



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0129856
(43) 공개일자 2014년11월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/1343 (2006.01) H01B 5/14 (2006.01)
C01B 31/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0048701
(22) 출원일자 2013년04월30일
심사청구일자 2013년04월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스
내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
강성준
서울 서초구 반포대로 275, 101동 2604호 (서
반포동, 래미안퍼스티지)
최석원
경기 용인시 기흥구 예현로 15, 106동 101호 (서
천동, 서그내마을에스케이아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
서재승

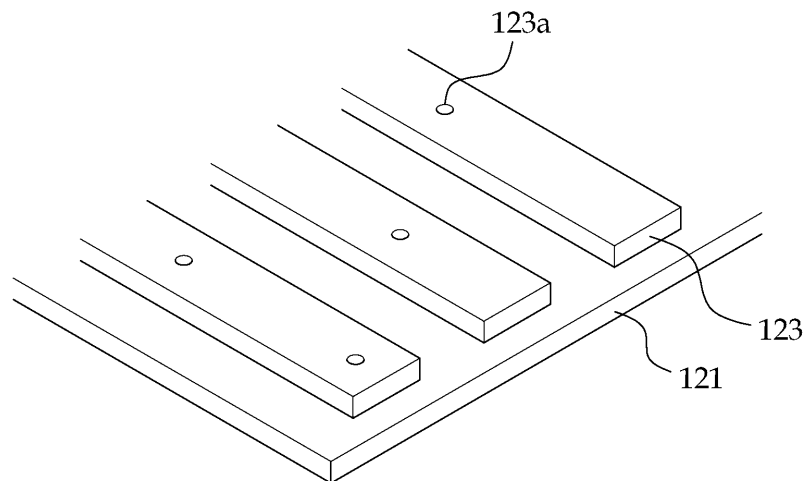
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 액정 디스플레이용 투명 전극 소자

(57) 요약

본 발명은 액정 디스플레이용 투명 전극 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 그래핀을 이용하여 투명 전극 소자를 형성하여 종래 ITO 투명전극보다 뛰어난 광학적 투과율을 가지며, 단층 그래핀 투명전극에 추가적으로 금속 그리드 또는 보완층을 형성하여 단층 그래핀 투명 전극의 형성 과정에서 발생하는 공극 결점으로 인한 전기적 특성 결함을 극복한 액정 디스플레이용 투명 전극 소자에 관한 것이다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

정용운

경기 의왕시 사그내4길 26, 201호 (고천동, 가든빌라)

박경원

경기 성남시 수정구 모란로 65, 103동 1205호 (수진동, 삼부아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0031640

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌 프론티어 사업 (나노기반 소프트 일렉트로닉스 연구)

연구과제명 신개념 소프트 소자 및 집적회로 아키텍처

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2011.09.29 ~ 2020.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

투명기관의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극을 포함하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 액정 디스플레이용 투명전극소자는

상기 투명기관과 상기 그래핀 투명 전극 사이에 상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 금속 그리드는

상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 서로 이격되어 적어도 2개 이상 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 액정 디스플레이용 투명전극소자는

상기 그래핀 투명 전극의 상면에 상기 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 보완층은

상기 그래핀 투명 전극의 상면에 형성된 제2 그래핀 투명 전극인 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 6

투명기관의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극;

상기 투명기관과 상기 그래핀 투명 전극 사이에 상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드; 및

상기 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 포함하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 금속 그리드는

상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 서로 이격되어 적어도 2개 이상 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이용 투명전극소자.

청구항 8

상부 투명기관과, 상기 상부 투명기관의 일면에 형성되어 있는 상부 투명전극소자와, 상기 상부 투명전극소자의 일면에 형성되어 있는 상부 배향판을 구비하는 상부 유닛;

상기 상부 배향판과 대향하여 이격 배치되는 하부 투명기관과, 상기 하부 투명기관의 일면에 형성되어 있는 하부 투명전극소자와, 상기 하부 투명전극소자의 일면에 형성되어 있는 하부 배향판을 구비하는 하부 유닛; 및

상기 상부 배향판과 상기 하부 배향판 사이에 배치되어 있는 액정층을 구비하며,

상기 상부 투명전극소자와 상기 하부 투명전극소자는 각각 상부 투명기관의 일면과 상기 하부 투명기관의 일면

에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극인 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 상부 투명전극소자 또는 하부 투명전극소자는 상기 그래핀 투명 전극의 하면에 상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 금속 그리드는

상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 서로 이격되어 적어도 2개 이상 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 상부 투명전극소자 또는 상기 하부 투명전극소자는 상기 그래핀 투명 전극의 상면에 상기 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 액정 디스플레이.

청구항 12

제 8 항에 있어서, 상기 상부 투명전극소자 또는 하부 투명전극소자는

상기 상부 투명기판 또는 하부 투명기판의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극;

상기 그래핀 투명 전극의 하면에 상기 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드; 및

상기 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 포함하는 액정 디스플레이.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 액정 디스플레이용 투명 전극 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 그래핀을 이용하여 투명 전극 소자를 형성하여 종래 ITO 투명전극보다 뛰어난 광학적 투과율을 가지며, 단층 그래핀 투명전극에 추가적으로 금속 그리드 또는 보완층을 형성하여 단층 그래핀 투명 전극의 형성 과정에서 발생하는 공극 결점으로 인한 전기적 특성 결함을 극복한 액정 디스플레이용 투명 전극 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 평판표시장치(Flat Panel Display)의 일종인 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD) 패널은 액체의 유동성과 결정의 광학적 성질을 겸비하는 액정(Liquid Crystal)에 전계를 인가하여 광학적 이방성을 변화시켜 얻어지는 명암의 차이로 화상을 얻는 장치로서, TN(Twisted Nematic), STN(Super TN), FLC(Ferroelectric LCD), TFT LCD 등이 사용되고 있다.

[0003] 이러한 액정 디스플레이 패널은 종래 음극선관에 비해 소비 전력이 낮고, 경박단소화가 용이하며 컬러화, 대형화 및 고정세화가 가능하여 사용되어지는 범위가 넓다.

[0004] 종래 액정 디스플레이 패널의 분해 사시도를 도시하고 있는 도 1을 참고로 설명하면, 액정 디스플레이 패널은 상부 유닛(10), 하부 유닛(20) 및 상부 유닛(10)과 하부 유닛(20)의 사이 공간에 주입되어 있는 액정층(30)을 구비하여 구성되어 있다. 상부 유닛(10)은 상부 유리기판(11), 상부 유리기판(11)의 하면에 형성된 상부전극(13) 및 상부전극(13)의 하면에 배치되어 있는 상부 배향판(15)을 구비하여 구성되며, 하부 유닛(20)은 하부 유리기판(21), 하부 유리기판(21)의 상면에 형성된 하부전극(23), 하부전극(23)의 상면에 배치되어 있는 하부 배향판(25)을 구비하여 구성된다.

[0005] 상부전극(13)과 하부전극(23)는 각각 서로 수직 교차하도록 가느다란 선이 일렬로 배열된 배선 패턴으로 형성되어 서로 수직으로 교차하는 위치를 화소 단위로 액정층에 전압을 인가하는 역할을 수행하는데, 투과율을 위하여

통상적으로 상부전극(13)과 하부전극(23)은 투명전극으로 형성된다.

[0006] 상부전극(13)과 하부전극(23)의 재질로 투명 전도성 산화물이 사용되는데, 투명 전도성 산화물은 높은 투과율과 낮은 비저항을 갖는 투명전극으로 다양한 소자에 널리 사용되고 있다. 투명 전도성 산화물은 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과율(85% 이상)과 낮은 비저항($1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$)을 동시에 갖는 산화물계의 축퇴된(degenerate) 반도체 전극을 총칭하는 것으로, 면저항 크기에 따라 정전기 방지막, 전자파 차폐 등의 기능성 박막과 평판 디스플레이, 태양전지, 터치 패널, 투명 트랜지스터, 플렉시블 광전소자, 투명 광전소자 등의 핵심 전극 재료로 사용되고 있다. 투명 산화물 전극으로 인듐 산화물에 10wt%의 주석산화물이 도핑된 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, 이하, 'ITO' 한다)이 대표적이다.

[0007] 그러나 ITO 투명전극의 경우 인듐 매장량의 한계와 최근 급격하게 성장하고 있는 평판 디스플레이, 태양전지, 터치 패널, LED 등의 시장 확대로 그 가격이 급상승하고 있으며, 이로 인해 ITO 투명전극을 사용하는 여러 디바이스의 제조 단가가 상승하는 문제점이 나타나고 있다.

[0008] 이러한 상황에서 ITO 투명전극을 대체할 물질로 최근 그래핀이 널리 연구되고 있다. 잘 알려진 바와 같이, 그래핀(graphene)은 탄소 원자들이 2차원 상에서 벌집 모양의 배열을 이루면서 원자 한 층의 두께를 갖는 전도성 물질이다. 그래핀은 3차원으로 쌓이면 흑연, 1차원적으로 말리면 탄소나노튜브, 공 모양이 되면 0차원 구조인 풀러렌(fullerene)을 이룬다.

[0009] 그래핀은 구조적으로 그리고 화학적으로도 매우 안정적일 뿐 아니라, 뛰어난 전도체로서 실리콘보다 100배 빠르게 전자를 이동시키고, 구리보다도 100배가량 더 많은 전류를 흐르게 할 수 있는 것으로 알려져 있으며 가시광선 영역에서 약 98%의 광학적 투과율을 가진다. 흑연으로부터 그래핀을 분리하는 방법이 발견되면서 그동안 예측되어 왔던 그래핀의 다양한 특성이 실험적으로 확인되고 있다.

[0010] 그래핀은 상대적으로 가벼운 원소인 탄소만으로 이루어져 1차원 혹은 2차원 나노패턴을 가공하기가 매우 용이하며, 이를 활용하면 반도체-도체 성질을 조절할 수 있다. 뿐만 아니라 탄소가 가지는 화학결합의 다양성을 이용해 센서, 메모리, 태양전지 등 광범위한 기능성 소자로 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 이루고자 하는 목적은 이러한 그래핀의 전기적 특성과 광학적 특성을 이용하여 액정 디스플레이용 투명전극소자를 제공하는 것으로, 보다 구체적으로 액정 디스플레이에서 종래 ITO 투명전극을 대체할 높은 투과도를 가지는 액정 디스플레이용 그래핀 투명 전극을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 그래핀 투명 전극에 보완층 또는 금속 그리드를 결합시켜 높은 투과도와 낮은 면저항을 가지는 액정 디스플레이용 그래핀 투명 전극을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자는 유리기관의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극을 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에서 액정 디스플레이용 투명전극소자는 유리기관과 그래핀 투명 전극 사이에 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드를 더 포함하는데, 바람직하게 금속 그리드는 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 서로 이격되어 적어도 2개 이상 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 다른 실시예에서 액정 디스플레이용 투명전극소자는 그래핀 투명 전극의 상면에 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 더 포함하는데, 바람직하게 보완층은 그래핀 투명 전극의 상면에 형성된 제2 그래핀 투명 전극인 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 실시예에서 액정 디스플레이용 투명전극소자는 유리기관의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극과, 유리기관과 그래핀 투명 전극 사이에 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드와, 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 포함한다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 디스플레이는 상부 유리기관과, 상부 유리기관의 일면에 형성되어 있는 상부 투명전극소자와, 상부 투명전극소자의 일면에 형성되어 있는 상부 배향판을 구비하는 상부 유닛과; 상부 배향판

과 대향하여 이격 배치되는 하부 유리기관과, 하부 유리기관의 일면에 형성되어 있는 하부 투명전극소자와, 하부 투명전극소자의 일면에 형성되어 있는 하부 배향판을 구비하는 하부 유닛과; 상부 배향판과 하부 배향판 사이에 배치되어 있는 액정층을 구비하는데, 상부 투명전극소자와 하부 투명전극소자는 각각 상부 유리기관의 일면과 하부 유리기관의 일면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극인 것을 특징으로 한다.

[0018] 바람직하게 상부 투명전극소자 또는 하부 투명전극소자는 상부 유리기관 또는 하부 유리기관의 상면에 배선 패턴으로 형성된 그래핀 투명 전극과, 그래핀 투명 전극의 하면에 그래핀 투명 전극의 배선 패턴을 따라 형성되는 금속 그리드와, 그래핀 투명 전극을 전기적으로 보완하는 보완층을 포함한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자는 다음과 같은 다양한 효과를 가진다.

[0020] 첫째, 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자는 그래핀을 이용하여 형성됨으로써, 종래 ITO 투명전극보다 뛰어난 광학적 투과율을 가진다.

[0021] 둘째, 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자는 저렴한 탄소 기반의 그래핀을 이용하여 제조됨으로써, 수급 문제를 가지는 ITO 투명전극을 대체하여 제조 비용을 낮출 수 있다.

[0022] 셋째, 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자는 단층 그래핀 투명전극에 추가적으로 금속 그리드 또는 보완층을 형성함으로써, 단층 그래핀 투명 전극의 형성 과정에서 발생하는 공극 결점으로 인한 전기적 특성 결함을 극복할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래 액정 디스플레이 패널의 분해 사시도를 도시하고 있다.

도 2는 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자를 이용한 액정 디스플레이 패널의 분해 사시도를 도시하고 있다.

도 3은 본 발명에 따른 하부전극의 제1 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 하부전극의 제2 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 하부전극의 제3 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 하부전극의 제3 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 기준 샘플의 광학적 특성과 전기적 특성을 나타낸 도면이다.

도 8은 기준 샘플과 비교 샘플의 구동 편광이미지를 도시하고 있다.

도 9는 기준 샘플과 비교 샘플의 전계에 따른 투과율을 나타낸 그래프이다.

도 10은 기준 샘플과 비교 샘플의 응답속도를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 그래핀은 탄소 원자가 벌집 모양의 구조를 가지고 만들어진 2차원 물질로 매우 얇으며 투명한 반금속성 물질이다. 이론적으로 $200,000 \text{ cm V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 의 전자이동도와 $30 \text{ } \Omega/\text{square}$ 의 면저항 등 뛰어난 전기적 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 또한 가시영역에서 550nm기준 2.3%정도의 입사광만을 흡수하는 등 ITO 투명전극과 비교하였을 때 더 높은 광학적 투과율을 갖기 때문에 광학 디바이스로의 적용이 활발히 연구되고 있다.

[0025] 본 발명은 이러한 그래핀의 전기적 특성과 광학적 특성을 이용하여 액정 디스플레이용 투명전극소자를 제안한다.

[0026] 도 2는 본 발명에 따른 액정 디스플레이용 투명전극소자를 이용한 액정 디스플레이 패널의 분해 사시도를 도시하고 있다.

[0027] 도 2를 참고로 살펴보면, 본 발명에 따른 액정 디스플레이 패널은 상부 유닛(110), 하부 유닛(120) 및 상부 유닛(110)과 하부 유닛(120)의 사이 공간에 주입되어 있는 액정층(130)을 구비하여 구성되어 있다. 상부 유닛

(110)은 상부 유리기관(111), 상부 유리기관(111)의 하면에 형성된 상부전극(113) 및 상부전극(113)의 하면에 배치되어 있는 상부 배향판(115)을 구비하여 구성되며, 하부 유닛(120)은 하부 유리기관(121), 하부 유리기관(121)의 상면에 형성된 하부전극(123), 하부전극(123)의 상면에 배치되어 있는 하부 배향판(125)을 구비하여 구성된다. 상부 유리기관(111) 또는 하부 유리기관(121) 대신 다양한 투명기관이 사용될 수 있으며, 이는 본 발명의 범위에 속한다.

[0028] 상부전극(113)과 하부전극(123)는 각각 서로 수직 교차하도록 가느다란 선이 일렬로 배열된 배선 패턴으로 형성되어 서로 수직으로 교차하는 위치를 화소 단위로 액정층(130)에 전압을 인가하는 역할을 수행하는데, 상부전극(113)과 하부전극(123)은 그래핀 투명 전극으로 형성된다. 상부전극(113)과 하부전극(123)은 그 구성은 동일하며, 다만 배치되어 있는 위치만 서로 상이할 뿐이므로 이하 하부전극(123)에 대해 설명하며 상부전극(113)은 하부전극(123)과 동일하게 적용된다.

[0029] 도 3에 도시되어 있는 본 발명에 따른 하부전극(123)의 제1 실시예는 구리호일에서 화학기상증착(chemical vapor deposition, CVD) 방식으로 성장된 그래핀 투명 전극을 하부 유리기관(121)에 전사하여 형성되는데, 하부전극(123)은 일렬로 배열된 배선 패턴으로 형성된 단층 그래핀 투명 전극이다. 본 발명이 적용되는 분야에 따라 그래핀을 성장시키는 방법은 화학기상증착 방식 이외에 크게 흑연 결정으로부터의 박리(exfoliation)를 이용한 방법, 고온에서 결정에 흡착되어 있거나 포함되어 있던 탄소가 표면의 결을 따라 그래핀으로 성장되는 에피택시(epitaxy) 합성법 등이 사용될 수 있으며 이는 본 발명의 범위에 속한다.

[0030] 도 4에 도시되어 있는 본 발명에 따른 하부전극(123)의 제2 실시예를 살펴보면, 하부전극(123)의 상면에 하부전극(123)의 전기적 결함을 보완하기 위한, 전도성을 가지는 보완층(126)이 형성되어 있다. 단층 그래핀 투명 전극으로 하부전극(123)을 형성하는 과정에서 하부전극(123)의 일부 영역에 공극 결점(123a)이 발생할 수 있으며, 이러한 공극 결점(123a)으로 인하여 형성된 하부전극(123)의 전기적 특성 효율이 낮아지는 문제점이 발생한다. 보완층(126)은 하부전극(123)의 상면에 형성되어 공극 결점(123a)으로 인해 하부전극(123)의 전기적 특성 효율이 낮아지는 것을 방지하며, 하부전극(123)의 사용 과정에서 발생하는 하부전극(123)의 박리로 인한 오동작을 방지할 수 있다. 바람직하게, 보완층(126)은 하부전극(123)과 동일한 방식으로 하부전극(123)의 하면에 형성된 단층 그래핀 투명 전극이다.

[0031] 한편, 도 5에 도시되어 있는 본 발명에 따른 하부전극(123)의 제3 실시예를 살펴보면, 하부전극(123)의 전기적 결함을 보완하기 위한 금속 그리드(127)가 하부전극(123)의 하면, 즉 하부 유리기관(121)과 하부전극(123)의 사이에 형성되어 있다. 금속 그리드(127)는 하부전극(123)의 배선 패턴을 따라 형성되는데 하부전극(123)의 폭보다 작은 폭으로 형성된다. 금속 그리드(127)를 하부전극(123)의 상면 대신 하부 유리기관(121)과 하부전극(123) 사이에 형성하여 하부전극(123)의 표면 균일도를 향상시키는 동시에 금속 그리드(127)가 하부전극(123)에 의해 감싸져 금속 그리드(127)가 박리되는 것을 방지하며 하부전극(123)의 공극 결점(123a) 또는 사용 과정에서 발생하는 하부전극(123)의 박리로 인한 오동작을 방지할 수 있다. 바람직하게, 금속 그리드(127)는 하부전극(123)의 배선 패턴을 따라 서로 이격되어 적어도 2개 이상 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

[0032] 도 6에 도시되어 있는 본 발명에 따른 하부전극(123)의 제4 실시예를 살펴보면, 하부전극(123)의 전기적 결함을 보완하기 위한 금속 그리드(127)가 하부전극(123)의 하면, 즉 하부 유리기관(121)과 하부전극(123)의 사이에 형성되어 있으며, 하부전극(123)의 상면에 하부전극(123)의 전기적 결함을 보완하기 위한, 전도성을 가지는 보완층(126)이 형성되어 있다. 보완층(126)과 금속 그리드(127)의 이중구조를 통해 투과율이 높으며 전기적 특성이 우수한 그래핀 투명 전극을 제조할 수 있다.

[0033] 1. 샘플 준비

[0034] 본 발명에 따른 그래핀 투명 전극의 성능을 테스트하기 위하여 본 발명에 따른 액정 디스플레이 패널의 기준 샘플을 제작하는 과정에 대해 설명한다.

[0035] 가. 기준 샘플 1

[0036] 기준 샘플1은 서로 대향 배치되어 있는 상부 유닛과 하부 유닛, 상부 유닛과 하부 유닛 사이에 주입되어 있는 액정층을 구비하여 구성되는데, 먼저 상부 유닛을 제조하는 과정에 대해 설명한다. 세척한 상부 유리기관 위에

화학기상증착(CVD) 방식으로 성장시킨 그래핀을 전사한다. 성장된 그래핀을 원하는 기판으로 전사하는 방식은 다양한 방식이 사용될 수 있는데, 본 발명에서는 니켈(Ni) 또는 구리(Cu) 금속 위에 성장된 그래핀을 PDMS(Polydimethylsiloxane) 또는 PMMA(Poly Methylmethacrylate)을 지지층으로 활용하여 금속을 식각하여 전사하는 방식을 사용하였다.

[0037] 보다 구체적으로 살펴보면, 300nm Ni 또는 700nm Cu가 증착된 SiO₂/Si 기판을 퀴즈(quartz) 튜브에 넣고 상압 H₂ 가스 분위기 하에서 1000℃까지 온도를 상승시킨다. Ni의 경우는 CH₄:H₂:Ar=250:325:1000sccm의 비율로, Cu의 경우는 CH₄:H₂:He=50:15:1000sccm의 비율로 5분간 처리한 후 상온에서 냉각(quenching)시켜 그래핀을 형성한다. 이렇게 형성된 그래핀 위에 PDMS 또는 PMMA와 열방출 테이프를 사용하여 지지층을 형성한다. 이후 지지층을 물에 담그어 금속과 SiO₂를 분리시킨 후 FeCl₃ 용액에 담그어 금속층을 식각시킨다. 이후 상부 유리기판에 그래핀을 전사시킨다.

[0038] 그래핀이 전사된 상부 유리기판 끝부분에 전극의 납땜(soldering)을 원활하게 하기 위해서 Al 40nm를 열증착장비(thermal evaporator)를 이용하여 증착하였다. 상부 배향막 형성을 위하여 그래핀이 전사된 상부 유리기판에 폴리이미드(Polyimide)를 2000rpm에서 20초 코팅해준 후 100℃에서 1분 동안 1차 어닐링(Annealing)한 후, 2차로 200℃에서 20분 어닐링하고 러빙(rubbing) 공정을 진행하여 상부 유닛을 제조한다.

[0039] 앞서 설명한 방식과 동일하게 하부 유닛을 제조한다. 에폭시(epoxy)와 5μm 스페이서를 섞어 상부 배향막의 모서리에 찍어준 후 상부 유닛과 하부 유닛을 배향방향을 고려하여 합착하고, 셀 갭을 형성하여 자외선 경화를 하였으며 합착된 셀에 TN(Twistered Nematic)액정을 주입한다. 마지막으로 본 발명에 따른 액정 디스플레이 패널 샘플의 전기적 특성과 광학적 측정을 위한 인듐전극을 납땜한다.

[0040] 기준 샘플에 대한 전기적 특성/광학적 특성을 비교하기 위한 비교 샘플은 앞서 설명한 기준 샘플에서 상부전극과 하부전극을 종래 상용 ITO 투명전극으로 대체하여 제작하였다.

[0041] 나. 기준 샘플 2(보완층을 구비하는 샘플)

[0042] 기준 샘플2도 기준 샘플1과 동일하게 서로 대향 배치되어 있는 상부 유닛과 하부 유닛, 상부 유닛과 하부 유닛 사이에 주입되어 있는 액정층을 구비하여 구성되며, 먼저 상부 유닛을 제조하는 과정에 대해 설명한다. 앞서 설명한 방식과 동일하게 그래핀을 성장, 상부 유리기판에 전사시킨다. 이후 그래핀이 전사된 상부 유리기판에 동일한 방식으로 공극 결점을 보완하기 위한 그래핀 보완층을 한층 더 전사시킨다.

[0043] 그래핀이 두 번 전사된 상부 유리기판에 기준 샘플1과 동일한 공정을 진행하여 상부 유닛을 제조한다.

[0044] 앞서 설명한 상부 유닛의 제조 공정과 동일하게 하부 유닛을 제조한다.

[0045] 다. 기준 샘플 3(금속 그리드를 구비하는 샘플)

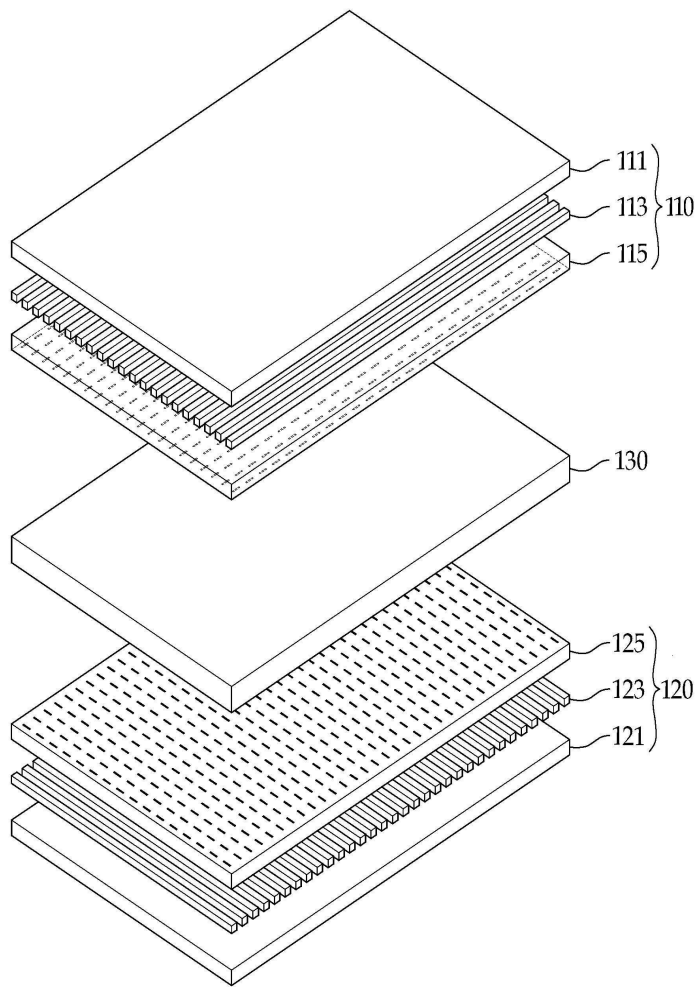
[0046] 기준 샘플3의 상부 유닛을 제조하는 과정에 대해 설명한다. 세척한 상부 유리기판 위에 금속 그리드를 형성하고 그 위에 그래핀을 전사시킨다. 금속 그리드를 형성하는 방법에는 다양한 방법이 사용될 수 있는데 본 발명에서는 먼저 자외선에 의해 경화되는 수지를 도포, 감광층을 형성하고 포토리소그래피 방식으로 패터닝된 감광층위에 금속을 증착한 후 남은 감광층을 박리함으로써 금속 그리드를 남기는 리프트-오프 방식을 사용하였다.

[0047] 보다 구체적으로 살펴보면, 먼저 포토레지스트(photoresist)를 4000rpm으로 1분간 스핀코팅하고 100에서 1분간 베이킹(baking)하여 감광층을 형성한다. 이렇게 형성된 감광층에 포토마스크의 그리드 패턴대로 자외선을 선택적으로 조사하여 경화시킨다. 감광층의 비중합(depolymerized) 부분은 현상액(developer)으로 제거한다. 중합화 부분이 금속 증착에 있어서의 마스크로서 작용한다. 비중합 부분이 제거된 감광층위에 Ag 50nm를 열증착장비(thermal evaporator)를 이용하여 증착하고 최후에 감광층의 중합화 부분을 제거하여 금속 그리드를 형성시킨다. 이후 금속 그리드가 형성된 상부 유리기판에 그래핀을 전사시킨다.

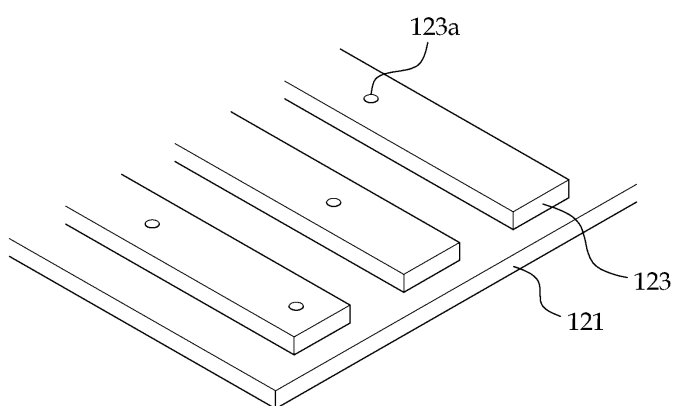
[0048] 금속 그리드위에 그래핀이 전사된 상부 유리기판에 기준 샘플1과 동일한 공정을 진행하여 상부 유닛을 제조한다.

- [0049] 앞서 설명한 상부 유닛의 제조 공정과 동일하게 하부 유닛을 제조한다.
- [0050] 라. 기준 샘플 4(보완층과 금속 그리드를 구비하는 샘플)
- [0051] 기준 샘플4의 상부 유닛을 제조하는 과정에 대해 설명한다. 세척한 상부 유리기관 위에 금속 그리드를 형성하고 그 위에 성장시킨 그래핀을 전사시킨다. 이후 그래핀이 전사된 상부 유리기관에 동일한 방식으로 공극 결점을 보완하기 위한 그래핀 보완층을 한층 더 전사시킨다. 앞서 설명한 상부 유닛의 제조 공정과 동일하게 하부 유닛을 제조한다.
- [0052] 2. 기준 샘플과 비교 샘플의 전기적 특성과 광학적 특성 측정
- [0053] 기준 샘플과 비교 샘플의 광학적 특성을 평가하기 위하여 UV/visible spectrometer(Lambda 35, Perkin Elmer)를 이용하여 가시광선 영역 내에서 투과율을 측정하였다. 한편, 기준 샘플의 전기적 특성과 비교 샘플의 전기적 특성은 4-point probe method(line-type, Dasol Eng.)를 이용하여 면저항을 측정하였다. 기준 샘플과 비교 샘플의 전압-투과도와 응답속도는 Electro-optic characteristics Measurement System (LCMS-200M, Sesim)으로 측정하였고, 기준 샘플과 비교 샘플의 전압보전율(VHR)은 Voltage Holding Ratio Measurement System으로 측정하여 전극의 신뢰성을 평가하였으며 편광 광학현미경(BX51, Konvision)을 이용하여 구동전압에 따른 기준 샘플과 비교 샘플의 편광이미지를 관측함으로써 전기-광학적 특성을 알아보았다.
- [0054] 3. 실험결과 및 평가
- [0055] 도 7(a)는 기준 샘플1, 2, 3, 4의 투명 전극과 비교 샘플의 투명 전극의 가시광선 영역 내에서 광학적 투과율 측정한 결과를 나타낸 그래프이며, 도 7(b)는 기준 샘플1, 2, 3, 4의 투명 전극과 비교 샘플의 면저항을 나타낸 표이다. 액정의 편광특성을 최소화하기 위하여 전계를 걸어주고 측정하였다.
- [0056] 기준 샘플1, 2, 3는 비교 샘플과 비교하여 상대적으로 높은 면저항을 갖지만 가시광선 영역 내에서 높은 광학적 투과율을 가짐을 확인할 수 있다. 한편, 기준 샘플4와 비교 샘플을 비교하는 경우 기준 샘플4는 비교 샘플과 거의 동일한 면저항을 가지며 가시광선 영역 내에서 비교샘플과 유사한 광학적 투과율을 가짐을 확인할 수 있다.
- [0057] 도 8(a) 내지 도 8(d)는 기준 샘플1의 구동 편광이미지이며, 도 8(e) 내지 도 8(h)는 비교 샘플의 구동 편광이미지이다. 애널라이저(Analyzer)와 편광판(polarizer)는 직교니콜의 상태로 관측하였다. 전계가 높아짐에 따라 변하는 편광이미지를 통하여 기준 샘플1과 비교 샘플이 정상적으로 TN 액정 디스플레이 패널로서 동작함을 볼 수 있다.
- [0058] 도 9(a)는 전계에 따른 투과율을 나타낸 그래프로, 측정장비에서 입사하는 레이저 광선이 오프(off) 상태(normal white)의 샘플을 투과하여 검출되는 정도(V)를 기준으로 퍼센트(%)로 환산하였다. 기준 샘플1은 비교 샘플과 비교하여 108%의 투과율을 가지며, 기준 샘플2는 비교 샘플과 비교하여 103%의 투과율을 가져, 기준 샘플1, 2 모두 비교 샘플보다 우수한 전기-광학적 특성을 나타냄을 확인할 수 있다. 도 8(b)는 기준 샘플1, 2과 비교 샘플의 전압 보전율(Voltage Holding Ratio)을 측정한 그래프로 기준 샘플1, 2와 비교 샘플의 전압 보전율에 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다. 여기서 전압 보전율은 샘플에 신호전압이 인가된 뒤 다음신호전압이 들어올 때까지 전압을 유지하는 시간율을 의미한다.
- [0059] 도 10은 기준 샘플과 비교 샘플의 응답속도를 측정한 결과를 나타낸 것이다.
- [0060] 10%투과율에서 90%투과율 사이를 응답속도(response time)를 정의하였다. 도 10(a)는 전계를 걸어 기준 샘플1, 2과 비교 샘플의 off-on 상태의 응답속도를 측정한 결과이며, 도 10(b)는 기준 샘플1, 2와 비교 샘플에서 전계를 제거하여 on-off 상태에서의 응답속도를 측정한 결과이다. 비교 샘플이 기준 샘플1, 2보다 전반적으로 빠른

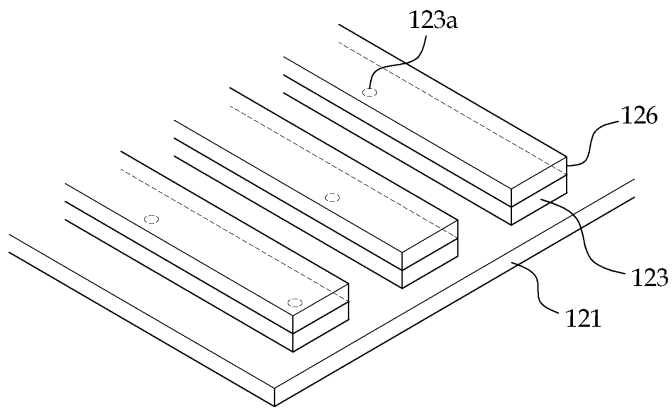
도면2



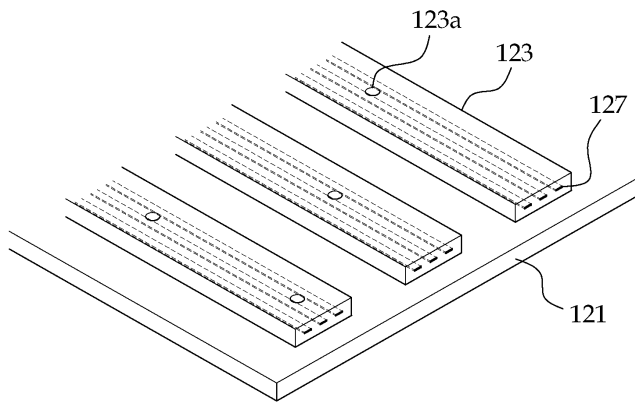
도면3



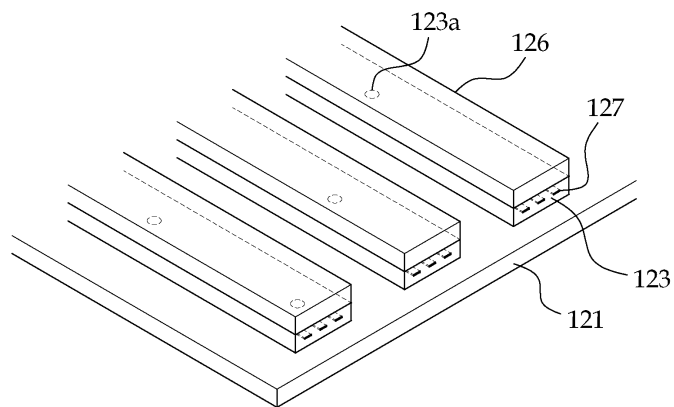
도면4



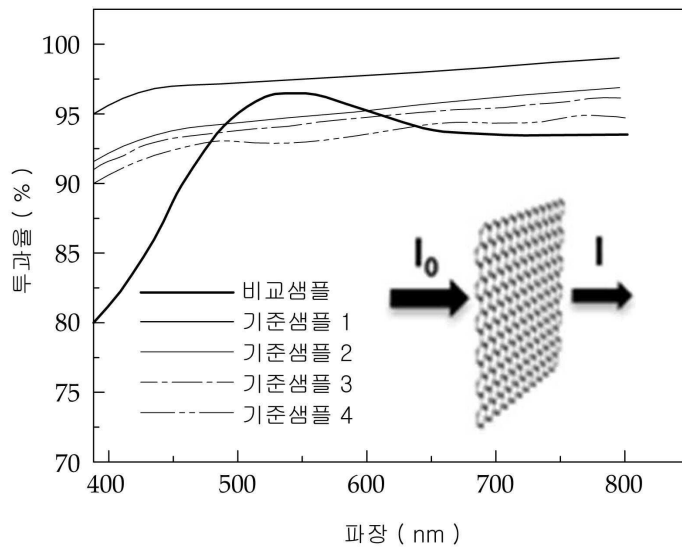
도면5



도면6



도면7

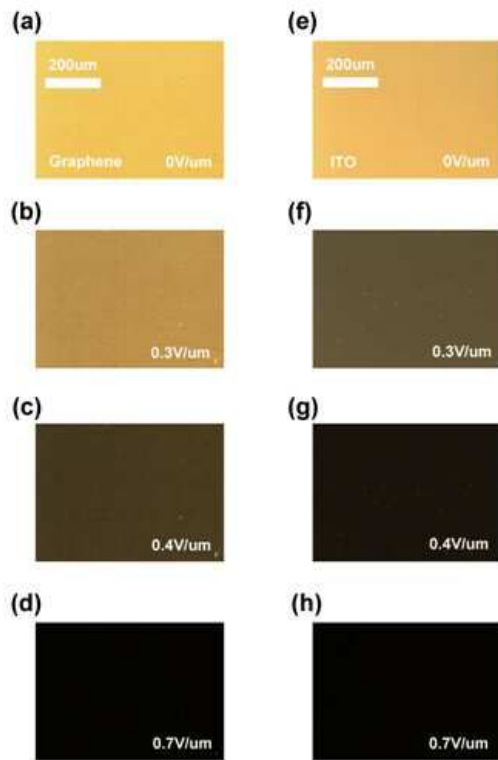


(a)

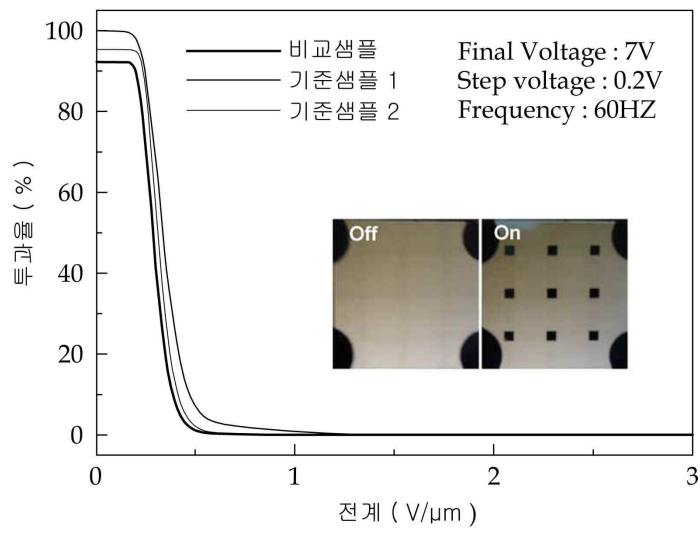
면저항	
기준샘플 1	$580 \pm 35 \Omega/\square$
기준샘플 2	$334 \pm 13 \Omega/\square$
기준샘플 3	$306 \pm 11 \Omega/\square$
기준샘플 4	$22.7 \pm 0.2 \Omega/\square$
비교샘플	$21.3 \pm 0.2 \Omega/\square$

(b)

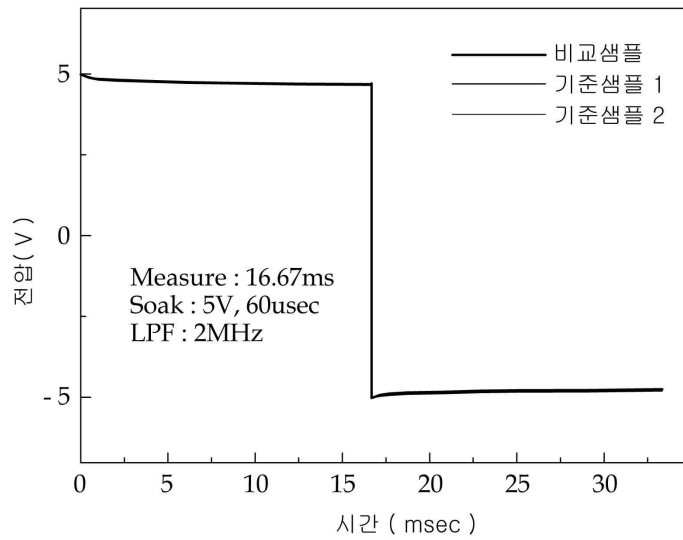
도면8



도면9

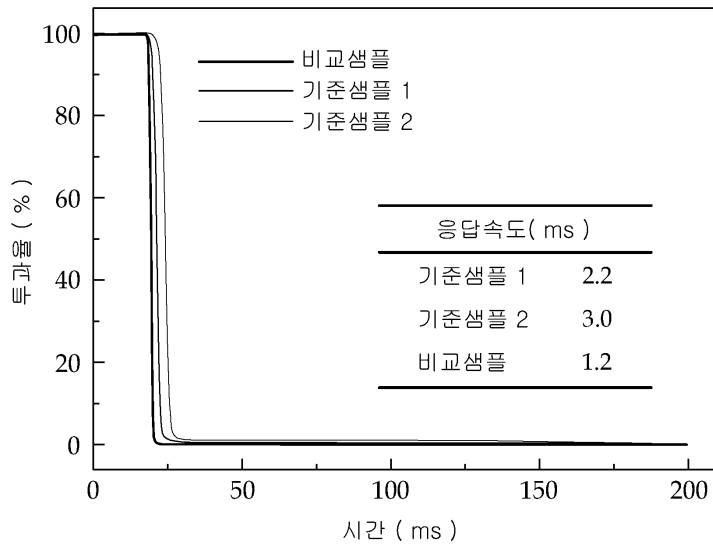


(a)

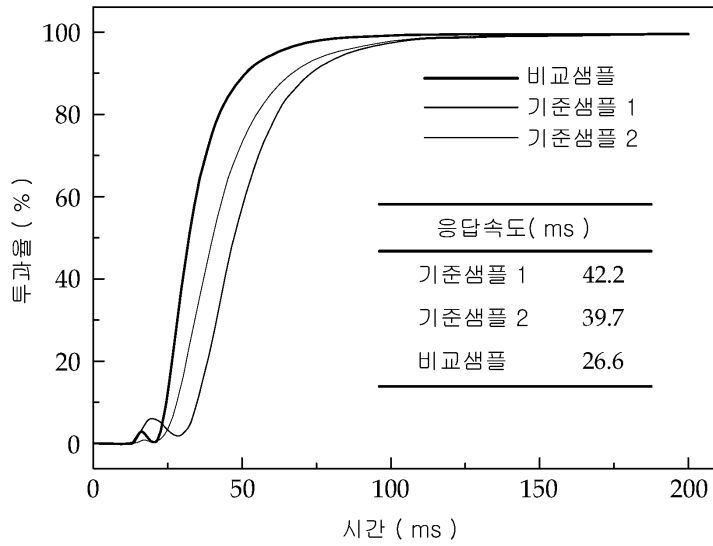


(b)

도면10



(a)



(b)