(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월24일
(11) 등록번호 10-1409812
(24) 등록일자 2014년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 21/32 (2006.01) *B82Y 35/00* (2011.01)
(21) 출원번호 10-2013-0054682
(22) 출원일자 2013년05월14일
심사청구일자 2013년05월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011006313 A
JP11108644 A
JP2013508715 A
JP05196431 A

(73) 특허권자
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
황보윤
대전광역시 유성구 가정북로 156, 한국기계연구원 메카트로닉스 연구동 119호 (장동)
김재현
대전광역시 유성구 어은로 57, 127동 208호 (어은동, 한빛아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김종관, 박창희, 권오식

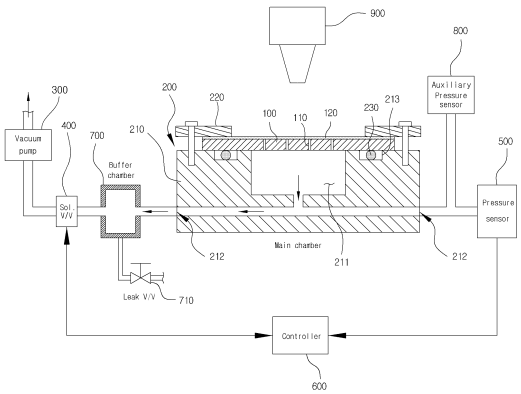
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 **자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다수개의 관통공이 형성된 기판 상면에 나노박막이 전사되어 자유지지형 나노박막이 형성된 기판을 지그에 고정하고, 특정한 압력으로 진공을 가한 상태에서 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정장비를 이용하여 자유지지된 나노박막이 변형된 정도를 측정함으로서, 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있도록 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

이학주

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

이충광

전라북도 완주군 봉동읍 둔산1로 130, 207-902 (전주첨단코아루2차아파트)

김상민

대구광역시 수성구 효행로 24, 6-207 (만촌동, 럭키골든아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	MO2710
부처명	지식경제부
연구사업명	국가플랫폼기술개발사업
연구과제명	안전성 향상을 위한 나노 제품 설계 기술 (3/3)
기 여 율	1/2
주관기관	한국기계연구원
연구기간	2011.11.01 ~ 2012.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	MO3220
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	유연 나노박막용 대면적 전사 및 연속 생산시스템 기술 개발 (2/3)
기 여 율	1/2
주관기관	한국기계연구원
연구기간	2012.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

일측이 개방된 중공부(211)가 형성되며 상기 중공부(211)와 연통되는 연결 포트(212)가 형성되는 몸체(210), 상기 몸체(210)의 개방된 일측에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)이 밀착되도록 고정하는 고정 플레이트(220), 및 상기 몸체(210)와 고정 플레이트(220) 사이에 개재되는 실링부재(230),를 포함하는 메인 챔버(200);

상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 진공 발생기(300);

상기 메인 챔버(200)와 진공 발생기(300) 사이에 설치되는 솔레노이드 밸브(400);

상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 압력 센서(500); 및

상기 솔레노이드 밸브(400) 및 압력 센서(500)와 연결되어, 상기 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력을 조절하는 컨트롤러(600);를 포함하여 이루어지는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 메인 챔버(200)와 솔레노이드 밸브(400) 사이에 설치되어, 상기 솔레노이드 밸브(400)의 개폐에 따른 압력 변화의 충격을 흡수할 수 있는 버퍼 챔버(700)를 더 포함하여 이루어지는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 버퍼 챔버(700)는 일측에 외부 공기가 유입될 수 있는 리크 밸브(710)가 연결되는 것을 특징으로 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 보조 압력 센서(800)를 더 포함하여 이루어지는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 메인 챔버(200)는 기판(100)이 밀착되는 면에 실링부재가 삽입되는 실링부재 안치홈(213)이 형성되는 것을 특징으로 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 메인 챔버(200)의 고정 플레이트(220)는 내측이 중공되게 형성되는 것을 특징으로 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 메인 챔버(200)의 일측에 구비되어 진공도에 따른 나노박막(120)의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 측정수단(900)인 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer)를 포함하여 이루어지는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치.

청구항 8

일면에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)을 고정하는 단계(S10);

상기 기판(100)의 관통공(110) 내측을 미리 설정된 압력으로 진공을 형성하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 당겨지도록 하는 단계(S20); 및

측정수단(900)인 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer)를 이용하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 들어간 깊이(h)를 측정하는 단계(S30);를 포함하여 이루어지는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 나노박막(120)은 전사되어 기판(100)에 밀착 형성되는 것을 특징으로 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 자유지지된 나노박막에 진공을 가해 나노박막이 변형되도록 하고, 그 변형되는 정도를 측정하여 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있도록 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[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 구부려도 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. 그런

데 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, 나노박막의 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㎛ 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 자유지지된 나노박막에 진공을 가해 나노박막이 변형되도록 하고, 그 변형되는 정도를 측정하여 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있도록 하는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치는, 일측이 개방된 중공부(211)가 형성되며 상기 중공부(211)와 연통되는 연결 포트(212)가 형성되는 몸체(210), 상기 몸체(210)의 개방된 일측에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)이 밀착되도록 고정하는 고정 플레이트(220), 및 상기 몸체(210)와 고정 플레이트(220) 사이에 개재되는 실링부재(230),를 포함하는 메인 챔버(200); 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 진공 발생기(300); 상기 메인 챔버(200)와 진공 발생기(300) 사이에 설치되는 솔레노이드 밸브(400); 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 압력 센서(500); 및 상기 솔레노이드 밸브(400) 및 압력 센서(500)와 연결되어, 상기 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력을 조절하는 컨트롤러(600);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 메인 챔버(200)와 솔레노이드 밸브(400) 사이에 설치되어, 상기 솔레노이드 밸브(400)의 개폐에 따른 압력 변화의 충격을 흡수할 수 있는 버퍼 챔버(700)를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 버퍼 챔버(700)는 일측에 외부 공기가 유입될 수 있는 리크 밸브(710)가 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 보조 압력 센서(800)를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 메인 챔버(200)는 기판(100)이 밀착되는 면에 실링부재가 삽입되는 실링부재 안치홈(213)이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 고정 플레이트(220)는 내측이 중공되게 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 일측에 구비되어 상기 나노박막(120)의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 측정수단(900)을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0018] 그리고 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법은, 일면에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)을 고정하는 단계(S10); 상기 기판(100)의 관통공(110) 내측을 미리 설정된 압력으로 진공을 형성하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 당겨지도록 하는 단계(S20); 및 측정수단(900)을 이용하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 들어간 깊이(h)를 측정하는 단계(S30);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 나노박막(120)은 전사되어 기판(100)에 밀착 형성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법은, 자유지지형 나노박막에 진공을 가한 상태에서 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정장비를 이용하여 자유지지된 나노박막이 변형된 정도를 측정함으로서, 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 시험할 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 가압을 하여 기판의 관통공 외측으로 자유지지된 나노박막이 부풀어 오르는 것과 반대로 진공을 이용하여 기판의 관통공 내측으로 자유지지된 나노박막이 당겨지도록 시험할 수 있으므로, 기판과 자유지지박막의 가장자리에서의 탈착현상을 방지할 수 있다. 따라서, 관통공이 형성된 기판에 나노박막이 전사되어 형성되는 자유지지형 나노박막의 기계적 물성을 보다 정확하게 시험할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 나타낸 개략도.

도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 메인 챔버 및 자유지지형 나노박막이 형성된 기판의 고정구조를 나타낸 분해사시도 및 조립사시도.

도 4 및 도 5는 자유지지형 나노박막에 진공 압력이 가해지기 전 초기상태와 진공 압력이 가해진 후 변형된 형태를 나타낸 단면 개략도.

도 6은 본 발명에 따른 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법을 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 상기한 바와 같은 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치 및 방법을 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 나타낸 개략도이며, 도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 메인 챔버 및 자유지지형 나노박막이 형성된 기판의 고정구조를 나타낸 분해사시도 및 조립사시도이다.

[0025] 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치(1000)는, 일측이 개방된 중공부(211)가 형성되며 상기 중공부(211)와 연통되는 연결 포트(212)가 형성되는 몸체(210), 상기 몸체(210)의 개방된 일측에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)이 밀착되도록 고정하는 고정 플레이트(220), 및 상기 몸체(210)와 고정 플레이트(220) 사이에 개재되는 실링부재(230),를 포함하는 메인 챔버(200); 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 진공 발생기(300); 상기 메인 챔버(200)와 진공 발생기(300) 사이에 설치되는

솔레노이드 밸브(400); 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 압력 센서(500); 및 상기 솔레노이드 밸브(400) 및 압력 센서(500)와 연결되어, 상기 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력을 조절하는 컨트롤러(600);를 포함하여 이루어진다.

[0026] 우선, 메인 챔버(200)의 몸체(210)는 일측(상측)이 개방된 형태로 중공부(211)가 형성되며, 연결 포트(212)가 형성되어 상기 중공부(211)와 연통된다. 그리고 몸체(210)의 개방된 상면에 기판(100)이 밀착 고정되도록 고정 플레이트(220)가 결합된다.

[0027] 기판(100)은 상하를 관통하도록 다수개의 관통공(110)이 형성되고 기판(100)의 상면에 나노박막(120)이 형성되어, 관통공(110)의 부분의 나노박막(120)이 떠있는 상태로 자유지지형 나노박막(120)이 형성된다. 이때, 관통공(110)은 수십에서 수백 마이크로미터의 직경으로 형성될 수 있으며, 나노박막(120)은 나노미터 두께로 형성되는 박막이 기판(100) 상면에 증착 또는 전사되어 밀착된 형태가 될 수 있다.

[0028] 그리고 나노박막(120)은 그래핀이 될 수 있으며, 나노미터 두께의 얇은 막 형태로 형성되는 다른 종류의 나노박막이 될 수도 있다. 이때, 그래핀은 단층 또는 복수층 형태로 형성될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 기판(100)은 일반적으로 SiO_2 재질로 형성될 수 있고, 상하면을 관통하도록 다수개의 관통공(110)이 형성될 수 있다.

[0030] 그리고 메인 챔버(200)의 몸체(210)와 고정 플레이트(220) 사이에는 실링부재(230)가 개재되되, 몸체(210) 상면에 실링부재(230)가 형성되어 고정 플레이트(220)를 상측에서 결합하였을 때 기판(100)이 몸체(210) 상면에 밀착되어 실링되도록 결합될 수 있다.

[0031] 진공 발생기(300)는 메인 챔버(200)의 중공부(211)에 연결되는 연결 포트(212)와 연결되어, 중공부(211)를 진공으로 형성할 수 있도록 구성된다. 이때, 진공 발생기(300)는 진공 펌프 또는 블로워 등이 될 수 있다.

[0032] 그리고 진공 발생기(300)와 연결 포트(212) 사이에는 솔레노이드 밸브(400)가 설치되어, 연결되는 관로를 개폐함으로써 중공부(211)에 작용하는 진공 압력을 조절할 수 있도록 구성된다.

[0033] 또한, 연결 포트(212)에는 압력 센서(500)가 연결되어, 중공부(211)에 작용하는 진공 압력을 측정할 수 있다.

[0034] 여기에 솔레노이드 밸브(400) 및 압력 센서(500)와 연결되어, 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력을 조절할 수 있도록 컨트롤러(600)가 구성된다. 컨트롤러(600)는 미리 설정된 압력으로 중공부(211)에 작용하는 진공 압력을 조절하는 역할을 하며, 컨트롤러(600)는 압력 센서(500)에서 측정되는 압력 신호를 받아 솔레노이드 밸브(400)의 개폐를 조절하여 중공부(211)에 형성되는 진공 압력을 정밀하게 조절할 수 있다.

[0035] 이와 같이 구성되는 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치(1000)는, 메인 챔버(200)의 개방된 상면에 기판(100)을 올려놓고 고정 플레이트(220)를 이용하여 기판(100)을 밀착 고정시킨다. 이때, 기판(100)은 나노박막(120)이 상측에 위치하도록 고정되며, 기판(100)의 가장자리가 실링부재(230)에 의해 밀폐되며, 기판(100)의 관통공(110)이 형성된 부분이 중공부(211) 상측에 배치되도록 고정된다. 그리고 진공 발생기(300)를 작동시키고, 컨트롤러(600)에 의해 미리 설정된 압력으로 중공부(211)에 진공 압력을 작용시켜 중공부(211)가 특정한 진공 압력으로 유지되도록 할 수 있다.

[0036] 그리하여 중공부(211)에 진공이 작용하면 관통공(110) 부분의 자유지지된 나노박막은 관통공(110)의 내측으로 당겨져 오목하게 변형이 발생하고, 이로 인해 나노박막(120)이 자유지지된 초기 위치와 특정한 진공 압력이 작용된 후 변형된 상태에서의 나노박막(120)의 중심 위치에 높이차(h)가 발생한다. 이때, 이 높이차(h)를 이용하여 나노박막(120)의 기계적 물성을 시험할 수 있게 된다.

[0037] 즉, 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치를 이용하면, 자유지지형 나노박막에 진공을 가한 상태에서 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정장비를 이용하여 자유지지된 나노박막이 변형된 정도를 측정함으로서, 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 또는 푸아송비와 같은 기계적인 물성을 측정할 수 있고, 진공을 가한 상태에서 나노박막의 변형된 이미지를 광학현미경(Oprical microscope)으로 관찰할 수 있으며, 라만분광기(Raman spectroscopy)를 통해 나노박막의 특성을 분석할 수 있다.

[0038] 또한, 본 시험 장치는 환경 챔버 안에 넣어서, 물이나 산소가 없는 환경을 만들어 나노박막의 환경시험이 가능하다.

[0039] 그리고 상기 메인 챔버(200)와 솔레노이드 밸브(400) 사이에 설치되어, 상기 솔레노이드 밸브(400)의 개폐에 따

른 압력 변화의 충격을 흡수할 수 있는 버퍼 챔버(700)를 더 포함하여 이루어질 수 있다.

[0040] 즉, 진공 발생기(300)에서 연속적으로 높은 진공 압력을 형성하고 있으며, 미리 설정된 특정한 압력으로 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력을 조절하기 위해서는 솔레노이드 밸브(400)를 개폐시키는 작동이 반복될 수 있다. 이때, 솔레노이드 밸브(400)의 작동에 따라 연결 관로 및 중공부(211)에 압력에 의한 충격이 작용할 수 있으며, 이로 인해 기판(100)의 상면에 형성된 관통공(110) 부분의 자유지지형 나노박막(120)에 변형 및 손상이 발생할 수 있으므로, 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)와 솔레노이드 밸브(400) 사이에 형성된 버퍼 챔버(700)에서 이 충격을 흡수하도록 할 수 있다.

[0041] 또한, 상기 버퍼 챔버(700)는 일측에 외부 공기가 유입될 수 있는 리크 밸브(710)가 연결될 수 있다. 이는 컨트롤러(600)를 통해 메인 챔버(200) 중공부(211)의 진공 압력이 설정된 압력 이상으로 조절되었을 때, 버퍼 챔버(700)의 일측에 연결된 리크 밸브(710)를 열어 외부 공기가 유입되도록 함으로써 진공도를 조절할 수 있다.

[0042] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 연결 포트(212)에 연결되는 보조 압력 센서(800)를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다. 즉, 압력센서(500)에서 중공부(211)의 진공 압력을 측정하고 이를 컨트롤러(600)에 형성된 디스플레이부를 통해 표시하여 진공 압력을 확인할 수 있으나, 보조 압력 센서(800)를 통해 설정된 압력값으로 조절되었는지를 비교하여 확인하도록 할 수 있다.

[0043] 또한, 상기 메인 챔버(200)는 기판(100)이 밀착되는 면에 실링부재가 삽입되는 실링부재 안치홈(213)이 형성될 수 있다.

[0044] 이때, 실링부재 안치홈(213)은 실링부재(230)가 삽입되어 안치될 수 있도록 메인 챔버(200)의 몸체(210) 상면에 중공부(211)의 개방된 가장자리에 형성될 수 있으며, 중공부(211)에 작용되는 진공 압력에 의해 중공부(211)쪽으로 밀려들어가지 않도록 몸체(210) 상면에 홈 형태로 형성될 수 있다.

[0045] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 고정 플레이트(220)는 내측이 중공되게 형성될 수 있다. 즉, 고정 플레이트(220)는 내측 중앙부가 중공 형성되어 기판(100)의 가장자리가 메인 챔버(200)에 밀착되도록 하여, 중공부(211)에 형성되는 진공 압력이 기판(100)의 관통공(110)들 부분에 자유지지된 나노박막(120)에 작용하도록 할 수 있으며, 또한 기판(100)의 상측에서 측정수단을 이용하여 자유지지형 나노박막(120)이 변형되는 정도를 측정하기 용이하게 할 수 있다.

[0046] 또한, 상기 메인 챔버(200)의 일측에 구비되어 상기 나노박막(120)의 변형 또는 변위를 측정할 수 있는 측정수단(900)이 구비될 수 있다. 이때, 측정수단(900)으로는 원자현미경(Atomic force microscope) 또는 간섭계(Interferometer) 등의 측정장비가 사용될 수 있다.

[0047] 그리고 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법은, 일면에 나노박막(120)이 형성된 기판(100)을 고정하는 단계(S10); 상기 기판(100)의 관통공(110) 내측을 미리 설정된 압력으로 진공을 형성하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 당겨지도록 하는 단계(S20); 및 측정수단(900)을 이용하여 상기 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 들어간 깊이(h)를 측정하는 단계(S30);를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0048] 즉, 도 4 및 도 5와 같이 기판(100)에 다수개의 관통공(110)이 형성되고 기판(100) 상면에 나노박막(120)이 형성되어 관통공(110) 부분에 자유지지형 나노박막이 형성된 기판(100)을 고정하고, 관통공(110)에 미리 설정된 압력으로 진공을 형성하여 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 당겨지도록 한 상태에서, 측정수단(900)을 이용하여 자유지지형 나노박막이 변형된 깊이(h)를 측정하는 것이다.

[0049] 그리하여 자유지지형 나노박막의 초기 위치에서 진공 압력이 작용된 상태에서의 변형된 나노박막(120)의 중심 위치의 차인 깊이(h), 나노박막(120)의 두께, 기판(100)의 관통공(110) 직경 및 진공 압력을 이용하여 자유지지형 나노박막의 인장강도, 탄성계수 및 푸아송비 등의 기계적 물성을 산출할 수 있다.

[0050] 그리고 상기 나노박막(120)은 전사되어 기판(100)에 밀착 형성될 수 있다. 이는, 본 발명의 자유지지형 나노박막의 물성 시험 방법을 나노박막(120)이 기판(100)에 증착된 후 에칭 등을 이용하여 관통공이 형성되도록 제조된 자유지지형 나노박막에도 적용할 수 있으나, 전사에 의해 기판(100)에 나노박막(120)이 밀착된 형태로 제조되는 자유지지형 나노박막을 적용하였을 때에 정확한 시험 결과를 얻을 수 있다.

[0051] 즉, 전사에 의해 자유지지형 나노박막을 형성하기 위해서는, 폴리머층에 나노박막(120)이 형성된 적층체를 관통공(110)이 형성된 기판(100)에 가압롤러 등을 이용하여 밀착시킨 후 폴리머층을 식각하여 제거함으로써 전사된 형태로 자유지지형 나노박막이 형성되도록 할 수 있다. 이때, 나노박막(120)은 기판(100)과 반데르발스 힘에 의해 밀착된 상태이므로 증착에 비해 접착력이 낮으며, 그러므로 진공에 의해 자유지지된 나노박막이 당겨지도록

하면 기판(100)과 나노박막(120)의 접착력이 낮아도 정확한 시험을 할 수 있다. 반대로 가압을 하여 나노박막(120)이 부풀어 오르도록 하면 관통공(110) 주변의 기판(100) 상면에 접착된 나노박막(120)이 떨어질 수 있으며, 전사에 의해 형성된 자유지지형 나노박막(120)이 관통공(110)의 내측으로 약간 들어가 있는 상태이므로 부풀어 오르기 전 상측으로 올라와 변위의 차이가 생기거나 나노박막(120)이 파손되어 정확한 시험을 할 수 없게 된다.

[0052] 이와 같이 진공을 이용하여 기판의 관통공 내측으로 자유지지된 나노박막이 당겨지도록 시험할 수 있으므로, 관통공이 형성된 기판에 나노박막이 전사되어 형성되는 자유지지형 나노박막의 기계적 물성을 보다 정확하게 시험할 수 있는 장점이 있다. 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. 자유지지 나노박막은 원형뿐만 아니라, 사각형으로도 구현가능하며 얻어진 물성을 토대로 하여 푸아송 비(Poisson's ratio) 까지 평가할 수 있다.

[0053]
$$\sigma_{원형} = \frac{pD^2}{16th_{원형}}$$
(응력계산식-원형)

[0054]
$$\varepsilon_{원형} = \frac{8h^2{}_{원형}}{3D^2}$$
(변형률 계산식-원형)

[0055]
$$\sigma_{원형} = \frac{E}{1-\nu}\varepsilon_{원형}$$
(응력-변형률 관계식)

[0056] σ는 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.

[0057]
$$\sigma_{사각형} = \frac{pW^2}{8th_{사각형}}$$
(응력계산식-사각형)

[0058]
$$\varepsilon_{사각형} = \frac{8h^2{}_{사각형}}{3W^2}$$
(변형률 계산식-사각형)

[0059]
$$\sigma_{사각형} = \frac{E}{1-\nu^2}\varepsilon_{사각형}$$
(응력-변형률 관계식)

[0060] 그리고 사각형에서의 W는 자유지지된 나노박막의 폭을 나타낸다.

[0061] 또한, 위의 식을 통해 푸아송 비를 얻을 수 있다.

[0062]
$$\nu = \frac{1}{2}\left(\frac{D}{W}\right)^4\left(\frac{h_{사각형}}{h_{원형}}\right)^3 - 1$$
(푸아송 비 관계식)

[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 : 자유지지형 나노박막의 물성 시험 장치

100 : 기판

110 : 관통공 120 : 나노박막

200 : 메인 챔버

210 : 몸체

211 : 중공부 212 : 연결 포트

213 : 실링부재 안치홈

220 : 고정 플레이트 230 : 실링부재

300 : 진공 발생기

400 : 솔레노이드 밸브

500 : 압력 센서

600 : 컨트롤러

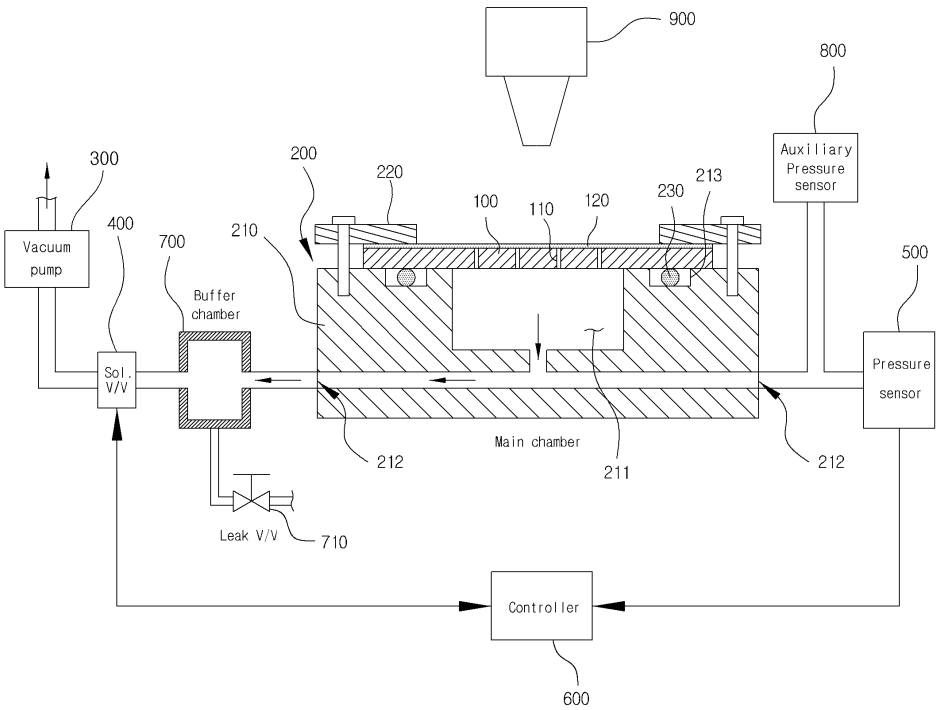
700 : 버퍼 챔버 710 : 리크 밸브

800 : 보조 압력 센서

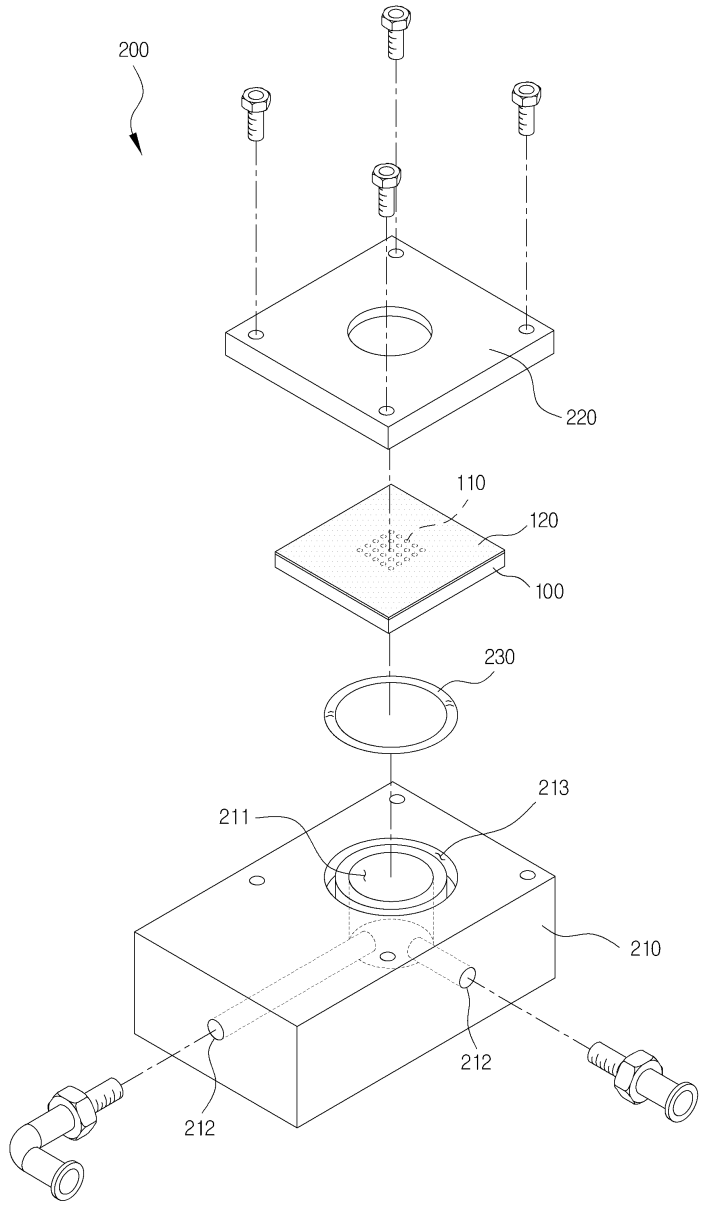
900 : 측정수단

도면

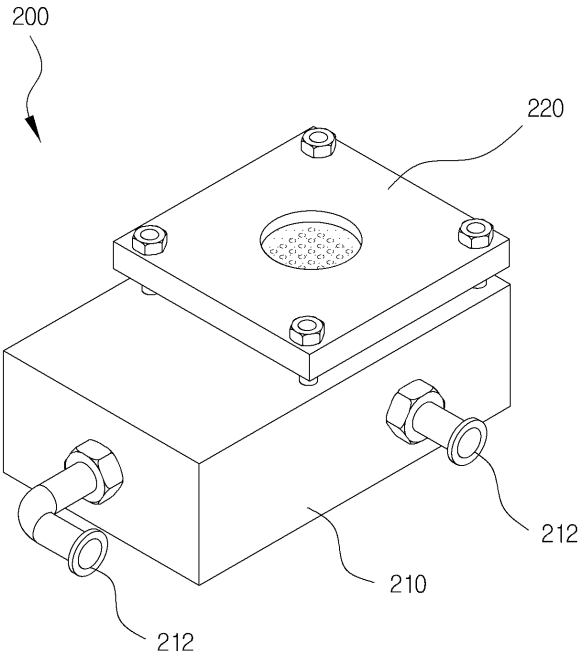
도면1



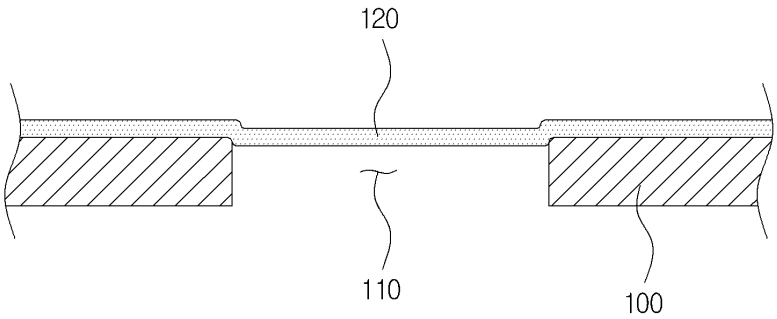
도면2



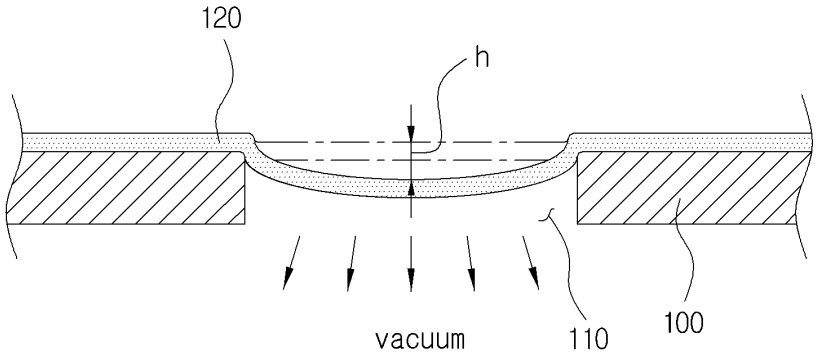
도면3



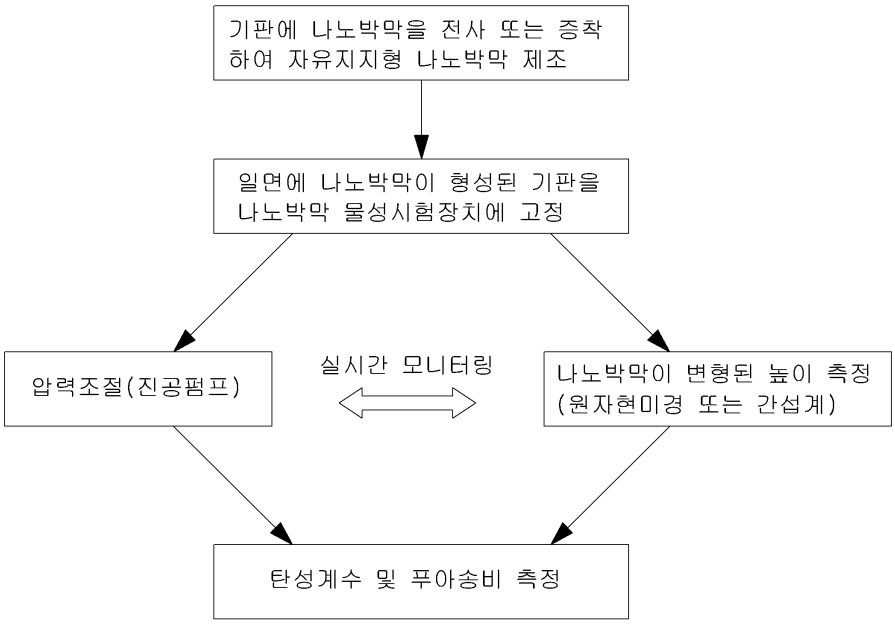
도면4



도면5


120
h
vacuum
110
100

도면6


기판에 나노박막을 전사 또는 증착하여 자유지지형 나노박막 제조
일면에 나노박막이 형성된 기판을 나노박막 물성시험장치에 고정
압력조절(진공펌프)
실시간 모니터링
나노박막이 변형된 높이 측정 (원자현미경 또는 간섭계)
탄성계수 및 푸아송비 측정