



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0132975
(43) 공개일자 2018년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/00 (2018.01) *C23C 14/56* (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C23C 14/0042 (2013.01)
C23C 14/0094 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7035066(분할)

(22) 출원일자(국제) 2011년11월30일
심사청구일자 없음

(62) 원출원 특허 10-2014-7017890
원출원일자(국제) 2011년11월30일
심사청구일자 2016년11월30일

(85) 번역문제출일자 2018년12월03일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/071425

(87) 국제공개번호 WO 2013/079108
국제공개일자 2013년06월06일

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050

(72) 발명자
데피쉬, 토마스
독일 63743 아샤펜부르크 안 텐 보른비젠 11
헬레, 프란츠-요제프
독일 63517 로덴바흐 인 텐 크렐비젠 14
(뒷면에 계속)

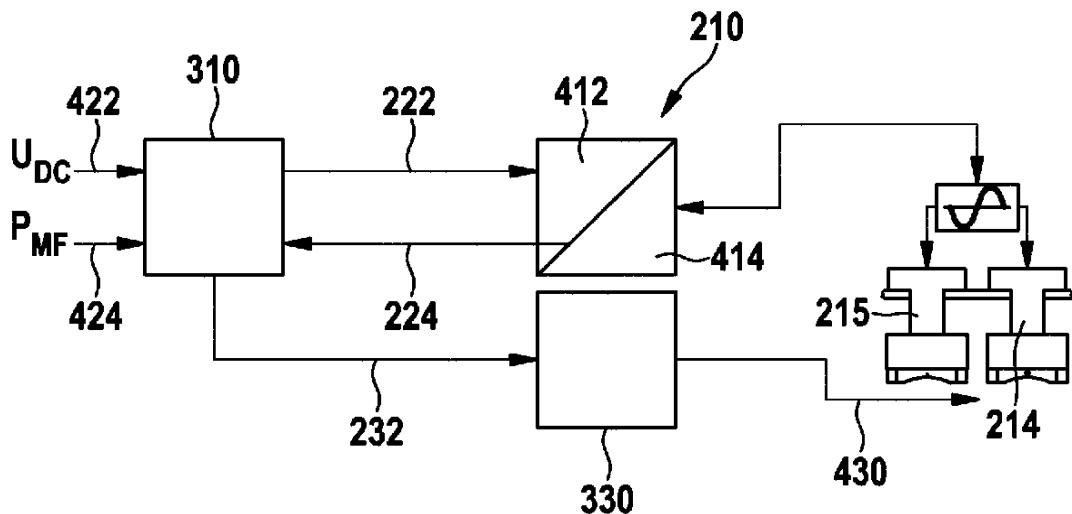
(74) 대리인
특허법인 남엔남

전체 청구항 수 : 총 15 항
(54) 발명의 명칭 폐쇄 루프 제어

(57) 요 약

반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법 및 상응하는 조립체 및/또는 장치가 기술된다. 상기 방법은, 전원을 이용하여 음극에 전력을 제공하는 단계, 상기 전원에 전압 설정점(voltage set point)을 제공하는 단계, 상기 음극에 제공되는 전력과 상호관련된 전력 값을 수신하는 단계, 및 상기 전력 값에 대한 폐쇄 루프 제어를 제공하기 위해서, 상기 전력 값에 의존하여 프로세스 가스의 유동을 제어하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
C23C 14/562 (2013.01)
H01J 37/32935 (2013.01)

(72) 발명자
엥레르트, 만프레드
독일 63526 에를렌제 랑엔디바허 슈트라쎄 19

헤르만스, 우베
독일 63791 칼슈타인 암 마인 젤리겐슈泰터 슈트라
쎄 24

명세서

청구범위

청구항 1

반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법으로서:

전원을 이용하여 음극(cathode)에 전력을 제공하는 단계;

전원에 대한 전압 설정점을 제공하는 단계;

상기 음극으로 제공된 전력과 상호관련된 전력 값을 수신하는 단계; 및

폐쇄 루프 제어를 제공하기 위해서 상기 전력 값에 의존하여 프로세스 가스의 유동을 제어하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 음극으로 제공되는 전력이, 특히 발진 주파수가 1 kHz 내지 200 kHz인, MF 전력인, 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전압 설정점이 상기 전원에 대한 상한선인, 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전압 설정점이 전이 모드에서 상기 음극을 동작시키도록 구성되는, 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전력 값이, 특히 MF 전력으로서, 상기 음극으로 제공되는 실제 전력인, 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수신된 전력 값이 상기 프로세스 가스의 유동을 제어하는 것에 의해서 안정화되는, 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 가스가 산소를 포함하고, 특히 상기 산소 유동이 제어되는, 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전원에 의해서 제공되는 전압의 실제 전압 값을 수신하는 단계 및 상기 실제 값을 기초로 증착 모드를 모니터링하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 9

챔버 및 음극을 내부에 가지는 증착 장치 내에서의 반응성 증착 프로세스를 위해서 구성된 폐쇄 루프 제어 조립

체로서:

상기 음극에 전력을 제공하기 위해서 상기 음극에 연결된 전원;
상기 챔버 내로 프로세스 가스를 제공하도록 구성된 가스 공급부; 및
상기 전원에 대한 전압 설정점을 제공하기 위해서 그리고 상기 전원으로부터 전력 값을 수신하기 위해서 상기 전원에 연결된 제어기 — 상기 제어기는 상기 전력 값에 의존하여 상기 프로세스 가스의 가스 유동을 제어하기 위해서 상기 가스 공급부에 추가적으로 연결됨 —
를 포함하는, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 전력 값이 상기 음극으로 제공되는 전력인, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 11

제 9 항 또는 제 10 항에 있어서,
상기 전원이, 특히 DC 발생기 및 발진기를 가지는, MF 전원인, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 12

제 9 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전원이, 발진 주파수가 1 kHz 내지 200 kHz인 전력을 제공하도록 구성되는, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 13

제 9 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제어기가 제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 방법들 중 적어도 하나를 실시하기 위한 조립체에 대해서 구성된 프로그램 코드를 포함하는, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 14

제 9 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전압 설정점이 상한 전압 한계선인, 폐쇄 루프 제어 조립체.

청구항 15

기판 상에 충을 반응성 증착하기 위한 증착 장치로서:
내부에서 기판 상에 충을 증착하기 위한 챔버;
상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 음극; 및
제 9 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 따른 폐쇄 루프 제어 조립체를 포함하는, 증착 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원 발명의 실시예들은 반응성 증착 프로세스들의 제어를 위한 조립체들, 그러한 조립체들을 포함하는 장치들, 및 반응성 증착 프로세스들을 제어하는 방법에 관한 것이다. 본원 발명의 실시예들은 특히 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어형 조립체, 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어형 장치를 포함하는 증착 장치, 및 반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 용도들에서, 기판, 예를 들어 가요성 기판 상에 얇은 층들을 증착할 필요가 있다. 전형적으로, 가요성 기

판들이 가요성 기판 코팅 장치의 상이한 챔버들 내에서 코팅된다. 또한, 가요성 기판의 스톡(stock), 예를 들어 가요성 기판의 룰(rooll)이 기판 코팅 장치의 하나의 챔버 내에 배치될 수 있을 것이다. 전형적으로, 진공 증착 기술, 예를 들어, 물리적 기상 증착 또는 화학적 기상 증착을 이용하여, 진공 내에서 가요성 기판들이 코팅된다.

[0003] 특별하게 가요성 기판들의 경우에 그러나 또한 다른 기판들의 경우에, 증착 프로세스의 증착 레이트(rate)가 관련되는데, 이는 가요성 기판이 빨리 이동하는 동안에 가요성 기판들 상의 증착이 종종 실시되기 때문이다. 예를 들어, 패키징 산업에서, 반응성 증착 프로세스에 의해서 증착될 수 있는 Al_2O_3 , SiO_2 또는 다른 층들과 같은 층들이 코팅 패키징을 위해서 이용될 수 있다.

[0004] 예를 들어, SiO_2 가 산소 모드에서 스퍼터링될 수 있으나, 이러한 모드에서 증착 레이트가 낮다. 금속(metallic) 모드에서 흡수(absorbing) $SiOx$ 층이 증착된다. 그에 따라, 전이(transition) 모드에서 SiO_2 프로세스를 작업하는 것이 가장 효율적이다. 이러한 모드에서, 투명한(transparent) SiO_2 를 높은 레이트로 증착할 수 있다. 음극을 전이 모드에서 유지하기 위해서, PEM(플라즈마 방출 모니터링; plasma emission monitoring) 또는 람다(lambda) 센서들과 같은 특별한 모니터링 특징들이 특별한 제어 루틴과 조합되어 이용될 수 있다. 이는, 추가적인 하드웨어 및 소프트웨어를 필요로 하고, 그에 따라 비용이 많이 소요되는 해결책이다. 따라서, 구현하기가 보다 단순하고, 신속하며 신뢰가능한 반응성 증착 프로세스가 요구된다.

발명의 내용

[0005] 전술한 내용을 고려하여, 반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법, 반응성 증착 프로세스를 위해서 구성된 폐쇄 루프 제어 조립체, 및 기판 상에 층을 반응성 증착하기 위한 증착 장치가 제공된다. 본원 발명의 추가적인 양태들, 장점들, 및 특징들은 종속항 청구항들, 상세한 설명, 및 첨부 도면들로부터 자명하다.

[0006] 일 실시예에 따라서, 반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 전원을 이용하여 음극으로 전력을 제공하는 단계, 전원으로 전압 설정점(set point)을 제공하는 단계, 상기 음극으로 제공된 전력과 상호관련된 전력 값을 수신하는 단계, 및 폐쇄 루프 제어를 제공하기 위해서 상기 전력 값에 의존하여 프로세스 가스의 유동을 제어하는 단계를 포함한다.

[0007] 다른 실시예에 따라서, 폐쇄 루프 제어 조립체가 제공된다. 폐쇄 루프 제어 조립체는 챔버 및 음극을 내부에 가지는 증착 장치 내에서의 반응성 증착 프로세스를 위해서 구성된다. 폐쇄 루프 제어 조립체는 음극으로 전력을 제공하기 위해서 음극에 연결된 전원, 챔버 내로 프로세스 가스를 제공하도록 구성된 가스 공급부, 및 상기 전원으로 전압 설정점을 제공하기 위해서 그리고 전원으로부터 전력 값을 수신하기 위해서 상기 전원에 연결된 제어기를 포함하고, 상기 제어기는 상기 전력 값에 의존하여 상기 프로세스 가스의 가스 유동을 제어하기 위해서 상기 가스 공급부에 추가적으로 연결된다.

[0008] 추가적인 실시예에 따라서, 기판 상에 층을 반응성 증착하기 위한 증착 장치가 제공된다. 상기 장치는 내부에서 기판 상에 층을 증착하기 위한 챔버, 상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하기 위한 음극, 및 폐쇄 루프 제어 조립체를 포함한다. 상기 폐쇄 루프 제어 조립체는 음극으로 전력을 제공하기 위해서 음극에 연결된 전원, 챔버 내로 프로세스 가스를 제공하도록 구성된 가스 공급부, 및 상기 전원으로 전압 설정점을 제공하기 위해서 그리고 전원으로부터 전력 값을 수신하기 위해서 상기 전원에 연결된 제어기를 포함하고, 상기 제어기는 상기 전력 값에 의존하여 상기 프로세스 가스의 가스 유동을 제어하기 위해서 상기 가스 공급부에 추가적으로 연결된다.

[0009] 실시예들은 또한 개시된 방법들을 실행하기 위한 장치들에 관한 것이고 그리고 각각의 기술된 방법 단계를 실시하기 위한 장치 파트들을 포함한다. 이러한 방법 단계들은 하드웨어 구성요소들, 적절한 소프트웨어로 프로그래밍된 컴퓨터, 상기 2개의 임의의 조합에 의해서 또는 임의의 다른 방식으로 실시될 수 있을 것이다. 추가적으로, 발명에 따른 실시예들은 또한, 설명된 장치를 동작시키는 방법들에 관한 것이다. 상기 방법은 장치의 모든 기능을 실행하기 위한 방법 단계들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본원 발명의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 발명의 보다 구체적인 설명이, 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있을 것이다. 첨부 도면들은 발명의 실시예들에 관한 것이고 그리고 이하에서 설명된다.

도 1은 전형적인 반응성 증착 프로세스의 이력(hysteresis) 곡선을 보여주는 그래프를 도시한다.

도 2는 여기에서 기술된 실시예들에 따른 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어를 위한 제어 조립체의 개략도를 도시한다.

도 3은 여기에서 기술된 실시예들에 따른 폐쇄 루프 제어 조립체를 가지는 증착 장치의 개략도를 도시한다.

도 4는 여기에서 설명된 실시예들에 따른 그리고 반응성 증착 프로세스의 제어를 위해서 이용되는 매개변수들을 보여주는 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어를 위한 제어 조립체의 개략도를 도시한다.

도 5는 여기에서 기술된 실시예들에 따른 폐쇄 루프 제어 조립체를 가지는 추가적인 증착 장치의 개략도를 도시한다.

도 6은 여기에서 기술된 실시예들에 따른 반응성 증착 프로세스의 폐쇄 루프 제어 방법들을 보여주는 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011]

이제, 본 발명의 여러 실시예들에 대한 참조가 상세히 이루어질 것이고, 상기 실시예들 중 하나 또는 둘 이상의 예들이 도면들에 도시되어 있다. 이하의 도면들에 대한 설명에서, 동일한 참조 번호들은 동일한 구성요소들을 지칭한다. 일반적으로, 개별적인 실시예들에 대한 차이점들만을 설명한다. 각각의 예는 본 발명의 설명으로서 제공된 것이고 그리고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 또한, 일 실시예의 일부로서 도시되거나 설명된 피쳐들이 다른 실시예들에서 이용되거나 또는 다른 실시예들과 함께 이용되어, 또 다른 추가적인 실시예를 생성할 수 있다. 설명은 그러한 수정예들 및 변경예들을 포함하도록 의도된다.

[0012]

여기에서 기술된 실시예들은 특히, 패키징, 가요성 광발전(photovoltaic) 디바이스들 또는 다른 적용예들을 위한 웨브(web)와 같은 가요성 기판을 프로세싱하도록 구성된 기판 프로세싱 시스템에 관련된다. 특히, 기판 프로세싱 시스템은 언와인딩(unwinding) 모듈로부터 풀려진(unwound) 웨브와 같은 가요성 기판의 연속적인 프로세싱을 위해서 구성된다.

[0013]

여기에서 기술된 실시예들 내에서 이용되는 바와 같은 가요성 기판 또는 웨브는, 전형적으로, 벤딩가능하다는 (bendable) 것을 특징으로 할 수 있음이 여기에서 주목된다. "웨브"라는 용어는, "스트립"이라는 용어 또는 "가요성 기판"이라는 용어와 같은 뜻으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 여기에서의 실시예들에서 설명된 바와 같은 웨브는 포일(foil)일 수 있다.

[0014]

그러나, 비록 단순한 프로세스 제어를 이용한 높은 증착 레이트들이, 고속으로 이동하는 가요성 기판들을 위한 증착 프로세스들에 대해서 특히 유리한 것으로 간주될 수 있지만, 다른 반응성 증착 프로세스들도 또한, 여기에서 기술된 실시예들로부터 이득을 취할 수 있는데, 그 이유는 신속하게 그리고 양호하게 제어되는 증착이 처리량(throughput) 및/또는 수율(yield)을 증가시키기 때문이고, 그에 따라 증착 장치의 소유 비용(cost of ownership)에 대한 이득을 취할 수 있다.

[0015]

여기에서 기술된 실시예들에 따르면, 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어가 제공된다. 그에 의해서, 전형적으로, 히스테리시스(hysteresis)를 가지는 반응성 증착 프로세스의 경우, 단순화된 장치 요건들로, 신속하고 신뢰성있는 프로세스 제어 모드가 제공될 수 있다. 예를 들어, 여기에서 기술된 폐쇄 루프 제어는 플라즈마 모니터, 또는 람다-센서, 등을 필요로 하지 않는다.

[0016]

도 1은 전형적인 반응성 증착 프로세스의 히스테리시스 곡선을 보여주는 그래프(10)를 도시한다. 상기 반응성 증착 프로세스는, 예를 들어, 실리콘 산화물(SiO_2)의 증착일 수 있고, 여기서, 플라즈마에 산소가 제공되는 동안 음극으로부터 실리콘의 스퍼터링된다. 그에 의해서, 실리콘 산화물이 기판 상에 증착될 수 있다. 도 1에 도시된 곡선(12)은, 산소와 같은 프로세스 가스의 유동의 함수로서 스퍼터 음극에 제공되는 전압과 같은 증착 매개변수들을 보여준다. 그러나, 예를 들어 람다-센서로 측정될 수 있는, 플라즈마 내의 산소 함유량과 같은 다른 증착 매개변수들에 대해, 유사한 히스테리시스 곡선이 또한 관찰될 수 있다. 따라서, 그래프(10)에서 제공되는 값들은 정규화된(normalized) 값들로서 제시되어 있다.

[0017]

도 1에 도시된 화살표들(14)로 표시된 바와 같이, 곡선(12)은 히스테리시스를 나타낸다. 적은(low) 프로세스 가스 유동의 경우에, 비교적 높은 음극 전압이 제공되고 그리고 증착 프로세스는 금속 모드에서 실행된다. 비록 높은 증착 레이트가 금속 모드에서 제공될 수 있지만, 복수의 적용예들에 대해 적합하지 않은 흡수 층이 증착된다. 보다 높은 프로세스 가스 유량들의 경우에, 증착 프로세스는 산소 모드로 전환되고, 그러한 산소 모드

에서, 투명한 실리콘 산화물 층이 증착될 수 있다. 그러나, 증착 레이트가 비교적 낮다. 따라서, 여기에서 기술된 바와 같은 반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법들은, 전형적으로, 증착 프로세스가 전이 모드로 제공되도록 제어하고, 그러한 전이 모드에서, 실리콘 산화물과 같은 투명한 층이 비교적 높은 레이트로 증착될 수 있다.

[0018] 산소 센서(람다-센서) 또는 플라즈마 모니터링(PEM)을 이용하는 현재의 제어 모드들과 같은 제어 모드들은, 전이 모드에서 증착 프로세스를 안정적으로 유지하기 위한 고속 논리 제어들을 가지는 제어 유닛들 및 센서 장비를 위한 부가적인 하드웨어를 필요로 한다. 전원 또는 가스 공급부를 제어하기 위해서, 플라즈마 특성에 관한 정보를 제공하는, 그러한 센서들로부터의 신호들이 고속 논리 제어기들에 공급될 수 있다. 따라서, 과거에, 음극 전력이 전이 모드로 계속 제어되도록 하기 위해, PEM 또는 람다 센서들과 같은 특별한 모니터링 퍼처들이 특별한 제어 루틴과 조합되어 이용되었다. 이는 추가적인 하드웨어 및 소프트웨어를 필요로 하고, 그에 따라 비용이 많이 드는 해결책이 된다. 또한, 현재의 제어 모드들이 반드시 유리한 것은 아니다.

[0019] 여기에서 기술된 실시예들은 반응성 증착 프로세스를 위한 폐쇄 루프 제어를 제공하고, 그러한 폐쇄 루프 제어에서 음극이 전력 제어될 수 있다. 그에 의해서, 음극에 제공되는 전력에 증착 레이트가 비례하기 때문에, 증착 레이트가 일정할 수 있다.

[0020] 여기에서 기술된 실시예들은, 전압 제어 또는 상한 전압 제한(upper voltage limitation)을 이용하는 것에 의해서 음극을 전이 모드로 유지할 수 있는 전압 공급부 또는 발전기(generator)를 포함한다. 그러나, 전원에 전압 제어를 제공할 때, 전압 공급부가 전압 제어되는 결과를 초래하고 그리고 전력이 일정하게 유지되지 않는다는, 이는 전원이 단지 하나의 매개변수만을 고정적으로 유지할 수 있기 때문이다. 만약 전압 제어가 이용된다면, 전력 및 그에 따른 증착 레이트가, 이용되는 프로세스 가스들(또는 탈가스)에 의해서 변화되고, 그리고 이것이 항상 수용가능한(acceptable) 것은 아니다. 또한, 만약 전원이 전압 모드로 동작된다면, 수동 증착 레이트 조정이 요구된다.

[0021] 따라서, 여기에서 기술된 실시예들은, 전원의 전압 제어에 더하여, 폐쇄 제어 루프로서 전력 제어를 제공하고, 여기서, 실제 전력이 모니터링되고 그리고 프로세스 가스의 유량이 제어되어, 전력을 본질적으로 일정하게 유지한다. 그에 의해서, 본질적으로 일정한 증착 레이트를 제공하는 폐쇄 루프 제어가 제공될 수 있다. 여기에서 기술된 실시예들에 따르면, SiO_2 프로세스와 같은 반응성 증착 프로세스는 전압 제어되거나 전압 제한되고, 그리고 스퍼터 전력을 일정하게 유지하는 O_2 유동 조절(regulation)을 설정한다(establish). 그에 의해서, 폐쇄 루프 제어가 제공된다.

[0022] 비록 여기에서 언급된 예들이 주로 SiO_2 증착을 언급하지만, 반응성 증착 프로세스를 제어하는 방법들, 반응성 증착 프로세스를 위해서 구성된 폐쇄 루프 제어 조립체들, 및 기판 상에 층을 반응성 증착하기 위한 증착 장치들은, Al_2O_3 , TiO_2 , ZnO , Nb_2O_5 , SnO_2 , 또는 Si_3N_4 등을 증착하는 것과 같은 다른 반응성 증착 프로세스들을 위해서 이용될 수 있다.

[0023] 도 2는 여기에서 기술된 실시예들을 설명하기 위한 폐쇄 루프 제어 조립체(200)를 도시한다. 제어 조립체는 전원(210)을 포함한다. 참조 번호 '212'에 의해서 표시된 바와 같이, 전원은 전형적으로, 중간 주파수 전원과 같은, AC 전원일 수 있다. 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 전원의 발진(oscillating) 주파수는 1 kHz 내지 200 kHz일 수 있다. 전원(210)은 음극 조립체에 연결된다.

[0024] 도 2에 도시된 바와 같이, 음극 조립체는 제 1 음극(214) 및 제 2 음극(215)을 포함할 수 있다. 그에 의해서, 전력이 음극 또는 음극 조립체에 각각 제공된다. 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, AC 전력은 교번적인(alternating) 방식으로 음극(214) 및 음극(215)에 제공될 수 있고, 그에 따라, AC 과형의 절반 사이를 동안, 각각, 하나의 음극이 다른 음극에 대한 반대 전극(양극)을 제공한다. 음극 조립체에 전력을 공급하는 것에 의해서, 플라즈마(20)가 발생된다.

[0025] 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 전원(210)은 DC 발전기, 및 중간 주파수 발진기와 같은 AC 발진기를 포함할 수 있다. DC 발전기는, 발진기를 위한 출력으로서, DC 전력, DC 전압, 및 DC 전류를 가진다. 발진기는, 각각, 음극 또는 음극 조립체에 제공되는 출력 전력, 출력 전압, 출력 전류, 및 출력 주파수를 가진다. 화살표(222)로 표시된 바와 같이, 전원은 제어기로부터 전압 설정점 신호를 수신한다. 또한, 화살표(224)로 표시된 바와 같이, 전원은 전력 값을 제어기에 제공한다. 그에 의해서, 전형적으로, 전력 값은, 각각 전원 또는 발진기에 의해서 음극에 제공되는 실제 AC 전력이 된다.

[0026] 화살표(232)로 표시된 바와 같이, 프로세스 가스가 플라즈마(20)의 플라즈마 영역에 제공된다. 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 전형적인 실시예들에 따르면, 프로세스 가스는 아르곤, 산소, 질소, H₂, H₂O, 및 N₂O 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 전형적으로, 반응성 증착 프로세스를 위한 반응 가스로서 산소가 제공될 수 있다. 산소-기반의 반응성 프로세스를 위한 프로세스 가스에 적은 양의 질소를 제공하는 것은, 생성되는 플라즈마(20)를 안정화시키는데 유리할 수 있다.

[0027] 전형적인 실시예들에 따르면, 전압 설정점 값(222)은, 전원(210)이 음극에 제공할 수 있는 전압에 대한 상한치(upper limit)로서 제공되었다. 도 1과 관련하여, 상한치는, 예를 들어 0.6 내지 0.8, 예를 들어 0.7의 정규화된 값을 가질 수 있다. 그에 의해서, 금속 모드로부터 시작하는 프로세스에서는, 해당 전이 모드에서, 예를 들어 도 1의 곡선(12)의 우측 히스테리시스 부분에서 충을 증착하도록, 전압이 조정될 수 있다.

[0028] 따라서, 전압 설정점 값(222)은, 해당 증착 프로세스를 전이 모드로 유지하기 위한 한계치(limit)로서 설정될 수 있다. 그에 의해서, 전원에 의해서 제공되는 전력은 플라즈마 영역(20) 내에서의 반응성 가스의 유동에 의존한다. 예를 들어, 실리콘 산화물 증착 프로세스의 경우에, 전력은, 전압 설정점 값에 의해서 제한되면서, 산소 유동에 의존할 수 있다. 실제 전력은, 화살표(224)로 표시된 바와 같이, 제어기에 신호로서 제공된다. 폐쇄 루프 제어를 제공하는 제어기는, 음극에 제공되는 실제 전력에 의존하여, 화살표(232)에 의해서 표시된 프로세스 가스 유동을 제어한다.

[0029] 그에 따라, 여기에서 기술된 일부 실시예들에 따르면, 전원의 전압이 설정점 값에 의해서 고정되고, 그리고 전원(210)의 출력 전력은, 프로세스 가스 유동을 조정하는 것에 의해서 제어기에 의해서 제어된다. 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 제어기는 프로그래밍 가능 논리 제어기(PLC)일 수 있다. 출력 전력을 일정하게 유지하고, 그에 의해서 증착 레이트를 일정하게 유지하기 위해서, 프로세스 가스 유동, 예를 들어 산소 유동이 조정되기 때문에, 램다-센서들 또는 플라즈마 모니터링(PEM)과 같은 부가적인 하드웨어를 갖지 않으면서도, 일정한 증착 레이트가 전이 모드에서 제공될 수 있다.

[0030] 도 3은 폐쇄 루프 제어 조립체를 포함하는 증착 장치(300)를 도시한다. 도 3에 도시된 증착 장치(300)는 전원(210)을 포함한다. AC 전원이 증착 장치(300)의 회전가능한 음극(314) 및 챔버(32)에 연결된다.

[0031] 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 다른 실시예들에 따르면, AC 전원은 하나의 음극, 및 하우징에 의해서, 증착 장치의 다른 파트에 의해서, 또는 다른 전극에 의해서 제공되는 반대(counter) 전극에 연결될 수 있다. 예를 들어, 다른 전극은, 음극(314)에 대향하는 기판 측에 제공될 수 있다. 또 다른 추가적인 선택 사항들에 따르면, 2개의 음극들을 가지는 음극 조립체가 제공될 수 있고, 여기서, 교번적인 전력에 의해서 구동되는 트윈(twin)-음극-조립체를 제공하기 위해서, AC 전원이 제 1 및 제 2 음극에 연결된다. 전형적으로, 중간 주파수 전력이 인가된다.

[0032] 전형적인 실시예들에 따르면, 음극들은 마그네트론 스퍼터링 음극들일 수 있다. 또한, 도 2에 도시된 바와 같은 평면형 음극들 또는 도 3 및 5에 도시된 바와 같은 회전형 음극들이, 여기에서 기술된 바와 같은 반응성 증착 프로세스, 각각의 제어 조립체들 및 증착 장치들을 위해서 이용될 수 있다.

[0033] 이해될 바와 같이, AC 전력이 공급될 때, 음극들(214, 215 및 314)뿐만 아니라 여기에서 언급된 다른 음극이 음극 또는 양극이 될 수 있다. 그러나, 스퍼터링 타겟들은, AC 주파수 파형의 절반 사이클 동안 이들의 기능이 양극의 기능일 수 있더라도, 음극들로 지칭된다.

[0034] 도 3에 도시된 바와 같이, 전압 설정점(222)이 제어기(310)에 의해서 제공되고, 제어기(310)는 전력 값을 수신하며, 그 전력 값은, 전형적으로, 음극(314)에 출력되는 실제로 제공되는 MF 전력이다. 제어기(310)는, 챔버(32) 내로 프로세스 가스를 제공하기 위한 가스 도관(334)을 포함하는 가스 공급부(330)에 신호(232)를 제공한다. 기판(30)은, 충, 예를 들어, 실리콘 산화물, 알루미늄 산화물, TiO₂, ZnO, Nb₂O₅, SnO₂, 또는 Si₃N₄ 등의 반응성 증착을 위해서 챔버(32)를 통해서 운송된다.

[0035] 챔버(32) 내의 플라즈마 영역에 도관(334)에 의해서 제공되는 가스 유량은, 음극(314)에 제공되는 전원(210)의 출력 전력에 비례한다. 전원으로부터 제어기(310)로의 신호로서 제공되는 실제 전력 값(224)이 본질적으로 일정하도록, 제어기(310)가 가스 유량을 제어한다. 그에 의해서, 폐쇄 루프 제어가 설정된다(established).

[0036] 도 4는 음극들(214 및 215)에 전력을 공급하기 위한 폐쇄 루프 제어 조립체의 또 다른 실시예를 도시한다. 폐쇄 루프 제어 및 폐쇄 루프 제어의 동작 방법이 도 4 및 6과 관련하여 설명된다. 화살표들(422 및 424)로 표시된 바와 같이, 설정점 전압 및 설정점 전력이 제어기(310)에 제공될 수 있다. 이는, 예를 들어, 운영자에 의해

서 그래픽 사용자 인터페이스를 통해서 이루어질 수 있다. 전형적으로, 설정점 전압은 DC 전압일 수 있고 그리고 설정점 전력은 중간 주파수 전력일 수 있다. 그러나, 설정점 전압은 또한 중간 주파수 전압일 수 있고, 그리고 설정점 전력은 또한, 전원에서 DC 발전기로부터 발전기로 출력되는 DC 전력일 수 있다. 제어기(310)는, 화살표(222)로 표시된 바와 같이, 전원(210)에 설정점 전압을 제공한다.

[0037] 전형적으로, 전원(210)은 DC 발전기(412), 및 AC 발전기, 예를 들어, 중간 주파수 발전기(414)를 포함할 수 있다. 전원(210)은, 희망하는 출력 전압으로서, 특히 전원(210)에 의해서 제공되는 전압의 전압 상한치(upper voltage limit)로서 전압 설정점(222)을 이용하도록 구성된다. 예를 들어, 만약 설정점 전압이 DC 전압이라면, 전원(210)은, DC 발전기(412)에 의해서 발전기(414)에 제공되는 DC 전압의 상한치로서 설정점을 이용할 수 있다. 예를 들어, 만약 설정점 전압이 MF 전압이라면, 전원(210)은, 발전기(414)에 의해서 음극들에 제공되는 MF 전압의 상한치로서 설정점을 이용할 수 있다. 그에 의해서, 전원은, 도 6의 단계(602)에 도시된 바와 같이 전압 제어되어 동작된다.

[0038] 여기에서 기술된 전형적인 실시예들에 따르면, 증착 프로세스가 전이 모드에서 실행되도록, 전압 설정점(422)이 제공된다. 그에 의해서, 전압 상한치로 인해서, 전이 모드가 안정화될 수 있고, 그리고 발전기(414)에 의해서 음극들(214 및 215)에 제공되는 실제 AC 전력은 플라즈마 영역 내에서 이용가능한 프로세스 가스에 의존한다. 음극들(214 및 215)에 제공되는 실제 전력은, 예를 들어, 발전기로부터 제어기(310)로의 신호(224)로서 제공된다. 이는, 실제 전력(P_{act})이 수신되는, 도 6의 단계(604)에 상응한다. 단계(606)에서, 제어기는 실제 전력(P_{act})을 설정점 전력(424)과 비교한다. 단계(608)에서 도시된 바와 같이, 프로세스 가스의 가스 유동, 및 특히, 프로세스 가스 내에 포함되는 반응성 가스의 해당 가스 유동이 조정된다. 이는 도 4에서 화살표(232)로 표시되어 있다. 예를 들어, 만약 실제 전력이 설정점 전력보다 더 작다면, 예를 들어, 실리콘 산화물 증착 프로세스를 위한 산소 유동이 증가된다. 만약 실제 전력이 설정점 전력보다 더 크다면, 예를 들어, 실리콘 산화물 증착 프로세스를 위한 산소 유동이 감소될 것이다. 유사한 제어들이, 다른 반응성 증착 프로세스들 및 상응하는 반응성 프로세스 가스들에 대해서 구현될 수 있다.

[0039] 전형적인 실시예들에 따르면, 산소 유동은 특정 한계치들 내에서 조정될 수 있고 그리고 미리 결정된 증분(increment) 만큼 조정될 수 있다. 단계(608)로부터 단계(604)까지 화살표로 표시된 바와 같이, 본질적으로 일정한 전력을 제공하기 위해서 폐쇄 루프 제어가 구현된다. 그에 의해서, 본질적으로 일정한 증착 레이트가 전이 모드에서 제공되는데, 이는 전원의 전압 제어에 의해서 설정된 것이다.

[0040] 도 6은, 여기에서 기술된 실시예들의 일부 선택적인 변경들에 따라서 제공될 수 있는 추가적인 단계(610)를 도시한다. 그에 의해서, 전원(210)로부터 제어기(310)로의 신호로서 제공되는 실제 전력(224)에 더하여, 또한 실제 전압이, 전원(210)로부터 제어기(310)로의 신호로서 제공된다. 단계(610)에서, 실제 전압이 모니터링된다. 만약 실제 전압이 하한치 아래로 떨어진다면, 산소 모드가 검출된다. 이는 도 1과 관련하여 이해될 수 있다. 만약 정규화된 전압이 0.4 미만의 값으로 떨어진다면, 반응성 증착 프로세스는 도 1에 도시된 바와 같이 산소 모드에 있게 될 것이다. 일부 실시예들에 따르면, 증착 프로세스를 위해서 금속 모드를 통해서 전이 모드로 복귀하도록, 산소 유량이 최소 산소 설정점 레벨로 설정될 수 있다.

[0041] 도 5는, 여기에서의 실시예들에 따른, 기판, 예를 들어 가요성 기판 상에 층을 반응성 증착하기 위한 증착 장치(500)의 예를 개략적으로 도시한다.

[0042] 전형적인 실시예들에 따르면, 증착에 앞서서 기판(14)을 풀고 기판(14)을 감기 위해서, 증착 장치(500)는 언와인드 롤러(unwind roller)(132) 및 리와인드 롤러(rewind roller)(134)를 포함할 수 있다. 증착 장치(500)는, 상이한 프로세싱 챔버들을 통해 기판(14)을 이동(translation)시키기 위한 롤러 시스템(미도시)을 포함할 수 있다. 특히, 여기에서의 실시예들에 따른 증착 장치는, 플라스틱 필름 상에서의 롤-투-롤(roll-to-roll) 증착을 위한 스퍼터 롤 코터(coater)로서 구성될 수 있다.

[0043] 장치(500)의 프로세싱 모듈은, 기판(14)을 프로세싱 드럼(306)에 적절하게 공급하기 위한 그리고 프로세싱된 기판(14')을 프로세스 모듈로부터 와인딩 모듈(winding module)(304)에 공급하는 것을 돋기 위한 롤러들(310, 312)을 더 포함할 수 있다. 증착 장치(500)는, 본원 개시 내용의 실시예들에 따라서 투명한 본체(body)를 제조하도록 구성된, Applied Materials가 제조한 SmartWeb™ 일 수 있다. 여기에서의 실시예들에 따라서 구성될 수 있는 롤-투-롤 증착 장치의 예들이, 2004년 2월 18일자로 출원되고 공개 번호 제 EP 1 561 837 A1 호로서 공개된 "Strip coating installation with a vacuum chamber and a coating cylinder"라는 명칭의 유럽 특허출원 제 EP20040003574 호에서 기술되어 있고, 상기 유럽 특허출원은, 본원 개시 내용과 부합되는 범위까지 본원에

인용에 의해 포함된다.

[0044] 도 5에 도시된 예시적인 장치는, 6개의 타겟 조립체들(520-1 내지 520-6)을 가지고 기판(14) 위에 층 또는 층 스택을 증착하도록 구성된 제 1 증착 조립체를 포함한다. 전형적인 실시예들에 따르면, 층 스택의 각각의 몇 개의 층들은 개별적인 증착 챔버, 또는 증착 챔버의 개별적인 격실들 내에서 증착될 수 있다. 대안적으로, 각각의 격실은 동일한 층의 추가적인 재료를 증착하기 위해서 이용될 수 있다.

[0045] 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, 각각의 격실이 개별적인 프로세싱 매개변수들 하에서, 특히 개별적인 프로세싱 가스들을 이용하여 동작될 수 있도록, 장치(500)는 6개의 격실들, 챔버들 또는 하위-챔버들을 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 장치는 Si 타겟들, 예를 들어 분무식(sprayed) Si 타겟 튜브들(522)을 구비하는 6개의 회전가능한 MF 음극들 또는 타겟 조립체들(520-1 내지 520-6)을 포함할 수 있다. 용이한 참조를 위해서, 제어기(310), 예를 들어 DC 발전기(412) 및 MF 발진기(414)를 가지는 전원(210), 가스 공급부(330), 및 가스 도관(334)이 제 1 타겟 조립체(520-1)에 대해서만 도시되어 있다.

[0046] 전형적인 실시예들에 따르면, 전원들 및 가스 공급부들은 증착 장치의 격실들의 각각을 위해서 제공될 수 있고, 그리고 제어기(310)는 각각의 격실 내의 증착을 제어하기 위해서 이용될 수 있다. 대안적으로, PLC와 같은 제어기가 각각의 증착 프로세스에 대해서 제공될 수 있다. 그에 의해서, 전형적으로, 각각의 증착 구역에 대한 설정점 전압들 및 설정점 전력들을 제공하기 위해서, 공동 사용자 인터페이스가 제공될 수 있다. 또 다른 추가의 대안적인 변경들에 따르면, 유사한 설정점 전압들 및 설정점 전력들이, 둘 또는 그 이상의, 또는 심지어 모든 증착 구역들에 대해서 제공될 수 있다.

[0047] 여기에서 기술된 일부 실시예들에 따르면, 특히, 상이한 층을 포함하는 층 스택들의 증착을 위해서, 증착 조립체들(520-1 내지 520-6) 중 하나 또는 몇 개가 반응성 증착 프로세스를 위해서 제공될 수 있고 그리고 여기에서 기술된 실시예들에 따른 폐쇄 루프 제어 조립체를 구비할 수 있다.

[0048] 예를 들어, 3개의 실리콘-함유 유전체 필름들(SiO_2 또는 Si_3N_4)을 가지는 3개-층의 투명한 층 스택이, 여기에서 기술된 실시예들에 따른 폐쇄 루프 제어를 이용하여 제조될 수 있다. 그에 의해서, 람다-센서 또는 PEM이 증착 격실들 중 하나 또는 둘 이상에 대해서 배제됨(avoided) 수 있다.

[0049] 또 다른 추가적인 실시예들에 따르면, 도 5에 도시되고 6개의 격실들, 타겟 조립체들 또는 음극들을 가지는 장치(500)는 또한, 예를 들어, 8개, 10개, 또는 심지어 12개까지의 격실들, 타겟 조립체들 또는 음극들로 추가적으로 규모 확대됨(scaled up) 수 있다. 전형적으로, 그러한 규모 확대에 대해서 적어도 처리량이 추가적으로 증가될 수 있는데, 이는 층 두께 및/또는 증착 레이트를 기초로 기판의 속도를 제한하는 층이, 부가적인 음극에 의해 증착될 수 있기 때문이다.

[0050] 예시적으로 음극 조립체(520-1)에 대해서 표시된 바와 같이, 설정점 전압(422) 및 설정점 전력(424)이 제어기(310)에 제공될 수 있다. 제어기(310)는 설정점 전압을 전원(210)에 제공한다. 전형적으로, 전원(210)은 DC 발전기(412) 및 AC 발진기, 예를 들어, 중간 주파수 발진기(414)를 포함할 수 있다. 증착 프로세스가 전이 모드에서 실행되도록, 전원이 전압 제어되어 동작된다. 그에 의해서, 전압 상한치로 인해서, 전이 모드가 안정화될 수 있고, 그리고 발진기(414)에 대해서 음극들(214 및 215)에 제공되는 실제 AC 전력은, 가스 공급부(330)에 대해서 도관(334)으로 제공되는 이용가능한 프로세스 가스에 의존한다. 음극들(522)에 제공되는 실제 전력은 제어기(310)에 신호로서 제공된다. 프로세스 가스의 가스 유동은 실제 전력에 의존하여 조정된다.

[0051] 전술한 바와 같이, 여기에서 기술된 다른 실시예들과 조합될 수 있는 일부 실시예들에 따르면, MF 발전기는 P_{MF} -제어되거나 또는 U_{MF} 제어된다. 따라서, 전형적으로 전압 한계치에 도달하지 않기 때문에, 발전기 또는 프로세스의 전력 제어가 프로세스 가스의 유량의 폐쇄 루프 제어에 대해서 이용될 수 있다. 전원에 제공되는 P_{MF} 설정점은, 요청되는 프로세스 P_{MF-Set} 설정점보다 약 10% 더 높게 설정될 수 있다. $U_{DC/MF}$ 한계치 설정점은, 프로세스 요구 설정점 $U_{DC/MF-Set}$ 으로 변화될 것이다.

[0052] 산소 유동은, 요청된 MF-전력(P_{MF-Set})과 실제 MF-전력(P_{MF-Act})의 차이에 의존하여 변화될 것이다. 만약 P_{MF-Act} 가 P_{MF-Set} 보다 작다면, 가스 유동, 예를 들어 산소 유동이 증가된다. 만약 P_{MF-Act} 가 P_{MF-Set} 보다 크다면, 가스 유동, 예를 들어 산소 유동이 감소된다.

[0053] 가스 유동, 예를 들어, 산소 유동은 분당 유동증분(deltaFlow) 만큼 한계치들(FlowMinLimit 및 FlowMaxLimit) 내에서 변화될 수 있다. 가스 유량을 변화시키는 것에 의한 MF-전력 제어에 더하여, 전형적으로, 실제 전압($U_{DC/MF-Act}$)이 설정점 전압($U_{DC/MF-Set}$)에 근접하여야 한다. 만약 실제 전압이 문턱값 한계치 미만이 된다면, 산소 모드 증착이 검출되고, 그리고 전술한 바와 같은 대응책들(counter-measures)이 제공될 수 있다.

[0054] 여기에서 기술된 실시예들에 따르면, 여기에서 기술된 바와 같은, 폐쇄 루프 제어 조립체, 폐쇄 루프 제어 조립체를 포함하는 장치 및 반응성 총 증착 방법에 있어서, PEM 또는 람다 센서들과 같은 부가적인 하드웨어가 필요하지 않다. 또한, 전이 모드에서 안정적인 증착 레이트, 즉 충분한 증착 레이트가 제공될 수 있다.

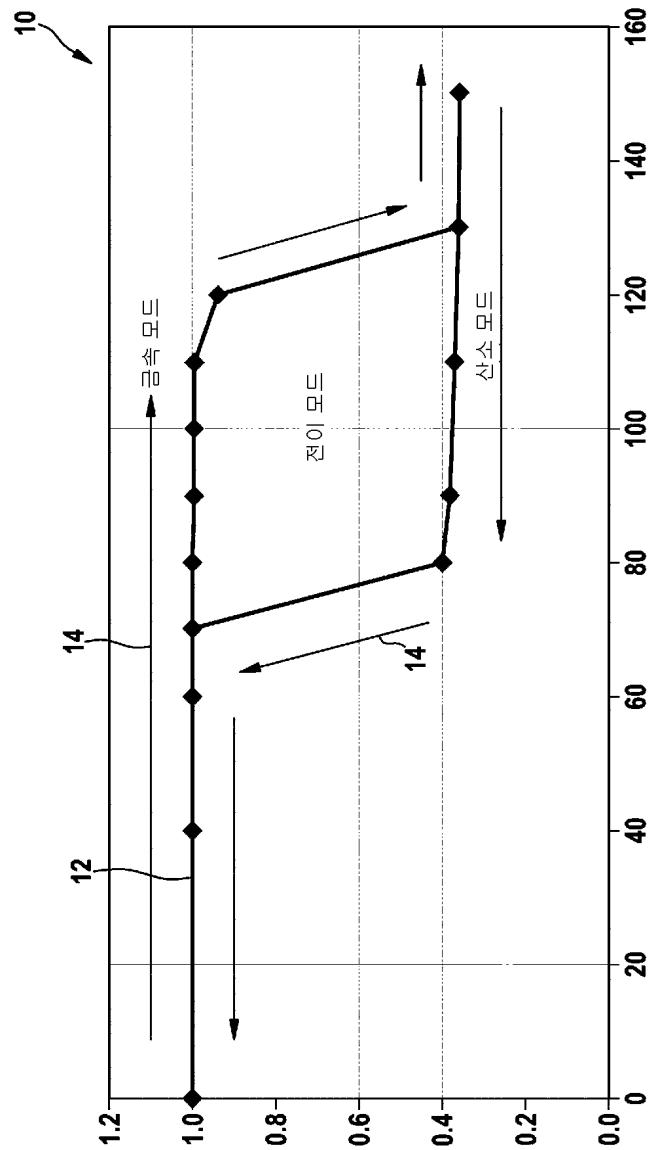
[0055] 기재된 설명은, 최상의 모드를 포함하여, 본 발명을 개시하기 위해서 그리고 임의의 당업자가 발명을 실시하고 이용할 수 있게 하기 위해서, 예들을 이용한다. 여러 가지 구체적인 실시예들과 관련하여 본 발명을 설명하였지만, 당업자는, 본 발명이 청구항들의 사상 및 범위 내의 변경들과 함께 실행될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 특히, 앞서서 설명된 실시예들의 예들 및 실시예들 또는 실시예들의 변형들의 상호 비-배타적인 특징들이 서로 조합될 수 있다.

[0056] 본 발명의 특허가능한 범위는 청구항들에 의해서 규정되고, 당업자가 안출할 수 있는 다른 예들을 포함할 수 있다. 그러한 다른 예들은 청구항들의 범위에 포함되는 것으로 의도된다.

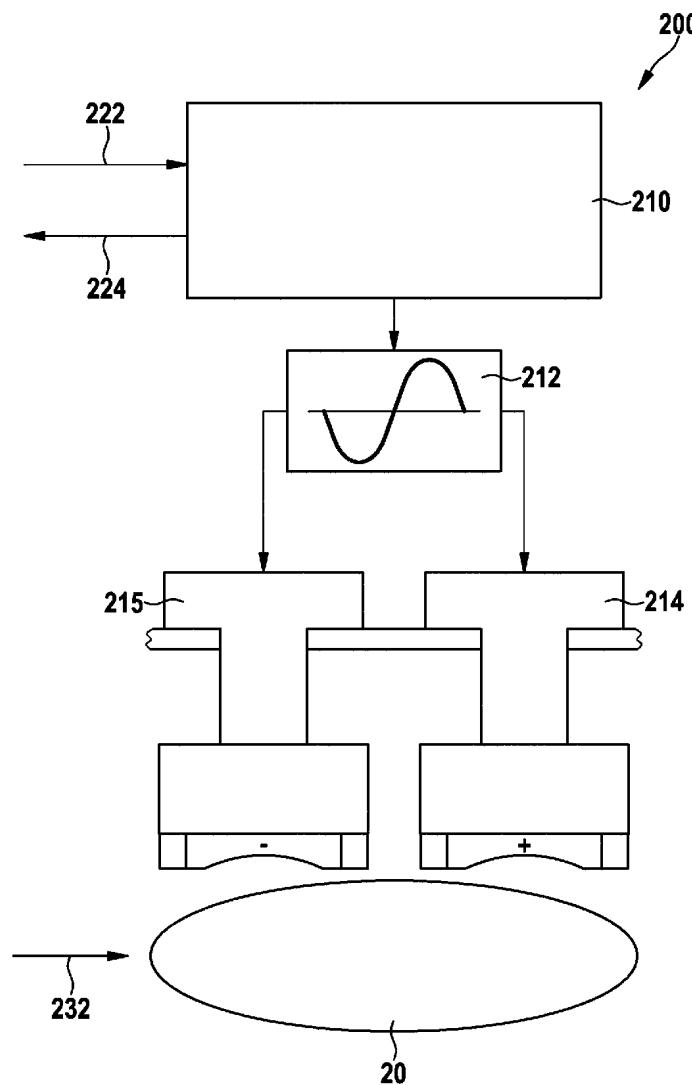
[0057] 전술한 내용들이 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 그리고 추가적인 실시예들이 본 발명의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않으면서 고안될 수 있으며, 본 발명의 범위는 이하의 청구항들에 의해서 결정된다.

도면

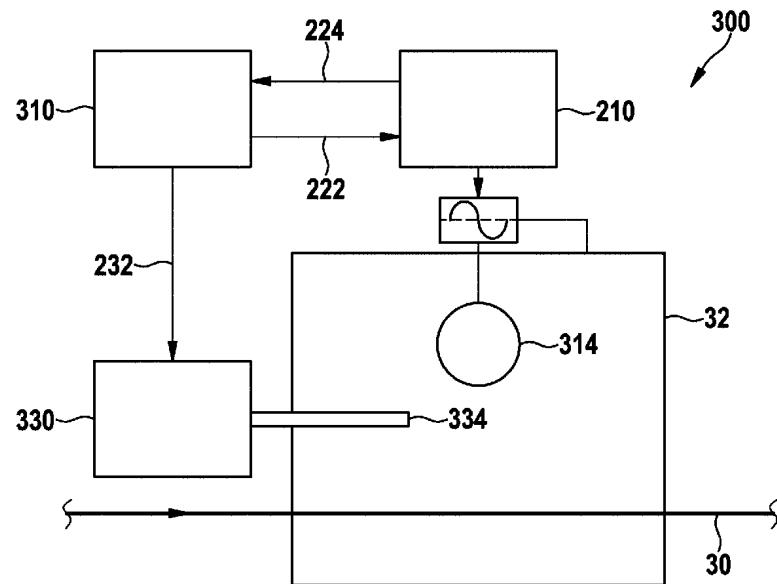
도면1



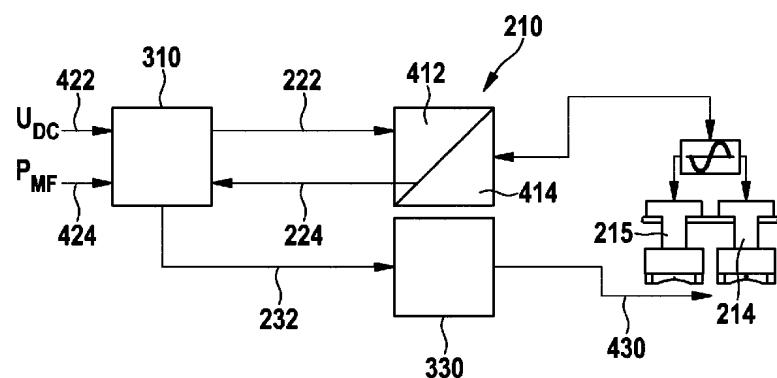
도면2



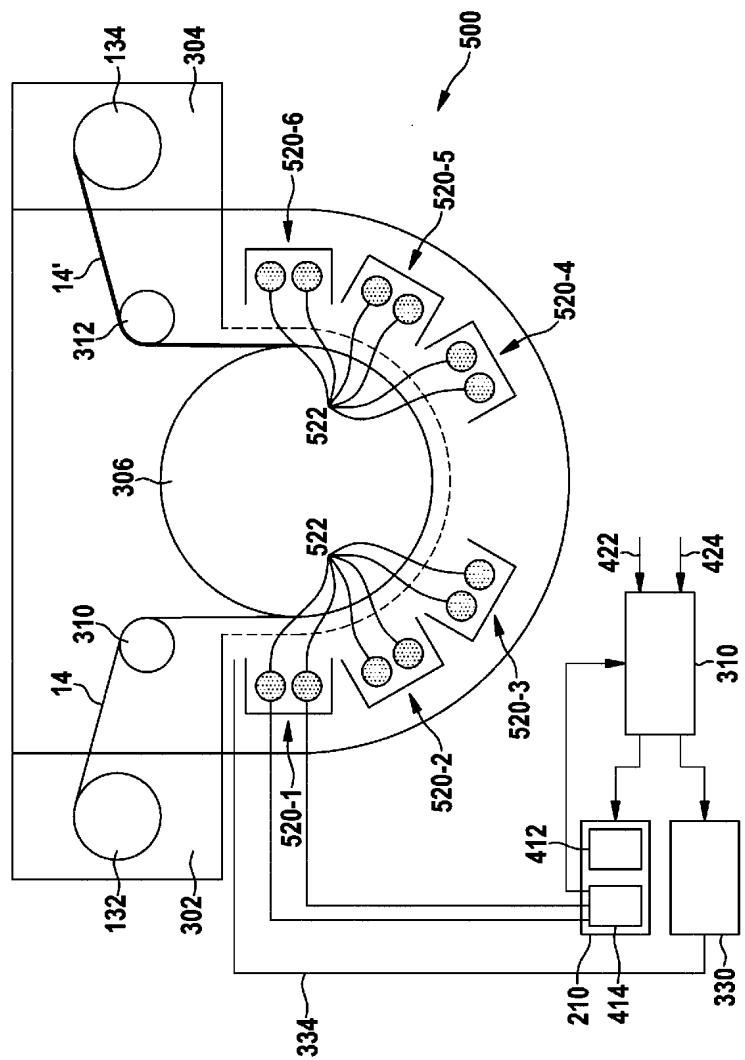
도면3



도면4



도면5



도면6

