



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월17일
(11) 등록번호 10-1727851
(24) 등록일자 2017년04월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/56 (2013.01)
H01L 27/3225 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0000412
(22) 출원일자 2016년01월04일
심사청구일자 2016년01월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150060015 A*
KR1020120023433 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
장진
서울특별시 서초구 잠원로 88, 302동 908호(잠원동, 신반포아파트)
김용환
서울특별시 동대문구 경희대로 26(회기동)
임재광
서울특별시 동대문구 경희대로 26, 푸른솔문화관 129호(회기동, 경희대학교)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 19 항

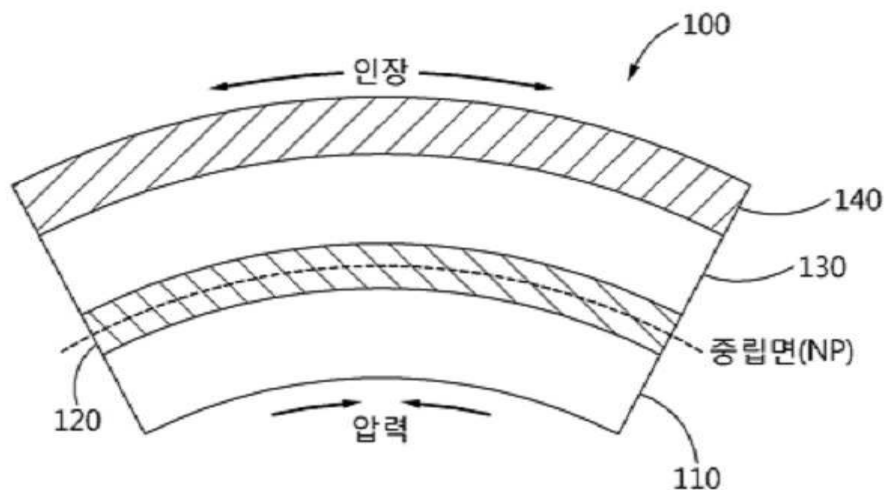
심사관 : 유창훈

(54) 발명의 명칭 플렉서블 디스플레이 장치 및 그의 제조 방법

(57) 요약

플렉서블 디스플레이 장치 및 그의 제조 방법을 제공한다. 본 발명의 플렉서블 디스플레이 장치는 캐리어 기판 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계, 제1 폴리이미드계 층 상에 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계, 산화물 박막 트랜지스터 어레이 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계, 제2 폴리이미드계 층 상에 유기 발광 다이오드를 형성하는 단계 및 캐리어 기판을 제거하는 단계를 포함하며, 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계는 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 제2 폴리이미드계 층 사이에 위치하도록 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성할 수 있다.

대표도 - 도1b



(52) CPC특허분류

H01L 27/323 (2013.01)

H01L 27/3262 (2013.01)

H01L 29/7869 (2013.01)

H01L 51/0003 (2013.01)

H01L 51/0045 (2013.01)

H01L 51/0097 (2013.01)

H01L 2227/32 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10052044

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업기술혁신사업

연구과제명 유연기관 상의 8K 디스플레이용 고품위 TFT 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.06.01 ~ 2020.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

캐리어 기판 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계;
 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계;
 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계;
 상기 제2 폴리이미드계 층 상에 유기 발광 다이오드를 형성하는 단계; 및
 상기 캐리어 기판을 제거하는 단계;를 포함하고,
 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층은 동일한 탄성물을 가지며,
 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계는,
 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 제2 폴리이미드계 층 사이에 위치하도록 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는,
 상기 제1 폴리이미드계 층과 동일한 조성의 폴리이미드를 포함하는 폴리이미드계 용액으로 형성되는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 탄소나노튜브를 포함하는 잉크를 분사하여 버퍼층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는,
 상기 제2 폴리이미드계 층을 관통하여, 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이와 상기 유기 발광 다이오드를 전기적으로 연결하기 위한 비아 콘택을 형성하는 단계를 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 유기 발광 다이오드 구조물 상에 터치 센서를 형성하는 단계;를 더 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는,
상기 제1 폴리이미드계 층과 동일한 두께로 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는,
상기 제2 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는,
상기 제1 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 각각은,
1 μ m 내지 30 μ m의 두께로 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 각각은,
1 μ m 내지 10 μ m의 두께로 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계는,
적어도 하나 이상의 산화물 박막 트랜지스터를 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 형성하는, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법.

청구항 12

폴리이미드계 물질로 이루어진 제1 폴리이미드계 층 상에 형성된 산화물 박막 트랜지스터 어레이;

상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이 상에 형성된, 폴리이미드계 물질로 이루어진 제2 폴리이미드계 층; 및
 상기 제2 폴리이미드계 층 상에 형성된 유기 발광 다이오드를 포함하고,
 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층은 동일한 탄성률을 가지며,
 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이는,
 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 제2 폴리이미드계 층 사이에 위치하는, 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,
 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층을 구성하는 상기 폴리이미드계 물질은 동일한 조성의 폴리이미드 물질로 이루어진, 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,
 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이 사이에 형성된, 탄소나노튜브를 포함하는 버퍼층;을 더 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,
 상기 제2 폴리이미드계 층은,
 상기 제2 폴리이미드계 층을 관통하여, 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이와 상기 유기 발광 다이오드를 전기적으로 연결하기 위한 비아 콘택을 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 16

제12항에 있어서,
 상기 유기 발광 다이오드 구조물 상에 형성된 터치 센서;를 더 포함하는 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 17

제12항에 있어서,
 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층은 동일한 두께로 형성된, 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 18

제12항에 있어서,
 상기 제1 폴리이미드계 층은,
 상기 제2 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성되는, 플렉서블 디스플레이 장치.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 제2 폴리이미드계 층은,

상기 제1 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성되는, 플렉서블 디스플레이 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 외부로부터의 스트레스에 의해 산화물 박막 트랜지스터 어레이가 손상되는 것을 방지하여 장치 수명 및 신뢰성을 향상시킨 플렉서블 디스플레이 장치 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 플렉시블 디스플레이 장치는 가요성 기판에 디스플레이부를 형성하여 유연성을 부가한 장치로서, 필요시 그 형태를 휘거나 구부려 사용할 수 있는 매우 유용한 장점을 가지고 있다. 이러한, 플렉서블 디스플레이 장치는 휴대용 컴퓨터나 전자신문, 스마트카드, 책, 신문, 잡지 등의 인쇄 매체를 대체하고 있는 차세대 표시장치로 기대되고 있다.

[0003] 한편, 플렉서블 디스플레이 장치는 휨 발생시에도 표시 성능을 그대로 유지해야 함에도 불구하고, 휨의 정도에 따라 표시 성능의 불량이 발생하는 문제점을 발생시킨다.

[0004] 특히, 플렉서블 디스플레이 장치는 플렉서블 기판 상에 전기 소자(예를 들어, 박막 트랜지스터 구조물)이 형성되는데, 플렉서블 디스플레이 장치의 휨이 크게 발생할 경우, 휨에 의한 스트레스가 전기 소자에 전달되어 크랙(crack)을 발생시키거나, 전기 소자의 특성을 저하시킨다. 이는 플렉서블 디스플레이 장치를 지나치게 구부리거나 반복적으로 구부릴 경우, 또는 플렉서블 디스플레이 장치가 대면적화될 경우 심화될 수 있으며, 결과적으로 플렉서블 디스플레이 장치의 수명 및 신뢰성을 떨어뜨린다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1155907호(2012.06.07), "유기 발광 표시 장치 및 그 제조 방법"
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제2013-0028267호(2013.03.19), "액정표시장치 및 그의 제조방법"
(특허문헌 0003) 한국등록특허 제10-0887945호(2009.03.03), "액정표시장치 및 유기 전계 디스플레이 장치 그리고 그 제조 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 플렉서블 디스플레이 장치를 구성하는 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 중립면에 배치함으로써, 휨 또는 구부림 등의 스트레스에 의한 손상을 방지하여 장치의 수명 및 신뢰성을 향상시킨 플렉서블 디스플레이 장치 및 그의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법은 캐리어 기판 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제1

폴리이미드계 층을 형성하는 단계, 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계, 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계, 상기 제2 폴리이미드계 층 상에 유기 발광 다이오드를 형성하는 단계 및 상기 캐리어 기관을 제거하는 단계를 포함하고, 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계는 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 제2 폴리이미드계 층 사이에 위치하도록 상기 산화물 박막 트랜지스터 어레이를 형성한다.

- [0008] 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 상기 제1 폴리이미드계 층과 동일한 조성의 폴리이미드를 포함하는 폴리이미드계 용액으로 형성될 수 있다.
- [0009] 상기 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법은 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 탄소나노튜브를 포함하는 잉크를 분사하여 버퍼층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 상기 제2 폴리이미드계 층을 관통하여, 상기 산화물 박막 트랜지스터 구조물과 상기 유기 발광 다이오드를 전기적으로 연결하기 위한 비아 콘택을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 방법은 상기 유기 발광 다이오드 구조물 상에 터치 센서를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 상기 제1 폴리이미드계 층과 동일한 두께로 형성할 수 있다.
- [0013] 상기 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 상기 제2 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성할 수 있다.
- [0014] 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 상기 제1 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성할 수 있다.
- [0015] 상기 제1 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계 각각은 $1\mu\text{m}$ 내지 $30\mu\text{m}$ 의 두께로 형성할 수 있다.
- [0016] 상기 제2 폴리이미드계 층을 형성하는 단계는 $1\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 의 두께로 형성할 수 있다.
- [0017] 상기 박막 트랜지스터 어레이를 형성하는 단계는 적어도 하나 이상의 산화물 박막 트랜지스터를 상기 제1 폴리이미드계 층 상에 형성할 수 있다.
- [0018] 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치는 폴리이미드계 물질로 이루어진 제1 폴리이미드계 층 상에 형성된 산화물 박막 트랜지스터 어레이, 상기 산화물 박막 트랜지스터 구조물 상에 형성된, 폴리이미드계 물질로 이루어진 제2 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층 상에 형성된 유기 발광 다이오드를 포함하고, 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 제2 폴리이미드계 층 사이에 위치한다.
- [0019] 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층을 구성하는 상기 폴리이미드계 물질은 동일한 조성의 폴리이미드 물질로 이루어질 수 있다.
- [0020] 상기 플렉서블 디스플레이 장치는 상기 제1 폴리이미드계 층과 상기 산화물 박막 트랜지스터 구조물 사이에 형성될 수 있다.
- [0021] 상기 제2 폴리이미드계 층은 상기 제2 폴리이미드계 층을 관통하여, 상기 산화물 박막 트랜지스터 구조물과 상기 유기 발광 다이오드를 전기적으로 연결하기 위한 비아 콘택을 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 플렉서블 디스플레이 장치는 상기 유기 발광 다이오드 구조물 상에 형성된 터치 센서를 더 포함할 수 있다. 상기 제1 폴리이미드계 층 및 상기 제2 폴리이미드계 층은 동일한 두께로 형성될 수 있다.
- [0023] 상기 제1 폴리이미드계 층은 상기 제2 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성될 수 있다.
- [0024] 상기 제2 폴리이미드계 층은 상기 제1 폴리이미드계 층 두께의 50% 이하 범위로 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따르면 플렉서블 디스플레이 장치는 산화물 박막 트랜지스터 어레이가 중립면에 위치하도록 두 개의 플렉서블 기관 사이에 배치시킴으로써, 외부 스트레스에 의해 산화물 박막 트랜지스터 어레이가 손상되는 것을

방지하여 장치 수명 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 특히, 플렉서블 디스플레이 장치가 반복적으로 휘어지더라도, 중립면에 위치한 산화물 박막 트랜지스터 어레이는 스트레스의 영향을 받지 않을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다.
- 도 3a 내지 도 3k는 본 발명의 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 과정을 도시한 것이다.
- 도 4a 및 도 4b는 캐리어 기판 제거 후에 측정된, 비교예 및 실시예 각각의 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성을 도시한 것이다.
- 도 5a 및 도 5b는 플렉서블 디스플레이 장치를 벤딩 테스트(bending test)한 후에 측정된, 비교예 및 실시예 각각의 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성 및 전계효과이동도를 도시한 것이다.
- 도 6a 및 도 6b는 플렉서블 디스플레이 장치를 벤딩 테스트(bending test)한 후에 측정된, 비교예에 따른 산화물 박막 트랜지스터와, 실시예에 따른 산화물 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 도시한 것이다.
- 도 7은 터치 센서를 구비한 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0028] 소자(elements) 또는 층이 다른 소자 또는 층의 "위(on)" 또는 "상(on)"으로 지칭되는 것은 다른 소자 또는 층의 바로 위뿐만 아니라 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다. 반면, 소자가 "직접 위(directly on)" 또는 "바로 위"로 지칭되는 것은 중간에 다른 소자 또는 층을 개재하지 않은 것을 나타낸다.
- [0029] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 "아래(below 또는 beneath)"로 기술된 소자는 다른 소자의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이 경우 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0030] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0031] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0032] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

- [0033] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다. 도 1a 및 도 1b에 도시된 플렉서블 디스플레이 장치(100)는 제1 폴리이미드계 층(110), 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120), 제2 폴리이미드계 층(130) 및 유기 발광 다이오드(140)를 포함한다.
- [0034] 플렉서블 디스플레이 장치(100)에서 제1 및 제2 폴리이미드계 층(110, 130)은 그들 사이에 위치한 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120)를 보호한다.
- [0035] 제1 및 제2 폴리이미드계 층(110, 130)은 폴리이미드계 물질로 이루어지며, 서로 동일한 물질 조성을 가질 수 있다. 또한, 제1 및 제2 폴리이미드계 층(110, 130)은 동일한 두께로 형성될 수도 있고, 서로 상이한 두께로 형성될 수도 있다.
- [0036] 상술한 구조에 의해 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120)는 제1 폴리이미드계 층(110)과 제2 폴리이미드계 층(130) 사이에 위치함에 따라, 압축 응력 및 인장 응력이 동일한 중립면(Neutral Plane, NP)에 위치한다.
- [0037] 도 1b와 같이, 플렉서블 디스플레이 장치(100)가 휘어지면, 제1 폴리이미드계 층(110)에는 인장 응력이 작용하고 제2 폴리이미드계 층(130)에는 압축 응력이 작용하는데, 중립면(NP)에서는 실질적으로 인장도 압축도 이루어지지 않기 때문에 실질적으로 변형이 일어나지 않는다. 따라서, 플렉서블 디스플레이 장치(100)가 휘어지더라도, 중립면(NP)에 위치한 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120)가 변형되지 않기 때문에 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120)의 전기적 특성이 저하되거나, 손상되는 것을 방지할 수 있다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다. 도 2에 도시된 플렉서블 디스플레이 장치(200)는 제1 폴리이미드계 층(110), 산화물 박막 트랜지스터 어레이(120), 제2 폴리이미드계 층(130) 및 유기 발광 다이오드(140)를 포함한다.
- [0039] 도 2에 도시된 플렉서블 디스플레이 장치(200)는 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(210), 제1 폴리이미드계 층(220), 버퍼층(230), 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240), 제2 폴리이미드계 층(250) 및 유기 발광 다이오드(260)를 포함할 수 있다.
- [0040] 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(Carbon Nano Tube-Graphene Oxide, CNT-GO)(210)는 투명성을 갖는 지지층이다. 이 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(210)은 휘어지는 성질이 있어 플렉서블 디스플레이 장치(200)에 적합한 구성이다.
- [0041] 제1 폴리이미드계 층(220)은 폴리이미드계 물질로 형성된다.
- [0042] 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)는 적어도 하나의 산화물 박막 트랜지스터(241) 및 트랜지스터 구동 어레이(242)를 포함한다. 여기서, 적어도 하나 이상의 산화물 박막 트랜지스터(241)는 단일 게이트 전극 구조를 갖거나, 듀얼 게이트 전극 구조를 가질 수 있다.
- [0043] 제2 폴리이미드계 층(250)은 제1 폴리이미드계 층(220)과 동일한 조성을 갖는 폴리이미드계 물질로 형성되며, 제1 폴리이미드계 층(220)과 동일한 두께를 갖는다. 여기서, 제1 폴리이미드계 층(220) 및 제2 폴리이미드계 층(250)의 두께는 1 μ m 내지 30 μ m 범위 내에서 정해질 수 있으며, 바람직하게는 1 μ m 내지 10 μ m 범위 내에서 정해질 수 있다. 따라서, 제1 폴리이미드계 층(220)과 제2 폴리이미드계 층(250)은 동일한 탄성률을 가질 수 있으며, 제1 폴리이미드계 층(220)과 제2 폴리이미드계 층(250) 사이에 위치한 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)에 중립면이 위치하게 된다.
- [0044] 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)가 중립면에 위치함으로써, 플렉서블 디스플레이 장치(200)가 휘어지더라도 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)는 길이나 부피 등의 변화가 없는 것으로, 휨에 의한 스트레스를 방지 않는다. 특히, 플렉서블 디스플레이 장치(200)의 휘어지는 횟수가 누적되더라도 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)가 변형되지 않기 때문에, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)에 크랙이 발생하여 수명이 짧아지거나 전기적 신뢰성이 저하되지 않는다.
- [0045] 한편, 제2 폴리이미드계 층(250)은 비아 콘택(251)을 포함하는데, 이 비아 콘택(251)은 산화물 박막 트랜지스터(241)에 포함된 소스/드레인 전극 및 게이트 전극에 접촉될 수 있다. 또한, 이 비아 콘택(251)은 제2 폴리이미드계 층(250)의 상부에 형성된 유기 발광 다이오드(260)에 포함된 화소 전극(261)과 접촉될 수 있다. 즉, 비아 콘택(251)은 산화물 박막 트랜지스터 어레이(240)와 유기 발광 다이오드(260)을 전기적으로 연결하게 된다. 여기서, 유기 발광 다이오드(260)는 제2 폴리이미드계 층(250) 상에 하나 이상이 형성될 수 있다.

- [0046] 유기 발광 다이오드(260)는 화소 전극(261), 화소 전극(261) 상에 형성된 유기 발광층(262), 유기 발광층(262) 상에 형성된 대향 전극(263) 및 봉지층(264)을 포함한다. 여기서, 화소 전극(261)은 앞서 형성된 비아 콘택(351)과 접촉되어 산화물 박막 트랜지스터(241)와 전기적으로 연결된다.
- [0047] 여기서, 화소 전극(261)은 애노드(anode) 전극이고, 대향 전극(263)은 캐소드(cathod) 전극이 될 수 있으며, 그 반대가 될 수도 있다. 화소 전극(261) 및 대향 전극(263)에 전압이 인가되면 각각 정공과 전자가 유기 발광층(262) 내부로 주입됨에 따라 유기 발광층(262)에서 광이 방출된다.
- [0048] 도 3a 내지 도 3j는 본 발명의 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 과정을 도시한 것이다.
- [0049] 도 3a 및 도 3b는 캐리어 기판(310) 상에, 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT)가 함유된 그래핀 산화물(Graphene Oxide)을 코팅하여 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(311)을 형성하는 공정을 도시한 사시도 및 단면도이다.
- [0050] 캐리어 기판(310)은 다공성 세라믹 물질로 이루어질 수 있다. 다공성 세라믹 물질은 고온에서 안정적이며 기계적 강도가 강한 특성을 갖기 때문에, 플렉서블 디스플레이 장치의 제조 공정 중에 적용되는 온도 및 충격에 의한 캐리어 기판(310)의 변형을 방지할 수 있다.
- [0051] 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(311)은 탄소나노튜브가 분산된 용액을 캐리어 기판(310) 상에 스핀 코팅한 후, 탄소나노튜브 상에 그래핀 산화물을 증착하는 방식으로 형성될 수 있다.
- [0052] 도 3c는 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(311) 상에, 플라스틱 재질 중 하나인 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제1 폴리이미드계 층(320)을 형성하는 공정을 도시한 것이다. 여기서, 제1 폴리이미드계 층(320)은 제1 두께로 형성될 수 있다.
- [0053] 도 3d는 제1 폴리이미드계 층(320) 상에 버퍼층(330)을 형성하는 공정을 도시한 것이다. 버퍼층(330)은 탄소나노튜브를 포함하는 잉크를 제1 폴리이미드계 층(320) 상에 분사시키는 방식으로 형성될 수 있다.
- [0054] 본 발명에서, 버퍼층(320)은 수분이나 산소와 같은 외부의 이물질이 제1 폴리이미드계 층(320)을 투과하여, 제1 폴리이미드계 층(320) 상에 형성된 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)에 침투하는 것을 방지할 수 있다.
- [0055] 도 3e는 제1 폴리이미드계 층(320) 상에 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)를 형성하는 공정을 도시한 것이다. 여기서, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)는 적어도 하나 이상의 산화물 박막 트랜지스터(341) 및 트랜지스터 구동 어레이(342)를 포함할 수 있다.
- [0056] 여기서, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)를 구성하는 적어도 하나 이상의 산화물 박막 트랜지스터(341)는 단일 게이트 전극 구조를 갖거나, 듀얼 게이트 전극 구조를 가질 수 있다.
- [0057] 또한, 산화물 박막 트랜지스터(341)에서 산화물 반도체층은 비정질 인듐 갈륨 징크 옥사이드(amorphous indium-gallium-zinc oxide, a-IGZO), 징크 옥사이드(ZnO), 인듐 징크 옥사이드(IZO), 인듐 틴 옥사이드(ITO), 징크 틴 옥사이드(ZTO), 갈륨 징크 옥사이드(GZO), 하프늄 인듐 징크 옥사이드(HIZO), 징크 인듐 틴 옥사이드(ZITO) 및 알루미늄 징크 틴 옥사이드(AZTO) 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0058] 도 3f는 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340) 상에 폴리이미드계 용액을 코팅하여 제2 폴리이미드계 층(350)을 형성하는 공정을 도시한 것이다. 제2 폴리이미드계 층(350)을 구성하는 폴리이미드계 물질은 제1 폴리이미드계 층(320)과 동일한 조성의 폴리이미드계 물질일 수 있다.
- [0059] 또한, 제2 폴리이미드계 층(350)은 제2 두께로 형성될 수 있다. 여기서, 제1 폴리이미드계 층(320)의 제1 두께와 제2 폴리이미드계 층(350)의 제2 두께는 동일할 수 있으며, 서로 다를 수도 있다.
- [0060] 제1 두께와 제2 두께가 서로 다른 두께를 갖는 경우, 어느 하나의 층을 기준으로 다른 하나의 층은 50% 이하의 범위 내에서 두께가 정해질 수 있다. 구체적으로, 제1 폴리이미드계 층(320)이 제2 폴리이미드계 층(350) 두께의 50% 이하 범위로 형성되거나, 제2 폴리이미드계 층(350)이 제1 폴리이미드계 층(320) 두께의 50% 이하 범위로 형성될 수 있다.
- [0061] 여기서, 제1 두께 또는 제2 두께는 1 μ m 내지 30 μ m 범위 내에서 정해질 수 있으며, 바람직하게는 1 μ m 내지 10 μ m 범위 내에서 정해질 수 있다. 도 3g 및 도 3h는 제2 폴리이미드계 층(350)에 적어도 하나의 비아 콘택(351)을 형성하는 공정을 도시한 것이다. 먼저, 제2 폴리이미드계 층(350)에서, 비아 콘택(351)을 형성할 영역을 식각하

여 비아홀(351a)을 형성한다. 도면 상에서는 하나의 비아홀(351a)만 도시되어 있으나, 비아홀(351a)은 산화물 반도체 트랜지스터(340)에 포함된 소스/드레인 전극, 게이트 전극을 노출시키기 위한 것으로, 실제 공정에서 비아홀(351a)은 여러 개가 형성될 수 있다.

[0062] 이후, 비아홀(351a)에 금속 물질을 충전시켜 제2 폴리이미드계 층(350) 내에 비아 콘택(351)을 형성할 수 있다. 여기서, 비아 콘택(351)은 산화물 반도체 트랜지스터(340)와, 이후 공정을 통해 형성될 유기 발광 다이오드(360)를 전기적으로 연결하기 위한 구성이다.

[0063] 도 3i는 제2 폴리이미드계 층(360) 상에 유기 발광 다이오드(360)를 형성하는 공정을 도시한 것이다. 유기 발광 다이오드(360)는 적어도 하나의 AMOLED(Active Matrix Organic Light-Emitting Diode) 또는 적어도 하나의 OLED(Organic Light-Emitting Diode)를 포함할 수 있다. 이하에서는, 유기 발광 다이오드(360)가 1개의 AMOLED를 포함하는 형태를 예로 들어 설명한다.

[0064] 유기 발광 다이오드(360)는 화소 전극(361), 화소 전극(361) 상에 형성된 유기 발광층(362), 유기 발광층(362) 상에 형성된 대향 전극(363) 및 봉지층(364)을 포함한다. 여기서, 화소 전극(361)은 앞서 형성된 비아 콘택(351)과 접촉되어 산화물 박막 트랜지스터(341)와 전기적으로 연결된다. 따라서, 유기 발광 다이오드(360)는 산화물 박막 트랜지스터(341)의 제어에 따라 구동되어 광을 방출할 수 있다.

[0065] 도 3j는 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(311)으로부터 캐리어 기관(310)을 제거하는 공정을 도시한 것이다. 캐리어 기관(310)은 별도의 장치를 이용하여 물리적으로 제거될 수 있다.

[0066] 상술한 공정 순서에 의해 도 3k에 도시된 것과 같은 플렉서블 디스플레이 장치(300)를 제조할 수 있다. 플렉서블 디스플레이 장치(300)는 동일 물질로 이루어진 제1 폴리이미드계 층(320)과 제2 폴리이미드계 층(350) 사이에 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)가 위치된 구조를 갖는다. 이때, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)는 압축 응력 및 인장 응력이 실질적으로 동일한 중립면에 위치하게 된다. 중립면에서는 변형이 일어나지 않기 때문에, 플렉서블 디스플레이 장치(300)가 휘어지더라도 압축 응력 및 인장 응력에 의해 산화물 박막 트랜지스터 어레이(340)가 손상되는 것을 방지할 수 있다.

[0067] 이하, 도 4 내지 도 6은 비교예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터와, 본 발명의 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 측정한 실험 데이터들에 기반한 그래프이다. 여기서, 비교예와 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치는 아래와 같다.

[0068] <비교예>

[0069] 하나의 플렉서블 기관 상에 산화물 박막 트랜지스터 어레이 및 유기 발광 다이오드가 순차적으로 형성된 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치이다.

[0070] <실시예>

[0071] 도 3a 내지 도 3k에 도시된 공정에 의해 제조된 것으로, 제1 폴리이미드계 층과 제2 폴리이미드계 층 사이에 산화물 박막 트랜지스터가 형성되며, 제2 폴리이미드계 층 상에 유기 발광 다이오드가 형성된 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치이다. 여기서, 산화물 박막 트랜지스터는 제1 폴리이미드계 층과 제2 폴리이미드계 층 사이에서 압축 응력 및 인장 응력이 동일한 중립면에 위치될 수 있다.

[0072] 도 4a 및 도 4b는 플렉서블 디스플레이 장치에서 캐리어 기관 제거 후에 측정한, 비교예 및 실시예 각각의 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성을 도시한 것이다.

[0073] 도 4a는 산화물 박막 트랜지스터의 하부 구조가 다른 2개의 플렉서블 디스플레이 장치를 이용하였다. 구체적으로, 도 4a를 참조하면, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 하부에 플렉서블 기관(PI)(또는 제1 폴리이미드계 층(PI1), 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(Carbon Nano Tube-Graphene Oxide, CNT-GO), 유리 기관(Glass)이 순서대로 적층된 제1 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치와, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 하부에 플렉서블 기관(PI)(또는 제1 폴리이미드계 층(PI1), 그래핀 산화물(Graphene Oxide, GO), 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT)가 순서대로 적층된 제2 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치를 이용하였다.

[0074] 도 4a를 참조하면, 비교예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터는 0V의 게이트 전압에서 약 -12의 로그 드레인 전류를 나타내고, 20V의 게이트 전압에서 약 -6A의 로그 드레인 전류를 나타낸다.

- [0075] 도 4b 역시 산화물 박막 트랜지스터의 하부 구조가 다른 2개의 플렉서블 디스플레이 장치를 이용하였다. 구체적으로, 도 4b를 참조하면, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 하부에 플렉서블 기판(PI)(또는 제1 폴리이미드계 층(PI1), 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(Carbon Nano Tube-Graphene Oxide, CNT-GO), 유리 기판(Glass)이 순서대로 적층되고, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 상부에 또 다른 플렉서블 기판(PI)(또는 제2 폴리이미드계 층(PI2)이 적층된 제1 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치를 이용하였다. 또한, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 하부dp 플렉서블 기판(PI)(또는 제1 폴리이미드계 층(PI1), 탄소나노튜브-그래핀 산화물층(Carbon Nano Tube-Graphene Oxide, CNT-GO)가 순서대로 적층되고, 산화물 박막 트랜지스터(TFTs)의 상부에 또 다른 플렉서블 기판(PI)(또는 제2 폴리이미드계 층(PI2)이 적층된 제2 구조를 갖는 플렉서블 디스플레이 장치를 이용하였다.
- [0076] 도 4b를 참조하면, 실시예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터들은 0V의 게이트 전압에서 약 -14의 로그 드레인 전류를 나타내고, 20V의 게이트 전압에서 약 -6A의 로그 드레인 전류를 나타내는 것으로, 비교예에 비해 높은 on-off 비율을 갖는다.
- [0077] 한편, 도 4a를 참조하면, 비교예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치들은 제1 구조에 비해 제2 구조를 가질 때 높은 전류-전압 특성을 갖는다. 반면, 도 4b에서 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치들은 제1 구조와 제2 구조에서 전류-전압 특성에 큰 차이가 없다. 이는 제1 폴리이미드계 층과 제2 폴리이미드계 층 사이에 산화물 박막 트랜지스터가 위치하기 때문에, 산화물 박막 트랜지스터는 그 하부 구조에 따른 영향을 받지 않음을 알 수 있다.
- [0078] 도 5a 및 도 5b는 플렉서블 디스플레이 장치를 벤딩 테스트(bending test)한 후에 측정한, 비교예 및 실시예 각각의 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성 및 전계효과이동도를 도시한 것이다. 이때, 벤딩 테스트(bending test)시 벤딩 반경(bending radius)을 0.25mm으로 하고, 벤딩 횟수를 누적하여 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성을 측정하였다.
- [0079] 비교예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터에 비해, 실시예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터가 높은 on-off 비율을 갖는다. 특히, 벤딩 횟수가 증가할 수록 실시예에 따른 산화물 박막 트랜지스터의 전류-전압 특성 및 전계효과이동도가 향상됨을 알 수 있다.
- [0080] 도 6a 및 도 6b는 플렉서블 디스플레이 장치를 벤딩 테스트(bending test)한 후에 측정한, 비교예 및 실시예 각각의 플렉서블 디스플레이 장치에 포함된 산화물 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 도시한 것이다. 이때, 벤딩 테스트(bending test)시 벤딩 반경(bending radius)을 0.25mm으로 하고, 벤딩 횟수를 누적하여 산화물 박막 트랜지스터의 온 전압 변화(ΔV_{ON}), 전계효과이동도(μ_{FE}) 및 서브문턱스윙(Subthreshold Swing, SS)를 측정하였다.
- [0081] 비교예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터는 벤딩 횟수가 누적됨에 따라 온 전압 변화(ΔV_{ON}), 전계효과이동도(μ_{FE}) 및 서브문턱스윙(SS)이 크게 변화되었으며, 특히 5000회 벤딩시 플렉서블 디스플레이 장치가 파손되었다. 이는 플렉서블 디스플레이 장치가 반복 벤딩되면서 이 스트레스가 산화물 박막 트랜지스터에 전달되어 크랙을 발생시키기 때문이다.
- [0082] 반면, 실시예에 포함된 산화물 박막 트랜지스터는 벤딩 횟수가 누적되더라도 온 전압 변화(ΔV_{ON}), 전계효과이동도(μ_{FE}) 및 서브문턱스윙(SS)에 큰 변화가 없으며, 특히 20000회의 벤딩에도 불구하고 플렉서블 디스플레이 장치가 파손되지 않았다. 이는 실시예에 따른 플렉서블 디스플레이 장치에서, 산화물 박막 트랜지스터가 중립면(neutral plane)에 위치되어 벤딩에 의한 변형이 방지되기 때문이다.
- [0083] 도 7은 터치 센서를 구비한 플렉서블 디스플레이 장치를 도시한 것이다.
- [0084] 도 7에 도시된 플렉서블 디스플레이 장치(700)는 제1 폴리이미드계 층(710), 산화물 박막 트랜지스터 어레이(720), 제2 폴리이미드계 층(730), AMOLED 어레이(740), 봉지층(750) 및 터치 센서(760)을 포함한다. 즉, 플렉서블 디스플레이 장치(700)는 터치 센서(760)를 구비함으로써, 터치 타입으로 구현될 수 있다.
- [0085] 산화물 박막 트랜지스터 어레이(720)는 복수의 산화물 박막 트랜지스터 및 트랜지스터 구동 회로를 포함한다. 복수의 산화물 박막 트랜지스터는 화소 소자로 기능할 수 있으며, 트랜지스터 구동 회로에 연결될 수 있다. 또

한, 트랜지스터 구동 회로는 게이트 구동부, 데이터 구동부 및 타이밍 제어부 등의 구성을 포함할 수 있다.

[0086] 도 7에서, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(720)가 중립면에 위치하기 때문에 복수의 산화물 박막 트랜지스터 및 트랜지스터 구동 회로가 외부로부터의 스트레스로부터 손상되는 것이 방지된다. 따라서, 산화물 박막 트랜지스터 어레이(720)의 외곽 부분에 위치하는 트랜지스터 구동 회로를 보호하기 위하여 베젤(장치(700) 테두리)을 설치할 필요가 없기 때문에, 베젤 설치에 따른 공정을 생략하고 그 비용을 절감할 수 있다.

[0087] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변경이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0088] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0089] 100 : 플렉서블 디스플레이 장치

110 : 제1 폴리이미드계 층

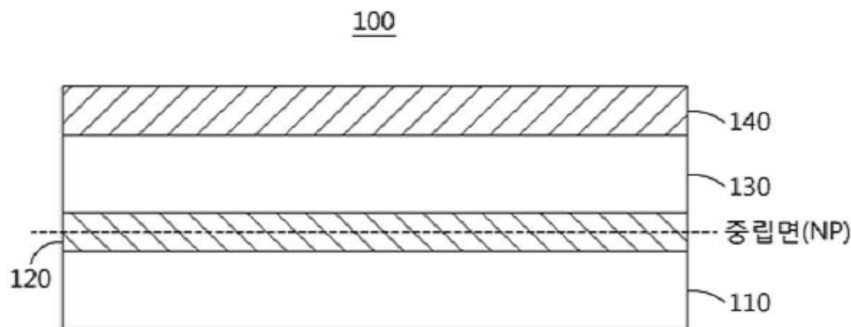
120 : 산화물 박막 트랜지스터 어레이

130 : 제2 폴리이미드계 층

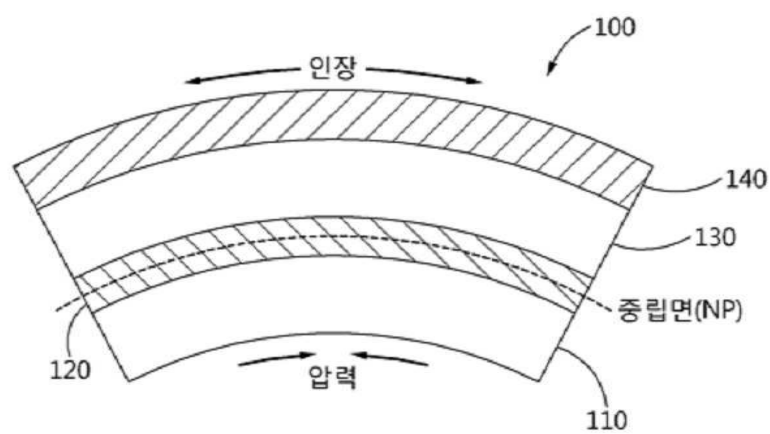
140 : 유기 발광 다이오드

도면

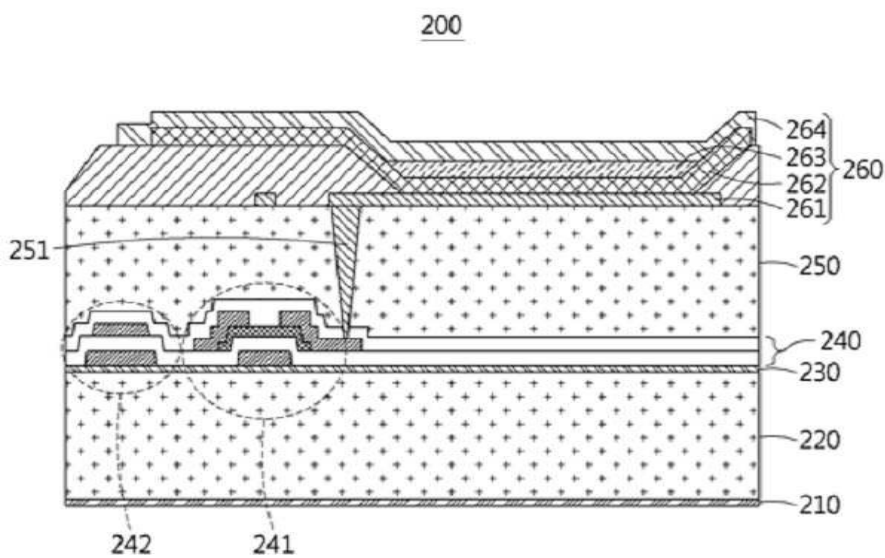
도면1a



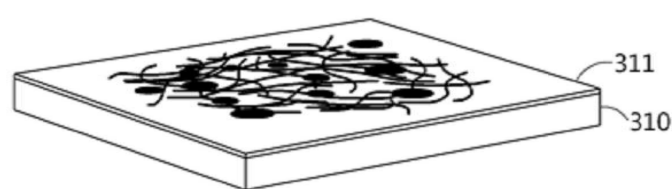
도면1b



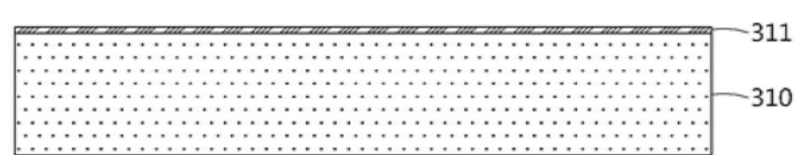
도면2



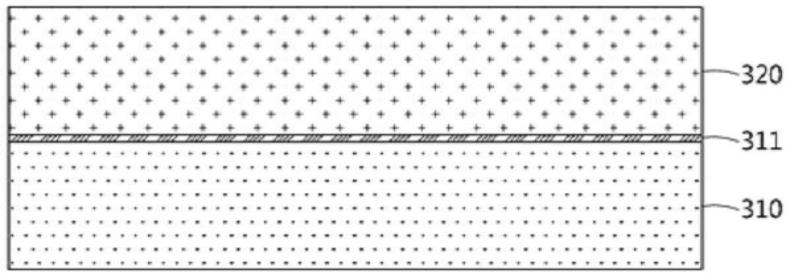
도면3a



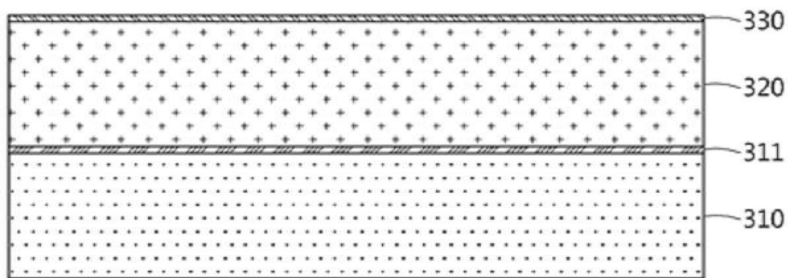
도면3b



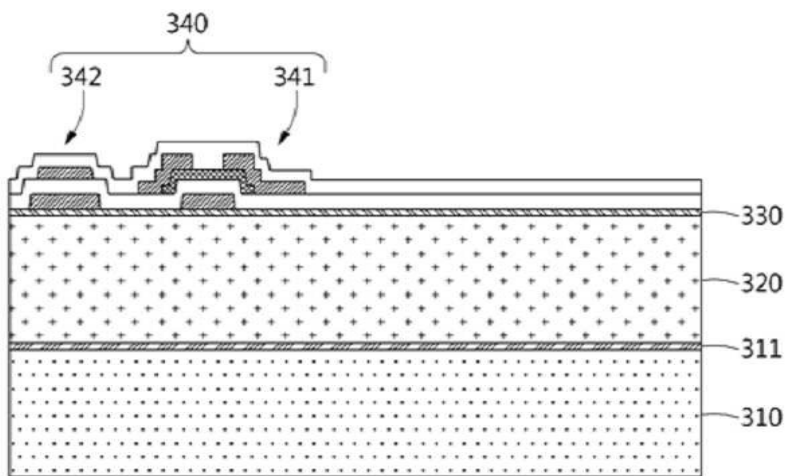
도면3c



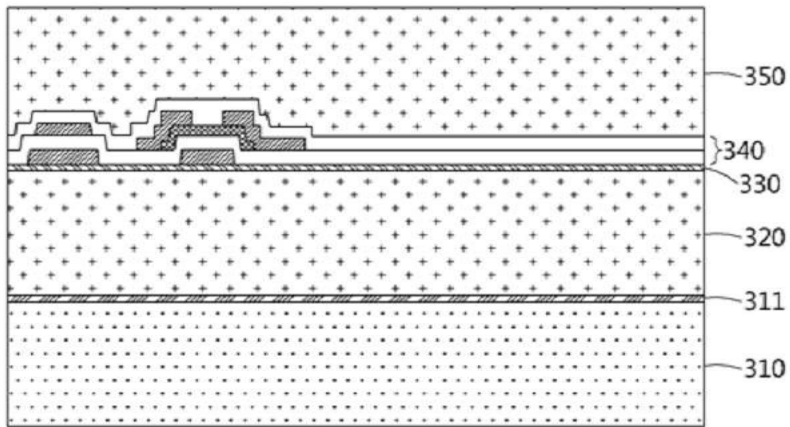
도면3d



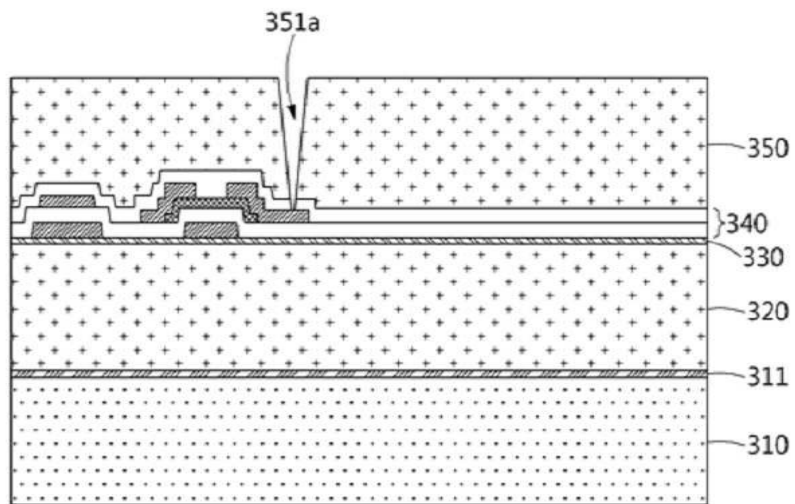
도면3e



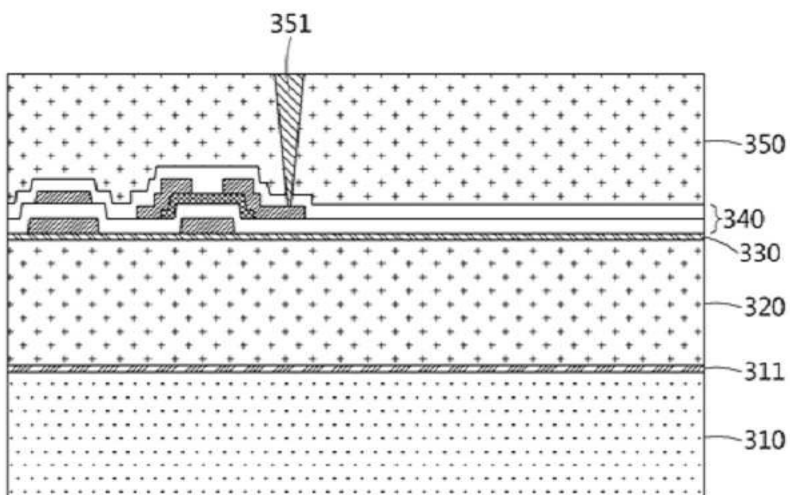
도면3f



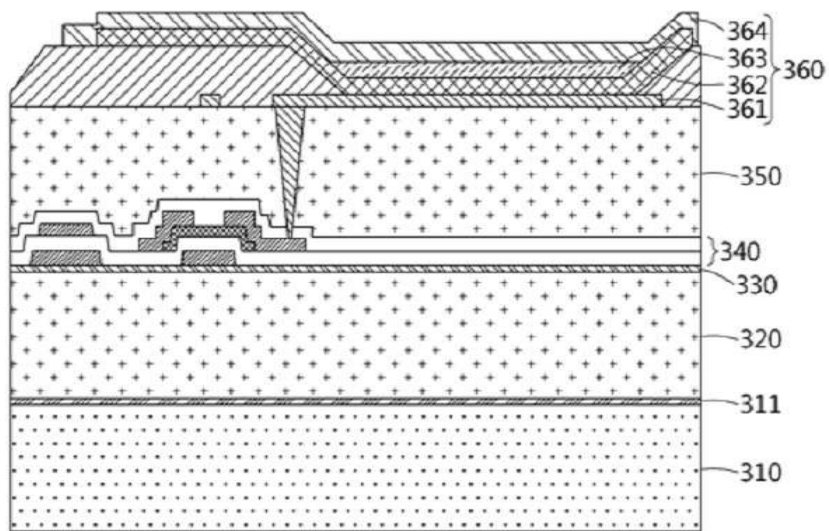
도면3g



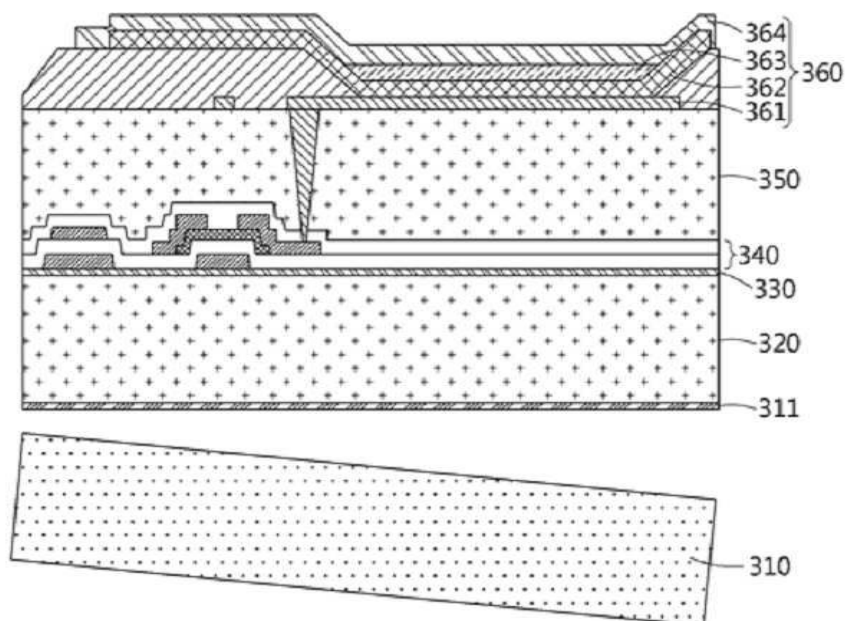
도면3h



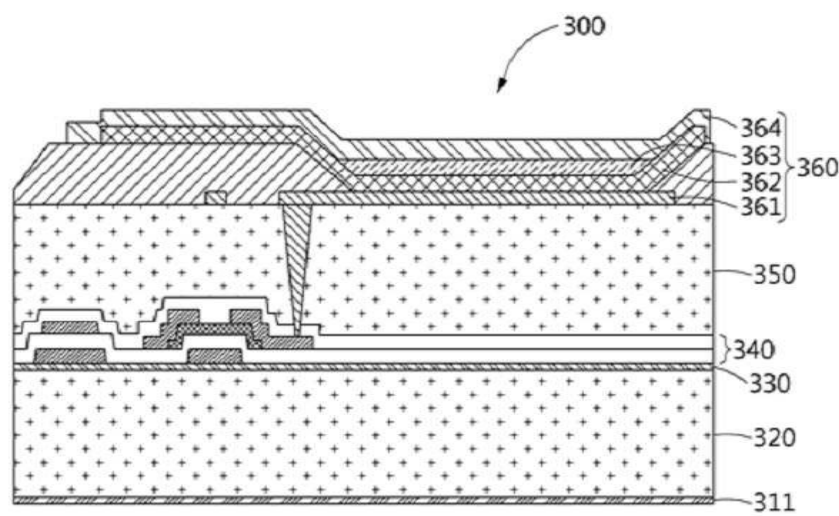
도면3i



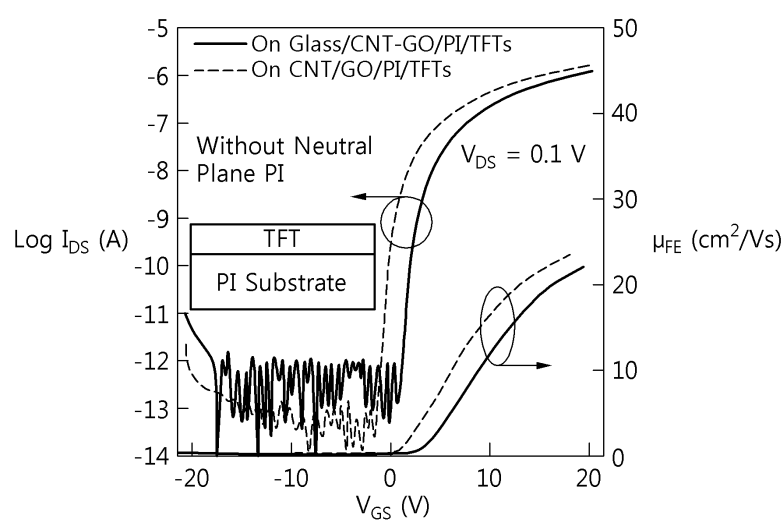
도면3j



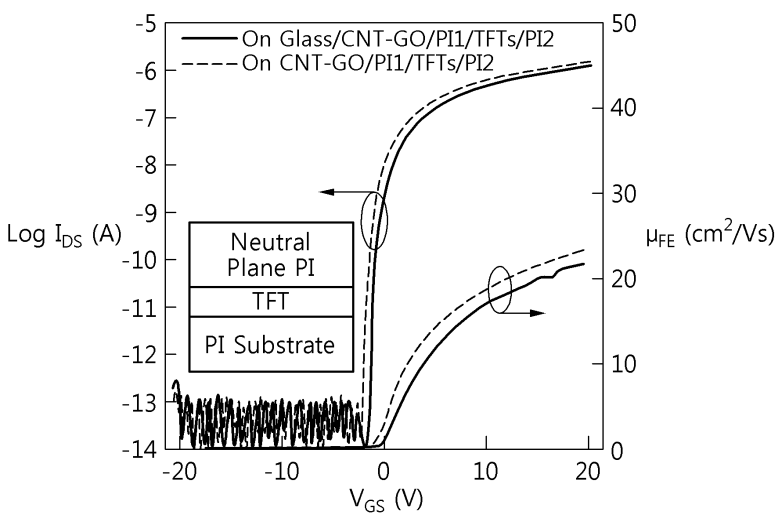
도면3k



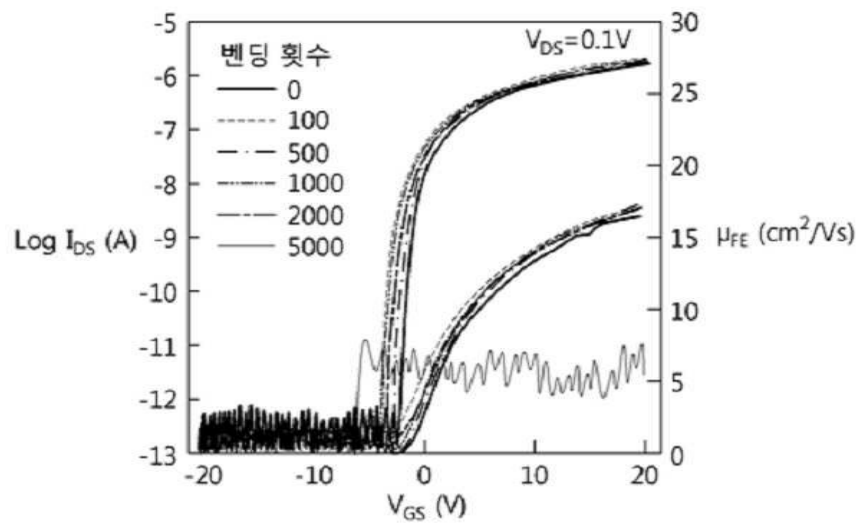
도면4a



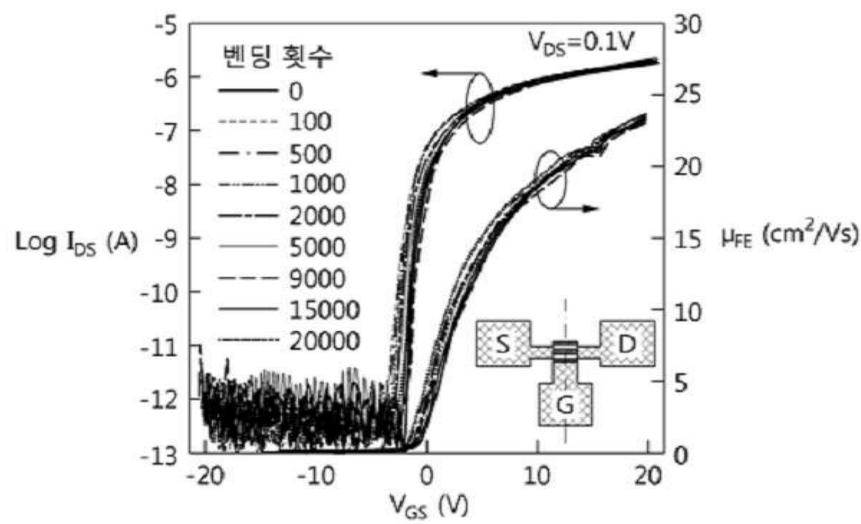
도면4b



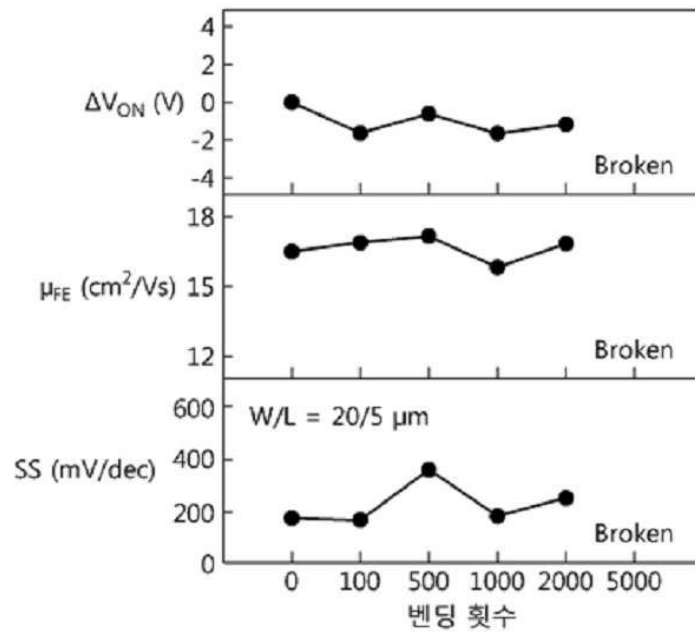
도면5a



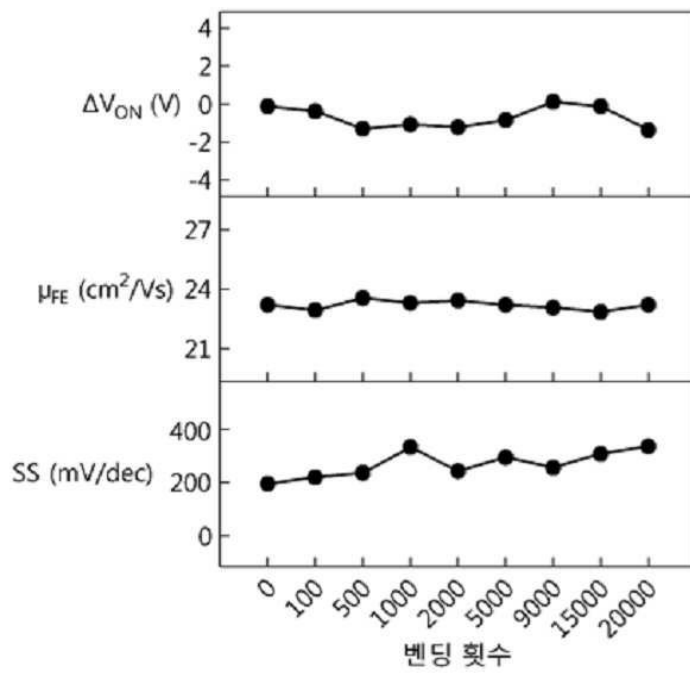
도면5b



도면6a



도면6b



도면7

