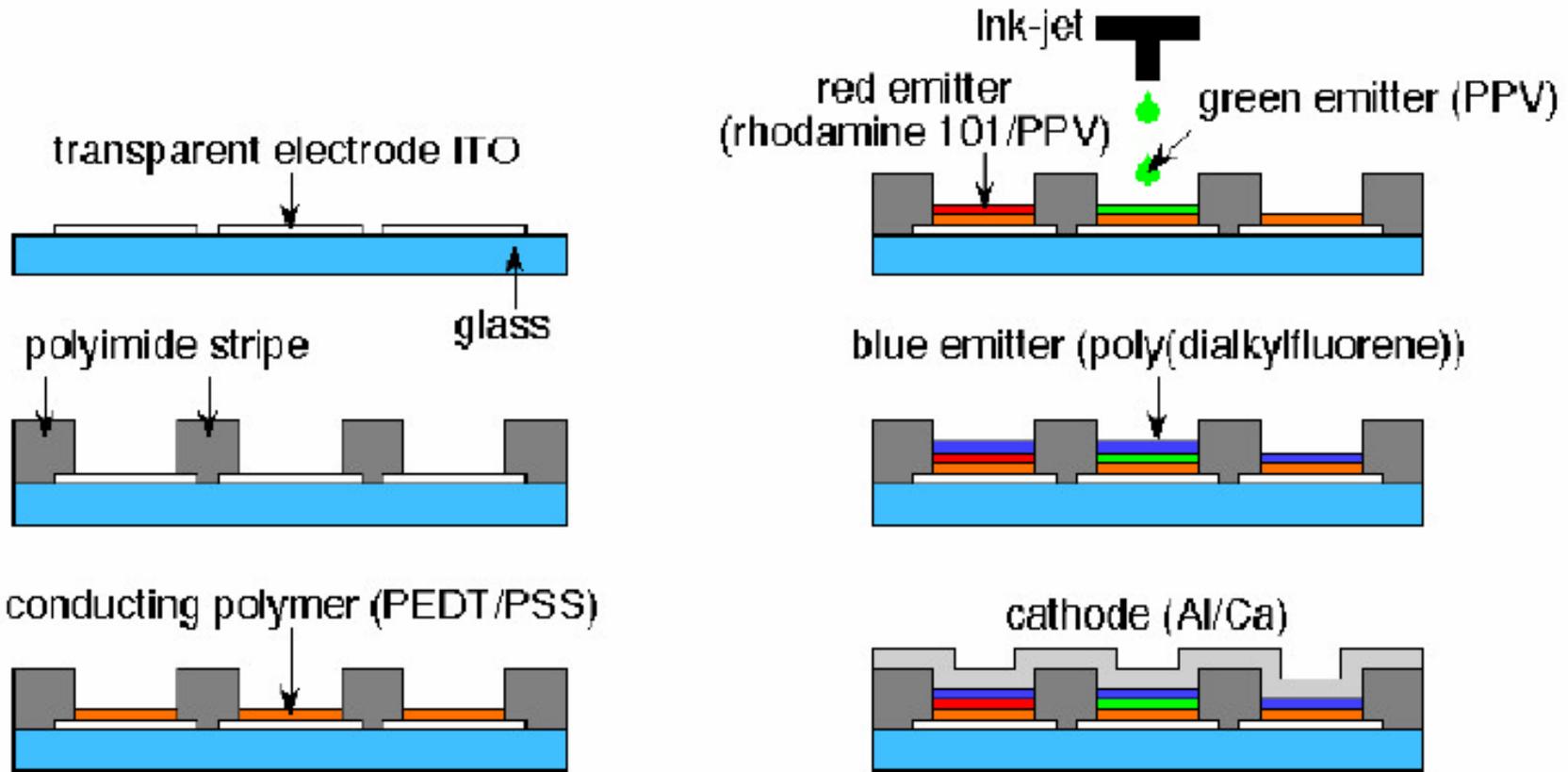
EL 소자의 기본 구조



EL의 제조 공정



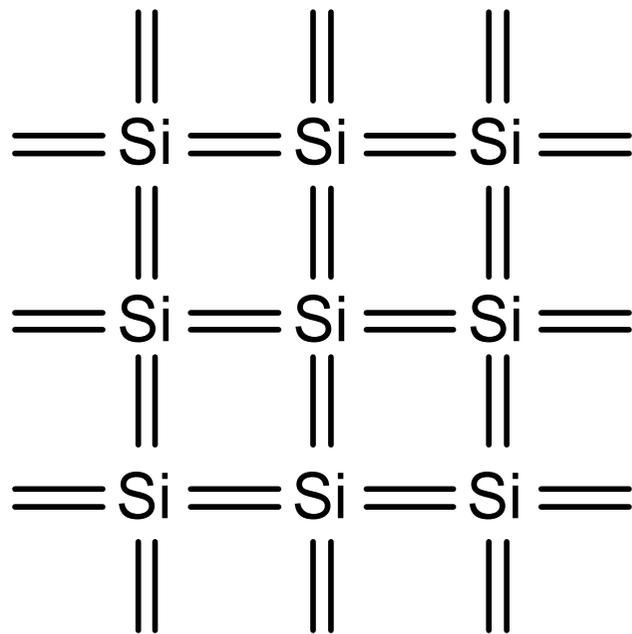
잉크젯 프린팅 기법의 ELD 제조



Basics for Semiconductor Theory

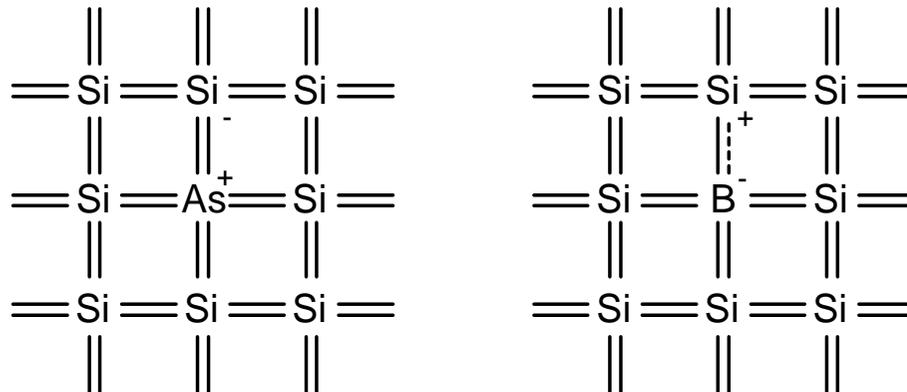
Silicon Lattice

- Transistors are built on a silicon substrate
- Silicon is a Group IV material
- Forms crystal lattice with bonds to four neighbors

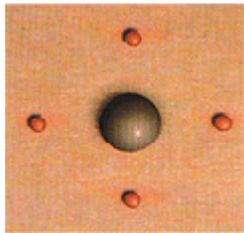


Dopants

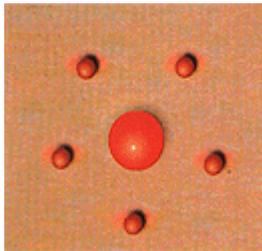
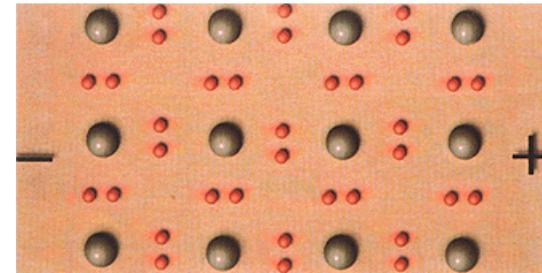
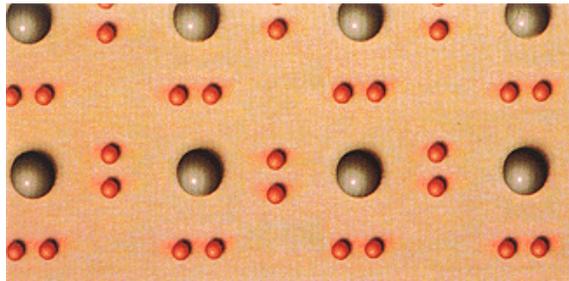
- Silicon is a semiconductor
- Pure silicon has no free carriers and conducts poorly
- Adding dopants increases the conductivity
- Group V: extra electron (n-type)
- Group III: missing electron, called hole (p-type)



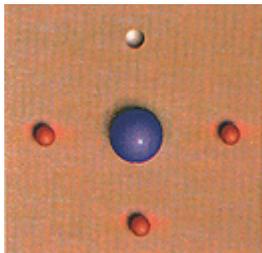
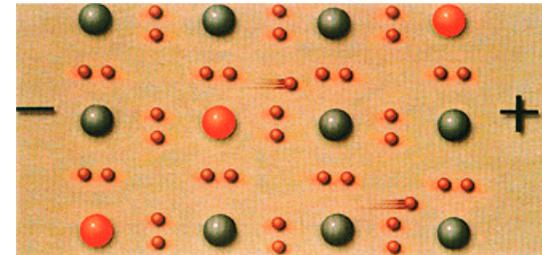
Semiconductor



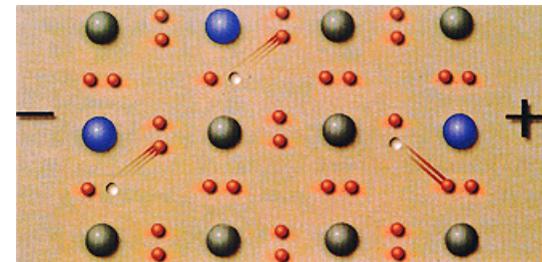
Si: IV 족



As: V 족

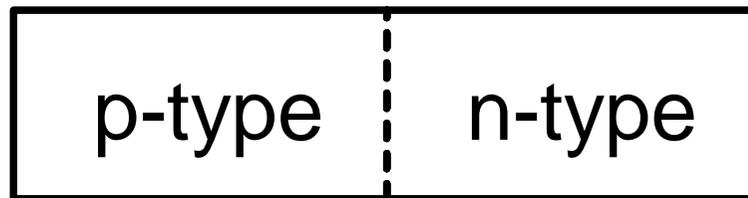


B: III 족

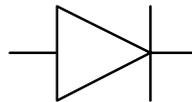


p-n Junctions

- A junction between p-type and n-type semiconductor forms a diode.
- Current flows only in one direction



anode cathode

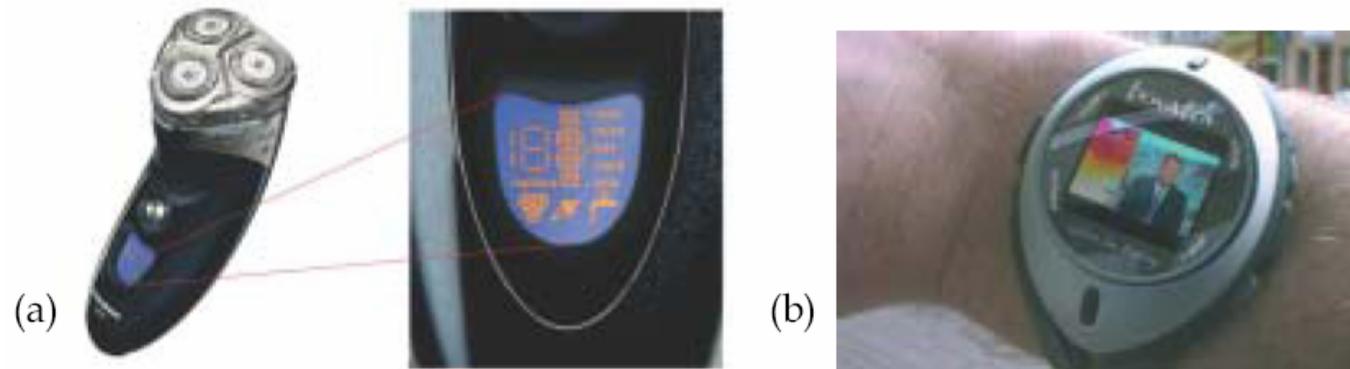


EL 소재의 장단점 비교

분류	무기 EL	유기 EL	
		유기 단분자 EL	유기 고분자 EL
장점	견고성 긴수명 넓은 사용 온도 범위	가시광 영역의 전색상 높은 발광효율 낮은 구동 전압 얇은 박막 대형 평판 가능	양호한 가공성 편광 가능 빠른 응답 속도 곡면화 용이
단점	높은 AC 구동 전압 청색 구현이 어려움 고가의 제조 공정	낮은 열안정성 (재결정화) 낮은 기계적 강도	짧은 수명 청색의 저효율 박막 균일성 문제

적용 분야

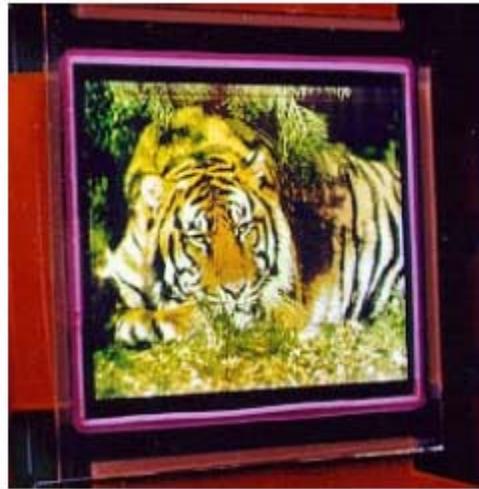
<그림 1> (a) 작동상태를 알려주는 OLED를 장착한 Norelco 전기면도기(Philips사 제품) (b) OLED 시계 표면(CDT사 제품)



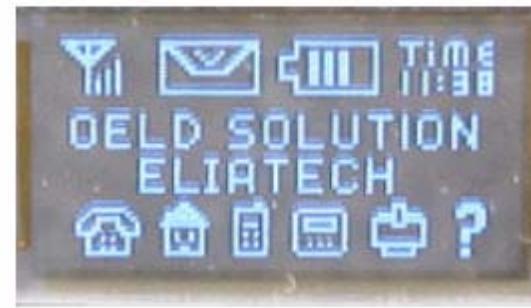
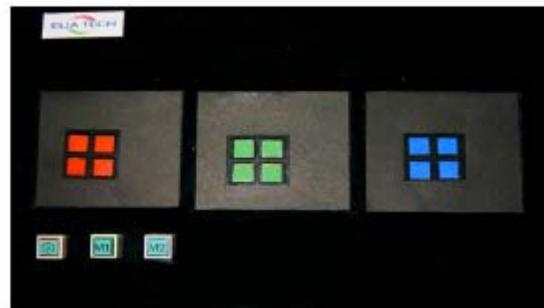
<그림 3> 폴리머 OLED (Philips사)



EL 시제품



(a)



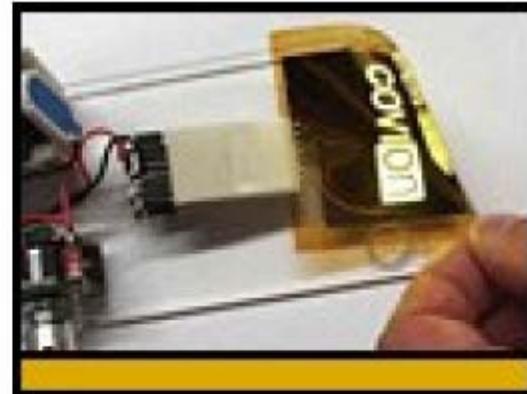
(b)

그림 10. LG 전자기술원(a)과 Elia Tech(b)에서 발표한 유기 LED 시제품

EL 시제품



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 11. CDT(a), Covion(b), eMagin(c)의 유기 LED 소자와
Philips의 고분자 발광 소재(d)

EL 시제품



(a)



(b)

그림 12. Pioneer(a)와 Sanyo(b)의 유기 LED 시제품

EL의 향후 전망

