(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월24일
(11) 등록번호 10-1571317
(24) 등록일자 2015년11월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 59/04 (2006.01) *H01B 5/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0093136(분할)
(22) 출원일자 2014년07월23일
심사청구일자 2015년10월05일
(65) 공개번호 10-2014-0108503
(43) 공개일자 2014년09월11일
(62) 원출원 특허 10-2013-0046268
원출원일자 2013년04월25일
심사청구일자 2013년04월25일
(30) 우선권주장
1020120043147 2012년04월25일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR101051448 B1
KR1020110090397 A

(73) 특허권자
그래핀스퀘어 주식회사
서울특별시 금천구 벚꽃로 298, 제3층 제313호(가산동, 대륭포스트타워6차)
(72) 발명자
홍병희
서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성동)
한정희
서울특별시 금천구 금하로 816, 523동 809호 (시흥동, 벽산5단지아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

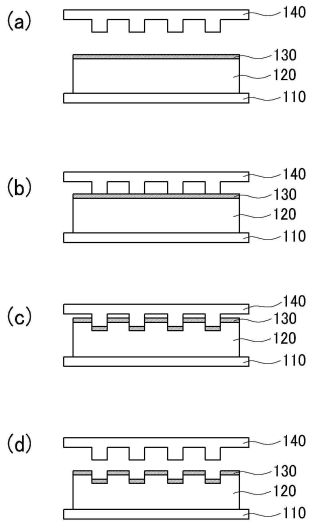
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김동훈

(54) 발명의 명칭 **핫엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법**

(57) 요 약

본원은, 고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계; 및, 핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀의 패터닝 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10044410
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	그래핀 소재 · 부품기술개발사업
연구과제명	900x1600 ㎟ 급 대면적 1 ㎚이하 초박막 그래핀 합성기술 및 그래핀 유연 터치패널 상용화
기 여 율	1/1
주관기관	한화테크윈주식회사
연구기간	2013.05.01 ~ 2019.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계; 및,

핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 핫엠보싱 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계는, 나노 패턴이 형성된 핫 몰드를 상기 그래핀 층에 접촉시켜 가열 및 가압하는 것을 포함하고,

상기 가열은 60℃ 이상 500℃ 미만의 온도에서 수행되는 것인,

그래핀의 패터닝 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계는, 나노 패턴이 형성된 롤투롤 (roll-to-roll) 핫 몰드를 상기 그래핀 층에 접촉시켜 가열 및 가압하는 것을 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 기재는 폴리아릴레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리실란(polysilane), 폴리실록산(polysiloxane), 폴리실라잔(polysilazane), 폴리에틸렌(PE), 폴리카르보실란(polycarbosilane), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate), 폴리메틸아크릴레이트(polymethylacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸아크릴레이트(polyethylacrylate), 사이클릭 올레핀 코폴리머(COC), 폴리에틸메타크릴레이트(polyethylmetacrylate), 사이클릭 올레핀 폴리머(COP), 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리스타이렌(PS), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리아세탈(POM), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에스테르설폰(PES), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF), 퍼플루오로알킬 고분자(PFA), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 기재는 열경화성 고분자를 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 열경화성 고분자는 PDMS(Polydimethylsiloxane), PMMA(Poly(methylmethacrylate)), 폴리이미드(Polyimide, PI), PVDF(Polyvinylidene fluoride), 및 이들의 조합들로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 기재는 경성(hard) 지지체 상에 형성된 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 경성 지지체는 실리콘 웨이퍼, 유리, 석영, 또는 금속을 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계에 있어서, 상기 그래핀 층에 접촉되는 상기 롤투롤 핫몰드에 형성된 나노패턴의 돌출부에 의하여 상기 그래핀 층이 절개되어 상기 그래핀 층의 하부의 상기 고분자 기재 상에 형성된 나노패턴의 돌출부와 함몰부 상에 각각 상기 절개된 그래핀이 존재하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계는, 화학기상증착법에 의하여 형성된 그래핀 시트를 형성된 상기 고분자 기재 상으로 전사하는 것을 포함하는 것인, 그래핀의 패터닝 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본원은, 핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 탄소 원자들로 구성된 저차원 나노물질로는 풀러렌(fullerene), 탄소나노튜브(Carbon Nanotube), 그래핀(graphene), 흑연(Graphite) 등이 존재한다. 즉, 탄소 원자들이 6 각형 모양의 배열을 이루면서 공 모양이 되면 0 차원 구조인 풀러렌, 1 차원적으로 말리면 탄소나노튜브, 2 차원상에서 원자 한 층으로 이루어지면 그래핀, 3 차원으로 쌓이면 흑연으로 구분을 할 수 있다.

[0003] 특히, 그래핀은 전기적/기계적/화학적인 특성이 매우 안정적이고 뛰어날 뿐 아니라 우수한 전도성 물질로서 실리콘보다 100 배 빠르게 전자를 이동시키며 구리보다도 약 100 배 가량 더 많은 전류를 흐르게 할 수 있는데, 이는 2004 년 흑연으로부터 그래핀을 분리하는 방법이 발견되면서 실험을 통하여 증명되었으며 현재까지 많은 연구가 진행이 되고 있다.

[0004] 그래핀은 상대적으로 가벼운 원소인 탄소만으로 이루어져 1 차원 또는 2 차원 나노패턴을 가공하기가 매우 용이하다는 장점이 있으며, 이를 활용하면 반도체-도체 성질을 조절할 수 있을 뿐 아니라 탄소가 가지는 화학결합의 다양성을 이용해 센서, 메모리 등 광범위한 기능성 소자의 제작도 가능하다.

[0005] 한편, 상기한 바와 같은 그래핀의 뛰어난 전기적/기계적/화학적 성질에도 불구하고 그 동안 대량 합성법이 개발되지 못했기 때문에 실제 적용 가능한 기술에 대한 연구는 매우 제한적이었다. 종래의 대량 합성법은 주로 흑연을 기계적으로 분쇄하여 용액 상에 분산시킨 후 자기조립 현상을 이용해 박막으로 만드는 것이었다. 비교적 저렴한 비용으로 합성이 가능하다는 장점이 있지만 수많은 그래핀 조각들이 서로 겹치면서 연결된 구조로 인해

전기적, 기계적 성질은 기대에 미치지 못했다.

[0006] 또한, 최근 급격히 늘어난 평판 디스플레이의 수요로 인해 세계 투명전극 시장은 향후 10 년 안에 20 조원 대로 성장할 것으로 예상된다. 디스플레이 산업이 발전한 우리나라의 특성상 해마다 국내 수요도 수천 억원에 이르지만 원천기술의 부족으로 대부분 수입에 의존하고 있다. 대표적인 투명전극인 인듐주석산화물(Indium Tin Oxide; ITO)은 디스플레이, 터치스크린, 태양전지 등에 광범위하게 응용되고 있지만 최근 인듐의 고갈로 인해 단가가 상승하면서 대체물질의 시급한 개발이 요구되어 왔다. 또한 깨어지기 쉬운 ITO의 특성으로 인해 접거나 휘거나 늘릴 수 있는 차세대 전자제품에의 응용이 큰 제약을 받아왔다. 이에 반해, 그래핀은 뛰어난 신축성, 유연성 및 투명도를 동시에 가지면서도 상대적으로 간단한 방법으로 합성 및 패터닝이 가능하다는 장점을 가질 것으로 예측되었다. 이러한 그래핀 전극은 향후 대량 생산기술 확립이 가능한 경우 수입대체 효과뿐 아니라 차세대 플렉시블 전자산업 기술 전반에 혁신적인 파급을 미칠 것으로 예상된다.

[0007] 그러나 이와 같은 방법으로 그래핀이 형성된 기판(기재)을 제조하게 되면, 소자 제작용 기판의 원하는 위치에 그래핀을 위치시키는 것이 용이치 않으며 또한, 소자 제작용 기판에 그래핀을 형성시키는 경우 레지스트의 사용, 리프트-오프 공정 등이 필요하여 패터닝 과정이 복잡하고 비경제적이다 [대한민국 공개특허 10-2011-0054386 참고].

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본원은, 핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본원의 제 1 측면은, 고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계; 및, 핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀의 패터닝 방법을 제공할 수 있다.

[0011] 본원의 제 2 측면은, 상기 본원의 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 형성된 그래핀 나노 패턴을 제공할 수 있다.

[0012] 본원의 제 3 측면은, 상기 본원의 제 2 측면에 따른 그래핀 나노 패턴을 포함하는 표시 소자를 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본원에 따른 상기 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법은 레지스트를 사용할 필요가 없으며 리프트-오프 공정이 필요없는 간단하고 경제적인 공정에 의하여 그래핀의 나노패터닝을 용이하게 달성할 수 있다. 그래핀의 패터닝 과정 후 패터닝 자리와 패터닝되지 않은 자리에 투명도, 반사율 등의 가시성에 차이가 발생하게 되고, 이러한 차이를 위해 인덱스-매칭(index-matching) 공정이 필요하나, 본원에 따른 핫 엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법을 이용할 경우 패너닝된 자리와 되지 않은 자리 모두 그래핀이 남아있기 때문에 인비져블 패터닝(invisible patterning)이 가능하여 인덱스-매칭 공정이 필요가 없게 된다. 더욱이, 본원에 따른 상기 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법은 대면적 그래핀을 패터닝하는데 적용가능하다.

[0014] 또한, 본원에 따른 상기 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 패터닝 방법은, 그래핀 이외에 열에 의해 프린팅이 가능한 모든 종류의 필름 형태의 기판의 패터닝에 적용가능하다.

[0015] 본원에 따른 상기 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 패터닝 방법은, 플렉서블하거나 투명하고 접힐 수 있는 디스플레이의 패터닝이 가능하며, 또한 반복적인 패터닝이 필요한 경우에도 사용가능하며, 저항이 높을 경우(표면적 증가) 유리한 히터 또는 방열제 분야에서도 사용가능하며, 전기적 또는 화학적 센서를 포함한 레이더 분야에도 적용가능하다.

[0016] 현재, 실리콘 기반의 전극이 사용되는 반도체 분야에서 종래의 패터닝 방법의 경우 수 나노미터에서 발열과 같은 문제점이 발생하여 미세 패터닝이 어려워짐에 따라 반도체의 집적도 및 성능의 개선이 어려웠으나, 본원에 따른 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 패터닝 방법에 따라 패터닝된 그래핀은 열과 전기 전도도가 우수하여 차세대 반도체로서 사용가능하다.

[0017] 이에, 본원에 따른 상기 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 방법에 의하여 형성된 그래핀 나노패턴을 다양한 플렉서블 소자 또는 투명 플렉서블 소자뿐만 아니라 차세대 반도체 소자에도 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 핫몰드를 이용한 그래핀의 패터닝 방법 수행을 나타내는 개략도이다.

도 2는 본원의 일 구현예에 따른 롤투롤 핫몰드를 이용한 그래핀의 패터닝 방법 수행을 나타내는 개략도이다.

도 3은 본원의 일 구현예에 따라 패터닝된 그래핀의 개략도이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 따른 그래핀의 패터닝 방법을 나타내는 사진이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 따라 패터닝된 그래핀의 저항을 측정한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0022] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~ 를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

[0023] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.

[0024] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합” 의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.

[0025] 이하, 본원에 대하여 도면을 참조하여 구현예와 실시예를 이용하여 구체적으로 설명한다. 그러나, 본원에 이러한 구현예와 실시예에 제한되는 것은 아니다.

[0026] 본원의 제 1 측면은, 고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계; 및, 핫엠보싱(hot embossing) 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀의 패터닝 방법을 제공할 수 있다.

[0027] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 핫엠보싱 임프린팅을 통해 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계는, 나노 패턴이 형성된 상기 핫 몰드를 상기 그래핀 층에 접촉시켜 가열 및 가압하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 가열 온도 및 가압 압력은 상기 그래핀층이 부착되어 있는 상기 고분자 기재의 종류와 크기에 따라 변경될 수 있다. 상기 고분자 기재로서 사용가능한 통상적인 열가소성 수지(중합형)의 연화 온도는 약 60℃ 내지 약 80℃ 이며, 통상적인 열 경화성수지(축합형)의 경우는 약 130℃ 내지 약 200℃

이므로, 사용되는 고분자 기재의 종류에 따라 적절한 가열 온도를 적의선택할 수 있다. 예를 들어, 상기 그래핀층의 가열 온도는 약 500℃ 미만일 수 있으며, 그래핀층을 상압 하에서 500℃ 이상으로 가열을 하게 되면 산화가 일어날 수 있다.

[0028] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계는, 나노 패턴이 형성된 롤투롤 (roll-to-roll) 핫 몰드를 상기 그래핀 층에 접촉시켜 가열 및 가압하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0029] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재는 상기 핫엠보싱 임프린팅 수행 전에 예열될 수 있으며, 예열 온도는 상기 고분자 기재의 종류 및 크기에 따라 변경될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 고분자 기재로서 사용가능한 통상적인 열가소성 수지(중합형)의 연화 온도는 약 60℃ 내지 약 80℃ 이며, 통상적인 열경화성수지(축합형)의 경우는 약 130℃ 내지 약 200℃이므로, 사용되는 고분자 기재의 종류에 따라 적절한 예열 온도를 적의선택할 수 있다. 예를 들어, 상기 고분자 기재의 예열 온도는 약 500℃ 미만일 수 있으며, 상압 하에서 500℃ 이상으로 가열을 하게 되면 그래핀층의 산화가 일어날 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0030] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재는 플렉서블 또는 투명 플렉서블할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0031] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재는, 폴리아릴레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리실란(polysilane), 폴리실록산(polysiloxane), 폴리실라잔(polysilazane), 폴리에틸렌(PE), 폴리카르보실란(polycarbosilane), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate), 폴리메틸아크릴레이트(polymethylacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸아크릴레이트(polyethylacrylate), 사이클릭 올레핀 코폴리머(COC), 폴리에틸메타크릴레이트(polyethylmetacrylate), 사이클릭 올레핀 폴리머(COP), 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리스타이렌(PS), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리아세탈(POM), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에스테르설폰(PES), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF), 퍼플루오로알킬 고분자(PFA), 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0032] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재는 열경화성 고분자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 열경화성 고분자는 PDMS(Polydimethylsiloxane), PMMA(Poly(methylmethacrylate)),폴리이미드(Polyimide, PI), PVDF(Polyvinylidene fluoride), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0033] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재는 경성(hard) 지지체 상에 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 경성 지지체는 실리콘 웨이퍼, 유리, 석영, 또는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0034] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계에 있어서, 상기 그래핀 층에 접촉되는 상기 핫몰드에 형성된 나노패턴의 돌출부에 의하여 상기 그래핀 층이 절개되어 상기 그래핀 층의 하부의 상기 고분자 기재 상에 형성된 나노패턴의 돌출부와 함몰부 상에 각각 상기 절개된 그래핀이 존재하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0035] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 그래핀 층에 나노패턴을 형성하는 단계에 있어서, 상기 그래핀 층에 접촉되는 상기 롤투롤 핫몰드에 형성된 나노패턴의 돌출부에 의하여 상기 그래핀 층이 절개되어 상기 그래핀 층의 하부의 상기 고분자 기재 상에 형성된 나노패턴의 돌출부와 함몰부 상에 각각 상기 절개된 그래핀이 존재하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0036] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재 상에 그래핀 층을 형성하는 단계는, 화학기상증착법에 의하여 형성된 그래핀 시트를 형성된 상기 고분자 기재 상으로 전사하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0037] 상기 그래핀을 형성하는 방법은 당업계에서 그래핀 성장을 위해 통상적으로 사용하는 방법을 특별히 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 화학기상증착(Chemical Vapour Deposition; CVD) 방법을 이용할 수 있으나 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 화학기상증착 방법을 이용한 그래핀 제조에 있어서, 금속 촉매 박막 상에 그래핀을 형성할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 금속 촉매 박막의 재료는 특별한 제한 없이 사용될 수 있으며, 예를 들어, Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Cu, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V, Zr, Ge, Ru, Ir, 황동(brass), 청동(bronze), 백동, 스테인레스 스틸(stainless steel), 및 이들의 조합으로

이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 금속 촉매 박막의 두께는 특별히 제한되지 않으며, 박막 또는 후막일 수 있다.

[0038] 상기 화학기상증착법은 고온 화학기상증착(Rapid Thermal Chemical Vapour Deposition, RTCVD), 유도결합플라즈마 화학기상증착(Inductively Coupled Plasma-Chemical Vapor Deposition, ICP-CVD), 저압 화학기상증착(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD), 상압 화학기상증착(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition, APCVD), 금속 유기화학기상증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD), 및 플라즈마 화학기상증착(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD) 방법을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 그래핀은 금속 촉매 박막을 기상 탄소 공급원을 투입하고 열처리함으로써 단층 또는 다층 그래핀을 성장시킬 수 있다. 일 구현예에 있어서, 금속 촉매 박막을 챔버에 넣고 일산화탄소, 에탄, 에틸렌, 에탄올, 아세틸렌, 프로판, 부탄, 부타디엔, 펜탄, 펜텐, 사이클로펜타디엔, 헥산, 사이클로헥산, 벤젠, 또는 톨루엔 등과 같은 탄소 공급원을 기상으로 투입하면서, 예를 들어, 약 300℃ 내지 약 2,000℃의 온도로 열처리하면 상기 탄소 공급원에 존재하는 탄소 성분들이 결합하여 6 각형의 판상 구조를 형성하면서 그래핀이 생성된다. 이를 냉각하면 균일한 배열 상태를 가지는 그래핀이 얻어지게 된다. 그러나, 금속 촉매 박막 상에서 그래핀을 형성시키는 방법이 화학기상증착 방법에 국한되지 않으며, 본원의 예시적인 구현예에 있어서는 금속 촉매 박막 상에 그래핀을 형성하는 모든 방법을 이용할 수 있으며, 본원이 금속 촉매 박막 상에 그래핀을 형성하는 특정 방법에 제한되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0040] 이어서, 상기 금속 촉매 박막으로부터 상기 형성된 그래핀을 분리시켜 상기 고분자 기재 상에 전사할 수 있다.

[0041] 예를 들어, 상기 금속 촉매 박막으로부터 상기 형성된 그래핀을 분리시키는 방법은, 상기 그래핀이 형성된 상기 금속 촉매 박막을 에칭 용액 내에 침지시켜 상기 금속 촉매 박막으로부터 상기 그래핀을 분리해내는 것이 가능하다.

[0042] 상기 에칭 용액은 상기 그래핀 성장용 금속 촉매 박막을 제거할 수 있는 에천트(etchant)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 에천트는, 예를 들어, KOH(Potassium Hydroxide), TMAH(Tetra Methyl Ammonium Hydroxide), EDP(Ethylene Diamine Pyrocatechol), BOE(Burrered Oxide Etch), $FeCl_3$, $Fe(NO_3)_3$, HF, H_2SO_4, HPO_4, HCl, NaF, KF, NH_4F, AlF_3, $NaHF_2$, KHF_2, NH_4HF_2, HBF_4, 또는 NH_4BF_4 를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0043] 상기 본원에 따른 방법에 의하여 형성된 그래핀 나노패턴을 다양한 소자에 응용할 수 있으며, 예를 들어, 다양한 표시 소자에 포함된 투명전극으로 활용할 수 있으며, 상기 그래핀 전극은 우수한 전기적 특성, 즉 높은 전도도, 낮은 접촉 저항값 등을 나타내게 되며, 상기 그래핀 전극이 매우 얇고 가요성을 가지므로 플렉서블한 투명전극을 제조하는 것이 가능해진다.

[0044] 본원의 제 2 측면은, 상기 본원의 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 형성된 그래핀 나노 패턴을 제공할 수 있다.

[0045] 본원의 제 3 측면은, 상기 본원의 제 2 측면에 따른 그래핀 나노 패턴을 포함하는 표시 소자를 제공할 수 있다.

[0046] 이하, 본원의 그래핀의 패터닝 방법에 대하여 구현예 및 실시예를 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본원이 이러한 실시예와 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0047] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 핫몰드를 이용한 그래핀의 패터닝 방법을 개략적으로 나타낸 것으로, 경성 지지체(110) 상의 고분자 기재(120) 상에 형성된 그래핀 층(130)에 나노 패턴이 형성된 핫몰드(140)를 상기 그래핀 층(130)에 접촉시켜 가열 및 가압하여 상기 그래핀 층(130)에 나노패턴을 형성한다.

[0048] 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 롤투롤 핫몰드를 이용한 그래핀의 패터닝 방법을 개략적으로 나타낸 것으로, 고분자 기재(220) 상에 형성된 그래핀 층(230)에 나노 패턴이 형성된 롤투롤 핫몰드(210)를 상기 그래핀층(230)에 접촉시켜 가열 및 가압하면서 롤투롤 방식으로 상기 그래핀 층(230)에 나노패턴을 형성한다.

[0049] 예시적인 구현예에 있어서, 그래핀은 매우 얇은 두께를 가지므로, 상기 그래핀 상에 그래핀을 가로지르는 패턴

을 형성할 경우 패턴과 패턴 사이에 단차가 형성되어 전기적으로 단락될 수 있다. 도 3은 본원의 일 구현예에 따라 패터닝된 그래핀의 전기적 단락 여부에 대한 개략도이다. 도 3의 (a)는 패턴이 형성되지 않은 그래핀, (b)는 그래핀을 가로지르는 직선의 패턴이 형성된 그래핀, 및 (c) 및 (d)는 상기 그래핀을 가로지르는 직선의 패턴이 형성된 그래핀의 저항을 멀티미터 (점으로 표시)를 이용하여 측정하는 경우를 개략적으로 나타낸 것이다. (c)와 같이 패턴을 사이에 두고 저항을 측정할 경우, 양쪽의 그래핀은 서로 단락되어 저항값은 "0"으로 측정되게 된다. 반면, (d)와 같이 패턴 방향으로 저항을 측정할 경우, 정상적으로 저항이 측정되게 된다.

[0050] 또한, 상기 그래핀의 패턴에 그래핀이 존재하므로, 따로 인덱스 매칭 등의 공정 추가 없이도 투명전극 상에 형성된 패턴이 보이는 등의 현상이 발생하지 않을 수 있다. 이러한 현상을 이용하여 다양한 패턴 및 응용 방안을 가진 고품질의 투명 전극을 제조할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0051] 예시적인 구현예에 있어서, 상기 가열 온도 및 가압 압력은 상기 그래핀층(130, 230)이 부착되어 있는 상기 고분자 기재(120, 220)의 종류와 크기에 따라 변경될 수 있다. 상기 고분자 기재(120, 220)로서 사용가능한 통상적인 열가소성 수지(중합형)의 연화 온도는 약 60℃ 내지 약 80℃ 이며, 통상적인 열 경화성수지(축합형)의 경우는 약 130℃ 내지 약 200℃이므로, 사용되는 고분자 기재(120, 220)의 종류에 따라 적절한 가열 온도를 적의 선택할 수 있다. 예를 들어, 상기 그래핀 층(130, 230)의 가열 온도는 약 500℃ 미만일 수 있으며, 그래핀 층(130, 230)을 상압 하에서 500℃ 이상으로 가열을 하게 되면 산화가 일어날 수 있다.

[0052] 예시적인 구현예에 있어서, 상기 고분자 기재(120, 220)는 상기 핫엠보싱 임프린팅 수행 전에 예열될 수 있으며, 예열 온도는 상기 고분자 기재(120, 220)의 종류 및 크기에 따라 변경될 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 고분자 기재(120, 220)로서 사용가능한 통상적인 열가소성 수지(중합형)의 연화 온도는 약 60℃ 내지 약 80℃ 이며, 통상적인 열 경화성수지(축합형)의 경우는 약 130℃ 내지 약 200℃이므로, 사용되는 고분자 기재(120, 220)의 종류에 따라 적절한 예열 온도를 적의선택할 수 있다. 예를 들어, 상기 고분자 기재(120, 220)의 예열 온도는 약 500℃ 미만일 수 있으며, 상압 하에서 500℃ 이상으로 가열을 하게 되면 그래핀 층(130, 230)의 산화가 일어날 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0053] 예시적인 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재(120, 220)는 플렉서블 또는 투명 플렉서블할 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 상기 고분자 기재(120, 220)는 열경화성 고분자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 열경화성 고분자는 PDMS(Polydimethylsiloxane), PMMA(Poly(methylmethacrylate)),폴리이미드(Polyimide, PI), PVDF(Polyvinylidene fluoride), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0054] 예시적인 구현예에 따르면, 상기 고분자 기재(120, 220)는 경성(hard) 지지체(110) 상에 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 경성 지지체(110)는 실리콘 웨이퍼, 유리, 석영, 또는 금속을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0055] 예시적인 구현예에 따르면, 상기 그래핀 층(130, 230)에 나노패턴을 형성하는 단계에 있어서, 상기 그래핀 층(130, 230)에 접촉되는 상기 핫몰드(140) 또는 롤투롤 핫몰드(210)에 형성된 나노패턴의 돌출부에 의하여 상기 그래핀 층(130, 230)이 절개되어 상기 그래핀 층(130, 230)의 하부의 상기 고분자 기재(120, 220) 상에 형성된 나노패턴의 돌출부와 함몰부 상에 각각 상기 절개된 그래핀이 존재하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

[0056] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명하고자 하나, 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 본원의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0057] **[실시예]**

[0058] 도 4는 본원의 핫엠보싱 임프린팅을 이용한 그래핀의 패터닝 과정을 보여주는 일 실시예이다. 도 4는 (a) 그래핀 상에 핫몰드를 위치시키고, (b) 상기 핫몰드에 압력을 가하고, 및 (c) 이에 따라 그래핀 상에 패턴이 형성되는 것을 보여주는 사진이다.

[0059] 도 5는 그래핀 상에 그래핀을 가로지르는 패턴이 형성된 경우 그래핀 상에 단차가 형성되어 전기적인 단락이 발생된 것을 확인한 사진이다. 도 5의 (a)는 패턴이 형성되지 않은 그래핀의 저항을 측정한 것으로, 정상적으로

저항이 측정되었다. 도 5의 (b)는 그래핀을 가로지르는 패턴이 형성된 그래핀에서 패턴을 사이에 두고 저항을 측정한 것으로서, 단차가 발생하여 두 접촉지점 사이에 전기가 통하지 않아 저항이 측정되지 않은 것을 보여준다. 도 5의 (c)는 그래핀을 가로지르는 패턴이 형성된 그래핀에서 패턴을 사이에 두지 않고 패턴 방향으로 저항을 측정한 것으로서, 정상적으로 저항이 측정되었다.

[0060] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0061] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0062] 110: 경성 지지체

120, 220: 고분자 기재

130, 230: 그래핀 층

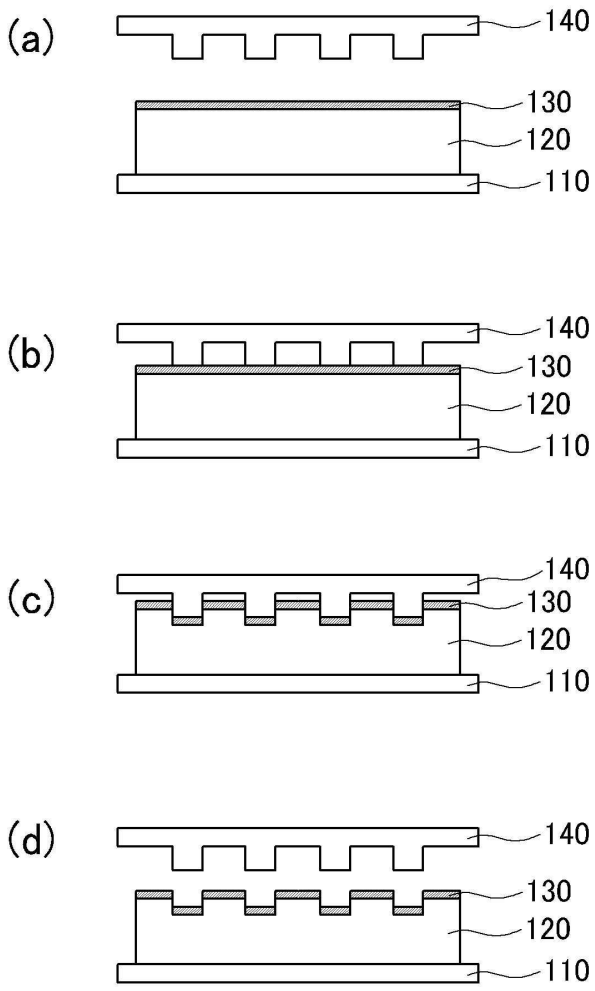
140: 핫몰드

210: 롤투롤 핫몰드

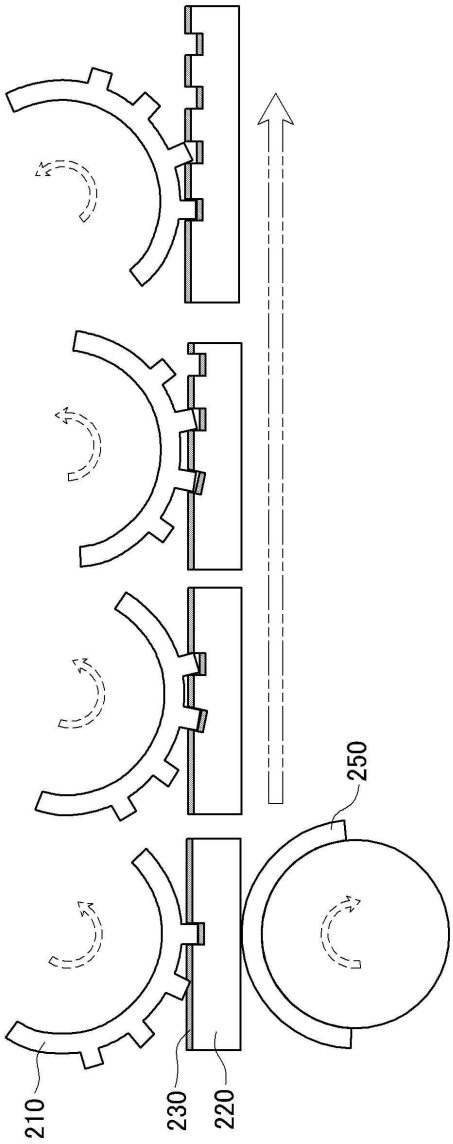
250: 롤

도면

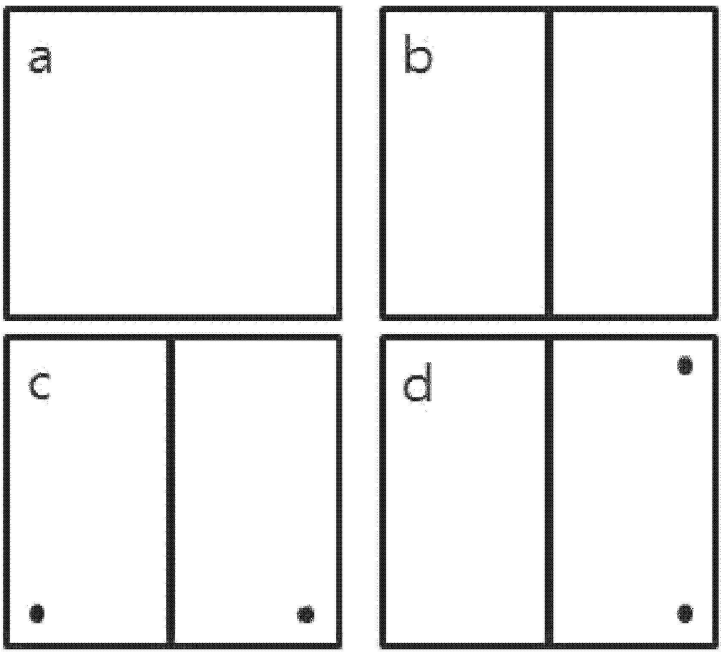
도면1


(a)
140
130
120
110
(b)
140
130
120
110
(c)
140
130
120
110
(d)
140
130
120
110

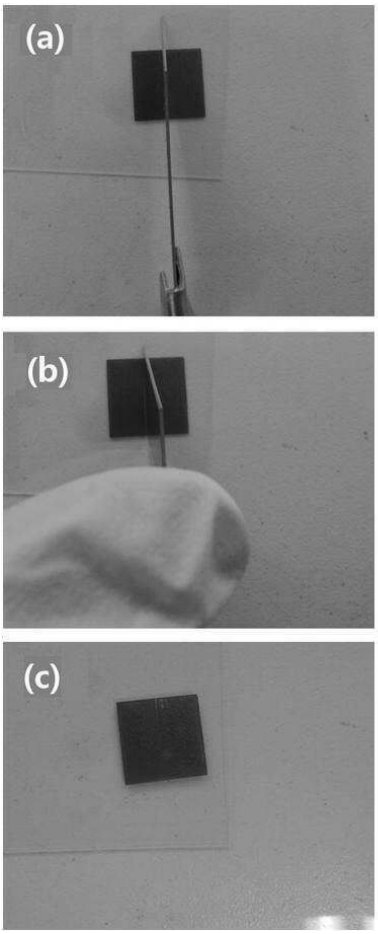
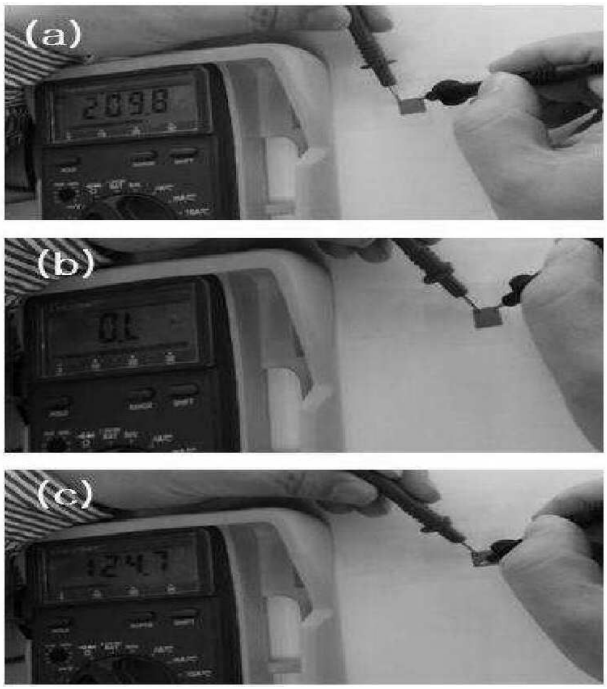
도면2



도면3



도면4



도면5