(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0116893
(43) 공개일자 2014년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/44 (2006.01) *C23C 16/52* (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7021446
(22) 출원일자(국제) 2013년01월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년07월30일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/050152
(87) 국제공개번호 WO 2013/104583
국제공개일자 2013년07월18일
(30) 우선권주장
10 2012 200 211.1 2012년01월09일 독일(DE)

(71) 출원인
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎄 2
칼 짜이스 마이크로스카피 게엠베하
독일 예나 칼-짜이스-프로메나데 10 (우: 07745))
(72) 발명자
청, 힌 유 앤소니
독일, 89075 울름, 바이 데르 필쯔부췌 62
알리만, 미쉘
독일, 73447 오버코헨, 디베스-쉬르-메르-스트라쎄 7
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

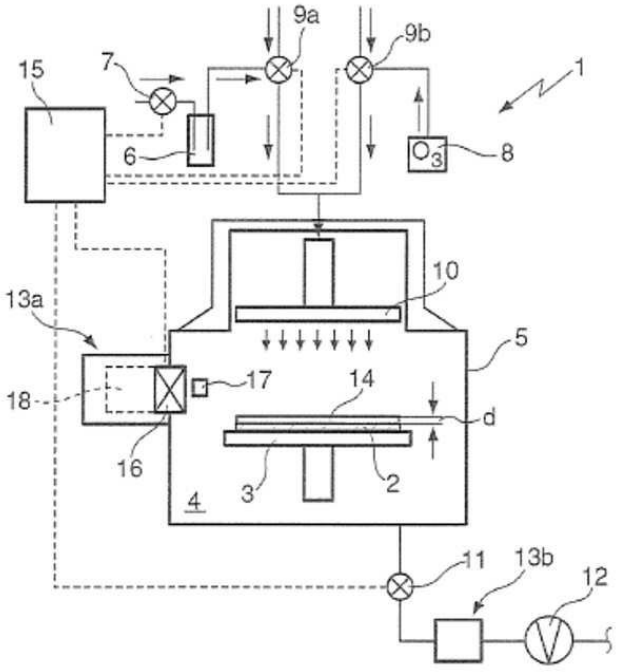
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **기판의 표면 처리를 위한 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 예컨대 상기 기판(2)에 코팅(14)을 도포하거나 상기 기판(2)으로부터 코팅(14)을 제거하기 위한, 기판(2)상의 표면 처리용 장치(1)에 관한 것이며, 여기서 상기 장치(1)는 내부(4)를 둘러싸고 표면 처리를 위해 상기 기판(2)을 배열하는 역할을 하는 챔버(5), 상기 내부(4)에 형성된 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 가스 성분을 검출하기 위한 처리 가스 분석기(13a, 13b) - 상기 처리 가스 분석기(13a, 13b)는 검출될 상기 가스 성분을 저장하기 위한 이온 트랩(18)을 포함함 - 및 상기 가스 성분을 이온화하기 위한 이온화 장치(17)를 포함한다. 본 발명은 또한 기판(2)상의 표면 처리를 모니터링하기 위한 관련된 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

페도센코, 제나디

독일, 73433 아알렌, 클레멘스-아이젠바스-스트라쎄 15

랑크, 알브레흐트

독일, 73431 아알렌, 사르스트라쎄 28

고르크호버, 레오니드

독일, 89075 울름, 멕클렌부르크베그 45

특허청구의 범위

청구항 1

기판(2)상의 표면 처리용 장치(1;1a)로서,

내부(4)를 둘러싸고 표면 처리를 위해 상기 기판(2)을 배열하는 역할을 하는 챔버(5),

상기 내부(4)에 형성된 잔류 가스 분위기(residual gas atmosphere)의 적어도 하나의 가스 성분을 검출하기 위한 처리 가스 분석기(13a, 13b) - 상기 처리 가스 분석기(13a, 13b)는 검출될 상기 가스 성분을 저장하기 위한 이온 트랩(ion trap)(18)을 포함함 - 및

상기 가스 성분을 이온화하기 위한 이온화 장치(17; 20a, 20b, 21)를 포함하는, 표면 처리용 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 이온화 장치(17)는 검출될 상기 가스 성분에 의존하는 방식으로 이온화를 위해 제공된 에너지를 설정하도록 설계되는, 표면 처리용 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 이온화 장치(17; 20a, 20b, 21)는 플라즈마 생성기, 특히, 대기압 플라즈마 생성기, 레이저 및 전계 방출 장치, 특히 전자총(electron gun)을 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 표면 처리용 장치.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서, 화학 기상 퇴적, 금속 유기 화학 기상 퇴적, 금속 유기 화학 기상 에피택시, 플라즈마 강화 화학 기상 퇴적, 원자 층 퇴적, 물리적 기상 퇴적 및 플라즈마 식각 처리를 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 상기 기판(2) 상의 표면 처리를 수행하도록 설계되는, 표면 처리용 장치.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온 트랩(18)은 푸리에 변환 이온 트랩(Fourier transform ion trap), 특히 푸리에 변환 이온 사이클로트론 공진 트랩(Fourier transform ion cyclotron resonance trap), 페닝(Penning) 트랩, 토로이달(toroidal) 트랩, 4중극 이온 트랩, 폴(Paul) 트랩, 선형 트랩, 오르비트랩(Orbitrap), EBIT 및 RF 번처(RF buncher)를 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 표면 처리용 장치.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서, 이온 광학 유닛(19)이 상기 이온화 장치(20a, 20b, 21)와 상기 이온 트랩(18) 사이에 위치되는, 표면 처리용 장치.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온 트랩(18)은 상기 가스 성분을 축적시키도록 설계되는, 표면 처리용 장치.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이온 트랩(18)은 기타 가스 성분으로부터 검출될 가스 성분을 격리하도록 설계되는, 표면 처리용 장치.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가스 성분의 축적을 위한 가스 결합 재료(31a, 31b)를 포함하는, 표면 처리용 장치.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가스 성분을 동결시키거나(freezing out) 응축시키도록 표면(31')을 냉각하기 위한 냉각 유닛(33), 및 바람직하게는 가열 유닛(33) 또는 상기 표면(31')으로부터 상기 가스 성분의 후속 탈착(desorption)을 위해 광 또는 전극 빔으로 상기 표면(31')을 조사하기 위한 조사 장치(35, 37)를 더 포함하는, 표면 처리용 장치.

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 챔버(5)는 검출된 양의 상기 가스 성분에 의존하는 방식으로 제어가능한 가스 유입구(9a, 9b) 및/또는 가스 유출구(11)를 갖는, 표면 처리용 장치.

청구항 12

청구항 1 내지 청구항 11 중 어느 한 항에 있어서, 상기 처리 가스 분석기(13a)는 검출될 가스 성분의 상기 이온 트랩(18)으로의 펄스 주입(pulsed feeding)을 위한 제어가능한 유입구(16)를 갖는, 표면 처리용 장치.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서, 상기 내부(4)의 잔류 가스의 총 압력은 10^{-3} mbar를 초과하고, 바람직하게는, 500 mbar를 초과하고, 특히 900 mbar를 초과하는, 표면 처리용 장치.

청구항 14

청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 한 항에 있어서, 상기 내부(4)의 가스 성분의 부분 압력은 10^{-9} mbar 미만이고, 바람직하게는, 10^{-12} mbar 미만이고, 특히 10^{-14} mbar 미만인, 표면 처리용 장치.

청구항 15

기판(2)상의 표면 처리를 모니터링하는 방법으로서,

상기 기판(2)을 배열하기 위하여 챔버(5)의 내부(4)에 형성된 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 가스 성분을 검출하기 위한 잔류 가스 분석을 수행하는 단계를 포함하고, 검출될 상기 가스 성분은 이온화 장치(17, 20a, 20b, 21)에 의해 이온화되고 이온 트랩(18)에서 상기 잔류 가스 분석을 수행하기 위해 저장되는, 표면 처리를 모니터링하는 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서, 이온화를 위한 상기 이온화 장치(17)에 의해 제공된 에너지는 검출될 상기 가스 성분에 의존하는 방식으로 설정되는, 표면 처리를 모니터링하는 방법.

청구항 17

청구항 15 또는 청구항 16에 있어서, 상기 챔버(5)는 제어가능한 가스 유입구(9a, 9b) 및/또는 제어가능한 가스 유출구(11)를 갖고, 상기 유입구 및/또는 상기 유출구는 검출된 양의 상기 가스 성분에 의존하는 방식으로 구동되는, 표면 처리를 모니터링하는 방법.

청구항 18

청구항 15 내지 청구항 17 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면 처리는 상기 기판(2)에 도포된 코팅(14)을 제거하는 단계를 포함하고 상기 잔류 가스 분위기의 상기 적어도 하나의 검출된 가스 성분은 상기 기판(2) 또는 상기 코팅(14)의 성분인, 표면 처리를 모니터링하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] [관련 출원의 상호 참조]

[0002] 본 출원은 2012년 1월 9일자로 출원된 독일 특허 출원 제 10 2012 200 211.1의 우선권을 주장하며, 상기 특허 출원은 본 출원의 공개에 참조로서 통합된다.

[0003] 본 발명은 기판의 표면 처리를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 기판상의 표면 처리를 수행하기 위하여, 예컨대, 기상 퇴적("물리적 기상 퇴적", PVD 또는 "화학적 기상 퇴적" CVD)에 의해 기판을 코팅하기 위하여 또는 예컨대 식각 공정에 의해 기판으로부터 코팅을 제거하기 위하여, (적절하게 코팅된 경우) 처리될 기판은 통상적으로 공정에 배열되거나, 자체 내에서 우세한 잔여 가스 분위기를 갖는 전사 챔버에 배열된다. 반도체 전자기기 또는 광전자기기에서 요구되는 표면 처리 공정을 수행하기 위하여, 예컨대, 공정 동안 잔여 가스 분위기의 가스 성분을 모니터링하여 가스 분해 공정 또는 가스 전달 공정을 관찰하고 또는 오염 모니터링을 수행하여, 이런 식으로 스루풋 시간, "업타임(uptime)"에 관련된 처리 공정 및 경제적인 실행가능성을 최적화하는 것이 유리한 것으로 입증되었다.

[0005] 잔여 가스 분석에 있어서, 4중극 질량 분석계를 사용하는 것이 가능하며, 여기서, 고온 백열 와이어링(필라멘트로도 불림)은 이온화원으로서 사용되고, 상기 와이어는 금속, 예컨대 텅스텐으로 구성된다. 그러나, 이러한 형태의 질량 분석계는 높은 동작 압력(예컨대, 최대 1000mbar)에서 직접적으로 사용하기에 적합하지 않으며 복합적인 상이한 펌핑 시스템을 요한다. 더욱이, 예컨대 대략 10^{-13}의 높은 민감도를 갖는 1amu 내지 200 amu의 질량 범위의 스캔을 위한 측정 시간은 수분의 범위이다. 또한, 이온화원으로서 필라멘트의 사용은, 유지 또는 보수 시간과 관련된 (예컨대 환기 동안의) 갑작스러운 압력 증가 및 적절할 경우에 가열 와이어가 필라멘트가 타면서 생성된 금속 증기를 갖고 배열되는 챔버의 오염의 경우를 통해 필라멘트가 연소하는 위험을 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 심지어 높은 잔류 가스 압력에서도 그리고 특히 실시간으로도 잔류 가스 분위기의 적은 양의 가스 성분을 검출하는 것을 가능하게 하는 기판상의 표면 처리를 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이러한 목적은 기판상의 표면 처리를 위한, 특히, 기판에 코팅을 도포하거나 기판으로 부터 코팅을 (적절할 경우 부분적으로) 제거하기 위한 장치에 의해 성취된다, 장치는 내부를 둘러싸고 표면 처리를 위해 기판을 배열하는 역할을 하는 챔버, 내부에 형성된 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 가스 성분을 검출하기 위한 처리 가스 분석기 - 처리 가스 분석기는 가스 성분을 (3차원적으로) 저장하기 위한 이온 트랩을 포함함 - 및 가스 성분을 이온화하기 위한 이온화 장치를 포함한다.

[0008] 선행기술에 알려져 있고, 이온화된 가스 성분이 4중극 질량 분석계의 전자기장을 오직 순간적으로 통과하는 처리 또는 잔여 가스 분석기와는 반대로, 전자기장에 저장되지 않고도, 이온 트랩의 제공은 처리 가스 분석기의 검출 민감도를 증가시키는 것이 가능한데, 이는 이온화된 가스 성분이 3개의 모든 공간 치수에 트래핑되고, 즉, 3개의 공간적 치수에서의 안정적인 진동을 가지며 장기간(통상적으로 1ms 이상, 바람직하게는 1초 또는 100ms 미만)의 측정에 이용가능하기 때문이다. 이온화된 가스 성분이 트래핑되는 공간의 치수는 통상적으로 50cm × 50cm × 50cm 미만, 바람직하게는 20cm × 20cm × 20cm 미만이다. 그에 상반되게, (로드 전극을 갖는) 종래의 설계의 상이하게 펌핑되는 4중극 질량 분석계는 민감도와 동적 범위에 있어서 상당한 단점을 갖는데, 이는, 이 분석계가 직렬 질량 필터링을 갖고 이온을 축적하지 못하거나 목표화된 방식으로 이온 그룹을 선택할 수 없기 때문이다.

[0009] 이온 트랩 또는 그에 연결되는 질량 분석계에서, 반대로, 가스 성분을 검출하고자 하는 목적으로, 아주 작은 농도의 가스 물질을 검출하는데 또한 적절한 질량 분석을 수행하는 것이 가능하다. 이온 트랩 중량 분석기는 통상적으로 불연속적으로 동작하고, 즉, 이온 수의 분석은 미리 정의된 축적 시간(예컨대, 100ms 미만) 이후 발생할 수 있다. 더욱이, 이온 트랩 질량 분석계의 도움으로, 이온 여기 및 질량 선택의 복수의 반복이 이러한

목적으로 요구되는 추가 어셈블리 없이 가능하다. 특히, 검출될 물질의 축적 및 잔류 가스 분위기에 존재하는 추가 물질로부터 검출되는 물질의 분리가 이온 트랩에서 수행될 수 있을 경우에, 이는 이하에서 더욱 상세하게 기재될 것이다.

[0010] 이온화 장치는 이온 트랩 그 자체에서 배열될 수 있고 또는 별도의 구조적 유닛으로서 수행될 수 있다. 특히, 표면 처리를 수행하기 위하여 어떻게든 장치에 미리 제공된 이온화 장치를 사용하는 것이 가능하므로 추가적인 이온화 장치가 생략될 수 있다. 이것은, 예컨대, 플라스마 향상된 화학적 기상 퇴적 동안 처리 가스가 반응실의 플라스마에 의해 이온화되는 경우이다.

[0011] EUV 리소그래피 장치의 오염 물질을 검출하기 위한 이온 트랩 또는 이온 트랩 질량 분석계의 사용이 본 발명의 출원인의 이름으로 WO 2010/022815 A1에서 알려져 있으나, 본 명세서에 기재된 방법 또는 본 명세서에 기재된 장치는 EUV 리소그래피 장치의 오염 물질의 검출에만 관련되되 기판 또는 기판에 도포된 코팅의 표면 처리(코팅 또는 식각 처리)를 위한 장치의 처리 또는 오염 모니터링에 관련되지는 않는다. 현재의 용도에서, 처리 가스 분석기 또는 이온 트랩은 기판이 또한 배열되는 (처리 또는 전사) 챔버에 제공되고, 처리 가스 분석기는 챔버에 플랜지될 수 있거나 이것은 적절할 경우에 인접한 챔버에 위치될 수 있다. 그러나, 이온 트랩은 또한 가스 피드 또는 가스 방전에 배열될 수 있고, 이것을 통해, 예컨대 철 가스는 챔버로 도입될 수 있거나 챔버 밖으로 보내질 수 있다. 또한, 하우징 또는 내부를 떠나거나 퍼징(purging) 가스 또는 백그라운드 가스를 펌핑하는 역할을 하는 펌프 채널에 이온 트랩을 배열하는 것이 가능하다. 물론, 적절할 경우, 또한, 이 장치에 하나 이상의 처리 가스 분석기를 제공하는 것이 가능하다.

[0012] 일 실시예에서, 이온화 장치는 검출될 가스 성분에 의존하는 방식으로 이온화를 위해 제공된 에너지를 설정하도록 설계된다. 그 이온화 에너지에 또는 이것을 갖고 이온화 장치에 의해 제공되는 에너지를 (이상적으로 연속적으로) 설정하거나 조정하는 가능성은 유리한 것으로 입증되었는데, 이는, 모든 형태의 가스 분자의 이온화(광대역 이온화) 및 주변 분자(예컨대, 캐리어 가스)의 이온화 없이 선택된 분자의 선택적인, 협대역 이온화 모두가 가능하도록 하기 때문이다. 연속적으로, (예컨대, 잔류 가스 대기의 처리 관련 가스 성분, 예컨대, 도펀트 등의 오염 물질의) 선택된 형태의 입자는 이온 트랩에 의해 표적화된 방식으로 점출되거나 모니터링될 수 있다. 이온화 에너지를 설정하기 위하여, 이온화 기기 또는 장치는 언급된 조정을 가능하게 하는 제어 장치를 가질 수 있다.

[0013] 추가 실시예에서, 이온화 장치는 플라즈마 생성기, 특히, 대기압 플라즈마 생성기, 레이저 및 전계 방출 장치, 특히 전자총(electron gun)을 포함하는 그룹으로부터 선택된다. 이온화는 플라즈마, 특히, 대기압 플라즈마의 생성에 의해 유리하게 발생할 수 있다. 대기압 플라즈마를 생성하고자 하는 목적으로, 예컨대, 라디오 주파수 방전은 코로나 방전을 생성하기 위하여 2개의 전극 사이에서 점화될 수 있다. 또한, 유전적으로 방해된 라디오 주파수 방전을 사용하는 것이 가능하다. 이러한 형태의 여기의 경우에, 유전체 베리어로서 역할하는 (얇은) 유전체는 복수의 스파크 방전의 형태로 플라즈마를 생성하고 이러한 경우에 전극 사이에 위치된 가스 스트림을 이온화하도록 전극 사이에 위치된다. 펄스 아크가 라디오 주파수 방전에 의해 생성되는 플라즈마 노즐을 사용하거나 예컨대 WO 2007/006298 A2에 기재되어 있는 바와 같이 (대기압에서) 플라즈마 여기를 위한 압전 물질을 사용하는 것이 가능하다. 플라즈마 생성기는, 플라즈마, 특히, 대기압 플라즈마를 기재된 방식과 상이한 방식으로 생성하거나 여기하도록 설계될 수 있다. 용도에 따라, (펄스) 레이저 또는 (충돌 이온화에 의한 가스 분자 이온화를 위한) 전자총이 또한 이온화를 위한 역할을 한다. 플라즈마 생성기의 경우, 이온화를 위해 제공된 에너지는 여기를 위해 사용가능해지는 에너지(전압 및 또한 적절할 경우 주파수)의 설정에 의해 설정될 수 있다. 이온화원으로서 레이저 또는 레이저 시스템은 이온화에 제공되는 에너지를 변경할 수 있도록 조절가능하거나 설정가능한 레이저 파장을 생성하기 위해 설계될 수 있다. 이것은 집중되거나 지향된 전자빔을 생성시키기 위한 전자총의 형태로 전계 방출 장치의 사용에 적용하고, 이것은 가속 전자의 키네틱 에너지를 설정하거나 변경하도록 마찬가지로 설계될 수 있다.

[0014] 추가 실시예에서, 장치는 화학 기상 퇴적(CVD), 금속 유기 화학 기상 퇴적(MOCVD), 금속 유기 화학 기상 에피택시(MOVPE), 플라즈마 강화 화학 기상 퇴적(PECVD), 원자 층 퇴적(ALD), 물리적 기상 퇴적(PVD) 및 플라즈마 식각 처리를 포함하는 그룹으로부터 선택되는 기판상의 표면 처리를 수행하도록 설계된다.

[0015] 화학적 기상 퇴적의 경우에, 고체는 화학 반응으로 인해 기판의 (일반적으로 가열된) 표면상의 기상으로부터 퇴적된다. 금속 유기 화학 기상 퇴적의 경우에, 금속 유기 프리커서의 고체층은 기상으로부터 퇴적된다. 금속 유기 화학 기상 에피택시는 (일반적으로)결정 기판상에 (단)결정층을 생성하는 역할을 하는 금속 유기 화학 기상 퇴적의 특수한 경우가 된다. 기재된 방법에서, 퇴적은 높은 진공에서 필수적으로 발생되기 보다는 적정 압

력(적절할 경우 대략 최대 1000mbar)에서 발생된다. 마찬가지로, 원자 층 퇴적은 변형된 CVD 방법이며, 여기서, 통상적으로 단결정 (에피택셜) 층이 퇴적되고, 금속 유기 프리커서 및 추가 반응제, 적절할 경우 추가 프리커서는 반응 실로 교호로 들어간다. 원자 층 퇴적에서 사용되는 화학 반응은 통상적으로 소위 자기 제한적 반응이며, 여기서, 각각의 경우에 층 성장은 단층에 한정되어 남으며, 이것은 층 두께의 정확한 세팅을 가능하게 한다. PECVD의 경우에, 화학적 퇴적은 플라즈마에 의해 향상된다. 플라즈마는 층 퇴적을 촉진하거나 발생시키기 위하여 반응 가스의 분자의 활성화(해리)를 위한 역할을 한다. 플라즈마는 코팅될 기판에 의해 바로 생성될 수 있거나(다이렉트 플라즈마 방법) 분리된 챔버에서 생성될 수 잇다(원격 플라즈마 방법). 물리적인 기상 퇴적의 경우에, 퇴적은 물리적인 처리에 의해 기상으로부터 발생하고, 즉, 화학적 반응은 코팅될 표면상에서 발생하지 않는다.

[0016] 플라즈마 식각 처리는 물질 제거 방법 또는 처리된 물질을 패터닝하는 방법이다. 소위 플라즈마 식각의 경우에, 물질 제거는 제거될 물질을 갖는 화학 반응에 의해 발생된다. 반응 이온 에칭(RIE)으로도 지칭되는, 소위 플라즈마 개선 식각의 경우에, 화학 반응은 이온으로 제거될 물질의 충격(bombardment)에 의해 증폭되는데, 이는 이온이 처리된 표면에서 화학 결합을 약화시키기 때문이다.

[0017] 추가 실시예에서, 이온 트랩은 푸리에 변환 이온 트랩(Fourier transform ion trap), 특히 푸리에 변환 이온 사이클로트론 공진 트랩(Fourier transform ion cyclotron resonance trap), 페닝(penning) 트랩, 토로이달(toroidal) 트랩, 4중극 이온 트랩, 폴(paul) 트랩, 선형 트랩, 오르비트랩(Orbitrap), EBIT 및 RF 번처(RF buncher)를 포함하는 그룹으로부터 선택된다. FT 이온 트랩의 사용은 특히 고속 측정을 (수초 미만의, 예컨대 100ms 미만, 통상적으로 1ms 이상의 스캔 시간으로) 실현하는 것을 가능하게 한다. 이러한 형태의 트랩으로, 측정 전극 상의 모든 3개의 공간 치수로 안정적인 진동을 갖는 트래핑된 이온에 의해 생성된 유도된 전류가 시간 의존적인 방식으로 검출되고 증폭된다. 이러한 시간 의존성은 고속 푸리에 변환을 통해 주파수 도메인으로 전환되고 이온의 공진 주파수의 질량 의존성은 주파수 스펙트럼을 질량 스펙트럼으로 전환하는데 사용된다. 푸리에 전환에 의한 질량 분석계는 (예컨대, 기재된 형태의) 이온 트랩의 상이한 형태를 사용하는 원칙으로 고속 측정을 수행할 목적으로 수행될 수 있고, 소위 이온 사이클로트론 공진 트랩과의 결합이 가장 공통적이다. FT-ICR 트랩은 이온이 교호로 전기장와 자기장으로 주입되는 페닝 트랩의 변형이 된다. FT-ICR 트랩에서, 질량 분석계는 사이클로트론 공진 여기에 의해 구현될 수 있다. 그의 변형에서, 페닝 트랩은 또한 추가적인 버퍼 가스로 동작할 수 있고, 여기서, 2중극 전기장에 의한 마그네트론 여기 및 4중극 전기장에 의한 사이클로트론 여기와 결합하는 버퍼 가스에 의해, 이온의 공간적 분리에 의한 질량 선택을 생성하는 것이 가능하므로, 페닝 트랩은 다른 물질로부터 검출되는 물질을 분리하기 위하여 사용될 수 있다. 이러한 형태의 트랩으로, 버퍼 가스는 통상적으로 모션 댐핑 및 주입된 이온에 대한 "동결" 효과를 갖고, 이러한 형태의 트랩은 또한 "냉각기" 트랩으로 지칭된다. 종래의 4중극 트랩에 비해, 소위 토로이달 트랩은 실질적으로 동일한 이온 저장 용량과 관련하여 더욱 컴팩트한 설계를 가능하게 한다(예컨대, 스테판 A. 램머트 외의 기사 "미니어처 토로이달 라디오 주파수 이온 트랩 질량 분석기", J. Am. Soc. 질량 스펙트럼. 2006, 17, pp 916-922 참조). 선형 트랩은 4중극 트랩 또는 폴 트랩의 변형이며, 여기서, 이온은 3차원 4중극 필드에서 유지되는 것이 아니라, 그보다는, 이온 트랩의 저장 용량을 증가시키기 위하여 2차원 4중극 필드의 추가 한계 필드에 의해 유지된다. 소위 오르비트랩은 이온이 원형 경로 상에서 전기적 인력에 의해 유지되는 중앙의, 스핀들형 전극을 갖고, 여기서, 이온의 분산된 주입은 검출기 플레이트에 신호를 생성하는 중심 전극의 축을 따르는 진동을 생성하고, 이 신호는 FT-ICR 트랩의 경우에 (FR에 의한) 방식과 유사한 방식으로 검출될 수 있다. EBIT(전자 빔 이온 트랩)은 이온 트랩이고, 여기서, 이온은 이온 총에 의한 충돌 이온화에 의해 생성되고, 이런 식으로 생성된 이온은 전자 빔에 의해 후자에 의해 트래핑된다. 이온은 또한 RF(라디오 주파수) 번처, 예컨대 소위 RFQ(4중극) 번처에서 저장될 수 있다(예컨대, Neumayr, Juergen Benno (2004): "버퍼-가스 셀 및 SHIPTRAP을 위한 RFQ 추출", 논문, LMU 뮌헨: 물리학부). 물론, 언급된 트랩의 형태를 제외하고, 적절할 경우 푸리에 변환을 사용하는 평가와 결합할 수 있는 잔류 가스 분석을 위한 이온 트랩의 다른 형태를 사용하는 것 또한 가능하다.

[0018] 이온 트랩은 특히 가스 성분을 검출하기 위해 설계될 수 있다. 이러한 경우에, (교번하는) 전기장 및/또는 자기장을 생성하기 위해 제공되는 이온 트랩의 전극은, 예컨대 기재된 FT-ICR의 경우와 마찬가지로, 이온 트랩에 존재하는 이온으로 인한 교호의 필드의 변형을 결정함으로써 특정 원자 질량 수를 갖는 이온을 검출하기 위한 역할을 동시에 할 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 이온 광학 유닛은 이온화 장치와 이온 트랩 사이에 배열된다. 이런 방식으로, 이온화 장치에 의해 생성되는 이온은 이온 트랩에 도달하거나 이온 트랩에 주입되기 전까지 둔화되거나 응축될 수 있다. 이러한 목적으로, 이온 광학 유닛은 전기장 및/또는 자기장을 생성하기 위한 필드 생성 장치를 가질 수 있고, 이것

은 이온의 편향 또는 응축을 야기한다.

[0020] 이러한 실시예에서, 이온 트랩은 가스 성분을 축적하기 위해 설계된다. 축적의 결과로, 저장 시간 동안 검사될 가스 성분과 다른 가스 성분 또는 잔류 가스의 나머지에 대한 신호 대 잡음비, 처리 가스 분석기에 사용된 검출기의 잡음 거동 및/또는 검출 임계값을 증가시키는 것이 가능하다.

[0021] 추가 실시예에서, 이온 트랩은 검출될 가스 성분을 다른 가스 성분으로부터 격리시키도록 설계된다. 게다가 또는 축적에 대한 대안으로서, 가스 성분이 저장 시간 동안 준비될 수 있고, 즉, 가스 성분은 이러한 목적을 위해 꼭 필수적으로 축적할 필요 없이 잔류 가스 분위기에서 기타 가스 성분으로부터 격리되어서 검출될 수 있다. 이러한 경우에, 이온 트랩은 상이한 질량의 수를 갖는 이온의 (공간적인) 분리를 위해 사용될 수 있다. 축적 상태 동안, 선택적으로 모든 이온은 이온 트랩에 유지되거나 저장될 수 있고 또한 개별적인 이온 질량은 이온 트랩으로부터 선택적으로 제거될 수 있다. 이온 트랩으로부터의 이온의 선택적인 제거는 예컨대 불안정적인 경로에 선택된 질량을 갖는 이온을 보내는 교번 필드를 적용하거나 생성함으로써 구현될 수 있다. 이온 트랩으로부터의 원치 않는 이온 또는 이온 질량(예컨대 캐리어 가스)의 선택적인 제거는 이온 트랩의 포화를 회피하고 측정 동적 범위를 상당히 증가시키는 것을 가능하게 한다.

[0022] 대안으로 또는 추가적으로, 잔류 가스 분위기의 다른 가스 성분으로부터 검출될 가스 성분을 분리하기 위한 질량 필터를 갖는 처리 가스 분석기를 탑재하는 것 또한 가능하다. 질량 필터는 예컨대 질량 분리를 위한 종래의 4중극 필터가 될 수 있다.

[0023] 추가 실시예에서, 장치는 가스 성분의 축적을 위한 가스 결합 재료를 포함한다. 가스 결합 재료는 흡수체 또는 검출될 가스 성분을 수동으로 사용하는 필터가 될 수 있다. 가스 성분 또는 그의 분해 산물, 즉, 검출될 성분 또는 물질의 분자 조각은, (열적으로 또는 조사에 의해) 자극된 탈착에 의해 가스 결합 물질로부터 릴리스되어서 강한 가스 배출로서 분석될 수 있다. 가스 결합 물질은 (별도의 (진공) 영역에서) 예컨대 고온에서 주기적으로 재생산될 수 있다. 물론, 가스-결합 물질은 또한 축적을 가속화하기 위하여 동결될 수 있다. 가스 결합 물질은 이온 트랩 자체에 또는 별도의 챔버에 배열될 수 있다. 축적된 가스 물질의 이온화는 마찬가지로 이온 트랩 자체에서 또는 이러한 가스 성분이 이온 트랩에 주입되기 전에 별도의 챔버에서 발생할 수 있다.

[0024] 또한, 장치는 특히 가스 결합 물질을 통해 검출될 가스 성분을 펌핑하기 위한 펌프 장치를 포함할 수 있다. 이러한 경우에, 활성 축적은 필터로서 가스 결합 물질을 통해 전도되는 잔류 가스에 의해 발생하고, 가스 결합 물질은 바람직하게는 큰 표면 영역을 갖고 특히 투과성이다. 이러한 요건을 충족시키는 물질의 하나의 종류는 예컨대 제올라이트이다.

[0025] 추가 선호되는 실시예에서, 장치는 가스 성분을 동결시키거나(freezing out) 응축시키도록 표면을 동결하기 위한 냉각 유닛, 및 바람직하게는 가열 유닛 또는 표면으로부터 가스 성분의 후속 탈착을 위해 광 또는 전극 빔으로 표면을 조사하기 위한 조사 장치를 포함한다. 이런 식으로, 검출될 물질의 열적 축적이 발생할 수 있고, 검출은 증발되거나 분해된 종(분자 조각)의 후속하는 온도 제어된 탈착과 함께 가열 유닛에 의해 검출될 물질의 고속 해동 또는 증발에 의해 발생될 수 있다. 가열/냉각 유닛은 이온 트랩으로 통합될 수 있고, 이러한 경우에, 축적된 불질의 이온화는 이온 트랩에서 발생해야 한다. 대안으로, 가열/냉각 유닛은 별도의 챔버에 배열될 수 있고, 축적된 가스 성분은 먼저 트랩에 주입되기 전에 먼저 이온화된다.

[0026] 쿨링 핑거의 해동에 의해, 예컨대, 표적화된 방식으로 동결되거나 응축된 가스 종이 급속 탈착될 수 있고, 이는 잔류 가스 대기에서 검출될 물질에 관련하여 정상 잔류 가스 농도에서 유세한 부분 압력보다 높은 자리수(orders of magnitude)의 부분 압력을 생성한다. 쿨링 핑거의 해동을 제외하고, 조사 장치에 의해, 예컨대 가스 상태에 대한 검출을 위하여 응축되거나 동결된 물질을 전달하기 위해 전자총(E-건)을 사용하거나 레이저를 사용하여 쿨링 핑거를 조사하는 것 또한 가능하다. 조사 파장은 예컨대 UV 광 또는 적외선 광, 적절할 경우에 가시 스펙트럼 범위의 광이 될 수 있다.

[0027] 특히, 냉각 유닛 및/또는 가열 유닛은 또한 표면의 온도를 설정하기 위한 제어 장치에 연결될 수 있다. 제어장치는 쿨링 핑거에서 형성되는 표면에서 온도를 설정하기 위한 역할을 할 수 있고, 예컨대, 그 배경 가스가 아닌 검출될 가스 성분이 동결된다. 배경 가스가 동결되거나 응축되는 온도는 사용된 배경 가스의 응축 온도에 의존하며, 이것은 헬륨의 경우 대략 4.2K이고 할로겐의 경우 대략 20.3K이고, 아르곤의 경우 대략 87.3K이며 크립톤의 경우 대략 120K이다. 상기 값을 넘는 온도를 선택함으로써, 가스 성분의 선택적인 축적이 배경 가스에 의한 손상 없이 발생하는 것이 가능하다.

[0028] 냉각가능한 표면을 조사하기 위한 조사 장치에 대한 대안으로서 또는 이에 더하여, 장치는 또한 가스 결합 물질

로부터 검출되는 물질의 탈착을 위한 조사 장치, 특히, 전자총 또는 레이저를 포함할 수 있다. 적절한 조사 장치는 특히 광원 또는 전극원을 포함하고, 이것의 도움으로, 검출될 물질은 가스 결합 물질 또는 냉각가능한 표면으로부터의 비열적 또는 적절할 경우에 열적 탈착으로 제거되고, 이러한 경우에, 적절한 경우, 동시 이온화될 수 있어서 조사 장치는 동시에 이온화 장치로서 역할을 한다.

[0029] 추가 실시예에서, 챔버는 검출된 양의 가스 성분에 의존하는 방식으로 제어가능한 가스 유입구 및/또는 가스 유출구, 즉, 제어 신호에 의존하는 방식으로 개방 또는 폐쇄될 수 있는 가스 유입구 및/또는 가스 유출구를 갖는다. 이것은 특히 원자 층 퇴적의 형태인 표면 처리의 경우에 유리하며, 여기서, 상기 기재된 바와 같이 프리커서 및 적어도 하나의 추가 반응제는 챔버 내에 교번하여(펄스 방식으로) 도입되며, 사용되지 않은 프리커서 및/또는 반응제를 제거하기 위한 퍼징 휴지기는 2개의 연속하는 펄스 사이에 존재한다. 2개의 휴지기가 다소 짧은 경우에 2차원 단층 퇴적이 일반적으로 불가능하지만, 퍼징 휴지기는 가능한 짧아야 한다(통상적으로 수초의 범위). 그러나, 퍼징 휴지기가 과도하게 길 경우, 10^{-12}mbar 내지 10^{-14}mbar의 부분 압력 범위의 단층당 오염 레벨이 증가하고, 그 결과, 퇴적 품질이 저하되고 스루풋 시간이 불필요하게 증가한다. 예컨대, 프리커서, 반응제 및/또는 오염 반응 물질의 검출될 가스 성분의 부분 압력 또는 농도를 측정함으로써, 퍼징 처리 또는 처리 가스(프리커서 및 추가 반응제를 갖는 캐리어 가스)의 도입을 위한 (밸브) 스위칭 공정을 모니터링하거나 최적화하는 것이 가능하다.

[0030] 추가 실시예에서, 처리 가스 분석기는 검출될 가스 성분의 이온 트랩으로의 펄스형 피딩을 위한 제어가능한 유입구를 갖는다. 이러한 경우에, 제어가능한 유입구는 제어 신호에 의존하는 방식으로 개방되거나 폐쇄될 수 있는 유입구가 되어서, 펄스 시퀀스로 가스 성분을 검출하는 것을 수행할 수 있고 및/또는 미리 한정가능한 일시적인 간격으로 검출될 물질의 축적 또는 탈착을 수행할 수 있는 것으로 이해된다. 물론, 제어가능한 유입구는 적절할 경우 챔버의 제어가능한 가스 유입구 또는 제어가능한 가스 유출구와 일치할 수 있다.

[0031] 추가 실시예에서, 내부의 잔류 가스의 총 압력은 10^{-3} mbar를 초과하고, 바람직하게는, 500 mbar를 초과하고, 특히 900 mbar를 초과(통상적으로 최대 대략 1000 mbar)한다. 특히, CVD 공정에서, 내부의 잔류 가스의 총 압력은 매우 높으며 절절할 경우에 대기 압력과 일치한다. 이러한 배경 압력에서, 종래의 처리 가스 분석기는 적은 양의 잔류 가스를 검출하도록 의도될 경우 실패한다. 그러나, 이온 트랩의 도움으로, 심지어 높은 총 압력에서도, 심지어 상당히 낮은 부분 압력으로 실시간으로 가스 성분을 검출하는 것이 가능하다. 더 낮은 압력, 예컨대, 10^{-3} mbar 이상은 또한 표면 처리를 위해 개별적으로 사용된 공정에 따라 챔버에서 사용될 수 있다.

[0032] 추가 실시예에 있어서, 내부의 가스 성분의 부분 압력은 10^{-9} mbar 미만이고, 바람직하게는, 10^{-12} mbar 미만이고, 특히 10^{-14} mbar 미만이다. 내부에서 높은 잔류 가스 압력에서 이러한 낮은 부분 압력을 갖는 (예컨대, cm^3당 수백 개의 입자만을 갖는) 가스 성분의 검출은 상기 기재된 방식으로 (실시간으로) 발생한다.

[0033] 추가 측면은 기판상의 표면 처리를 모니터링하는 방법으로 실현되고, 상기 방법은 기판을 배열하기 위하여 챔버의 내부에 형성된 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 가스 성분을 검출하기 위한 잔류 가스 분석을 수행하는 단계를 포함하고, 검출될 가스 성분은 이온화 장치에 의해 이온화되고 이온 트랩에서 잔류 가스 분석을 수행하기 위해 저장된다. 이온 트랩은 처리 가스 분석기에 의한 검출 동안 민감도를 증가시키는 것을 가능하게 한다. 결과적으로, 표면 처리 공정의 시작 동안 및/또는 시작 전에 배경 가스의 오염 물질 및 표면과의 화학 반응에 협력하는 물질, 예컨대 도펀트의 농도를 모니터링하고 표적 처리 조건으로부터의 이탈로 인하여 공정이 계속되거나 시작될 수 있는지의 여부를 특히 적절할 때에 확인하는 것이 가능하다. 특히, 표적 처리 조건으로부터의 이탈의 경우에, 경고가 오퍼레이터에게 발행될 수 있다.

[0034] 이온 트랩, 특히 FT 이온 트랩의 사용은, 가스 성분의 "실시간 측정" 또는 "실시간 검출"을 수행하는 것을 가능하게 한다. 상기 기재된 모든 코팅 방법 또는 제거 방법에서, 제 2 범위의 스캔 시간을 갖고 검출될 물질의 양/농도의 고속 검출 또는 고속 결정은 도포된 층 또는 층 제거(예컨대 식각 공정)의 퇴적 두께(나노미터의 층 두께)의 정확한 제어에 유리하다. 잔류 가스 분위기의 선택된 오염 성분(예컨대, 질화물 퇴적의 경우 물 또는 산호)의 오염 레벨은 또한 이러한 방식으로 신속하고 정확하게 결정될 수 있다. 오염 물질의 측정된 오염 레벨 또는 측정된 농도를 기초로, 심지어 공정의 시작 전에, 공정이 시작되는 것의 허용 여부 또는 챔버가 적절할 경우 퍼징되어야 하는지의 여부를 결정할 수 있다. 더욱이, 이온 트랩 질량 분석계에 의해, 특히, FT 이온 트랩에 의해, 플라즈마가 생성되는 크리티컬 코팅 또는 식각 공정 동안, 플라즈마의 정확한 가스 조성물이 모니터링되거나 조절될 수 있다. 플라즈마의 결과로서 또는 증발, 스퍼터링, 식각 등의 결과로서 발생하는 중간 산물이

또한 검출되어서 공정 파라미터의 정확하고 최적화된 조절을 허용한다.

[0035] 일 변형에서, 이온화를 위한 이온화 장치에 의해 제공된 에너지는 검출될 가스 성분, 더욱 정확하게, 가스 성분의 이온화 에너지에 의존하는 방식으로 설정된다. 이것은 금속 유기 화학 기상 퇴적의 경우에 또는 원자 층 퇴적의 경우에 특히 유리하여 표적화된 방식으로 금속 유기 화합물을 이온화하므로 오직 단일 분해된 금속 유기 이온이 생성되고 검출되고 또는 모니터링된다. 이러한 방식으로, 처리 가스 분석기의 금속 퇴적의 위험을 줄이고 그러므로 그 수명 또는 처리 가스 분석기의 수명을 증가시킨다. 더욱이, 이런 식으로, 질량 스펙트럼이 더욱 명확해지고 그러므로 측정 작업을 용이하게 한다.

[0036] 추가 변형에서, 챔버는 검출된 양의 가스 성분에 의존하는 방식으로 구동되는 제어가능한 가스 유입구 및/또는 제어가능한 가스 유출구를 갖는다. 가스 유입구 및/또는 가스 유출구는 통상적으로 제어 신호에 의해 개방되거나 폐쇄될 수 있는 밸브를 갖는다. 밸브는 예컨대 원자 층 퇴적의 경우 퍼징 공정의 스위칭 기간을 최적화하도록 검출된 가스 성분의 측정된 부분 압력에 따른 방식으로 구동될 수 있다.

[0037] 추가 변형에서, 표면 처리는 기판에 도포된 코팅을 제거하는 단계를 포함하고 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 검출된 가스 성분은 기판 또는 코팅의 성분이다. 상기 기재된 고속 및 민감 검출 방법에 의한 잔류 가스의 분석은 코팅 상의 물질 제거 동안, 예컨대 식각 공정 동안 과식각을 검출하고 또는 이를 회피하기 위해 유리하다. 패터닝될 층 또는 전체 코팅의 (적절할 경우 지역적인) 과식각 또는 식각 관통은 기판 또는 개별 층의 물질의 질량 스펙트럼을 갖는, 기판 또는 코팅의 개별 층에 포함된 적어도 하나의, 바람직하게는 복수의 물질(또는 관련된 질량 수)의 농도를 표시하는 전류 질량 스펙트럼을 비교하여 식별될 수 있다. 검출된 질량 스펙트럼에서 기판에 특정한 시그니처가 나타난 직후, 식각 공정은 중단되거나 적절한 경우에 코팅의 상이한 위치에서 계속될 수 있다. 코팅의 층의 개별적인 층 물질 또는 층 물질의 개별적인 성분을 비교함으로써, 식각 공정의 처리는 추가적으로 감시될 수 있다. 특히, 코팅에 제공되는 식각 스탑 층에 도달하는 사실이 이런 식으로 식별될 수 있다.

[0038] 본 발명의 추가 특성 및 장점은 본 발명에 필수적인 상세를 도시하는 도면을 참조하는 본 발명의 예시적인 실시예의 이하의 기재로부터 그리고 청구범위로부터 명백하다. 개별 특징은 스스로 개별적으로 각각의 경우에 또는 본 발명의 변형의 임의의 원하는 복수의 조합으로서 실현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 예시적인 실시예는 개략도로 설명되고 이하의 상세한 설명에서 기재된다. 도면에서,

도 1은 기판상의 원자 층 퇴적을 위한 장치의 개략도를 도시한다.

도 2는 코팅된 기판상의 플라즈마 식각 공정을 수행하기 위한 장치의 개략도를 도시한다.

도 3은 처리 가스 분석기를 위한 FT-ICR 트랩의 개략도를 도시한다.

도 4는 질량 선택적인 버퍼 가스 냉각 방법을 수행하기 위한 페닝 트랩의 개략도를 도시한다.

도 5a 내지 도 5c는 가스 성분의 흡착 및 이어지는 탈착을 위한 쿨링 핑거(a) 및 가스 결합 물질(b, c)을 갖는 처리 가스 분석기의 개략도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 도면의 이하의 기재에서, 동일한 참조 번호가 동일하거나 기능적으로 동일한 구성요소 부분에 대하여 사용된다.

[0041] 도 1은 처리 챔버(5)의 내부(4)에서 홀더(3) 상에 배열되는 기판(2)(본 명세서에서는 실리콘 웨이퍼) 상에서의 원자 층 퇴적을 위한 장치(1)를 개략적으로 도시한다. 홀더(3) 및 처리 챔버(5)의 벽은 (적절할 경우 상이한) 온도로 가열될 수 있다. 홀더(3)는, 기판(2)이 코팅 동안 회전 움직임에 영향을 주도록 유도하도록 모터에 연결될 수 있다. 또한 장치(1)는 금속 유기 프리커서 물질을 포함하는 컨테이너(6)를 포함하고, 이것은 본 예시에서 테트라키스(에틸메틸아미노)하프늄(TEMAH)이다. 프리커서 물질을 컨테이너(6)로부터 처리 챔버(5)로 운반하기 위하여, 비활성 캐리어 가스, 예컨대, 아르곤이 사용되고, 이것은 제어가능한 밸브(7)를 통해 컨테이너(6)에 공급될 수 있다. 추가 컨테이너(8)는 원자 층 퇴적 동안 반응제로서 오존 가스(O_3)를 제공하는 역할을 한다.

[0042] 프리커서를 갖는 캐리어 가스와 오존 가스는 각각 제어가능한 밸브(9a, 9b)의 형태로 제어가능한 유입구에 의해

처리 챔버(5)내에 주입될 수 있다. 분배 매니폴드(10)는 기판(2)의 방향에서 가능한 균질하게 유입 가스를 분포시키기 위하여 챔버(5)에 배열된다. 제어가능한 밸브(9a, 9b)를 통해, 퍼징 가스, 예컨대, 아르곤은 또한 처리 챔버(5)와 개별적인 피드 라인을 퍼징하기 위하여 처리 챔버(5)에 공급될 수 있다. 가스 유출구를 형성하는 추가 제어가능한 밸브(11)는 처리 챔버(5)로부터 가스를 제거하기 위한 진공 펌프(12)에 연결된다. 처리 챔버(5)의 잔류 가스 분위기를 모니터링할 목적으로, 제 1 처리 가스 분석기(13a)는 처리 챔버(5)에 플랜징된다. 잔류 가스를 모니터링하기 위한 제 2 처리 가스 분석기(13b)는 유출구 밸브(11)의 다운스트림의 추출 라인에 배열된다. 제 1 및 제 2 처리 가스 분석기(13a, 13b)는 챔버(5)의 잔류 가스 분위기에 포함되고 (또는 저리 가스 분석기(13b)의 경우에 챔버(5)에 포함되었던) 적어도 하나의 가스 성분의 양 또는 부분 압력을 검출하거나 결정하는 역할을 한다.

[0043] 기판(2)에 하프늄 산화물(HfO_2)로 구성된 코팅(14)을 도포하기 위하여, 이하의 절차가 사용된다: 먼저, TEMAH 프리커서를 갖는 캐리어 가스가 제 1 밸브(9a)를 통해 처리 챔버(5)에 공급된다. 이후에, 제 1 밸브(9a)는 스위칭되고 퍼징 가스는 제 1 밸브(9a)(화살표 참조)를 통해 처리 챔버(5)에 공급되고 캐리어 가스 및/또는 프리커서의 잔여물과 함께 가스는 진공 펌프(12)에 의해 개방 출구 밸브(11)를 통해 추출된다. 퍼징 이후에, 출구 밸브(11)가 폐쇄되고 오존 가스는 제 2 밸브(9b)를 통해 챔버(5)내에 도입되고, 오존 가스는 기판(2)의 노출된 표면상에서 프리커서와의 화학 반응에 들어간다. 챔버(5)는 이후에 퍼징 가스에 의해 퍼징되고, 이것은 제 2 밸브(9b)(화살표 참조)를 통해 챔버에 공급되고 오존 잔여물 및/또는 형성될 가능성이 있는 반응 산물과 함께 열린 출구 밸브(11)를 갖는 진공 펌프(12)에 의해 추출된다. 상기 기재된 공정 동안, 하프늄 산화물로 구성된 단층은 기판(2) 상에 퇴적된다. 출구 밸브(11)가 폐쇄된 이후에, 이러한 공정은 구체적으로 HfO_2 코팅(14)이 원하는 두께(d)에 도달할 때까지 여러 번 반복될 수 있다.

[0044] 프리커서를 갖는 캐리어 가스를 주입하기 위한 시간 지속기간, 오존 가스를 주입하기 위한 시간 지속기간 및 퍼징 공정의 시간 지속기간은 통상적으로 제 2 범위에 있다. 제어 장치(15)는 퇴적 공정의 상기 기재된 단계 사이에서 스위칭되도록 밸브(7, 9a, 9b, 11)를 구동하는 역할을 한다. 제어 장치(15)는 처리 가스 분석기(13a)를 처리 챔버(5)에 연결하는 추가 밸브(16)를 구동하는 역할을 한다. 물론, 제어 장치(15) 열린 위치와 폐쇄된 위치 사이의 밸브(7, 9a, 9b, 11, 16)를 스위칭할 수 있을 뿐만 아니라, 적절할 경우 개별적인 밸브(7, 9a, 9b, 11, 16)를 통해 흐르는 질량 흐름 또한 전자 제어 장치(15)에 의해 제어될 수 있다.

[0045] 처리 챔버(5)의 잔류 가스의 총 압력은 통상적으로 대략 10^{-3} mbar 에서 100 mbar 사이며, 500mbar 또는 900mbar 이상의 비교적 높은 총 압력이 또한 가능하다. 챔버(5)의 총 압력은 압력 센서(미도시)에 의해 모니터링될 수 있고 적절한 경우에 밸브(7, 9a, 9b, 11)의 적절한 제어에 의해 제어 장치(15)에 의해 변경될 수 있다.

[0046] 챔버(5)에 플랜지된 제 1 처리 가스 분석기(13a)는 이하에서 상세히 기재될 것이다. 챔버(5)에 위치된 이온화 장치(17)는 처리 가스 분석기(13a)의 업스트림에 배치되고, 상기 이온화 장치는 잔류 가스 분위기의 가스 성분을 이온화하는 역할을 한다. 이온화된 가스 성분은 처리 가스 분석기(13a)에 배열될 이온 트랩(18)에 더욱 정확하게 위치시키기 위해 처리 가스 분석기(13a)에 공급되고, 이것은 예컨대 적절할 경우 진공 튜브와 결합한 이온 광학 유닛의 형태로 피드 장치(미도시)를 사용하여 행해질 수 있다. 처리 가스 분석기(13a)에 할당된 밸브(16)는 제어 장치(15)에 의해 적절한 순간에 개방되고 폐쇄되어서 이온 트랩(18)의 이온의 (시간에 따라 펄스된) 적절한 축적을 가능하게 한다. 이온 트랩(18)의 이온의 축적의 결과로, 잔여 가스 분석 동안 측정 민감도를 상당히 증가시키는 것이 가능하다. 이온 트랩(18)으로의 이온화된 가스 성분의 가스 흐름을 야기하기 위하여, 처리 가스 분석기(13a)는 진공 펌프(미도시)에 연결될 수 있다. 이온 트랩(18)에 저장된 이온은 처리 가스 분석기(13a)내에 통합된 질량 분석계(미도시)에서 검출되거나 이온 트랩(18)에서 바로 검출될 수 있다.

[0047] 예시로서, 특히 펄스 레이저는 이온화 장치(17)로서 사용될 수 있고, 상기 레이저는 포커싱된 레이저 빔에 의해 내부(4)에서 개별 가스 성분을 이온화하는 것을 가능하게 만든다. (충돌 이온화에 의한 가스 분자를 이온화하기 위한) 전자총 또는 플라즈마 생성기는 또한 이온화 장치(17)로서 사용될 수 있다. 플라즈마 생성기는 특히 높은 압력(대기압에 가까움)에서도 심지어 플라즈마를 생성하기 위해 설계될 수 있다. 대기압 플라즈마를 생성하기 위하여, 이온화 장치(17)는 2개의 전극을 가질 수 있고, 예컨대, 그 사이에서 라디오 주파수 방전이 코로나 방전을 생성하도록 점화된다. 유전적으로 방해된 라디오 주파수 방전의 사용 또는 플라즈마 여기의 압전 물질의 사용 또한 가능하다.

[0048] 플라즈마 생성기의 경우에, 이온화를 위해 제공되는 에너지가 설정될 수 있고, 특히 플라즈마의 여기를 위해 이용가능하게 만들어진 에너지(전압 및 또한 적절할 경우 주파수)의 선택에 의한 특정 제한 내에서 검출될 잔류

가스 분위기의 가스 성분과 조정될 수 있다. 예시로서, 높은 여기 에너지가 사용될 때, 잔류 가스 분위기의 가스 분자의 실질적으로 모든 형태의 이온화(광대역 이온화)가 발생할 수 있거나 선택된 분자의 협대역 이온화가 수행되고, 여기서, 특히, 캐리어 가스(예컨대 아르곤)의 분자는 이온화되지 않는다. 레이저의 형태인 이온화 장치(17)는 또한 조절가능하거나 설정가능한 레이저 파장을 생성하기 위하여 설계되어서 이온화를 위해 제공되는 에너지를 변경하고 또는 개별적으로 검출될 가스 성분의 이온화 에너지에 상기 에너지를 조절할 수 있다. 이것은 전자총의 사용에도 적용되며, 여기서 전자의 키네틱 에너지는 표적화된 방식으로 변경될 수 있고 원하는 이온화 에너지와 조절될 수 있다.

[0049] 조절의 결과로, 이온 트랩(18)에서 축적되도록 의도되는 이러한 가스 성분(예컨대 오염 물질 또는 처리 관련 가스 성분, 예컨대 프리커서 또는 다른 반응제)이 표적화된 방식으로 이온화될 수 있다. 도 1에 도시된 원자 층 퇴적의 경우 또는 금속 유기 화학 증기 퇴적의 경우에, 이온화에 사용되는 에너지의 선택을 토해, 금속 유기 화합물(예컨대, 프리커서)은 표적화된 방식으로 이온화될 수 있으므로 오직 단일 분해된 금속 유기 이온이 생성되어서 또한 검출되거나 모니터링된다. 이런 식으로, 처리 가스 분석기(13a)의 금속 퇴적의 위험을 감소시켜서 그 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

[0050] 양의 결정을 더욱 정확하게 하는 가스 성분 또는 개별적으로 검출된 가스 성분의 부분 압력의 검출은 퇴적 공정의 개방 루프 또는 폐쇄 루프 제어를 위해 사용될 수 있다. 예시에 의해, 금속 유기 프리커서 또는 잔류 가스 분위기의 오존 또는 적절할 경우 H_2O와 같은 처리 관련 반응물의 농도를 기초로, (개별적인 부분 압력이 미리한정된 한계값 이하로 떨어진 직후) 퍼징 단계가 종료될 수 있는 시점을 확인할 수 있다. 시그널링에 있어서 처리 가스 분석기(13a)와 연결되는 제어 유닛(15)이 적절한 순간에 개별적인 유입구 밸브(9a, 9b) 및 유출구 밸브(11)를 개방하고 폐쇄할 수 있으므로, 퍼징 단계에서 사용되는 시간 지속기간을 최적화한다. 물론, 상기 기재된 2개의 주입 단계의 시간 지속기간의 최적화 또한 유사하게 가능하다.

[0051] 처리 가스 분석기(13a)의 도움으로, 원자 층 퇴적 동안 처리 활성화가 발생할 수 있을 뿐만 아니라, 또한, 예컨대 기타 코팅 공정 동안, 예컨대, (플라즈마 개선된) CVD 공정, 금속 유기 CVD 공정 동안, 또는 통상적으로 마찬가지로 도 1로부터의 (적절할 경우 약간 변형된) 장치(1)에서 수행될 수 있는 금속 유기 화학 기상 에피택시에 동안 최적화를 수행할 수 있다. 이것은 물리 기상 퇴적을 기초로 하는 코팅 공정에도 적용한다. 이러한 모든 경우에서, 공정 파라미터(온도, 압력 등)는 잔류 가스 분위기의 감지된 가스 성분을 기초로 적절하게 적응되거나 최적화될 수 있다.

[0052] 반응성 이온 식각을 위한 플라즈마 에칭 장치(1a)를 도시하는 도 2를 참조하여 이하에서 기재되는 바와 같이, 이온 트랩(18)을 갖는 처리 가스 분석기(13a)의 사용은 기판(2)에 코팅(14)을 도포하기 위한 것뿐만 아니라 기판(2)으로부터 코팅(14)을 제거하기 위해서도 유리할 수 있다. 기판(2)은 실리콘 웨이퍼가 될 수 있고, 예컨대, 코팅(14)은 (UV 또는 EUV 방사선에 의해) 예컨대 마이크로리소그래피 장치의 선행하는 노광 공정에서 처리되는 포토레지스트가 될 수 있다. 조사 이후에, 코팅(14)은 제 1 영역 - 이것의 특성은 노광에 의해 변경되지 않음 - 및 제 2 영역 - 포토레지스트의 화학적 특성은 노광에 따라 변함 - 을 갖는다. 제 1 또는 제 2 영역은 코팅(14)을 패터닝하기 위해 플라즈마 식각 장치(1a)에서 표적회된 방식으로 제거될 수 있다.

[0053] 이러한 목적으로, 플라즈마 식각 장치(1a)는 내부(4)를 갖는 플라즈마 챔버(5)를 포함하고, 여기서 식각 가스는 코팅(14)의 제거를 위해 또는 제거될 코팅 영역을 통해 공급되고 여기서 플라즈마가 생성된다. 이러한 경우에, 반응성 식각 가스는 가스 유입구(9)를 통해 플라즈마 챔버(5)로 주입되고 제 1 상부 전극(20a)에 유입 매니폴드(10)를 통해 가이드되고, 여기서, 복수의 스루 개구가 형성되어서 가능한 균질하게 식각 가스를 분포시킨다. 기판(2)은 제 2 하부 전극(20b) 상에 배열되고, 이것은 그 부분에 있어서 홀더의 역할을 하는 플레이트(3)를 갖고 여기서 식각 가스를 위한 스루 개구는 전극(20b)을 따라 미미하게 형성된다. 스루 개구를 통해, 식각 가스는 가스 유출구(11)로 통과할 수 있고 플라즈마 챔버(5)로부터 방전될 수 있다.

[0054] 플라즈마를 생성하기 위하여, AC 전압(통상적으로 MHz 범위의 주파수를 가짐)이 하부 전극(20b)에 적용되고, 상기 전압은 전압 생성기(21)에 의해 생성된다. 2개의 전극(20a, 20b) 사이의 인터스페이스에서, 식각 가스 플라즈마는 각각의 경우에 플라즈마 또는 코팅(14)과 식각 가스의 화학 반응을 촉진하는 식각 가스의 이온화를 형성한다. 코팅(14)에 식각 동안 미리한정된 구조가 제공될 수 있도록 코팅(14)에는 특정 표면 영역에서 식각 배리어(식각 스탑층)이 제공된다.

[0055] 플라즈마 챔버(5)에서, 처리 가스 분석기(13a)가 제공되고, 이것은, 도 1에서와 마찬가지로, 내부(4)에서 형성된 잔류 가스 분위기의 가스 성분을 저장하기 위한 역할을 하는 이온 트랩(18)을 포함한다. 식각 가스가 전극(20a, 20b) 또는 플라즈마 생성기(21)에 의해 플라즈마 챔버(5)에서 이온화될 경우, 별도의 이온화 장치가 생략

될 수 있고, 이것에는 적절한 방식으로 처리 가스 분석기(13a)에 (예컨대, 이온 광학 유닛(19)에 의해) 전달된다. 물론, 추가적인 이온화 장치는 또한 적절할 경우 내부(4)의 개별적인 가스 성분을 선택적으로 이온화하기 위해 제공될 수 있다.

[0056] 처리 가스 분석기(13a)는 플라즈마 식각 처리의 개방 루프 또는 폐쇄 루프 제어 또는 조절을 위한 역할을 할 수 있고, 특히 과식각은 처리 가스 분석기(13a)가 기판(2)이 식각 공정 동안 공격받거나 초기 식각되는지의 여부를 확인하기 위하여 사용될 경우 회피될 수 있다. 이러한 목적으로, 처리 가스 분석기(13a)에 의해 기록되는 질량 스펙트럼은, 예컨대 기판 물질의 질량 스펙트럼의 피크의 시그니처와 비교되는 현재 기록되는 질량 스펙트럼의 개별 피크의 상대 높이에 의해 사용되는 기판 물질의 질량 스펙트럼의 시그니처와 비교될 수 있으며, 이 시그니처는 예컨대 메모리 장치에 저장될 수 있다. 기판 물질의 시그니처에 대한 일치가 확인될 경우, 식각 방법은 종료될 수 있고 과식각이 회피될 수 있다. 물론, 절절할 경우에 기판 물질의 시그니처만이 아니라 코팅의 개별적인 성분, 예컨대 코팅의 특정 층 형태의 시그니처는 식각 공정을 관찰하기 위하여 비교를 위해 사용될 수 있고, 적절한 경우 코팅에서 제공되는 식각 스탑 층이 도달하는 것을 감지하기 위해 사용될 수 있다. 이상적으로, 즉, 과식각이 특히 금속도로 식별되면, 적절할 경우 식각 스탑 층을 완전히 생략하는 것도 가능하다.

[0057] 과식각을 검출할 때 그리고 도 1과 연계되어 기재되는 사용의 경우에, 가능한 신속하게, 이상적으로 실시간으로, 즉, 수초 또는 수밀리초로 질량 스펙트럼을 얻고 평가하는 것이 유리하다. 이것을 성취하기 위하여, 이온 트랩(18)의 특히 적절한 형태는, FT-ICR 트랩으로 지정되는 것이고, 이는 도 3과 연계되어 이하에서 더욱 상세히 기재된다. FT-ICR 트랩의 경우에, 이온(23)은 XYZ 좌표계의 Z-방향을 따라 나아가고 질량 의존 순환 주파수를 갖는 원형 경로 상에서 Z-방향의 FT-ICR 트랩(18)내에 주입되는 이온(23)을 가압하는 균질한 자기장(B)에서 트래핑된다. FT-TCR 트랩(18)은 더욱이 6개의 전극(24)을 갖는 장치를 포함하고(3개의 쌍에 배열되고, 개별 쌍의 2개의 전극은 특히, 상응하는 공간적 치수(X,Y,Z)에서 50cm 미만으로, 특히 20cm 미만으로 바람직하게 이격됨), 교번하는 전기장은 자기장(B)에 수직으로 적용되고, 사이클로트론 공진은 이런 식으로 생성된다. 방사하는 교호 필드의 주파수와 사이클로트론 각도 주파수가 상응하는 경우에, 공진 상황이 발생하고 관련 이온 사이클로트론 반경이 교번하는 필드로부터 제거되는 에너지의 결과로 증가한다. 이러한 변화는 FT-ICR 트랩(18)의 전극(24)에서 조절가능한 신호를 이끌어 내고, 증폭기(25)를 통해 FFT("고속 푸리에 변환") 분석계(26)에 공급되는 전류 흐름을 이끌어 낸다. 분석계(26)에서 수신되는 시간 의존적 전류는 주파수(F)에 따른 질량 스펙트럼을 얻기 위해 푸리에 변환되고, 상기 질량 스펙트럼은 도 3의 하부 우측에 도시된다. FT-ICR 트랩(18)은 추가적인 질량 분석계의 사용 없이 질량 스펙트럼을 직접 검출하거나 직접 기록하는 것을 가능하게 하므로, 고속 잔류 가스 분석이 가능해진다. 더욱이, 개별적인 이온 또는 특정 질량 수를 갖는 이온은, 예컨대 트랩(18)으로부터 불안정한 경로 상으로 제거될 선택된 이온을 보내기 위하여, 전극(24)에 적용되는 교번 필드에 의해 FT-ICR 트랩(18)으로부터 제거될 수 있다. 푸리에 분석계의 도움에 이한 질량 스펙트럼의 고속 기록은 상기 기재된 바와 같이 ICR 트랩의 경우뿐만 아니라 이온 트랩의 다른 형태의 경우에도 사용된다.

[0058] FR-ICR 셀(18)의 이온(23)의 축적에 의한 가스 성분의 상기 기재된 검출에 대한 대안으로서, 도 4를 참조하여 이하에서 기재될 이온 트랩(18)에서 직접적으로, 즉, 축적없이 이온을 감지하는 것 또한 가능하다. 도 4는 Cern(http://isoltrap.web.cern.ch/isoltrap/)에서의 실험적인 셋업 ISOLTRAP에서 사용되는 것과 같은 페닝 형태의 냉각 트랩의 형태인 이온 트랩(18)을 도시한다. 일시적으로 일정한 자기장은 초전도 마그넷(미도시)에 의해 여기서 생성된다. 일정한 전기장은 중심 링 전극(27) 및 복수의 개별 전극(28)에 의해 생성되고, 이것은, 이온 트랩(18)의 대칭 축을 따라, 전기장이 수립되고, 이것의 전위 프로파일(29)은 Z-방향을 따라 도 4의 우측상에 도시되고 외부 및 내부 전위를 갖는 방식으로 배열된다. 소위 질량 선택적인 버퍼 가스 냉각 방식에 의해, 냉각 가스, 예컨대 헬륨은 이온 트랩(18)으로 주입되고, 2중극 전기장에 의한 마그네트론 여기와 4중극 전기장에 의한 사이클로트론 여기를 결합함으로써 개별적인 챔버(5)의 내부(4)의 높은 잔여 가스 압력에서도 상이한 질량-전하 비를 갖는 공간적인 분리를 발생시키는 것이 가능하며, 이것은, 알렉산더 콜 박사의 논문 "Direkte Massenbestimmung in der Bleigegend und Untersuchung eines Starkeffekts in der Penningfalle(리드 지역과 페닝 트랩의 스탁 효과의 연구, 하이델베르크 대학교, 1999)"에서 더욱 포괄적으로 기재되며, 이것은 본 출원의 내용에 참조로서 통합된다. 이온 트랩(18)은 그러므로 잔류 가스 분위기의 추가 가스 성분으로부터 검출될 가스 성분을 공간적으로 분리하기 위한 질량 필터의 역할을 한다.

[0059] 상기 기재된 이온 트랩(18)의 형태를 제외하면, 다른 형태의 이온 트랩, 예컨대, 페닝 트랩, 토로이달 트랩, 4중극 이온 트랩 또는 폴 트랩, 선형 트랩, 오르비트랩, EBIT 또는 검출될 가스 성분을 저장하기 위한 다른 형태의 이온 트랩을 사용하는 것이 가능하다. 더욱이, 절절할 경우, 종래의 질량 필터, 예컨대, 4중극 질량 필터를

개별적인 이온 트랩(18)의 업스트림에 배열하여 한정된 질량-전하비를 갖는 이온만이 상기 트랩에 진입하는 것을 허용하는 것이 가능하다. 특히, 질량 스펙트럼의 직접 생성으로 인하여, FT-ICR 트랩은 현재 사용을 위하여 특히 유리하게 승인된다.

[0060] 도 5a 내지 도 5c는 펌프 채널에 배열된 도 1로부터의 처리 가스 분석기(13b)의 실시예의 예시를 도시하며, 이러한 실시예에서, 검출될 가스 성분이 흡수되고 또는 이온화 전에 흡수되어서 이것을 축적하므로, 후속하는 탈착에 따라, 상대적으로 많은 양의 검출될 물질이 검출에 이용가능하다.

[0061] 도 5a에서, 제어가능한 밸브(미도시)에 의해 펌프 채널로부터 분리가능하고 쿨링 핑거(31)가 탑재되는 추가 챔버(30)가 처리 가스 분석기(13b)에 배열된다. 쿨링 핑거(31)는 추가 제어 장치(32)에 연결되고, 이것은 쿨링 핑거(31)의 표면(31')에서의 온도를 설정하기 위하여 결합된 냉각/가열 소자(33)를 구동하므로, 검출될 잔류 가스 분위기의 적어도 하나의 가스 성분은 상기 표면을 냉각시키고 이런 식으로 축적될 수 있다. 이러한 경우에, 쿨링 핑거(31)의 온도가 설정될 수 있어서, 개별적인 가스 성분이 선택적으로 냉각되고 표면(31') 상에서 예컨대 배경 또는 캐리어 가스가 아닌 프리커서로서 또는 퇴적 공정의 반응제로서 참여하는 가스 성분을 응축한다. 이러한 목적으로, 쿨링 핑거(31)의 온도는 개별적인 배경 가스의 응축 온도보다 더 크게, 즉, 헬륨의 경우 대략 4.2K를 초과하고 아르곤의 경우에 대략 87.3K를 초과하는 것이 필수적이다.

[0062] 축적 후에, 챔버(30)와 펌프 채널 사이의 밸브가 폐쇄되고, 작은 챔버 용량에서, 쿨링 핑거(31)는 급속도로 해동되거나 온도 제어식 방식으로 가열되므로, 검출된 가스 성분은 표면(31')으로부터 탈착될 수 있고 이온 트랩(18)에 공급될 수 있으며, 여기서, 이온 장치(17)가 제공되어서 저장을 위해 축적된 가스 성분을 이온화하므로, 쿨링 핑거(31) 상에 축적된 추가 물질과 함께 적절한 경우 가스 성분이 검출될 수 있다. 결합된 냉각/가열 소자(33)에 의한 쿨링 핑거(31)의 가열에 대한 추가 또는 대안으로서, 특히 펄스 방식으로 동작될 수 있는 레이저(37)로부터의 집중된 방사선에 후자를 노광함으로써 표면(31')으로부터 검출될 수 있는 물질 또는 물질들을 탈착하는 것 또한 가능하다.

[0063] 대안으로서, 도 5b에 도시된 바와 같이, 챔버(30)의 축적은 또한 예컨대 저장 또는 흡수체 장치로서 가스 결합 물질(31a), 예컨대 제올라에트에서 발생할 수 있다. 가스 결합 물질(31a)로부터 검출될 물질의 탈착에 있어서, 후자는 전자총(35)(및/또는 레이저(미도시)에 의해) 충격을 받게 된다. 전자총(35)은 축적을 위한 충분히 긴 시간의 지속기간이 경과한 직후 제어 장치(32)에 의해 활성화된다. 그러므로, 챔버(30)는 이온 트랩(18) 또는 적절할 경우 그에 연결되는 질량 분석계(미도시)에서 검출될 탈착된 가스 성분을 감지하도록 상기 기재된 방식으로 펌프 채널로부터 분리된다.

[0064] 축적이 도 5b의 가스 결합 물질(31)에서 수동으로 발생하는 동안에, 검출될 물질의 활성 축적이 또한 가스 결합 물질(31b)을 통해 펌프 장치(36)에 의해 펌핑되는 잔류 가스에 의해 발생할 수 있고(도 5c를 참조), 이러한 물질은 필터로서 역할을 하며 마찬가지로 필터링을 가능하게 하기에 충분하게 다공성이므로, 제올라이트로 구성된다. 마찬가지로, 펌프 장치(36)는 가스 결합 물질로부터 검출될 물질을 릴리스하기 위해 사용되고, 상기 펌프 장치는 반대 방향으로 탈착을 위한 더 높은 용량을 갖고 동작되므로, 검출될 물질은 챔버(30)내로 펌핑되고, 여기서, 이것은 도 5a, 도 5b와 관련하여 상기 기재된 방식으로 검출될 수 있다. 물론, 검출될 물질을 사용하기 위하여 그리고 이것을 이어서 탈착하기 위한, 도 5a 내지 도 5c에 도시된 가능성 또한 결합될 수 있다. 특히, 예시로서, 흡수/탈착은 또한 가스 결합 물질(31a, 31b)의 냉각/가열에 의한 지원을 받는다. 더욱이, 이온화 장치(17)는 이온 트랩(18)보다 큰 챔버(30)에서 도 5a 내지 도 5c에 도시된 것과 상이한 방식으로 배열될 수 있다.

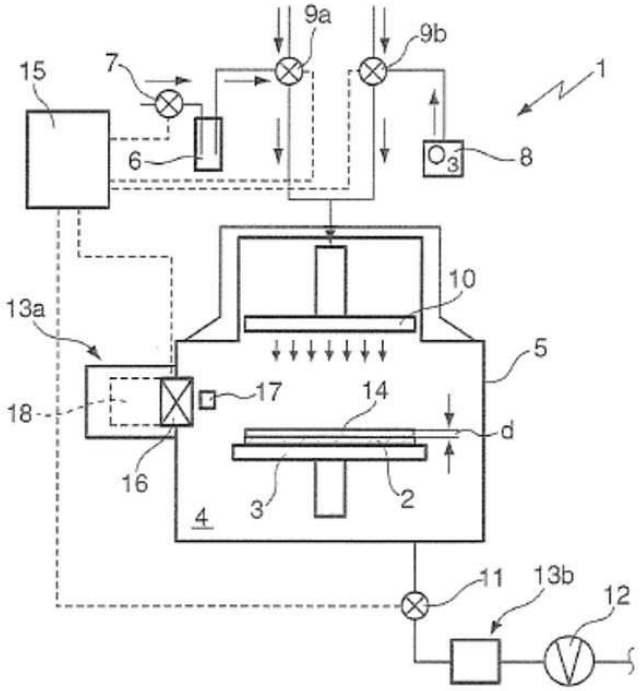
[0065] 처리 가스 분석기(13a, 13b)는 검출될 가스 성분, 예컨대 금속 유기 화합물 또는 오염 성분의 부분 압력이 개별적인 처리 공정에서 요구되는 허용 범위 내에 있는지의 여부를 확인하기 위해 사용될 수 있다. 이온 트랩의 사용은 특히 잔류 가스 분위기의 극소량의 가스 성분을 검출하는 것을 가능하게 하고, 이것의 부분 압력은 10^{-9} mbar 미만이고, 바람직하게는, 10^{-12} mbar 미만이고, 적절할 경우 심지어 10^{-14} mbar 미만이다. 특히, 표면 처리 공정 또는 개별적인 처리 단계의 시작 전에, 진공이 내부(4)에서 생성될 동안, 개별적인 처리 공정 또는 처리 단계가 시작될 수 있는지 확인하는 것이 가능하다. 처리 가스 분석기(13a, 13b)에서의 잔류 가스 분석의 결과, 특히 또한 내부(4)의 개별 가스 성분의 양 또는 부분 압력을 추정하는 것이 가능하다.

[0066] 요약하자면, 상기 기재된 방식으로, 잔류 가스 분위기가 500 mbar 이상의 높은 배경 압력을 갖더라도, 정위치에서 기판상의 표면 처리 동안 잔류 가스 분위기의 가스 성분의 양을 검출하고 결정하기 위한 잔류 가스 분석을 수행하는 것이 가능하다. 잔류 가스 분석이 특히 높은 동적 범위로 (사실상 거의 실시간으로) 발생될 수 있지

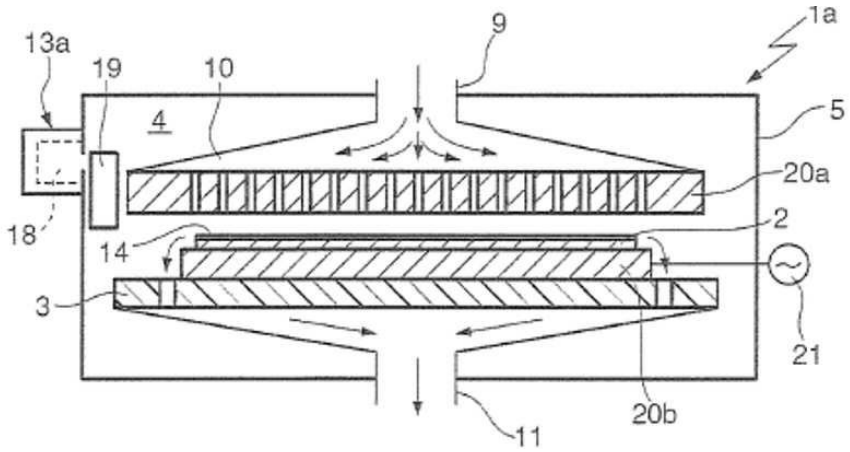
만, 상당히 낮은 농도를 갖는 가스 성분도 검출될 수 있다.

도면

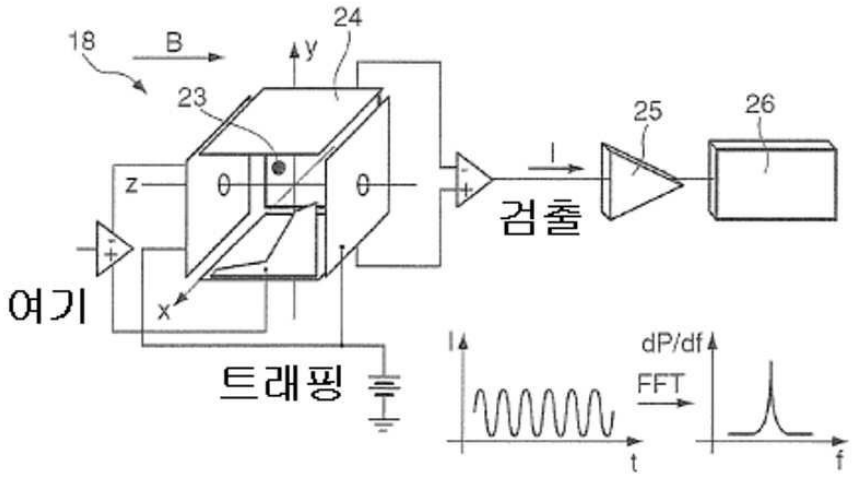
도면1



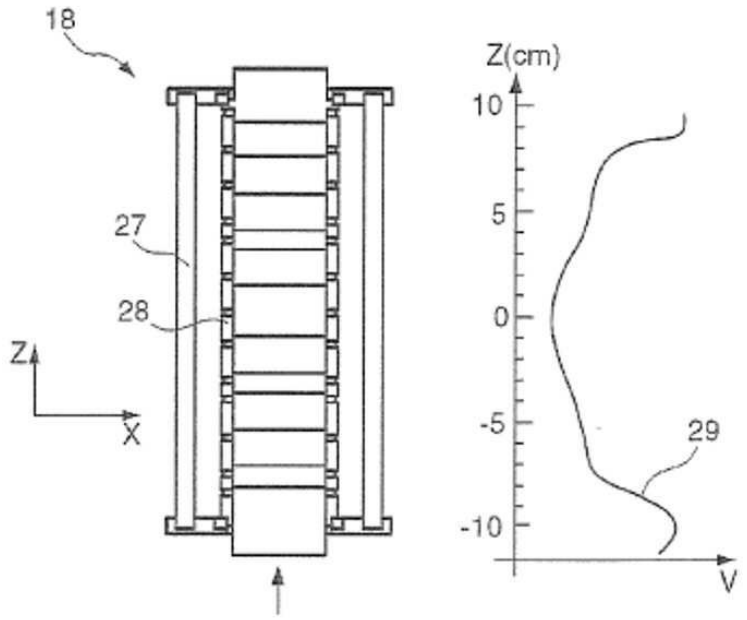
도면2



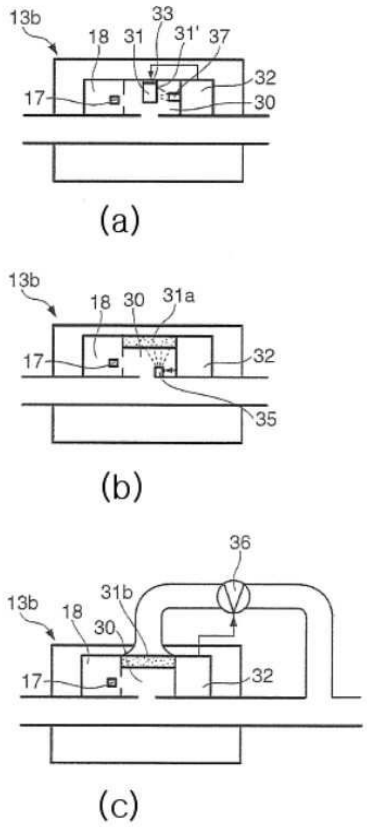
도면3


18
B
y
24
23
25
26
z
θ
θ
I
검출
여기
x
트래핑
I
t
dP/df
FFT
f

도면4


18
27
28
Z
X
Z(cm)
10
5
0
-5
-10
29
V

도면5


13b
18
31
33
31'
37
32
17
30
(a)
13b
18
30
31a
32
17
35
(b)
36
31b
13b
18
30
32
17
(c)