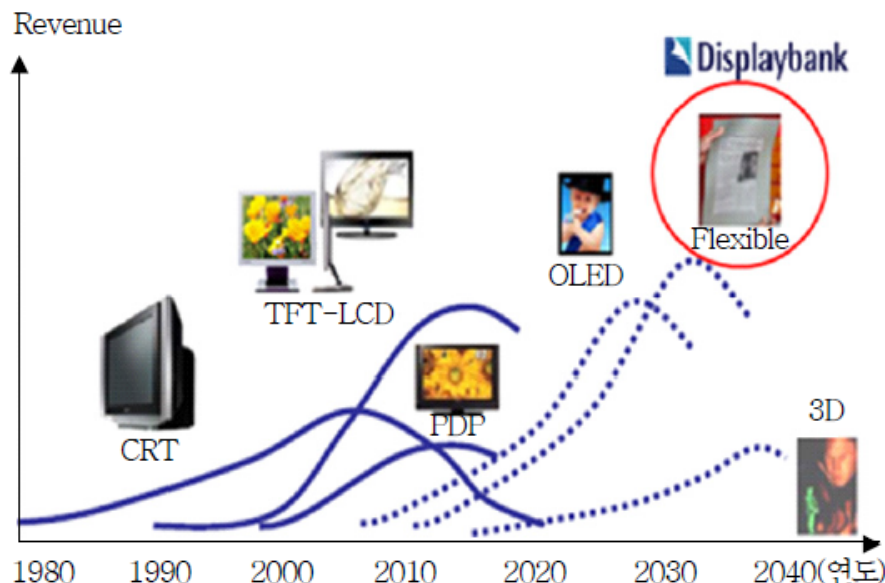
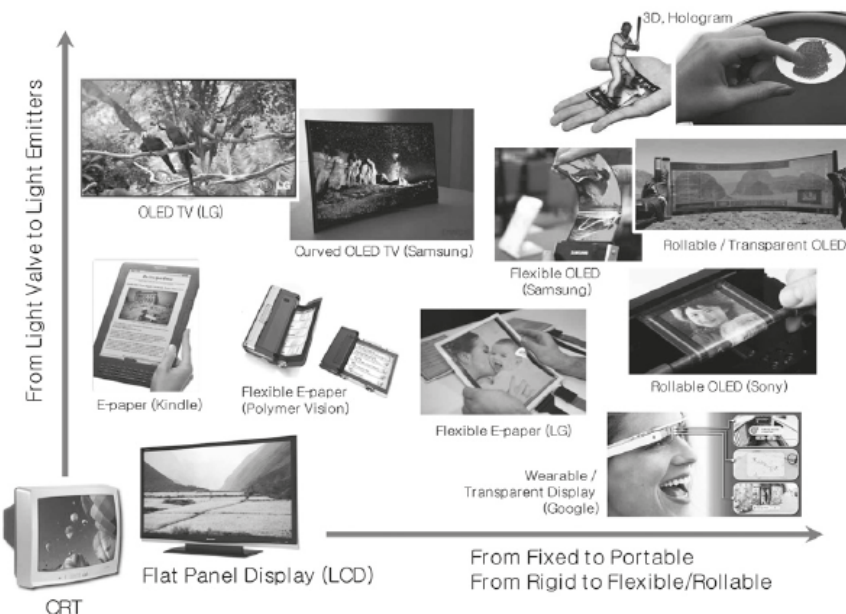


Flexible Display

Flexible Display

1) 디스플레이의 발전 추이

① 디스플레이 기술의 발전 현황



허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

Flexible Display

1) 디스플레이의 발전 추이

② 플렉시블 디스플레이 기술의 발전



Flexible Display

2) 플렉서블 디스플레이

① 플렉서블 디스플레이 (Flexible Display)

a) 플렉서블 디스플레이의 정의

- 평면 디스플레이(Flat Panel Display)와 달리 접거나 휘 수 있는 형태를 변형시킬 수 있는 차세대 디스플레이

b) 플렉서블 디스플레이의 특징

- 형태의 변형을 통한 공간 활용성 향상과 얇고 가벼우며 깨지지 않음
- 스마트폰 비롯한 웨어러블 스마트 기기, 자동차용 디스플레이 및 디지털 사이니지(Digital Signage) 등의 분야에 적용 가능
- 디스플레이 시장의 다변화 및 사물인터넷 기기 등과 연계 가능



스마트폰



웨어러블 스마트 기기



Foldable IT 기기



Rollable IT 기기



자동차용 디스플레이



디지털 사이니지

기타 다양한 형태로 활용 가능하며, 이러한 다양한 형태로 활용 가능함을 불허합니다.

Flexible Display Panel

1) 플렉시블 디스플레이 모드

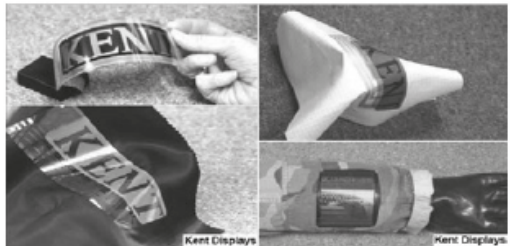
① 구동방식에 따른 플렉서블 디스플레이 유형

	장 점	단 점
플렉서블 OLED	<ul style="list-style-type: none"> • 완전한 플렉서블 디스플레이 구현 • 보조광원 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 수분이나 산소에 민감 • 구동방식이 복잡
플렉서블 LCD	<ul style="list-style-type: none"> • 구동방식 및 제조방식이 간단 • 수분이나 산소에 민감하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> • 완전한 플렉서블 디스플레이 구현이 어려움 • 보조 광원의 개발 필요
플렉서블 E-Paper	<ul style="list-style-type: none"> • 완전한 플렉서블 디스플레이 구현 • 수분이나 산소에 민감하지 않음 • 소비전력이 작아 모바일에 유리 	<ul style="list-style-type: none"> • 컬러 및 색재현율 구현이 어려움 • 느린 응답속도로 동영상 구현이 어려움

Flexible LCD

Flexible EPD

Flexible OLED



허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

출처: 플렉서블 디스플레이 최신 동향, 정보통신기술진흥센터(2014)

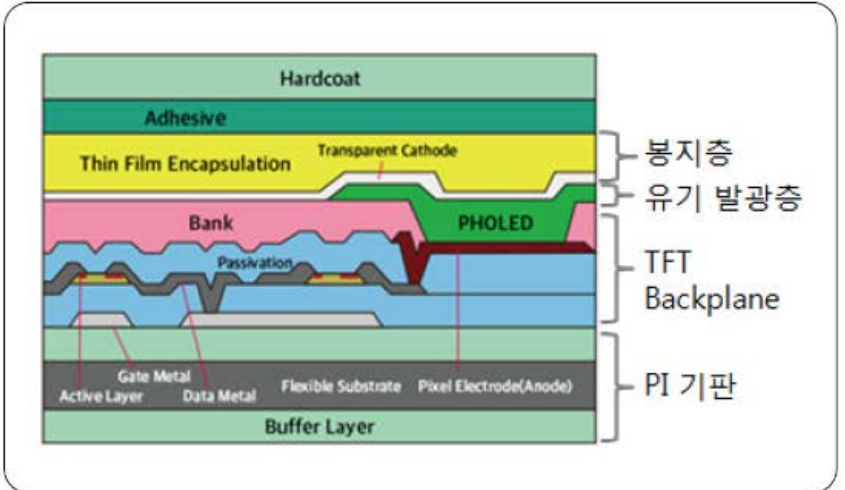
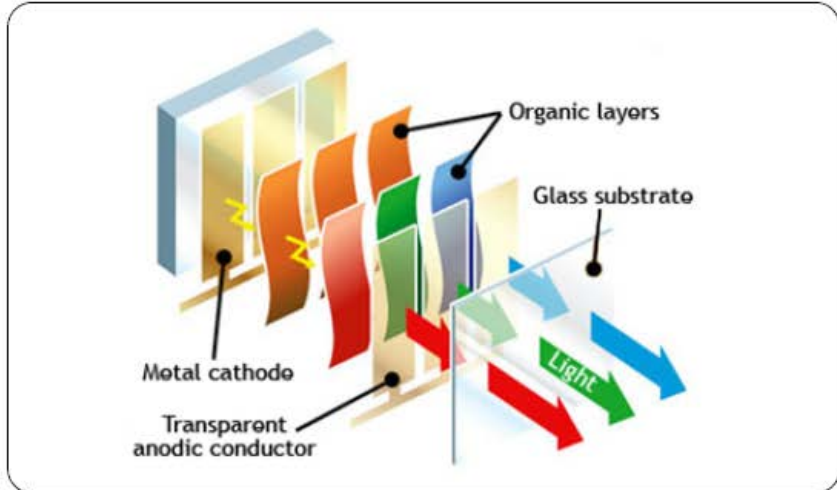
Flexible Display Panel

1) 플렉시블 디스플레이 모드

② 플렉서블 디스플레이의 구성요소 및 역할

구분	세부내용
PI 기판	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 유리기판을 대신하는 기판 플라스틱의 일종으로 유연하고, 고온에서 변형이 일어나지 않음
TFT Backplane	<ul style="list-style-type: none"> 디스플레이의 각 화소를 구동시키는 TFT 소자와 이를 구성하는 여러 층을 총칭 a-Si, LTPS, Oxide TFT 등의 기술이 존재
유기 발광층	<ul style="list-style-type: none"> 유기물로 구성되며, 전류가 가해지면 빛을 발생 전자, 정공을 수송하는 공동층과 빛을 내는 발광층으로 구성
봉지층	<ul style="list-style-type: none"> 플렉서블 디스플레이 공정의 마지막에 형성되어, 유기 발광층, TFT Backplane 등을 보호하고 수분이 침투되는 것을 막음

- OLED 구동방식 플렉서블 디스플레이의 구조



Flexible Display Panel

2) 플렉시블 디스플레이의 생산

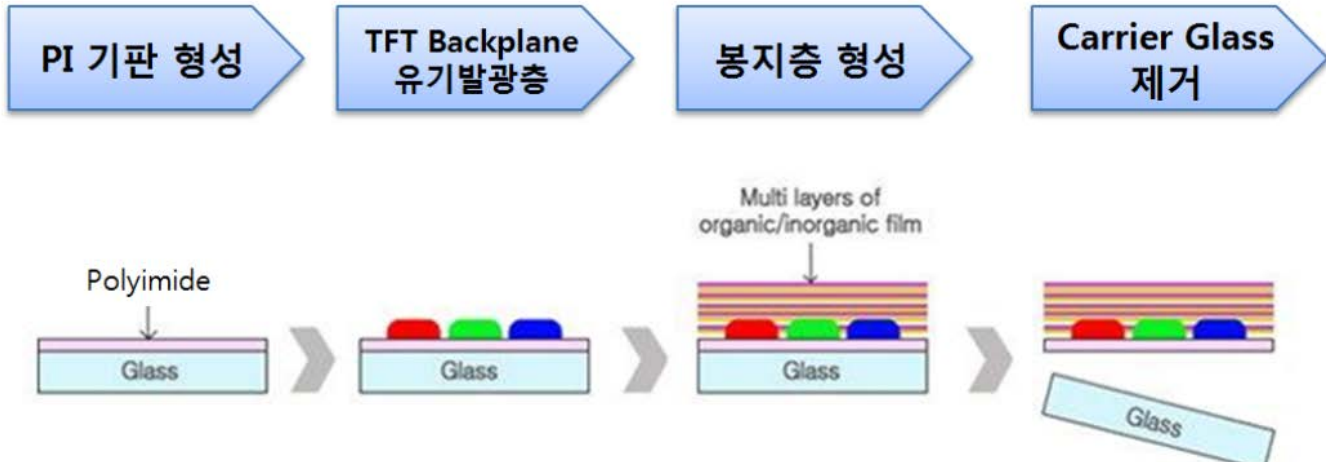
① 플렉서블 디스플레이 생산공정

a) 플렉서블 디스플레이 생산공정 순서

- PI 기판 → TFT Backplane → 유기 발광층 및 봉지층 형성 → Carrier Glass (PI 기판 고정 유리기판) 제거

b) 필요 생산기술

- PI 기판, 봉지층 형성시 평면 OLED 디스플레이와 차별화 생산기술 필요
- TFT Backplane 및 유기 발광층 형성시 공정조건의 차이 있음
→ 평면 OLED 디스플레이와 유사 공정으로 진행
- 유연성을 보유하면서 고온 공정수행 가능한 기판 소재 확보 중요

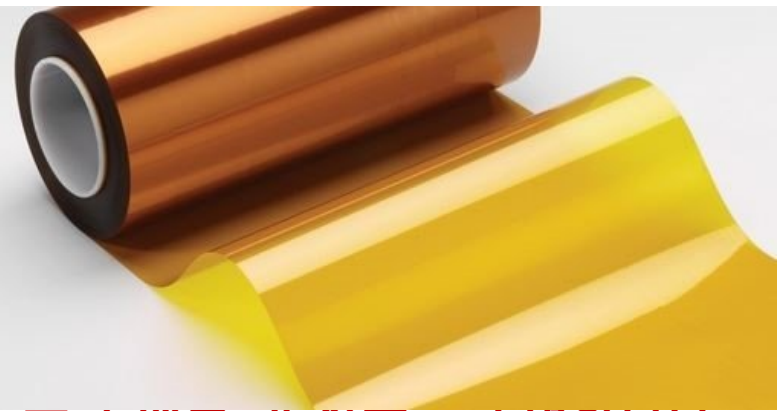


Flexible Display 제조공정

2) 플렉시블 디스플레이용 플라스틱 기판

① 디스플레이의 유리기판과 플라스틱기판의 특징 비교

	Glass	Plastic
Adhesion(TEC)	W(Weak)	S(Strong)
Cost	W	S
Flexibility	W	S
Permeation (moisture, oxygen)	S	W
Physical strength	S	P(Possible)
Process temperature	S	W
Thermal durability	S	W
Transparency	S	M
Weight (for large size)	W	S



이것이 없는 투명시표의 투명 배드 및 시공을 같이 합니다.

Flexible Display 제조공정

2) 플렉시블 디스플레이용 플라스틱 기판

② 플렉서블 디스플레이의 플라스틱기판의 요구성능

특성	요구성능
Optical Transmittance	90% or Better
Retardation	Dependent on Display Mode
Dimensional Stability	CTE < 10 ppm°C
Thermal Stability	> 250°C
Roughness	< 2 nm rms
Hardness	> 6 H
Mechanical Durability	Flex, Scratch Resistant
Chemical Resistance	Organics, Acid and Base
Thickness Uniformity	10 μm or 5 %
Oxygen Permeability	10 ⁻⁵ cc/m ² · day · atm
Water Vapor Transmittance Rate	10 ⁻² g/m ² · day (LCD, EPD) 10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁶ g/m ² · day (OLED)

허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

Flexible Display 제조공정

2) 플렉시블 디스플레이용 플라스틱 기판

③ 플라스틱 기판의 특성

a) 플라스틱 기판의 요구조건

- 300°C 이상에서도 유리 전이 현상이 발생하지 않는 PI 소재 사용
- 액체 PI 를 Carrier Glass 위에 도포 및 경화시켜 형성 → 기판 위 TFT Backplane, 유기 발광층 등 형성 제품 제작 → Laser Lift Off로 Carrier Glass로부터 분리
- PI 소재는 쉽게 휘어지고 열 수축·팽창이 유리기판 보다 큼 → 기판을 Carrier Glass에 고정시켜 공정 수행

	PEN	PET	PES	PI	Glass
명 칭	Polyethylene naphthalate	Polyethylene terephthalate	Polyether sulfone	Polyimide	Glass
유리전이 온도(°C)	120	78	223	340	620
열팽창계수 (ppm/°C)	13	15	54	50	5
투과율(%)	87	91	88	30	90
비 고	-	-	-	투과율 90% 이상으로 개선	-

허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

Flexible Display 제조공정

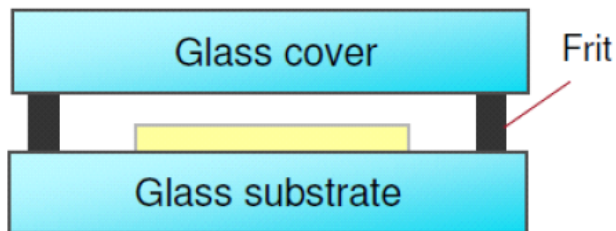
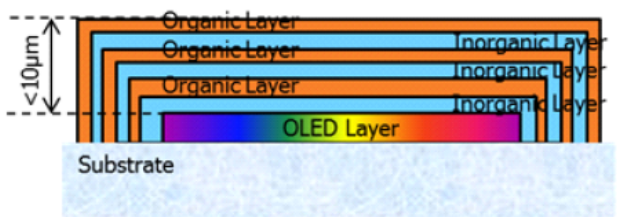
3) 플렉시블 디스플레이 패키징 공정

① 봉지층 형성

a) 봉지층 형성 필요성

- OLED 구동방식의 유기 발광층은 수분에 취약해 수분 침투 방지용 봉지층 형성 필요
- 플렉서블 디스플레이에는 유연성을 확보하면서 수분 침투방지 성능을 향상시킨 TFE(Thin Film Encapsulation) 기술 사용

b) 평면 및 플렉서블 디스플레이의 봉지공정 비교

	Glass Frit Sealing (평면 OLED 디스플레이)	TFE(Thin Film Encapsulation) (플렉서블 OLED 디스플레이)
형태		
특징	<ul style="list-style-type: none"> 유리 재질의 Frit을 사용 수분 침투방지에는 가장 효과적 깨질 수 있어 플렉서블에는 적용 불가 	<ul style="list-style-type: none"> 유, 무기물을 교대로 여러층 적층 유연성을 높이면서, 수분 침투방지 성능을 향상시킬 수 있음

Flexible Display 제조공정

3) 플렉시블 디스플레이 패키징 공정

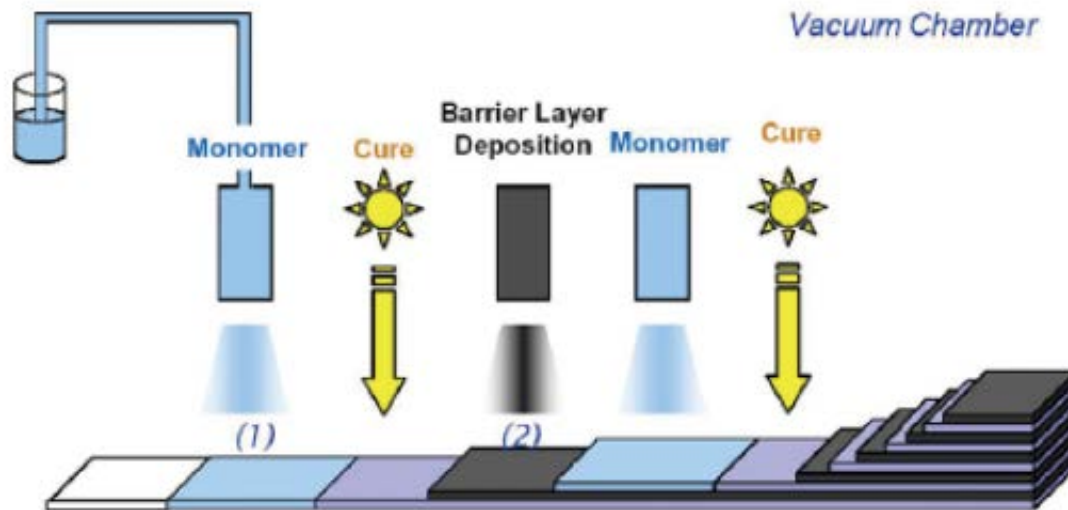
② TFE 형성

a) TFE 기술

- 유연한 유기물층과 투습방지 성능이 뛰어난 무기물층을 교대로 적층시켜, 유연하면서도 수분침투 방지에 효과적인 봉지층 형성

b) TFE 반복적층 공정

- 유기물 도포 → 경화 → 무기물 증착(Sputtering) → 다층 배리어막 형성
- 각 층의 두께 및 적층수 줄이는 기술 중요



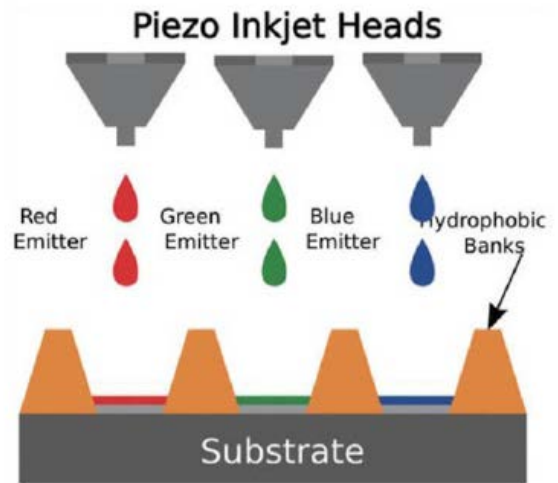
허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

Flexible Display의 인쇄공정

1) 인쇄 공정

① 인쇄전자(printed electronics)

- 인쇄 기법(printing)을 마이크로 전자기술 (micro-electronics)과 융합해 플라스틱 기반의 다양한 전자소자 및 부품, 모듈 제작
- 플렉시블 디스플레이는 고온, 진공 기반 증착 공정 사용이 어려우므로 인쇄 전자공정 필요



② 인쇄전자공정의 특징

a) 기존 공정과의 차이점

- 기존 디스플레이 공정과 달리 대규모 설비 투자 및 유해 화학물질 배출 적음
- 기존 실리콘 기반 배치(batch) 형태 제조 공정을 플라스틱 필름 기반 유연 재료 활용해 회전롤에 감아 연속인쇄 (R2R 연속공정)

b) R2R 공정 기반 인쇄전자공정

- 필요 재료만 기판 위에 추가하는 직접 인쇄(direct printing) 통해 기존 복잡한 디스플레이 공정 단계 및 제조 단가의 저감 가능
- 마이크로 전자공학 기술만큼의 신뢰도와 정밀도 못미침
- 저렴한 생산 비용 통해 향후 기존 디스플레이 소재 및 공정의 급속 대체 가능

허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

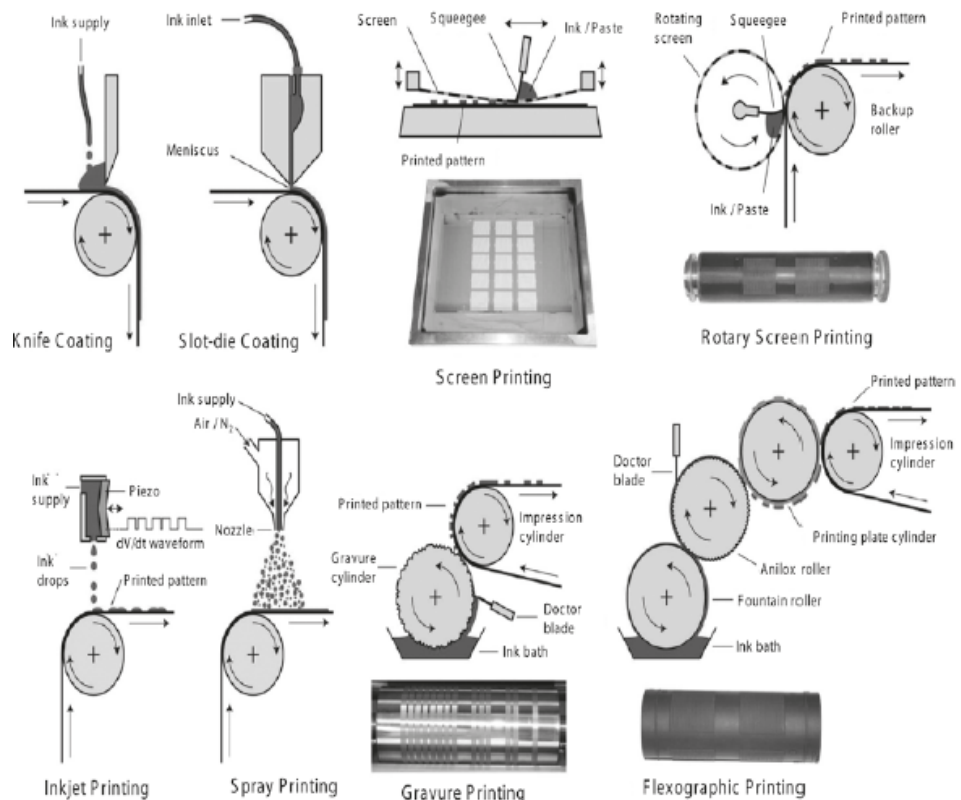
Flexible Display의 인쇄공정

2) 인쇄전자 공정

③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

a) 인쇄전자에 적용 가능한 인쇄공정 기술

잉크젯 (inkjet), 스프레이(spray), 스크린(screen), 그라비아 (gravure), 리버스 오프셋(reverse offset), 플렉소그래피(flexography)



허가없이 본 수업사료의 무단 배포 및 사용은 금지합니다.

Flexible Display의 인쇄공정

2) 인쇄전자 공정

③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

b) 인쇄전자공정 기술

Printing method	Viscosity (Pas)	Layer thickness (μm)	Feature size (μm)	Registration (μm)	Throughput (m ² /s)
Gravure	0.01~0.2	<0.1~8	75	>20	3~60
Flexography	0.05~0.5	0.04~2.5	80	>200	3~30
Offset	5~100	0.5~2	10~50	>10	3~30
Screen	0.5~50	0.015~100	20~100	>25	2~3
Ink-jet	0.001~0.04	0.05~20	20~50	5~20	0.01~0.5

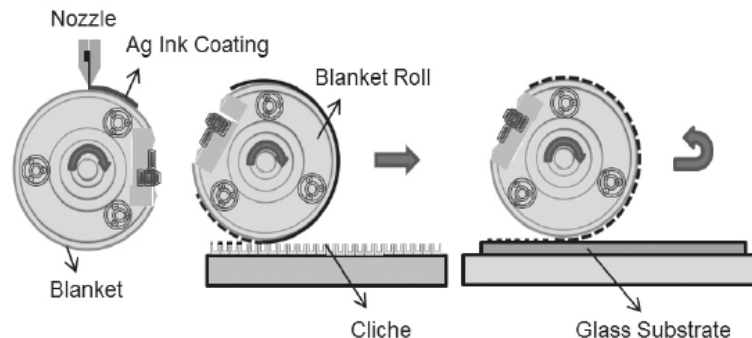
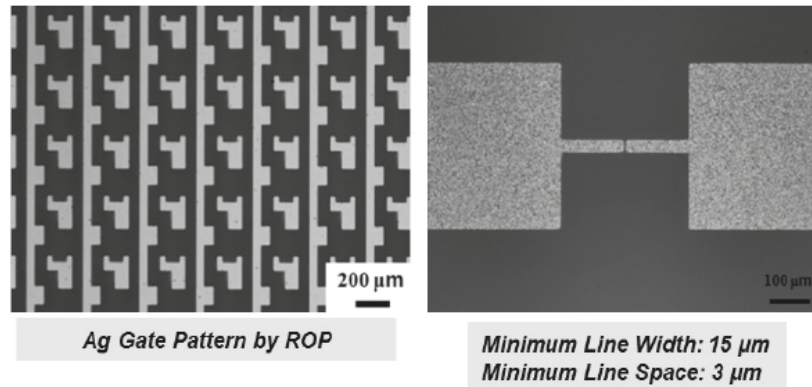
Flexible Display의 인쇄공정

2) 인쇄전자 공정

③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

c) 플렉시블 디스플레이 미세전극 패턴 형성

- 그라비아 오프셋이나 리버스 오프셋 인쇄 (그라비아와 오프셋(offset)인쇄 결합)
- 그라비아 방식보다 미세 선폭 구현 가능
- LCD 컬러필터 등 정교한 디스플레이 및 전자회로 제작에 응용



허가

불허합니다.

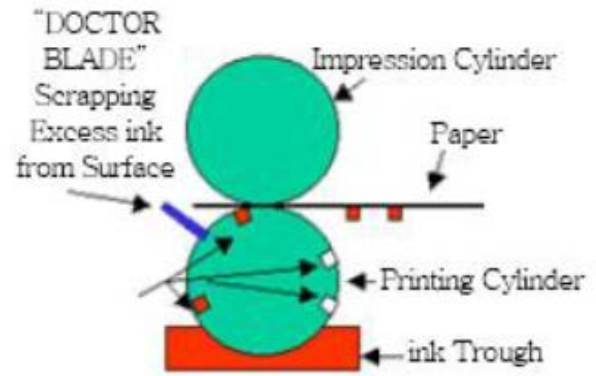
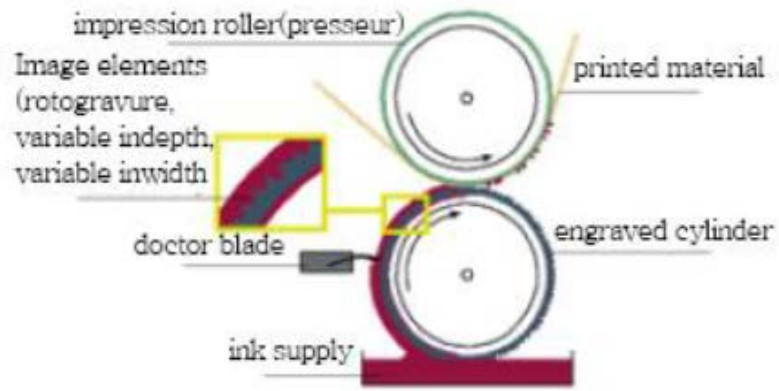
Flexible Display의 인쇄공정

2) 인쇄전자 공정

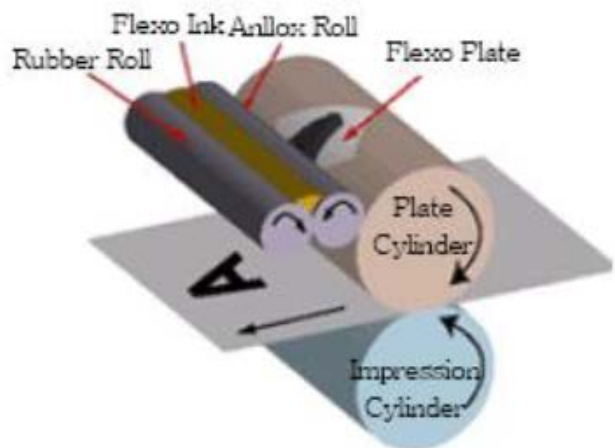
③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

d) 프린팅 공정 예시

i) 그라비어 프린팅 공정



ii) 플렉소그래피 프린팅 공정



다.

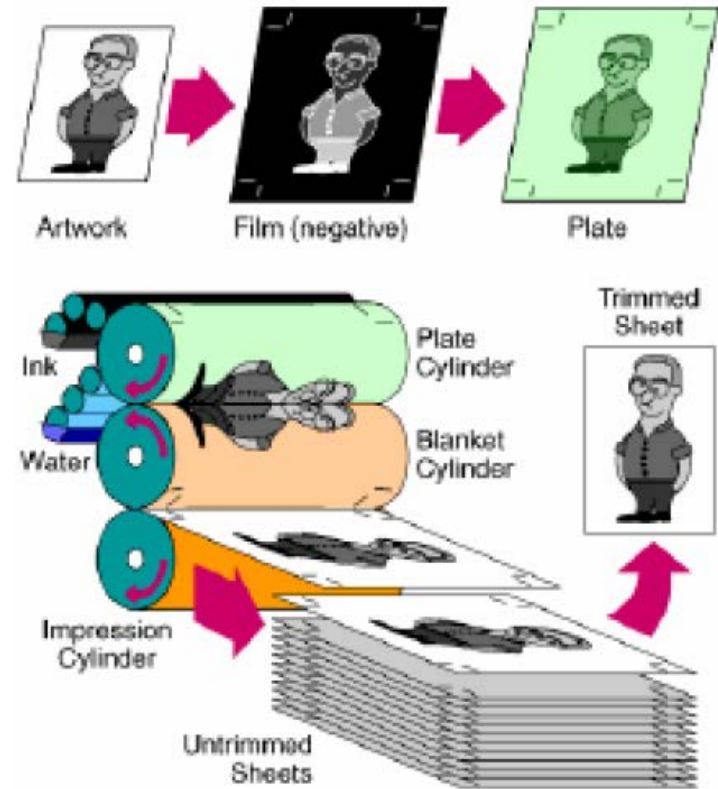
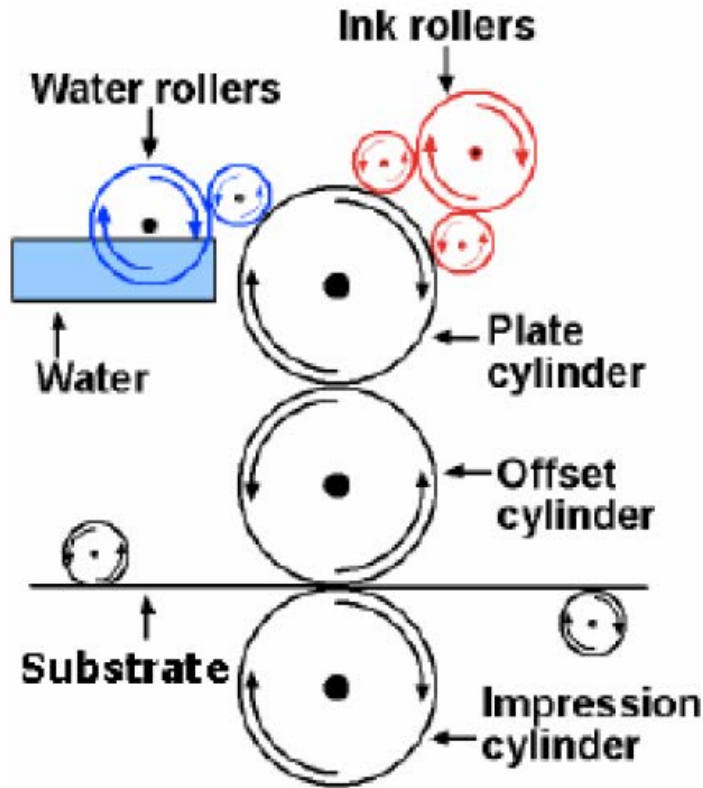
Flexible Display의 인쇄공정

2) 인쇄전자 공정

③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

d) 프린팅 공정 예시

iii) 오프셋 리소그래피 프린팅 공정



허가없이 본 수업자료의 무단 배포 및 사용을 불허합니다.

Flexible Display의 인쇄공정

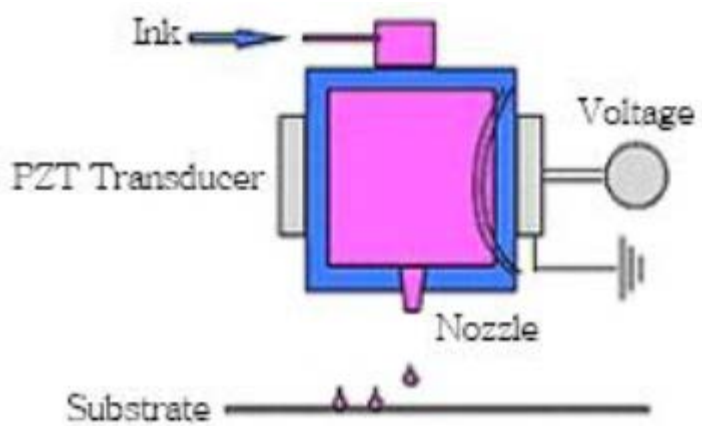
2) 인쇄전자 공정

③ 디스플레이 등 인쇄전자 소자 제작용 인쇄방법

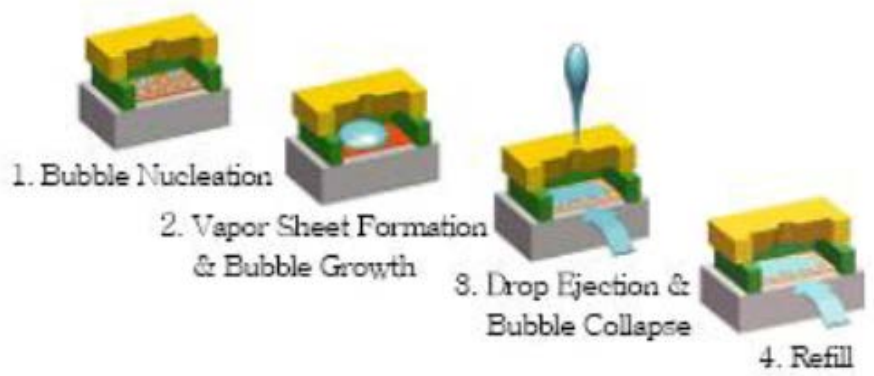
d) 프린팅 공정 예시

iv) 잉크젯프린팅(Ink-jet printing) 공정

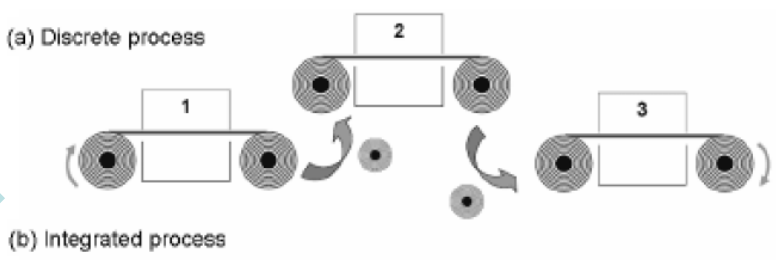
Drop-on-Demand piezo ink-jet



Thermal ink-jet



R2R 공정 적용



- Lower handling damage
- Improve throughput

허가없이 본 수 ... 니다.