



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(21) 출원번호	10-2005-7005015	(65) 공개번호	10-2005-0069998
(22) 출원일자	2005년03월23일	(43) 공개일자	2005년07월05일
심사청구일자	2005년03월25일		
번역문 제출일자	2005년03월23일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2003/012084	(87) 국제공개번호	WO 2004/030064
국제출원일자	2003년09월22일	국제공개일자	2004년04월08일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00278198 2002년09월24일 일본(JP)

(73) 특허권자 동경 엘렉트론 주식회사
일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고

구와지마 료
일본 야마나시켄 니라사키시 호사카초 미츠자와 650 동경엘렉트론 에이
티 주식회사 나이

(74) 대리인 김창세

(56) 선행기술조사문현
JP09030893

심사관 : 이별섭

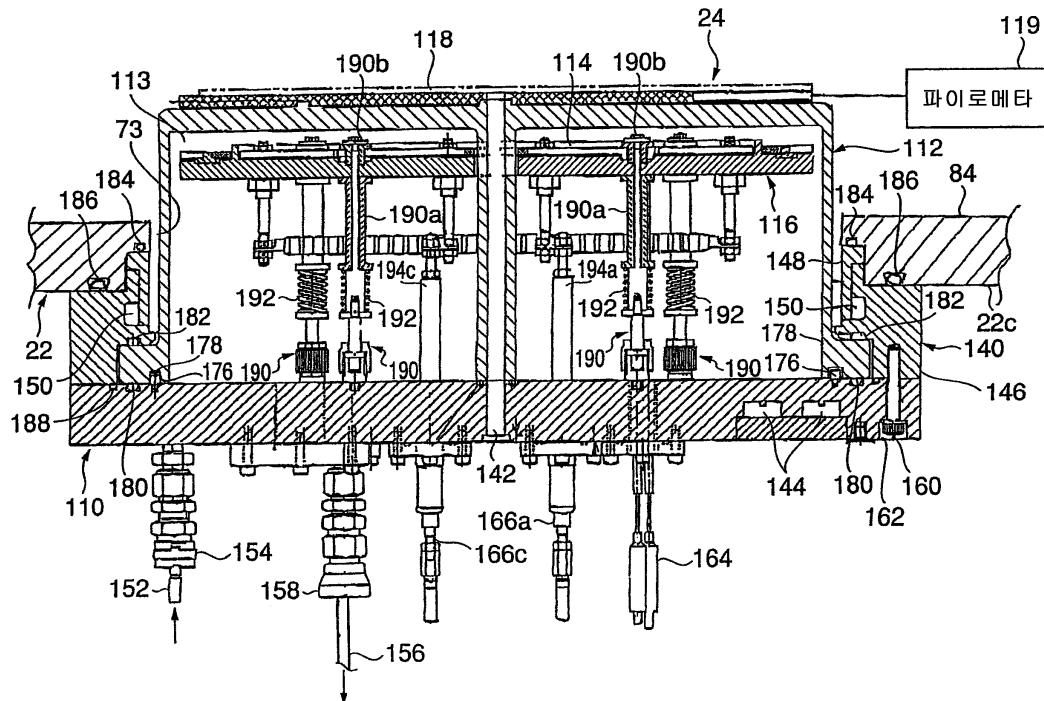
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 기판 처리 장치

(57) 요약

본 발명의 기판 처리 장치는 피처리 기판(W)의 성막 처리를 안정적이고 효율적으로 실행하는 것을 목적으로 하며, 기판 처리 장치는 히터부에 대향하는 위치에 피처리 기판(W)을 지지하는 동시에, 피처리 기판(W)을 유지하는 유지 부재를 회전시킨다. 또한, 히터부는 투명 석영 벨자의 내부에 SiC 히터 및 열반사 부재를 수납하고, 처리 용기의 내부를 감압하는 동시에, 석영 벨자와의 내부도 감압함으로써, 석영 벨자의 두께를 얇게하는 것이 가능하고, 그만큼 SiC 히터로부터의 열전도 효율이 높고, SiC 히터에 의한 오염을 방지한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1.

내부에 처리 공간이 구획 형성된 처리 용기와,

상기 처리 공간에 삽입된 피처리 기관을 소정 온도로 가열하는 발열체와,

상기 발열체를 수납하는 원통부와 천정판으로 된 석영에 의해 형성된 투명 케이스와,

상기 투명 케이스의 천정판의 위에 탑재된 가열판과,

상기 가열판과 대향 이격된 위치에 상기 피처리 기판을 유지하는 유지 부재를 구비한 것을 특징으로 하는

기판 처리 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 처리 용기의 내부를 감압하는 동시에, 상기 투명 케이스의 내부 공간을 감압하는 감압 수단을 구비한 것을 특징으로 하는

기판 처리 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 발열체의 하방에 상기 발열체로부터의 열을 상방으로 반사하는 열반사 부재를 설치한 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 열반사 부재는 상기 발열체의 하방에 대향한 상태로 크램프된 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 처리 용기의 일측으로부터 상기 유지 부재에 유지된 상기 피처리 기판을 향하여 가스를 분사하는 가스 분사부와, 상기 처리 용기의 타측에 설치되고, 상기 피처리 기판을 통과한 가스를 배기하는 배기구를 구비한 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 처리 공간에 자외선을 조사하는 자외선 광원을 구비한 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 자외선 광원은 상기 처리 공간의 절반의 영역에 자외선을 조사하도록 배치된 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 투명 케이스는 상기 원통부의 내부에 횡으로 걸쳐진 대들보부를 갖는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 유지 부재는,

상기 피처리 기판을 지지하는 복수의 아암부와,

일단이 상기 복수의 아암부를 지지하고, 타단이 상기 투명 케이스에 삽입 관통되는 축을 갖는 것을 특징으로 하는 기판 처리 장치.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 유지 부재의 축을 회전 구동하는 회전 구동 수단을 구비한 것을 특징으로 하는

기판 처리 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 기판 처리 장치에 관한 것으로, 특히 기판에 대하여 성막 등의 처리를 실시하는 기판 처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

최근의 초고속 반도체 장치에서는 미세화 프로세스의 진보와 함께, $0.1\mu\text{m}$ 이하의 게이트장이 가능하게 되어있다. 일반적으로 미세화와 함께 반도체 장치의 동작 속도는 향상되지만, 이렇게 매우 미세화된 반도체 장치에서는 게이트 절연막의 막 두께를, 미세화에 의한 게이트장의 단축에 수반하여, 스케일링축을 따라서 감소시킬 필요가 있다.

그러나 게이트장이 $0.1\mu\text{m}$ 이하로 되면, 게이트 절연막의 두께도 종래의 열산화막을 사용한 경우, 1nm 내지 2nm , 또는 그 이하로 설정할 필요가 있지만, 이렇게 매우 얇은 게이트 절연막에서는 터널 전류가 증대하고, 그 결과 게이트 리크(leak) 전류가 증대하는 문제를 피할 수 없다.

이러한 사정으로, 종래부터 비유전률이 열산화막의 것보다도 훨씬 크고, 이것 때문에 실제의 막 두께가 커도 SiO_2 막으로 환산한 경우의 막 두께가 작은 Ta_2O_5 나 Al_2O_3 , ZrO_2 , HfO_2 또는 ZrSiO_4 혹은 HfSiO_4 와 같은 고유전체 재료를 게이트 절연막에 대하여 적용하는 것이 제안되어있다. 이러한 고유전체 재료를 사용함으로써, 게이트장이 $0.1\mu\text{m}$ 이하로 매우 얇은 초고속 반도체 장치에 있어서도 10nm 정도의 물리적 막 두께의 게이트 절연막을 사용할 수 있고, 터널 효과에 의한 게이트 리크 전류를 억제할 수 있다.

예를 들면, 종래부터 Ta_2O_5 막은 $\text{Ta}(\text{OC}_2\text{H}_5)_5$ 및 O_2 를 기상 원료로 한 CVD법에 의해 형성할 수 있는 것이 알려져 있다. 전형적인 경우, CVD 프로세스는 감압 환경하, 약 480°C 또는 그 이상의 온도에서 실행된다. 이렇게 하여 형성된 Ta_2O_5 막은 또한 산소 분위기중에서 열처리되고, 그 결과 막중의 산소 결손이 해소되고, 또한 막 자체가 결정화한다. 이렇게 하여 결정화된 Ta_2O_5 막은 큰 비유전율을 나타낸다.

채널 영역중의 캐리어 모빌리티(mobility)를 향상시키는 관점에서는, 고유전체 게이트 산화막과 실리콘 기판 사이에 1nm 이하, 바람직하게는 0.8nm 이하의 두께가 극히 얇은 베이스 산화막을 개재시키는 것이 바람직하다. 베이스 산화막은 매우 얇을 필요가 있고, 두께가 두꺼우면 고유전체막을 게이트 절연막에 사용한 효과가 상쇄된다. 한편, 이러한 매우 얇은 베이스 산화막은 실리콘 기판 표면을 일정하게 덮을 필요가 있고, 또한 계면 준위 등의 결함을 형성하지 않을 것이 요구된다.

종래부터, 얇은 게이트 산화막은 실리콘 기판의 금속 열산화(RTO) 처리(예컨대, 특허문현 1 참조)에 의해 형성되는 것이 일반적이지만, 열산화막을 원하는 1nm이하의 두께로 형성하려면, 막 형성시의 처리 온도를 저하시킬 필요가 있다. 그러나, 이렇게 저온에서 형성된 열산화막은 계면 준위 등의 결함을 포함하기 쉽고, 고유전체 게이트 산화막의 베이스 산화막으로서는 부적당하다.

도 1은 고유전체 게이트 절연막을 갖는 고속 반도체 장치(10)의 개략적인 구성을 도시한다.

도 1을 참조하면, 반도체 장치(10)는 실리콘 기판(11) 위에 형성되어 있고, 실리콘 기판(11) 위에는 얇은 베이스 산화막(12)을 거쳐서, Ta_2O_5 , Al_2O_3 , ZrO_2 , HfO_2 , $ZrSiO_4$, $HfSiO_4$ 등의 고유전체 게이트 절연막(13)이 형성되고, 또한 상기 고유전체 게이트 절연막(13) 위에는 게이트 전극(14)이 형성되어 있다.

도 1의 반도체 장치(10)에서는 상기 베이스 산화막층(12)의 표면 부분에 실리콘 기판(11)과 베이스 산화막(12) 사이의 계면의 평탄성이 유지되도록 하는 범위에서 질소(N)가 도프(dope)되고, 산질화막(12A)이 형성되어 있다. 실리콘 산화막보다도 비유전률이 큰 산질화막(12A)을 베이스 산화막(12)중에 형성함으로써, 베이스 산화막(12)의 열산화막 환산 막 두께를 더욱 감소시키는 것이 가능하게 된다.

먼저도 설명한 바와 같이, 이러한 고속 반도체 장치(10)에서는 상기 베이스 산화막(12)의 두께는 가능한 한 얇은 것이 바람직하다.

그러나, 베이스 산화막(12)을 1nm 이하, 예컨대 0.8nm 이하, 또한 2 내지 3 원자층에 대응하는 0.4nm 전후의 두께로 일정하고 또한 안정적으로 형성하는 것은 종래부터 매우 곤란했다.

또한, 베이스 산화막(12) 위에 형성되는 고유전체 게이트 절연막(13)의 기능을 발현시키기 위해서는, 퇴적된 고유전체막(13)을 열처리에 의해 결정화하고, 또 산소 결손 보상을 실행할 필요가 있지만, 이러한 열처리를 고유전체막(13)에 대하여 행한 경우, 베이스 산화막(12)의 막 두께가 증대해버려, 고유전체 게이트 절연막(13)을 사용하는 것에 의한 게이트 절연막의 실효적인 막 두께의 감소가 실질적으로 상쇄되어버렸다.

이러한 열처리에 수반하여 베이스 산화막(12)의 막 두께의 증대는 실리콘 기판(11)과 베이스 산화막(12)의 계면에 있어서의 산소 원자 및 실리콘 원자의 상호확산 및 이것에 따른 실리케이트 천이층의 형성, 또는 실리콘 기판중에의 산소의 침입에 의한 베이스 산화막(12)의 성장의 가능성을 시사하고 있다. 이러한 베이스 산화막(12)의 열처리에 따른 막 두께 증대의 문제는, 특히 베이스 산화막(12)의 막 두께가 베이스 산화막으로서 바람직한 수원자층 이하의 막 두께까지 저감되었을 경우, 매우 심각한 문제가 된다.

특허문현 1 일본 특허 공개 제 1993-47687 호 공보

발명의 요약

본 발명은 상기 과제를 해결한 신규하며 유용한 기판 처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 보다 상세한 목적은 실리콘 기판표면에 매우 얇고, 전형적으로는 2 내지 3원자층 분의 두께의 산화막을 안정적으로 형성하고, 더욱 이것을 질화해서 산질화막을 형성할 수 있는 기판 처리 장치를 제공하는 것이다.

또한, 본 발명의 보다 상세한 목적은 실리콘 기판 표면에 매우 얇고, 전형적으로는 2 내지 3원자층 분의 두께의 산화막을 안정적으로 형성하고, 또한 이것을 안정적으로 질화할 수 있는 기판 처리 장치를 포함한 클러스터형의 기판처리 시스템을 제공하는 것이다.

또한, 본 발명의 다른 목적은 상기와 같은 과제를 해결하는 동시에, 산화막의 균일성이나 스루풋(throughput)의 개선 및 오염(contamination)의 방지를 도모하도록 구성된 기판 처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명은 상기 목적을 달성하기 위해서 이하와 같은 특징을 갖는다.

본 발명에 의하면, 투명 케이스에 수납된 히터부의 열이 투명 케이스의 상방에 탑재된 가열판에 방사되어 가열판이 균일하게 가열되고, 또한 가열판으로부터 방사된 열에 의해 피처리 기판이 가열되므로, 투명 케이스에 의해 발열체에 의한 오염을 방지하는 동시에, 피처리 기판의 온도 분포를 보다 균일하게 유지하고, 피처리 기판이 뒤집하는 것을 억제할 수 있고, 피처리 기판의 성막 처리를 안정적이고 효율적으로 실행하여, 생산성을 높일 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 처리 용기의 내부 및 투명 케이스의 내부 공간을 감압하기 때문에, 투명 케이스의 내부 압력차를 억제할 수 있고, 투명 케이스에 작용하는 힘을 경감한 분투명 케이스의 두께를 얇게 하여 발열체로부터의 열전도 효율을 높일 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 발열체의 하방에 열반사 부재를 설치함으로써, 피처리 기판의 전면을 효율적이고 균일하게 가열할 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 처리 용기의 일측으로부터 피처리 기판을 향해 가스를 분사하고, 처리 용기의 타측으로 가스를 배기하기 때문에, 처리 용기내에 유지된 피처리 기판의 표면에 한 방향으로부터 가스를 일정한 유속(층류)으로 안정 공급할 수 있고, 피처리 기판의 성막 처리를 안정적이고 효율적으로 실행하여 생산성을 높일 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 처리 공간에 자외선을 조사하는 자외선 광원을 구비하므로, 처리 공간내에 유지된 피처리 기판에 자외선을 안정적으로 조사할 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 투명 케이스가 원통부의 내부에 횡으로 걸쳐진 대들보부를 갖기 때문에, 투명 케이스의 강도가 높아진다.

삭제

삭제

삭제

삭제

발명의 상세한 설명

이하 도면과 함께 본 발명의 실시형태에 대해서 설명한다.

도 2는 본 발명에 의한 기판 처리 장치의 하나의 실시예의 구성을 도시하는 정면도이다. 도 3은 본 발명에 의한 기판 처리 장치의 하나의 실시예의 구성을 도시하는 측면도이다. 도 4는 도 2의 A-A선에 따르는 횡단면도이다.

도 2 및 도 4에 나타낸 바와 같이, 기판 처리 장치(20)는 후술하는 바와 같이, 실리콘 기판의 자외광 라디칼 산화 처리와, 이러한 자외광 라디칼 산화 처리에 의해 형성된 산화막의 고주파 리모트 플라즈마를 사용한 라디칼 질화 처리를 연속해서 실행할 수 있게 구성되어 있다.

기판 처리 장치(20)의 주요 구성은 내부에 처리 공간이 구획 형성된 처리 용기(22)와, 처리 용기(22)의 내부에 삽입된 피처리 기판(실리콘 기판)을 소정 온도로 가열하는 히터부(24)와, 처리 용기(22)의 상부에 탑재된 자외선 조사부(26)와, 질소 라디칼을 공급하는 리모트 플라즈마부(27)와, 피처리 기판을 회전시키는 회전 구동부(28)와, 처리 공간에 삽입된 피처리 기판을 승강시키는 리프터 기구(30)와, 처리 용기(22)의 내부를 감압하기 위한 배기 경로(32)와, 처리 용기(22)의 내부에 가스(질소 가스, 산소 가스 등의 프로세스 가스)를 공급하기 위한 가스 공급부(34)로 이루어진다.

또한, 기판 처리 장치(20)는 상기 각 주요 구성부를 지지하기 위한 프레임(36)을 갖는다. 프레임(36)은 철골을 입체적으로 조립한 것이며, 마루 면에 탑재되는 사다리꼴 형상의 바닥부 프레임(38)과, 바닥부 프레임(38)의 후부로부터 수직방향으로 기립된 수직 프레임(40, 41)과, 수직 프레임(40)의 중간부로부터 수평방향으로 연장하도록 횡으로 걸쳐진 중간 프레임(42)과, 수직 프레임(40, 41)의 상단부로부터 수평방향으로 횡으로 걸쳐진 상부 프레임(44)으로 구성되어 있다.

바닥부 프레임(38)에는 냉각수 공급부(46), 전자(電磁) 밸브로 이루어진 배기용 밸브(48a, 48b), 터보 분자 펌프(50), 진공 판로(51), 자외선 조사부(26)의 전원 유닛(52), 리프터 기구(30)의 구동부(136), 가스 공급부(34) 등이 탑재되어 있다.

수직 프레임(40)의 내부에는 각종 케이블이 삽입 관통되는 케이블 덕트(40a)가 형성되어 있다. 또한, 수직 프레임(41)의 내부에는 배기 덕트(41a)가 형성되어 있다. 또한, 수직 프레임(40)의 중간부에 고정된 브래킷(58)에는 긴급 정지 스위치(60)가 장착되고, 수직 프레임(41)의 중간부에 고정된 브래킷(62)에는 냉각수에 의한 온도 조정을 실행하는 온도 조정기(64)가 부착되어 있다.

중간 프레임(42)에는 상기 처리 용기(22), 자외선 조사부(26), 리모트 플라즈마부(27), 회전 구동부(28), 리프터 기구(30), UV 램프 콘트롤러(57)가 지지되어 있다. 또한, 상부 프레임(44)에는 가스 공급부(34)로부터 인출된 복수의 가스관로(58)가 연통된 가스 박스(66), 이온 게이지 콘트롤러(68), 압력 제어를 실행하는 APC 콘트롤러(70), 터보 분자 펌프(50)를 제어하는 TMP 콘트롤러(72) 등이 탑재되어 있다.

도 5는 처리 용기(22)의 하방에 배치된 기기의 구성을 도시하는 정면도이다. 도 6은 처리 용기(22)의 하방에 배치된 기기의 구성을 도시하는 평면도이다. 도 7은 처리 용기(22)의 하방에 배치된 기기의 구성을 도시하는 측면도이다. 도 8a는 배기 경로(32)의 구성을 도시하는 평면도이고, 도 8b는 배기 경로(32)의 구성을 도시하는 정면도이고, 도 8c는 B-B선을 따르는 종단면도이다.

도 5 및 도 7에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 후부 하방으로는, 처리 용기(22)내부의 가스를 배기하는 배기 경로(32)가 설치된다. 이 배기 경로(32)는 횡폭 치수가 처리 용기(22)의 내부에 형성된 처리 공간의 횡폭과 대략 동일 치수로 형성된 장방형의 배기구(74)와 연통하도록 부착되어 있다.

이렇게, 배기구(74)가 처리 용기(22) 내부의 횡폭 치수에 따른 길이로 연장 형성되어 있기 때문에, 처리 용기(22)의 앞 부분(22a)측으로부터 내부에 공급된 가스는, 후술하는 바와 같이 처리 용기(22)의 내부를 통과해서 후방으로 향하는 흐름이 되고, 일정 유속(층류)인 채로 배기 경로(32)로 효율적으로 배기된다.

도 8a 내지 도 8c에 나타낸 바와 같이, 배기 경로(32)는 배기구(74)에 연통 되는 장방형의 개구부(32a)와, 개구부(32a)의 좌우 측면이 하방을 향해서 테이퍼진 형상으로 경사진 테이퍼진 부분(32b)과, 테이퍼진 부분(32b)의 하단에서 통로 면적이 좁아지는 바닥부(32c)와, 바닥부(32c)로부터 전방으로 돌출하는 "L"자 형상의 주배기관(32d)과, 주배기관(32d)의 하단에 개구된 배출구(32e)와, 테이퍼진 부분(32b)의 하부(32f)에 개구된 바이패스용 배출구(32g)를 갖는다. 배출구(32e)는 터보 분자 펌프(50)의 흡기구에 연통된다. 또한, 바이패스용 배출구(32g)는 바이패스관로(51a)에 연통된다.

도 5 내지 도 7에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 배기구(74)로부터 배출된 가스는 터보 분자 펌프(50)의 흡인력에 의해 장방형으로 형성된 개구부(32a)로부터 유입되어 테이퍼진 부분(32b)을 통과해서 바닥부(32c)에 도달하고, 주배기관(32d) 및 배출구(32e)를 거쳐서 터보 분자 펌프(50)로 도입된다.

터보 분자 펌프(50)의 토출관(50a)은 벨브(48a)를 거쳐서 진공관로(51)에 연통되어 있다. 그 때문에, 처리 용기(22)의 내부에 충전된 가스는, 벨브(48a)가 개방되면 터보 분자 펌프(50)를 거쳐서 진공관로(51)로 배출된다. 또한, 배기 경로(32)의 바이패스용 배출구(32g)에는 바이패스관로(51a)가 접속되어 있고, 이 바이패스관로(51a)는 벨브(48b)의 개방 벨브에 의해 진공관로(51)와 연통된다.

여기에서, 본 발명의 요부를 구성하는 처리 용기(22) 및 그 주변기기의 구성에 대해서 설명한다.

[처리 용기(22)의 구성]

도 9는 처리 용기(22) 및 그 주변기기를 확대해서 도시하는 측면 종단면도이다. 도 10은 커버부재(82)를 뺀 처리 용기(22)의 내부를 상방으로부터 본 평면도이다.

도 9 및 도 10에 표시되는 바와 같이, 처리 용기(22)는 챔버(80)의 상부 개구를 커버 부재(82)에 의해 폐색하는 구성이며, 내부가 프로세스 공간(처리 공간)(84)으로 되어 있다.

처리 용기(22)는 앞 부분(22a)에 가스가 공급되는 공급구(22g)가 형성되고, 뒷 부분(22b)에 반송구(94)가 형성되어 있다. 공급구(22g)에는 후술하는 가스 분사 노즐부(93)가 설치되고, 반송구(94)에는 후술하는 게이트 벨브(96)가 연통된다.

도 11은 처리 용기(22)의 평면도이다. 도 12는 처리 용기(22)의 정면도이다. 도 13은 처리 용기(22)의 저면도이다. 도 14는 도 12의 C-C선을 따르는 종단면도이다. 도 15는 처리 용기(22)의 우측면도이다. 도 16은 처리 용기(22)의 좌측면도이다.

도 11 내지 도 16에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 바닥부(22c)에는 히터부(24)가 삽입되는 개구(73)와, 전술한 장방형으로 개구된 배기구(74)가 설치된다. 배기구(74)에는 전술한 배기 경로(32)가 연통 된다. 또한, 챔버(80) 및 커버부재(82)는 예컨대 알루미늄 합금을 절삭가공해서 상기와 같은 형상으로 가공한 것이다.

또한, 처리 용기(22)의 우측면(22e)에는 프로세스 공간(84)을 들여다보기 위한 제 1 및 제 2 창문(75, 76)과, 프로세스 공간(84)의 온도를 측정하기 위한 센서 유닛(77)이 부착되어 있다.

본 실시예에서는, 우측면(22e)의 중앙으로부터 좌측으로 타원형으로 형성된 제 1 창문(75)이 배치되고, 우측면(22e)의 중앙으로부터 우측으로 원형으로 형성된 제 2 창문(76)이 배치되어 있으므로, 양방향으로부터 프로세스 공간(84)에 유지된 피처리 기판(W)의 상태를 직접 눈으로 볼 수 있으므로, 피처리 기판(W)의 성막 상황 등을 관측하는데도 유리하다.

또한, 창문(75, 76)은 열전쌍 등의 온도 측정 기구를 삽입할 경우에 처리 용기(22)로부터 빼는 것이 가능한 구성으로 되어 있다.

또한, 처리 용기(22)의 좌측면(22d)에는, 프로세스 공간(84)의 압력을 측정하기 위한 센서 유닛(85)이 부착되어 있다. 이 센서 유닛(85)에는, 측정 범위가 다른 3개의 압력계(85a 내지 85c)가 설치되어 있고, 프로세스 공간(84)의 압력변화를 높은 정밀도로 측정하는 것이 가능하다.

또한, 프로세스 공간(84)을 형성하는 처리 용기(22)의 내벽의 네 구석에는, R형상으로 형성된 만곡부(22h)가 설치되어 있고, 이 만곡부(22h)에 의해 응력 집중을 피하는 동시에, 가스 분사 노즐부(93)로부터 분사된 가스류가 안정화되도록 작용한다.

[자외선 조사부(26)의 구성]

도 8 내지 도 11에 나타낸 바와 같이, 자외선 조사부(26)는 커버 부재(82)의 상면에 부착되어 있다. 이 자외선 조사부(26)의 하우징(26a)의 내부에는, 원통형으로 형성된 2개의 자외선광원(UV램프)(86, 87)이 소정 간격으로 평행하게 배치되어 있다.

이 자외선광원(86, 87)은 과장이 172nm인 자외선을 발광하는 특성을 갖고 있고, 커버 부재(82)에 형성된 가로방향으로 연장 형성된 장방형의 개구(82a, 82b)를 거쳐서 프로세스 공간(84)에 유지된 피처리 기판(W)의 상면에 대향하도록 프로세스 공간(84) 앞쪽 반만큼(도 8에서는 좌측 반만큼)의 영역에 자외선을 조사하는 위치에 설치된다.

또한, 직선상으로 연장하는 자외선광원(86, 87)으로부터 피처리 기판(W) 위로 조사되는 자외선의 강도 분포는 일정하지 않고, 피처리 기판(W)의 반경방향의 위치에 따라 변화하며, 한쪽이 피처리 기판(W)의 외주측 정도로 감소하고, 다른 쪽이 내주측 정도로 감소한다. 이렇게 자외선광원(86, 87)은 단독으로는 단조롭게 변화되는 자외선 강도 분포를 피처리 기판(W) 위에 형성하지만, 피처리 기판(W)에 대한 자외선 강도 분포의 변화 방향이 반대로 되어 있다.

그 때문에, 자외선광원(86, 87)의 구동 파워를 UV 램프 콘트롤러(57)의 제어에 의해 최적화함으로써, 피처리 기판(W) 위에 매우 일정한 자외선 강도 분포를 실현하는 것이 가능하게 된다.

또한, 이러한 구동 파워의 최적치는 자외선광원(86, 87)에의 구동 출력을 변화시켜서 성막 결과를 평가함으로써 최적치를 구할 수 있다.

또한, 피처리 기판(W)과 자외선광원(86, 87)의 원통형상의 원통심의 중심과의 거리는, 예컨대 50mm 내지 300mm로 설정되어 있고, 바람직하게는 100mm 내지 200mm 정도가 좋다.

도 17은 자외선광원(86, 87)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다. 도 17에 나타낸 바와 같이, 자외선광원(86, 87)은 자외선 조사부(26)의 하우징(26a)의 바닥부 개구(26b)에 대향하는 위치에 유지되어 있다. 그리고, 바닥부 개구(26b)는 프로세스 공간(84)에 유지된 피처리 기판(W)의 상면에 대향하는 위치에 개구된 동시에, 자외선광원(86, 87)의 전장보다도 긴 횡폭 치수의 장방형으로 형성되어 있다.

바닥부 개구(26b)의 주연부(26c)에는 투명한 석영에 의해 형성된 투명 창문(88)이 부착되어 있다. 투명창문(88)은 자외선 광원(86, 87)으로부터 조사된 자외선을 프로세스 공간(84)에 투과하는 동시에, 프로세스 공간(84)이 감압되었을 때의 압력차에도 견디는 강도를 갖고 있다.

또한, 투명 창문(88)의 하면 주연부에는 바닥부 개구(26b)의 주연부(26c)의 홈(溝)내에 장착된 밀봉 부재(O링)(89)가 접촉하는 밀봉면(88a)이 형성되어 있다. 이 밀봉면(88a)은 밀봉 부재(89)를 보호하기 위한 코팅 또는 흑석영에 의해 형성되어 있다. 이로써, 밀봉 부재(89)의 재질이 분해되지 않고, 열화를 방지해서 밀봉 성능을 확보하는 동시에, 밀봉 부재(89)의 재질이 프로세스 공간(84)에 침입하는 것을 방지한다.

또한, 투명 창문(88)의 상면 주연부에는 스테인리스제의 커버(88b)가 접촉하고 있고, 투명 창문(88)을 체결 부재(91)에 의해 협지할 때의 강도를 높이는 것으로, 체결시의 가압력에 의해 투명 창문(88)이 파손되는 것을 방지한다.

또한, 본 실시예에서는 자외선광원(86, 87) 및 투명 창문(88)이 가스 분사 노즐부(93)로부터 분사된 가스류의 흐름 방향에 대하여 직교하는 방향으로 연장하도록 설치했지만, 이것에 한하지 않고, 예컨대 자외선광원(86, 87) 및 투명 창문(88)을 가스류의 흐름 방향으로 연장하는 방향으로 설치하도록 해도 좋다.

[가스 분사 노즐부(93)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)는 앞 부분(22a)에 개구된 공급구(22g)에 질소 가스 또는 산소 가스를 프로세스 공간(84) 내부에 분사하는 가스 분사 노즐부(93)가 설치된다. 이 가스 분사 노즐부(93)는 후술하는 바와 같이 프로세스 공간(84)의 횡폭 방향으로 복수의 분사구(93a)가 일렬로 배치되어 있고, 복수의 분사구(93a)로부터 분사된 가스가 층류 상태에서 피처리 기판(W)의 표면을 통과하도록 프로세스 공간(84)의 내부에 안정한 흐름을 발생시킨다.

또한, 프로세스 공간(84)을 폐색하는 커버 부재(82)의 하면과 피처리 기판(W)과의 거리는 예컨대 5mm 내지 100mm로 설정되어 있고, 바람직하게는 25mm 내지 85mm 정도가 양호하다.

[히터부(24)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 히터부(24)는 알루미늄합금제의 베이스(110)와, 베이스(110) 위에 고정된 투명한 석영 벨자(bell jar)(112)와, 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)에 수납된 SiC 히터(114)와, 불투명 석영에 의해 형성된 열반사 부재(리플렉터)(116)와, 석영 벨자(112)의 상면에 탑재되어 SiC 히터(114)에 의해 가열되는 SiC 서셉터(가열 부재)(118)를 구비한 구성이다.

그 때문에, SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)는 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)에 격리되어 있어, 프로세스 공간(84)에서의 오염이 방지된다. 또한, 세정 공정에 있어서는, 프로세스 공간(84)내에 노출된 SiC 서셉터(118)만을 세정하여도 좋으므로, SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)를 세정하는 시간을 생략하는 것이 가능하게 된다.

피처리 기판(W)은 유지 부재(120)에 의해 SiC 서셉터(118)의 상방에 대향하도록 유지된다. 한편, SiC 히터(114)는 열반사 부재(116)의 상면에 탑재되어 있고, SiC 히터(114)의 발열은 SiC 서셉터(118)에 방사되는 동시에, 열반사 부재(116)에서 반사된 열도 SiC 서셉터(118)에 방사된다. 또한, 본 실시예의 SiC 히터(114)는 SiC 서셉터(118)로부터 근소하게 이격된 상태에서 약 700°C의 온도로 가열된다.

SiC 서셉터(118)는 열전도율이 좋으므로, SiC 히터(114)로부터의 열을 피처리 기판(W)에 효율적으로 전달해서 피처리 기판(W)이 주연부분과 중심부분의 온도차를 없애고, 피처리 기판(W)이 온도차에 의해 뒤집히는 것을 방지한다.

[회전 구동부(28)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 회전 구동부(28)는 SiC 서셉터(118)의 상방에서 피처리 기판(W)을 유지하는 유지 부재(120)와, 상기 베이스(110)의 하면에 고정된 케이싱(122)과, 케이싱(122)에 의해 구획 형성된 내부 공간(124)내에서 유지 부재(120)의 축(120d)에 결합된 세라믹축(126)을 회전 구동시키는 모터(128)와, 모터(128)의 회전을 전달하기 위한 마그넷 커플링(130)으로 구성되어 있다.

회전 구동부(28)에 있어서는, 유지 부재(120)의 축(120d)이 석영 벨자(112)를 관통해서 세라믹축(126)에 결합되고, 세라믹축(126)과 모터(128)의 회전축 사이가 마그넷 커플링(130)을 거쳐서 비접촉으로 구동력을 전달하는 구성이므로, 회전 구동계의 구성이 컴팩트한 동시에, 장치 전체의 소형화에도 기여하고 있다.

유지 부재(120)는 축(120d)의 상단으로부터 수평방향으로 방사상(둘레방향으로 120도 간격)으로 연장하는 아암부(120a 내지 120c)를 갖는다. 피처리 기판(W)은 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)에 탑재된 상태로 유지된다. 이렇게 유지된 피처리 기판(W)은 유지 부재(120)와 함께 모터(128)에 의해 일정한 회전 속도로 회전되고, 이로써 SiC 히터(114)의 발열에 의한 온도 분포가 평균화됨과 동시에, 자외선 광원(86, 87)으로부터 조사되는 자외선의 강도 분포가 균일해져서, 표면에 균일한 성막이 실시된다.

[리프터 기구(30)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 리프터 기구(30)는 챔버(80)의 하방, 또한 석영 벨자(112)의 축방에 설치되고, 챔버(80)내에 삽입된 승강 아암(132)과, 승강 아암(132)에 연결된 승강 축(134)과, 승강 축(134)을 승강시키는 구동부(136)로 구성되어 있다. 승강 아암(132)은 예컨대 세라믹 또는 석영에 의해 형성되어 있고, 도 10에 나타낸 바와 같이, 승강 축(134)의 상단이 결합된 결합부(132a)와, SiC 서셉터(118)의 외주를 둘러싸는 환상부(132b)를 갖는다. 그리고, 승강 아암(132)에는 환상부(132b)의 내주로부터 중심으로 연장하는 3개의 접촉 펀(138a 내지 138c)이 둘레방향으로 120도 간격으로 설치된다.

접촉 펀(138a 내지 138c)은 SiC 서셉터(118)의 외주로부터 중심을 향해서 연장 형성된 홈(118a 내지 118c)에 끼워지는 위치로 강하하고 있고, 승강 아암(132)이 상승함으로써 SiC 서셉터(118)의 상방으로 이동한다. 또한, 접촉 펀(138a 내지 138c)은 SiC 서셉터(118)의 중심으로부터 외주측으로 연장하도록 형성된 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)와 간섭하지 않도록 배치되어 있다.

승강 아암(132)은 반송 로봇(98)의 로봇 핸드가 피처리 기판(W)을 집어내기 직전에 상기 접촉 펀(138a 내지 138c)을 피처리 기판(W)의 하면에 접촉시켜서 피처리 기판(W)을 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)로부터 들어 올린다. 이로써, 반송 로봇(98)의 로봇 핸드는 피처리 기판(W)의 하방으로 이동하는 것이 가능하게 되고, 승강 아암(132)이 강하함으로써 피처리 기판(W)을 유지해서 반송 하는 것이 가능하게 된다.

[석영 라이너(100)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 내부에는 자외선을 차단하기 위해서, 예를 들면 백색 등의 불투명 석영으로 형성된 석영 라이너(100)가 장착되어 있다. 또한, 석영 라이너(100)는 후술하는 바와 같이 하부 케이스(102)와, 측면 케이스(104)와, 상부 케이스(106)와, 석영 벨자(112)의 외주를 덮는 원통형 케이스(108)를 조합한 구성으로 되어 있다.

이 석영 라이너(100)는 프로세스 공간(84)을 형성하는 처리 용기(22) 및 커버 부재(82)의 내벽을 덮는 것에 의해, 처리 용기(22) 및 커버 부재(82)의 열팽창을 방지하는 단열 효과를 얻을 수 있는 동시에, 처리 용기(22) 및 커버 부재(82)의 내벽이 자외선에 의해 산화하는 것을 방지하고, 또한 금속의 오염을 방지하는 역할을 갖고 있다.

[리모트 플라즈마부(27)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 프로세스 공간(84)에 질소 라디칼을 공급하는 리모트 플라즈마부(27)는 처리 용기(22)의 앞 부분(22a)에 부착할 수 있고, 공급관로(90)를 거쳐서 처리 용기(22)의 공급구(92)에 연통되어 있다.

이 리모트 플라즈마부(27)에서는, Ar 등의 불활성 가스와 함께 질소 가스가 공급되고, 이것을 플라즈마에 의해 활성화함으로써, 질소 라디칼을 형성하는 것이 가능하다. 이렇게 하여 형성된 질소 라디칼은 피처리 기판(W)의 표면을 따라 흐르고, 기판 표면을 질화시킨다.

또한, 질소 가스의 이외에, O₂, NO, N₂O, NO₂, NH₃ 가스 등을 사용한 산화, 산질화 라디칼 프로세스도 실시 가능하다.

[게이트 밸브(96)의 구성]

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 후부에는, 피처리 기관(W)을 반송하기 위한 반송구(94)가 설치된다. 이 반송구(94)는 게이트 밸브(96)에 의해 폐색되어 있고, 피처리 기관(W)을 반송할 때만 게이트 밸브(96)의 개방동작에 의해 개방된다.

게이트 밸브(96)의 후방에는 반송 로봇(98)이 설치된다. 그리고, 게이트 밸브(96)의 개방 동작에 합쳐서 반송 로봇(98)의 로봇 핸드가 반송구(94)로부터 프로세스 공간(84) 내부에 진입해서 피처리 기관(W)의 교환 작업을 실행한다.

[상기 각 구성부의 상세]

① 여기서, 상기 가스 분사 노즐부(93)의 구성에 대해서 상세히 설명한다. 도 18은 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 종단면도이다. 도 19는 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 횡단면도이다. 도 20은 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 정면도이다.

도 18 내지 도 20에 나타낸 바와 같이, 가스 분사 노즐부(93)는 전면 중앙에 상기 리모트 플라즈마부(27)의 공급 관로(90)가 연통되는 연통 구멍(92)을 갖고, 연통 구멍(92)의 상방에 복수의 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)이 횡방향으로 일렬로 배치된 노즐판(93b₁ 내지 93b₃)이 부착되어 있다. 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)은 예컨대, 지름 1mm의 작은 구멍이며, 10mm 간격으로 설치된다.

또한, 본 실시예에서는 작은 구멍으로 이루어지는 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)을 설치했지만, 이것에 한하지 않고, 예컨대 가는 슬릿을 분사 구멍으로서 설치하는 구성이어도 좋다.

또한, 노즐판(93b₁ 내지 93b₃)은 가스 분사 노즐부(93)의 벽면에 체결되어 있다. 그 때문에, 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)으로부터 분사된 가스는 가스 분사 노즐부(93)의 벽면으로부터 전방으로 흐른다.

예를 들면, 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)이 파이프 형상의 노즐 관로에 설치될 경우에는, 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)으로부터 분사된 가스의 일부가 노즐 관로의 후방으로 돌아 들어가는 흐름이 발생하여, 프로세스 공간(84)내에 가스 펌이 발생해서 피처리 기관(W) 주변의 가스류가 안정적이지 않다는 문제가 발생한다.

그러나, 본 실시예에서는 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)이 가스 분사 노즐부(93)의 벽면에 형성되는 구성이므로, 이러한 가스가 노즐 후방으로 돌아오는 현상이 발생하지 않고, 피처리 기관(W)주변의 가스류를 안정된 층류 상태로 유지하는 것이 가능하게 된다. 이로써, 피처리 기관(W)상의 성막이 균일하게 형성된다.

또한, 각 노즐판(93b₁ 내지 93b₃)에 대향하는 내벽에는, 가스가 괴도록 기능하는 오목부(93c₁ 내지 93c₃)가 형성되어 있다. 이 오목부(93c₁ 내지 93c₃)가 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)의 상류에 설치되므로, 각 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)으로부터 분사되는 가스의 각기의 유속을 평균화로 할 수 있다. 이로써, 프로세스 공간(84)의 전역에 있어서의 유속을 평균화하는 것이 가능하게 된다.

또한, 각 오목부(93c₁ 내지 93c₃)는 가스 분사 노즐부(93)를 관통하는 가스 공급 구멍(93d₁ 내지 93d₃)이 연통 되어 있다. 또한, 중앙의 가스 공급 구멍(93d₂)은 연통구멍(92)과 교차하지 않도록 횡방향으로 어긋난 위치에 형성되어 있고, 크랭크 형상으로 절곡되어 있다.

그리고, 중앙의 가스 공급 구멍(93d₂)에는 제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a)에 의해 유량제어된 가스가 가스 공급 관로(99₂)를 거쳐서 공급된다. 또한, 가스 공급 구멍(93d₂)의 좌우에 배치된 가스 공급 구멍(93d₁, 93d₃)에는 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)에 의해 유량제어된 가스가 가스 공급 관로(99₁, 99₃)를 거쳐서 공급된다.

또한, 제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a) 및 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)는 가스 공급 관로(99₄, 99₅)를 거쳐서 가스 공급부(34)와 접속되어 있고, 가스 공급부(34)로부터 공급되는 가스의 유량을 미리 설정된 유량으로 제어한다.

제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a) 및 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)로부터 공급된 가스는 가스 공급 관로(99₁ 내지 99₃)를 거쳐서 가스 공급 구멍(93d₁ 내지 93d₃)에 도달하고, 각 오목부(93c₁ 내지 93c₃)에 충전된 후, 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)으로부터 프로세스 공간(84)을 향해서 분사된다.

프로세스 공간(84)내의 가스는 처리 용기(22)의 앞 부분(22a)의 횡폭 방향으로 연장하는 각 노즐판(93b₁ 내지 93b₃)의 분사 구멍(93a₁ 내지 93a_n)으로부터 프로세스 공간(84)의 전폭을 향해서 분사되기 때문에, 프로세스 공간(84)의 전역에서 일정 유속(층류)으로 처리 용기(22)의 후부(22b)측으로 흐른다.

또한, 처리 용기(22)의 후부(22b)측에는, 후부(22b)의 횡폭 방향으로 연장하는 장방형의 배기구(74)가 개구되어 있기 때문에, 프로세스 공간(84)내의 가스는 후방으로 향하는 흐름이 되고, 일정 유속(층류)으로 배기 경로(32)로 배기된다.

또한, 본 실시예에서는 2계통의 유량제어가 가능하므로, 예컨대 제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a)와 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)에서 상이한 유량제어를 하는 것도 가능하다.

이로써, 프로세스 공간(84)내에 공급되는 가스의 유량(유속)을 상이하게 설정해서 프로세스 공간(84)내에 있어서의 가스의 농도 분포를 변화시키는 것도 가능하다. 또한, 제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a)와 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)에서 다른 종류의 가스를 공급할 수도 있고, 예컨대 제 1 매스 플로우 콘트롤러(97a)에 의해 질소 가스의 유량제어를 실행하고, 제 2 매스 플로우 콘트롤러(97b)에 의해 산소 가스의 유량제어를 실행하는 것도 가능하다.

사용 가스로서는, 예컨대 산소 함유 가스, 질소 함유 가스, 및 희가스 등을 들 수 있다.

(2) 여기서, 히터부(24)의 구성에 대해서 상세하게 설명한다.

도 21은 히터부(24)의 구성을 확대해서 도시하는 종단면도이다. 도 22는 히터부(24)를 확대해서 도시하는 저면도이다.

도 21 및 도 22에 나타낸 바와 같이, 히터부(24)는 알루미늄합금제의 베이스(110)에 석영 벨자(112)를 탑재하고, 처리 용기(22)의 바닥부(22c)에 플랜지(140)를 거쳐서 고정된다. 그리고, 석영 벨자(112)의 내부공간(113)에는 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)가 수납된다. 그 때문에, SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)는 처리 용기(22)의 프로세스 공간(84)에서 격리되어 있고, 프로세스 공간(84)의 가스와 접촉하지 않고, 오염이 발생하지 않는 구성으로 되어있다.

SiC 서셉터(118)는 SiC 히터(114)와 대향하도록 석영 벨자(112) 위에 탑재되어 있고, 파이로미터(119)에 의해 온도가 측정된다. 이 파이로미터(119)는 SiC 서셉터(118)가 가열되는 것에 따라 발생하는 초전도 효과(파이로 전기 효과)에 의해 SiC 서셉터(118)의 온도를 측정하는 것이며, 제어 회로에서는, 파이로미터(119)에 의해 검출된 온도신호로부터 피처리 기관(W)의 온도를 추측하고, 이 추측 온도에 근거해서 SiC 히터(114)의 발열량을 제어한다.

또한, 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)은 후술하는 바와 같이 처리 용기(22)의 프로세스 공간(84)을 감압할 때, 프로세스 공간(84)과의 압력차가 작아지도록 감압 시스템이 작동하여 동시에 감압된다. 그 때문에, 석영 벨자(112)는 감압 공정시의 압력차를 고려해서 두껍게(예를 들면 30mm 정도) 할 필요가 없고, 열용량이 작아도 되고, 그만큼 가열시의 응답성을 높일 수 있다.

베이스(110)는 원반형상으로 형성되어 있고, 중앙에 유지 부재(120)의 축(120d)이 삽입 관통되는 중앙구멍(142)을 갖고, 내부에는 둘레방향으로 연장형성된 냉각수용의 제 1 수로(144)가 설치된다. 베이스(110)는 알루미늄합금제이므로, 열팽창율이 크지만, 제 1 수로(144)에 냉각수를 흘려보내는 것에 의해 냉각된다.

또한, 플랜지(140)는 베이스(110)와 처리 용기(22)의 바닥부(22c) 사이에 개재된 제 1 플랜지(146)와, 제 1 플랜지(146)의 내주에 끼워지는 제 2 플랜지(148)를 조합시킨 구조이다. 제 1 플랜지(146)의 내주면에는 둘레방향으로 연장 형성된 냉각수용의 제 2 수로(150)가 설치된다.

상냉각수 공급부(46)로부터 공급된 냉각수는 상기 수로(144 및 150)를 흐르는 것에 의해, SiC 히터(114)의 발열에 의해 가열된 베이스(110) 및 플랜지(140)를 냉각해서 베이스(110) 및 플랜지(140)의 열팽창을 억제한다.

또한, 베이스(110)의 하면에는 수로(144)에 냉각수를 유입시키는 제 1 유입 관로(152)가 연통되는 제 1 유입구(154)와, 수로(144)를 통과한 냉각수를 배출하는 유출관로(156)가 연통되는 제 1 유출구(158)가 설치된다. 또한, 베이스(110)의 하면의 외주 근방에는, 제 1 플랜지(146)에 체결되는 볼트(160)를 삽입 관통하기 위한 장착구멍(162)이 둘레방향으로 복수 개(예컨대, 8 내지 12개소 정도) 설치된다.

또한, 베이스(110) 하면의 반경방향상의 중간 위치 부근에는, SiC 히터(114)의 온도를 측정하기 위한 열전쌍으로 이루어지는 온도 센서(164)와, SiC 히터(114)에 전원을 공급하기 위한 전원 케이블 접속용 단자(166a 내지 166f)가 설치된다. 또한, SiC 히터(114)에는 3개의 영역이 형성되어 있고, 전원 케이블 접속용 단자(166a 내지 166f)는 각 영역에 전원을 공급하는 +측 단자, -측 단자로서 설치되어 있다.

또한, 플랜지(140)의 하면에는, 수로(150)에 냉각수를 유입시키는 제 2 유입관로(168)가 연통되는 제 2 유입구(170)와, 수로(150)를 통과한 냉각수를 배출하는 유출관로(172)가 연통되는 제 2 유출구(174)가 설치된다.

도 23은 제 2 유입구(170) 및 제 2 유출구(174)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다. 도 24는 플랜지(140)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 23에 나타낸 바와 같이, 제 1 플랜지(146)에는 제 2 유입구(170)가 연통 된 L자형상의 연통구멍(146a)이 설치된다. 이 연통구멍(146a)의 단부는 수로(150)에 연통되어 있다. 또한, 제 2 유출구(174)도 상기 제 2 유입구(170)와 같은 구성으로 수로(150)에 연통 되어 있다.

수로(150)는 플랜지(140)의 내부에 둘레방향으로 연장 형성되어 있기 때문에, 플랜지(140)를 냉각함으로써, 제 1 플랜지(146)의 단부(146b)와 베이스(110) 사이에 협진된 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)의 온도도 간접적으로 냉각하고 있다. 이로써, 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)가 반경방향으로 열팽창 하는 것을 억제할 수 있다.

도 23 및 도 24에 나타낸 바와 같이, 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)의 하면에는, 복수의 위치 결정 구멍(178)이 둘레방향으로 소정 간격마다 설치된다. 이 위치 결정 구멍(178)은 베이스(110)의 상면에 나사 결합된 핀(176)이 끼워지는 구멍이지만, 열팽창율이 큰 베이스(110)가 반경방향으로 열팽창했을 때에 칼라부(112a)에 부하가 걸리지 않도록 핀(176)의 외경보다도 큰 직경으로 형성되어 있다.

즉, 핀(176)과 위치 결정 구멍(178)의 간극만큼만 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)에 대한 베이스(110)의 열팽창이 허용된다.

또한, 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)는 제 1 플랜지(146)의 단부(146b)에 대하여 반경방향의 간극이 설치되므로, 이 점으로부터도 이 간극만큼만 베이스(110)의 열팽창이 허용된다.

석영 벨자(112)의 칼라부(112a)의 하면은 베이스(110)의 상면에 장착된 밀봉 부재(O링)(180)에 의해 밀봉되고, 석영 벨자(112)의 칼라부(112a)의 상면은 제 1 플랜지(146)에 장착된 밀봉 부재(O링)(182)에 의해 밀봉된다.

또한, 제 1 플랜지(146) 및 제 2 플랜지(148)의 상면은 처리 용기(22)의 바닥부(22c)에 장착된 밀봉 부재(O링)(184, 186)에 의해 밀봉된다. 또한, 제 2 플랜지(148)의 하면은 베이스(110)의 상면에 장착된 밀봉 부재(O링)(188)에 의해 밀봉 된다.

이렇게, 베이스(110)와 플랜지(140) 사이 및 플랜지(140)와 처리 용기(22)의 바닥부(22c) 사이는 각기 2종 밀봉 구조로 되어 있고, 어느 하나의 밀봉 부재가 파손되어도 다른 밀봉 부재에 의해 밀봉할 수 있으므로, 처리 용기(22)와 히터부(24) 사이의 밀봉 구조에 대한 신뢰성이 보다 높아진다.

예컨대, 석영 벨자(112)가 깨졌을 경우 또는 칼라부(112a)에 균열이 생겼을 경우, 칼라부(112a)보다도 외측에 배치된 밀봉 부재(180)에 의해 석영 벨자(112) 내부의 기밀성이 확보되어, 처리 용기(22)내의 가스가 외부로 유출되는 것이 저지된다.

또는, 히터부(24)에 가까운 쪽의 밀봉 부재(180, 182)가 열화했을 경우에도, 히터부(24)보다도 떨어진 위치에 장착된 외측의 밀봉 부재(186, 188)에 의해 처리 용기(22)와 베이스(110) 사이의 밀봉 성능이 유지되기 때문에, 경년변화에 의한 가스 누설도 방지할 수 있다.

도 21에 나타낸 바와 같이, SiC 히터(114)는 석영 벨자(112)의 내부공간(113)에 있어서, 열반사 부재(116)의 상면에 탑재되어 있고, 또한 베이스(110)의 상면에 기립된 복수의 클램프 기구(190)에 의해 소정 높이에 유지되어 있다.

이 클램프 기구(190)는 열반사 부재(116)의 하면에 접촉하는 외통(190a)과, 외통(190a)을 관통해서 SiC 히터(114)의 상면에 접촉하는 축(190b)과, 축(190b)에 대하여 외통(190a)을 가압하는 코일 스프링(192)을 갖는다.

그리고, 클램프 기구(190)는 코일 스프링(192)의 스프링력으로 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)를 협지하는 구성으로 되어 있기 때문에, 예컨대 운반시의 진동이 입력되었을 경우에도 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)가 석영 벨자(112)에 접촉하지 않도록 유지하는 것이 가능하게 된다. 또한, 상기 코일 스프링(192)의 스프링력이 항상 작용함으로써, 열팽창에 의한 나사의 풀림도 방지되고, SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)는 덜컹거림이 없는 안정 상태로 유지된다.

또한, 각 클램프 기구(190)는 베이스(110)에 대하여 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)의 높이 위치를 임의의 위치로 조정할 수 있도록 구성되어 있고, 복수의 클램프 기구(190)의 높이 위치 조정에 의해 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)를 수평으로 유지하는 것이 가능하게 된다.

또한, 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)에는 SiC 히터(114)의 각 단자와 베이스(110)에 삽입 관통된 전원 케이블 접속용 단자(166a 내지 166f)를 전기적으로 접속하기 위한 접속 부재(194a 내지 194f)(단, 도 21에는 접속 부재(194a, 194c)가 도시되어 있음)가 부착되어 있다.

도 25는 클램프 기구(190)의 상단부의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 25에 나타낸 바와 같이, 클램프 기구(190)는 열반사 부재(116)의 삽입관통공(116a) 및 SiC 히터(114)의 삽입관통공(114e)에 삽입 관통된 축(190b)의 상단에 나사결합된 너트(193)를 조임으로써, 와셔(195)를 거쳐서 L자형상 와셔(197, 199)를 축방향으로 가압하여 SiC 히터(114)를 협지한다.

SiC 히터(114)는 삽입관통공(114e)에 L자형상 와셔(197, 199)의 원통부(197a, 199a)가 삽입되고, 원통부(197a, 199a)내에 클램프 기구(190)의 축(190b)이 삽입 관통된다. 그리고, L자형상 와셔(197, 199)의 칼라부(197b, 199b)가 SiC 히터(114)의 상면 및 하면에 접촉한다.

클램프 기구(190)의 축(190b)은 상기 코일 스프링(192)의 스프링력에 의해 하방으로 힘이 부가되고, 또한 클램프 기구(190)의 외통(190a)은 상기 코일 스프링(192)의 스프링력에 의해 상방으로 힘이 부가된다. 이렇게, 코일 스프링(192)의 스프링력이 클램프력으로서 작용하기 때문에, 열반사 부재(116) 및 SiC 히터(114)는 안정적으로 유지되어, 운반시의 진동에 의한 파손이 방지된다.

SiC 히터(114)의 삽입관통공(114e)은 L자형상 와셔(197a, 197b)의 원통부(197c, 197d)보다도 큰 직경이며, 간극이 설치된다. 그 때문에, SiC 히터(114)의 발열에 의해 발생하는 열팽창에 의해 삽입관통공(114e)과 축(190b)의 위치가 상대변위했을 경우, 삽입관통공(114e)은 L자형상 와셔(197, 199)의 칼라부(197b, 199b)에 접촉한 채 수평방향으로 어긋나는 것이 가능하게 되고, 열팽창에 따른 응력의 발생이 방지된다.

(3) 여기서, SiC 히터(114)에 대해서 설명한다.

도 26에 나타낸 바와 같이, SiC 히터(114)는 중심부에 원형상으로 형성된 제 1 발열부(114a)와, 제 1 발열부(114a)의 외주를 둘러싸도록 원호형상으로 형성된 제 2 및 제 3 발열부(114b, 114c)로 구성되어 있다. 또한, SiC 히터(114)의 중심에는 유지 부재(120)의 축(120d)이 삽입 관통되는 삽입관통공(114d)이 설치된다.

발열부(114a 내지 114c)는 각기 히터 제어 회로(196)에 병렬로 접속되어 있고, 온도 조정기(198)에 의해 설정된 임의의 온도로 제어된다. 히터 제어 회로(196)에서는 전원(200)으로부터 발열부(114a 내지 114c)에 공급되는 전압을 제어하는 것에 의해 SiC 히터(114)로부터 방사되는 발열량을 제어한다.

또한, 발열부(114a 내지 114c)에 의해 용량이 다르면, 전원(200)의 부담이 증대하기 때문에, 본 실시예에서는 각 발열부(114a 내지 114c)의 용량(2KW)이 동일해지도록 저항이 설정되어 있다.

히터 제어 회로(196)는 발열부(114a 내지 114c)를 동시에 통전하여 발열시키는 제어 방법 I과, 피처리 기판(W)의 온도 분포 상황에 따라 중심의 제 1 발열부(114a) 또는 외측의 제 2 및 제 3 발열부(114b, 114c)중 어느 한쪽을 발열시키는 제어 방법 II와, 피처리 기판(W)의 온도변화에 따라 발열부(114a 내지 114c)를 동시에 발열시키거나, 제 1 발열부(114a) 또는 제 2 및 제 3 발열부(114b, 114c)중 어느 하나를 발열시키는 제어 방법 III을 선택할 수 있다.

피처리 기판(W)은 상기 유지 부재(120)에 의해 유지된 상태에서 회전하면서 각 발열부(114a 내지 114c)의 발열에 의해 가열될 때, 외주측과 중심 부분의 온도차에 의해 주연 부분이 상방으로 뒤집힌다. 그러나, 본 실시예에서는 SiC 히터(114)는 열전도율이 좋은 SiC 서셉터(118)를 거쳐서 피처리 기판(W)을 가열하기 때문에, 피처리 기판(W)의 전체가 SiC 히터(114)로부터의 열로 가열되어, 피처리 기판(W)의 주연 부분과 중심 부분의 온도차를 작게 억제할 수 있어서, 피처리 기판(W)이 뒤집히는 것을 방지한다.

(4) 여기서, 석영 벨자(112)의 구성에 대해서 상세히 설명한다.

도 27a는 석영 벨자(112)의 구성을 도시하는 평면도이며, 도 27b는 석영 벨자(112)의 구성을 도시하는 종단면도이다. 도 28a는 석영 벨자(112)의 구성을 상방으로부터 본 사시도이며, 도 28b는 석영 벨자(112)의 구성을 하방으로부터 본 사시도이다.

도 27a, 도 27b 및 도 28a, 도 28b에 나타낸 바와 같이, 석영 벨자(112)는 투명한 석영에 의해 형성되어 있고, 전술한 칼라부(112a)의 상방에 형성된 원통부(112b)와, 원통부(112b)의 상방을 덮는 천정판(112c)과, 천정판(112c)의 중앙으로부터 하방으로 연장하는 중공부(112d)와, 칼라부(112a)의 내측에 형성된 개구에 횡으로 걸쳐진 보강을 위한 대들보부(112e)를 갖는다.

칼라부(112a) 및 천정판(112c)은 하중을 받으므로, 원통부(112b)보다도 두껍게 형성되어 있다. 또한, 석영 벨자(112)는 세로 방향으로 연장하는 중공부(112d)와 가로방향으로 연장하는 대들보부(112e)가 내부에서 교차하고 있기 때문에, 상하방향 및 반경방향의 강도가 높여져 있다.

또한, 대들보부(112e)의 중간 위치에는 중공부(112d)의 하단 부분이 결합되어 있고, 중공부(112d)내의 삽입 관통공(112f)은 대들보부(112e)도 관통하고 있다. 이 삽입관통공(112f)에는 유지 부재(120)의 축(120d)이 삽입 관통된다.

그리고, 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)에는, 전술한 SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)가 삽입된다. 또한, SiC 히터(114) 및 열반사 부재(116)는 원반형상으로 형성되어 있지만, 원호형상으로 분할가능한 구성이며, 대들보부(112e)를 피해서 내부 공간(113)에 삽입된 후에 조립할 수 있다.

또한, 석영 벨자(112)의 천정판(112c)에는 SiC 서셉터(118)를 지지하기 위한 보스(112g 내지 112i)가 3개소(120도 간격)에 돌출되어 있다. 그 때문에, 보스(112g 내지 112i)에 지지된 SiC 서셉터(118)는 천정판(112c)으로부터 약간 뜯 상태로 탑재된다. 그 때문에, 처리 용기(22)의 내부 압력이 변화되거나, 또는 온도 변화가 발생하는 것에 의해 SiC 서셉터(118)가 하방으로 변동한 경우에도, 천정판(112c)에 접촉하는 것이 방지된다.

또한, 석영 벨자(112)의 내부 압력은 후술하는 바와 같이 처리 용기(22)의 프로세스 공간(84)의 압력과의 차가 50Torr 이하로 되도록 감압 시스템에 의한 배기 유량의 제어를 실행하기 때문에, 석영 벨자(112)의 두께를 비교적 얇게 제작하는 것이 가능하게 된다. 이로써, 천정판(112c)의 두께를 6mm 내지 10mm 정도로 얇게 할 수 있으므로, 석영 벨자(112)의 열용량이 작아져서 가열시의 열전도 효율을 높이는 것에 의해 응답성을 향상시키는 것이 가능하게 된다. 또한, 본 실시예의 석영 벨자(112)는 100Torr의 압력에 견디는 강도를 갖도록 설계되어 있다.

도 29는 감압 시스템의 배기 계통의 구성을 도시하는 계통도이다.

도 29에 나타낸 바와 같이, 처리 용기(22)의 프로세스 공간(84)은 상술한 바와 같이 벨브(48a)의 개방 벨브에 의해 배기구(74)에 연통된 배기 경로(32)를 거쳐서 터보 분자 펌프(50)의 흡인력에 의해 감압된다. 또한, 터보 분자 펌프(50)의 배기구에 접속된 진공관로(51)의 하류는 배기된 가스를 흡인하는 펌프(MBP)(201)에 연통 되어있다.

석영 벨자(112)의 내부 공간(113)은 배기관로(202)를 거쳐서 바이패스관로(51a)에 접속되고, 회전 구동부(28)의 케이싱(122)에 의해 구획 형성된 내부 공간(124)은 배기관로(204)를 거쳐서 바이패스관로(51a)에 접속되어 있다.

배기관로(202)에는 내부 공간(113)의 압력을 측정하는 압력계(205)와, 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)을 감압할 때에 개방되는 벨브(206)가 설치된다. 또한, 바이패스관로(51a)에는 상술한 바와 같이 벨브(48b)가 설치되고, 또한 벨브(48b)를 바이패스하는 분기관로(208)가 설치된다. 이 분기관로(208)에는 감압 공정의 초기 단계에 개방되는 벨브(210)와, 벨브(48b)보다도 유량을 감소시키기 위한 조리개(211)가 설치되어 있다.

또한, 터보 분자 펌프(50)의 배기측에는 개폐용의 벨브(212)와, 배기측의 압력을 측정하는 압력계(214)가 설치된다. 그리고, 터보 축 퍼지용의 N2 라인이 터보 분자 펌프(50)에 연통된 터보 관로(216)에는 역지 벨브(218), 조리개(220), 벨브(222)가 설치되어 있다.

또한, 상기 벨브(206, 210, 212, 222)는 전자 벨브로 되어 있고, 제어 회로로부터의 제어 신호에 의해 개방된다.

상기한 바와 같이 구성된 감압 시스템에서는, 처리 용기(22), 석영 벨자(112), 회전 구동부(28)의 감압 공정을 실행할 경우, 한번에 압력을 내리는 것은 아니고, 단계적으로 압력을 내려서 서서히 진공에 근접하도록 감압시킨다.

우선, 석영 벨자(112)의 배기관로(202)에 설정된 벨브(206)를 개방함으로써 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)과 프로세스 공간(84) 사이가 배기 경로(32)를 거쳐서 연통 상태가 되고, 압력의 균일화가 행하여진다. 이로써, 감압 공정의 개시 단계에서의 석영 벨자(112)의 내부 공간(113)과 프로세스 공간(84) 사이의 압력차가 작아진다.

다음에 상기 분기관로(208)에 설치된 벨브(210)를 개방시켜서 가변 조리개(211)에 의해 조여진 작은 유량에 의한 감압을 실행한다. 그 후, 바이패스 관로(51a)에 설치된 벨브(48b)를 개방시켜서 배기 유량을 단계적으로 증대시킨다.

또한, 압력계(205)에 의해 측정된 석영 벨자(112)의 압력과, 센서 유닛(85)의 압력계(85a 내지 85c)에 의해 측정된 프로세스 공간(84)의 압력을 비교하고, 양쪽 압력의 차가 50Torr 이하일 때, 벨브(48b)를 개방시킨다. 이로써, 감압 공정에 있어서, 석영 벨자(112)에 따른 내외의 압력차를 완화해서 석영 벨자(112)에 불필요한 응력이 작용하지 않도록 감압 공정을 실행한다.

그리고, 소정 시간 경과후에 벨브(48a)를 개방시켜서 터보 분자 펌프(50)의 흡인력에 의한 배기 유량을 증대시켜서 처리 용기(22), 석영 벨자(112), 회전 구동부(28)의 내부를 진공이 될 때까지 감압한다.

(5) 여기서, 상기유지 부재(120)의 구성에 대해서 설명한다.

도 30a는 유지 부재(120)의 구성을 도시하는 평면도이며, 도 30b는 유지 부재(120)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 30a, 도 30b에 나타낸 바와 같이, 유지 부재(120)는 피처리 기판(W)을 지지하는 아암부(120a 내지 120c)와, 아암부(120a 내지 120c)가 결합된 축(120d)으로 구성되어 있다. 아암부(120a 내지 120c)는 프로세스 공간(84)에 있어서의 오염을 방지하고, 또한 SiC 서셉터(118)로부터의 열을 차폐하지 않도록 하기 위해서, 투명 석영에 의해 형성되어 있고, 축(120d)의 상단을 중심축으로서 120도 간격으로 수평방향으로 방사상으로 연장한다.

또한, 아암부(120a 내지 120c)의 길이 방향의 중간위치에는, 피처리 기판(W)의 하면에 접촉하는 보스(120e 내지 120g)가 돌출한다. 그 때문에, 피처리 기판(W)은 보스(120e 내지 120g)가 접촉하는 3점에서 지지된다.

이렇게, 유지 부재(120)는 점 접촉으로 피처리 기판(W)을 지지하는 구성이므로, SiC 서셉터(118)에 대하여 근소한 거리에서 이격된 위치에 피처리 기판(W)을 유지할 수 있다. 또한, SiC 서셉터(118)와 피처리 기판(W)의 이격 거리는, 예컨대 1mm 내지 20mm이며, 바람직하게는 3mm 내지 10mm 정도가 좋다.

즉, 피처리 기판(W)은 SiC 서셉터(118)의 상방에 뜬 상태에서 회전하는 것으로 되고, 직접 SiC 서셉터(118)에 탑재된 경우보다도 SiC 서셉터(118)로부터의 열이 균일하게 방사되어, 주연 부분과 중심 부분의 온도차가 발생하기 어렵고, 온도차에 의한 피처리 기판(W)의 휘어짐도 방지된다.

피처리 기판(W)은 SiC 서셉터(118)로부터 이격된 위치에 유지되어 있으므로, 온도차에 의해 휘어짐이 발생하여도 SiC 서셉터(118)에 접촉하지 않고, 정상시의 온도 균일화에 따라 원래의 수평 상태로 복귀하는 것이 가능하게 된다.

또한, 유지 부재(120)의 축(120d)은 불투명 석영에 의해 막대 형상으로 형성되어 있고, 상기 SiC 서셉터(118) 및 석영 벨자(112)의 삽입관통공(112f)에 삽입 관통되어서 하방으로 연장한다. 이렇게, 유지 부재(120)는 프로세스 공간(84)내에서 피처리 기판(W)을 유지하는 것이지만, 석영에 의해 형성되어 있으므로, 금속제의 것보다도 오염의 우려가 없다.

(6) 여기서, 상기 회전 구동부(28)의 구성에 대해서 상세히 설명한다.

도 31은 히터부(24)의 하방으로 배치된 회전 구동부(28)의 구성을 도시하는 종단면도이다. 도 32는 회전 구동부(28)를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 31 및 도 32에 나타낸 바와 같이, 히터부(24)의 베이스(110)의 하면에 회전 구동부(28)를 지지하기 위한 홀더(230)가 체결되어 있다. 이 홀더(230)에는 회전 위치 검출 기구(232)와, 홀더 냉각 기구(234)가 설치된다.

또한, 홀더(230)의 하방으로는 유지 부재(120)의 축(120d)이 삽입 관통 고정된 세라믹축(126)이 삽입되어 있고, 세라믹축(126)을 회전 가능하게 지지하는 세라믹 베어링(236, 237)을 유지하는 고정축의 케이싱(122)이 볼트(240)에 의해 고정되어 있다.

케이싱(122)내에 있어서는, 회전 부분이 세라믹축(126)과 세라믹 베어링(236, 237)으로 구성되어 있으므로, 금속의 오염이 방지된다.

케이싱(122)은 볼트(240)가 삽입 관통되는 플랜지(242)와, 플랜지(238)보다 하방으로 연장 형성된 바닥을 가진 통형상의 격벽(244)을 갖는다. 격벽(244)의 외주면에는, 전술한 감압 시스템의 배기관로(204)가 연통되는 배기 포트(246)가 설정되어 있고, 케이싱(122)의 내부 공간(124)의 기체는 전술한 감압 시스템에 의한 감압 공정에 있어서, 배기되어서 감압된다. 그 때문에, 프로세스 공간(84)내의 가스가 유지 부재(120)의 축(120d)을 따라 외부에 유출하는 것이 방지된다.

또한, 내부 공간(124)에는 마그넷 커플링(130)의 종동축 마그넷(248)이 수납되어 있다. 이 종동축 마그넷(248)은 오염을 방지하기 위해서, 세라믹축(126)의 외주에 끼워진 마그넷 커버(250)로 덮여있고, 내부 공간(124)내의 기체와 접촉하지 않도록 부착되어 있다.

마그넷 커버(250)는 알루미늄합금에 의해 환상으로 형성된 커버이며, 내부에 수납하는 환상의 공간이 형성되어 있다. 내부에 덜컹거림이 없는 상태로 수납되어 있다. 또한, 마그넷 커버(250)의 이음매 부분은, 전자 빔 용접에 의해 간극이 없이 결합되어 있고, 열(列) 부착 등과 같이 은이 유출되어 오염이 발생하는 일이 없도록 가공되어 있다.

또한, 케이싱(122)의 외주에는 통형상으로 형성된 대기축 회전부(252)가 끼워지도록 설치되어 있고, 베어링(254, 255)을 거쳐서 회전 가능하게 지지되어 있다. 그리고, 대기축 회전부(252)의 내주에는 마그넷 커플링(130)의 구동축 마그넷(256)이 부착되어 있다.

대기축 회전부(252)는 하단부(252a)가 전달 부재(257)를 거쳐서 모터(128)의 구동축(128a)이 결합되어 있다. 그 때문에, 모터(128)의 회전 구동력은 대기축 회전부(252)에 설치된 구동축 마그넷(256)과 케이싱(122)의 내부에 설치된 종동축 마그넷(248) 사이의 자력을 거쳐서 세라믹축(126)에 전달되어, 유지 부재(120) 및 피처리 기판(W)에 전달된다.

또한, 대기축 회전부(252)의 외측에는, 대기축 회전부(252)의 회전을 검출하는 회전 검출 유닛(258)이 설치된다. 이 회전 검출 유닛(258)은 대기축 회전부(252)의 하단부 외주에 부착된 원반형상의 슬릿판(260, 261)과, 슬릿판(260, 261)의 회전량을 광학적으로 검출하는 포토인터럽터(262, 263)로 구성되어 있다.

포토인터럽터(262, 263)는 브래킷(264)에 의해 고정축의 케이싱(122)에 고정되어 있다. 그리고, 회전 검출 유닛(258)에서는 한 쌍의 포토인터럽터(262, 263)로부터 회전 속도에 따른 펄스가 동시에 검출되므로, 양쪽 펄스를 비교하는 것에 의해 회전 검출 정밀도를 높이는 것이 가능하게 된다.

도 33a는 홀더 냉각 기구(234)의 구성을 도시하는 횡단면도이며, 도 33b는 홀더 냉각 기구(234)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 33a, 도 33b에 나타낸 바와 같이, 홀더 냉각 기구(234)는 홀더(230)의 내부에 둘레방향으로 연장하는 냉각수용의 수로(230a)가 형성되어 있다. 그리고, 수로(230a)의 일단에 냉각수 공급 포트(230b)가 연통 되고, 수로(230a)의 타단에 냉각수 배출 포트(230c)가 연통되어 있다.

냉각수 공급부(46)로부터 공급된 냉각수는 냉각수 공급 포트(230b)로 수로(230a)를 통과한 후, 냉각수 배출 포트(230c)로 배출되기 때문에, 홀더(230) 전체를 냉각할 수 있다.

도 34는 회전 위치 검출 기구(232)의 구성을 도시하는 획단면도이다.

도 34에 나타낸 바와 같이, 홀더(230)의 한쪽의 측면에는 발광 소자(266)가 장착되고, 홀더(230)의 다른쪽 측면에는, 발광 소자(266)로부터의 빛을 수광하는 수광 소자(268)가 부착되어 있다.

또한, 홀더(230)의 중앙에는 유지 부재(120)의 축(120d)이 삽입 관통되는 중앙구멍(230d)이 상하 방향으로 관통하고, 이 중앙구멍(230d)에 교차하도록 가로방향으로 관통하는 관통공(230e, 230f)이 설치된다.

발광 소자(266)는 한쪽의 관통공(230e)의 단부에 삽입되고, 수광 소자(268)는 다른쪽의 관통공(230f)의 단부에 삽입되어 있다. 관통공(230e, 230f) 사이에는 축(120d)이 삽입 관통되어 있기 때문에, 축(120d)의 회전 위치를 수광 소자(268)의 출력 변화로부터 검출하는 것이 가능하게 된다.

(7) 여기서, 회전 위치 검출 기구(232)의 구성 및 작용에 대해서 상세히 설명한다.

도 35a는 회전 위치 검출 기구(232)의 비검출 상태를 도시한 도면이며, 도 35b는 회전 위치 검출 기구(232)의 검출 상태를 도시한 도면이다.

도 35a에 나타낸 바와 같이, 유지 부재(120)의 축(120d)은 외주에 접선방향의 챔퍼링 가공이 실시되어 있다. 이 챔퍼링부(120i)는 발광 소자(266)와 수광 소자(268)의 중간 위치로 회전했을 때, 발광 소자(266)로부터 발광된 광과 평행해진다.

이 때, 발광 소자(266)로부터의 광은 챔퍼링부(120i)를 횡으로 통과해서 수광 소자(268)에 조사된다. 이로써, 수광소자(268)의 출력 신호(S)는 온(on)이 되어, 회전 위치 판정 회로(270)에 공급된다.

도 35b에 나타낸 바와 같이, 유지 부재(120)의 축(120d)이 회동해서 챔퍼링부(120i)의 위치가 중간 위치로부터 어긋나면, 발광 소자(266)로부터의 광은 축(120d)에 차단되고, 회전 위치 판정 회로(270)에의 출력 신호(S)는 오프(off)가 된다.

도 36a는 회전 위치 검출 기구(232)의 수광 소자(268)의 출력 신호(S)를 도시하는 과정도이며, 도 36b는 회전 위치 판정 회로(270)로부터 출력할 수 있는 펠스 신호(P)의 과정도이다.

도 36a에 나타낸 바와 같이, 수광 소자(268)는 축(120d)의 회동 위치에 의해 발광 소자(266)로부터의 광의 수광량(출력 신호(S))이 포물선상으로 변화된다. 회전 위치 판정 회로(270)에서는, 이 출력 신호(S)에 대한 하한값(H)을 설정함으로써, 출력 신호(S)가 하한값(H) 이상으로 되었을 때에 펠스(P)를 출력한다.

이 펠스(P)가 유지 부재(120)의 회동 위치를 검출한 검출 신호로서 출력될 수 있다. 즉, 회전 위치 판정 회로(270)는 도 10에 나타낸 바와 같이, 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)가 승강 아암(132)의 접촉 펀(138a 내지 138c)에 간섭하지 않고, 또한 반송 로봇(98)의 로봇 핸드와 간섭하지 않는 위치에 있는 것을 판정하고, 그 검출 신호(펠스(P))를 출력한다.

(8) 여기서, 상기 회전 위치 판정 정회로(270)로부터 출력할 수 있는 검출 신호(펠스(P))에 근거해서 제어 회로가 실행하는 회전 위치 제어 처리에 대해서 설명한다.

도 37은 제어 회로가 실행하는 회전 위치 제어 처리를 설명하기 위한 흐름도이다.

도 37에 나타낸 바와 같이, 제어 회로는 S11에 있어서, 피처리 기판(W)의 회전을 지시하는 제어 신호가 있으면 S12로 진행하고, 모터(128)를 기동시킨다. 계속해서, S13으로 진행하고, 수광 소자(268)의 신호가 온(on)인가 아닌가를 체크한다. S13에서 수광 소자(268)의 신호가 온(on)일 때는 S14로 진행하고, 검출 신호(펠스(P))의 주기로부터 유지 부재(120) 및 피처리 기판(W)의 회전수를 연산한다.

계속해서, S15로 진행하고, 유지 부재(120) 및 피처리 기판(W)의 회전수(n)가 미리 설정된 목표 회전(na)인가 아닌가를 체크한다. S15에 있어서, 유지 부재(120) 및 피처리 기판(W)의 회전수(n)가 목표 회전(na)에 도달하지 않았을 때는, 상기 S13으로 되돌아오고, 모터(128)의 회전수가 상승하였는가 아닌가를 두 번째 체크한다.

또한, 상기 S15에 있어서, $n=na$ 일 때는, 유지 부재(120) 및 피처리 기판(W)의 회전수(n)가 목표 회전(na)에 도달하였으므로, S17로 진행하고, 모터 정지의 제어 신호가 있는가 아닌가를 체크한다. S17에 있어서, 모터 정지의 제어 신호가 없을 때는, 상기 S13으로 되돌아오고, 모터 정지의 제어 신호가 있을 때는, S18로 진행하고, 모터(128)를 정지시킨다. 계속해서, S19에서 수광 소자(268)의 신호가 온(on)인가 아닌가를 체크하고, 수광 소자(268)의 신호가 온(on)으로 될 때까지 반복한다.

이렇게 하여, 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)가 승강 아암(132)의 접촉 편(138a 내지 138c)에 간섭하지 않고, 또한 반송 로봇(98)의 로봇 핸드와 간섭하지 않는 위치에 정지시킬 수 있다.

또한, 상기 회전 위치 제어 처리에서는 수광 소자(268)로부터의 출력 신호의 주기로부터 회전수를 구하는 방법을 사용한 경우에 대해서 설명했지만, 예를 들면 전술한 포토인터럽터(262, 263)로부터 출력할 수 있는 신호를 적산해서 회전수를 구하는 것도 가능하다.

(9) 여기서, 처리 용기(122)의 측면에 형성된 창문(75, 76)의 구성에 대해서 상세히 설명한다.

도 38은 창문(75, 76)의 장착 개소를 상방으로부터 본 횡단면도이다. 도 39는 창문(75)을 확대해서 도시하는 횡단면도이다. 도 40은 창문(76)을 확대해서 도시하는 횡단면도이다.

도 38 및 도 39에 나타낸 바와 같이, 제 1 창문(75)은, 처리 용기(122)의 내부에 형성된 프로세스 공간(84)에 가스가 공급되거나, 진공으로 감압되기 때문에, 기밀성을 보다 높일 수 있는 구성으로 되어있다.

창문(75)은 투명 석영(272)과, 자외선을 차단하는 UV 유리(274)를 갖는 2중구조로 되어있다. 투명 석영(272)은 창문 설치부(276)에 접촉시킨 상태에서 제 1 창틀(278)이 창문 설치부(276)에 비스(277)로 돌림 방지되어서 고정된다. 창문 설치부(276)의 외면에는, 투명 석영(272)과의 사이를 기밀하게 밀봉하는 밀봉 부재(O링)(280)가 장착되어있다. 또한, 제 1 창틀(278)의 외면에는, UV 유리(274)를 접촉시킨 상태에서 제 2 창틀(282)이 비스(284)로 돌림 방지되어서 고정된다.

이렇게, 창문(75)은 자외선 광원(UV 램프)(86, 87)으로부터 조사된 자외선이 UV 유리(274)에 의해 차단되어서 프로세스 공간(84)의 외부로 새는 것을 방지하는 동시에, 밀봉 부재(280)의 밀봉 효과에 의해 프로세스 공간(84)에 공급된 가스가 외부로 유출하는 것을 방지하고 있다.

또한, 처리 용기(22)의 측면을 관통하는 개구(286)는 처리 용기(22)의 중앙, 즉 유지 부재(120)에 유지된 피처리 기판(W)의 중심을 향하도록 비스듬히 관통하고 있다. 그 때문에, 창문(75)은 처리 용기(22)의 측면 중심으로부터 빠져나간 위치에 설치되지만, 횡방향으로 넓게 보이도록 타원형상으로 형성되어 있고, 피처리 기판(W)의 상태를 외부로부터 시인할 수 있다.

또한, 제 2 창문(76)은 상기 창문(75)과 같은 구성으로 되어 있고, 투명 석영(292)과, 자외선을 차단하는 UV 유리(294)를 갖는 2중 구조에 되어있다. 투명 석영(292)은 창문 설치부(296)에 접촉시킨 상태에서 제 1 창틀(298)이 창문 설치부(296)에 비스(297)로 돌림 방지되어서 고정된다. 창문 설치부(296)의 외면에는, 투명 석영(292)과의 사이를 기밀하게 밀봉하는 밀봉 부재(O링)(300)가 장착되어있다. 또한, 제 1 창틀(298)의 외면에는, UV 유리(294)를 접촉시킨 상태에서 제 2 창틀(302)이 비스(304)로 돌림 방지되어서 고정된다.

이렇게, 창문(76)은 자외선 광원(UV 램프)(86, 87)으로부터 조사된 자외선이 UV 유리(294)에 의해 차단되어서 프로세스 공간(84)의 외부로 새는 것을 방지하는 동시에, 밀봉 부재(300)의 밀봉 효과에 의해 프로세스 공간(84)에 공급된 가스가 외부로 유출되는 것을 방지하고 있다.

또한, 본 실시예에서는 처리 용기(22)의 측면에 한쌍의 창문(75, 76)을 배치한 구성을 일례로서 설명했지만, 이것에 한하지 않고, 3개 이상의 창문을 설치하도록 해도 좋고, 또는 측면 이외의 장소에 설치하도록 해도 좋은 것은 물론이다.

(10) 여기서, 석영 라이너(100)를 구성하는 각 케이스(102, 104, 106, 108)에 대해서 설명한다.

도 9 및 도 10에 나타낸 바와 같이, 석영 라이너(100)는 하부 케이스(102), 측면 케이스(104), 상부 케이스(106), 원통형 케이스(108)를 조합한 구성으로 되어 있고, 각자 볼트 명석영에 의해 형성되어 있고, 알루미늄합금제의 처리 용기(22)를 가스나 자외선으로부터 보호하는 동시에, 처리 용기(22)에 의한 금속의 오염을 방지하는 것을 목적으로 설치된다.

도 41a는 하부 케이스(102)의 구성을 도시하는 평면도이며, 도 41b는 하부 케이스(102)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 41a, 도 41b에 나타낸 바와 같이, 하부 케이스(102)는, 윤곽 형상이 처리 용기(22)의 내벽 형상에 대응한 판형상으로 형성되어 있고, 그 중앙에는 SiC 션터(118) 및 피처리 기판(W)에 대향하는 원형 개구(310)가 형성되어 있다. 이 원형개구(310)는 원통형 케이스(108)가 삽입 가능한 치수로 형성되어 있고, 내주에는 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)의 선단부를 삽입하기 위한 오목부(310a 내지 310c)가 120도 간격으로 설치된다.

또한, 오목부(310a 내지 310c)의 위치는, 유지 부재(120)의 아암부(120a 내지 120c)가 승강 아암(132)의 접촉 편(138a 내지 138c)에 간섭하지 않고, 또한 반송 로봇(98)의 로봇 핸드와 간섭하지 않는 위치다.

또한, 하부 케이스(102)에는 처리 용기(22)의 바닥부에 형성된 배기구(74)에 대향하는 장방형의 개구(312)가 설치된다. 또한, 하부 케이스(102)는 하면에 위치 결정용의 돌기(314a, 314b)가 비대칭 위치에 설치된다.

또한, 상기 원형 개구(310)의 내주에는, 후술하는 원통형 케이스(108)의 돌기가 끼워지기 위한 오목부(310d)가 형성되어 있다. 또한, 하부 케이스(102)의 주연부에는, 측면 케이스(104)에 끼워지는 단부(315)가 설치된다.

도 42a는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 평면도이며, 도 42b는 측면 케이스(104)의 정면도이며, 도 42c는 측면 케이스(104)의 배면도이며, 도 42d는 측면 케이스(104)의 좌측면도이며, 도 42e는 측면 케이스(104)의 우측면도이다.

도 42a 내지 도 42e에 나타낸 바와 같이, 측면 케이스(104)는 외형 형상이 처리 용기(22)의 내벽 형상에 대응한 네 구석이 R형상으로 된 대략 4각형의 프레임형상으로 형성되어 있고, 내측에 프로세스 공간(84)이 형성된다.

또한, 측면 케이스(104)는 정면(104a)에 전술한 가스 분사 노즐부(93)의 복수의 분사구(93a)에 대향하도록 횡방향으로 연장된 가늘고 긴 형상의 슬릿(316)과, 리모트 플라즈마부(27)에 연통되는 연통구멍(92)에 대향하는 위치에 설정된 U자형 상의 개구(317)가 설치된다. 또한, 본 실시예에서는, 슬릿(316)과 개구(317)가 연통된 구성으로 되어 있지만, 각기 독립된 개구로서 형성하는 것도 가능하다.

또한, 측면 케이스(104)는 배면(104b)에 전술한 반송 로봇(98)의 로봇 핸드가 통과하기 위한 오목부(318)가 반송구(94)에 대향하는 위치에 형성되어 있다.

또한, 측면 케이스(104)는 좌측면(104c)에 전술한 센서 유닛(85)에 대향하는 원형의 구멍(319)이 형성되고, 우측면(104d)에 전술한 창문(75, 76)과, 센서 유닛(77)에 대향하는 구멍(320 내지 322)이 형성되어 있다.

도 43a는 상부 케이스(106)의 구성을 도시하는 저면도이며, 도 43b는 상부 케이스(106)의 측면도이다.

도 43a, 도 43b에 나타낸 바와 같이, 상부 케이스(106)는 윤곽형상이 처리 용기(22)의 내벽 형상에 대응하는 판형상으로 형성되어 있고, 자외선 광원(UV 램프)(86, 87)에 대향하는 위치에 장방형의 개구(324, 325)가 형성되어 있다. 또한, 상부 케이스(106)의 주연부에는 측면 케이스(104)에 끼워지는 단부(326)가 설치된다.

또한, 상부 케이스(106)는 커버 부재(82)의 형상에 대응하는 원형 구멍(327 내지 329) 및 직사각형의 사각구멍(330)이 설치된다.

도 44a는 원통형 케이스(108)의 구성을 도시하는 평면도이며, 도 44b는 원통형 케이스(108)의 측면 종단면도이며, 도 44c는 원통형 케이스(108)의 측면도이다.

도 44a 내지 도 44c에 나타낸 바와 같이, 원통형 케이스(108)는 석영 벨자(112)의 외주를 덮도록 통형상으로 형성되어 있고, 상단 가장자리에는 승강 아암(132)의 접촉 편(138a 내지 138c)이 삽입되는 오목부(108a 내지 108c)가 설치된다. 또한, 원통형 케이스(108)는 상단부의 외주에 하부 케이스(102)의 오목부(310d)가 끼워지는 위치 맞춤용의 돌기(108d)가 형성되어 있다.

(11) 여기서, 리프터 기구(30)의 밀봉 구조에 대해서 설명한다.

도 45는 리프터 기구(30)를 확대해서 도시하는 종단면도이다. 도 46은 리프터 기구(30)의 밀봉 구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 45 및 도 46에 나타낸 바와 같이, 리프터 기구(30)는 구동부(136)에 의해 승강 축(134)을 승강시켜 챔버(80)내에 삽입된 승강 아암(132)을 승강시킬 때, 챔버(80)의 관통공(80a)내에 삽입된 승강 축(134)의 외주가 주름상자 형상의 벨로우즈(332)에 의해 덮여있어, 챔버(80)내에서의 오염을 방지하도록 구성되어있다.

벨로우즈(332)는 주름상자 부분이 신축가능한 형상으로 되어있고, 예를 들면 인코넬이나 하스텔로이 등에 의해 형성되어 있다. 또한, 관통공(80a)은 승강 축(134)이 삽입 관통된 커버부재(340)에 의해 폐색되어 있다.

또한, 승강 축(134)의 상단이 볼트(334)에 의해 체결되는 승강 아암(132)의 연결 부재(336)에는, 원통형상의 세라믹 커버(338)가 끼워져 고정되어 있다. 이 세라믹 커버(338)는 연결 부재(336)보다 하방으로 연장 형성되기 때문에, 벨로우즈(332)의 주위를 덮는 것에 의해 챔버(80)내에서 직접 노출되지 않도록 설치된다.

그 때문에, 벨로우즈(332)는 프로세스 공간(84)에 있어서, 승강 아암(132)을 상승시킬 때에 상방으로 신장되어, 세라믹에 의해 형성된 원통형 커버(338)에 의해 덮어져 있다. 따라서, 벨로우즈(332)는 관통공(80a)에 승강 가능하게 삽입된 원통형 커버(338)에 의해 프로세스 공간(84)의 가스나 열에 직접 노출되는 일이 없고, 가스나 열에 의한 열화가 방지된다.

(12) 이하에, 기판 처리 장치(20)를 사용하여 실행하는 피처리 기판(W)표면의 자외광 라디칼 산화 처리 및 그 후에 행하여지는 리모트 플라즈마 라디칼 질화 처리에 대해서 설명한다.

[자외광 라디칼 산화 처리]

도 47a는 도 2의 기판 처리 장치(20)를 사용하여 피처리 기판(W)의 라디칼 산화를 실행할 경우를 도시하는 측면도 및 평면도이며, 도 47b는 도 47a의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 47a에 나타낸 바와 같이, 상기 프로세스 공간(84)중에는 가스 분사 노즐부(93)로부터 산소 가스가 공급되어, 피처리 기판(W)의 표면을 따라 흐른 후, 배기구(74), 터보 분자 펌프(50) 및 펌프(201)를 지나 배기된다. 터보 분자 펌프(50)를 사용하는 것에 의해, 상기 프로세스 공간(84)의 프로세스 압력이 기판(W)의 산소 라디칼에 의한 산화에 필요한 10^{-3} 내지 10^{-6} Torr의 범위로 설정된다.

이것과 동시에, 바람직하게는 172nm의 파장의 자외광을 발생하는 자외선 광원(86, 87)을 구동함으로써, 이렇게 하여 형성된 산소 가스류중에 산소 라디칼이 형성된다. 형성된 산소 라디칼은 상기 피처리 기판(W)의 표면을 따라 흐를 때에, 회전하고 있는 기판표면을 산화한다. 이러한 피처리 기판(W)의 산소 라디칼에 의한 산화에 의해, 실리콘 기판표면에 1nm 이하의 막 두께의 매우 얇은 산화막, 특히 2 내지 3 원자층에 해당하는 약 0.4nm의 막 두께의 산화막을, 안정적으로 재현성 좋게 형성하는 것이 가능하게 된다.

도 47b에 나타낸 바와 같이, 자외선 광원(86, 87)은 산소 가스류의 방향으로 교차하는 방향으로 연장하는 관상의 광원이며, 터보 분자 펌프(50)가 배기구(74)를 거쳐서 프로세스 공간(84)을 배기하는 것을 알 수 있다. 한편, 상기 배기구(74)로부터 직접 펌프(50)에 도달하고, 도 47b의 점선으로 도시한 배기 경로는 벨브(48b)를 폐쇄함으로써 차단되어 있다.

도 48은 도 2의 기판 처리 장치(20)에 있어서 도 47a, 도 47b의 공정에 의해 실리콘 기판 표면에 실리콘 산화막을, 기판 온도를 450°C로 설정하고, 자외광 조사 강도 및 산소 가스 유량 혹은 산소 분압을 다양하게 변화시키면서 형성했을 경우의 막 두께와 산화 시간의 관계를 도시한다. 단, 도 48의 실험에서는 라디칼 산화에 앞서 실리콘 기판 표면의 자연 산화막을 제거하고, 또한 경우에 따라서는 기판 표면에 잔류하는 탄소를 자외광 여기질소 라디칼중에서 제거하고, 또한 Ar 분위기 중, 약 950°C에 있어서의 고온 열처리를 실행하는 것에 의해, 기판 표면을 평탄화하고 있다. 또한, 상기 자외선 광원(86, 87)으로는 파장이 172nm인 엑시머 램프를 사용하였다.

도 48을 참조하면, 계열 1의 데이터는 자외광 조사 강도를 자외 광원(24B)의 창문면에 있어서의 기준 강도(50mW/cm^2)의 5%로 설정하고, 프로세스 압력을 665mPa(5mTorr), 산소 가스 유량을 30 SCCM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막

두께의 관계를, 계열 2의 데이터는 자외광 강도를 0으로 설정하고, 프로세스 압력을 133Pa(1Torr), 산소 가스 유량을 3 SLM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화막 두께의 관계를 도시한다. 또 계열 3의 데이터는 자외광 강도를 0으로 설정하고, 프로세스 압력을 2.66Pa(20mTorr), 산소 가스 유량을 150 SCCM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막 두께의 관계를 도시하고, 계열 4의 데이터는 자외광 조사 강도를 100%, 즉 상기 기준 강도로 설정하고, 프로세스 압력을 2.66Pa(20mTorr), 산소 가스 유량을 150 SCCM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막 두께의 관계를 도시한다. 또한, 계열 5의 데이터는 자외광 조사 강도를 기준강도의 20%로 설정하고, 프로세스 압력을 2.66Pa(20mTorr), 산소 가스 유량을 150 SCCM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화막 압력의 관계를 도시하고, 계열 6의 데이터는 자외광 조사 강도를 기준 조사 강도의 20%로 설정하고, 프로세스 압력을 약 67Pa(0.5Torr), 산소 가스 유량을 0.5 SLM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막 두께의 관계를 도시한다. 또한, 계열 7의 데이터는 자외광 조사 강도를 기준 강도의 20%로 설정하고, 프로세스 압력을 665Pa(5Torr)로, 산소 가스 유량을 2 SLM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막 두께의 관계를, 계열 8의 데이터는 자외광 조사 강도를 기준 강도의 5%로 설정하고, 프로세스 압력을 2.66Pa(20mTorr), 산소 가스 유량을 150 SCCM으로 설정한 경우의 산화 시간과 산화 막 두께의 관계를 도시한다.

도 48의 실험에 있어서, 산화막의 막 두께는 XPS법에 의해 구하고 있지만, 이렇게 1nm를 하회하는 매우 얇은 산화막의 막 두께를 구하는 통일된 방법은 현시점에서는 존재하지 않는다.

거기에서 본 발명의 발명자는 도 49에 도시하는 관측된 Si_{2p} 궤도의 XPS스펙트럼에 대하여 백그라운드 보정 및 3/2과 1/2 스펀 상태의 분리 보정을 실행하고, 그 결과 얻은 도 50에 나타내는 $\text{Si}_{2p}^{3/2}$ XPS 스펙트럼을 바탕으로, Lu 등(Z.H.Lu, et al., Appl. Phys. Lett. 71(1997), pp.2764)의 교시를 따라, 식(1)에 도시하는 식 및 계수를 사용하여 산화막의 막 두께(d)를 구했다.

$$d = \lambda \sin \alpha \cdot \ln[I^{X+}/(\beta I^{0+}) + 1] \quad (1)$$

$$\lambda = 2.96$$

$$\beta = 0.75$$

단, 식(1)에 있어서 α 는 도 55에 나타낸 XPS 스펙트럼의 검출각이며, 도시의 예에서는 30° 로 설정되어 있다. 또 수 1중, I^{X+} 은 산화막에 대응하는 스펙트럼 피크의 적분강도($I^{1x} + I^{2x} + I^{3x} + I^{4x}$)이며, 도 50중 102 내지 104eV의 에너지 영역에서 볼 수 있는 피크에 대응하고 있다. 한편, I^{0+} 는 100eV 근방의 에너지 영역에 대응한 실리콘 기판에 기인하는 스펙트럼 피크의 적분강도에 대응한다.

다시 도 48을 참조하면, 자외광 조사 파워, 따라서 형성되는 산소 라디칼 밀도가 작을 경우(계열 1, 2, 3, 8)에는 최초는 산화막의 산화막 두께가 0nm이던 것이, 산화 시간과 함께 산화막 두께가 서서히 계속해서 증가하는 것에 대해, 자외광 조사 파워를 기준 강도의 20% 이상으로 설정한 계열 4, 5, 6, 7에서는 도 51에 개략적으로 도시하는 바와 같이 산화막 성장이 성장 개시후, 대략 0.4nm의 막 두께에 도달한 시점에서 정류하고, 어느 정도의 정류 시간이 경과한 후, 급격히 성장이 재개되는 것이 인정된다.

도 48 또는 도 51의 관계는, 실리콘 기판 표면의 산화 처리에 있어서, 0.4nm 전후의 막 두께의 매우 얇은 산화막을, 안정적으로 형성할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 도 48에서 알 수 있는 바와 같이, 이러한 정류 시간이 어느 정도 계속됨으로써 형성되는 산화막은 똑같은 두께를 갖는 것을 안다. 즉, 본 발명에 의하면, 약 0.4nm 두께의 산화막을 실리콘 기판 위에 똑같은 두께로 형성하는 것이 가능하게 된다.

도 52a, 도 52b는 이러한 실리콘 기판상에의 얇은 산화막의 형성과정을 개략적으로 도시한다. 이들 도면에서는 실리콘(100) 기판상의 구조를 극히 단순화하고 있는 것에 주의해야 한다.

도 52a를 참조하면, 실리콘 기판 표면에는, 실리콘 원자 1개당 2개의 산소원자가 결합하고, 1 원자층의 산소층이 형성되어 있다. 이 대표적인 상태에서는, 기판 표면의 실리콘 원자는 기판 내부의 2개의 실리콘 원자와 기판 표면의 2개의 산소 원자에 의해 배위되어, 서브 옥사이드를 형성하고 있다.

이것에 대하여, 도 52b의 상태에서는 실리콘 기판 최상부의 실리콘 원자는 4개의 산소 원자에 의해 배위되어 있고, 안정한 Si^{4+} 의 상태를 취한다. 이것이 이유로, 도 52a의 상태에서는 조속히 산화가 진행되고, 도 52b의 상태가 되어서 산화가 정류하는 것으로 생각된다. 도 52b의 상태에 있어서의 산화막의 두께는 약 0.4nm이며, 이것은 도 48에 있어서 관측되는 정류 상태에 있어서의 산화 막 두께와 잘 일치한다.

도 50의 XPS 스펙트럼에 있어서, 산화 막 두께가 0.1nm 또는 0.2nm인 경우에 101 내지 104eV의 에너지 범위에서 알 수 있는 낮은 피크가 도 52a의 서브 옥사이드에 대응하고, 산화 막 두께가 0.3nm을 넘었을 경우에 이 에너지 영역에 나타나는 피크가 Si^{4+} 에 기인하는 것으로, 1 원자층을 넘는 산화막의 형성을 나타내고 있는 것으로 생각된다.

이러한 0.4nm의 막 두께에 있어서의 산화 막 두께의 정류 현상은, 도 47a, 도 47b의 UVO_2 라디칼 산화 프로세스에 한정되는 것은 아니며, 마찬가지로 얇은 산화막을 정밀도 높게 형성할 수 있는 산화막 형성 방법이면, 마찬가지로 볼 수 있는 것으로 생각된다.

도 52b의 상태로부터 더욱 산화를 계속하면, 산화막의 두께는 다시 증대한다. 도 53은 이렇게 기판 처리 장치(20)를 사용한 도 47a, 도 47b의 자외광 라디칼 산화 프로세스에 의해 형성된 산화막 위로 두께가 0.4nm인 ZrSiO_x 막과 전극막을 형성하여(나중에 설명하는 도 54b을 참조) 얇은 적층 구조에 대하여 구한 열산화막환산 막 두께(Teq)와 리크 전류(Ig)의 관계를 나타낸다. 단지, 도 53의 리크 전류 특성은 상기 전극막과 실리콘 기판 사이에 플랫 밴드 전압(Vfb)을 기준으로, $\text{Vfb} - 0.8\text{V}$ 의 전압을 인가한 상태에서 측정하였다. 비교를 위해, 도 53에는 열산화막의 리크 전류 특성을 도시하였다. 또한, 도시되어 있는 환산 막 두께는 산화막과 ZrSiO_x 막을 합친 구조에 관한 것이다.

도 53을 참조하면, 산화막을 생략했을 경우, 즉 산화막의 막 두께가 0nm인 경우에는 리크 전류 밀도가 열산화막 리크 전류 밀도를 초과하고, 또한 열산화막 환산 막 두께(Teq)도 약 1.7nm 정도의 비교적 큰 값이 되는 것을 볼 수 있다.

이것에 대하여, 산화막의 막 두께를 0nm로부터 0.4nm까지 증대시키면, 열산화막 환산 막 두께(Teq)의 값이 감소를 시작하는 것을 알 수 있다. 이러한 상태에서는 산화막이 실리콘 기판과 ZrSiO_x 막과의 사이에 개재하는 것으로 되고, 물리막 두께는 실제로는 증대하여도 환산 막 두께(Teq)는 감소하고 있지만, 이것은 실리콘 기판 위에 ZrO_2 막을 직접 형성한 경우, 도 54a에 도시하는 바와 같이 Zr 의 실리콘 기판중에의 확산 혹은 Si 의 ZrSiO_x 막중에의 확산이 대규모로 발생하고, 실리콘 기판과 ZrSiO_x 막 사이에 두꺼운 계면층이 형성되어 있는 것을 시사하고 있다. 이것에 대하여, 도 54b에 도시하는 바와 같이 두께가 0.4nm의 산화막을 개재시킴으로써, 이러한 계면층의 형성이 억제되어, 결과적으로 환산 막 두께가 감소하는 것으로 생각된다. 이것에 따라, 리크 전류의 값도 산화막의 두께와 함께 감소하는 것을 알 수 있다. 단, 도 54a, 도 54b는 이렇게 하여 형성된 시료의 개략적인 단면을 도시하고 있고, 실리콘 기판(441) 위에 산화막(442)이 형성되어, 산화막(442) 위에 ZrSiO_x 막(443)이 형성되어 있는 구조를 도시하고 있다.

한편, 상기 산화막의 막 두께가 0.4nm을 넘으면, 열산화막 환산 막 두께의 값은 다시 증대를 시작한다. 산화막의 막 두께가 0.4nm를 넘는 범위에 있어서는, 막 두께의 증대와 함께 리크 전류의 값도 감소하고 있어서, 환산 막 두께의 증대는 산화막의 물리막 두께의 증대에 기인하는 것으로 생각된다.

이렇게, 도 48에서 관측된 산화막의 성장이 정류하는 0.4nm 부근의 막 두께는 산화막과 고유전체막으로 이루어진 계의 환산 막 두께의 최소값에 대응하고 있어, 도 52(B)에 도시하는 안정한 산화막에 의해, Zr 등의 금속 원소의 실리콘 기판중에의 확산이 효과적으로 저지되는 것과, 또한 이 이상 산화막의 두께를 증대시켜도 금속 원소의 확산 저지 효과는 그 정도 높아지지 않는 것을 알 수 있다.

또한 0.4nm의 두께의 산화막을 사용한 경우의 리크 전류의 값은 대응하는 두께의 열산화막의 리크 전류의 값보다도 2형만 큼 작고, 이러한 구조의 절연막을 MOS트랜지스터의 게이트 절연막에 사용하는 것에 의해, 게이트 리크 전류를 최소화할 수 있는 것을 알 수 있다.

또한, 도 48 또는 도 51에서 설명한 산화막 성장의 0.4nm에 있어서의 정류 현상의 결과, 도 55a에 도시하는 바와 같이 실리콘 기판(441) 위에 형성된 산화막(442)에 당초 막 두께의 변화 또는 요철이 존재하고 있어도, 산화막 성장시에 막 두께의 증대가 도 55b에 도시하는 바와 같이 0.4nm의 근방에 있어서 정류하기 때문에, 정류 기간내에서 산화막 성장을 계속함으로써, 도 55c에 도시하는 매우 평탄한, 똑같은 막 두께의 산화막(442)을 얻을 수 있다.

먼저도 설명한 바와 같이, 매우 얇은 산화막에 대하여는, 현재로서는 통일된 막 두께측정 방법이 존재하지 않는다. 이것 때문에, 도 55c의 산화막(442)의 막 두께치 자체는 측정 방법에서 다를 가능성이 있다. 그러나, 먼저 설명한 이유로, 산화막 성장에 정류가 발생하는 두께는 2원자층 분의 두께인 것을 알고 있으며, 따라서 바람직한 산화막(442)의 막 두께는, 약 2 원자층 분의 두께인 것으로 생각된다. 이 바람직한 두께에는, 2원자층 분의 두께가 산화막(442)전체에 걸쳐 확보되도록, 부분적으로 3원자층 분의 두께의 영역이 형성되어 있는 경우도 포함된다. 즉, 바람직한 산화막(442)의 두께는 실제로는 2 내지 3원자층의 범위인 것으로 생각된다.

[리모트 플라즈마 라디칼 질화 처리]

도 56은 기판 처리 장치(20)에 있어서 사용되는 리모트 플라즈마부(27)의 구성을 도시한다.

도 56에 나타낸 바와 같이, 리모트 플라즈마부(27)는 내부에 가스 순환 통로(27a)와 이것에 연통된 가스 입구(27b) 및 가스 출구(27c)를 형성한, 전형적으로 알루미늄으로 된 블록(27A)을 포함하고, 상기 블록(27A)의 일부에는 페라이트 코어(ferrite core)(27B)가 형성되어 있다.

상기 가스 순환 통로(27a) 및 가스 입구(27b), 가스 출구(27c)의 내면에는 불소수지 코팅(27d)이 실시되고, 상기 페라이트 코어(27B)에 두루 감아진 코일에 주파수 400kHz의 고주파를 공급하는 것에 의해, 상기 가스 순환 통로(27a)내에 플라즈마(27C)가 형성된다.

플라즈마(27C)의 여기에 따라, 상기 가스 순환 통로(27a)중에는 질소 라디칼 및 질소 이온이 형성되지만, 질소 이온은 상기 순환 통로(27a)를 순환할 때에 소멸하고, 상기 가스 출구(27c)로부터는 주로 질소 라디칼(N_2^*)이 방출된다. 또한, 도 56의 구조에서는 상기 가스 출구(27c)에 접지된 이온 필터(27e)를 설치하는 것에 의해, 질소 이온을 비롯한 하전 입자가 제거되고, 상기 프로세스 공간(84)에는 질소 라디칼만이 공급된다. 또한, 상기 이온 필터(27e)를 접지시키지 않을 경우에 있어서도, 상기 이온 필터(27e)의 구조는 확산판으로서 작용하고, 충분히 질소 이온을 비롯한 하전 입자를 제거하는 것이 가능하게 된다.

도 57은 리모트 플라즈마부(27)에 의해 형성되는 이온의 수와 전자 에너지의 관계를 마이크로파 플라즈마원의 경우와 비교해서 나타낸다.

도 57에 나타낸 바와 같이, 마이크로파에 의해 플라즈마를 여기했을 경우에는 질소 분자의 이온화가 촉진되어, 다량의 질소 이온이 형성되게 된다. 이것에 대하여 500kHz 이하의 고주파에 의해 플라즈마를 여기 했을 경우에는, 형성되는 질소 이온의 수가 대폭 감소한다. 마이크로파에 의해 플라즈마 처리를 실행할 경우에는, 도 58에 도시하는 바와 같이 1.33×10^{-3} 내지 $1.33 \times 10^{-6} Pa$ (10^{-1} 내지 $10^{-4} Torr$)의 고진공이 필요하게 되지만, 고주파 플라즈마 처리는 13.3 내지 13.3kPa(0.1 내지 100Torr)의 비교적 높은 압력에서 실행 가능하다.

이하의 표 1은 마이크로파에 의해 플라즈마를 여기 할 경우와, 고주파에 의해 플라즈마를 여기 할 경우 사이에서의, 이온화 에너지 변환 효율, 방전 가능 압력 범위, 플라즈마 소비 전력, 프로세스 가스 유량의 비교를 나타낸다.

표 1

	이온화 에너지 변환 효율	방전 가능 압력 범위	플라즈마 소비 전력	프로세스 가스 유량
마이크로파	100×10^{-2}	0.1m 내지 0.1Torr	1 내지 500W	0 내지 100 SCCM
고주파	1.00×10^{-7}	0.1 내지 100Torr	1 내지 10kW	0.1 내지 10 SLM

표 1을 참조하면, 이온화 에너지 변환 효율은 마이크로파 여기의 경우에 약 1×10^{-2} 정도인 것에 대해, RF 여기의 경우 약 1×10^{-7} 까지 감소하고 있고, 또한 방전 가능 압력은 마이크로파 여기의 경우 0.1mTorr 내지 0.1Torr(133mPa 내지 13.3Pa) 정도인 것에 대해, RF 여기의 경우에는 0.1 내지 100Torr(13.3Pa 내지 13.3kPa) 정도인 것을 알 수 있다. 이에 따라, 플라즈마 소비 전력은 RF 여기의 경우쪽이 마이크로파 여기의 경우보다도 크고, 프로세스 가스 유량은 RF 여기의 경우쪽이 마이크로파 여기의 경우보다도 훨씬 커지고 있다.

기판 처리 장치(20)에서는 산화막의 질화 처리를 질소 이온이 아니라 질소 라디칼(N₂[•])에서 하고 있고, 이것 때문에 여기 되는 질소 이온의 수는 적은 쪽이 바람직하다. 또한 피처리 기판에 더하여지는 손상(damage)을 최소화하는 관점으로부터도, 여기 되는 질소 이온의 수는 적은 것이 바람직하다. 더욱 기판 처리 장치(20)에서는, 여기 되는 질소 라디칼의 수도 적고, 고유전체 게이트 절연막하의 매우 얇은, 겨우 2 내지 3원자층 정도의 두께밖에 되지 않는 베이스 산화막을 질화하는데도 바람직하다.

도 59a, 도 59b는 각각 기판 처리 장치(20)를 사용하여 피처리 기판(W)의 라디칼 질화를 실행할 경우를 도시하는 측면도 및 평면도이다.

도 59a, 도 59b에 나타낸 바와 같이, 리모트 플라즈마부(27)에는 Ar 가스와 질소 가스가 공급되고, 플라즈마를 수 100kHz의 주파수에서 고주파 여기함으로써 질소 라디칼이 형성된다. 형성된 질소 라디칼은 상기 피처리 기판(W)의 표면을 따라 흐르고, 상기 배기구(74) 및 펌프(201)를 거쳐서 배기된다. 그 결과 상기 프로세스 공간(84)은 기판(W)의 라디칼 질화에 적당한 1.33Pa 내지 13.3kPa(0.01 내지 100Torr)의 범위의 프로세스 압력으로 설정된다. 이렇게 하여 형성된 질소 라디칼은 상기 피처리 기판(W)의 표면을 따라 흐를 때에, 피처리 기판(W)의 표면을 질화한다.

도 59a, 도 59b의 질화 공정에서는, 질화 공정에 앞서 퍼지 공정에서는 상기 벨브(48a 및 212)가 개방되고, 벨브(48b)가 폐쇄됨으로써 상기 프로세스 공간(84)의 압력이 1.33×10^{-1} 내지 1.33×10^{-4} Pa의 압력까지 감압되고, 프로세스 공간(84) 중에 잔류하고 있는 산소나 수분이 퍼지되지만, 그 후의 질화 처리에서는 벨브(48a 및 212)는 폐쇄되고, 터보 분자 펌프(50)는 프로세스 공간(84)의 배기 경로에는 포함되지 않는다.

이와 같이, 기판 처리 장치(20)를 사용하는 것에 의해, 피처리 기판(W)의 표면에 매우 얇은 산화막을 형성하고, 그 산화막 표면을 더욱 질화하는 것이 가능하게 된다.

도 60a는 기판 처리 장치(20)에 의해 Si 기판 위에 열산화 처리에 의해 2.0nm의 두께로 형성된 산화막을, 리모트 플라즈마부(27)를 사용하여, 표 2에 도시하는 조건에서 질화한 경우의 상기 산화막 중에 있어서의 질소 농도 분포를 나타내고, 도 60b는 같은 산화막 중에 있어서의 질소 농도 분포와 산소 농도 분포의 관계를 도시한다.

표 2

	질소유량	Ar 유량	플라즈마 전력	압력	온도
마이크로파	15 SCCM	-	120W	8.6mTorr	500°C
고주파	50 SCCM	2 SLM	2kW	1Torr	700°C

표 2를 참조하면, 기판 처리 장치(20)를 사용한 RF 질화 처리 시에는, 상기 프로세스 공간(84) 중에 질소를 50 SCCM의 유량으로, 또한 Ar을 2 SLM의 유량으로 공급하고, 질화 처리는 1Torr(133Pa)의 압력 하에서 행하여지지만, 질화 처리 개시 전에 일단 프로세스 공간(84)의 내압을 10^{-6} Torr(1.33×10^{-4} Pa) 정도까지 압력을 내리고, 내부에 잔류하고 있는 산소 또는 수분을 충분히 퍼지한다. 이것 때문에, 상기 1Torr 정도의 압력에서 행하여지는 질화 처리 시에는, 프로세스 공간(84) 중에 있어서 잔류 산소는 Ar 및 질소에 의해 회석되어 있고, 잔류 산소 농도, 따라서 잔류 산소의 열역학적인 활동도는 매우 작아진다.

이것에 대하여, 마이크로파 플라즈마를 사용한 질화 처리에서는, 질화 처리 시의 처리 압력이 퍼지 압력과 같은 정도이며, 따라서 플라즈마 분위기 중에 있어서 잔류 산소는 높은 열역학적인 활동도를 갖는 것으로 생각된다.

도 60a를 참조하면, 마이크로파 여기 플라즈마에 의해 질화한 경우에는 산화막 중에 도입되는 질소의 농도는 한정되어 있고, 산화막의 질화는 실질적으로 진행하지 않고 있는 것을 알 수 있다. 이것에 대하여 본 실시예와 같이 RF 여기 플라즈마에 의해 질화한 경우에는, 산화막 중에 있어서 질소 농도가 깊이와 함께 직선적으로 변화되고, 표면 근방에서는 20% 가까운 농도에 도달하고 있는 것을 알 수 있다.

도 61은 XPS(X선 분광 스펙트럼)을 사용하여 실행하는 도 60a의 측정의 원리를 도시한다.

도 61을 참조하면, 실리콘 기판(411) 위에 산화막(412)을 형성한 시료에는 소정의 각도에서 비스듬히 X선이 조사되고, 여기된 X선 스펙트럼을 검출기(DET1, DET2)에 의해, 여러 가지 각도에서 검출한다. 그 때, 예를 들면 90°의 깊은 검출 각도

로 설정된 검출기(DET1)에서는 여기 X선의 산화막(412)내에 있어서의 행로가 짧고, 따라서 상기 검출기(DET1)에서 검출되는 X선 스펙트럼에는 산화막(412)의 하부의 정보를 많이 포함하는 것에 대해, 얇은 검출 각도로 설정된 검출기(DET2)에서는, 여기 X선의 산화막(12)중에 있어서의 행로가 길고, 따라서 검출기(DET2)는 주로 산화막(412)의 표면 근방의 정보를 검출한다.

도 60b는 상기 산화막중에 있어서의 질소 농도와 산소 농도의 관계를 도시한다. 단, 도 60b에서 산소 농도는 O1s 궤도에 대응하는 X선 강도에 의해 표시되고 있다.

도 60b를 참조하면, 산화막의 질화를 본 발명과 같이 RF 리모트 플라즈마에서 한 경우에는, 질소 농도의 증대에 따라 산소 농도가 감소하고, 산화막중에 있어서 질소 원자가 산소 원자를 치환하고 있는 것을 알 수 있다. 이것에 대하여, 산화막의 질화를 마이크로파 플라즈마에서 한 경우에는, 이러한 치환 관계는 보이지 않으며, 질소 농도와 함께 산소 농도가 저하하는 관계는 보이지 않는다. 또한, 특히 도 60b에 있어서는, 마이크로파 질화에 의해 5 내지 6%의 질소를 도입한 예에 있어서는 산소 농도의 증가가 보이고, 이것은 질화와 함께 산화막의 중막이 발생하는 것을 시사하고 있다. 이러한 마이크로파 질화에 따르는 산소 농도의 증가는 마이크로파 질화가 고진공중에서 행하여지고, 따라서 처리 공간중에 잔류하는 산소 또는 수분이 고주파 리모트 플라즈마 질화의 경우와 같이 Ar 가스나 질소 가스에 의해 희석되는 일이 없고, 분위기중에 있어서 높은 활동도를 갖는 것에 의한 것으로 생각된다.

도 62는 기판 처리 장치(20)에 있어서 산화막을 4Å(0.4nm) 및 7Å(0.7nm)의 두께로 형성하고, 이것을 상기 리모트 플라즈마부(27)를 사용한 도 59a, 도 59b의 질화 공정에 의해 질화한 경우의 질화 시간과 막중의 질소 농도의 관계를 도시한다. 또 도 63은 도 62의 질화 처리에 따른 질소의 산화막 막표면으로의 편석(偏析)의 모양을 도시한다. 또한, 도 62 및 도 63에는 산화막을 급속 열산화 처리에 의해 51Å(0.5nm) 및 7Å(0.7nm)의 두께로 형성한 경우도 도시하고 있다.

도 62를 참조하면, 막중의 질소농도는, 어느쪽의 산화막이어도 질화 처리 시간과 함께 상승하지만, 특히 자외광 라디칼 산화에 의해 형성된 2원자층 분에 대응하는 0.4nm의 막 두께를 갖는 산화막의 경우에, 또는 이것에 가까운 0.5nm의 막 두께를 갖는 열산화막의 경우에는, 산화막이 얇기 때문에, 동일 성막 조건에 있어서 막중의 질소 농도가 높아진다.

도 63은 도 61에 있어서 검출기(DET1 및 DET2)를 각각 30° 및 90°의 검출 각도로 설정해서 질소 농도를 검출한 결과를 도시한다.

도 63으로부터 알 수 있는 바와 같이, 도 63의 세로축은 30°의 검출 각도에서 얻을 수 있는 막표면에 편석하고 있는 질소 원자로부터의 X선 스펙트럼 강도를, 90°의 검출각에서 얻어지는 막전체로 분산되고 있는 질소 원자로부터의 X선 스펙트럼 강도의 값으로 나눈 것이고, 이것을 질소 편석율로 정의한다. 이 값이 1 이상인 경우에는, 표면에의 질소의 편석이 발생한다.

도 63을 참조하면, 산화막이 자외광 여기 산소 라디칼 처리에 의해 7Å의 막 두께로 형성된 것의 경우, 질소 편석율이 1 이상이 되고, 질소 원자는 당초 표면에 편석하고, 도 1중의 산질화막(12A)과 같은 상태가 되는 것으로 생각된다. 또한, 90초간의 질화 처리를 한 후에는, 막중에 거의 일정하게 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 다른 막에서도, 90초간의 질화 처리에서, 질소 원자의 막중의 분포는 거의 일정한 것을 알 수 있다.

도 64의 실험에서는, 기판 처리 장치(20)에 있어서, 상기 자외광 라디칼 산화 처리 및 리모트 플라즈마 질화 처리를, 10장의 웨이퍼(웨이퍼#1 내지 웨이퍼#10)에 대해서 반복하여 실행했다. 도 64는 이렇게 하여 얻은 산질화막의 웨이퍼마다의 막 두께 변동을 나타낸다. 단, 도 64의 결과는 기판 처리 장치(20)에 있어서 자외선 광원(86, 87)을 구동해서 실행하는 자외광 라디칼 산화 처리시에, XPS 측정에 의해 구한 산화막의 막 두께가 0.4nm가 되도록 산화막을 형성하고, 다음으로 이렇게 하여 형성된 산화막을 상기 리모트 플라즈마부(27)를 구동하여 실행하는 질화 처리에 의해, 질소 원자를 약 4% 포함하는 산질화막으로 변환했을 경우에 관한 것이다.

도 64를 참조하면, 세로축은 이렇게 하여 얻은 산질화막에 대해서 엘립소메트리(Elipsometry)에 의해 구한 막 두께를 나타내지만, 도 64로부터 알 수 있는 바와 같이 얻어진 막 두께는 거의 8Å(0.8nm)로 일정한 것을 알 수 있다.

도 65는 기판 처리 장치(20)에 의해 막 두께가 0.4nm의 산화막을 실리콘 기판 위에 자외선 광원(86, 87)을 사용한 라디칼 산화 처리에 의해 형성한 후, 이것을 리모트 플라즈마부(27)에 의해 질화한 경우의, 질화에 의한 막 두께 증가를 조사한 결과를 나타낸다.

도 65를 참조하면, 당초(질화 처리를 실행하기 전) 막 두께가 약 0.38mm이었던 산화막은, 질화 처리에 의해 4 내지 7%의 질소 원자를 도입한 시점에서 막 두께가 약 0.5mm까지 증대하고 있는 것을 알 수 있다. 한편, 질화 처리에 의해 질소원자를 약 15% 도입한 경우에는 막 두께는 약 1.3mm까지 증대하고 있고, 이 경우에는 도입된 질소 원자가 산화막을 통과해서 실리콘 기판중에 침입하고, 질화막을 형성하고 있는 것으로 생각된다.

도 65에서는, 두께가 0.4mm인 산화막중에 질소를 1층만큼만 도입한 이상적인 모델 구조에 관한 질소농도와 막 두께의 관계를 ▲로 표시하고 있다.

도 65를 참조하면, 이 이상적인 모델 구조에서는, 질소 원자 도입후의 막 두께가 약 0.5mm가 되고, 그 경우의 막 두께의 증가는 약 0.1mm, 질소 농도는 약 12%가 된다. 이 모델을 기준으로 하면, 기판 처리 장치(20)에 의해 산화막의 질화를 실행할 경우, 막 두께 증가는 동일한 정도의 0.1 내지 0.2mm로 억제하는 것이 바람직한 것으로 결론이 난다. 또한 그 때에 막중에 침입되는 질소 원자의 양은 최대 12% 정도로 되는 것으로 짐작된다.

또한, 이상의 설명에서는 기판 처리 장치(20)를 사용하여 매우 얇은 베이스 산화막을 형성하는 예를 설명했지만, 본 발명은 이러한 특정한 실시예에 한정되는 것은 아니고, 실리콘 기판 또는 실리콘층 위에 고품질의 산화막, 질화막 또는 산질화막을 원하는 막 두께로 형성하는데도 적용하는 것이 가능하다.

이상, 본 발명을 바람직한 실시예에 대해서 설명했지만, 본 발명은 상기의 특정한 실시예에 한정되는 것은 아니고, 특히 청구의 범위에 기재한 요지내에 있어서 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면의 간단한 설명

도 1은 고유전체 게이트 절연막을 갖는 반도체 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명에 의한 기판 처리 장치의 하나의 실시예의 구성을 도시하는 정면도이다.

도 3은 본 발명에 의한 기판 처리 장치의 하나의 실시예의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 4는 도 2의 A-A선을 따르는 횡단면도이다.

도 5는 처리 용기(22)의 하방으로 배치된 기기의 구성을 도시하는 정면도이다.

도 6은 처리 용기(22)의 하방으로 배치된 기기의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 7은 처리 용기(22)의 하방으로 배치된 기기의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 8a는 배기 경로(32)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 8b는 배기 경로(32)의 구성을 도시하는 정면도이다.

도 8c는 B-B선을 따르는 종단면도이다.

도 9는 처리 용기(22) 및 그 주변기기를 확대해서 도시하는 측면 종단면도이다.

도 10은 커버 부재(82)를 뺀 처리 용기(22)의 내부를 상방으로부터 본 평면도이다.

도 11은 처리 용기(22)의 평면도이다.

도 12는 처리 용기(22)의 정면도이다.

도 13은 처리 용기(22)의 저면도이다.

도 14는 도 12의 C-C선을 따르는 종단면도이다.

도 15는 처리 용기(22)의 우측면도이다.

도 16은 처리 용기(22)의 좌측면도이다.

도 17은 자외선 광원(86, 87)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 18은 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 19는 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 횡단면도이다.

도 20은 가스 분사 노즐부(93)의 구성을 확대해서 도시하는 정면도이다.

도 21은 히터부(24)의 구성을 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 22는 히터부(24)를 확대해서 도시하는 저면도이다.

도 23은 제 2 유입구(170) 및 제 2 유출구(174)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 24는 플랜지(140)의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 25는 클램프 기구(190)의 상단부의 장착구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 26은 SiC 히터(114) 및 SiC 히터(114)의 제어계의 구성을 도시한 도면이다.

도 27a는 석영 벨쟈(112)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 27b는 석영 벨쟈(112)의 구성을 도시하는 종단면도이다.

도 28a는 석영 벨쟈(112)의 구성을 상방으로부터 본 사시도이다.

도 28b는 석영 벨쟈(112)의 구성을 하방으로부터 본 사시도이다.

도 29는 감압 시스템의 배기 계통의 구성을 도시하는 계통도이다.

도 30a는 유지 부재(120)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 30b는 유지 부재(120)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 31은 히터부(24)의 하방으로 배치된 회전 구동부(28)의 구성을 도시하는 종단면도이다.

도 32는 회전 구동부(28)를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 33a는 홀더 냉각 기구(234)의 구성을 도시하는 횡단면도이다.

도 33b는 홀더 냉각 기구(234)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 34는 회전 위치 검출 기구(232)의 구성을 도시하는 횡단면도이다.

도 35a는 회전 위치 검출 기구(232)의 비검출 상태를 도시한 도면이다.

도 35b는 회전 위치 검출 기구(232)의 검출 상태를 도시한 도면이다.

도 36a는 회전 위치 검출 기구(232)의 수광 소자(268)의 출력 신호(S)를 도시하는 파형도이다.

도 36b는 회전 위치 판정 회로(270)로부터 출력할 수 있는 펄스 신호(P)의 파형도이다.

도 37은 제어 회로가 실행하는 회전 위치 제어 처리를 설명하기 위한 흐름도이다.

도 38은 창문(75, 76)의 장착 개소를 상방으로부터 본 횡단면도이다.

도 39는 창문(75)을 확대해서 도시하는 횡단면도이다.

도 40은 창문(76)을 확대해서 도시하는 횡단면도이다.

도 41a는 하부 케이스(102)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 41b는 하부 케이스(102)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 42a는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 42b는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 정면도이다.

도 42c는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 배면도이다.

도 42d는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 좌측면도이다.

도 42e는 측면 케이스(104)의 구성을 도시하는 우측면도이다.

도 43a는 상부 케이스(106)의 구성을 도시하는 저면도이다.

도 43b는 상부 케이스(106)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 44a는 원통형 케이스(108)의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 44b는 원통형 케이스(108)의 구성을 도시하는 측면 종단면도이다.

도 44c는 원통형 케이스(108)의 구성을 도시하는 측면도이다.

도 45는 리프터 기구(30)를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 46은 리프터 기구(30)의 밀봉 구조를 확대해서 도시하는 종단면도이다.

도 47a는 도 2의 기판 처리 장치(20)를 사용하여 피처리 기판(W)의 라디칼 산화를 실행할 경우를 도시하는 측면도 및 평면도이다.

도 47b는 도 47a의 구성을 도시하는 평면도이다.

도 48은 기판 처리 장치(20)를 사용하여 행하여지는 기판의 산화 처리 공정을 도시한 도면이다.

도 49는 본 발명에서 사용되어지는 XPS에 의한 막 두께측정 방법을 도시한 도면이다.

도 50은 본 발명에서 사용되어지는 XPS에 의한 막 두께측정 방법을 도시하는 별도의 도이다.

도 51은 기판 처리 장치(20)에 의해 산화막을 형성할 때에 관측되는 산화 막 두께 성장의 정류 현상을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 52a는 실리콘 기판 표면에 있어서의 산화막 형성 과정 1을 도시한 도면이다.

도 52b는 실리콘 기판 표면에 있어서의 산화막 형성 과정 2를 도시한 도면이다.

도 53은 본 발명의 제 1 실시예에서 얻을 수 있는 산화막의 리크 전류 특성을 도시한 도면이다.

도 54a는 도 53의 리크 전류 특성의 원인을 설명하는 도면이다.

도 54b는 도 53의 리크 전류 특성의 원인을 설명하는 도면이다.

도 55a는 기판 처리 장치(20)에서 발생하는 산화막 형성 공정 1을 도시한 도면이다.

도 55b는 기판 처리 장치(20)에서 발생하는 산화막 형성 공정 2를 도시한 도면이다.

도 55c는 기판 처리 장치(20)에서 발생하는 산화막 형성 공정 3을 도시한 도면이다.

도 56은 기판 처리 장치(20)에 있어서 사용되는 리모트 플라즈마원의 구성을 도시한 도면이다.

도 57은 RF 리모트 플라즈마와 마이크로파 플라즈마의 특성을 비교하는 도면이다.

도 58은 RF 리모트 플라즈마와 마이크로파 플라즈마의 특성을 비교하는 다른 도면이다.

도 59a는 기판 처리 장치(20)를 사용하여 행하여지는 산화막의 질화 처리를 도시하는 측면도이다.

도 59b는 기판 처리 장치(20)를 사용하여 행하여지는 산화막의 질화 처리를 도시하는 평면도이다.

도 60a는 기판 처리 장치(20)에 의해 Si 기판위에 열산화 처리에 의해 2.0nm의 두께로 형성된 산화막을 리모트 플라즈마부(27)를 사용하여, 표 2에 나타낸 조건으로 질화했을 경우의 상기 산화막중에 있어서의 질소 농도 분포를 나타내는 도면이다.

도 60b는 동일한 산화막중에 있어서의 질소 농도 분포와 산소 농도 분포의 관계를 나타내는 도면이다.

도 61은 본 발명에서 사용되어지는 XPS의 개략을 도시한 도면이다.

도 62는 산화막의 리모트 플라즈마에 의한 질화 시간과 막중 질소 농도의 관계를 도시한 도면이다.

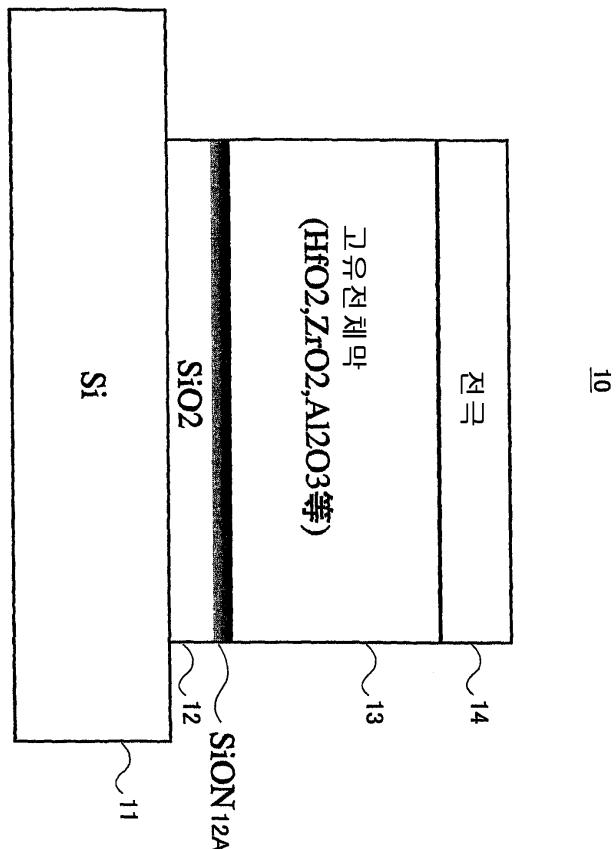
도 63은 산화막의 질화 시간과 질소의 막내 분포의 관계를 도시한 도면이다

도 64는 산화막의 질화 처리에 의해 형성된 산질화막의 웨이퍼마다의 막 두께 변동을 나타내는 도면이다.

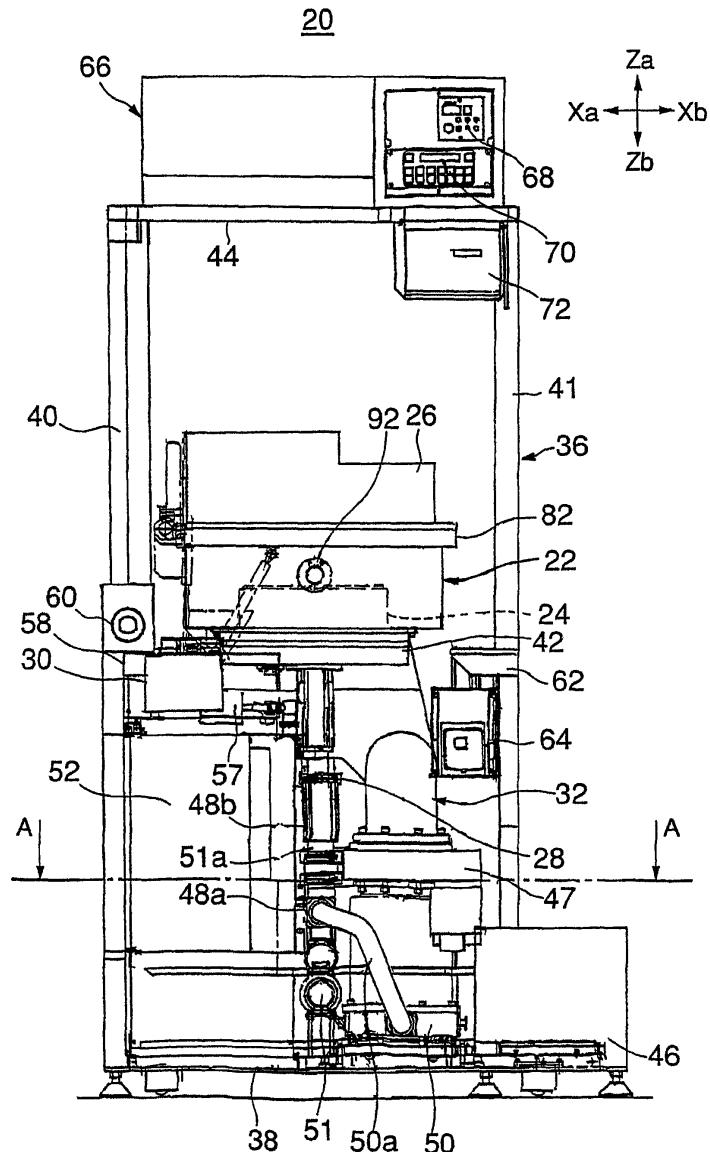
도 65는 본 실시예에 의한 산화막의 질화 처리에 따른 막 두께 증가를 나타내는 도면이다.

도면

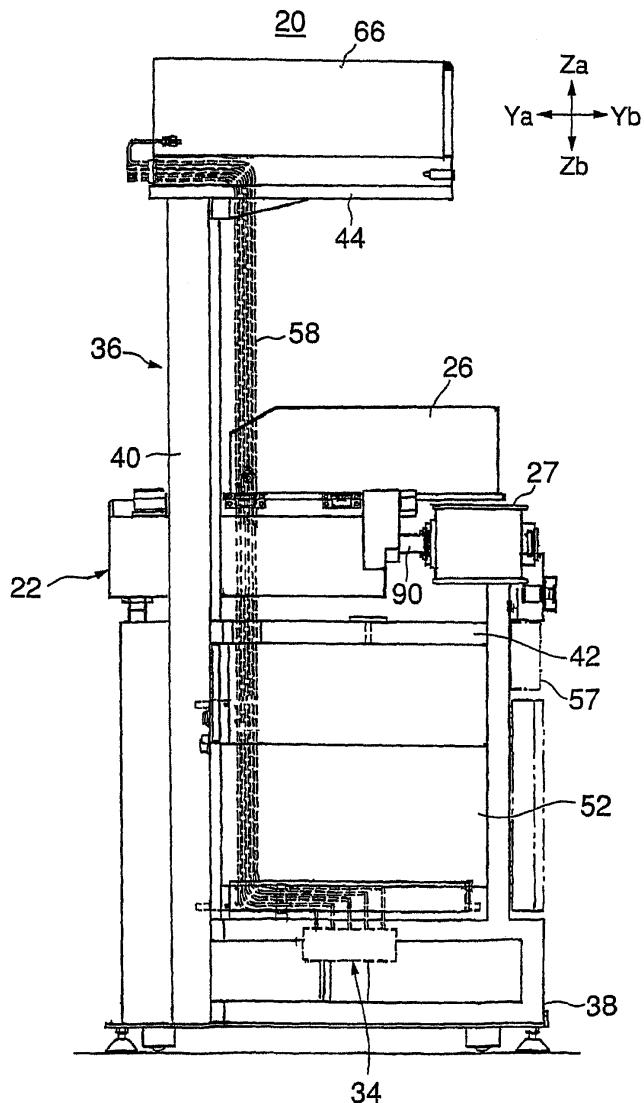
도면1



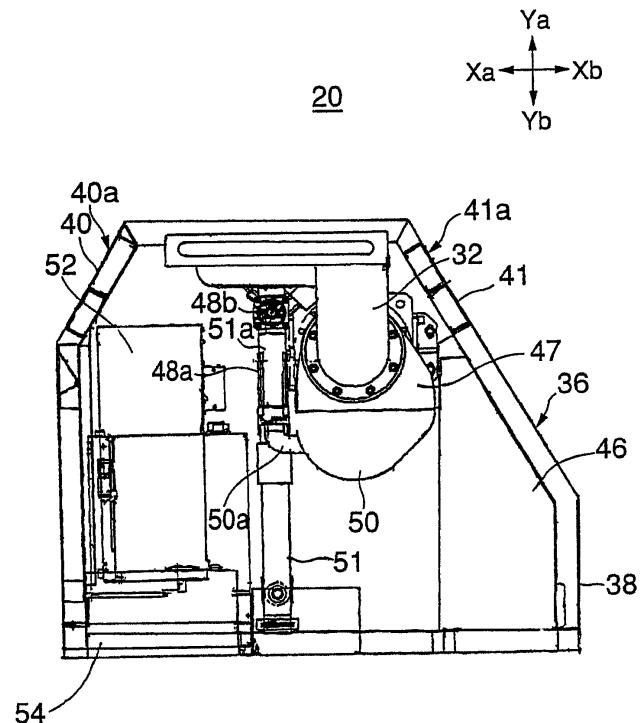
도면2



도면3

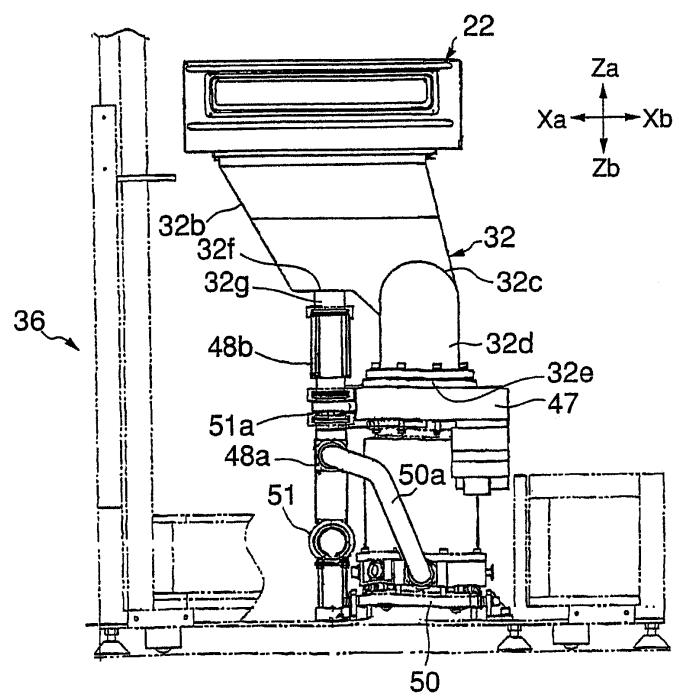


도면4

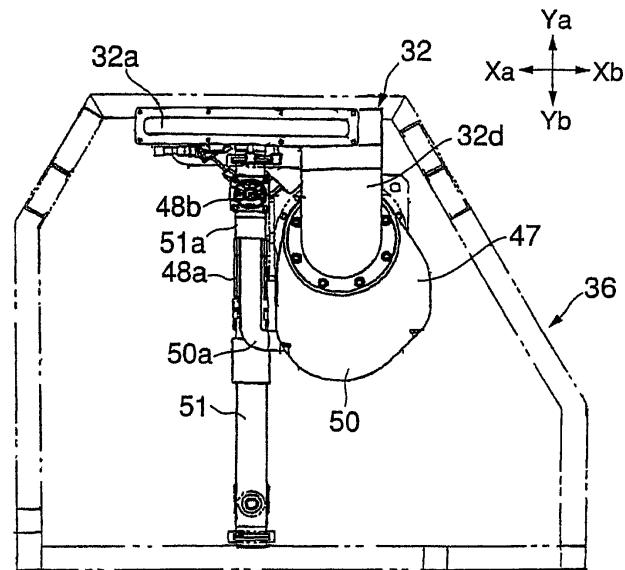


(A-A 단면)

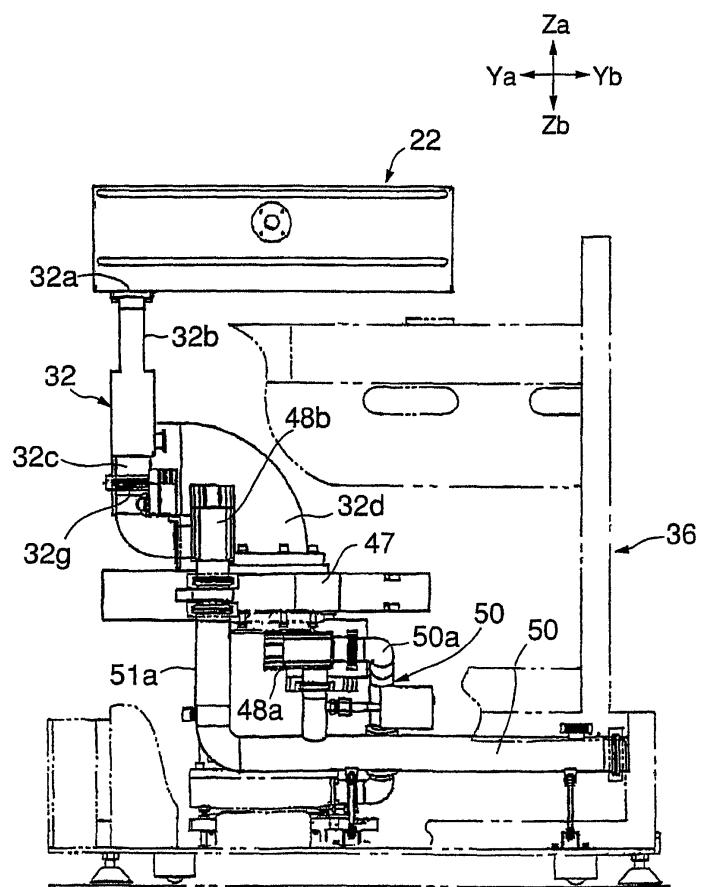
도면5



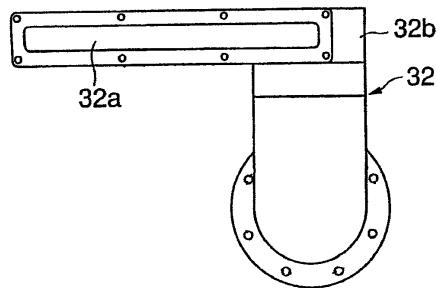
도면6



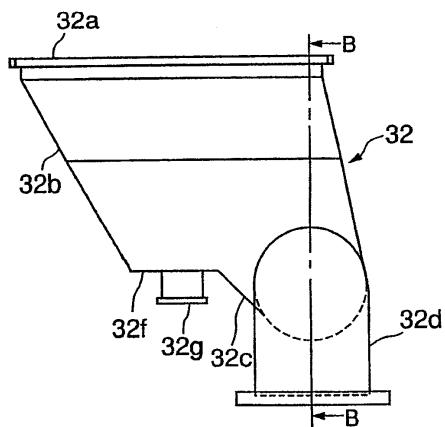
도면7



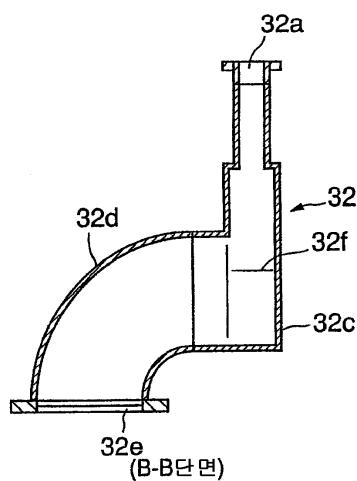
도면8a



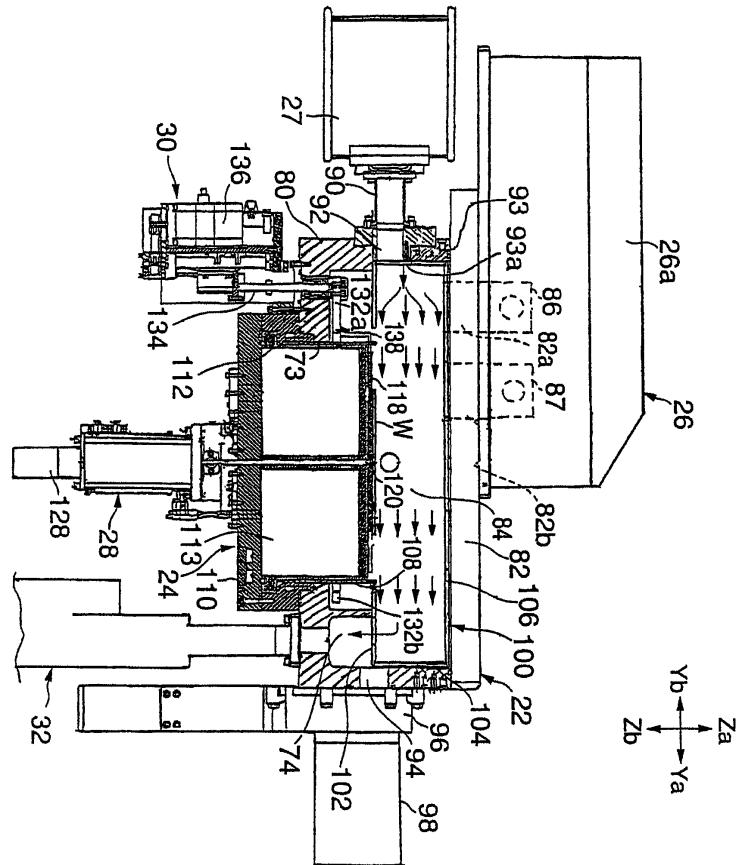
도면8b



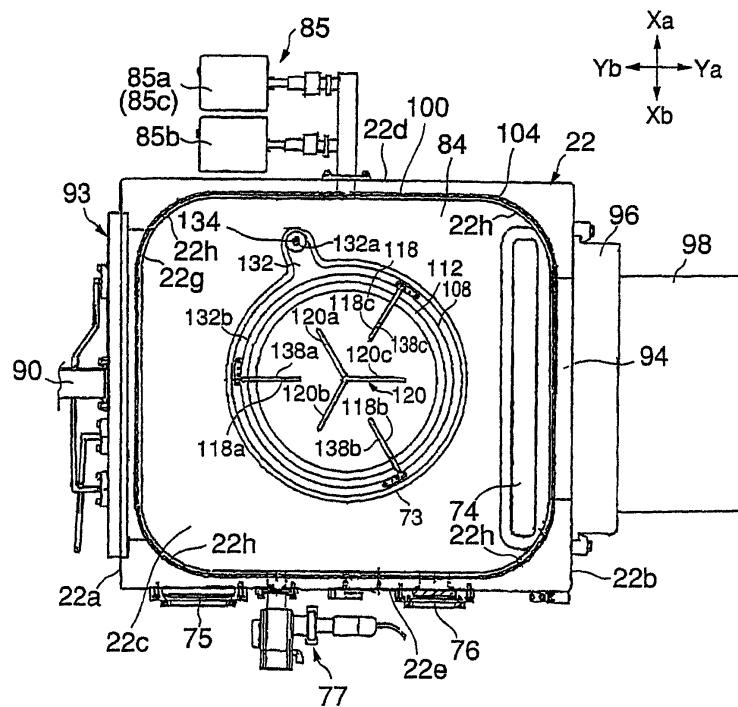
도면8c



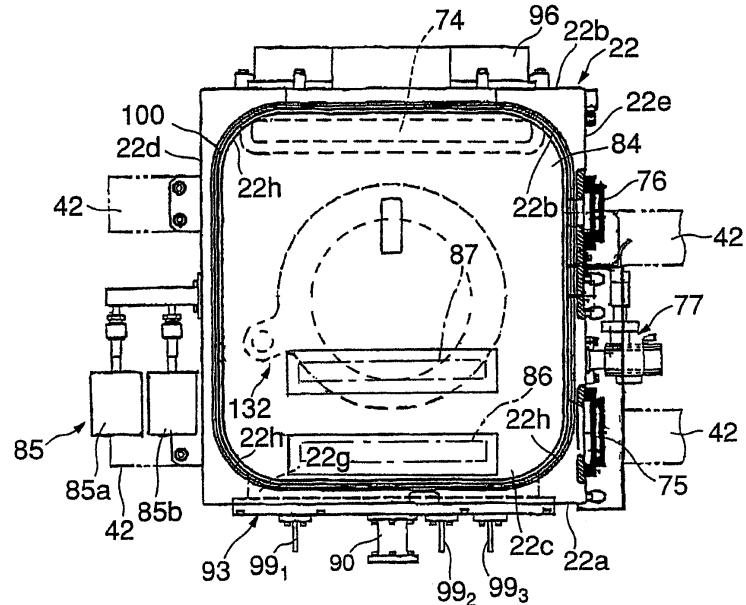
도면9



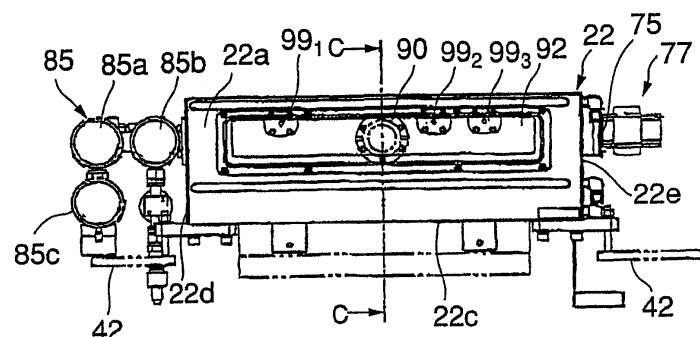
도면10



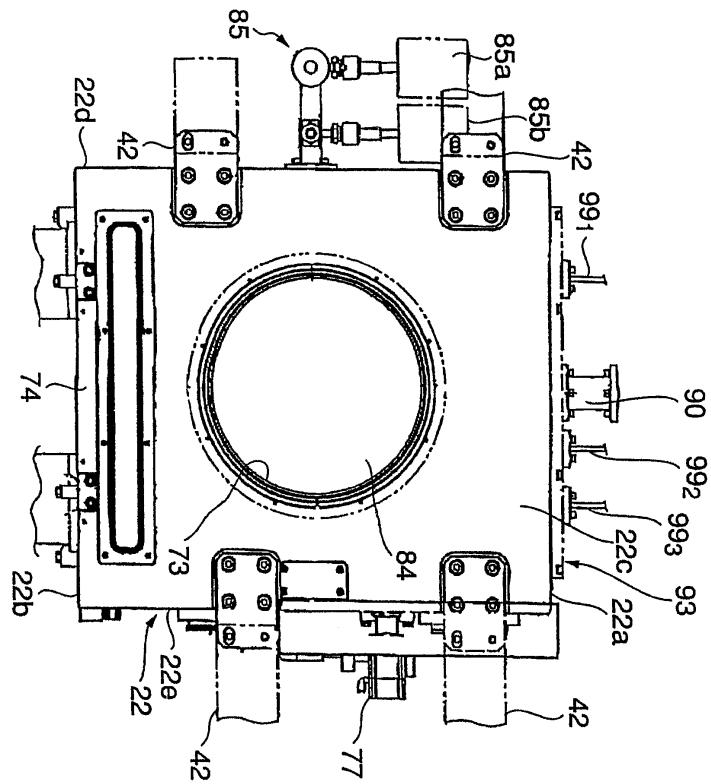
도면11



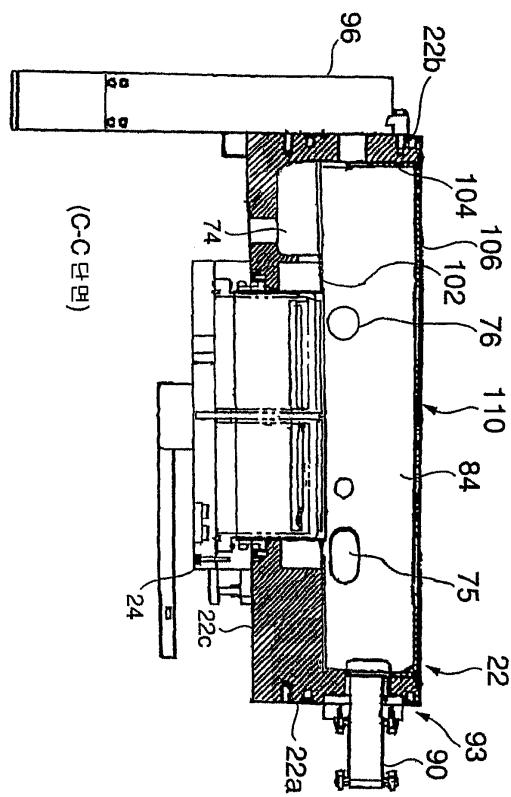
도면12



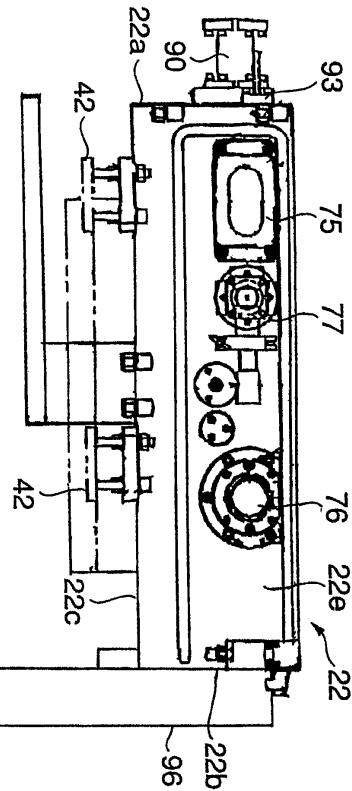
도면13



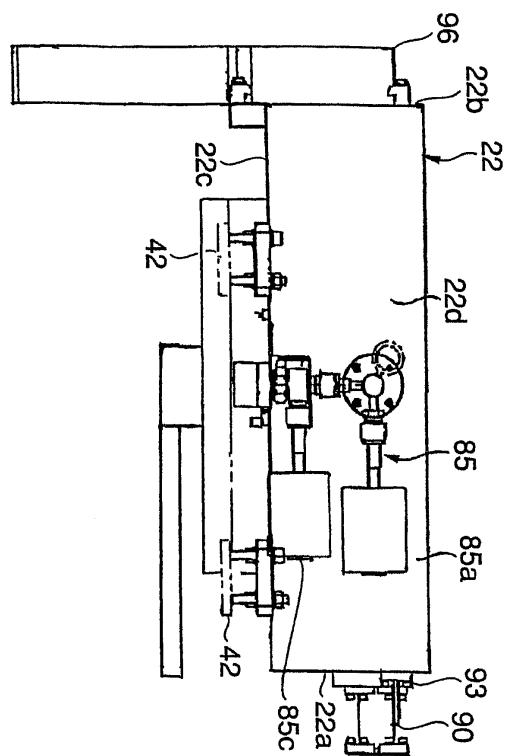
도면14



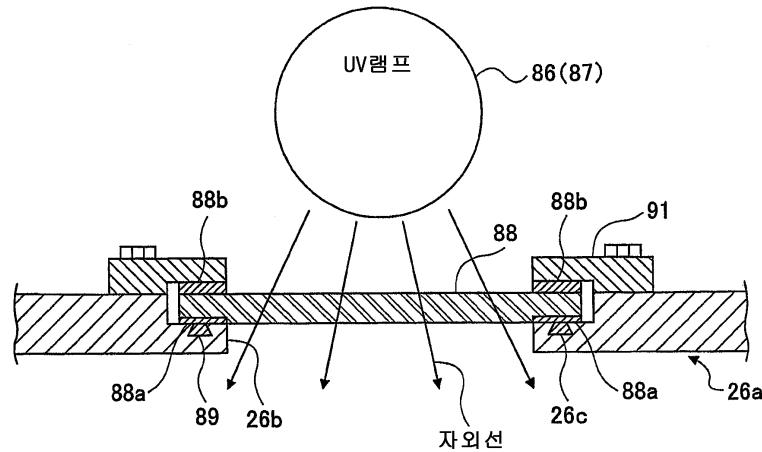
도면15



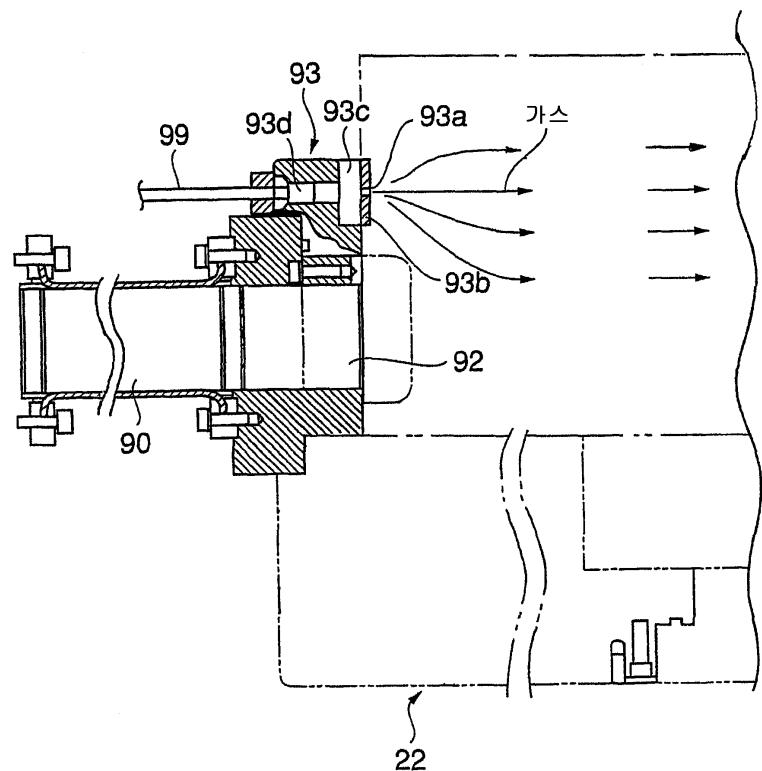
도면16



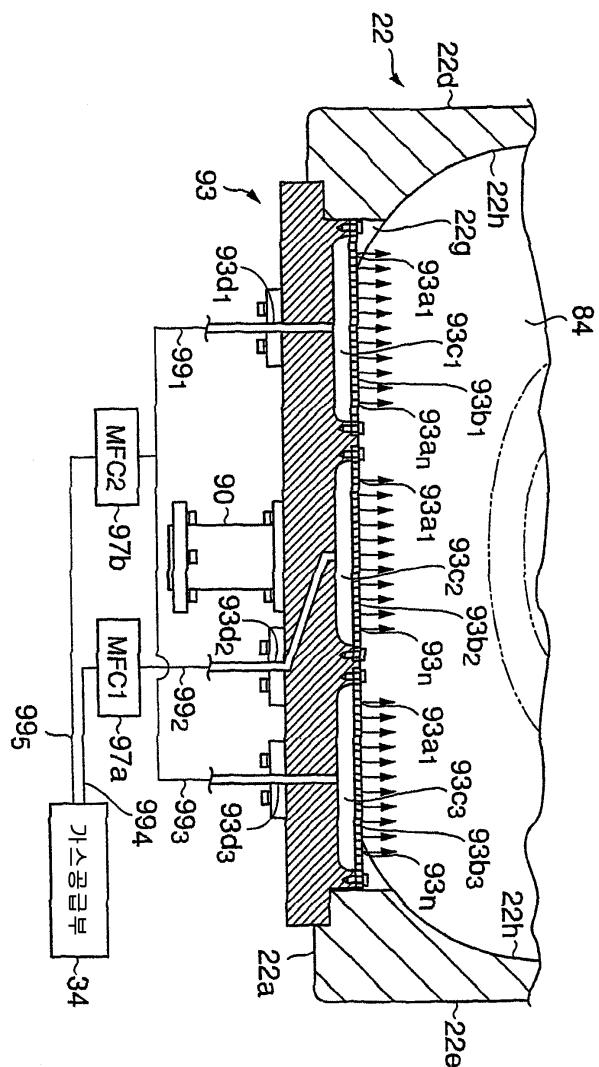
도면17



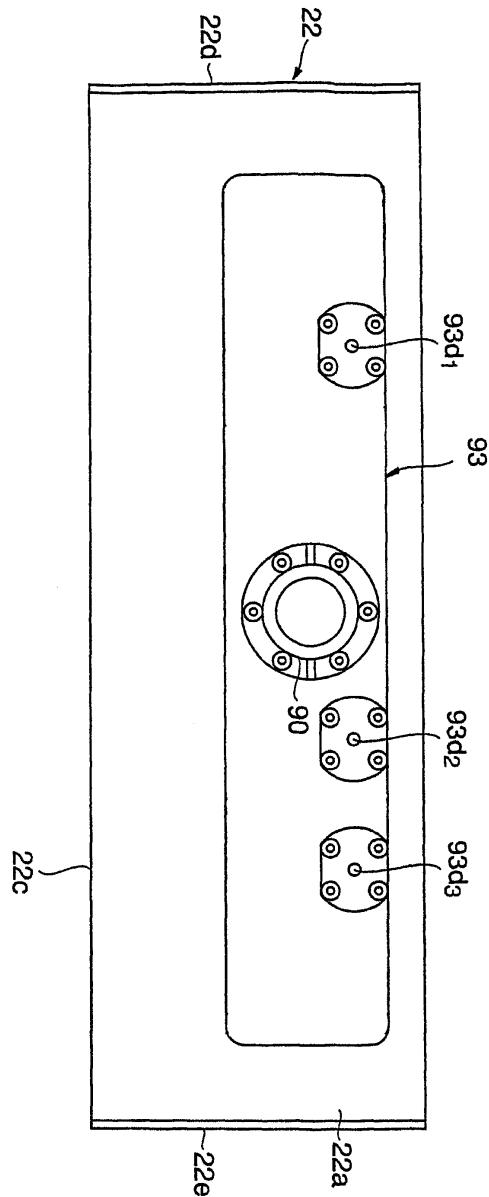
도면18



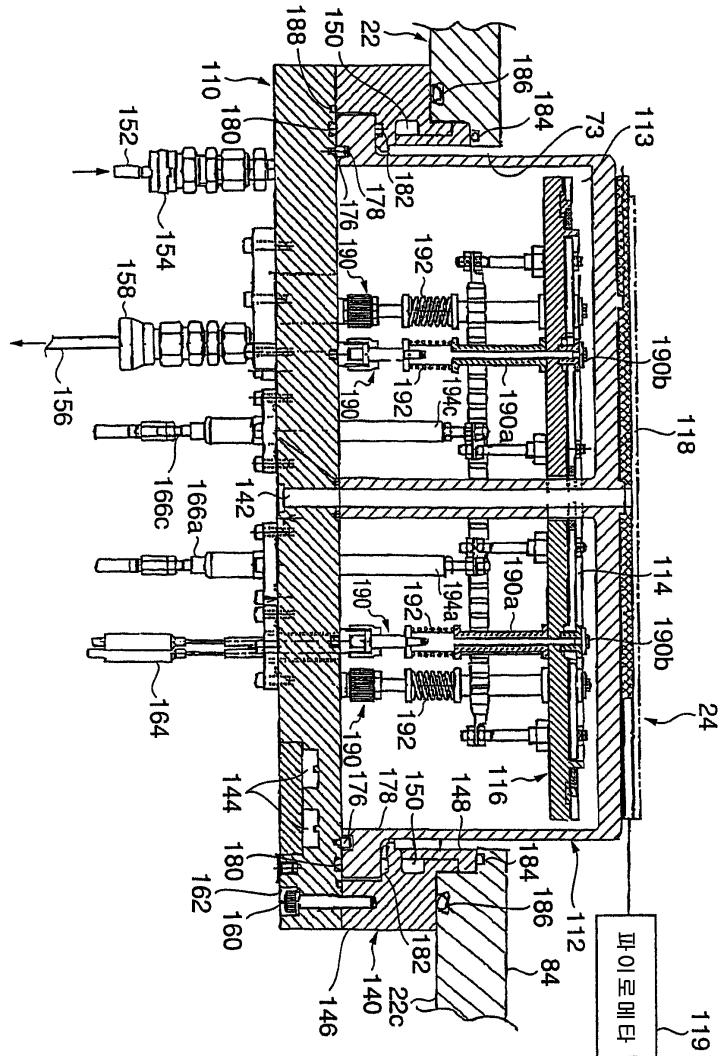
도면19



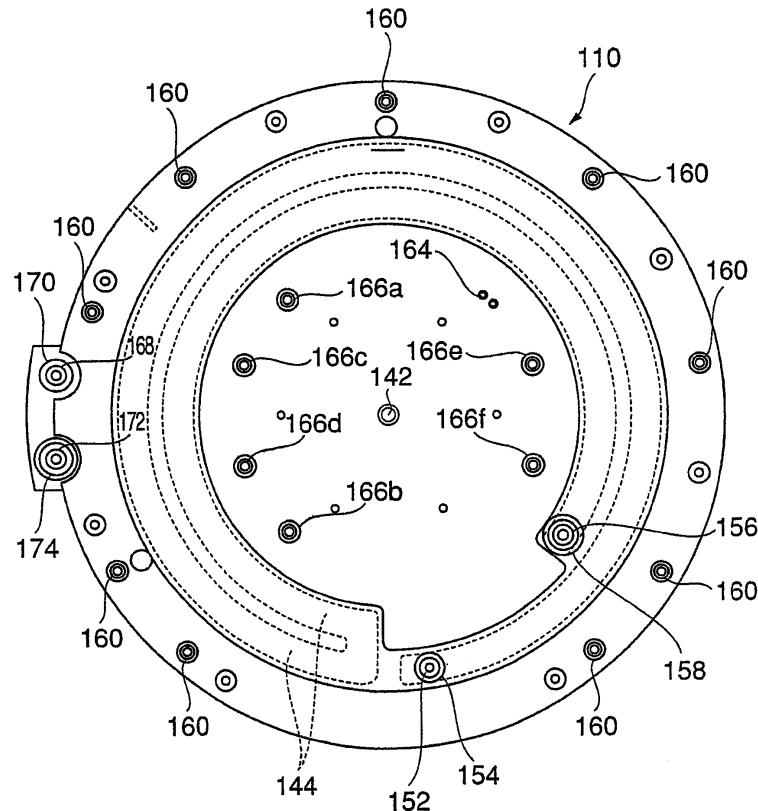
도면20



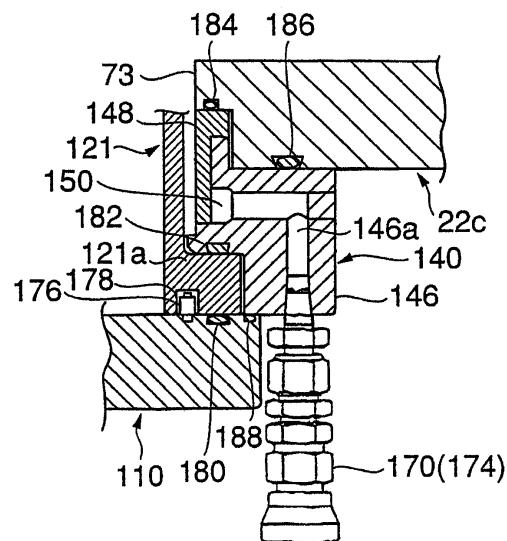
도면21



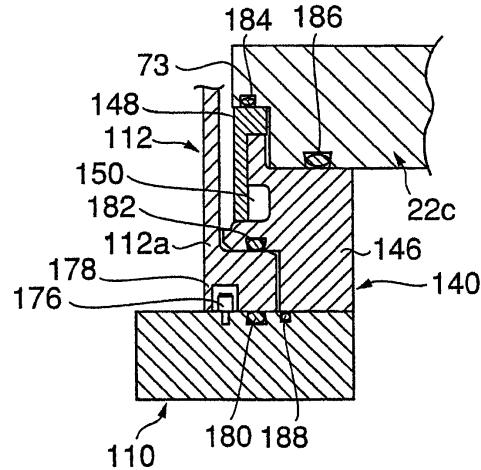
도면22



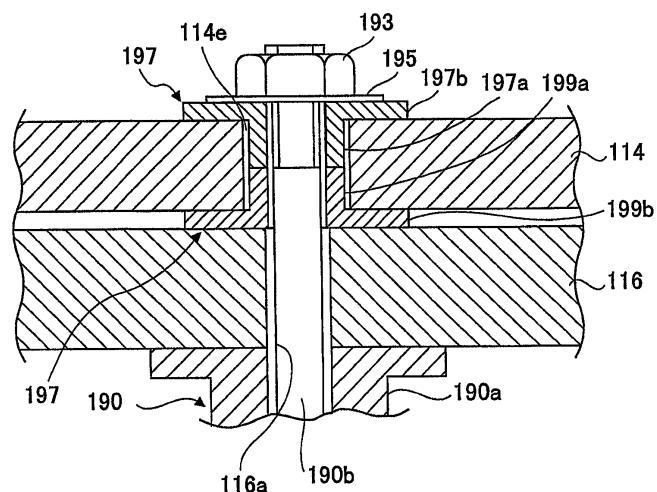
도면23



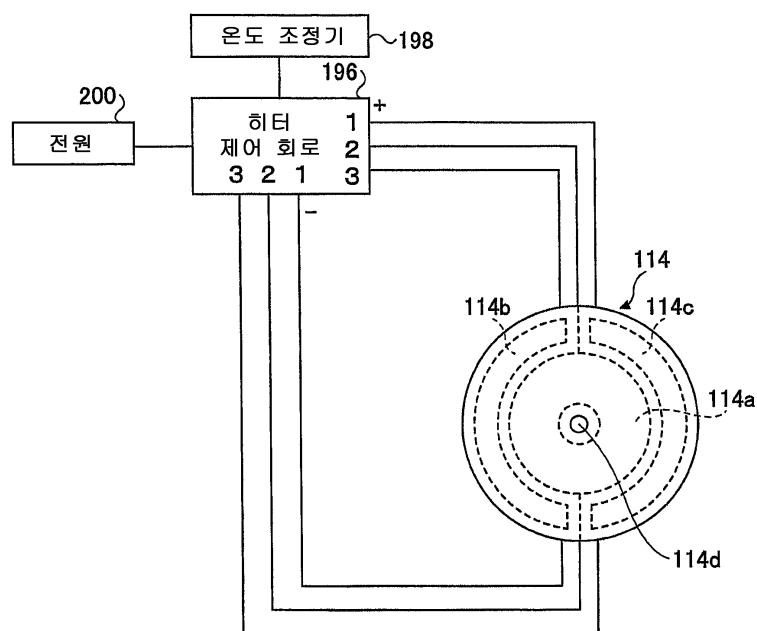
도면24



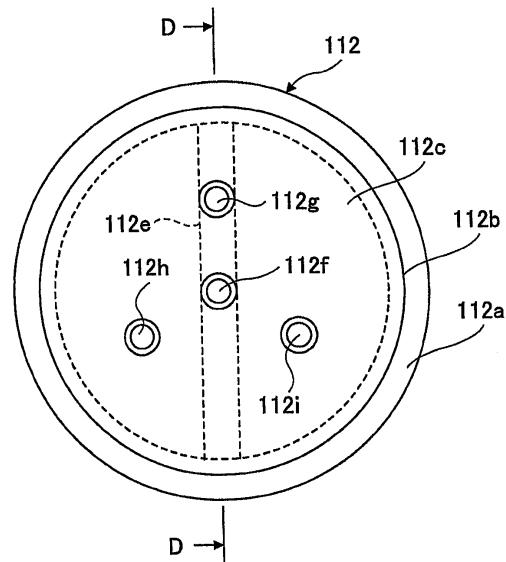
도면25



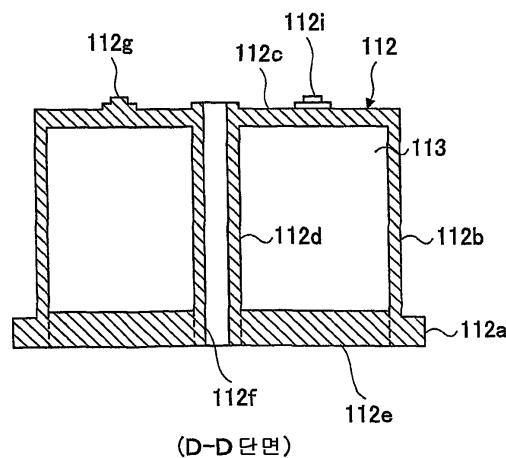
도면26



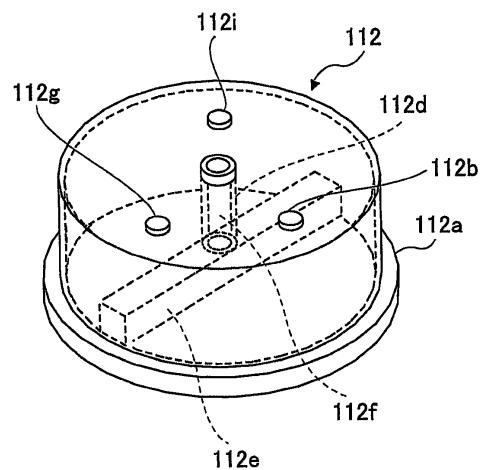
도면27a



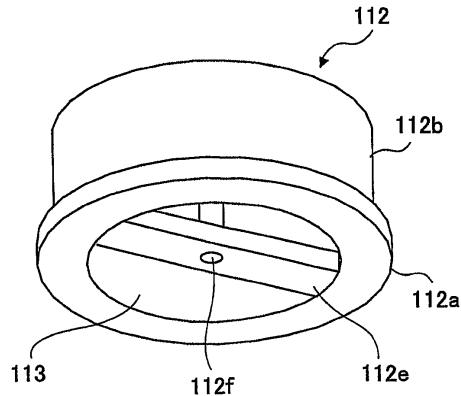
도면27b



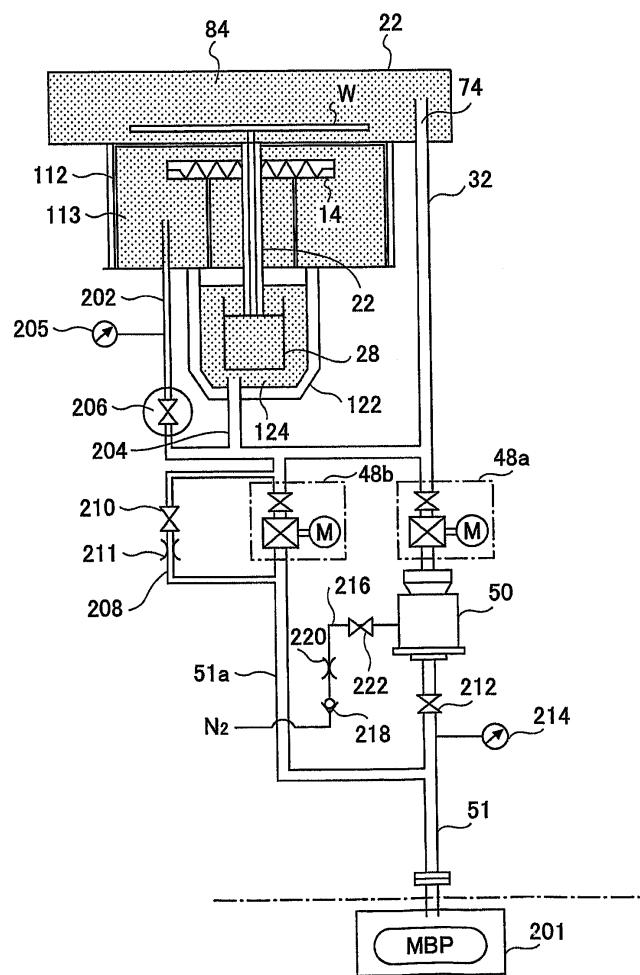
도면28a



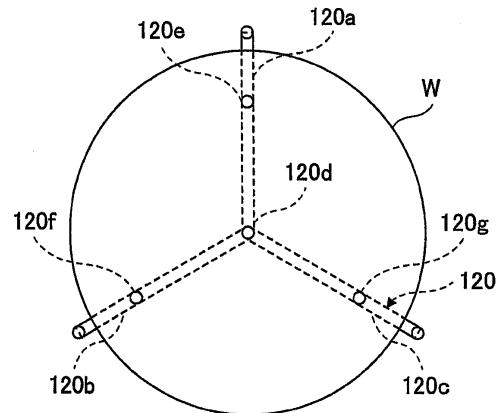
도면28b



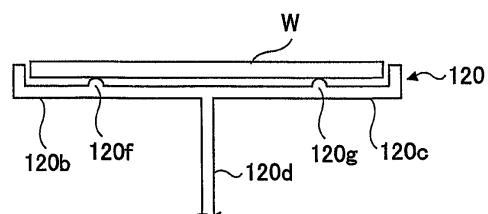
도면29



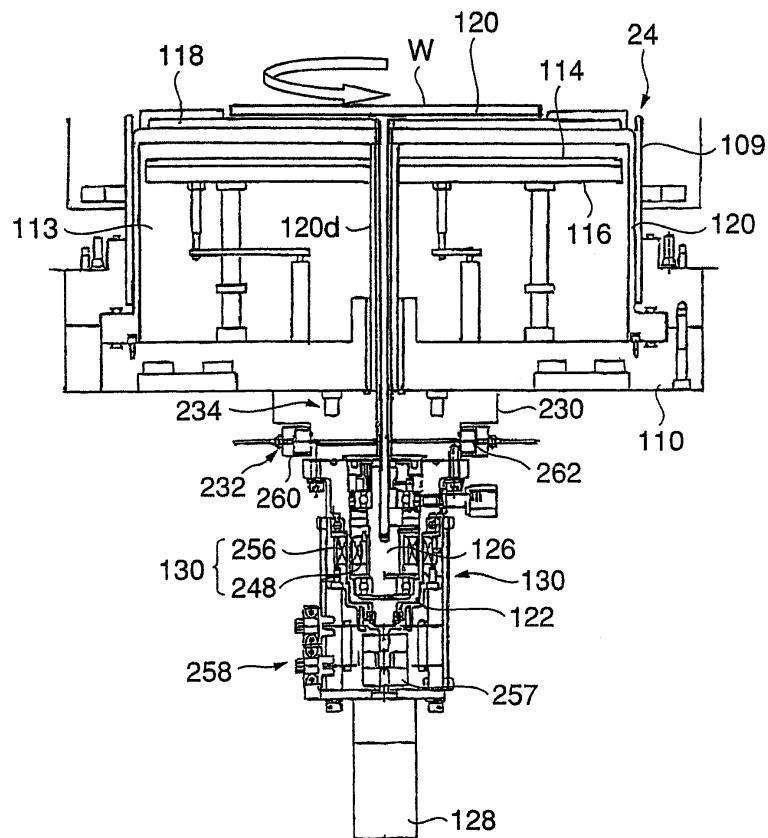
도면30a



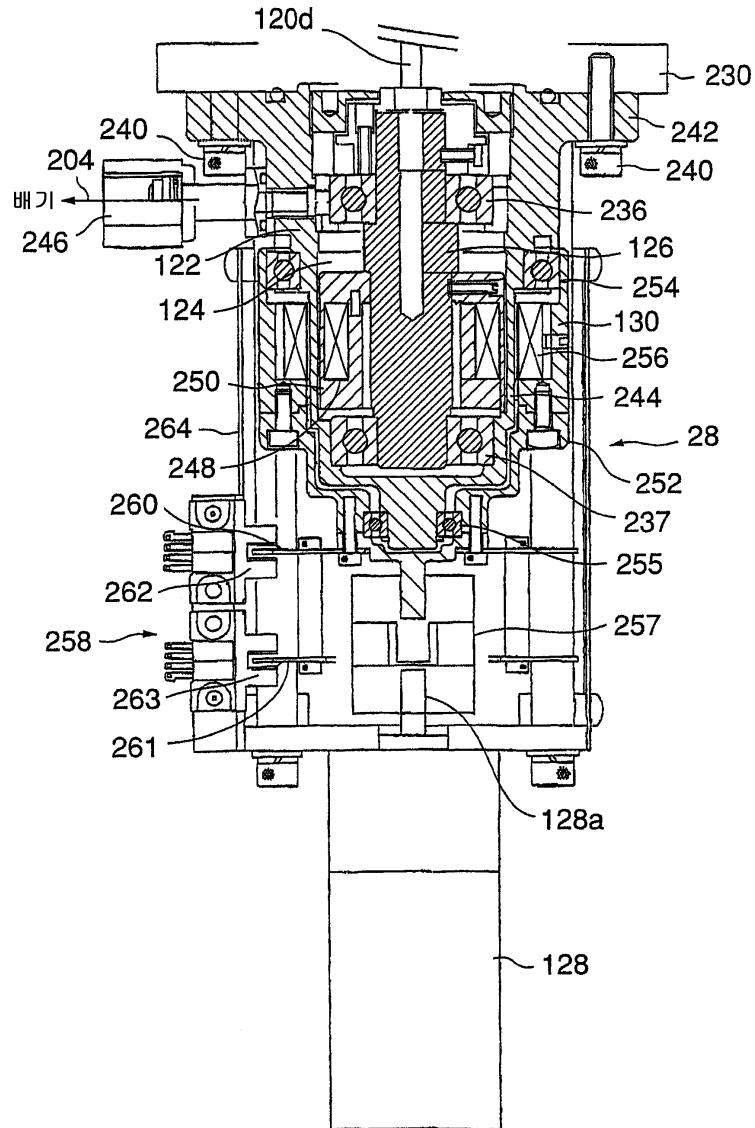
도면30b



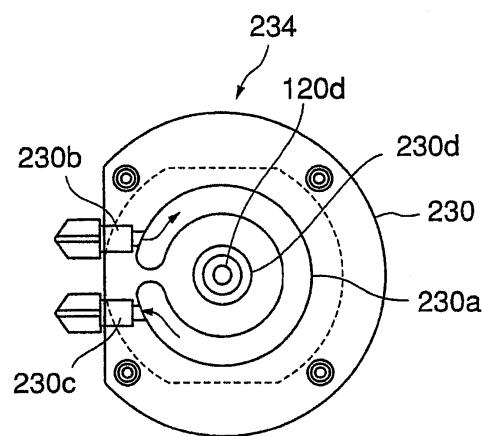
도면31



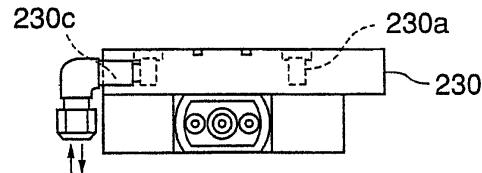
도면32



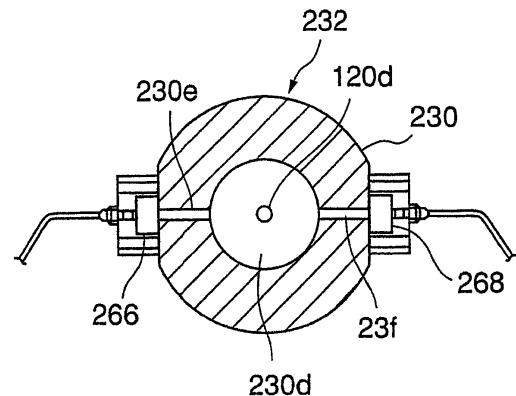
도면33a



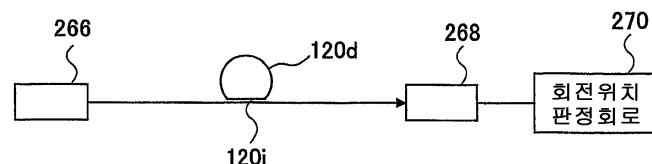
도면33b



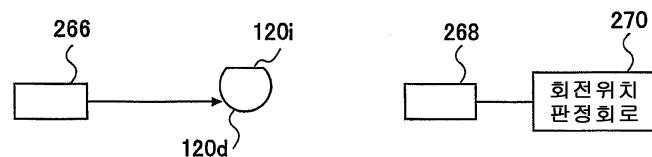
도면34



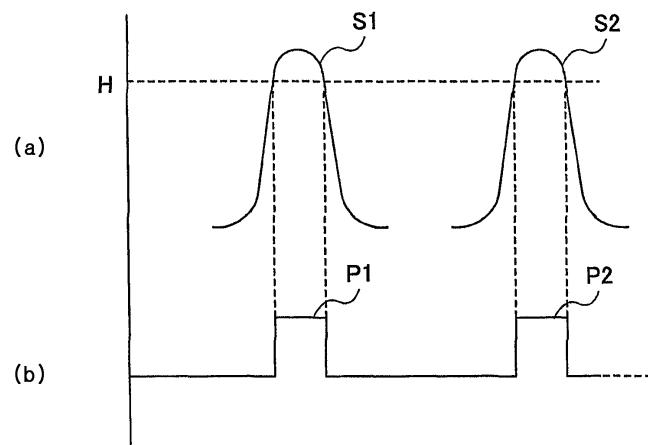
도면35a



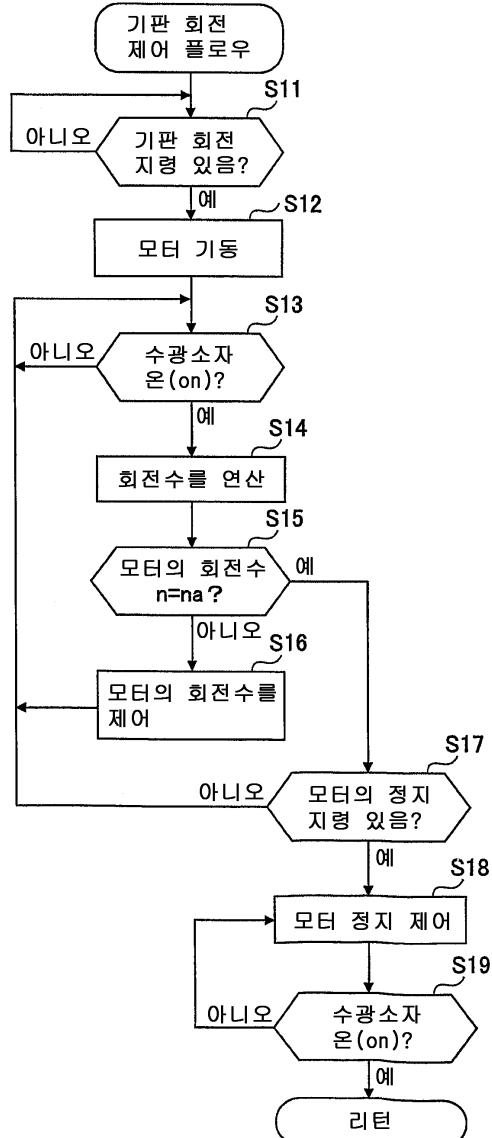
도면35b



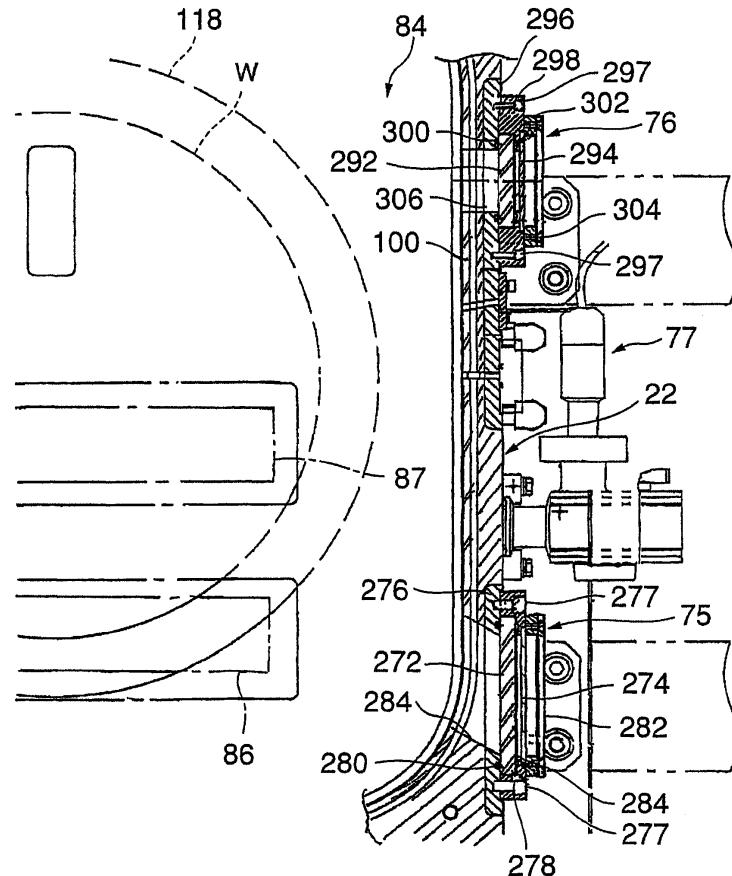
도면36



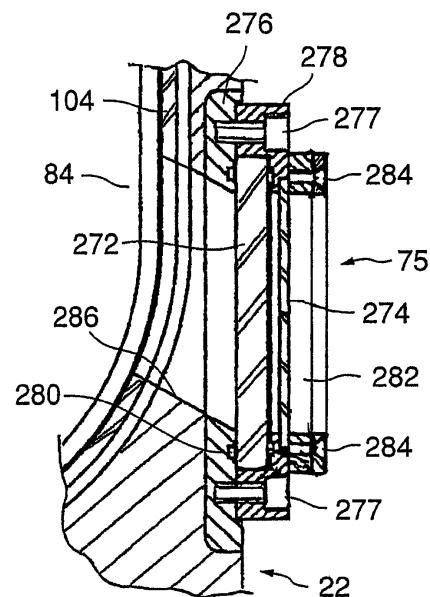
도면37



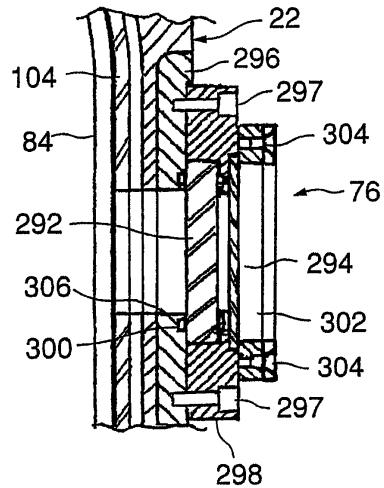
도면38



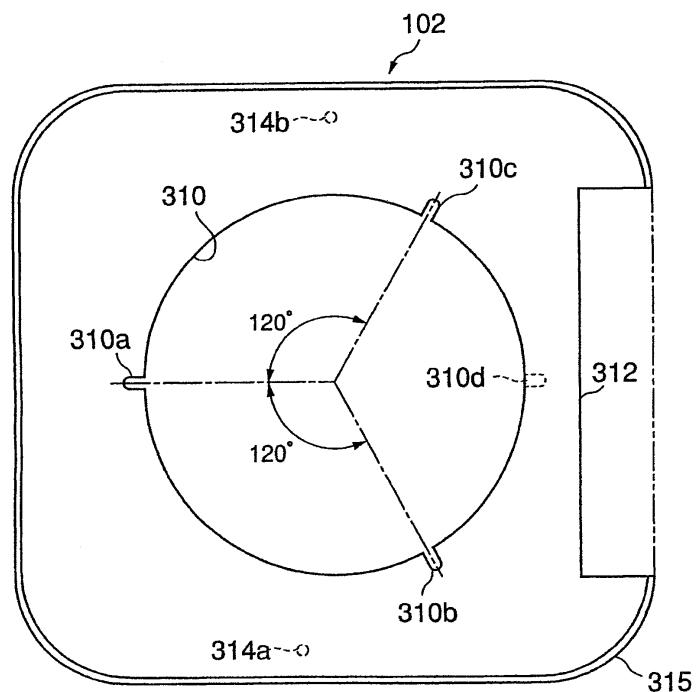
도면39



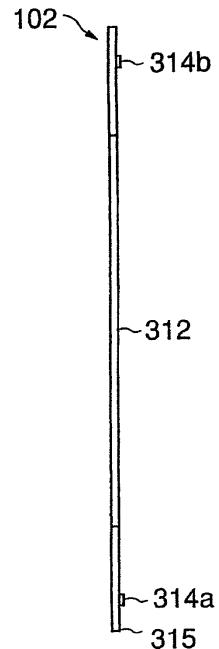
도면40



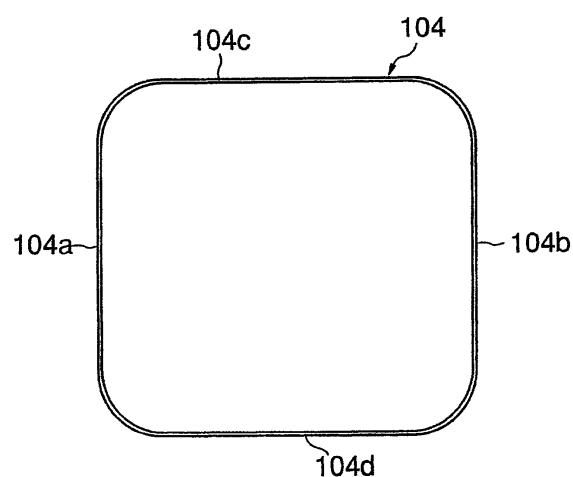
도면41a



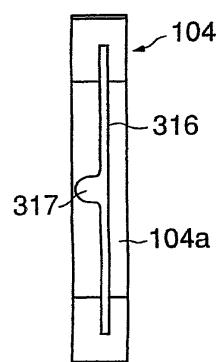
도면41b



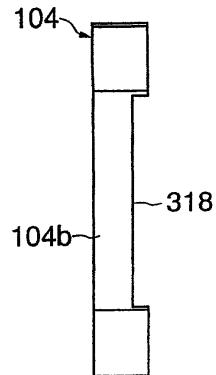
도면42a



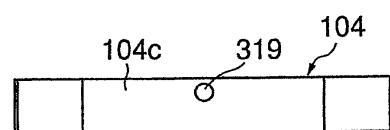
도면42b



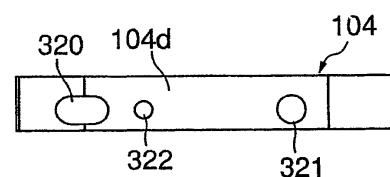
도면42c



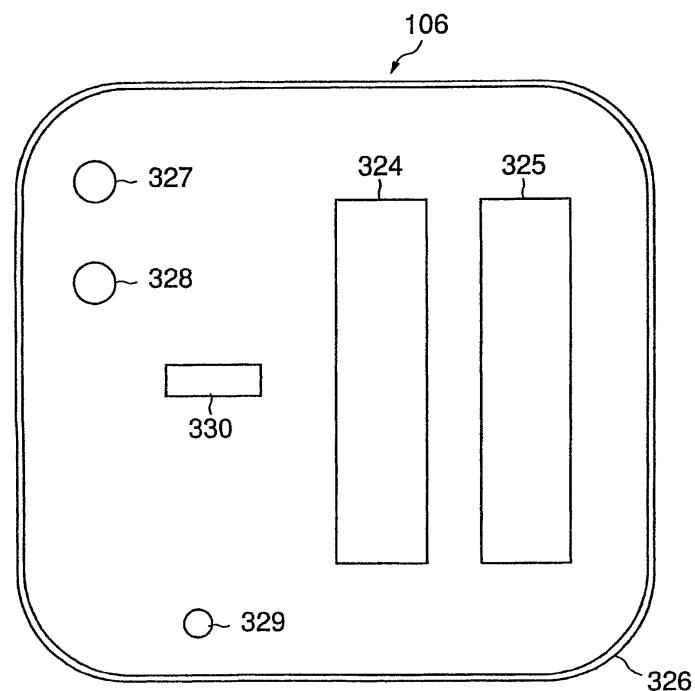
도면42d



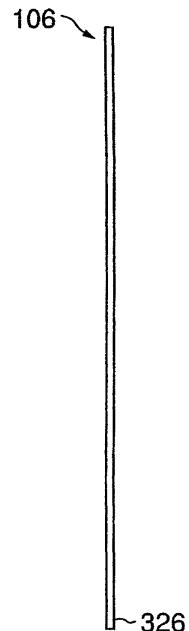
도면42e



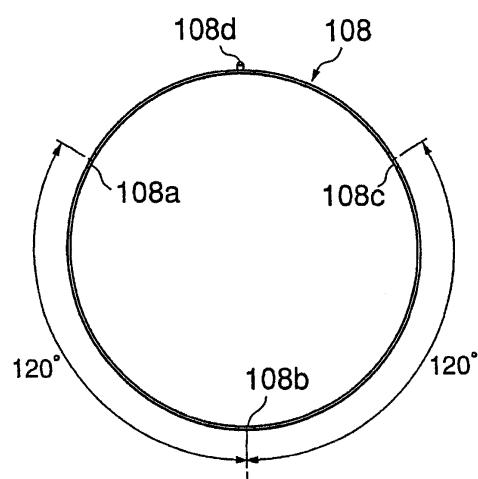
도면43a



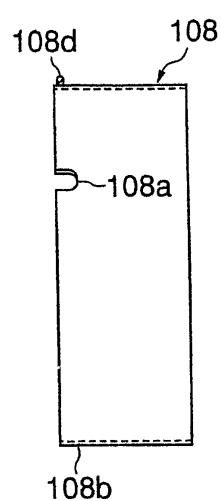
도면43b



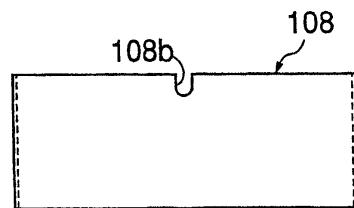
도면44a



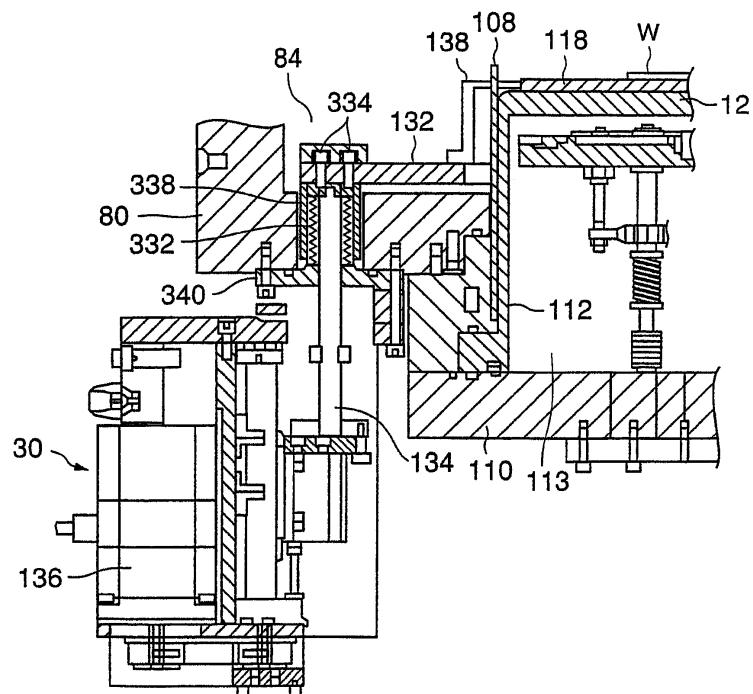
도면44b



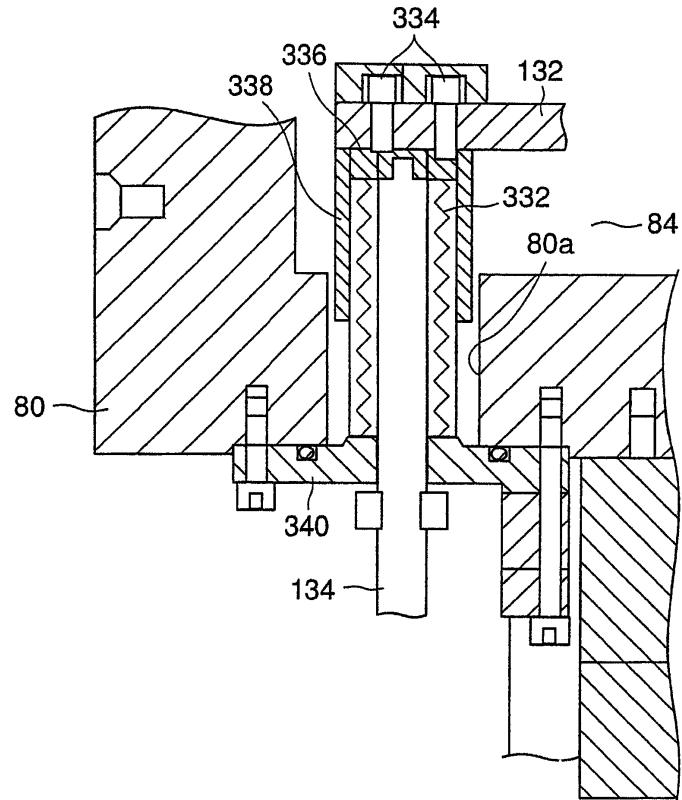
도면44c



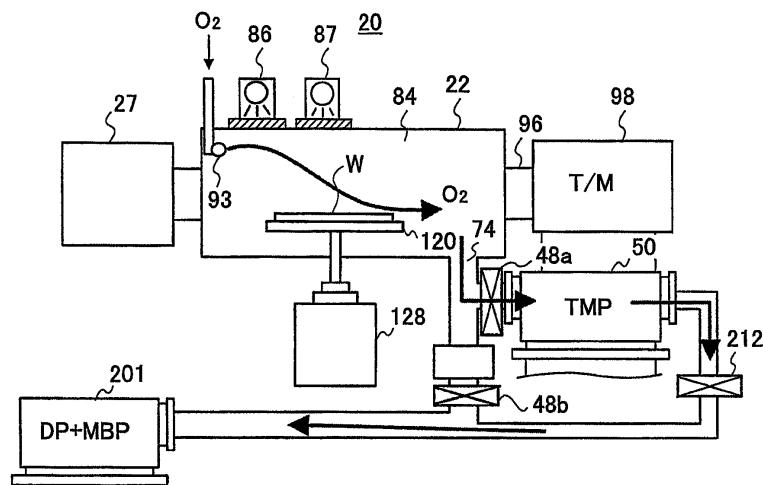
도면45



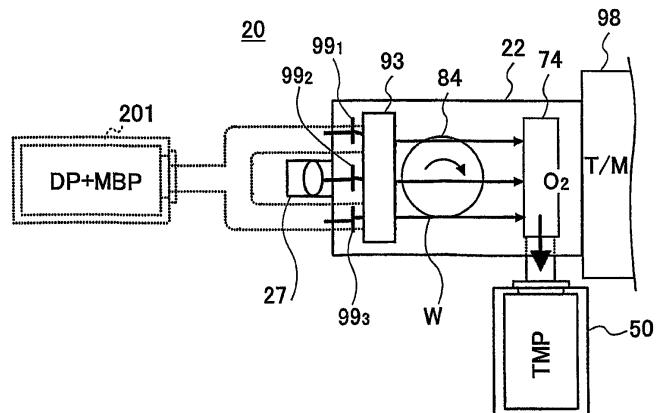
도면46



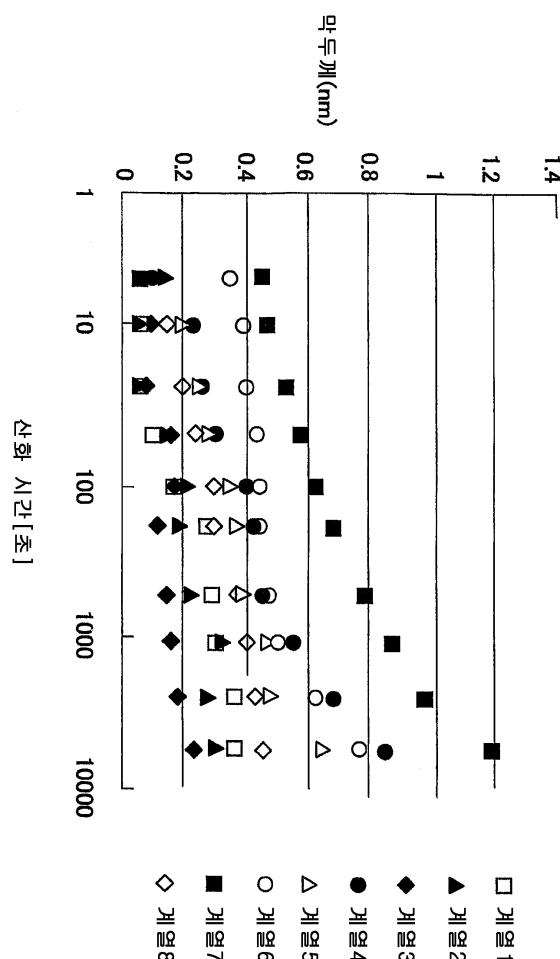
도면47a



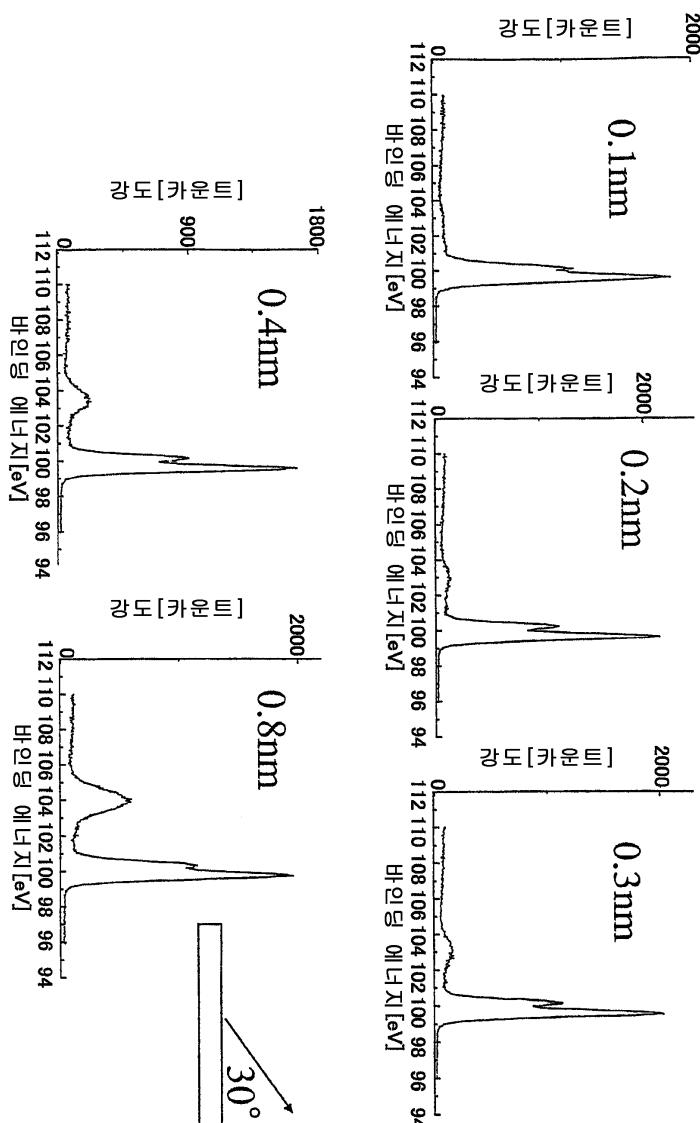
도면47b



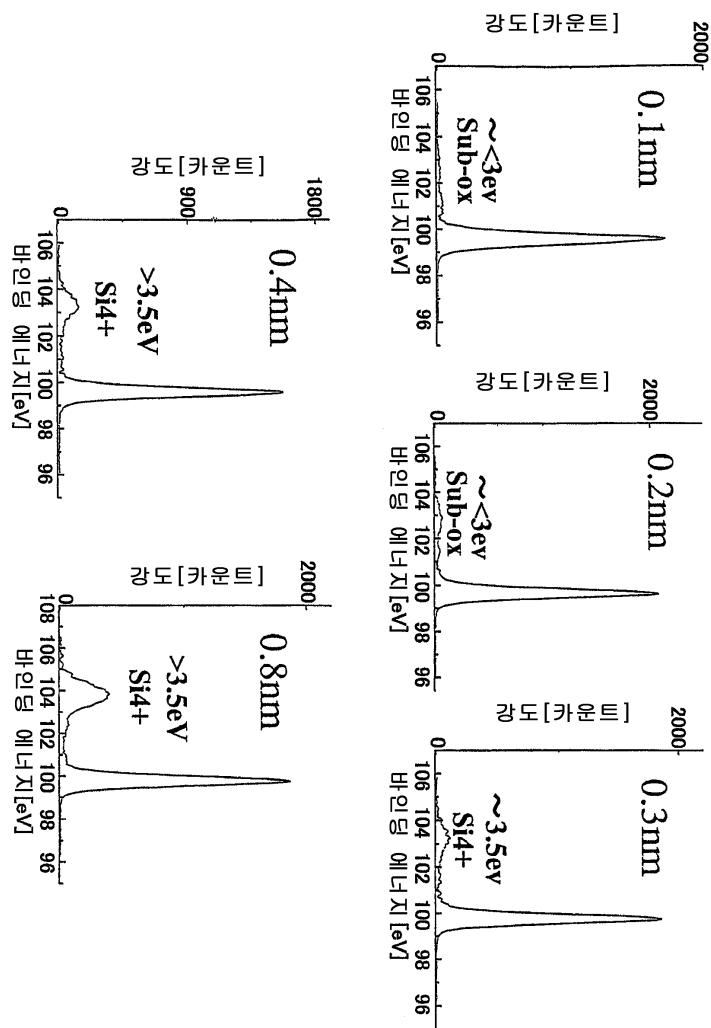
도면48



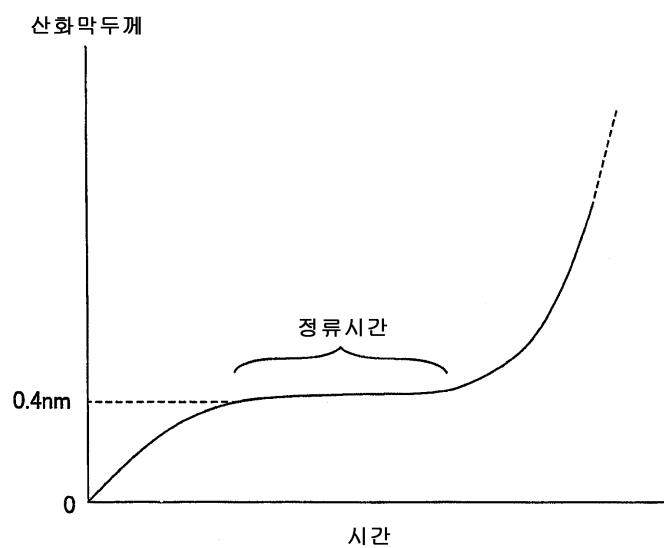
도면49



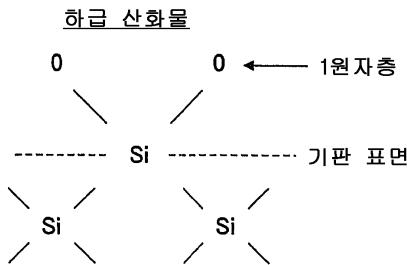
도면50



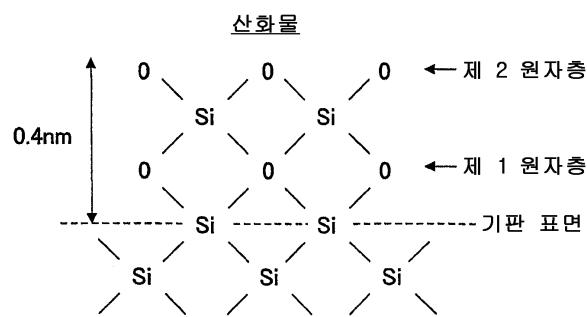
도면51



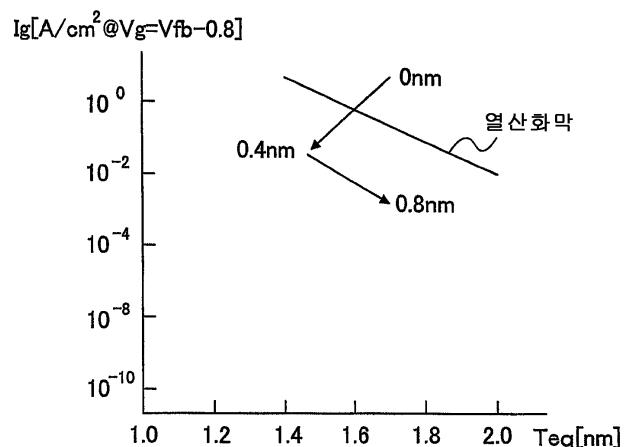
도면52a



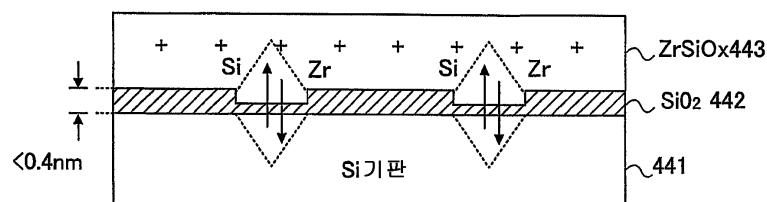
도면52b



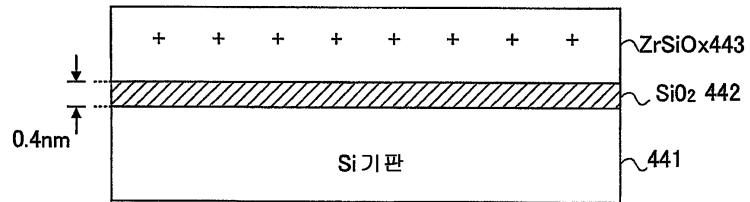
도면53



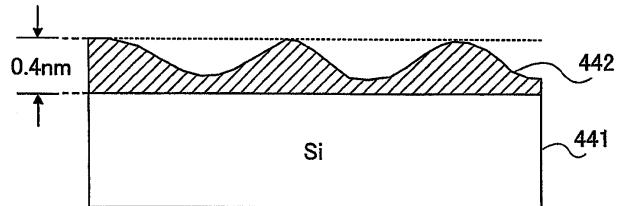
도면54a



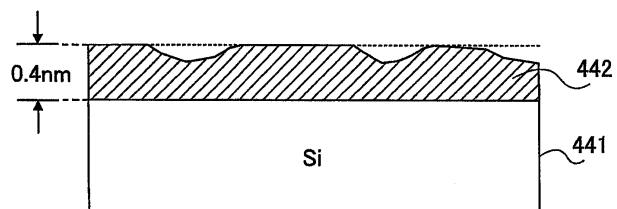
도면54b



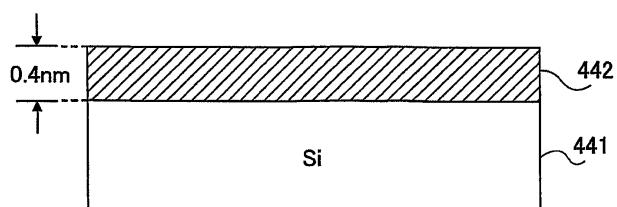
도면55a



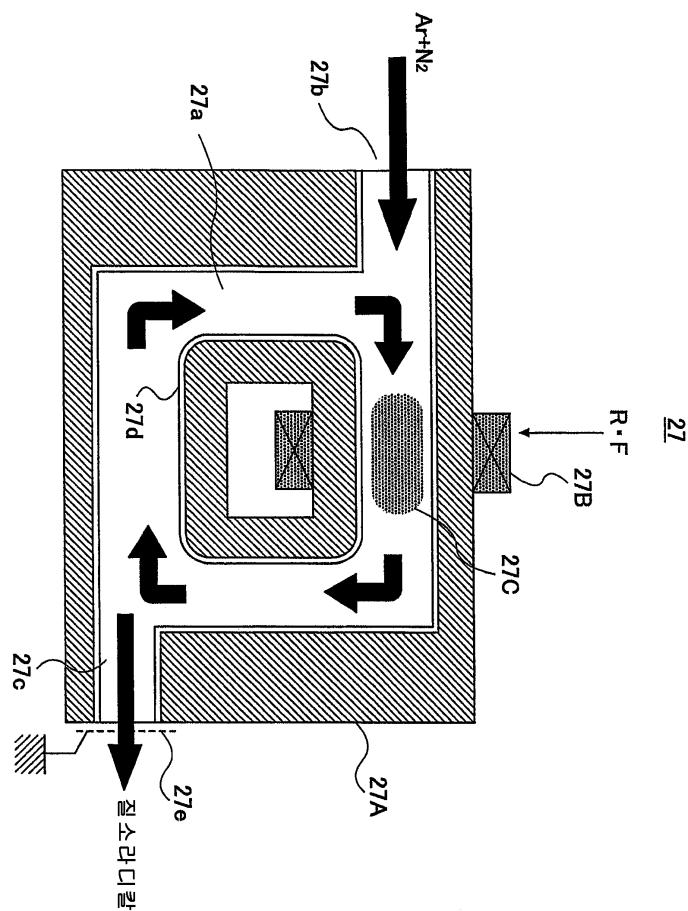
도면55b



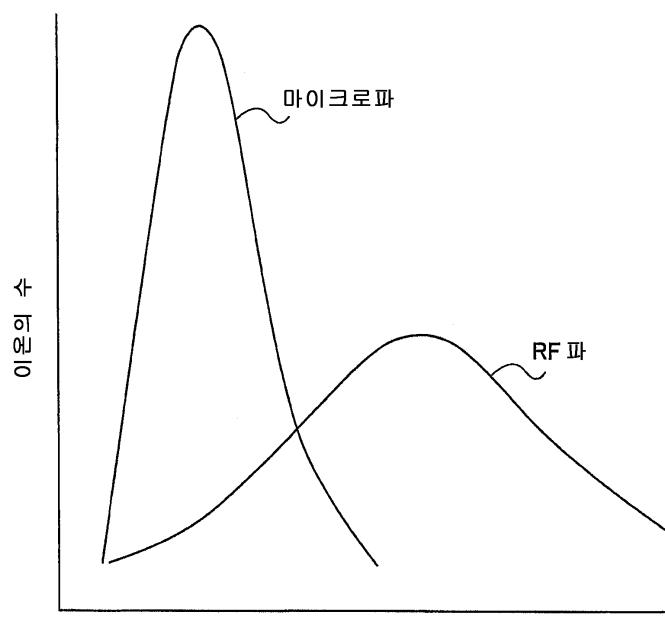
도면55c



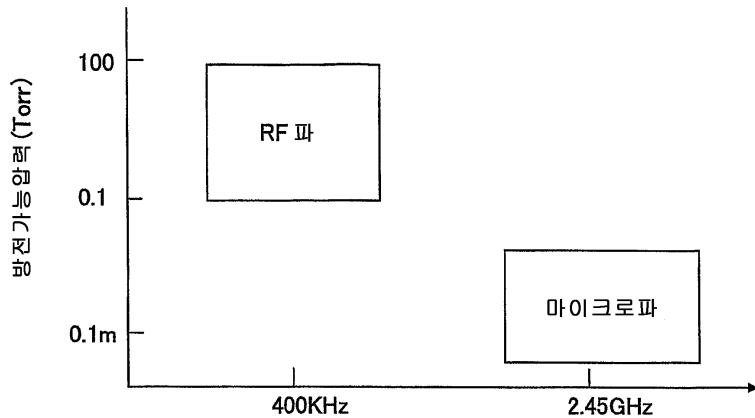
도면56



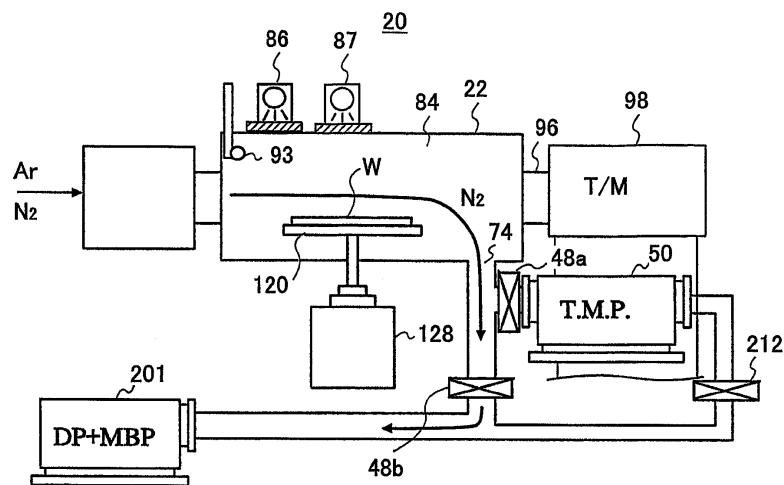
도면57



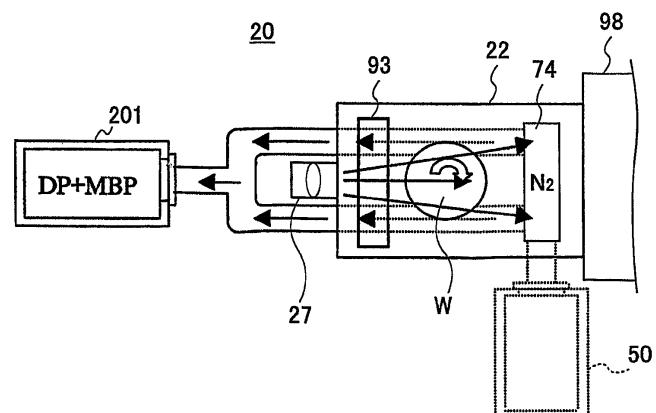
도면58



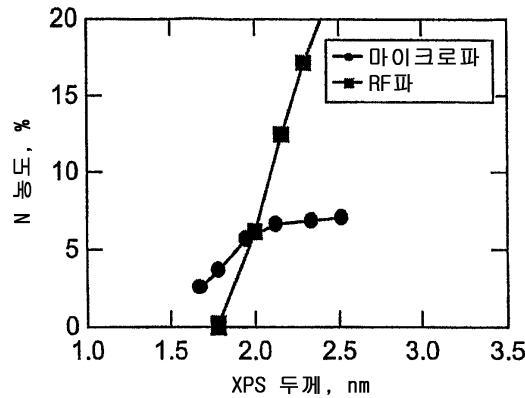
도면59a



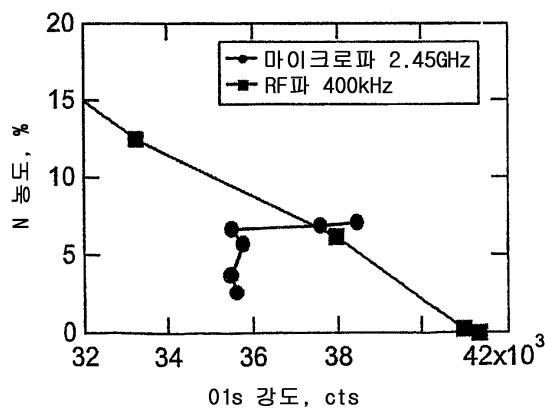
도면59b



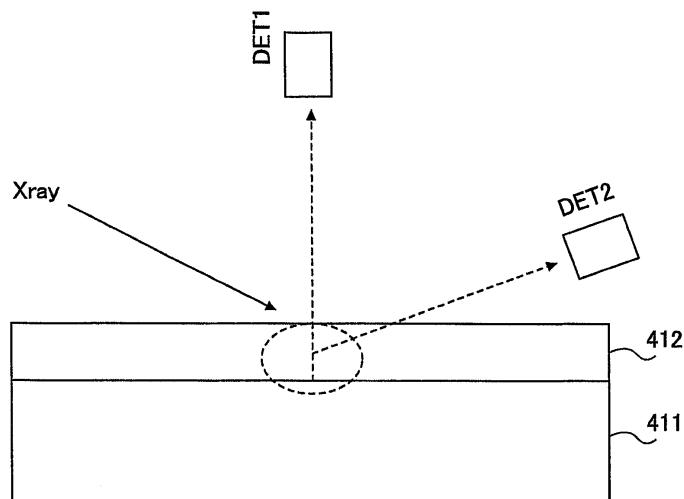
도면60a



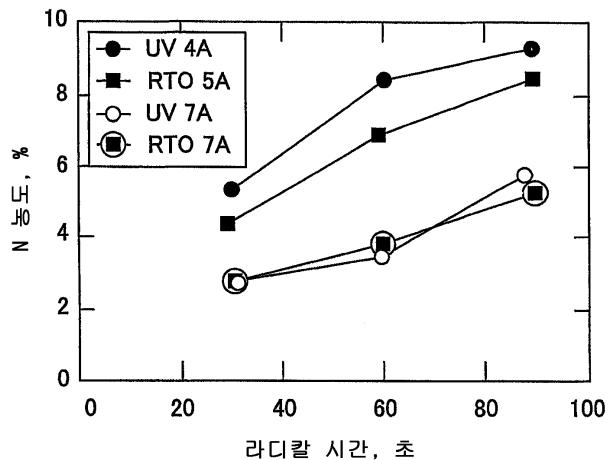
도면60b



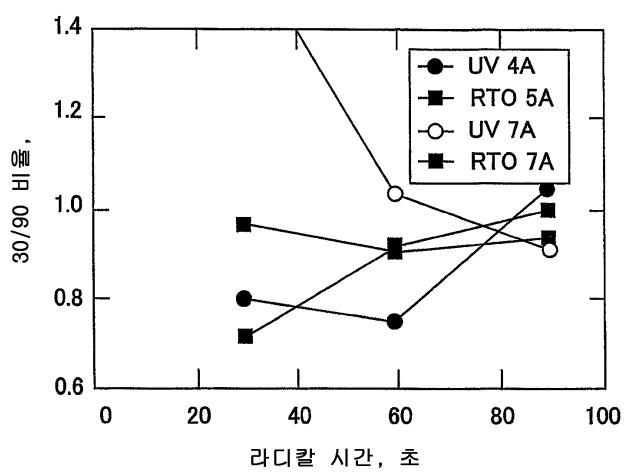
도면61



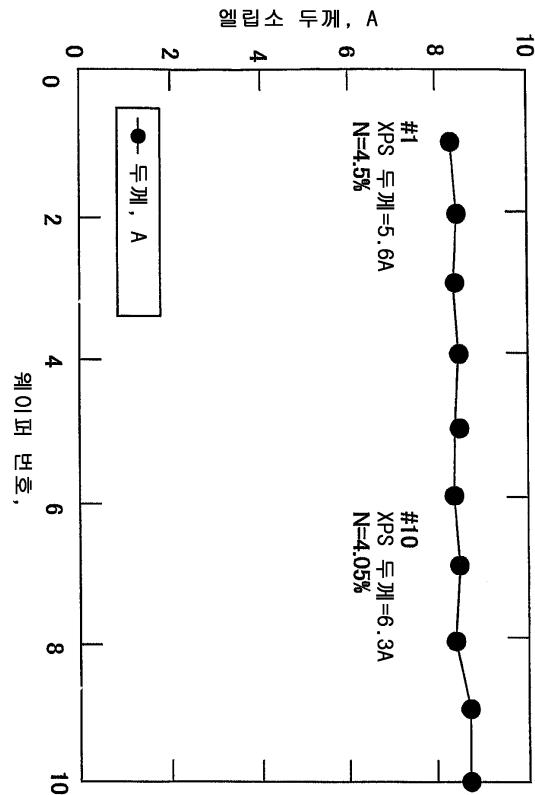
도면62



도면63



도면64



도면65

