



등록특허 10-2571839



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월28일
(11) 등록번호 10-2571839
(24) 등록일자 2023년08월24일

- (51) 국제특허분류 (Int. Cl.)
C23C 16/509 (2006.01) *C23C 16/44* (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) *C23C 16/515* (2006.01)
C23C 16/517 (2006.01) *C23C 16/56* (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C23C 16/509 (2013.01)
C23C 16/4401 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7035556
- (22) 출원일자(국제) 2019년04월09일
심사청구일자 2020년12월10일
- (85) 번역문제출일자 2020년12월10일
- (65) 공개번호 10-2021-0006985
- (43) 공개일자 2021년01월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/015389
- (87) 국제공개번호 WO 2019/225184
국제공개일자 2019년11월28일
- (30) 우선권주장
JP-P-2018-097404 2018년05월21일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2016167606 A*
 JP2018011050 A*
 JP2018064058 A
 JP2015099866 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 최종운

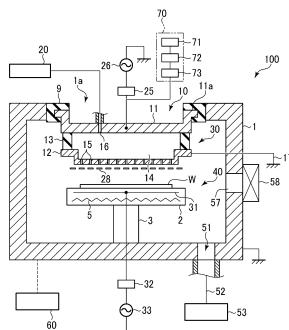
(54) 발명의 명칭 성막 장치 및 성막 방법

(57) 요약

기판 상에 플라즈마 ALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 장치는, 챔버와, 스테이지와, 상부 전극 및 상부 전극과 절연된 샤크 플레이트를 갖는 샤크 헤드와, 상부 전극에 접속된 제 1 고주파 전원과, 스테이지에 포함되는 전극에 접속된 제 2 고주파 전원을 구비한다. 제 1 고주파 전원으로부터 상부 전극에 고주파 전력이 공급되는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



것에 의해, 상부 전극 및 샤큐 플레이트의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 제 1 용량 결합 플라즈마가 생성되고, 제 2 고주파 전원으로부터 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 샤큐 플레이트와 전극의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립한 제 2 용량 결합 플라즈마가 생성된다.

(52) CPC특허분류

C23C 16/45536 (2013.01)

C23C 16/45548 (2013.01)

C23C 16/515 (2013.01)

C23C 16/517 (2013.01)

C23C 16/56 (2013.01)

H01J 37/32174 (2013.01)

H01J 37/32871 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기판 상에 플라즈마 ALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 장치로서,

기판을 수용하는 챔버와,

상기 챔버 내에서 기판을 지지하는 스테이지와,

상기 스테이지에 대향해서 마련되고, 도전성의 상부 전극 및 해당 상부 전극과 절연된 도전성의 샤큐 플레이트를 갖고, 성막을 위한 성막 원료 가스 및 반응 가스를 포함하는 가스가 공급되고, 해당 가스를 상기 챔버 내에 도입하는 샤큐 헤드와,

상기 스테이지에 포함되는 전극과,

상기 상부 전극에 접속된 제 1 고주파 전원과,

상기 전극에 접속된 제 2 고주파 전원

을 구비하고

상기 제 1 고주파 전원으로부터 상기 상부 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 상부 전극 및 상기 샤큐 플레이트의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 제 1 용량 결합 플라즈마가 생성되고,

상기 제 2 고주파 전원으로부터 상기 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 샤큐 플레이트와 상기 전극의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립한 제 2 용량 결합 플라즈마가 생성되고,

상기 제 2 용량 결합 플라즈마에 의해, 상기 기판에 형성된 막이, 이온 어시스트에 의해 예칭되는, 성막 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 고주파 전원 대신에, 또는 상기 제 1 고주파 전원에 더하여, 상기 상부 전극에 DC 펄스를 인가하는 DC 펄스 인가 유닛을 구비하는, 성막 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 상기 반응 가스가 해리되고, 반응 가스의 라디칼이 상기 성막 원료 가스와 반응하여, 상기 기판 상에 소정의 막이 성막되는, 성막 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 용량 결합 플라즈마는, 상기 샤큐 헤드 내의 가스 확산 공간 내에 리모트 플라즈마로서 형성되어, 상기 샤큐 플레이트를 통과한 반응 가스의 라디칼이 상기 기판에 공급되는, 성막 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 샤워 플레이트의 바로 아래에 마련되고, 상기 샤워 플레이트를 통과하는 상기 제 1 용량 결합 플라즈마 중의 이온을 제거하는 이온 트랩을 더 구비하는, 성막 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 샤워 플레이트는 접지되어 있는, 성막 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 샤워 플레이트에는 접지 라인이 접속되고, 상기 접지 라인에 마련된 임피던스 조정 회로를 더 구비하는, 성막 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 전극에 접속된, 상기 기판에 고주파 바이어스를 인가하는 기능을 갖는 제 3 고주파 전원을 더 구비하는, 성막 장치.

청구항 10

기판 상에 플라즈마 ALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 방법으로서,

기판에 대해서 성막 원료 가스를 간헐적으로 공급하는 것과,

상기 성막 원료 가스를 공급하고 있지 않는 기간에 간헐적으로 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스를 해리시켜 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 공급하는 것과,

임의의 타이밍에서, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립해서, 기판에 이온 어시스트에 의한 에칭 작용을 미치게 하는 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성하는 것

을 갖는, 성막 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 성막 원료 가스를 공급하는 것에 의해, 상기 기판에 성막 원료 가스를 흡착시켜, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 생성된 상기 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 흡착된 상기 성막 원료 가스와 반응시키는, 성막 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성하는 것을, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스를 해리시켜 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 공급하는 것과 마찬가지의 타이밍에서 실시하는, 성막 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성하는 것을, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스를 해리시켜 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 공급하는 것을 행하는 타이밍의 일부에서 실시하는, 성막 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스를 해리시켜 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 공급하는 것을

행하는 타이밍의 일부를, 상기 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성하는 것으로 치환해서 실시하는, 성막 방법.

청구항 15

성막 장치를 이용하여 기판 상에 플라즈마 ALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 방법으로서,

상기 성막 장치는,

기판을 수용하는 챔버와,

상기 챔버 내에서 기판을 지지하는 스테이지와,

상기 스테이지에 대향해서 마련되고, 도전성의 상부 전극 및 해당 상부 전극과 절연된 도전성의 샤큐 플레이트를 갖고, 성막을 위한 성막 원료 가스 및 반응 가스를 포함하는 가스가 공급되고, 해당 가스를 상기 챔버 내에 도입하는 샤큐 헤드와,

상기 스테이지에 포함되는 전극과,

상기 상부 전극에 접속된 제 1 고주파 전원과,

상기 전극에 접속된 제 2 고주파 전원

을 구비하고

상기 제 1 고주파 전원으로부터 상기 상부 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 상부 전극 및 상기 샤큐 플레이트의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 제 1 용량 결합 플라즈마가 생성되고,

상기 제 2 고주파 전원으로부터 상기 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 샤큐 플레이트와 상기 전극의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립한 제 2 용량 결합 플라즈마가 생성되고,

상기 제 2 용량 결합 플라즈마에 의해, 상기 기판에 형성된 막이, 이온 어시스트에 의해 에칭되는 것이고,

상기 성막 방법은,

기판에 대해서 성막 원료 가스를 간헐적으로 공급하는 것과,

상기 성막 원료 가스를 공급하고 있지 않는 기간에 간헐적으로 상기 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스를 해리시켜 반응 가스의 라디칼을 상기 기판에 공급하는 것과,

임의의 타이밍에서, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립해서, 기판에 이온 어시스트에 의한 에칭 작용을 미치게 하는 상기 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성하는 것

을 갖는, 성막 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 성막 장치 및 성막 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 반도체 디바이스의 미세화가 진행되고 있고, 미세 패턴의 성막에 적합한 성막 기술로서, 소정의 막을 1원자층씩 성막하는 원자층 퇴적법(Atomic Layer Deposition; ALD)이 알려져 있다. 최근에는 사용하는 가스의 반응성을 향상시키고, 프로세스 온도를 저하시키는 것을 목적으로 한 플라즈마 ALD(PEALD)가 주목받고 있다(예를 들면 특허문헌 1).

[0003] 또, 미세한 트렌치 내에 보이드를 발생시키지 않고 매설을 행하는 기술로서, ICP형, ECR형 등의 고밀도 플라즈마를 발생 가능한 챔버를 이용하여, 기판측에 바이어스를 걸고, 성막과 에칭을 동시 진행시키는 HDP-CVD법이 알려져 있다(예를 들면 특허문헌 2).

선행기술문헌

특허문헌

[0004]

(특허문헌 0001) 일본 특허공표 2009-521594호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허공개 2012-134288호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005]

본 개시는, PEALD를 이용하여 반도체 디바이스의 더한층의 미세화에 대응한 성막을 행할 수 있는 성막 장치 및 성막 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006]

본 개시의 일 실시형태에 따른 성막 장치는, 기판 상에 플라즈마 ALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 장치로서, 기판을 수용하는 챔버와, 상기 챔버 내에서 기판을 지지하는 스테이지와, 상기 스테이지에 대향해서 마련되고, 도전성의 상부 전극 및 해당 상부 전극과 접연된 도전성의 샤큐 플레이트를 갖고, 성막을 위한 성막 원료 가스 및 반응 가스를 포함하는 가스가 공급되고, 해당 가스를 상기 챔버 내에 도입하는 샤큐 헤드와, 상기 스테이지에 포함되는 전극과, 상기 상부 전극에 접속된 제 1 고주파 전원과, 상기 전극에 접속된 제 2 고주파 전원을 구비하고, 상기 제 1 고주파 전원으로부터 상기 상부 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 상부 전극 및 상기 샤큐 플레이트의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 제 1 용량 결합 플라즈마가 생성되고, 상기 제 2 고주파 전원으로부터 상기 전극에 고주파 전력이 공급되는 것에 의해, 상기 샤큐 플레이트와 상기 전극의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 상기 제 1 용량 결합 플라즈마와는 독립한 제 2 용량 결합 플라즈마가 생성된다.

발명의 효과

[0007]

본 개시에 의하면, PEALD를 이용하여 반도체 디바이스의 더한층의 미세화에 대응한 성막을 행할 수 있는 성막 장치 및 성막 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0008]

도 1은 일 실시형태에 따른 성막 장치를 나타내는 개략 단면도이다.

도 2는 도 1의 성막 장치의 변형예의 일부를 나타내는 개략 단면도이다.

도 3은 도 1의 성막 장치의 다른 변형예를 나타내는 개략 단면도이다.

도 4는 도 1의 성막 장치에 의해 제 1 용량 결합 플라즈마를 생성했을 때의 상태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 5는 일 실시형태에 따른 성막 장치에 의해 PEALD를 행할 때의 기본 시퀀스를 나타내는 타이밍 차트이다.

도 6은 도 1의 성막 장치에 의해 제 2 용량 결합 플라즈마를 생성했을 때의 상태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 7은 종래의 PEALD에 의해 오목부로의 매설을 행할 때에 오목부의 개구가 폐색되는 상태를 설명하기 위한 공정 단면도이다.

도 8은 일 실시형태에 따른 성막 장치를 이용한 PEALD에 의한 오목부로의 매설에 의해 오목부 개구의 폐색이 해소되는 것을 설명하기 위한 공정 단면도이다.

도 9는 종래의 PEALD에 의해 오목부로의 매설을 행할 때에 매설한 막에 스트레스가 생기는 것을 설명하기 위한 공정 단면도이다.

도 10은 일 실시형태에 따른 성막 장치를 이용한 PEALD에 의한 오목부로의 매설에 의해 막 스트레스가 조정 가능한 것을 설명하기 위한 공정 단면도이다.

도 11은 일 실시형태에 따른 성막 장치를 이용한 PEALD에 의한 선택 성막의 예를 나타내는 단면도이다.

도 12는 제 1 용량 결합 플라즈마와 제 2 용량 결합 플라즈마의 인가 타이밍의 일례를 나타내는 타이밍 차트이

다.

도 13은 제 1 용량 결합 플라즈마와 제 2 용량 결합 플라즈마의 인가 타이밍의 다른 예를 나타내는 타이밍 차트이다.

도 14는 제 1 용량 결합 플라즈마와 제 2 용량 결합 플라즈마의 인가 타이밍의 또 다른 예를 나타내는 타이밍 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 이하, 첨부 도면을 참조하여 실시형태에 대해 설명한다.
- [0010] 도 1은 일 실시형태에 따른 성막 장치를 나타내는 개략 단면도이다.
- [0011] 성막 장치(100)는 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치로서 구성되어 있고, 기판 W에 대해서 PEALD에 의해 소정의 막을 성막하는 성막 기능과 예칭 기능을 갖는다. 기판 W로서는, 예를 들면 반도체 웨이퍼를 들 수 있지만, 이 것으로 한정되지 않는다.
- [0012] 이 성막 장치(100)는, 대략 원통 형상의 챔버(1)를 갖고 있다. 챔버(1)는 보안 설치되어 있다. 챔버(1)의 내부에는, 기판 W를 수평으로 탑재(지지)하기 위한 스테이지(2)가 배치되어 있다. 스테이지(2)는, AlN 등의 절연성 세라믹으로 구성되어 있고, 그 중앙 하부가, 챔버(1)의 바닥부로부터 수직으로 연장되는 원통 형상의 절연성 세라믹으로 이루어지는 지지 부재(3)에 의해 지지되어 있다. 또, 스테이지(2)에는 몰리브덴 등의 고용접 금속으로 구성된 히터(5)가 매립되어 있고, 이 히터(5)는 히터 전원(도시하지 않음)으로부터 급전되는 것에 의해 스테이지(2) 상의 기판 W를 소정의 온도로 가열한다. 한편, 스테이지(2)는 도전체여도 된다.
- [0013] 한편, 도시하고 있지 않지만, 스테이지(2)에는, 복수의 승강 펀이, 승강 기구에 의해 그의 상면에 대해 돌몰(突沒) 가능하게 삽입 관통되어 있고, 복수의 승강 펀의 승강 동작에 의해, 스테이지(2) 상으로의 기판 W의 수수(授受)가 행해지도록 되어 있다.
- [0014] 챔버(1)의 천정벽에는, 개구(1a)를 갖고 있고, 개구(1a)에는, 절연 부재(9)를 개재해서 샤워 헤드(10)가 끼워 넣어져 있다. 샤워 헤드(10)는, 전체 형상이 원통 형상을 이루고, 상부 플레이트인 상부 전극(11)과, 하면을 구성하는 샤워 플레이트(12)와, 이를 사이에 마련된 원통 형상의 절연 부재(13)를 갖고 있다. 상부 전극(11)과 샤워 플레이트(12)는, 도전성 재료로 형성되어 있다. 샤워 헤드(10)의 내부는, 가스 확산 공간(14)으로 되어 있다. 상부 전극(11)은 그 외주에 플랜지부(11a)를 갖고 있고, 이 플랜지부(11a)가 절연 부재(9)에 지지되어 있다. 샤워 플레이트(12)에는 복수의 가스 토출 구멍(15)이 형성되어 있고, 상부 전극(11)에는 가스 도입 구멍(16)이 형성되어 있다. 가스 도입 구멍(16)은, 성막을 위한 가스를 공급하는 가스 공급 기구(20)의 가스 라인에 접속되어 있다.
- [0015] 가스 공급 기구(20)는, PEALD 성막을 행할 때에 이용하는 가스, 예를 들면, 형성하고자 하는 막의 구성 원소를 포함하는 성막 원료 가스, 성막 원료 가스와 반응하는 반응 가스, 및 퍼지 가스 등을 공급한다. 이를 가스를 공급하는 배관에는, 밸브류 및 매스플로 컨트롤러와 같은 유량 제어기가 마련되어 있다. 성막 원료 가스 및 반응 가스는, 성막하고자 하는 막에 따라 여러 가지의 것을 이용할 수 있다. 퍼지 가스로서는, 불활성 가스, 예를 들면 Ar 가스, He 가스 등의 희가스나, N₂ 가스를 이용할 수 있다. 성막 시에는, 퍼지 가스를 공급한 채, 성막 원료 가스와 반응 가스를 교대로 또한 간헐적으로 공급한다. 또, 반응 가스가 플라즈마의 존재하에서만 성막 원료 가스와 반응하는 경우는, 성막 시에 반응 가스를 공급한 채 해도 된다.
- [0016] 샤워 헤드(10)의 상부 전극(11)에는, 제 1 정합기(25)를 통해서 제 1 고주파 전원(26)이 접속되어 있고, 이 제 1 고주파 전원(26)으로부터 상부 전극(11)에 고주파 전력이 공급되도록 되어 있다. 제 1 고주파 전원(26)의 주파수는, 450kHz~40MHz인 것이 바람직하고, 전형예로서는 13.56MHz를 들 수 있다. 한편, 샤워 플레이트(12)에는, 접지 라인(17)이 접속되고, 접지되어 있다. 상부 전극(11)과 샤워 플레이트(12)는 절연 부재(13)로 절연되어 있고, 이들은 한 쌍의 평행 평판 전극을 구성하고 있다. 상부 전극(11), 샤워 플레이트(12), 제 1 고주파 전원(26)에 의해 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)가 구성된다.
- [0017] 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)에 있어서는, 제 1 고주파 전원(26)에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해, 상부 전극(11)과 샤워 플레이트(12)의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 가스 확산 공간(14) 내에 제 1 용량 결합 플라즈마가 생성된다.
- [0018] 제 1 정합기(25)는, 제 1 고주파 전원(26)의 내부(또는 출력) 임피던스에 부하 임피던스를 정합시키는 것이다.

제 1 정합기(25)는, 가스 확산 공간(14)에 플라즈마가 생성되어 있을 때에 제 1 고주파 전원(26)의 출력 임피던스와 부하 임피던스가 외관상 일치하도록 기능한다.

[0019] 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)는, PEALD를 위한 리모트 플라즈마원으로서 구성된다. 즉, 가스 확산 공간(14)에 생성된 제 1 용량 결합 플라즈마에 의해 반응 가스가 해리되고, 해리되어 생성된 주로 라디칼이 가스 토출 구멍(15)을 통과해서 스테이지(2) 상의 기판 W에 공급되고, PEALD에 의한 성막에 제공된다. PEALD 시에는, 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)는, 성막 원료 가스가 공급되어 있지 않은 타이밍에서, 간헐적으로 플라즈마를 발화하고, 반응 가스를 해리시킨다.

[0020] 또, 상부 전극(11)에는, DC 펄스 인가 유닛(70)이 접속되어 있다. DC 펄스 인가 유닛(70)은, DC 전원(71)과, DC 펄스 스위치(72)와, 필터(73)를 갖고 있다. DC 펄스 인가 유닛(70)은, 제 1 고주파 전원(26) 대신에 이용해도 되고, 제 1 고주파 전원(26)과 병용해도 된다. 병용하는 경우는, 제 1 고주파 전원(26)으로부터의 고주파와 DC 펄스 인가 유닛(70)으로부터의 DC 펄스가 중첩되게 된다. DC 펄스 전원(71)은, 제로~양의 펄스 전압, 또는 제로~음의 펄스 전압을 인가할 수 있기 때문에, 가스의 특성(극성)에 맞춘 전력을 인가할 수 있다. 이 때문에, 가스의 해리를 보다 촉진할 수 있다.

[0021] 샤큐 플레이트(12)의 바로 아래에는, 플라즈마 중의 이온을 트랩하기 위한 이온 트랩(28)이 마련되어 있다. 플라즈마 중의 이온은, 샤큐 플레이트(12)의 가스 토출 구멍(15)에서 그 일부가 비활성화되기 때문에, 기판 W에 공급되는 이온은 적지만, 이온 트랩(28)에 의해 샤큐 플레이트(12)를 통과하는 이온을 더 제거할 수 있다. 이온 트랩(28)은, 도전체여도 절연체여도 되고, 절연체의 내부에 도전체를 매립한 것이어도 된다. 또, 도전체의 경우는, 접지되어 있어도 플로팅 상태여도 된다. 한편, 샤큐 플레이트(12)를 통과하는 플라즈마 중의 이온이 충분히 적으면, 이온 트랩(28)은 불필요하다.

[0022] 또, 도 2에 나타내는 바와 같이, 접지 라인(17)에 코일 및 콘덴서를 갖는 임피던스 조정 회로(21)를 마련하는 것에 의해, 통과 이온량을 제어할 수 있다. 한편, 임피던스 조정 회로(21)에 의한 임피던스 조정에 의해, 플라즈마의 생성 개소를 샤큐 플레이트(12) 아래로 변경하는 것도 가능하게 된다. 이와 같이, 플라즈마의 생성 개소를 샤큐 플레이트(12) 아래로 변경하는 것에 의해, 후술하는, 스테이지(2)와 샤큐 플레이트(12)의 사이에 형성되는 용량 결합 플라즈마의 밀도 등의 조정폭을 보다 넓힐 수 있다.

[0023] 스테이지(2)의 내부에는, 전극(31)이 매설되어 있다. 전극(31)은 스테이지(2)에 포함되어 있다. 스테이지(2)가 도전체인 경우는, 스테이지(2) 자체가 전극(31)으로서 기능한다. 전극(31)에는, 제 2 정합기(32)를 통해서 제 2 고주파 전원(33)이 접속되어 있다(도 1 참조). 제 2 고주파 전원(33)의 주파수는, 13.56~100MHz인 것이 바람직하고, 전형예로서는 40MHz이다. 샤큐 플레이트(12)와 스테이지(2) 내의 전극(31)은 한 쌍의 평행 평판 전극을 구성하고 있다. 샤큐 플레이트(12), 전극(31), 제 2 고주파 전원(33)에 의해 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)가 구성된다.

[0024] 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)에 있어서는, 제 2 고주파 전원(33)으로부터 스테이지(2)의 전극(31)에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해, 샤큐 플레이트(12)와 전극(31)의 사이에 고주파 전계가 형성되어, 이들의 사이에 제 2 용량 결합 플라즈마가 생성된다. 그리고, 고주파 전력 인가에 의한 바이어스에 의해 플라즈마 중의 이온이 기판 W로 인입되어서 이온 어시스트 에칭이 실현된다. 즉, 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)는, 에칭을 위한 플라즈마원으로서 구성된다.

[0025] 제 2 정합기(32)는, 제 2 고주파 전원(33)의 내부(또는 출력) 임피던스에 부하 임피던스를 정합시키는 것이다. 제 2 정합기(32)는, 샤큐 플레이트(12)와 스테이지(2)의 사이의 공간에 플라즈마가 생성되어 있을 때에 제 2 고주파 전원(33)의 출력 임피던스와 부하 임피던스가 외관상 일치하도록 기능한다.

[0026] 한편, 도 3에 나타내는 바와 같이, 전극(31)에, 제 2 고주파 전원(33)에 더하여, 제 3 정합기(36)를 통해서 제 3 고주파 전원(37)을 접속해도 된다. 제 3 고주파 전원(37)은, 플라즈마 중의 이온을 기판 W로 인입해서 이온의 작용을 높이는 고주파 바이어스를 기판 W에 인가하는 기능을 갖는다. 제 3 고주파 전원(37)의 주파수는, 제 2 고주파 전원(33)의 주파수보다도 작고, 450kHz~13.56MHz가 바람직하다. 전형예로서는 13.56MHz이다. 제 3 정합기(36)는, 제 2 정합기(32)와 마찬가지의 기능을 갖는다.

[0027] 챔버(1)의 바닥벽에는 배기구(51)가 마련되어 있고, 배기구(51)에는 배기관(52)이 접속되어 있다. 배기관(52)에는 배기 장치(53)가 접속되어 있다. 배기 장치(53)는 자동 압력 제어 밸브와 진공 펌프를 갖고, 배기 장치(53)에 의해 챔버(1) 내를 소정의 진공도로 유지하는 것이 가능하게 되어 있다.

[0028] 챔버(1)의 측벽에는, 챔버(1)와 인접하여 마련된 진공 반송실(도시하지 않음)의 사이에서 기판 W의 반입출을 행

하기 위한 반입출구(57)와, 이 반입출구(57)를 개폐하는 게이트 밸브(58)가 마련되어 있다.

[0029] 성막 장치(100)의 구성부인 히터 전원, 밸브류, 유량 제어기, 고주파 전원 등은, 제어부(60)에 의해 제어된다. 제어부(60)는, 실제로 이들의 제어를 행하는 컴퓨터(CPU)를 갖는 주제어부와, 입력 장치, 출력 장치, 표시 장치, 및 기억 장치를 갖고 있다. 기억 장치에는, 성막 장치(100)에서 실행되는 각종 처리의 파라미터가 기억되어 있고, 또, 성막 장치(100)에서 실행되는 처리를 제어하기 위한 프로그램, 즉 처리 레시피가 저장된 기억 매체가 세팅되도록 되어 있다. 주제어부는, 기억 매체에 기억되어 있는 소정의 처리 레시피를 호출하고, 그 처리 레시피에 근거하여 성막 장치(100)에 의해 소정의 처리가 행해지도록 제어한다.

[0030] 다음으로, 다음과 같이 구성된 성막 장치(100)에 있어서의 동작에 대해 설명한다.

[0031] 우선, 게이트 밸브(58)를 개방해서 진공 반송실로부터 반송 장치에 의해 웨이퍼 W를 챔버(1) 내에 반입하고, 스테이지(2) 상에 탑재한다. 반송 장치를 퇴피시킨 후, 게이트 밸브(58)를 닫는다.

[0032] 이어서, 챔버(1) 내에 퍼지 가스를 연속적으로 공급하고, 배기 장치(53)에 의해, 챔버(1) 내를 소정의 감압 상태로 유지함과 더불어, 히터(5)에 의해 스테이지(2)의 온도를 소정 온도로 제어한다.

[0033] 그리고, 퍼지 가스를 연속적으로 공급한 상태를 유지한 채, 성막 원료 가스를 간헐적으로 공급함과 더불어, 성막 원료 가스를 공급하고 있지 않는 타이밍에서, 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)에 의해 간헐적으로 제 1 용량 결합 플라즈마를 생성하고, PEALD에 의해 소정의 막을 성막한다. 이때의 플라즈마 생성 시에는, 도 4에 나타내는 바와 같이, 제 1 고주파 전원(26)으로부터 샤워 헤드(10)의 상부 전극(11)에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해, 상부 전극(11)과 샤워 플레이트(12)의 사이에 고주파 전계를 형성한다. 이에 의해, 가스 확산 공간(14)에 제 1 용량 결합 플라즈마 P1가 생성되고, 이 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스가 해리된다. 제 1 용량 결합 플라즈마 P1은, 리모트 플라즈마로서 생성되고, 가스 토출 구멍(15)을 통과한 주로 반응 가스의 라디칼이 스테이지(2) 상의 기판 W에 공급된다.

[0034] PEALD에서는, 구체적으로는 도 5에 나타내는 바와 같이, 퍼지 가스를 연속적으로 공급한 상태에서, 기판으로 성막 원료 가스를 공급하는 공정(스텝 S1)이 간헐적으로 실시되고, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리하고, 그것에 의해 생성된 라디칼을 기판 W에 공급하는 공정(스텝 S2)이 스텝 S1의 사이에 간헐적으로 실시된다. 이에 의해, 스텝 S1에 의한 성막 원료 가스의 기판 W로의 흡착과, 스텝 S2에 의해 해리되어 주로 라디칼화한 반응 가스의 공급이, 퍼지 가스에 의한 챔버(1) 내의 퍼지(스텝 S3)를 사이에 두고 교대로 실시된다. 이때 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스의 해리가 촉진되고, 이 플라즈마 중 이온은 샤워 플레이트(12)의 가스 토출 구멍(15)에서 비활성화되고, 또한 이온 트랩(28)에서 제거되기 때문에, 기판 W에는 주로 반응 가스의 라디칼이 공급된다. 또, 임피던스 조정 회로(21)에 의해 통과 이온량을 제어할 수도 있다. 이 때문에, 주로 반응 가스의 라디칼이 성막 원료 가스와 반응하여, 기판 W 상에 소정의 막이 성막된다. 따라서, 라디칼을 주체로 한, 이온 대미지가 없거나, 또는 이온 컨트롤된 양호한 성막이 실현된다.

[0035] 성막되는 막의 구체예로서는, 반응 가스로서 산화제, 질화제 등을 이용하는 것에 의해, SiO_2 , TiO_2 , TiN , SiN , TaN , BN 등의 화합물막을 성막할 수 있다. 또, 반응 가스로서 H_2 가스와 같은 환원 가스를 이용하는 것에 의해, Ti , Ta , W , Si 등의 금속막을 성막할 수 있다. 성막 원료 가스로서는, 염화물, 수소화물, 유기 화합물 등을 들 수 있다.

[0036] 이때, 반응 가스의 공급은, 플라즈마의 생성 타이밍만이어도 되고, 반응 가스가 플라즈마의 존재하에서만 성막 원료 가스와 반응하는 경우는, 반응 가스를 공급한 채 해도 된다. 예를 들면, 성막 원료 가스가 $TiCl_4$ 가스이고, 반응 가스가 O_2 가스인 경우에는, 퍼지 가스와 함께 O_2 가스를 공급한 채의 상태에서, $TiCl_4$ 가스의 공급과 플라즈마의 생성을 교대로 행하는 것에 의해, TiO_2 막이 성막된다.

[0037] 한편, 상기 PEALD에 의한 성막을 행하고 있는 도중에 소정의 타이밍에서, 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)에 의해 플라즈마를 생성하고, 기판 W에 형성된 막에 대해, 주로 이온 어시스트에 의한 에칭을 행하는 공정을 실시한다. 이때의 플라즈마 생성 시에는, 도 6에 나타내는 바와 같이, 제 2 고주파 전원(33)으로부터 스테이지(2) 내의 전극(31)에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해, 샤워 플레이트(12)와 전극(31)의 사이에 고주파 전계를 형성한다. 이에 의해, 샤워 플레이트(12)와 스테이지(2)의 사이의 공간에 제 2 용량 결합 플라즈마 P2가 생성되고, 기판 W에 이온의 어시스트에 의한 에칭 작용이 미치게 된다. 이때, 하부 전극인 스테이지(2)(전극(31))의 대향 전극은, 샤워 플레이트(12)이고, 제 1 고주파 전력이 인가되는 상부 전극(11)은 스테이지(2)로부터 보이지 않으므로, 상부의 제 1 정합기(25)에 의존하지 않고, 안정된 고주파 전력의 공급이 가능하게 된다.

즉, 제 2 용량 결합 플라즈마 P2는, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1의 존재에 상관없이, 독립해서 생성할 수 있다. 제 2 용량 결합 플라즈마 P2는, 기관 W에 접하도록 생성되고, 효율이 좋은 예칭 특성이 얻어진다.

[0038] 이와 같은 제 2 용량 결합 플라즈마 P2에 의해, PEALD 성막 중의 기관 W에 이온의 어시스트에 의한 예칭 작용을 미치게 할 수 있고, 이하의 [1]~[4]와 같은 효과를 얻을 수 있다.

[0039] [1] 홀이나 트렌치와 같은 오목부로의 매립, 특히 깊은 구멍으로의 매설 시에는, 종래의 PEALD에 의한 성막에서는, 도 7에 나타내는 바와 같이 되어 있었다. 즉, 오목부(202)가 형성된 기관 W에 PEALD에 의해 막(203)을 성막하면, (a)에 나타내는 바와 같이, 오목부(202)의 간구(間口)에 막이 과잉으로 퇴적되는 경우가 있다. 이와 같은 경우, 성막이 진행되면, (b)에 나타내는 바와 같이, 간구에 막(203)의 오버행 부분(204)이 생겨 간구가 막히고, 오목부(202)의 바닥부로의 가스 공급이 방해받는다. 이 때문에, 오목부(202)로의 막(203)의 매설이 완료된 시점에서는, (c)에 나타내는 바와 같이, 보이드(205)가 남아 버리는 경우가 있었다.

[0040] 그래서, 도 8에 나타내는 바와 같이, (a)의 막(203)의 오버행 부분(204)이 생긴 상태에서, 제 2 용량 결합 플라즈마 P2를 생성해서 기관 W에 이온의 어시스트에 의한 예칭 작용을 미치게 하여, 막(203)의 오버행 부분(204)을 제거한다((b) 참조). 이에 의해, 오목부(202)의 바닥부로의 가스 공급이 방해받지 않고, 보이드가 없는 매설이 실현된다((c) 참조).

[0041] [2] 도 9에 나타내는 바와 같이, 종래의 PEALD에 의한 성막에서는, 오목부(202)로의 막(203)의 매설 시에는, 성막 초기 (a)의 상태로부터 성막이 진행되면, 오목부(202)의 상부와 바닥부에서 막(203)의 두께가 상이한 상태가 되고((b) 참조), 그것이 스트레스의 원인이 된다. 그리고, 오목부(202)로의 막(203)의 매설이 완료된 시점에서는, 막(203)에 스트레스가 생기는 경우가 있다((c) 참조).

[0042] 그래서, 도 10에 나타내는 바와 같이, 성막이 진행된 (a)의 상태(도 9의 (b)와 동일한 상태)에서, 제 2 용량 결합 플라즈마 P2의 기관 W에 이온의 어시스트에 의한 예칭 작용을 미치게 하여, 막의 두께를 균일하게 하는 것에 의해 스트레스를 조정한다((b) 참조). 이에 의해, 오목부(202)로의 막(203)의 매설이 완료된 시점에서 막 스트레스가 저감된다((c) 참조).

[0043] [3] 제 2 용량 결합 플라즈마 P2에 의해 막(203)의 예칭량을 컨트롤하는 것에 의해, 도 11에 나타내는 바와 같이, 막(203)의 측벽(203a)의 두께 a와, 막(203)의 바닥부(203b)의 두께 b의 비를 조정할 수 있다. 이에 의해, 선택 성막을 실현할 수 있다.

[0044] [4] 제 2 용량 결합 플라즈마 P2를, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1과 동시에 인가함으로써, 반응 가스의 라디칼과 이온의 밸런스, 예칭량을 컨트롤할 수 있다. 또, 플라즈마 중의 이온에 의해, 원료 가스의 불요 성분(리간드)의 절단을 촉진할 수 있다. 이 때문에, PEALD에 의한 성막을 적절히 제어할 수 있다.

[0045] 제 1 용량 결합 플라즈마 P1과 제 2 용량 결합 플라즈마 P2의 인가 타이밍으로서는, 도 12~도 14에 나타내는 것이 예시된다.

[0046] 도 12의 예는, 성막을 행하는 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리시키는 공정을 도 5와 마찬 가지의 타이밍에서 실시하고, 그것과 동일한 타이밍에서 예칭을 행하는 제 2 용량 결합 플라즈마 P2를 생성하는 공정을 실시한다. 이에 의해, 성막·예칭의 밸런스를 동시 조정할 수 있다.

[0047] 도 13의 예는, 성막을 행하는 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리시키는 공정을 도 5와 마찬 가지의 타이밍에서 실시하고, 예칭을 행하는 제 2 용량 결합 플라즈마 P2를 생성하는 공정을, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리시키는 공정의 타이밍의 일부에서 실시한다. 이에 의해, 예를 들면, 오목부의 간구가 폐색되기 전의 소정의 타이밍에서, 예칭 작용을 미치게 할 수 있다.

[0048] 도 14의 예는, 성막을 행하는 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리시키는 공정을 도 5와 마찬 가지의 타이밍에서 실시함과 더불어, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1의 생성 타이밍의 일부를, 예칭을 행하는 제 2 용량 결합 플라즈마 P2로 치환한다. 즉, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1에 의해 반응 가스를 해리시키는 공정과, 제 2 용량 결합 플라즈마 P2를 생성하는 공정을 독립 실시한다. 이에 의해, 제 1 용량 결합 플라즈마 P1를 이용하여 성막을 행하고 있는 도중의, 예를 들면, 오목부의 간구가 폐색되기 전의 소정의 타이밍에서, 제 2 용량 결합 플라즈마 P2에 의해 예칭을 실시할 수 있다.

[0049] 이상과 같이, 본 실시형태의 성막 장치(100)는, 모두 샤워 플레이트(12)를 대향 전극의 한쪽으로서 이용하는, 각각 독립해서 플라즈마 생성이 가능한 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30) 및 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)를 마련한다. 그리고, 전술한 바와 같이, 상측의 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부(30)에 의해, 성막을

위한 플라즈마를 생성하고, 하측의 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부(40)에 의해, 주로 이온 어시스트에 의한 에칭이 가능한 플라즈마를 생성한다.

[0050] 이에 의해, PEALD에 적합한 용량 결합 플라즈마를 생성하는 성막 장치를 전제로 하여, 장치 구성을 복잡하게 하지 않고, PEALD 성막 시에, 플라즈마의 이온량을 제어하여, 에칭 작용을 미치게 할 수 있다. 이 때문에, 반도체 디바이스의 더한층의 미세화에 대응한 성막을 행할 수 있다.

[0051] 특허문헌 1에 기재된 바와 같은 종래의 PEALD 성막 장치는, 샤큐 헤드와 서셉터(susceptor)를 한 쌍의 평행 평판 전극으로서 이용하고, 샤큐 헤드에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해, 이들의 사이에 용량 결합 플라즈마를 생성 가능하게 하고 있었다. 그리고, 이와 같은 구성의 성막 장치에 의해, 본 실시형태와 마찬가지의 공정에서 PEALD에 의한 성막을 행하고 있었다. 그러나, 용량 결합 플라즈마는 ALD의 빠른 가스 치환에 대응할 수 있고, 플라즈마 발화가 빠르기 때문에, PEALD에 적합하지만, 최근, 반도체 메모리 등의 디바이스의 미세화가 더욱 더 진행되고 있어, 종래의 PEALD에서는 미세화에 대한 대응이 반드시 충분하지 않은 경우가 존재하고 있었다.

[0052] 즉, 반도체 디바이스의 미세화가 진행되는 것에 의해, 미세한 홀이나 트렌치로의 양호한 매설성, 스트레스리스(stressless), 보이드리스(voidless)의 매설, 및 선택 성막의 기술이 요구되고 있지만, 종래의 PEALD 성막 장치에서는 이들에 대응하는 것은 곤란했다. 특히, 미세한 깊은 구멍으로의 매설 시에는, PEALD에 의해서도, 간구에 막이 파임으로 부착되어, 바닥부로의 성막이 곤란하게 되는 경우가 있다.

[0053] 한편, 특허문헌 2에는, 미세한 트렌치에 매설을 행하기 때문에, ICP형, ECR형 등의 고밀도 플라즈마를 발생시키고, 또한 기판측에 바이어스를 걸고, 라디칼에 의한 성막과 이온에 의한 에칭을 동시에 진행시키는 HDP-CVD법이 제안되어 있다. 즉, 이온에 의한 에칭에 의해, 미세화에 대응하고 있다.

[0054] 그러나, 특허문헌 2에 기재되어 있는 CVD에서는, ALD와 같은 제어성이 높은 성막은 곤란하다. 또, 특허문헌 2의 ICP형, ECR형의 플라즈마 소스에서는, 가스의 치환이나 플라즈마 발화가 늦기 때문에, PEALD에 대응하는 것은 곤란하다. 종래의 PEALD는, 용량 결합 플라즈마를 이용하여, PEALD에 적합한 구성을 실현하고 있지만, 플라즈마 생성 기구는, 반응 가스의 해리를 목적으로 하고 있을 뿐이고, 이온에 의한 에칭 작용을 미치게 할 수 없었다.

[0055] 이에 비해, 본 실시형태에서는, 전술한 바와 같이, 간단한 장치 구성으로, PEALD에 적합한 용량 결합 플라즈마를 이용하여, 성막용의 플라즈마와 에칭용의 플라즈마를 독립해서 제어하는 것에 의해, 반도체 디바이스의 더한층의 미세화에 대응한 성막을 행할 수 있다.

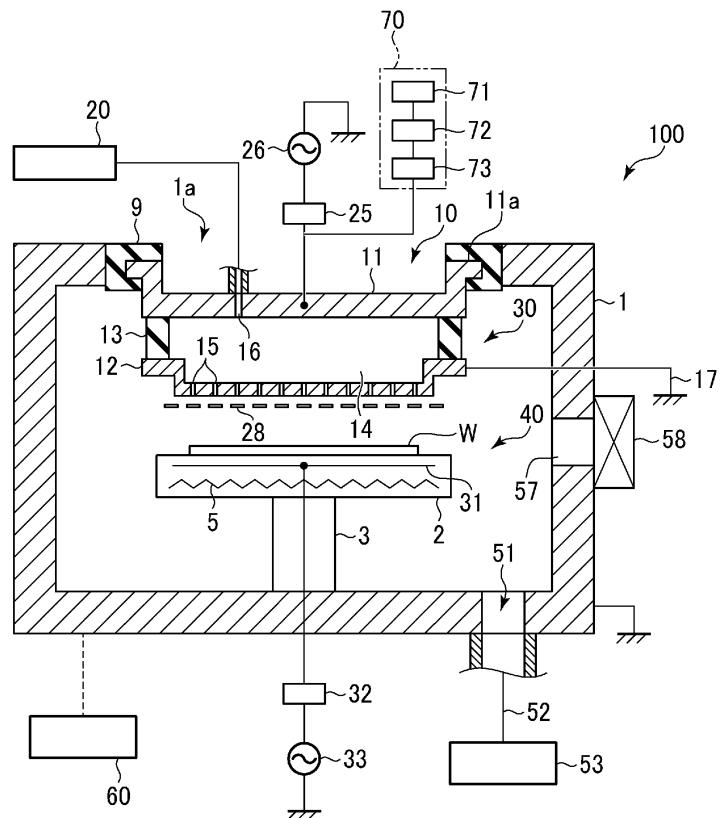
[0056] 이상, 실시형태에 대해 설명했지만, 이번 개시된 실시형태는, 모든 점에서 예시이고 제한적인 것은 아니라고 생각되어야 하는 것이다. 상기의 실시형태는, 첨부의 특허청구의 범위 및 그 주지를 일탈하지 않고, 다양한 형태로 생략, 치환, 변경되어도 된다.

부호의 설명

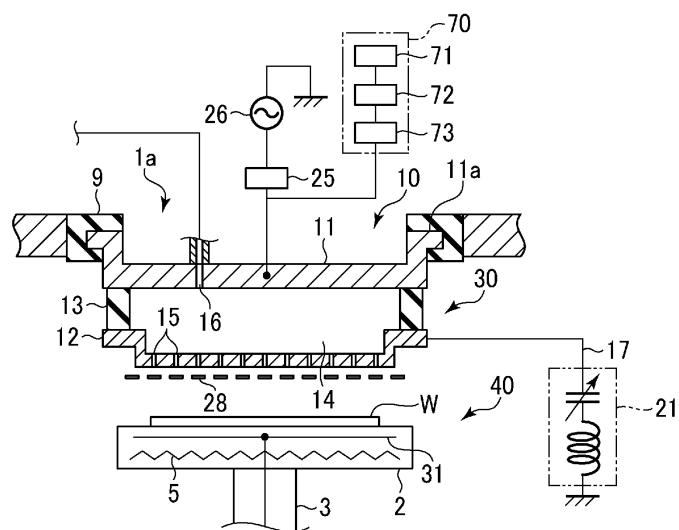
[0057] 1; 캡버, 2; 스테이지, 10; 샤큐 헤드, 11; 상부 전극, 12; 샤큐 플레이트, 13; 절연 부재, 14; 가스 확산 공간, 20; 가스 공급 기구, 26; 제 1 고주파 전원, 30; 제 1 용량 결합 플라즈마 생성부, 31; 전극, 33; 제 2 고주파 전원, 40; 제 2 용량 결합 플라즈마 생성부, 53; 배기 장치, 60; 제어부, 100; 성막 장치, P1; 제 1 용량 결합 플라즈마, P2; 제 2 용량 결합 플라즈마, W; 기판

도면

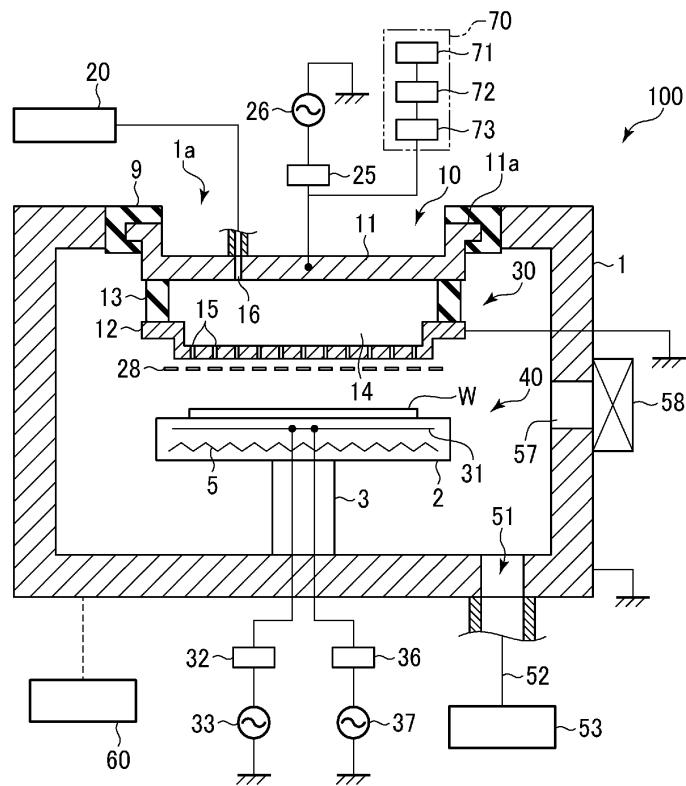
도면1



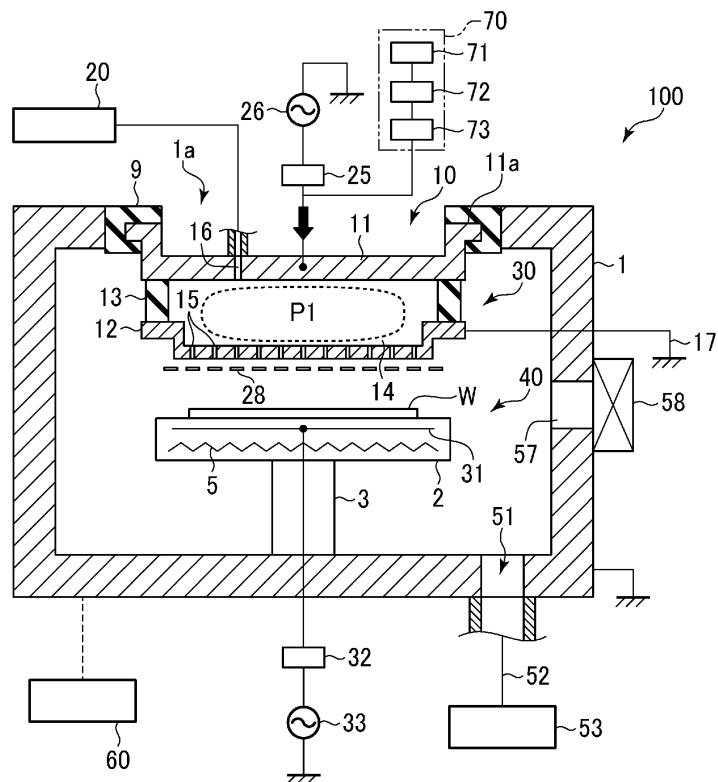
도면2



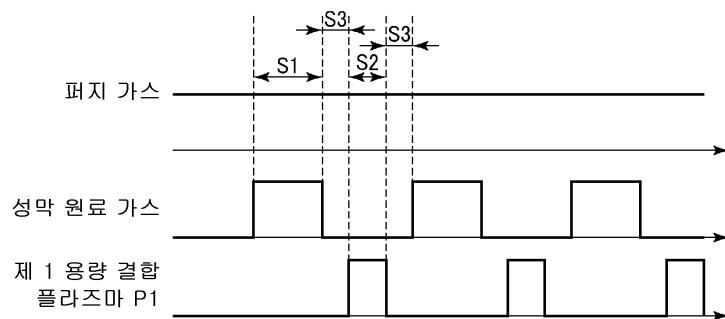
도면3



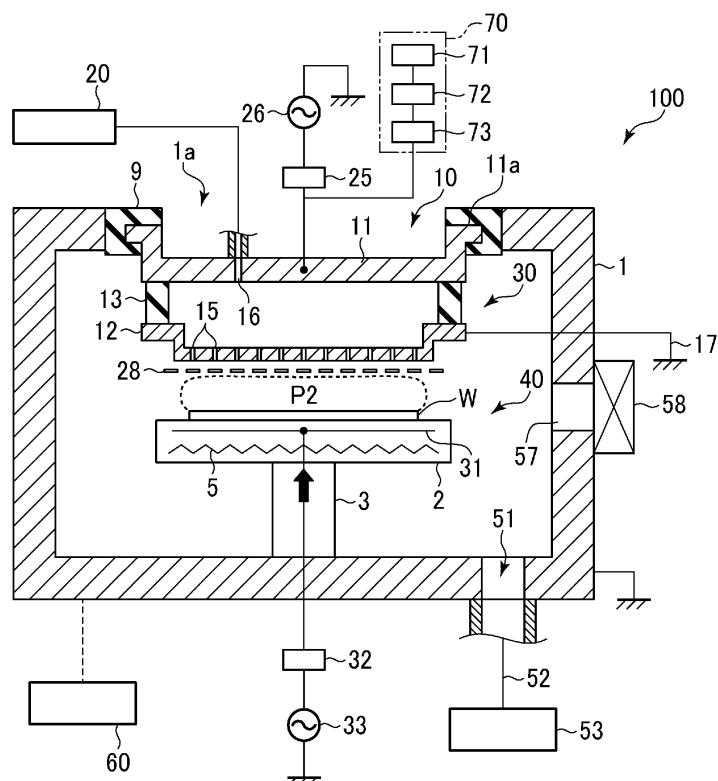
도면4



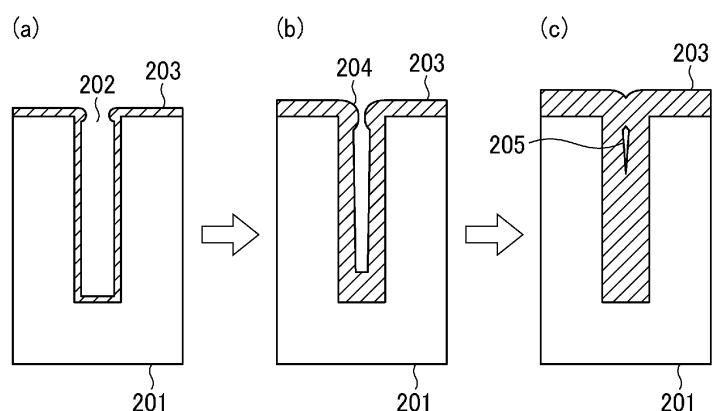
도면5



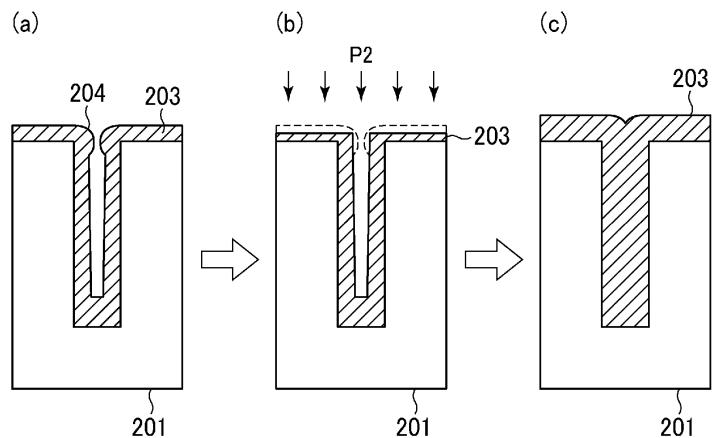
도면6



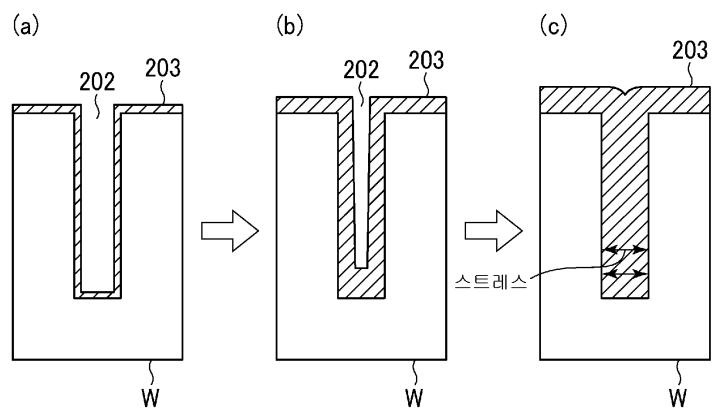
도면7



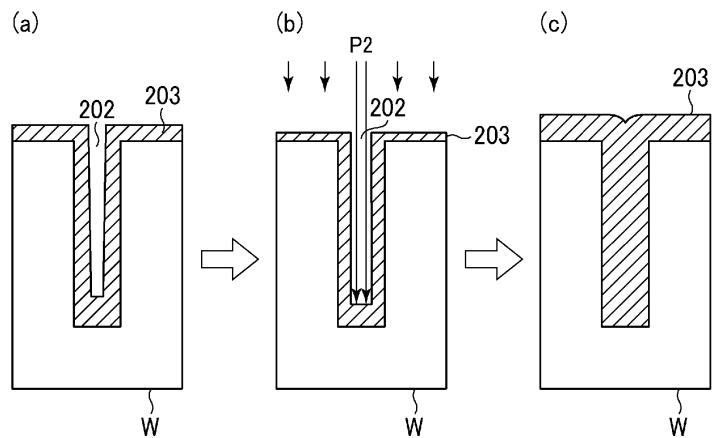
도면8



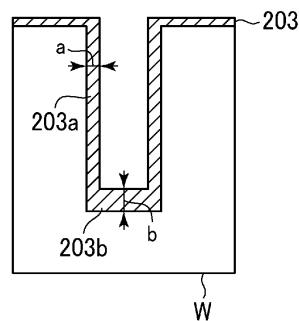
도면9



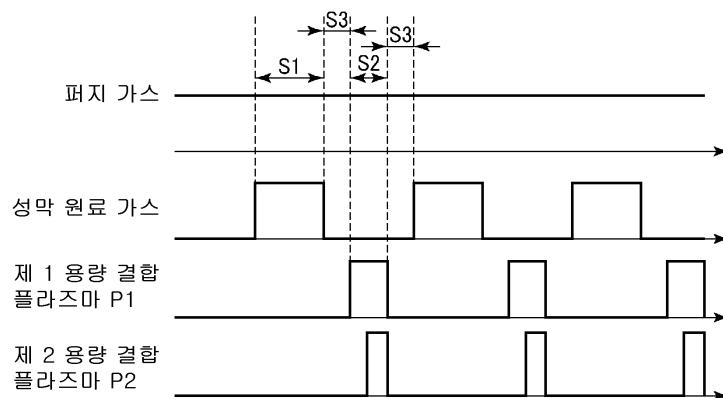
도면10



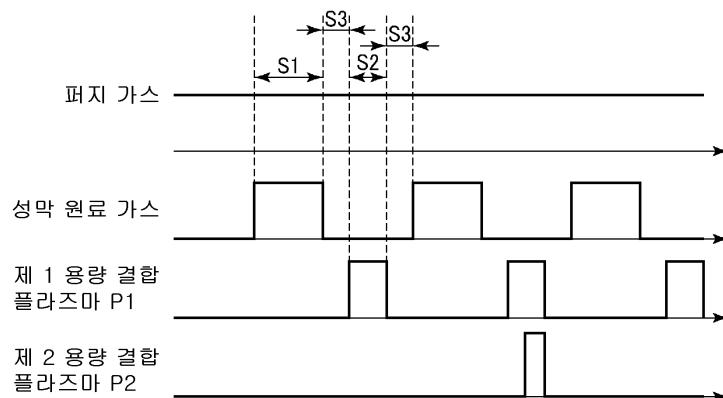
도면11



도면12



도면13



도면14

