(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0075330
(43) 공개일자 2016년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/02* (2006.01)
H01L 21/311 (2006.01) *H01L 21/3213* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/3065 (2013.01)
H01L 21/02046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0177925
(22) 출원일자 2015년12월14일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
14/576,978 2014년12월19일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
캠프 톰 에이.
미국, 캘리포니아 95131, 산호세, 골든트리 드라이브 1693
패터슨 알렉산더 엠.
미국, 캘리포니아 95120, 산호세, 마트우드 웨이 7268
래스트가 니마
미국, 캘리포니아 94536, 프레몬트, 루스티카 써클 4376
(74) 대리인
오세일

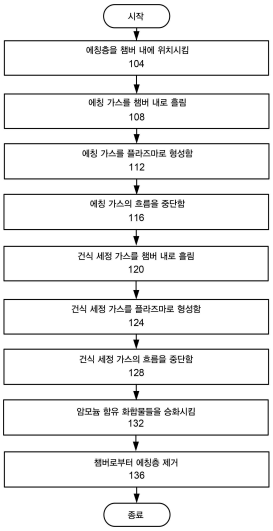
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **실리콘 에칭 및 세정**

(57) 요 약

실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법이 제공된다. 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치된다. 에칭 가스는 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐른다. 에칭 가스는 에칭 플라즈마로 형성되고, 에칭 플라즈마는 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 실리콘 함유층 내로 피처들을 에칭한다. 플라즈마 프로세싱 챔버 내로의 에칭 가스의 흐름은 정지된다. 건식 세정 가스가 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐르고, 건식 세정 가스는 NH_3 및 NF_3을 포함한다. 건식 세정 가스는 플라즈마로 형성되고, 실리콘 함유 잔여물이 건식 세정 가스 플라즈마에 노출되고, 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부 또는 전부가 암모늄 함유 화합물들로 형성된다. 건식 세정 가스의 흐름은 정지된다. 암모늄 화합물들은 막들로부터 승화된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 21/31116 (2013.01)
H01L 21/32135 (2013.01)
H01L 21/67034 (2013.01)
H05H 1/46 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법에 있어서,

상기 에칭층을 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치시키는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 에칭 가스를 흘리는 단계;

상기 에칭 가스를 에칭 플라즈마로 형성하는 단계로서, 상기 실리콘 함유 에칭층은 상기 에칭 플라즈마에 노출되고, 그리고 상기 에칭 플라즈마는 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 상기 실리콘 함유층 내로 피처들을 에칭하는, 상기 에칭 플라즈마를 형성하는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로의 상기 에칭 가스의 흐름을 중단시키는 단계;

NH_3 및 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스를 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흘리는 단계;

상기 건식 세정 가스를 건식 세정 가스 플라즈마로 형성하는 단계로서, 상기 실리콘 함유 잔여물은 상기 건식 세정 가스 플라즈마에 노출되고, 상기 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부는 암모늄 함유 화합물들로 형성되는, 상기 건식 세정 가스 플라즈마를 형성하는 단계;

상기 건식 세정 가스의 흐름을 중단시키는 단계; 및

상기 에칭층을 상기 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 제거하는 단계를 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 건식 세정 가스는 희가스 (noble gas) 를 더 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 상기 에칭층을 제거하기 전에 상기 암모늄 함유 화합물들을 승화시키는 단계를 더 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 건식 세정 가스는 1:1 내지 20:1의 NH_3 대 NF_3의 흐름비를 갖는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 건식 세정 가스를 플라즈마로 형성하는 동안 0 내지 1000 V의 바이어스가 제공되는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 암모늄 함유 화합물들을 승화시키는 동안 상기 에칭층은 60 ℃ 내지 220 ℃의 온도로 유지되는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 에칭층은 실리콘 기판, 실리콘 웨이퍼, 게이트, STI 층 (shallow trench isolation layer), 소스층, 드레인층, 또는 폴리실리콘층인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 에칭 가스는 할로겐 함유 에칭 가스인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 상기 에칭층을 제거하기 전에 암모늄 함유 화합물들을 승화시키는 단계를 더 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 암모늄 함유 화합물들을 승화시키는 동안 상기 에칭층은 60 ℃ 내지 220 ℃의 온도로 유지되는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 건식 세정 가스는 1:1 내지 20:1의 NH_3 대 NF_3의 흐름비를 갖는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 건식 세정 가스를 플라즈마로 형성하는 동안 0 내지 1000 V의 바이어스가 제공되는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 에칭층은 실리콘 기판, 실리콘 웨이퍼, 게이트, STI 층, 소스층, 드레인층, 또는 폴리실리콘층인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 에칭 가스는 할로겐 함유 에칭 가스인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘 함유 잔여물들은 실리콘 옥사이드, $SiBr_x$, $SiCl_x$, SiON, SiO_xF_y, SiCO, SiO_xCl_y, 또는 SiO_xBr_y, 중 적어도 하나를 포함하고, 여기서 x 및 y는 양의 정수인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한

방법.

청구항 16

실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법에 있어서,

상기 에칭층을 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치시키는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 할로겐 함유 에칭 가스를 흘리는 단계;

상기 할로겐 함유 에칭 가스를 에칭 플라즈마로 형성하는 단계로서, 상기 실리콘 함유 에칭층은 상기 에칭 플라즈마에 노출되고, 그리고 상기 에칭 플라즈마는 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 상기 실리콘 함유층 내로 피처들을 에칭하고, 상기 실리콘 함유 잔여물들은 실리콘 옥사이드, $SiBr_x$, $SiCl_x$, SiON, SiO_xF_y, SiCO, SiO_xCl_y, 또는 SiO_xBr_y, 중 적어도 하나를 포함하고, 여기서 x 및 y는 양의 정수인, 상기 에칭 플라즈마를 형성하는 단계;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로의 상기 에칭 가스의 흐름을 중단시키는 단계;

NH_3 및 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스를 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흘리는 단계로서, 상기 건식 세정 가스는 1:1 내지 20:1의 NH_3 대 NF_3의 흐름비를 갖는, 상기 건식 세정 가스를 흘리는 단계;

상기 건식 세정 가스를 건식 세정 가스 플라즈마로 형성하는 단계로서, 상기 실리콘 함유 잔여물은 상기 건식 세정 가스 플라즈마에 노출되고, 상기 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부는 암모늄 함유 화합물들로 형성되는, 상기 건식 세정 가스 플라즈마를 형성하는 단계;

상기 건식 세정 가스의 흐름을 중단시키는 단계;

60 ℃ 내지 220 ℃의 온도로 상기 암모늄 함유 화합물들을 승화시키는 단계; 및

상기 에칭층을 상기 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 제거하는 단계를 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 에칭층은 실리콘 기판, 실리콘 웨이퍼, 게이트, STI 층, 소스층, 드레인층, 또는 폴리실리콘층인, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법.

청구항 18

실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 장치에 있어서,

플라즈마 프로세싱 챔버;

적어도 하나의 전극에 전기적으로 연결된 적어도 하나의 RF 전력 소스;

상기 실리콘 함유 에칭층을 가열하기 위한 히터;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버의 가스 유입부와 유체로 연통하는 가스 소스; 및

상기 가스 소스 및 상기 적어도 하나의 RF 전력 소스에 제어가능하게 연결된 제어기를 포함하고,

상기 플라즈마 프로세싱 챔버는,

플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저를 형성하는 챔버 벽;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 웨이퍼를 지지하기 위한 기판 지지부;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 압력을 조절하기 위한 압력 조절기;

플라즈마를 지속시키기 위해 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로 전력을 제공하기 위한 적어도 하나의 전극;

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내로 가스를 제공하기 위한 상기 가스 유입부; 및

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로부터 가스를 배기하기 위한 가스 유출부를 포함하고,

상기 가스 소스는,

에칭 가스 소스;

NH_3 가스 소스; 및

NF_3 가스 소스를 포함하고,

상기 제어기는,

적어도 하나의 프로세서; 및

컴퓨터 판독가능 매체를 포함하고,

상기 컴퓨터 판독가능 매체는,

상기 에칭 가스 소스로부터 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 에칭 가스를 흘리기 위한 컴퓨터 판독가능 코드;

실리콘 함유 잔여물을 남기면서 상기 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하는, 에칭 플라즈마로 상기 에칭 가스를 변환하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드;

상기 에칭 가스의 상기 흐름을 중단시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드;

NH_3 가스 소스로부터의 NH_3 및 NF_3 가스 소스로부터의 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스를 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흘리기 위한 컴퓨터 판독가능 코드;

상기 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부를 암모늄 함유 화합물들로 변환하는, 상기 건식 세정 가스를 건식 세정 플라즈마로 변환하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드;

상기 건식 세정 가스의 상기 흐름을 중단시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드; 및

상기 실리콘 함유 에칭층을 가열하여, 상기 암모늄 함유 화합물들을 승화시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드를 포함하는, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 장치.

발명의 설명

배 경 기 술

[0001] 본 발명은 반도체 디바이스들의 제작에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 실리콘층의 에칭 및 세정에 관한 것이다.

[0002] 반도체 웨이퍼 프로세싱 동안, 피처들은 실리콘층을 통하여 에칭될 수도 있다. 이러한 에칭 프로세스는 잔여물 또는 패시베이션을 형성할 수도 있다.

발명의 내용

[0003] 전술한 바를 달성하기 위해 그리고 본 발명의 목적에 따라, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법이 제공된다. 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치된다. 에칭 가스는 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐른다. 에칭 가스는 에칭 플라즈마로 형성되고, 실리콘 함유 에칭층은 에칭 플라즈마에 노출되고, 에칭 플라즈마는 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 실리콘 함유층 내로 피처들을 에칭한다. 플라즈마 프로세싱 챔버 내로의 에칭 가스의 흐름은 중단된다. 건식 세정 가스가 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐르고, 건식 세정 가스는 NH_3 및 NF_3을 포함한다. 건식 세정 가스는 플라즈마로 형성되고, 실리콘 함유 잔여물이 건식 세정 가스 플라즈마에 노출되고, 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부는 암모늄 함유 화합물들로 형성된다. 건식 세정 가스의 흐름은 중단된다. 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 제거된다.

[0004] 본 발명의 또 다른 현상에서, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 방법이 제공된다. 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치된다. 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 할로겐 함유 에칭 가스가 흐른다. 할로겐 함유 에칭 가스는 에칭 플라즈마로 형성되고, 실리콘 함유 에칭층은 에칭 플라즈마에 노출되고, 그리고 에칭 플

라즈마는 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 실리콘 함유층 내로 피처들을 에칭하고, 실리콘 함유 잔여물들은 실리콘 옥사이드, $SiBr_x$, $SiCl_x$, SiON, SiO_xF_y, SiCO, SiO_xCl_y, 또는 SiO_xBr_y, 중 적어도 하나를 포함하고, 여기서 x 및 y는 양의 정수이다. 플라즈마 프로세싱 챔버 내로의 에칭 가스의 흐름이 중단된다. NH_3 및 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스를 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흘리고, 건식 세정 가스는 1:1 내지 20:1의 NH_3 대 NF_3의 흐름비를 갖는다. 건식 세정 가스는 건식 세정 가스 플라즈마로 형성되고, 실리콘 함유 잔여물은 건식 세정 가스 플라즈마에 노출되고, 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부는 암모늄 함유 화합물들로 형성된다. 건식 세정 가스의 흐름이 중단된다. 60 ℃ 내지 220 ℃의 온도로 암모늄 함유 화합물들이 승화된다. 에칭층을 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 제거된다.

[0005] 본 발명의 또 다른 현상에서, 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하기 위한 장치가 제공된다. 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저를 형성하는 챔버 벽, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 웨이퍼를 지지하기 위한 기판 지지부, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 압력을 조절하기 위한 압력 조절기, 플라즈마를 지속시키기 위해 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로 전력을 제공하기 위한 적어도 하나의 전극, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내로 가스를 제공하기 위한 가스 유입부, 및 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로부터 가스를 배기하기 위한 가스 유출부를 포함하는 플라즈마 프로세싱 챔버가 제공된다. 적어도 하나의 RF 전력 소스는 적어도 하나의 전극에 전기적으로 연결된다. 히터는 실리콘 함유 에칭층을 가열하기 위해 플라즈마 프로세싱 챔버에 연결된다. 가스 소스는 가스 유입부와 유체로 연통하고, 가스 소스는 에칭 가스 소스, NH_3 가스 소스, 및 NF_3 가스 소스를 포함한다. 제어기는 가스 소스 및 적어도 하나의 RF 전력 소스에 제어가능하게 연결되고, 적어도 하나의 프로세서 및 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는, 에칭 가스 소스로부터 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 에칭 가스를 흘리기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 실리콘 함유 잔여물을 남기면서 실리콘 함유 에칭층 내로 피처들을 에칭하는, 에칭 플라즈마로 에칭 가스를 변환하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 에칭 가스의 흐름을 중단시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, NH_3 가스 소스로부터의 NH_3 및 NF_3 가스 소스로부터의 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스를 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흘리기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 건식 세정 가스를 실리콘 함유 잔여물의 적어도 일부를 암모늄 함유 화합물들로 변환하는 건식 세정 플라즈마로 변환하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 건식 세정 가스의 흐름을 중단시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 및 실리콘 함유 에칭층을 가열하여, 암모늄 함유 화합물들을 승화시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드를 포함한다.

[0006] 본 발명의 이들 및 다른 특징들은 이하의 도면들과 함께 본 발명의 상세한 설명으로 이하에 보다 상세히 기술될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 본 발명은, 첨부된 도면들의 도면에서 그리고 유사한 참조 번호들이 유사한 엘리먼트들을 참조하는, 제한이 아닌, 예로서 예시된다.

도 1은 본 발명의 실시예의 고레벨 흐름도이다.

도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 실시예에 따라 프로세싱된 스택의 개략도이다.

도 3은 에칭을 위해 사용될 수도 있는 에칭 반응기의 개략도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 사용된 제어기를 구현하기에 적합한 컴퓨터 시스템을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명은 이제 첨부된 도면들에 예시된 바와 같이, 몇몇 바람직한 실시예들을 참조하여 상세히 기술될 것이다. 이하의 기술에서, 본 발명의 전체적인 이해를 제공하기 위해 다수의 구체적인 상세들이 언급된다. 그러나, 본 발명은 이들 구체적인 상세들 일부 또는 전부가 없이도 실시될 수도 있다는 것이 당업자에게 이해될 것이다. 다른 예들에서, 공지의 프로세스 단계들 및/또는 구조들은 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다.

[0009] 이해를 용이하게 하기 위해, 도 1은 본 발명의 실시예에 사용된 프로세스의 고레벨 흐름도이다. 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치된다 (단계 104). 에칭 가스는 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐른다 (단계 108). 에칭 가스는 에칭층을 에칭하고, 패시베이션이 될 수도 있는 잔여물을 형성하는 플라즈마로 형성된다 (단계

112). 에칭 가스의 흐름은 중단된다 (단계 116). NH_3 및 NF_3을 포함하는 건식 세정 가스는 플라즈마 프로세싱 챔버 내로 흐른다 (단계 120). 건식 세정 가스는 실리콘 에칭 잔여물을 암모늄 함유 화합물들로 변환하는 플라즈마로 형성된다 (단계 124). 건식 세정 가스의 흐름은 중단된다 (단계 128). 층은 가열되고, 암모늄 함유 화합물들은 승화된다 (단계 132). 에칭층은 플라즈마 프로세싱 챔버로부터 제거된다 (단계 136).

[0011] 예들

[0012] 본 발명의 바람직한 실시예의 일 예에서, 층이 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 위치된다 (단계 104). 도 2a는 마스크 피처 (212) 를 갖는 마스크 (208) 아래에 배치된 실리콘 함유 에칭층 (204) 을 갖는 스택 (200) 의 단면도이다. 이 예에서, 에칭층 (204) 은 실리콘 웨이퍼이다. 다른 실시예들에서 에칭층은 실리콘 웨이퍼 위에 형성된 실리콘 또는 폴리실리콘층일 수도 있다.

[0013] 일 실시예에서, 모든 프로세싱은 단일 플라즈마 에칭 챔버 내에서 수행될 수도 있다. 도 3은 플라즈마 프로세싱 툴 (301) 을 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템 (300) 의 개략도이다. 플라즈마 프로세싱 툴 (301) 은 유도 결합 플라즈마 에칭 툴이고 내부에 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 를 갖는 플라즈마 반응기 (302) 를 포함한다. TCP (transformer coupled power) 제어기 (350) 및 바이어스 전력 제어기 (355) 는 각각, TCP 공급부 (351) 및 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내에서 생성된 플라즈마 (324) 에 영향을 주는 바이어스 전력 공급부 (356) 를 제어한다.

[0014] TCP 제어기 (350) 는 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 근방에 위치된 TCP 코일 (353) 로 TCP 매칭 네트워크 (352) 에 의해 튜닝된 13.56 ㎒로 RF (radio frequency) 신호를 공급하도록 구성된 TCP 공급부 (351) 에 대한 설정점을 설정한다. RF 투과 윈도우 (354) 는 에너지로 하여금 TCP 코일 (353) 로부터 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 로 통과하게 하는 동안, 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 로부터 TCP 코일 (353) 을 분리하도록 제공된다.

[0015] 바이어스 전력 제어기 (355) 는 프로세싱될 피처층 (204) 을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 구성된 전극 (308) 위에서 DC (direct current) 바이어스를 생성하는, 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내에 위치된 척 전극 (308) 으로 바이어스 매칭 네트워크 (357) 에 의해 튜닝된 RF 신호를 공급하도록 구성된 바이어스 전력 공급부 (356) 에 대한 설정점을 설정한다.

[0016] 가스 공급 메커니즘 또는 가스 소스 (310) 는 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 의 내부로 프로세스를 위해 요구된 적절한 화학물질을 공급하기 위해 가스 매니폴드 (317) 를 통해 부착된 가스 또는 가스들 (316) 이 소스 또는 소스들을 포함한다. 이 예에서, 가스 소스 (316) 는 적어도 에칭 가스 소스 (381), 및 NH_3 가스 소스 (382), 및 NF_3 가스 소스 (383) 를 포함한다. 가스 배기 메커니즘 (318) 은 압력 제어 밸브 (319) 및 배기 펌프 (320) 를 포함하고 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내로부터의 입자들을 제거하고 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내에서 특정한 압력을 유지한다.

[0017] 온도 제어기 (380) 는 냉각 전력 공급부 (384) 를 제어함으로써 척 전극 (308) 내에 제공된 냉각 재순환 시스템의 온도를 제어한다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 또한 바이어스 전력 제어기 (355), TCP 제어기 (350), 온도 제어기 (380), 및 다른 제어 시스템을 제어하도록 사용될 수도 있는, 전자 제어 회로 (370) 를 포함한다. 히터 (371) 는 실리콘 함유 에칭층 (204) 을 가열하기 위해 척 전극 (308) 을 가열하도록 제공된다. 플라즈마 프로세싱 시스템 (300) 은 또한 엔드 포인트 검출기를 가질 수도 있다. 이러한 유도 결합 시스템의 예는 실리콘, 폴리실리콘, 및 도전층들을 에칭하기 위해 사용된, CA, Fremont의 Lam Research Corporation에 의해 구축된 Kiyo이다. 본 발명의 다른 실시예들에서, 유도 결합 시스템이 사용될 수도 있다.

[0018] 도 4는 본 발명의 실시예들에 사용된 제어 회로 (370) 를 구현하기에 적합한 컴퓨터 시스템 (400) 을 도시하는 고레벨 블록도이다. 컴퓨터 시스템은 집적 회로, 인쇄 회로 기판, 및 소형 휴대용 디바이스로부터 대형 슈퍼컴퓨터까지의 범위의 많은 물리적 형태들을 가질 수도 있다. 컴퓨터 시스템 (400) 은 하나 이상의 프로세서들 (402) 을 포함하고, (그래픽스, 텍스트, 및 다른 데이터를 디스플레이하기 위한) 전자 디스플레이 디바이스 (404), 메인 메모리 (406) (예를 들어, RAM (random access memory)), 저장 디바이스 (408) (예를 들어, 하드 디스크 드라이브), 이동식 저장 디바이스 (410) (예를 들어, 광학 디스크 드라이브), 사용자 인터페이스 디바이스 (412) (예를 들어, 키보드, 터치 스크린, 키패드, 마우스 또는 다른 포인팅 디바이스들, 등), 및 통신 인터페이스 (414) (예를 들어, 무선 네트워크 인터페이스) 를 더 포함할 수 있다. 통신 인터페이스 (414) 는 소프트웨어 및 데이터로 하여금 링크를 통해 컴퓨터 시스템 (400) 과 외부 디바이스들 사이에서 이송되도록 한다.

시스템은 또한 전술한 디바이스들/모듈들이 연결된 통신 인프라스트럭처 (416) (예를 들어, 통신 버스, 크로스오버 바, 또는 네트워크) 를 포함할 수도 있다.

[0019] 통신 인터페이스 (414) 를 통해 이송된 정보는 신호들을 반송하고, 유선 또는 케이블, 광 섬유, 전화선, 셀룰러 전화 링크, 무선 주파수 링크, 및/또는 다른 통신 채널들을 사용하여 구현될 수도 있는 통신 링크를 통해 통신 인터페이스 (414) 에 의해 수신될 수 있는 전자, 전자기, 광학 또는 다른 신호들과 같은 신호들의 형태일 수도 있다. 이러한 통신 인터페이스를 사용하여, 하나 이상의 프로세서들 (402) 이 네트워크로부터 정보를 수신할 수도 있고, 또는 상기 기술된 방법 단계들을 수행하는 동안 네트워크로 정보를 출력할 수도 있다고 고려된다. 게다가, 본 발명의 방법 실시예들은 프로세서들 상에서만 실행될 수도 있고 또는 프로세싱의 일부를 공유하는 원격 프로세서들과 함께 인터넷과 같은 네트워크 상에서 실행될 수도 있다.

[0020] 용어 "비일시적인 컴퓨터 판독가능 매체 (non-transient computer readable medium)" 는 일반적으로 메인 메모리, 2차 메모리, 이동식 저장장치, 및 하드 디스크, 플래시 메모리, 디스크 드라이브 메모리, CD-ROM, 및 지속적인 메모리의 다른 형태들과 같은 저장 디바이스들과 같은 매체를 지칭하는데 사용되고, 반송파 또는 신호들과 같은 임시적인 소재를 커버하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 컴퓨터 코드의 예들은 컴파일러에 의해 생성된 것과 같은 머신 코드, 및 인터프리터를 사용하여 컴퓨터에 의해 실행되는 보다 고 레벨 코드를 포함하는 파일들을 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 또한 반송파 내에 포함되고 프로세서에 의해 실행가능한 인스트럭션들의 시퀀스를 나타내는 컴퓨터 데이터 신호에 의해 송신된 컴퓨터 코드일 수도 있다.

[0021] 에칭 가스는 에칭 가스 소스 (381) 로부터 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내로 흐른다 (단계 108). 이 실시예에서, 에칭 가스는 할로겐 함유 컴포넌트를 포함한다. 에칭 가스 레시피의 예는 HBr 및 O_2이다.

[0022] 에칭 가스는 플라즈마로 형성된다 (단계 112). 이 예에서, 13.5 ㎒의 TCP 전력은 에칭 가스를 플라즈마로 형성하도록 제공된다. 에칭층 (204) 은 플라즈마에 의해 에칭된다. 0 내지 3000 V의 바이어스가 제공된다. 목표된 에칭이 플라즈마에 의해 완료되면, 에칭 가스의 흐름은 중단된다 (단계 116).

[0023] 도 2b는 에칭 피처들 (216) 을 형성하는 에칭층이 에칭된 후 스택 (200) 의 단면 개략도이다. 에칭 프로세스는 실리콘 함유 패시베이션일 수도 있는 실리콘 함유 잔여물 (220) 을 생성한다. 실리콘 함유 잔여물은 실리콘 옥사이드 (SiO 또는 SiO_2), $SiBr_x$, $SiCl_x$, SiON, SiO_xF_y, SiCO, SiO_xCl_y, 또는 SiO_xBr_y,일 수도 있고, 여기서 x 및 y는 양의 정수들이다. 바람직하게, 실리콘 함유 잔여물들은 실리콘 및 산소 양자를 포함한다.

[0024] 실리콘 함유 잔여물을 세정하기 위해, 건식 세정 가스는 가스 소스 (316) 로부터 플라즈마 프로세싱 챔버 (304) 내로 흐른다 (단계 120). 이 예에서, 건식 세정 가스는 NH_3 가스 소스 (382) 로부터 50 내지 1500 sccm의 NH_3 및 NF_3 가스 소스로부터 10 내지 500 sccm의 NF_3을 포함한다.

[0025] 건식 세정 가스가 플라즈마로 형성된다 (단계 124). 이 예에서, 13.5 ㎒의 TCP 전력은 건식 세정 가스를 플라즈마로 형성하도록 제공된다. 0 내지 500 V의 바이어스가 제공된다. 에칭층은 -20 내지 120 ℃로 유지된다. 레시피는 저밀도, 저에너지, 및 저바이어스 플라즈마를 제공한다. 건식 세정 가스로부터의 플라즈마는 실리콘 잔여물을 암모늄 함유 화합물들로 변환한다. 건식 세정 가스의 흐름은 중단된다 (단계 128). 도 2c는 실리콘 잔여물이 암모늄 함유 화합물들 (224) 로 변환된 후 스택 (200) 의 단면 개략도이다. 바람직하게, 에칭층 (204) 은 이 프로세스 동안 에칭되지 않는다.

[0026] 암모늄 함유 화합물들 (224) 은 승화된다 (단계 132). 이 예에서, 에칭층 (204) 또는 스택 (200) 은 암모늄 함유 화합물들 (224) 을 승화시키는 온도로 가열된다. 이 예에서 에칭층 (204) 또는 스택 (200) 은 200 ℃의 온도로 가열된다. 도 2d는 암모늄 함유 화합물들이 승화된 후 스택 (200) 의 단면 개략도이다.

[0027] 이 예는 동일한 챔버 내에서 실리콘 에칭을 제공하고 실리콘 잔여물을 제거하기 위한 방법 및 장치를 제공한다. 이러한 프로세스는 습식 욕으로 웨이퍼를 이송하는 것을 요구하는, 별도의 습식 세정 프로세스에 대한 필요성을 제거한다.

[0028] 바람직하게, 건식 세정 가스는 NH_3 및 NF_3를 포함한다. 보다 바람직하게, 건식 세정 가스는 NH_3, NF_3, 및 희가스를 포함한다. 암모늄 함유 화합물들은 바람직하게 NH_4F, NH_4Br, 또는 NH_4Cl을 포함한다. 패시베이션에 따라 잔여물은 제거되고, 반응들의 예는 다음과 같을 수도 있다:

[0029] $NF_3 + NH_3 \rightarrow NH_4F + NH_4F.HF$

[0030] NH_4F 또는 $NH_4F.HF+SiO_2$ -> $(NH_4)_2SiF_6$(고체) + H_2O

[0031] $(NH_4)_2SiF_6$(고체) -> SiF_4(가스) + NH_3(가스) + HF(가스)

[0032] 바람직하게, 건식 세정 프로세스는 0 내지 1000 V의 바이어스를 제공한다. 보다 바람직하게, 건식 세정 프로세스는 0 내지 500 V의 바이어스를 제공한다. 바람직하게, 건식 세정 동안, NH_3은 50 내지 1500 sccm의 플로우 레이트를 갖는다. 바람직하게, 건식 세정 동안, NF_3은 10 내지 500 sccm의 플로우 레이트를 갖는다. 바람직하게, NH_3 대 NF_3의 흐름비는 1:1 내지 20:1이다. 보다 바람직하게, NH_3 대 NF_3의 흐름비는 1:1 내지 15:1이다. 바람직하게, 건식 세정 프로세스는 -20 ℃ 내지 120 ℃의 온도에서 달성된다.

[0033] 바람직하게, 승화는 60 ℃ 초과의 온도로 에칭층을 가열함으로써 달성된다. 보다 바람직하게, 승화는 60 ℃ 내지 220 ℃의 온도로 에칭층을 가열함으로써 달성된다.

[0034] 바람직하게, 에칭 플라즈마의 형성 동안, 0 내지 3000 V의 바이어스가 제공되고 에칭층은 -20 ℃ 내지 120 ℃의 온도로 유지된다.

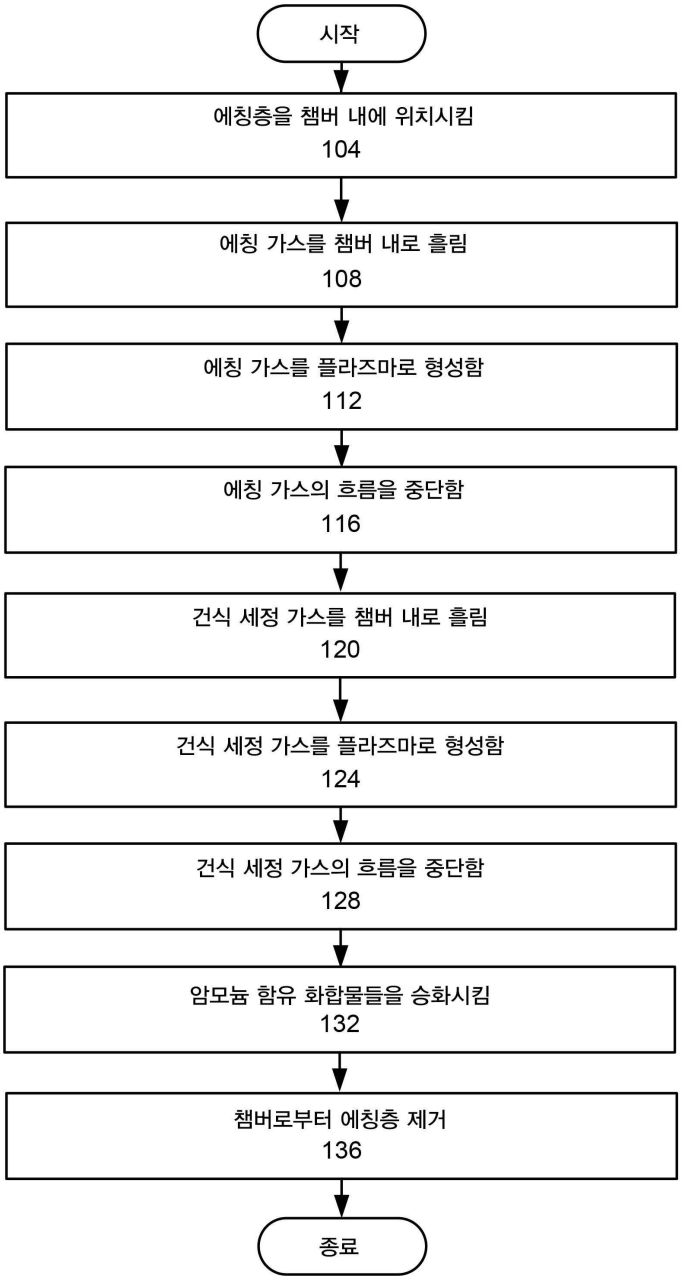
[0035] 바람직한 실시예에서, 에칭된 피처들은 STI (shallow trench isolation) 로 형성된다. 또 다른 바람직한 실시예에서, 에칭된 피처들은 게이트를 형성하도록 사용된다. 다른 실시예들에서, 에칭된 피처들은 소스 또는 드레인을 형성하도록 사용될 수도 있다. 보다 바람직하게, 실리콘 함유층은 퓨어 실리콘이거나 도펀트를 갖는 퓨어 실리콘이다. 가장 바람직하게, 실리콘 함유층은 실리콘이다.

[0036] 또 다른 실시예에서 에칭층은 암모늄 함유 화합물들이 승화되기 전에 챔버로부터 제거된다. 이러한 실시예에서, 어닐링 프로세스와 같은, 플라즈마 프로세싱 챔버 외부에서의 후속 고온 프로세스가 암모늄 함유 화합물들을 승화시키기 위해 사용될 수도 있다.

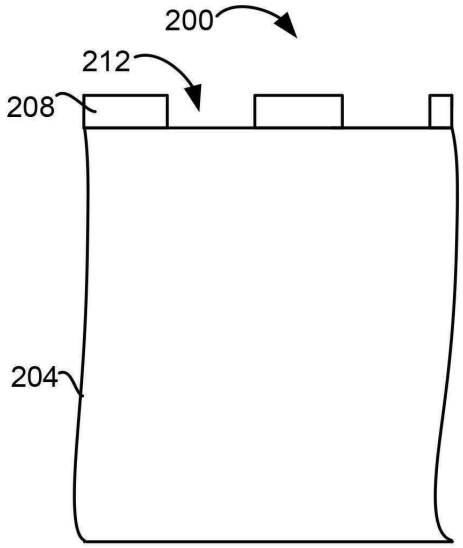
[0037] 본 발명이 몇몇 바람직한 실시예들로 기술되었지만, 본 발명의 범위 내의 대체, 치환, 수정, 및 다양한 대용 등가물들이 있다. 또한 본 발명의 방법들 및 장치들을 구현하는 많은 대안적인 방식들이 있다는 것을 주의해야 한다. 따라서 이하의 첨부된 청구항들은 본 발명의 진정한 정신 및 범위 내에 있는 모든 이러한 대체, 치환, 및 다양한 대용 등가물들을 포함하는 것으로 해석되도록 의도된다.

도면

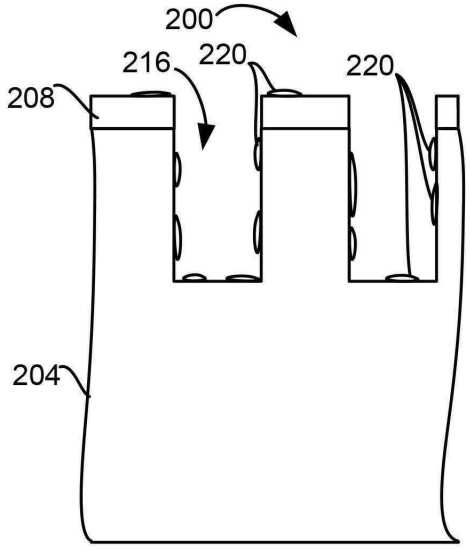
도면1


시작
에칭층을 챔버 내에 위치시킴
104
에칭 가스를 챔버 내로 흘림
108
에칭 가스를 플라즈마로 형성함
112
에칭 가스의 흐름을 중단함
116
건식 세정 가스를 챔버 내로 흘림
120
건식 세정 가스를 플라즈마로 형성함
124
건식 세정 가스의 흐름을 중단함
128
암모늄 함유 화합물들을 승화시킴
132
챔버로부터 에칭층 제거
136
종료

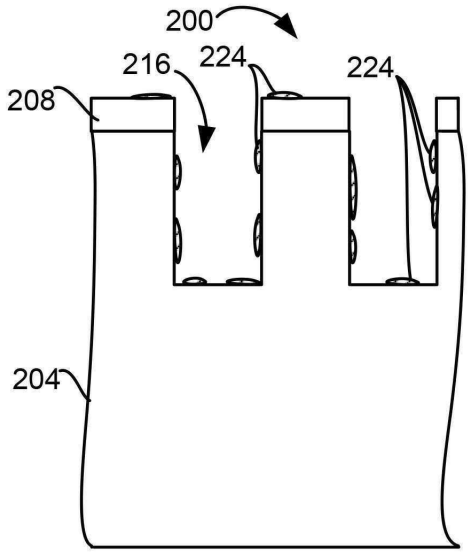
도면2a



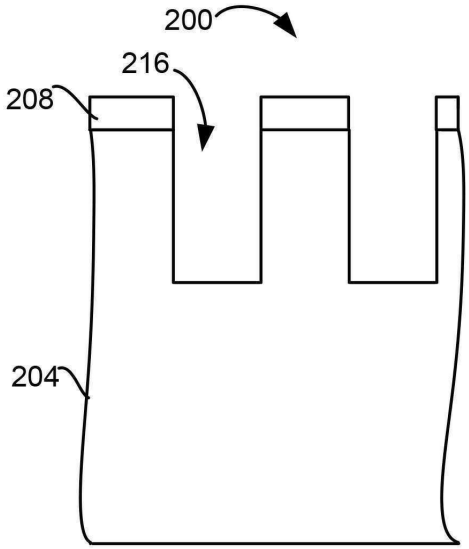
도면2b



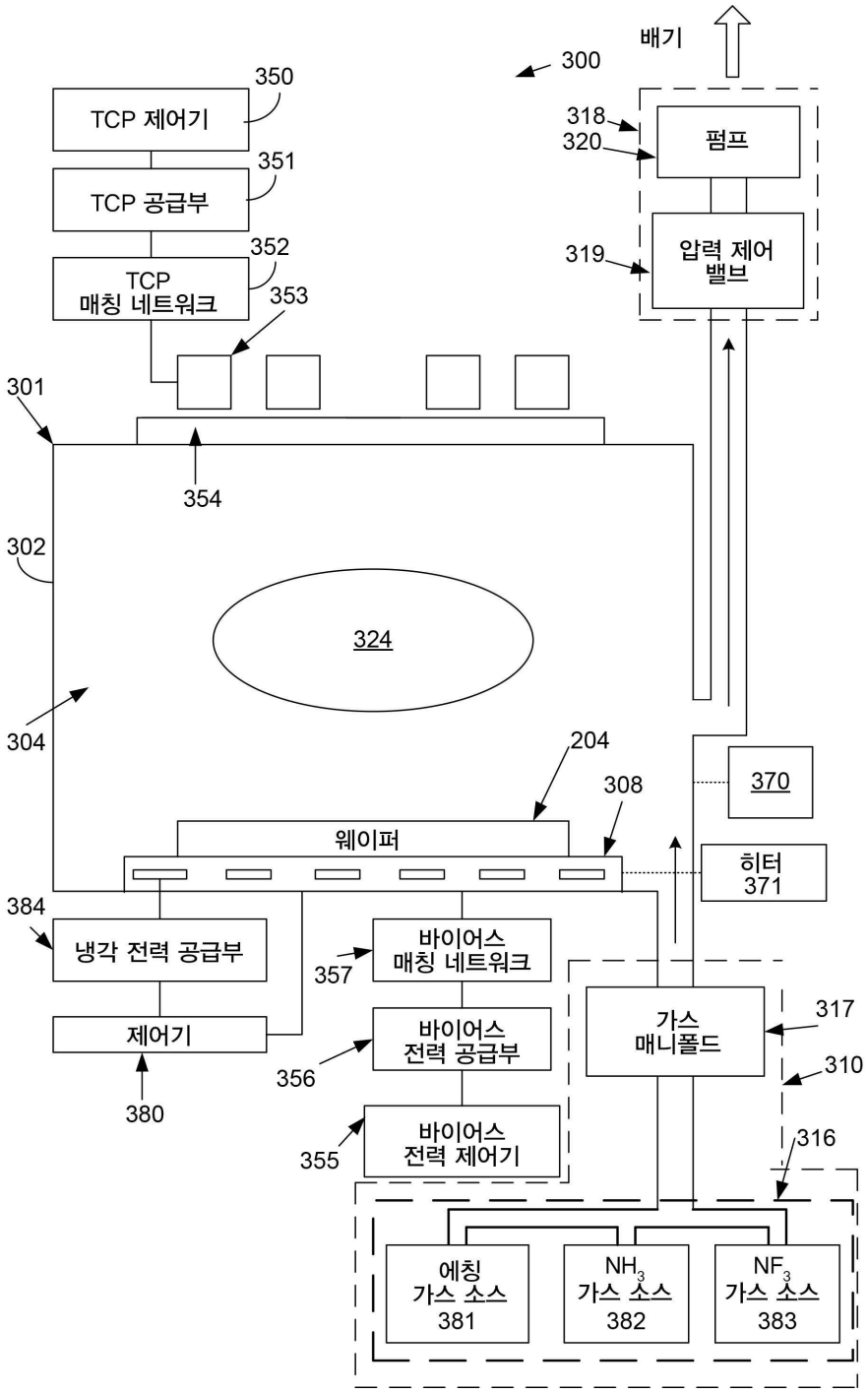
도면2c



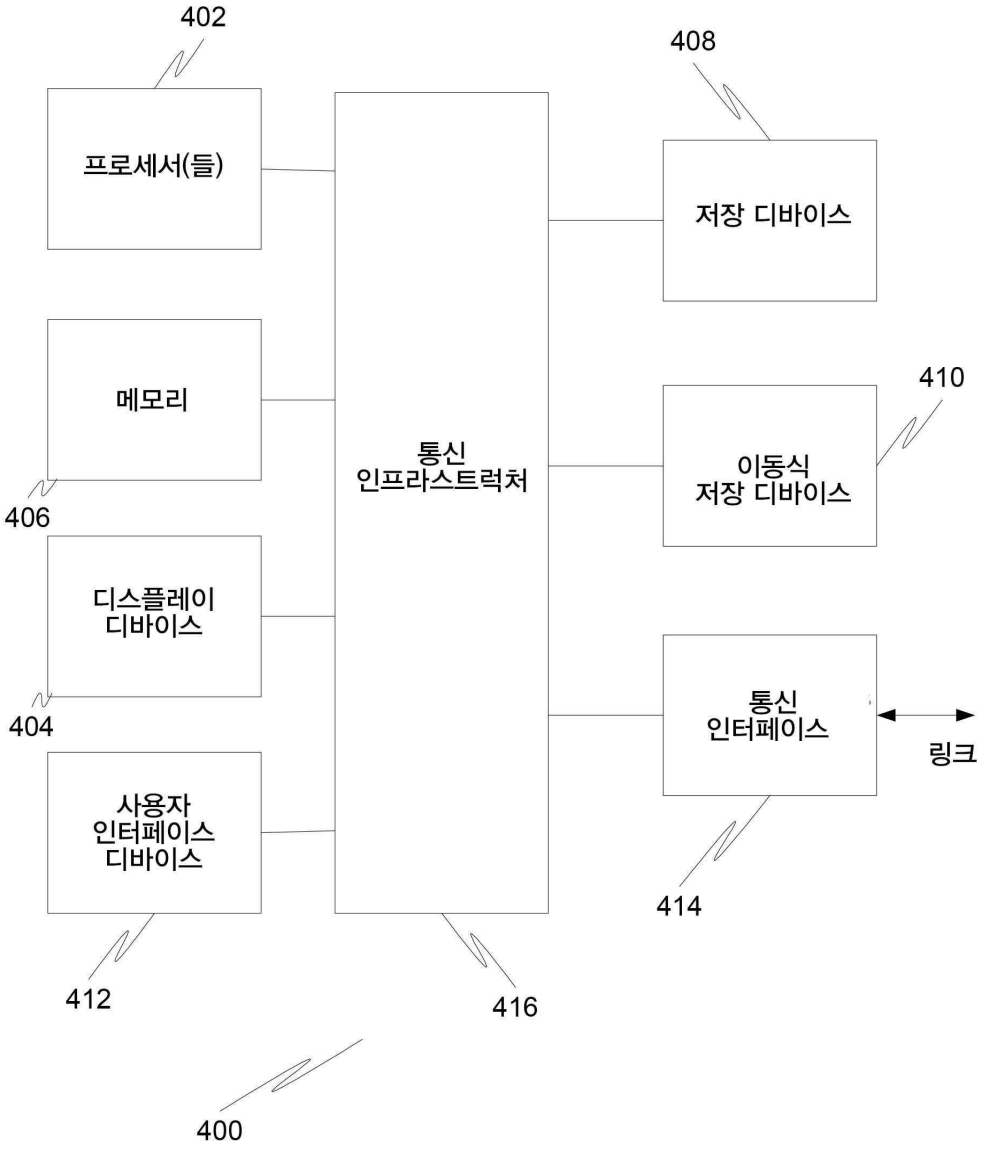
도면2d



도면3


배기
300
350
TCP 제어기
351
TCP 공급부
352
TCP
매칭 네트워크
353
318
320
펌프
319
압력 제어
밸브
301
354
302
324
304
204
308
370
웨이퍼
히터
371
384
냉각 전력 공급부
357
바이어스
매칭 네트워크
제어기
356
바이어스
전력 공급부
317
가스
매니폴드
310
380
355
바이어스
전력 제어기
316
에칭
가스 소스
381
NH3
가스 소스
382
NF3
가스 소스
383

도면4


402
408
프로세서(들)
저장 디바이스
메모리
410
통신
인프라스트럭처
이동식
저장 디바이스
406
디스플레이
디바이스
통신
인터페이스
링크
404
사용자
인터페이스
디바이스
414
412
416
400