



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월22일
 (11) 등록번호 10-1453947
 (24) 등록일자 2014년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 27/26 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0076102
 (22) 출원일자 2013년06월28일
 심사청구일자 2013년06월28일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020060110958 A
 KR1020110131570 A
 JP2001330541 A
 JP2002221473 A

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 이충광
 전라북도 완주군 봉동읍 둔산1로 130, 207-902 (전주첨단코아루2차아파트)
 황보윤
 대전광역시 유성구 가정북로 156, 한국기계연구원 메카트로닉스 연구동 119호 (장동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김종관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 6 항

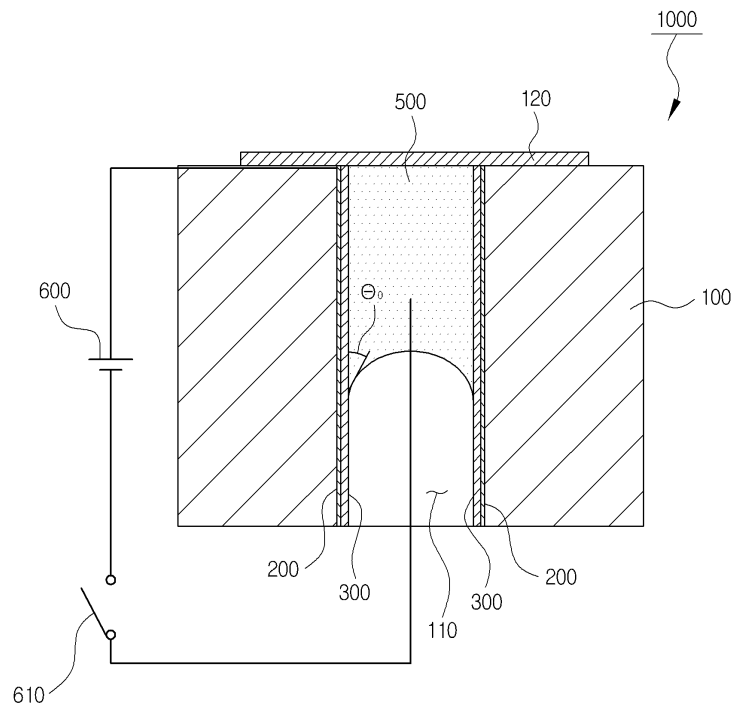
심사관 : 이경철

(54) 발명의 명칭 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치

(57) 요약

본 발명은 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 관통공이 형성된 기판에 자유지지형 나노박막이 형성되고, 관통공의 내측에 전극층과 절연층이 형성되며 그 내측에 전해액이 수용되어 전극층과 전해액에 전원을 연결하여, 가해지는 전압에 따라 변화되는 전해액과 절연층 사이의 접촉각을 이용하여 전해액 내부의 압력을 구하고 이에 따라 자유지지형 나노박막이 변형되는 정도를 측정하여 나노박막의 잔류응력, 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있도록 하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김상민

대구광역시 수성구 효행로2길 88 (만촌동)

이학주

대전광역시 서구 대덕대로 415, 102-807 (만년동, 상아아파트)

김재현

대전광역시 유성구 어은로 57, 127동 208호 (어은동, 한빛아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M03760

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 지경부-국가연구개발사업(II)

연구과제명 안전성 향상을 위한 나노 제품 설계 기술 (2단계 1/2)

기여율 1/2

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2012.11.01 ~ 2013.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M04200

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업부-국가연구개발사업(III)

연구과제명 유연 나노박막용 대면적 전사 및 연속 생산시스템 기술 개발 (3/3)

기여율 1/2

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

상하를 관통하는 관통공이 형성되는 기관;
상기 관통공의 내주면에 형성되는 전극층;
상기 전극층의 내주면에 형성되는 절연층;
상기 기관의 상면에 형성되는 전기적 비전도성 재질의 자유지지형 나노박막;
상기 나노박막 및 절연층에 접촉되도록 상기 관통공에 수용되는 전해액; 및
상기 전극층과 전해액에 양단이 연결되는 전원; 을 포함하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 2

상하를 관통하는 관통공이 형성되는 기관;
상기 관통공의 내주면 및 상기 기관의 상면에 형성되는 전극층;
상기 전극층의 내주면 및 상기 전극층의 상면에 형성되는 절연층;
상기 절연층의 상면에 형성되는 전기적 전도성 재질의 자유지지형 나노박막;
상기 나노박막 및 절연층에 접촉되도록 상기 관통공에 수용되는 전해액; 및
상기 전극층과 전해액에 양단이 연결되는 전원; 을 포함하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 전원의 일단은 전극층에 연결되고, 상기 전원의 타단은 상기 나노박막에 연결되어 나노박막을 통해 전해액과 연결되는 것을 특징으로 하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전원의 전압을 조절할 수 있는 컨트롤러를 더 포함하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 절연층의 내주면에는 소수성 코팅층이 형성되며, 상기 전해액은 수계 전해액인 것을 특징으로 하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 나노박막의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer)를 더 포함하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 관통공이 형성된 기판에 자유지지형 나노박막이 형성되고, 관통공의 내측에 전극층과 절연층이 형성되며 그 내측에 전해액이 수용되어 전극층과 전해액에 전원을 연결하여, 가해지는 전압에 따라 변화되는 전해액과 절연층 사이의 접촉각을 이용하여 전해액 내부의 압력을 구하고 이에 따라 자유지지형 나노박막이 변형되는 정도를 측정하여 나노박막의 잔류응력, 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있도록 하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 그래핀(graphene)은 연필심으로 쓰이는 흑연 즉 '그래파이트(graphite)'와 탄소이중결합을 가진 분자를 뜻하는 접미사(-ene)를 결합하여 만든 용어이다.

[0003] 흑연은 탄소를 6각형의 벌집모양으로 층층이 쌓아올린 구조로 이루어져 있는데 그래핀은 흑연에서 가장 얇게 한 겹을 떼어낸 것이라 보면 된다. 탄소동소체인 그래핀은 탄소나노튜브, 풀러린(Fullerene)처럼 원자번호 6번인 탄소로 구성된 나노물질이다. 한 층의 그래핀은 2차원 평면 형태를 가지고 있으며, 두께는 0.335nm 정도로 매우 얇으면서 물리적, 화학적 안정성도 높다. 또한, 구리보다 100배 이상 전기가 잘 통하고 반도체로 주로 쓰이는 단결정 실리콘보다 100배 이상 전자를 빠르게 이동시킬 수 있다. 게다가 강도는 강철보다 200배 이상 강하며, 최고의 열전도성을 자랑하는 다이아몬드보다 2배 이상 열전도성이 높으며, 투광성이 우수한 특징이 있다. 또 휨 특성(flexibility)이 뛰어나 늘리거나 구부러도 전기적 성질을 잃지 않는다. 이런 특성으로 인해 그래핀은 차세대 신소재로 각광받는 탄소나노튜브를 뛰어넘는 소재로 평가받으며 '꿈의 나노물질'이라 불린다. 그리하여 그래핀은 구부릴 수 있는 디스플레이나 전자종이, 착용식 컴퓨터(wearable computer), 초고속 트랜지스터 등을 만들 수 있는 전자정보 산업분야의 미래 신소재로 주목받고 있다.

[0004] 이러한 그래핀은 일반적으로 기판(substrate)의 일면에 밀착되어 기판에 의해 지지되는 형태로 제조된다. 그런데 이렇게 기판에 의해 지지되는 그래핀은 본래의 광학적, 물리적 특성이 매우 저하된다. 따라서 그래핀 자체의 우수한 물성 및 특성을 확보하기 위해서는 기판을 제거한 자유지지 형태(기판에서 그래핀이 떠있는 형태)의 그래핀 구조물이 필수적이다. 즉, 관통홀이나 트렌치 형태의 홈이 형성된 기판에 그래핀을 전사하여 자유지지형 나노박막(그래핀)이 제조될 수 있다.

[0005] 그런데 이와 같은 자유지지형 나노박막은 두께가 얇아 취급하기 용이하지 않으며, 기계적인 물성을 측정하기가 매우 어렵다.

[0006] 그리고 종래의 박막 재료의 기계적인 물성을 측정하는데 사용되는 압입 시험기는 박막이 모재(기판) 위에 증착된 경우에 사용할 수 있으며, 박막 두께의 1/10 이하인 깊이까지 압입하여 기계적인 물성을 측정하므로 일정 두께 이상(대략 1 μ m 이상)의 박막 재료의 물성 측정시에 용이하나, 그 이하의 두께를 가지며 나노박막의 일부가 모재로부터 분리된 형태인 자유지지형 나노박막과 같은 경우에는 그 강성이 매우 작아 적용할 수 없는 문제점이 있다.

[0007] 또한, 종래에는 시편을 고정하고 자유지지된 박막을 시험수단으로 누르고, 박막을 누르는 하중을 로드셀로 측정하여 자유지지된 박막의 기계적 물성을 시험할 수 있는 장치가 있다. 그러나 이 또한 그래핀과 같은 나노박막에는 적용하기 어려우며, 자유지지된 박막을 눌러주는 시험수단과 박막 시편의 위치를 정밀하게 조절해야 하므로 정렬이 어려운 문제점이 있다.

[0008] 이와 관련된 종래 기술로는 한국공개특허(2006-0110958)인 "자유지지 박막 시험기"가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) KR 2006-0110958 A1 (2006.10.26.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 전기습윤 현상을 이용하여 간단한 장치(시스템)로 자유지지형 나노박막의 물성을 시험할 수 있도록 하는 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치는, 상하를 관통하는 관통공이 형성되는 기관; 상기 관통공의 내주면에 형성되는 전극층; 상기 전극층의 내주면에 형성되는 절연층; 상기 기관의 상면에 형성되는 전기적 비전도성 재질의 자유지지형 나노박막; 상기 나노박막 및 절연층에 접촉되도록 상기 관통공에 수용되는 전해액; 및 상기 전극층과 전해액에 양단이 연결되는 전원; 을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0012] 그리고 본 발명의 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치는, 상하를 관통하는 관통공이 형성되는 기관; 상기 관통공의 내주면 및 상기 기관의 상면에 형성되는 전극층; 상기 전극층의 내주면 및 상기 전극층의 상면에 형성되는 절연층; 상기 절연층의 상면에 형성되는 전기적 전도성 재질의 자유지지형 나노박막; 상기 나노박막 및 절연층에 접촉되도록 상기 관통공에 수용되는 전해액; 및 상기 전극층과 전해액에 양단이 연결되는 전원; 을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 이때, 상기 전원의 일단은 전극층에 연결되고, 상기 전원의 타단은 상기 나노박막에 연결되어 나노박막을 통해 전해액과 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 전원의 전압을 조절할 수 있는 컨트롤러를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 절연층의 내주면에는 소수성 코팅층이 형성되며, 상기 전해액은 수계 전해액인 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 나노박막의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer)를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치는, 전기습윤 현상을 이용하여 자유지지형 나노박막이 변형되도록 한 상태에서 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정 장비를 이용하여 자유지지된 나노박막이 변형된 정도를 측정함으로써, 자유지지형 나노박막의 잔류응력, 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있는 장점이 있다.

[0018] 전기습윤 현상의 가장 큰 장점은 별도의 하중센서와 구동기 없이 자유지지형 나노박막의 물성을 측정할 수 있다는 점이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 및 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 나타낸 개략도.

도 3 내지 도 5는 본 발명에 따른 간접계를 이용하여 나노박막의 변형을 측정하는 실시예를 나타낸 개략도 및 측정 결과를 나타낸 그래프.

도 6 및 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 나타낸 개략도.

도 8은 본 발명에 따른 절연층 내주면에 소수성 코팅층이 형성된 실시예를 나타낸 개략도.

도 9는 본 발명에 따른 전원 연결의 다른 실시예를 나타낸 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 상기한 바와 같은 본 발명의 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.
- [0021] 전기습윤(electrowetting-on-Dielectric)은 외부에서 인가된 전압을 이용하여 미소유체를 효율적으로 제어하는 기술로서, 의료 및 광학 분야에 있어서 기존의 기계적 제어방법에 비해 빠른 응답속도와 낮은 소모전력 그리고 기계적 구동부가 없어 장비의 수명이 길며 장치(시스템)의 크기를 줄일 수 있다는 장점들이 있다.
- [0022] 본 발명은 이와 같은 전기습윤 현상을 이용하여 자유지지형 나노박막을 변형시킬 수 있도록 하여 물성을 시험할 수 있는 장치이다.
- [0023] 도 1은 및 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 나타낸 개략도이다.
- [0024] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명의 제1실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치(1000)는, 상하를 관통하는 관통공(110)이 형성되는 기관(100); 상기 관통공(110)의 내주면에 형성되는 전극층(200); 상기 전극층(200)의 내주면에 형성되는 절연층(300); 상기 기관(100)의 상면에 형성되는 전기적 비전도성 재질의 자유지지형 나노박막(120); 상기 나노박막(120) 및 절연층(300)에 접촉되도록 상기 관통공(110)에 수용되는 전해액(500); 및 상기 전극층(200)과 전해액(500)에 양단이 연결되는 전원(600); 을 포함하여 이루어진다.
- [0025] 우선, 기관(100)은 상하를 관통하도록 관통공(110)이 형성되고 기관(100)의 상면에 비전도성 나노박막(120)이 형성되어, 관통공(110) 부분의 비전도성 나노박막(120)이 떠있는 상태로 자유지지형 나노박막이 형성된다. 이때, 관통공(110)은 수십에서 수백 마이크로미터의 직경으로 형성될 수 있으며, 비전도성 나노박막(120)은 비전도성 재질로 형성되어 나노미터 두께로 형성되는 박막이 기관(100) 상면에 증착 또는 전사되어 밀착된 형태가 될 수 있다. 여기에서 기관(100)은 유리(glass) 재질로 형성될 수 있으며, 나노박막(120)은 질화붕소(BN) 또는 이황화몰리브덴(MoS₂)과 같은 비전도성 재질로 형성될 수 있다. 또한, 비전도성 나노박막(120)은 단층 또는 복수층 형태로 형성될 수 있다.
- [0026] 전극층(200)은 관통공(110)의 내주면에 형성되며, 관통공(110)의 내주면 전체를 둘러싸는 형태로 코팅 또는 증착되어 밀착되도록 형성될 수 있다. 이때, 전극층(200)은 전기가 잘 통할 수 있도록 산화아연(ZnO) 재질로 형성되거나 산화인듐(In₂O₃)에 산화주석(SnO₂)을 첨가하여 만든 화합물인 인듐 틴 옥사이드(ITO; Indium Tin Oxide) 재질로 형성될 수 있다.
- [0027] 절연층(300)은 전극층(200)의 내주면에 형성되며, 전극층(200)의 내주면 전체를 둘러싸는 형태로 코팅 또는 증착되어 밀착된다. 이때, 절연층(300)은 절연성이 우수한 알루미늄나(Al₂O₃)와 같은 재질로 형성될 수 있다.
- [0028] 전해액(500)은 기관의 관통공(110)이 형성된 부분에 채워져 수용되며, 자유지지된 나노박막(120)의 하면과 절연층(300)의 내주면에 접촉되도록 형성된다. 이때, 전해액(500)은 표면장력에 의해 나노박막(120)과 절연층(300)에 접촉된 상태로 채워지며, 표면장력에 의해 전해액(500)의 하면이 상측으로 오목하게 들어간 상태로 유지된다. 또한, 전해액(500)은 전기가 잘 통할 수 있으며, 액체 상태로 형성된다. 그리하여 전해액(500)의 오목하게 들어간 하면은 공기와 접촉되도록 구성된다.
- [0029] 전원(600)은 전극층(200)과 전해액(500)에 양단이 연결된다. 즉, 전원(600)은 일단이 전극층(200)에 연결되고 타단은 전해액(500)에 연결된다. 이때, 전원(600)에는 스위치(610)를 연결하여 전원을 인가하거나 차단하도록 할 수 있다.

- [0030] 그리하여 도 2와 같이 절연층(300)을 사이에 두고 스위치(610)를 닫아 전원(600)이 인가되면, 절연층(300)과 전해액(500)의 오목한 표면의 접선이 이루는 접촉각 및 표면장력이 변하게 된다. 즉, 도 1과 같이 전원을 차단하였을 때에는 전해액(500) 하면의 접촉각(θ_0)이 크게 형성되나, 도 2와 같이 전원을 인가하면 전해액(500) 하면의 접촉각(θ_v)이 작아지게 된다. 이때, 표면장력이 커지고 접촉각(θ_v)이 작아짐에 따라 전해액(500)의 내부에 작용하여 나노박막(120)을 하측으로 잡아당기려는 압력(p)이 커지게 된다.
- [0031] 이로 인해 전원(600)이 인가되면 전해액(500)의 상측에 접촉된 나노박막(120)이 하측으로 처지도록 변형되며, 이때 나노박막(120) 처진 높이(h)를 측정하면 나노박막(120)의 기계적 물성을 시험할 수 있게 된다.
- [0032] 그리고 상기 나노박막(120)의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer)를 더 포함하여 이루어져, 전원을 인가한 상태에서 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정 장비를 이용하여 자유지지된 나노박막이 변형된 정도를 측정함으로써, 자유지지형 나노박막의 잔류응력, 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 측정할 수 있고, 나노박막의 변형된 이미지를 광학현미경(Optical microscope)으로 관찰할 수 있으며, 라만분광기(Raman spectroscopy)를 통해 나노박막의 특성을 분석할 수 있다. 이때, 도 3 및 도 4와 같이 원자현미경 또는 백색광 간섭계(700)를 이용하여 나노박막의 변위를 측정할 때, 자유지지된 나노박막의 수직 상측에서 원자현미경 또는 간섭계를 이용하여 나노박막이 변형된 정도를 측정할 수 있으며, 측정된 결과는 도 5의 그래프와 같이 나타낼 수 있다.
- [0033] 또한, 전기습윤 현상의 가장 큰 장점은 별도의 하중센서와 구동기 없이 자유지지형 나노박막의 물성을 측정할 수 있다는 점이다.
- [0034] 그리고 본 발명의 제2실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치(1000)는, 상하를 관통하는 관통공(110)이 형성되는 기판(100); 상기 관통공(110)의 내주면 및 상기 기판(100)의 상면에 형성되는 전극층(200); 상기 전극층(200)의 내주면 및 상기 전극층(200)의 상면에 형성되는 절연층(300); 상기 절연층(300)의 상면에 형성되는 전기적 전도성 재질의 자유지지형 나노박막(130); 상기 나노박막(130) 및 절연층(300)에 접촉되도록 상기 관통공(110)에 수용되는 전해액(500); 및 상기 전극층(200)과 전해액(500)에 양단이 연결되는 전원(600); 을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0035] 이는 상기한 본 발명의 제1실시예와 유사한 구성이나, 전기적 전도성 재질로 형성되는 전도성 나노박막(130)이 형성된 자유지지형 나노박막의 물성을 시험할 수 있도록 하는 장치이다. 즉, 나노박막(130)이 전기적 전도성 재질로 형성되므로 전극층(200)과 나노박막(120) 사이에 절연층(300)이 배치되도록 하여 전기적으로 절연되도록 하는 구성이다.
- [0036] 이때, 전극층(200)은 기판(100)의 상면에는 형성되지 않고 관통공(110)의 내주면에만 밀착되도록 형성될 수 있고, 그 위에 절연층(300)이 코팅 또는 증착되어 기판(100)의 상면에 절연층(300)이 형성되고 그 상측에 전도성 나노박막(130)이 형성될 수 있다.
- [0037] 여기에서 전도성 나노박막(130)은 그래핀이 될 수 있으며, 전기적 전도성을 갖으며 나노미터 두께의 얇은 막 형태로 형성되는 다른 종류의 나노박막이 될 수도 있다.
- [0038] 그리하여 본 발명의 제2실시예에 따른 전기습윤 현상을 이용한 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치도 도 6 및 도 7과 같이 전원을 차단했을 때와 전원을 인가했을 때의 나노박막이 처지는 정도(h)를 측정하여 물성을 시험할 수 있다.
- [0039] 이때, 상기 전원(600)의 일단은 전극층(200)에 연결되고, 상기 전원(600)의 타단은 상기 나노박막(130)에 연결되어 나노박막(130)을 통해 전해액(500)과 연결될 수 있다. 즉, 나노박막(130)이 전도성 재질로 형성되므로 도 9와 같이 전원(600)의 타단을 전도성 나노박막(130)에 연결되도록 하여 전원의 연결을 간단히 할 수 있다.
- [0040] 이때, 상기 전원(600)의 전압을 조절할 수 있는 컨트롤러를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 이는 인가되는 전압이 커짐에 따라 표면장력이 커지고 접촉각(θ_v)이 작아지며, 이에 따라 전해액이 나노박막(120, 130)을 잡아당기는 압력(p)이 커지는 특성을 이용하기 위한 것이다. 그리하여 컨트롤러를 통해 전압을 조절하여 자유지지형 나노박막의 처지는 정도(h)를 변화시키면서 물성을 측정할 수 있는 장점이 있다.
- [0041] 또한, 상기 절연층(300)의 내주면에는 소수성 코팅층(400)이 형성되며, 상기 전해액(500)은 수계 전해액으로 형성될 수 있다. 이는 도 8과 같이 소수성 코팅층(400)이 절연층(300)의 내주면 전체를 둘러싸는 형태로 코팅되고

전해액(500)이 수계 전해액으로 형성되어, 전압의 변화에 따른 접촉각(θ_v)의 변화를 크게 하기 위함이다. 그리하여 전압의 변화에 따라 나노박막이 처지는 정도를 크게하여 물성을 시험할 수 있는 장점이 있다.

[0042] 이때, 전해액(500)은 증류수에 황산나트륨(Na_2SO_4)을 녹인 수계 전해액이 사용될 수 있다.

[0043] 이와 같이 전기습윤 현상을 이용하여 자유지지형 나노박막의 기계적 물성을 측정하는 방법은 나노박막 물성측정 방법에 따른 수식을 사용하고, 응력(Stress)과 변형률(Strain)의 관계와 탄성계수(Modulus) 등을 측정하는 방법은 아래의 식을 따른다. 이때, 응력과 변형률 관계식으로부터, y 절편이 0인 잔류응력을 측정할 수 있다. 자유지지형 나노박막은 원형뿐만 아니라, 사각형으로도 구현가능하며 얻어진 물성을 토대로 하여 푸아송 비(Poisson's ratio) 까지 평가할 수 있다.

[0044]
$$\sigma_{\text{원형}} = \frac{pD^2}{16th_{\text{원형}}} \quad (\text{응력계산식-원형})$$

[0045]
$$\varepsilon_{\text{원형}} = \frac{8h^2_{\text{원형}}}{3D^2} \quad (\text{변형률 계산식-원형})$$

[0046]
$$\sigma_{\text{원형}} = \frac{E}{1-\nu} \varepsilon_{\text{원형}} + \sigma_0 \quad (\text{응력-변형률 관계식})$$

[0047] σ 는 가해진 응력, p 는 가해진 압력, D 는 자유지지형 나노박막의 직경, ε 는 가해진 변형률, t 는 나노박막의 두께, h 는 나노박막의 변형된 중심부의 높이 변형된 높이 그리고 E 는 탄성계수를 의미한다. 이때, D 는 관통공에서 절연층 또는 소수성 코팅층의 두께를 뺀 직경이 될 수 있다.

[0048]
$$\sigma_{\text{사각형}} = \frac{pW^2}{8th_{\text{사각형}}} \quad (\text{응력계산식-사각형})$$

[0049]
$$\varepsilon_{\text{사각형}} = \frac{8h^2_{\text{사각형}}}{3W^2} \quad (\text{변형률 계산식-사각형})$$

[0050]
$$\sigma_{\text{사각형}} = \frac{E}{1-\nu^2} \varepsilon_{\text{사각형}} + \sigma_0 \quad (\text{응력-변형률 관계식})$$

[0051] 그리고 사각형에서의 W 는 자유지지된 나노박막의 폭을 나타낸다.

[0052] 또한, 위의 식을 통해 푸아송 비를 얻을 수 있다.

[0053]
$$\nu = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{W} \right)^4 \left(\frac{h_{\text{사각형}}}{h_{\text{원형}}} \right)^3 - 1 \quad (\text{푸아송 비 관계식})$$

[0054] 또한, p 는 전해액이 자유지지형 나노박막을 당기는 압력으로 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

[0055]
$$p = \frac{2\gamma_{LV} \cos\theta}{r} \quad (\text{식1})$$

[0056] 이때, r 는 관통공의 반경, γ_{LV} 는 전해액(액체)과 공기(기체)와의 표면장력, θ 는 접촉각이다.

[0057] 그리고 표면장력과 접촉각은 아래의 두 식으로 나타낼 수 있다.

[0058]
$$\gamma_{LV} \cos\theta = \gamma_{Vs} - \gamma_{Ls} \quad (\text{Young equation}) \quad \text{식(2)}$$

$$\cos\theta_v = \cos\theta_0 + \frac{\epsilon_0 \epsilon}{2d\gamma_{LV}} V^2 \quad (\text{Lippman-Young equation}) \quad \text{식(3)}$$

[0059]

[0060]

여기에서, γ_{VS} 는 공기(기체)와 절연층(고체)의 표면장력, γ_{LS} 는 전해액(액체)과 절연층(고체)과의 표면장력이며, θ_0 는 전압 차단 시의 접촉각, θ_v 는 전압 인가 시의 접촉각, ϵ 은 상대 유전율, ϵ_0 는 상대 유전율, d 는 절연층의 두께, V 는 인가된 전압이다.

[0061]

이때, 전압을 인가하기 전에는 표면장력인 γ_{LV} 를 알 수 있으며, γ_{VS} 와 γ_{LS} 는 값이 일정하므로 식(2)를 이용하여 초기 접촉각(θ_0)을 구할 수 있다. 그리고 초기 접촉각(θ_0)을 식(3)에 대입하여 전압 인가 시 접촉각(θ_v)을 구할 수 있다. 이를 이용해 다시 식(2)에서 전압 인가시의 변화된 표면장력(γ_{LV})을 구할 수 있으며, 이 값을 식(1)에 대입해 p 값을 구할 수 있다.

[0062]

그리하여 p 값을 이용하여 자유지지형 나노박막의 응력, 변형률, 탄성계수 및 푸아송 비를 평가할 수 있다.

[0063]

본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

[0064]

1000 : 전기습윤 현상을 이용한 자자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치

100 : 기판

110 : 관통공

120 : 비전도성 나노박막

130 : 전도성 나노박막

200 : 전극층

300 : 절연층

400 : 소수성 코팅층

500 : 전해액

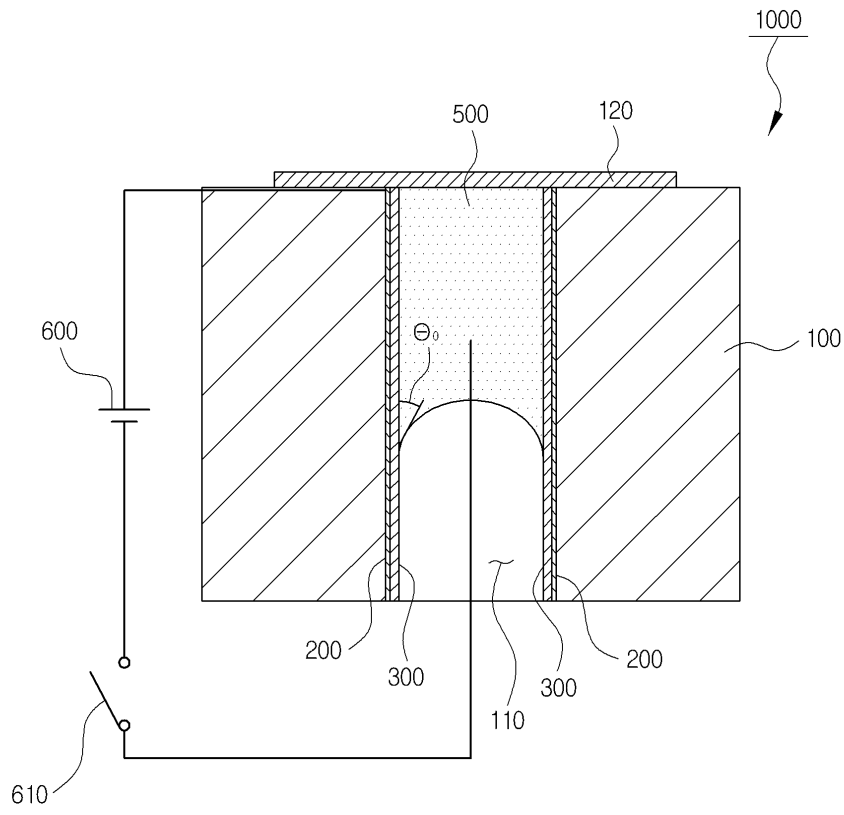
600 : 전원

610 : 스위치

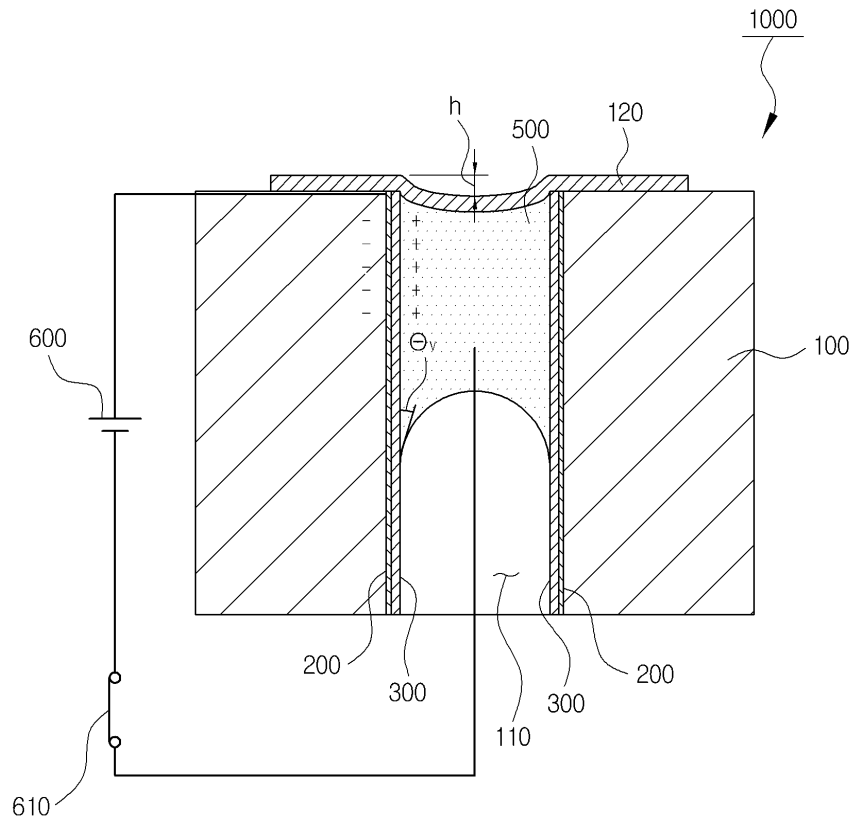
700 : 간섭계, 원자현미경

도면

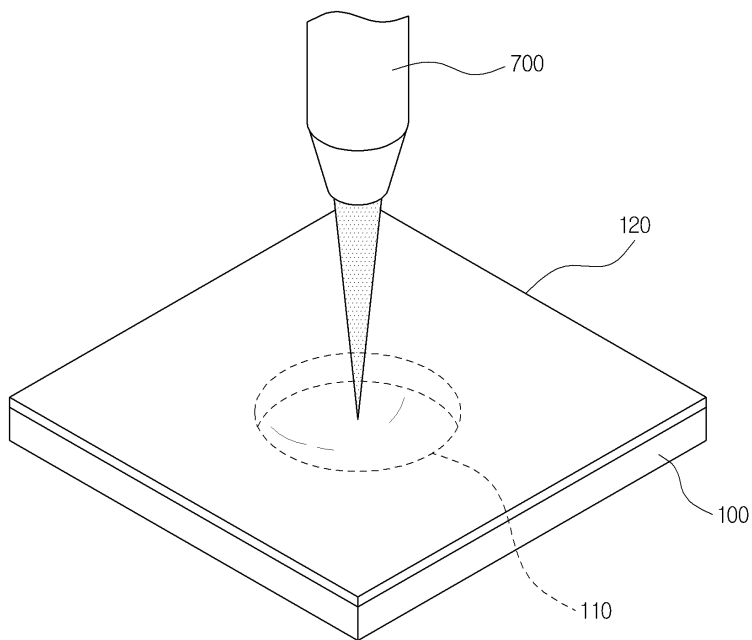
도면1



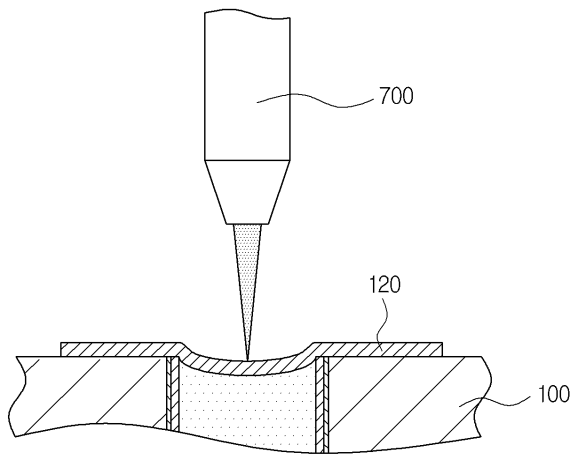
도면2



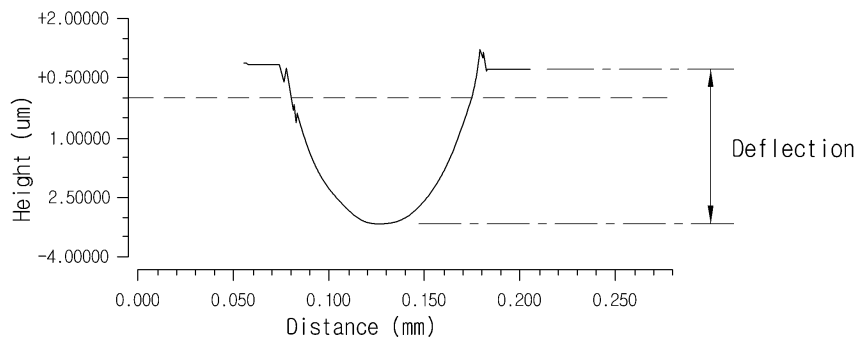
도면3



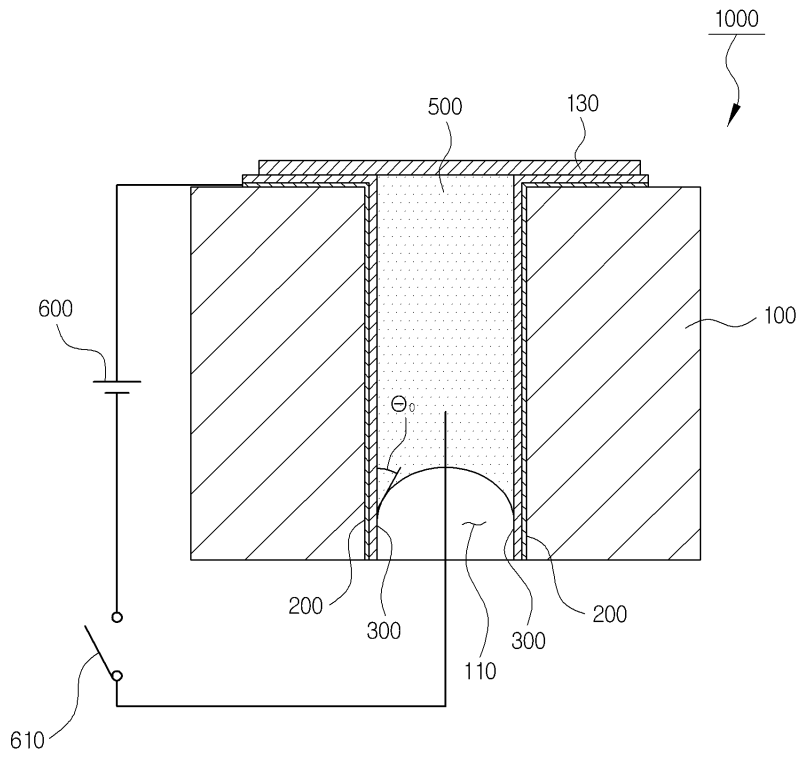
도면4



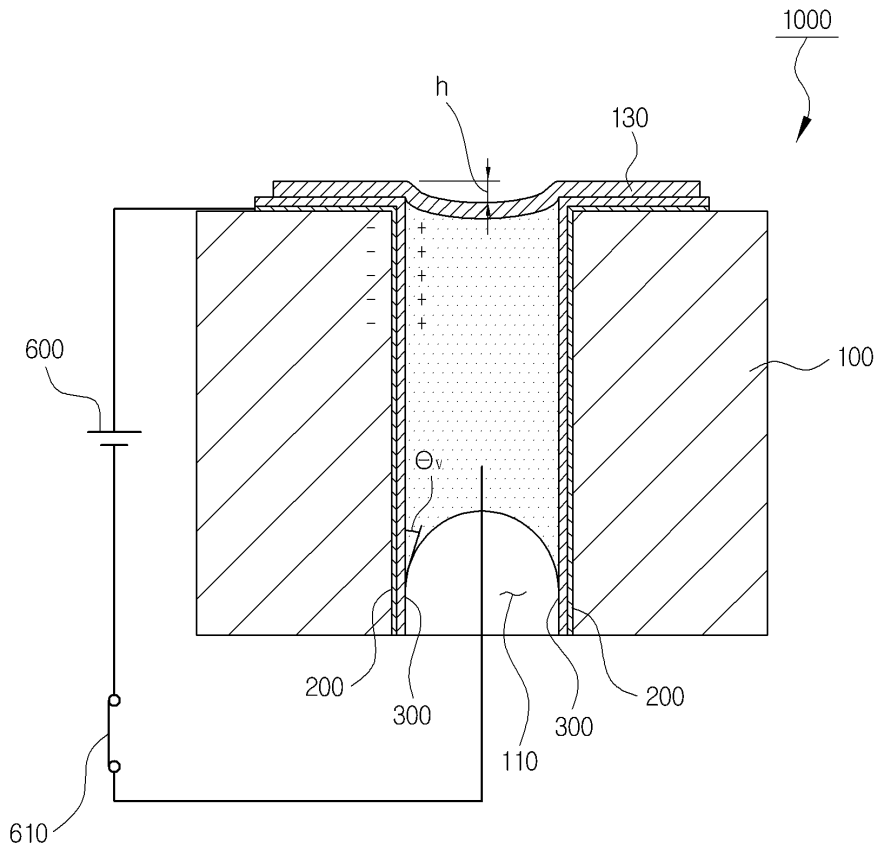
도면5



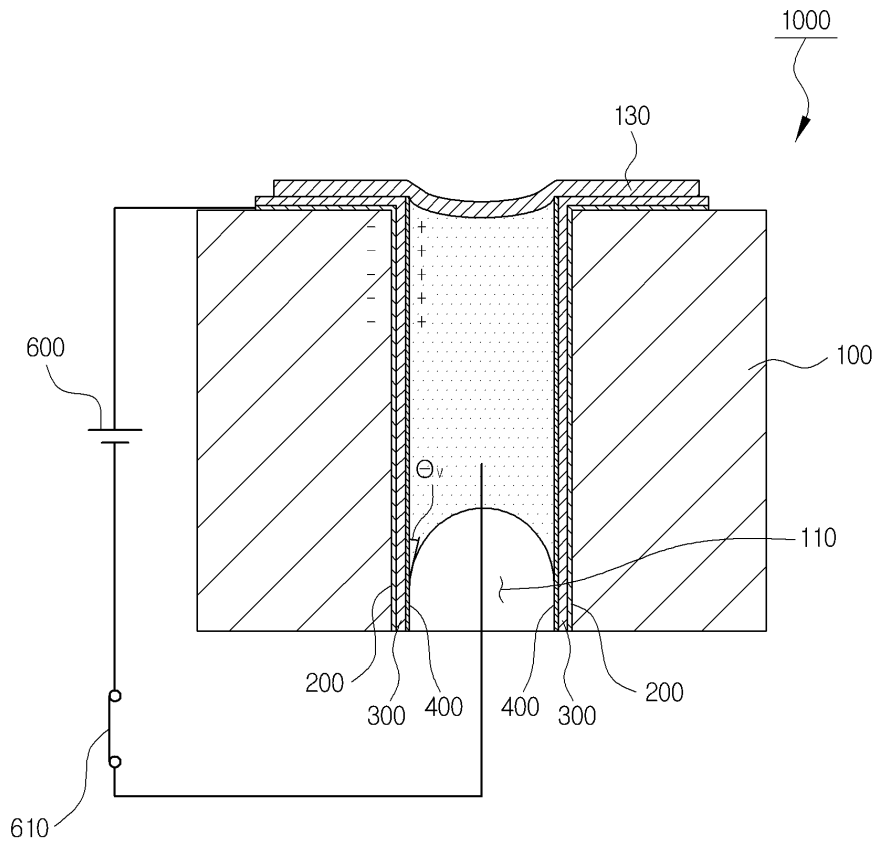
도면6



도면7



도면8



도면9

