(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0099904
(43) 공개일자 2017년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/455 (2006.01) *C23C 16/48* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/45527 (2013.01)
C23C 16/45536 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7017114
(22) 출원일자(국제) 2015년11월25일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년06월21일
(86) 국제출원번호 PCT/FI2015/050819
(87) 국제공개번호 WO 2016/102748
국제공개일자 2016년06월30일
(30) 우선권주장
20140361 2014년12월22일 핀란드(FI)

(71) 출원인
피코순 오와이
핀랜드 에프아이-02150 에스푸 티에토티에 3
(72) 발명자
말리넨 티모
핀랜드 02940 에스푸 쿠닝칸티에33 베
코스타모 유하나
핀랜드 02260 에스푸 노르파티에 4 씨 11
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

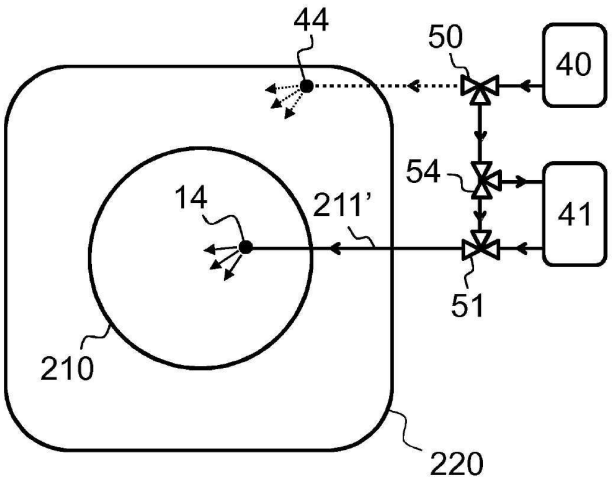
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **ALD 방법 및 장치**

(57) 요 약

적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스를 수행하는 단계를 포함하는 방법으로서, 각각의 사이클은 증착된 재료의 단일 층을 생성하고, 상기 증착 사이클은 적어도 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하며, 상기 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종은 둘 다, 기체 상태로, 상기 반응 챔버 내에, 동시에 존재하는, 방법. 본 발명은 또한, 반응 챔버(210), 금속 전구체 공급원(41) 및 공정 가스 공급원(40)을 구비한 장치에 관한 것이다. 본 발명의 목적은 빠른 원자층 증착 및 낮아진 필요 공정 온도를 달성하는 것이다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
C23C 16/45544 (2013.01)
C23C 16/45574 (2013.01)
C23C 16/45578 (2013.01)
C23C 16/48 (2013.01)
(72) 발명자
리 웨이-민
핀랜드 02260 에스푸 휠리에마엔포르티 1 에이
필비 테로
핀랜드 00330 헬싱키 라얄라흐덴티에 20 에이7

명 세 서

청구범위

청구항 1

하기의 단계를 포함하는 방법:

적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스를 수행하는 단계로서, 각각의 사이클은 증착된 재료의 단일 층을 생성하고, 상기 증착 사이클은 적어도 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하며, 상기 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종은 둘 다, 기체 상태로, 상기 반응 챔버 내에, 동시에 존재하는, 단계.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 증착 사이클은 활성화 기간 및 재생 기간을 포함하며, 상기 방법에 있어서:

상기 활성화 기간 동안, 상기 제2 전구체 화학종은, 선행 재생 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종과, 반응하며;

후속 재생 기간 동안, 상기 제1 전구체 화학종은, 상기 활성화 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종과, 반응하는,

방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 제1 전구체 화학종 또는 상기 제2 전구체 화학종 중 하나는 상기 활성화 기간 동안 광자 에너지에 의해 여기되는, 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종을 여기하는 단계로서, 그에 따라, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종이, 상기 기재 표면에서, 기체 상태인 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는, 단계를 포함하는 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 기체 상태의 상기 제2 전구체 화학종을 여기하는 단계로서, 그에 따라, 상기 여기된 제2 전구체 화학종이, 상기 기재 표면에서, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종과 반응하는, 단계를 포함하는 방법.

청구항 6

제 2 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응들은 순차적인 자체 포화 표면 반응들인, 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 전구체는 금속 전구체이고, 상기 제2 전구체는 비금속 전구체인, 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 증착 사이클들이, 퍼지 기간들을 수행하지 않고, 수행되는, 방법.

청구항 9

장치로서,

반응 챔버;

적어도 하나의 공급물 투입 라인; 및

상기 반응 챔버 내에서 적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스를 수행하게 상기 장치를 제어하도록 구성된 제어 시스템으로서, 상기 증착 사이클의 각각은 증착된 재료의 단일 층을 생성하고, 상기 증착 사이클은 적어도 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을, 상기 적어도 하나의 공급물 투입 라인을 통해, 상기 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하는, 제어 시스템;을 포함하고,

상기 제어 시스템은, 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종 둘 다의 전구체 증기가 기체 상태로 상기 반응 챔버 내에 동시에 존재하도록 제어하도록 추가적으로 구성되는,

장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 증착 사이클은 활성화 기간 및 재생 기간을 포함하고, 상기 장치는 다음을 일으키도록 구성되는, 장치:

상기 활성화 기간 동안, 상기 제2 전구체 화학종이, 선행 재생 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종과 반응하는 것; 및

후속 재생 기간 동안, 상기 제1 전구체 화학종이, 상기 활성화 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는 것.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 활성화 기간 동안, 광자 에너지에 의해 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종 중 하나를 여기하기 위한 광자 공급원을 포함하는 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 다음을 일으키도록 구성된 장치:

상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종을 여기하고, 이에 의해, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종이, 상기 기재 표면에서, 기체 상태인 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는 것.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 다음을 일으키도록 구성된 장치:

기체 상태의 상기 제2 전구체 화학종을 여기하고, 이에 의해, 상기 여기 된 제2 전구체 화학종이, 상기 기재 표면에서, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종과 반응하는 것.

청구항 14

제 10 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응들은 순차적인 자체 포화 표면 반응들인, 장치.

청구항 15

제 9 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 전구체는 금속 전구체이고, 상기 제2 전구체는 비금속 전구체인, 장치.

청구항 16

제 9 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 시스템은, 상기 증착 사이클들이 퍼지 주기들을 수행하지 않은 채 수행되도록 제어하도록 구성되는, 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 원자층 증착(atomic layer deposition: ALD) 유형의 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이 섹션은 유용한 배경 정보를 예시하지만, 본 섹션에 기술된 임의의 기법이 종래 기술을 대표하는 것으로 인정하는 것은 아니다.

[0003] 원자층 증착(ALD)은 반응 공간 내의 적어도 하나의 기재에 적어도 2개의 반응성 전구체 화학종의 순차적 도입에 기초한 특수 화학 증착 방법이다. ALD의 성장 메커니즘은 화학적 흡착(chemical adsorption)(화학흡착(chemisorption))과 물리적 흡착(physical adsorption)(물리흡착(physisorption)) 사이의 결합 강도 차이에 의존한다. ALD는, 그 증착 공정 동안, 화학흡착을 이용하고 물리흡착을 제거한다. 화학흡착 동안, 고체 상(solid phase) 표면의 원자(들)와 기체 상(gas phase)으로부터 도착하는 분자 사이에 강한 화학 결합이 형성된다.

[0004] ALD 증착 사이클은 펄스(pulse) A, 퍼지(purge) A, 펄스 B 및 퍼지 B의 4개의 순차적인 단계들로 구성된다. 펄스 A는 금속 전구체 증기로 이루어지고, 펄스 B는 비금속 전구체 증기로 이루어진다. 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 가스 및 진공 펌프는, 퍼지 A 및 퍼지 B 동안, 반응 공간으로부터 기상 반응 부생성물 및 잔류 반응물 분자를 퍼징하는데 사용된다. 증착 시퀀스는 적어도 하나의 증착 사이클을 포함한다. 증착 사이클은, 증착 시퀀스가 원하는 두께의 박막을 생성할 때까지, 반복된다.

[0005] 전구체 화학종은 화학흡착을 통해 기재 표면의 반응 부위에 화학 결합을 형성한다. 하나의 전구체 펄스 동안 고체 물질의 분자 단분자층 만이 표면에 형성된다. 따라서, 성장 과정은 자체 종료성(self-terminating) 또는 포화성(saturative)을 갖는다. 예를 들어, 제1 전구 물질은, 흡착된 화학종에 부착된 채로 남아 있으며 또한 표면을 포화(이는 추가의 화학흡착을 방지함)시키는 리간드를 포함할 수 있다. 반응 공간 온도는 이용된 전구체의 응축 온도 위 그리고 열분해 온도 아래의 온도로 유지되며, 그에 따라, 전구체 분자 화학종이 실질적으로 손상되지 않은 상태로 기재(들) 상에 화학흡착된다. 실질적으로 손상되지 않았다(essentially intact)는 것은, 전구체 분자 화학종이 표면에 화학흡착될 때, 휘발성 리간드가 전구체 분자로부터 떨어져 나올 수 있음을 의미한다. 표면은 제1 유형의 반응성 부위들(즉, 제1 전구체 분자들의 흡착된 화학종)로 실질적으로 포화된다. 이 화학흡착 단계 다음에, 과량의 제1 전구체 및 가능한 반응 부산물이 반응 공간으로부터 제거되는 제1 퍼지 단계(퍼지 A)가 뒤따른다. 이어서, 제2 전구체 증기가 반응 공간 내로 도입된다. 제2 전구체 분자는 제1 전구체 분자의 흡착된 화학종과 반응하여 원하는 박막 재료를 형성한다. 이러한 성장은, 흡착된 제1 전구체의 전체 양이 소비되고 표면이 제2 유형의 반응성 부위들로 실질적으로 포화되면, 종료된다. 제2 전구체 증기의 잉여분 및 가능한 반응 부산물 증기는 제2 퍼지 단계(퍼지 B)에 의해 제거된다. 이어서, 박막이 원하는 두께로 성장할 때까지 사이클을 반복한다.

[0006] ALD에 의해 성장된 박막은 치밀하고, 핀홀이 없으며, 균일한 두께를 갖는다. 예를 들어, 한 실험에서, 산화알루미늄을, 트리메틸알루미늄($(CH_3)_3Al$; TMA라고도 지칭됨) 및 물로부터, ALD에 의해, 성장시켰는데, 그 결과, 기재 웨이퍼 위에서 단지 약 1%의 비균일성 만이 초래되었다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제1 예시 측면에 따르면, 하기의 단계를 포함하는 방법이 제공된다:

[0008] 적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스를 수행하는 단계로서, 각각의 사이클은 증착된 재료의 단일 층을 생성하고, 상기 증착 사이클은 적어도 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하며, 상기 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종은 둘 다, 기체 상태로, 상기 반응 챔버 내에, 동시에 존재하는, 단계.

[0009] 특정 예시 구현예에서, 상기 증착 사이클은 활성화 기간 및 재생 기간을 포함하며, 상기 방법에 있어서:

[0010] 상기 활성화 기간 동안, 상기 제2 전구체 화학종은 선행 재생 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종과 반응하며;

[0011] 후속 재생 기간 동안, 상기 제1 전구체 화학종이 상기 활성화 기간에 상기 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종과 반응한다.

[0012] 증착 사이클은 상기 재생 기간 또는 상기 활성화 기간으로 시작하는 것으로 고려될 수 있다. 상기 제1 증착 사이클은, 상기 제1 전구체가 상기 기재 표면과 반응하는 기간인 재생 기간으로 시작할 수 있다. 상기 활성화 기

간 바로 다음에 상기 재생 기간이 이어진다. 상기 재생 기간은 증착된 재료의 단일 층의 절반을 생성한다. 그리고, 상기 활성화 기간은 증착된 재료의 단일 층의 나머지 절반을 생성한다.

[0013] 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종은, 이들이 통상의 공정 조건에서, 즉 활성화를 수반하지 않는 공정 온도에서, 기체 상태에서 서로에 대하여 불활성이 되도록, 선택될 수 있다. 이들은 상기 반응 챔버 내에서 동일한 부피로 존재할 수 있다(서로 혼합될 수 있음). 특정 예시적 구현예에서, 상기 제2 전구체 화학종은, 활성화를 수반하지 않은 채, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종에 대해 불활성인 반면, 상기 제1 전구체 화학종은, 또한 활성화를 수반하지 않은 채, 상기 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종에 대하여 반응성이다.

[0014] 특정 예시적 구현예에서, 대안적으로, 상기 제2 전구체 화학종이 상기 제1 전구체의 흡착된 화학종과 반응하고, 상기 제1 전구체 화학종은 화학흡착에 의해 상기 제2 전구체의 흡착된 화학종과 반응한다.

[0015] 상기 반응들은 순차적인 자체 포화 표면 반응들일 수 있다.

[0016] 특정 예시적 구현예에서, 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종 중 하나는 상기 활성화 기간 동안 광자 에너지에 의해 여기된다. 특정 예시적 구현예들에서, 상기 활성화 기간 및 상기 재생 기간은 교번하며, 활성화(또는, 여기)는 상기 활성화 기간 동안에만 발생한다. 상기 활성화는 광자 공급원(예를 들어, UV 램프, LED 램프, 크세논 램프, X선 공급원, 레이저 공급원 또는 적외선 공급원)에 의해 방출된 광자에 의해 실행될 수 있다.

[0017] 특정 예시적 구현예에서, 상기 방법은, 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종을 여기하는 단계로서, 그에 따라, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종이, 상기 표면에서, 기체 상태인 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는, 단계를 포함한다.

[0018] 특정 예시적 구현예에서, 대안적으로, 상기 방법은, 기체 상태의 제2 전구체 화학종을 여기하는 단계로서, 그에 따라, 상기 여기된 제2 전구체 화학종이, 상기 표면에서, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종과 반응하는, 단계를 포함한다.

[0019] 특정 예시적 구현예에서, 상기 제1 전구체 화학 종은, 상기 재생 기간 동안, 활성화를 수반하지 않은 채(즉, 여기를 수반하지 않은 채), 상기 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종과 반응한다.

[0020] 상기 제1 전구체는 금속 전구체일 수 있고, 상기 제2 전구체는 비금속 전구체일 수 있다.

[0021] 그 다음, 예를 들어, 기체 상태의 비금속 전구체는 상기 기재 표면의 근처에서 광자 에너지에 의해 여기될 수 있거나, 또는, 상기 표면에 흡착된 상기 금속 전구체는 상기 활성화 기간 동안 여기될 수 있다.

[0022] 특정 다른 구현예에서, 두 전구체 화학종은 비금속 전구체 화학종이다. 코팅 재료의 예로는, 예를 들어, 금속, 산화물, 및 질화물이 있다.

[0023] 특정 예시적 구현예에서, 상기 증착 사이클은 퍼지 주기를 건너뛰는 것에 의해, 즉 퍼지주기를 수행하지 않고, 수행된다.

[0024] 특정 예시적 구현예에서, 전구체 화학종의 수는 2보다 많다. 이들 구현예에서, 상기 전구체들 중 하나는 여기 없이 상기 표면과 반응할 수 있으며, 다른 전구체는은 여기 없이는 표면 반응에 대해 불활성일 수 있다.

[0025] 제1 예시적 측면에 따른 방법 및 그것의 구현예들은 복수의 다양한 응용분야를 위해 사용될 수 있으며, 예를 들어, 임의의 적용 가능한 고정식 또는 이동식 기재를 코팅하기 위해 사용될 수 있다. 상기 기재는, 예를 들어, 판형 물체(plate-like object)(예를 들어, 실리콘 웨이퍼, 유리판, 금속 호일)일 수 있다. 상기 기재는 기재 웹(substrate web), 스트랜드(strand) 또는 스트립(strip)일 수 있다. 상기 기재는 얇은 유연성 유리 기재일 수 있다. 상기 기재는 폴리머일 수 있다. 상기 기재는 종이, 보드(board) 또는 나노 셀룰로오스(nanocellulose)의 섬유 웹(fibrous web)일 수 있다. 상기 기재는 태양전지, OLED 디스플레이, 인쇄 회로 기판 부품, 또는 일반적으로 전자 부품일 수 있다. 상기 방법은 열에 민감한 적용대상의 저온 패시베이션(passivation)에 사용될 수 있다.

[0026] 본 발명의 제2 예시적 측면에 따라 제공되는 장치는,

[0027] 반응 챔버;

[0028] 적어도 하나의 공급물 투입 라인(in-feed line); 및

[0029] 상기 반응 챔버 내에서 적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스를 수행하게 상기 장치를 제

어하도록 구성된 제어 시스템으로서, 각각의 사이클은 증착된 재료의 단일 층을 생성하고, 상기 증착 사이클은 적어도 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을, 상기 적어도 하나의 공급물 투입 라인을 통해, 상기 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하는, 제어 시스템;을 포함하며,

[0030] 상기 제어 시스템은 추가적으로, 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종 둘 다의 전구체 증기가 기체 상태로 상기 반응 챔버 내에 동시에 존재하도록 제어하도록, 구성된다.

[0031] 특정 예시적 구현예에서, 상기 증착 사이클은 활성화 기간 및 재생 기간을 포함하고, 상기 장치는, 다음을 일으키도록 구성된다:

[0032] 상기 활성화 기간 동안, 상기 제2 전구체 화학종이, 선행 재생 기간에 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종과 반응하는 것; 및

[0033] 후속 재생 기간 동안, 상기 제1 전구체 화학종이, 상기 활성화 기간에 상기 표면에 흡착된 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는 것.

[0034] 특정 예시적 구현예에서, 상기 장치는, 상기 활성화 기간 동안, 광자 에너지에 의해 상기 제1 전구체 화학종 및 상기 제2 전구체 화학종 중 하나를 여기하기 위한 광자 공급원을 포함한다.

[0035] 특정 예시적 구현예에서, 상기 장치는 다음을 일으키도록 구성된다:

[0036] 상기 기재 표면에 흡착된 상기 제1 전구체 화학종을 여기하고, 이에 의해, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종이, 상기 표면에서, 기체 상태인 상기 제2 전구체 화학종과 반응하는 것.

[0037] 특정 예시적 구현예에서, 상기 장치는 다음을 일으키도록 구성된다:

[0038] 기체 상태의 상기 제2 전구체 화학종을 여기하고, 이에 의해, 상기 여기 된 제2 전구체 화학종이, 상기 표면에서, 상기 흡착된 제1 전구체 화학종과 반응하는 것.

[0039] 특정 예시적 구현예에서, 상기 반응들은 순차적인 자체 포화 표면 반응들(sequential self-saturating surface reactions)이다.

[0040] 특정 예시적 구현예에서, 상기 제1 전구체는 금속 전구체이고, 상기 제2 전구체는 비금속 전구체이다.

[0041] 특정 예시적 구현예에서, 상기 제어 시스템은, 상기 증착 사이클이 퍼지 주기를 수행하지 않은 채 수행되도록 제어하도록, 구성된다.

[0042] 본 발명의 다양한 비구속적 예시 측면들 및 구현예들이 앞에서 설명되었다. 상기 구현예들은 단지 본 발명의 구현에 이용될 수 있는 선택된 측면들 또는 단계들을 설명하기 위해 사용된다. 일부 구현예들은 본 발명의 특정 측면들을 참조하여 제공될 수 있다. 대응하는 구현예들은 다른 예시적인 측면들에도 적용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 구현예들의 임의의 적절한 조합들이 형성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0043] 이하에서는, 단지 예시의 목적으로, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명을 설명한다.

도 1은 일 예시적 구현예에 따른 예시적 타이밍 다이어그램(timing diagram)을 보여준다.

도 2는 또 다른 예시적 구현예에 따른 예시적 타이밍 다이어그램(timing diagram)을 보여준다.

도 3은 일 예시적 구현예에 따른 예시적 장치의 측면도를 보여준다.

도 4는 도 3의 장치에서의 장착(loading) 및 장탈(unloading)을 보여준다.

도 5는 도 3 및 도 4의 장치의 상면도를 보여준다.

도 6은 증착 장치의 공급원들 및 공급물 투입 라인들의 추가적인 예를 보여준다.

도 7은 일 예시적 구현예에 따른 다양한 변조(modulation) 방법들을 보여준다.

도 8은 추가적인 예시적 구현예들 보여준다.

도 9는 일 예시적 구현예에 따른 예시적 셰이더(shader)를 보여준다.

도 10은 일 예시적 구현예에 따른 예시적 셰이더 노즐을 보여준다.

도 11은 또 다른 예시적 구현예에 따른 예시적 장치의 측면도를 보여준다.

도 12는 일 예시적 구현예에 따른 증착 장치 제어 시스템의 개략적인 블록 다이어그램을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] ALD 성장 메카니즘의 기본 원리는 통상의 기술자에게 공지되어 있다. 이 특허 출원의 도입 부분에서 언급한 바와 같이, ALD는 적어도 하나의 기재로의 적어도 2개의 반응성 전구체 화학종의 순차적 도입에 기초한 특수 화학 증착 방법이다. 기본적인 ALD 증착 사이클은 펄스 A, 퍼지 A, 펄스 B 및 퍼지 B의 4개의 순차적인 단계들로 구성된다. 펄스 A는 제1 전구체 증기로 이루어지고, 펄스 B는 또 다른 전구체 증기로 이루어진다. 이하에서는, 기본적인 증착 사이클 사고방식으로부터의 차이점을 제시한다.

[0045] 도 1은 일 예시적 구현예에 따른 방법의 예시적 타이밍 다이어그램을 보여준다. 적어도 하나의 증착 사이클을 포함하는 원자층 증착 시퀀스가 수행되는데, 이때, 각 사이클은 증착된 재료의 단일 층을 생성한다. 증착 사이클은 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종을 반응 챔버 내의 기재 표면에 도입하는 단계를 포함하며, 상기 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종은 둘 다 기체 상태로, 상기 반응 챔버 내에, 동시에 존재한다.

[0046] 이 예에서, 제1 전구체 화학종은 금속 전구체이고, 제2 전구체 화학종은 비금속 전구체이다. 제1 전구체 화학종 및 제2 전구체 화학종은 기체 상태에서 서로에 대해 불활성이다.

[0047] 상기 방법은 활성화 기간(시점 t_1 내지 시점 t_2) 및 재생 기간(시점 t_2 내지 시점 t_3)을 교번하는 단계를 포함한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 활성화 기간 동안, 반응 챔버로의 금속 전구체 흐름은 오프(off) 상태이다. 기재 표면은 이전의 재생 기간에서 금속 전구체 화학종에 의해 포화되었다. 반응 챔버로의 비금속 전구체 흐름은 온(on) 상태이다. 그러나, 비금속 전구체는, 추가적인 여기(excitation) 없이는(여기서 '추가적'이라 함은, 반응 챔버 내에 퍼져있는 열 에너지에 대해 추가적인 에너지를 의미함) 기재 표면상의 금속 전구체와 반응하지 않도록, 선택되었다.

[0048] 기재 표면 근처의 비금속 전구체 화학종은, 활성화 기간 동안, 광자 에너지에 노출됨으로써 여기된다. 이는, 비금속 전구체 화학종에게, 기재 표면에 흡착된 금속 전구체 화학종과 반응하는데 필요한 추가 에너지를 제공한다. 그 결과, 기재 표면은 비금속 전구체 화학종에 의해 포화된 상태가 된다.

[0049] 대안적으로, 기재 표면상의 금속 전구체 화학종은 활성화 기간 동안, 이를 광자 에너지에 노출시킴으로써, 여기된다. 이는, 기재 표면에 흡착된 금속 전구체 화학종과, 기체 상태 비금속 전구체 화학종 사이의 반응에 필요한 추가 에너지를 제공한다. 그 결과, 기재 표면은 비금속 전구체 화학종에 의해 포화된 상태가 된다.

[0050] 여기를 위해 사용되기에 바람직한 다른 대안은, 광자(예를 들어, 광선/복사선)의 파장을 조정함으로써 선택될 수 있다.

[0051] 바로 다음 재생 단계 동안, 비금속 전구체 흐름과 금속 전구체 흐름은 둘 다 온 상태이고, 광자 노출은 오프 상태이다. 제1 전구체 증기(금속 전구체) 및 제2 전구체 증기(비금속 전구체) 모두는 동시에 반응 챔버에서 기체 상태로 존재한다. 광자 노출은 셰이더에 의해 오프될 수 있다.

[0052] 금속 전구체 화학종은 활성화 기간에 표면에 흡착된 비금속 전구체 화학종과 반응한다. 비록 존재하기는 하지만, 비금속 전구체 화학종은, 광자 노출이 오프 상태이므로, 기재 표면과 반응하지 않는다. 그 결과, 기재 표면은 금속 전구체 화학종에 의해 포화된 상태가 된다.

[0053] 이러한 증착 사이클은 원하는 두께를 달성하기 위해 반복된다. 종래의 퍼지 주기들을 건너뛸 수 있으므로, 더 빠른 ALD 성장 속도를 달성할 수 있다.

[0054] 재생 기간 동안, 불활성 가스 흐름은 금속 전구체를 위한 캐리어 가스 흐름으로서 사용된다. 그러나, 반응 챔버로의 불활성 가스 흐름은 활성화 기간 동안에도 온 상태일 수 있다.

[0055] 활성화 기간 및 재생 기간 동안의 반응 메커니즘은 화학흡착(chemisorption)이다. 그 반응들은 자체 포화 표면 반응들(self-saturating surface reactions)일 수 있다.

[0056] 캐리어 가스로서 사용되는 불활성 가스는 비금속 전구체 공급원 가스와 동일한 가스이거나 아니면 상이한 가스이다. 특정 예시적 구현예에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 동일한 가스(여기서는 제2 공정 가스로 표시됨)가, 캐리어 가스 및 비금속 전구체 공급원 가스 둘 다로서 사용된다. 제2 공정 가스의 반응 챔버 내로의 흐름은 전체 증착 사이클 동안 유지된다. 이들 구현예에서, 제2 공정 가스는 재생 기간 동안 캐리어 가스로서, 그리고 활

성화 기간 동안 비금속 전구체 공급원 가스로서 기능한다. 제1 전구체 화학종(금속 전구체) 및 제2 전구체 화학종(비금속 전구체) 모두가 동시에 반응 챔버내에서 기체 상태로 존재한다. 일 예시적 구현예에서, 트리메틸알루미늄(TMA, $(CH_3)_3Al$)이 금속 전구체로서 사용되고, 산소(O_2)가 제2 공정 가스로서 사용된다. 그 다음, 활성화 기간 동안 산소는 산소 라디칼 O*로 여기되고, 표면 반응은 O* 라디칼과 흡착된 TMA 사이에서 일어나, 원하는 코팅 재료인 산화알루미늄(Al_2O3)을 형성한다. 특정 다른 구현예에서, 두 전구체 화학종은 모두 비금속 전구체 화학종이다. 코팅 재료의 예로는 금속, 산화물 및 질화물이 있다.

[0057] 도 3은 일 예시적 구현예에 따른 예시적 장치의 측면도를 보여준다. 상기 장치는 원자층 증착 반응기일 수 있다. 상기 장치는 외부 챔버(220)에 의해 둘러싸인 반응 챔버(210)를 포함한다. 반응 챔버(210)는 선택적으로(optionally), 도 3에 도시된 바와 같이, 아래쪽으로 넓어지는 팽창 공간(expansion space)을 한정하는 벽을 가질 수 있다. 외부 챔버(220)와 반응 챔버(210) 사이의 중간 공간은, 이 공간으로 불활성 가스를 운반함으로써, 가압되며, 그에 따라, 반응 챔버(210)의 내부와 비교하여 약간의 과압이 존재하게 된다.

[0058] 기재 홀더(202)는 반응 챔버(210) 내에서 기재(201)를 지지한다. 기재(201)는 외부 챔버(220)에 부착된 기재 이송 챔버(230)를 통해 반응 챔버(210) 내에 장착(loading)되고 및 거기로부터 장탈(unloading)될 수 있다(화살표(231)로 표시되었음). 반응 챔버(210)는 도어(door)(215)와 같은 가동 구조물(movable structure)을 포함하고, 장착 및 장탈은, 도 4에 도시된 바와 같이, 도어(215)가 개방 위치에 있을 때 수행된다. 대안적으로, 가동 구조물은 서로 끼워지는 2개(또는 그 이상)의 내포된(nested) 서브-부품들 또는 고리-유형 부재들에 의해 형성될 수 있고, 상기 서브-부품들 또는 고리-유형 부재들 중 하나는 수직으로 이동가능하여, 그렇게 형성된 개구부를 통한 장착 및 장탈을 가능하게 한다.

[0059] 다시 도 3을 참조하면, 상기 장치는, 전구체 증기를 반응 챔버(210)로 전달하기 위한 적어도 하나의 전구체 증기 공급물 투입 라인(211)을 포함한다. 상기 장치는, 반응 챔버(210)로부터의 유출 흐름을 유지하기 위한 배출 라인(212) 내에 진공 펌프(213)을 더 포함한다.

[0060] 이 장치는 기재 표면 위에 광자 공급원(240)을 포함한다. 광자 공급원(240)은 UV 램프, LED 램프, 또는, 예를 들어, X선 공급원, 레이저 공급원, 또는 적외선 공급원일 수 있다. 이는 광자(241)를 방출함으로써 광자 노출을 제공한다. 일 예시적 구현예에서 광자 공급원(240)은 점멸(flashing) 방식으로 동작한다. 광자(241)는 활성화 기간 동안 방출되고, 광자(241)는 재생 기간 동안 방출되지 않는다. 그 결과, 광자 노출은 활성화 기간 동안 온 상태이고, 재생 기간 동안 오프 상태이다. 대안적인 구현예에서, 광자 공급원(240)은 항상 온 상태이다(그리고, 광자(241)를 방출한다). 그러한 구현예에서, 광자 노출은 광자 공급원(240)과 기재 표면 사이에 적용된 셰이더(마스크)에 의해 제어될 수 있다. 도 4는 그러한 예시적인 셰이더(250)를 도시한다. 광자 노출은, 셰이더(250) 뒤의 광자 공급원(240)을 볼 수 있는 기재 표면상의 영역들에 제공된다. 그에 따라, 활성화 기간 및 결과적인 증착(재료 성장)은 이 영역들에서만 발생한다. 셰이더(250)는 정치식(stationary)일 수 있으며, 그에 따라, 표면상의 특정 영역들에만 선택적(selective) 증착을 발생시킬 수 있다(셰이더(250)가 정치식인 경우, 광자 노출은, 예를 들어 광자 공급원(240)을 점멸(flashing)함으로써, 켜지거나 꺼질 수 있다). 또는, 셰이더(250)는, 기재 표면상의 노광된 영역을 이동시키기 위해(또는, 일 구현예에서는 재생 기간 동안 기재 영역 전체를 가리기(shade) 위해), 이동식(movable)일 수 있다(화살표(251)로 도시된 바와 같음).

[0061] 도 5는, 도 1에 도시된 방법과 호환가능한 도 3 및 도 4의 장치의 상면도를 보여준다. 비금속 전구체 화학종은 반응 챔버(210) 내로 공급물 투입 라인(211)을 통해 유입되고, 금속 전구체 화학종은 불활성 캐리어 가스와 함께 공급물 투입 라인(211')을 통해 유입된다.

[0062] 이 장치는 불활성 가스 공급원(40), 금속 전구체 공급원(41) 및 비금속 전구체 공급원(42)을 포함한다. 불활성 가스 공급원(40)은 불활성 가스 라인 밸브(50)의 입력과 유체 연통한다. 밸브(50)의 제1 출력은 외부 챔버(220)와 반응 챔버(210) 사이의 중간 공간으로 도입되고, 반응 챔버(210)에서 불활성 가스는 가스 방출 지점(44)을 통해 중간 공간으로 방출된다. 밸브(50)의 제2 출력은 캐리어 가스 입력 밸브(54)의 입력과 유체 연통하고, 밸브(54)의 제1 출력은 금속 전구체 공급원(41)의 캐리어 가스 입력과 유체 연통한다. 밸브(54)의 제2 출력은 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제2 입력과 유체 연통한다. 금속 전구체 공급원(41)은 밸브(51)의 제1 입력과 유체 연통한다. 밸브(51)의 출력은 공급물 투입 라인(211')으로서 계속된다. 비금속 전구체 공급원은 비금속 전구체 라인 밸브(52)의 입력과 유체 연통한다. 밸브(52)의 출력은 공급물 투입 라인(211)으로서 계속된다.

[0063] 활성화 단계 동안, 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제1 입력은 폐쇄된다. 따라서, 금속 전구체 화학종은 반응 챔버(210) 내로 유입되지 않는다. 비금속 전구체 라인 밸브(52)는 개방되어, 비금속 전구체 화학종이 공급물 투입

라인(211)을 통해 반응 챔버(210) 내로 유입되게 한다. 공급물 투입 라인(211')을 통한 불활성 가스 공급원(40)으로부터 반응 챔버(210)로의 경로는, 실행 상태에 따라, 개방 또는 폐쇄 상태로 유지된다. 광자 공급원(240)을 볼 수 있는(즉, 셰이더(250)의 그늘에 있지 않은) 영역 상의 기재 표면 근처의 비금속 전구체 화학종은 여기된다. 대안적으로, 기재 표면상의 금속 전구체 화학종이 여기된다. 이 두 가지 대안에서, 여기(excitation)는 흡착된 금속 전구체 화학종과, 기체 상태 비금속 전구체 화학종 사이의 반응을 가능하게 한다. 그 결과, 상기 영역상의 기재 표면은 비금속 전구체 화학종에 의해 포화된다. 원하는 경우, 이것은 셰이더(250)에 의해, 기재 표면 전체 또는 일부 만이 포화되도록, 배열될 수 있다.

[0064] 재생 단계 동안, 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제1 입력 및 출력이 개방되어, 금속 전구체 화학종이 공급물 투입 라인(211')을 통해 반응 챔버(210) 내로 유입되는 것을 가능하게 한다. 비금속 전구체 라인 밸브(52)가 개방되어, 비금속 전구체 화학종이 공급물 투입 라인(211)을 통해 반응 챔버(210) 내로 유입되는 것을 가능하게 한다. 광자 노출은 셰이더(250)에 의해 오프 상태로 전환되거나, 또는, 점멸하는 광자 공급원을 사용하는 구현예에서는, 광자를 보내지 않음으로써 오프 상태로 전환된다. 금속 전구체 화학종은, 활성화 기간에 표면에 흡착된 비금속 전구체 화학종과, 반응한다. 그 결과, 기재 표면은, 흡착된 비금속 전구체 화학종의 영역 상에서, 금속 전구체 화학종에 의해 포화된다.

[0065] 비금속 전구체 화학종은 반응 챔버(210)에 항상 존재하기 때문에, 광자 노출이 다시 온 상태로 전환될 때 곧바로, 다음 활성화 기간이 개시될 수 있다. 일 예시적 구현예에서, 광자 공급원(240)은 항상 온 상태이고, 기재 표면상의 광자 노출은, 단순히 셰이더(250)를 이동시킴으로써, 조정된다.

[0066] 도 6은, 도 2에 도시된 방법과 호환 가능한 증착 장치의 공급원들 및 공급물 투입 라인들의 추가적인 예를 보여준다. 이 장치는 도 3 및 도 4에 도시된 유형일 수 있다. 상기 장치는 금속 전구체 공급원(41) 및 제2 공정 가스 공급원(40)을 포함한다. 제2 공정 가스는, 증착 사이클 단계에 따라, 불활성 가스(보호 가스(shield gas)), 캐리어 가스 및 제2 전구체 가스(여기서는 비금속 전구체)로서 기능한다.

[0067] 제2 공정 가스 공급원(40)은 불활성 가스 라인 밸브(50)의 입력과 유체 연통한다. 밸브(50)의 제1 출력은 보호 가스 라인으로서 장치의 외부 챔버(220)와 반응 챔버(210) 사이의 중간 공간 내로 유도된다. 불활성 보호 가스의 성질을 갖는 제2 공정 가스는 가스 방출 지점(44)을 통해 중간 공간으로 방출된다. 밸브(50)의 제2 출력은 캐리어 가스 입력 밸브(54)의 입력과 유체 연통한다. 밸브(54)의 제1 출력은 금속 전구체 공급원(41)의 캐리어 가스 입력과 유체 연통한다. 밸브(54)의 제2 출력은 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제2 입력과 유체 연통한다. 금속 전구체 공급원(41)은 밸브(51)의 제1 입력과 유체 연통한다. 밸브(51)의 출력은 반응 챔버(210)를 향하는 반응 챔버 공급물 투입 라인(211')으로서 계속된다. 공급물 투입 라인(211')을 흐르는 가스/증기는 가스 방출 지점(14)을 통해 반응 챔버(210)로 방출된다.

[0068] 활성화 단계 동안, 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제1 입력은 폐쇄된다. 따라서, 금속 전구체 화학종은 반응 챔버(210) 내로 유입되지 않는다. 제2 공정 가스 공급원(40)으로부터 공급물 투입 라인(211')을 경유하여 반응 챔버(210)로 가는 경로는 개방 상태로 유지되며, 그에 따라, 비금속 전구체의 성질을 갖는 제2 공정 가스가 반응 챔버(210) 내로 유입되는 것을 가능하게 한다. 이 경로는 밸브들(50, 54 및 51)을 통해 형성될 수 있다. 광자 공급원(240)을 볼 수 있는(즉, 적용될 경우, 셰이더(250)의 그늘(shade)에 있지 않은) 영역상의 기재 표면 근처의 비금속 전구체 화학종이 여기된다. 대안적으로, 기재 표면상의 금속 전구체 화학종이 여기된다. 이 두 가지 대안들에 있어서, 여기(excitation)는, 흡착된 금속 전구체 화학종과 기체 상태 비금속 전구체 화학종 사이의 반응을 가능하게 한다. 그 결과, 상기 영역상의 기재 표면은 비금속 전구체 화학종에 의해 포화된다. 원한다면, 이것은, 셰이더(250)에 의해, 기재 표면 전체 또는 그 일부만이 포화되도록 배열될 수 있다.

[0069] 재생 단계 동안, 금속 전구체 라인 밸브(51)의 제1 입력 및 출력이 개방되며, 그에 따라, 캐리어 가스의 성질을 갖는 제2 공정 가스와 함께 금속 전구체 화학종이, 공급물 투입 라인(211')을 통해, 반응 챔버(210) 내로 유입되는 것을 가능하게 한다. 광자 노출은 셰이더(250)에 의해 오프 상태로 전환되거나, 또는, 점멸하는 광자 공급원을 사용하는 구현예에서는, 광자를 전송하지 않음으로써 오프 상태로 전환된다. 금속 전구체 화학종은, 활성화 기간에 표면에 흡착된 비금속 전구체 화학종과, 반응한다. 그 결과, 기재 표면은 흡착된 비금속 전구체 화학종의 영역 상에서 금속 전구체 화학종에 의해 포화된다.

[0070] 보호 가스 라인은, 실행 조건에 따라, 개방 또는 폐쇄 상태로 유지된다. 특정 예시적 구현예들에서, 보호 가스 라인은 전체 증착 사이클/시퀀스 동안 개방된 채로 유지되며, 그에 따라, 불활성 보호 가스의 성질을 취하는 제2 공정 가스가 가스 방출 지점(44)을 통해 중간 공간으로 진입하는 것을 가능하게 한다.

[0071] 기재 표면상에서의 광자 노출 및 가림(shade)의 교번은 변조(modulation)로 정의된다. 변조는 다양한 방법으로 수행될 수 있다. 이는 도 7에 도시되어 있으며, 도 7은 다양한 변조 방법들을 도시한다. 제1 방법에서, 셰이더(750)는 화살표(751)로 도시된 바와 같이 기재 표면 위로 이동된다. 제2 방법에서, 광자 공급원(740)은 화살표(752)로 도시된 바와 같이 이동된다. 제3 방법에서, 기재(701)는 화살표(753)에 의해 도시된 바와 같이 이동된다. 기재 홀더(702)상의 기재의 경우에, 기재 홀더(702)는 이동될 수 있다. 다른 방법은 제1, 제2 및 제3 변조 방법들의 임의의 조합이다. 또 다른 방법에서, 점멸 광원/공급원은, 단독으로 또는 다른 방법과 조합되어, 사용된다.

[0072] 도 8은 또 다른 예시적 구현예를 도시한다. 이 장치는, 기재 홀더(802)에 의해 지지되는 기재(801)로부터 이격된 광자 공급원(840)를 포함한다. 상기 장치는, 광자 공급원(840)과 기재(801) 사이에, 패턴화된 셰이더/마스크(850) 및 렌즈(855)를 포함한다. 활성화 기간 및 재생 기간은 앞에서 언급한 구현예들에서와 같이 수행된다. 성장은, 마스크(850)에 의해 생성된 패턴이 렌즈(855)에 의해 집속되는 기재 표면상의 영역들에서만 발생한다. 이러한 방식으로, 상기 장치는 ALD 프린터로서 기능한다. 또 다른 예시적 구현예에서, 기재(801) 및/또는 마스크(850)는 앞에서 언급한 바와 같이 변조를 달성하도록 이동된다.

[0073] 또 다른 구현예에서, 선택적(selective) 증착은이, 레이저 광원과 같은 집속된(focused) 또는 잘 정의된(well-defined) 광원으로 달성된다. 그러한 구현예에서, 원한다면, 셰이더/마스크(250)(750, 850)는 생략될 수 있고, 레이저 광원이 광자 공급원(240) 대신에 제공될 수 있다. 그 외에, 성장 방법은 앞에서 기술된 방법과 유사하다. 따라서, 레이저 광원은 (잘 정의된) 선택된 영역 상에 광자 노출을 제공하도록 구성된다. 레이저 광원은 예를 들어 레이저 펄스(레이저 빔)를 방출할 수 있다. 광자 노출은 레이저를 볼 수 있는 기재 표면의 선택된 영역에 제공되고, 따라서, 활성화 기간에서의 성장은 상기 선택된 영역에서만 발생한다. 재생 기간이 뒤 따를 것이다. 다른 영역에서 성장이 필요한 경우, 레이저 빔은 이동될 수 있다. 레이저 빔이 이동되면, 레이저 빔을 볼 수 있는 새로운 영역에서, 추가적 성장이 발생하게 된다. 이 구현예는 셰이더를 사용하거나 사용하지 않고 구현될 수 있다.

[0074] 도 9는, 일 예시적 구현예에 따른 예시적 셰이더(또는, 셰이더 그리드(shader grid))를 도시한다. 셰이더(950)는, 방출된 광자가 관통할 수 없는 중실 부분들(solid portions)을 갖는 셰이더 프레임(shader frame)(951) 및 방출된 광자가 관통할 수 있는 창(window)(952)을 포함한다. 창(952)의 형태는 실행에 따라 달라진다. 창(952)은 유리, 또는 광자가 관통할 수 있는 기타 재료에 의해 형성될 수 있다.

[0075] 도 10은, 일 예시적 구현예에 따른 예시적 셰이더 노즐을 추가적으로 도시한다. 셰이더 노즐(1050)은 셰이더로서 또한 반응 챔버의 전구체 투입 노즐로서 사용될 수 있다. 이것은 기재와 광자 공급원 사이의 기재 위에 놓일 수 있다. 셰이더 노즐(1050)은 방사된 광자가 관통할 수 없는 중실 부분을 갖는 셰이더 프레임(1051) 및 방사된 광자가 관통할 수 있는 창(1052)을 포함한다. 창(1052)의 형태는 실행에 따라 달라진다. 전구체 투입 라인(1011')은 셰이더 노즐(1050)에 부착된다. 공급물 투입 라인(1011')은 중실 부분들을 따라 셰이더 프레임(1051)을 통해 연장하는 개별 측방 유동 채널들(1071)로 분기한다. 유동 채널들(1071)은, 전구체 증기 및/또는 다른 공정 가스를 기재 표면을 향해 아래쪽으로 안내하기 위해, 그것들의 하부 표면상에 복수의 구멍들(도시되지 않음)을 갖는다.

[0076] 도 11은 또 다른 구현예에 따른 예시적 장치의 측면도를 보여준다. 이 장치는, 공정 라인의 일부로서, 연속 증착에 적합한 공정 장치 또는 원자 층 증착 모듈이다.

[0077] 이 장치는 외부 챔버(1120)에 의해 둘러싸인 반응 챔버(1110)를 포함한다. 외부 챔버(1120)와 반응 챔버(1110) 사이의 중간 공간은 불활성 보호 가스를 중간 공간으로 운반함으로써 가압되며, 그에 따라, 반응 챔버(1110)의 내부에 비해 약간의 과압(overpressure)이 있게 된다.

[0078] 외부 챔버(1120)의 일 측면에는 제1 이송 챔버(1130)가 부착되고, 외부 챔버(1120)의 반대쪽 측면에는 제2 이송 챔버(1130')가 부착된다. 외부 챔버 내에 위치된 반응 챔버(1110)는 제1 측면상의 입력 포트(1161) 및 반대쪽 측면상의 출력 포트(1161')를 포함한다. 입력 포트(1161) 및 출력 포트(1161')는 각각의 반응 챔버 벽에 슬릿(slit) 형태로 형성될 수 있다.

[0079] 코팅될 기재 웹(substrate web)(1101)은 제1 이송 챔버(1130)를 통해 외부 챔버(1120) 내로 연속적으로 이송되고, 거기로부터 입력 포트(1161)을 통해 증착을 위한 반응 챔버(1110) 내로 이송되고, 거기로부터 출력 포트(1161')를 통해 외부 챔버(1120)의 반대쪽 부분 내로 이송되며, 제2 이송 챔버(1130')를 통해 공정 라인의 후속 단계로 이송된다. 대안적인 구현예에서, 기재 웹(1101)은 그 위에서 이동하는 (코팅될) 기재들(1101')의 일 세

트를 지지하는 웹이다. 다른 대안적인 구현예에서, 기재는 스트랜드(strand) 또는 스트립(strip)이다.

[0080] 상기 장치는 비금속 전구체 증기를 반응 챔버(1110)로 전달하기 위한 비금속 전구체 투입 라인을 포함한다. 비금속 전구체 증기의 방출 지점(1111)은 반응 챔버의 일 측면 상에 배치된다. 상기 장치는 금속 전구체 증기를 반응 챔버(1110)로 운반하기 위한 금속 전구체 투입 라인을 더 포함한다. 도 11에서, 금속 전구체 투입 라인은, 도 10을 참조하여 앞에서 설명된 유형의 셰이더 노즐(1150)에 부착된다. 셰이더 노즐(1150)은 측 방향으로 뻗어 있는 유동 채널들(1171)을 포함하며, 이 유동 채널들(1171)은, 금속 전구체 증기를 기재 표면을 향해 아래쪽으로 안내하기 위해, 그것들의 하부 표면 상에 복수의 구멍을 갖는다.

[0081] 상기 장치는 광자 노출을 제공하기 위해 기재 표면 위에 광자 공급원(1140)를 포함한다. 셰이더 노즐(1150)은 광자 공급원(1140)과 기재 표면 사이에 적용된다. 셰이더 노즐(1150)은 방출된 광자(1141)가 통과할 수 있는 하나 이상의 창을 포함한다. 창(들)의 형태와 크기는 구현에 따라 달라진다. 광자 노출은 셰이더 노즐(1150) 뒤의 광자 공급원(1140)를 볼 수 있는 기재 표면상의 영역들에 제공된다. 셰이더 노즐(1150)은 이동 가능할 수 있다.

[0082] 상기 장치는 반응 챔버(1110)로부터의 유출 흐름을 유지하기 위해 배출 라인(1112)에 진공 펌프(도시되지 않음)를 더 포함한다.

[0083] 상기 장치는 불활성 가스 공급원, 금속 전구체 공급원 및 비금속 전구체 공급원을 포함한다. 도 9에는, 이 공급원들이 표시되어 있지 않다. 그러나, 밸브 등에 관련된 대응하는 배치는, 도 5를 참조하여 앞에서 설명된 바와 같이, 구현될 수 있다.

[0084] 대안적으로, 상기 장치가 도 2를 참조하여 기술된 방법에 따라 작동하는 경우, 상기 장치는 금속 전구체 공급원 및 제2 공정 가스 공급원을 포함한다. 밸브 등에 관련된 해당 배치는, 도 6을 참조하여 앞에서 기술된 바와 같이 구현될 수 있다. 두 전구체 모두가 셰이더 노즐(1150)을 통해 공급되는 경우, 가스 방출 지점(1111)뿐만 아니라 관련된 투입 라인은 이 대안에서 생략될 수 있다.

[0085] 기재(1101 또는 1101')가 앞으로 이동하면, 기재의 상이한 영역들이 광자 공급원(1140)을 바라보게 된다. 도 1 및 도 5(대안적으로는, 도 2 및 도 6)를 참조하여 앞에서 기술된 원자층 증착 사이클이 수행된다. 그에 따라, 활성화 단계 동안, 금속 전구체 화학종이 반응 챔버(1110) 내로 유입되는 것이 방지된다. 금속 전구체 라인 밸브의 금속 전구체 입력(도 5 및 도 6; 밸브(51)의 제1 입력)은 폐쇄된다. 비금속 전구체 화학종은 반응 챔버(1110) 내로 유입되도록 허용된다. 비금속 전구체 라인은 개방되어 있으며(도 5; 비금속 전구체 라인 밸브(52)는 개방되어 있음), 또는, 대안적인 구현예에서, 제2 공정 가스 공급원로부터의 경로(도 6; 밸브들(50, 54 및 51)을 경유하는 경로)는 개방된다.

[0086] 광자 공급원(1140)을 볼 수 있는(즉, 셰이더 노즐(1150)의 그늘에 있지 않은) 영역들 상의 기재 표면의 근처에 있는 비금속 전구체 화학종은 여기된다. 대안적으로, 기재 표면상의 금속 전구체 화학종이 여기된다. 이 두 가지 대안에서, 여기(excitation)는, 흡착된 금속 전구체 화학종과 기체 상태 비금속 전구체 화학종 사이의 반응을 가능하게 한다. 그 결과, 상기 영역들 상의 기재 표면은 비금속 전구체 화학종에 의해 포화된다.

[0087] 재생 단계 동안, 금속 전구체 투입 라인이 개방되어, 금속 전구체 화학종이 셰이더 노즐(1150)을 통해 반응 챔버 내로 유입될 수 있게 한다. 또한, 비금속 전구체는, 비금속 전구체 투입 라인을 통해(또는, 대안적인 구현예에서는, 셰이더 노즐(1150)을 통해 캐리어 가스로서), 반응 챔버(1110) 내로 공급된다. 금속 전구체 화학종은, 활성화 기간에 표면에 흡착된 비금속 전구체 화학종과, 반응한다. 그 결과, 기재 표면은, 흡착된 비금속 전구체 화학종의 영역 상에서 금속 전구체 화학종에 의해 포화된다.

[0088] 이러한 증착 사이클들은 원하는 두께를 달성하기 위해 반복된다. 종래의 퍼지 기간들은 건너뛸 수 있다.

[0089] 도 1 내지 도 10을 참조하여 기술된 구현예들의 특징들은 도 11의 연속 증착 구현예에 적용될 수 있는데, 도 11에서는, 기재 또는 기재 웹이 반응 챔버를 통과하는 도중에 코팅된다. 예를 들어, 셰이더 노즐을 사용하는 대신에, 가스 투입 기능이 없는 셰이더가 사용될 수 있다. 이들 구현예에서, 기재 상으로 유입되는 가스는 측면으로부터 유래될 수 있다. 또한, 이 연속 증착 구현예는, 예를 들어, 앞에서 언급한 바와 같은 점멸 광자 공급원을 사용하는 임의의 셰이더 없이, 또는 셰이더 및 점멸 광자 공급원과 함께, 수행될 수 있다. 또한, 이 연속 증착 구현예의 특징들은, 상세한 설명에서 앞서 제시된 구현예들에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 셰이더 노즐은 다른 제시된 구현예들에서 사용될 수 있다. 특정 예시적 구현예는, 장착(loading) 및/또는 장탈(unloading)을 위한 임의의 이송 챔버(들)를 포함하지 않고 구현된다. 또한, 특정 예시적 구현예는 반응 챔버 주위에 외부 챔버를 포함하지 않고 구현된다. 이 연속 증착 구현예에서 기재 또는 기재 웹에 의해 형성되는 트랙(track)은 직선일 필요는 없지만, 반복된 패턴의 형태로 형성된 트랙이 구현될 수 있다. 웹의 전파 방향은, 예를 들어 롤

(roll)에 의해, 복수 회 전환되어, 상기 반복된 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 반응 챔버 형태는 도면에 제시된 예시 형태로부터 벗어날 수 있다. 일 연속 증착 구현예에서, 웹은 일정한 속도로 연속적으로 이동한다. 특정의 다른 구현예에서, 웹은 반응 챔버를 통해 주기적으로(예를 들어, 정지 및 진행 방식으로) 이동한다.

[0090] 특정 예시적 구현예에 따라, 앞에서 기술된 장치들의 전구체 증기 및 불활성 가스 투입 라인들은, 요구되는 배관 및 이들의 제어 요소에 의해 구현된다.

[0091] 공급물 투입 라인 제어 요소들은 흐름 및 타이밍 제어 요소들을 포함한다. 일 예시적 구현예에서, 금속 전구체 투입 라인에서, 금속 전구체 투입 밸브 및 질량(또는, 체적) 흐름 제어기는, 금속 전구체 증기의 반응 챔버 내로의 타이밍 및 흐름을 제어한다. 그에 상응하여, 비금속 전구체 투입 라인에서, 비금속 전구체 투입 밸브 및 질량(또는, 체적) 흐름 제어기는, 비금속 전구체 증기의 반응 챔버 내로의 타이밍 및 흐름을 제어한다. 마지막으로, 불활성 가스 라인 밸브 및 질량(또는, 체적) 흐름 제어기는 불활성 가스의 타이밍과 흐름을 제어한다. 불활성 가스가 캐리어 가스로서 사용되는 구현예에서, 도 6을 참조하여 도시된 바와 같이, 다양한 제어 요소들이 있을 수 있다.

[0092] 일 예시적 구현예에서, 공급물 투입 라인 제어 요소들은 컴퓨터 제어 시스템의 일부를 형성한다. 시스템의 메모리에 저장된 컴퓨터 프로그램은, 시스템의 적어도 하나의 프로세서에 의한 실행시 코팅 장치 또는 증착 반응기가 지시된 대로 작동하게 하는 명령어들을 포함한다. 명령어들은 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드의 형태일 수 있다. 도 12는 일 예시적 구현예에 따른 증착 장치 제어 시스템(1200)의 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다. 기본적인 시스템 설정에서, 공정 파라미터들은 소프트웨어의 도움으로 프로그래밍되고, 명령어들은 휴먼 머신 인터페이스(HMI) 단말기(1206)로 실행되며, 이더넷 버스(Ethernet bus) 등의 통신 버스(1204)를 통해 제어 박스(1202)(제어 유닛)에 다운로드된다. 일 구현예에서, 제어 박스(1202)는 범용 프로그램가능 논리 제어(PLC) 유닛을 포함한다. 제어 박스(1202)는, 메모리에 저장된 프로그램 코드를 포함하는 제어 박스 소프트웨어를 실행하기 위한 적어도 하나의 마이크로프로세서, 동적 및 정적 메모리, I/O 모듈, A/D 및 D/A 컨버터 및 파워 릴레이(power relay)를 포함한다. 제어 박스(1202)는 적절한 밸브의 공압 제어기에 전력을 보내고 장치의 질량 흐름 제어기를 제어한다. 제어 박스는 광자 공급원 및 진공 펌프의 작동을 제어한다. 제어 박스는 기재(들) 및/또는 임의의 이동 가능한 셰이더들을 이동시키는데 필요한 임의의 동작 장치를 추가적으로 제어한다. 제어 박스(1202)는 적절한 센서들로부터 정보를 수신하고, 일반적으로 장치의 전체 동작을 제어한다. 특정 예시적 구현예에서, 제어 박스(1202)는, 금속 전구체 화학종 및 비금속 화학종 모두가 동시에 반응 챔버에서 기체 상태로 존재하도록, 전구체 화학종의 반응 챔버 내로의 투입을 제어한다. 제어 박스(1202)는 장치로부터 HMI 단말기(1206)로의 프로브 판독(probe readings)을 측정하고 중계할 수 있다. 점선(1216)은 장치의 반응기 부분들과 제어 박스(1202) 사이의 인터페이스 라인을 나타낸다.

[0093] 특허 청구범위의 범위 및 해석을 제한하지 않고, 본 명세서에 개시된 예시적 구현예들 중 하나 이상의 특정 기술적 효과들이 다음에 열거된다: 하나의 기술적 효과는, 더 빠른 원자층 증착 속도가 달성될 수 있도록 하는 새로운 유형의 증착 사이클이다(빠른 원자층 증착). 다른 기술적 효과는, 광자 노출로 인한 필요한 공정 온도의 하강이다. 또 다른 기술적 효과는, 제2 공정 가스를 전구체 가스 및 캐리어 가스 둘 다로서 사용함으로써 화학약품 사용을 단순화하는 것이다.

[0094] 앞에서 논의된 기능들 또는 방법 단계들 중 일부는 상이한 순서로 및/또는 서로 동시에 수행될 수 있음을 유의해야 한다. 또한, 앞에서 기술된 기능들 또는 방법 단계들 중 하나 이상은 선택적(optional)일 수 있거나 조합될 수 있다.

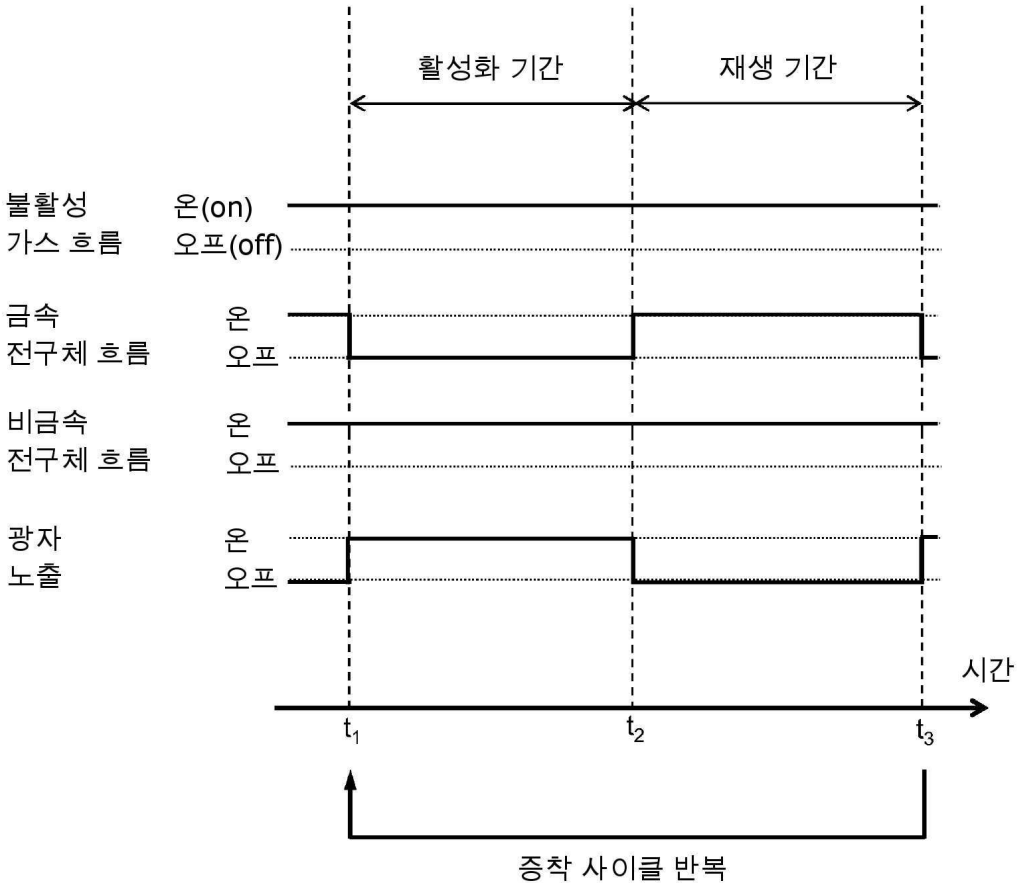
[0095] 이 출원의 문맥에서, 용어 ALD는 모든 적용 가능한 ALD 기반 기술 및 예를 들어 MLD(분자층 증착) 기술과 같은 임의의 균등하거나 밀접하게 관련된 기술을 포함한다.

[0096] 앞에서 기술된 상세한 설명은, 본 발명의 특정 실행예들 및 구현예들의 비제한적인 예로서, 본 발명을 수행하기 위해 본 발명자들에 의해 현재 고려되는 최상의 모드에 대한 완전하고 정보제공적인 설명을 제공한다. 그러나, 당해 기술분야의 통상의 기술자에게는, 본 발명이 상기 제시된 구현예들의 세부 사항에 제한되지 않으며, 또한, 본 발명이, 본 발명의 특징을 벗어나지 않으면서 균등한 수단을 사용하여 다른 구현예들에서 구현될 수 있다는 것이 명백하다. 금속 전구체 화학종은 제1 전구체 화학종에 대한 예로서 사용되고, 비금속 전구체 화학종은 제2 전구체 화학종에 대한 예로서 사용되었다는 것을 주목해야 한다. 그러나, 이는 제한적인 것으로 간주되어서는 안된다. 제1 전구체는 대안적으로 비금속 전구체일 수 있다. 양 전구체는 예를 들어, 비금속 전구체 등일 수 있다. 전구체의 선택은 특정 구현예 및/또는 원하는 코팅 재료에 의존적이다.

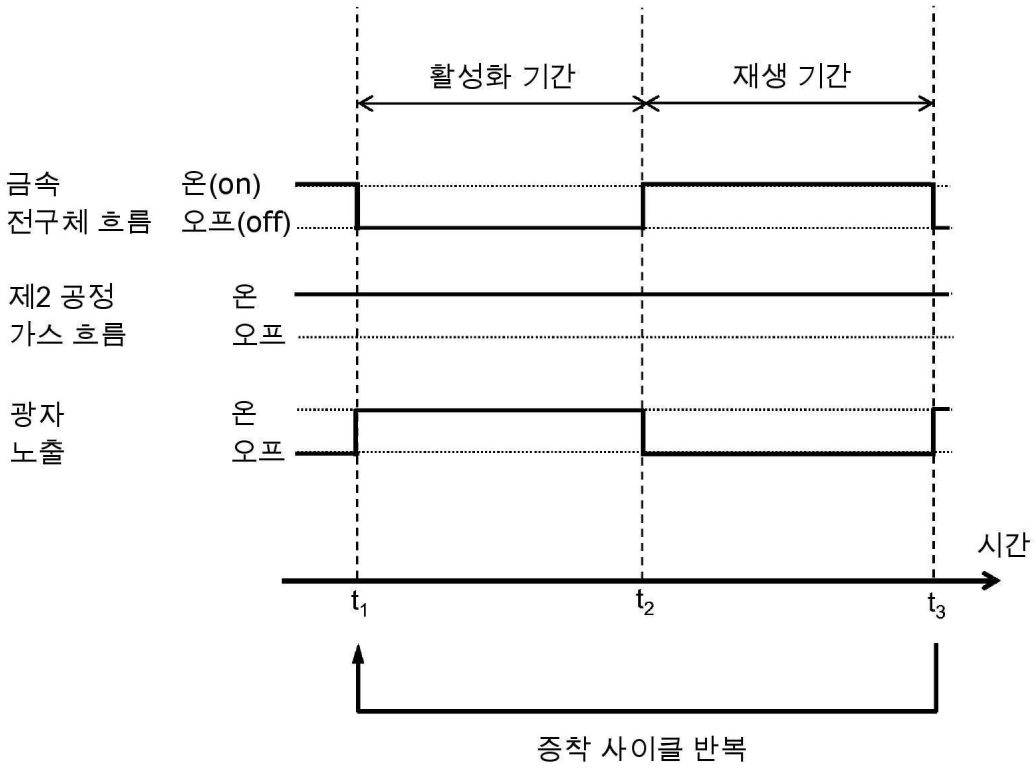
[0097] 또한, 본 발명의 상술한 구현예들의 특징들 중 일부는 다른 특징의 상응하는 사용없이 유리하게 사용될 수 있다. 이와 같이, 앞에서 기술된 설명은 단지 본 발명의 원리를 예시하기 위한 것으로 간주되어야 하며, 본 발명의 원리를 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다. 따라서, 본 발명의 범위는 첨부된 특허 청구범위에 의해서만 제한된다.

도면

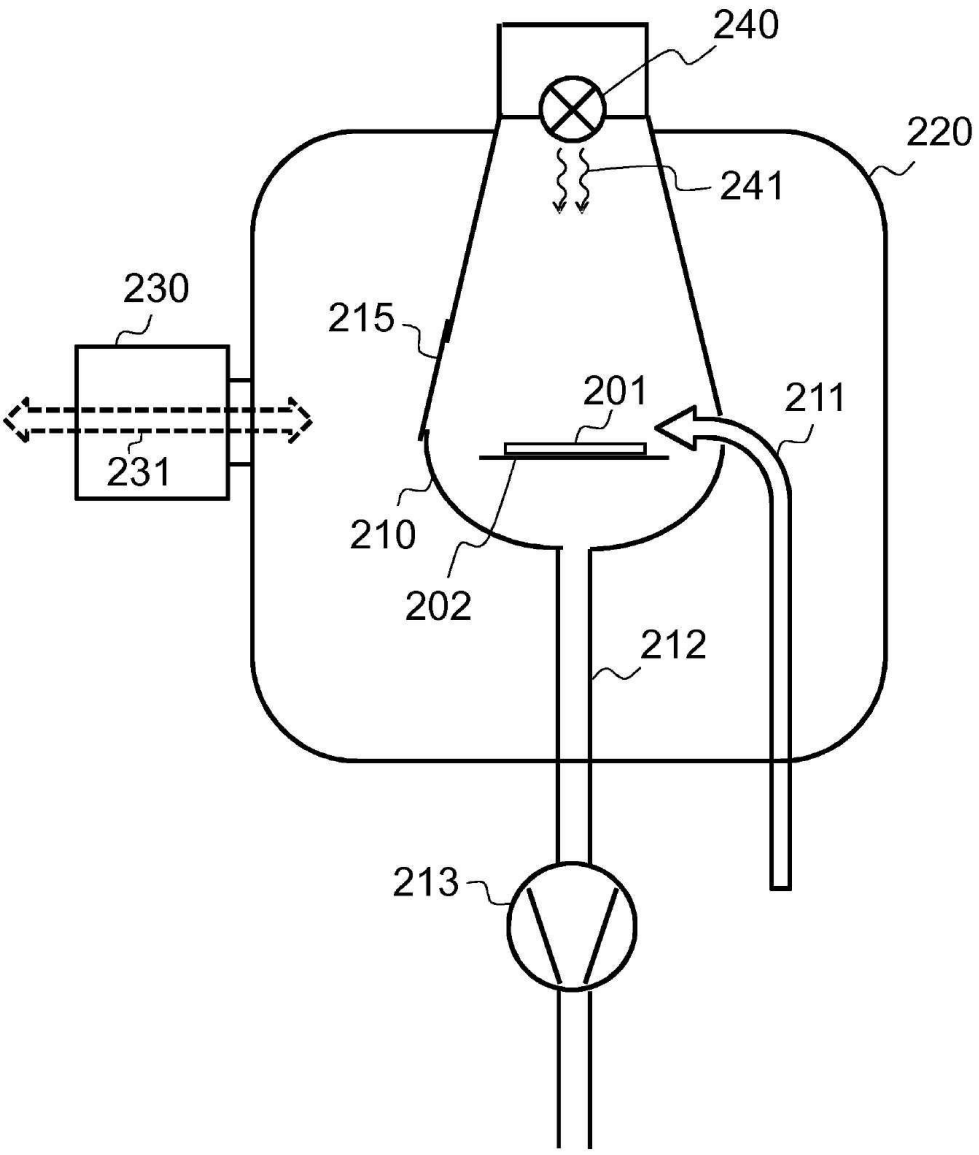
도면1



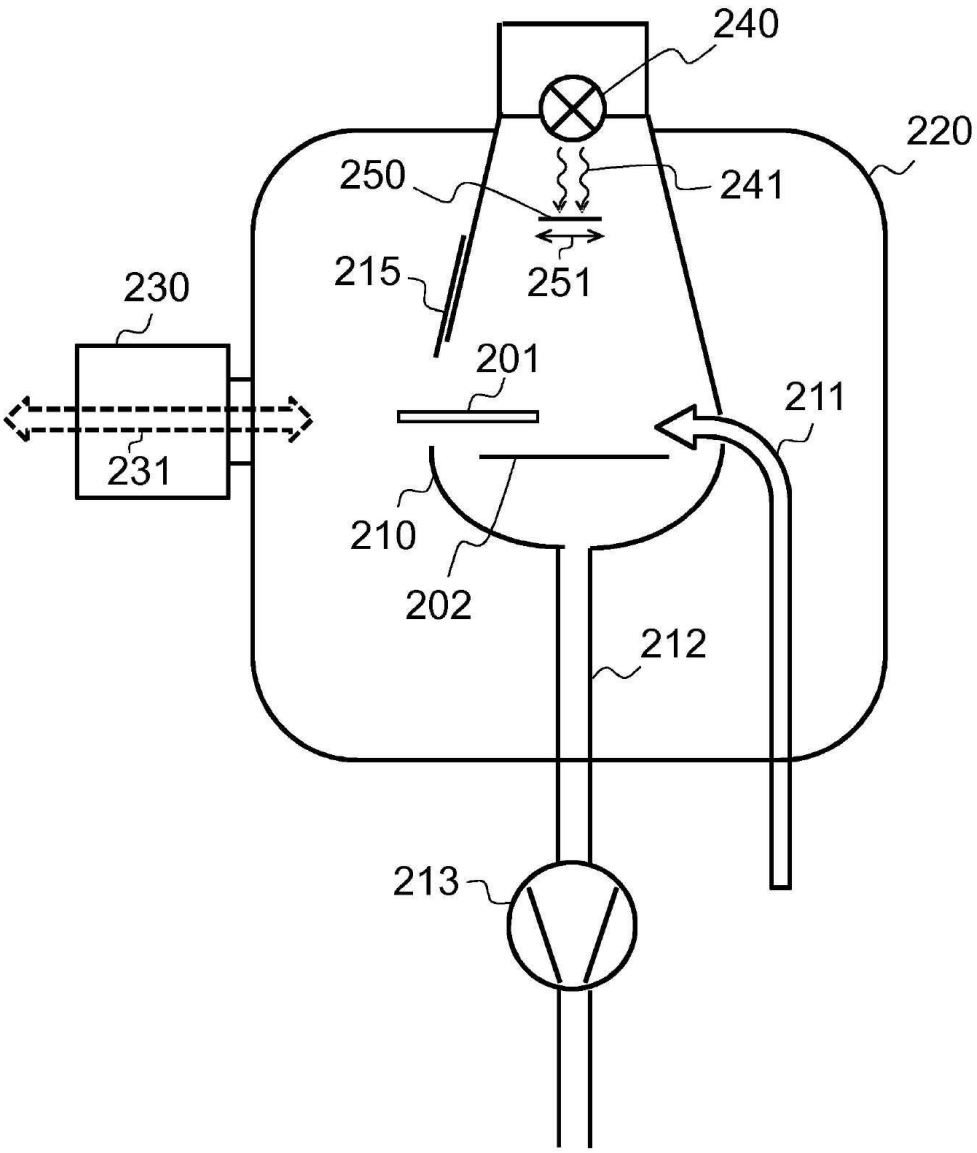
도면2


활성화 기간
재생 기간
금속
전구체 흐름
온(on)
오프(off)
제2 공정
가스 흐름
온
오프
광자
노출
온
오프
시간
t1
t2
t3
증착 사이클 반복

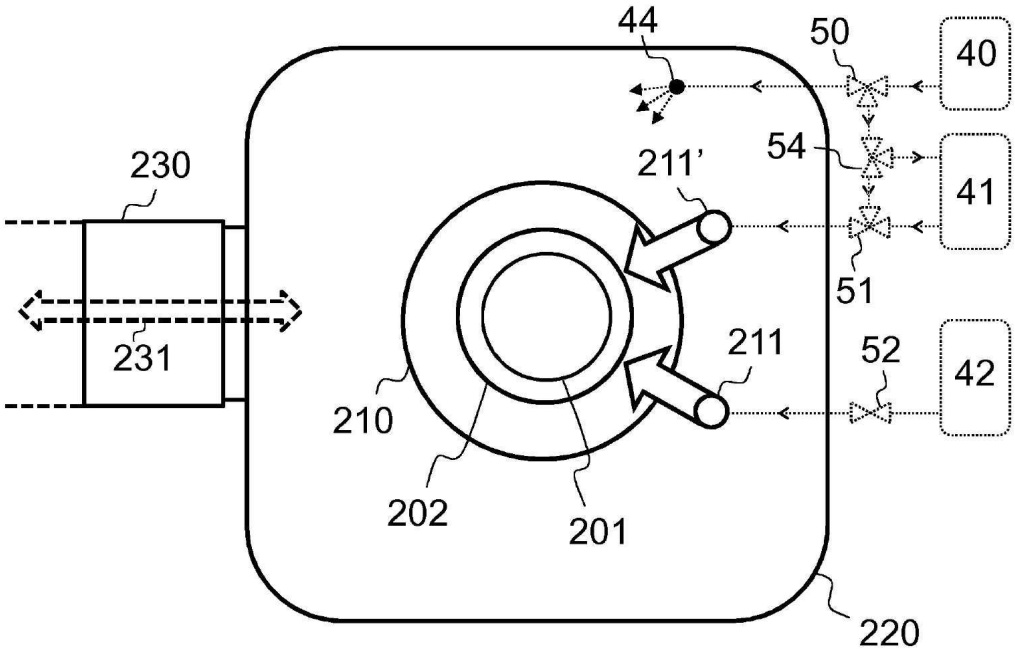
도면3



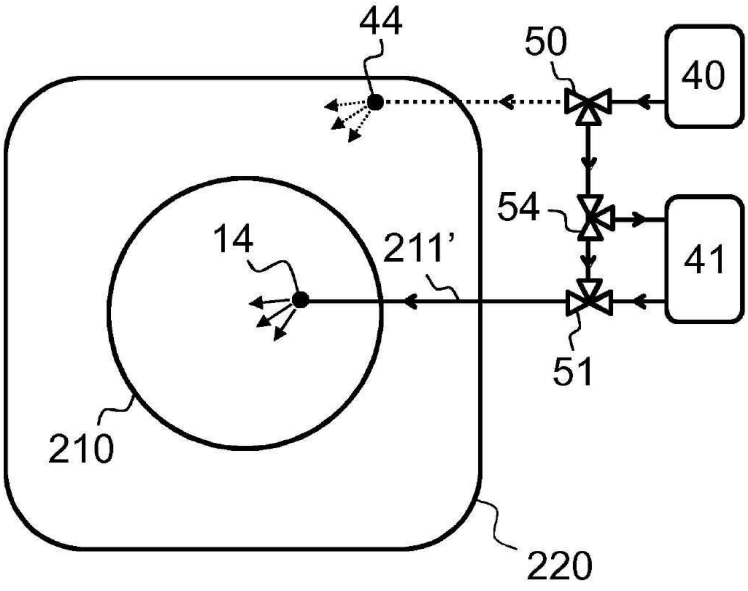
도면4



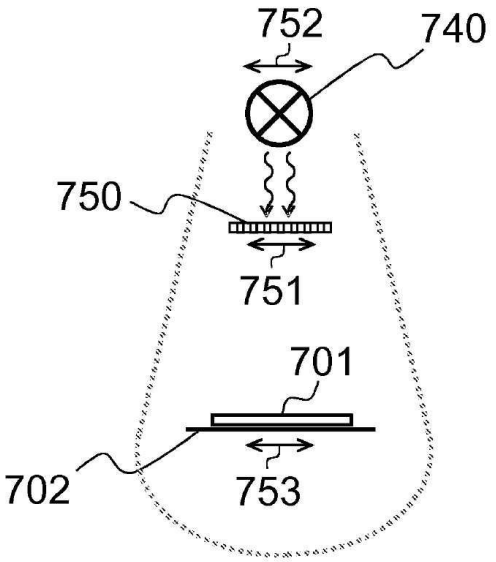
도면5


44
50
40
54
41
230
211'
51
231
211
52
42
210
202
201
220

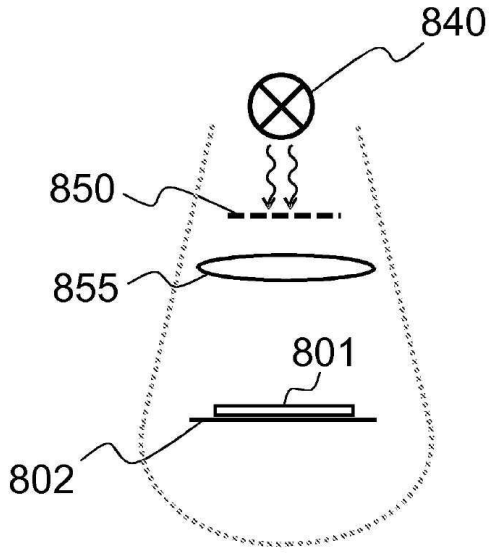
도면6


44
50
40
54
41
14
211'
51
210
220

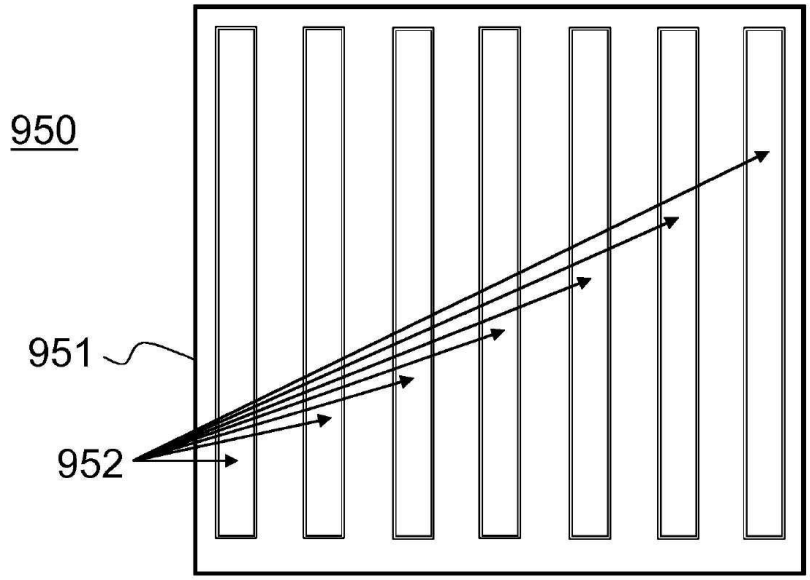
도면7



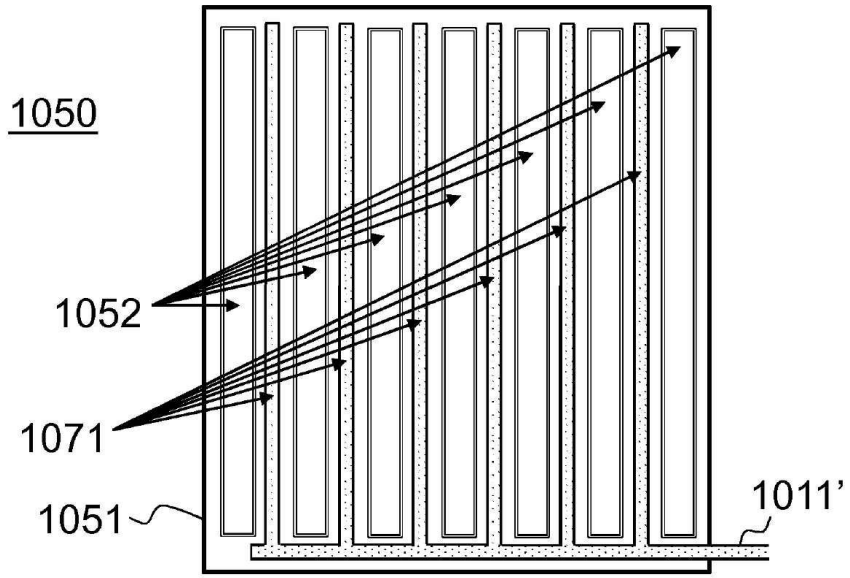
도면8



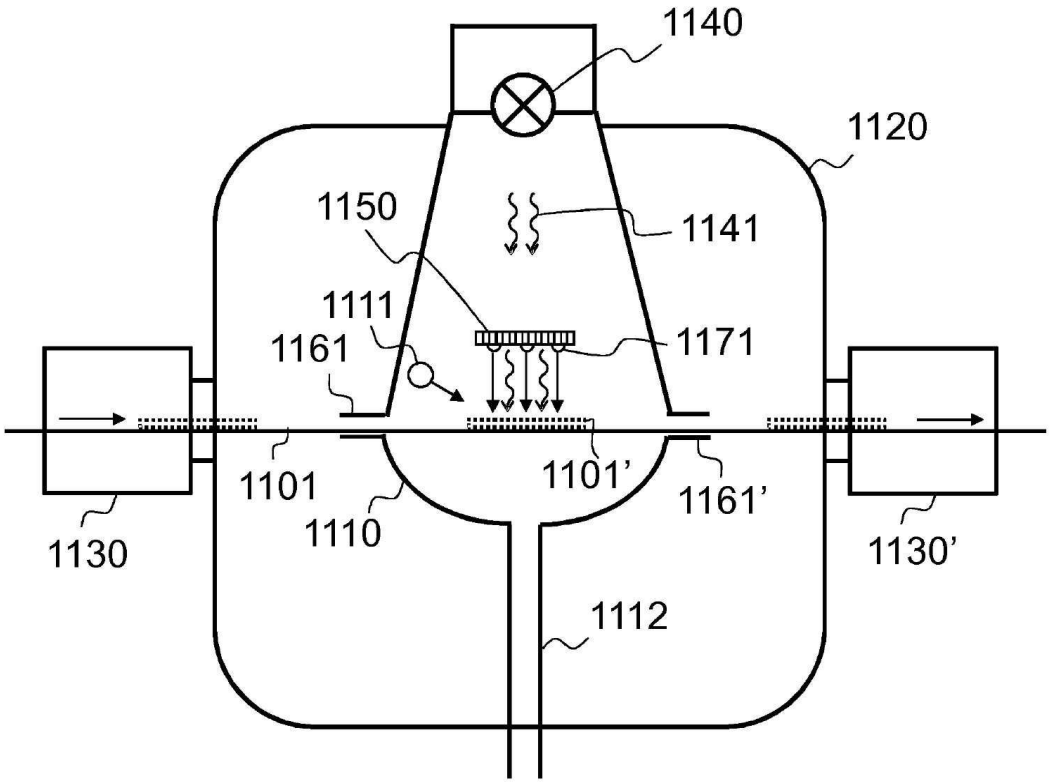
도면9



도면10



도면11


1140
1120
1150
1141
1111
1161
1171
1101
1101'
1161'
1110
1130
1130'
1112

도면12

