(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0107580
(43) 공개일자 2014년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/302 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7020558
(22) 출원일자(국제) 2012년12월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년07월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/071202
(87) 국제공개번호 WO 2013/096748
국제공개일자 2013년06월27일
(30) 우선권주장
13/723,409 2012년12월21일 미국(US)
61/579,830 2011년12월23일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
그리피트 크루즈, 조에
미국 95131 캘리포니아 새너제이 벨미드 스트리트 1572
박, 정원
미국 94306 캘리포니아 팔로 알토 메이벨 애비뉴 570
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

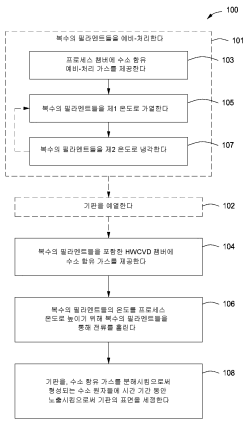
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **원자 수소로 기판 표면들을 세정하기 위한 방법들 및 장치**

(57) 요 약

본원에는 기판의 표면들을 세정하기 위한 방법들 및 장치가 제공된다. 일부 실시예들에서, 기판 표면의 세정 방법은 복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 제1 챔버에 수소 함유 가스를 제공하는 단계; 상기 수소 함유 가스의 적어도 일부를 분해하기에 충분한 처리 온도로 상기 복수의 필라멘트들의 온도를 높이기 위해 상기 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘리는 단계; 및 분해된 수소 함유 가스로부터 형성된 수소 원자들에 대해 소정 시간 동안 기판을 노출시킴으로써 기판 표면을 세정하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

나르완카, 프라빈 케이.

미국 94086 캘리포니아 써니베일 웨이버리 스트리트 392

응구옌, 네이트 시

미국 92708 캘리포니아 파운틴 밸리 버그 리버 써클 12090

응구옌, 한

미국 95148 캘리포니아 새너제이 라몬드 코트 3231

찬, 투

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 맨단 플레이스 1726

수, 징징

미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 캔들우드 드라이브 966

특허청구의 범위

청구항 1

기판 표면의 세정 방법으로서,

복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 제1 챔버에 수소 함유 가스를 제공하는 단계;

상기 수소 함유 가스의 적어도 일부를 분해하기에 충분한 처리 온도로 상기 복수의 필라멘트들의 온도를 높이기 위해 상기 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘리는 단계; 및

상기 기판을 분해된 수소 함유 가스로부터 형성된 수소 원자들에 노출시킴으로써 상기 기판 표면을 세정하는 단계를 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수소 함유 가스는 수소(H_2), 수소(H_2)와 질소(N_2), 또는 암모니아(NH_3)를 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기판의 표면을 예열 챔버와는 다른 세정 챔버 내에서 세정하기 전에 상기 예열 챔버 내에서 상기 기판을 예열하는 단계; 또는

상기 기판의 표면을 세정 챔버 내에서 세정하기 전에 상기 세정 챔버 내에서 상기 기판을 예열하는 단계 중 하나를 더 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 챔버는 기판 표면이 세정되는 챔버와 동일하거나, 또는 상기 제1 챔버는 기판 표면이 세정되는 챔버와 다른 챔버이고 상기 제1 챔버에서 형성되는 수소 원자들은 기판 표면이 세정되는 챔버에 제공되는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수소 함유 가스를 상기 제1 챔버에 제공하기 전에,

상기 제1 챔버에 수소 함유 예비-처리 가스를 제공하는 단계;

상기 복수의 필라멘트들을 제1 예비-처리 온도로 가열하는 단계; 및

상기 복수의 필라멘트들을 제2 예비-처리 온도로 냉각하는 단계에 의해서,

상기 복수의 필라멘트들을 예열하는 단계를 더 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 수소 함유 예비-처리 가스는 수소(H_2) 가스, 수소(H_2)와 질소(N_2), 또는 암모니아(NH_3)를 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

반복적으로 상기 복수의 필라멘트들을 상기 제1 예비-처리 온도로 가열하고 상기 복수의 필라멘트들을 상기 제2 예비-처리 온도로 냉각하는 단계를 더 포함하는,

기판 표면의 세정 방법.

청구항 8

기판 세정 시스템으로서,

내부 체적을 갖는 처리 챔버;

상기 처리 챔버 내에서 세정될 기판을 지지하기 위해 처리 챔버의 내부 체적 내에 배치되는 기판 지지체;

작동 중에 상기 기판의 표면에 원자 수소를 제공하도록 구성되며, 복수의 필라멘트들과, 수소 가스로부터 상기 원자 수소를 생성하기에 충분한 온도로 상기 복수의 필라멘트들을 가열하기 위해 상기 복수의 필라멘트들을 전원에 커플링하는 단자를 포함하는, 원자 수소 소스; 및

상기 원자 수소 소스에 수소 가스를 제공하기 위해 상기 원자 수소 소스에 커플링된 수소 가스 소스를 포함하는,

기판 세정 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 원자 수소 소스에 의해 제공된 원자 수소가 가스 분배판을 통과하여 상기 처리 챔버의 내부 체적에 도달하도록, 상기 원자 수소 소스와 상기 처리 챔버의 내부 체적 사이에 배치된 가스 분배판을 더 포함하는,

기판 세정 시스템.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 원자 수소 소스는 상기 처리 챔버로부터 분리된,

기판 세정 시스템.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 원자 수소 소스는 상기 처리 챔버 내에 배치된,

기판 세정 시스템.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 원자 수소 소스는 상기 처리 챔버에 탈착가능하게 커플링될 수 있는 처리 챔버 덮개에 통합된,

기판 세정 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 처리 챔버 덮개는,

복수의 필라멘트들이 내부에 배치되는 리세스가 하면에 형성된 본체;

수소 가스를 상기 복수의 필라멘트들에 제공하기 위해 상기 복수의 필라멘트들 위에 배치된 가스 입구; 및

상기 복수의 필라멘트들 아래에서 상기 본체에 커플링되며, 상기 리세스를 상기 내부 체적에 유체적으로 커플링하기 위해 복수의 홀들을 가진 가스 분배판을 포함하는,

기판 세정 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 처리 챔버 덮개는 상기 리세스의 내부 표면 상에 배치된 라이너를 더 포함하는,

기판 세정 시스템.

청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 복수의 필라멘트들은 탄탈륨(Ta), 텅스텐(W) 또는 이리듐(Ir)과, 선택적으로 실리콘(Si) 도펀트를 포함하는,

기판 세정 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 반도체 기판 처리에 관한 것으로, 특히, 기판 표면을 세정하기 위한 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 디바이스 제조에는 마무리된 디바이스를 완성하기 위한 다수의 처리 단계들이 필요하다. 그러나, 처리 단계들 또는 중간 조건들은 기판의 표면들에 형성되거나 증착될 수 있는 불필요한 물질들(예컨대, 자연 산화물 층들, 오염 물질들, 잔류물들 등)을 생성할 수 있다. 이러한 물질은 일반적으로 기판 세정 처리들을 통해 제거된다. 종래의 기판 세정 처리들은 일반적으로 높은 온도와 압력 하에서 처리 가스(예컨대, 불소 함유 가스)로부터 형성된 플라즈마에 기판을 노출시키는 단계를 포함한다. 그러나, 본 발명자는, 이러한 처리 조건들 하에서 플라즈마에 기판을 노출시키면, 수용할 수 없는 손상을 기판에 초래할 수 있다는 것을 관찰하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 따라서, 본 발명자는 기판의 표면들을 세정하기 위한 개선된 방법들을 제공하였다.

과제의 해결 수단

[0004] 본원에는 기판의 표면들을 세정하기 위한 방법들 및 장치가 제공된다. 일부 실시예들에서, 기판 표면의 세정 방법은 복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 제1 챔버에 수소 함유 가스를 제공하는 단계; 상기 수소 함유 가스의 적어도 일부를 분해하기에 충분한 처리 온도로 상기 복수의 필라멘트들의 온도를 높이기 위해 상기 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘리는 단계; 및 분해된 수소 함유 가스로부터 형성된 수소 원자들에 대해 소정 시간 동안 기판을 노출시킴으로써 기판 표면을 세정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0005] 일부 실시예들에서, 기판 세정 시스템은 내부 체적을 갖는 처리 챔버; 상기 처리 챔버 내에서 세정될 기판을 지지하기 위해 처리 챔버의 내부 체적 내에 배치되는 기판 지지체; 작동 중에 상기 기판의 표면에 원자 수소를 제공하도록 구성되며, 복수의 필라멘트들과, 수소 가스로부터 원자 수소를 생성하기에 충분한 온도로 상기 복수의 필라멘트들을 가열하기 위해 상기 복수의 필라멘트들을 전원에 커플링하는 단자를 포함하는, 원자 수소 소스; 및 상기 원자 수소 소스에 수소 가스를 제공하기 위해 상기 원자 수소 소스에 커플링된 수소 가스 소스를 포함할 수 있다.

[0006] 본 발명의 다른 및 추가적인 실시예들이 아래에 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0007] 첨부 도면들에 도시된 본 발명의 예시적인 실시예들을 참조하면, 위에서 약술하고 아래에 보다 구체적으로 설명한 본 발명의 실시예들을 이해할 수 있다. 그러나, 첨부 도면들은 단지 본 발명의 전형적인 실시예들을 예시하고 있을 뿐이며, 본 발명은 다른 동등한 효과를 가진 실시예들을 포함할 수 있으므로, 그 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 아니됨을 유의하여야 한다.

도 1은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 기판 표면의 세정 방법의 흐름도이다.

도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 도 1의 방법의 여러 단계들에서 기판의 예시적인 단면도들이다.

도 3은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 도 1에 도시된 방법들을 실시하기에 적합한 처리 시스템이다.

도 3a는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 도 1에 도시된 방법들을 실시하기에 적합한 처리 시스템이다.

도 4는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 도 1에 도시된 방법들을 실시하기에 적합한 처리 챔버에 커플링된 원자 수소 소스의 예시적인 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 원자력 수소 소스에서 사용하기에 적합한 필라멘트들의 구성을 도시한다.

도 6은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 원자력 수소 소스에서 사용하기에 적합한 필라멘트들의 구성을 도시한다.

도 7은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 원자력 수소 소스에서 사용하기에 적합한 필라멘트들의 구성을 도시한다.

도 8은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 원자력 수소 소스에서 사용하기에 적합한 필라멘트들의 구성을 도시한다.

이해를 용이하게 하기 위하여, 도면들에서 공통되는 동일한 요소들은 가능한 한 동일한 참조 번호들을 사용하여 표시하였다. 도면들은 축적에 따라 도시되지 않았으며 명료함을 위해 단순화될 수 있다. 일 실시예의 요소들과 특징부들은 추가적인 언급 없이 다른 실시예들에 유리하게 통합될 수 있을 것으로 생각된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본원에는 기판의 표면들을 세정하기 위한 방법들 및 장치가 제공되어 있다. 본 발명에 따른 처리의 실시예들은 유리하게, 예컨대, 플라즈마, 고온 처리 또는 불소계 화학물 중 하나 이상을 이용하는 종래의 세정 처리들에 비해 기판의 손상을 덜 초래하면서 기판으로부터 오염 물질들 또는 바람직하지 않은 층들을 제거할 수 있도록 한다. 또한, 본 발명자는, 원자 수소를 생산하기 위해 적절하게 구성된 챔버(예컨대, 열선 처리 챔버, 열선 화학 기상 증착(HWCVD) 챔버 또는 후술하는 바와 같은 챔버 등의 열선 소스를 가진 챔버)를 이용함으로써, 원자 수소를 생산하기 위해 반도체 산업에서 종래에 사용된 방법들에 비해 높은(예컨대, 1.3배 내지 약 3배 더 높은) 원자 수소 개체군 밀도를 유리하게 생성할 수 있음을 관찰하였다. 본원에 개시된 본 발명의 방법들의 응용 범위를 제한하는 것은 아니지만, 본 발명의 방법들은, 예컨대, 300㎜ 기판들, 약 1000㎜ × 1250㎜ 기판들, 약 2200㎜ × 2500㎜ 또는 그 이상의 기판들과 같은, 초대규모 집적(VLSI) 디바이스들을 위한 대규모 기판들의 세정에 특히 효과적인 것으로 밝혀졌다.

[0009] 도 1은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 기판 표면의 세정 방법(100)의 흐름도이다. 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 도 1의 처리 시퀀스의 여러 단계들에서 기판의 예시적인 단면도들이다. 본 발명의 방

법들은, 도 3과 관련하여 후술하는 장치와 같은, 본 발명의 실시예들에 따른 반도체 기판들의 처리에 적합한 임의의 장치에서 실시될 수 있다.

[0010] 본 발명자들은, 예컨대, 열선 처리 챔버들(예컨대, HWCVD 챔버 또는 열선 소스를 가진 다른 적당한 챔버)과 같이, 필라멘트들을 열 및/또는 에너지 소스로서 이용하는 처리 챔버들에서, 필라멘트들을 불안정하거나 열화되기 쉬운 물질로 제조할 수 있다는 것을 관찰하였다. 이러한 불안정성으로 인해, 이러한 물질들은 오염 물질들(예컨대, 물질 내의 분순물들)을 탈기할 수 있거나, 처리 중에 기판 상에 침착될 수 있는 입자들을 형성할 수 있음으로써, 예컨대, 높은 디바이스 누설 전류, 온/오프 비율, 문턱 전압의 변화들 등과 같이, 제조된 디바이스의 성능 특성들에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 디바이스 인터커넥션들의 치수들이 축소될수록(예컨대, 약 20nm 이하의 디바이스 인터커넥션들), 이러한 부정적인 영향들은 가중된다.

[0011] 일부 실시예들에서, 상기 방법(100)은 선택적으로 "101"에서 시작할 수 있으며, 여기서는 처리 챔버 내에 배치된 복수의 필라멘트들(예컨대, 후술하는 처리 챔버(300)의 복수의 필라멘트들(310)들)이 선택적으로 전처리될 수 있다. 세정 처리(예컨대, 후술하는 바와 같은 세정 처리)를 실시하기 전에 복수의 필라멘트들을 전처리하면, 전술한 오염 물질 및/또는 입자 형성을 유리하게 감소시키거나 제거할 수 있다. 또한, 전처리는 불순물들을 제거할 수 있음으로써, 안정성 및/또는 신뢰성을 향상시키고, 복수의 필라멘트들의 가용 수명을 연장시킬 수 있다.

[0012] "101"로 표시된 복수의 필라멘트들의 전처리는 일반적으로 "103"에서 시작할 수 있으며, 여기서는 수소 함유 가스가 필라멘트들이 내부에 배치된 처리 챔버에 제공된다. 처리 챔버는, 예컨대, 열선 화학 기상 증착(HWCVD) 챔버 또는 유사하게 구성된 다른 처리 챔버와 같이, 필라멘트들을 열 및/또는 에너지 소스로 이용하는 임의의 유형의 처리 챔버일 수 있다. 일부 실시예들에서, 처리 챔버는 도 3과 관련하여 후술하는 처리 챔버와 유사할 수 있다.

[0013] 수소 함유 전처리 가스는 복수의 필라멘트들의 전처리를 용이하게 하기에 적합한 임의의 비반응성 처리 호환(process compatible) 가스일 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 수소 함유 전처리 가스는 수소(H_2) 가스, 수소(H_2) 가스와 질소(N_2) 가스의 혼합물, 암모니아(NH_3), 과산화수소(H_2O_2), 이들의 조합들 등을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 이들로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 수소 함유 전처리 가스는, 예컨대, 헬륨(He), 아르곤(Ar) 등 중 하나 이상과 같은, 희석 가스를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 수소 함유 전처리 가스는 헬륨(He), 아르곤(Ar) 등 중 하나 이상과 같은 희석 가스와 혼합된, 수소(H_2) 가스, 수소(H_2) 가스와 질소(N_2) 가스의 혼합물, 암모니아(NH_3), 과산화수소(H_2O_2), 이들의 조합들로 본질적으로 구성되거나, 이들로 구성될 수 있다. 수소 함유 전처리 가스는 복수의 필라멘트들의 전처리를 용이하게 하기에 충분한 양의 수소를 제공하기에 적합한 임의의 유량으로 처리 챔버에 제공될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 수소 함유 전처리 가스는 최대 약 10,000sccm의 유량으로, 또는 일부 실시예들에서는, 약 10sccm 내지 약 3000sccm의 유량으로 처리 챔버에 제공될 수 있다.

[0014] 그 다음, "105"에서는, 복수의 필라멘트들의 온도를 제1 전처리 온도로 높이기 위해 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘린다. 제1 전처리 온도는 복수의 필라멘트들로부터 오염 물질들 및/또는 불순물들을 적어도 부분적으로 제거하거나 탈기하는 것을 용이하게 하기에 적합한 임의의 온도일 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 전처리 온도는 복수의 필라멘트들을 제조하기 위해 사용되는 물질의 조성에 의존할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 제1 전처리 온도는 약 1000 내지 약 2500℃일 수 있다. 복수의 필라멘트들은 복수의 필라멘트들로부터 오염 물질들 및/또는 불순물들을 부분적으로 제거하거나 탈기하는 것을 용이하게 하기에 적합한 임의의 시간 동안 제1 전처리 온도로 유지될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 복수의 필라멘트들은 약 60 초 내지 약 600 초의 시간 동안 제1 전처리 온도로 유지될 수 있다. 상기 실시예들 중 임의의 실시예에서, 온도 또는 시간 중 적어도 하나는 필라멘트들을 제조하기 위해 사용되는 물질들 및/또는 처리 챔버 내에서 복수의 필라멘트들의 구성에 의존할 수 있다.

[0015] 그 다음, "107"에서는, 복수의 필라멘트들을 제2 전처리 온도로 냉각시키기 위해 복수의 필라멘트들을 통해 흐르는 전류를 (차단을 포함하여) 감소시킬 수 있다. 제2 전처리 온도는 원하는 필라멘트 특성들을 달성하기에 충분한 임의의 온도일 수 있으며, 복수의 필라멘트들을 제조하기 위해 사용되는 물질의 조성에 의존할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 제2 전처리 온도는 약 1000 내지 약 2500℃일 수 있다. 복수의 필라멘트들은 임의의 시간 동안, 예컨대, 약 60 초 내지 약 600 초의 시간 동안, 제2 전처리 온도로 유지될 수 있다.

[0016] 복수의 필라멘트들은 원하는 필라멘트 특성들을 달성하기 위해 원하는 미세 구조를 생성하기에 적합한 임의의

속도로 냉각될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 복수의 필라멘트들은 분당 약 100 내지 약 2000℃의 속도로 냉각될 수 있다. 복수의 필라멘트들은 원하는 냉각 속도를 달성하기에 적합한 임의의 메커니즘을 통해 냉각될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 전류를 점진적으로 연속하여 또는 단계적으로 감소시킬 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 제1 온도를 소정 시간 동안 유지한 후, 복수의 필라멘트들이 냉각될 수 있도록, 전류를 차단할 수 있다.

[0017] 일부 실시예들에서, 복수의 필라멘트들의 전처리는 주기적인 프로세스일 수 있으며, 각각의 사이클은 복수의 필라멘트들을 제1 전처리 온도로 승온시킨 다음 복수의 필라멘트들을 제2 전처리 온도로 냉각시키는 것을 포함할 수 있다. 사이클은 전처리 공정을 용이하게 하기에 적합한 임의의 시간 동안 실시될 수 있다.

[0018] 상술한 처리 파라미터 이외에, 예컨대, 내부 처리 챔버 압력, 온도 등과 같은 추가적인 처리 파라미터들이 복수의 필라멘트들의 전처리를 용이하게 하기 위해 이용될 수 있다. 예컨대, 처리 챔버는 전처리 공정 중에 약 10^{-9} mTorr 미만의 압력(예컨대, 초고진공)으로 유지될 수 있다. 또한, 처리 챔버는 복수의 필라멘트들의 전처리를 용이하게 하기에 적합한 임의의 온도로 유지될 수 있다.

[0019] 본원에 기술된 전처리 공정이 세정 처리 전에 실시된다는 맥락에서 설명되어 있으나, 복수의 필라멘트들의 전처리는, 예컨대, 증착 처리(예컨대, 열선 화학 기상 증착(HWCVD) 처리, 화학 기상 증착(CVD) 처리 등), 질화 처리 등과 같은 임의의 처리 전에 실시될 수 있다.

[0020] 대안적으로 또는 복수의 필라멘트들의 선택적인 전처리와 함께, "102"에 나타낸 바와 같이, 처리될 또는 세정될 기판을 선택적으로 예열할 수도 있다. 기판의 예열은 복수의 필라멘트들의 선택적인 전처리에 앞서서, 이와 동시에 또는 이에 후속하여 이루어질 수 있다. 세정 처리(예컨대, 후술하는 바와 같은 세정 처리)를 실시하기 전에 기판을 예열하면, 기판으로부터 오염 물질들의 탈기 및/또는 제거를 용이하게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판은 세정 처리에 사용되는 것과 동일한 챔버 내에서 예열될 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 세정 처리에 사용되는 것과는 다른 (도 3과 관련하여 후술하는 예열 챔버(350)와 같은) 예열 챔버가 사용될 수 있다. 본 발명자들은, 세정 처리를 실시하기 위해 사용되는 것과는 다른 챔버 내에서 기판을 예열하면, 세정 처리 챔버로부터의 잔류 공정 부산물들에 의한 기판의 오염 발생률을 줄이거나 제거할 수 있으며/또는 기판으로부터의 물질들에 의한 세정 처리 챔버의 오염 발생률을 줄이거나 제거할 수 있다.

[0021] 예열 챔버는, 예컨대, 전용 예열 챔버, 어닐링 챔버, 증착 챔버 등과 같이, 원하는 온도로 기판(200)을 예열하기에 적합한 임의의 유형의 챔버일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예열 챔버는 열선 처리 챔버 또는 도 3과 관련하여 후술하는 챔버와 유사하게 구성된 챔버일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예열 챔버는, 예컨대, 클러스터 툴 또는 인-라인 프로세싱 툴과 같은, 멀티-챔버 툴에 커플링된 복수의 챔버들 중 하나일 수 있다.

[0022] 기판(200)은 기판(200)으로부터 오염 물질들을 탈기 또는 제거하기에 적합한 임의의 온도로 예열될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 디바이스(200)는 최대 약 500℃의 온도로 예열될 수 있다. 기판은, 예컨대, 챔버 내에 배치된 가열 램프들 또는 저항 히터들, 기판 지지체에 내장된 히터들, 열선 소스의 필라멘트들 등의 임의의 적합한 열원을 통해 예열될 수 있다. 디바이스(200)가 열선 처리 챔버 내에서 예열되는 실시예들에서, 열선 소스(예컨대, 필라멘트들)는 디바이스(200)를 원하는 온도로 예열하는 것을 용이하게 하기 위해 약 1000 내지 약 2500℃의 온도로 가열될 수 있다. 기판과 제거될 오염 물질들에 적절한 다른 온도가 사용될 수 있다.

[0023] 도 2a를 참조하면, 기판(200)은 도핑되거나 도핑되지 않은 실리콘 기판, Ⅲ-Ⅴ족 화합물 기판, 갈륨 비소(GaAs) 기판, 실리콘 게르마늄(SiGe) 기판, 에피-기판, 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 기판, 액정 디스플레이(LCD), 플라즈마 디스플레이, 전자 발광(EL) 램프 디스플레이와 같은 디스플레이 기판, 발광 다이오드(LED) 기판, 태양 전지 어레이, 태양 전지 패널 등과 같은 임의의 적합한 기판일 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판(200)은 200 또는 300㎜ 반도체 웨이퍼와 같은 반도체 웨이퍼일 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판(200)은, 예컨대, 약 1000㎜ × 1250㎜ 기판 또는 약 2200㎜ × 2500㎜ 기판과 같은, 초대규모 집적(VLSI) 디바이스, 대규모 유리 기판일 수 있다.

[0024] 일부 실시예들에서, 기판(200)은 기판 내에 또는 기판 상에 배치된 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 층들은 반도체 제조에 적합한 층들, 예컨대, 산화물 층들, 질화물 층들, 하이 또는 로우 K 유전체 층들, 도전층들 등일 수 있다. 층들은, 예컨대, 물리 기상 증착, 화학 기상 증착, 에피택셜 성장 등과 같은, 임의의 적절한 처리를 통해 형성될 수 있다. 대안적으로 또는 조합하여, 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 이상의 특징부들(예컨대, 비아, 트렌치, 이중 다마신 구조 등)이 기판(200)에 형성될 수 있으며/또는 기판 상에 배치된 하나 이상의 층들 중 하나 이상에 형성될 수 있다. 특징부들은, 예컨대, 에칭 처리와 같

은, 임의의 적절한 처리를 통해 형성될 수 있다. 또한, 기판(200)은 예열에 앞서, 어닐링, 베이킹, 세정 등과 같은 추가적인 처리를 거칠 수 있다.

[0025] 일부 실시예들에서, 제거될 층(202)이 기판(200)의 표면(204) 위에 배치될 수 있다. 본원에서는 층으로 설명하였으나, 제거될 물질이 부분적인 층을 이루거나, 표면(204)의 일부분들에만 배치된 물질의 섬들(islands)이 될 수도 있다. 층(202)들은, 예컨대, 자연 산화물 층들, 질화물 층들, 실리콘 층들 등과 같이 기판(200)으로부터 제거될 임의의 물질들, 또는, 예컨대, 탄소, 실리콘, 질소 또는 산소 함유 오염 물질들 등과 같은 선행 처리 잔류물들 또는 오염 물질들을 포함할 수 있다.

[0026] 기판(200)의 표면(204)은 처리 전에 및/또는 처리 후에 세정이 필요한 임의의 표면일 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 예컨대, 기판 콘택트(예컨대, 상보성 금속 산화물 반도체(CMOS) 구조의 제조와 같은 게이트 스택 애플리케이션을 위한 접촉면)로부터 오염 물질들을 제거하기 위해 상기 방법(100)이 사용되는 경우, 표면(204)은 니켈 규화물들과 같은 규화물들, 루테늄 산화물(RuO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 금속 산화물들 등과 같은 산화물들 중 하나를 포함할 수 있다.

[0027] 기판이 별도의 챔버 내에서 예열되는 경우, 기판은 기판을 세정하기 위한 열선 처리 챔버와 같은 세정 챔버로 이동하게 된다. 그 다음, "104"에서는, 기판이 내부에 배치된 세정 챔버에 수소 함유 가스가 제공될 수 있다. 본 발명자는, 열선 챔버 또는 유사하게 구성된 챔버를 이용함으로써, 원자 수소를 생산하기 위해 반도체 산업에서 종래에 사용된 방법들에 비해 높은(예컨대, 1.3배 내지 약 3배 더 높은) 원자 수소 개체군 밀도를 생성할 수 있음을 관찰하였다. 수소 함유 가스는 분해될 때 고밀도의 원자 수소를 제공하기에 적합한 임의의 가스 또는 가스들을 포함할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 수소 함유 가스는 수소 함유 전처리 가스와 관련하여 전술한 임의의 가스들 또는 가스들의 조합을 포함하거나, 이들로 본질적으로 구성되거나, 이들로 구성될 수 있다.

[0028] 수소 함유 가스는 기판(200)의 표면(204)을 세정하기 위해 필요한 양의 원자 수소를 제공하기에 적합한 임의의 유량으로 제공될 수 있으며, 기판(200) 및/또는 세정 챔버의 크기에 따라 조절될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 수소 함유 가스는 약 1 내지 약 10,000 sccm의 유량으로 제공될 수 있다. 세정 챔버는, 예컨대, 도 3과 관련하여 후술하는 처리 챔버와 같이, 복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 임의의 유형의 처리 챔버일 수 있다.

[0029] 그 다음, "106"에서는, 복수의 필라멘트들의 온도를 처리 온도로 높이기 위해 세정 챔버 내에 배치된 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘린다. 전류는 ("102"에서 전술한) 기판의 예열 및/또는 ("104"에서 전술한) 세정 챔버에 대한 수소 함유 가스의 제공에 앞서서, 이와 동시에 및/또는 이에 후속하여 복수의 필라멘트들을 통해 흐를 수 있다. 복수의 필라멘트들을 통해 전류를 흘리고, 기판을 예열하며, 세정 챔버에 대해 수소 함유 가스를 제공하는 순서는 애플리케이션(예컨대, 기판의 조성, 제거될 물질 등)에 따라 달라질 수 있다. 복수의 필라멘트들은, 예컨대, 도 3과 관련하여 후술한 처리 챔버 내에 배치된 복수의 필라멘트들과 같은, 임의의 적당한 유형의 세정 챔버 내에 배치된 임의의 적당한 유형의 필라멘트들일 수 있다.

[0030] 처리 온도는, 후술하는 바와 같이, 원하는 원자 수소 밀도를 제공하고 기판(204)의 표면(200)의 세정을 용이하게 하기 위해 수소 함유 가스의 분해를 달성하기에 적합한 임의의 온도일 수 있다. 예컨대, 처리 온도는 제공되는 특정 수소 함유 가스를 분해하기 위해 적절하게 선택될 수 있다. 본 발명자들은, 세정을 용이하게 하기 위해 원자 수소를 이용하면, 종래의 세정 처리들(예컨대, 습식, 열 또는 플라즈마 세정 처리)에 비해, 유리하게 처리 온도를 낮은 온도로 유지할 수 있다는 것을 관찰하였다. 예컨대, 기판 콘택트로부터 오염 물질들을 세정하기 위해 상기 방법을 이용하는 실시예들에서, 처리 온도는 약 10 내지 약 500℃일 수 있다.

[0031] 그 다음, "108"에서는, 수소 함유 가스의 분해로 인해 형성된 수소 원자들에 대해 기판(200)을 (예컨대, 기판 상에 배치된 오염 물질들 중 일부 또는 전부가 제거될 때까지) 소정 시간 동안 노출시킴으로써 기판(200)의 표면(204)을 세정한다. 본 발명자는, 원자 수소의 매우 높은 비반응성들이 층(202)의 제거를 용이하게 함으로써, 도 2b에 도시된 바와 같이, 기판(200)의 표면(204)을 세정할 수 있다는 것을 관찰하였다. 본 발명자들은, 전술한 바와 같이 수소 원자들에 대해 기판(200)을 노출시킴으로써 표면(204)을 세정하면, 예컨대, 동일한 수소 함유 가스가 제공될 수는 있지만 플라즈마 상태로 제공되는 경우에도, 플라즈마를 이용하여 기판 표면들을 세정하는 세정 처리들과 같은 종래의 세정 처리에 비해, 세정 처리 중에 기판(200)의 손상이 덜 발생한다는 것을 관찰하였다. 또한, 본 발명자들은, 수소 원자들을 이용하면, 종래의 세정 처리들(예컨대, 습식, 열 또는 플라즈마 세정 처리들)에 비해 기판의 부분들이 산화하는 경우들과 불순물들을 줄이거나 제거하면서 기판(200)의 표면

(204)의 세정을 허용할 수 있다는 것을 관찰하였다.

[0032] 상기 시간은 만족할 정도로 층(202)의 제거(예컨대, 완전한 제거, 실질적인 제거 등)를 용이하게 하기 위해 필요한 임의의 양의 시간일 수 있으며, 층(202)의 조성, 기판(200)의 크기 등에 따라 달라질 수 있다. 일부 실시예들에서, 층(202)의 제거는 (FTIR, SEM, TEM, XPS, SIMS 등을 통해) 기계적으로 또는 전기적으로 검출될 수 있다.

[0033] 일부 실시예들에서, 기판(200)은 처리 챔버 내의 복수의 필라멘트들 아래에 배치되어 복수의 필라멘트들에 대해 직접 노출될 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 기판(200)은 복수의 필라멘트들로부터 분리될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 예컨대, 도 3의 플레이트(342)와 관련하여 후술하는 바와 같이, 복수의 개구들을 가진 플레이트(예컨대, 가스 분배판)가 복수의 필라멘트들과 기판(200) 사이에 배치될 수 있다. 플레이트는 적당한 처리 호환 물질들로 제조될 수 있다. 플레이트가 존재하는 경우, 플레이트는 기판에 대한 열 손상을 줄이거나 제거할 수 있으며/또는 기판을 가로질러 수소 원자들의 균일한 분포를 제공할 수 있다. 또한, 플레이트는 복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 챔버의 일부분과 디바이스(200)가 내부에 배치된 챔버의 일부분의 독립적인 온도 제어를 더 허용할 수 있음으로써, 기판과 복수의 필라멘트들이 각각 후술하는 바와 같이 서로 다른 온도들로 유지될 수 있도록 한다. 다른 예에서, 일부 실시예들에서, 원자 수소는 열선 처리 챔버 내에서 원격으로 형성되어 기판(200)이 내부에 배치된 별도의 처리 챔버에 제공될 수 있다. 기판(200)은 열선 소스 아래, 플레이트(342) 아래 또는 기판 지지체(예컨대, 도 3과 관련하여 후술하는 기판 지지체(328)) 상의 정지 위치에 배치될 수 있거나, 일부 실시예들에서, 기판(200)이 플레이트(342) 아래를 지날 때 동적인 세정을 위해 이동할 수 있다.

[0034] 상술한 처리 파라미터 이외에, 추가적인 처리 파라미터들이 기판(200)의 표면(204)의 세정을 용이하게 하기 위해 이용될 수 있다. 예컨대, 본 발명자는, 생성되는 원자 수소의 밀도가 기판(200)을 수용하고 있는 처리 챔버(예컨대, 열선 처리 챔버 또는 별도의 처리 챔버) 내의 압력에 의해 제어될 수 있다는 것을 관찰하였다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 처리 챔버의 내부 체적은 약 1mTorr 내지 약 10Torr의 압력으로 유지될 수 있으며, 특정 애플리케이션에 따라 달라질 수 있다. 또한, 기판(200)은 기판 표면(204)의 세정을 용이하게 하기에 적합한 임의의 온도로, 예컨대, 최대 약 1000℃로 유지될 수 있다.

[0035] 기판(200)은 저항 히터들(예컨대, 기판 지지체에 내장된 히터), 가열 램프들 등과 같은 임의의 적절한 가열 메커니즘 또는 열원을 통해 전술한 온도로 유지될 수 있다. 또한, 온도는 정확한 온도 측정을 제공하기에 적합한 임의의 메커니즘을 통해 모니터링될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 온도는 하나 이상의 열전대들, 고온계들, 이들의 조합들 등을 통해 직접 모니터링될 수 있다. 대안적으로, 또는 조합하여, 일부 실시예들에서, 온도는 가열 메커니즘에 제공된 전력과 그 결과로 생성된 온도의 공지된 상관 관계를 통해 추정될 수 있다. 본 발명자들은, 이러한 온도들로 기판(200)을 유지하면, 프로세스에 추가적인 에너지를 제공할 수 있음으로써, 수소 함유 가스의 보다 완벽한 분해를 용이하게 하여 수소 원자들을 형성할 수 있으며, 이에 따라, 세정 처리의 처리량과 균일성을 높일 수 있다는 것을 관찰하였다.

[0036] "108"에서 기판(200)의 표면(204)을 세정한 후, 상기 방법(100)은 일반적으로 종료되며, 기판(200)은 추가 처리를 위해 진행할 수 있다. 일부 실시예들에서, 예컨대, 기판(200) 상에 반도체 디바이스를 형성하거나, 광전지(PV)들, 발광 다이오드(LED)들 또는 디스플레이들(예컨대, 액정 디스플레이(LCD), 플라즈마 디스플레이, 전자 발광(EL) 램프 디스플레이 등)과 같은 애플리케이션들에서 사용하기 위한 용도로 기판(200)을 준비하기 위해, 추가적인 층의 증착들, 에칭들, 층들의 질화, 어닐링(예컨대, 급속 열 어닐링(RTA) 등) 등과 같은 추가적인 처리들이 기판(200)에 대해 실시될 수 있다.

[0037] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 처리 시스템(기판 세정 시스템)(300)의 개략적인 측면도를 도시한다. 일부 실시예들에서, 처리 시스템(300)은 처리 챔버(301), 세정 챔버(303) 및, 선택적으로, 예열 챔버(350)를 포함한다. 처리 챔버(301)는, 예컨대, 열선 처리 챔버(예컨대, HWCVD 챔버 또는 열선 소스를 가진 다른 적절한 챔버)와 같이, 복수의 필라멘트들이 내부에 배치된 임의의 유형의 처리 챔버일 수 있다.

[0038] 처리 챔버(301)는 일반적으로 원자 수소 소스(348)가 내부에 배치된 내부 체적(304)을 가진 챔버 본체(302)를 포함한다. 원자 수소 소스(348)는 동작 중에 기판(330)(예컨대, 전술한 디바이스)의 표면에 원자 수소를 제공하도록 구성된다. 원자 수소 소스는, 예컨대, 수소 가스 소스(346)로부터 제공된 수소 가스로부터 원자 수소를 생성하기에 충분한 온도로 복수의 필라멘트들을 가열하기 위해 전류를 제공하는 전원(313)에 커플링된 복수의 필라멘트(310)들을 포함한다.

[0039] 복수의 와이어(310)들은 처리 챔버 내에 원하는 온도 프로파일을 제공하기에 적합한 임의의 개수의 와이어들을 포함할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 기판의 크기와 챔버의 기하학적 형상, 세정 요건들, 와이어의 조성, 가스의 조성 등에 따라 다른 개수들이 사용될 수도 있으나, 복수의 와이어들은 4개의 와이어들, 5개의 와이어들, 10개의 와이어들, 12개의 와이어들, 16개의 와이어들 등을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 와이어(310)들은 내부 처리 체적(304)을 가로질러 앞뒤로 연장된 단일 와이어일 수 있다. 와이어(310)들은 처리 챔버(300) 내에 원하는 원자 수소 밀도를 제공하기에 적합한 임의의 두께 및/또는 밀도를 가질 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 와이어의 표면적을 제어하기 위해 각각의 와이어(310)의 직경을 선택할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 약 0.5㎜ 내지 약 0.75㎜의 직경을 가질 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 각각의 와이어의 밀도는 애플리케이션(예컨대, 기판의 조성, 제거될 물질 등)에 따라 달라질 수 있다.

[0040] 와이어(310)들은, 예컨대, 텅스텐(W), 텅스텐 삼산화물(WO_3), 탄탈륨(Ta), 탄탈륨 오산화물(Ta_2O_5), 이리듐(Ir), 니켈-크롬(NiCr), 팔라듐(Pd) 등과 같은 임의의 적절한 처리 호환 도전성 물질로 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은, 예컨대, 실리콘(Si)과 같은 도펀트를 더 포함할 수 있다. 그러한 실시예들에서, 와이어(310)는 최대 약 50%의 실리콘을 포함할 수 있다. 본 발명자들은, 도핑된 물질들이 도핑되지 않은 물질들에 비해, 예컨대, 긴 가용 수명, 증대된 기계적 및 열적 안정성, 향상된 신뢰성 및 처짐을 줄이는 증대된 강도와 같이, 개선된 특성들을 제공할 수 있다는 것을 관찰하였다. 일부 실시예들에서, 도펀트들의 첨가는, 고온(예컨대, 최대 약 2500℃) 처리 애플리케이션들에서, 예컨대, 증착 처리들, 질소 또는 수소 처리들, 또는 예비 세정 처리들에서, 와이어(310)들의 기계적, 열적 및 전기적 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0041] 각각의 와이어(310)는, 고온으로 가열될 때 와이어를 팽팽하게 유지하고 와이어에 전기적 접촉을 제공하기 위해, 하나 이상의 지지 구조들에 의해 제 위치에 클램핑된다. 일부 실시예들에서, 각각의 와이어(310) 사이의 거리(즉, 와이어들 간의 거리(336))는 처리 챔버(300) 내에 원하는 원자 수소 밀도를 제공하도록 선택될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 와이어들 간의 거리(336)는 와이어들의 개수(와, 이에 따라, 모든 와이어들에 의해 제공되는 전체 표면적)에 의존할 수 있다. 와이어들 간의 거리는 모든 와이어들 간에 균일하거나, 와이어들의 세트들마다 달라질 수 있다. 예컨대, 와이어(310)들 간의 간격 및/또는 위치는 처리 챔버 내에 원하는 온도 프로파일을 제공하기 위해 제어될 수 있다. 본 발명자들은, 와이어(310)들의 위치와 간격을 제어하면, 수소 라디칼 밀도 및 분포, 처리 챔버 전체(예컨대, 인접한 처리 챔버 벽체들과 처리 챔버의 내부 체적 전체)에 걸친 균일한 냉각 등과 같은 특성들을 용이하게 제어할 수 있다는 것을 관찰하였다. 일부 실시예들에서, 와이어들 간의 거리(336)는 약 20㎜ 내지 약 60㎜일 수 있다. 와이어들은, 예컨대, 도 5 내지 도 7과 관련하여 후술하는 바와 같이, 처리 챔버 내에 원하는 온도 프로파일을 제공하기에 적합한 임의의 방식으로 구성될 수 있다.

[0042] 전류를 제공하여 와이어(310)를 가열하기 위해, 예컨대, 하나 이상의 단자들을 통해, 와이어(310)에 전원(313)이 커플링된다. 기판(330)은 열선 소스(예컨대, 와이어(310)들) 아래에, 예컨대, 기판 지지체(328) 위에 배치될 수 있다. 기판 지지체(328)는 정적 세정을 위해 정지될 수 있거나, 기판(330)이 열선 소스 아래를 지날 때 동적 세정을 위해 (화살표(305)로 나타낸 바와 같이) 이동할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 와이어(310)와 기판(330) 간의 거리(즉, 와이어에서 기판까지의 거리(340))는 처리 챔버(300) 내에서 실시되는 특정 처리(예컨대, 상술한 본 발명의 방법(100))를 용이하게 하도록 선택될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 와이어에서 기판까지의 거리(340)는 약 10 내지 약 300㎜일 수 있다.

[0043] 챔버 본체(302)는 처리 챔버(300) 내에 적당한 작동 압력을 유지하고 과다한 처리 가스들 및/또는 처리 부산물들을 제거하기 위해 진공 펌프에 커플링된 하나 이상의 출구들(2개의 출구(334)가 도시됨)과, 세정 가스를 제공하기 위해 수소 가스 소스(346)에 커플링된 하나 이상의 가스 출구들(1개의 가스 출구(332)가 도시됨)을 더 포함한다. 가스 입구(332)는 가스를 균일하게 분배하거나, 필요한 경우, 와이어(310)들 위에 분배하기 위해, (도시된 바와 같은) 샤워헤드(333) 또는 다른 적합한 가스 분배 요소 속으로 유입될 수 있다.

[0044] 일부 실시예들에서, 기판(330)은, 예컨대, 기판(330)에 원하는 방식으로 가스(예컨대, 전술한 원자 수소)를 분배하도록 구성된 복수의 관통 홀(344)들을 가진 플레이트(342)와 같은 가스 분배 장치(341)를 통해 열선 소스(예컨대, 와이어(310)들)로부터 분리될 수 있다. 예컨대, 관통홀들의 개수, 복수의 관통홀(344)들의 패턴들 및 치수들은 특정 애플리케이션에 따라 달라질 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 복수의 관통홀(344)들은 플레이트가 약 10% 내지 약 50%의 개방 면적을 가질 수 있도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 관통홀들은 각각 약 1㎜ 내지 약 30㎜의 직경을 가질 수 있다.

[0045] 가스를 분배하는 것 이외에, 가스 분배 장치(341)는, 존재하는 경우, 기판(330)에 접촉하여 와이어(310)가 파손

되거나 고장나는 것을 방지할 수 있다. 일부 실시예들에서, 가스 분배 장치(341) 또는 플레이트(342)로부터 기판(330)까지의 거리는 기판(330)에 대해 원하는 원자 수소 밀도를 제공하기에 적합한 임의의 거리일 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 가스 분배 장치(341)에서 기판까지의 거리(331)는 약 10 내지 약 200㎜일 수 있다.

[0046] 세정 챔버(303)는 일반적으로 내부 체적(307)을 규정하는 챔버 본체(305)를 포함한다. 내부 체적(307) 내에는 기판 지지체(328)가 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세정 챔버(303)는 기판의 가열을 용이하게 하기 위해 하나 이상의 히터들(미도시)을 포함할 수 있다. 세정 챔버(303) 내에 배치된 하나 이상의 히터들은, 존재하는 경우, 예컨대, 전술한 바와 같이, 기판의 예열을 용이하게 할 수 있다.

[0047] 일부 실시예들에서, 챔버 본체(302)의 내부 표면들 상에 불필요한 물질들의 증착을 최소화하기 위해 하나 이상의 쉴드(320)들이 제공될 수 있다. 쉴드(320)들과 챔버 라이너(322)들은 일반적으로 챔버 내에서 흐르는 처리 가스들 및/또는 세정 처리로 인해 증착된 물질들을 챔버 본체(302)의 내부 표면들이 바람직하지 않게 수집하는 것을 방지한다. 쉴드(320)들과 챔버 라이너(322)들은 제거가능하고, 교환가능하며/또는 세정가능할 수 있다. 쉴드(320)들과 챔버 라이너(322)들은, 이에 한정되지는 않지만, 와이어(310)들 주변과 코팅 격식의 모든 벽체들을 포함하여, 코팅될 수 있는 챔버 본체(302)의 모든 면적을 커버하도록 구성될 수 있다. 통상적으로, 쉴드(320)들과 챔버 라이너(322)들은 알루미늄(A1)으로 제조될 수 있으며, 증착된 물질들의 접착성을 향상시키기 위해(증착된 물질의 박리를 방지하기 위해) 거친 표면을 가질 수 있다. 쉴드(320)들과 챔버 라이너(322)들은 임의의 적절한 방식으로 열선 소스들 주변과 같은 처리 챔버의 원하는 영역들에 장착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 소스, 쉴드들 및 라이너들은 처리 챔버(300)의 상부를 개방하여 유지 보수와 세정을 위해 제거될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 처리 챔버(300)의 덮개 또는 천장은, 상기 덮개를 지지하며 처리 챔버(300)의 본체에 덮개를 고정하기 위한 표면을 제공하는 플랜지(338)를 따라, 챔버 본체(302)에 커플링될 수 있다.

[0048] 일부 실시예들에서, 기판을 예열하기 위해 예열 챔버(350)가 제공될 수 있다. 예열 챔버는 예열 챔버(350) 내에 배치된 기판(330)에 열을 제공하는 열원(352)을 가진 임의의 적절한 챔버일 수 있다. 예열 챔버(350)는, 예컨대, 인라인 기판 처리 툴의 일부로서, 처리 챔버(300)에 직접 커플링되거나, 클러스터 툴의 이송 챔버와 같은 하나 이상의 중간 챔버들을 통해 처리 챔버(300)에 커플링될 수 있다. 적절한 인라인 기판 처리 툴의 예가 2011년 5월 5일자로 디. 하스 등에 의해 미국 특허 출원 공개 제2011/0104848A1호로 공개되어 2012년 2월 21일자로 현재 등록되어 있는 미국 특허 제8,117,987호에 기술되어 있다.

[0049] 컨트롤러(306)는 처리 챔버(300)의 다양한 구성 요소들과, 선택적으로, 챔버(301) 및/또는 예열 챔버(350)에 커플링되어 그 동작을 제어할 수 있다. 처리 챔버(300)에 연결된 것으로 개략적으로 도시되어 있으나, 컨트롤러는 본원에 개시된 방법들에 따른 세정 처리를 제어하기 위해, 전원(313), 입구(332)에 커플링된 가스 공급원(346), 출구(334)에 커플링된 진공 펌프 및/또는 스로틀 밸브(미도시), 기판 지지체(328) 등과 같이, 컨트롤러에 의해 제어될 수 있는 임의의 구성 요소에 작동적으로(operably) 연결될 수 있다. 컨트롤러(306)는 일반적으로 중앙 처리 장치(CPU)(308), 메모리(312) 및 CPU(308)용 지원 회로(310)들을 포함한다. 컨트롤러(306)는 HWCVD 처리 챔버(300)를 직접 제어하거나, 특정 지원 시스템 구성 요소들과 연관된 다른 컴퓨터들 또는 컨트롤러들(미도시)을 통해 제어할 수 있다. 컨트롤러(306)는 다양한 챔버들 및 서브 프로세서들을 제어하기 위해 산업 분야에서 사용될 수 있는 범용 컴퓨터 프로세서의 임의의 형태 중 하나일 수 있다. 메모리, 또는 CPU(308)의 컴퓨터 판독가능한 매체(312)는 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 플로피 디스크, 하드 디스크, 플래시 또는 로컬 또는 원격의 임의의 다른 형태의 디지털 스토리지와 같이 쉽게 이용가능한 하나 이상의 메모리일 수 있다. 지원 회로(310)들은 종래의 방식으로 프로세서를 지원하기 위해 CPU(308)에 커플링된다. 이 회로들은 캐시, 전원들, 클록 회로들, 입력/출력 회로 및 서브 시스템들 등을 포함한다. 본원에 기술된 바와 같은 본 발명의 방법들은 본원에 기술된 방식으로 처리 챔버(300)의 동작을 제어하기 위해 특수 목적용 컨트롤러로 컨트롤러를 전환하기 위해 실행되거나 호출될 수 있는 소프트웨어 루틴(314)으로서 메모리(312)에 저장될 수 있다. 소프트웨어 루틴은 CPU(308)에 의해 제어되는 하드웨어로부터 원격으로 배치된 제2 CPU(미도시)에 의해 저장 및/또는 실행될 수도 있다.

[0050] 일부 실시예들에서, 처리 챔버(301)와 세정 챔버(303)는 서로 커플링되거나, (예컨대, 도 3에 도시된 바와 같이) 단일 처리 챔버를 형성하도록 서로 일체로 구성될 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 처리 챔버(301)와 세정 챔버(303)는 도 3a에 도시된 바와 같이 별도의 챔버들일 수 있다. 이러한 실시예들에서는, 처리 가스(예컨대, 수소 함유 가스)가 원격으로 와이어(301)들에 의해 가열될 수 있으며, 생성된 원자 수소는, 예컨대, 도관(354)을 통해, 세정 챔버로 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 도관(354)은 가스 분배 장치(341) 위

에 배치된 공동 또는 플레넘(356)에 원자 수소를 제공한 다음, 복수의 관통홀(344)들을 통해 세정 챔버(307)의 내부 체적(307)으로 분배할 수 있다.

[0051] 일부 실시예들에서, 원자 수소 소스(348)는 처리 챔버(300)의 본체의 일부분일 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예에서, 원자 수소 소스(348)는 도 4에 도시된 바와 같이 탈착가능한 덮개 내에 통합될 수 있다. 예컨대, 도 4는 챔버 본체(406)와 챔버 본체(406)에 커플링된 탈착가능한 덮개(401)를 가진 처리 챔버(412)의 개략적인 측면도를 도시한다. 탈착가능한 덮개(401) 내에 원자 수소 소스(348)를 통합하면, 원자 수소 소스(348)가 쉽게 제거되거나 교환될 수 있음으로써, 다르게 구성된 수소 원자 소스들을 단일 처리 챔버와 함께 사용할 수 있다. 또한, 탈착가능한 덮개(401)는 원자 수소 소스(348)와 함께 사용하도록 본래 구성되지 않은 기존의 처리 챔버들에 커플링되도록 구성될 수 있다. 예컨대, 본 발명자들은, 원격 소스로부터 플라즈마를 수득하도록 구성된 일부 종래의 처리 챔버들이 일부 프로세스들을 실시하기에는 불충분한 수소 라디칼 플럭스를 플라즈마 소스로부터 수득할 수 있다는 것을 관찰하였다. 모듈형 원자 수소 소스(348)(예컨대, 탈착가능한 덮개(401) 내에 통합된 원자 수소 소스(348))를 제공하면, 원자 수소 소스(348)를 필요할 때 설치할 수 있음으로써, 원하는 처리를 실시하기 위해 원하는 수소 라디칼들의 밀도를 제공하므로, 프로세스 챔버에 증대된 프로세스 유연성을 제공할 수 있다.

[0052] 일부 실시예들에서, 탈착가능한 덮개(401)는 본체(402)의 하면(410)에 리세스(408)가 형성된 본체(402)를 포함할 수 있다. 원자 수소 소스(348)가 처리 챔버(412)에 대하여 원하는 위치에(예컨대, 도 4에 도시된 바와 같이 기판 지지체(422) 상에 배치된 기판(418) 위에) 배치될 수 있도록, 상기 본체(402)는 챔버 본체(406)와 인터페이스하여 처리 챔버(412)에 대한 탈착가능한 덮개(401)의 탈착가능한 커플링을 용이하게 한다. 처리 챔버(412)는 반도체 처리들을 실시하는데 적합한 임의의 처리 챔버(412), 예컨대, 화학 기상 증착(CVD), 물리 기상 증착(PVD) 등과 같은 증착 처리들을 위해 구성된 처리 챔버, 또는 전술한 처리 챔버(300)일 수 있다. 예시적인 처리 챔버들은 캘리포니아주 산타 클라라에 소재한 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드로부터 입수할 수 있는 ENDURA® 플랫폼 처리 챔버들 또는 다른 처리 챔버들을 포함할 수 있다. 다른 적합한 처리 챔버들이 마찬가지로 사용될 수 있다.

[0053] 일부 실시예들에서, (예컨대, 도 3과 관련하여 전술한 샤워헤드(333)와 유사한) 샤워헤드(404)가 리세스(408)의 내측 부분(414)에 배치될 수 있으며, (예컨대, 도 3과 관련하여 전술한 가스 분배 장치(341)와 유사한) 가스 분배 장치(420)가 리세스(408)의 외측 부분(416)에 배치될 수 있다. 샤워헤드(404)와 가스 분배 장치(420) 사이에 와이어(310)들이 배치될 수 있다. 수소 가스 소스(346)로부터 샤워헤드(404)로 하나 이상의 처리 가스들(예컨대, 전술한 수소 함유 가스)을 제공하기 위해 본체(402)를 통해 입구(332)가 배치될 수 있다.

[0054] 샤워헤드(404)와 가스 분배 장치(420)는, 예컨대, 알루미늄(Al), 석영(SiO_2) 등과 같은 임의의 처리 호환 물질로 제조될 수 있다. 또한, 샤워헤드(404)와 가스 분배 장치(420)는 각각 처리 챔버(412) 내에서 처리되는 물질들 또는 특정 애플리케이션에 따라 구성될 수 있다. 예컨대, 샤워헤드(404)와 가스 분배 장치(420) 각각에 형성되는 분배 홀들의 크기, 형상, 분포 및 패턴들은 특정 애플리케이션에 부합하도록 달라질 수 있다.

[0055] 일부 실시예들에서, 리세스(408)의 노출된 표면들 상에 라이너(406)가 배치될 수 있다. 라이너(406)는, 존재하는 경우, 처리 중에 리세스의 노출된 표면들을 보호할 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 라이너(406)는 원자 수소 소스(348) 내에 생성된 수소 원자들의 재결합을 줄이거나 제거할 수 있다. 라이너(406)는 전술한 기능들을 실시하기에 적합한 임의의 처리 호환 물질로 제조될 수 있으며, 처리 챔버(412) 내에서 처리되는 물질들 또는 특정 애플리케이션에 의존할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 라이너(406)는 알루미늄(Al), 석영(SiO_2) 등과 같은 금속 또는 알루미늄 산화물(Al_2O_3) 등과 같은 금속 산화물로 제조될 수 있다. 라이너(406)가 금속으로 제조되는 실시예들에서, 라이너(406)는, 예컨대, 티탄늄 산화물(TiO), 토리아나이트(ThO_2) 등과 같은 코팅을 더 포함할 수 있다. 코팅은, 존재하는 경우, 수소 원자들의 재결합을 줄이며/또는 열 반사율을 증대시키고 라이너(406)에 대한 열 흡수율을 감소시킬 수 있음으로써, 처리 챔버를 원하는 온도로 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0056] 전술한 바와 같은 원자 수소 소스(348)의 상기 실시예들 중 임의의 실시예에서, 와이어(310)들은 처리 챔버 내에 적당한 온도 프로파일을 제공하기 위해 임의의 방식으로 구성될 수 있다. 예컨대, 도 5를 참조하면, 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 동심 링 패턴으로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은, 예컨대, 지지 링(502), 하나 이상의 지지 아암(506, 508) 등과 같은 하나 이상의 지지 구조들에 의해 지지될 수 있다. 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 도 6에 도시된 바와 같이 서로 평행하게 선형으로 배치될 수 있다.

[0057] 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 처리 챔버 내에 가열 구역들을 제공하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 도 7에 도시된 바와 같이 단일의 구역(702)으로 구성될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 와이어(310)들은 전기적으로 병렬로 서로 커플링되어 단일의 전원(706)으로부터 전력을 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 와이어(310)들을 지지하기 위해 각각의 와이어(310)들의 각 단부에 와이어 클램프(704)가 배치될 수 있으며, 전원(706)에 와이어(310)들을 커플링하기 위해 단자를 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 와이어 클램프(704)는 하나 이상의 와이어, 예컨대, 도 7에 도시된 바와 같이 3개의 와이어(310)를 지지할 수 있다.

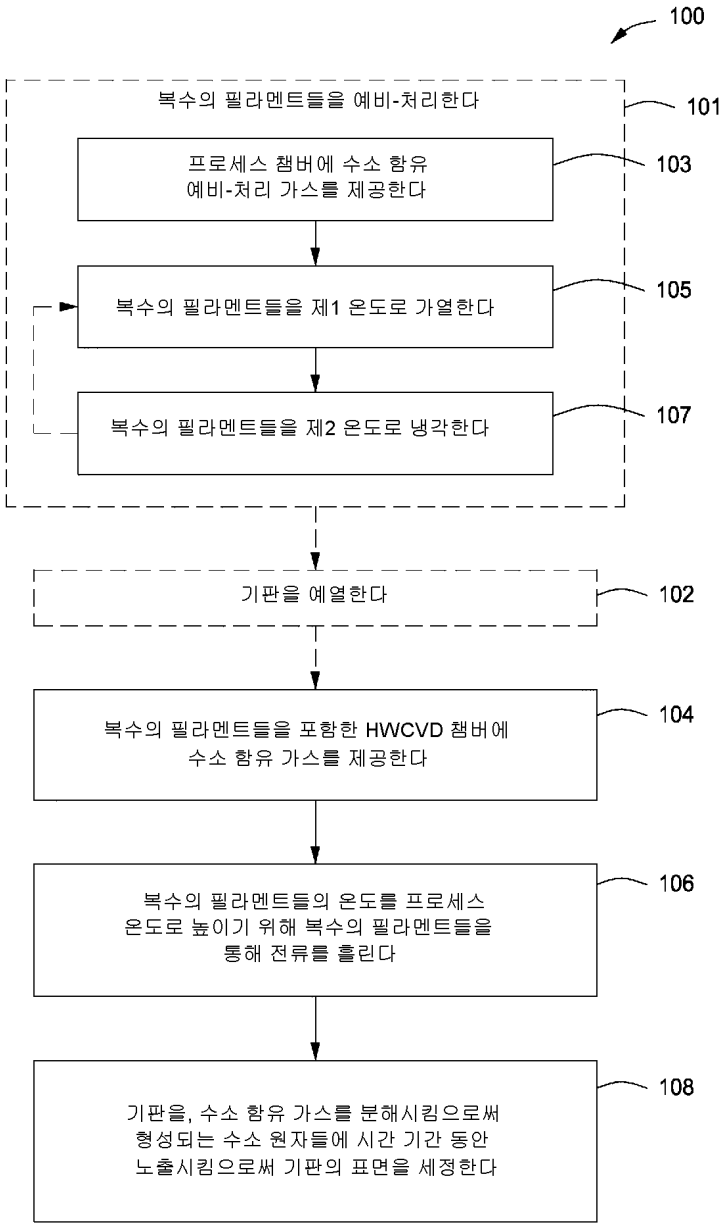
[0058] 대안적으로, 일부 실시예들에서, 와이어(310)들은 도 8에 도시된 바와 같이 복수의 구역들로 구성될 수 있다. 와이어(310)들은 임의의 개수의 구역들, 예컨대, 도 8에 도시된 바와 같이 2개의 구역들(제1 구역(802) 및 제2 구역(804))로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 구역들 중 각각의 구역은 복수의 구역들 중 각각의 구역의 독립적인 조정이 가능하도록 하기 위해 별도의 전원(예컨대, 제1 구역(802)과 제2 구역(804)에 각각 커플링된 전원(806, 808)들)에 커플링될 수 있다.

[0059] 따라서, 본원에는 기판의 표면을 세정하기 위한 방법들 및 장치가 제공되어 있다. 본 발명에 따른 처리의 실시예들은 유리하게, 예컨대, 플라즈마, 고온 처리 또는 불소계 화학물 중 하나 이상을 이용하는 종래의 세정 처리들에 비해 기판의 손상을 덜 초래하면서 기판으로부터 오염 물질들 또는 바람직하지 않은 층들을 제거할 수 있도록 한다.

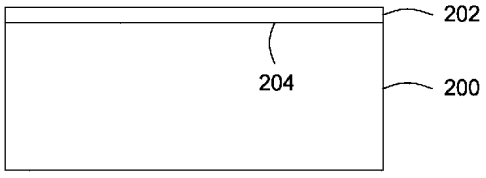
[0060] 이상의 설명은 본 발명의 실시예들에 관한 것이나, 본 발명의 기본적인 범위를 벗어나지 않고 다른 추가적인 실시예들이 안출될 수 있다.

도면

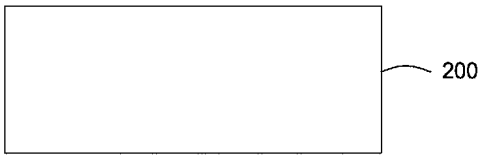
도면1


100
복수의 필라멘트들을 예비-처리한다
101
프로세스 챔버에 수소 함유
예비-처리 가스를 제공한다
103
복수의 필라멘트들을 제1 온도로 가열한다
105
복수의 필라멘트들을 제2 온도로 냉각한다
107
기판을 예열한다
102
복수의 필라멘트들을 포함한 HWCVD 챔버에
수소 함유 가스를 제공한다
104
복수의 필라멘트들의 온도를 프로세스
온도로 높이기 위해 복수의 필라멘트들을
통해 전류를 흘린다
106
기판을, 수소 함유 가스를 분해시킴으로써
형성되는 수소 원자들에 시간 기간 동안
노출시킴으로써 기판의 표면을 세정한다
108

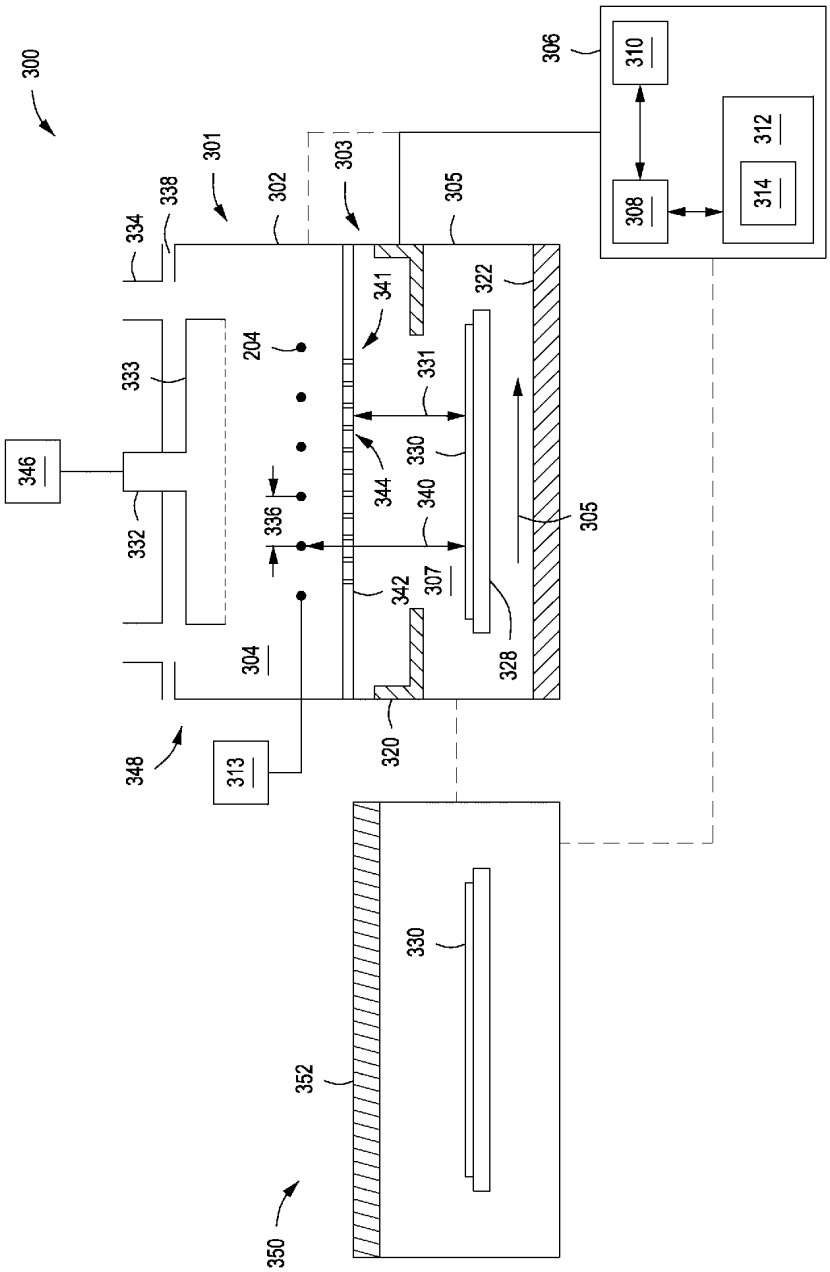
도면2a


202
204
200

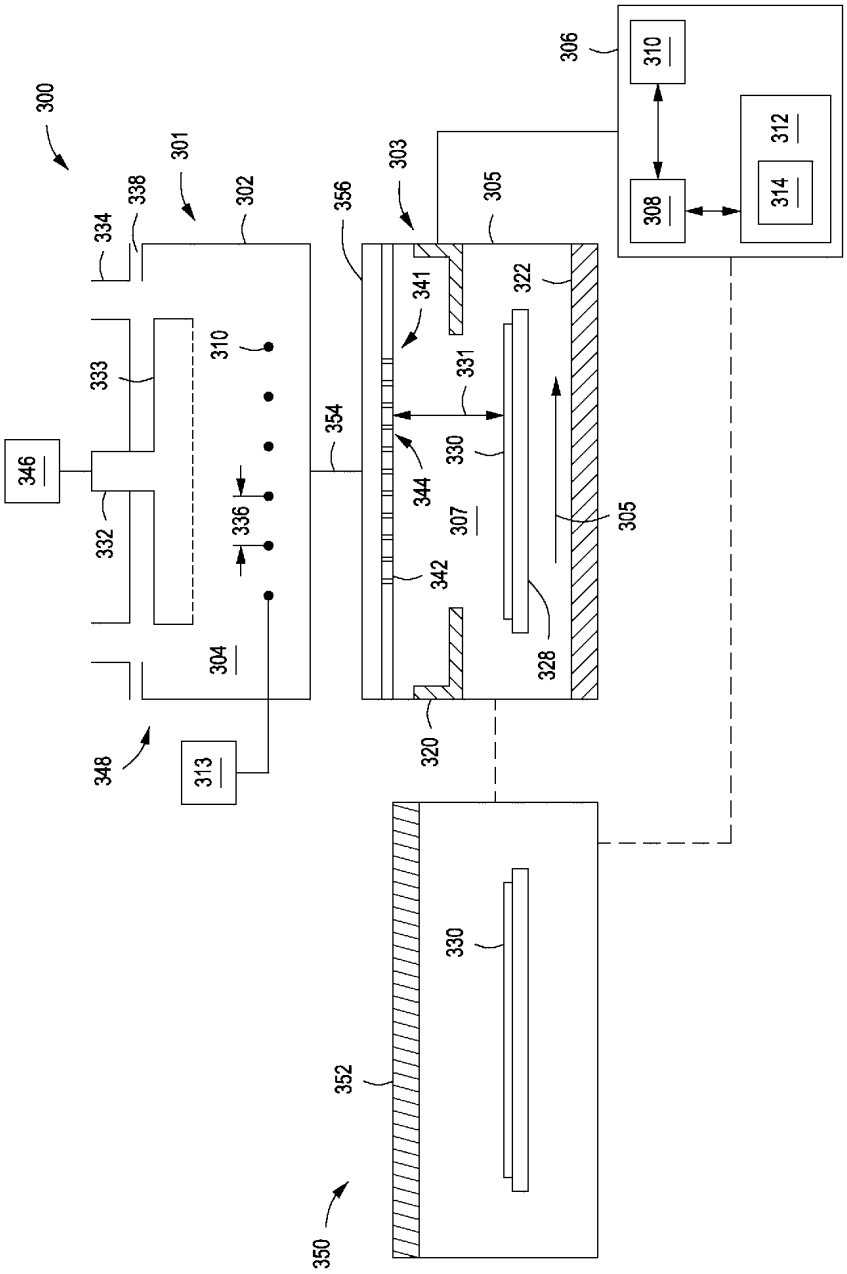
도면2b


200

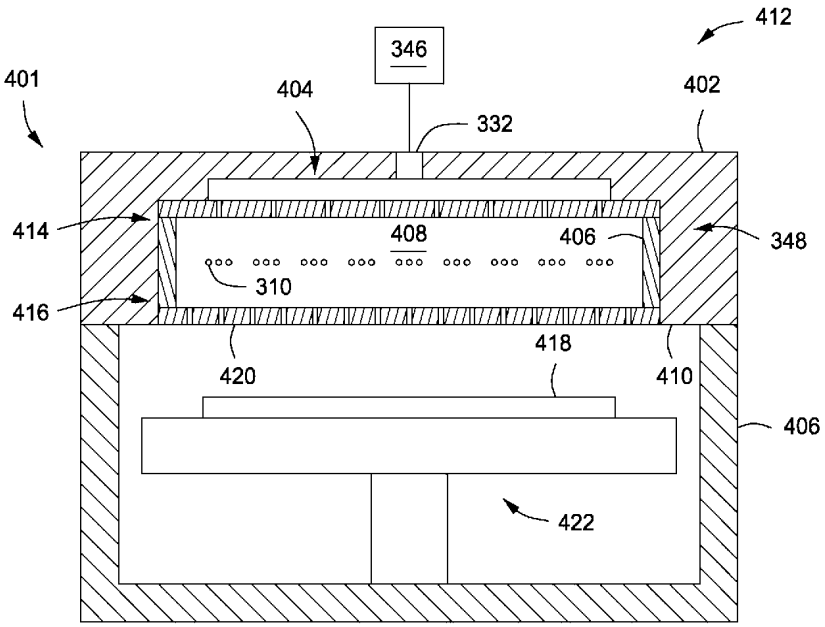
도면3


300
301
302
303
304
305
306
307
308
310
312
313
314
320
322
328
330
331
332
333
334
336
338
340
341
342
344
346
348
350
352
204

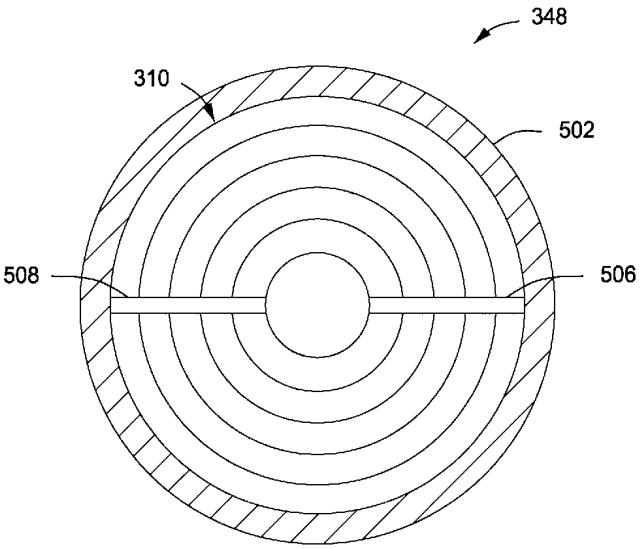
도면3a


300
301
302
303
304
305
306
307
308
310
312
313
314
320
322
328
330
331
332
333
334
336
338
341
342
344
346
348
350
352
354
356

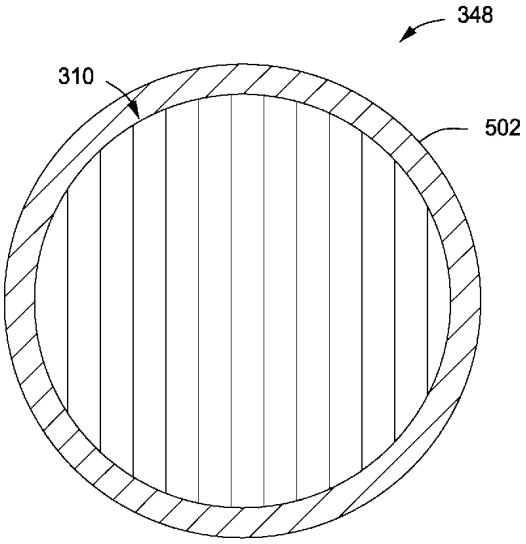
도면4


412
346
401
404
402
332
414
408
406
348
310
416
418
420
410
406
422

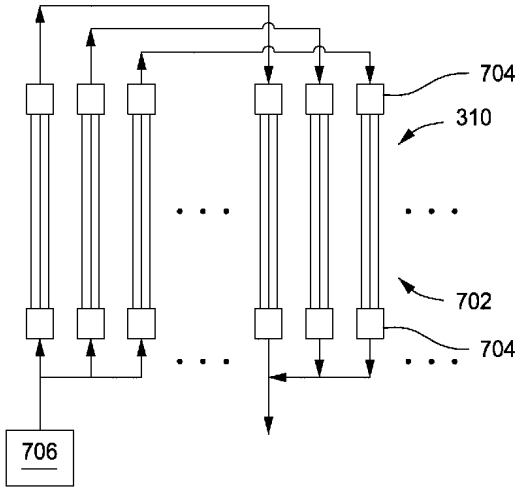
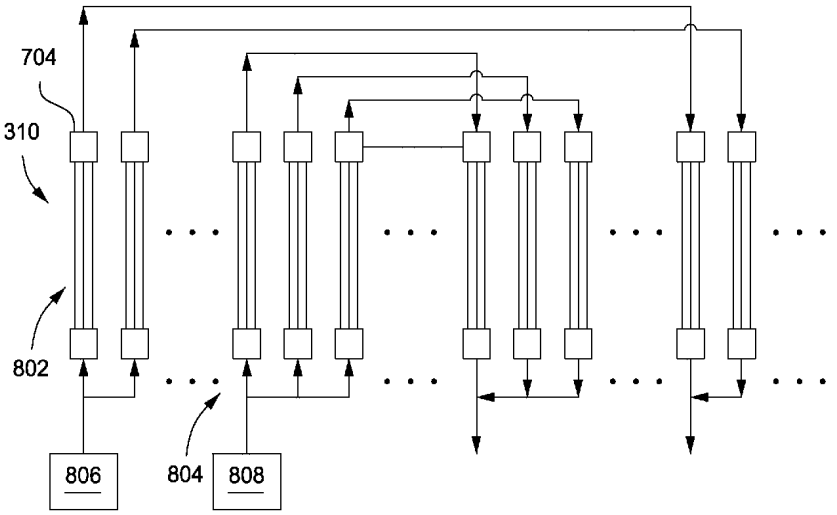
도면5


348
310
502
508
506

도면6



도면7



도면8