



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0020918  
(43) 공개일자 2011년03월03일

(51) Int. Cl.

C23C 14/34 (2006.01) C23C 14/54 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7001222

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년06월11일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년01월17일

(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 애브뉴 3050

(72) 발명자

카오, 용

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 #에이치311 알바니 드라이브 4270

이워트, 마우리스 이.

미국 95133 캘리포니아 샌어제이 파체코 드라이브 2368

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선

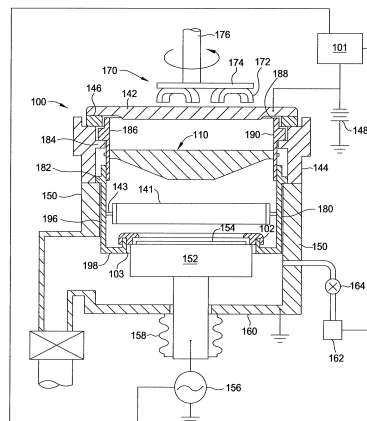
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 균일한 증착을 위한 장치 및 방법

### (57) 요약

본 발명의 실시예들은 대체로 기판 상의 높은 중형비를 가지는 미세구조의 바닥 및 측벽 내에 물질을 균일하게 스퍼터링 증착하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 일 실시예에서, 스퍼터링 증착 시스템은, 콜리메이터의 중앙 영역에서부터 콜리메이터의 주변 영역까지 감소하는 중형비를 가지는 개구부들을 구비하는 콜리메이터를 포함한다. 일 실시예에서, 내부적으로 그리고 외부적으로 돌출된 조임쇠들의 조합을 포함하는 브라켓 부재를 이용하여, 콜리메이터는 접지된 실드와 결합된다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 접지된 실드와 일체화되어 부착된다. 일 실시예에서, 물질을 스퍼터링 증착하는 방법은 기판 지지물 상에 높고 낮은 값 사이로 바이어스를 펄싱(pulsing)하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1b



(72) 발명자

**탕, 시안민**

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 윌리엄스 로드  
4758

**딜러, 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

## 특허청구의 범위

### 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 제어부

를 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

기판 상에 물질을 증착하기 위한 방법으로서,

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

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

상기 기관 지지 페테스탈에 바이어스를 인가하는 단계; 및

상기 기관 지지 페테스탈에 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 종횡비는 상기 중심 영역에서부터 상기 주변 영역까지 연속적으로 감소하는 기관 상에 물질을 증착하기 위한 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 대체로 기관 상의 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥 및 측벽 상에 물질을 균일하게 스퍼터링 증착하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 스퍼터링법 또는 물리 기상 증착법(PVD)은, 집적 회로의 제조 시에, 기관 상에 얇은 금속 층을 증착하기 위하여 광범위하게 사용되고 있다. PVD는 확산 배리어, 시드층, 주요한 컨덕터(conductor), 반사방지 코팅 및 에치 스톱(etch stop)으로 이용하기 위한 층들을 증착하는데 이용된다. 그러나, PVD를 이용하여, 기관에 형성되는 비아(via) 또는 트렌치(trench) 같은, 스텝(step)이 일어나는 기관의 형상을 따르는 얇은 필름을 균일하게 형성하는 것은 용이하지 않다. 특히, 스퍼터링 되는 원자들이 넓은 각도 분포로 증착되는 것은 비아 또는 트렌치 같은 높은 종횡비를 가지는 미세구조(features)의 바닥 및 측벽에 불충분한 커버리지를 유발한다.

[0003] PVD를 이용하여 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥에 얇은 필름을 증착할 수 있도록 개발된 하나의 기술은 콜리메이터(collimator) 스퍼터링이다. 콜리메이터는 스퍼터링 소스와 기관 사이에 위치되는 필터링(filtering) 플레이트이다. 콜리메이터는 전형적으로 균일한 두께를 가지며 이와 같은 두께를 관통하는 수많은 통로를 포함한다. 스퍼터링 되는 물질은 스퍼터링 소스로부터 기관까지의 경로 상의 콜리메이터를 통과하여 지나가야 한다. 콜리메이터는 원하는 각도를 초과하는 예각(acute angle)에서 작업편(workpiece)을 때리게 되는 물질을 필터링한다.

[0004] 주어진 콜리메이터에 의하여 실제로 필터링되는 양은 콜리메이터를 관통하는 통로의 종횡비에 의존한다. 이를 테면, 기관의 법선에(normal) 가까운 경로를 흐르는 입자는 콜리메이터를 통과하여 기관 상에 증착된다. 이는 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥에 개선된 커버리지가 제공되도록 한다.

[0005] 그러나, 작은 자석 마그네트론(magnet magnetrons)과 관련된, 종래 기술의 콜리메이트를 이용함에 따른 몇몇 문제점이 존재한다. 작은 자석 마그네트론의 이용은 상당히게 이온화된 금속 플럭스를 생산할 수 있는데, 이는 높은 종횡비를 가지는 미세구조를 충전하는데 유익할 수 있다. 유감스럽게도, 작은 자석 마그네트론을 구비하는 종래 기술의 콜리메이터를 이용한 PVD는 기관 전역에 불균일한 증착을 제공한다. 기관의 일 영역에, 기관의 다른 영역에 비하여 더 두꺼운 소스 물질 층들이 증착될 수 있다. 예를 들어, 작은 자석의 방사상(radial) 위치에 따라, 더 두꺼운 층들이 기관의 에지 또는 중앙 부근에 증착될 수 있다. 이러한 현상은, 기관 전역에 불

균일한 증착을 유발할 뿐만 아니라, 기관의 특정 영역 내의 높은 중형비를 가지는 미세구조 측벽 전역에 불균일한 증착을 유발할 수도 있다. 예컨대, 기관의 가장자리(perimeter) 부근의 영역에 최적의 필드(field) 균일성을 제공하기 위하여 방사상으로 위치한 작은 자석은, 기관의 가장자리와 마주보는 미세구조 측벽보다 기관의 중앙과 마주보는 미세구조 측벽에 소스 물질이 더 많이 증착되는 것을 유발한다.

[0006] 따라서, PVD 기술에 의하여 기관 전역에 소스 물질을 균일하게 증착하기 위한 기술에 대한 요구가 계속되고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시예에서, 증착 장치는, 전기적으로 접지된 챔버, 챔버에 의하여 지지되며 챔버로부터 전기적으로 고립된(isolated) 스퍼터링 타겟, 스퍼터링 타겟 아래에 위치되며 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행인 기관 지지 표면을 구비하는 기관 지지 페데스탈(pedestal), 챔버에 의하여 지지되며 챔버와 전기적으로 결합되는 실드 부재; 및 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 기관 지지 페데스탈과 스퍼터링 타겟 사이에 위치되는 콜리메이터(collimator)를 포함한다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비한다. 일 실시예에서, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 중형비를 가진다.

[0008] 일 실시예에서, 증착 장치는, 전기적으로 접지된 챔버, 챔버에 의하여 지지되며 챔버로부터 전기적으로 격리된 스퍼터링 타겟, 스퍼터링 타겟 아래에 위치되며 스퍼터링 타겟의 스퍼터링 표면과 실질적으로 평행한 기관 표면을 구비하는 기관 지지 페데스탈, 챔버에 의하여 지지되며 챔버와 전기적으로 결합되는 실드 부재, 실드 부재와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합되며 기관 지지 페데스탈과 스퍼터링 타겟 사이에 위치되는 콜리메이터, 가스 소스 및 제어부를 포함한다. 일 실시예에서, 스퍼터링 타겟은 DC 전력소스와 전기적으로 결합한다. 일 실시예에서, 기관 지지 페데스탈은 RF 전력 소스와 전기적으로 결합된다. 일 실시예에서, 제어부는 가스 소스, DC 전력 소스 및 RF 전력 소스를 제어하기 위한 신호를 제공하도록 프로그램된다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비한다. 일 실시예에서, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 중형비를 가진다. 일 실시예에서, 제어부는 기관 지지 페데스탈에 높은 바이어스를 제공하도록 프로그램된다.

[0009] 일 실시예에서, 기관 상에 물질을 증착하기 위한 방법은, 스퍼터링 타겟과 기관 지지 페데스탈 사이에 위치되는 콜리메이터를 구비하는 챔버 내부의 스퍼터링 타겟에 DC 바이어스를 인가하는 단계, 챔버 내부의 스퍼터링 타겟에 인접한 영역에 공정 가스를 제공하는 단계, 기관 지지 페데스탈에 바이어스를 인가하는 단계, 기관 지지 페데스탈에 인가되는 바이어스를 높은 바이어스와 낮은 바이어스 사이로 펄싱(pulsing)하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 콜리메이터는 콜리메이터를 관통하여 연장하는 다수의 개구부를 구비한다. 일 실시예에서, 중앙 지역 내에 위치되는 개구부는 주변 영역 내에 위치되는 개구부보다 높은 중형비를 가진다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 상술한 본 발명의 특징이 상세히 이해될 수 있도록 하기 위하여, 위에서 간략히 요약한 본 발명의 더욱 구체적인 설명이 실시예를 참조하여 이루어지며, 이들 실시예 중 일부는 첨부된 도면에 도시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면은 본 발명의 전형적인 실시예를 도시할 뿐이며, 본 발명은 균등한 다른 실시예에 대해서도 허용하고 있으므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다.

도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예들에 따른 물리 기상 증착(PVD) 챔버의 개략적인 단면을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터를 상면으로부터 관찰한 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 콜리메이터를 PVD 챔버의 상부 실드에 부착시키는 브라켓의 확장된 부분 단면도이다.

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

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 모놀리식(monolithic) 콜리메이터를 상부에서 바라본 개략적인 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 실시예들은 기관 상에 집적 회로를 조립하는 동안 기관의 높은 종횡비를 가지는 미세구조 전역에 스퍼터링 물질을 균일하게 증착시키기 위한 기구 및 방법을 제공한다.
- [0012] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 실시예들에 따른 물리 기상 증착(physical vapor deposition; PVD) 챔버의 개략적인 단면을 나타내는 도면이다. PVD 챔버(100)는 타겟(142) 같은 스퍼터링 소스, 및 그 위에 반도체 기관(154)을 수용하기 위한 기관 지지 페데스탈(152)을 포함한다. 기관 지지 페데스탈은 접지된 챔버 벽(150) 내에 위치될 수 있다.
- [0013] 일 실시예에서, 챔버(100)는 유전성 절연체(146)를 통하여 접지된 전도성 어댑터(144)에 의하여 지지되는 타겟(142)을 포함한다. 타겟(142)은 스퍼터링 동안 기관(154) 표면 상에 증착되는 물질을 포함하며, 기관(154) 내에 형성되는 높은 종횡비의 미세 구조물 내의 시드층으로서 형성되는 구리를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 타겟(142)은 또한 구리 같은 스퍼터링 가능한 물질로 이루어진 금속성 표면층, 및 알루미늄 같은 구조적 물질로 이루어진 후면층의 집합 합성물을 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 페데스탈(152)은 스퍼터링 코팅된 높은 종횡비의 미세 구조물을 구비하는 기관(154)을 지지하며, 상기 기관의 바닥은 타겟(142)의 주요 표면과 2차원적으로 반대 위치에 있다. 기관 지지 페데스탈(152)은 타겟(142)의 스퍼터링 표면과 대체로 평행하게 배치되는 2차원의 기관 수용 표면을 구비한다. 챔버(100)의 하부 부분 내의 로드 락 밸브(도시되지 않음)를 통하여 기관이 페데스탈(152) 상으로 운반될 수 있도록, 페데스탈(152)은 바닥 챔버 벽(160)과 연결된 벨로우(bellows; 158)를 통하여 수직으로 이동 가능할 수 있다. 이후에 페데스탈(152)은 도시된 바와 같은 증착 위치로 상승될 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 공정 가스는 가스 소스(162)로부터 질량 유동 제어부(164)를 통하여 챔버의 하부 부분 안으로 공급될 수 있다. 일 실시예에서, 챔버(100)와 결합된 제어 가능한 직류(DC) 전력 소스(158)가 타겟(152)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 페데스탈(152)에 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 페데스탈(152)은 접지된다. 일 실시예에서, 페데스탈(152)은 전기적으로 플로팅된다(floated).
- [0016] 일 실시예에서, 마그네트론(170)이 타겟(142) 상부에 위치된다. 마그네트론(170)은, 챔버(100) 및 기관(154)의 중심축을 따라서 축 방향으로 정렬될 수 있는, 샤프트(176)에 연결된 베이스 플레이트(174)에 의하여 지지되는 다수의 자석들(172)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 자석들은 신장-모양의(kidney) 패턴으로 정렬된다. 타겟 물질의 스퍼터링 방출을 유도하게끔 매우 많은 이온 플럭스(flux)가 타겟(142)을 때리도록, 자석들(172)은 챔버(100) 내부의 타겟(142)의 전면 부근에 자기장을 유도하여 플라즈마를 생성한다. 타겟(142)의 표면 전역에서 자기장의 균일성을 증가시키기 위하여, 자석들(172)은 샤프트(176) 주위에서 회전될 수 있다. 일 실시예에서, 마그네트론은 작은 자석 마그네트론이다. 일 실시예에서, 나선형 운동이 이루어지도록, 자석들(172)은 타겟(142)의 표면에 실질적으로 평행인 선형 방향으로 왕복 이동되면서 왕복 회전될 수 있다. 일 실시예에서, 자석들(172)의 방사상(radial) 위치와 각(angular) 위치 모두를 제어하기 위하여, 자석들(172)은 중심축과 독립적으로 제어되는 2차 축 모두의 둘레로 회전될 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 챔버(100)는 챔버 측벽(150)에 의하여 지지되며 챔버 측벽(150)에 전기적으로 결합되는 상부 플랜지(182)를 구비하는 접지된 하부 실드(shield; 180)를 포함할 수 있다. 상부 실드(186)는 어댑터(144)의 플랜지(184)에 의하여 지지되며 어댑터(144)의 플랜지(184)에 전기적으로 결합된다. 상부 실드(186) 및 하부 실드(180)는 어댑터(144) 및 챔버 벽(150)과 마찬가지로 전기적으로 결합된다. 일 실시예에서, 상부 실드(186) 및 하부 실드(180) 각각은 알루미늄, 구리 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 물질로 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 챔버(100)는 상부 실드(186)와 결합되는 중앙 실드(도시되지 않음)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 전기적 전력 소스와 결합된다.
- [0018] 일 실시예에서, 상부 실드(186)는 상부 실드(186)와 타겟(142) 사이에 좁은 갭(188)을 형성하면서 타겟(142)의 환형 면 리세스(annular side recess)에 꼭 맞게 설비되는 상부 부분을 갖는데, 상기 좁은 갭(188)은 플라즈마



가 유전성 절연체(146)를 지나가거나 유전성 절연체(146)에 스퍼터링 코팅되는 것을 방지할 수 있을 만큼 충분히 좁다. 상부 실드(186)는 또한 아래쪽으로 돌출된 립(190)을 포함할 수 있는데, 상기 립(190)은 하부 실드(180)와 상부 실드(186) 사이의 계면을 커버하며, 이에 따라 하부 실드(180)와 상부 실드(186)가 스퍼터링 증착된 물질에 의하여 접합되는 것이 방지된다.

[0019] 일 실시예에서, 하부 실드(180)는, 대체로 챔버 벽(150)을 따라서 페데스탈(152)의 상면 아래로 연장하는 관형부(196) 내에서 아래쪽으로 연장한다. 하부 실드(180)는 튜브부(196)로부터 방사상 안쪽으로 연장하는 바닥부(198)를 구비할 수 있다. 바닥부(198)는 페데스탈(152)의 둘레를 둘러싸며 위쪽으로 연장하는 내부 립(103)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 커버 링(102)은, 페데스탈(152)이 하부의 로딩 위치에 있을 때에는 립(103)의 상부에 놓여지며, 페데스탈(152)이 상부의 증착 위치에 있을 때에는 스퍼터링 물질로부터 페데스탈(152)을 보호하기 위하여 페데스탈(152)의 외부 주위에 놓여진다.

[0020] 일 실시예에서, 타겟(142)과 기판 지지 페데스탈(152) 사이에 콜리메이터(110)를 위치시킴으로써 지향적인(directional) 스퍼터링이 달성될 수 있다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 콜리메이터(110)는 다수의 방사 브라켓(11)을 매개로 상부 실드(186)와 기계적으로 그리고 전기적으로 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 챔버(100) 내부 하부에 위치되는 중앙 실드(도시되지 않음)와 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(110) 내부에서 전기적으로 플로팅될 수 있다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 전기적 전력 소스와 결합된다.

[0021] 도 2는 일 실시예에 따른 콜리메이터(110)를 상면으로부터 관찰한 평면도이다. 콜리메이터(110)는 밀집한(close-packed) 배열 내의 육각형 개구(128)를 서로 구별시키는 육각형 벽(126)을 구비하는 대체로 벌집 형태인 구조물이다. 육각형 개구부(128)의 중횡비는 (콜리메이터의 두께와 동일한) 개구부(128)의 깊이를 개구부(128)의 폭으로서 나눈 값으로 정의될 수 있다. 일 실시예에서, 벽(126)의 두께는 약 0.06 인치에서 약 0.18 인치 사이이다. 일 실시예에서, 벽(126)의 두께는 약 0.12 인치에서 약 0.15 인치 사이이다. 일 실시예에서, 콜리메이터(110)는 알루미늄, 구리 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 물질로 이루어진다.

[0022] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(310)의 개략적인 단면도이다. 콜리메이터(310)는 약 1.5:1 내지 약 3:1 같은 높은 중횡비를 가지는 중앙 영역(320)을 포함한다. 일 실시예에서, 중앙 영역(320)의 중횡비는 약 2.5:1이다. 콜리메이터(310)의 중횡비는 중앙 영역(320)에서부터 주변 영역(340)까지 방사상 거리를 따라 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중횡비는 중앙 영역(320)의 약 2.5:1의 중횡비에서 주변 영역(340)의 약 1:1의 중횡비로 감소한다. 다른 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중횡비는 중앙 영역(320)의 약 3:1의 중횡비에서 주변 영역(340)의 약 1:1의 중횡비로 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중횡비는 중앙 영역(320)의 약 1.5:1의 중횡비에서 주변 영역(340)의 약 1:1의 중횡비로 감소한다.

[0023] 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께를 다양화함으로써, 콜리메이터(310)의 방사 개구부를 감소시키는 것이 달성된다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중앙 영역(320)은 약 3 인치 내지 약 6 인치 사이와 같은 증가된 두께를 가진다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 중앙 영역(320)은 약 5 인치이다. 일 실시예에서, 중앙 영역(320)에서부터 외부 주변 영역(340)까지 콜리메이터(310)의 두께가 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중앙 영역(320)의 약 5 인치 두께에서 주변 영역(340)의 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중앙 영역(320) 약 6 인치 두께에서 주변 영역(340)의 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다. 일 실시예에서, 콜리메이터(310)의 두께는 중앙 영역(320) 약 2.5 인치 두께에서 주변 영역(340)의 약 2 인치 두께로, 방사상으로 감소한다.

[0024] 도 3에 묘사된 콜리메이터(310)의 실시예들의 중횡비의 변화가 방사상으로 두께가 감소하는 것으로 도시되고 있다 하더라도, 대안적으로, 중횡비는 콜리메이터(310)의 개구부 넓이를 증가시킴으로써 중앙 영역(320)에서부터 주변 영역(340)까지 감소될 수 있다. 다른 실시예에서, 중앙 영역(320)에서부터 주변 영역(340)까지, 콜리메이터(310)의 두께는 감소되며, 콜리메이터(310)의 개구부 넓이는 증가된다.

[0025] 대체로, 도 3의 실시예들은 선형 방식으로 방사상으로 감소하는 것으로 묘사되고 있는데, 이는 역 삼각형 형상을 유발한다. 본 발명의 다른 실시예들은 중횡비가 비-선형적으로 감소하는 형태를 포함한다.

[0026] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(410)의 개략적인 단면도이다. 콜리메이터(410)는 중앙 영역(420)에서부터 주변 영역(440)까지 비-선형 방식으로 감소하는 두께를 구비하는데, 이는 볼록한(convex) 형상을 유발한다.



- [0027] 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 구비하는데, 이는 오목한(concave) 형상을 유발한다.
- [0028] 몇몇 실시예에서, 중심 영역(320, 420, 520)이 0(zero)에 접근하는데, 이는 중심 영역(320, 420, 520)이 콜리메이트(310, 410, 510)의 바닥에서 점으로 나타나도록 한다.
- [0029] 도 1a 및 도 1b를 다시 참조하면, 콜리메이트(110)의 종횡비가 방사상으로 감소하는 어떠한 형상을 가진다 하더라도, PVD 챔버(100)의 작동과 콜리메이트(110)의 기능은 유사하다. 시스템 제어부(101)는 챔버(100)의 외부에 제공되며 대체로 전체 시스템의 제어 및 자동화를 촉진한다. 시스템 제어부(101)는 중앙 처리 유닛(central processing unit; CPU; 도시되지 않음), 메모리(도시되지 않음) 및 지지 회로(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. CPU는 다양한 시스템 기능 및 챔버 공정을 제어하기 위하여 산업적으로 설치되어 이용되는 어느 컴퓨터 프로세서 중 하나일 수 있다.
- [0030] 일 실시예에서, 시스템 제어부(101)는 기관 지지 페데스탈(152) 상에 기관을 위치시키기 위한 그리고 챔버(100) 내에 플라스마를 생성하기 위한 신호를 제공한다. 타겟(142)에 바이어스를 걸기 위하여 그리고 아르곤 같은 공정 가스를 플라스마 내부에 여기시키기(excite) 위하여, 시스템 제어부(101)는 DC 전력 소스(148)를 이용하여 전압을 인가하기 위한 신호를 보낸다. 시스템 제어부(101)는 또한 RF 전력 소스(156)로 하여금 페데스탈(152)에 DC 자가-바이어스를 걸게 하기 위한 신호를 제공할 수 있다. DC 자가-바이어스는 플라스마 내에서 생성된 양으로 하전된 이온이 기관 표면 상의 높은 종횡비의 비아 및 트렌치 내로 강하게 유도되도록 하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0031] 콜리메이터(110)는 타겟(142)으로부터 기관(154)에 가까운 법선(normal)인, 선택된 각도를 초과하는 각도로 방출되는 이온 및 중성자를 붙잡기(trap) 위한 필터로서 기능한다. 콜리메이터(110)는 도 3 내지 도 5에 묘사된 각각의 콜리메이터(310, 410, 510) 중 하나일 수 있다. 중심으로부터 방사상으로 감소하는 종횡비를 가지는 콜리메이터(110)의 특성은, 타겟(142)의 주변 영역으로부터 방출되는 매우 높은 퍼센트의 이온이 콜리메이터(110)를 통하여 지나가도록 한다. 그 결과, 기관(154)의 주변 영역 상에 수많은 이온이 증가될 수 있으며, 기관(154)의 주변 영역 상에 증착되는 이온의 도달 각도 또한 증가될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들에 따르면, 물질은 더 균일하게 기관(154)의 표면 전역에 스퍼터링 증착될 수 있다. 추가적으로, 물질은 높은 종횡비를 가지는 미세 구조의 측벽 및 바닥 상에, 특히 기관(154) 주변 부근에 위치되는 높은 종횡비를 가지는 비아 및 트렌치 상에 더 균일하게 증착될 수 있다.
- [0032] 추가적으로, 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥 및 측벽 상으로 스퍼터링 증착되는 물질에 매우 높은 커버리지를 제공하기 위하여, 미세구조의 필드(field) 및 바닥 영역 상에 스퍼터링 증착되는 물질은 스퍼터링 에칭될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템 제어부(101)는 페데스탈(152)에 높은 바이어스를 공급하여 타겟(142) 이온이 기관(152) 상에 이미 증착된 막을 에칭하도록 한다. 그 결과, 기관(152) 상의 필드 증착 속도는 감소되며, 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥 또는 측벽에 스퍼터링 물질이 재증착된다. 일 실시예에서, 시스템 제어부(101)는 높고 낮은 바이어스를 펄싱(pulsing) 또는 교대(alternating) 방식으로 페데스탈(152)에 공급하여, 공정이 펄싱 증착/에칭 공정이 되도록 한다. 일 실시예에서, 구체적으로 자석들(172)의 아래에 위치되는 콜리메이터(110) 셀은 대다수 증착 물질이 기관(154)의 방향으로 향하게 하도록 한다. 따라서, 어느 특별한 시기에, 기관의 일 영역 내에 물질이 증착될 수 있는 반면 이미 기관(154)의 다른 영역에 증착된 물질은 에칭된다.
- [0033] 일 실시예에서, 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 측벽 상에 스퍼터링 증착되는 물질로 더 높은 커버리지가 제공되도록, 미세구조의 바닥 상에 스퍼터링 증착되는 물질은, 기관(154) 부근의 챔버(100) 내의 영역에서 생성된, 아르곤 플라스마 같은 2차 플라스마를 이용하여 에칭될 수 있다. 일 실시예에서, 챔버(100)는 하부 실드(180)로부터 코일(141)을 전기적으로 절연시키는 다수의 코일 스탠드오프(standoff; 143)에 의하여 하부 실드(180)에 부착된 RF 코일(141)을 포함한다. 시스템 제어부(101)는 실드(180)를 통하여 피드스루(feedthrough) 스탠드오프(도시되지 않음)를 이용하여 RF 전력을 공급하기 위한 신호를 코일(141)에 보낸다. 일 실시예에서, RF 코일은 챔버(100) 안쪽의 RF 에너지와 유도적으로 결합하여, 기관(154) 부근의 2차 플라스마가 유지되도록 아르곤 같은 프리커서 가스를 이온화시킨다. 2차 플라스마는 높은 종횡비를 가지는 미세구조의 바닥으로부터 증착 층을 재스퍼터링하고 미세구조의 측면 상에 물질을 재증착한다.
- [0034] 도 1a를 참조하면, 콜리메이터(110)는 다수의 방사 브라켓(11)에 의하여 상부 실드(186)에 부착될 수 있다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키는 브라켓(611)의 확장된 단면도

이다. 브라켓(611)은 콜리메이터(110)에 용접되며 거기서부터 외부로 방사상으로 연장하는 내부적으로 돌출된 튜브(613)를 포함한다. 스크류 같은 조임 부재(fastening member; 615)가 상부 실드(186) 내의 개구를 통하여 삽입될 수 있으며, 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위하여 튜브(613) 내로 돌출될 수 있는 반면, 튜브(613) 또는 조임 부재(615)의 돌출된 부분 상으로 물질이 증착할 잠재적 가능성은 최소화된다.

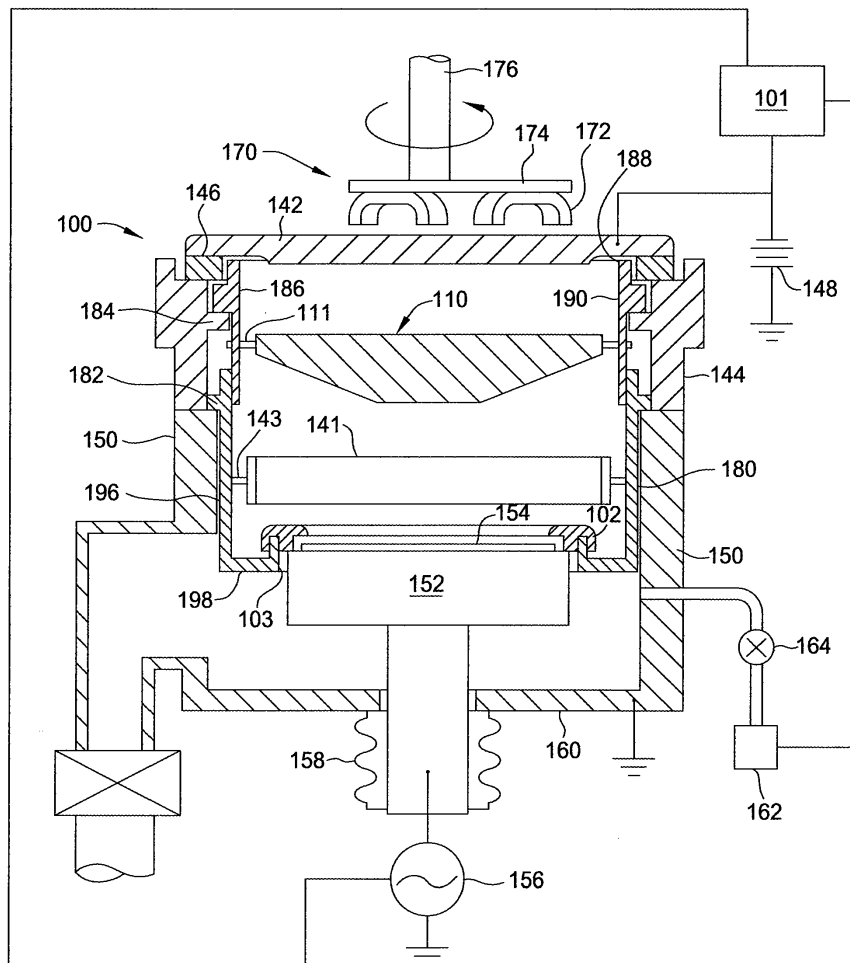
[0035] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위한 브라켓(711)의 확장된 단면도이다. 브라켓(711)은 콜리메이터(110)와 용접되는 그곳에서부터 외부로 방사상으로 확대되는 스테드(713)를 포함한다. 내부적으로 돌출된 조임 부재(715)는, 상부 실드(186) 내의 개구를 통하여 삽입될 수 있으며, 콜리메이터(110)를 상부 실드(186)에 부착시키기 위한 스테드(713) 상에 돌출될 수 있는 반면, 스테드(713) 또는 조임 부재(715)의 돌출된 부분 상에 물질이 증착할 잠재적 가능성은 최소화된다.

[0036] 도 1b를 다시 참조하면, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)와 일체화될 수 있다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 모놀리식(monolithic) 콜리메이터(800)를 상부에서 바라본 개략적인 도면이다. 이러한 실시예에서, 콜리메이터(110)는 상부 실드(186)와 일체화된단. 일 실시예에서, 용접 또는 다른 접합 기술을 이용하여, 콜리메이터(110)의 외부 가장자리(perimeter)는 상부 실드(186)의 내부 가장자리에 부착될 수 있다.

[0037] 상술된 내용은 본 발명의 실시예들과 관련된 것이지만, 본 발명의 다른 또는 추가적인 실시예들이 본 발명의 기본적인 목적을 벗어나지 않는 범위 내에서 고안될 수 있으며, 본 발명의 목적은 아래와 같은 청구항에 의하여 구현될 수 있다.

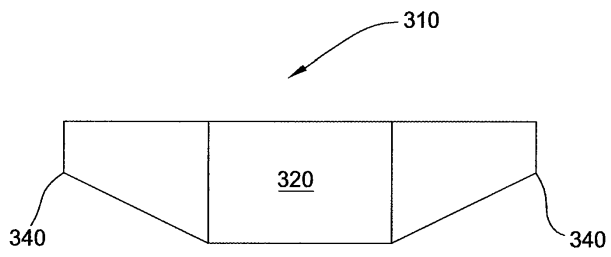
## 도면

### 도면1a

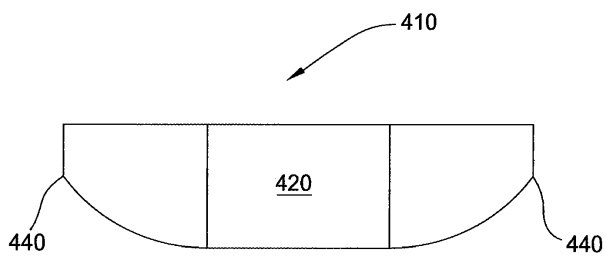




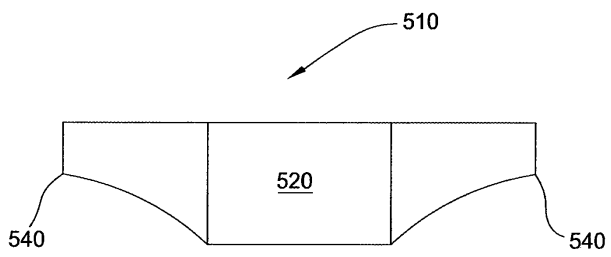
도면3



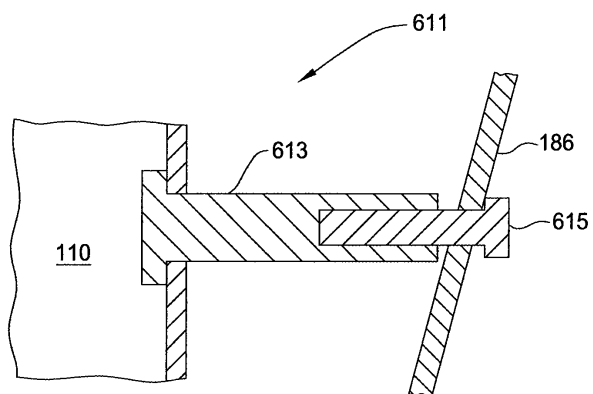
도면4



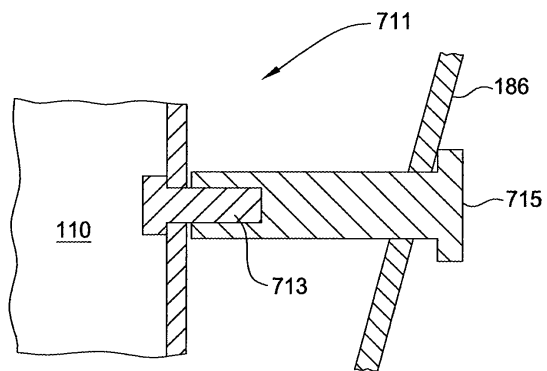
도면5



도면6



도면7



도면8

