(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0124351
(43) 공개일자 2023년08월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/285 (2006.01) *C23C 16/04* (2006.01)
C23C 16/06 (2006.01) *C23C 16/455* (2006.01)
H10B 41/27 (2023.01) *H10B 41/35* (2023.01)
H10B 43/27 (2023.01) *H10B 43/35* (2023.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/28562 (2013.01)
C23C 16/045 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0021554
(22) 출원일자 2022년02월18일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
에스케이하이닉스 주식회사
경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
이도한
경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091
김은수
경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김권석

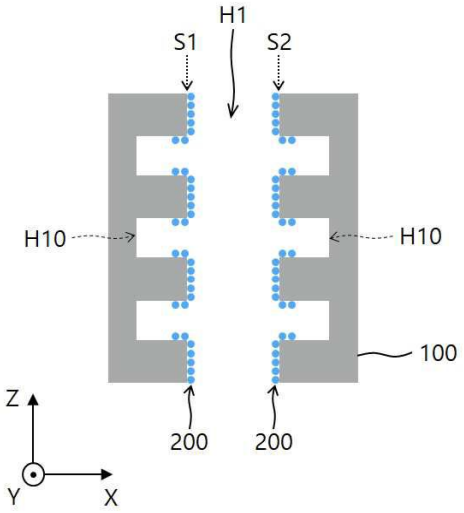
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **박막 증착 방법 및 이를 적용한 전자 소자의 제조 방법**

(57) 요 약

박막 증착 방법 및 이를 적용한 전자 소자의 제조 방법에 관해 개시되어 있다. 개시된 박막 증착 방법은 수직 방향으로 형성된 개구 영역과 상기 개구 영역에 의해 노출된 두 개의 측면부 각각에 수평 방향으로 형성된 복수의 홀(hole)이 구비된 기판 구조체를 마련하는 단계, 상기 기판 구조체에 대하여 수직 방향 기체 확산도가 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 증착 환경에서 그 표면에 억제제(inhibitor)를 흡착시키는 공정을 수행함으로써, 상기 복수의 홀의 내부 보다 외부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도가 높아지도록 상기 억제제를 흡착시키는 단계 및 상기 복수의 홀의 내부 및 외부에 대하여 주어진 물질막의 증착 공정을 수행하되, 상기 억제제의 흡착 밀도에 따라 증착 속도가 달라지도록 상기 물질막의 증착 공정을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1b



(52) CPC특허분류
C23C 16/06 (2013.01)
C23C 16/45534 (2013.01)
H10B 41/27 (2023.02)
H10B 41/35 (2023.02)
H10B 43/27 (2023.02)
H10B 43/35 (2023.02)

(72) 발명자
류승욱
경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091
조성환
경기도 이천시 부발읍 경충대로 2091
이한보람
인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교 8호관 공과대학 A동
안사리 아부 사드 아쿠엘 아메드
인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교 8호관 공과대학 A동
트린 응곡 레
인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교 8호관 공과대학 A동

명 세 서

청구범위

청구항 1

수직 방향으로 형성된 개구 영역과 상기 개구 영역에 의해 노출된 두 개의 측면부 각각에 수평 방향으로 형성된 복수의 홀(hole)이 구비된 기판 구조체를 마련하는 단계;

상기 기판 구조체에 대하여 수직 방향 기체 확산도가 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 증착 환경에서 그 표면에 억제제(inhibitor)를 흡착시키는 공정을 수행함으로써, 상기 복수의 홀의 내부 보다 외부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도가 높아지도록 상기 억제제를 흡착시키는 단계; 및

상기 복수의 홀의 내부 및 외부에 대하여 주어진 물질막의 증착 공정을 수행하되, 상기 억제제의 흡착 밀도에 따라 증착 속도가 달라지도록 상기 물질막의 증착 공정을 수행하는 단계를 포함하는,

3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 홀의 입구부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도는 상기 홀의 바닥부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도 보다 높은 박막 증착 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 홀의 입구부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도는 상기 홀의 바닥부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도 보다 3배 이상 높은 박막 증착 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 억제제 내지 상기 억제제의 이온종을 포함한 플라즈마(plasma)를 발생시키는 단계 및 상기 플라즈마를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함하고,

상기 플라즈마는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 갖는 박막 증착 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 기판 구조체가 마련된 챔버의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 갖는 박막 증착 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 압력 조건에서 상기 챔버의 압력은 10^{-3} Torr 내지 1 atm 범위인 박막 증착 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 물질막의 증착 공정은 상기 제 1 압력 조건과 다른 제 2 압력 조건에서 수행하고, 상기 제 2 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력은 상기 제 1 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력 보다 낮은 박막 증착 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 기판 구조체가 마련된 챔버의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계, 상기 억제제 내지 상기 억제제의 이온종을 포함한 플라즈마를 발생시키는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에서 상기 플라즈마를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 압력 조건에서 상기 플라즈마는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 갖는 박막 증착 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 물질막의 증착 공정은 ALD(atomic layer deposition) 공정으로 수행하는 박막 증착 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 물질막은 도전막인 박막 증착 방법.

청구항 11

전자 소자의 제조 방법에 있어서,

3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체를 마련하는 단계; 및

상기 기판 구조체 상에 청구항 1 내지 10 중 어느 한 항에 기재된 박막 증착 방법을 이용해서 물질막을 증착하는 단계를 포함하는 전자 소자의 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 전자 소자는 3차원 V-NAND 소자를 포함하는 전자 소자의 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 물질막은 도전막이고, 상기 도전막으로부터 게이트 전극을 한정하는 단계를 포함하는 전자 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 물질 증착 방법 및 이를 적용한 소자 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 3차원적 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법 및 이를 적용한 전자 소자의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 소자를 비롯한 다양한 전자 소자의 집적도가 지속적으로 높아지고 패턴이 미세화됨에 따라, 종래 방식에 따른 박막 증착 공정에 여러 가지 한계와 문제점들이 발생할 수 있다. 예를 들어, 메모리 소자의 고집적화에 따라 3차원 수직형 NAND(즉, V-NAND) 소자의 종횡비 및 적층 단수가 높아지고 있으며, 이와 동시에 티어(tier) 크기는 수직 방향으로 감소하고 있다. 이에 따라, 비아(via) 및 트렌치(trench)의 충전 공정, 즉, 패턴 충전 공정 시, 보이드(void) 및 심(seam)과 같은 결함(defect)이 형성되는 문제가 발생할 수 있다.

[0003] 특히, 3차원 V-NAND 소자(NAND 플래시 소자)에서 전극 물질로 사용되는 금속, 예를 들면, 텅스텐은 불균일한 증

착 거동으로 인해 플러그 내에 보이드(void) 또는 심(seam)이 형성됨으로써, 그에 따른 저항 증가 문제를 발생시킬 수 있다. 비아(via)나 트렌치(trench) 구조에 일반적인 박막 증착법으로 금속막을 증착하면, 다양한 영역들의 기하학적 형상이나 표면 에너지 차이에 의해 비아 또는 트렌치 구조의 입구 및 상단에 더 많은 증착이 일어나게 되고, 그 내부에는 보이드(void) 및 심(seam)이 형성되며, 이는 도전 면적의 감소로 전도도 감소 및 다양한 문제를 야기하게 된다. 또한, 원자층 증착 방식으로 금속막을 증착하는 경우, 보이드(void)나 심(seam) 내부에 가스가 잔류할 수 있고, 이러한 잔류 가스는 하부 구조, 예를 들면, 기판부를 손상시키거나 트랩된 불순물의 확산에 의한 다양한 문제를 초래할 수 있다.

[0004] 따라서, 종래의 박막 증착 방법의 한계를 극복하고, 3차원적 구조의 미세 패턴을 갖는 기판 구조체에 대하여 보이드(void)나 심(seam)과 같은 결함 발생을 효과적으로 억제하면서 아울러 우수한 박막 특성을 확보할 수 있는 박막 증착 기술의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 박막 증착 방법의 한계와 문제점을 극복하고, 3차원적 패턴 구조를 갖는 기판 구조체에 대하여 보이드(void)나 심(seam)과 같은 결함 발생을 효과적으로 억제하면서 아울러 증착 박막의 우수한 물성을 확보할 수 있는 박막 증착 방법을 제공하는데 있다.

[0006] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기한 박막 증착 방법을 적용한 전자 소자의 제조 방법을 제공하는데 있다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 수직 방향으로 형성된 개구 영역과 상기 개구 영역에 의해 노출된 두 개의 측면부 각각에 수평 방향으로 형성된 복수의 홀(hole)이 구비된 기판 구조체를 마련하는 단계; 상기 기판 구조체에 대하여 수직 방향 기체 확산도가 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 증착 환경에서 그 표면에 억제제(inhibitor)를 흡착시키는 공정을 수행함으로써, 상기 복수의 홀의 내부 보다 외부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도가 높아지도록 상기 억제제를 흡착시키는 단계; 및 상기 복수의 홀의 내부 및 외부에 대하여 주어진 물질막의 증착 공정을 수행하되, 상기 억제제의 흡착 밀도에 따라 증착 속도가 달라지도록 상기 물질막의 증착 공정을 수행하는 단계를 포함하는 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법이 제공된다.

[0009] 상기 홀의 입구부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도는 상기 홀의 바닥부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도 보다 높을 수 있다.

[0010] 상기 홀의 입구부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도는 상기 홀의 바닥부 및 그 주변부에서의 상기 억제제의 흡착 밀도 보다 약 3배 이상 높을 수 있다.

[0011] 상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 억제제 내지 상기 억제제의 이온종을 포함한 플라즈마(plasma)를 발생시키는 단계 및 상기 플라즈마를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 플라즈마는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가질 수 있다.

[0012] 상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 기판 구조체가 마련된 챔버의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가질 수 있다.

[0013] 상기 제 1 압력 조건에서 상기 챔버의 압력은 약 10^{-3} Torr 내지 1 atm 범위일 수 있다.

[0014] 상기 물질막의 증착 공정은 상기 제 1 압력 조건과 다른 제 2 압력 조건에서 수행할 수 있고, 상기 제 2 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력은 상기 제 1 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력 보다 낮을 수 있다.

[0015] 상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 기판 구조체가 마련된 챔버의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계, 상기 억제제 내지 상기 억제제의 이온종을 포함한 플라즈마를 발생시키는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에

서 상기 플라즈마를 상기 개구 영역으로 공급하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제 1 압력 조건에서 상기 플라즈마는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가질 수 있다.

[0016] 상기 물질막의 증착 공정은 ALD(atomic layer deposition) 공정으로 수행할 수 있다.

[0017] 상기 물질막은 도전막일 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 전자 소자의 제조 방법에 있어서, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체를 마련하는 단계; 및 상기 기판 구조체 상에 전술한 박막 증착 방법을 이용해서 물질막을 증착하는 단계를 포함하는 전자 소자의 제조 방법이 제공된다.

[0019] 상기 전자 소자는 3차원 V-NAND 소자를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 물질막은 도전막일 수 있다.

[0021] 상기 전자 소자의 제조 방법은 상기 도전막으로부터 게이트 전극을 한정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시예들에 따르면, 기판 구조체에 대하여 수직 방향 기체 확산도가 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 증착 환경에서 억제제(inhibitor)를 흡착시키는 공정을 수행한 후 그 위에 타겟 물질막을 증착함으로써, 종래의 박막 증착 방법의 한계와 문제점을 극복하고, 3차원적 패턴 구조를 갖는 기판 구조체에 대하여 보이드(void)나 심(seam)과 같은 결함 발생을 효과적으로 억제하면서 아울러 증착 박막의 우수한 물성을 확보할 수 있는 박막 증착 방법을 구현할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예들에 따른 박막 증착 방법은 다양한 전자 소자의 제조에 유용하게 적용될 수 있기 때문에, 이를 이용하면 고집적도 및 우수한 성능을 갖는 전자 소자의 제조가 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1a 내지 도 1d는 본 발명의 일 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법을 보여주는 단면도이다.

도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체 상에서의 박막 증착 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 4a 및 도 4b는 비교예에 따른 박막 증착 방법 및 그 문제점을 보여주는 단면도이다.

도 5는 비교예에 따라 증착된 금속막을 보여주는 SEM(scanning electron microscope) 사진 이미지이다.

도 6은 비교예에 따른 압력 조건에서 패턴 구조 내에서의 수직 및 수평 방향으로의 기체 확산도를 평가한 결과를 보여주는 시뮬레이션 결과이다.

도 7은 실시예에 따른 압력 조건에서 패턴 구조 내에서의 수직 및 수평 방향으로의 기체 확산도를 평가한 결과를 보여주는 시뮬레이션 결과이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 증착 방법을 적용한 전자 소자의 제조 방법을 예시적으로 설명하기 위한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 이하에서 설명할 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 명확하게 설명하기 위하여 제공되는 것이고, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있다.

[0027] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용되는 단수 형태의 용어는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태

를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이라는 용어는 언급한 형상, 단계, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 단계, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "연결"이라는 용어는 어떤 부재들이 직접적으로 연결된 것을 의미할 뿐만 아니라, 부재들 사이에 다른 부재가 더 개재되어 간접적으로 연결된 것까지 포함하는 개념이다.

[0028] 아울러, 본원 명세서에서 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다. 본 명세서에서 사용된 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 또한, 본원 명세서에서 사용되는 "약", "실질적으로" 등의 정도의 용어는 고유한 제조 및 물질 허용 오차를 감안하여, 그 수치나 정도의 범주 또는 이에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 제공된 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.

[0029] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 첨부된 도면에 도시된 영역이나 파트들의 사이즈나 두께는 명세서의 명확성 및 설명의 편의성을 위해 다소 과장되어 있을 수 있다. 상세한 설명 전체에 걸쳐 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0030] 도 1a 내지 도 1d는 본 발명의 일 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체(100) 상에서의 박막 증착 방법을 보여주는 단면도이다.

[0031] 도 1a를 참조하면, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체(100)를 마련할 수 있다. 기판 구조체(100)는 기판 및 상기 기판 상에 형성된 상기 3차원 패턴부를 가질 수 있다. 상기 기판은, 예를 들면 실리콘 단결정 기판일 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 기판은 다결정 또는 비정질 실리콘 기판 또는 층일 수 있고, Ⅳ족 원소 기반의 합금, Ⅱ-Ⅵ족 또는 Ⅲ-Ⅴ족 기판의 화합물반도체, 고분자 재료, 세라믹 재료 또는 이들 중 2 이상의 복합 재료일 수 있으며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다,

[0032] 기판 구조체(100)는 실질적으로 수직한 방향으로 형성된 개구 영역(H1)을 포함할 수 있다. 또한, 기판 구조체(100)는 개구 영역(H1)에 의해 노출된 2 개의 측면부(이하, 제 1 및 제 2 측면부)(S1, S2) 각각에 실질적으로 수평 방향으로 연장되어 형성된 복수의 홈들(groves)(H10)을 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 측면부(S1, S2) 각각에서 복수의 홈들(H10)은 수직한 방향으로 상호 이격하여 배치될 수 있다. 제 1 및 제 2 측면부(S1, S2)는 서로 마주하는 면일 수 있다. 제 1 측면부(S1)에 형성된 복수의 홈들(H10)은 제 2 측면부(S2)에 형성된 복수의 홀들(H10)과 동일 높이에서 각각 대응되도록 배치될 수 있다. 이러한 기판 구조체(100)는 전술한 3차원적 패턴 구조를 갖는다고 할 수 있다.

[0033] 일 실시예에서, 소정의 기판, 예를 들면 반도체 기판 상에 제 1 절연층과 상기 제1 절연층과 다른 재료를 포함하는 제 2 절연층을 교대로 반복해서 적층한 적층체를 형성한 후, 상기 적층체에 개구 영역(H1)을 형성하고, 상기 개구 영역(H1)의 양측에 노출된 상기 제 2 절연층 부분을 선택적으로 식각하여 복수의 홈들(H10)을 형성함으로써, 기판 구조체(100)를 형성할 수 있다. 그러나, 기판 구조체(100)의 형성 방법은 다양하게 변화될 수 있다.

[0034] 개구 영역(H1)은, 위에서 볼 때, 사각형의 패턴 형상이나 그와 유사한 형상을 가질 수 있다. 따라서, 개구 영역(H1)은 도면상 Y축 방향으로 연장된 트렌치를정의하기 위한 형태를 가질 수 있다. 홀들(H10)은 각형의 홀이거나 원형의 홀일 수 있다. 홈들(H10)이 각형의 홀인 경우, 홈들(H10)은 도면상 Y축 방향으로 연장된 형태를 가질 수 있다. 홈들(H10)은 일종의 트렌치(trench)일 수 있고, 경우에 따라, 비아(via) 구조를 가질 수도 있다. 본 명세서에서 '홈들(grooves)'은 다양한 형태 및 구조를 가질 수 있는 것으로 이해될 수 있다.

[0035] 도 1b를 참조하면, 기판 구조체(100)의 표면에 억제제(inhibitor)(200)를 흡착시키는 공정을 수행할 수 있다. 여기서, 상기 억제제(200)는 '반응 억제제(reaction inhibitor)'라고 할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 기판 구조체(100)에 대하여 수직 방향 기체 확산도(vertical direction gas diffusivity)가 수평 방향 기체 확산도(horizontal direction gas diffusivity) 보다 큰 증착 환경에서 그 표면에 억제제(200)를 흡착시키는 공정을 수행함으로써, 복수의 홀들(H10)의 내부 보다 외부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도가 더 높아지도록 상기 억제제(200)를 차등적으로 흡착시킬 수 있다. 여기서, 상기 수직 방향 기체 확산도가 상기 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 상기 증착 환경을 조성하는 방법에 대해서는, 추후에 도 2a 및 도 3a 등을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0036] 억제제(200)는 홈들(H10)의 내부 보다 외부에서의 흡착 밀도가 높아지도록 흡착될 수 있다. 이 경우, 홈들(H10)의 내부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도(평균 밀도)는 홈들(H10)의 외부, 즉, 홈들(H10) 외부의 제 1 및 제 2

측면부(S1, S2)에서의 억제제(200)의 흡착 밀도(평균 밀도)보다 낮을 수 있다. 홈들(H10)의 입구부 및 상기 입구부 주변부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도는 홈들(H10)의 바닥부 및 상기 바닥부의 주변부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도 보다 높을 수 있다. 예를 들어, 홈들(H10)의 입구부 및 상기 입구부 주변부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도는 홈들(H10)의 바닥부 및 상기 바닥부의 주변부에서의 억제제(200)의 흡착 밀도 보다 약 3배 이상 또는 약 5배 이상 높을 수 있다. 여기서, 홈들(H10)의 '입구부'는 홈들(H10)의 입구측 단부에서 홈들(H10)의 깊이 방향으로 약 10% 내지 약 30% 정도까지에 해당하는 부분을 의미할 수 있다. 이와 같이, 홈들(H10)의 입구부의 표면에 홈들(H10)의 바닥부 및 상기 바닥부의 주변부 보다 억제제(200)가 상대적으로 높은 밀도로 흡착되고, 홈들(H10)의 바닥부에는 억제제(200)가 거의 흡착되지 않거나 상당히 낮은 밀도로 흡착될 수 있다. 경우에 따라서는, 홈들(H10)의 입구부 및 상기 입구부의 주변부에서 홈들(H10)의 바닥부로 갈수록 억제제(200)의 흡착 밀도가 순차적으로 감소할 수도 있다.

[0037] 기판 구조체(100)의 표면에 억제제(200)를 흡착시키는 공정은 기판 구조체(100)가 마련된 챔버(미도시) 내에 억제제(200) 또는 억제제(200)의 소스를 포함하는 기상 물질을 공급하는 단계 및 상기 챔버를 퍼지(purge)하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 기상 물질은 개구 영역(H1)의 상부로부터 개구 영역(H1)을 통해 3 차원 표면의 깊이 방향, 또는 아래쪽 방향으로 공급될 수 있다. 상기 퍼지를 위한 퍼지 가스 또한 개구 영역(H1)의 상부로부터 개구 영역(H1)을 통해 아래쪽 방향으로 공급될 수 있다. 기판 구조체(100)의 표면(일부 표면)에 억제제(200)는 단분자층으로 형성(흡착)되거나 대체로 단분자층으로 형성(흡착)될 수 있다. 그러나, 경우에 따라, 상기 퍼지 단계는 수행하지 않을 수도 있다.

[0038] 억제제(200)는, 예를 들어, 리간드에 C, H 및 C-H 화합물 중 어느 하나를 포함할 수 있으며, 다양한 공지의 물질이 참조될 수 있다. 그러나, 이러한 억제제(200)의 물질은 예시적인 것에 불과하고, 경우에 따라, 다양하게 변화될 수 있다. 종래의 ALD(atomic layer deposition) 공정에 사용되는 억제제 물질로서 공지된 물질은 본 발명의 실시예에 적용 가능할 수 있다. 이들 억제제(200)는 피착 표면에서 후속하여 도달하는 기상 전구체와의 반응에서 표면 흡착을 위한 활성화 에너지를 증가시키거나 억제제(200)의 분자 구조를 통해 기상 전구체가 피착 표면에 증착되는 것을 방해하는 입체적 장해(steric hindrance)를 제공하는 것으로서, 억제제(200)는 일종의 표면 보호제(surface protector), 표면 처리제(surface treatment agent) 또는 표면 개질 물질(surface modifier)이라고 지칭할 수 있으며, 이에 관하여는 본 출원인의 특허 등 공지 기술이 참조될 수 있다.

[0039] 도 1c 및 도 1d를 참조하면, 복수의 홀(H10)의 내부 및 외부에 대하여 소정의 주어진 물질막(300', 300)을 증착하는 공정을 수행할 수 있다. 도 1c의 300'는 갭필(gap fill)이 완전이 이루어지지 않은 중간 단계에서의 증착 중인 물질막을 모식적으로 나타내고, 도 1d의 300은 갭필(gap fill) 공정이 실질적으로 완료된 상태에서의 물질막을 나타낸다. 따라서, 300은 300'를 포함한다고 할 수 있다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따르면, 억제제(도 1b의 200)의 흡착 밀도에 따라서 물질막(300)의 증착 속도가 영역에 따라 달라질 수 있다. 억제제(200)의 흡착 밀도가 높은 표면 영역에서는 물질막(300)의 증착 속도가 상대적으로 작을 수 있고, 억제제(200)의 흡착 밀도가 낮은 표면 영역에서는 물질막(300)의 증착 속도가 상대적으로 클 수 있다. 따라서, 홈들(H10)의 외부 보다 내부 영역에서 물질막(300)의 증착 속도가 빠를 수 있다. 또한, 홈들(H10)의 입구부 및 상기 입구부의 주변부 보다 홈들(H10)의 바닥부 및 상기 바닥부의 주변부에서 물질막(300)의 증착 속도가 빠를 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면, 홈들(H10)의 입구부에서의 증착 물질의 오버행(overhang) 현상 등이 방지될 수 있고, 대체로, 홈들(H10)의 입구부부터 내부 영역가지 증착 막의 컨포멀(conformal)한 증착 특성이 유지될 수 있으며, 그에 따라 갭필(gap fill) 특성이 향상될 수 있고, 보이드(void)나 심(seam)과 같은 결함(defect)의 발생이 방지될 수 있다.

[0041] 물질막(300)의 증착 공정은 ALD(atomic layer deposition) 공정으로 수행할 수 있다. 이 경우, 물질막(300)의 증착 공정은 기판 구조체(100)가 제공된 챔버 내에 전구체(precursor)를 포함하는 전구체 가스를 공급하는 제 1 공급 단계, 상기 챔버를 퍼지하는 제 1 퍼지 단계, 상기 챔버 내에 반응물(reactant) 가스를 공급하는 제 2 공급 단계 및 상기 챔버를 퍼지하는 제 2 퍼지 단계를 포함할 수 있다. 상기 제 1 공급 단계, 상기 제 1 퍼지 단계, 상기 제 2 공급 단계 및 상기 제 2 퍼지 단계는 하나의 ALD 사이클을 구성할 수 있으며, 상기 ALD 사이클은 반복적으로 수행될 수 있다.

[0042] 물질막(300)은 도전막일 수 있다. 이 경우, 물질막(300)은 금속이나 금속 화합물로 구성되거나, 금속 및 금속 화합물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 물질막(300)은 금속막일 수 있다. 비제한적인 예로서, 물질막(300)은 텅스텐으로 구성되거나 텅스텐을 포함할 수 있다. 물질막(300)은 금속막일 경우, 상기 전구체는 금속 전구체일 수 있다. 상기 금속 전구체는 소정의 금속 원자 및 상기 금속 원자와 결합된 C, F 또는 Cl 등을

포함할 수 있다. 한편, 상기 반응물 가스는, 예컨대, H_2 또는 NH_3 등을 포함할 수 있다. 그러나, 상기 전구체 및 상기 반응물 가스의 구체적인 물질은 다양하게 채용될 수 있다.

[0043] 물질막(300)을 증착하는 단계(즉, 도 1c 및 도 1d)에서 억제제(도 1b의 200)의 일부 또는 전부가 기판 구조체(100)로부터 제거될 수 있다. 억제제(200)는 물질막(300)의 증착 초기에는 우수한 반응 억제 기능을 가질 수 있지만, 물질막(300)의 증착을 위한 증착 사이클(즉, ALD 사이클)이 증가함에 따라, 억제제(200)의 적어도 일부가 점차 기판 구조체(100)로부터 제거될 수 있고, 억제제(200)에 의한 반응 억제 특성은 점차로 감소될 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 억제제(200)가 주로 홀(H10)의 입구부 및 홀(H10)의 외부 영역에 흡착될 수 있기 때문에, 물질막(300)을 증착하는 과정에서 억제제(200)의 일부(상당부) 또는 전부가 기판 구조체(100)로부터 용이하게 제거될 수 있다. 따라서, 억제제(200)의 잔류에 의한 물질막(300)의 특성 열화 등의 문제가 방지 또는 최소화될 수 있다. 물질막(300)의 증착을 위한 증착 사이클(즉, ALD 사이클)이 증가함에 따라, 억제제(200)에 의한 반응 억제 특성이 점차로 감소하더라도, 오버행(overhang) 등의 문제가 방지되었기 때문에, 물질막(300)의 증착 완료시까지 우수한 갭필(gap fill) 특성이 확보될 수 있다.

[0044] 본 발명의 실시예에 따른 박막 증착 공정은 일종의 ASD(area selective deposition) 공정이거나 이와 유사한 공정이라고 할 수 있다. 억제제(200)를 특정 영역에만 선택적으로 흡착시키거나 소정 영역에 밀도 차이를 가지고 흡착되게 함으로써, 영역에 따라 물질막(300)의 증착 속도를 제어할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 박막 증착 공정에서 억제제(200)를 흡착시키는 단계와 물질막(300)을 증착하는 단계는 하나의 챔버(반응 챔버) 내에서 인-시츄(in-situ) 공정으로 수행할 수 있다. 이 경우, 공정 진행이 용이하다는 이점이 있다. 그러나, 경우에 따라서는, 억제제(200)를 흡착시키는 단계와 물질막(300)을 증착하는 단계를 별도의 챔버에서 수행할 수도 있다.

[0045] 이하에서는, 도 2a 및 도 2b 그리고 도 3a 및 도 3b를 참조하여, 도 1b에서와 같이 억제제(200)를 형성하는 방법에 대해 보다 구체적으로 설명한다.

[0046] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체(100) 상에서의 박막 증착 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 도 2a 및 도 2b는 도 1b에서 기판 구조체(100)에 억제제(200)를 형성하는 방법(제 1 방법)을 구체적으로 보여준다.

[0047] 도 2a를 참조하면, 본 실시예에서 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 억제제 또는 상기 억제제의 이온종(ionic species)을 포함한 플라즈마(plasma)(P10)를 발생시키는 단계 및 상기 이온종을 개구 영역(H1)으로 공급하는 단계를 포함할 수 있다. 플라즈마(P10)는 교류 또는 직류 전원, 유도코일 플라즈마와 같은 고밀도 플라즈마 소스에 의해 생성될 수 있으며, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 이온종은 굵은 화살표로 나타낸 것과 같이 개구 영역(H1)의 상부로부터 개구 영역(H1)을 통해 아래쪽으로 공급될 수 있다. 상기 이온종은 플라즈마(P10)와 기판 구조체(100) 사이의 전계에 의해 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가지며, 수평 방향 보다 수직 방향으로 직진성을 가지고 확산될 수 있다. 상기 이온화된 대부분의 억제제들은 개구 영역(H1)의 상부에서 하부로 대부분 이동하고, 작은 화살표를 따라 측방으로 일부의 억제제들이 확산될 수 있다. 이러한 억제제의 전달 방식을 본 명세서에서는 비등방적 전달이라고 하며, 상기 비등방적 전달은 플라즈마(G10)와 기판 구조체(100) 사이의 전계에 의한 억제제의 이온종의 전계에 의한 드리프트를 농도에 의한 확산 거동보다 우세하게 이용하는 것에 특징이 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 플라즈마를 이용해 억제제의 이온종을 생성하여, 개구 영역(H1) 내부로 확산되는 억제제의 가스 종들의 플러스를 제어함으로써, 홀(H10)의 내부와 외부에서 상기 억제제의 흡착 밀도가 영역별로 조절될 수 있다. 이에 관한여는, 도 2b를 통해 더욱 구체적으로 설명된다.

[0048] 도 2b는 도 2a의 공정에 의해 형성된 억제제(201)를 보여준다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 홀(H10)의 입구부 및 그 주변부에서의 억제제(201)의 흡착 밀도는 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(201)의 흡착 밀도 보다 높을 수 있다. 일부 실시예에서, 홀(H10)의 입구부 및 그 주변부에서의 억제제(201)의 흡착 밀도는 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(201)의 흡착 밀도 보다 약 3배 이상 또는 약 5배 이상 높을 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 홀(H10)의 입구부 및 홀(H10)의 외부, 즉, 홀(H10) 외부의 제 1 및 제 2 측면부(S1, S2)에서의 억제제(201)의 흡착 밀도를 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(201)의 흡착 밀도 보다 상당히 증가시킬 수 있으며, 홀(H10)의 바닥부에는 억제제(201)가 거의 흡착되지 않도록 하거나 상당히 낮은 밀도로 흡착되게 할 수 있다.

[0049] 본 실시예에서 플라즈마(P10)를 발생시키기 위한 전력은, 비제한적 예로서 0 W 보다는 크고 100 KW 범위 내일 수 있다. 이러한 전력 조건에서, 플라즈마(P10) 내에서, 억제제의 이온종이 안정적으로 발생되어 기판 구조체(100) 상으로 억제제(201)의 비등방적 흡착 공정을 우세하게 수행할 수 있다. 또한, 플라즈마(P10)의 발생 및

효율 증대를 위해 소정의 비활성 가스를 더 사용할 수 있다. 상기 비활성 가스는, 예를 들어, Ar 가스, N_2 가스 등일 수 있다. 따라서, Ar 가스 및/또는 N_2 가스 등이 이온화되어 플라즈마(P10)에 포함될 수 있다.

[0050] 또한, 본 실시예에서 기판 구조체(100)가 마련된 챔버(미도시)의 압력은 약 10^{-3} Torr 보다 낮을 수 있다. 일 실시예에서, 기판 구조체(100)가 제공된 상기 챔버의 압력을 약 10^{-3} Torr 이하의 압력(즉, 저압, 고진공)으로 유지한 상태에서, 억제제(기한 플라즈마(P10)의 발생 및 공급 단계를 수행할 수 있다. 비제한적 예로서, 기판 구조체(100)가 마련된 상기 챔버의 압력은 10^{-12} Torr의 고진공부터 10^{-3} Torr의 범위 내일 수 있다.

[0051] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 것으로, 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체(100) 상에서의 박막 증착 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 도 3a 및 도 3b는 도 1b에서 기판 구조체(100)에 억제제(200)를 형성하는 방법(제 2 방법)을 구체적으로 보여준다.

[0052] 도 3a를 참조하면, 본 실시예에서 상기 억제제를 흡착시키는 단계는 기판 구조체(100)가 제공된 챔버(미도시)의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스(G10)를 개구 영역(H1)으로 공급하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 억제제를 포함한 가스(G10)는 개구 영역(H1)의 상부로부터 개구 영역(H1)을 통해 아래쪽으로 공급될 수 있다. 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스(G10)는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가질 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 제 1 압력 조건에서 상기 억제제를 포함한 가스(G10)는 수평 방향으로 확산(즉, flow)되기 보다 수직 방향으로 확산(즉, flow)되는 특성을 가질 수 있다. 상기 억제제를 포함한 가스(G10)가 수평 방향 보다 수직 방향으로 플로우하는 특성은 일종의 '점성 유동(viscous flow)'이라고 할 수 있다. 따라서, 상기 제 1 압력 조건을 이용하면, 홀(H10)의 내부와 외부에서 상기 억제제의 흡착 밀도가 크게 달라질 수 있다.

[0053] 상기 제 1 압력 조건에서 상기 챔버의 압력은 약 10^{-3} Torr 내지 1 atm 정도의 범위일 수 있다. 여기서, 1 atm은 상압으로서 760 Torr에 해당할 수 있다. 상기 챔버의 압력이 약 10^{-3} Torr (중진공) 내지 1 atm (저진공) 정도인 경우, 상기 억제제를 포함한 가스(G10)의 플로우(flow) 특성이 적절히 제어될 수 있고, 결과적으로, 가스(G10)의 수평 방향으로의 확산성은 감소하고 수직 방향(상하 방향)으로의 확산성은 크게 증가할 수 있다. 따라서, 상기 챔버의 압력 조건을 적절히 제어함으로써, 가스(G10)의 흐름 특성을 제어할 수 있다.

[0054] 도 3b는 도 3a의 공정에 의해 형성된 억제제(202)를 보여준다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 홀(H10)의 입구부 및 그 주변부에서의 억제제(202)의 흡착 밀도는 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(202)의 흡착 밀도 보다 높을 수 있다. 일 실시예에서, 홀(H10)의 입구부 및 그 주변부에서의 억제제(202)의 흡착 밀도는 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(202)의 흡착 밀도 보다 약 3배 이상 또는 약 5배 이상 높을 수 있다. 홀(H10)의 입구부 및 홀(H10)의 외부, 즉, 홀(H10) 외부의 제 1 및 제 2 측면부(S1, S2)에서의 억제제(202)의 흡착 밀도는 홀(H10)의 바닥부 및 그 주변부에서의 억제제(202)의 흡착 밀도 보다 상당히 높을 수 있다. 홀(H10)의 바닥부에는 억제제(202)가 거의 흡착되지 않거나 상당히 낮은 밀도로 흡착될 수 있다.

[0055] 부가적으로, 도 3b의 구조에 대하여, 도 1c 및 도 1d에서 설명한 바와 같은 물질막(300)의 증착 공정을 수행할 수 있는데, 이 경우, 상기 물질막(300)의 증착 공정은 상기 제 1 압력 조건과 다른 제 2 압력 조건에서 수행할 수 있다. 상기 제 2 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력은 상기 제 1 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력 보다 낮을 수 있다. 상기 제 2 압력 조건에서의 상기 챔버의 압력은 약 10^{-3} Torr 보다 낮을 수 있다. 기판 구조체(100)가 마련된 상기 챔버의 압력을 약 10^{-3} Torr 보다 낮은 압력(즉, 저압, 고진공)으로 유지한 상태에서, 상기 물질막(300)의 증착 공정을 수행할 수 있다.

[0056] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 도 2a에서 설명한 플라즈마의 직진성을 이용하는 방법과 도 3a에서 설명한 압력 제어를 통해 가스(억제제 가스)의 플로우를 조절하는 방법을 함께 이용할 수도 있다. 이 경우, 본 발명의 실시예에서 상기 억제제를 흡착시키는 단계는 상기 기판 구조체(즉, 100)가 마련된 챔버의 압력 조건을 제 1 압력 조건으로 설정하는 단계, 상기 억제제 내지 상기 억제제의 이온종을 포함한 플라즈마를 발생시키는 단계 및 상기 제 1 압력 조건에서 상기 플라즈마를 상기 개구 영역(즉, H1)으로 공급하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 플라즈마는 도 2a에서 설명한 플라즈마(P10)와 동일하거나 유사할 수 있다. 또한, 상기 제 1 압력 조건은 도 3a에서 설명한 제 1 압력 조건과 동일하거나 유사할 수 있다. 상기 제 1 압력 조건에서 상기 플라즈마는 수평 방향 보다 수직 방향으로 큰 확산도를 가질 수 있다. 상기 플라즈마의 직진성 및 압력 제어를 통해 가스(억제제 가스)의 플로우를 조절하는 방법을 모두 이용할 경우, 도 1b에서 설명한 바와 같은 억제제(200)를 더욱 용

이하게 형성(흡착)시킬 수 있다.

[0057] 도 4a 및 도 4b는 비교예에 따른 박막 증착 방법 및 그 문제점을 보여주는 단면도이다.

[0058] 도 4a를 참조하면, 기판 구조체(100)에 종래의 방식으로 억제제(250)를 영역별 구별없이 균일 흡착시킬 수 있다. 예를 들면, 억제제(250)의 흡착은 통상의 ALD(atomic layer deposition) 공정 또는 SAM(self-assembled monolayer) 형성 공정과 같은 별도의 공정을 통해 수행할 수 있다. 이 경우, 억제제(250)는 홀(H10)의 내부 및 외부에 동일한 수준의 밀도로 흡착될 수 있다. 따라서, 이와 같이 균일하게 형성된 억제제(250)에 의해서는, 이론상 억제제(250)에 의한 ASD(area selective deposition) 공정 구현이 불가할 수 있다.

[0059] 도 4b는 도 4a의 기판 구조체(100)에 물질막(350)을 증착시킨 경우를 보여준다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 물질막(350)의 증착시 홀(H10)의 내부 및 외부에서의 증착 속도를 제어하기 어려울 수 있고, 홀(H10)의 입구부에서의 오버행(overhang) 등의 문제로 인해 물질막(350) 내에 보이드(void)나 심(seam) 등의 결함이 발생할 수 있다. 여기서, 물질막(350)은 예를 들면, 게이트 전극으로 응용되는 금속막일 수 있다.

[0060] 도 5는 비교예에 따라 증착된 금속막을 보여주는 SEM(scanning electron microscope) 사진 이미지이다. 도 5를 참조하면, 도 4b에서 설명한 바와 같은 보이드가 관찰된다.

[0061] 도 6은 비교예에 따른 압력 조건에서 패턴 구조 내에서의 수직 및 수평 방향으로의 기체 확산도를 평가한 결과를 보여주는 시뮬레이션 결과이다. 상기 비교예에 따른 압력 조건은 일반적인 증착 압력(deposition pressure)에 해당하는 저압(low pressure) 및 고진공 조건일 수 있다.

[0062] 도 6을 참조하면, 상기 비교예에 따른 압력 조건에서 기체는 수직 방향(상하 방향) 보다 수평 방향(좌우 방향)으로 더 잘 확산되는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 상기 기체는 '분자 플로우(molecular flow)'에 따라 거동한다고 할 수 있다. 3차원 구조를 갖는 패턴 구조 내에서 수직 방향 보다 수평 방향으로 더 잘 확산되므로, 홀과 같은 패턴의 내부 및 외부에서 물질(즉, 억제제)의 흡착 밀도 차이를 발생시키기가 어려울 수 있다.

[0063] 도 7은 실시예에 따른 압력 조건에서 패턴 구조 내에서의 수직 및 수평 방향으로의 기체 확산도를 평가한 결과를 보여주는 시뮬레이션 결과이다. 상기 실시예에 따른 압력 조건은 도 3a에서 설명한 제 1 압력 조건에 해당할 수 있다. 상기 실시예에 따른 압력 조건에서 챔버의 압력은 약 10^{-3} Torr 내지 1 atm 일 수 있다.

[0064] 도 7을 참조하면, 상기 실시예에 따른 압력 조건에서 기체는 기체는 수평 방향(좌우 방향) 보다 수직 방향(상하 방향)으로 더 잘 확산되는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 상기 기체는 '점성 유동(viscous flow)'에 따라 거동한다고 할 수 있다. 3차원 구조를 갖는 패턴 구조 내에서 수평 방향 보다 수직 방향으로 더 잘 확산되므로, 도 3a 및 도 3b에 도시된 것과 같이, 홀과 같은 패턴의 내부 및 외부에서 물질(즉, 억제제)의 흡착 밀도 차이를 용이하게 발생시킬 수 있다.

[0065] 도 6 및 도 7의 시뮬레이션 결과를 통해, 압력 조건의 변화에 의해 기체의 플로우 특성을 변화시킬 수 있고, 이러한 공정 조건의 변화를 통해 억제제의 흡착 거동을 변화시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[0066] 도 1a 내지 도 3b 등을 참조하여 설명한 실시예들에 따른 박막 증착 방법은 다양한 전자 소자의 제조 방법에 유용하게 적용될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 전자 소자의 제조 방법은 3차원 패턴부를 갖는 기판 구조체를 마련하는 단계 및 상기 기판 구조체 상에 전술한 실시예에 따른 박막 증착 방법을 이용해서 물질막을 증착하는 단계를 포함할 수 있다. 특히, 상기한 박막 증착 방법은 3차원적 패턴 구조를 이용하는 3차원 V-NAND 소자의 제조시 유용하게 활용될 수 있다.

[0067] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 증착 방법을 적용한 전자 소자의 제조 방법을 예시적으로 설명하기 위한 단면도이다. 여기서, 상기 전자 소자는 3차원 V-NAND 소자일 수 있다.

[0068] 도 8a를 참조하면, 도 1d와 같은 구조체를 제조한 후, 물질막(300)의 일부 두께를 식각하여 제거할 수 있다. 복수의 홀(H10) 외부에 존재하는 물질막(300) 부분을 제거하여, 복수의 홀(H10) 내부에만 패턴화된 물질막(300a, 300b)을 잔류시킬 수 있다. 여기서, 패턴화된 물질막(300a, 300b)은 도전막일 수 있다. 제 1 측면부(S1) 측의 복수의 홀(H10) 내에 배치된 패턴화된 물질막(300a)은 제 1 게이트 전극(300a)일 수 있고, 제 2 측면부(S2) 측의 복수의 홀(H10) 내에 배치된 패턴화된 물질막(300b)은 제 2 게이트 전극(300a)일 수 있다. 제 1 및 제 2 게이트 전극(300a, 300b)은 물질막(300)으로부터 한정(형성)된 것이라 할 수 있다.

[0069] 도 8b를 참조하면, 개구 영역(H1) 내에 게이트 절연층(40), 전하 저장층(50), 터널 절연층(60) 및 채널층(70)을 형성할 수 있다. 제 1 게이트 전극(300a) 측으로부터 게이트 절연층(40), 전하 저장층(50), 터널 절연층(60) 및

채널층(70)이 순차로 배치될 수 있다. 이와 유사하게, 제 2 게이트 전극(300a) 측으로부터 게이트 절연층(40), 전하 저장층(50), 터널 절연층(60) 및 채널층(70)이 순차로 배치될 수 있다.

[0070] 그러나, 도 8b에 도시된 바와 같은 전자 소자(3차원 V-NAND 소자)의 구조는 예시적인 것에 불과하고, 경우에 따라, 다양하게 변화될 수 있다.

[0071] 이상에서 설명한 발명의 실시예들에 따르면, 기판 구조체에 대하여 수직 방향 기체 확산도가 수평 방향 기체 확산도 보다 큰 증착 환경에서 억제제(inhibitor)를 흡착시키는 공정을 수행한 후 그 위에 타겟 물질막을 증착함으로써, 종래의 박막 증착 방법의 한계와 문제점을 극복하고, 3차원적 패턴 구조를 갖는 기판 구조체에 대하여 보이드(void)나 심(seam)과 같은 결함 발생을 효과적으로 억제하면서 아울러 증착 박막의 우수한 물성을 확보할 수 있는 박막 증착 방법을 구현할 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따른 박막 증착 방법은 다양한 전자 소자의 제조에 유용하게 적용될 수 있기 때문에, 이를 이용하면 고집적도 및 우수한 성능을 갖는 전자 소자의 제조가 가능할 수 있다.

[0072] 본 명세서에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 도 1a 내지 도 3b, 도 8a 및 도 8b를 참조하여 설명한 박막 증착 방법 및 이를 적용한 전자 소자의 제조 방법이, 본 발명의 기술적 사상이 벗어나지 않는 범위 내에서, 다양하게 치환, 변경 및 변형될 수 있음을 알 수 있을 것이다. 때문에 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정하여져야 한다.

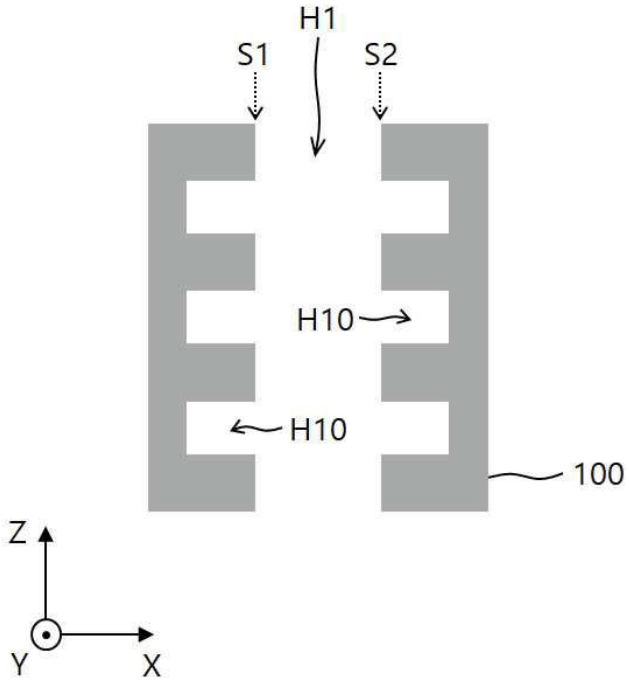
부호의 설명

[0073] * 도면의 주요 부분에 대한 부호설명 *

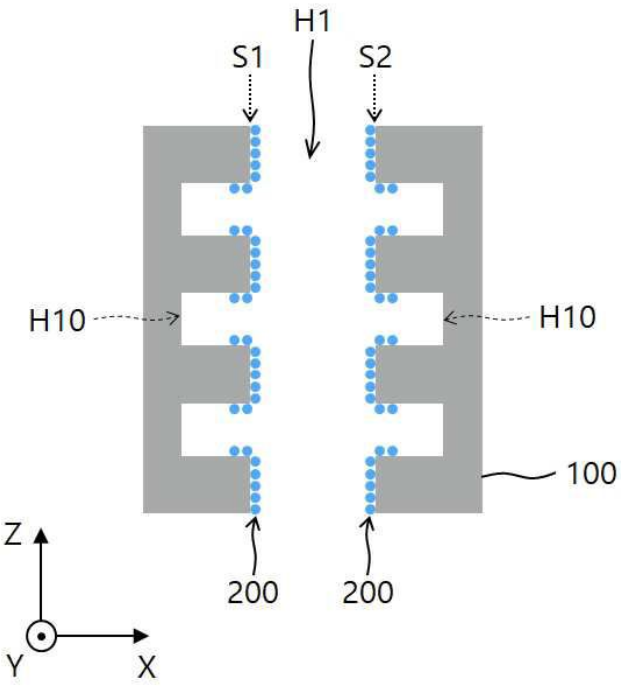
40 : 게이트 절연층	50 : 전하 저장층
60 : 터널 절연층	70 : 채널층
100 : 기판 구조체	200~202 : 억제제
300', 300 : 물질막	300a : 제 1 게이트 전극
300b : 제 2 게이트 전극	G10 : 가스
H1 : 개구 영역	H10 : 홀
P10 : 플라즈마	S1, S2 : 측면부

도면

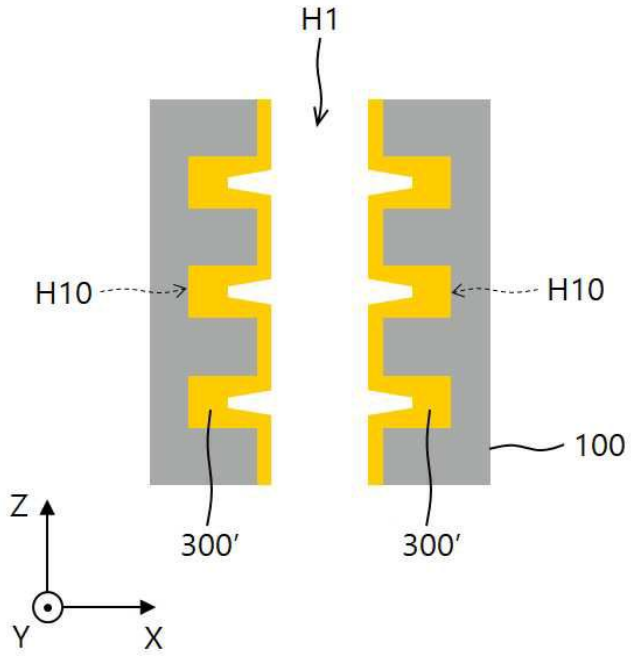
도면1a



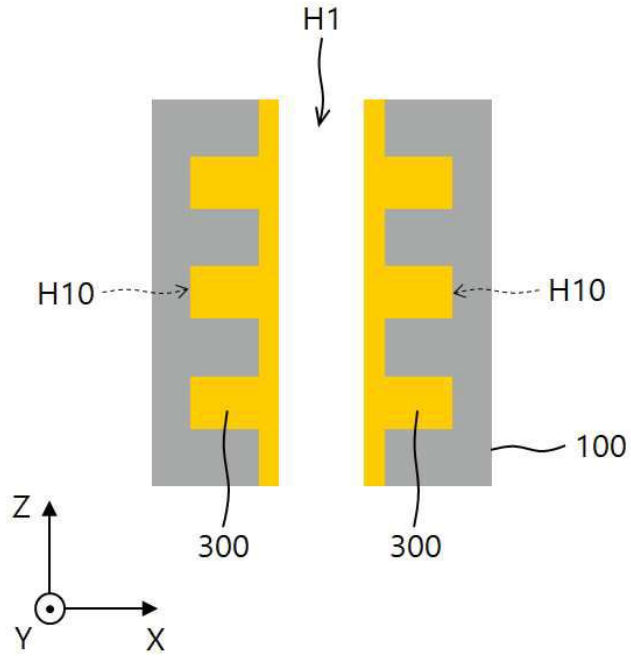
도면1b



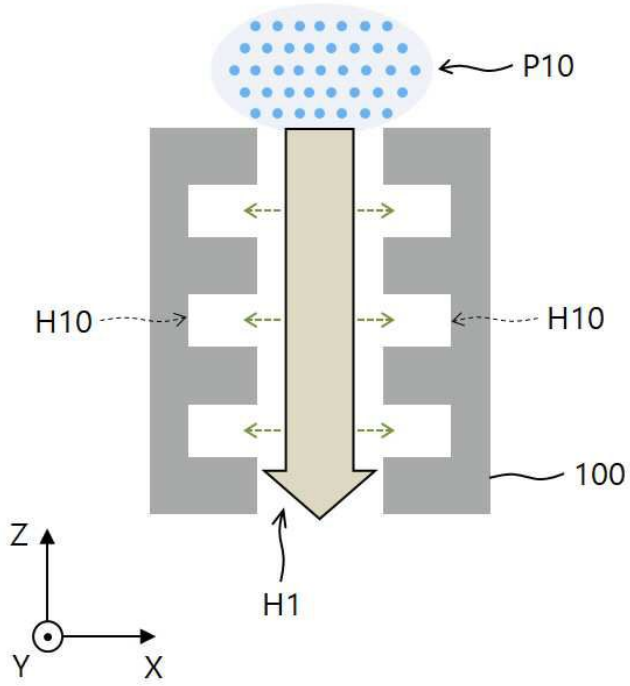
도면1c



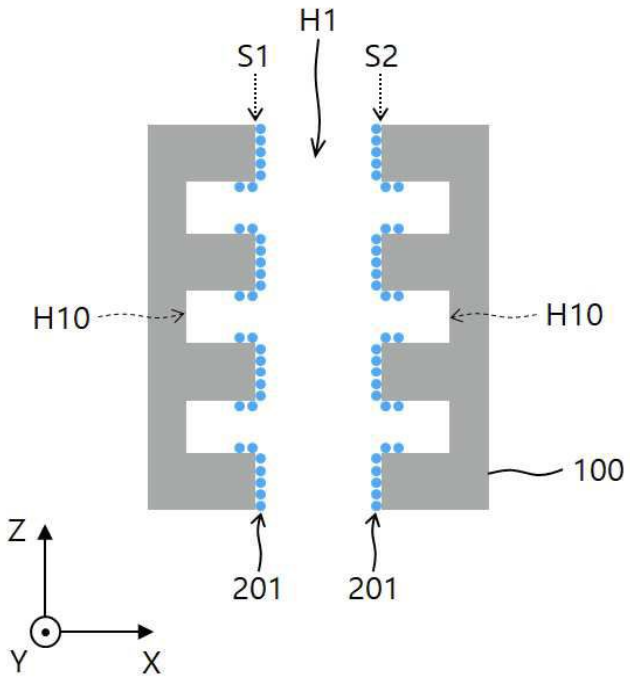
도면1d



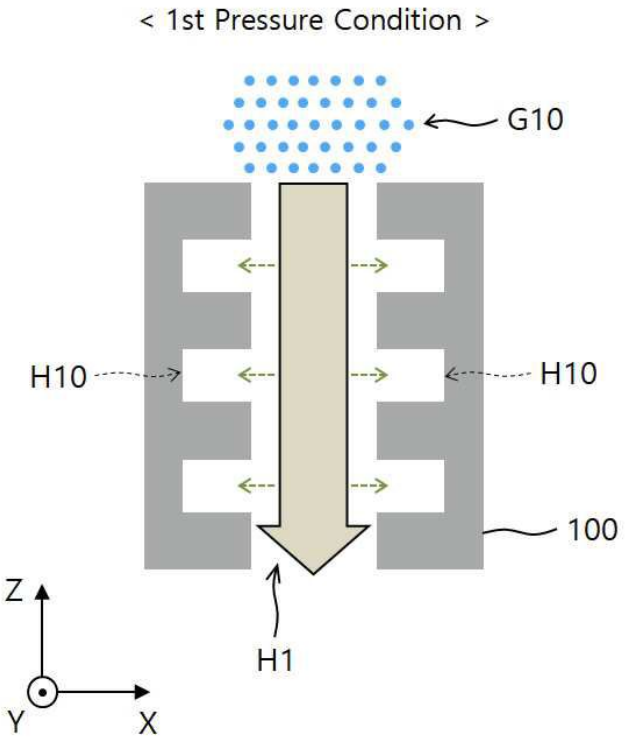
도면2a



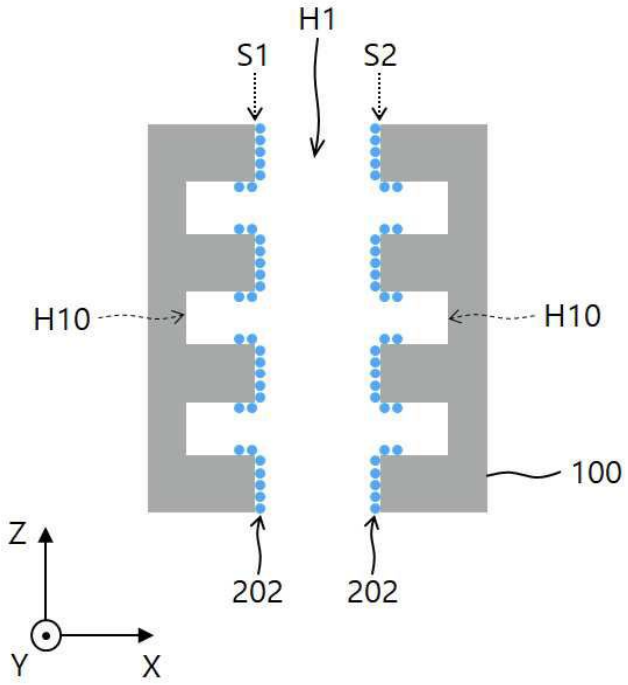
도면2b



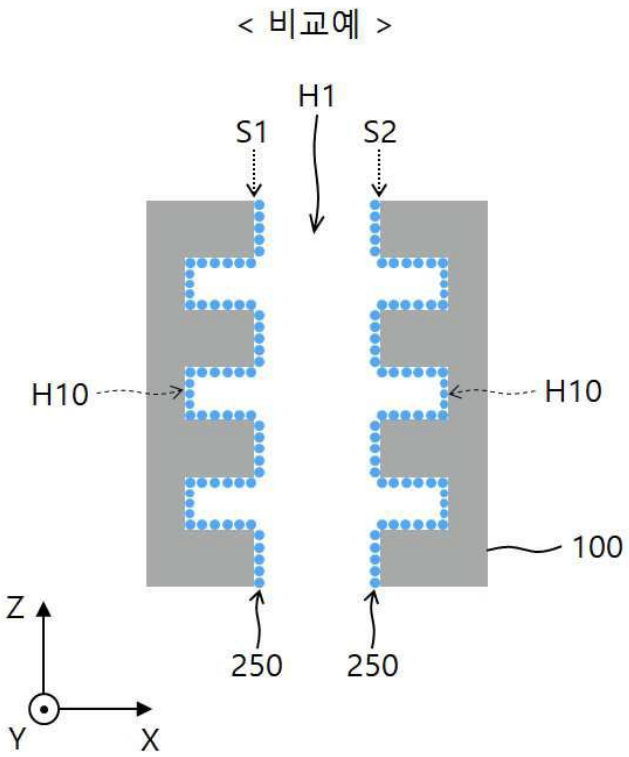
도면3a


< 1st Pressure Condition >
G10
H10
H10
100
H1
Z
Y
X

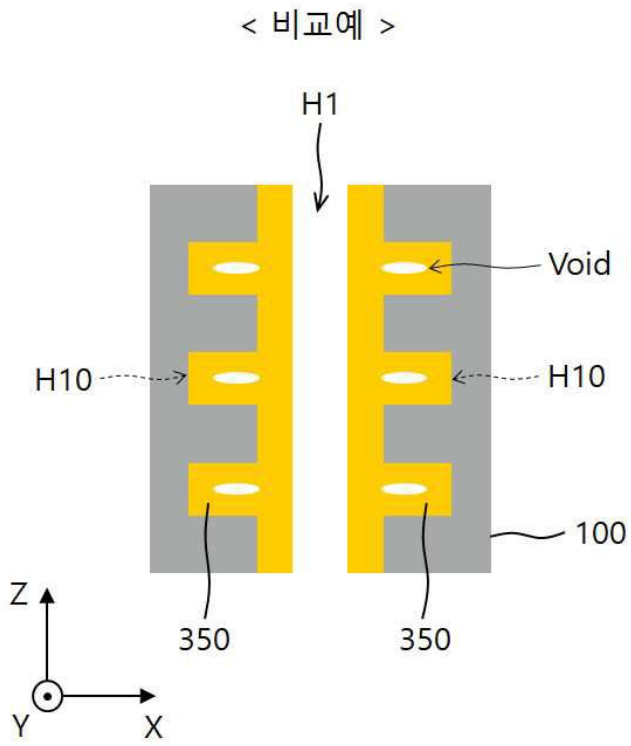
도면3b


H1
S1
S2
H10
H10
100
202
202
Z
Y
X

도면4a

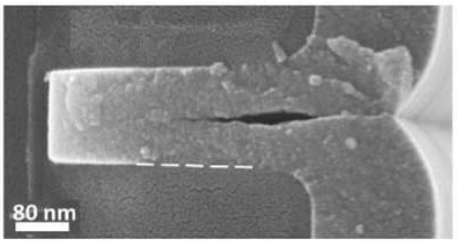

< 비교예 >
H1
S1
S2
H10
H10
100
250
250
Z
Y
X

도면4b

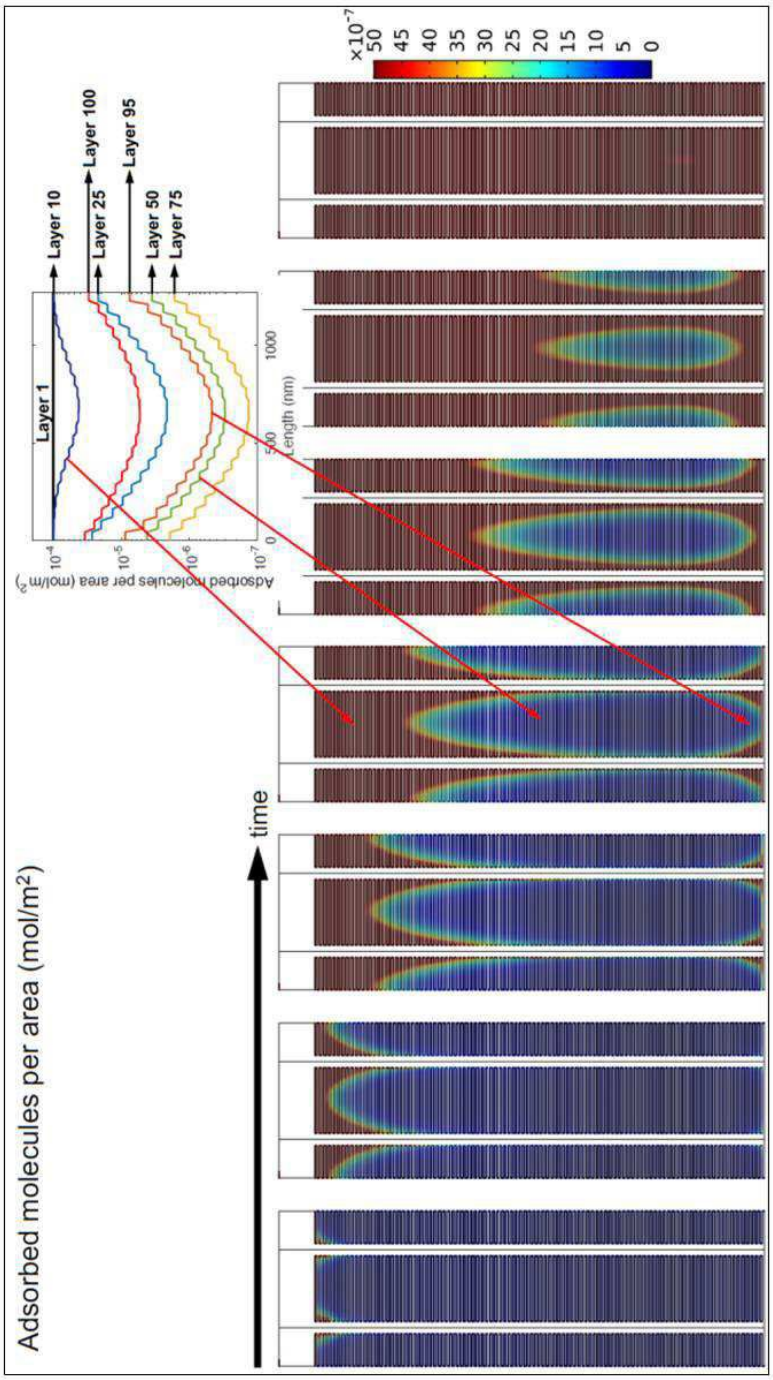

< 비교예 >
H1
Void
H10
H10
100
350
350
Z
Y
X

도면5

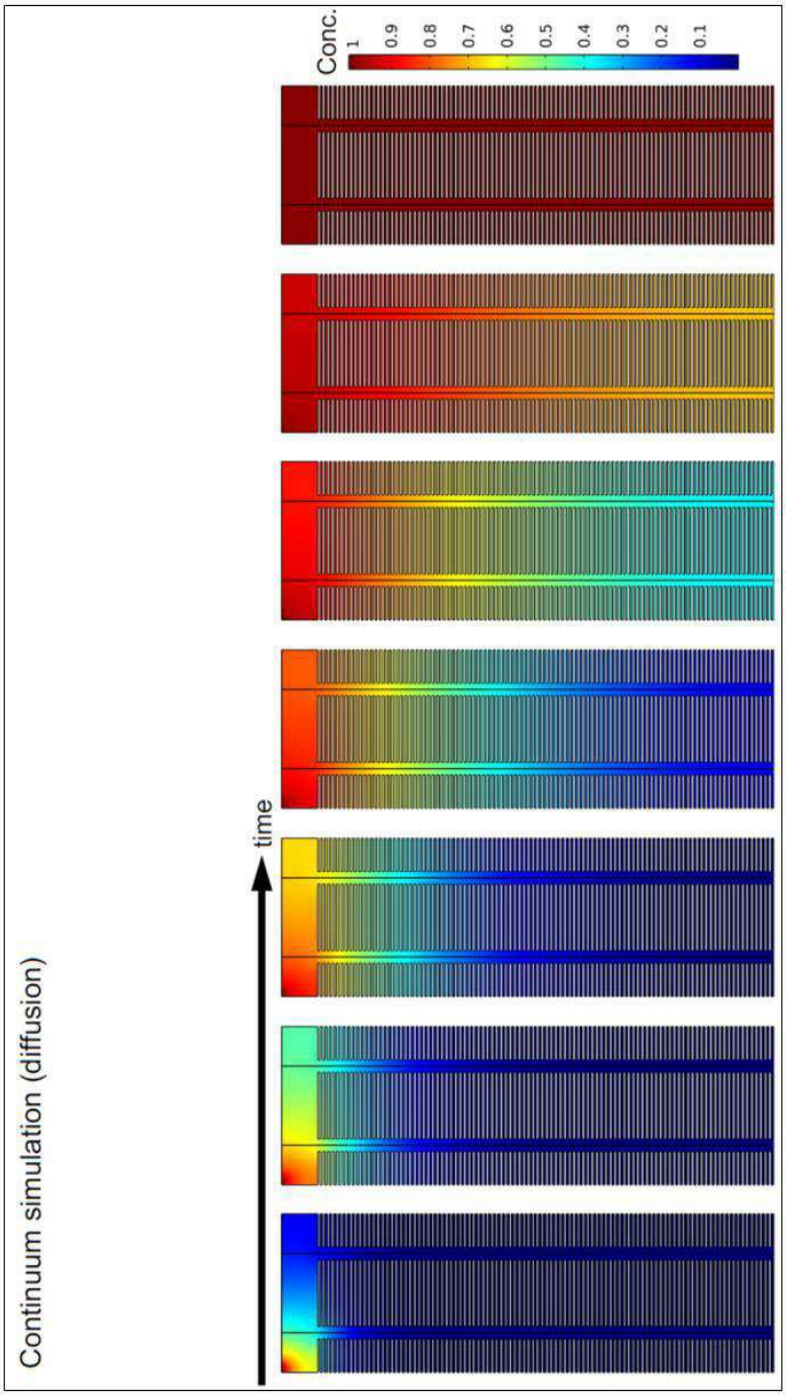
< 비교예 >



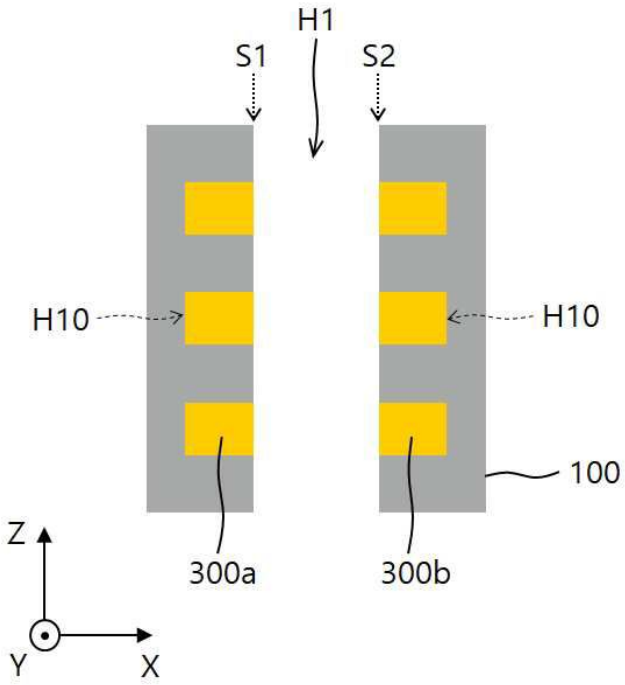
도면6


×10^-7
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Layer 10
Layer 25
Layer 100
Layer 95
Layer 50
Layer 75
Layer 1
Adsorbed molecules per area (mol/m²)
10^-4
10^-5
10^-6
10^-7
0
50
1000
Length (nm)
time
Adsorbed molecules per area (mol/m²)

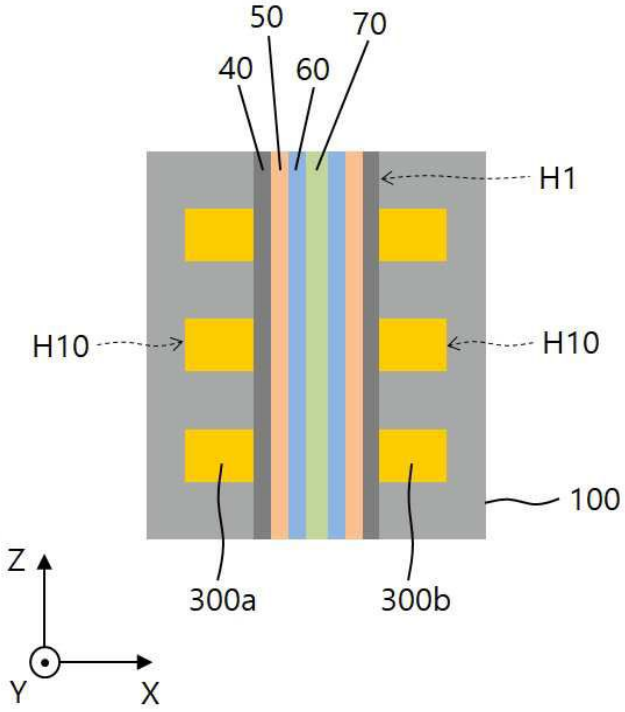
도면7


Conc.
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
time
Continuum simulation (diffusion)

도면8a


H1
S1
S2
H10
H10
100
300a
300b
Z
Y
X

도면8b


50
70
40
60
H1
H10
H10
100
300a
300b
Z
Y
X