



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월21일
(11) 등록번호 10-2016927
(24) 등록일자 2019년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3105 (2006.01) H01L 21/311 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/31051 (2013.01)
H01L 21/0228 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0144433
(22) 출원일자 2017년11월01일
심사청구일자 2017년11월01일
(65) 공개번호 10-2019-0049026
(43) 공개일자 2019년05월09일
(56) 선행기술조사문헌
JP2003318156 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
한국기초과학지원연구원
대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)
(72) 발명자
최용섭
전라북도 군산시 수송동로 100, 109동 904호(수송동, 군산수송세영 리첼아파트)
이강일
전라북도 군산시 수송동로 20, 207동 1405호(수송동, 한라비발디2단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남건필, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 17 항

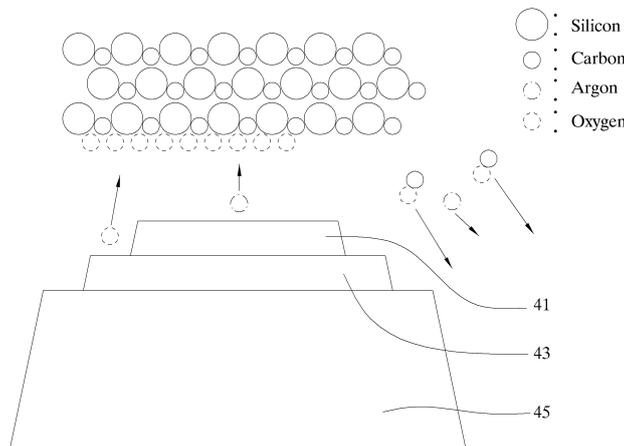
심사관 : 김영진

(54) 발명의 명칭 원자층 연마 방법 및 이를 위한 연마 장치

(57) 요약

본 발명은, 시재의 표면을 스캔하여 상기 시재 표면의 피크 위치를 측정하는 단계; 상기 시재의 재료의 성분인 제1원자와 결합할 수 있는 원소를 포함하는 가스를 상기 측정된 피크의 위치를 향하여 분사하여 상기 피크의 표면에 상기 제1 반응가스가 상기 제1원자와 결합한 제1반응가스층을 형성하는 단계; 및 상기 제1반응가스층이 증착된 상기 피크 위치에 불활성 가스의 이온을 조사하여 상기 제1반응가스와 결합된 상기 제1원자를 상기 시재료로부터 분리시키는 단계를 포함하는, 원자층 연마 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



- | | |
|---|--|
| <p>(52) CPC특허분류
 H01L 21/31111 (2013.01)
 H01L 21/67017 (2013.01)
 H01L 21/67092 (2013.01)</p> <p>(72) 발명자
 석동찬
 전라북도 군산시 수송동로 100, 104동 501호(수송동, 군산수송세영 리첼아파트)</p> <p>장수욱
 세종특별자치시 달빛1로 39, 204동 1502호(종촌동, 가재마을2단지)</p> <p>김중식
 전라북도 군산시 수송로 49, 107동 1403호(나운동, 금호타운아파트)</p> <p>유승열
 대전광역시 서구 만년남로 8, 103동 813호(만년동, 상록수아파트)</p> | <p>(56) 선행기술조사문헌
 JP2014522104 A*
 JP2014024702 A*
 JP05275402 A*
 US20170178917 A1
 JP평성05062946 A
 KR1020170022922 A
 JP05139092 B
 JP2016081948 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌</p> |
|---|--|

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PG1601
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	국가핵융합연구소
연구사업명	국가핵융합연구소 연구운영비지원사업
연구과제명	플라즈마/이온빔 가공 공정기술 개발
기여율	1/1
주관기관	국가핵융합연구소
연구기간	2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

서로 다른 두 원소를 포함하는 시재의 표면을 스캔하여 상기 시재 표면의 피크 위치를 측정하는 단계;

상기 시재의 재료의 성분인 제1원자와 결합할 수 있는 가스로서 상기 제1원자 이외의 다른 원자보다 상기 제1원자와 결합율이 높은 제1 반응가스를 상기 측정된 피크의 위치를 향하여 분사하여 상기 피크의 표면에 상기 제1 반응가스가 상기 제1원자와 결합한 제1반응가스층을 형성하는 단계;

상기 제1반응가스층이 증착된 상기 피크 위치에 에너지를 가하여 상기 제1반응가스와 결합된 상기 제1원자를 상기 시재로부터 분리시키는 단계;

상기 제1반응가스와 반응할 수 있는 가스의 플라즈마를 조사하여 상기 시재에 남아 있는 제1반응가스층을 제거하는 단계;

상기 시재의 재료의 성분인 제2원자와 결합가능한 가스로서 상기 제2 원자 이외의 다른 원자보다 상기 제2원자와 결합율이 높은 제2 반응가스를 상기 측정된 피크의 위치를 향하여 분사하여 상기 피크의 표면에 상기 제2 반응가스가 상기 제2원자와 결합한 제2반응가스층을 형성하는 단계; 및

상기 제2반응가스층이 증착된 상기 피크 위치에 에너지를 가하여 상기 제2반응가스와 결합된 상기 제2원자를 상기 시재로부터 분리시키는 단계를 포함하는,

원자층 연마 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1반응가스층의 형성단계부터 상기 제2 원자의 분리단계를 반복하여 평탄화 정도를 증가시킴을 포함하는, 원자층 연마 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2원자를 분리하는 단계 이후에, 상기 제2 반응가스와 반응할 수 있는 가스의 플라즈마를 조사하여, 상기 시재에 남아 있는 제2반응가스층을 제거하는 단계를 포함하는,

원자층 연마 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 반응가스는 상기 제1 및 제2 원자와 각각 결합하여 휘발성 기체를 형성할 수 있는 가스임을 특

징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 에너지를 가함은 불활성 가스의 이온을 조사함을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 불활성가스의 이온의 조사는 스퍼터링되지 않을 정도의 에너지로 이뤄짐을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 불활성가스의 이온의 조사 에너지는, 1~100 eV 임을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,
상기 불활성가스는 아르곤, 헬륨 및 제논 중 어느 하나를 포함하는 가스인,
원자층 연마 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,
상기 에너지를 가함은 전자를 조사함을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,
상기 에너지를 가함은 빛에너지를 조사함을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,
상기 에너지는 불활성 가스의 중성입자를 조사함을 특징으로 하는,
원자층 연마 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 시재의 제1원자 또는 제2원자와 결합된 반응가스만 남기도록 상기 제1반응가스층 또는 제2반응가스층의 형성 후, 챔버를 배기시키는 단계를 포함하는,

원자층 연마 방법.

청구항 16

제1항의 원자층 연마 방법에 의한 실리콘 카바이드 평탄화 방법으로서,

상기 시재는 실리콘 카바이드이며,

상기 제1반응가스는 불소를 포함하는 가스이며,

상기 제2반응가스는 산소인,

실리콘 카바이드 평탄화 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 불소를 포함하는 가스에 의한 단계를 시작으로 상기 산소에 의한 단계를 수행함을 특징으로 하는,

실리콘 카바이드 평탄화 방법.

청구항 18

제1항의 원자층 연마를 위한 장치로서,

상기 시재가 위치하는 챔버;

상기 챔버 내부를 진공상태로 유지하거나, 상기 시재의 원자와 결합된 상기 제1 및 제2 반응가스만 남기도록 상기 제1 및 제2 반응가스층의 형성 후 챔버를 배기시키도록 구성된 펌프를 포함하고,

상기 시재의 표면을 스캔하여 상기 시재 표면의 피크 위치를 측정하는 시재스캔부; 및

상기 시재의 표면을 향하여, 상기 제1 및 제2 반응가스 및 상기 에너지를 전달하도록 구성된 분사부로서, 상기 분사부는 상기 시재에 남아 있는 제1 및 제2 반응가스층을 제거하기 위한 상기 제1 및 제2 반응가스들과 반응할 수 있는 가스의 플라즈마를 조사하는 수단을 포함하는 분사구를 포함하는,

원자층 연마를 위한 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 분사부는 에너지 전달 노즐 및 상기 제1 및 제2 반응가스를 분사하는 분사노즐을 포함하는,

원자층 연마를 위한 장치.

청구항 20

삭제

청구항 21

제18항에 있어서,

상기 분사부는 상기 피크 위치로 이동하기 위해, x축, y축, 및 z축을 따라서 이동가능하며, 수직 방향을 기준으로 θ 각도로 기울어질 수 있도록 구성됨을 특징으로 하는,

원자층 연마를 위한 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 원자층 연마 시스템 및 연마 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 실리콘 카바이드에 대한 원자층 연마 시스템 및 연마 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 우주용 카메라와 같이 고해상도 영상의 촬영이 요구되어 지면서, 렌즈의 정밀한 평판화 기술이 요구되고 있다. 특히, 원자층 단위의 연마까지 요구되고 있는 실정이다.

[0003] 그러나, 종래의 연마 기술은 물리적 및 화학적 연마 수단을 통한 연마이다. 현재 연마 기술, 예를 들어, Ion Beam Figuring 장치의 경우에는 물리적 충돌에 의한 스퍼터링 현상을 이용하기 때문에 원자단위의 연마가 가능하지 않다.

[0004] 특히, 우주용 광학 렌즈로 각광을 받고 있는 실리콘 카바이드와 같은 소재는 경도가 매우 높고 화학적으로 매우 안정적이어서 연마가 어려운 재료로 알려져 있다. 이러한 소재의 연마를 위해 다이아몬드 입자를 입자 크기별로 공정에 활용하는 기술 및 CARE법(Catalyst Surface Referred Etching) 등이 있으나, 비용이 많이 소요되고, 원자층 단위의 정밀한 연마가 가능하지 않고 있다.

[0005] 현재는 원자층 단위로 렌즈의 표면을 연마하는 기술은 존재하지 않고 있어 고해상도의 촬영을 위한 니즈에 부합하고 있지 못한 실정이다. 그래서 이러한 기술 니즈에 부합하는 새로운 기술에 대한 연구가 필요한 시점이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 목적은, 원자층 단위로 시재의 표면을 연마할 수 있는 기술을 제공함을 목적으로 한다.

[0007] 본 발명의 일 목적은, 실리콘 카바이드와 같은 매우 강한 소재도 원자층 단위로 연마할 수 있는 원자층 연마 시스템 및 연마 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면으로서, 본 발명은, 시재의 표면을 스캔하여 상기 시재 표면의 피크 위치를 측정하는 단계; 상기 시재의 재료의 성분인 제1원자와 결합할 수 있는 제1 반응가스를 상기 측정된 피크의 위치를 향하여 분사하여 상기 피크의 표면에 상기 제1 반응가스가 상기 제1원자와 결합한 제1반응가스층을 형성하는 단계; 및 상기 제1반응가스층이 증착된 상기 피크 위치에 에너지를 가하여 상기 제1반응가스와 결합된 상기 제1원자를 상기 시재로부터 분리시키는 단계를 포함하는, 원자층 연마 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명에서 사용되는 용어 연마는 시재의 표면의 높이의 정도를 줄이는 방법을 의미하며, 여러 가지 목적을 위해 사용될 수 있으며 예를 들어 평탄화의 목적을 위해 사용될 수 있다.

[0010] 본 발명은, 상기 시재가 서로 다른 두 원소를 포함하는 소재인 경우, 상기 제1반응가스는 상기 시재의 제1원자와 결합하는 가스로서 상기 제1원자 이외의 다른 원자보다 제1원자와 결합율이 높은 가스이고, 상기 제1원자를 분리하는 단계 이후에, 상기 시재의 재료의 성분인 제2원자와 결합가능한 가스로서 상기 제2 원자 이외의 다른 원자보다 제2원자와 결합율이 높은 가스를 상기 측정된 피크의 위치를 향하여 분사하여 상기 피크의 표면에 상기 제2 반응가스가 상기 제2원자와 결합한 제2반응가스층을 형성하는 단계; 및 상기 제2반응가스층이 증착된 상기 피크 위치에 에너지를 가하여 상기 제2반응가스와 결합된 상기 제2원자를 상기 시재로부터 분리시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 시재는 렌즈, 거울 등과 같은 연마 대상을 의미한다.

[0012] 상기 피크란, 평면의 연마 정도의 측정시 얻어지는 값으로서, 다른 평면 위치에 비해 높이가 높은 위치를 피크라 한다.

- [0013] 상기 시료의 성분인 원자는, 시료가 실리콘 카바이드(SiC)인 경우, 실리콘 원자 또는 탄소 원자를 의미한다.
- [0014] 이 원자와 결합할 수 있다는 것은, 화학적 결합 본드를 형성할 수 있음을 의미한다. 탄소 원자의 경우 산소 분자 또는 원자의 노출에 쉽게 결합되므로 탄소와 산소의 결합을 의미한다. 마찬가지로 실리콘의 경우 불소함유 가스 또는 불소 원자의 노출에 의해 쉽게 결합되므로 실리콘과 불소의 결합을 의미한다.
- [0015] 제1 반응가스와 결합된 시재의 원자는 에너지를 가함에 의해 시재료로부터 분리될 수 있다. 예를 들어, 이온빔에 의한 이온을 가하거나, 전자를 가하거나, 중성입자를 가하거나, 빛에너지를 가하는 것일 수 있다.
- [0016] 상기 제1 및 제2 반응가스는 상기 제1 및 제2 원자와 각각 결합하여 휘발성 기체를 형성할 수 있는 가스임을 특징으로 하며, 상기 에너지를 받아 시재료로부터 분리되어 휘발될 수 있다.
- [0017] 예를 들어, 불활성가스 이온의 충돌에 의해 에너지를 얻어 시재료로부터 분리될 수 있다. 또한, 상기 불활성가스의 이온의 조사는 결합된 에너지만 시재료로부터 분리될 수 있어야 하며, 그러기 위해, 스퍼터링되지 않을 정도의 에너지로 이뤄짐을 특징으로 한다. 바람직하게는 상기 불활성가스의 이온의 조사 에너지는, 1~100 eV 일 수 있다. 상기 불활성가스는 아르곤, 헬륨 및 제논 중 어느 하나를 포함하는 가스일 수 있다.
- [0018] 반응가스와 결합한 원자 하나가 떨어 나오기 때문에 원자단위로 시재료로부터 연마가 가능하다.
- [0019] 또한, 원자단위로의 분리를 더욱 보장하기 위해, 상기 시재의 원자와 결합된 반응가스만 남기도록 상기 반응가스층의 형성 후, 챔버를 배기시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 제1반응가스층부터 상기 제2 원자의 분리단계를 반복하여 연마 정도를 증가시킴을 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 제1원자 분리하는 단계와 상기 제2반응가스층을 형성하는 단계 사이에, 상기 시재에 남아 있는 제1반응가스층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 제2원자 분리하는 단계 이후에, 상기 시재에 남아 있는 제2반응가스층을 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 반응가스층들을 제거하는 단계는, 상기 반응가스들과 반응할 수 있는 가스의 플라즈마를 조사함을 포함할 수 있다. 상기 플라즈마는 바람직하게는 수소 플라즈마 일 수 있다.
- [0022] 다른 측면으로서, 본 발명은 상기 원자층 연마 방법에 의한 실리콘 카바이드 평탄화 방법으로서, 상기 시재는 실리콘 카바이드이며, 상기 제1반응가스는 불소를 포함하는 가스이며, 상기 제2반응가스는 산소이고, 실리콘 카바이드 평탄화 방법을 제공한다. 실리콘 카바이드의 경우 산소 플라즈마 처리를 먼저 수행할 경우 표면에 노출되어 있는 실리콘의 산화에 의해서 표면 거칠기가 증가하는 문제가 발생할 수 있다. 이에 1 반응가스로 불소를 포함하는 가스를 사용하여 표면에 들어나 실리콘을 먼저 제거하는 것이 평탄화에 유리하다.
- [0023] 다른 측면으로서, 본 발명은, 상기 원자층 연마를 위한 장치를 제공하며, 본 발명은, 상기 시재가 위치하는 챔버; 상기 챔버 내부를 진공상태로 유지하거나, 상기 시재의 원자와 결합된 반응가스만 남기도록 상기 반응가스층의 형성 후 챔버를 배기시키도록 구성된 펌프(50)를 포함하는, 상기 시재의 표면을 스캔하여 상기 시재 표면의 피크 위치를 측정하는 시재스캔부; 및 상기 시재의 표면을 향하여, 상기 반응가스 및 상기 비활성가스이온을 분사하도록 구성된 분사부를 포함하는, 원자층 연마를 위한 장치를 제공한다.
- [0024] 상기 분사부는 비활성가스이온 분사노즐 및 상기 반응가스 분사노즐을 포함할 수 있다. 상기 분사부는 상기 시재에 남아 있는 반응가스층을 제거하기 위한 상기 반응가스들과 반응할 수 있는 가스의 플라즈마를 조사수단을 포함할 수 있다. 상기 분사부는 상기 피크지점으로 이동하기 위해, x축, y축, 및 z축을 따라서 이동가능하며, 수직 방향을 기준으로 θ 각도로 기울어질 수 있도록 구성됨을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따르면, 실리콘 카바이드와 같은 경도가 매우 높고 화학적으로 매우 안정적인 시재의 표면을 원자단위로 정밀하게 연마할 수 있다. 또한, 시재의 표면을 국소적으로 연마할 수 있다. 분사부가 자유롭게 이동되므로, 분사부가 작아도 충분히 원하는 연마지점을 연마할 수 있다. 또한, 불활성 가스이온을 분사하는 플라즈마 직경을 제어하여, 연마영역을 제어할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 연마 시스템의 모식도이다.
 도 1b는 도 1a에 도시된 분사부가 X축 및 Y축으로 이동하는 형태를 예시한 도면이다.

도 2는 도 1의 A로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 분사부의 모식도이다.

도 3은 도 1의 A로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 분사부의 모식도이다.

도 4는 도 2 및 도 3에 도시된 분사부의 평면을 도시한 도면이다.

도 5은 실시예 1의 제1 반응가스로 산소 및 제2 반응가스로 불소를 함유한 가스를 사용한 방법에 의한 SiC의 식각 후 원자현미경 측정 결과이다.

도 6은 실시예 2의 제1 반응가스로 불소를 함유한 가스 및 제2 반응가스로 산소를 사용한 방법에 의한 SiC의 식각 후 원자현미경 측정 결과이다.

도 7은 실시예 3의 실시예2에서 플라즈마 에너지를 조정한 경우, 국부적 부분의 표면 거칠기가 변화 없음을 보여주는 원자현미경 측정 결과이다.

도 8은 본 발명의 원자층 식각을 설명하는 모식도이다.

도 9는 100W로 실시예3을 수행한 조건에서 100회 식각에 따른 단차를 보여준다.

도 10은 원자층 식각방법에 따라, 플라즈마 전력을 200W, 150W 100W로 조정하여 식각한 경우 ALE cycle 당 식각율을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 구성요소 등이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 구성요소 등이 존재하지 않거나 부가될 수 없음을 의미하는 것은 아니다.
- [0028] 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.
- [0029] 본 발명의 원자층 연마 시스템은 Atomic layer polishing device를 이용하는 것으로서, 연마를 목표로 하고자 하는 지점의 표면으로부터 하나의 원자층 제거하여, 정교하게 목표하고자 하는 연마 지점을 연마할 수 있는 것이다. 이는 ion beam figuring과 비슷한 개념이나, 물리적으로 제거하는 것이 아니라 원자를 한층씩 제거하는 것으로서, 보다 정교하고 정밀한 연마가 가능하다.
- [0030] 도 1a에 본 발명의 일 실시예에 따른 연마 시스템의 모식도의 일부를 나타내었다. 단, 도 1a는 본 발명을 설명하기 위한 목적에 불과할 뿐, 본 발명이 도 1a에 개시된 구성으로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 구성요소 중 일부 구성은 도 1a에 미도시하였으나, 생략된 구성요소라 하더라도 반드시 선택적으로 추가되는 구성요소에 해당되는 것은 아니며, 필수구성요소에 해당 될 수 있다.
- [0031] 이러한 목적을 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른, 연마 시스템은 챔버(10), 상기 챔버(10) 내의 상측에 설치되어 시재(20)를 고정하는 시재고정부(30), 상기 챔버 내에 설치되어 상기 시재의 표면을 스캔해서 상기 시재 표면의 평탄도를 스캔하는 시재스캔부; 상기 챔버 내의 하측에 설치되고, 3축 방향으로 이동 가능하며, 상기 시재를 향하여, 적어도 1종의 반응가스 및 비활성가스이온을 분사하는 복수의 분사 노즐(41, 43, 45)을 구비한 분사부(40), 상기 분사부와 연결된 가스공급원; 상기 분사부와 연결된 비활성가스이온공급원, 및 상기 챔버에 설치되어 상기 챔버의 내부 기체를 흡입하고, 외부로 배기하여, 상기 챔버의 내부를 진공상태로 유지시키는 펌프(50)를 포함한다.
- [0032] 상기 시재에 관하여, 연마 대상인 시재의 종류는 반응가스의 적절한 선택에 따라 임의의 시재가 선택될 수 있다. 본 발명의 아래 실시예는 실리콘 카바이드를 중심으로 설명한다. 그러나, 이는 단지 설명의 목적일 뿐, 본 발명이 반드시 실리콘 카바이드 시재로 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 상기 연마 시스템은 챔버를 포함한다. 상기 챔버의 형상 또는 구성 등은 특별히 한정되는 것은 아니며, 본 출원

이 속하는 통상의 기술분야에서 사용되는 챔버일 수 있다. 다만, 외부로부터 밀폐되어, 내부가 진공상태를 유지한다.

- [0034] 상기 챔버 내면 상측에는 시재고정부가 구비된다. 상기 시재고정부는 상기 시재를 고정하는 지그(jig)이다. 다만, 본 발명이 범위 내에서 어떠한 형태로 변형가능하다.
- [0035] 상기 연마 시스템은 고정된 시재를 스캔하는 시재스캔부를 포함한다. 스캔부는 스캐너(scanner)로서, 화상 정보를 컴퓨터에 입력하는 장치이다. 예를 들어, 스캔을 목표로 하는 대상체를 CCD 카메라로 1라인분 촬영하여, 그 정보를 디지털 신호로 컴퓨터에 보내고, 이것을 축방향으로 주사하여 평면의 화상 정보를 받아들인다. 상기 시재스캔부는 상기 디지털 정보를 후술하는 연마제어부로 전송한다. 또한, 수 나노 범위로 측정이 가능하며, 매우 정밀한 연마를 할 수 있도록 한다.
- [0036] 상기 연마제어부는 상기 시재스캔부로부터 상기 시재를 스캔하고 형성된 평탄정보 데이터를 송부받고, 상기 데이터를 분석하여 피크 위치를 도출하고, 후술하는 분사부를 제어하여, 본 발명이 목적하고자 하는 바에 따라 상기 시재를 연마한다.
- [0037] 상기 연마 시스템은 분사부를 포함한다. 상기 분사부는 상기 챔버의 내면 하측에 설치되고, 3축 방향으로 이동 가능하며, 상기 시재를 향하여, 적어도 1종의 반응가스 및 비활성가스이온을 분사하는 복수의 분사 노즐을 구비한다.
- [0038] 도 1b는 도 1a에 도시된 분사부가 X축 및 Y축으로 이동하는 형태를 예시한 도면이다.
- [0039] 상기 분사부는, 상기 시재의 연마가 필요하다고 판단된 연마지점을 연마하기 위하여, 도 1a 및 도 1b에 도시된 x축, y축, 및 z축 중 적어도 하나 이상의 축을 따라서 이동가능하며, 수직 방향을 기준으로 θ 각도로 기울어질 수 있다. 상술한 연마제어부로부터 연마가 필요한 연마지점에 신호 또는 데이터를 수신하고, 의도하고자한 바에 따라, x축, y축, 및 z축 중 적어도 하나 이상의 축을 따라서 이동하며, 수직 방향을 기준으로 θ 각도로 이동하는 것이 바람직하다. 특히, 마이크로 미터 범위로 정확하게 이동 및 포지셔닝 가능하며, 매우 정밀하게 연마지점으로 이동할 수 있다.
- [0040] 또한, 일 실시예로서, 도 2 및 도 3에 분사부의 일부 구성과 시재와 연마 과정에 대한 모식도를 나타내었고, 도 4는 도 2 및 도 3에 도시된 분사부의 평면을 도시한 도면이다.
- [0041] 상기 도 2 내지 도 4에 나타낸 바와 같이, 상기 분사부(40)는 제1 반응가스 분사노즐(43), 제2 반응가스 분사노즐(45), 및 비활성가스이온 분사노즐(41)을 포함할 수 있다. 여기서, 하나의 예시로서, 상기 제1 반응가스 분사노즐(43)은 상기 비활성가스이온 분사노즐(41)과 동축이며, 상기 제1 반응가스 분사노즐(43)의 직경은 상기 비활성가스이온 분사노즐(41)보다 크다. 또한, 상기 제2 반응가스 분사노즐(45)은 상기 제1 반응가스 분사노즐(43)과 동축이며, 상기 제2 반응가스 분사노즐(45)의 직경은 상기 제1 반응가스 분사노즐(43)보다 큰 형태를 제공할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 원자층 식각을 설명하는 모식도로서 도 8을 참조하면서 아래와 같이 설명한다.
- [0043] 상기 제1 반응가스 분사노즐(43)을 통하여, 제1 반응가스가 시재를 향하여 분사된다. 상기 제1 반응가스는 불소, 예컨대 CF_4 , SF_6 또는 NF_3 이고, 상기 제2 반응가스는 산소를 포함하는 가스이다. 도 8에서는 CF_4 로 불소함유가스를 예시하고 있다. 불소함유 가스가 실리콘 카바이드 시재를 향하여 분사되면, 시재의 표면에 증착되고, 하기 반응식 1에 따른 반응이 발생 된다.
- [0044] (반응식 1)
- [0045] $SiC + SF_6 \rightarrow SiC-C + SiF_4$
- [0046] 즉, 실리콘 카바이드의 실리콘원자 하나가 불소 원자와 결합하여, 불활성 기체 이온(Ar 이온)에 의한 스퍼터링이 되지 않는 정도의 약한 충돌에 의해 실리콘 카바이드로부터 분리된다. 실리콘 카바이드로부터 분리된다. 즉, 원자 단위 한 층이 제거되는 것이다.
- [0047] 그 다음에, 산소가 실리콘 카바이드 시재를 향하여 분사되면, 시재의 탄소와 결합하여 표면에 증착되고, 하기 반응식 2에 따른 반응이 발생 된다.
- [0048] (반응식 2)

- [0049] $\text{SiC} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiC-Si} + \text{CO}_2$
- [0050] 즉, 실리콘 카바이드의 탄소 원자 하나가 산소원자가 결합하고 있으며, 불활성 기체 이온(Ar 이온)에 의한 스퍼터링이 되지 않는 정도의 약한 충돌에 의해 실리콘 카바이드로부터 분리된다. 즉, 원자 단위 한층이 제거되는 것이다.
- [0051] 상기 비활성가스이온은 플라즈마 빔을 이용하여 분사되는 것이 바람직하다. 더불어, 상기 플라즈마 빔의 조사 직경을 제어하여, 빔의 조사량을 제어함으로써, 상기 연마지점의 연마 범위를 제어할 수 있다. 특히, 플라즈마 빔을 다양한 방법으로 제어가능하며, 다양한 플라즈마 빔을 적용할 수 있다.
- [0052] 상기 연마 시스템은 상기 분사부와 연결되고, 상기 분사부로 가스를 공급하는 가스공급원을 포함한다. 상기 반응가스가 복수인 경우, 가스공급원 역시 복수로 구비하는 것이 바람직하다.
- [0053] 또한, 상기 연마 시스템은 상기 분사부와 연결되고, 상기 분사부로 비활성가스이온을 공급하는 비활성가스이온 공급원을 포함한다. 상기 비활성가스이온이 복수인 경우, 비활성가스이온공급원 역시 복수로 구비하는 것이 바람직하다.
- [0054] 그리고, 상기 연마 시스템은 펌프(50)를 구비한다. 상기 펌프(50)는 상기 챔버의 내부 기체를 흡입하고, 외부로 배기하여, 상기 챔버의 내부를 진공상태로 유지시킨다. 상술한 바와 같이, 시재의 연마시 생성되는 다양한 기체들을 흡입하여, 외부로 연결된 배출구로 내부 기체를 제거한다.
- [0055] 이러한 연마 시스템을 통하여, 연마지점을 정확하게 분석하여, 정교하게 시재를 연마할 수 있다. 또한, 연마지점이 복수인 경우, 제1 연마지점을 연마하고, 상기 분사부가 이동하여, 제2 연마지점을 연마하여, 복수의 연마지점을 차례로 연마할 수 있다.
- [0056] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

실시예 1

- [0057] S1) 실리콘 카바이드 시재로서, 4H-SiC 웨이퍼 4" 직경 및 350 μm 두께, Off 4° 의 실리콘카바이드를 준비하고, 이를 챔버 내에 위치시킨 후, 200 mTorr로 배기하였다.
- [0058] S2) 이후, 실리콘 카바이드에 먼저 산소를 15초 동안 시재 표면에 주입한 후 산소-탄소 반응가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 30초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0059] S3) 그 후 200W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 산소-탄소 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0060] S4) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 산소-탄소 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0061] S5) 그 다음에 CF_4 가스를 시재 표면으로 15초간 주입한 후 불소-실리콘 반응 가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 60초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0062] S6) 그 후 200W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 불소-실리콘 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0063] S7) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 불소-실리콘 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0064] S2) 내지 S7)를 100회 반복하였다. 이의 표면을 원자현미경으로 측정하여 표면 거칠기를 확인하였다. 도 5에서 볼 수 있다. 국부적 표면의 거칠기가 증가할 수 있음을 보여준다. 그 이유는 처음에 산소공정을 먼저 하게 되면 산화되면서 국부적으로 두꺼워질 수가 있기 때문으로 생각되고, 원자수준에서 거칠기는 증가하였다고 생각된다.

실시예 2

- [0065] S1) 실리콘 카바이드 시재로서, 4H-SiC 웨이퍼 4" 직경 및 350 μm 두께, Off 4° 의 실리콘카바이드를 준비하고, 이를 챔버 내에 위치시킨 후, 200 mTorr로 배기하였다.

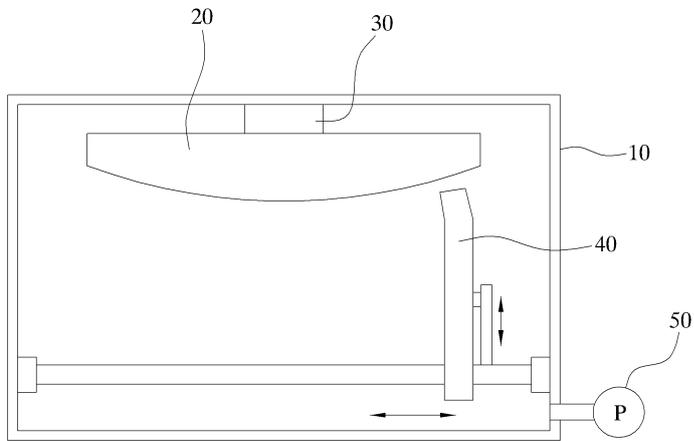
- [0066] S2) 이후, 실리콘 카바이드에 먼저 CF₄를 15초 동안 시재 표면에 주입한 후 불소-실리콘 반응가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 30초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0067] S3) 그 후 200W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 불소-실리콘 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0068] S4) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 산소-탄소 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0069] S5) 그 다음에 산소 가스를 시재 표면으로 15초간 주입한 후 산소-탄소 반응 가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 60초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0070] S6) 그 후 200W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 산소-탄소 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0071] S7) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 산소-탄소 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0072] S2) 내지 S7)를 100회 반복하였다. 이의 표면을 원자현미경으로 측정하여 표면 거칠기를 확인하였다. 도 6에서 볼 수 있다. 국부적 부분의 표면 거칠기가 변화 없음을 보여준다. 가스 조건을 바꾸고 실험한 경우에도 표면 거칠기가 적은 양이지만 증가되는 것이 확인되었고, 한 사이클에 0.6 nm 정도씩 식각되었으며, 이는 Ar 플라즈마에 의한 스퍼터링 때문으로 생각된다.

실시예 3

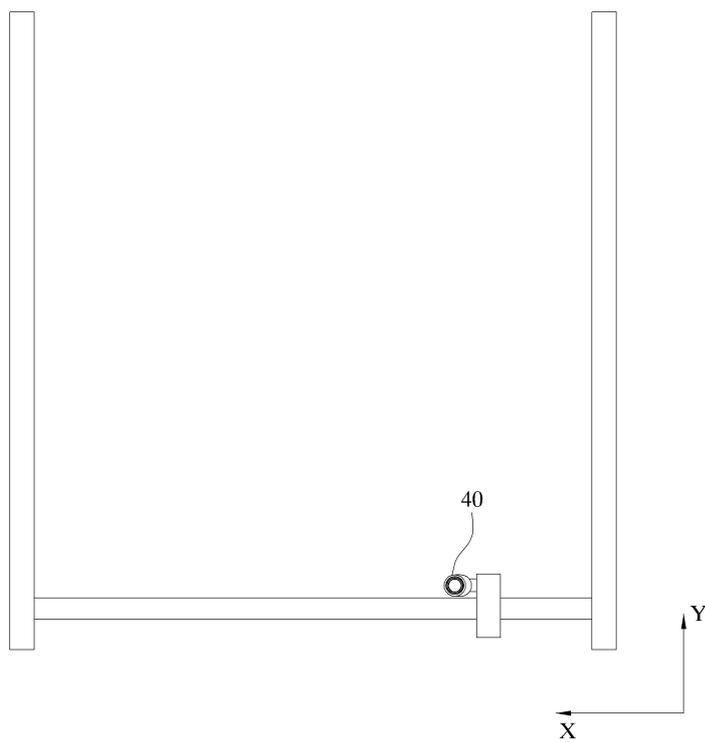
- [0073] 실시예2에서 아래와 같이 플라즈마 에너지를 낮추어 스퍼터링을 막고 SiC 원자층 식각을 진행하였다.
- [0074] S1) 실리콘 카바이드 시재로서, 4H-SiC 웨이퍼 4" 직경 및 350 μm 두께, Off 4° 의 실리콘카바이드를 준비하고, 이를 챔버 내에 위치시킨 후, 200 mTorr로 배기하였다.
- [0075] S2) 이후, 실리콘 카바이드에 먼저 CF₄를 15초 동안 시재 표면에 주입한 후 불소-실리콘 반응가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 30초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0076] S3) 그 후 150W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 불소-실리콘 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0077] S4) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 산소-탄소 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0078] S5) 그 다음에 산소 가스를 시재 표면으로 15초간 주입한 후 산소-탄소 반응 가스 층만 시재 표면에 남도록 챔버를 60초가 펌핑하여 배기시켰다.
- [0079] S6) 그 후 150W의 Ar 플라즈마로부터 Ar 이온을 상기 산소-탄소 반응가스층으로 15초간 주입하였다.
- [0080] S7) 그 후에 수소 플라즈마를 주입하여 남아 있는 산소-탄소 반응가스층을 제거하였고, 30초가 퍼징(0m Torr) 과정을 수행하였다.
- [0081] S2) 내지 S7)를 100회 반복하였다. 이의 표면을 원자현미경으로 측정하여 표면 거칠기를 확인하였다. 도 7에서 볼 수 있다. 150W에서는 표면 거칠기는 증가하지 않지만, 식각율은 0.6nm 수준이었다.
- [0082] 다시 100W 조건에서 100회 식각을 수행하였고 측정된 단체를 도 9에 도시하였다. 1회 식각에 대략 0.3 nm 가 식각된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 추가로, 플라즈마 전력을 200W, 150W 100W로 조정하여 식각한 경우 ALE cycle 당 식각율을 도 10을 통해 제공한다. 플라즈마 전력이 커지는 경우 불활성 입자에 의한 스퍼터링 효과가 발생하게 되어 원자수준의 식각시 예상되는 것보다 높은 식각율을 보이게 된다.

도면

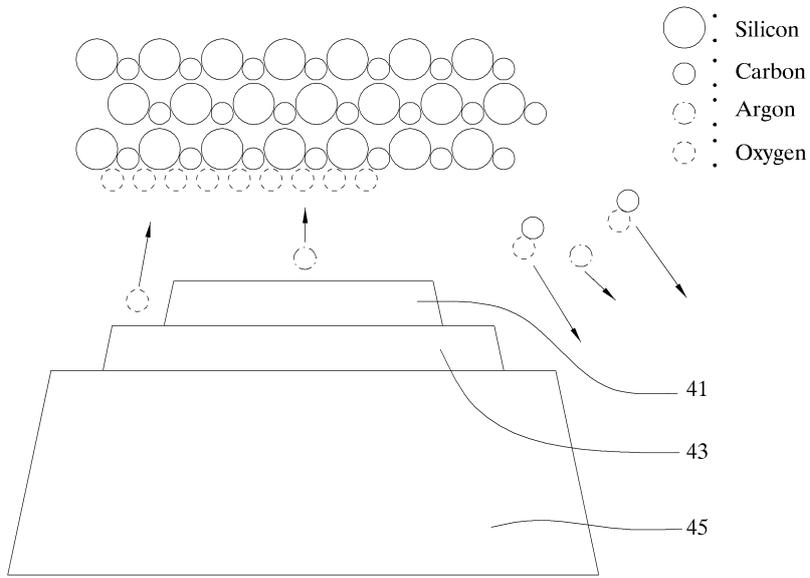
도면1a



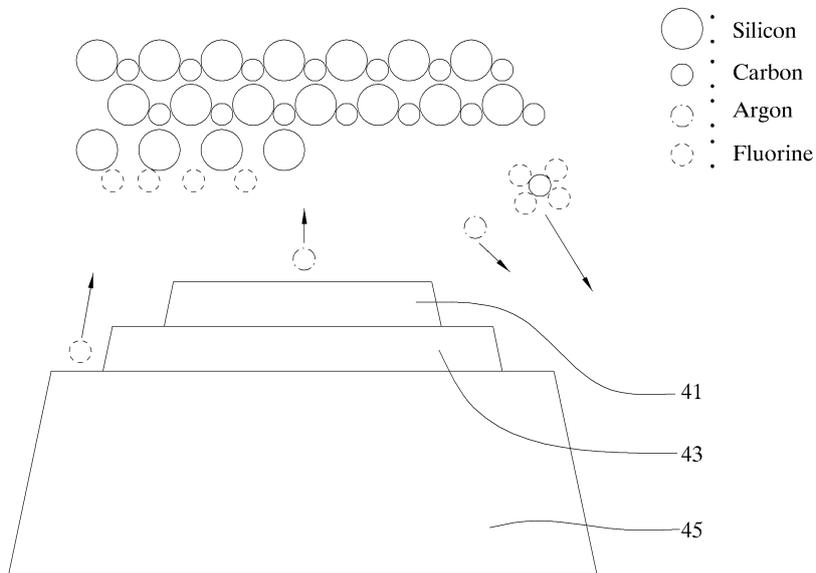
도면1b



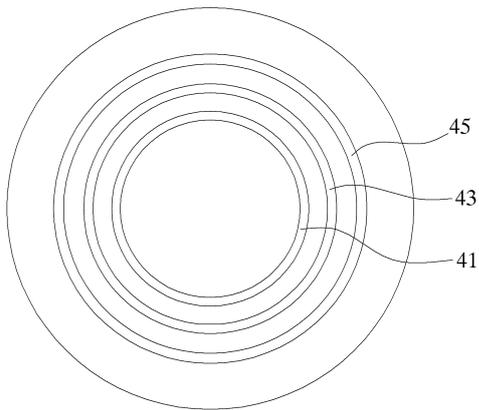
도면2



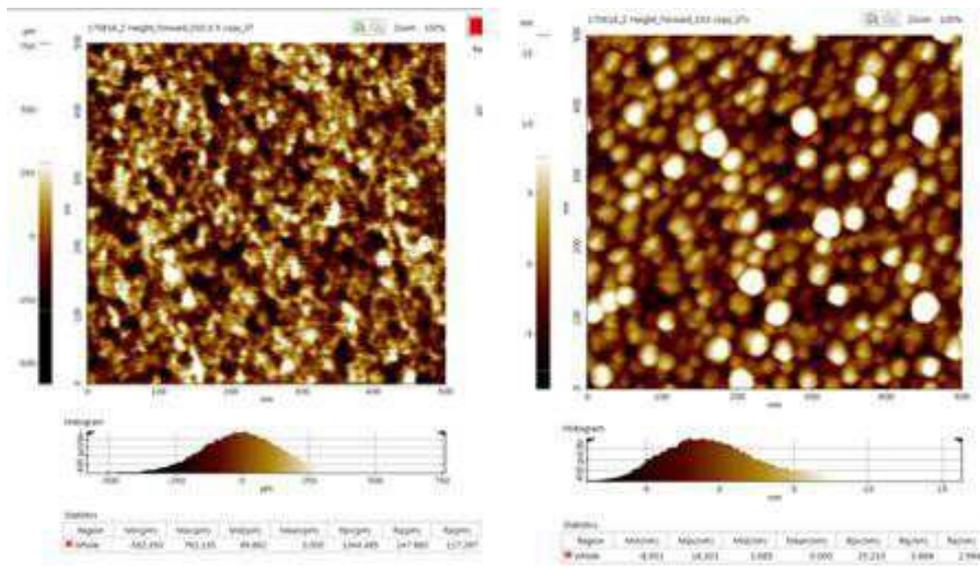
도면3



도면4



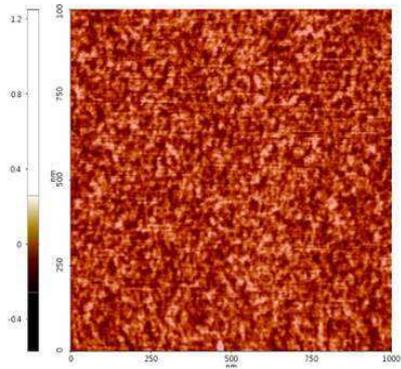
도면5



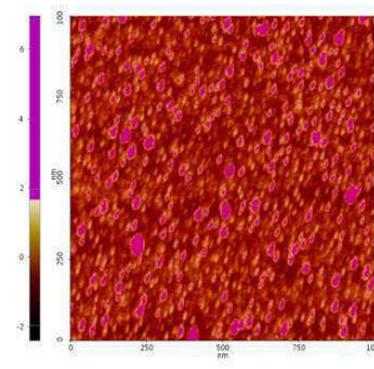
Before Ra ~0.1nm

After Ra ~2.9nm

도면6

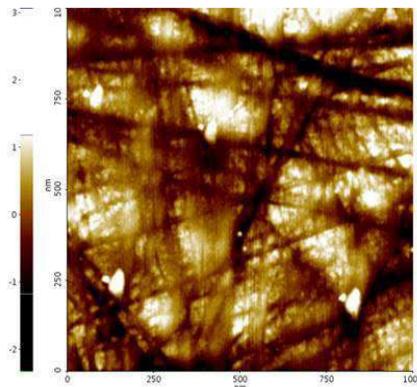


Before Ra ~0.1nm

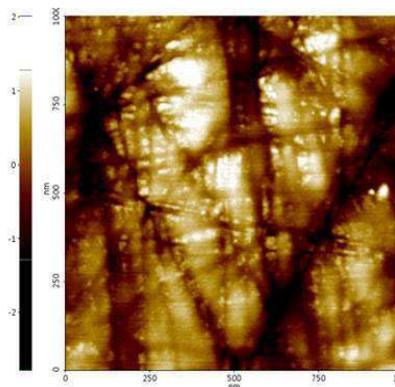


After Ra ~0.6nm

도면7



Before Ra ~0.5nm



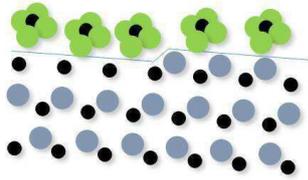
After Ra ~0.5nm

도면8

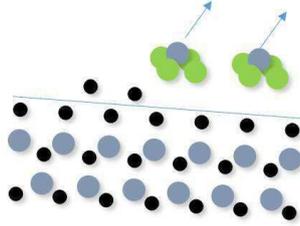
Ar+ energy control

Ar F O Si C

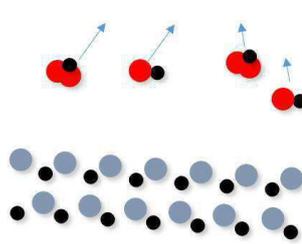
1. CF₄ supply & purging



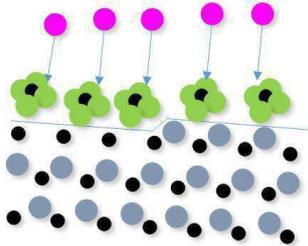
3. Si layer etching



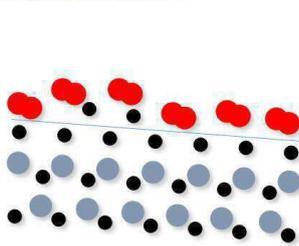
5. Ar bombardment



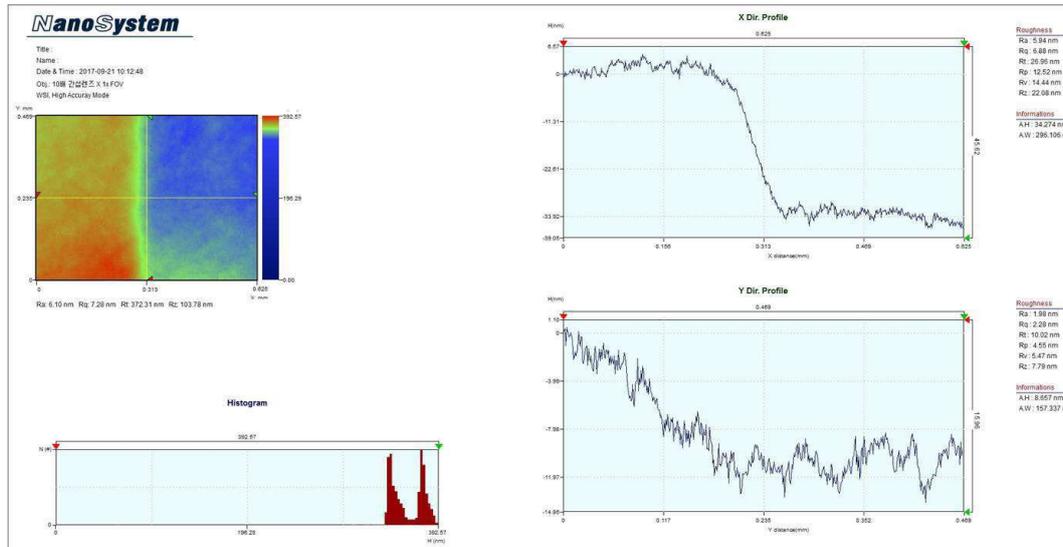
2. Ar bombardment



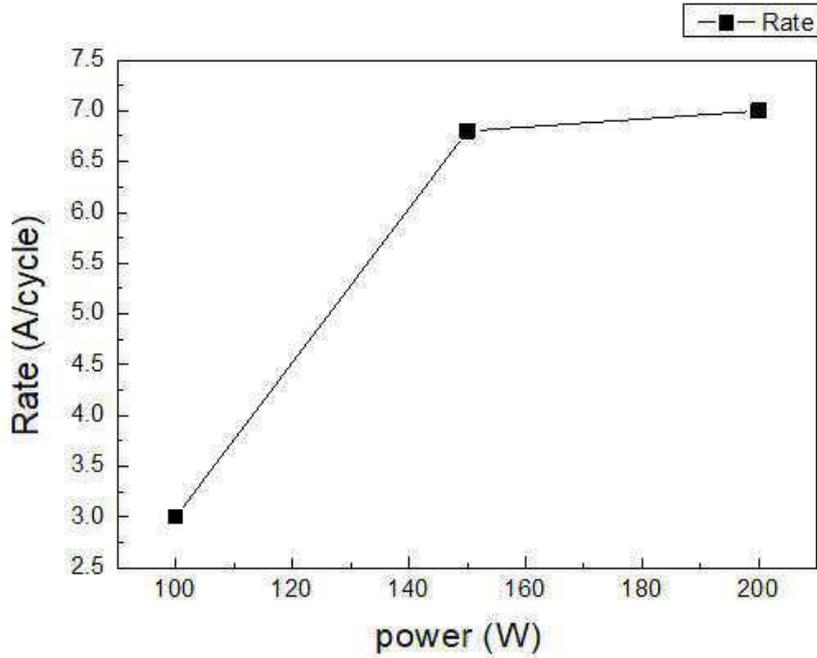
4. O₂ supply & purging



도면9



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

상기 반응가스층의

【변경후】

상기 제1반응가스층 또는 제2반응가스층의

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

상기 시제의 원자와

【변경후】

상기 시제의 제1원자 또는 제2원자와