



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월08일
(11) 등록번호 10-1262323
(24) 등록일자 2013년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 3/01 (2006.01) G06F 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0041547

(22) 출원일자 2011년05월02일

심사청구일자 2011년05월02일

(65) 공개번호 10-2012-0123922

(43) 공개일자 2012년11월12일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110042023 A

KR1020110031863 A

(73) 특허권자

그래핀스퀘어 주식회사

서울특별시 강남구 봉은사로72길 18 ,301(삼성동)

(72) 발명자

최재봉

경기도 용인시 수지구 신봉1로 112-2, LG빌리지5차 514동 102호 (신봉동)

최혁렬

경기도 군포시 용호1로 55, 용호마을 신산본 엘지자이 1차 104동 104호 (당동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 11 항

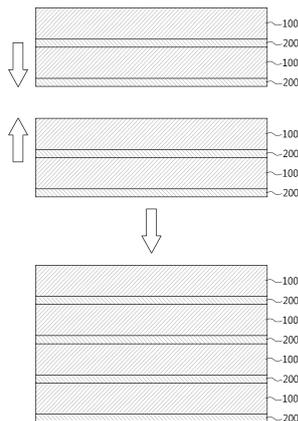
심사관 : 신현상

(54) 발명의 명칭 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기 및 이의 제조방법

(57) 요약

그래핀 전극을 기반한 투명 구동기 및 이의 제조방법이 개시된다. 본 발명에 의한 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기는 전사하는 그래핀 전극층의 층수에 따라 투과도 및 전기 전도도를 조절할 수 있으며, 구동 기체에 가해지는 전압의 크기 및 제작된 전극의 형상에 따라 모션을 용이하게 컨트롤할 수 있다. 또한 본 발명에 의한 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기의 제조방법은 그래핀의 전사를 위하여 타 기판을 사용하는 추가공정 없이 직접 고분자 유전체막의 일면 또는 단면에 그래핀을 전사할 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

홍병희

서울특별시 강남구 봉은사로72길 18, 202호 (삼성동)

김영진

서울특별시 강남구 언주로30길 57, 타워펠리스 E-2506 (도곡동)

강준모

경기도 수원시 장안구 덕영대로445번길 61, 101호 (율전동)

권혁용

경기도 수원시 장안구 정자천로133번길 26, 백설마을 성지아파트 545동 804호 (정자동)

황순휘

강원도 동해시 이원길 180, 현대아파트 101동 1201호 (이도동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010-0736-000
부처명	중소기업청
연구사업명	산학연 공동기술개발사업, 지역사업
연구과제명	그래핀을 기반한 전도성 필름 및 저전력 발열 히터 개발
주관기관	성균관대학교 산학협력단
연구기간	2010.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

고분자 유전체를 이용한 구동기로서,

고분자 유전체막 및 상기 고분자 유전체막의 일면에 배치된 그래핀 전극층을 포함하는 투명 고분자 소자를 적어도 두 개 포함하고,

적어도 두 개의 상기 투명 고분자 소자는 적층 배치되는 투명 구동기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 고분자 유전체막은 PDMS(polydimethylsiloxane), 실리콘, 폴리우레탄, VHB(very high bond), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리씨오펜(polythiophene) 중에서 선택되는 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 그래핀 전극층은 단일층 또는 다층인 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 투명 고분자 소자는 두 개이고,

상기 두 개의 투명 고분자 소자 사이에 개재된 고분자 유전체막을 더 포함하되,

상기 두 개의 투명 고분자 소자 각각에 포함되는 그래핀 전극층이, 개재된 상기 고분자 유전체막에 인접하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 그래핀 전극층은 단일층 또는 다층인 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 6

고분자 유전체를 이용한 구동기로서,

고분자 유전체막; 및

상기 고분자 유전체막의 양면에 배치된 그래핀 전극층을 포함하는 투명 구동기.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 고분자 유전체막은 PDMS(polydimethylsiloxane), 실리콘, 폴리우레탄, VHB(very high bond), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리씨오펜(polythiophene) 중에서 선택되는 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 그래핀 전극층은 단일층 또는 다층인 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 그래핀 전극층의 양면에 보호 필름을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 구동기.

청구항 10

고분자 유전체막 및 상기 고분자 유전체막의 일면 또는 양면에 배치된 그래핀 전극층을 포함하는 투명 고분자 소자를 제조하는 단계; 및

상기 투명 고분자 소자를 복수개 적층하는 단계를 포함하되,

상기 투명 고분자 소자를 제조하는 단계는,

상기 그래핀이 성장된 금속층을 제공하는 단계, 상기 금속층을 고분자 유전체막의 일면 또는 양면에 접합시키는 단계 및 상기 금속층을 제거하는 단계를 포함하는 투명 구동기의 제조방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 금속층을 고분자 유전체막의 일면 또는 양면에 접합시키는 단계는 고분자 지지대를 이용한 습식 전사법, 열박리 테입을 기반으로 한 건식 물투물법 또는 프레스법을 사용하는 것을 특징으로 하는 투명 구동기의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 투명한 고분자 유전체막의 일면 또는 양면에 단일층 또는 다층의 그래핀 전극층을 전사한 투명 고분자 구조를 적층함으로써 투과도 조절 및 모션 컨트롤이 용이한 투명 구동기 및 그래핀을 직접 고분자 유전체막 상에 전사함으로써 제조 공정이 단순화된 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 유전 탄성체 필름(Dielectric Elastomer Film)을 이용한 고분자 유전체 구동기는 유전 탄성체 필름의 상, 하부면에 전극을 구비하고, 상기 전극에 전기적으로 연결되는 전원 인가 장치를 포함하여 구성된다. 이러한 유전 탄성체 필름은 잡아당김으로써 일정한 탄성력이 부여된 상태에서 스위치의 온/오프가 이루어지면 인가된 전압에 의하여 필름의 미세한 팽창이 선인장력에 따른 잠재된 탄성력의 균형을 재구성하는 과정에서 변위 및 출력을 발생시키는 원리로 동작한다.

[0003] 상기와 같이 구동기의 기재로 유전 탄성체 필름을 사용하는 경우 TiO₂, MnO₂, Fe₂O₃ 등의 불투명한 소재로는 투명 전극을 구현하는 것에 어려움이 있었으며, 매우 높은 저항으로 인하여 우수한 전기 전도도를 나타내는 것에 어려움이 있었다. 또한 유전 탄성체 필름 상에 유연한 전극을 형성하는 경우에도 상기 전극의 신축성에 한계가 있어 모션의 미세한 컨트롤에 어려움이 있었다.

[0004] 상기와 관련하여, 유연한 구동기에 관한 발명이 대한민국 등록특허 제 10-0718896호에 개시되어 있다. 상기의 구동기는 고분자 유전체 필름의 상, 하면에 유연한 전극이 형성되어 있는 바, 상기 유연한 전극은 카본 파우더 용액을 스프레이하여 형성하는 것을 특징으로 한다. 그러나, 상기 유연한 전극의 경우 카본 덩어리를 용매에 분산시킨 용액을 분사하여 전극을 형성하므로 균일한 투과도를 얻기 어려운 문제점이 있으며, 전극으로 활용하기 위하여 분사된 상기 카본 파우더 용액을 응고시키는 공정을 필요로 하므로 제조 공정의 복잡화 및 이에 따른 비용 증가 등의 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에 본 발명의 제 1 목적은 투명한 고분자 유전체 물질을 기재로 사용하고, 상기 기재의 일면 또는 양면에 그래핀을 전극층으로 형성하되, 상기 그래핀 전극층의 층수 및 적층 방법을 달리함으로써 투과도 및 전기 전도도 제어가 용이한 그래핀 전극을 구비한 투명 구동기를 제공하는 데 있다.

[0006] 또한 본 발명의 제 2 목적은 그래핀을 직접 고분자 유전체막 상에 전사하는 단순한 공정을 통하여 구동기를 제조할 수 있는 그래핀 전극을 구비한 투명 구동기의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 제 1 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 고분자 유전체막 및 상기 고분자 유전체막의 일면에 형성된 그래핀 전극층을 포함하되, 상기 고분자 유전체막과 상기 그래핀 전극층의 적층에 의해 형성된 투명 고분자 소자를 복수개로 적층한 것을 특징으로 한다.

[0008] 그리고, 고분자 유전체막 및 상기 고분자 유전체막의 양면에 형성된 그래핀 전극층을 포함하며, 상기 그래핀 전극층의 양면에 보호 필름을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한 상기의 제 2 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 그래핀이 성장된 금속층을 제공하는 단계, 상기 금속층을 고분자 유전체막의 일면 또는 양면에 접합시키는 단계 및 상기 금속층을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 의한 그래핀 전극을 구비한 투명 구동기는 별도의 외부 하중 없이 전압, 전류 및 주파수(frequency)의 조절만으로 구동 기재를 구동할 수 있으며, 구동 기재에 가해지는 전압의 크기 및 제작된 전극의 형상에 따라 모션을 용이하게 컨트롤할 수 있는 효과가 있다.

[0011] 그리고 전사하는 그래핀 전극층의 층수에 따라 투과도 및 전기 전도도를 조절할 수 있으며, 구동 기재에 가해지는 전압의 크기 및 제작된 전극의 형상에 따라 모션을 용이하게 컨트롤할 수 있는 효과가 있다.

[0012] 또한 본 발명에 의한 그래핀 전극을 구비한 투명 구동기의 제조방법은 그래핀의 전사를 위하여 타 기판을 사용하는 추가공정 없이 직접 고분자 유전체막의 일면 또는 단면에 그래핀을 전사함으로써 제조공정의 단순화 및 비용절감의 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1 은 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 적층구조 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 2 는 고분자 유전체막의 일면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 적층구조 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 3 는 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 연속 적층을 통하여 형성된 투명 구동기의 단면도이다.

도 4 는 본 발명의 다른 실시예로서, 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자를 고분자 유전체막의 양면에 적층한 투명 구동기의 단면도이다.

도 5 는 본 발명의 다른 실시예로서, 고분자 유전체막의 일면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자를 고분자 유전체막을 중심으로 양면에 적층한 투명 구동기의 단면도이다.

도 6 는 고분자 유전체막의 양면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 7 은 고분자 유전체막의 양면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며,

본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

- [0015] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0016] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0017] 도 1 은 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 적층구조 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0018] 도 1 을 참조하면, 먼저 전극층으로 사용할 그래핀층(200)이 성장된 금속층(300)을 고분자 유전체막(100)에 접합시킨다. 상기 금속층(300)에 그래핀층(200)을 성장하는 단계에서는 예컨대, 화학 기상 증착법(CVD)을 이용할 수 있다. 따라서, PECVD, ICP-CVD 및 MOCVD 등을 이용하여 저온 합성 또는 고온 합성하는 등의 공지된 다양한 방법으로 상기 금속층(300)에 그래핀층(200)을 성장시킬 수 있다. 또한 상기 금속층(300)은 전이금속으로 구성될 수 있으며, 예컨대, Cu층일 수 있다. 그러나 이에 한정되는 것은 아니며, Ni, Co, Fe, Pt, Au, Al, Cr, Mg, Mn, Mo, Rh, Si, Ta, Ti, W, U, V 및 Zr로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 금속 또는 이들의 합금을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 그래핀층(200)이 성장된 금속층(300)을 고분자 유전체막(100)에 접합시키는 단계는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethylmethacrylate) 또는 셀룰로오스(Cellulose)의 고분자 지지대를 이용하는 습식 전사법, 열박리 테이프를 기반으로 한 건식 물투물법 또는 프레스법에서 선택된 어느 하나로 수행될 수 있다.
- [0020] 상기 습식 전사법은 마이크로 단위의 고분자층을 직접 그래핀층 위에 코팅하여 그래핀층이 고분자 유전체 기판에 접합될 때의 손상을 최소화하여 전사할 수 있는 기술로써, 습식 전사 기법을 기반으로 상기 고분자 유전체 양면에 특별한 열과 압력이 필요없이 반데르발스 힘에 의하여 전사가 가능한 공정이다.
- [0021] 상기 건식 물투물법과 프레스법은 열 박리 테이프를 기반으로 하는 건식 전사 기법이다. 열 박리 테이프위에 접착되어 있는 그래핀을 열과 압력을 동시에 가함으로써 그래핀을 원하는 기판위에 전사할 수 있는 방법으로 대면적, 연속적 전사 구현을 가능하게 하는 이점이 있다.
- [0022] 상기의 방법으로 그래핀층(200)이 성장된 금속층(300)과 접합되는 상기 고분자 유전체막(100)은 PDMS(polydimethylsiloxane), 실리콘, 폴리우레탄, VHB(very high bond), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리씨오펜(polythiophene) 중에서 선택되는 적어도 하나일 수 있다. 이후, 에chant(etchant)를 이용하여 상기 금속층(300)을 제거하는 에칭 공정을 수행한다. 상기의 에chant는 예컨대, 염화철(FeCl₃) 수용액을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, FeNO₃, KMnO₄, KClO₃, KMnO₃, K₂CrO₄ 및 K₂Cr₂O₇로 이루어진 그룹으로부터 하나 이상 선택하여 사용할 수 있다.
- [0023] 상기와 같은 단계를 통하여 그래핀 전극(200)층이 고분자 유전체막(100)의 일면에 형성된 투명 고분자 소자를 제조할 수 있으며, 상기의 투명 고분자 소자를 적층함으로써 고분자 유전체막(100)의 양면에 그래핀 전극층(200)이 형성되도록 유도하여 투명 구동기를 제작할 수 있다. 상기 그래핀 전극은 O₂ 플라즈마, 포토 리소그래피(Photo Lithography)법을 통하여 패터닝이 용이하므로, 각 필요에 따라 원하는 전극의 형상을 제작할 수 있으며, 대량생산과 병렬연결을 통한 모듈화에도 용이한 이점이 있다.
- [0024] 도 2 는 고분자 유전체막의 일면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 적층구조 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.
- [0025] 도 2 를 참조하면, 도 1 의 과정을 반복하여, 고분자 유전체막(100)의 일면에 다층의 그래핀 전극층(200)을 형성한다. 도 2 의 경우, 형성되는 그래핀 전극층(200)은 2층이나, 이에 한정되는 것은 아니며, 원하는 용도 및 목적에 따라 그래핀 전극층(200)의 층수를 다양하게 조절하여 전기 전도도 및 투과도를 제어할 수 있다.
- [0026] 다만, 그래핀 전극층(200)의 층수가 증가할수록 전기 전도도는 증가하나 투과도는 감소하는 바, 상기의 투과도는 그래핀 전극층(200)을 다층으로 형성하는 경우, 한 층 적층시 마다 2.3% 내지 2.7%의 비율로 감소한다. 따라

서 투과도가 우수한 투명 구동기의 제작을 위하여 형성되는 그래핀 전극층(200)은 2층 내지 3층인 것이 바람직하다. 상기와 같은 단계를 통하여 다층의 그래핀 전극층(200)이 고분자 유전체막(100)의 일면에 형성된 투명 고분자 소자를 제조할 수 있으며, 상기의 투명 고분자 소자를 적층함으로써 고분자 유전체막(100)의 양면에 그래핀 전극층(200)이 적층된 구조가 형성되며, 이 때 상기 그래핀 전극층(200)을 병렬연결하여 구동시킴으로, 다층 투명 구동기를 제작할 수 있다.

[0027] 도 3 은 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자의 연속 적층을 통하여 형성된 투명 구동기의 단면도이다.

[0028] 도 3 을 참조하면, 원하는 기판 또는 센서 상에 접촉하기 위하여 그래핀 전극층(200)의 일면이 노출되도록 제작할 수 있다. 또한, 타물질과의 접촉 없이 구동을 진행하는 경우에는 상기 그래핀 전극층(200)의 사물과의 접촉으로 인한 손상을 방지하기 위하여 그래핀 전극층(200)의 하단에 보호필름(미도시)을 입힐 수 있다.

[0029] 상기 보호필름은 예컨대, PET(polyethylene terephthalate) 필름을 사용할 수 있으며, 이외에도 PDMS(polydimethylsiloxane), 실리콘, 폴리우레탄 또는 VHB(very high bond)등의 상기 고분자 유전체막과 동일한 성능을 가지며 얇은 두께의 고분자 유전체와 고분자 폴리머 코팅법을 이용한 PMMA(polymethylmethacrylate), 셀룰로오스(cellulose), 보론 나이트라이드(boron nitride) 등의 고분자 층을 사용할 수 있다. 상기의 보호필름으로 인하여 사용자에게 발생하는 전기적 충격을 예방할 수 있는 이점도 있다.

[0030] 도 4 는 본 발명의 다른 실시예로서, 고분자 유전체막의 일면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자를 고분자 유전체막의 양면에 적층한 투명 구동기의 단면도이다.

[0031] 도 5 는 본 발명의 다른 실시예로서, 고분자 유전체막의 일면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자를 고분자 유전체막을 중심으로 양면에 적층한 투명 구동기의 단면도이다.

[0032] 도 4 내지 도 5 를 참조하면, 고분자 유전체막(100)을 중심으로 양면에 투명 고분자 소자를 적층하되, 상기 투명 고분자 소자의 단일층 또는 다층으로 형성된 그래핀 전극층(200)이 고분자 유전체막(100)에 접촉하도록 하여 그래핀 전극층(200)을 보호하는 구조를 가진다. 따라서 투명 구동기의 구동시 외부의 마찰 및 접촉에 의한 그래핀 전극층(200)의 손상을 최소화할 수 있다. 이 때, 상기 고분자 유전체막(100)이 구동층인 동시에 보호층의 역할을 수행하므로, 모션에 영향을 적게 줄 수 있는 이점이 있다.

[0033] 도 6 은 고분자 유전체막의 양면에 단일의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

[0034] 도 6 을 참조하면, 먼저 그래핀층(200)이 성장된 금속층(300)을 고분자 유전체막(100)의 양면에 접합시킨다. 상기의 방법에 대하여는 도 1 및 도 2 에서 이미 설명한 바 있으므로 이에 대한 설명은 생략하기로 한다. 다만, 에천트를 활용하여 상기의 금속층(300)을 제거하는 에칭 공정을 상, 하면에 수행함으로써 고분자 유전체막(100)의 양면에 그래핀 전극층(200)을 형성한다.

[0035] 도 7 은 고분자 유전체막의 양면에 다층의 그래핀 전극층을 형성한 투명 고분자 소자 및 이를 형성하는 과정을 나타내는 도면이다.

[0036] 도 7 을 참조하면, 상기 도 6 의 과정을 반복함으로써 그래핀 전극층(200)을 다수층으로 형성한다. 도 7 의 경우, 고분자 유전체막(100)의 양면에 형성되는 그래핀 전극층(200)은 한 면에 2 층씩 각각 4 층이나, 이에 한정되는 것은 아니며, 원하는 용도 및 목적에 따라 다양하게 그래핀 전극층(200)의 층수를 조절하여 전기 전도도 및 투과도를 제어할 수 있다. 다만, 그래핀 전극층(200)의 층수가 증가할수록 전기 전도도는 증가하나 투과도는 감소하는 바, 투과도가 우수한 투명 구동기의 제작을 위하여 형성되는 그래핀 전극층(200)은 양면에 각각 2층 내지 3층, 즉, 4층 내지 6층인 것이 바람직하다.

[0037] 상기 도 6 및 도 7과 같이 양면에 그래핀 전극층(200)이 노출되어 있는 형태로 투명 구동기를 제작하여 구동하는 경우, 외부의 마찰 및 접촉에 의하여 상기 그래핀 전극층(200)이 손상될 우려가 있으므로, 상기 그래핀 전극층(200)의 상,하단에 보호필름(미도시)을 입히는 것이 바람직하다.

[0038] 상기 보호필름은 예컨대, PET(polyethylene terephthalate) 필름을 사용할 수 있으며, 이외에도 PDMS(polydimethylsiloxane), 실리콘, 폴리우레탄 또는 VHB(very high bond)등의 상기 고분자 유전체막과 동일한 성능을 가지며 얇은 두께의 고분자 유전체와 고분자 폴리머 코팅법을 이용한 PMMA(polymethylmethacrylate), 셀룰로오스(Cellulose), 보론 나이트라이드(Boron nitride) 등의 고분자 층을 사용할 수 있다.

[0039] 본 발명에 의한 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기는 그래핀 전극을 채용함으로써 우수한 전기 전도성 및 유연성을 나타내어 구동 기재인 고분자 유전체막의 수축 및 이완을 통한 구동을 보여주는 기계적 특성 측면에서 우수한 성능을 가진다.

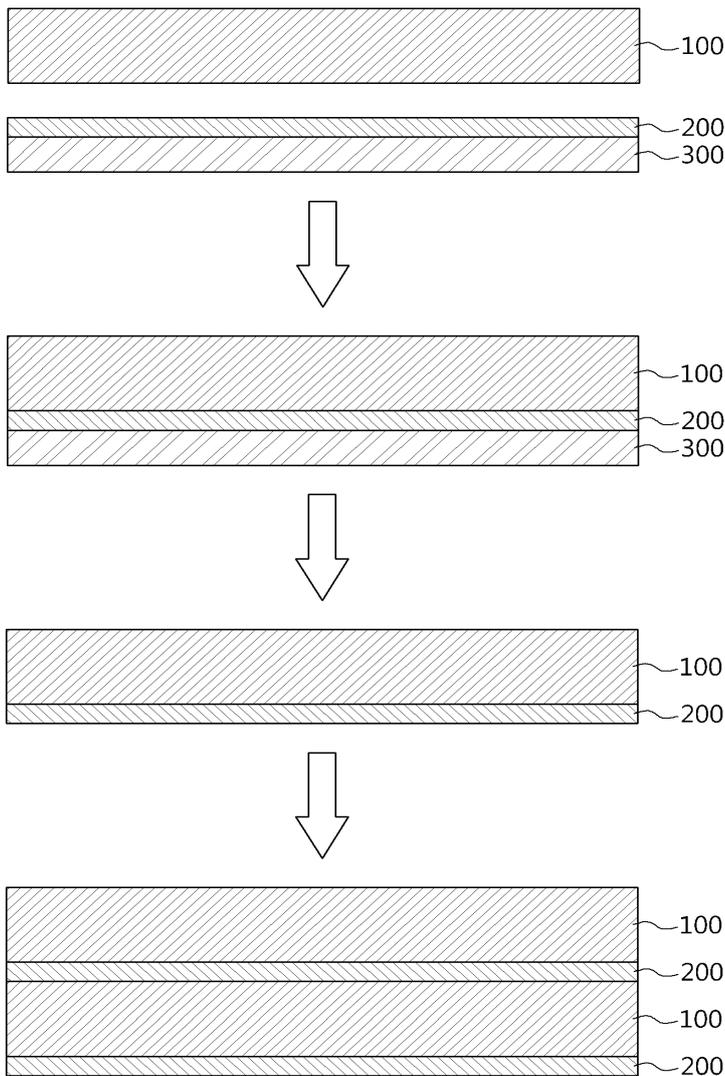
[0040] 또한 그래핀 전극층과 고분자 유전체막은 우수한 투과도를 가지며, 그래핀 전극층의 층수를 조절함으로써 원하는 용도에 적합한 투명 구동기의 제작에 유리하며, 구동 기재인 고분자 유전체막에 가해지는 전압의 크기 및 전극의 형상에 따라 모션을 컨트롤하는 것이 용이하기 때문에 유연한 모션까지도 표현이 가능하다. 따라서 본 발명에 의한 그래핀 전극을 기반한 투명 구동기는 나노 소자 및 MEMS 소자의 on/off 컨트롤러에 응용될 수 있다.

부호의 설명

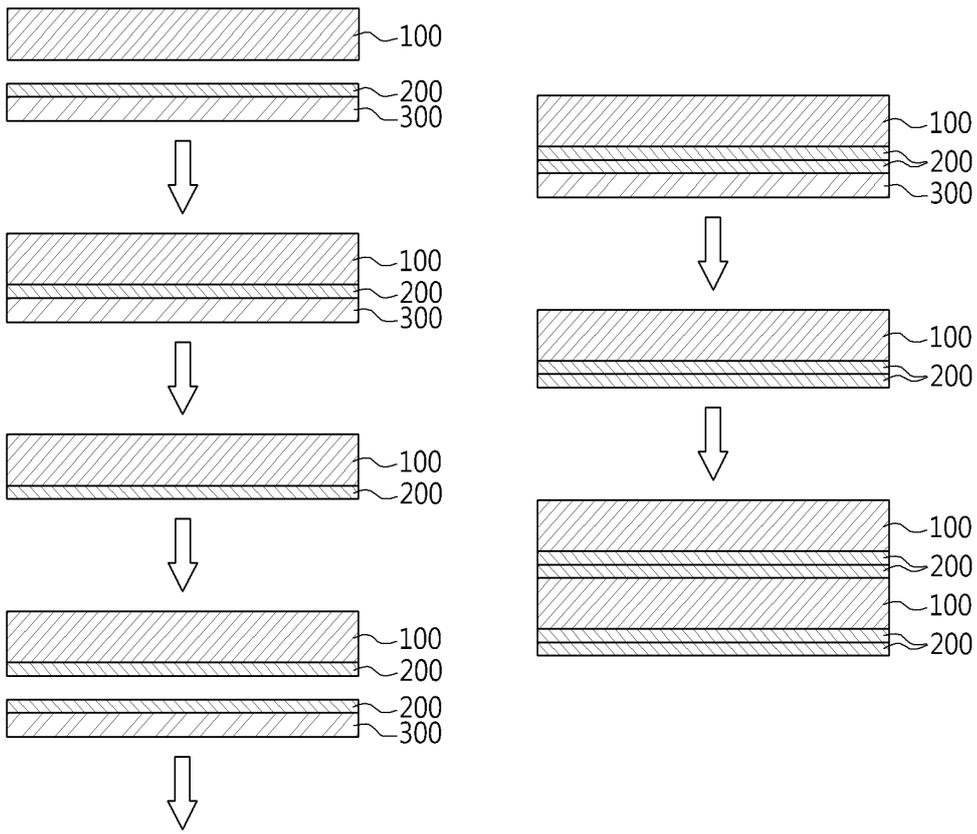
- [0041] 100: 고분자 유전체막
- 200: 그래핀 전극층
- 300: 금속층

도면

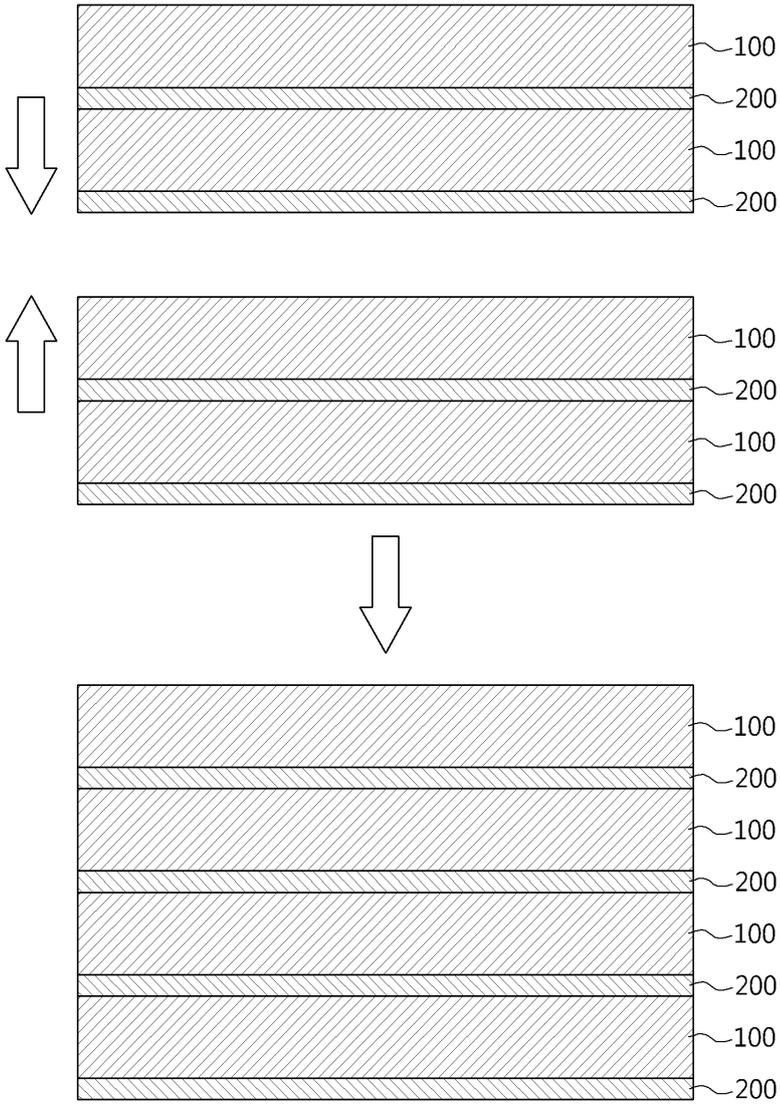
도면1



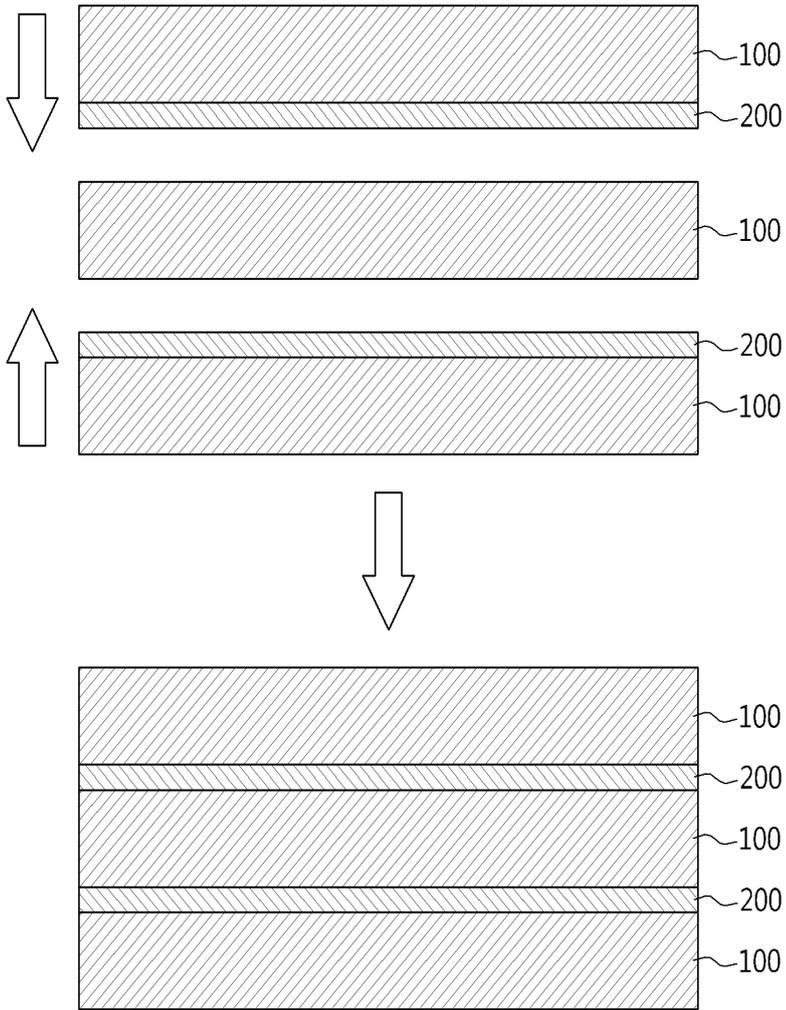
도면2



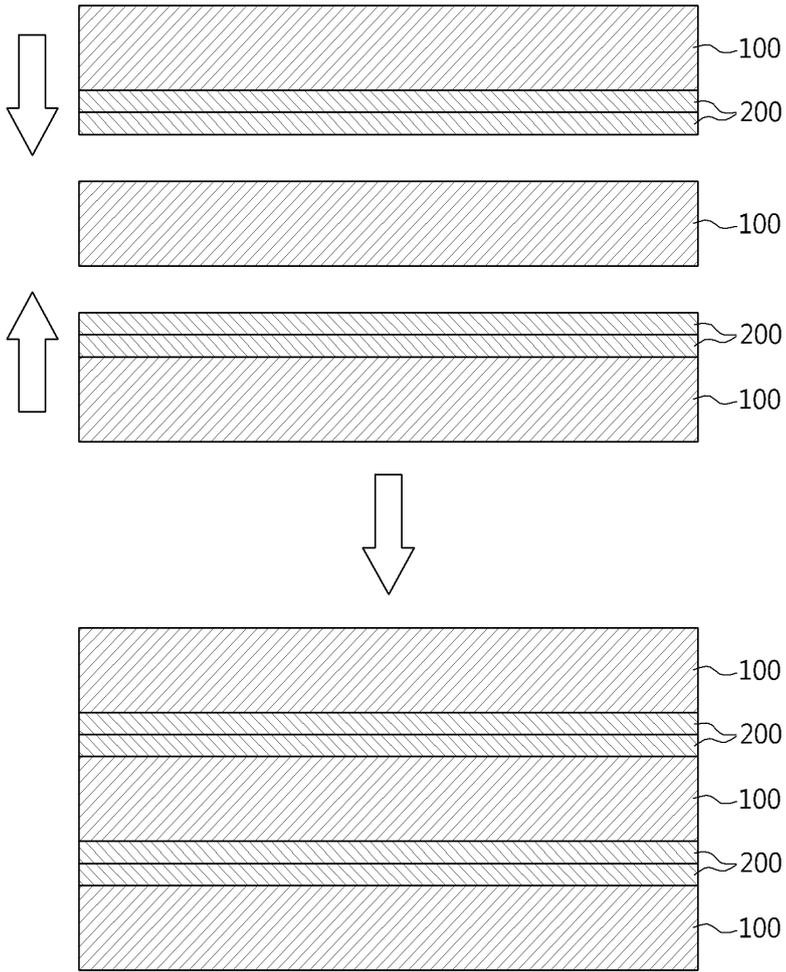
도면3



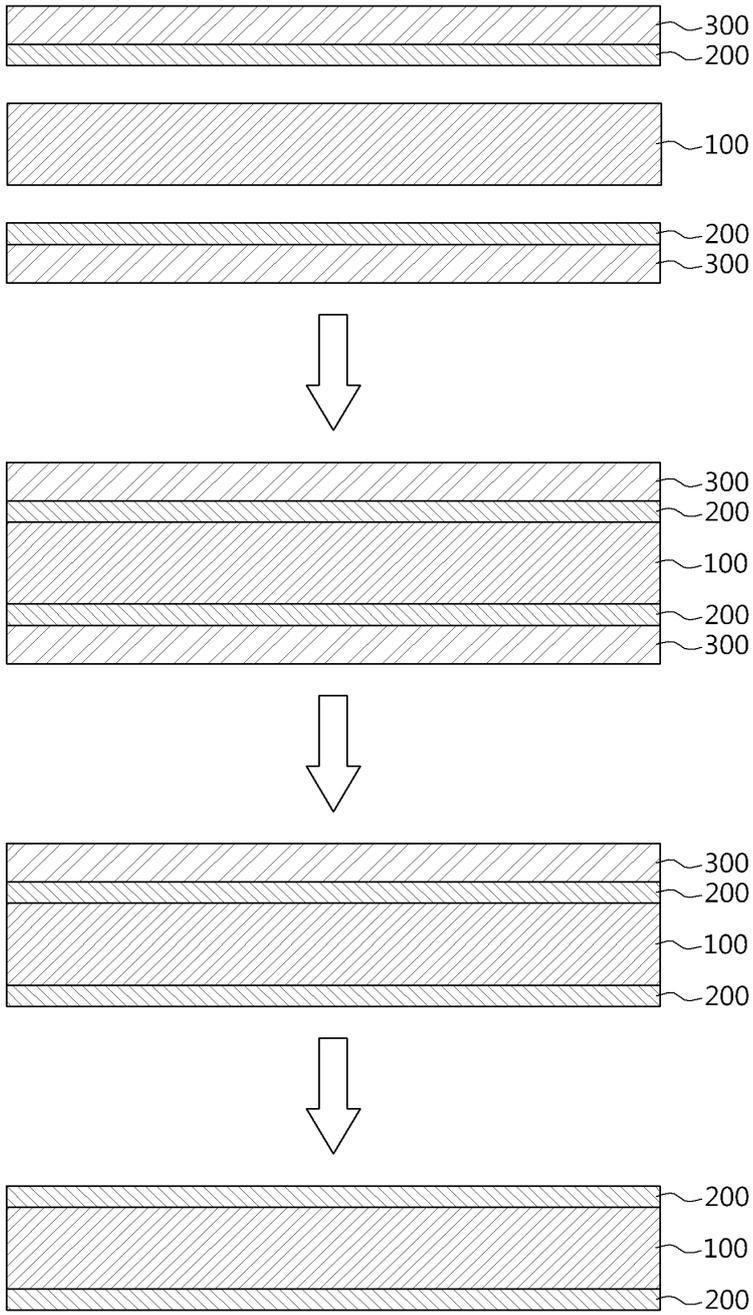
도면4



도면5



도면6



도면7

