



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월18일
(11) 등록번호 10-2204795
(24) 등록일자 2021년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/02 (2006.01) C23C 16/26 (2006.01)
C23C 16/458 (2006.01) C23C 16/46 (2006.01)
C23C 16/54 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7032168
(22) 출원일자(국제) 2013년04월24일
심사청구일자 2018년02월28일
(85) 번역문제출일자 2014년11월17일
(65) 공개번호 10-2015-0022767
(43) 공개일자 2015년03월04일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/002772
(87) 국제공개번호 WO 2013/179561
국제공개일자 2013년12월05일
(30) 우선권주장
JP-P-2012-124321 2012년05월31일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP10310862 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
소니 주식회사
일본국 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1
(72) 발명자
교바야시 도시유키
일본 1080075 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1 소니
주식회사 내
시미즈 게이스케
일본 1080075 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1 소니
주식회사 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 7 항

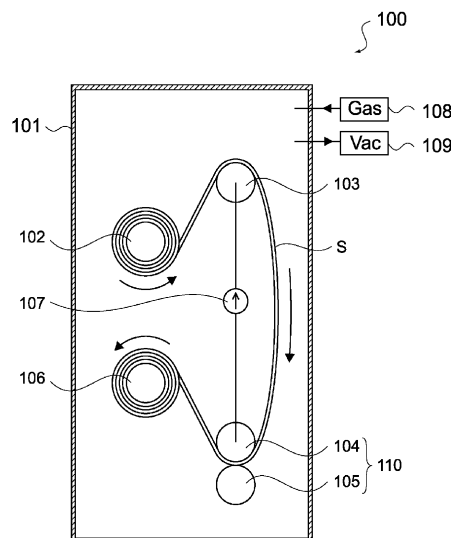
심사관 : 정승두

(54) 발명의 명칭 성막 장치와 성막 방법

(57) 요약

롤대를 기구와 가열 유닛을 포함하는 성막 장치가 제공된다. 롤대를 기구는 성막 대상을 반송하도록 구성되고, 반송된 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성되는 장력 완화 유닛을 포함한다. 가열 유닛은 롤대물 기구에 의해 반송되는 성막 대상을 가열하도록 구성된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

가도노 고지

일본 1080075 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1 소니 주식회사 내

미즈구치 유키코

일본 1080075 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1 소니 주식회사 내

무라카미 요스케

일본 1080075 도쿄도 미나토쿠 코난 1-7-1 소니 주식회사 내

(56) 선행기술조사문헌

JP2011037587 A*

JP2011184738 A*

KR1020110092207 A*

JP2005000958 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

성막 장치로서,

성막(film-forming) 대상을 반송하도록 구성되고, 반송된 상기 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성된 장력 완화 유닛을 포함하는 롤대를 기구와,

상기 롤대를 기구에 의해 반송되는 상기 성막 대상을 가열하도록 구성되는 가열 유닛을 포함하고,

상기 장력 완화 유닛은 상기 성막 대상을 협지하도록 구성되는 핀치 롤을 포함하며,

상기 핀치 롤은 상기 성막 대상의 반송을 안내하도록 구성되는 안내 롤과, 탄성재로 제조되는 롤 표면을 갖는 탄성 롤을 포함하고, 상기 탄성 롤은 상기 성막 대상이 상기 탄성 롤과 상기 안내 롤 사이에 협지되도록 상기 안내 롤에 의해 가압되고,

상기 장력 완화 유닛은 쌍정 변형(twinning deformation)이 상기 성막 대상에 일어나는 장력 이하가 되도록 상기 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성되는, 성막 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 장력 완화 유닛은 복수의 롤을 포함하는 다단 롤을 포함하는, 성막 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 성막 대상의 처짐량을 검출하도록 구성되는 처짐 검출 센서를 더 포함하고,

상기 장력 완화 유닛은 상기 처짐 검출 센서의 출력에 따라 상기 성막 대상에 인가되는 장력을 조절하도록 구성되는, 성막 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 성막 대상은 구리를 함유하는 금속성 포일을 포함하고, 상기 장력 완화 유닛은 상기 성막 대상에 인가되는 장력을 1 MPa 미만으로 완화하도록 구성되는, 성막 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 가열 유닛에 의해 가열되는 상기 성막 대상에, 탄소를 함유하는 탄소원 물질을 공급하도록 구성되는 성막재 공급 유닛을 더 포함하는, 성막 장치.

청구항 9

제1항에 따른 성막 장치를 사용하는 성막 방법으로서,

롤대를 기구에 성막 대상을 세팅하는 단계와,

상기 롤대를 기구에 의해 상기 성막 대상을 반송하는 단계와,

상기 성막 대상에 성막재를 공급하는 단계와,

상기 성막 대상에 인가되는 장력이 상기 롤대를 기구에 의해 완화되는 상태에서 상기 성막 대상을 가열하는 단계를 포함하는, 성막 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 성막 대상을 가열하는 단계는 상기 롤대를 기구에 의한 상기 성막 대상의 반송이 정지되고 장력이 완화된 후에 수행되는, 성막 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 롤대(roll-to-roll) 시스템을 사용하는 성막(film-forming) 장치 및 성막 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 롤대 시스템을 사용하는 성막 공정은 권출 롤로부터 권취 롤로 성막 대상을 권취함으로써 성막 대상(금속성 포일 등)을 반송하고, 반송 중에 성막 대상에 박형 막을 형성하기 위한 것이다. 롤대 시스템은 대형의 성막 대상이 반송될 수 있도록 하여 박형 막의 대량 생산에 적절하다.

[0003] 예컨대, 특허문헌 1은 롤대 시스템을 의해 금속성 부재를 반송하고 금속성 부재 상에 그래핀 막을 형성하는 "그래핀 롤대 코팅 장치"를 개시한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허출원공보 제2011-162877호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나, 특허문헌 1에서 설명하는 롤대 시스템을 사용하는 성막 공정에서는, 롤대 시스템에 의해 성막 대상에 인가되는 장력으로 인해 막의 품질이 롤대 시스템을 사용하지 않는 성막 공정에 비해 저하되는 경우가 있을 수 있다.

[0006] 상기 상황을 고려하면, 롤대 시스템을 사용하여 고품질의 박형 막을 제조할 수 있는 성막 장치와 성막 방법을 제공하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따르면, 롤대 기구와 가열 유닛을 포함하는 성막 장치가 제공된다. 롤대 기구는 성막 대상을 반송하도록 구성되며, 반송된 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성되는 장력 완화 유닛을 포함한다. 가열 유닛은 롤대 기구에 의해 반송되는 성막 대상을 가열하도록 구성된다.

[0008] 본 구성에 의하면, 성막 대상에 인가되는 장력이 롤대 기구에 의해 완화된다. 따라서, 장력에 의한 성막 대상의 변형(소성 변형과 쌍정 변형(twinning deformation))으로 인해 막의 품질이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0009] 장력 완화 유닛은 성막 대상을 협지하도록 구성되는 핀치 롤을 포함할 수 있다.

[0010] 본 구성에 의하면, 성막 대상을 협지하는 핀치 롤에 의해, 롤대 기구에 의한 성막 대상의 권취 및 권출과 관련된 장력이 성막 대상에 직접 인가되는 것을 방지할 수 있다. 즉, 성막 대상에 인가되는 장력을 완화할 수 있다.

다.

- [0011] 핀치 롤은 성막 대상의 반송을 안내하도록 구성되는 안내 롤과, 탄성재로 제조되는 롤 표면을 갖는 탄성 롤을 포함할 수 있으며, 탄성 롤은 성막 대상이 탄성 롤과 안내 롤 사이에 협지되도록 안내 롤에 의해 가압될 수 있다.
- [0012] 본 구성에 의하면, 안내 롤과 함께 회전하는 탄성 롤의 마찰력에 의해, 안내 롤에 대한 성막 대상의 미끄러짐이 방지되며, 롤대를 기구에 의한 성막 대상의 권취 및 권출과 관련된 장력이 성막 대상에 직접 인가되는 것을 방지할 수 있다.
- [0013] 장력 완화 유닛은 복수의 롤을 포함하는 다단 롤을 포함할 수 있다.
- [0014] 본 구성에 의하면, 성막 대상에 인가되는 장력을 다단 롤에 의해 점진적으로 완화하는 것이 가능하다. 성막 대상의 장력이 한 지점에서 완화되는 경우에는 변화도가 큰 장력이 해당 지점에서 생겨 성막 대상이 예컨대 미끄러질 우려가 있다. 본 구성에 따르면, 이런 변화도가 큰 장력을 방지할 수 있다.
- [0015] 성막 장치는 성막 대상의 처짐(slack)량을 검출하도록 구성되는 처짐 검출 센서를 추가로 포함할 수 있다. 장력 완화 유닛은 처짐 검출 센서의 출력에 따라 성막 대상에 인가되는 장력을 조절하도록 구성될 수 있다.
- [0016] 본 구성에 의하면, 처짐 검출 센서는 성막 대상의 처짐량을 검출할 수 있는데, 처짐은 성막 대상에 인가되는 장력의 완화에 의해 생긴다. 장력 완화 유닛은 장력이 적정 범위 이내가 되도록 성막 대상의 처짐량에 따라 성막 대상에 인가되는 장력을 조절할 수 있다.
- [0017] 장력 완화 유닛은 성막 대상에 인가되는 장력을 쌍정 변형이 성막 대상에 일어나는 장력 이하로 완화하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 특정 금속종(구리 등)은 가열된 상태에서 장력이 인가될 때 쌍정 변형을 일으킨다. 쌍정 변형에서는, 결정의 배향이 금속 결정에서 부분적으로 변화된다. 본 발명의 발명자는 쌍정 변형이 소성 변형의 장력보다 작은 장력에서도 일어나고, 쌍정 변형도 막의 품질에 악영향을 미친다는 것을 발견하였다. 그러므로, 장력 완화 유닛은 성막 대상에 인가되는 장력을 쌍정 변형이 성막 대상에 일어나는 장력 이하로 완화한다. 따라서, 막의 품질이 쌍정 변형으로 인해 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0019] 성막 대상은 구리를 함유하는 금속성 포일을 포함할 수 있고, 장력 완화 유닛은 성막 대상에 인가되는 장력을 1 MPa 미만으로 완화하도록 구성될 수 있다.
- [0020] 가열된 구리(예컨대 950도)는 약 8.3 MPa의 장력에서 소성 변형을 일으킨다. 그러나, 쌍정 변형은 약 1 MPa의 더 낮은 장력에서도 일어난다. 그러므로, 성막 대상이 구리(구리 합금 포함)를 함유하는 금속성 포일인 경우, 성막 대상에 인가되는 장력은 1 MPa 미만(보다 바람직하게는 0.1 MPa 미만)까지 완화된다. 따라서, 구리의 쌍정 변형으로 인한 막의 품질의 저하를 억제할 수 있다.
- [0021] 성막 장치는 가열 유닛에 의해 가열되는 성막 대상에 탄소를 함유하는 탄소원 물질을 공급하도록 구성되는 성막 재 공급 유닛을 추가로 포함할 수 있다.
- [0022] 탄소원 물질(메탄 등)이 가열된 성막 대상(구리를 함유하는 금속성 포일)에 공급되면, 탄소원 물질이 분해되어 그래핀 막이 성막 대상에 형성된다. 구리의 쌍정 변형은 전술한 바와 같이 그래핀 생성 온도(예컨대 950도)에서 일어날 수 있으며, 쌍정 변형이 일어나면 그래핀 막의 품질(전기적 특성 등)이 떨어진다는 것이 밝혀졌다. 전술한 바와 같이, 본 발명에서는, 구리의 쌍정 변형이 일어나는 것을 방지하도록 성막 대상에 인가되는 장력이 완화된다. 그러므로, 쌍정 변형으로 인한 그래핀 막의 품질 저하를 방지할 수 있고, 따라서 고품질의 그래핀을 생산할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 롤대를 기구에 성막 대상을 세팅하는 단계와, 롤대를 기구에 의해 성막 대상을 반송하는 단계와, 성막 대상에 성막재를 공급하는 단계와, 성막 대상에 인가되는 장력이 롤대를 기구에 의해 완화되는 상태에서 성막 대상을 가열하는 단계를 포함하는 성막 방법이 제공된다.
- [0024] 본 성막 방법에 따르면, 성막은 성막 대상에 인가되는 장력이 롤대를 기구에 의한 성막 대상의 반송에 의해 완화되는 상태에서 수행된다. 그러므로, 성막 대상의 변형으로 인한 막의 품질의 저하를 방지할 수 있고, 따라서 고품질의 박형 막을 생산할 수 있다.
- [0025] 성막 대상을 가열하는 단계는 롤대를 기구에 의한 성막 대상의 반송이 정지되고 장력이 완화된 후에 수행될 수

있다.

[0026] 본 구성에 의하면, 롤대를 기구에 의한 성막 대상의 반송이 정지되며, 따라서 반송에 의해 성막 대상에 인가되는 장력이 완화될 수 있다.

발명의 효과

[0027] 진술한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 롤대를 시스템을 사용하여 고품질의 박형 막을 제조할 수 있는 성막 장치와 성막 방법을 제공하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 성막 장치의 구성을 보여주는 개략도이다.
 도 2는 낮은 장력(0.1 MPa)이 인가되는 상태에서 가열되는 구리 포일의 결정 배향 분포를 보여주는 역극점도이다.
 도 3은 높은 장력(1 MPa)이 인가되는 상태에서 가열되는 구리 포일의 결정 배향 분포를 보여주는 역극점도이다.
 도 4는 낮은 장력(0.1 MPa)이 인가되는 구리 포일 상에 형성되는 그래핀 막의 광학 전자현미경 화상이다.
 도 5는 높은 장력(1 MPa)이 인가되는 구리 포일 상에 형성되는 그래핀 막의 광학전자현미경 화상이다.
 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 성막 장치의 구성을 보여주는 개략도이다.
 도 7은 본 발명의 변형예 1에 따른 성막 장치의 구성을 보여주는 개략도이다.
 도 8은 본 발명의 변형예 2에 따른 성막 장치의 구성을 보여주는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] (제1 실시예)
 [0030] 본 발명의 제1 실시예에 따른 성막 장치를 설명한다. 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 성막 장치(100)를 보여주는 개략도이다. 본 실시예에 따른 성막 장치(100)는 성막 대상에 그래핀 막을 형성하는 성막 장치인 것으로 가정한다는 점을 유의해야 한다.
 [0031] 도 1에 도시된 바와 같이, 성막 장치(100)는 챔버(101), 권출 롤(102), 제1 안내 롤(103), 제2 안내 롤(104), 탄성 롤(105), 권취 롤(106), 전류원(107), 가스 공급 시스템(108) 및 진공 배기 시스템(109)을 포함한다. 권출 롤(102), 제1 안내 롤(103), 제2 안내 롤(104), 탄성 롤(105) 및 권취 롤(106)은 롤대를 기구를 구성한다. 롤대를 기구와 전류원(107)은 챔버(101)에 내장되고, 가스 공급 시스템(108)과 진공 배기 시스템(109)은 챔버(101)에 연결된다. 또한, 성막 대상(S)은 롤대를 기구에 세팅된다.
 [0032] 챔버(101)는 롤대를 기구와 전류원(107)을 내장하며, 성막 분위기도 제공한다. 챔버(101)는 예컨대 진공 상태를 유지할 수 있는 진공 챔버일 수 있다. 그러나 성막 조건에 따라 어떤 챔버든지 선택할 수 있다.
 [0033] 권출 롤(102)은 성막 대상(S)이 권출되는 롤이다. 권출 롤(102)은 (후술하는) 펀치 롤(110)에서 권출 롤(102)까지 성막 대상(S)의 장력을 조절한다. 권출 롤(102)은 구동원(모터 등)(미도시됨)에 의해 회전가능하게 구동될 수 있다. 성막 대상(S)의 장력은 클러치 제어 등에 의한 구동원으로부터의 구동력 전달을 통해 권출 롤(102)에 의해 조절될 수 있다.
 [0034] 제1 안내 롤(103)은 성막 대상(S)의 반송을 안내하며, 전류원(107)으로부터 성막 대상(S)에 공급되는 전류도 인가한다. 제1 안내 롤(103)은 구동원(미도시됨)에 연결되어 회전가능하게 구동될 수 있다. 제1 안내 롤(103)은 금속과 같은 도전성 재료로 제조될 수 있다.
 [0035] 제2 안내 롤(104)은 성막 대상(S)의 반송을 안내하며, 전류원(107)으로부터 성막 대상(S)으로 공급되는 전류를 인가한다. 제2 안내 롤(104)은 구동원(미도시됨)에 연결되어 회전가능하게 구동될 수 있다. 제2 안내 롤(104)은 금속과 같은 도전성 재료로 제조될 수 있다.
 [0036] 탄성 롤(105)은 제2 안내 롤(104)에 의해 가압되며, 제2 안내 롤(104)과 함께 성막 대상(S)을 협지한다. 탄성 롤(105)은 적어도 그 표면(롤 표면)이 탄성을 갖는 탄성체로 제조된다. 이런 탄성은 성막 대상(S)이 제2 안내 롤(104)에 대해 미끄러지는 것을 방지한다. 탄성체는 예컨대 실리콘일 수 있다.

- [0037] 제2 안내 롤(104)과 탄성 롤(105)은 롤대롤 기구에 의해 반송되는 성막 대상(S)을 협지하는 핀치 롤(110)을 구성한다.
- [0038] 권취 롤(106)은 막 형상 대상(S)이 권취되는 롤이다. 권취 롤(106)은 핀치 롤(110)에서 권취 롤(106)까지 성막 대상(S)의 장력을 조절한다. 권취 롤(106)은 구동원(모터 등)(미도시됨)에 의해 회전가능하게 구동될 수 있다. 성막 대상(S)의 장력은 클러치 제어 등에 의한 구동원으로부터의 구동력 전달을 통해 권취 롤(106)에 의해 조절될 수 있다.
- [0039] 전류원(107)은 제1 안내 롤(103)과 제2 안내 롤(104)에 연결되며, 제1 안내 롤(103)과 제2 안내 롤(104) 사이에 전류를 인가한다. 따라서, 성막 대상(S)이 저항 가열되도록, 제1 안내 롤(103)과 제2 안내 롤(104) 사이의 성막 대상(S)의 영역(이하, "성막 영역"으로 지칭함)에 전류가 흐른다.
- [0040] 성막 대상(S)은 저항 가열과 상이한 방법에 의해 가열될 수도 있다는 점을 유의해야 한다. 이 경우에는 전류원(107)이 제공되지 않을 수 있다. 저항 가열과 상이한 가열 방법의 예로는 세라믹 히터, 할로겐 램프 및 레이저 등의 인가에 의한 가열과, 자기장 인가에 의해 유도된 전류에 의한 가열과, 열 전도에 의한 가열을 포함할 수 있다.
- [0041] 성막 대상(S)이 저항 가열과 상이한 가열 방법에 의해 가열되는 경우, 제1 안내 롤(103)과 제2 안내 롤(104)은 반드시 도전성 재료로 제조될 필요는 없으며 플라스틱, 세라믹 등으로 제조될 수 있다.
- [0042] 가스 공급 시스템(108)은 성막재 역할을 하는 탄소원 가스를 챔버(101)에 공급한다. 가스 공급 시스템(108)은 가스원(가스 실린더 등)(미도시됨)을 포함하며, 챔버(101)에 가스를 공급하도록 구성된다. 가스 공급 시스템(108)은 탄소원 가스로서 예컨대 메탄을 공급할 수 있다.
- [0043] 가스 공급 시스템(108)으로부터 탄소원 가스를 공급하는 대신에, 탄소원 물질을 포함하는 물질을 다른 방법에 의해 챔버(101)에 공급할 수도 있다는 점을 유의해야 한다. 예컨대, 탄소원 물질을 함유하는 액체(에탄올 등)가 챔버(101)에 내장될 수 있으며, 이런 액체의 증기가 챔버(101)에 공급될 수 있다. 대안으로서, 탄소원 물질을 함유하는 고체(PMMA(폴리(메틸 메타크릴레이트) 등)가 사전에 성막 대상(S)에 담지되어 이후 성막 대상(S)과 함께 가열될 수 있다. 대안으로서, 챔버(101)가 가열되는 경우에는, 이런 고체는 챔버(101)에 내장되어 이후 증발될 수 있다.
- [0044] 진공 배기 시스템(109)은 챔버(101)를 배기한다. 진공 배기 시스템(109)은 진공 펌프 등(미도시됨)을 포함하며, 챔버(101)를 배기하도록 구성된다.
- [0045] 성막 장치(100)는 전술한 바와 같은 구성을 가진다.
- [0046] (성막 대상)
- [0047] 전술한 바와 같이, 성막 대상(S)은 성막 장치(100)의 롤대롤 기구에 세팅된다. 성막 대상(S)은 금속성 포일로 제조될 수 있으며, 촉매 활성화, 성막 조건 등에 따라 적절히 선택할 수 있다. 그러나, 구리(구리 합금 포함)를 함유하는 재료가 성막 대상(S)용으로 적절하다. 이는 구리가 그래핀 성막에 대해 촉매 활성을 가지며 탄소와 혼화되지 않는 특성을 갖기 때문이다. 또한, 구리는 식각제(염화철 등)에 의해 제거될 수 있어서, 생성된 그래핀이 다른 물질로 전사되는 경우에 적절하다(구리가 제거된다). 또한, 구리는 비교적 저렴하다.
- [0048] 또한, 성막 대상(S)은 백금(Pt), 니켈(Ni) 및 코발트(Co) 등의 순금속이나 구리-니켈 합금과 같은 합금으로 제조되는 포일일 수 있다. 예컨대, 고도의 촉매 기능을 갖는 백금을 구리에 첨가한 합금, 소성 변형을 일으키기 어렵게 0.02 중량%의 지르코늄(Zr)을 구리에 첨가한 합금, 각각 0.25 중량%의 크롬(Cr), 주석(Sn) 및 아연(Zn)을 구리에 첨가한 합금 등이 성막 대상(S)용으로 사용될 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 성막 대상(S)이 저항 가열에 의해 가열되는 경우에는 그 전기 저항도 고려된다.
- [0049] 구리를 포함하는 다양한 유형의 금속은 가열된 상태에서 장력이 인가될 때 소성 변형을 일으킨다. 성막 대상(S)이 변형되면, 성막 대상(S)에 형성되는 박형 막의 품질이 저하될 수 있다. 그러므로, 성막 대상(S)이 변형되는 것을 방지할 필요가 있다. 특히, 롤대롤 기구에서는 반송과 함께 장력이 성막 대상에 인가되며, 따라서 장력을 완화하는 것이 필요하다.
- [0050] 또한, 구리를 함유하는 재료가 성막 대상(S)으로 사용되는 경우에는, 그래핀이 생성되는 온도(예컨대 950도)(이하 "그래핀 생성 온도")에서 "쌍정 변형"이 구리에 일어날 우려가 있다. 쌍정 변형은 금속성 결정의 결정 배향의 부분적 변화로 인해 일어나는 변형으로 소성 변형의 장력보다 낮은 장력에서 일어난다. 예컨대, 구리의 경

우, 소성 변형은 약 8.3 Pa(950도)의 인가 장력에서 일어나지만, 쌍정 변형은 약 1 Mpa의 인가 장력에서도 일어날 수 있다.

- [0051] 본 발명의 발명자는 그래핀 막이 구리를 함유하는 재료로 제조되는 성막 대상(S)에 형성되는 경우에는 구리의 쌍정 변형으로 인해 그래핀의 품질(전기적 특성 등)이 저하된다는 것을 발견하였다. 본 실시예에서는, 물대를 기구에 의해 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화되어 성막 대상(S)의 소성 변형 및 쌍정 변형이 일어나는 것이 방지됨으로써 성막 대상의 변형으로 인해 박형 막의 품질이 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0052] 성막 대상(S)으로 사용되는 금속성 포일의 두께는 특별히 제한되지 않으며, 바람직하게는 1 μm 내지 100 μm , 보다 바람직하게는 10 μm 내지 50 μm 로 설정될 수 있다. 금속성 포일의 폭과 길이((후술하는) 성막 영역의 길이)도 특별히 제한되지 않는다. 예컨대, 해당 폭과 길이는 10 mm 내지 10000 mm로 설정될 수 있다. 보다 바람직하게는 폭은 50 mm 내지 2000 mm로 설정될 수 있고 길이는 100 mm 내지 2000 mm로 설정될 수 있다. 성막 대상(S)의 반송 방향((후술하는) 성막 영역의 연장 방향)도 특별히 제한되지 않으며, 수직 방향, 수평 방향 또는 사선 방향으로 설정될 수 있다.
- [0053] (성막 방법)
- [0054] (성막 방법 1)
- [0055] 성막 장치(100)를 사용하는 성막 방법(성막 방법 1)을 설명한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 성막 대상(S)이 물대를 기구에 세팅된다. 구체적으로, 둥글게 말린 성막 대상(S)이 권출 롤(102)에 부착되고, 성막 대상(S)의 단부가 제1 안내 롤(103)과 핀치 롤(110)(제2 안내 롤(104)과 탄성 롤(105))을 통해 권취 롤(106)에 연결된다. 성막 대상(S)은 핀치 롤(110)에 의해 협지된다.
- [0056] 성막 대상(S)이 세팅된 후, 챔버(101)의 내부가 성막에 적절한 환경이 되도록 조절이 행해진다. 구체적으로, 챔버(101)가 진공 배기 시스템(109)에 의해 배기될 수 있다.
- [0057] 이어서, 탄소원 가스가 가스 공급 시스템(108)으로부터 챔버(101) 내로 도입된다. 탄소원 가스는 예컨대 메탄 가스와 수소 가스일 수 있다. 예컨대, 탄소원 가스의 유량은 메탄 가스는 400 sccm이고 수소 가스는 50 sccm일 수 있다. 탄소원 가스는 챔버(101)의 압력이 예컨대 0.001 kPa 내지 120 kPa로 설정되도록 조절될 수 있다.
- [0058] 이어서, 성막 대상(S)의 성막 영역이 저장 가열되도록, 전류원(107)이 제1 안내 롤(103)과 제2 안내 롤(104)을 통해 성막 대상(S)에 전류를 인가한다. 가열 온도는 특별히 제한되지 않으며, 그래핀 생성 온도 이상(예컨대 950도)일 수 있다. 가열에 의해, 성막 대상(S)에 공급되는 탄소원 가스가 분해되고, 이와 동시에 그래핀 막이 성막 대상(S)에 형성된다.
- [0059] 그래핀 막의 형성과 함께, 성막 대상(S)이 물대를 기구에 의해 반송된다. 구체적으로, 권출 롤(102)과 권취 롤(106)이 회전되어 성막 대상(S)이 권출 롤(102)로부터 권출되고 권취 롤(106)에 의해 권취된다. 또한, 제1 안내 롤(103)과 핀치 롤(110)이 회전되어 성막 대상(S)이 제1 안내 롤(103)로부터 핀치 롤(110)로 반송된다.
- [0060] 성막 대상(S)의 반송과 함께, 박형 그래핀 막이 형성되도록 성막 대상(S)이 성막 영역에 순차적으로 공급된다. 예컨대, 8 kA/cm²의 전류가 전류원(107)에 의해 폭이 230 mm이고 0.1 m/min로 물대를 기구에 의해 반송되는 구리 포일의 성막 영역에 인가되는 경우, 길이가 400 mm인 성막 영역 중 약 200 mm가 1000도까지 가열된다. 메탄 가스가 해당 온도까지 가열된 구리의 표면과 접촉하면 메탄이 구리의 촉매 작용에 의해 분해되고, 따라서 그래핀이 생성된다. 그래핀이 구리 포일을 피복하는 범위에는 특별한 제한이 없으며, 결정립(결정 파편)은 서로 연결되지 않을 수 있다.
- [0061] 성막 중에, 구리 포일은 성막 대상(S)의 핀치 롤(110) 측보다 성막 대상(S)의 권취 롤(106) 측에 보다 큰 장력이 인가되어 성막 대상(S)이 헐겁지 않게(견고하게) 권취될 수 있도록 핀치 롤(110)에 의해 유지된다. 한편, 성막 영역의 장력이 저감될 수 있도록, 성막 대상(S)의 권출 롤(102) 측은 성막 대상(S)의 핀치 롤(110) 측보다 장력이 저감된다.
- [0062] 쌍정 변형이 일어나는 것을 방지하기 위해, 성막 대상(S)에 인가되는 장력은 1 MPa 미만으로, 특히 0.1 MPa 이하로 적절히 설정된다. 이 경우의 장력은 전술한 소성 변형이 일어나는 장력(구리의 경우 950도에서 8.3 Pa)보다 현저히 작다.
- [0063] 권취 롤(106)에 의한 권취를 위한 장력과 성막 영역의 장력이 성막 대상(S)을 협지하는 핀치 롤(110)에 의해 서로 분리될 때는 성막 대상(S)에 인가되는 장력의 완화가 가능해진다.

- [0064] 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화되면, 성막 대상(S)의 변형(소성 변형과 쌍정 변형)을 방지하고 고품질의 그래핀을 성막 대상(S)에 형성할 수 있게 된다.
- [0065] (성막 방법 2)
- [0066] 성막 장치(100)를 사용하는 성막 방법(성막 방법 2)을 설명한다. 전술한 성막 방법 1의 경우와 같이, 성막 대상(S)이 롤대를 기구에 세팅된다(도 1 참조). 성막 대상(S)이 세팅된 후, 챔버(101)의 내부가 전술한 바와 같이 성막에 적합한 환경이 되도록 조절이 행해진다. 이어서, 탄소원 가스가 가스 공급 시스템(108)으로부터 도입된다.
- [0067] 성막 대상(S)이 롤대를 기구에 의해 반송된 후에, 롤대를 기구는 정지된다. 따라서, 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화된다. 또한, 롤대를 기구가 정지된 후에는, 성막 대상(S)에 인가되는 장력을 완화하기 위해 편치 롤(110)(제2 안내 롤(104)과 탄성 롤(105))을 반대 방향으로 약간 회전시키는 것도 가능하다.
- [0068] 그 후, 성막 대상(S)의 성막 영역이 소정 온도까지 가열된다. 탄소원 가스가 성막 대상(S)의 열에 의해 성막 영역에서 분해되고, 이와 동시에 그래핀 막이 성막 대상(S)에 형성된다. 소정 기간의 경과 후에, 성막 대상(S)의 가열이 정지되고 그래핀의 생성이 정지된다.
- [0069] 그래핀의 생성이 정지된 후, 성막 대상(S)의 새 영역이 성막 영역으로서 세팅되도록 성막 대상(S)이 롤대를 기구에 의해 반송된다. 이어서, 장력이 전술한 바와 같이 완화된다. 새 영역이 가열되고 그래핀이 생성된 후에, 가열이 정지된다. 그 후에는, 롤대를 기구에 의한 성막 대상(S)의 반송과, 장력의 완화와, 그래핀의 생성이 언급한 순서대로 반복된다.
- [0070] 이런 성막 방법에 의해, 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화되며, 이로써 성막 대상(S)의 변형(소성 변형과 쌍정 변형)을 방지하고 고품질의 그래핀을 성막 대상(S)에 형성하여 제공하는 것이 가능해진다.
- [0071] (실시예의 효과)
- [0072] 전술한 바와 같이, 본 실시예에서는 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화되기 때문에 성막 대상(S)의 쌍정 변형이 방지된다. 도 2와 도 3은 EBSD(전자 후방산란 회절)에 의한 구리 포일의 결정 배향 분포의 측정 결과를 각각 도시한다. 도 2는 낮은 장력(0.1 MPa)이 인가되는 상태에서 가열되는 구리 포일의 측정 결과를 도시한다. 도 3은 높은 장력(1 MPa)이 인가되는 상태에서 가열되는 구리 포일의 측정 결과를 도시한다.
- [0073] 도 2에 도시된 바와 같이, 구리 포일이 낮은 장력이 인가되는 상태에서 가열되는 경우에는 구리의 결정 구조가 X, Y 및 Z 방향 각각에서 가열 전과 동일한 <001> 방향으로의 배향을 가진다는 것을 알 수 있다. 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 구리 포일이 높은 장력이 인가되는 상태에서 가열되는 경우에는 쌍정 경계가 구리의 결정 구조에서 발견되며, 따라서 쌍정 변형이 일어난다는 것을 알 수 있다. [101] 방향으로의 배향은 유지되고 결정은 <101> 방향을 회전축으로 하여 회전된다는 것을 알 수 있다. 즉, 도 2와 도 3을 통해, 구리 포일에 인가되는 장력의 완화로 인해 쌍정 변형이 방지된다는 것을 알 수 있다. 쌍정 변형은 소성 변형의 장력보다 현저히 낮은 장력에서 일어난다는 점을 유의해야 한다. 따라서, 쌍정 변형이 일어나지 않는 낮은 장력에서는 소성 변형은 문제가 되지 않는다.
- [0074] 도 4와 도 5는 구리 포일 상에 형성되는 그래핀의 광학 현미경 화상을 각각 도시한다. 도 4는 낮은 장력(0.1 MPa)이 인가되는 구리 포일 상에 형성되는 그래핀 막을 도시한다. 도 5는 높은 장력(1 MPa)이 인가되는 구리 포일 상에 형성되는 그래핀 막을 도시한다. 도 4에서는 그래핀 막이 균일하게 형성되어 있지만 도 5에서는 그래핀 막에 균열이 생겼다는 것을 알 수 있다. 즉, 성막 대상(S)에 인가되는 장력의 완화로 인해 고품질의 그래핀을 생성하는 것이 가능해진다고 할 수 있다.
- [0075] (제2 실시예)
- [0076] 본 발명의 제2 실시예에 따른 성막 장치를 설명한다. 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 성막 장치(200)를 보여주는 개략도이다. 본 실시예에 따른 성막 장치(200)는 성막 대상에 그래핀 막을 형성하는 성막 장치이라는 점을 유의해야 한다.
- [0077] 도 6에 도시된 바와 같이, 성막 장치(200)는 챔버(201), 권출 롤(202), 제1 안내 롤(203), 제1 탄성 롤(204), 제2 안내 롤(205), 제2 탄성 롤(206), 제3 탄성 롤(207), 제4 탄성 롤(208), 권취(209) 롤, 전류원(210), 처짐 검출 센서(211), 가스 공급 시스템(212) 및 진공 배기 시스템(213)을 포함한다.
- [0078] 권출 롤(202), 제1 안내 롤(203), 제1 탄성 롤(204), 제2 안내 롤(205), 제2 탄성 롤(206), 제3 탄성 롤(207),

제4 탄성 롤(208) 및 권취 롤(209)은 롤대롤 기구를 구성한다. 롤대롤 기구, 전류원(210) 및 처짐 검출 센서(211)는 챔버(201)에 내장되고, 가스 공급 시스템(212)과 진공 배기 시스템(213)은 챔버(201)에 연결된다. 또한, 성막 대상(S)이 롤대롤 기구에 세팅된다.

- [0079] 챔버(201)는 롤대롤 기구와 전류원(210)을 내장하며, 성막 분위기도 제공한다. 챔버(201)는 예컨대 진공 상태를 유지할 수 있는 진공 챔버일 수 있다. 그러나, 성막 조건에 따라 어떤 챔버든지 선택할 수 있다.
- [0080] 권출 롤(202)은 성막 대상(S)이 권출되는 롤이다. 권출 롤(102)은 (후술하는) 제1 펀치 롤(214)에서 권출 롤(202)까지 성막 대상(S)의 장력을 조절한다. 권출 롤(202)은 구동원(모터 등)(미도시됨)에 의해 회전가능하게 구동될 수 있다. 성막 대상(S)의 장력은 클러치 제어 등에 의한 구동원으로부터의 구동력 전달을 통해 권출 롤(202)에 의해 조절될 수 있다.
- [0081] 제1 안내 롤(203)은 성막 대상(S)의 반송을 안내하며, 전류원(210)으로부터 성막 대상(S)으로 공급되는 전류도 인가한다. 제1 안내 롤(203)은 구동원(미도시됨)에 연결되어 회전가능하게 구동될 수 있다. 제1 안내 롤(203)은 금속과 같은 도전성 재료로 제조될 수 있다.
- [0082] 제1 탄성 롤(204)은 제1 안내 롤(203)에 의해 가압되며, 제1 안내 롤(203)과 함께 성막 대상(S)을 협지한다. 제1 탄성 롤(204)은 적어도 그 표면(롤 표면)이 탄성을 갖는 탄성재료로 제조된다. 이런 탄성은 성막 대상(S)이 제1 안내 롤(203)에 대해 미끄러지는 것을 방지한다. 탄성재는 예컨대 실리콘일 수 있다.
- [0083] 제1 안내 롤(203)과 제1 탄성 롤(204)은 롤대롤 기구에 의해 반송되는 성막 대상(S)을 협지하는 제1 펀치 롤(214)을 구성한다.
- [0084] 제2 안내 롤(205)은 성막 대상(S)의 반송을 안내하며, 전류원(210)으로부터 성막 대상(S)으로 공급되는 전류도 인가한다. 제2 안내 롤(205)은 구동원(미도시됨)에 연결되어 회전가능하게 구동될 수 있다. 제2 안내 롤(205)은 금속과 같은 도전성 재료로 제조될 수 있다.
- [0085] 제2 탄성 롤(206)은 제2 안내 롤(205)에 의해 가압되며, 제2 안내 롤(205)과 함께 성막 대상(S)을 협지한다. 제2 탄성 롤(206)은 적어도 그 표면(롤 표면)이 탄성을 갖는 탄성재료로 제조된다. 이런 탄성은 성막 대상(S)이 제2 안내 롤(205)에 대해 미끄러지는 것을 방지한다. 탄성재는 예컨대 실리콘일 수 있다.
- [0086] 제2 안내 롤(205)과 제2 탄성 롤(206)은 롤대롤 기구에 의해 반송되는 성막 대상(S)을 협지하는 제2 펀치 롤(215)을 구성한다.
- [0087] 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)은 제2 펀치 롤(215)과 권취 롤(209) 사이에 배치되어 제2 펀치 롤(215)로부터 권취 롤(209)까지 성막 대상(S)을 안내한다. 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)은 적어도 그 표면(롤 표면)이 탄성을 갖는 탄성재료로 각각 제조된다. 탄성재는 예컨대 실리콘일 수 있다. 클러치 기구 등에 의해 그 회전 토크가 조절될 수 있는 부재가 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)용으로 적절하다.
- [0088] 권취 롤(209)은 막 형상 대상(S)이 권취되는 롤이다. 권취 롤(209)은 제2 펀치 롤(215)에서 권취 롤(209)까지 성막 대상(S)의 장력을 조절한다. 권취 롤(209)은 구동원(모터 등)(미도시됨)에 의해 회전가능하게 구동될 수 있다. 성막 대상(S)의 장력은 클러치 제어 등에 의한 구동원으로부터의 구동력 전달을 통해 권취 롤(209)에 의해 조절될 수 있다.
- [0089] 전류원(210)은 제1 안내 롤(203)과 제2 안내 롤(205)에 연결되며, 제1 안내 롤(203)과 제2 안내 롤(205) 사이에 전류를 인가한다. 따라서, 성막 대상(S)이 저항 가열되도록 제1 안내 롤(203)과 제2 안내 롤(205) 사이의 성막 대상(S)의 영역에 전류가 흐른다. 제1 실시예의 경우와 같이, 성막 대상(S)은 저항 가열과 상이한 가열 방법에 의해 가열될 수 있다. 이 경우에는 다양한 유형의 열원이 전류원(210) 대신에 제공될 수 있다.
- [0090] 처짐 검출 센서(211)는 롤대롤 기구에 의해 반송되는 성막 대상(S)의 처짐을 검출한다. 처짐 검출 센서(211)에는 제1 광센서(216)와 제2 광센서(217)가 제공될 수 있다. 제1 광센서(216)와 제2 광센서(217)는 그 방출된 광(검출된 광)이 성막 대상(S)에 실질적으로 평행하도록 각각 배치된다. 제1 광센서(216)는 제2 광센서(217)보다 성막 대상(S)에 가까운 위치에 제공될 수 있다.
- [0091] 제1 광센서(216)는 발광부(216a)와 수광부(216b)를 포함한다. 발광부(216a)로부터 방출되는 광(레이저 광 등)은 수광부(216b)에 의해 수광될 수 있다. 본 실시예에서는, 발광부(216a)로부터 방출되는 광이 수광부(216b)에 의해 수광되는 경우에는 처짐이 성막 대상(S)에 일어나지 않은 것으로, 즉, 성막 대상(S)의 장력이 완화되지 않은 것으로 판정할 수 있다. 또한, 발광부(216a)로부터 방출되는 광이 수광부(216b)에 의해 수광되지 않은 경우

에는 방출된 광이 성막 대상(S)에 의해 차단된 것으로, 즉, 처짐이 성막 대상(S)에 일어난 것으로 판정할 수 있다.

- [0092] 제2 광센서(217)는 발광부(217a)와 수광부(217b)를 포함한다. 발광부(217a)로부터 방출되는 광(레이저 광 등)은 수광부(217b)에 의해 수광될 수 있다. 본 실시예에서는, 발광부(217a)로부터 방출되는 광이 수광부(217b)에 의해 수광되지 않은 경우에는 처짐이 성막 대상(S)에 과도하게 일어난 것으로 판정할 수 있다. 또한, 발광부(217a)로부터 방출되는 광이 수광부(217b)에 의해 수광되는 경우에는 처짐이 성막 대상(S)에 과도하게 일어나지 않은 것으로 판정할 수 있다.
- [0093] 즉, 처짐 검출 센서(211)(제1 광센서(216)와 제2 광센서(217))의 출력에 기초하여, 성막 대상(S)의 처짐이 적정 범위(예컨대 10 mm 이하) 이내인지 여부를 취득할 수 있다. 처짐 검출 센서(211)는 본 명세서에서 설명하는 바와 같은 광센서를 사용하는 센서에 한정되지 않으며, 성막 대상(S)의 처짐을 검출할 수만 있다면 어떤 센서든 사용될 수 있다.
- [0094] 예컨대, 처짐 검출 센서(211)는 저항 가열 중에 성막 영역(제1 펀치 롤(214)과 제2 펀치 롤(215) 사이의 성막 대상(S)의 영역)의 저항값을 측정하는 센서일 수 있다. 저항값은 성막 영역의 길이에 의존한다. 또한, 처짐 검출 센서(211)는 성막 대상(S)의 처짐 허용 한계 위치에 배치되는 전기 접점을 포함하고 처짐이 성막 대상(S)에 과도하게 일어나는 경우에 성막 대상(S)과 해당 전기 접점과의 접촉을 검출하는 센서일 수 있다. 또한, 처짐 검출 센서(211)는 화상 센서를 사용하여 성막 영역의 화상을 포착하고 화상 인식에 의해 성막 대상(S)의 처짐을 검출하는 센서일 수 있다.
- [0095] 가스 공급 시스템(212)은 성막재 역할을 하는 가스를 챔버(201)로 공급한다. 가스 공급 시스템(212)은 가스원(가스 실린더 등)(미도시됨)을 포함하며, 챔버(201)로 탄소원 가스를 공급하도록 구성된다. 제1 실시예의 경우와 같이, 가스 공급 시스템(212) 대신에 성막재를 함유하는 액체 또는 고체가 챔버(201)에 내장될 수 있다.
- [0096] 진공 배기 시스템(213)은 챔버(201)를 배기한다. 진공 배기 시스템(213)은 진공 펌프 등(미도시됨)을 포함하며, 챔버(201)를 배기하도록 구성된다.
- [0097] 성막 장치(200)는 전술한 바와 같은 구성을 가진다. 성막 대상(S)은 제1 실시예의 경우와 같이 구리 등으로 제조되는 금속성 포일일 수 있다는 점을 유의해야 한다.
- [0098] (성막 방법)
- [0099] 성막 장치(200)를 사용하는 성막 방법을 설명한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 성막 대상(S)이 롤대롤 기구에 세팅된다. 구체적으로, 등글게 말린 성막 대상(S)이 권출 롤(202)에 부착되고, 성막 대상(S)의 단부가 제1 펀치 롤(214), 제2 펀치 롤(215), 제3 탄성 롤(207) 및 제4 탄성 롤(208)을 통해 권취 롤(209)에 연결된다. 성막 대상(S)은 제1 펀치 롤(214)에 의해, 그리고 제2 펀치 롤(215)에 의해 협지된다.
- [0100] 성막 대상(S)이 세팅된 후, 챔버(201)의 내부가 성막에 적절한 환경이 되도록 조절이 행해진다. 구체적으로, 챔버(201)가 진공 배기 시스템(213)에 의해 배기될 수 있다.
- [0101] 이어서, 탄소원 가스가 가스 공급 시스템(212)으로부터 챔버(201) 내로 도입된다. 탄소원 가스는 예컨대 메탄 가스와 수소 가스일 수 있다. 예컨대, 탄소원 가스의 유량은 메탄 가스는 400 sccm이고 수소 가스는 50 sccm일 수 있다. 탄소원 가스는 챔버(201)의 압력이 예컨대 0.001 kPa 내지 120 kPa로 설정되도록 조절될 수 있다.
- [0102] 이어서, 성막 대상(S)이 저항 가열되도록, 전류원(210)이 제1 안내 롤(203)과 제2 안내 롤(205)을 통해 성막 대상(S)에 전류를 인가한다. 성막 대상(S)의 가열 영역은 제1 안내 롤(203)과 제2 안내 롤(205) 사이(성막 영역)에 위치한다. 가열 온도에는 특별한 제한이 없으며, 그래핀 생성 온도 이상(예컨대 950도)일 수 있다.
- [0103] 성막 대상(S)이 그래핀 생성 온도 이상까지 가열되면, 탄소원 가스가 성막 영역에서 성막 대상(S)의 열에 의해 분해되고, 이와 동시에 그래핀 막이 성막 대상(S)에 형성된다.
- [0104] 그래핀 막의 형성과 함께, 성막 대상(S)이 롤대롤 기구에 의해 반송된다. 구체적으로, 권출 롤(202)과 권취 롤(209)이 회전되어 성막 대상(S)이 권출 롤(202)로부터 권출되고 권취 롤(209)에 의해 권취된다. 또한, 제1 펀치 롤(214)과 제2 펀치 롤(215)이 회전되어 성막 대상(S)이 제1 펀치 롤(214)로부터 제2 펀치 롤(215)로 반송된다. 또한, 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)이 회전되어 성막 대상(S)이 권취 롤(209)로 안내된다.
- [0105] 여기서, 제1 펀치 롤(214) 또는 제2 펀치 롤(215)의 회전 속도가 조절되며, 따라서 성막 영역에서 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화될 수 있다. 구체적으로, 처짐 검출 센서(211)로부터의 출력에 기초하여, 성막 대

상(S)의 처짐이 적정 범위 이내가 되도록 제1 펀치 롤(214) 또는 제2 펀치 롤(215)의 회전 속도가 조절될 수 있다.

[0106] 또한, 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)은 권취 롤(209)에 의해 성막 대상(S)을 견고히 권취하기 위해 인가되는 높은 장력을 완화할 수 있다. 변화도가 큰 장력이 제2 펀치 롤(215)의 한 점에 생성되면, 성막 대상(S)과 제2 펀치 롤(215) 사이에 미끄러짐이 초래되는 문제 등이 생기게 된다. 그러나, 장력이 제3 탄성 롤(207)과 제4 탄성 롤(208)에 의해 권취 롤(209)과 성막 영역 사이에서 점진적으로 완화됨으로써 이런 문제를 방지할 수 있다.

[0107] 쌍정 변형이 일어나는 것을 방지하기 위해, 성막 대상(S)에 인가되는 장력은 1 MPa 미만으로, 특히 0.1 MPa 이하로 적절히 설정된다. 이 경우의 장력은 전술한 소성 변형이 일어나는 장력(구리의 경우 950도에서 8.3 Pa)보다 현저히 작다.

[0108] 전술한 바와 같이 본 실시예에서도, 성막 대상(S)에 인가되는 장력이 완화되어, 성막 대상(S)의 변형(소성 변형과 쌍정 변형)을 방지하고 고품질의 그래핀을 성막 대상(S)에 형성하여 제공하는 것이 가능해진다.

[0109] 본 발명은 이상에서 설명한 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 요지에서 벗어나지 않고 다양하게 변경될 수 있다.

[0110] (변형예)

[0111] 본 발명의 변형예를 설명한다.

[0112] (변형예 1)

[0113] 도 7은 변형예 1에 따른 성막 장치(300)를 도시하는 개략도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 성막 장치(300)는 챔버(301), 권출 롤(302), 제1 안내 롤(303), 제1 탄성 롤(304), 제2 안내 롤(305), 제3 안내 롤(306), 제4 안내 롤(307), 제2 탄성 롤(308), 권취 롤(309) 및 반송 벨트(310)를 포함한다. 가스 공급 시스템, 진공 배기 시스템 및 성막 대상의 가열원은 제1 실시예 및 제2 실시예와 동일하기 때문에, 이에 대한 설명은 생략한다는 점을 유의해야 한다.

[0114] 권출 롤(302), 제1 안내 롤(303), 제1 탄성 롤(304), 제2 안내 롤(305), 제3 안내 롤(306), 제4 안내 롤(307), 제2 탄성 롤(308) 및 권취 롤(309)은 롤대롤 기구를 구성한다. 성막 대상(S)이 롤대롤 기구에 세팅된다. 제1 안내 롤(303)과 제1 탄성 롤(304)은 제1 펀치 롤(311)을 구성하고, 제4 안내 롤(307)과 제2 탄성 롤(308)은 제2 펀치 롤(312)을 구성한다.

[0115] 성막 장치(300)에서는, 권출 롤(302)로부터 권출되는 성막 대상(S)이 제1 펀치 롤(311), 제2 안내 롤(305), 제3 안내 롤(306) 및 제2 펀치 롤(312)을 통해 권취 롤(309)에 의해 권취된다. 성막 대상(S)은 제1 펀치 롤(311)에 의해, 그리고 제2 펀치 롤(312)에 의해 협지된다.

[0116] 반송 벨트(310)는 제1 펀치 롤(311)과 제2 펀치 롤(312) 사이에 수직 방향으로 성막 대상(S)의 아래쪽에 배치되며, 성막 대상(S)은 중력에 의해 반송 벨트(310)와 접촉한다. 반송 벨트(310)는 벨트의 회전에 의해 성막 대상(S)을 반송한다.

[0117] 성막 대상(S) 상의 성막은 제1 펀치 롤(311)과 제2 펀치 롤(312) 사이의 성막 영역에서 수행된다. 성막 대상(S)이 반송 벨트(310)에 의해 반송되기 때문에 롤대롤 기구에 의한 장력은 인가되지 않는다. 따라서, 장력으로 인한 성막 대상(S)의 변형(소성 변형과 쌍정 변형)이 일어나지 않으며, 성막 대상(S)의 변형으로 인한 막의 품질의 저하를 방지할 수 있다.

[0118] (변형예 2)

[0119] 도 8은 변형예 2에 따른 성막 장치(400)를 도시하는 개략도이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 성막 장치(400)는 챔버(401), 권출 롤(402), 제1 안내 롤(403), 제1 탄성 롤(404), 제2 안내 롤(405), 제3 안내 롤(406), 제4 안내 롤(407), 제2 탄성 롤(408), 권취 롤(409) 및 반송 롤(410)을 포함한다. 가스 공급 시스템, 진공 배기 시스템 및 성막 대상의 가열원은 제1 실시예 및 제2 실시예와 동일하기 때문에, 이에 대한 설명은 생략한다는 점을 유의해야 한다.

[0120] 권출 롤(402), 제1 안내 롤(403), 제1 탄성 롤(404), 제2 안내 롤(405), 제3 안내 롤(406), 제4 안내 롤(407), 제2 탄성 롤(408) 및 권취 롤(409)은 롤대롤 기구를 구성한다. 성막 대상(S)이 롤대롤 기구에 세팅된다. 제1

안내 롤(403)과 제1 탄성 롤(404)은 제1 펀치 롤(411)을 구성하고, 제4 안내 롤(407)과 제2 탄성 롤(408)은 제2 펀치 롤(412)을 구성한다.

[0121] 성막 장치(400)에서는, 권출 롤(402)로부터 권출되는 성막 대상(S)이 제1 펀치 롤(411), 제2 안내 롤(405), 제3 안내 롤(406) 및 제2 펀치 롤(412)을 통해 권취 롤(409)에 의해 권취된다. 성막 대상(S)은 제1 펀치 롤(411)에 의해, 그리고 제2 펀치 롤(412)에 의해 협지된다.

[0122] 하나 또는 복수의 반송 롤(410)은 제1 펀치 롤(411)과 제2 펀치 롤(412) 사이에 수직 방향으로 성막 대상(S)의 아래쪽에 배치되며, 성막 대상(S)은 중력에 의해 반송 롤(410)과 접촉한다. 반송 벨트(410)는 벨트의 회전에 의해 성막 대상(S)을 반송한다.

[0123] 성막 대상(S) 상의 성막은 제1 펀치 롤(411)과 제2 펀치 롤(412) 사이의 성막 영역에서 수행된다. 성막 대상(S)이 반송 롤(410)에 의해 반송되기 때문에 롤대롤 기구에 의한 장력은 인가되지 않는다. 따라서, 장력으로 인한 성막 대상(S)의 변형(소성 변형과 쌍정 변형)이 일어나지 않으며, 성막 대상(S)의 변형으로 인한 막의 품질의 저하를 방지할 수 있다.

[0124] 본 발명의 각각의 실시예에 따른 성막 장치는 그래핀 막을 형성하기 위해 사용되는 성막 장치에 한정되지 않으며, 다양한 박형 막을 형성하기 위해 사용되는 성막 장치일 수 있다. 이를 위한 성막 방법은 또한 CVD(화학적 기상 증착)에 한정되지 않으며, PVD(물리적 기상 증착)나, 롤대롤 기구를 사용하여 성막을 수행할 수 있는 여타의 성막 방법일 수 있다.

[0125] 본 발명은 하기 구성을 취할 수 있다는 점을 유의해야 한다.

[0126] (1)

[0127] 성막 대상을 반송하도록 구성되고, 반송된 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성된 장력 완화 유닛을 포함하는 롤대롤 기구와,

[0128] 롤대롤 기구에 의해 반송되는 성막 대상을 가열하도록 구성되는 가열 유닛을 포함하는, 성막 장치.

[0129] (2)

[0130] (1)에 있어서, 장력 완화 유닛은 성막 대상을 협지하도록 구성되는 펀치 롤을 포함하는, 성막 장치.

[0131] (3)

[0132] (1) 또는 (2)에 있어서, 펀치롤은 성막 대상의 반송을 안내하도록 구성되는 안내 롤과, 탄성재로 제조되는 롤 표면을 갖는 탄성 롤을 포함하고, 탄성 롤은 성막 대상이 탄성 롤과 안내 롤 사이에 협지되도록 안내 롤에 의해 가압되는, 성막 장치.

[0133] (4)

[0134] (1) 내지 (3) 중 어느 하나에 있어서, 장력 완화 유닛은 복수의 롤을 포함하는 다단 롤을 포함하는, 성막 장치.

[0135] (5)

[0136] (1) 내지 (4) 중 어느 하나에 있어서, 성막 대상의 처짐량을 검출하도록 구성되는 처짐 검출 센서를 더 포함하고, 장력 완화 유닛은 처짐 검출 센서의 출력에 따라 성막 대상에 인가되는 장력을 조절하도록 구성되는, 성막 장치.

[0137] (6)

[0138] (1) 내지 (5) 중 어느 하나에 있어서, 장력 완화 유닛은 쌍정 변형이 성막 대상에 일어나는 장력 이하가 되도록 성막 대상에 인가되는 장력을 완화하도록 구성되는, 성막 장치.

[0139] (7)

[0140] (1) 내지 (6) 중 어느 하나에 있어서, 성막 대상은 구리를 함유하는 금속성 포일을 포함하고, 장력 완화 유닛은 성막 대상에 인가되는 장력을 1 MPa 미만으로 완화하도록 구성되는, 성막 장치.

[0141] (8)

[0142] (1) 내지 (7) 중 어느 하나에 있어서, 가열 유닛에 의해 가열되는 성막 대상에, 탄소를 함유하는 탄소원 물질을

공급하도록 구성되는 성막재 공급 유닛을 더 포함하는 성막 장치.

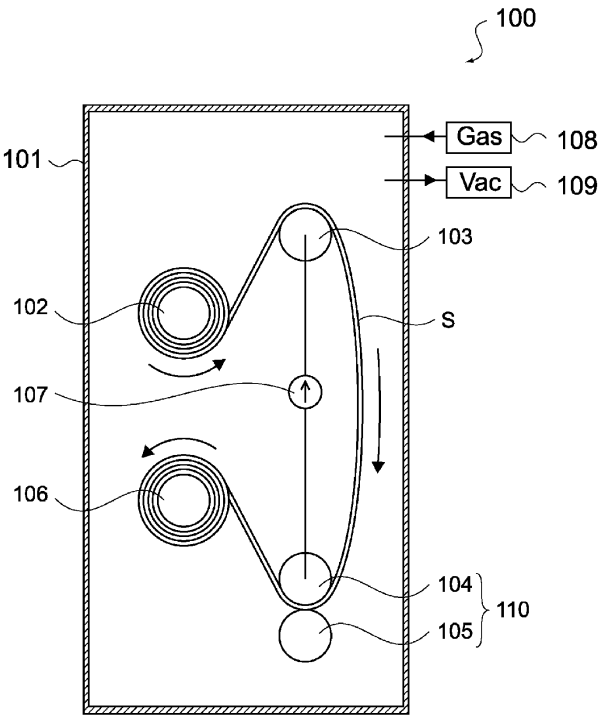
- [0143] (9)
- [0144] 롤대를 기구에 성막 대상을 세팅하는 단계와,
- [0145] 롤대를 기구에 의해 성막 대상을 반송하는 단계와,
- [0146] 성막 대상에 성막재를 공급하는 단계와,
- [0147] 성막 대상에 인가되는 장력이 롤대를 기구에 의해 완화되는 상태에서 성막 대상을 가열하는 단계를 포함하는, 성막 방법.
- [0148] (10)
- [0149] (9)에 있어서, 성막 대상을 가열하는 단계는 롤대를 기구에 의한 성막 대상의 반송이 정지되고 장력이 완화된 후에 수행되는, 성막 방법.
- [0150] 본 출원은 그 전체 개시 내용이 본 명세서에 인용되는 것으로, 2012년 5월 31일 일본 특허청에 출원된 일본 우선특허출원 JP 2012-124321호에 개시된 바와 관련된 청구 대상을 포함한다. 본 기술분야의 당업자라면 첨부된 특허청구범위 또는 그 균등물의 범위를 벗어나지 않는 한에 있어서는 설계 요건 및 다른 요소에 따라 다양한 변경, 조합, 하위조합 및 변형이 이루어질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

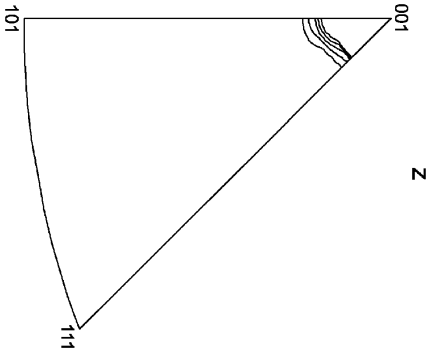
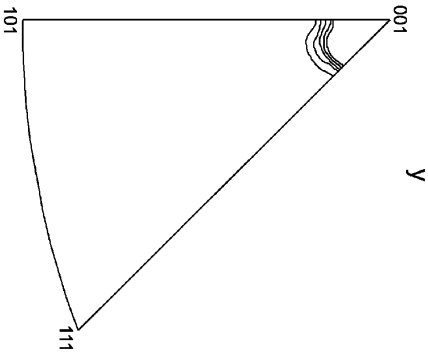
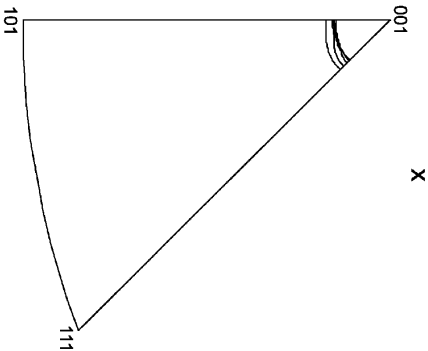
- [0151] 100, 200, 300, 400: 성막 장치
- 102, 202, 302, 402: 권출 롤
- 103, 104, 203, 205, 303, 307, 403, 407: 안내 롤
- 105, 204, 206, 303, 304, 308, 404, 408: 탄성 롤
- 110, 214, 215, 311, 312, 411, 412: 편치 롤
- 106, 209, 309, 409: 권취 롤
- 107, 210: 전류원
- 211: 처짐 검출 센서

도면

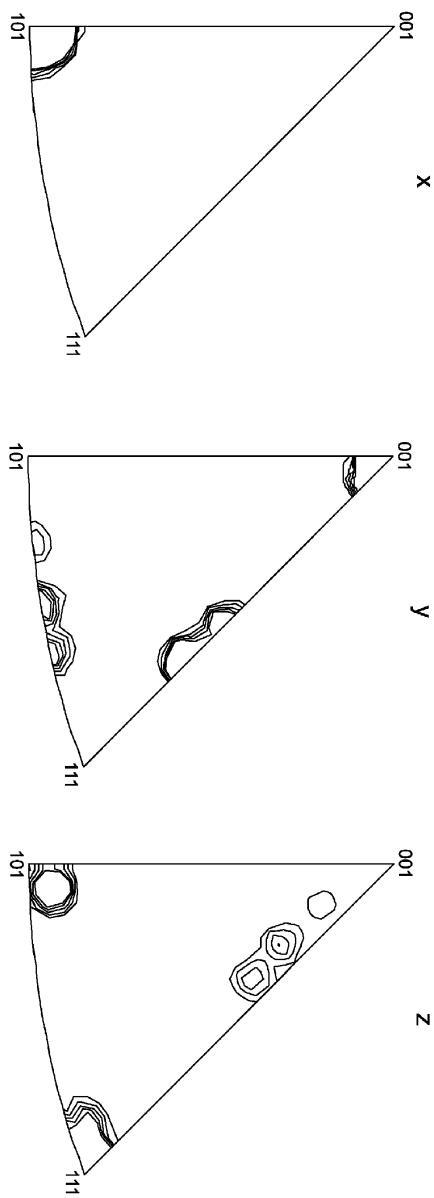
도면1



도면2



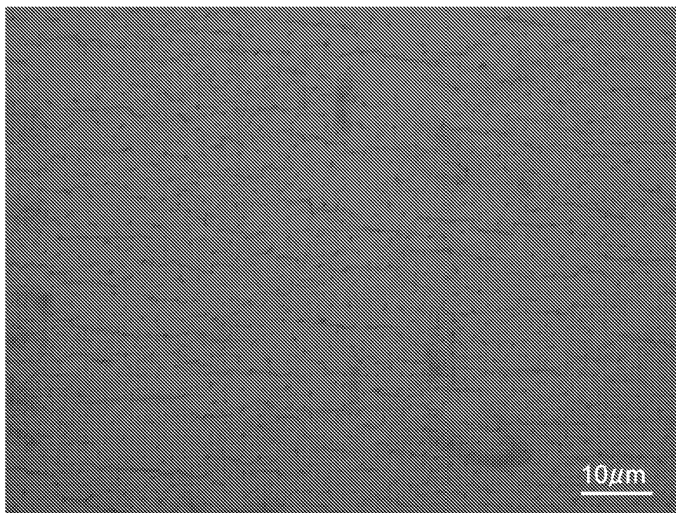
도면3



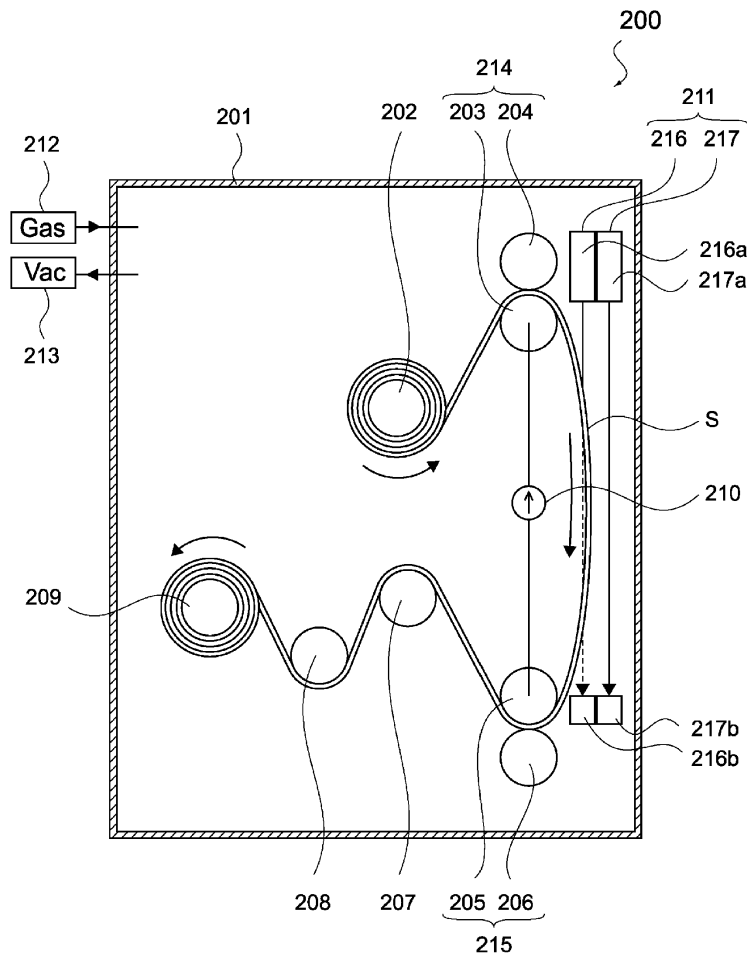
도면4



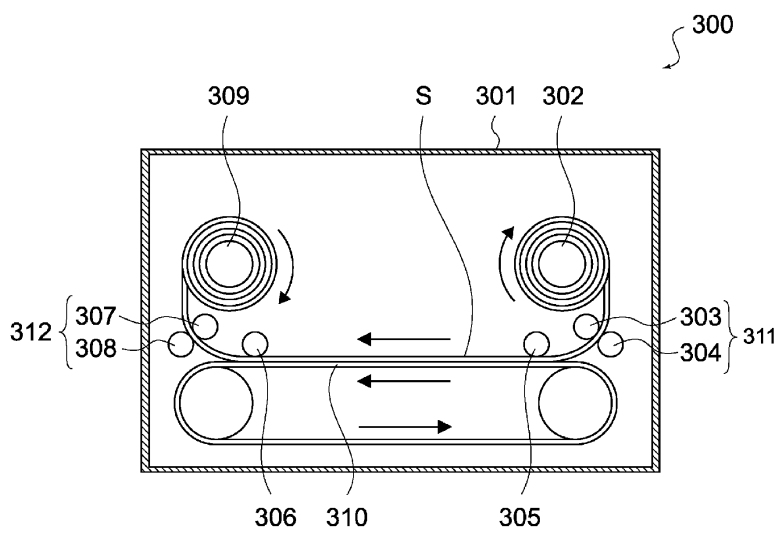
도면5



도면6



도면7



도면8

