(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0151818
(43) 공개일자 2024년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/32 (2006.01) *C23C 14/04* (2006.01)
C23C 14/22 (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
C23C 14/50 (2006.01) *C23C 14/54* (2018.01)
C23C 16/04 (2006.01) *C23C 16/458* (2006.01)
C23C 16/503 (2006.01) *C23C 16/505* (2006.01)
C23C 16/515 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/325 (2013.01)
C23C 14/046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7031071
(22) 출원일자(국제) 2023년01월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월13일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/051148
(87) 국제공개번호 WO 2023/156117
국제공개일자 2023년08월24일
(30) 우선권주장
000162/2022 2022년02월18일 스위스(CH)

(71) 출원인
에바텍 아크티엔게젤샤프트
스위스 트뤼프바흐 9477, 하우프트스트라세 1에이
(72) 발명자
위크하트, 위르겐
리히텐슈타인 9496 발처스, 리틀 14
(74) 대리인
김학제, 문혜정

전체 청구항 수 : 총 39 항

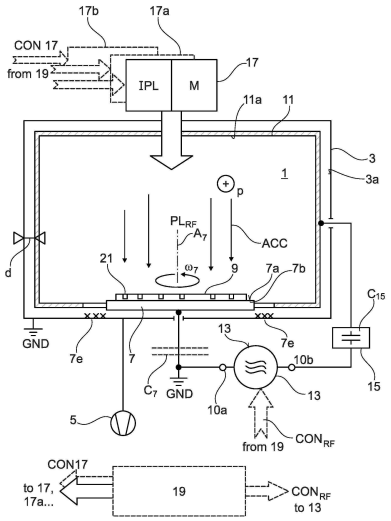
(54) 발명의 명칭 **기판, 특히 코팅될 표면에 압흔들을 포함하는 기판에 층을 증착하는 진공층 증착 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 내부 공간이 있는 진공 코팅 챔버; 기판에 증착될 재료의 전기적으로 양전하된 입자들을 내부 공간에 생성하도록 구성된 재료 공급원; 내부 공간에 노출된 확장된 금속 또는 유전체 재료 표면을 갖는 기판 홀더와 Rf 발생기의 제1 탭에 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결 가능하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결된 제1

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



전극: Rf 발생기의 제2 탭에 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결 가능하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결된 제2 전극:을 포함하는 Rf 플라즈마 공급원을 포함하는 진공층 증착 장치로서, 제1 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제1 전극 표면을 포함하고, 제1 전극 표면은 제1 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이고; 제2 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제2 전극 표면을 포함하고, 제2 전극 표면은 제2 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이며; 기판 홀더의 확장된 표면은 제1 전극 표면의 일부가 되고; 및 제2 전극 표면은 제1 전극 표면보다 적어도 1.5배 더 큰, 진공층 증착 장치에 관한 것이다. 본 발명은 또한 진공 공정에 의해 기판에 층을 증착하는 방법에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류
C23C 14/221 (2013.01)
C23C 14/3428 (2013.01)
C23C 14/3464 (2013.01)
C23C 14/3485 (2013.01)
C23C 14/3492 (2013.01)
C23C 14/352 (2013.01)
C23C 14/354 (2013.01)
C23C 14/50 (2013.01)
C23C 14/54 (2018.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

· 내부 공간이 있는 진공 코팅 챔버;

· 기판에 증착될 재료의 전기적으로 양전하된 입자들을 내부 공간에 생성하도록 구성된 재료 공급원(material source);

· 상기 내부 공간에 노출된 확장된 금속 또는 유전체 재료 표면을 갖는 기판 홀더(substrate holder);

· 다음을 포함하는 Rf 플라즈마 공급원으로서,

- Rf 발생기의 제1 탭(tap)에 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결 가능(Rf-connectable)하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결된(Rf-connected) 제1 전극:

- Rf 발생기의 제2 탭에 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결 가능하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결된 제2 전극:을 포함하는 Rf 플라즈마 공급원을 포함하는 진공층 증착 장치로서,

상기 제1 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제1 전극 표면을 포함하고, 상기 제1 전극 표면은 제1 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이고;

상기 제2 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제2 전극 표면을 포함하고, 상기 제2 전극 표면은 제2 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이며;

상기 기판 홀더의 확장된 표면은 제1 전극 표면의 일부가 되고; 및

상기 제2 전극 표면은 상기 제1 전극 표면보다 적어도 1.5배 더 큰, 진공층 증착 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기판 홀더와 상기 진공 코팅 챔버는 전기 접지 전위에 연결되는, 진공층 증착 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 진공층 증착 장치는 기판 홀더에 대한 이송 메커니즘을 포함하며, 상기 이송 메커니즘은 기판 홀더의 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 기판 홀더를 이송하도록 적용되는, 진공층 증착 장치.

청구항 4

제1항 내지 3항 중 어느 한 항에 있어서, 진공층 증착 장치는 상기 확장된 표면에 기판을 각각 로딩(load)하고, 확장된 표면으로부터 기판을 각각 언로딩(unload)하도록 적용된 로봇을 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 5

제1항 내지 4항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 전극의 적어도 일부는 상기 기판 홀더와 반대쪽으로 연장되어 상기 기판 홀더를 마주보는(facing), 진공층 증착 장치.

청구항 6

제1항 내지 5항 중 어느 한 항에 있어서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 재료 공급원과, 상기 재료 공급원으로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성된 추가 플라즈마 공급원을 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 추가 플라즈마 공급원은 추가 발생기의 탭들에 각각 전기적으로 작동적으로 연결되거나 또는 각각 전기적으로 연결 가능하고 상기 내부 공간에 노출된 제3 전극 및 제4 전극을 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제3 전극과 상기 제4 전극 중 하나는 상기 제2 전극과 공통인, 진공층 증착 장치.

청구항 9

제7항 또는 8항에 있어서, 상기 제3 전극 및 상기 제4 전극 중 하나는 상기 기판 홀더로부터 전기적으로 절연되어 있고 상기 기판 홀더 주위에 위치하는, 진공층 증착 장치.

청구항 10

제7항 내지 9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 추가 발생기는 DC 발생기 또는 펄스 DC 발생기인, 진공층 증착 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 추가 발생기는 HIPIMS 발생기인, 진공층 증착 장치.

청구항 12

제1항 내지 11항 중 어느 한 항에 있어서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은, 적어도 하나의 재료 공급원을 포함하며, 상기 적어도 하나의 재료 공급원은 적어도 하나의 가스 공급 라인을 포함하여 가스 재료를 내부 공간으로 방출하고, 특히 가스를 담고 있는 가스 탱크와 유동 연결된, 진공층 증착 장치.

청구항 13

제1항 내지 12항 중 어느 한 항에 있어서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 고체 또는 액체로부터 재료를 전달하는 적어도 하나의 공급원을 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 고체 재료를 전달하는 적어도 하나의 공급원은 음극 스퍼터 소스이고 음극 스퍼터 소스의 타겟은 추가 플라즈마 공급원의 하나의 전극인, 진공층 증착 장치.

청구항 15

제14항에 있어서, 음극 스퍼터 소스는 마그네트론 스퍼터 소스인, 진공층 증착 장치.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 마그네트론 스퍼터 소스는 평면 마그네트론 스퍼터 소스이거나 원통형 고체 재료 타겟을 구비한 마그네트론 스퍼터 소스이며, 원통형 타겟의 축을 중심으로 구동식으로 회전할 수 있는, 진공층 증착 장치.

청구항 17

제1항 내지 16항 중 어느 한 항에 있어서, 진공층 증착 장치는 Rf 발생기의 제어 입력에 작동적으로 연결되고 Rf 발생기의 온/오프(ON/OFF) 타이밍 및 Rf 발생기의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성된 공급원 제어기(source controller)를 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 18

제1항 내지 17항 중 어느 한 항에 있어서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 재료의 공급원 및 추가 플라즈마 공급원을 포함하는데, 추가 플라즈마 공급원은 재료의 공급원으로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성되고 전기 공급원에 작동적으로 연결되며, 진공층 증착 장치는 전기 공급원의 제어 입력에 작동적으로 연결된 공급원 제어기를 포함하며, 상기 공급원 제어기는 전기 공급원의 온/오프(ON/OFF) 타이밍 및 전기 공급원의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성되는, 진공층 증착 장치.

청구항 19

제18항에 있어서, 진공층 증착 장치는 두 개 이상의 재료 공급원을 포함하고, 공급원 제어기는 두 개 이상의 재료 공급원에 작동적으로 연결되고 두 개 이상의 재료 공급원의 상호(mutual) 온/오프 타이밍을 제어하도록 구성되는, 진공층 증착 장치.

청구항 20

제1항 내지 19항 중 어느 한 항에 있어서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 재료의 원료를 포함하고, 상기 재료 공급원으로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성된 추가 플라즈마 공급원은 각각 추가 생성기의 탭들에 각각 전기적으로 작동적으로 연결되거나 각각 전기적으로 연결될 수 있는 제3 전극 및 제4 전극을 포함하며, 상기 재료 공급원은 음극 스퍼터 공급원이고, 상기 음극 스퍼터 공급원의 타겟은 상기 제3 전극과 제4 전극 중 하나인, 진공층 증착 장치.

청구항 21

제1항 내지 20항 중 어느 한 항에 있어서, 진공층 증착 장치는 상기 진공 코팅 챔버 내의 코팅 위치로 기판을 이송하고 코팅 위치에서 기판을 꺼내도록 구성된 이송 메커니즘(transport mechanism)을 포함하며, 상기 기판 홀더는 상기 이송 메커니즘의 일부인, 진공층 증착 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 이송 메커니즘은 상기 코팅 위치 아래에 있는, 상기 기판 컨베이어의 확장된 표면에 평행한 평면을 따라 구동적으로 이동할 수 있는 컨베이어를 포함하고, 기판 홀더는 리프트와 협력(cooperating)하여 상기 기판 홀더를 컨베이어로부터 구동식으로 들어올려 기판 홀더 위의 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 이

동시키는, 진공층 증착 장치.

청구항 23

제1항 내지 22항 중 어느 한 항에 있어서, 진공층 증착 장치는, 기판을 기판 홀더에 로딩하고 기판을 기판 홀더로부터 언로딩하는 핸들링 로봇(handling robot)을 포함하는, 진공층 증착 장치.

청구항 24

제1항 내지 23항 중 어느 한 항에 있어서, 기판 홀더는 적어도 기판이 코팅 위치에 있는 위치에서, 전기 접지 전위에서 작동되는, 진공층 증착 장치.

청구항 25

· 진공 용기 내의 제1 전극 표면에 기판을 제공하는 단계;

· 기판에 증착될 재료의 전기적으로 양전하를 띤 입자들을 진공 용기 내에서 생성하는 단계;

· 제1 전극 표면과 제2 전극 표면 사이에 Rf 플라즈마를 생성하여 기판 표면을 향해 양전하 입자들을 방향성 있게(directionally) 가속하는 단계로서, 제2 전극 표면은 제1 전극 표면보다 최소 1.5배 더 큰, 양전하 입자들을 방향성 있게 가속하는 단계를 포함하는, 특히 코팅될 표면에 압흔들을 포함하는 기판에 진공 공정으로 층을 증착하는 방법 또는 진공 공정으로 증착된 층으로 코팅된 이러한 기판들을 제조하는 방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 증착 공정 동안 RF 플라즈마 방전을 간헐적으로(intermittently) 활성화하고 비활성화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 27

제25항 또는 26항에 있어서, 증착 공정 중에 시간에 따라 엇갈리게(staggered) 서로 다른 재료의 양전하 입자들을 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 28

제25항 내지 27항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 진공 용기 내에서 추가 플라즈마를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 제2 전극 표면을 추가 플라즈마를 생성하기 위한 하나의 전극 표면으로 활용하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 30

제25항 내지 29항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 진공 용기 내에 가스를 공급하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 31

제25항 내지 30항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 고체 또는 액체 재료로부터 재료를 진공 용기로 방출하는(freeing) 단계를 포함하는, 방법.

청구항 32

제25항 내지 31항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 적어도 하나의 고체 또는 액체 타겟을 음극 스퍼터링하는 단계, 특히 적어도 하나의 타겟을 마그네트론 스퍼터링하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 음극 스퍼터링하는 단계는 상기 기판 주위를 루핑하는(loops) 상기 타겟에 대한 상대 전극을 제공하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 34

제32항 또는 33항에 있어서, 적어도 하나의 타겟이 제2 전극의 전기적 전위에서 작동되는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 35

제25항 내지 34항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 마그네트론 스퍼터링하는 단계, 및 DC 또는 펄스 DC, 특히 HIPIMS 중 하나를 사용하여 마그네트론 스퍼터링을 전기적으로 공급하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 36

제25항 내지 35항 중 어느 한 항에 있어서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 평면 마그네트론 공급원과 축을 중심으로 구동식으로 회전 가능한 원통형 타겟을 구비한 마그네트론 공급원 중 적어도 하나를 사용하여 마그네트론 스퍼터링을 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 37

제22항 내지 32항 중 어느 한 항에 있어서, 기판을 기판 홀더에 제공하는 단계, 및 이송 메커니즘을 사용하여 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 및 기판이 코팅 위치에 있는 위치로부터 기판 홀더를 구동적으로 이동시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 38

제33항에 있어서, 이송 메커니즘의 컨베이어에 의해, 특히 상기 컨베이어의 단방향으로의 이동(one-directional movement)에 의해 기판을 진공 용기 안팎으로 이송하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 39

제22항 내지 34항 중 어느 한 항에 있어서, 로봇을 이용하여 기판을 기판 홀더에 로딩 및 언로딩하는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기판, 특히 코팅될 표면에 압흔들을 포함하는 기판에 층을 증착하는 진공층 증착 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 진공 공정에 의해 코팅할 표면에 핀홀(pinholes), 비아(vias), 트렌치(trenches)와 같은 홈이 있는 기판을 코팅하는 것은 까다로운 작업이다. 예를 들어, 미국등록특허 제7,381,657 B2호 또는 미국등록특허 제7,544,276 B2호에는 기판 홀더에 RF 바이어스를 사용하고 스퍼터링 공급원의 타겟 전극에 펄스 DC 전력을 공급하는 스퍼터 증착을 통한 여러 가지 접근 방식이 개시된다. 또한, 언급된 목적에 대하여 HIPIMS 스퍼터링, 즉 HPPMS 스퍼터링이 개시되는데, 즉, 매우 높은 피크 전류에서 실행되는 펄스 DC 스퍼터링, 매우 낮은 듀티 사이클, 펄스 반복 주기에 대한 펄스 온-타임(on-time)의 비율을 활용하는 것이다. 예를 들어, HIPIMS는 미국등록특허 제9,355,824호, 미국등록특허 제8,475,634호, 미국등록특허 제10,692,707 B2호에 개시된다.

[0003] **정의:**

[0004] · 두 개의 전극 사이에 적용되는 HIPIMS는, 본원과 청구항 전체에서 펄스 DC를 의미하며, 본원에서 듀티 사이클(한 펄스의 시간 범위에서 각각의 펄스 반복 주기의 시간 범위까지)은 0.01 내지 0.1이다. 따라서 지시된 듀티 사이클로 반복적으로 적용되는 펄스들은 다중 펄스의 각각의 패킷(packets)으로 대체될 수 있다. 예를 들어, 1 내지 90MHz 범위, 즉 13.56MHz의 주파수는 Rf를 의미한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 코팅될 표면에 특히 핀홀(pinholes), 비아(vias), 트렌치(trenches)와 같은 압흔(indentations)이 있는 기판의 진공 공정 코팅에 대한 대안적인 접근 방식을 제안하는 것으로, 이러한 압흔들의 벽도 코팅되어야 하며, 이러한 압흔들을 빈 공간 없이 채우고 캡슐화하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 이러한 목적은 본 발명에 의한

[0007] · 내부 공간이 있는 진공 코팅 챔버;

[0008] · 기판에 증착될 재료의 전기적으로 양전하된 입자들을 진공 코팅 챔버의 내부 공간에 생성하도록 구성된 재료 공급원;을 포함하는 진공층 증착 장치에 의해 해결된다:

[0009] 장치는 또한 다음을 포함한다:

[0010] · 상기 내부 공간에 노출된 확장된 금속 또는 유전체 재료 표면을 갖는 기판 홀더;

[0011] 다음을 포함하는 Rf 플라즈마 공급원:

[0012] · Rf 발생기의 제1 탭(tap)에 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결 가능(Rf-connectable)하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결된(Rf-connected) 제1 전극:

[0013] · Rf 발생기의 제2 탭에 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결 가능하거나 전기적으로 작동 가능하게 Rf로 연결된 제2 전극.

[0014] **정의:**

[0015] "전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결 가능" 또는 "전기적으로 작동 가능하게 RF 연결된"이라는 용어는 전기적으

로 연결 가능하거나 - 직접 또는 간접적으로 연결되어, 예를 들어, Rf 발생기에서 생성된 각각의 주파수의 특성들을 갖는 전기적 Rf 신호는 통과할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서, 이러한 전기적으로 작동적인 Rf 연결은 DC 신호와 Rf 신호 둘 다에 대한 것일 수도 있고, Rf 신호만에 대한 것일 수도 있으며, DC 신호는 차단될 수도 있다.

[0016] 언급된 제1 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제1 전극 표면을 포함한다.

[0017] 상기 제1 전극 표면은 제1 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이다.

[0018] 제2 전극은 금속 또는 유전체로 구성된 제2 전극 표면을 포함한다. 상기 제2 전극 표면은 제2 전극의 전체 표면 중 내부 공간에 자유롭게 노출되는 부분이다.

[0019] 이에 의해 기판 홀더의 확장된 표면은 제1 전극 표면의 일부가 되고 제2 전극 표면은 제1 전극 표면보다 적어도 1.5배 더 크다.

[0020] 진공 에칭 기술에 의하면, 더 큰 전극 표면 반대편에 있는 더 작은 전극 표면에 에칭될 기판을 제공하고, 이러한 전극 표면들에 Rf 발생기를 작동적으로 연결하는 기술이 알려져 있다. 언급된 전극 표면 사이에서 Rf 플라즈마 방전이 생성된다. 플라즈마 전위에서 작은 전극 표면으로의 전기적 전위 강하(drop)는 플라즈마 전위에서 큰 전극 표면으로의 전기적 전위 강하보다 크다. 이 현상은 쾨니히(Koenig)의 법칙으로 알려져 있으며, 예를 들어, 웰러디크(Wellerdieck)의 미국등록특허 제6,248,219호에 개시된다. 전기적 전위의 강하가 클수록 양전하를 띤 에칭 이온(일반적으로 Ar 이온)이 더 작은 전극 표면을 향해 가속되는 방향이 커진다. 따라서 작은 전극 표면에 증착된 기판은 주로 에칭되고, 큰 전극 표면은 주로 작은 전극에서 에칭된 재료로 코팅된다.

[0021] 본 발명에 따르면, 기판 홀더의 확장된 금속 또는 유전체 재료 표면이 제2 전극 표면에 비해 더 작은 제1 전극 표면의 일부라는 사실에 의해, 둘 다 각각 Rf 발생기의 탭에 작동적으로 연결되거나 작동적으로 연결될 수 있어, 그 사이에 Rf 플라즈마를 생성하고, 양전하 입자가 더 작은 제1 전극 표면을 향해, 그리고 기판 홀더 위의 기판을 향해 방향성이 있는 가속(directional acceleration) 현상을 독창적으로 이용하여 기판에 증착될 재료의 양전하 입자들을 방향성이 있게 가속하도록 한다.

[0022] 기판에 증착될 재료의 양전하 입자가 방향성이 있게 가속되면 기판 표면에도 압흔 코팅이 형성된다.

[0023] 따라서 에칭 목적으로 잘 알려진 기술이 코팅 목적, 특히 압흔 코팅에 매우 적합한 것으로 밝혀졌다.

[0024] 일 실시예에서, 제1 전극 및 기판 홀더와 진공 코팅 챔버는 진공 코팅 장치의 접지 전위에 연결되는데, 장치는 기판 이송 및/또는 기판 홀더에서의 기판 교환이 각각의 접지 전위에서 수행되므로 아크 문제들과 전기장의 교란을 피할 수 있다는 장점이 있다. 기판 홀더는 기판 이송 메커니즘의 일부가 될 수도 있고 기판을 진공 코팅 챔버 장치로 이송하거나 진공 코팅 챔버 장치로부터 기판을 이송하는 역할을 할 수도 있으며, 진공 코팅 챔버 장치에 직접 제공된 단방향 또는 양방향으로 제공되는 로드 잠금 장치를 통해 및/또는 원격 주변-진공 인터페이스(remote ambient-to-vacuum interfaces)에 제공되는 단방향 또는 양방향으로 제공되는 로드 잠금 장치를 통해, 기판을 진공 코팅 챔버 장치로 이송하거나 진공 코팅 챔버 장치로부터 기판을 이송하는 역할을 할 수 있다.

[0025] 따라서, 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 기판 홀더에 대한 이송 메커니즘을 포함하는데, 이러한 이송 메커니즘은 기판 홀더의 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 기판 홀더를 이송하고, 각각의 위치로부터 기판 홀더를 이송하도록 적용된다.

[0026] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 기판 홀더의 확장된 표면에 기판을 각각 로딩(load)하고, 기판 홀더의 확장된 표면으로부터 기판을 각각 언로딩(unload)하도록 적용된 로봇을 포함한다.

[0027] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 제2 전극의 적어도 일부는 기판 홀더와 반대쪽으로 연장되어 기판 홀더를 마주보고 있다.

[0028] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 재료 공급원과, 상기 재료 공급원으로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성된 추가 플라즈마 공급원을 포함한다.

[0029] 이 실시예에서는 추가 플라즈마 공급원이 제공되는데, 왜냐하면 장치의 일부 응용 프로그램에서는, 제1와 제2 전극 표면 사이에 생성되는 Rf 플라즈마가 재료 공급원으로부터 전달된 재료를 충분히 이온화하지 못하여, 진공 코팅 챔버의 내부 공간으로 재료 공급원으로부터 전달된 각각의 재료의 전기적으로 양전하된 입자들의 원하는 밀도를 생성하지 못하기 때문이다.

[0030] 언급된 추가 플라즈마 공급원이 예를 들어, 마이크로파 플라즈마 공급원과 같은 다양한 알려진 유형의 플라즈마 공급원 중 하나일 수 있다는 사실에도 불구하고, 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에 따르면, 추가 플라즈마 공급원은 추가 발생기의 탭들에 각각 전기적으로 작동적으로 연결되거나 또는 각각 전기적으로 연결 가능하고 진공 코팅 챔버의 내부 공간에 노출된 제3 전극과 제4 전극을 포함한다.

[0031] 사실, 제3와 제4 전극 중 하나는 제2 전극과 공통이므로, 진공 코팅 챔버의 내부 공간에 자유롭게 노출된 하나의 전극 표면을 활용하여 제2 전극 표면을 확대한다.

[0032] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 앞서 언급된 바와 같이, 제3 전극과 제4 전극 중 하나는 기판 홀더로부터 전기적으로 절연되어 있고 기판 홀더 주위에 위치한다.

[0033] 이에 따라 추가 플라즈마가 기판에 인접한 반응 공간 전체에 퍼지고(spread), 각각의 전기적 극성이 하나의 전극에 적용되면, 코팅될 기판으로부터 전자들이 밀어내어질(drawn) 수 있다.

[0034] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 앞서 언급된 추가 발생기는 DC 또는 펄스 DC 발생기이고, 일 실시예에서는 HIPIMS 발생기이다.

[0035] 이러한 유형의 추가 발생기에서 생성된 플라즈마는 기판에 증착되고 재료 공급원에 의해 전달되는 재료의 전기적으로 양전하된 입자들을 고밀도로 생성하는 데 가장 적합하다.

[0036] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 적어도 하나의 재료 공급원을 포함하며, 상기 적어도 하나의 재료 공급원은 적어도 하나의 가스 공급 라인을 포함하여 가스 재료를 내부 공간으로 방출하고, 특히 반응성 가스인 가스를 담고 있는 가스 탱크와 유동 연결되어 있다.

[0037] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 고체 또는 액체로부터 재료를 전달하는 적어도 하나의 공급원을 포함한다.

[0038] 따라서 기판에 증착된 재료는 예를 들어, PECVD 증착 공정에서와 같이 Rf 플라즈마 및/또는 추가 플라즈마의 효과에 의해 반응하고 전기적으로 양전하를 띠는 기체 재료를 기반으로 하거나, 또는 예를 들어, 음극 스퍼터 증착 공정이나 열 또는 전자빔 증발에 의한 증착 공정에서 제공되는 Rf 플라즈마 및/또는 추가 플라즈마의 효과에 의해 전기적으로 양전하를 띠는 고체 재료를 기반으로 한다. 음극 스퍼터링 증착 공정에서 추가 플라즈마는 음극 스퍼터링 공정에 의해 생성되는 플라즈마이다. 재료 공급원에서 전달되는 재료는 고체 또는 액체로부터 유래될 수 있다. 예를 들어, 음극 스퍼터링은 고체 재료 타겟에서 수행될 수 있지만, Ga, In, Hg와 같이 일부 재료의 경우 액체 재료 타겟에서도 수행될 수 있다.

[0039] 이 두 가지 접근 방식들을 결합하는 작업은 각각의 반응성 공정에서 수행되는데, 여기서 고체 재료가 반응성 가스와 반응하며, 반응성 음극 스퍼터링, 반응성 열 또는 전자빔 증발이 이에 해당한다.

[0040] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 고체 재료를 전달하는 적어도 하나의 공급원은 음극 스퍼터 소스이고 음극 스퍼터 소스의 타겟은 추가 플라즈마 공급원의 하나의 전극이다.

[0041] 따라서, 음극 스퍼터 소스는 한편으로는 증착될 고체 재료를 생성하고, 다른 한편으로는 음극 스퍼터 소스의 플라즈마는 스퍼터링된 재료를 이온화한다.

[0042] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 음극 스퍼터 소스는 마그네트론 스퍼터 소스이다.

[0043] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 마그네트론 스퍼터 소스는 평면 마그네트론 스퍼터 소스이거나 원통형 고체 재료 타겟을 구비한 마그네트론 스퍼터 소스이며, 원통형 타겟의 축을 중심으로 구동식으로 회전할 수 있다.

[0044] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, Rf 발생기의 제어 입력에 작동적으로 연결되고 Rf 발생기의 온/오프(ON/OFF) 타이밍 및 Rf 발생기의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성된 공급원 제어기(source controller)를 포함한다.

[0045] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 재료 공급원은 재료의 공급원 및 추가 플라즈마 공급원을 포함하는데, 추가 플라즈마 공급원은 재료의 공급원으로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성되고 전기 공급원에 작동적으로 연결된다.

[0046] 이 실시예는 또한 전기 공급원의 제어 입력에 작동적으로 연결된 공급원 제어기를 포함하며, 공급원 제어기는 전기 공급원의 온/오프(ON/OFF) 타이밍 및 전기 공급원의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성된다.

[0047] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 두 개 이상의 재료 공급원을 포함하고, 공급원 제어기는 두 개 이상의 재료 공급원에 작동적으로 연결되고 두 개 이상의 재료 공급원의 상호 온/오프 타이밍을 제어하도록 구성된다.

[0048] 따라서, 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서는 다음 특징들 중 하나 이상이 제공된다:

[0049] · 이 실시예는 각각 전기적으로 양전하된 입자들을 생성하도록 구성된 하나 이상의 재료 공급원과 공급원 제어기를 포함하는데, 공급원 제어기는 각각 두 개 이상의 재료 공급원에 작동적으로 연결되어 있으며 각각의 두 개 이상의 재료 공급원의 상호 온/오프 타이밍 및/또는 각각의 재료 공급원에서 출력되는 전기적으로 양전하된 입자의 속도를 제어하도록 구성된다;

[0050] · 하나 이상의 재료 공급원 중 적어도 일부는 각각 재료 공급원과 추가 플라즈마 공급원을 포함하며, 추가 플라즈마 공급원은 각각의 재료 공급원로부터 전달된 재료를 이온화하도록 구성되는데, 플라스마 공급원은 전기 공급 공급원에 작동적으로 연결되고, 공급원 제어기를 포함하며, 이 공급원 제어기는 각각의 전기 공급원의 제어 입력에 작동적으로 연결되고 각각의 전기 공급 공급원의 온/오프 타이밍과 각각의 전기 공급원의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성된다.

[0051] · 공급원 제어기는 Rf 발생기의 제어 입력에 작동적으로 연결되고 Rf 발생기의 온/오프 타이밍 및 Rf 발생기의 출력 전력 중 적어도 하나를 제어하도록 구성된다.

[0052] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 진공 코팅 챔버 내의 코팅 위치로 기판을 이송하고 코팅 위치에서 기판을 꺼내도록 구성된 이송 메커니즘을 포함하며, 상기 기판 홀더는 상기 이송 메커니즘의 일부이다.

[0053] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 이송 메커니즘은 상기 코팅 위치 아래에 있는, 상기 기판 컨베이어의 확장된 표면에 평행한 평면을 따라 구동적으로 이동할 수 있는 컨베이어를 포함하고, 상기 기판 홀더는 리프트와 협력(cooperating)하여 상기 기판 홀더를 컨베이어로부터 구동식으로 들어올려 기판 홀더 위의 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 이동시킨다.

[0054] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서 기판을 기판 홀더에 로딩하고 기판을 기판 홀더로부터 언로딩하는 핸들링 로봇을 포함한다.

[0055] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에서, 기판 홀더는 적어도 기판이 코팅 위치에 있는 위치에서, 전기 접지 전위에서 작동된다.

[0056] 언급된 각각의 실시예는 모순되지 않는 한, 다른 실시예 중 하나 이상과 조합하여 실시될 수 있다.

[0057] 본 발명의 목적은 기판, 특히 코팅될 표면에 압흔들을 포함하는 기판에 진공 공정으로 층을 증착하거나, 진공 공정으로 증착된 층으로 코팅된 이러한 기판들을 제조하는 방법에 의해 더욱 해결되며, 이는 다음을 포함한다:

[0058] · 진공 용기 내의 제1 전극 표면에 기판을 제공하는 단계;

[0059] · 기판에 증착될 재료의 전기적으로 양전하를 띤 입자들을 진공 용기 내에서 생성하는 단계;

[0060] · 제1 전극 표면과 제2 전극 표면 사이에 Rf 플라즈마를 생성하여 기판 표면을 향해 양전하 입자들을 방향성 있게(directionally) 가속하는 단계로서, 제2 전극 표면은 제1 전극 표면보다 최소 1.5배 더 큰, 양전하 입자들을 방향성 있게 가속하는 단계.

[0061] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 증착 공정 동안 RF 플라즈마 방전을 간헐적으로(intermittently) 활성화하고 비활성화하는 단계를 포함한다.

[0062] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 증착 공정 중에 시간에 따라 엇갈리게(staggered) 서로 다른 재료의 양전하 입자들을 생성하는 단계를 포함한다.

[0063] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 양전하 입자들을 생성하는 단계는 진공 용기 내에서 추가 플라즈마를 생성하는 단계를 포함한다.

[0064] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 제2 전극 표면을 추가 플라즈마를 생성하기 위한 하나의 전극 표면으로 활용하는 단계를 포함한다.

[0065] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 양전하 입자들을 생성하는 단계는 진공 용기 내에 가스를 공급하는 단계를 포함한다.

[0066] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 고체 또는 액체 재료로부터 재료를 진

공 용기로 방출하는(freeing) 단계를 포함한다.

[0067] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 적어도 하나의 고체 재료 또는 액체 재료 타겟을 음극 스퍼터링하는 단계, 특히 적어도 하나의 타겟을 마그네트론 스퍼터링하는 단계를 포함한다.

[0068] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 음극 스퍼터링하는 단계는 기판 주위를 루핑하는(loops) 타겟에 대한 상대 전극을 제공하는 것을 포함한다.

[0069] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 적어도 하나의 타겟은 제2 전극의 전기적 전위에서 작동된다.

[0070] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 마그네트론 스퍼터링하는 단계, 및 DC, 펄스 DC, 특히 HIPIMS 중 하나를 사용하여 스퍼터링을 전기적으로 공급하는 단계를 포함한다.

[0071] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 양전하 입자들을 생성하는 단계는 평면 마그네트론 공급원과 축을 중심으로 구동식으로 회전 가능한 원통형 타겟을 구비한 마그네트론 공급원 중 적어도 하나를 사용하여 마그네트론 스퍼터링을 수행하는 단계를 포함한다.

[0072] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예는 기판을 기판 홀더에 제공하는 단계, 및 이송 메커니즘을 사용하여 기판이 코팅 위치에 있는 위치로 및 기판이 코팅 위치에 있는 위치로부터 기판 홀더를 구동적으로 이동시키는 단계를 포함한다.

[0073] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서, 이송 메커니즘의 컨베이어에 의해, 특히 상기 컨베이어의 단방향으로의 이동(one-directional movement)에 의해 기판을 진공 용기 안팎으로 이송하는 단계를 포함한다.

[0074] 본 발명에 따른 방법의 일 실시예에서 로봇을 이용하여 기판을 기판 홀더에 로딩 및 언로딩하는 단계를 포함한다.

[0075] 대형 코팅 기계에서는 제2 전극이 커질 수 있으므로 진공 코팅 챔버의 접지된 벽들의 용량이 너무 높아져 문제가 될 수 있다는 것에 유의해야 한다. 이 경우 제2 전극과 접지된 벽 사이에 전기적으로 부유(floating)하는 금속 중간층들을 사용하는 것이 좋다.

[0076] 본 발명에 따른 방법의 각각의 변형은 모순되지 않는 한, 하나 이상의 다른 변형과 결합하여 실현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0077] 본 발명에 따른 장치 및 방법은 이제 도면을 참조하여 더욱 구체적으로 설명된다. 도면은 다음을 도시한다:

도 1은 본 발명에 따른 장치의 일반적인 원리적 실시예를 개략적이고 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법을 작동시키는 것을 도시한다.

도 2는 시간 축에 따른 도 1에 따른 장치 및 방법의 가능한 작동 방식을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 변형을 작동시켜 기체 상태에서 기판에 증착될 재료를 생성하는 것을 도시한 것으로, 예를 들어, PECVD이다.

도 4는 본 발명에 따른 방법을 작동시키는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예의 공통 전극을 개략적으로 단순화하여 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이며, 기판에 증착될 재료를 생성하는 단계는 기체 상태에서 재료를 생성하는 단계를 포함한다.

도 6은 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이며, 기판에 증착될 재료를 생성하는 단계는 음극 스퍼터링을 사용하여 고체상에서 재료를 생성하는 단계를 포함한다.

도 7은 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이며, 두 개 이상의 음극 스퍼터링 공급원을 포함한다.

도 8은 펄스 DC로 공급되는 다중 플라즈마를 이용한 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에 의한 작동 방식을 도 2와 유사하게 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예의 일부를 도 7과 유사하게 도시한 도면으로 본 발명에 따른 방법의 작

동 변형예를 나타낸다.

도 10은 본 발명에 따른 장치의 실시예에 적용 가능한 원통형 타겟을 갖는 스퍼터링 공급원을 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이며, 하나 이상의 음극 스퍼터링 공급원로 실현된다.

도 11은 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 기울어진 평면 타겟을 포함하는 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이다.

도 12는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 기울어진 원통형 타겟을 포함하는 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이다.

도 13 및 14는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예에 적용 가능한 전극 표면을 확대한 전극의 모양을 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법의 작동 변형예이다.

도 15는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면으로, 기판 홀더는 이송 메커니즘의 일부이다.

도 16는 기판이 로봇에 의해 기판 홀더에 로딩되고 기판 홀더로부터 언로딩되는 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0078] 도 1은 본 발명에 따른 장치의 일반적인 원리에 의일 실시예를 개략적이고 단순화하여 도시한 도면으로, 본 발명에 따른 방법을 작동시키는 것을 나타낸다.

[0079] 진공 펌프(5)에 의해 펌핑되는 진공 코팅 챔버(3)의 내부 공간(1) 안에는, 코팅할 기판(9)이 도포되지 않은 경우에, 내부 공간(1)에 자유롭게 노출되는 확장된 표면(7a)을 갖는 기판 홀더(7)가 제공된다. 기판 홀더(7)의 본체(7b)는 금속으로 되어 있고, 기판(9)이 그 위에 존재하지 않는 한, 내부 공간(1)에 노출되는 기판 홀더(7)의 확장된 표면(7a)은 금속으로 제조될 수도 있고, 기판 홀더(7)의 금속 본체(7b) 위의 유전체 층 표면일 수도 있다. 후자의 경우, 이러한 층은 예를 들어, Rf 발생기(13)에 의해 생성된 13.56MHz의 Rf 주파수에서 무시할 수 있는 전기 임피던스를 나타낸다.

[0080] 제1 전극은 기판 홀더(7)를 포함하므로 이를 기판 홀더/제1 전극(7)이라고 칭한다. 제1 전극 표면은 기판(9)이 기판 홀더/제1 전극(7)에 증착되지 않는 한 확장된 표면(7a)을 포함한다. 기판 홀더/제1 전극(7)의 금속 본체(7b)는 Rf 발생기(13)의 하나의 탭(10a)에 작동적으로 전기적으로 Rf 연결되거나 Rf 연결 가능하다.

[0081] 기판 홀더(7)는 기판을 위한 이송 메커니즘의 일부일 수도 있고 로봇에 의해 로딩/언로딩될 수도 있으며, 이때 진공 코팅 챔버(3)가 기판 홀더(7)와 동일한 전기적 전위에서 작동된다는 장점이 있다. 이렇게 하면 이송 장치에서 전기 절연체를 사용할 필요가 없고 기생 플라즈마(parasitic plasma) 방전의 위험도 최소화할 수 있다.

[0082] 기판(9)을 처리하기 위한 일 실시예가 도 15 및 도 16에 개략적이고 단순화되어 도시되며, 이하 설명될 것이다.

[0083] 본 발명에 따른 장치의 작동에 있어서, 만일 기판(9)이 -유전체 재료(dielectric material)로 이루어졌거나 유전체 재료로 덮여 있거나 본 발명에 따른 장치의 작동에 의해 유전체 재료로 코팅되거나 전기 전도성 재료로 이루어졌거나- 기판 홀더/제1 전극(7)에 증착되는 경우, 내부 공간(1)에 노출된 기판(9)의 표면은, 기판 홀더/제1 전극(7)의 확장된 표면(7a)의 일부 대신에 적어도 제1 전극 표면의 일부가 된다. 이는 유전체 재료 층 또는 기판이 Rf 발생기(13)에 의해 적용된 Rf 신호에 대해 무시할 수 있는 임피던스를 나타내기 때문이다. 기판 홀더/제1 전극(7)의 확장된 표면(7a)에 더하여, 내부 공간(1)에 자유롭게 노출되고 Rf 발생기(13)의 하나의 탭(10a)에 전기적으로 작동 가능하게 Rf 연결 가능하거나 이에 연결된 추가 금속 또는 유전체 박막 코팅 표면 영역들이 존재하는 경우에, 이러한 영역들은 제1 전극 표면의 일부이기도 하다. 예를 들어, 도 1에 개략적으로 도시된 바와 같이, 진공 코팅 챔버(3)의 벽(3a)과 탭(10a)이 전기 접지 전위(GND)에 있는 경우, 벽(3a)의 영역(7e)은 제1 전극 표면의 일부가 된다.

[0084] 이러한 영역(7e)이 제1 전극 표면에 미치는 영향은 이러한 영역을 그리드(grids) 또는 라멜라(lamellas)로 구현하고 이러한 그리드 또는 라멜라 영역(7e)을 통해 내부 공간(1)으로 가스를 펌핑하거나 공급함으로써 상당히 감소될 수 있다.

[0085] 제2 전극(11)은 Rf 발생기(13)의 제2 탭(10b)에 전기적으로 작동적으로 Rf 연결 가능하거나 또는 이에

연결된다. 제2 전극(11)은 내부 공간(1)에 노출된 제2 전극 표면(11a)을 갖고, 이 표면은 금속이거나 금속 전극 본체의 유전체 필름 표면이며, 이는 확장된 표면(7a)을 포함하는 제1 전극과 관련하여 상술된 바와 같다.

[0086] 제2 전극과 탭(10b)의 전기적 작동 Rf 연결은 일 실시예에서 매치박스(matchbox)(15)를 통해 설정되고, 예를 들어, 매치박스(15)에 통합된 용량(C15)에 의해 개략적으로 표시된 것처럼 DC 차단된다. 탭(10a)과 기판 홀더/제1 전극(7) 사이에도 DC 차단 커패시턴스(C7)가 제공될 수 있다.

[0087] 제1 전극 표면과 제2 전극 표면 사이에는 Rf 플라즈마, PL_{RF}가 생성된다. 제2 전극 표면(11a)은 제1 전극 표면보다 적어도 1.5배 이상 크다. 따라서 기판(9)에 증착될 재료의 양전하 입자(p)는 화살표 ACC로 개략적으로 표시된 바와 같이, Rf 플라즈마 PL_{RF}에서 기판(9) 표면을 향하여 방향성 있게 가속된다.

[0088] 기판(9)에 증착될 재료의 재료 입자들을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 재료 공급원(17)이 제공되며, 각각의 입자들은 전기적으로 양전하를 띠고 진공 코팅 챔버(3)의 내부 공간(1)에 퍼져 있다.

[0089] 이러한 재료 공급원(17)은 한편으로는 기체 또는 고체 재료를 제공하고, 후자는 증발되거나 음극 스퍼터링되고, 다른 한편으로는 기체 재료를 반응시키고 이온화하거나 증발되거나 음극 스퍼터링된(sputtered off) 고체를 이온화하기 위한 이온화 플라즈마(ionizing plasma)를 제공한다. 동일한 플라즈마가 고체 재료를 증발시키거나 음극 스퍼터링하고 이온화하는 데 이용될 수 있다.

[0090] 재료 공급원(17)의 두 가지 기본적인 작업은 한편으로는 이온화 플라즈마에 대한 IPL에 의해, 다른 한편으로는 이온화될 재료를 제공하기 위한 M에 의해 도 1에서 개략적으로 설명된다.

[0091] 점선으로 표시된 바와 같이, 특히 서로 다른 재료에 대해 두 개 이상의 이러한 재료 공급원(17),(17a),… 이 제공될 수 있다. 따라서 동일한 이온화 플라즈마 IPL이 각각의 재료 공급원(17a),(17b),…의 전기적으로 양전하를 띤 다른 재료들 Ma, Mb,…(도면 1에 미도시)에 활용될 수 있거나, 다양한 이온화 플라즈마 IPLa, IPLb,…이 각각 재료 공급원(17a),(17b),…에 전용으로 사용될 수 있다. 다양한 이온화 플라즈마는 강도들만 다를 수 있다.

[0092] 도 1의 점선으로 표시된 바와 같이 공급원 제어기(19)가 제공될 수 있다. 공급원 제어기(19)는 도 1에 개략적으로 표시된 바와 같이 제어 연결들(CON 17)에 의해 구성될 수 있다:

[0093] · 각각 하나 또는 두 개 이상의 재료 공급원(17),(17a),(17b),…에서 온/오프 작동 타이밍을 제어하고/제어하거나

[0094] · 각각 하나 또는 두 개 이상의 재료 공급원(17),(17a),(17b),…에서 재료 공급 속도를 제어하고/제어하거나

[0095] · 각각 하나 또는 두 개 이상의 재료 공급원(17),(17a),(17b),…에서 각각의 IPL의 강도를 제어하고/제어하거나

[0096] 도 1에서 제어 연결(CON 13)에 의해 개략적으로 도시된 바와 같이

[0097] · Rf 플라즈마 PL_{RF}의 온/오프 타이밍 및/또는 Rf 플라즈마 PL_{RF}의 강도.

[0098] 도 2는 내부 공간(1)에 전달되는 서로 다른 재료들 M, Ma, Mb,…과 이의 타이밍, 이의 서로 다른 속도(R), 이의 서로 다른 이온화 플라즈마와 그 세기 IPL, IPLa, IPLb,…, 및 재료 공급원(17),(17a),(17b),…에서의 타이밍, 및 Rf 플라즈마의 세기와 타이밍에 대한 제어 가능성을 도시하며, 실제로 실행되고 있는 특정한 응용 프로그램을 언급하는 것이 아니라, 활용될 수 있는 제어 유연성을 예시하기 위한 것이다.

[0099] 일 실시예에 의한 시간 범위 A 동안 -재료 공급원(17)은 재료 M을 속도 R_1로 전달하도록 제어되고, IPL은 강도 I_1로 스위치 온(switched ON) 된다. 따라서 IPL은 M 전달에 앞서, 설명된 바와 같이 스위치 온 될 수 있으며, M 전달을 비활성화한 후 스위치 오프(switched OFF) 될 수 있다. Rf 플라즈마 PL_{RF}가 활성화된다.

[0100] 일 실시예에 의한 시간 범위 B 동안 -재료 공급원(17a)은 재료 Ma를 더 낮은 속도 R_2로 전달하도록 제어되고, IPL_a 및 Rf 플라즈마 PL_{RF}는 감소된 강도로 제어된다.

[0101] 일 실시예에 의한 시간 범위 C 동안 -재료 공급원(17b)은 재료 Mb를 속도 R_3로 전달하도록 제어되고 이온화 플라즈마 IPL_b는 강도 I_3로 제어된다. 이 시간 범위 C 동안, Rf 플라즈마(PL_{RF})에 의한 양전하 재료 입자의 가속은 비활성화된다.

[0102] 일 실시예에 의한 시간 범위 D 동안 -재료 공급원(17c)의 재료 Mc의 전달은 각각의 속도(도 2에 미도시)에 따라 제어되고 IPL_c는 스위치 오프되며, 따라서 전달된 재료는 원하는 강도에 따라 제어되는 Rf 플라즈마 PL_{RF}에만 노출되어 적어도의 이온화만 발생하거나 이온화가 전혀 발생하지 않는다.

[0103] 일 실시예에 의한 시간 범위 E 동안 -재료 공급원(17)의 재료 M의 공급 속도는 감소하도록 제어하고, 재료 공급원(17a)의 재료 Ma의 공급 속도는 증가하도록 제어된다. 유사하게, 재료 공급원(17)의 IPL 강도는 감소하도록 제어되는 반면, 재료 공급원(17a)의 IPL_a 강도는 증가하도록 제어된다. Rf 플라즈마 PL_{Rf}의 강도는 증가하도록 제어된다.

[0104] 일 실시예에 의한 시간 범위 F 동안 -어떠한 재료 공급원도 작동하지 않고 대신 진공 코팅 챔버(3)의 내부 공간(1)에서 다른 코팅 프로세스 또는 에칭 프로세스가 수행되며 이는 도 2에서 "DepiEtch"로 개략적으로 표현된다.

[0105] 따라서 본 발명에 따른 장치 및 방법들의 각각의 구현된 실시예 및 의도된 적용에 따라, 재료 전달, 및/또는 이온화 플라즈마 강도, 및/또는 Rf 플라즈마 강도 및/또는 모든 타이밍은, 필요한 경우 공급원 제어기(19)에 의해 매우 유연하게 제어될 수 있다는 것을 알 수 있다.

[0106] 도 1을 다시 참조하면, 기판 홀더/제1 전극(7)은 고정될 수 있거나, 특히 원형-디스크 모양의 기판들을 고정하도록 구성된 경우 A_7로 기재되고 화살표 ω_7로 표시된 바와 같이, 중심 축을 중심으로 구동적으로 회전할 수 있다.

[0107] 제2 전극(11)은 진공 코팅 챔버(3)의 벽(3a) 내부 표면의 대부분을 따라 제공된다. 벽(3a)의 내부 표면과 제2 전극(11) 사이의 간격 d는 원하는 사전 결정된 코팅 공정을 위해 내부 공간(1) 내의 압력에서 유효한 어두운 공간 거리(dark space distance)보다 작게 선택된다. 따라서, 벽(3a)의 내부 표면과 제2 전극(11) 사이의 공간에서는 Rf 플라즈마가 연소되지 않을 수 있다.

[0108] 제2 전극 표면(11a)은 제1 전극 표면보다 적어도 1.5배 이상 크다. 결과적으로 플라즈마 전위에서 제1 전극 표면 전위로의 전기 전위 강하, 그리고 따라서, 기판 홀더/제1 전극(7)의 표면(7a)으로의 전기 전위 강하는 제2 전극 표면(11a)으로의 각각의 전위 강하보다 훨씬 더 커진다.

[0109] 이에 따라 기판(9)에 증착되고 내부 공간(1)으로 퍼져 나가는 재료의 전기적으로 양전하된 재료 입자들(p)은 방향적 -표면(7a)에 대해 실질적으로 수직하게 -으로 가속되어 기판(9)의 표면을 향하게 되는데, 상기 기판(9)은 기판 홀더/제1 전극(7)의 확장된 표면(7a)에 위치한다.

[0110] 이러한 진공 층 증착 챔버(3)는 특히 기판(9)에 증착될 재료의 증착을 실행하는데 적합하며, 코팅될 기판(9) 표면의 비아, 트렌치 또는 보다 일반적으로 압흔부에 증착되며, 예를 들어, 종횡비는 3:1보다 높다.

[0111] **정의:**

[0112] 본원에서 "종횡비"라는 용어는 압흔의 최대 깊이와 최소 단면 직경의 비율을 의미한다. 도 3은 본 발명에 따른 진공층 증착 장치의 일 실시예를 개략적으로 단순화하여 도시하고, 또한 본 발명에 따른 방법을 작동시키는 것을 도시한다. 도 3에서는 도 1과 관련하여 이미 설명된 장치의 부분들에는 동일한 참조 기호를 사용한다.

[0113] 도 3에 도시된 일 실시예에 의하면, 도 1에서 일반적으로 언급된 바와 같이 기판(9), 특히 압흔들(21)(도 1 참조)이 있는 기판(9)에서 증착될 재료 또는 재료들의 양전하 입자들을 생성하는 재료 공급원(17) 또는 공급원들(17a),(17b),…은, 한편으로는 각각의 반응성 가스를 담고 있는 각각의 가스 탱크(17M),(17aM),…을 포함하며, 가스 공급원(23)을 통해 내부 공간(1)으로 제어 가능하게 방출된다. 다른 한편으로는, 도 1에 도시된 바와 같이, 언급된 재료 공급원(17),(17a),…은 일반적으로 공급원(29)에 전기적으로 작동적으로 Rf로 연결되거나 연결될 수 있는 한 쌍의 전극(25,27)을 포함하며, 이는 예를 들어, DC 공급 또는 펄스 DC 공급, 특히 HIPIMS 공급을 생성하는 공급원(29)에 연결된다.

[0114] 도 3에 따른 일 실시예에서, 전극(25)은 제2 전극(11)의 링 간격(ring spacing) 내에서 링 전극으로 실현되고, 전극(27)은 전극(25)과 실질적으로 반대쪽, 그리고 기판 홀더/제1 전극(7) 주위에서 제2 전극(11)의 링 간격 내에서 링 전극으로 실현된다. 공급원(29)은 저역 통과 필터 역할을 하는 보호 필터(31)에 의해 Rf로부터 보호될 수 있으며, 개략적으로 도시된 바와 같이 유도 임피던스를 포함하거나 이를 통해 구현될 수 있다. 전극(25,27) 사이에 이온화 플라즈마 IPL이 생성되는데, 이 실시예에서는 일반적으로 각각의 재료 전달 가스 탱크(17M),(17aM),…에 의해 재료 공급원(17),(17a),… 에 대하여 발생한다.

[0115] 필요한 경우 공급원 제어기(19)는 제어 연결($CON17_1$)을 통해 IPL의 강도 및/또는 타이밍을 제어할 수 있고, 제어 연결($CON17_2$)을 통해 재료 전달의 타이밍 및/또는 속도를 제어할 수 있으며, 제어 연결(CON_{RF})를 통해 Rf 플라즈마 PL_{RF}의 강도 및 타이밍을 제어할 수 있다.

[0116] 이 실시예는 특히 PECVD 공정에 적합하다. 예를 들어, 기판 홀더/제1 전극(7)에 히터(도면 3에 미도시)가 장착된 경우, 도 2의 시간 범위 실시예 F의 작동에 따라, 플라즈마 IPL 및 PL_{Rf}를 비활성화하고 단순한 열 CVD 공정만을 수행할 수 있다. 전극(25, 27)에 의한 제2 표면(11a)의 너무 많은 감소를 피하기 위해, 전극(25)은 연결부(33)에서 점선으로 개략적으로 도시된 바와 같이 제2 전극(11)에 전기적으로 연결될 수 있다. 실제로 이는 도 4에 개략적으로 도시된 바와 같이 전극(11)과 전극(25)을 공통적으로 구현한 결과를 가져온다. 도 3의 실시예에 따르면 명확하게 제2 전극(11)의 모든 부분은 전기적으로 상호 연결되어 있으며, 이는 전기 연결부(35)에 의해 개략적으로 도시된 바와 같다.

[0117] 도 3의 실시예에서, 하나 이상의 반응성 가스 또는 가스들이 IPL에서 반응하고 이온화되며, 그 결과로 반응하고 양전하를 띤 기체 재료 입자들이 Rf 플라즈마 PL_{RF}에서 확장된 표면(7a)을 향하여, 따라서 상기 표면(7a)에 증착된 기판의 표면을 향하여 방향성 있게 가속된다.

[0118] 도 3에 도시된 전극(25, 27)과 같이 두 전극 사이에 IPL을 구현하는 대신, DC, 펄스 DC, 따라서 HIPIMS가 공급되는 것과 같이, 다른 유형의 플라즈마, 예를 들어, 마이크로파 플라즈마를 사용할 수 있다. 예를 들어, 마이크로파 발생기로부터의 마이크로파 전력을 내부 공간(1)으로 결합하기 위해 가스 공급(23)을 조정하고 활용함으로써 이를 실현할 수 있다.

[0119] 도 5의 실시예에서는 도 1 내지 도 4와 관련하여 이미 언급된 부분에 대해 동일한 참조 번호가 적용된다. 도 5에 따른 실시예와 도 3에 따른 실시예의 차이점은 도 5의 실시예에 따르면, 재료 공급원(17)에 의해 내부 공간(1)으로 전달되는 재료 M은 고체, 또는 액체를 기반으로 하는 반면, 도 3에 따른 실시예의 내부 공간(1)으로 전달되는 재료 M은 기체를 기반으로 한다는 것이다. 도 5의 실시예에 적용된 재료 공급원(17)은 재료 M을 전달하기 위한 전자빔 증발기($17M_e$)를 구비하고, 다른 한편으로는 도 3의 실시예와 유사하게 전극 쌍(25, 27)과 공급원(29)을 구비한다. 증발원이 일반적으로 도가니의 유출을 방지하기 위해 바닥에 장착되므로 기판 홀더(7)는 기판을 챔버 상단에 장착한다. 여기에서도 기판 홀더/제1 전극(7)은 유리하게 접지 전위에서 작동될 수 있으며 접지 전위에서 작동되는 이송 메커니즘의 일부가 되거나 이에 의해 제공될 수 있다. 따라서, 필요한 경우, 도 2의 실시예에서의 제어와 매우 유사하게 재료 공급원의 전체 제어가 한편으로는 IPL에 대한($CON17_1$)에 의해, 다른 한편으로는 전달되는 재료 M의 속도, 즉 전자빔 증발기($17M_e$)에 대한($CON17_2$)에 의해 수행된다. 도 5의 실시예에 따른 전자빔 증발기($17M_e$)를 포함한 다양한 재료 공급원(17) 외에는 도 3의 장치와 실질적으로 동일하므로 숙련된 기술자에게 추가로 설명할 필요가 없다.

[0120] 도 6은 기판(9)에 증착될 재료의 양전하 입자들의 재료 공급원이 도 1의 재료 공급원(17)에 따라 고체 재료를 기반으로 하여, 내부 공간(1)으로 재료 M을 전달하는 실시예를 개략적이고 단순화하여 도시한다.

[0121] 도 6에서 도 1 내지 5와 관련하여 이미 언급한 장치의 부분은 동일한 참조 기호로 표시된다.

[0122] 기판 홀더/제1 전극(7)의 반대편에는 음극-스퍼터 소스가 제공되며, 이 실시예에서 마그네트론 스퍼터 소스(37)는 진공 코팅 챔버(3)의 벽(3a)으로부터 전기적으로 절연된 타겟(39)을 구비한다. 타겟(39) 뒤에, 자석 구획(41)에 개략적으로 도시된 바와 같이, 마그네트론 자석(미도시)이 타겟(39)의 뒷면(39b)를 따라 구동적으로 이동된다. 이들은 마그네트론 스퍼터링 기술에 능숙한 당업자가 완벽하게 알고 있는 바와 같이이 타겟(39)의 스퍼터링 표면(39s)를 따라 스위핑하는(swept) 마그네트론 자기장(H)의 이동 패턴을 생성한다.

[0123] 마그네트론 스퍼터 소스(37)로 구현된 음극 스퍼터 소스는 DC 전원 공급 장치 또는 도 6에 도시된 바와 같이 펄스 DC 전원 공급 장치(29s)에 의해 공급되며, 일 실시예에서는 HIPIMS 공급원(29s)에 의해 공급되는데, 이는 양극 출력의 전기적 전위에 비하여, 음극 출력(negative output)에서 높은 음전압 펄스를 생성한다. 예를 들어, 인덕턴스로 구현된 보호 필터(31)를 통해, HIPIMS 공급원으로 구현된 일 실시예에서, 펄스 DC 공급원의 음극 출력은 타겟(39)에 연결된다. HIPIMS 공급원의 일 실시예에서 펄스 DC 공급원(29s)의 펄스 전류 상승을 타겟(39)으로 제한하기 위해 필요한 경우 보호 필터(31)가 제공될 수 있다.

[0124] 도 3 및 도 5의 실시예에서 타겟(39)은 실제로 전극(25)과 일치하며 공급원(29s)의 양극 출력 탭에 작동적으로

연결된 전극(27)과 함께 작동된다. 따라서 타겟은 도면부호(39/25)으로 참조된다.

[0125] 충분한 IPL을 달성하기 위해 작은 타겟에 높은 DC 전력 밀도를 적용하거나 더 큰 타겟에 펄스 DC 전력을 적용할 수 있다. 전력 밀도는 >1W/mm^2 이어야 한다.

[0126] 예를 들어, 반경이 50mm인 작은 평면 마그네트론 타겟은 8kW DC로 구동해야 한다.

[0127] 또는 반경 200mm의 대형 평면 마그네트론 타겟을 펄스 DC 130kW로 구동하되, 듀티 사이클은 10%로 하여 평균 전력이 13kW가 되도록 해야 한다.

[0128] 따라서, 도 1에 도시된 바와 같이, 재료 공급원(17)은 한편으로는 타겟(39,25)이 스퍼터링에 의해, 다른 한편으로는 DC펄스 공급 전극들에 의해 전극 재료(M)을 내부 공간(1)으로 전달함으로써 실현되고, 이에 의해 타겟(39,25) 및 전극(27)은 이에 의해 재료 공급원(17)의 IPL을 생성한다.

[0129] 일반적인 스퍼터 소스와 달리 타겟(39/25)에 대한 카운터 전극(27)은 일 실시예에서 타겟(39,25)으로부터 멀리 떨어져서, 타겟 주변이 아닌 곳에 위치하여 플라즈마 IPL의 분포를 개선하고 따라서 내부 공간(1)에 걸쳐 양전하 스퍼터링된 입자의 분포를 개선하여, 이에 의해 기판 홀더/제1 전극(7) 및 기판(9)에 과도한 전자 전류가 흐르는 것을 방지한다.

[0130] 일 실시예에서, 음극 스퍼터링 공급원의 전기 공급 종류에 관계없이, 마그네트론 스퍼터링 공급원(37)에 따라, 그리고 스위핑(sweeping) 마그네트론 자기장(H)의 실현에 관계없이, 전기 전도성 재료, 일반적으로 금속으로 제조된 타겟(39/25)은 도 3, 도 4 및 도 5의 실시예에서의 각각의 연결(33)과 매우 유사하게 전기 연결(33)에 의해 개략적으로 도시된 바와 같이 제2 전극(11)에 단락(short-circuited)될 수 있다. 이에 따라 다시, 제2 전극(11)의 제2 전극 표면(11a)이 타겟(39,25)의 스퍼터링 표면(39s)에 의해 증가된다.

[0131] 반응성 음극 스퍼터링을 수행하려면 적어도 하나의 가스 공급 라인(도 6에 미도시)이 제공되어 반응성 가스를 담고 있는 가스 탱크로부터 반응성 가스를 내부 공간(1)으로 확산시킨다.

[0132] 도 6에 따른 실시예에서 IPL의 타이밍 및/또는 강도와 재료 전달 속도의 제어는 원하는 경우($CON17_{1,2}$)로 표시된 바와 같이 공급원 제어기(도 6에 미도시)에서 공급원(29s)로 설정되는데, 이는 스퍼터링 속도와 IPL 강도는 상호 의존적이기 때문이다. 공급원(29s)이 펄스 DC원으로 구현되는 경우, 듀티 사이클, 각각의 펄스 반복 주기, 각각의 펄스 진폭은 설정, 제어될 수 있으며, 시간에 따라 변경될 수도 있다.

[0133] 도 1과 관련하여 일반적으로 언급된 바와 같이 두 개 이상의 재료 공급원(17)를 제공하는 것은 도 7에 의해 예시적으로 설명되며, 이에 의해 다중 음극 스퍼터 소스, 특히 도 6에 따른 다중 마그네트론 스퍼터 소스(37), 즉 (37a),(37b),(37c),…이 설명된다. 도 7은 도 6의 실시예에 따른 제2 전극(11)의 일부를 개략적으로 단순화하여 도시하는데, 여기서 음극 스퍼터 소스(37a) 내지(37c)는 각각 전극(25)으로 작용하는 타겟(39)을 포함하고 따라서 참조 번호 $(39/25)_a$ 내지 $(39/25)_c$로 표시된다.

[0134] 도 7에 의한 일 실시예에서, 타겟$(39,25)_x$은 제2 전극(11)과 전기적으로 분리되어 있으며, 이를 통해 각 타겟$(39,25)_x$에 독립적인 공급원 (29sa) 내지 (29sc)를 전달할 수 있으며, 이는 일 실시예에서 각각의 DC 또는 펄스 DC 공급원, 이에 의해, 일 실시예에서, 도 6의 실시예의 공급원(29s)에 따르는 HIPIMS 공급원에 의해 실현된다. 또는 추가적으로(미도시) DC 또는 펄스 DC, 따라서 가능하게 HIPIMS 공급원은 시간 다중화 방식(time-multiplexing manner)으로 하나 이상의 타겟(39,25)에서 하나 이상의 후속 타겟(39,25)으로 전환될 수 있어, 이에 의해 공급원 제어기(19)(도 7에 미도시)에 의해 순간적으로 활성화된 타겟들에 전달되는 출력 전력을 조정할 수 있다.

[0135] 도 6의 실시예에 따르면, 각각의 공급원 (29sa),(29sb),… 는 또한 공통 전극(27)에 작동적으로 연결될 수 있고/있거나 공급원 (29sa),(29sb),… 중 적어도 일부는 전용 전극(27a),(27b),(27c)에 작동적으로 연결될 수 있다.

[0136] 필요한 경우, 공급원 (29sa),(29sb),… 는 여기에서도 제어 연결 (CON17a),(CON17b),…를 통해 공급원 제어기(19)(도 1 참조)에서 제어될 수 있다. 공급원 (29sa),(29sb),…가 펄스 DC 공급원에 의해 구현되는 경우, 각각의 공급원이 활성화되는 시간 범위, 각각의 듀티 사이클, 각각의 펄스 반복 기간, 각각의 펄스 진폭은 설정, 제어될 수 있으며 시간에 따라 변경될 수 있다.

[0137] 이러한 제어의 유연성은 도 8에 도시되어 있으며, 이는 공급원 (29sa),(29sb),…에 의해 타겟(39/25)a,(39/25)b와 각각의 상대 전극(27) 사이에 인가되는 가능한 전압 경로(V)를 도시한다.

[0138] 또한, 도 8에 도시된 바와 같이, Rf 플라즈마 PL_{Rf}가 생성되는 제1 전극과 제2 전극에 전달되는 온/오프 타이밍 및 Rf 전력은 제어 연결 CON_{RF}를 통해 공급원 제어기(19)에 의해 제어될 수 있다. 공급원(29s) 또는 공급원들(29sa),(29sb),…의 이온화 DC 펄스 각각 동안 또는 적어도 대부분의 동안 Rf 전력은 일반적으로 온(ON) 상태이다.

[0139] 도 7의 공급원들 (29sa),(29sb),…의 독립적인 제어는 타겟 (39/25)a,(39/25)b,… 으로부터 다양한 종류의 재료를 혼합하는 데 사용될 수 있다. 동일한 재료의 타겟(39/25)a,(39/25)b,… 은 기판의 확장된 표면 영역을 코팅하기 위해 대안적으로 또는 추가적으로 사용될 수 있다.

[0140] 온/오프(ON/Off) 활성화 타이밍과 각각의 타겟 스퍼터링 강도를 설정하여 증착의 균일성을 제어할 수 있다.

[0141] 본 발명에 따른 장치의 일 실시예의 두 개의 타겟을 전기적으로 공급하는 다른 접근 방식은 도 7의 표현과 유사한 방식으로 도 9에 개략적으로 단순화되어 도시된다. 공급원(29) + -는 펄스 DC 공급에 대하여 도 9에 개략적으로 도시된 바와 같이 교호 전기 극성으로 두 개의 타겟들(39/27)a 및(27/39)b를 상호 연결한다. 각각의 펄스마다 펄스 극성이 반전되거나, 제어 가능한 시간 범위에 따른 펄스 시리즈(pulse-series)마다 펄스 극성이 반전된다. 도 5의 실시예에서 제공된 것과 같은 별도의 전극(27)은 제공되지 않는다: 교대로, 타겟들 중 하나(39a),(39b)는 전극(27)에 따른 전극이 되고, 다른 타겟은 전극(25)이 되는데, 이는 도 9에서 도면 부호(39/27)a 및(27/39)b로 개략적으로 설명된다.

[0142] 또한 필요한 경우 극성 반전의 타이밍 및/또는 펄스 특성, 즉 펄스 진폭, 펄스 길이, 듀티 사이클은 제어 연결(CON17)을 통해 공급원 제어기(19)에 의해 제어될 수 있다.

[0143] 도 1의 일반적 실시예와 관련하여 상술된 바와 같이, 지금까지 예시된 모든 실시예에서 기판 홀더/제1 전극(7)은 기판 홀더/제1 전극(7)의 중심 축(A_7) 주위에서 하나 이상의 재료 공급원(17)에 대해 회전될 수 있다(도 1 참조). 일 실시예에서, 하나 이상의 재료 공급원(17)은 고정되어 있고 기판 홀더/제1 전극(7)은 회전된다.

[0144] 재료 공급원(17) 또는 재료 공급원들(17),(17a),(17b),…이 하나 이상의 마그네트론 스퍼터 소스를 포함하는 실시예를 살펴보면, 각각의 타겟은 평면(E_{39})을 따라 확장되어 도시되며(예를 들어, 도 6 참조) 이를 평면 타겟들이라고 한다.

[0145] 지금까지 설명한 모든 실시예에서의 모든 단일 및 다중 마그네트론 스퍼터 소스는 도면 전체에 걸쳐 평면 마그네트론 스퍼터 소스로 표시되었으며, 각각 도 6에 표시된 바와 같이 평면(E_{39})을 따라 확장되는 타겟(39)을 갖는 평면 마그네트론 스퍼터 소스로 표시되어 있지만, 각각 원통형 타겟을 갖는 마그네트론 스퍼터 소스 또는 마그네트론 스퍼터-소스들로 대체될 수 있다. 도 10은 원통형 타겟 마그네트론 스퍼터 소스(37_{cyl})와 원통형 타겟(39_{cyl})을 개략적으로 단순화하여 도시한다.

[0146] 원통형 마그네트론 스퍼터 소스(37_{cyl})는 중심 축(A_{cyl})을 중심으로 구동적으로 회전 가능한(ω_{39}) 원통형 타겟(37_{cyl})을 포함한다.

[0147] 원통형 타겟(37_{cyl})의 중공 공간(45) 내부에는 마그네트론 자석(미도시)이 장착된 자석 구획(41_{cyl})이 제공되며, 이 자석은 마그네트론 자기장(H)을 생성한다. 마그네트론 자석이 있는 자석 구획(41_{cyl})은 ST로 개략적으로 표시된 바와 같이 고정되어 있을 수도 있고, Ω으로 표시된 바와 같이 축(A_{cyl}) 주위에서 구동적으로 진동할 수도 있다.

[0148] 상술된 바와 같이, 이러한 원통형 마그네트론 스퍼터 소스(37)는 도 6, 7, 9에 도시된 바와 같은 평면 마그네트론 중 하나 또는 전부를 대체할 수 있다. 원통형 타겟(39_{cyl})은 제2 전극(11)과 동일한 전기적 전위에서 작동될 수도 있으며, 이로써 제2 전극 표면(11a)을 확대할 수 있다. 원통형 마그네트론 스퍼터 소스 또는 마그네트론 스퍼터 소스들은 평면 마그네트론 소스에 대해 설명한 것과 동일하게 제어될 수 있다.

[0149] 도 6, 7의 실시예에서 도시되고 지금까지 설명된 바와 같이, 평면 타겟의 중심 법선(N_{39})은 평면(E_{39})에 수직이며 기판 홀더/제1 전극(7)의 중심 축(A_7)과 평행하게 확장된다.

[0150] 도 10에 따른 음극 스퍼터링 소스의 실시예에서 이러한 중심 법선(N_{39cyl})은 축(A_{cyl})을 포함하는 평면과 원통형

타겟(39_{cyl})의 길이 범위의 중심에 한정될 수 있다. 이 경우에도, 일 실시예에서 중심축(N_{39cyl})은 축(A_7)과 평행하게 확장된다.

[0151] 도 11 및 도 12는 도 7 및 도 9에 도시된 바와 유사하게 본 발명에 따른 장치의 실시예 및 본 발명에 따른 방법을 작동시키는 실시예를 개략적이고 단순화하여 도시하며, 하나 이상의 타겟(39),(39_{cyl})의 법선(N_{39}),(N_{39cyl})이 유효한 각도 α로 축(A_7)와 교차하는 경우이다.

[0152] $2^{\circ} \leq \alpha \leq 30^{\circ}$

[0153] 따라서 언급된 바와 같이 기울어진 하나의 타겟(39 또는 39_{cyl})만 제공될 수 있거나 두 개 이상의 타겟이 제공될 수 있다.

[0154] 법선 또는 법선들(N_{39}),(N_{39cyl})의 교차점 P는 기판 홀더/제1 전극(7)에 있는 기판의 표면에 있거나 이 근처에 있을 수 있다.

[0155] 제2 전극 표면(11a)은 도 13 및 도 14에 예시된 바와 같이 제2 전극(11)의 각각의 형상에 의해 더욱 확대될 수 있다. 이러한 형상은 플라즈마가 결과적으로 생성되는 공동들(cavities) 내에 분포될 수 있어야 한다는 요건을 충족시키기 위해 제2 전극(11)에 단단히 연결된 핀들(fins) 또는 판들(plates)에 의해 수행될 수 있다.

[0156] 도 1에 도시된 발명 장치 및 방법에 대한 일반적인 설명에서 벗어나, 도 16은 컨베이어(45)를 포함하는 실시예의 일부를 도시한다. 컨베이어는 기판 홀더/제1 전극(7)의 확장된 표면(7a)이 확장되는 평면(E_7)에 평행한 평면(E_C)을 따라 구동 장치(47)에 의해 제어 가능하게 구동된다. 컨베이어(45)는 하나 이상의 기판(9)을 이송하고 구동 장치(47)에 의해 구동되어 기판 홀더(7)와 정렬된 위치로 단일 방향으로 이를 이송한다. 기판 홀더(7)는 컨베이어(45) 아래에 먼저 위치하며, 컨베이어(45)의 취급 개구부(51)를 통해 위쪽으로 구동 장치(49)에 의해 제어 가능하게 구동되고, 점선 CP로 표시된 바와 같이 각각의 기판(9)을 코팅 위치로 위쪽으로 들어올린다. 필요한 경우, 코팅 위치에서 기판 홀더(7)를 들어올리고 씰(seal)(53)이 있는 점선으로 표시된 바와 같이, 내부 공간(1)은 컨베이어가 있는 이송 구획(55)에 대해 밀봉될 수 있다.

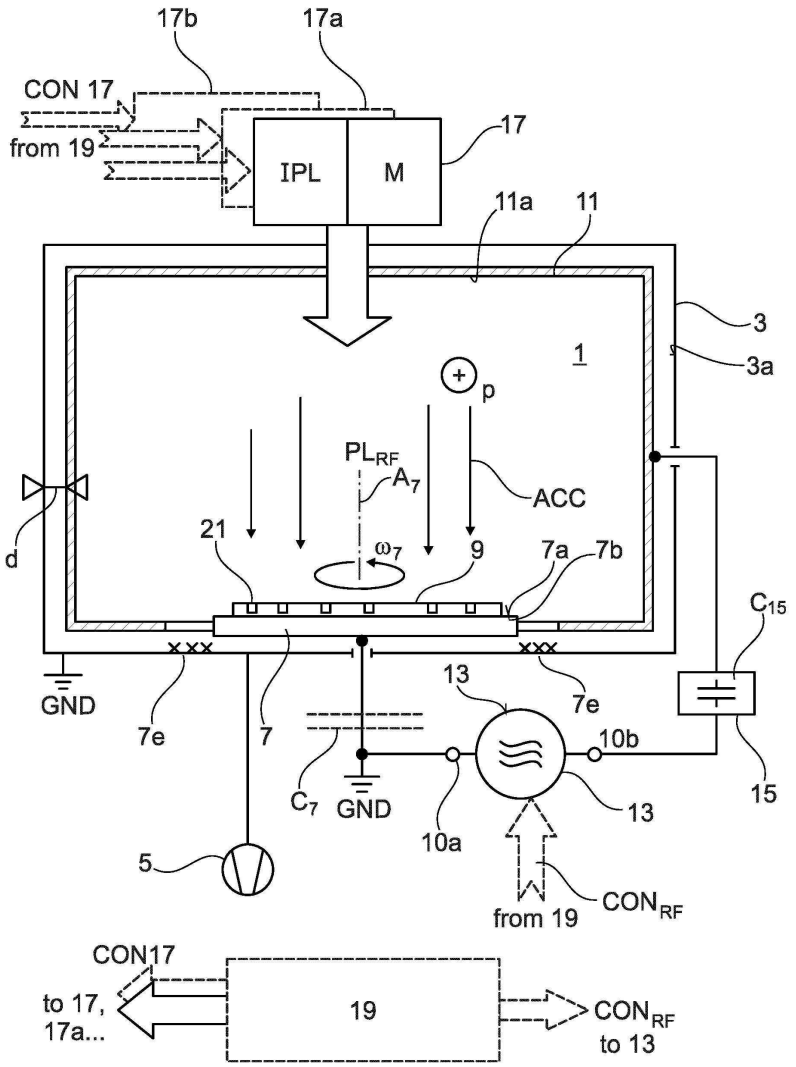
[0157] 도 16의 실시예에 따르면 기판 홀더/제1 전극(7)은 고정되어 있으며 기판(9)은 제어 가능하게 구동되는 로봇(57)에 의해 기판 홀더/제1 전극(7)에 로드되거나 언로드된다.

[0158] 도 15 및 도 16에 따른 실시예에서도 기판 홀더/제1 전극(7)은 접지 전위(GND)에서 작동된다.

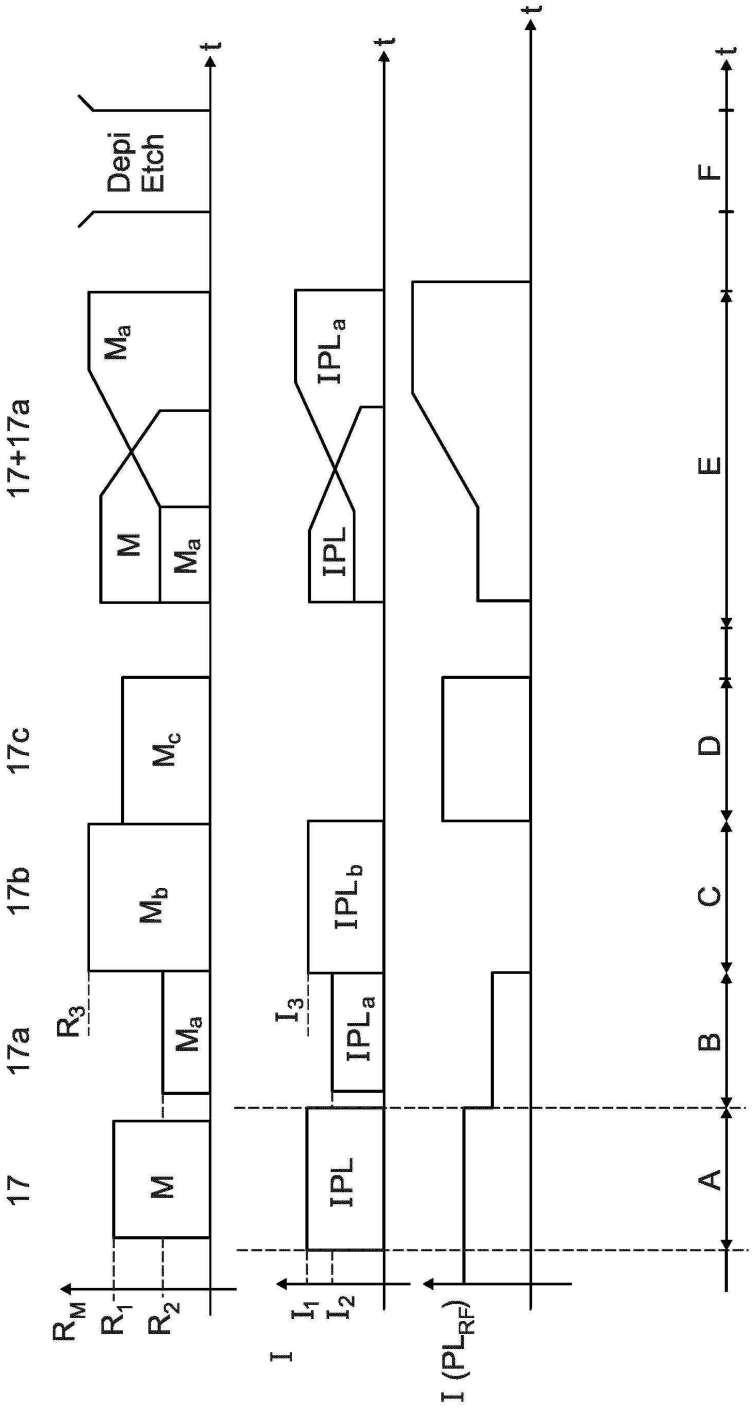
[0159] 본 발명이 속하는 분야의 숙련된 당업자라면 서로 다른 압력에서 작동하는 구획과 주변/진공 인터페이스를 통해 기판을 처리하는 곳에 단일 방향 또는 양방향의 로드 잠금 장치가 제공되어야 한다는 사실을 잘 알고 있을 것이다.

도면

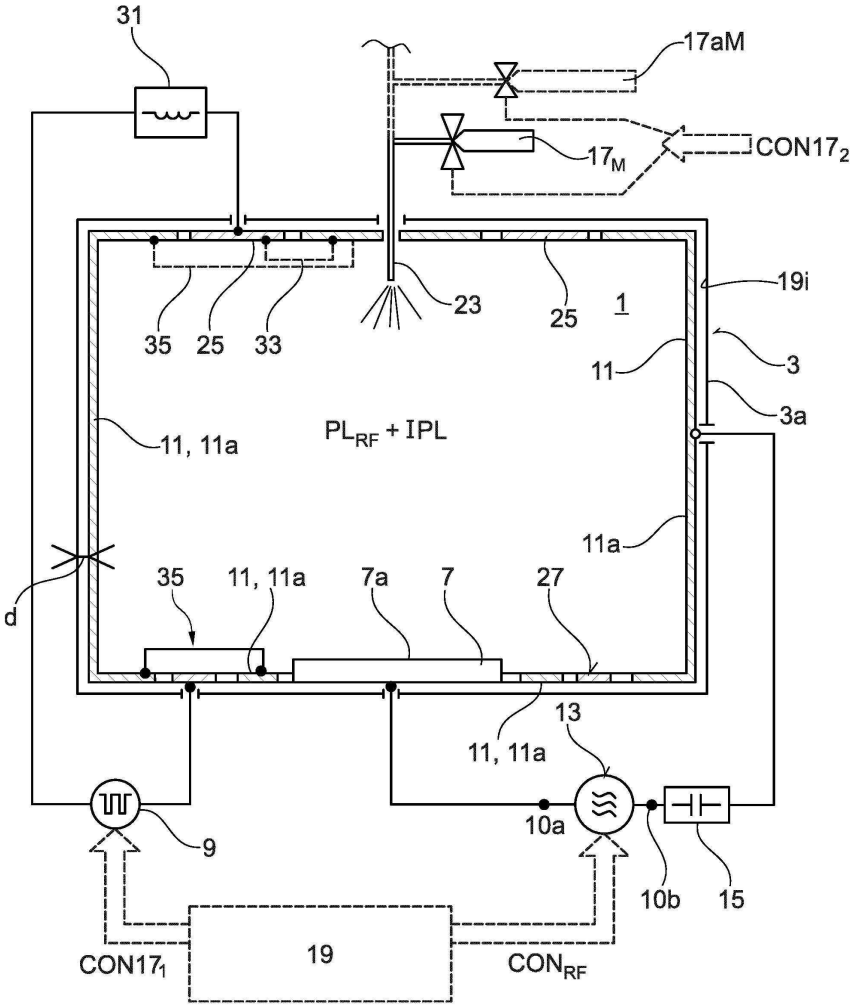
도면1


17b
17a
CON 17
from 19
IPL
M
17
11a
11
3
3a
1
p
PL_RF
A_7
ACC
21
ω_7
9
7a
7b
d
C_15
GND
7e
7
13
7e
10b
C_7
GND
10a
13
15
5
from 19
CON_RF
CON17
to 17,
17a...
19
CON_RF
to 13

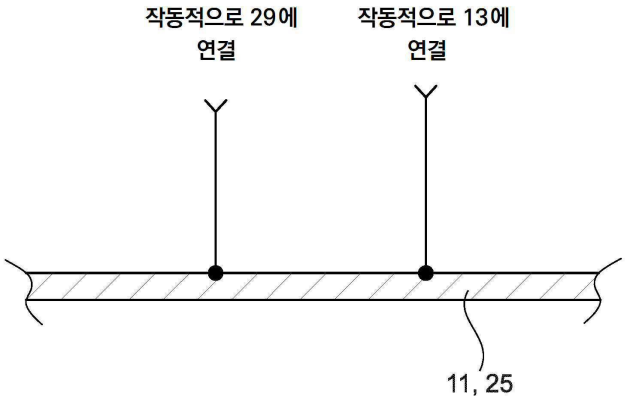
도면2


17
17a
17b
17c
17+17a
M
Ma
Mb
Mc
M
Ma
Depi
Etch
R3
RM
R1
R2
I3
I
I1
I2
IPL
IPLa
IPLb
IPL
IPLa
I (PLRF)
t
A
B
C
D
E
F

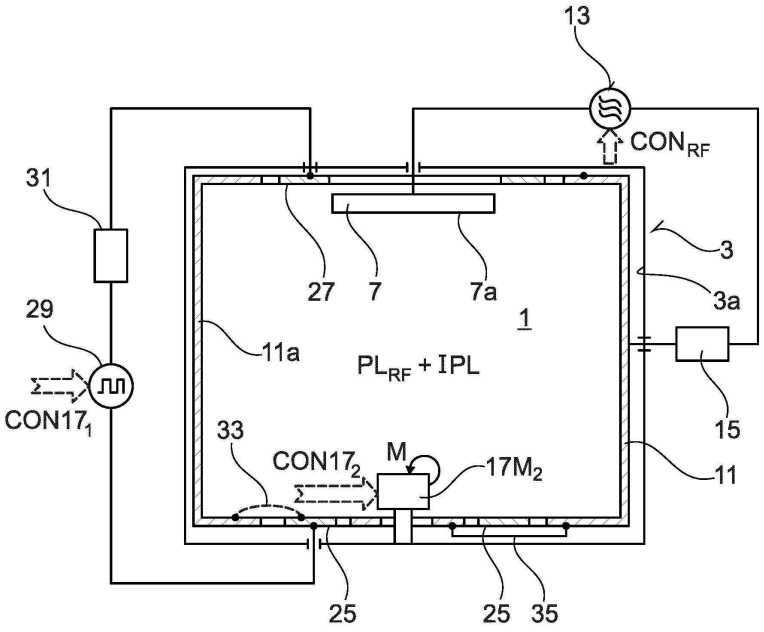
도면3


31
17aM
17M
CON172
19i
23
25
1
35
25
33
11
3
3a
11, 11a
PLRF + IPL
11a
d
35
11, 11a
7a
7
27
13
11, 11a
10a
9
10b
15
CON171
19
CONRF

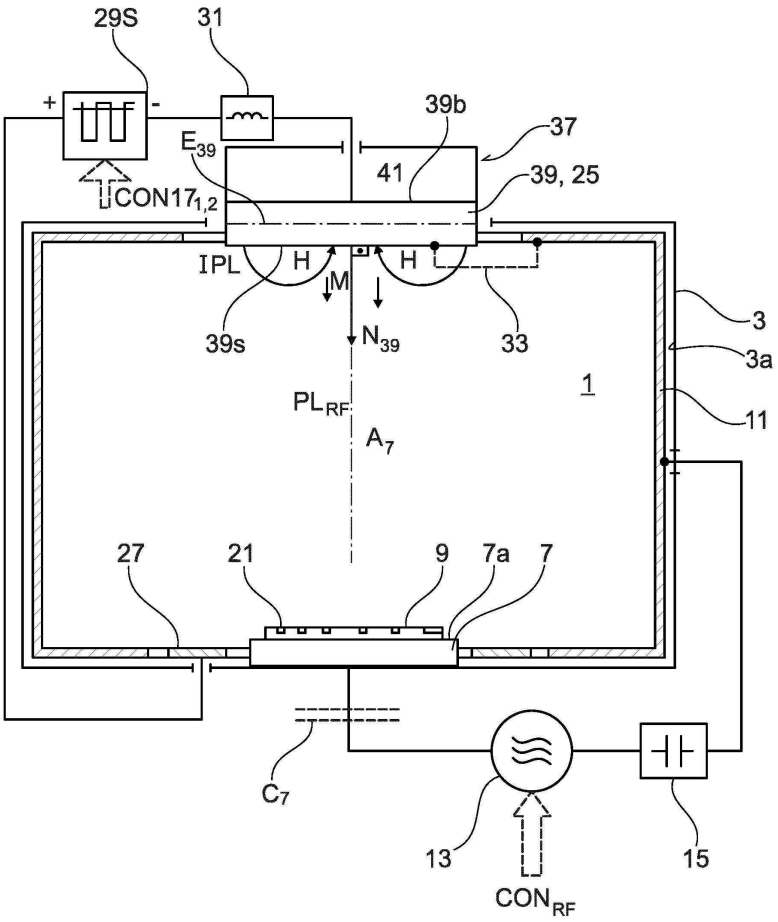
도면4



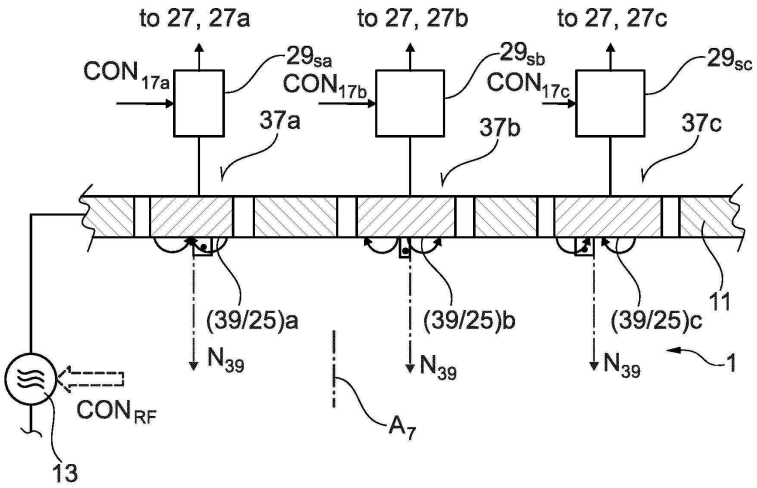
도면5


13
CON$_{RF}$
31
27
7
7a
3
3a
29
11a
1
PL$_{RF}$ + IPL
CON17$_1$
33
CON17$_2$
M
17M$_2$
15
11
25
25
35

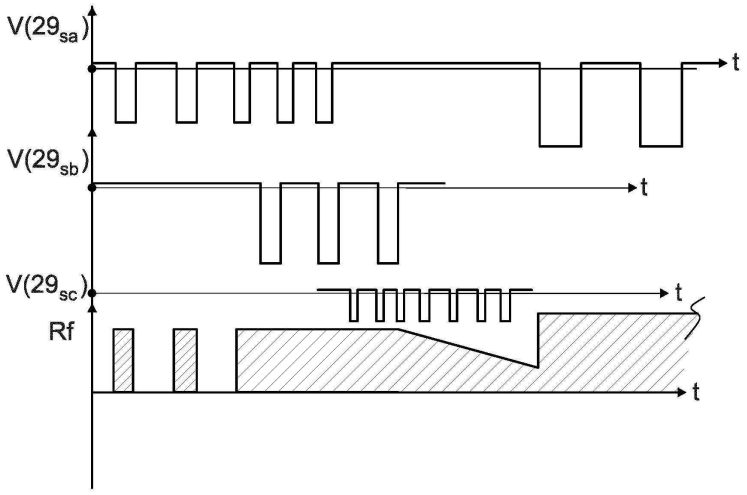
도면6


29S
31
+
-
39b
37
E39
41
39, 25
CON17 1,2
IPL
H
M
H
39s
N39
33
3
3a
1
11
PLRF
A7
27
21
9
7a
7
C7
13
15
CONRF

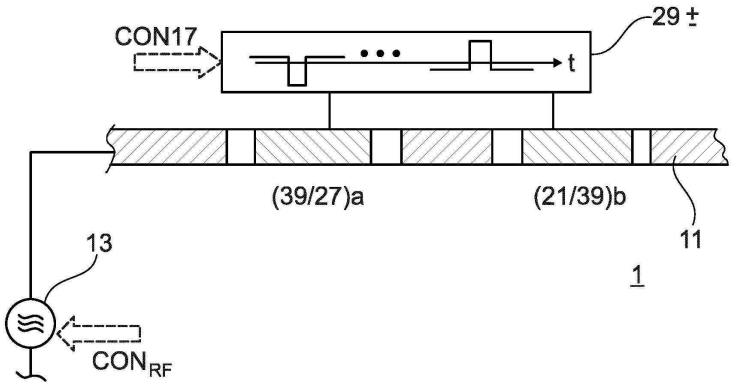
도면7


to 27, 27a
to 27, 27b
to 27, 27c
CON17a
29sa
CON17b
29sb
CON17c
29sc
37a
37b
37c
(39/25)a
(39/25)b
(39/25)c
11
N39
N39
N39
1
CONRF
A7
13

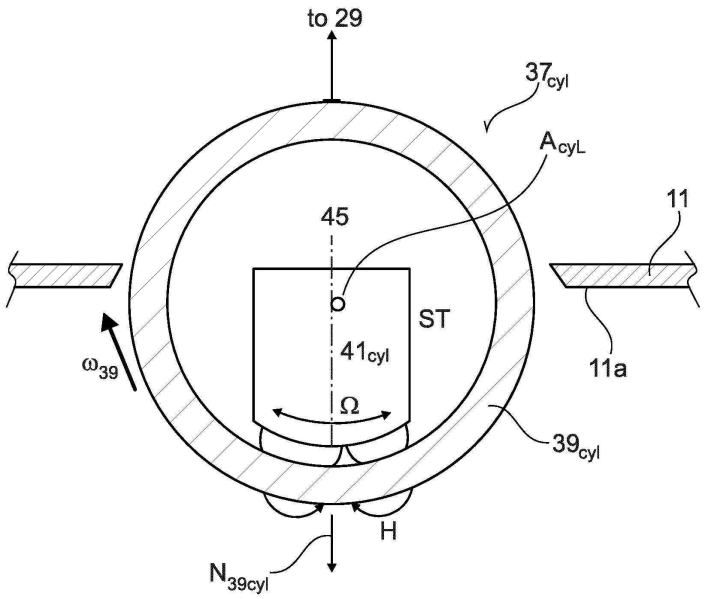
도면8



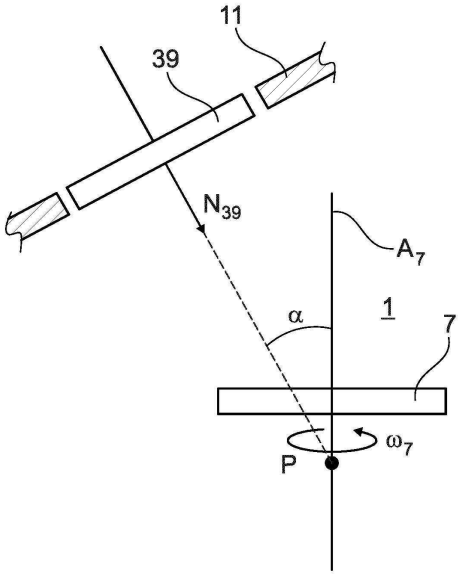
도면9



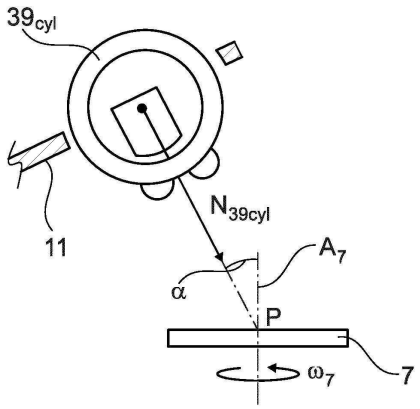
도면10


to 29
37cyl
AcyL
11
45
ST
41cyl
Ω
ω39
11a
39cyl
H
N39cyl

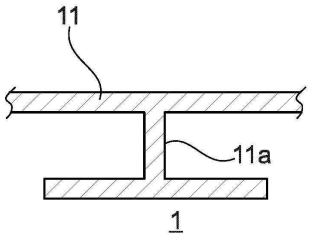
도면11


11
39
N39
A7
α
1
7
ω7
P

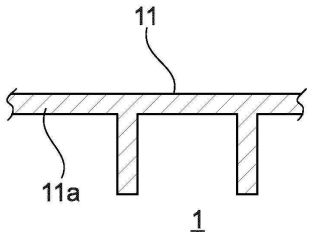
도면12



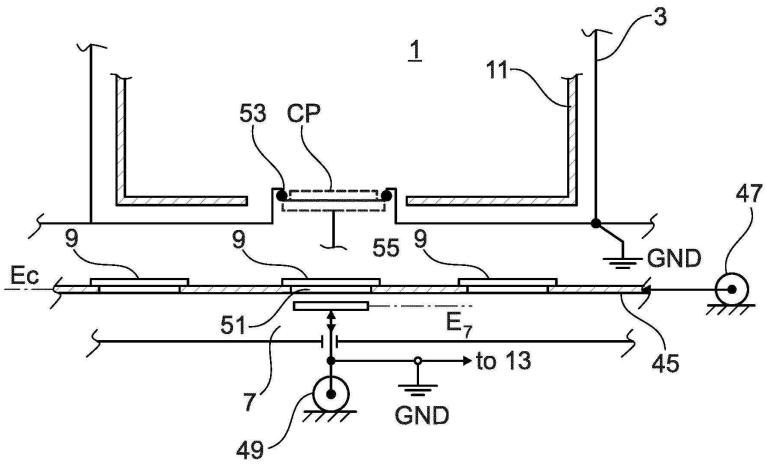
도면13



도면14



도면15



도면16

