



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월31일
(11) 등록번호 10-1894030
(24) 등록일자 2018년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09F 9/30 (2006.01) G02F 1/1333 (2006.01)
G06F 1/16 (2006.01) H01L 31/0392 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G09F 9/301 (2013.01)
G02F 1/133305 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0103519
(22) 출원일자 2017년08월16일
심사청구일자 2017년08월16일
(56) 선행기술조사문헌
KR101610358 B1*
US20150008016 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박장웅
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 11 항

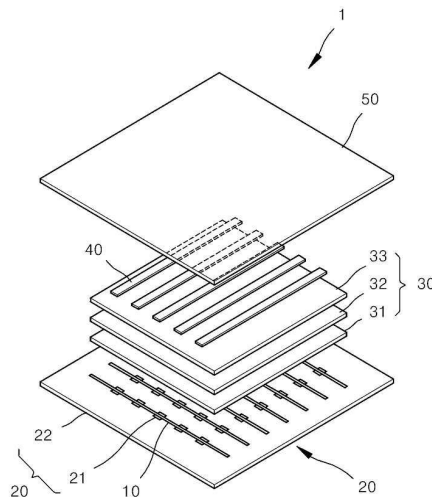
심사관 : 이석형

(54) 발명의 명칭 신축성 하이브리드 기판 및 그를 포함하는 디스플레이 장치

(57) 요약

본 발명은, 우수한 신축성과 광학적 특성을 제공하는 신축성 하이브리드 기판을 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판은, 강성부와 상기 강성부를 둘러싸는 신축부를 포함하고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가진다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 1/1652 (2013.01)

H01L 31/03926 (2013.01)

G06F 2203/04102 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711054068

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 신축성 투명 전자소재 및 스마트 콘택트렌즈 개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

강성부와 상기 강성부를 둘러싸는 신축부를 포함하고,
상기 강성부와 상기 신축부는 각각 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가지고,
상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈를 가지고,
상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가지며,
상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수 비율은 100 : 1 내지 1300000 : 1의 범위인, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 500 nm 범위의 표면 균일도를 가지는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 100 nm 범위의 표면 균일도를 가지는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 강성부와 상기 신축부는 0 nm 내지 500 nm 범위의 계면 단차를 가지는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 강성부와 상기 신축부는 0 nm 내지 100 nm 범위의 계면 단차를 가지는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 6

청구항 1에 있어서,
상기 강성부는 상기 신축부 내에 완전히 매립되어 위치하는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 7

청구항 1에 있어서,
상기 강성부는 상기 신축부로부터 노출되어 위치하고, 상기 강성부의 노출 표면과 상기 신축부의 노출 표면이 동일한 평면 상에 위치하는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 8

청구항 1에 있어서,
상기 강성부는 상기 신축부로부터 노출되어 위치하고, 상기 강성부의 노출 표면과 상기 신축부의 노출 표면은 단차가 있는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 강성부는, 에스유-8(SU-8), 오르모코어(Ormocore), PET(polyethylene terephthalate), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리이미드(Polyimide), 유리(glass) 및 유리섬유 기반 수지(glass fiber-based polymer) 중 적어도 하나를 포함하는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 신축부는, PDMS(Polydimethylsiloxane), 에코플렉스(Ecoflex), 하이드로겔(hydrogel), PEBA(polyether block amides), EVA(ethylene-vinyl acetate), 및 고무소재 중 적어도 하나를 포함하는, 신축성 하이브리드 기판.

청구항 12

하부 전극, 신축성 하이브리드 기판, 디스플레이층, 및 상부 전극이 적층되어 배치된 디스플레이 장치로서,

상기 신축성 하이브리드 기판은,

강성부와 상기 강성부를 둘러싸는 신축부를 포함하고,

상기 강성부와 상기 신축부는 각각 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가지고,

상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈를 가지고,

상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가지며,

상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수 비율은 100 : 1 내지 1300000 : 1의 범위인, 디스플레이 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 신축성 및 투명성 전자소자에 이용 가능한 패키징 소재에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 강성부와 신축부를 모두 갖는 신축성 하이브리드 기판 또는 패키징 소재 및 그를 포함하는 디스플레이 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 전자 장치들은 딱딱한 기판 위에 전자 소자가 구비된다. 최근에는 전자 소자의 응용 분야가 넓어지면서 유연하고 신축성있는 전자 소자에 대한 요구가 증대되고 있다. 그러나, 종래의 유연 기판들은, 화학적인 손상을 입거나 고온에 매우 취약하기 때문에, 유연 기판 위에 전자 소자를 제조하기가 매우 곤란한 문제점이 있다. 또한, 종래의 유연 기판 위에 전자 소자를 제조할 경우, 유연 소재의 높은 열팽창 계수와 용매에 쉽게 팽윤되는 현상 등 때문에 공정에 매우 어려움이 따른다. 또한, 종래의 유연 기판 위에 디스플레이 장치를 제조하더라도, 이를 인장시킬 경우 발생하는 기능층들의 파괴가 소자 전체의 파괴로 이어지는 문제점이 있다. 또한, 강성부와 신축부의 이중 소재의 배치에 따라 투명도나 헤이즈 등의 광학적 특성의 저하가 우려된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 한국공개특허번호 제10-2015-0094248호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 우수한 신축성과 광학적 특성을 제공하는 신축성 하이브리드 기판을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 우수한 신축성과 광학적 특성을 제공하는 신축성 하이브리드 기판을 포함하는 디스플레이 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은, 강성부와 상기 강성부를 둘러싸는 신축부를 포함하고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가진다.

[0008] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 500 nm 범위의 표면 균일도를 가질 수 있다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부와 상기 신축부는, 각각 0 nm 내지 100 nm 범위의 표면 균일도를 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부와 상기 신축부는 0 nm 내지 500 nm 범위의 계면 단차를 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부와 상기 신축부는, 0 nm 내지 100 nm 범위의 계면 단차를 가질 수 있다.

[0012] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부는 상기 신축부 내에 완전히 매립되어 위치할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부는 상기 신축부로부터 노출되어 위치하고, 상기 강성부의 노출 표면과 상기 신축부의 노출 표면이 동일한 평면 상에 위치할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부는 상기 신축부로부터 노출되어 위치하고, 상기 강성부의 노출 표면과 상기 신축부의 노출 표면은 단차가 있을 수 있다.

[0015] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수 비율은 100 : 1 내지 1300000 : 1의 범위일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강성부는, 에스유-8(SU-8), 오르모코어(Ormocore), PET(polyethylene terephthalate), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리이미드(Polyimide), 유리(glass) 및 유리섬유 기반 수지(glass fiber-based polymer) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 신축부는, PDMS(Polydimethylsiloxane), 에코플렉스(Ecoflex), 하이드로겔(hydrogel), PEBA(polyether block amides), EVA(ethylene-vinyl acetate), 및 고무소재 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 디스플레이 장치는; 하부 전극, 신축성 하이브리드 기판, 디스플레이층, 및 상부 전극이 적층되어 배치된 디스플레이 장치로서, 상기 신축성 하이브리드 기판은, 강성부와 상기 강성부를 둘러싸는 신축부를 포함하고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈를 가지고, 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가진다.

발명의 효과

[0019] 기존의 전자소자에 사용된 기판은 일반적으로 강성 소재로 이루어져 있으며, 신축성을 요구하는 전자소자에 대한 응용에 한계를 보여왔다. 또한, 신축성을 증가시키기 위하여 기판에 이종 소재를 배치하는 경우, 상기 이종 소재 사이의 광학적 특성의 차이에 의한 한계가 있어왔다.

[0020] 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은 기계적 변형이 일어나는 영역에 강성부와 신축부의 이종 소재의 배치함으로써, 신축성 소자 구현을 위한 패키지 구조 또는 소재로 이용할 수 있다. 또한, 강성부를

신축부 내에 삽입함으로써, 기계적 변형이 일어나는 영역을 제한 또는 제어할 수 있다. 또한, 기존의 딱딱하고 취성인 소자 칩을 기계적 변형이 제한된 강성부에 배치함으로써 고성능의 신축성 전자소자를 구현할 수 있다.

[0021] 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 매칭(refractive index matching)을 통하여, 빛의 굴절 및 산란을 줄임으로써 투명도와 헤이즈, 시야성 등과 같은 광학적 특성을 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 신축성 하이브리드 기판 내의 이중소재 사이의 계면 특성 및 높이 단차 개선을 통하여, 광학적 특성을 향상시킬 수 있다.

[0022] 추가로, 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은 강성부와 신축부의 매끄러운 특성과 비침투성은 전자 소자를 불순물의 오염으로부터 보호할 수 있는 패키지 소재로서 이용할 수 있다.

[0023] 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은 투명 디스플레이, 유연한 투명 디스플레이, 신축성 전자 소자 및 태양전지와 같은 투명성을 요하는 전자제품에 기판이나 봉지재 등으로 적용될 수 있다.

[0024] 상술한 본 발명의 효과들은 예를 들어 기재되었고, 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치를 개략적으로 나타내는 사시도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 제조방법을 도시하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 인장시의 상태 변화를 나타내는 도면들이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 전압과 전류 밀도 관계를 나타내는 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 휘도 특성을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치를 콘택트 렌즈에 적용한 예가 도시된 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 도시하는 단면도들이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 부분 별 실제 변형율을 나타내는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 굴절률에 따른 투과도를 나타내는 사진들이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 강성부와 신축부 사이의 단차를 나타내는 표면 모폴로지 사진이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 강성부와 신축부 사이의 단차를 나타내는 그래프이다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 파장에 따른 투과도와 헤이즈를 나타내는 그래프이다.

도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 광학적 특성에 따른 시야성을 나타내는 사진들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기

실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 본 명세서에서 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.

[0027] 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판은 다양한 전자 장치에 응용될 수 있다. 예를 들어, 상기 신축성 하이브리드 기판은 투명 신축성 패키징 소재로 응용될 수 있고, 또한 디스플레이 장치에도 투명 기판으로서 응용될 수 있다. 하기에 설명하는 디스플레이 장치는 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판의 일례로서 설명된 것이며, 본 발명의 기술적 사상이 상기 디스플레이 장치에만 한정되는 것이 아님에 유의한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치를 개략적으로 나타내는 사시도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 디스플레이 장치(1)는, 하부 전극(10), 신축성 하이브리드 기판(20), 디스플레이층(30), 및 상부 전극(40)을 포함한다. 디스플레이 장치(1)는 LCD(liquid crystal display), OLED(Organic light-emitting diode) 등 디스플레이를 구현하는 모든 장치를 포함할 수 있으며, 이하에서는 디스플레이 장치(1)가 OLED인 경우를 예를 들어 설명한다. 디스플레이 장치(1)가 OLED인 경우에는, 디스플레이 장치(1)는 봉지층(50)을 더 포함할 수 있다.

[0031] 하부 전극(10)은, 다양한 전도성 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 금속을 포함할 수 있고, 예를 들어 금속 나노와이어(Metal nanowire), 금속 나노화이버(Metal nanofiber), 금속 나노트로프(Metal nanotrough), 금속 나노메쉬, 금속 잉크 및 액체 금속 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 실시예에서는 하부 전극(10)은, 신축성을 갖는 전극인 것으로 예를 들어 설명하고, 하부 전극(10)은 은 나노와이어를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 하부 전극(10)은, 신축성 하이브리드 기판(20)에 임베딩(embedding)될 수 있다. 본 실시예에서는, 하부 전극(10)이 신축성 전극인 것으로 예를 들어 설명하였으나, 이에 한정되지 않고 하부 전극(10) 중 소자들은 후술하는 강성부(21)에 위치되고, 강성부(21)사이에서 상기 소자들을 연결하는 연결부는 신축성 소재로 이루어진 것도 가능하다.

[0032] 신축성 하이브리드 기판(20)은, 강성 소재로 이루어지고 소정의 패턴으로 패터닝된 강성부(21)와, 강성부(21)의 패턴 사이에 형성된 틈새(g, 도 4 참조)에 신축성 소재가 채워진 신축부(22)를 포함한다.

[0033] 강성부(21)를 구성하는 상기 강성 소재는 상기 신축부의 탄성 계수의 최소 100배 이상의 높은 탄성 계수 값을 가질 수 있고, 예를 들어, 패키징 재료인 에폭시 계열의 에스유-8(SU-8), 오르모코어(Ormocore), PET(polyethylene terephthalate), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리이미드(Polyimide), 유리(glass) 및 유리섬유 기반 수지(glass fiber-based polymer) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 실시예에서는, 상기 강성 소재는 SU-8을 사용한 것으로 예를 들어 설명한다.

[0034] 신축부(22)를 구성하는 상기 신축성 소재는 5 MPa 이하의 낮은 탄성 계수 값과 10% 이상의 높은 신축성을 가질 수 있고, 예를 들어 PDMS(Polydimethylsiloxane), 에코플렉스(Ecoflex), 하이드로겔(hydrogel)과 같은 실리콘 계열의 탄성중합체, PEBA(polyether block amides), EVA(ethylene-vinyl acetate), 및 고무소재(silicon rubber 및 fluorosilicone rubber 등) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 실시예에서는, 상기 신축성 소재는, PDMS를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 신축성 하이브리드 기판(20)에 대하여는 하기에 상세하게 설명하기로 한다.

[0035] 디스플레이층(30)은 신축성 하이브리드 기판(20) 상에 적층 형성된다. 디스플레이층(30)은, 정공주입층, 정공수송층, 발광층, 전자수송층, 전자주입층 중에서 모두 혹은 일부를 포함한다. 본 실시예에서는, 디스플레이층(30)은, 정공수송층(Hole Transfer Layer)(31), 발광층(Emission Layer)(32) 및 전자수송층(Electron Transfer Layer)(33)을 포함하는 것으로 예를 들어 설명한다. 정공수송층(31), 발광층(32) 및 전자수송층(33)은 차례대로 상하방향으로 적층되어, 디스플레이층(30)을 형성한다.

[0036] 상부 전극(40)은, 디스플레이층(30) 위에 적층 형성된다. 상부 전극(40)은, 다양한 전도성 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 금속을 포함할 수 있고, 예를 들어 금속 나노와이어(Metal nanowire), 금속 나노화이버(Metal nanofiber), 금속 나노트로프(Metal nanotrough), 금속 나노메쉬, 금속 잉크 및 액체 금속 중 적어도 하나를 포함한다. 상부 전극(40)은, 금속 나노와이어(Metal nanowire), 금속 나노화이버(Metal nanofiber), 금속 나노트로프(Metal nanotrough) 중 적어도 하나를 사용할 경우, 섀도우 마스크(Shadow masking)를 통해 스프레이

코팅하여 혹은 전기방사(electro-spinning)하여 형성될 수 있다. 상부 전극(40)은, 금속 잉크나 액체 금속을 사용하는 경우, 프린팅 공정을 통해 형성될 수 있다. 하부 전극(10)과 상부 전극(40)과 동일한 물질을 포함하거나 다른 물질을 포함할 수 있다.

[0037] 필요한 경우, 봉지층(50)이 상부 전극(40)의 상부에는 형성된다. 봉지층(50)은, 파릴렌-씨(Parylene-C)의 열증착이나 봉지제의 스핀 코팅을 통해 형성될 수 있다.

[0038] 따라서, 본 발명에 따른 디스플레이 장치는, 신축성 하이브리드 기판(20)에 하부 전극(10)만이 임베딩되고, 디스플레이층(30)과 상부 전극(40)은 신축성 하이브리드 기판(20)의 상부에 적층 형성된다.

[0039] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 제조방법을 나타낸 순서도이다. 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 제조방법을 도시하는 도면이다.

[0040] 도 2 및 도 3을 참조하여, 상기와 같이 구성된 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 제조방법을 설명하면, 다음과 같다.

[0041] 도 2 및 도 3a를 참조하면, 회생층(2) 위에 하부 전극(10)을 형성한다(S1). 회생층(2)은, 실리콘 웨이퍼 기판과 같은 핸들링 기판(4)위에 형성된다. 회생층(2)은, 리프트 오프 레지스트(lift-off resist, LOR), 구리(Cu), 니켈(Ni), 알루미늄(Al), 레이저 리프트-오프(laser lift-off)용 폴리머, PVA(Polyvinyl Alcohol), 게르마늄(Ge), PMMA(polymethyl methacrylate) 중 적어도 하나를 포함한다. 본 실시예에서는, 회생층(2)은, 상기 리프트 오프 레지스트(LOR)를 스핀 코팅하여 형성된 것으로 예를 들어 설명한다.

[0042] 하부 전극(10)은, 은 나노와이어를 코팅하는 것으로 예를 들어 설명한다. 하부 전극(10)은, 상기 은 나노와이어를 코팅한 후, 포토리소그래피(photolithography)공정을 통해서 패턴을 형성한다. 하부 전극(10)의 패턴은 복수의 직선들이 배열된 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 다양한 패턴으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 하부 전극(10)은 은 나노 와이어들이 서로 전기적으로 연결되는 것도 물론 가능하다. 본 실시예에서는, 하부 전극(10)은 신축성 전극인 것으로 예를 들어 설명하였으나, 이에 한정되지 않고 하부 전극(10) 중 소자들은 강성부(21)에 위치되고, 강성부(21)사이에서 상기 소자들을 연결하는 연결부는 신축성 소재로 이루어진 것도 가능하다.

[0043] 도 2 및 도 3b를 참조하면, 하부 전극(10)을 형성한 후, 상기 강성(Rigid) 소재를 코팅하고 패턴닝하여 강성부(21)를 형성한다(S2). 즉, 하부 전극(10)이 형성된 회생층(2) 상에 상기 강성 소재를 코팅한 후, 소정의 패턴으로 패턴닝한다. 여기서, 상기 강성 소재는 SU-8을 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 강성 소재를 코팅하면 강성 소재층이 형성되고, 상기 강성 소재층을 상기 소정의 패턴으로 분할하면 강성부(21)의 패턴이 형성된다. 이 때, 상기 분할된 패턴 사이에는 틈새(g)나 이격 공간이 형성된다. 상기 틈새(g)나 이격 공간은 후술하는 신축성 소재가 채워지는 공간이다.

[0044] 도 3b에서는, 강성부(21)의 패턴이 복수의 블록 형상으로 이루어진 것으로 도시되었으나, 이에 한정되지 않고 다양한 패턴이 가능하며, 상기 패턴과 상기 틈새(g)의 비율 등은 실험 등에 의해 설정 및 조절이 가능하다. 상기 패턴과 상기 틈새(g)의 비율에 따라 신축성 하이브리드 기판(20)의 강도나 신축성이 조절될 수 있다. 또한, 강성부(21)의 패턴은 소자들의 위치나 배열을 고려하여 설정된다. 즉, 디스플레이 화소나 화소 배열이 강성부(21) 위에 위치할 경우, 기계적 인장 시에도 크랙 등의 손상 없이 안정적인 동작이 가능해질 수 있다. 예를 들어, 강성부(21)의 패턴은, 도 4에 도시된 바와 같이 이루어지는 것도 물론 가능하다.

[0045] 도 2 및 도 3c를 참조하면, 강성부(21)의 패턴 사이에 형성된 틈새(g)를 신축성 소재로 채워서 신축성 하이브리드 기판(20)을 형성한다(S3). 여기서, 상기 신축성 소재는 PDMS를 사용한 것으로 예를 들어 설명한다. 강성부(21) 위에 상기 신축성 소재를 스핀 코팅한 후 경화시키면, 강성부(21)와 신축부(22)로 이루어진 신축성 하이브리드 기판(20)이 형성된다. 즉, 신축성 하이브리드 기판(20)에는 하부 전극(10)과 강성부(21)가 임베딩된다. 따라서, 신축성 하이브리드 기판(20)은, 신축성과 강성을 모두 가질 수 있으며, 강성부(21)에는 소자 등을 위치시킬 수 있다.

[0046] 도 2 및 도 3d를 참조하면, 하부 전극(10)과 강성부(21)가 임베딩된 신축성 하이브리드 기판(20)이 형성되면, 회생층(2)을 제거한다(S4). 회생층(2)을 제거하여, 신축성 하이브리드 기판(20)을 떼어낼 수 있다. 회생층(2)을 제거하기 위해서는 신축성 하이브리드 기판(20)을 식각액에 침지하여 회생층(2)을 에칭시킨다.

[0047] 상기 식각액은, 리무버 피취(Remover PG), 포토레지스트 디벨로퍼(Photoresist developer), 구리 부식액, 니켈

부식액, 레이저, 알루미늄 부식액, 물, 아세톤 중 적어도 하나를 사용할 수 있다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 식각액은 회생층(2)을 선택적으로 제거할 수 있는 물질이라면 어느 것이나 사용가능하다. 상기 식각액은 회생층 물질에 따라 달라지게 되는데, 회생층 물질이 구리일 경우 식각액으로 니켈 에칭액, 구리 에칭액이 사용될 수 있으며, 회생층 물질이 니켈일 경우 식각액으로 니켈 에칭액, 구리 에칭액이 사용될 수 있으며, 회생층 물질이 알루미늄(Al)일 경우 식각액으로 알루미늄 에칭액, 구리 에칭액, 니켈 에칭액이 사용될 수 있으며, 회생층 물질이 레이저 리프트-오프(laser lift-off)용 폴리머일 경우 식각액으로 레이저가 사용될 수 있으며, 회생층이 PVA(Polyvinyl Alcohol)일 경우 식각액으로 물이 사용될 수 있으며, 회생층이 게르마늄(Ge)일 경우 물이 식각액으로 사용될 수 있으며, 회생층이 PMMA(polymethyl methacrylate)일 경우 식각액으로 아세톤이 사용될 수 있다.

[0048] 도 2 및 도 3e를 참조하면, 회생층(2)이 제거된 신축성 하이브리드 기판(20)을 뒤집은 후, 즉 하부 전극(10)이 하층에 위치하도록 한 후, 신축성 하이브리드 기판(20) 상에 디스플레이층(30)을 적층한다(S5). 본 실시예에서는, 디스플레이 장치(1)가 OLED소자인 것으로 예를 들어 설명하므로, 디스플레이층(30)은 OLED의 기능층들을 의미한다. 여기서, 디스플레이층(30)은, 정공 수송층(31), 발광층(32) 및 전자 수송층(33)을 포함하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 기능에 따라 층이 추가되거나 제거되는 것도 물론 가능하다. 디스플레이층(30)은, 스핀 코팅, 진공 열증착, 잉크젯 인쇄 등의 공정을 통해 형성될 수 있다.

[0049] 디스플레이층(30)이 신축성 소재로만 이루어진 기판 위에 형성될 경우 기계적 인장 시 전극이나 디스플레이층(30)에 크랙 등의 손상이 발생될 수 있다. 그러나, 디스플레이층(30)은, 강성부(21)와 신축부(22)를 갖는 신축성 하이브리드 기판(20) 위에 위치하므로 기계적 인장 시 손상이 방지될 수 있으며, 기계적 인장 시에도 정상적으로 동작할 수 있다. 디스플레이층(30)은, 신축성 하이브리드 기판(20) 위에 전면 코팅되나, 하부 전극(10)과 상부 전극(40)의 패턴에 따라 강성부(21) 위에 위치되는 디스플레이 장치가 작동되는 것이므로 기계적 인장시 강성부(21) 위에 위치한 디스플레이 장치들의 손상은 방지되어 소자의 작동에 문제가 발생되지 않는다.

[0050] 더 나아가, 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판이 투명 신축성 패키징 소재로서 사용되는 경우에는 다음과 같은 잇점을 제공할 수 있다. 신축성 소재로만 이루어진 기판 위에 전자 소자 실장층이 형성될 경우에는 기계적 인장 시 전극이나 상기 전자 소자 실장층에 크랙 등의 손상이 발생될 수 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상에 따른, 강성부(21)와 신축부(22)를 갖는 신축성 하이브리드 기판(20) 위에 상기 전자 소자 실장층이 위치한 경우에는, 기계적 인장 시 손상이 방지될 수 있으며, 기계적 인장 시에도 정상적으로 동작할 수 있다.

[0051] 도 2 및 도 3f를 참조하면, 디스플레이층(30) 위에 상부 전극(40)을 형성한다(S6). 상부 전극(40)은, 디스플레이층(30) 위에 섀도우 마스크를 통해 금속 나노와이어를 스프레이 코팅하여 패턴을 형성하거나, 각종 금속 잉크나 액체 금속을 프린팅 공정을 통해 패턴링할 수 있다.

[0052] 도 2 및 도 3g를 참조하면, 상부 전극(40) 위에 봉지층(50)을 형성한다(S7). 봉지층(50)은, Parylene-C의 열증착이나 봉지제의 스핀 코팅을 통해 형성된다.

[0053] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 인장시의 상태 변화를 나타내는 도면들이다.

[0054] 도 4를 참조하면, 신축성 하이브리드 기판(20)에서 강성부(21)의 패턴이 다른 예가 도시되어 있다. 도 4a는, 신축성 하이브리드 기판(20)의 인장력을 인가하지 않은 일반적인 상태를 나타내고, 도 4b는 신축성 하이브리드 기판(20)을 화살표 방향으로 인장 시의 상태를 나타낸다. 상기 도 4b를 참조하면, 신축성 하이브리드 기판(20)을 인장하는 경우, 강성부(21)는 늘어나지 않고 신축부(22)만이 늘어나기 때문에, 강성부(21) 위에 놓이는 소자 등에는 균열이 발생되지 않는다.

[0055] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 전압과 전류 밀도 관계를 나타내는 그래프이다. 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 휘도 특성을 나타낸 그래프이다.

[0056] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치의 전류 밀도와 휘도(Luminance)가 충분히 확보되는 것을 알 수 있다.

[0057] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 포함한 디스플레이 장치를 콘택트 렌즈에 적용한 예가 도시된 도면이다.

[0058] 도 7을 참조하면, 본 발명에 따른 디스플레이 소자는, 상부 전극(40)과 하부 전극(10)이 각각 은 나노와이어로

이루어지고 서로 전기적으로 연결되어 동시에 온되거나 오프되는 구성을 나타내고, 상기 디스플레이 장치가 신축성을 갖는 하이브리드 기판에 형성됨으로써, 건강진단이나 증강현실을 구현하기 위한 스마트 콘택트렌즈(60)에 적용가능하다. 또한, 신축성(Stretchability)을 갖는 디스플레이, 착용가능한 디스플레이에도 적용가능하다.

[0060] 신축성 하이브리드 기판의 형상

[0061] 이하에서는, 신축성 하이브리드 기판(20)에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0062] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판을 도시하는 단면도들이다.

[0063] 도 8을 참조하면, 신축성 하이브리드 기판(20)은 강성부(21)와 신축부(22)를 포함하여 구성된다.

[0064] 도 8a에서는, 강성부(21)가 신축부(22)의 내부에 완전히 매립되어 위치한다. 이러한 구조는 실링 등의 보완에 의하여 신축성 하이브리드 기판(20)의 표면 및 계면 특성을 향상시킬 수 있고, 강성부(21)나 강성부(21)에 배치된 전자 소자를 굽힘 등의 외부 손상으로부터 보호할 수 있다.

[0065] 도 8b, 도 8c, 및 도 8d에서는 강성부(21)가 신축부(22)로부터 노출되어 위치한다. 이러한 구조는 강성부(21)에 배치된 전자 소자가 노출되므로, 상기 전자 소자의 표면의 화학적, 물리적 변화를 감지하는 것이 가능하므로 다양한 화학적 센서 및 바이오 센서로서 응용 가능하다.

[0066] 도 8b에서는, 강성부(21)의 노출 표면과 신축부(22)의 노출 표면이 동일한 평면 상에 위치하고, 따라서 강성부(21)와 신축부(22) 사이에 단차가 존재하지 않는다.

[0067] 도 8c에서는, 강성부(21)의 노출 표면과 신축부(22)의 노출 표면이 동일한 평면 상에 위치하지 않고, 강성부(21)와 신축부(22) 사이에 단차(d1)가 존재하며, 특히 강성부(21)가 신축부(22)에 대하여 함몰되어 위치한다.

[0068] 도 8d에서는, 강성부(21)의 노출 표면과 신축부(22)의 노출 표면이 동일한 평면 상에 위치하지 않고, 강성부(21)와 신축부(22) 사이에 단차(d2)가 존재하며, 특히 강성부(21)가 신축부(22)에 대하여 돌출되어 위치한다.

[0070] 신축성 하이브리드 기판의 기계적 특성

[0071] 이하에서는 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판의 기계적 특성에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0072] 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기판(20)은 강성부(21)와 신축부(22)를 동시에 포함함으로써, 강성과 신축을 동시에 제공하는 기계적 특성을 가질 수 있다. 강성부와 신축부의 기계적 변형율의 차이는 각각의 탄성 계수(Young's modulus) 차이에서 기인할 것으로 예측된다. 특히, 신축성을 가지는 신축부(22)에 의하여 신축성 하이브리드 기판(20)이 전체적으로 신축성을 제공할 수 있고, 강성을 가지는 강성부(21)에 의하여 그 상에 배치된 전자 소자의 변형에 의한 파괴를 방지할 수 있다. 신축성 하이브리드 기판(20)이 웨어러블 전자소자에 응용되는 경우에는, 신체의 신축성인 적어도 30%까지의 신축성을 신축성 하이브리드 기판(20)이 보유하여야 한다. 신축성 하이브리드 기판(20)의 신축성은 강성부(21)와 신축부(22)의 탄성계수의 비율 및 면적 비율에 따라 변화될 수 있다.

[0073] 표 1은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판에 대하여, 강성부(21)와 신축부(22)의 탄성계수의 비율에 따른 전체 신축성을 나타내는 표이다.

표 1

강성부 탄성계수 (MPa)	신축부 탄성계수 (MPa)	탄성계수 비율 (강성부:신축부)	신축부 신축성 (%)	하이브리드 기판 신축성 (%)
510	1.1	464:1	100	40 ~ 50
2000	1.1	1818:1	100	40 ~ 50
5500	1.1	5000:1	100	40 ~ 50
510	0.07	7286:1	300	130 ~ 150
2000	0.07	28571:1	300	130 ~ 150
5500	0.07	78571:1	300	130 ~ 150

[0076] 표 1을 참조하면, 강성부와 신축부의 면적 비율을 1:1의 경우의 강성부 탄성계수와 신축부 탄성계수 비율에 따

른 하이브리드 기관의 신축성이 나타나 있다. 상기 신축부의 탄성계수가 1.1 MPa이고, 상기 탄성계수 비율이 464:1 내지 5000:1 범위에서는 하이브리드 기관 신축성은 40% 내지 50% 범위를 가진다. 상기 신축부의 탄성계수가 0.07 MPa이고, 상기 탄성계수 비율이 7286:1 내지 78571:1 범위에서는 하이브리드 기관 신축성은 130% 내지 150% 범위를 가진다. 상기 강성부 상에 배치된 전자 소자들을 보호하기 위하여는 상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수의 비율은, 예를 들어 100 : 1 또는 그 이상일 수 있고, 예를 들어 100 : 1 내지 80000 : 1의 범위일 수 있다. 또한, 강성부가 유리이고, 신축부가 엘라스토머와 같은 탄성중합체인 경우에는, 상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수의 비율은 1300000 : 1 일 수 있다. 따라서, 상기 강성부와 상기 신축부의 탄성 계수의 비율은, 예를 들어 100 : 1 내지 1300000 : 1의 범위일 수 있다.

[0077] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기관의 부분 별 실제 변형율을 나타내는 그래프이다.

[0078] 도 9를 참조하면, 인가된 변형율이 30%까지 증가되면, 강성부는 변형이 전혀되지 않거나 또는 변형율이 거의 변화하지 않는 반면, 신축부는 선형적으로 증가하며, 실제 변형률이 인가된 변형율보다 높게 측정된다. 따라서, 대부분의 변형이 신축부에서 집중되어 발생하는 것을 알 수 있다. 그러므로, 강성부 상에 전자 소자를 배치하면, 기계적 변형으로부터 상기 전자 소자를 보호할 수 있고, 신축부의 변형에 의하여 신축성 하이브리드 기관에 신축성을 제공할 수 있음을 확인하였다.

[0080] 신축성 하이브리드 기관의 광학적 특성

[0081] 이하에서는 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기관의 광학적 특성에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0082] 상기 신축성 하이브리드 기관의 투명성을 보장하기 위하여는, 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 공기층에 대하여 80% 내지 100% 범위의 투과도를 가질 수 있다. 또한, 상기 신축성 하이브리드 기관의 시인성과 시야성 보장을 위하여 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0% 내지 3.0% 범위의 헤이즈(haze)를 가질 수 있다. 또한, 상기 신축성 하이브리드 기관의 시야성과 시인성 보장을 위하여 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률은 일치되는 것이 바람직하고, 또는 상기 강성부와 상기 신축부의 굴절률 차이는 0 내지 0.1 범위를 가질 수 있다.

[0083] 표 2는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기관의 강성부와 신축부의 굴절률 차이에 따른 광학적 특성을 나타내는 표이다.

표 2

[0084]

강성부 투과도 (%)	강성부 굴절률	신축부 투과도 (%)	신축부 굴절률	굴절률 차 이	하이브리드 기관 투과도 (%)	하이브리드 기관 헤이즈 (%)	적합 유무
95	1.41	95	1.414	0.004	94	1.6	○
95	1.54	95	1.414	0.126	93	4.2	×
92	1.58	95	1.414	0.166	94	4.8	×
95	1.41	95	1.5	0.09	92	3.9	×
95	1.54	95	1.5	0.04	93	1.7	○
92	1.58	95	1.5	0.08	93	2.4	○

[0086] 표 2를 참조하면, 강성부와 신축부의 투과도는 모두 공기층에 대하여 80% 이상이었으며, 신축성 하이브리드 기관의 투과도는 92% 내지 94% 범위로 나타났다. 그러나, 강성부와 신축부의 굴절률 차이가 0.004 또는 0.04 인 경우에 헤이즈(haze)가 3.0% 이하로 나타나 투명 기관으로서 적합 판정을 받았으나, 0.1 보다 큰 경우에는 헤이즈가 3.0%보다 높은 수치를 가지게 되므로, 부적합 판정을 받았다.

[0087] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기관의 굴절률에 따른 투과도를 나타내는 사진들이다.

[0088] 도 10을 참조하면, 굴절률 차이가 0.1 초과인 경우에는 빛이 굴절, 산란 및 번지는 현상이 발생하지만, 굴절률 차이가 0.1 이하인 경우에는 빛이 굴절, 산란 및 번지는 현상이 발견되지 않고, 강성부와 신축부의 영역 및 그 경계가 용이하게 구분되지 않는다. 예를 들어 신축부의 헤이즈가 약 1.3% 이고, 강성부와 신축부의 면적 비율이 1:1 인 경우에, 신축성 하이브리드 기관은 94%의 투과도와 1.6%의 헤이즈를 나타내어, 신축부 만의 헤이즈와 차이가 거의 없게 나타났다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기관은 우수한 투과도 및 헤이즈를 확보할 수 있다.

[0090] 신축성 하이브리드 기관의 표면 특성

[0091] 이하에서는 본 발명의 기술적 사상에 따른 신축성 하이브리드 기관의 표면 특성에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0092] 상기 신축성 하이브리드 기관의 투명성을 보장하기 위하여는, 우수한 표면 특성, 예를 들어 높은 표면 균일도, 작은 계면 단차, 및 공극 배제 등의 특성을 가져야 한다.

[0093] 먼저, 표면 균일도에 대하여 검토하면, 상기 신축성 하이브리드 기관의 투명성을 보장하기 위하여는, 가시 광선 영역이 380 nm 내지 750 nm 의 파장대이므로, 표면 균일도는 반파장 크기 이하로 제어되어야 한다. 따라서, 투명성을 위하여는 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 500 nm 범위의 표면 균일도를 가질 수 있다. 반면, 박막 구조의 전자 소자는 전자 소자의 두께가 매우 얇으므로, 이러한 박막 구조의 전자 소자의 보호를 위한 투명 신축성 패키징 소재로 사용되기 위하여는 표면 균일도가 더욱 엄격하게 되고, 이 경우에는 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 100 nm 범위의 표면 균일도를 가질 수 있다. 다시 말하면, 상기 신축성 하이브리드 기관 상에 전자 소자가 실장되는 경우 상기 실장된 전자 소자의 파손을 방지하기 위하여는 상기 강성부와 상기 신축부 각각의 표면 균일도가 매우 엄격하게 되어 0 nm 내지 100 nm 범위를 가질 수 있다.

[0094] 강성부와 신축부의 계면 단차에 대하여 검토하면, 상기 신축성 하이브리드 기관의 투명성을 보장하기 위하여는, 가시 광선 영역이 380 nm 내지 750 nm 의 파장대이므로, 계면 단차는 반파장 크기 이하로 제어되어야 한다. 따라서, 투명성을 위하여는 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 500 nm 범위의 계면 단차를 가질 수 있다. 반면, 박막 구조의 전자 소자는 전자 소자의 두께가 매우 얇으므로, 이러한 박막 구조의 전자 소자의 보호를 위한 투명 신축성 패키징 소재로 사용되기 위하여는 계면 단차가 더욱 엄격하게 되고, 이 경우에는 상기 강성부와 상기 신축부는 각각 0 nm 내지 100 nm 범위의 계면 단차를 가질 수 있다. 다시 말하면, 상기 신축성 하이브리드 기관 상에 전자 소자가 실장되는 경우 상기 실장된 전자 소자의 파손을 방지하기 위하여는 상기 강성부와 상기 신축부 각각의 계면 단차가 매우 엄격하게 되어 0 nm 내지 100 nm 범위를 가질 수 있다. 이러한 계면 단차는 도 8의 (c)와 (d)에 도시된 단차(d1) 및 단차(d2)를 의미할 수 있다.

[0095] 강성부와 신축부의 계면 간 공극을 검토하면, 계면 사이에 공극이 발생하면, 상기 공극에는 굴절률이 1인 공기가 채워지므로 굴절률의 차이가 발생하게 되어 광학적 특성들이 저하된다. 또한, 이러한 공극은 표면 균일도를 저하시키고, 계면 단차를 크게하므로 결과적으로 광학적 특성들을 저하된다. 따라서, 강성부와 신축부 사이의 계면 간 공극 발생을 가능한한 배제 또는 억제하는 것이 바람직하다.

[0096] 표 3은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기관의 표면 특성에 따른 광학적 특성을 나타내는 표이다.

표 3

[0097]

굴절률 차이	하이브리드 기관 표면 균일도 (nm)	하이브리드 기관 계면 단차 (nm)	하이브리드 기관 투과도 (%)	하이브리드 기관 헤이즈 (%)	적합 유무
0.004	3	5	94	1.6	○
0.004	650	15	91	4.6	×
0.004	22	700	92	5.5	×
0.04	7	10	93	1.7	○
0.04	680	12	90	4.5	×
0.04	35	730	90	5.8	×

[0099] 표 3을 참조하면, 상술한 바와 같이 허용된 굴절률 차이 범위 내인 0.004 또는 0.04에서도 표면 균일도와 계면 단차에 따라 헤이즈의 차이가 나타났다. 투과도는 모두 80% 이상을 나타내었으나, 헤이즈는 0 nm 내지 500 nm 범위의 표면 균일도 및 0 nm 내지 500 nm 범위의 계면 단차를 동시에 만족하는 경우에만 3.0% 이하로 나타났다. 구체적으로, 0.004의 굴절률 차이, 3 nm의 표면 균일도, 5 nm의 계면 단차를 가지는 경우 94%의 투과도와 1.6%의 헤이즈를 가져 적합 판정을 받았다. 또한, 0.04의 굴절률 차이, 7 nm의 표면 균일도, 10 nm의 계면 단차를 가지는 경우 93%의 투과도와 1.7%의 헤이즈를 가져 적합 판정을 받았다. 계면 단차가 15 nm 또는 12 nm 로 허용 범위 내에 있으나, 표면 균일도가 650 nm 또는 680 nm 로 허용 범위 밖에 있는 경우 헤이즈가 3.0% 보다 큰 수치를 나타내어 부적합 판정을 받았다. 또한, 표면 균일도가 22 nm 또는 35 nm 로 허용 범위 내에 있으나, 계

면 단차가 700 nm 또는 730 nm 로 허용 범위 밖에 있는 경우 헤이즈가 3.0% 보다 큰 수치를 나타내어 부적합 판정을 받았다.

[0101] 신축성 하이브리드 기판의 구현예

[0102] 표 3의 결과에 따라 적합 판정을 받은 신축성 하이브리드 기판을 실제로 구현하고, 하기와 같이 분석하였다. 상기 신축성 하이브리드 기판은 공극으로 인한 빛의 굴절 및 산란을 미리 방지하기 위하여 강성부와 신축부 사이의 계면에 공극 발생이 없도록 제어하였으며, 공극이 없음을 확인하였다.

[0103] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 강성부와 신축부 사이의 단차를 나타내는 표면 모폴로지 사진이다.

[0104] 도 11을 참조하면, 삼각형의 형상을 가지는 영역이 강성부이며, 그 외의 영역이 신축부이다. 상기 강성부와 신축부 사이의 경계를 확대하여 표면 모폴로지를 조사한 결과 300 nm 이하의 계면 단차를 나타내었으며, 공극 또한 발견되지 않았다.

[0105] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 강성부와 신축부 사이의 단차를 나타내는 그래프이다.

[0106] 도 12를 참조하면, 상기 강성부와 신축부 사이의 경계의 계면 단차는 500 nm 이하로서 도 11의 결과와 일치한다. 구체적으로, 본 발명의 일실시예에 따른 상기 신축성 하이브리드 기판의 표면 균일도는 3 nm 이하로 나타났으며, 계면 단차는 5 nm 이하로 나타났다. 최소 380 nm 파장대를 가지는 가시광선 영역에서 반파장에 비하여 훨씬 낮은 수치의 표면 균일도와 계면 단차를 가지므로 빛의 굴절, 산란 등을 방지할 수 있을 것으로 예상된다.

[0107] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 파장에 따른 투과도와 헤이즈를 나타내는 그래프이다.

[0108] 도 13을 참조하면, (a)와 같이 파장이 변화되어도 신축성 하이브리드 기판의 투과도는 80% 이상의 수치를 나타내었으며, 헤이즈도 3.0% 이하의 수치를 나타내었다. 도 13의 (b)는 비교예로서, 표면 특성이 상술한 바와 같이 최적화되지 않은 경우에는 투과도 및 헤이즈의 불균일성이 증대되었고, 4.6% 수준의 헤이즈가 발생하였다. 따라서, 내부 사진과 같이 빛의 굴절, 산란 등이 발생되고, 헤이즈 현상과 강성부가 구별되어 나타나는 등 광학적 특성의 저하가 관찰된다.

[0109] 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 신축성 하이브리드 기판의 광학적 특성에 따른 시야성을 나타내는 사진들이다.

[0110] 도 14를 참조하면, 사진기 렌즈 앞에 신축성 하이브리드 기판을 부착하고 사진을 찍은 결과이다. 도 14의 (a)는 기판을 부착하지 않은 경우이고, (b)는 본 발명의 신축성 하이브리드 기판을 부착한 경우이고, (c)는 비교예로서 굴절을 차이가 0.185로 최적화되지 않은 하이브리드 기판을 부착한 경우이다. 본 발명의 신축성 하이브리드 기판을 부착한 경우에는, 부착하지 않은 경우와 선명성 및 시야성의 측면에서 거의 유사한 사진 품질을 나타내는 반면, 비교예는 투과성, 선명성 및 시야성이 매우 저하되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 강성부와 신축부의 굴절률을 가능한 한 일치하는 것이 우수한 투과도 및 헤이즈 특성을 확보할 수 있고, 이에 따라 선명한 시야성을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

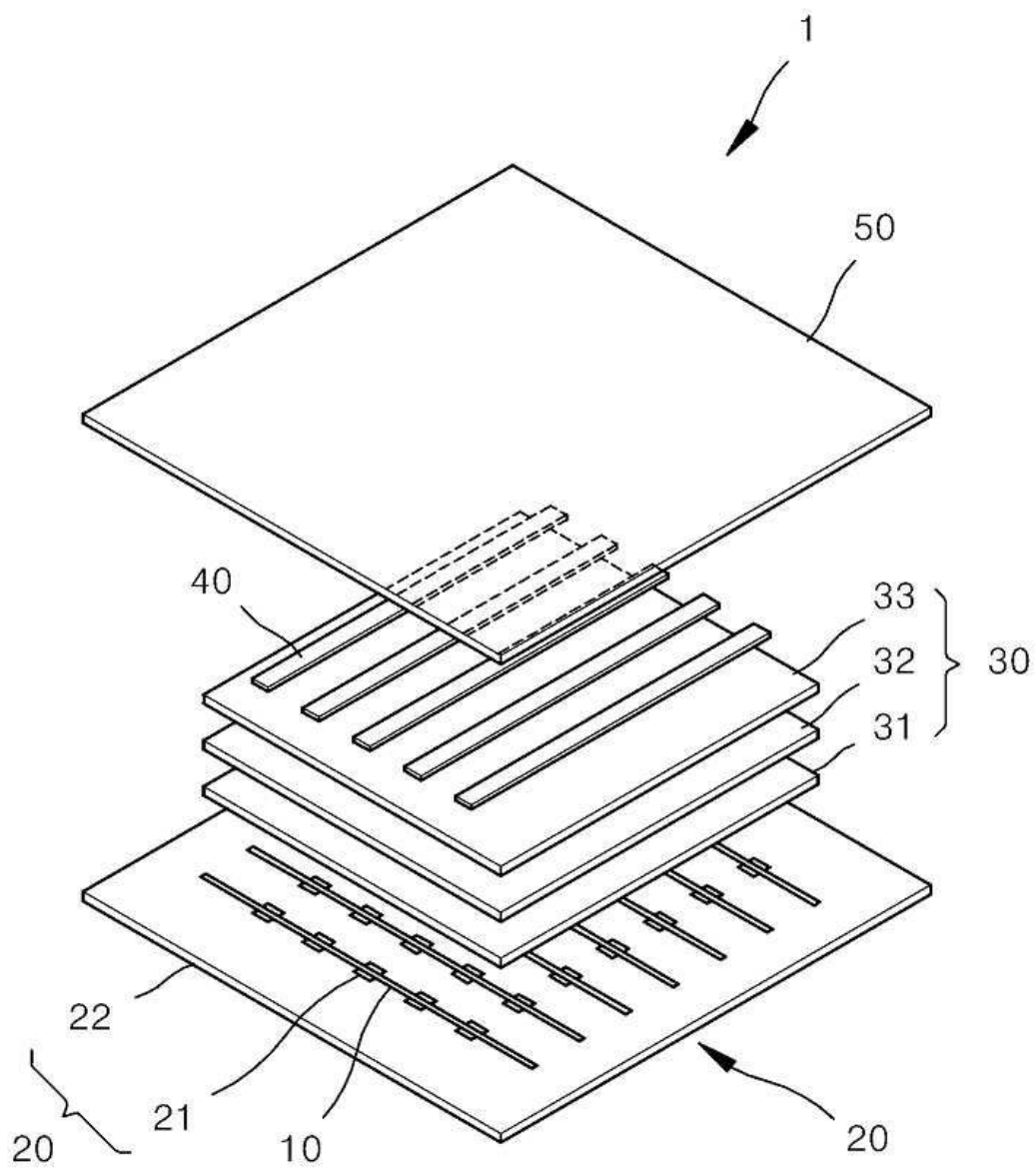
[0112] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

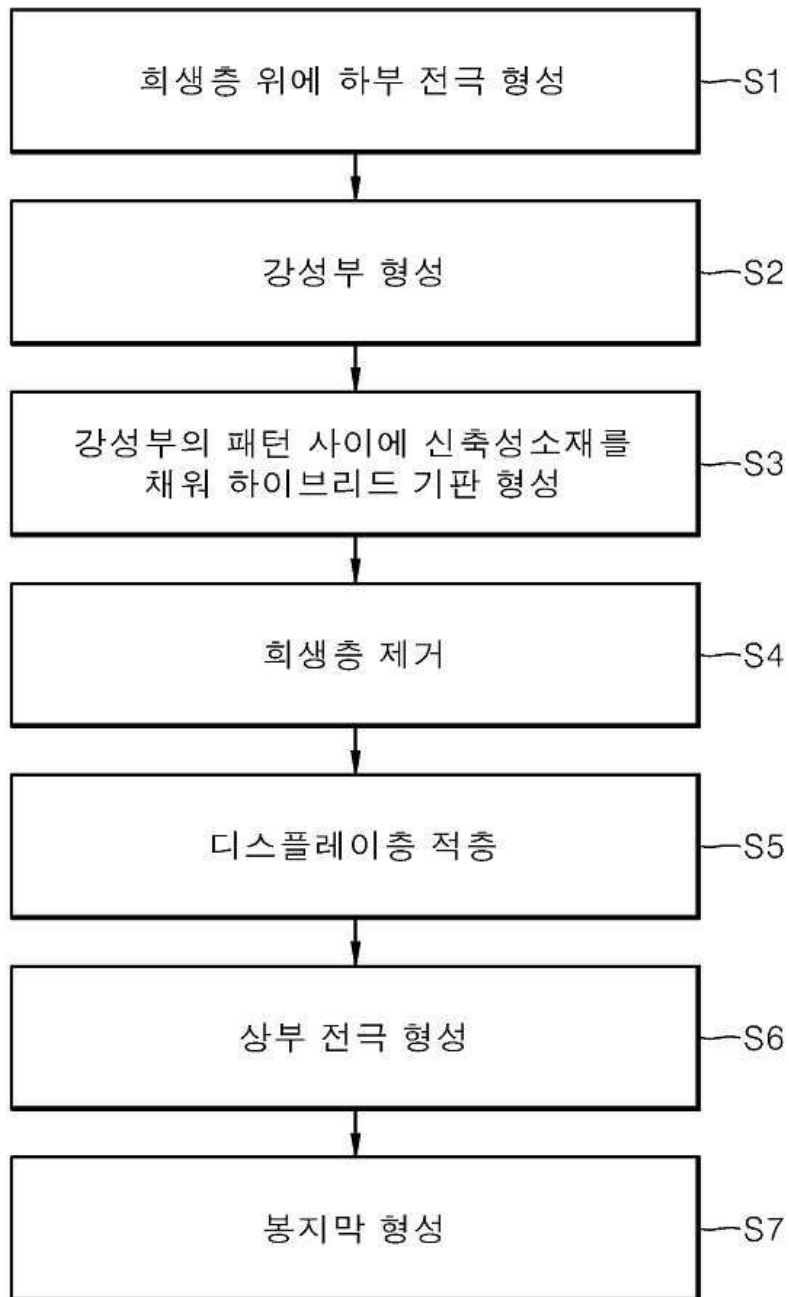
[0113] 1: 디스플레이 장치, 10: 하부 전극, 20: 신축성 하이브리드 기판,
21: 강성부, 22: 신축부, 30: 디스플레이층, 40: 상부 전극,
50: 봉지층, 60: 스마트 콘택트렌즈,

도면

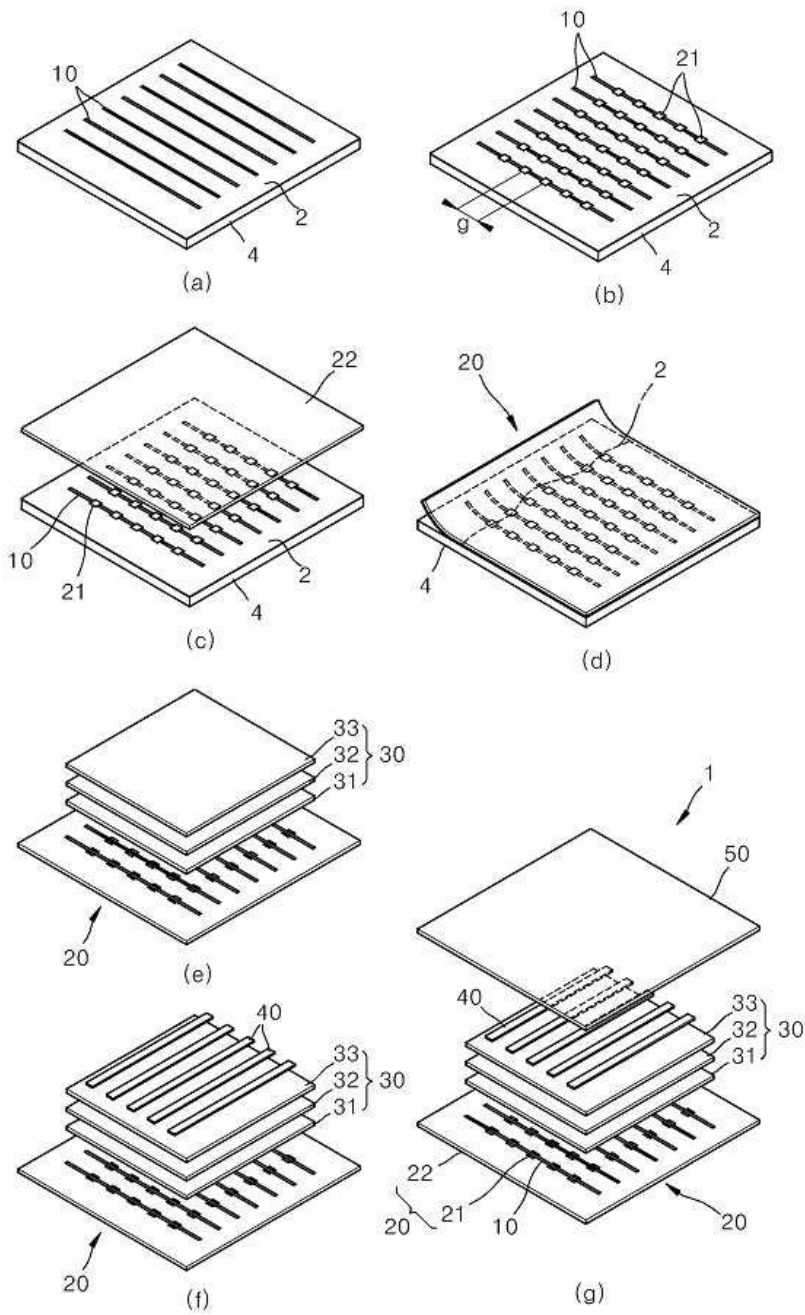
도면1



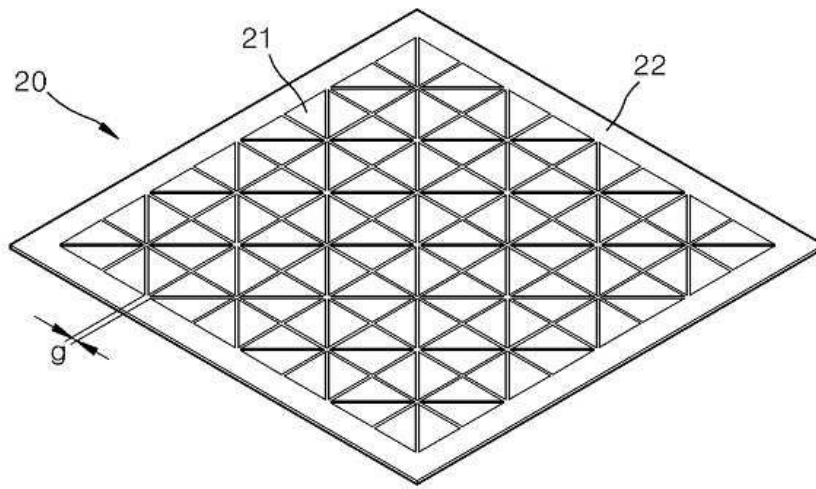
도면2



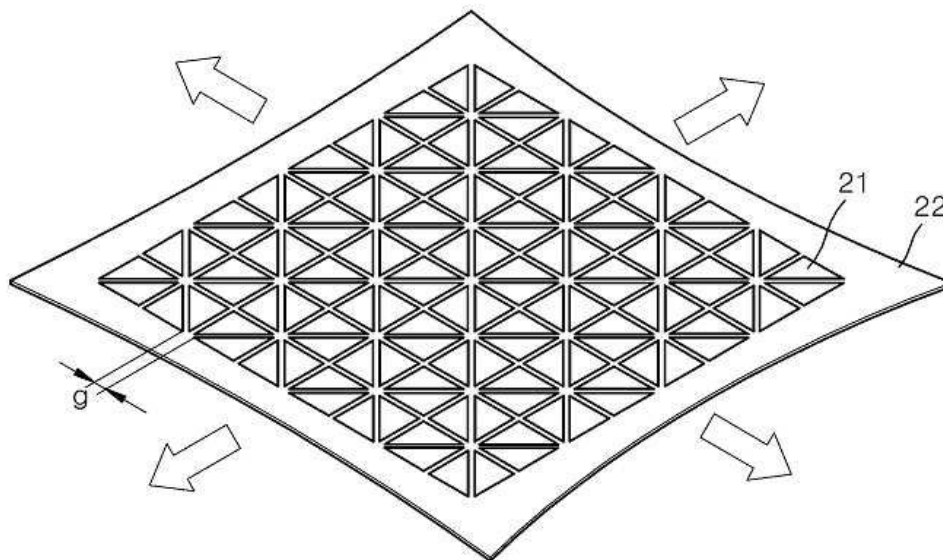
도면3



도면4

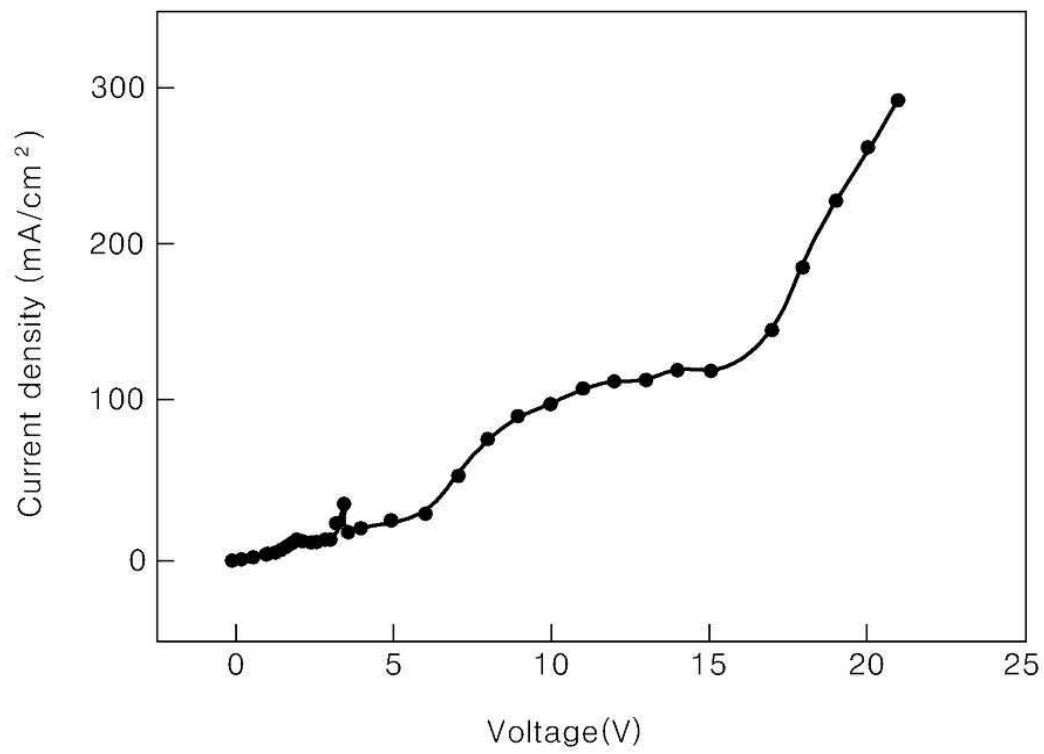


(a)

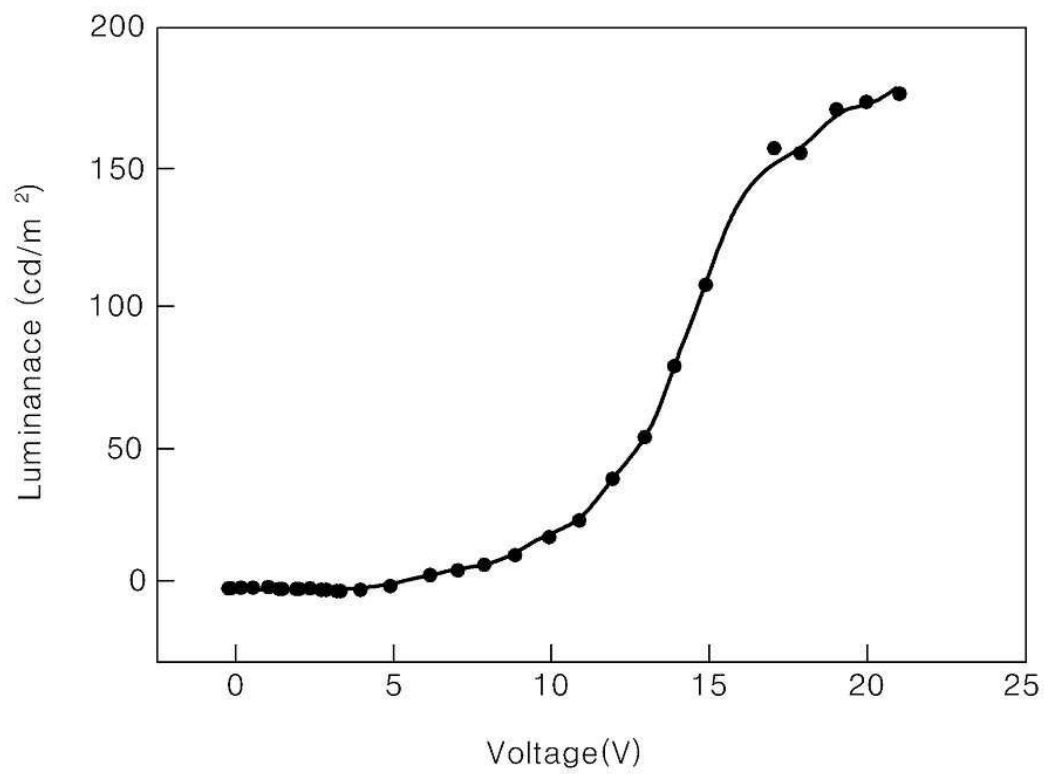


(b)

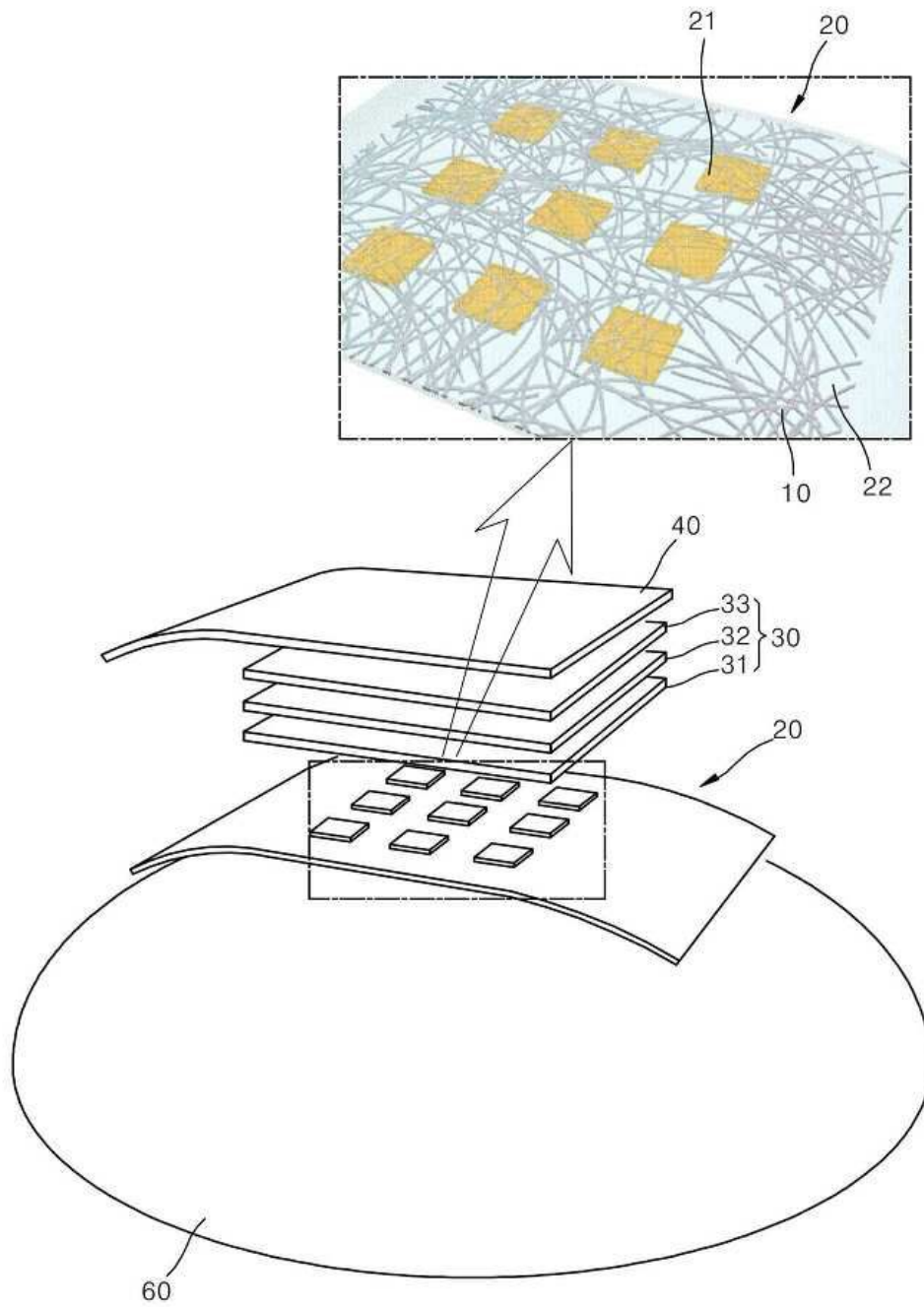
도면5



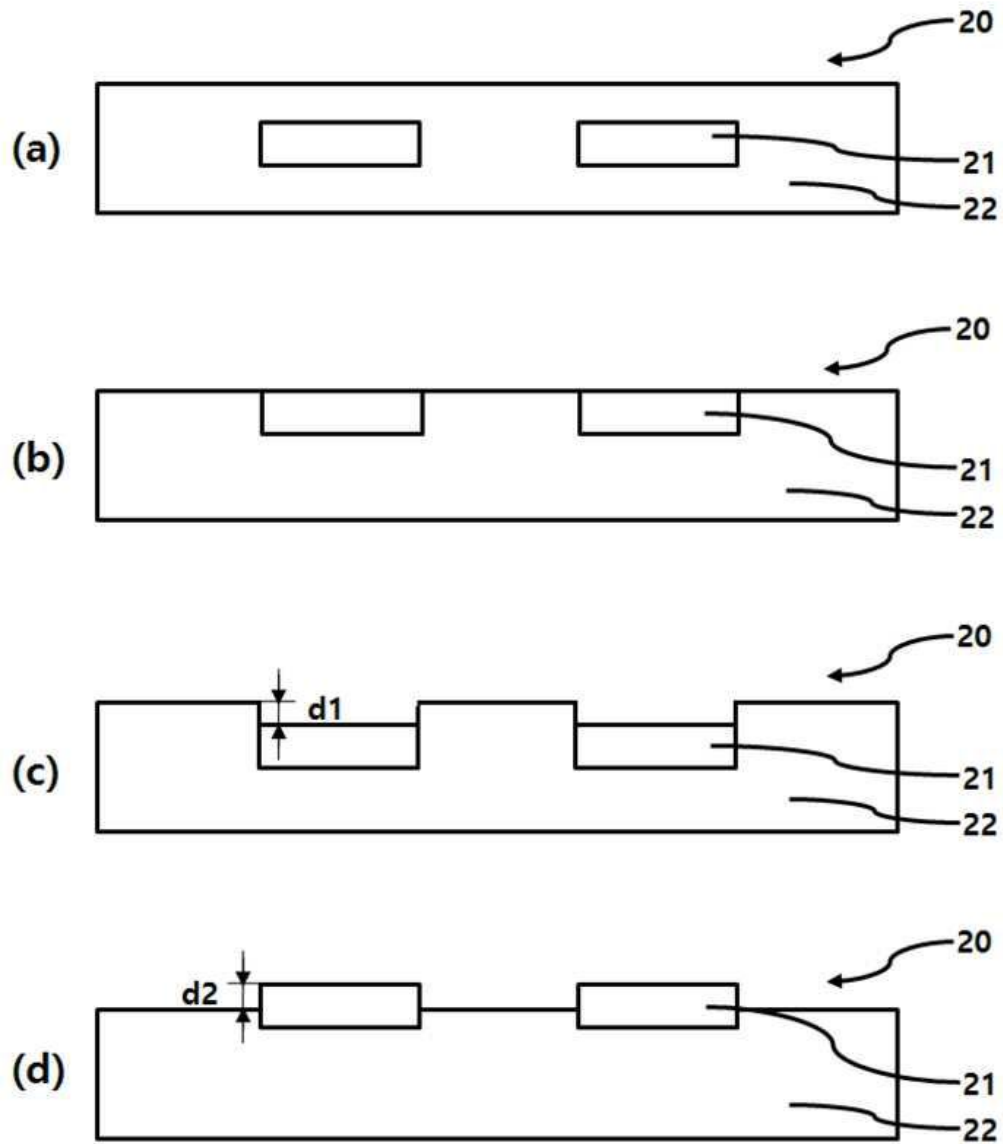
도면6



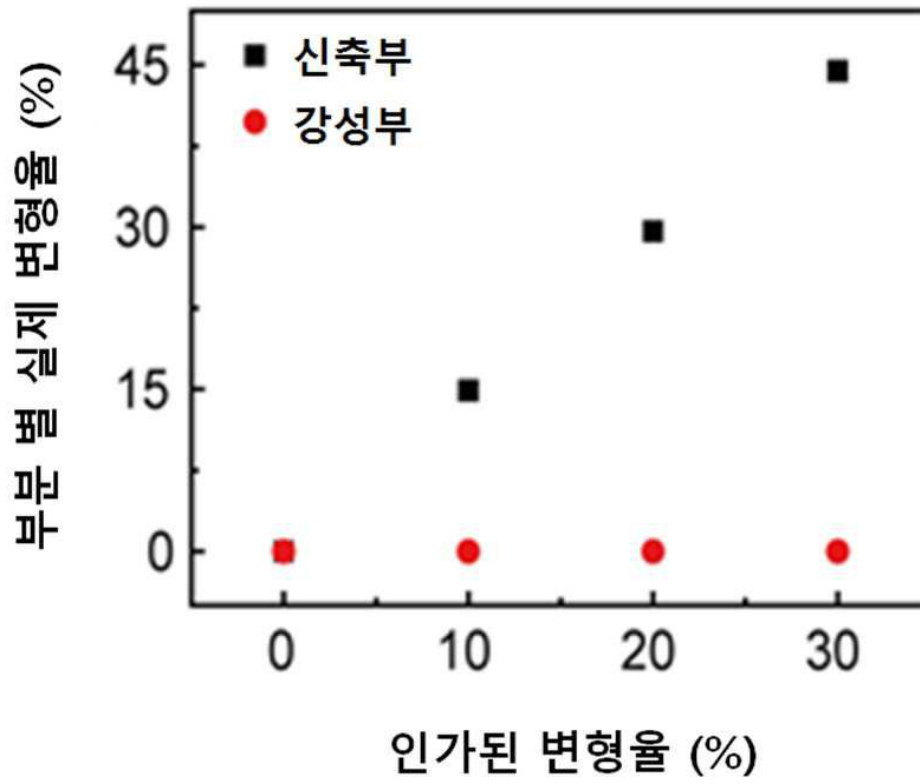
도면7



도면8



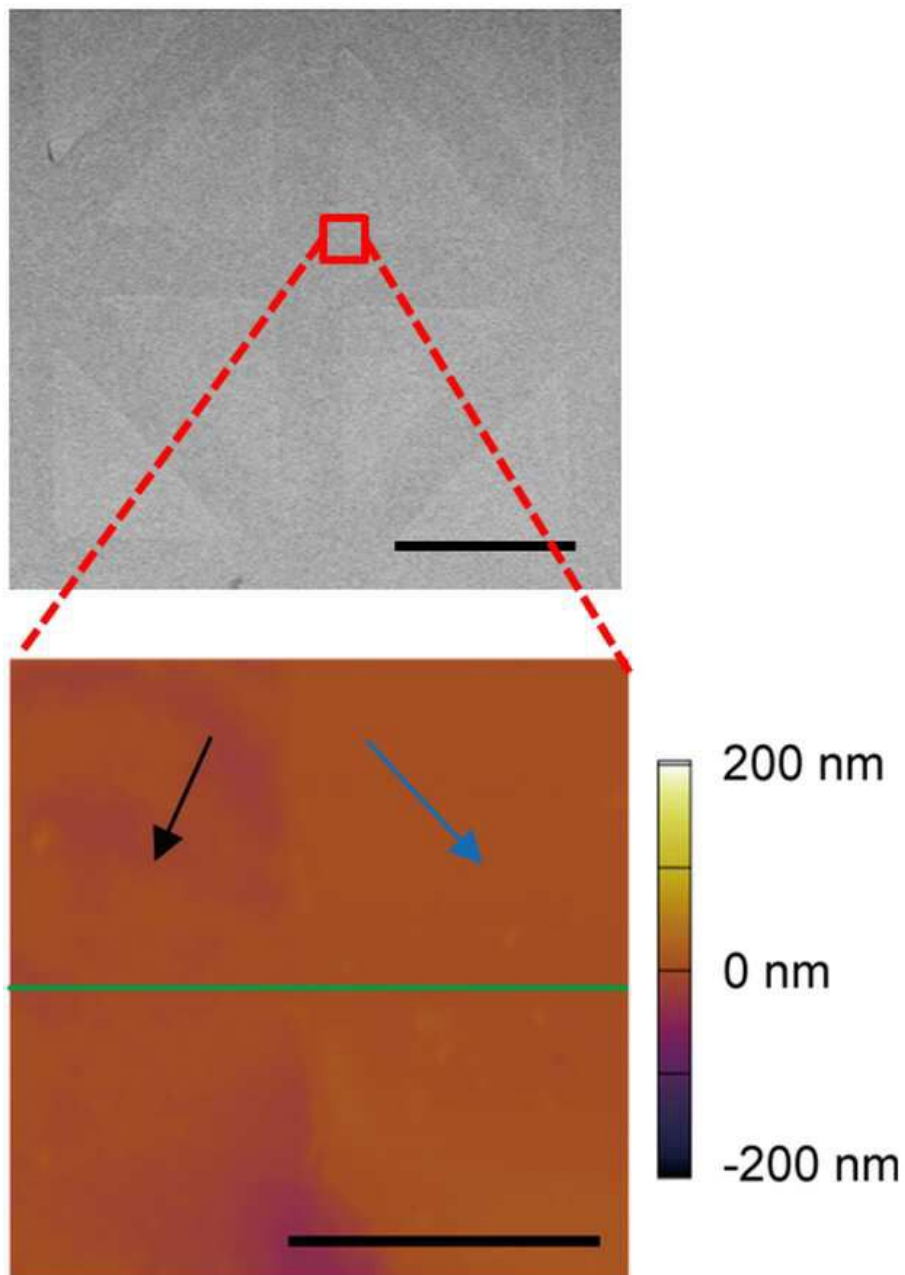
도면9



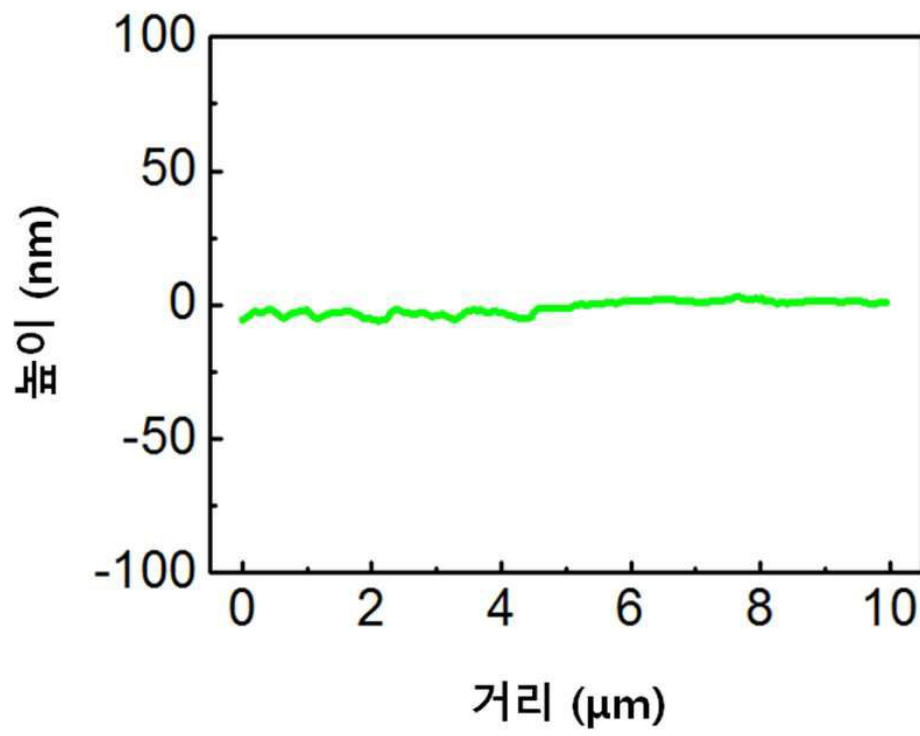
도면10



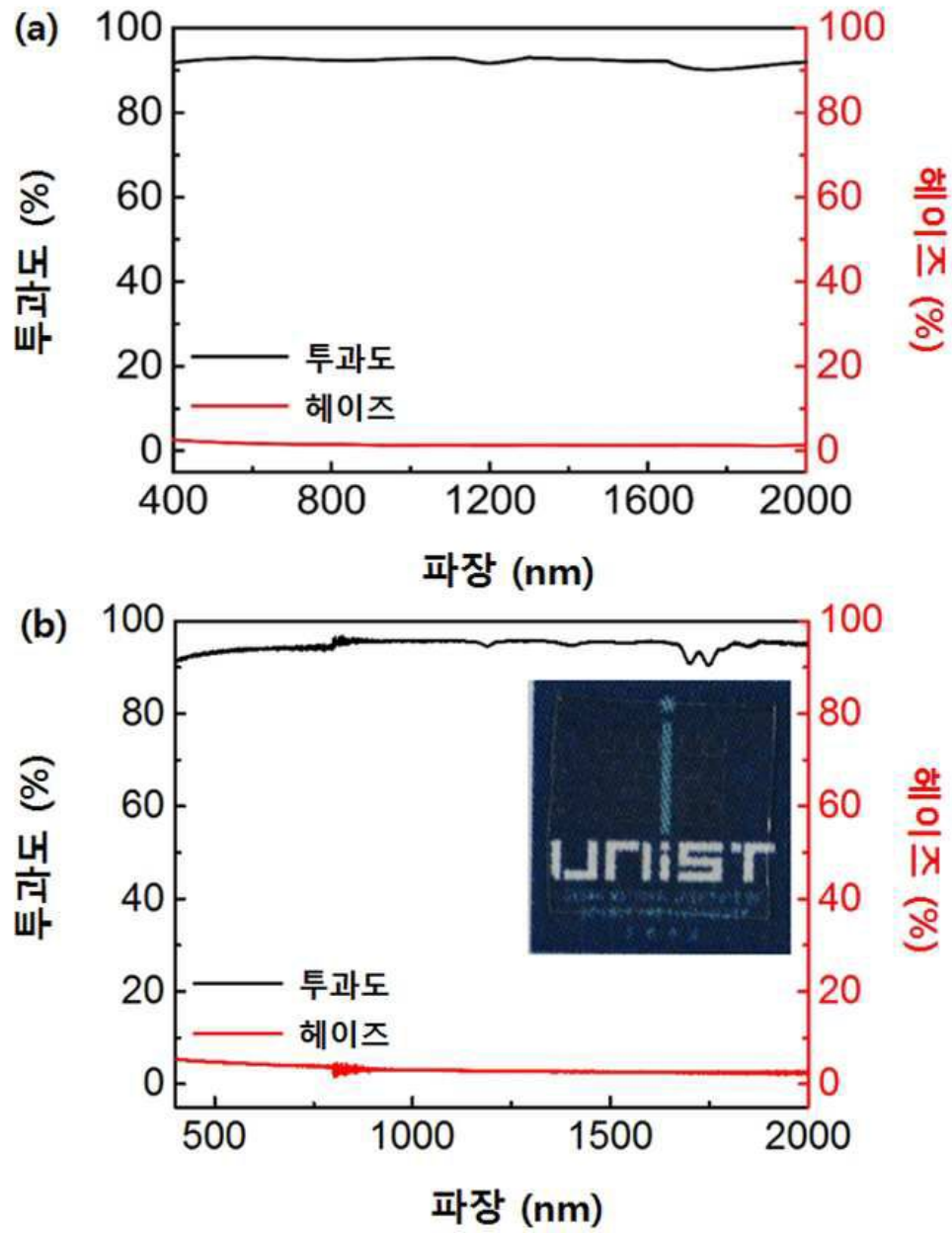
도면11



도면12



도면13



도면14

