(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월30일
(11) 등록번호 10-1127294
(24) 등록일자 2012년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/306 (2006.01) *H01L 21/302* (2006.01)
H01L 21/311 (2006.01) *H01L 21/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-7014932
(22) 출원일자(국제) 2004년02월12일
심사청구일자 2009년02월12일
(85) 번역문제출일자 2005년08월12일
(65) 공개번호 10-2005-0101339
(43) 공개일자 2005년10월21일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/004278
(87) 국제공개번호 WO 2004/074932
국제공개일자 2004년09월02일
(30) 우선권주장
60/447,372 2003년02월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010033812 A*
US05904571 A*
US06326794 B1*
US06388383 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
우드, 빙시, 선
미국 94305 캘리포니아 스탠포드 피터 코우츠 써클 51
가와구치, 마크, 엔.
미국 94306 캘리포니아 팔로 알토 커트너 애브뉴 250 아파트먼트15
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남상선

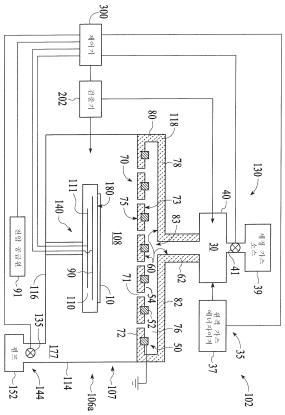
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 조상흠

(54) 발명의 명칭 **수소-함유 라디칼을 이용한 자연 산화물 세정**

(57) 요 약

기판 세정 장치는 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 가지는 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 수소-함유 가스를 원격적으로 에너지 공급하는 원격 소스를 포함한다. 상기 장치는 기판 지지체를 갖는 프로세스 챔버, 제 1 비율과 상이한 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 가지는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는 이온 필터, 및 상기 챔버 속으로 필터링되고 에너지 공급된 가스를 주입하는 가스 주입기를 포함한다.

대 표 도 - 도2a



(72) 발명자

파파뉴, 제임스, 에스.

미국 94903 캘리포니아 산 라파엘 홀리 드라이브 351

모셀리, 로더릭, 씨.

미국 94588 캘리포니아 플레산톤 피.오. 박스 11801

라이, 치우쿤, 스티븐

미국 94087 캘리포니아 써니베일 그로톤 코트 827

카오, 치엔-테흐

미국 94086 캘리포니아 써니베일 스타부쉬 드라이브 715

알, 후아

미국 94043 캘리포니아 마운틴 뷰 아다 애브뉴 201 아파트먼트 26

왕, 웨이, 더블유.

미국 95050 캘리포니아 산타 클라라 #804 몬로 스트리트 2201

특허청구의 범위

청구항 1

기판 세정 장치로서,

(a) 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된(energized) 가스를 형성하기 위해 수소-함유 가스에 원격적으로 에너지 공급하는 원격 소스; 및

(b) 프로세스 챔버를 포함하며, 상기 프로세스 챔버는,

(i) 기판 지지체; 및

(ii) 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 갖는 필터링된 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 상기 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링할 수 있는 이온 필터를 포함하고,

상기 제 2 비율은 상기 제 1 비율과 상이하며,

상기 이온 필터는 유전체 가스 분배기 상에 장착되거나 상기 유전체 가스 분배기 내에 적어도 부분적으로 내장되는 와이어 그리드를 포함하며, 상기 와이어 그리드의 표면들과 상기 가스 분배기는 물리적으로 접촉하고 상기 와이어 그리드의 개구부들과 상기 유전체 가스 분배기의 개구들이 서로 만나서 상기 필터링된 에너지 공급된 가스를 상기 챔버 내로 진입시키도록 하는,

기판 세정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 이온 필터는 상기 제 1 비율보다 낮은 제 2 비율을 갖는 필터링된 에너지 공급된 가스를 형성하도록 상기 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는,

기판 세정 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 에너지 공급된 가스 내의 이온의 수소-함유 종들의 수를 감소시키는 석영 표면을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

챔버 라이너가 상기 석영 표면을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 원격 소스와 챔버를 접속시키는 도관이 상기 석영 표면을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 장치 내의 하나 이상의 장소에서 라디칼 농도 및 이온 농도 중 적어도 하나를 검출하도록 구성된 검출기를 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버는 대기압 이하의 압력을 유지할 수 있는,

기판 세정 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버는 배기 시스템을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 원격 소스는 1 내지 4 인치의 거리만큼 상기 프로세스 챔버로부터 떨어진 원격 영역에서 가스에 에너지 공급하기 위한 원격 가스 에너자이저를 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 유전체 가스 분배기는 석영으로 구성된 가스 분배판을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 16

기판 세정 장치로서,

(a) 원격 영역에서 수소-함유 가스에 에너지 공급하기 위한 원격 가스 에너자이저를 포함하는 원격 소스; 및

(b) 프로세스 챔버를 포함하고, 상기 프로세스 챔버는,

(i) 기판 지지체; 및

(ii) 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 비율을 제어하기 위해 원격적으로 에너지 공급된 수소-함유 가스를 필터링할 수 있는 이온 필터를 포함하고,

상기 이온 필터는 가스 분배판 상에 장착되거나 상기 가스 분배판 내에 적어도 부분적으로 내장되는 와이어 그리드를 포함하며, 상기 와이어 그리드의 표면들과 상기 가스 분배판은 물리적으로 접촉하고 상기 와이어 그리드의 개구부들과 상기 가스 분배판의 개구들은 서로 만나고, 상기 가스 분배판은 유전체 물질을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 원격 소스는 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 상기 수소-함유 가스에 원격적으로 에너지 공급하고,

상기 이온 필터는 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 갖는 필터링된 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 상기 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하며,

상기 제 2 비율은 상기 제 1 비율보다 낮은,

기판 세정 장치.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버로 통과되는 상기 에너지 공급된 가스 내의 이온의 수소-함유 종들의 수를 감소시키는 석영 표면을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 장치 내의 하나 이상의 장소에서 라디칼 농도 및 이온 농도 중 적어도 하나를 검출하도록 구성된 검출기를 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 원격 소스는 1 내지 4 인치의 거리만큼 상기 프로세스 챔버로부터 떨어져 있는,

기판 세정 장치.

청구항 21

제 16 항에 있어서,

상기 가스 분배판의 유전체 물질은 석영을 포함하는,

기판 세정 장치.

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 Applied Materials, Inc. 에 공동 양도되어 Wood 등에 의해 2003년 2월 14일자로 출원된 미국 가특허 출원 번호 60/447,372호의 우선권을 청구하며, 상기 문헌은 본 명세서에서 참조 된다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 또는 디스플레이와 같은 기판의 처리과정에서는, 전기적으로 전도성인 상호접속부(interconnect), 콘택, 및 비아를 형성하기 위해 기판상에 물질을 증착하고 에칭한다. 예를 들어, 전기적 상호접속 라인의 패턴은 기판상에 금속-함유 도체를 증착하고, 상기 도체 상에 레지스트 패턴을 형성하고, 상호접속 라인을 형성하기 위해 도체를 에칭하고, 에칭된 상호접속 라인 위에 유전체층을 증착함으로써 형성될 수 있다. 또한, 유전체층은 각각 하부에 놓인 금속-함유 도체 물질 또는 다른 기판 영역을 노출시키는 콘택 홀 또는 비아를 형성하기 위해 추가로 에칭될 수 있다. 다음 전기적으로 전도성인 물질이 에칭된 홀 속에 증착되어 하부에 놓인 도체와 전기적으로 접촉된다. 예를 들어, 구리-함유 상호접속부 형성시에, 하부에 놓인 구리 도체 물질을 노출시키는 콘택 홀을 형성하기 위해 유전체층이 에칭될 수 있다. 다음 구리의 얇은 시드층이 노출된 구리 도체 물질과 콘택 홀의 표면 위에 증착되어 콘택 홀을 적어도 부분적으로 채우는 순차적인 구리 전기도금 프로세스를 용이하게 한다.

[0003] 그러나 금속-함유 도체 물질은 순차적인 프로세스 단계들이 수행되기 이전에 세정을 요구하는 물질 증착물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 증착물은 중간 프로세스 단계 동안 도체가 산소 종에 노출되는 경우 형성되는 자연 산화물막을 포함할 수 있다. 종종 자연 산화물은 산소-함유 가스 플라즈마가 잔류 레지스트를 스트립핑하는 레지스트 스트립핑 프로세스에서 형성된다. 또한, 자연 산화물은 상이한 프로세스 챔버들 사이에서, 이를 테면 에칭, 스트립핑 및 세정 프로세스 단계들 사이에서 기판을 이송하는 경우 형성될 수도 있다. 자연 산화물막은 노출된 도체 표면과 순차적으로 증착되는 전기적으로 전도성인 물질 사이의 콘택 인터페이스에서 전기적 저항을 증가시키기 때문에 바람직하지 않다. 또한, 증착물은 이전의 프로세스 단계들로부터 남아있는, 예를 들어, 탄소-함유, 실리콘-함유, 불소-함유 및 질소-함유 잔류물과 같은 또 다른 프로세스 증착물을 포함할 수도 있다. 또한, 증착물은 예를 들어, 노출된 물질과 증착된 물질 사이의 인터페이스에 보이드 또는 다른 요철부를 형성함으로써, 노출된 도체 표면상에 전기적으로 전도성인 물질의 증착 이후 악영향을 미칠 수 있기 때문에 바람직하지 않다.

[0004] 자연 산화물은 노출된 도체 표면상에 전기적으로 전도성인 물질의 증착에 앞서 수행되는 "예비-세정" 프로세스에서 금속-함유 도체로부터 제거될 수 있다. 전형적인 예비-세정 프로세스에서, 금속-함유 도체의 노출된 표면은 막으로부터 스퍼터링되도록 에너지 공급된(energized) 아르곤 이온으로 기판을 물리적으로 가격하는 아르곤 플라즈마에 의해 세정된다. 그러나 에너지 공급된 이온에 인가되는 정확한 에너지 레벨을 결정하기는 어렵다. 과도한 이온 에너지는 하부에 놓인 금속을 스퍼터링할 수 있는 반면 너무 낮은 에너지 레벨은 기판상에 막이 남게 할 수 있다. 또한, 막은 예를 들어, Cohen 등에 의한 US 특허 제 6,346,480호에 개시된 것처럼 하이드록실(hydroxyl) 및 수증기를 휘발시키기 위해 막 내의 산화물이 감소되도록 막과 화학적으로 반응하는 수소와 같은 에너지 공급된 환원(reducing) 가스를 이용하여 세정될 수 있으며, 상기 문헌은 본 명세서에서 참조 된다. 그러나 환원제는 주변 물질에 따라 화학적으로 역효과를 가질 수 있으며, 예를 들어, 수소 종은 노출된 금속과 화

학적으로 반응하여, 노출된 부분의 전기적 전도성에 바람직하지 못한 영향을 미칠 수 있는 금속 수산화물을 형성한다.

[0005] 예를 들어, 캘리포니아, 산타클라라의 Applied Materials, Inc. 에 의해 제조된 로우-k 실리콘 옥시카바이드, Black Diamond™과 같이, 종래의 세정 프로세스는 로우-k(낮은 유전 상수) 물질로 둘러싸인 금속-함유 표면을 세정하는 데는 특히 부적절하다. 이러한 세정 프로세스에서, 세정 가스는 로우-k 물질과 반응하여 이들의 유전값은 변하게 된다. 예를 들어, O_2, O_2/N_2, O_2/H_2O, $O_2/N_2/H_2O$, O_2/CF_4 및 $O_2/CF_4/H_2O$와 같이, 세정 가스의 조합을 이용하는 종래의 세정 프로세스는 로우-k 유전체의 k 값을 약 2.7에서 약 4.0의 높은 값으로 증가시킬 수 있고, 이는 실리콘 산화물에 대한 k 값과 유사하다. 로우-k 물질은 이들 프로세스에서 발생되는 이온들 때문에 적어도 일부가 세정 프로세스에 손상을 줄 것으로 여겨지며, 특히 수소 및 헬륨 이온과 같은 "가벼운(light)" 이온은 로우-k 물질에 깊이 침투되어 막의 구조에 손상을 줄 수 있을 것으로 여겨진다. 로우-k 유전체가 반도체 디바이스에서 이들의 성능 및 속도를 개선하기 위해 보다 빈번히 사용됨에 따라, 유전 상수 값에 악영향을 주지 않고 기판을 효과적으로 세정할 수 있는 프로세스가 요구된다.

[0006] 따라서, 표면상에 자연 산화물 또는 다른 오염 증착물을 형성하지 않고 전기적으로 전도성인 표면 세정에 따른 금속-함유 물질을 증착하는 것이 요구된다. 또한, 주변 물질에 악영향을 주지 않고 도체를 세정하는 것이 요구된다. 예를 들어, 기판상에 있는 주변의 로우-k 유전 물질의 k 값을 변화시키지 않고 금속-함유 도체로부터 자연 산화물막을 세정하는 것이 요구된다.

발명의 상세한 설명

[0007] 기판 세정 장치는 이온의 수소-함유 종(species) 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 수소-함유 가스를 에너지 공급하는 원격 소스(remote source)를 포함한다. 또한, 세정 장치는 기판 지지체가 구비된 프로세스 챔버, 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 포함하는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는 이온 필터, 및 챔버속에 필터링되고 에너지 공급된 가스를 주입하기 위한 가스 분배기를 포함하며, 상기 제 2 비율은 제 1 비율과 상이하다.

[0008] 일 형태로, 기판 세정 장치는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는 석영 가스 분배판 및 석영 챔버 라이너를 포함한다.

[0009] 장치내에서 기판을 세정하기 위해, 기판은 장치의 프로세스 영역에 위치된다. 원격 영역에서, 에너지는 수소-함유 가스에 결합되어 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 가지는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 포함한다. 원격적으로 에너지 공급된 가스는 필터링되어 상기 제 1 비율과 상이한, 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 가지는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성한다.

[0010] 또 다른 형태의 장치는 기판으로부터의 증착물 세정 및 기판상의 금속-함유 도체 증착을 모두 가능케 한다. 이러한 장치에서, 세정 챔버는 세정 챔버내에서 약 10mTorr 미만의 압력을 유지하는 배기 시스템을 포함한다. 또한, 장치는 기판 지지체, 상기 기판 지지체를 면하는 스퍼터링 타겟, 스퍼터링 챔버속으로 가스를 주입하는 가스 전달 시스템, 타겟으로부터의 물질을 기판상에 스퍼터링시키기 위해 가스를 활성화시키는 가스 에너자이저, 및 증착 챔버로부터 가스를 배기시키는 배기 시스템이 구비된 증착 챔버를 포함한다. 이송 챔버는 세정 챔버로부터 스퍼터링 챔버로 기판을 이송시키는 로봇을 포함한다. 이송 챔버는 약 10mTorr 미만의 낮은 압력 환경에서 기판을 유지할 수 있는 엔클로져 및 낮은 압력의 환경을 유지하기 위해 이송 챔버로부터 배기가스로의 출구(outlet)를 포함한다. 제어기는 세정 챔버, 스퍼터링 챔버, 및 로봇이 기판상의 제 1 금속-함유 도체로부터의 증착물을 세정한 다음 상기 기판을 스퍼터링 챔버로 이송시켜 세정된 제 1 금속-함유 도체 상에 제 2 금속-함유 도체가 증착되도록 동작한다.

[0011] 일 형태에서는, 하부 금속-함유 도체를 노출시키는 피처가 그 내부에 형성된 유전 물질을 가지는 기판으로부터 증착물을 세정하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 열처리 단계 및 세정 단계를 포함한다. 열처리 단계에서, 기판은 수소-함유 가스에 노출되는 반면 적어도 약 100℃의 기판 온도를 유지한다. 세정 단계에서, 기판은 원격적으로 에너지 공급된 가스에 노출되며, 원격적으로 에너지 공급된 가스는 기판을 세정하기 위해, 수소-함유 라디칼 종을 포함한다.

[0012] 기판으로부터 증착물을 세정하고 열처리 프로세스를 수행하기 위한 일 형태의 장치에서, 상기 장치는 열처리 챔버와 세정 챔버를 포함한다. 열처리 챔버는 기판 지지체, 기판을 가열하는 히터, 챔버 속에 수소-함유 가스를

주입하는 가스 전달 시스템, 및 열처리 챔버로부터 가스를 배기시키는 배기 시스템을 포함한다. 세정 챔버는 기판 지지체, 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 1 비율을 가지는 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 수소-함유 가스를 원격적으로 에너지 공급하는 원격 소스, 챔버속에 원격적으로 에너지 공급된 가스를 주입하는 가스 분배판, 이온의 수소-함유 종 대 라디칼의 수소-함유 종의 제 2 비율을 가지는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성하기 위해 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는 이온 필터, 및 세정 챔버로부터 가스를 배기시키는 배기 시스템을 포함하며, 상기 제 2 비율은 상기 제 1 비율과 상이하다. 또한, 상기 장치는 열처리 챔버로부터 세정 챔버로 기판을 이송하는 로봇 및 진공 환경을 유지하기 위해 이송 챔버로부터 가스를 배기시키는 출구가 구비된 이송 챔버를 포함하며, 상기 이송 챔버는 진공 환경에서 기판을 유지할 수 있는 엔클로져를 포함한다. 또한, 상기 장치는 열처리 챔버, 세정 챔버, 및 로봇이 상기 기판을 열처리 챔버에서 처리하고 기판을 세정 챔버로 이송시켜 기판 상의 금속-함유 도체로부터 증착물을 세정하도록 동작시키는 제어기를 포함한다.

실 시 예

[0028] 세정 프로세스는 기판(10)상에서 금속-함유 도체(16)의 표면(14)을 세정하도록 수행된다. 예를 들어, 세정 프로세스는 산소-함유 환경에 표면 노출로 인해 형성된 자연 산화물막(12)과 같이 표면(14)상에 형성된 증착물(12)을 제거하는데 유용하다. 또한, 증착물(12)은 예를 들어 탄소, 질소, 불소 및 실리콘을 함유하는 잔류물, 및 심지어 중합체 잔류물과 같이, 이전 프로세스 단계에서 형성된 프로세스 잔류물을 포함할 수 있다. 세정 프로세스는 예를 들어, 구리, 알루미늄, 티타늄, 텅스텐, 또는 이들의 합금 또는 화합물을 포함하는 금속-함유 도체(16)의 표면(14)을 세정할 수 있다. 금속-함유 도체(16)를 포함하는 기판(10)의 실시예는 도 1a-d에 도시된다. 기판(10)은 그의 상부에 로우-k 유전체층(18)이 형성된 하부 금속-함유 도체(16)를 포함한다. 로우-k유전체층(18)은 약 2.0 내지 약 3.0, 및 심지어 약 2.7 미만의 k 값과 같이, 약 3.0 미만의 k 값을 가지는 유전 물질을 포함한다. 예를 들어, 적절한 로우-k 유전체층은 캘리포니아, 산타 클라라, Applied Materials, Inc. 에 의해 제조된 로우-k 실리콘 옥시카바이드, Black Diamond™을 포함할 수 있다. 또 다른 적절한 로우-k 유전체층은 산소, 탄소, 수소 및 다른 원소 중 적어도 하나와 실리콘의 조합을 포함할 수 있다. 유전체층(18) 내에는 피처(20)가 포함되며, 피처(20)는 도 1a 및 도 1b에 도시된 것처럼, 증착물(12)을 가지는 금속-함유 도체(16)의 표면(14)이 노출된다. 세정 프로세스는 금속-함유 도체(16)의 표면(14)으로부터 증착물(12)을 제거하여 도 1c 및 도 1d에 도시된 것처럼, 세정된 표면(14)과 순차적으로 기판(10)상에 증착된 물질 사이에 양호한 전기적 콘택을 허용한다.

[0029] 개선된 세정 프로세스는 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 기판(10)을 노출시키는 단계를 포함한다. 수소-함유 라디칼은 하나의 쌍을 이루지 않은 전자를 가지는 수소-함유 종으로, 화학적 반응성이 높지만, 예를 들어, 수소 원자(H?), 수산화기 라디칼(OH?), 질소 함유 라디칼(NH_2?, NH_3?)과 같은 포지티브 또는 네거티브 전하 및 메틸 라디칼(CH_3?)과 같은 탄소 함유 라디칼은 포함하지 않는다. 수소 함유 라디칼은 배기될 수 있도록 휘발성 수산화기 및 수증기를 형성하기 위해, 자연 산화물과 같은 증착물(12)의 산소 성분과 화학적으로 반응함으로써 비교적 원만한(gentler) 세정 프로세스를 제공하여, 금속-함유 도체(16)의 표면(14)으로부터 증착물(12)을 제거한다. 따라서, 에너지 공급된 수소-함유 라디칼은 증착물(12)과 보다 특정하게 상호작용하며 주변의 낮은 k 유전체층(18)의 구조물에 바람직하지 않은 손상을 주지 않는다. 예를 들어, 수소-함유 라디칼 세정 프로세스에 대한 층(18)의 k 값은 약 0.1 미만, 심지어 약 0.05 미만일 수 있다.

[0030] 반대로, 포지티브 또는 네거티브 전하를 갖는 수소-함유 종인 수소-함유 이온이 기판(10)에 활성적으로(energetically) 충돌하여, 로우-k 유전체층(18)의 구조를 과도하게 손상시키고 층(18)의 k 값을 증가시킬 수 있다. 따라서, 개선된 세정 프로세스는 수소-함유 라디칼 및 순차적으로 수소-비함유 이온을 포함하는 에너지 공급된 가스에 기판(10)을 노출시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 에너지 공급된 세정 가스에서 수소-함유 라디칼 대 수소-함유 이온의 적절한 비율은 적어도 약 10,000:1이다.

[0031] 에너지 공급된 세정 가스는 하나 이상의 H_2, H_2O, NH_3 및 SiH_4와 같은 적절한 수소-함유 가스와 에너지를 결합시킴으로써 형성된다. 다수의 수소-함유 라디칼을 형성하기 위해, 세정 가스는 수소-함유 가스를 주성분(majority component)으로 포함하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 세정 가스는 수소-함유 가스의 체적당 적어도 약 80%, 심지어 수소-함유 가스의 체적당 적어도 약 90%, 예를 들어 체적당 90%의 H_2를 포함한다. 적절한 수소-함유 가스의 용적 유속은 약 100sccm 내지 약 5 Liter/minute이다. 또한, 제공되는 H_2O는 에너지 공급된 가스에서 수소-함유 라디칼의 형성을 조장하며 챔버(106a)내 부품의 부식을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 세

정 가스는 체적당 약 1% 내지 약 20%의 H_2O 이를테면 체적당 약 1% 내지 약 5%의 H_2O를 포함한다. 따라서, 일 형태에서, 세정 가스는 약 50sccm 내지 약 1000sccm의 H_2 이를테면 약 300 내지 약 600sccm의 H_2, 및 약 0 내지 약 10sccm의 H_2O 이를테면 약 1 내지 약 5sccm의 H_2O를 포함한다.

[0032] 일 형태에서, 세정 가스는 질소-함유 가스를 포함한다. 예를 들어, 세정 가스는 수소 및 질소 라디칼 모두를 제공하도록 분해되는 가스 조성을 포함할 수 있다. 질소를 포함하는 적절한 세정 가스 조성의 예로는 (i) NH_3, (ii) NH_3 및 H_2O, (iii) N_2 및 H_2, (iv) N_2, H_2 및 H_2O 및 (v) NH_3, H_2O 및 H_2가 포함된다. 일 형태에서, 세정 가스는 체적당 약 80% 내지 약 100%의 H_2, 체적당 약 1% 내지 약 20%의 H_2O, 및 체적당 약 1% 내지 약 20%의 NH_3를 포함한다. 또한, 세정 가스는 상기 층(18)으로부터 에칭되는 탄소가 보충되도록 탄소 소스를 제공함으로써, 로우-k 유전체층(18)을 보호하기 위해 탄소-함유 가스를 포함할 수 있다. 적절한 탄소-함유 가스의 예로는 적어도 하나의 CO, CH_4, CO_2 및 C_2H_6를 포함한다. 또한, 세정 가스는 적어도 하나의 N_2, Ar, He 및 Ne와 같은 첨가 가스를 포함할 수 있다.

[0033] 세정 가스는 도 2a에 도시된 것처럼, 원격 영역(30)내 가스와 에너지를 결합시켜, 에너지 공급된 이온 및 라디칼 종을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 형성함으로써 활성화될 수 있다. 원격 영역(30)은 세정 챔버(106a)의 프로세스 영역(108)으로부터 적절한 간격에 위치되며, 프로세스 영역(108)에 도달하기 이전에 원격 영역(30)에 형성된 다수의 에너지 공급된 이온 종은 재결합된다. 라디칼 종이 재결합하지 않고 빈번하게 그리고 종종 동일한 간격에 대해 이온 종 보다 평균 수명이 길어, 원격 영역(30)에서 에너지 공급된 가스 형성은 다수의 라디칼 종을 허용하여 소수의 이온 종이 프로세스 영역(108)에 전달된다. 원격 영역(30)은 프로세스 영역(108)으로부터 간격(d)에 위치되며, 예를 들어, 원격 영역(30)으로부터 가스 분배판(72)으로의 간격(d)에 대해 원격적으로 에너지 공급된 가스의 이동은, 감소된 수의 이온 종 및 라디칼 종의 개수 대 이온 종의 개수의 높은 비율을 가지는 에너지 공급된 가스를 야기시키도록 가스를 필터링시킨다. 세정 챔버(106a)의 프로세스 영역(108)으로부터 원격 영역(30)의 적절한 간격은, 예를 들어 적어도 약 1.5 인치, 이를테면 약 1 인치(2.5cm) 내지 약 4 인치(10cm)이다.

[0034] 다음 에너지 공급된 세정 가스는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 필터링하는 이온 필터(50)를 통과하여 이온의 수소-함유 종 라디칼의 수소-함유 종의 비율을 가지는 필터링되고 에너지 공급된 가스를 형성하며 상기 비율은 원격 영역(30)에 형성된 종에 대한 비율과 상이하다. 바람직하게, 이온 필터(50)는 원격 영역(30)에 형성된 필터링되지 않고 에너지 공급된 가스의 비율 보다 낮은, 필터링된 가스에서의 이온 대 라디칼 종의 비율을 제공하기 위해 에너지 공급된 세정 가스에서 이온 종의 수를 감소시킨다. 필터링되고 에너지 공급된 가스에서 이온 대 라디칼 종의 비율(Rf)은 적어도 약 1:100만큼, 이를 테면 적어도 약 1:500, 심지어 적어도 약 1:10,000 만큼 필터링되지 않은 비율(Ri)보다 낮다. 필터링되지 않은 비율(Ri) 값은 필터링된 비율(Rf)의 적어도 약 100 배, 이를 테면 필터링된 비율의 적어도 약 500 배, 심지어 필터링된 비율의 적어도 약 10,000배이다. 예를 들어, 필터링된 비율 Rf=(Rf/Ri)?Ri이며, 필터링된 비율 Rf=If/Nf이고 필터링되지 않은 비율 Ri=Ii/Ni이고, If 및 Ii는 각각 필터링된 가스 및 필터링되지 않은 가스에서의 라디칼 이온의 수이며, Nf 및 Ni는 각각 필터링된 가스 및 필터링되지 않은 가스에서의 라디칼 종의 수이다. 이온 및 라디칼 종의 수와 관련하면, 필터링된 비율 Rf=(If/Nf)(Ni/Ii)?Ri이다. 필터링된 가스 및 필터링되지 않은 가스에서 라디칼 종의 수가 실질적으로 동일하게 유지되는 것으로 가정하면, 즉, 라디칼의 수가 약 20% 미만으로 변한다면, Nf는 Ni와 같고 이들 팩터는 상기 식에서 소거되어 필터링된 비율 Rf=(If/Ii)Ri가 된다. 필터링된 비율은 필터링된 이온의 개수 대 필터링되지 않은 이온의 개수의 비율과 실질적으로 동일한 팩터에 의해 감소되어 필터링되지 않은 비율과 같아질 수 있고, 약 1:1000 미만의 비율, 이를테면 약 1:500 미만, 심지어 약 1:10,000 미만의 비율이 바람직하다. 따라서, 이온 필터(50)는 로우-k 유전체층(18)에 손상을 줄 수 있는 에너지 공급된 가스로부터 이온 종을 제거하는 반면, 기판(10)을 세정하기 위해 에너지 공급된 세정 가스에는 라디칼 이온이 유지되게 할 수 있다.

[0035] 바람직한 비율이 달성되었는지 여부를 결정하기 위해 에너지 공급된 가스에서 이온 종 대 라디칼 종의 상대 비율을 검출하는 몇 가지 방법이 있다. 플라즈마 방출을 이용함으로써, 수소 라디칼의 상대량은 예를 들어 656nm에서 수소 방출 스펙트럼의 세기를 검출함으로써 모니터 될 수 있다. 에너지 공급된 가스에서 수소 라디칼의 상대량은 수소 방출 라인의 세기에 일반적으로 비례하며, 따라서, 높은 방출 라인 세기는 수소 라디칼의 상대 농도가 높다는 것을 나타낸다. 에너지 공급된 가스에서 수소 이온의 상대량은 예를 들어 기판 지지체(110)의 DC 바이어스 변화를 측정함으로써 측정된다. 지지체(110) 상에 충돌하여 지지체(110)를 하전시키는 플라즈마에서 수소 이온의 개수는 지지체(110)에서 측정된 DC 바이어스에 비례한다. 따라서, 지지체(110)에서 측정된 DC

바이어스 대 수소 방출 라인 세기의 비율은 에너지 공급된 가스에서 이온 대 라디칼의 수소-함유 종의 비율의 추정치를 제공할 수 있다. 또한, 수소 이온 농도는 랭뮤어 프로브(langmuir probe)로 측정될 수 있으며, 상기 랭뮤어 프로브는 팁 상에 충돌하는 이온에 의해 부여된 전하로부터의 이온 전류 플럭스와 같은 파라미터를 측정하기 위해 에너지 공급된 가스 속에 삽입되는 전도성 프로브를 포함한다. 랭뮤어 프로브의 예는 본 명세서에서 참조 되며 Carlile 등에 의한 US 특허 제 5,339,039호에 개시되어 있다.

[0036] 검출기(202)가 제공되어 수소 방출 세기, DC 바이어스, 랭뮤어 프로브 또는 다른 방법 중 하나 이상을 사용하여 라디칼 및 이온 종중 적어도 하나의 상대량 및 농도를 측정할 수 있다. 검출기(202)는 챔버(106)와 장치(102)의 상이한 영역에 위치되어 상기 영역에서 이온 및 라디칼중 적어도 하나의 농도를 측정할 수 있다. 검출기는 필터링되지 않은 에너지 공급된 가스에서의 라디칼 및 이온중 하나 이상의 양을 검출하기 위해 원격 챔버(40)에 또는 그 부근에 위치될 수 있다. 예를 들어, 필터링되지 않은 에너지 공급된 가스에서 검출된 이온의 농도는 약 10^{11} 내지 약 10^{12} ions/cm^3 정도이다. 또한, 검출기(202)는 챔버(106a) 부근에, 예를 들면 프로세스 영역(108) 부근에 위치되어, 필터링된 가스에서의 이온 및 라디칼중 하나 이상의 양을 검출할 수 있다. 예를 들어, 필터링되고 에너지 공급된 가스에서 검출된 이온의 농도는 약 10^{8} 내지 약 10^{9} ions/cm^3 정도이다. 따라서, 장치(102)의 상이한 영역에서 이온 및 라디칼 종중 적어도 하나의 개수가 검출기(202)에 의해 측정되어 필터링된 그리고 필터링되지 않은 가스에서 이온 및 라디칼 종의 상대량이 검출될 수 있다.

[0037] 일 형태에서, 이온 필터(50)는 도 2a 및 2b에 도시된 것처럼, 에너지 공급된 세정 가스가 통과할 수 있도록 그 내부에 개구부(54)가 형성된 전도성 와이어 그리드(52)를 포함한다. 와이어 그리드(52)는 전기적으로 접지되어 (도시됨) 그리드(52) 상에 충돌하는 이온 종으로부터의 전하가 그리드(52)를 통해 접지 전위가 되어, 에너지 공급된 세정 가스로부터 하전된 이온 종이 제거된다. 또한, 와이어 그리드(52)는 하전된 이온 종이 방출되는 전기적 전위 영역을 형성하도록 선택적으로 바이어스될 수 있다. 와이어 그리드(52)는 개구부(54)의 영역 대 와이어 그리드(52)의 영역의 비율을 포함하며 상기 비율은 가스 흐름이 양호하도록 이를 테면 약 10:1 내지 약 1:10, 심지어 적어도 1:1의 비율로 충분히 높다. 와이어 그리드(52)는, 예를 들어, 몰리브덴, 티타늄, 니켈-크롬 합금 및 알루미늄 합금과 같이, 적절한 전기적으로 전도성인 물질을 포함한다.

[0038] 와이어 그리드(52)는 원격 영역(30)과 기판(10) 사이에, 예를 들면 프로세스 영역(108) 위에 활성화된(activated) 세정 가스의 흐름 경로에 위치된다. 일 형태에서, 도 2a 및 2b에 도시된 것처럼, 와이어 그리드(52)는 원격 영역(30)으로부터 수신된 에너지 공급된 세정 가스를 프로세스 영역(108)에 분포시키는 가스 분배판(72)상에 장착된다. 와이어 그리드내의 개구부(54)와 가스 분배판(72)내의 개구(71)과 일치되도록 와이어 그리드(52)가 가스 분배판(72)상에 장착되어 와이어 그리드(52)와 가스 분배판(72)을 통해 에너지 공급된 세정 가스가 흐를 수 있다. 와이어 그리드(52)는 가스 분배판(72)의 상부 표면에 장착되어 도 2a에 도시된 것처럼, 가스 분배판(72)에 적어도 부분적으로 내장되어 와이어 그리드(52)의 부식을 방지할 수 있다. 바람직하게 가스 분배판(72)은 알루미늄, 사파이어, 실리카 및 석영중 적어도 하나와 같이, 유전 물질을 포함하며 또한 실리콘, 알루미늄 및 실리콘 카바이드 중 적어도 하나와 같이 전도성 물질을 포함할 수도 있다. 또한, 와이어 그리드는 가스 분배판(72)의 하부 표면(75)상에 또는 선택적으로 장착되거나, 또는 가스 분배판(72)으로부터 이격될 수 있다. 또한, 가스 분배판(72)은, 상기 판(72)이 에너지 공급된 가스 흐름을 회전시키는 배플(baffle)로서 작용함에 따라, 이온 필터(50)로서 자체 작용할 수도 있어, 에너지 공급된 라디칼 종의 재조합을 촉진시킬 수 있다.

[0039] 또한, 에너지 공급된 세정 가스는 석영을 포함하는 표면(60) 위에 에너지 공급된 가스를 통과시킴으로써 이온 종을 제거하도록 필터링될 수 있다. 석영 표면(60)은 표면(60)상에서 수소-함유 종이 수소와 결합되어 흡수될 수 있는 표면을 제공함으로써 라디칼의 재결합을 감소시키는 이온 필터(50)로서 작용하는 것으로 여겨진다. 석영 표면(60)상에 충돌하는 수소-함유 종은 에너지 공급된 가스 속으로 흡수된 수소-함유 라디칼을 방출하여 수소 라디칼을 재발생시킨다. 수소 이온은 석영 표면(60)에 의해 재발생 되지 않아 이들 이온은 전기적으로 중성의, 비-이온 종을 형성하도록 재결합된다. 따라서, 석영 표면 위에 활성화된 세정 가스를 통과시킴으로써, 이온 종은 에너지 공급된 세정 가스로부터 효과적으로 필터링되는 반면 라디칼 종은 보존된다.

[0040] 석영 표면(60)은 에너지 공급된 세정 가스로부터 수소 이온 종의 최적의 필터링을 제공하도록 배열된다. 일 형태에서, 석영 표면(60)은 도 2a에 도시된 것처럼, 원격 영역(30)과 프로세스 챔버(106a) 사이에 접속 도관(62) 일부의 내부 표면을 포함한다. 예를 들어, 접속 도관(62)은 석영 튜브를 포함할 수 있다. 또 다른 형태에서, 석영 표면(60)은 가스 분배기(70)의 하나 이상의 표면을 포함할 수 있으며, 이는 도 2a에 도시된다. 예를 들어, 가스 분배기(70)는 석영을 포함하는 가스 분배판(72)을 포함한다. 또한, 석영 표면(60)은 가스 분배판(72)과 가스 분배 입구(83) 사이에 있는 가스 분배 플래넘(76)을 둘러싸는 벽(78, 80)의 표면상에 있을 수

있다. 예를 들어, 상부 및 측면 플래넘 벽(78, 80)은 석영으로 구성될 수 있다. 또한, 플래넘 벽(78, 80)은 벽(78, 80)을 라이닝하는 라이너(82)를 포함하며 석영 라이너와 같은 석영 표면(60)을 포함할 수 있다. 석영 표면(60)을 포함하는 라이너(82)는 챔버 측벽(114), 하부벽(116), 천정(118)중 적어도 하나의 부분의 표면과 같은 챔버(106a)내 다른 표면 및 가스 분배판(72)과 같은 다른 부품을 라이닝할 수 있다.

[0041] 기판(10)의 온도는 증착물(12)내의 산화물 감소를 위한 최적을 조건을 제공하도록 설정되며, 수소-함유 라디칼과 증착물(12) 사이의 화학 반응이 가속되도록 설정될 수 있다. 예를 들어, 기판 온도는 약 0 내지 약 500℃, 이를테면 약 150℃ 내지 약 450℃, 심지어 약 25℃ 내지 약 350℃, 이를테면 약 150℃ 내지 약 350℃로 유지될 수 있다. 일 형태에서, 세정 프로세스 동안 기판(10)에 인가되는 바이어스 전력 레벨은 바람직하게 낮으며, 높은 바이어스 전력 레벨은 에너지 공급된 세정 가스내 이온에 의해 기판(10)의 충돌을 증가시킬 수 있다. 적절한 바이어스 전력 레벨은 약 100 Watt 미만이며, 이를 테면 약 0 내지 약 10Watt, 심지어 약 1 Watt 내지 약 10 Watt이며, 실질적으로 제로일 수도 있다. 또 다른 형태에서, 세정 속도를 증가시키기 위해 100 Watt 이상의 높은 바이어스 전력 레벨, 심지어 약 100 Watt 내지 약 200 Watt의 보다 높은 바이어스 전력 레벨이 인가될 수 있다.

[0042] 기판(10) 세정은 기판(10)으로부터 증착물(12)을 제거하기 위해 열처리 또는 어닐링 단계를 수행함으로써 강화될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 열처리 단계에서, 기판(10)은 예를 들어 증착물(12)을 기화시킴으로써, 기판(10)으로부터 물질의 가스 제거를 위해 충분히 높은 온도로 가열된다. 열처리 단계 동안 기판(10)상에 산화물 형성을 방지하기 위해 환원 가스 흐름이 제공될 수도 있다. 적절한 환원 가스는 예를 들어 H_2와 같은 수소-함유 가스를 포함할 수 있다. 열처리 단계는 실질적으로, 원격적으로 에너지 공급된 수소 라디칼 세정 단계 이전에 기판(10)의 상대적으로 원만한(gentle) 초기 세정을 제공하기 위해, 예를 들어 RF 또는 마이크로파 에너지와 환원 가스의 결합없이, 환원 가스를 에너지화시키지 않고 수행될 수 있다.

[0043] 열처리 단계의 일 형태에서, 기판(10)은 적어도 약 100℃, 이를 테면 약 150℃ 내지 약 350℃의 온도로 가열된다. H_2 흐름이 약 100sccm 내지 약 5 Liters/minute의 용적 유속으로 제공된다. 열처리 단계 동안 압력은 약 100mTorr 내지 약 100Torr, 심지어 약 30Torr 미만으로 유지되며, 적절한 가열 기간은 약 1 내지 약 10분이다.

[0044] 일 형태에서, 열처리 단계는 수소 라디칼 세정 단계와 동일한 챔버(106a)에서 수행된다. 예를 들어, 챔버(106a)는 챔버(106a) 내 열처리 온도로 기판(10)을 가열하도록 구성된 히터를 갖는 온도 제어 시스템(140)을 포함할 수 있다. 도 2a에 도시된 실시예에서, 히터는 기판 지지체(110) 내의 기판(10) 아래에 저항성 가열 부재(111)를 포함한다. 또한, 히터는 예를 들어 오버헤드 가열 램프와 같은 다른 가열 디바이스를 포함할 수 있다. 또 다른 형태에서, 개별 열처리 챔버(106c)에서 수행되며, 실시예는 도 2에 도시된다. 열처리 챔버(106c)는 예를 들어, 진공 이송 챔버(117)를 통해 세정 챔버(106a)와 진공 접촉하여, 기판(10)이 열처리 챔버(106c)로부터 세정 챔버(106a)로 진공 파손 없이 이송되는 것이 바람직하다.

[0045] 일 실시예에서, 세정 프로세스, 및 선택적으로 열처리 프로세스는 레지스트층(22)이 하부 로우-k 유전체층(18)의 표면(19)을 노출시키기 위해 실질적으로 완전히 제거된 이후 수행된다. 스트립핑 프로세스는 도 1a에 도시된 것처럼, 레지스트층(22)을 포함하는 기판(10)을 스트립핑 챔버내의 수소-함유 가스와 같이 에너지 공급된 스트립핑 가스에 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 일단 레지스트층(22)의 스트립핑이 완료되고 레지스트층(22)이 실질적으로 도 1b에 도시된 것처럼 완전히 제거되면, 기판(10)은 개별 세정 챔버(106a)로 이송된다. 스트립핑 프로세스는 기판(10)으로부터의 물질의 상당량의 벌크식(bulk) 제거를 수반하여, 세정 챔버(106a) 또는 다른 챔버와 스트립핑 챔버의 진공 통합은 스트립핑 챔버로부터 오염물을 형성할 수 있기 때문에, 세정 챔버(106a)는 스트립핑 챔버와 진공 접촉되지 않는 개별 멀티챔버 장치의 일부인 것이 바람직하다. 개별 열처리 챔버(106c)가 사용되는 경우, 열처리 챔버(106c)는 스트립핑 챔버와 진공 접촉하지 않는 것이 바람직하며, 세정 챔버(106a)를 포함하는 멀티챔버 진공 장치의 일부일 수 있다. 증착물(12)의 자연 산화물 성분은 금속-함유 도체(16)를 산소-함유 스트립핑 환경에 노출시킴에 따라, 또는 도 1b에 도시된 것처럼, 스트립핑 챔버로부터 세정 챔버(106a)로 기판(10)의 이송시 대기 환경에 노출됨에 따라, 금속-함유 도체(16)의 표면(14) 상에 형성될 수 있다.

[0046] 적절한 세정 프로세스의 일 형태에서, 약 50 내지 약 1000sccm의 H_2, 이를테면 300sccm의 H_2 및 약 0 내지 약 10sccm의 H_2O, 이를테면 3sccm의 H_2O를 포함하는 세정 가스는 약 300Watt 내지 약 3000Watt, 이를테면 1050Watt의 전력 레벨을 인가함으로써 원격 소스(35)에서 활성화된다. 챔버 압력은 약 10Torr 미만, 이를테면 약 1Torr로 유지된다. 약 0 내지 약 100Watt, 이를 테면 50Watt의 바이어스 전력 레벨이 기판(10)에 바이어스되어 인가

되며, 기판(10)의 온도는 약 150 내지 약 450℃, 이를테면 250℃로 유지된다. 세정 프로세스는 실질적으로 증착물(12)을 제거하여 도 1c에 도시된 것처럼, 세정된 표면(14)을 제공한다.

[0047] 세정 프로세스가 완료된 이후, 챔버(106a) 내 압력은 약 10mTorr 미만의 압력으로 감소되어, 소모된 세정 가스 및 세정 부산물이 배기되고 세정 챔버(106a)에 의해 멀티챔버 장치의 오염물들이 제거된다. 다음 기판(10)이 이송 로봇(119)을 가지는 기판 이송 챔버(117)를 통해 진공상태인 증착 챔버(106b)로 이송되어 구리, 알루미늄, 탄탈, 텅스텐, 탄탈 질화물 및 텅스텐 질화물 중 적어도 하나와 같은 제 2 금속-함유 도체(21)가 도 1d에 도시된 것처럼, 새롭게 세정된 금속-함유 도체 표면(14)상에 증착된다.

[0048] 수소-함유 라디칼 세정 프로세스에 적합한 세정 챔버(106a)를 포함하는 장치(102)의 예가 도 2a에 도시된다. 본 명세서에서 도시된 장치(102)의 특정 실시예는 반도체 웨이퍼와 같은 기판(10) 세정에 적합하며, 당업자에 의해 평판 디스플레이, 폴리머 패널과 같은 다른 기판(10) 또는 전기회로를 수용하는 다른 구조물 세정에 적용될 수 있다. 통상적으로, 세정 챔버(106a)는 프로세스 영역(108)을 둘러싸는 천정(118), 측벽(114), 및 하부벽(116)을 포함할 수 있는 엔클로져 벽과 같은 하나 이상의 벽(107)을 포함한다. 에너지 공급된 세정 가스는 원격 소스(35) 및 가스 분배기(70)를 포함하는 가스 공급원(130)에 의해 프로세스 영역(108)에 제공된다. 세정 가스는 원격 소스(35)에 의해 에너지 공급되고 입구(83)를 가지는 접속 도관(62)을 통해 가스 분배기(70)에 의해 수용된다. 가스 분배기(70)는 프로세스 영역(108) 내의 가스를 분산시키기 위해 내부에 개구(71)이 형성된 가스 분배판(72)을 포함할 수 있다. 또한, 가스 분배기(70)는 기판(10) 주변부 부근에 하나 이상의 도관을 선택적으로 포함할 수 있다. 소모된 가스 및 부산물은 프로세스 영역(108)으로부터 가스를 수용하는 배기 포트(177)를 포함할 수 있는 배기 시스템(144)을 통해 챔버(106a)로부터 배기되며, 챔버(106a)내 가스 압력을 제어하는 트로틀 밸브(135), 터보-분자형 배기 펌프와 같은 하나 이상의 배기 펌프(152)를 포함할 수 있다. 배기 시스템(144)은 챔버(106a)내에서 대기압 이하의 압력을 유지할 수 있다.

[0049] 세정 가스를 원격적으로 에너지 공급하는데 적합한 원격 소스(35)는 원격 영역(30)을 가지는 원격 챔버(40), 세정 가스 소스(39) 및 원격 가스 에너자이저(37)를 포함한다. 동작시, 세정 가스는 원격 챔버(40)에서 세정 가스 소스(39)로부터 수신된다. 흐름 밸브(41)는 원격 챔버(40) 속으로 세정 가스의 유속을 제어하기 위해 제공될 수 있다. 원격 가스 에너자이저(37)는 원격 영역(30)의 세정 가스와 에너지를 결합시켜 세정 가스에 에너지 공급하여 에너지 공급된 이온 및 라디칼 종을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 형성한다. 예를 들어, 원격 가스 에너자이저(37)는 RF 및 마이크로파 에너지 중 적어도 하나와 세정 가스를 결합시킬 수 있다. 일 형태에서, 원격 가스 에너자이저(37)는 원격 영역(30)에서 세정 가스와 RF 에너지를 유도적으로 결합시키는 인덕터 안테나를 포함한다. 세정 가스에 결합되기에 적절한 RF 전력 레벨은 약 100Watt 내지 약 10kWatt이다. 또 다른 형태에서, 원격 가스 에너자이저(37)는 본 명세서에서 참조되는 Smith 등에 의한 US 특허 제 6,150,628호에 개시된 것처럼 원격 영역(30)에서 세정 가스와 에너지를 결합시키기 위해 토로이달 가스 에너자이저를 포함한다. 토로이달 가스 에너자이저에 의해 인가된 적절한 RF 전력 레벨은 약 1000Watt 내지 약 10,000Watt일 수 있다. 마이크로파 가스 액티베이터(activator)를 포함하는 원격 가스 에너자이저(37)가 제공될 수도 있다. 적절한 마이크로파 전력 레벨은 약 300Watt 내지 약 5kWatt일 수 있다. 또한, 챔버(106a)는 챔버(106a)의 프로세스 영역(108)에서 가스와 에너지를 결합시키기 위한 챔버 가스 에너자이저를 선택적으로 포함할 수 있다. 예를 들어, 챔버 가스 에너자이저는 RF 에너지를 결합시키기 위해 하나 이상의 전극 및 인덕터 안테나를 포함할 수 있다.

[0050] 기판(10)은 기판 수용 표면(180)을 가지는 지지체(110) 상의 프로세스 영역(108)에 보유된다. 지지체(110)는 전압 공급원(91)으로부터 전력 레벨을 인가함으로써 전기적으로 바이어스될 수 있는 전극(90)을 선택적으로 포함할 수 있다. 전극(90)은 지지체(110) 상의 기판(10)을 정전기적으로 보유하도록 바이어스될 수 있다. 전극(90)과 기판(10)은 기판(10)의 이온 충격 정도와 같은, 프로세스의 특성에 영향을 미치도록 바이어스될 수 있다. 그러나 지지체(110)는 임의의 하전가능한 전극이 없을 수도 있다. 온도 제어 시스템(140)이 기판(10)의 온도를 유지하기 위해 제공되며, 예를 들어 기판(10) 아래의 지지체(110)에 저항성 가열 부재(111)를 포함할 수 있다. 온도 제어 시스템(140)은 열 교환 유체가 제공되는 열 교환 도관, 및 가열 램프와 같은 하나 이상의 다른 열-교환 디바이스를 포함할 수도 있다. 또한, 온도 제어 시스템(140)은 기판(10)의 온도를 모니터하는 열전쌍과 같은 온도 모니터를 포함할 수도 있으며, 챔버 제어기(300)에 온도와 관련된 신호를 제공한다.

[0051] 또한, 프로세싱 챔버(195)를 포함하는 장치(102)는 다수의 프로세싱 챔버(106a-d)를 포함하는 대형의 멀티-챔버 장치(102)의 일부일 수도 있다. 기판(10) 처리에 적합한 장치(102)의 실시예는 도 3에 도시된 것처럼 하나 이상의 프로세싱 챔버를 포함한다. 챔버(106a-d)는 전기적 배관 및 다른 지지 기능을 제공하는, 캘리포니아 산타클라라의 Applied Materials, Inc. 로부터의 Precision 5000™ 플랫폼과 같은 플랫폼상에 장착된다. 전형적으

로 플랫폼(109)은 처리될 기판(10) 카세트(115)를 수용하도록 로드락(113) 및 카세트(115)로부터 처리를 위해 상이한 챔버(106a-d)로 기판을 이송시키고 처리 후에 이들을 다시 복귀시키는 로봇(119)을 포함하는 기판 이송 챔버(117)를 지지한다. 상이한 챔버(106a-d)는 예를 들어 증착물 세정 챔버(106a), 웨이퍼 상에 물질을 증착하는 증착 챔버(106b), 선택적으로 열 처리 챔버(106c), 및 다른 프로세싱 챔버를 포함한다. 예를 들어, 일 형태에서, 챔버(106a-d) 중 하나는 기판(10)상의 금속-함유 도체(16)상에 형성된 증착물을 제거하는 세정 챔버(106a)를 포함한다. 세정 프로세스가 완료된 후, 기판(10)은 세정된 기판(10) 상의 금속-함유 도체와 같은 물질을 증착하기 위해 증착 챔버(106b)로 로봇(119)에 의해 이송될 수 있다. 또한, 기판(10)은 로봇(119)에 의해 제 1 챔버내에서 증착된 제 1 물질 위에, 또 다른 금속-함유 도체와 같은 또 다른 물질을 증착할 수 있는 제 2 증착 챔버(106)로 이송될 수도 있다. 또한, 기판(10)은 열처리 프로세스 이후에 열처리 챔버(106c)로부터 세정 챔버(106a)로 로봇(119)에 의해 이송될 수 있다. 챔버(106a-d)는 프로세스가 중단없이 처리될 수 있는 장치(102) 내에 연속적인 진공 환경을 형성하도록 상호접속되어, 상이한 프로세스 스테이지를 위한 개별 챔버들 사이에서 웨이퍼가 이송되는 경우 발생할 수 있는 기판(10) 오염을 감소시킨다. 이송 챔버(117)는 출구(129)를 가지는 배기 시스템을 포함하여 가스를 배기시키고 챔버(106a-d)의 오염을 감소시키기 위해, 약 10mTorr 미만의 압력과 같이, 낮은 압력 환경을 유지할 수 있다.

[0052] 기판(10)상에 물질을 증착할 수 있는 챔버(106b)의 예시적 형태는 도 4b에 개략적으로 도시된다. 챔버(106b)는 캘리포니아, 산타클라라의 Applied Materials, Inc.에 의해 개발된 SIP^{++}형 챔버와 같이, 자체-이온화 플라즈마 챔버를 나타낸다. 그러나 본 발명의 면들은 SIP^{++}형 챔버를 포함하는 증착 챔버로 제한되지 않으며 다른 증착 챔버가 적합할 수도 있다. 전형적인 챔버(106a)는 측벽(120), 하부벽(122) 및 천정(124)을 포함하는 엔클로져 벽(218)을 포함한다. 기판 지지체(230)는 챔버(106b)내 기판(10)을 지지하도록 제공된다. 기판 지지체(230)는 예를 들어 RF 전력 공급원(203)일 수 있는 페데스탈 전력 공급원(210)에 의해 전기적으로 플로팅되거나 바이어스될 수 있다. 기판(10)은 챔버(106b)의 측벽(120)에 있는 기판 로딩 입구(미도시)를 통해 챔버(106b) 속으로 도입되어 지지체(230) 상에 위치된다. 지지체(230)는 지지 리프트 벨로우즈(미도시)에 의해 상승 및 하강될 수 있고 리프트 핑거 어셈블리(미도시)는 챔버(106b) 안팎으로 기판(10)을 이송하는 동안 지지체(230) 상에서 기판(10)을 상승 및 하강시키는데 사용될 수 있다.

[0053] 스퍼터링 가스와 같은 처리 가스가 가스 소스(154a-c)를 포함하는 처리 가스 공급원(252)을 통해 챔버(106b)속에 주입되며, 각각의 공급 도관(156a-c)은 가스 유속 세트가 통과하도록 질량 흐름 제어기와 같은, 가스 흐름 제어 밸브(158a-c)를 포함한다. 도관(156a-c)은 원하는 처리 가스 조성을 형성하도록 가스들이 혼합되는 혼합 매니폴드(160)에 가스를 공급한다. 혼합 매니폴드(160)는 챔버(106b) 내에 하나 이상의 가스 출구(164)를 가지는 가스 분배기(162)를 공급한다. 가스 출구(104)는 기판 지지체(230)의 주변부 부근에서 종결되도록 챔버 측벽(120)을 통과한다. 처리 가스는 타겟(211)상에 에너지적으로 충돌하여 타겟(211)으로부터 물질을 스퍼터링하는 아르곤 또는 크세논과 같은 비-반응성 가스를 포함할 수 있다. 처리 가스는 기판(10)상에 층을 형성하기 위해 스퍼터된 물질과 반응할 수 있는 하나 이상의 산소-함유 가스 및 질소-함유 가스와 같은, 반응성 가스를 포함할 수도 있다. 소모된 처리 가스 및 부산물은 소모된 처리 가스를 수신하는 하나 이상의 배기 포트(170)를 포함하고, 챔버(106b)내 가스의 압력을 제어하는 트로틀 밸브(174)가 있는 배기 도관(172)으로 소모된 가스를 통과시키는 배기 시스템(168)을 통해 챔버(106b)로 부터 배기된다. 배기 도관(172)은 하나 이상의 배기 펌프(176)를 공급한다. 전형적으로, 챔버(106b)내 스퍼터링 가스의 압력은 대기압 이하 레벨로 설정된다.

[0054] 또한, 스퍼터링 챔버(106b)는 기판(10)을 면하는 스퍼터링 타겟(211)을 포함한다. 스퍼터링 타겟(211)은 도 4b에 도시된 형상과 같이, 원하는 형상을 포함할 수 있다. 또한, 스퍼터링 타겟(211)은 실질적으로 평면형 스퍼터링 표면을 갖는 실질적으로 평면형 형상을 포함할 수도 있다. 스퍼터링 챔버(106b)는 스퍼터링된 물질로부터 챔버의 벽(218)을 보호하고, 전형적으로 캐소드 타겟(211)에 대한 애노드로서 작용하는 차폐물(128)을 포함할 수도 있다. 차폐물(128)은 전기적으로 플로팅되거나 접지될 수 있다. 타겟(211)은 챔버(106b)로부터 전기적으로 절연되고 펄스형 DC 전원, 그러나 다른 형태의 전압원일 수도 있는 타겟 전력 공급원(201)에 접속된다. 일 형태에서, 타겟 전력 공급원(201), 타겟(211), 및 차폐물(128)은 타겟(211)으로부터 물질이 스퍼터링되도록 스퍼터링 가스에 에너지 공급할 수 있는 가스 에너자이저(180)로서 동작한다. 타겟 전력 공급원(201)은 차폐물(128)에 대해 타겟(211)에 바이어스 전압을 인가한다. 스퍼터링 타겟(211)에 인가된 전압으로부터 챔버(106b)에 발생된 전계는 스퍼터링 가스에 에너지 공급하여 타겟으로부터 기판(10)상에 물질을 스퍼터링하기 위해 타겟(211)상에 활성적으로(energetically) 충돌되고 가격되는 플라즈마를 형성한다. 처리 가스에 에너지공급하기 위한 펄스형 DC 전압의 적절한 펄싱 전압은 예를 들어 적어도 약 50kHz, 보다 바람직하게는 약 300kHz, 보다 더 바람직하게는 약 100kHz이다. 처리 가스에 에너지 공급하기 위해 적절한 DC 전압 레벨은 예를 들어 약 200 내

지 약 800Volt이다.

[0055] 챔버(106b)는 타겟 물질의 스퍼터링을 강화시키기 위해 타겟(211) 부근의 고밀도 플라즈마 영역(226) 내의 이온 밀도가 증가되도록 챔버(106b)의 타겟(211) 부근에 자계를 발생시키는 자계 발생기(401)를 포함하는 마그네트론(403)을 더 포함한다. 개선된 마그네트론(403)은 구리의 지속된 자체-스퍼터링(self-sputtering) 또는 알루미늄, 티타늄, 또는 다른 금속의 스퍼터링에 사용되는 반면 예를 들어, 모두 본 명세서에서 참조되는 Fu의 US 특허 제6,183,614호("Rotating Sputter Magnetron Assembly"); 및 Gopalraja 등의 US 특허 제6,274,008호("Integrated Process for Copper Via Filling")에 개시된 타겟 가격을 목적으로 비-반응성 가스의 요구조건을 최소화시킨다.

[0056] 선택적인 열처리 챔버(106c)의 실시예는 도 4a에 도시된다. 열처리 챔버는 프로세스 영역(408)을 둘러싸는 엔클로져 벽(407)을 포함한다. 열처리 가스는 예를 들어, 접속 도관(436)을 통해 소스로부터 열처리 가스를 수신하는 가스 분배기(434) 및 열처리 가스 소스(432)를 포함하는 가스 전달 시스템(430)에 의해 프로세스 영역(408)에 제공된다. 가스 전달 시스템(430)은 프로세스 영역(408) 속으로 가스의 흐름을 제어하기 위해 유량계(438)를 더 포함할 수 있다. 기판(10)은 지지체(410)상의 프로세스 영역(408)에 고정된다. 선택적으로 지지체(410)는 지지체(410) 상에서 기판(10)을 고정하도록 전기적으로 바이어스될 수 있는 전극(미도시)을 포함할 수 있다. 소모된 가스 및 부산물은 프로세스 영역(408)으로부터 가스를 수신하는 배기 포트(477)를 포함할 수 있는 배기 시스템(444)을 통해 챔버(106c)로부터 배기되며, 챔버(106a)내 가스의 압력을 제어하는 트로틀 밸브(435), 및 터보-분자형 배기 펌프와 같은 하나 이상의 배기 펌프(452)를 포함할 수도 있다.

[0057] 열처리 챔버(106c)는 원하는 온도로 기판(10)을 가열할 수 있는 히터(142)를 가지며 원하는 온도로 기판(10)을 유지하는 온도 제어 시스템(140)을 포함한다. 도 4a에 도시된 실시예에서, 히터(142)는 기판(10)의 표면상에 가열 방사가 향하도록 구성된 가열 램프(143) 어레이(445)를 포함한다. 또한, 온도 제어 시스템(140)은 지지체(410) 내의 저항성 가열 부재 또는 열 교환 유체가 제공되는 열 교환 도관과 같은 하나 이상의 가열 디바이스를 포함할 수 있다. 또한, 온도 제어 시스템(140)은 기판(10)의 온도를 모니터하는 열전쌍과 같은, 온도 모니터를 포함하며, 챔버 제어기(300)에 온도에 대한 신호를 제공한다.

[0058] 멀티-챔버 장치(102)는 도 5에 도시된 것처럼, 하드웨어 인터페이스(304)를 통해 제어기(300)에 의해 작동할 수 있다. 제어기(300)는 캘리포니아 Synergy Microsystems로부터 상업적으로 입수가능한 68040 마이크로프로세서 또는 메모리(308) 및 주변 컴퓨터 부품에 결합되는, 캘리포니아, 산타클라라의 Intel Corporation으로부터 상업적으로 입수가능한 펜티엄 프로세서와 같은, CPU(306)(central processor unit)를 구비한 컴퓨터(302)를 포함한다. 바람직하게, 메모리(308)는 예를 들어 CD 또는 플로피 드라이브와 같이 제거가능한 저장 매체(310), 예를 들어 하드 드라이브와 같은 제거불가능한 저장 매체(312), 및 랜덤 액서스 메모리(314)를 포함할 수 있다. 제어기(300)는 예를 들어, 아날로그 및 디지털 입력 및 출력 보드, 인터페이스 보드, 및 모터 제어기 보드를 포함하는 다수의 인터페이스 카드를 더 포함할 수 있다. 오퍼레이터와 제어기(300) 사이의 인터페이스는 예를 들어, 디스플레이(316) 및 광 펜(318)을 경유한다. 광 펜(318)은 광 펜(318)의 팁에 광 센서를 구비한 모니터 디스플레이(316)에 의해 방출된 광을 검출한다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위해, 오퍼레이터는 모니터(316) 상에 있는 스크린의 지정 영역을 터치하고 광 펜(318)상의 버튼을 누른다. 전형적으로, 터치된 영역은 색상이 변화되거나, 또는 새로은 메뉴가 디스플레이되어, 사용자와 제어기(300) 사이에 통신을 확인한다.

[0059] 일 형태에서 제어기(300)는 예를 들어, 제거불가능 저장 매체(312) 또는 제거가능한 저장 매체(310)상에서 메모리(308)에 저장될 수 있는 컴퓨터-판독가능 프로그램을 포함한다. 일반적으로 컴퓨터 판독가능 프로그램(320)은 챔버(106a-d) 및 이들의 부품들, 이송 챔버(117) 및 로봇(119), 챔버(106a-d)내에서 수행되는 프로세스들을 모니터링하기 위한 프로세스 모니터링 소프트웨어, 안전 시스템 소프트웨어, 및 예로서 다른 제어 소프트웨어을 동작시키키는 프로그램 코드를 포함하는 프로세스 제어 소프트웨어를 포함한다. 컴퓨터-판독가능 프로그램(320)은 예를 들어, 어셈블리 언어, C++, 또는 포트란과 같은 임의의 통상적인 컴퓨터-판독가능 프로그래밍 언어로 기록될 수 있다. 적절한 프로그램 코드는 통상적인 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일, 또는 멀티 파일로 기입되며 메모리(308)의 컴퓨터-이용가능 매체내에 저장 또는 내장된다. 기입된 코드 텍스트가 하이 레벨 언어인 경우, 코드는 컴파일되고, 형성 컴파일러 코드는 예비컴파일된 라이브러리 루틴의 목적 코드와 링크된다. 링크되고, 컴파일된 목적 코드를 실행시키기 위해, 사용자는 CPU(306)가 프로그램에서 식별되는 태스크를 수행하기 위해 코드를 판독하고 실행하도록 목적 코드를 호출한다.

[0060] 컴퓨터 판독가능 프로그램(320)의 특정 실시예의 계층적 제어 구조를 나타내는 블록도가 도 10에 도시된다. 광 펜 인터페이스를 사용하여, 사용자는 CRT 단자상에 디스플레이되는 메뉴 또는 스크린에 응답하여 프로세스 세트

및 챔버 개수를 컴퓨터 판독가능 프로그램(320)에 기입한다. 컴퓨터 판독가능 프로그램은 기판 위치, 가스 흐름, 가스 압력, 온도, RF 전력 레벨, 및 특정 프로세스의 다른 파라미터를 제어하는 프로그램 코드, 및 챔버 프로세스를 모니터하는 코드를 포함한다. 프로세스 세트는 특정화된 프로세스를 수행하기 위해 요구되는 프로세스 파라미터의 예정된 그룹이다. 프로세스 파라미터는 제한되지 않고 가스 조성, 가스 유속, 온도, 압력, RF 전력 레벨과 같은 가스 에너자이저 설정치를 포함하는 프로세스 조건들이다.

[0061] 프로세서 스퀀서 프로그램 코드(322)는 챔버 타입 및 컴퓨터 판독가능 프로그램(320)으로부터의 프로세스 파라미터 세트를 허용하고 그의 동작을 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 시퀀서 프로그램 코드(322)는 프로세스 챔버(106a-d)에서 멀티 프로세싱 태스크를 제어하는 챔버 매니저 프로그램 코드(324)에 특정 프로세스 파라미터를 통과시킴으로써 프로세스 세트의 수행을 초기화시킨다. 전형적으로, 프로세스 챔버 프로그램 코드(324)는 기판 위치설정 프로그램 코드(326), 가스 흐름 제어 프로그램 코드(328), 가스 압력 제어 프로그램 코드(330), 온도 제어 프로그램 코드(332), 가스 에너자이저 제어 프로그램 코드(334), 및 프로세스 모니터링 프로그램 코드(336)를 포함한다.

[0062] 전형적으로, 기판 위치설정 프로그램 코드(326)는 챔버(106a-d) 내의 지지체(110, 230) 상에 기판(10)을 장착하고, 선택적으로 챔버(106a-d)내에서 원하는 높이로 기판(10)을 상승시키는데 사용되는 챔버 부품들을 제어하는 명령들을 포함한다. 또한, 기판 위치설정 프로그램 코드(334)는 멀티-챔버 장치(102)내의 챔버들 사이에서 기판(10)을 이송할 수 있도록 이송 챔버(117)내의 로봇(119)을 제어한다. 가스 흐름 제어 프로그램 코드(328)는 세정 가스, 열처리 가스 또는 스퍼터링 가스와 같은, 처리 가스의 상이한 성분의 유속을 제어하기 위한 명령을 포함한다. 가스 흐름 제어 프로그램 코드(328)는 챔버(106a-c)속에서 원하는 가스 유속을 얻기 위해 하나 이상의 가스 흐름 밸브(41, 158a,c 및 436)의 개구 크기를 조절한다.

[0063] 온도 제어 프로그램 코드(332)는 기판(10) 온도와 같이, 챔버(106a-d)내 온도를 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 예를 들어, 온도 제어 프로그램 코드는 지지체내의 저항성 가열 부재(111)와 같은 히터(142)에 인가되는 전류를 제어하고, 원하는 온도를 모니터하기 위해 온도 센서로부터의 신호를 모니터함으로써 세정 챔버(106a)에서 기판(10)의 온도를 제어할 수 있다. 온도 제어 프로그램 코드는 히터(142)에 인가된 전류를 제어하고 기판 온도를 모니터함으로써, 개별 열처리 챔버(106c)에서 기판(10)의 온도를 유사하게 제어할 수 있다. 가스 에너자이저 제어 프로그램 코드(334)는 원격 가스 에너자이저(37) 및 스퍼터링 가스 에너자이저(180)와 같은 가스 에너자이저를, 예를 들어, 가스에 에너지 공급하기 위해 인가된 전력 레벨로 설정함으로써 제어하는 명령들을 포함한다. 프로세스 모니터링 프로그램 코드(334)는 검출기(202)를 통해 하나 이상의 필터링 및 필터링되지 않은 에너지 공급된 가스에서 이온 대 라디칼 종의 비율을 모니터링하는 명령들을 포함한다. 압력 제어 프로그램 코드(330)는 예를 들어 트로틀 밸브(174, 135 및 477)를 제어함으로써, 챔버(106a-d) 및 이송 챔버(117)내 압력을 제어하는 명령들을 포함한다.

[0064] 일 형태에서, 제어기는 세정 챔버(106a), 스퍼터링 챔버(106b), 및 로봇(119)이 세정 챔버(106a) 내의 기판(10) 상에서 제 1 금속-함유 도체(116)로부터 증착물(12)을 세정하고, 기판(10)이 스퍼터링 챔버(106b)로 이송되고 세정된 제 1 금속-함유 도체(16) 상에 제 2 금속-함유 도체(21)를 증착하게 동작시키는 프로그램 코드를 포함한다. 또한, 제어기(300)는 선택적으로 증착물(12)을 세정하기 위해 기판(10)을 세정 챔버(106a)로 이송하기 이전에 초기 열처리 단계를 수행하도록 열처리 챔버(106c)를 작동시키는 프로그램 코드를 포함할 수도 있다.

[0065] 제어기(300)에 의해 수신 및/또는 평가된 데이터 신호는 팩토리 자동화 호스트 컴퓨터(338)로 전송될 수 있다. 팩토리 자동화 호스트 컴퓨터(318)는 몇개의 시스템, 플랫폼 또는 챔버(106a-d)로부터 데이터를 평가하고, 기판(10) 배치(batch)에 대해 또는 연장된 시간 주기에 걸쳐, (i) 기판(10)상에서 수행되는 프로세스, (ii) 단일 기판(10)에 대한 통계적 관계에서 가변하는 특성, 또는 (iii) 기판(10) 배치(batch)에 대한 통계적 관계에서에서 가변하는 특성의 통계적 프로세스 제어 파라미터를 식별하는 호스트 소프트웨어 프로그램(340)을 포함할 수 있다. 또한, 호스트 소프트웨어 프로그램(340)은 인슈트 프로세스 평가를 진행하거나 또는 또 다른 프로세스 파라미터의 제어를 위해 데이터를 사용할 수도 있다. 적절한 호스트 소프트웨어 프로그램은 앞서 언급된 Applied Materials에서 입수가능한 WORKSTREAM™ 소프트웨어 프로그램을 포함한다. 팩토리 자동화 호스트 컴퓨터(338)는 (i) 예를 들어, 기판 특성이 통계적으로 검출된 값의 범위 내에 있지 않거나 부적절한 경우, 또는 프로세스 파라미터가 허용가능한 범위를 벗어나는 경우 프로세싱 시퀀스로부터 특정 기판(10)을 제거; (ii) 특정 챔버(106a-d)에서 프로세싱 종료, 또는 (iii) 기판(10)의 원치않는 특성 또는 프로세스 파라미터의 검출에 따라 프로세스 조건 조절을 조절하는 명령을 제공하도록 구성될 수도 있다. 또한, 팩토리 자동화 호스트 컴퓨터(338)는 호스트 소프트웨어 프로그램(340)에 의한 데이터 평가에 응답하여 기판(10)의 프로세싱 개시 또는 종료시 명

령 신호를 제공할 수도 있다.

[0066] 실시예들

[0067] 하기의 실시예는 에너지 공급된 수소-함유 라디칼에 의해 제공된 개선된 세정 결과를 나타낸다. 실시예에서, 기판(10)은 상부에 로우-k 유전체층을 가지는 구리 도체(16)를 포함한다. 구리 도체(16) 상부는 로우-k 유전체층(18)의 피쳐(20)를 통해 노출된 구리 산화물층(12)을 포함한다. 유전체층의 k 값의 변화는 Hg 프로브를 사용하여 측정된다.

[0068] 실시예 1

[0069] 본 실시예는 상이한 두께의 낮은 k-유전체에 대한 k 값에 따른 종래의 세정 프로세스의 작용을 나타낸다. 종래의 세정 프로세스는 프로세스 영역에 95%의 He와 5%의 H_2를 함유하는 세정 가스를 제공하는 단계; 프로세스 영역에서 세정 가스에 450Watt의 RF 전력 레벨을 유도적으로 결합시키는 단계; 802mTorr의 챔버 압력을 유지하는 단계; 10Watt의 바이어스 전력 레벨을 인가하는 단계를 포함한다. 기판(10)은 40초 동안 세정 가스에 노출된다. 하기의 표 1은 로우-k 유전체층의 두께에 따른 k 값의 변화를 나타낸다.

표 1

[0070]

두께(Å)	△k(%)
1000	14.4
1500	12.7
5000	2.3

[0071] 표 1은 로우-k 유전체층(18)의 두께 감소에 따라 세정된 기판(10)의 k 값 변화가 증가한다는 것을 나타낸다. 1500Å에서 또는 그 미만과 같이 작은 두께에서 k 값의 급격한 증가는 종래의 세정 프로세스에 의해 대체로 과도하게 손상된 영역인 것으로 여겨진다. 벌크 유전체층 두께가 감소함에 따라, 이러한 상부 표면(19)의 캐패시턴스는 층(18)의 전체 캐패시턴스에 보다 기여한다. 따라서, 종래의 프로세스는 로우-k 유전체층(18), 특히 약 1500Å 이하의 두께를 가지는 로우-k 유전체층(18)을 가지는 기판의 만족스런 세정을 제공하지 못한다.

[0072] 실시예 2

[0073] 실시예 2는 세정 프로세스에서 다양한 프로세스 파라미터의 작용을 나타낸다. 이들 실시예에서, 1500Å의 로우-k 유전체층 두께에 시작하는 기판(10)은 에너지 공급된 세정 가스가 프로세스 영역에 형성되고 세정 가스가 이온의 수를 감소시키기 위해 필터링되지 않는 종래의 세정 프로세스로 처리된다. 다인성(multi-factorial) 테스트는 기판 바이어스 전력 레벨, 가스 에너지 공급 전력 레벨, 및 가스 압력을 포함하는 프로세스 파라미터를 변화시킴으로써 수행된다. 도 6은 다인성 조건하에서 처리된 기판(10)에 대한 로우-k 유전체층의 두께 변화(△t) 및 k 값 변화(△k)를 나타낸다.

[0074] 도 6은 기판 바이어스 전력이 로우-k 유전체층(18)으로부터의 스퍼터링으로 인해 감소되는 로우-k 유전체층(18)의 두께 변화 및 k 값 변화에 큰 영향을 미치는 것을 나타낸다. 라인(501, 502)으로 도시된 것처럼, 두께 및 k 값 변화는 기판(10)에 인가된 바이어스 전력 레벨이 증가함에 따라 증가한다. 반대로, 가스 에너지 공급 전력 레벨 및 압력은 k 값 및 두께에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 라인(503, 504)은 가스 활성화 전력 레벨을 증가에 대한, 두께 및 k 값의 변화를 각각 나타낸다. 라인(505, 506)은 압력을 증가에 대한 두께 및 k 값의 변화를 각각 나타낸다. 바이어스 전력 레벨 증가는 이온 종에 의한 기판(10)의 충돌을 증가시킨다. 따라서, 이러한 데이터는 k 값 변화의 주요 요인 중 하나는 이온 종에 의한 기판(10)의 충돌이라는 것을 나타낸다. 따라서, 개선된 세정 프로세스는 기판(10)의 충돌의 충돌을 감소시키기 위해 세정 가스로부터 이온 종을 필터링시킨다.

[0075] 실시예 3

[0076] 본 실시예에서, 상이한 세정 가스 조성을 가지는 종래의 세정 프로세스로부터 발생되는 k 값 변화가 평가된다.

기판(10)은 1500Å 두께를 가지는 로우-k 유전체층(18)을 포함하는 프로세스에서 세정된다. 세정 프로세스에서, 표 2에 나열된 세정 가스는 프로세스 영역의 가스와 에너지가 결합됨으로써 에너지 공급된다. 제 1 세정 프로세스에서, 기판 바이어스 전력 레벨은 300Watt이고 가스 압력은 0.5mTorr이다. 제 2 세정 프로세스에서, 기판 바이어스 전력 레벨은 10Watt이고 가스 압력은 80mTorr이다. 로우-k 유전체층의 k 값의 변화 퍼센트는 각각의 세정 프로세스 후에 측정된다. 세정 프로세스에 대한 결과는 하기의 표 2에 도시된다.

표 2

[0077]

세정 프로세스	가스 조성	△k(%)
1	He	20
	Ar	5-15
	H_2	19
	CH_4(10%)He(90%)	25
2	He	11
	Ar	9
	H_2	21
	H_2(5%)He(95%)	11
	CH_4(10%)He(90%)	25
	H_2(5%)N_2(95%)	13-30
	O_2(5%)Ar(95%)	15

[0078] 따라서, 표 2는 상이한 형태의 세정 가스를 이용한 종래의 세정 프로세스는 바람직하지 못한 k 값의 증가를 달성하지 않고 기판(10)의 양호한 세정을 달성할 수 없다는 것을 나타낸다. k 값의 증가는 수소-함유 가스를 이용한 세정 프로세스에 대해 30% 크다. Ar 세정 가스 프로세스에 대한 k 값 변화 퍼센트는 매우 작은 반면, Ar 가스는 k 값의 허용불가능한 큰 증가를 야기시키는 큰 바이어스 전력 레벨을 인가하지 않고 기판(10)으로부터 금속 산화물을 충분히 세정할 수 없다.

[0079] 실시예 4

[0080] 본 실시예에서, 기판(10)은 기판(10)으로부터 금속 산화물을 세정하기 위해 다수의 수소 라디칼-함유 종을 제공함으로써 상대적으로 원만한 세정 프로세스에 의해 세정된다. 상대적으로 원만한 세정 프로세스는 원격 영역에서 에너지 공급된 수소-함유 가스를 형성하는 단계, 및 가스내 이온 종의 수를 감소시키고 보다 많은 수의 수소 라디칼-함유 종을 제공하기 위해 석영 표면(60)위에 에너지 공급된 가스를 통과시킴으로써 에너지 공급된 가스를 필터링하는 단계를 포함한다. 기판(10)은 1500Å의 두께를 가지는 로우-k 유전체층(18)을 포함하는 프로세스에서 세정된다. 세정 가스는 3000sccm의 H_2를 포함하며, 세정 프로세스는 하기의 표 3에 나열된 가스 에너지 공급 전력 레벨 및 온도에서 40초 동안 수행된다. 유전체층(18)의 k 값 변화가 측정되며 표 3에 나열된다.

표 3

[0081]

프로세스 조건	△k(%)
1400Watts/175℃	2
	2
	3
500Watts/175℃	2
	1
	2
500Watts/250℃	5
	5
	5

[0082] 따라서, 표 1, 2, 3의 비교는 에너지 공급된 세정 가스가 다수의 수소-함유 라디칼을 포함하는 세정 프로세스는 k 값 변화를 상당히 감소시키며, 가스내 이온 종의 수를 감소시키기 위해 필터링되지 않는 프로세스에 비해 개

선된 세정을 제공한다는 것을 나타낸다. 이온 종을 필터링하지 않는 종래의 세정 프로세스는 감소된 수의 이온 종을 가지는 세정 가스 프로세스에 대해 k 값 변화 퍼센트보다 20 배 및 심지어 30 배 큰 k 값 변화 퍼센트를 야기시킨다. 따라서, 로우-k 유전체층을 가지는 기판(10)의 개선된 세정이 가스내 이온 종의 수를 감소시키기 위해 에너지 공급된 수소-함유 가스를 필터링시킴으로써, 처리된 기판(10)의 품질을 개선시켜 보다 작은 두께를 가지는 유전체층(18)을 층의 손상없이 실질적으로 세정함으로써 제공될 수 있다.

[0083] 실시예 5

[0084] 본 실시예는 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스로 기판을 세정하는 온도의 중요성을 나타낸다. 1500Å 두께를 가지는 로우-k 유전체층을 포함하는 기판(10)은 1400Watt의 마이크로파 전력 레벨을 인가함으로써 원격 소스(35)에서 3000sccm의 H_2 및 30sccm의 H_2O를 포함하는 세정 가스에 에너지 공급함으로써 세정된다. 기판(10)의 온도는 하기의 표 4에 도시된 것처럼, 각각의 세정되는 기판(10)에 대해 가변적이다. k 값은 세정 전후에 측정되며, k 값 변화 퍼센트가 검출된다. k 값은 세정 이후 약 3으로 측정된다. 웨이퍼-대-웨이퍼 편차 및 상대적으로 적은 수의 기판 세정으로 인한 노이즈(noise) 때문에, 측정된 k 값 변화는 실제 변화보다 크며 상기 표 3에 도시된 것 보다도 크다. 그러나 표 4는 온도 증가에 따른 k 값 증가의 일반적인 성향을 나타낸다.

표 4

[0085]

기판 온도(℃)	△k(%)
85	8.9
	7.6
	7.8
125	13.6
	10.7
	8.2
150	11.7
	13.2
	9.8
200	16.0
	14.6
	13.4

[0086] 또한, 세정된 기판의 반사율이 측정되며, 반사율 퍼센트는 도 7에서 기판 온도 증가에 대해 도시된다. 반사율이 높을수록 구리 도체(16)의 표면으로부터 보다 많은 자연 산화물이 제거되는 것을 나타내며, 낮은 반사율은 표면(14)상의 구리 산화물 존재를 나타낸다. 라인(507)은 세정 프로세스 이전의 평균 반사율이며, 라인(508)은 세정 프로세스 이후 평균 반사율이며, 라인(509, 510)은 각각 세정 프로세스 전후의 반사율 측정의 표준 편차 퍼센트이다. 따라서, 그래프는 보다 나은 기판(10) 세정이 보다 높은 온도에서 얻어지는 것을 나타내지만, 양호한 세정은 80℃의 낮은 기판 온도에서도 얻어질 수 있다. 따라서, 표 4 및 도 7의 그래프는 양호한 세정 결과는 수소-함유 라디칼을 이용한 세정에 의해 제공될 수 있고, 또한 온도는 로우-k 유전체층의 k 값을 과도하게 증가시키지 않고 최적의 세정을 제공하도록 주의 깊게 선택되어야 한다는 것을 나타낸다.

[0087] 실시예 6

[0088] 본 실시예는 열처리 단계를 수행함으로써 제공될 수 있는 개선된 결과를 나타낸다. 본 실시예에서, 구리 도체(16) 및 로우-k 유전체층(18)을 포함하는 기판(10)은 H_2 가스의 흐름을 제공하면서 적어도 약 100℃의 온도로 기판을 가열하는 단계를 포함하는 열처리 프로세스에서 처리된다. 열처리된 기판(10)은 구리 도체(16)의 표면(14)으로부터 증착물(12)을 제거하기 위해 필터링된 수소-함유 라디칼 종을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된 가스를 이용하여 세정 프로세스에서 세정된다. 다음 세정된 표면(14)상에 탄탈 질화물층을 포함하는 제 2 금속-함유 도체(21)를 증착하기 위해 증착 프로세스가 수행된다. 구리 및 탄탈 질화물 상호접속 피처(20)의 전기적 저항은 도 8에 라인(600)으로 도시된 것처럼, 기판(10)에 대한 피처(20)에 대해 측정된다.

[0089] 열처리 결과들을 비교하기 위해, 기판(10)은 열처리 단계 없이 처리되며, 기판(10)에 대한 피쳐(20)의 전기적 저항이 측정된다. 일 프로세스에서, 기판(10)은 기판(10)상에 탄탈 질화물층을 증착하기 이전에, 개별 열처리 단계 없이 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 원격적으로 에너지 공급된 가스에 의해 세정되며, 결과는 라인(602)으로 도시된다. 또 다른 프로세스에서, 탄탈 질화물층이 이전의 세정 또는 열처리 단계를 수행하지 않고 기판(10)상에 증착되며, 결과는 라인(60)으로 도시된다.

[0090] 도 8은 낮은 콘택 저항을 가지는 기판(20)에 대한 피쳐(20) 퍼센테이지가 기판상에 물질의 세정 및 증착 이전에 열처리 단계를 이용하여 처리된 기판에 대해 매우 높다는 것을 나타낸다. 도 8은 저항 측정값 이하의 저항을 가지는 피쳐의 퍼센테이지를 나타내는 그래프로, 측정된 저항값은 그래프의 x-축에 도시되며 피쳐의 퍼센테이지는 그래프의 y-축 상에 도시된다. 라인(600)으로 도시된 것처럼, 열처리 단계는 기판에 대해 피쳐(20)의 약 95% 이상에 대해 약 1 옴/피쳐 미만의 저항을 제공한다. 대조적으로, 열처리 없이 처리된 기판(10)은 약 1옴/피쳐 미만의 저항을 가지는 피쳐(20)의 약 5% 미만을 나타낸다.

[0091] 실시예 7

[0092] 본 실시예는 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 의해 제공된 개선된 세정 결과를 나타낸다. 탄소-함유 잔류물과 같은 증착물(12)을 세정하기 위한 세정 가스의 능력을 검출하기 위해, 포토레지스트층을 포함하는 기판(10)은 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 노출된다. 이들 기판에 대한 포토레지스트 제거 비율이 측정되며, 종래의 세정 가스에 노출된 것과 레지스트층을 가지는 기판(10)에 대한 포토레지스트 제거 비율이 비교된다. 도 9는 바(700)로 도시된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 대한 포토레지스트 제거 비율, 및 바(702)로 도시된 종래의 세정 가스에 대한 포토레지스트 제거 비율을 나타낸다. 도 9에 도시된 것처럼, 포토레지스트 제거 비율은 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스보다 약 3배 빠르며, 이들 세정 가스는 종래의 세정 가스를 능가하는 상당히 개선된 세정 결과를 제공한다.

[0093] 실시예 8

[0094] 본 실시예는 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 의해 제공되는 개선된 세정 결과를 나타낸다. 본 실시예에서, 상부에 자연 산화물막(12)이 있는 금속-함유 도체(16)를 포함하는 기판(10)의 반사율이 측정되며, 도 10에 라인(704)으로 도시된다. 다음 기판(10)은 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스에 기판(10)을 노출시킴으로써 세정되며, 세정된 기판(10)의 반사율이 측정되며 도 10에 라인(706)으로 도시된다. 세정된 기판(10)의 반사율은 세정되지 않은 기판(10)의 약 40%의 상대적으로 낮은 반사율과 비교할 때,기판(10)에 대해 약 120%에 근접해, 실질적으로 자연 산화물(112)의 완벽한 제거를 나타낸다. 따라서, 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 이용한 세정은 기판(10)상의 금속-함유 도체(16)의 표면의 양호한 세정을 제공한다.

[0095] 실시예 9

[0096] 본 실시예에서, 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 이용하여 세정된 피쳐(20)의 감소된 저항이 도시된다. 개선된 저항을 도시하기 위해, 금속-함유 도체(16)를 가지는 피쳐(20)를 포함하는 기판이 순차적인 금속-함유 도체를 증착하고 다수의 피쳐(20)와 접속된 상호접속 구조물을 형성하기 이전에 수소-함유 라디칼을 포함하는 가스로 세정된다. 옴/구조물에서 상호접속 구조물의 저항이 테스트되며 측정된 저항은 측정된 저항을 갖는 상호접속 구조물의 퍼센트에 대해 도시되며, 도 11에 라인(708)으로 도시된다. 또한, 세정 단계 없이 형성된 상호접속 구조물의 저항이 측정되며 도 11에 라인(709)으로 도시된다. 따라서, 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 이용한 세정 프로세스는 세정없이 형성된 상호접속 구조물에 대해 낮은 저항을 가지는 상호접속 구조물의 높은 퍼센테이지를 제공한다.

[0097] 실시예 10

[0098] 본 실시예에서, 캐패시턴스에 대해 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 이용한

세정 효과가 검출된다. 금속-함유 도체(16)를 가지는 기판(10)은 상호접속 구조물을 형성하기 위해 상부에 순차적으로 금속-함유 도체가 증착되기 이전에 증착물을 제거하도록 세정된다. 도 12에 라인(710)으로 도시된 것처럼, 처리된 기판에 의해 형성된 캐패시터의 캐패시턴스가 측정된다. 세정 결과는 도 12에 라인(712)으로 도시된 것처럼, 세정 단계 없이 처리된 기판상의 캐패시터의 캐패시턴스와 비교된다. 따라서, 도 12에 도시된 것처럼, 필터링된 수소-함유 라디칼을 포함하는 에너지 공급된 세정 가스를 이용한 세정 프로세스는 기판(10)상의 구조물의 캐패시턴스를 실질적으로 변화시키지 않는다. 따라서, 유전체층의 k-값에 따른 세정 프로세스의 작용은 바람직하게 최소화될 것으로 여겨진다.

[0099] 본 발명의 예시적 실시예가 도시되고 개시되었지만, 당업자는 본 발명의 또다른 실시예를 고안할 수 있다. 예를 들어, 챔버(106a)가 특정하게 개시된 것 이외의 다른 부품을 포함할 수 있다는 것을 당업자는 알 것이다. 또한, 하기, 상기, 하부, 상부, 위, 아래, 제 1 및 제 2 및 다른 관련 또는 위치적 용어는 도면에서 예시적 실시예로 도시되며 변경가능하다. 따라서, 첨부된 청구항은 바람직한 형태, 자료의 상세한 설명, 또는 본 명세서에서 도시된 공간적 배열로 제한되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명의 특징, 형태, 및 장점들은 본 발명의 실시예를 설명하는 하기의 상세한 설명, 첨부된 청구항 및 첨부 도면을 참조로 보다 명확해 질 것이다. 그러나 각각의 특징들은 전형적인 본 발명에 사용되는 것으로, 본 발명은 이들 특징들의 다양한 조합을 포함할 수 있다.

[0014] 도 1a 내지 1d는 다양한 프로세싱 단계에서 금속-함유 도체 및 로우-k 유전체층을 가지는 기판의 부분 단면도;

[0015] 도 2a는 이온 필터를 포함하는 세정 장치의 실시예의 측단면도;

[0016] 도 2b는 가스 분배판상에 장착된 와이어 그리드 실시예의 부분 상부도;

[0017] 도 3은 열처리 챔버 실시예의 개략적 상부도;

[0018] 도 4a는 열처리 챔버의 실시예의 개략적 측면도;

[0019] 도 4b는 스퍼터링 챔버의 실시예의 측단면도;

[0020] 도 5는 컴퓨터 판독가능 프로그램을 포함하는 제어기의 블록도;

[0021] 도 6은 기판 바이어스 전력 레벨, 가스 에너지 공급 (energizing) 레벨 및 압력을 증가시키기 위해 로우-k 유전체층의 k 값 변화 및 두께 변화를 나타내는 그래프;

[0022] 도 7은 기판 세정 프로세스 이후 기판 온도를 증가시키기 위한 반사율 퍼센트의 기준 편차 및 반사율 퍼1센트의 그래프;

[0023] 도 8은 콘택 저항값을 증가시키기 위해 측정된 콘택 저항을 포함하는 기판 상의 피쳐 퍼센트를 나타내는 그래프;

[0024] 도 9는 세정 프로세스에 대한 포토레지스트 제거 비율을 나타내는 비교도;

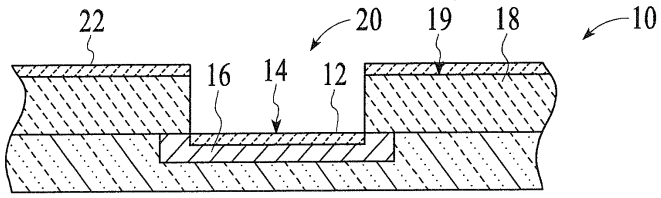
[0025] 도 10은 기판 세정 프로세스 전 후에 기판에 대해 측정된 반사율 퍼센트 그래프;

[0026] 도 11은 저항값을 증가시키기 위해 측정된 저항을 포함하는 기판 상의 상호접속부의 퍼센트의 그래프; 및

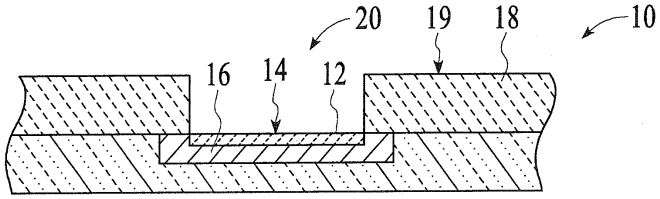
[0027] 도 12는 캐패시턴스값을 증가시키기 위해 측정된 캐패시턴스를 포함하는 기판 상의 캐패시터의 퍼센트 그래프.

도면

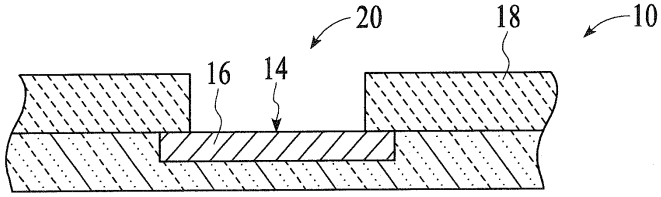
도면1a



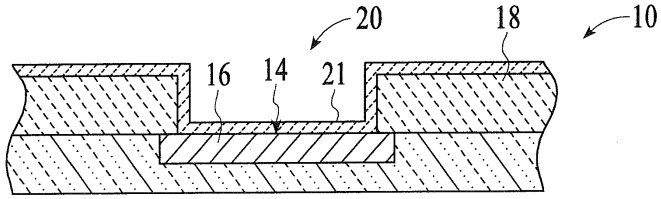
도면1b



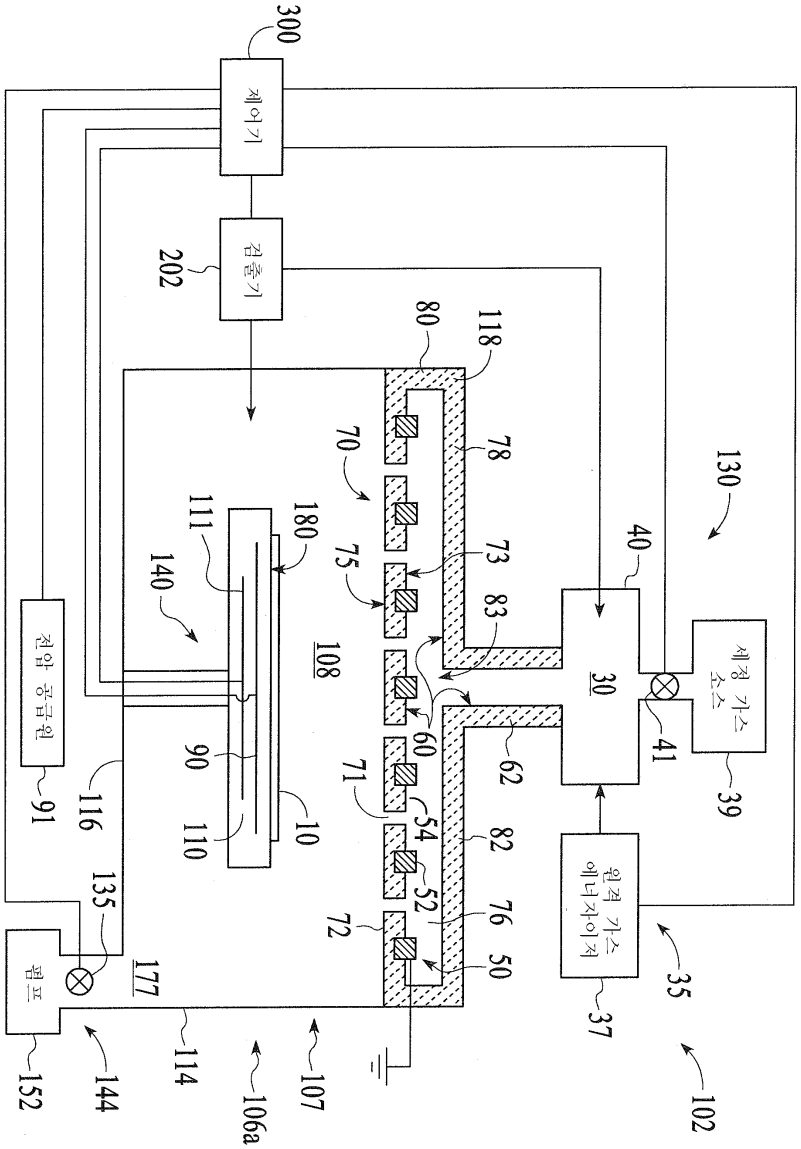
도면1c



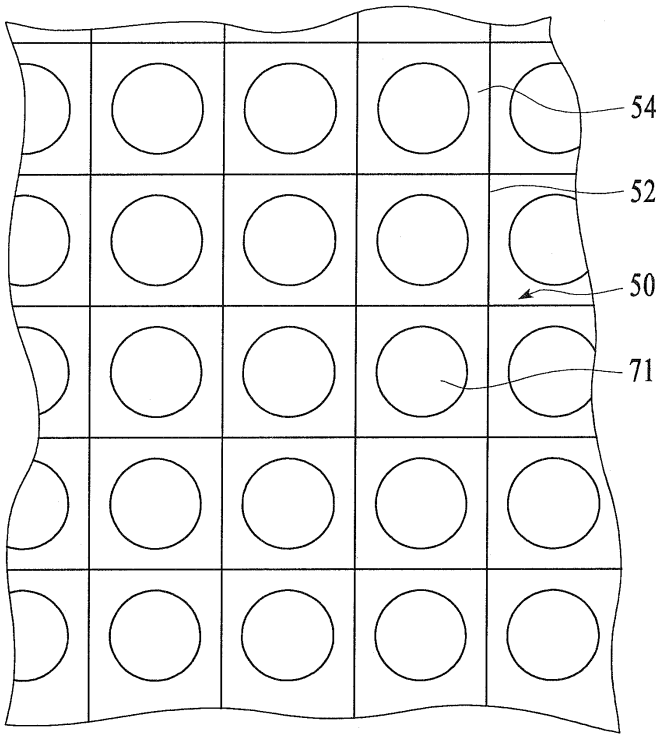
도면1d



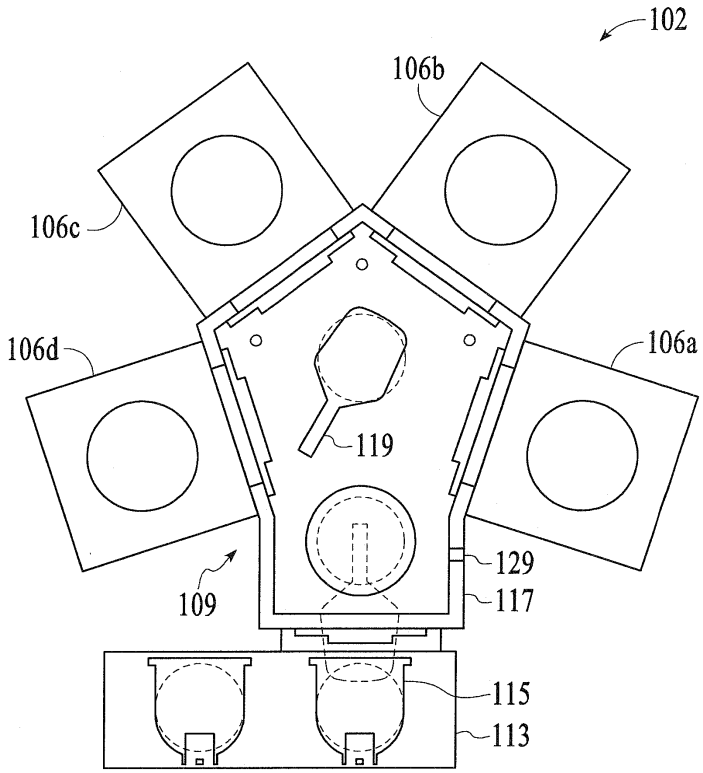
도면2a


300
제어기
202
검출기
80
118
78
70
73
75
83
40
130
111
180
140
108
30
41
39
세정 가스 소스
60
62
71
54
82
52
76
72
50
원격 플라즈마 에너자이저
37
35
102
90
10
110
116
91
전압 공급원
135
177
펌프
152
144
114
106a
107

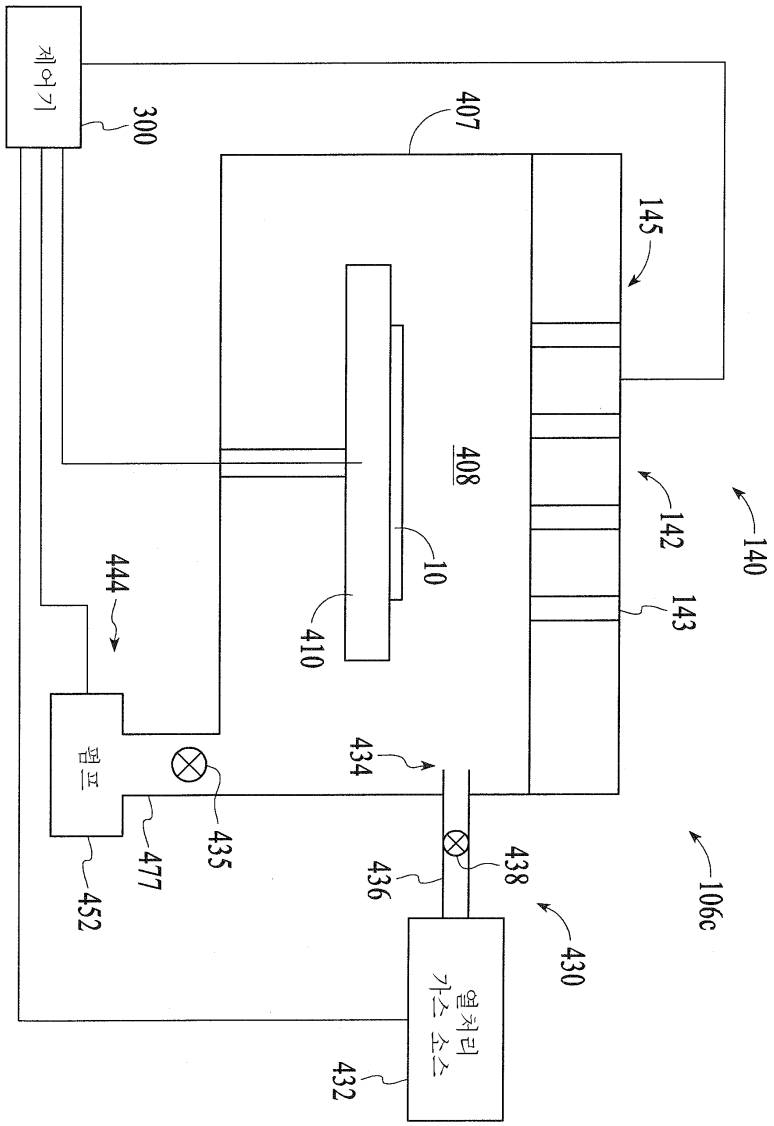
도면2b



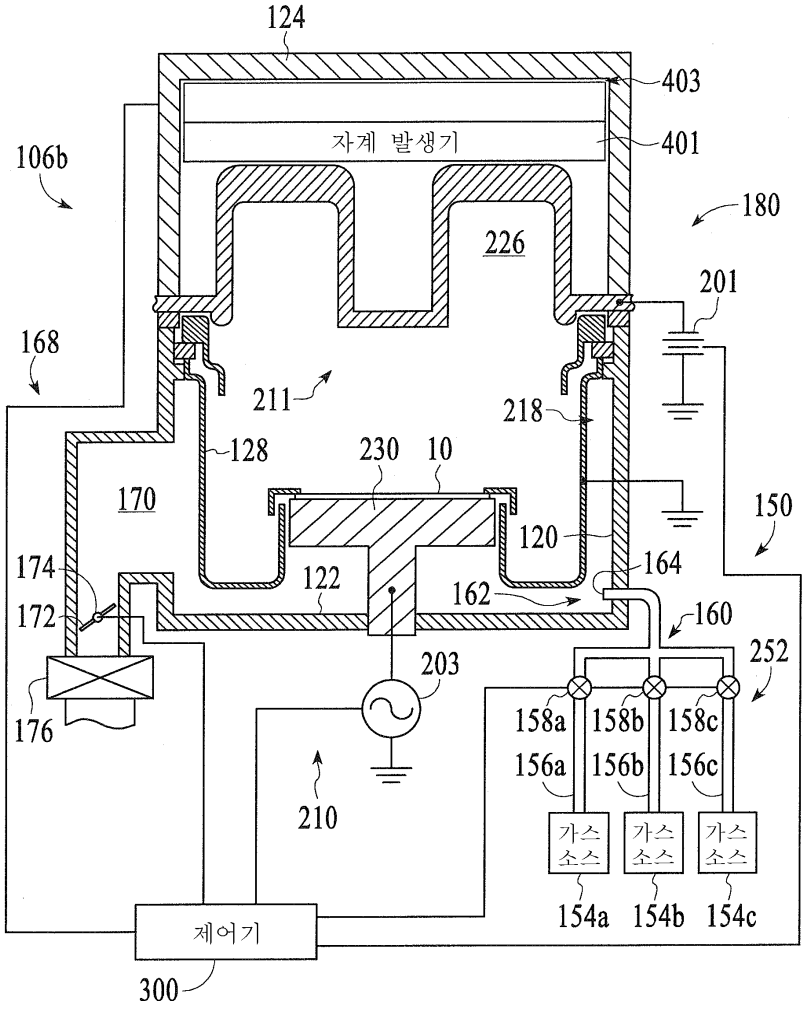
도면3



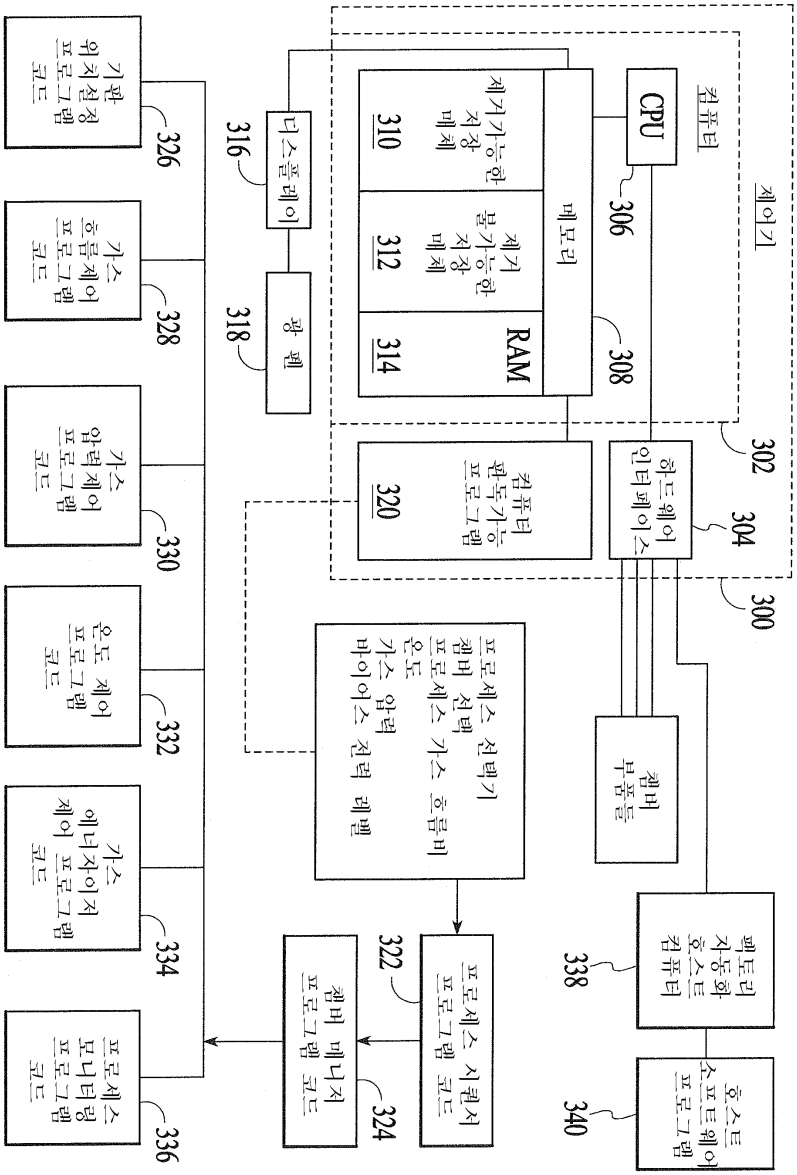
도면4a


제어기
300
407
145
408
142
140
10
444
143
410
펌프
434
435
477
452
436
438
106c
430
열처리
가스 소스
432

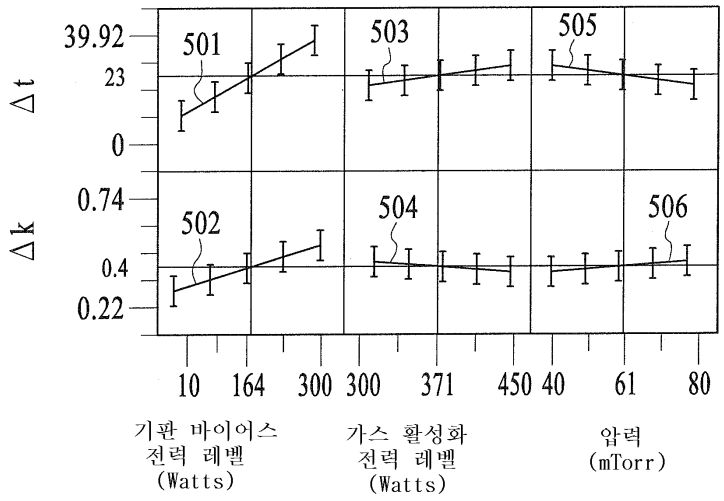
도면4b


124
403
자계 발생기
401
106b
180
226
201
168
211
218
128
230
10
170
150
120
174
122
164
162
172
160
252
203
158a
158b
158c
176
156a
156b
156c
210
가스 소스
가스 소스
가스 소스
154a
154b
154c
제어기
300

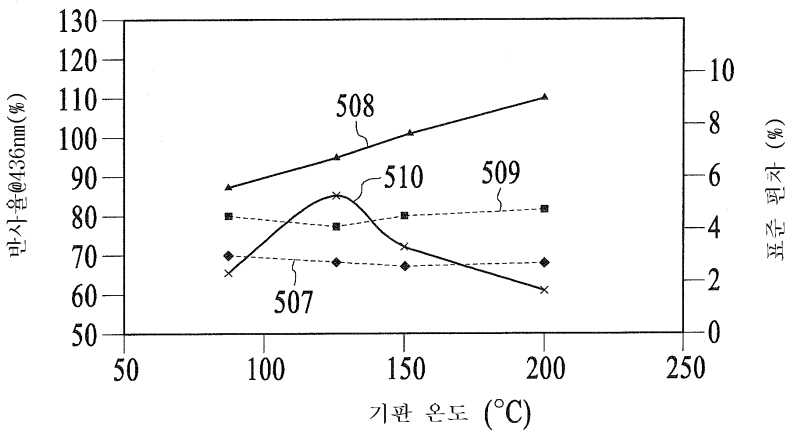
도면5


제어기
컴퓨터
CPU
306
메모리
308
제거가능한 저장 매체
310
제거 불가능한 저장 매체
312
RAM
314
디스플레이
316
광 펜
318
컴퓨터 판독가능 프로그램
320
하드웨어 인터페이스
304
302
300
챔버 부품들
팹토리 자동화 호스트 컴퓨터
338
호스트 소프트웨어 프로그램
340
프로세스 선택기
챔버 선택
프로세스 가스 흐름비
온도
가스 압력
바이어스 전력 레벨
322
프로세스 시퀀서 프로그램 코드
324
챔버 메니저 프로그램 코드
기판 위치설정 프로그램 코드
326
가스 흐름제어 프로그램 코드
328
가스 압력제어 프로그램 코드
330
온도 제어 프로그램 코드
332
가스 에너자이저 제어 프로그램 코드
334
프로세스 모니터링 프로그램 코드
336

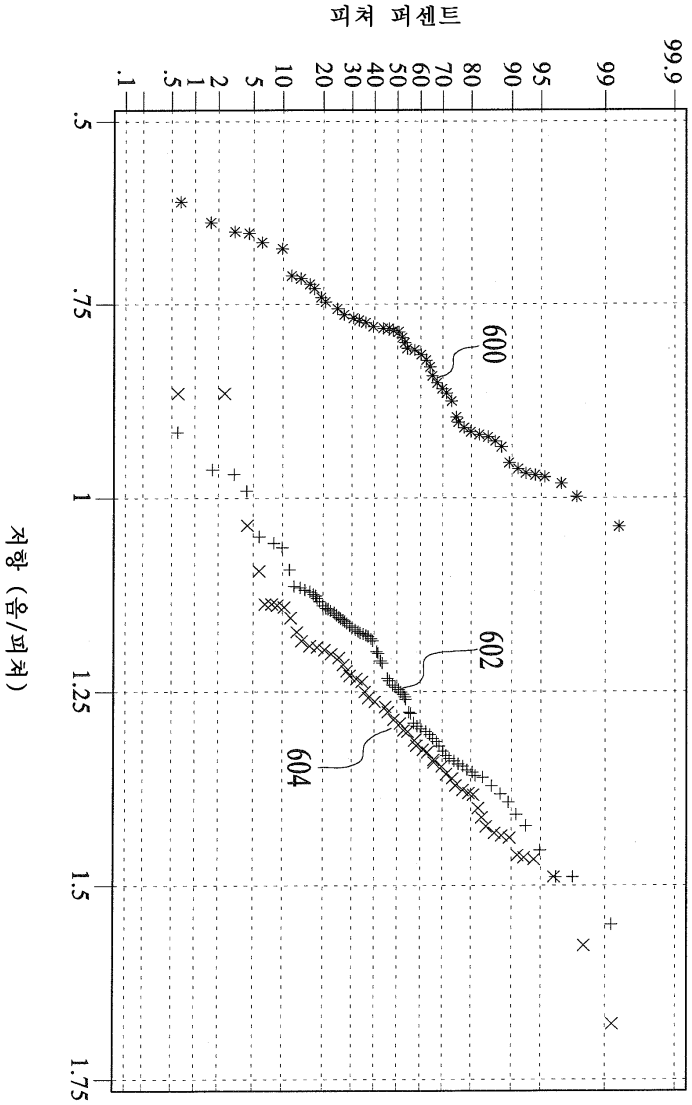
도면6


39.92
23
0
Δt
0.74
0.4
0.22
Δk
501
502
503
504
505
506
10
164
300
300
371
450
40
61
80
기판 바이어스
전력 레벨
(Watts)
가스 활성화
전력 레벨
(Watts)
압력
(mTorr)

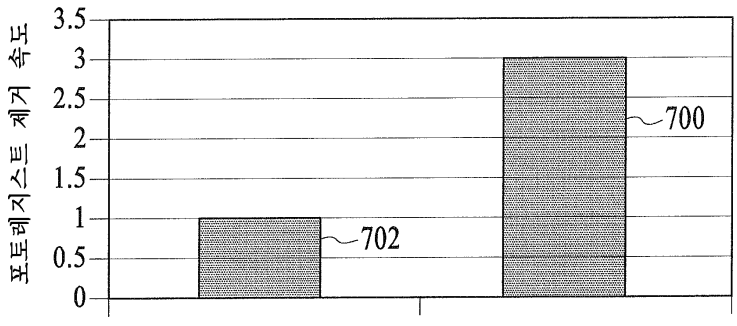
도면7


130
120
110
100
90
80
70
60
50
반사율@436nm(%)
10
8
6
4
2
0
표준 편차 (%)
508
509
510
507
50
100
150
200
250
기판 온도 (°C)

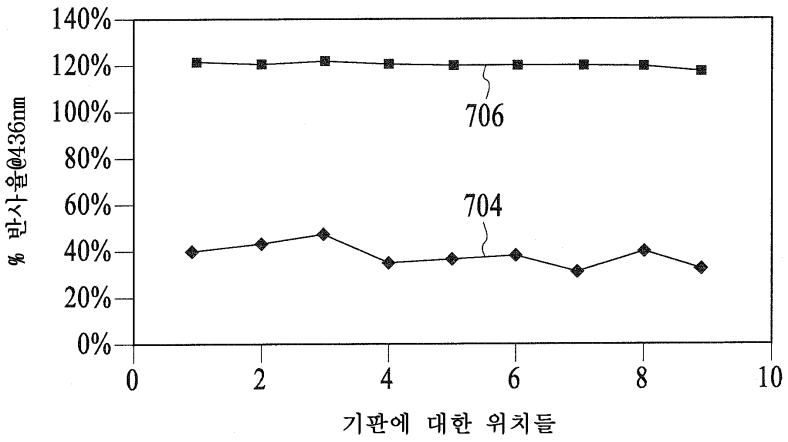
도면8


피쳐 퍼센트
.1
.5
1
2
5
10
20
30
40
50
60
70
80
90
95
99
99.9
.5
.75
1
1.25
1.5
1.75
저항 (옴/피쳐)
600
602
604

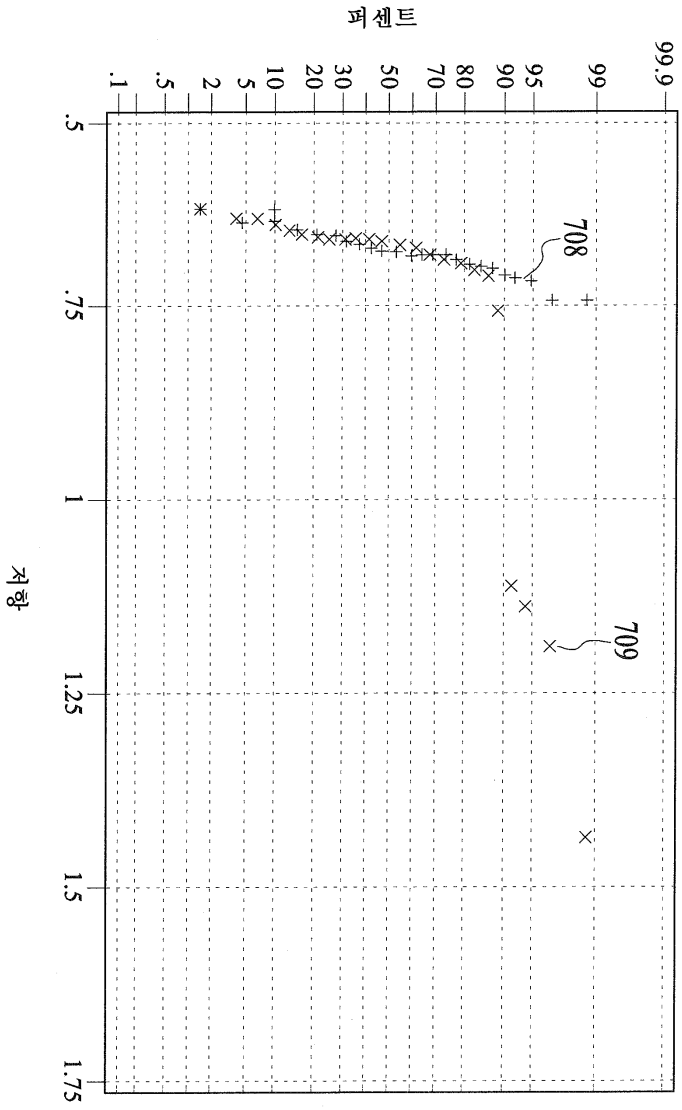
도면9


포토레지스트 제거 속도
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
700
702

도면10


140%
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
% 반사율@436nm
706
704
0
2
4
6
8
10
기판에 대한 위치들

도면11


퍼센트
.1
.5
2
5
10
20
30
50
70
80
90
95
99
99.9
.5
.75
1
1.25
1.5
1.75
저항
708
709

도면12

