



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0100068
(43) 공개일자 2017년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 14/04 (2006.01) C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01) C23C 14/50 (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01) H01J 37/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 14/046 (2013.01)
C23C 14/3407 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7023703(분할)
(22) 출원일자(국제) 2009년06월11일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2016-7034645
원출원일자(국제) 2009년06월11일
심사청구일자 2016년12월12일
(85) 번역문제출일자 2017년08월24일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/047103
(87) 국제공개번호 WO 2009/155208
국제공개일자 2009년12월23일
(30) 우선권주장
61/073,130 2008년06월17일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
카오, 용
미국 95129 캘리포니아 샌어제이 #에이치311 알바
니 드라이브 4270
이워트, 마우리스 이.
미국 95133 캘리포니아 샌어제이 파체코 드라이브
2368
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인 남앤드남

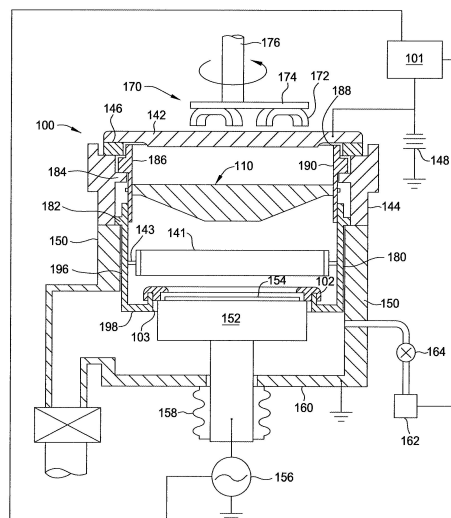
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 균일한 증착을 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 일반적으로 기관 상의 높은 중형비 피쳐들의 바닥부 및 측벽들 내의 물질들의 균일한 스퍼터 증착을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 일 실시예에서, 스퍼터 증착 시스템은, 콜리메이터의 중심 영역에서부터 콜리메이터의 주변 영역까지 감소하는 중형비들을 갖는 개구들을 구비하는 콜리메이터를 포함한다. 일 실시예에서, 내부로 그리고 외부로 스레딩된(threaded) 조임쇠(fastener)들의 조합을 포함하는 브라켓 부재(bracket member)를 통해, 콜리메이터는 접지된 실드에 결합된다. 다른 실시예에서, 콜리메이터는 접지된 실드에 일체식으로 부착된다. 일 실시예에서, 물질을 스퍼터 증착하는 방법은 기관 지지물 상에 바이어스를 높은 값과 낮은 값 사이에서 펄싱(pulsing)하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1b



(52) CPC특허분류

C23C 14/35 (2013.01)

C23C 14/50 (2013.01)

C23C 14/564 (2013.01)

H01J 37/3447 (2013.01)

(72) 발명자

탕, 시안민

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 윌리엄스 로드
4758

밀러, 케이쓰 에이.

미국 94043 캘리포니아 마운틴 뷰 산 피에르 웨이
535

루벤, 다니엘 씨.

미국 95120 캘리포니아 샌어제이 마운트 홀리 드라
이브 6614

켈카, 우메쉬 엠

미국 97330 오레곤 코르발리스 엔이 파우더호른 드
라이브 103

궁, 차-정

미국 95125 캘리포니아 샌어제이 선본넷 루프 933

서브라마니, 아난타 케이.

미국 95135 캘리포니아 샌어제이 멜롯 코트 4245

명세서

청구범위

청구항 1

증착 장치로서,

전기적으로 접지된 챔버;

상기 챔버에 의하여 지지되며 상기 챔버로부터 전기적으로 격리된(isolated) 스퍼터링 타겟;

상기 스퍼터링 타겟 아래에 위치되며 상기 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행인 기관 지지 표면을 구비하는 기관 지지 페데스탈(pedestal);

상기 챔버에 의하여 지지되는 실드(shield) 부재; 및

상기 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 상기 기관 지지 페데스탈과 상기 스퍼터링 타겟 사이에 위치되는 콜리메이터(collimator)

를 포함하며,

상기 콜리메이터는 상기 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비하며, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 종횡비를 가지는 증착 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개구부의 종횡비는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 연속적으로 감소하는 증착 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 콜리메이터의 두께는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 연속적으로 감소하는 증착 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 개구부의 종횡비는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 비선형적으로 감소하는 증착 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 콜리메이터의 두께는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 비선형적으로 감소하는 증착 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터는 브라켓을 이용하여 상기 실드 부재와 결합되며,

상기 브라켓은,

외부로 스레드된(threaded) 부재; 및

상기 외부로 스레드된 부재와 맞물리는 내부로 스레드된 부재

를 포함하는 증착 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터는 상기 실드 부재와 용접되는 증착 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터는 상기 실드 부재와 일체화되는 증착 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터는 알루미늄, 구리 및 스테인리스 스틸로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 물질로 구성되는 증착 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터의 상기 개구부들 사이의 벽 두께는 약 0.06 인치 내지 약 0.18 인치 사이인 증착 장치.

청구항 11

증착 장치로서,

전기적으로 접지된 챔버;

상기 챔버에 의하여 지지되며 상기 챔버로부터 전기적으로 격리되고 DC 전력 소스와 전기적으로 결합되는 스퍼터링 타겟;

상기 스퍼터링 타겟 아래에 위치되며 상기 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행한 기판 표면을 구비하고 RF 전력 소스와 전기적으로 결합되는 기판 지지 페데스탈;

상기 챔버에 의하여 지지되며 상기 챔버와 전기적으로 결합되는 실드 부재;

상기 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 상기 기판 지지 페데스탈과 상기 스퍼터링 타겟 사이에 위치되는 콜리메이터(collimator) - 상기 콜리메이터는 상기 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비하며, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 종횡비를 가짐 -;

가스 소스; 및

상기 가스 소스, 상기 DC 전력 소스 및 상기 RF 전력 소스를 제어하기 위한 신호를 제공하도록 프로그램되며, 상기 기판 지지 페데스탈에 높은 바이어스를 제공하도록 프로그램된 제어부를 포함하는 증착 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

RF 코일을 더 포함하고,

상기 제어부는 상기 기판 지지 페데스탈이 높고 낮은 바이어스 사이에서 교대되게끔 상기 RF 전력 소스를 제어하기 위한 신호를 제공하도록 프로그램되며, 상기 제어부는 상기 챔버 내의 2차 플라즈마를 제어하기 위하여 RF 코일 및 상기 가스 소스에 제공되는 전력을 제어하도록 프로그램된 증착 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 콜리메이터의 두께는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 연속적으로 감소하는 증착 장치.

청구항 14

기관 상에 물질을 증착하기 위한 방법으로서,

챔버 내부의 스퍼터링 타겟에 DC 바이어스를 인가하는 단계 - 상기 챔버는 상기 스퍼터링 타겟과 기관 지지 페데스탈 사이에 위치되는 콜리메이터를 구비하고, 상기 콜리메이터는 상기 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비하며, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 중형비를 가짐 -;

상기 챔버 내부의 상기 스퍼터링 타겟에 인접한 영역에 공정 가스를 제공하는 단계;

상기 기관 지지 페데스탈에 바이어스를 인가하는 단계; 및

상기 기관 지지 페데스탈에 인가되는 바이어스를 높은 바이어스와 낮은 바이어스 사이로 펄싱(pulsing)하는 단계

를 포함하는 기관 상에 물질을 증착하기 위한 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 챔버 내부에 2차 플라즈마를 제공하기 위하여 상기 챔버 내부에 위치되는 RF 코일에 전력을 인가하는 단계를 더 포함하며,

상기 개구부의 중형비는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 연속적으로 감소하는 기관 상에 물질을 증착하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 기관 상의 높은 중형비 피쳐(feature)들의 측벽들 및 바닥부 위에 물질들의 균일한 스퍼터 증착을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스퍼터링 또는 물리 기상 증착(PVD)은, 집적 회로들의 제조 시에, 기관들 상에 얇은 금속 층들을 증착하기 위하여 광범위하게 사용되는 기법이다. PVD는 확산 배리어들, 시드층들, 1차 컨덕터들, 반사방지 코팅들 및 에치 스톱(etch stop)들로서 이용하기 위한 층들을 증착하는데 이용된다. 그러나, PVD를 이용하여, 기관에 형성되는 비아(via) 또는 트렌치(trench)와 같은 스텝(step)이 발생하는 기관의 형상을 따르는 균일한 박막을 형성하는 것은 어렵다. 특히, 스퍼터링되는 원자들의 넓은 각도 분포의 증착은 비아들 또는 트렌치들과 같은 높은 중형비 피쳐들의 측벽들 및 바닥부에 열악한(poor) 커버리지를 초래한다.

[0003] 높은 중형비 피쳐의 바닥부에 박막들을 증착하기 위한 PVD의 사용을 허용하도록 개발된 하나의 기법은 콜리메이터 스퍼터링(collimator sputtering)이다. 콜리메이터는 스퍼터링 소스와 기관 사이에 위치설정된 필터링(filtering) 플레이트이다. 콜리메이터는 통상적으로 균일한 두께를 가지며 상기 두께를 관통하는 형성되는 복수의 통로들을 포함한다. 스퍼터링되는 물질은 스퍼터링 소스로부터 기관까지의 그것의 경로 상에서 콜리메이터를 관통해야 한다. 그렇지 않다면, 콜리메이터는 원하는 각도를 초과하는 예각(acute angle)들에서 워크피스(workpiece)에 충돌할 물질을 필터링한다.

[0004] 주어진 콜리메이터에 의해 달성되는 실제 필터링량은 콜리메이터를 관통하는 통로들의 중형비에 의존한다. 이로써, 기관에 대해 수직으로(normal) 접근하는(approaching) 경로 상에서 이동하는 입자들은 콜리메이터를 통과하며, 기관 상에 증착된다. 이는 높은 중형비 피쳐들의 바닥부에 향상된 커버리지를 허용한다.

[0005] 그러나, 작은 자석 마그네트론(magnet magnetrons)들과 관련하여, 종래 기술의 콜리메이터를 이용함에 따른 특정 문제점들이 존재한다. 작은 자석 마그네트론들의 이용은 고농도로 이온화된 금속 플럭스를 생산할 수 있는데, 이는 높은 중형비 피쳐들을 충전하는데 유익할 수 있다. 유감스럽게도, 작은 자석 마그네트론과 함께 종래 기술의 콜리메이터를 이용한 PVD는 기관에 걸쳐 불균일한 증착을 제공한다. 기관의 일 영역에, 기관의 다른 영역들에 비하여 더 두꺼운 소스 물질 층들이 증착될 수 있다. 예를 들어, 작은 자석의 방사상(radial) 위치설정 에 따라, 더 두꺼운 층들이 기관의 에지 또는 중앙 부근에 증착될 수 있다. 이러한 현상은, 기관에 걸쳐 불균

일한 증착을 유발할 뿐만 아니라, 마찬가지로 기관의 특정 영역들 내의 높은 중형비 피쳐 측벽들에 걸쳐 불균일한 증착을 또한 유발한다. 예컨대, 기관의 주변(perimeter) 부근의 영역에 최적의 필드(field) 균일성을 제공하기 위하여 방사상으로 위치설정된 작은 자석은, 기관의 주변과 마주보는 피쳐 측벽들보다 기관의 중앙과 마주보는 피쳐 측벽들 상에 소스 물질이 더 고농도로 증착되는 것을 초래한다.

[0006] 따라서, PVD 기법들에 의해 기관에 걸친 소스 물질들의 균일한 증착에 있어서의 향상들에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0008] 본 발명의 일 실시예에서, 증착 장치는, 전기적으로 접지된 챔버, 챔버에 의해 지지되며 챔버로부터 전기적으로 절연된(isolated) 스퍼터링 타겟, 스퍼터링 타겟 아래에 위치설정되며 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행한 기관 지지 표면을 구비하는 기관 지지 페디스털(pedestal), 챔버에 의해 지지되며 챔버에 전기적으로 결합되는 실드(shield) 부재, 및 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 기관 지지 페디스털과 스퍼터링 타겟 사이에 위치설정되는 콜리메이터를 포함한다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 관통하여 연장되는 복수의 개구(aperture)들을 구비한다. 일 실시예에서, 중심 영역에 위치되는 개구들은 주변 영역에 위치되는 개구들보다 더 높은 중형비를 가진다.

[0009] 일 실시예에서, 증착 장치는, 전기적으로 접지된 챔버, 챔버에 의해 지지되며 챔버로부터 전기적으로 절연된 스퍼터링 타겟, 스퍼터링 타겟 아래에 위치설정되며 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행한 기관 지지 표면을 구비하는 기관 지지 페디스털, 챔버에 의해 지지되며 챔버에 전기적으로 결합되는 실드 부재, 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 기관 지지 페디스털과 스퍼터링 타겟 사이에 위치설정되는 콜리메이터, 가스 소스 및 제어기를 포함한다. 일 실시예에서, 스퍼터링 타겟은 DC 전력 소스에 전기적으로 결합된다. 일 실시예에서, 기관 지지 페디스털은 RF 전력 소스에 전기적으로 결합된다. 일 실시예에서, 제어기는 가스 소스, DC 전력 소스 및 RF 전력 소스를 제어하기 위한 신호들을 제공하도록 프로그램된다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 관통하여 연장되는 복수의 개구들을 갖는다. 일 실시예에서, 콜리메이터의 중심 영역에 위치되는 개구들은 주변 영역에 위치되는 개구들보다 더 높은 중형비를 가진다. 일 실시예에서, 제어기는 기관 지지 페디스털에 높은 바이어스를 제공하도록 프로그램된다.

[0010] 일 실시예에서, 기관 위에 물질을 증착하기 위한 방법은, 스퍼터링 타겟과 기관 지지 페디스털 사이에 위치설정되는 콜리메이터를 구비하는 챔버 내부의 스퍼터링 타겟에 DC 바이어스를 인가하는 단계, 챔버 내부의 스퍼터링 타겟 근처의 영역에 프로세싱 가스를 제공하는 단계, 기관 지지 페디스털에 바이어스를 인가하는 단계, 기관 지지 페디스털에 인가되는 바이어스를 높은 바이어스와 낮은 바이어스 사이에서 펄싱(pulsing)하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 관통하여 연장되는 복수의 개구들을 구비한다. 일 실시예에서, 콜리메이터의 중심 영역에 위치되는 개구들은 주변 영역에 위치되는 개구들보다 더 높은 중형비를 가진다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로 앞서 간략히 요약된 본 발명의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예들에 따른 물리 기상 증착(PVD) 챔버들의 개략적인 단면도들이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터의 개략적인 평면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터의 개략적인 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터의 개략적인 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터의 개략적인 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 PVD 챔버의 상부 실드에 콜리메이터를 부착시키기 위한 브라켓의 확대된 부

분 단면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 PVD 챔버의 상부 실드에 콜리메이터를 부착시키기 위한 브라켓의 확대된 부분 단면도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 모놀리식(monolithic) 콜리메이터의 개략적인 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 발명의 실시예들은 기관들 상의 집적 회로들의 제조 동안 기관의 높은 종횡비 피쳐들에 걸쳐 스퍼터링된 물질의 균일한 증착을 위한 장치 및 방법들을 제공한다.
- [0014] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예들에 따른 물리 기상 증착(physical vapor deposition; PVD) 챔버들의 개략적인 단면도들이다. PVD 챔버(100)는 타겟(142)과 같은 스퍼터링 소스, 및 그 위에 반도체 기관(154)을 수용하기 위한 기관 지지 페디스털(152)을 포함한다. 기관 지지 페디스털은 접지된 챔버 벽(150) 내에 위치될 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 챔버(100)는 유전성 절연체(146)를 통하여 접지된 전도성 어댑터(144)에 의해 지지되는 타겟(142)을 포함한다. 타겟(142)은 스퍼터링 동안 기관(154) 표면 상에 증착될 물질을 포함하며, 기관(154) 내에 형성되는 높은 종횡비 피쳐들의 시드층으로서 증착하기 위한 구리를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 타겟(142)은 또한 구리와 같은 스퍼터링 가능한 물질의 금속성 표면층, 및 알루미늄과 같은 구조적 물질의 후면층의 접합 복합물을 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 페디스털(152)은 스퍼터링 코팅될 높은 종횡비 피쳐들을 구비하는 기관(154)을 지지하며, 상기 기관의 바닥부들은 타겟(142)의 주요 표면과 평면 상으로 대향된다. 기관 지지 페디스털(152)은 일반적으로 타겟(142)의 스퍼터링 표면에 평행하게 배치되는 평면 기관 수용 표면을 갖는다. 챔버(100)의 하부 부분 내의 로드 락 밸브(미도시)를 통하여 기관(154)이 페디스털(152) 상으로 전달되는 것을 허용하기 위하여, 페디스털(152)은 바닥 챔버 벽(160)에 연결된 벨로즈(bellows; 158)를 통하여 수직으로 이동 가능할 수 있다. 이후에 페디스털(152)은 도식된 바와 같이 증착 위치로 상승될 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 프로세싱 가스는 가스 소스(162)로부터 질량 유동 제어기(164)를 통하여 챔버(100)의 하부 부분 안으로 공급될 수 있다. 일 실시예에서, 챔버(100)에 결합된 제어 가능한 직류(DC) 전력 소스(148)가 타겟(142)에 음의 전압 또는 바이어스를 인가하기 위하여 이용될 수 있다. 라디오 주파수(RF) 전력 소스(156)가 기관(154) 상에 DC 자가-바이어스를 유도하기 위하여 페디스털(152)에 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 페디스털(152)은 접지된다. 일 실시예에서, 페디스털(152)은 전기적으로 플로팅된다(floated).
- [0018] 일 실시예에서, 마그네트론(170)이 타겟(142) 위에 위치설정된다. 마그네트론(170)은 샤프트(176)에 연결된 베이스 플레이트(174)에 의해 지지되는 복수의 자석들(172)을 포함할 수 있으며, 샤프트(176)는 기관(154) 및 챔버(100)의 중심축과 축 방향으로 정렬될 수 있다. 일 실시예에서, 자석들은 신장-형상의(kidney-shaped) 패턴으로 정렬된다. 상당한 이온들의 플럭스(flux)가 타겟(142)에 부딪히도록, 자석들(172)이 플라즈마를 생성하기 위해 챔버(100) 내부에서 타겟(142)의 전면 부근에 자기장을 발생시켜, 타겟 물질의 스퍼터 방출을 야기한다. 타겟(142)의 표면에 걸쳐 자기장의 균일성을 증가시키기 위하여, 자석들(172)은 샤프트(176) 주위에서 회전될 수 있다. 일 실시예에서, 마그네트론(170)은 작은 자석 마그네트론이다. 일 실시예에서, 나선형 운동이 발생하도록, 자석들(172)은 타겟(142)의 면(face)에 실질적으로 평행한 선형 방향으로 왕복운동 식으로(reciprocally) 회전되고 이동될 수 있다. 일 실시예에서, 자석들(172)의 방사상(radial) 위치와 각도(angular) 위치 모두를 제어하기 위하여, 자석들(172)은 중심축 및 독립적으로 제어되는 2차 축 양자 모두의 주위에서 회전될 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 챔버(100)는 챔버 측벽(150)에 의해 지지되며 챔버 측벽(150)에 전기적으로 결합되는 상부 플랜지(182)를 구비하는 접지된 하부 실드(180)를 포함한다. 상부 실드(186)는 어댑터(144)의 플랜지(184)에 의해 지지되며 어댑터(144)의 플랜지(184)에 전기적으로 결합된다. 상부 실드(186) 및 하부 실드(180)는 어댑터(144) 및 챔버 벽(150)에서와 같이 전기적으로 결합된다. 일 실시예에서, 상부 실드(186) 및 하부 실드(180) 각각은 알루미늄, 구리 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 물질로 구성된다. 일 실시예에서, 챔버(100)는 상부 실드(186)와 결합되는 중간 실드(미도시)를 포함한다. 일 실시예에서, 상부 실드(186) 및 하부 실드(180)는 챔버(100) 내부에서 전기적으로 플로팅된다. 일 실시예에서, 상부 실드(186) 및 하부 실드(180)는 전기 전력 소스와 결합된다.

- [0020] 일 실시예에서, 상부 실드(186)는 상부 실드(186)와 타겟(142) 사이에 좁은 갭(188)을 형성하면서 타겟(142)의 환형 사이드 리세스(annular side recess)에 꼭 맞게 설비되는 상부 부분을 갖는데, 상기 좁은 갭(188)은 플라즈마가 유전성 절연체(146)에 침투하고 유전성 절연체(146)를 스퍼터 코팅하는 것을 방지할 수 있을 만큼 충분히 좁다. 상부 실드(186)는 또한 아래쪽으로 돌출된 팁(190)을 포함할 수 있는데, 상기 팁(190)은 하부 실드(180)와 상부 실드(186) 사이의 계면을 커버하여, 하부 실드(180)와 상부 실드(186)가 스퍼터 증착된 물질에 의해 결합되는 것을 방지한다.
- [0021] 일 실시예에서, 하부 실드(180)는, 일반적으로 챔버 벽(150)을 따라서 페디스털(152)의 상면 아래로 연장하는 관형 섹션(196) 내로 하향으로 연장한다. 하부 실드(180)는 관형 섹션(196)으로부터 안쪽으로 방사상으로 연장하는 바닥 섹션(198)을 가질 수 있다. 바닥 섹션(198)은 페디스털(152)의 주변을 둘러싸는 상향으로 연장되는 내부 립(103)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 커버 링(102)은, 페디스털(152)이 하부의 로딩 위치에 있을 때에는 립(103)의 상부에 놓이며, 페디스털(152)이 상부의 증착 위치에 있을 때에는 스퍼터 증착으로부터 페디스털(152)을 보호하기 위하여 페디스털(152)의 외측 둘레(periphery) 상에 놓인다.
- [0022] 일 실시예에서, 타겟(142)과 기판 지지 페디스털(152) 사이에 콜리메이터(110)를 위치설정함으로써 지향성(directional) 스퍼터링이 달성될 수 있다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 콜리메이터(110)는 복수의 방사상 브라켓들(111)을 통해 상부 실드(186)와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 챔버(100) 내의 하부에 위치설정되는 중간 실드(미도시)에 결합된다. 일 실시예에서, 도 1b에 도시된 바와 같이, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)와 일체화된다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)에 용접된다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 챔버(100) 내부에서 전기적으로 플로팅될 수 있다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 전기 전력 소스와 결합된다.
- [0023] 도 2는 콜리메이터(110)의 일 실시예의 상부 평면도이다. 콜리메이터(110)는 일반적으로 조밀하게 팩킹된(close-packed) 어레이지먼트(arrangement)로 육각형 개구들(128)을 분리하는 육각형 벽들(126)을 구비하는 벌집형 구조물이다. 육각형 개구들(128)의 종횡비는 (콜리메이터의 두께와 동일한) 개구(128)의 깊이를 개구(128)의 폭(129)으로 나눈 것으로 정의될 수 있다. 일 실시예에서, 벽들(126)의 두께는 약 0.06 인치 내지 약 0.18 인치이다. 일 실시예에서, 벽들(126)의 두께는 약 0.12 인치 내지 약 0.15 인치이다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 알루미늄, 구리 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 물질로 이루어진다.
- [0024] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(310)의 개략적인 단면도이다. 콜리메이터(310)는 약 1.5:1 내지 약 3:1과 같은 높은 종횡비를 가지는 중심 영역(320)을 포함한다. 일 실시예에서, 중심 영역(320)의 종횡비는 약 2.5:1이다. 콜리메이터(310)의 종횡비는 중심 영역(320)에서부터 외측 주변 영역(340)까지 방사상 거리를 따라 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 종횡비는 중심 영역(320)의 약 2.5:1의 종횡비로부터 주변 영역(340)의 약 1:1의 종횡비까지 감소한다. 다른 실시예에서, 콜리메이터(310)의 종횡비는 중심 영역(320)의 약 3:1의 종횡비로부터 주변 영역(340)의 약 1:1의 종횡비까지 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 종횡비는 중심 영역(320)의 약 1.5:1의 종횡비로부터 주변 영역(340)의 약 1:1의 종횡비까지 감소한다.
- [0025] 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께를 가변시킴으로써, 콜리메이터(310)의 방사상 개구 감소가 달성된다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중심 영역(320)은 약 3 인치 내지 약 6 인치와 같은 증가된 두께를 갖는다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중심 영역(320)의 두께는 약 5 인치이다. 일 실시예에서, 중심 영역(320)으로부터 외측 주변 영역(340)까지 콜리메이터(310)의 두께가 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중심 영역(320)의 약 5 인치 두께에서 주변 영역(340)의 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중심 영역(320)의 약 6 인치 두께에서 주변 영역(340)의 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중심 영역(320)의 약 2.5 인치 두께로부터 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다.
- [0026] 도 3에 도시된 콜리메이터(310)의 실시예의 종횡비의 변화가 방사상으로 감소하는 두께를 보여주더라도, 대안적으로, 중심 영역(320)에서부터 주변 영역(340)까지 콜리메이터(310)의 개구들의 폭을 증가시킴으로써 종횡비가 감소될 수 있다. 다른 실시예에서, 중심 영역(320)에서부터 주변 영역(340)까지, 콜리메이터(310)의 두께는 감소되며, 콜리메이터(310)의 개구들의 폭은 증가된다.
- [0027] 일반적으로, 도 3의 실시예는 선형 방식으로 방사상으로 감소하여 역 원뿔 형상부(inverted conical shape)를 초래하는 종횡비를 도시한다. 본 발명의 다른 실시예들은 종횡비의 비-선형적 감소들을 포함할 수 있다.
- [0028] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(410)의 개략적인 단면도이다. 콜리메이터(410)는 중심 영역

(420)에서부터 주변 영역(440)까지 비-선형 방식으로 감소하는 두께를 갖는데, 이는 볼록한(convex) 형상부를 초래한다.

[0029] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(510)의 개략적인 단면도이다. 콜리메이터(510)는 중심 영역(520)에서부터 주변 영역(540)까지 비-선형 방식으로 감소하는 두께를 갖는데, 이는 오목한(concave) 형상부를 초래한다.

[0030] 몇몇 실시예들에서, 중심 영역(320, 420, 520)이 콜리메이터(310, 410, 510)의 바닥부에서 한 점으로 나타나도록, 중심 영역(320, 420, 520)이 제로(zero)에 접근한다.

[0031] 도 1a 및 도 1b를 다시 참조하면, 콜리메이터(110)의 종횡비가 방사상으로 감소하는 정확한 형상과 무관하게, PVD 프로세스 챔버(100)의 작동과 콜리메이터(110)의 기능은 유사하다. 시스템 제어기(101)는 챔버(100)의 외부에 제공되며 일반적으로 전체 시스템의 제어 및 자동화를 촉진한다. 시스템 제어기(101)는 중앙 처리 유닛(central processing unit; CPU)(미도시), 메모리(미도시) 및 지지 회로들(미도시)을 포함할 수 있다. CPU는 다양한 시스템 기능들 및 챔버 프로세스들을 제어하기 위한 산업적 설정들에 이용되는 임의의 컴퓨터 프로세서들 중 하나일 수 있다.

[0032] 일 실시예에서, 시스템 제어기(101)는, 기관 지지 페디스털(152) 상에 기관(154)을 위치설정하고 챔버(100) 내에 플라즈마를 생성하기 위한 신호들을 제공한다. 타겟(142)을 바이어싱하기 위하여 그리고 아르곤과 같은 프로세싱 가스를 플라즈마 내부에 여기시키기(excite) 위하여, 시스템 제어기(101)는 DC 전력 소스(148)를 통해 전압을 인가하기 위한 신호들을 전송한다. 시스템 제어기(101)는 RF 전력 소스(156)로 하여금 페디스털(152)을 DC 자가-바이어싱하게 하기 위한 신호들을 추가로 제공할 수 있다. DC 자가-바이어스는 플라즈마 내에서 생성된 양으로 하전된 이온들을 기관 표면 상의 높은 종횡비의 비아들 및 트렌치들 내로 강하게 끌어당기는데 도움을 준다.

[0033] 콜리메이터(110)는 기관(154)에 대해 거의 직각인, 선택된 각도를 초과하는 각도들로 타겟(142)으로부터 방출되는 이온들 및 중성자들을 트랩핑(trap)하기 위한 필터로서 기능한다. 콜리메이터(110)는 도 3, 4 또는 5에 각각 도시된 콜리메이터들(310, 410 또는 510) 중 하나일 수 있다. 중심으로부터 방사상으로 감소하는 종횡비를 갖는 콜리메이터(110)의 특징은, 타겟(142)의 주변 영역들로부터 방출되는 더 높은 퍼센트의 이온들이 콜리메이터(110)를 통과하도록 허용한다. 결과적으로, 기관(154)의 주변 영역들 상에 증착되는 이온들의 도달 각도 및 이온들의 수 양자 모두가 증가된다. 따라서, 본 발명의 실시예들에 따르면, 물질은 더 균일하게 기관(154)의 표면에 걸쳐 스퍼터 증착될 수 있다. 부가적으로, 물질은 높은 종횡비 피쳐들의 측면들 및 바닥부 상에, 특히 기관(154) 둘레 부근에 위치되는 높은 종횡비 비아들 및 트렌치들 상에 더 균일하게 증착될 수 있다.

[0034] 부가적으로, 높은 종횡비 피쳐들의 바닥부 및 측면들 상으로 스퍼터 증착된 물질의 훨씬 더 큰 커버리지를 제공하기 위하여, 피쳐들의 필드(field) 및 바닥부 영역들 상에 스퍼터 증착된 물질은 스퍼터 에칭될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템 제어기(101)는 페디스털(152)에 높은 바이어스를 공급하여, 타겟(142)이 기관(154) 상에 이미 증착된 막을 이온 에칭한다. 결과적으로, 기관(152)에서 필드 증착 레이트는 감소되며, 스퍼터링된 물질이 높은 종횡비 피쳐들의 측면들 또는 바닥부 중 어느 하나 상에 재증착된다. 일 실시예에서, 시스템 제어기(101)는 높은 바이어스 및 낮은 바이어스를 펄싱(pulsing) 또는 교번(alternating) 방식으로 페디스털(152)에 인가하여, 프로세스는 펄싱 증착/에칭 프로세스가 된다. 일 실시예에서, 구체적으로 자석들(172)의 아래에 위치되는 콜리메이터(110) 셀들은 대복수 증착 물질이 기관(154)을 향하게 지향시킨다. 따라서, 임의의 특정 시간에, 기관(154)의 일 영역 내의 물질이 증착될 수 있는 반면, 기관(154)의 다른 영역에 이미 증착된 물질은 에칭될 수 있다.

[0035] 일 실시예에서, 높은 종횡비 피쳐들의 측면들 상에 스퍼터 증착되는 물질의 훨씬 더 큰 커버리지를 제공하기 위하여, 피쳐들의 바닥부 상에 스퍼터 증착되는 물질은, 기관(154) 부근의 챔버(100)의 영역에서 생성된, 아르곤 플라즈마와 같은 2차 플라즈마를 이용하여 스퍼터 에칭될 수 있다. 일 실시예에서, 챔버(100)는 하부 실드(180)로부터 코일(141)을 전기적으로 절연시키는 복수의 코일 스탠드오프(standoff)들(143)에 의해 하부 실드(180)에 부착된 RF 코일(141)을 포함한다. 시스템 제어기(101)는 피드스루(feedthrough) 스탠드오프들(미도시)을 경유하여, 실드(180)를 통하여 코일(141)에 RF 전력을 공급하기 위한 신호들을 전송한다. 일 실시예에서, RF 코일은 RF 에너지를 챔버(100) 내부로 유도 결합하여, 기관(154) 부근의 2차 플라즈마가 유지되도록 아르곤과 같은 프리커서(precursor) 가스를 이온화시킨다. 2차 플라즈마는 높은 종횡비 피쳐의 바닥부로부터 증착 층을 재스퍼터링하고, 피쳐의 측면들 상에 물질을 재증착한다.

[0036] 도 1a를 참조하면, 콜리메이터(110)는 복수의 방사 브라켓들(111)에 의해 상부 실드(186)에 부착될 수 있다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 실드(186)에 콜리메이터(110)를 부착시키기 위한 브라켓(611)의 확대된 단면도이다. 브라켓(611)은 콜리메이터(110)에 용접되고 그로부터 외부로 방사상으로 연장되는 내부로 스레딩된(internally threaded) 튜브(613)를 포함한다. 스크류와 같은 조임 부재(fastening member)(615)가 상부 실드(186) 내의 개구를 통하여 삽입될 수 있고, 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위하여 튜브(613) 내로 스레딩될 수 있는 반면, 튜브(613) 또는 조임 부재(615)의 스레딩된 부분 상으로 물질을 증착할 가능성을 최소화시킨다.

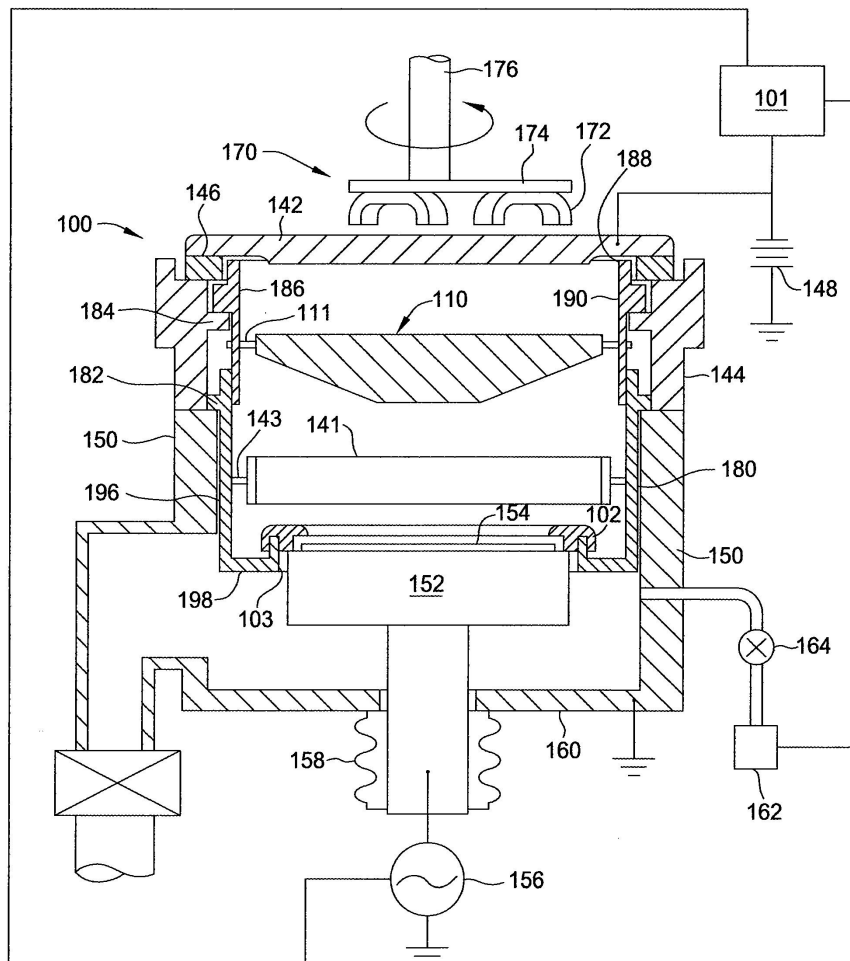
[0037] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따라, 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위한 브라켓(711)의 확대된 단면도이다. 브라켓(711)은 콜리메이터(110)에 용접되며 그로부터 외부로 방사상으로 연장되는 스터드(713)를 포함한다. 내부로 스레딩된 조임 부재(715)는, 상부 실드(186) 내의 개구를 통하여 삽입될 수 있으며, 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위해 스터드(713) 상에 스레딩될 수 있는 반면, 조임 부재(715) 또는 스터드(713)의 스레딩된 부분들 상으로 물질을 증착할 가능성을 최소화시킨다.

[0038] 도 1b를 참조하면, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)와 일체화될 수 있다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 모놀리식(monolithic) 콜리메이터(800)의 개략적인 평면도이다. 이 실시예에서, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)와 일체화된다. 일 실시예에서, 용접 또는 다른 결합 기법들을 통해, 콜리메이터(110)의 외측 주변은 상부 실드(186)의 내측 주변에 부착될 수 있다.

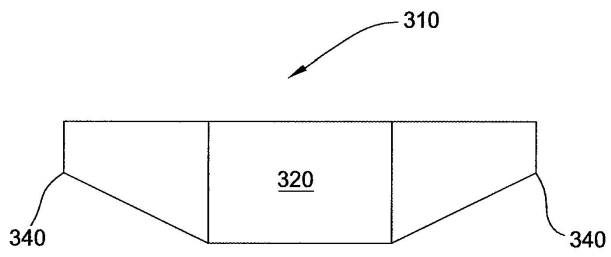
[0039] 상술된 내용은 본 발명의 실시예들과 관련된 것이지만, 발명의 다른 또는 추가적인 실시예들이 본 발명의 기본적인 범위를 벗어나지 않고 고안될 수 있으며, 본 발명의 범위는 아래와 같은 청구항들에 의해 결정된다.

도면

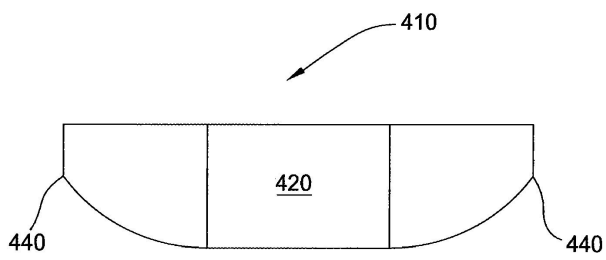
도면1a



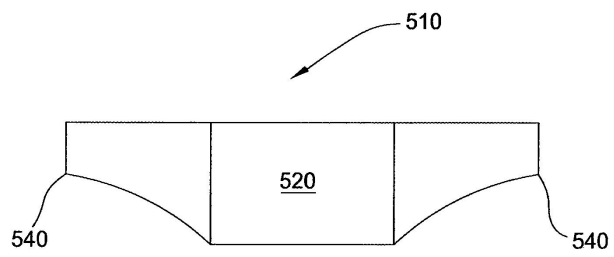
도면3



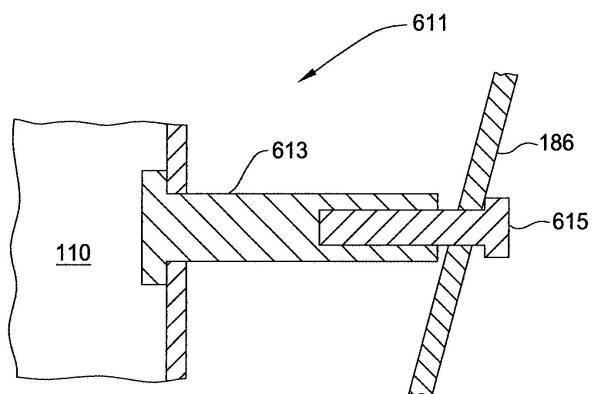
도면4



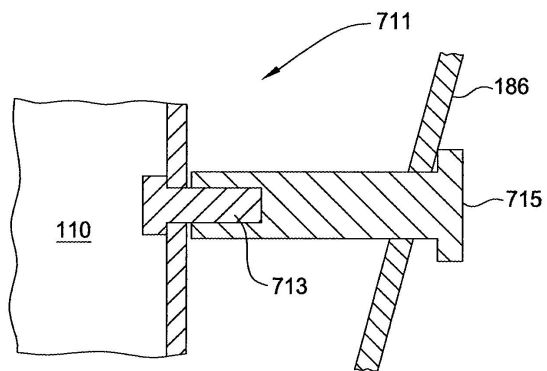
도면5



도면6



도면7



도면8

