(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년11월27일
(11) 등록번호 10-0870853
(24) 등록일자 2008년11월21일

(51) Int. Cl.
H01L 21/205 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2002-0004603
(22) 출원일자 2002년01월26일
심사청구일자 2007년01월11일
(65) 공개번호 10-2002-0063140
(43) 공개일자 2002년08월01일
(30) 우선권주장
09/771,203 2001년01월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1019980086762 A
US05451435 A
JP12252261 A
JP11026563 A
전체 청구항 수 : 총 22 항

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
이시까와데쯔야
미국95050
캘리포니아주산타클라라블라썸드라이브873
데모스알렉산드로즈티
미국94583캘리포니아주산라몬파인릿지드라이브409
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

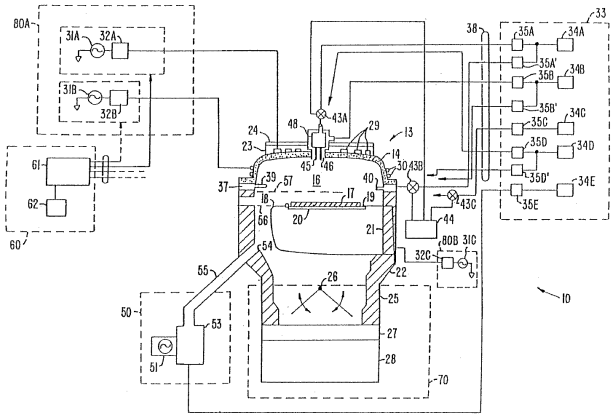
심사관 : 김희주

(54) 플라즈마 공정용 플라즈마 전하의 손상을 감소시키는 방법

(57) 요 약

플라즈마 전하의 손상 범위가 감소된 공정 챔버내의 기판상에 박막을 증착하는 방법이 제공된다. 플라즈마를 형성하기에 적절한 전구체 가스를 함유하는 공정 가스는 공정 챔버내로 주입되고, 이 공정 가스로부터 플라즈마가 발생하여 기판상에 박막을 증착시킨다. 전구체 가스는, 박막이 기판의 에지에서보다 기판의 중심에서 보다 빠르게 증착되도록 공정 챔버내로 주입된다.

대 표 도



(72) 발명자

조선미

미국95051
캘리포니아주산타클라라사라토가애브뉴121아파트먼트넘버4116

가오펭

미국94043캘리포니아주마운틴뷰글래디즈애브뉴110비

니아지카베에프

미국95054캘리포니아주산타클라라오크그로브440넘버308

아루가미찌오

일본인바군히요시도마사또1-28-15

특허청구의 범위

청구항 1

공정 챔버내의 기판상에 막을 증착하는 방법으로서,

플라즈마를 형성하는데 적절한 복수의 전구체 가스를 포함하는 공정 가스를 상기 공정 챔버내로 주입시키는 단계; 및

상기 기판상에 박막을 증착하도록 상기 공정 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계를 포함하고,

상기 복수의 전구체 가스는, 상기 박막이 상기 기판의 에지보다 상기 기판의 센터에서 보다 빠르게 증착되도록 상기 공정 챔버내로 주입되고,

상기 공정 챔버는 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 포함하고,

상기 전구체 가스중 하나 이상은 상기 사이드 가스 소스를 통해서보다 상기 탑 가스 소스를 통해 보다 높은 레이트로 주입되는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 막은 산화 실리콘을 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 복수의 전구체 가스는 실란, 및 산소를 함유하는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 공정 가스는 비활성 가스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 비활성 가스는 아르곤인 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

모든 상기 전구체 가스는 상기 사이드 가스 소스를 통해서보다 상기 탑 가스 소스를 통해 보다 높은 레이트로 주입되는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

모든 상기 전구체 가스는 상기 탑 가스 소스만을 통해 주입되는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 공정 가스는 비활성 가스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 비활성 가스는 아르곤인 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 11

기판의 주변부에서 가스 흐름을 제공하도록 위치된 제 1 세트의 가스 노즐 및 상기 기판의 상위면 상에서 가스 흐름을 제공하도록 위치된 제 2 노즐을 갖는 형태의 챔버에 배치된 상기 기판상에 막을 증착하는 방법으로서,

제 1 및 제 2 주기동안 상기 제 1 세트의 가스 노즐과 상기 제 2 노즐을 통해 공정 가스를 상기 챔버내로 주입하는 단계; 및

상기 제 1 및 제 2 주기동안 상기 기판상에 막을 증착하도록 상기 공정 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 제 1 세트의 가스 노즐에 대한 상기 제 2 노즐로부터 제공되는 상기 공정 가스의 유량 비율이 상기 제 1 주기동안보다 상기 제 2 주기동안 더 큰 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 막은 산화 실리콘을 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 막은 금속간 도전층 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 노즐은 한 쌍의 노즐을 포함하는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

실리콘 함유 가스는 상기 한 쌍의 노즐중 한 개를 통해 제공되며,

산소 함유 가스는 상기 한 쌍의 노즐중 나머지 한 개를 통해 제공되는 것을 특징으로 하는 막 증착 방법.

청구항 16

공정 챔버내의 기판을 에칭하는 방법으로서,

에칭 가스를 상기 공정 챔버내로 주입하는 단계; 및

상기 기판을 에칭하기 위해 상기 에칭 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계를 포함하고,

상기 공정 챔버는 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 포함하고,

상기 에칭 가스는 상기 사이드 가스 소스를 통해서보다 상기 탑 가스 소스를 통해 보다 높은 유량으로 상기 공정 챔버내로 주입되는 것을 특징으로 하는 기판 에칭 방법.

청구항 17

공정 챔버, 플라즈마 발생 시스템, 기판 홀더, 및 가스를 상기 공정 챔버내로 도입하도록 구성된 가스 전달 시스템을 포함하는 기판 처리 시스템의 동작을 관리하기 위한 컴퓨터로 판독가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터로

판독가능한 저장 매체로서,

상기 컴퓨터로 판독가능한 프로그램은,

플라즈마를 형성하는데 적절한 복수의 전구체 가스를 포함하는 공정 가스를 상기 공정 챔버내로 주입하는 단계; 및 기판상에 박막을 증착하도록 상기 공정 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계에 따라, 상기 공정 챔버내에 배치된 상기 기판상에 상기 박막을 증착하도록 상기 기판 처리 시스템을 동작시키는 명령을 포함하고,

상기 복수의 전구체 가스는, 상기 박막이 상기 기판의 에지에서보다 센터에서 보다 빠르게 증착되도록 상기 공정 챔버내로 주입되고,

상기 공정 챔버는 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 포함하고,

상기 가스 전달 시스템은 상기 탑 가스 소스와 상기 사이드 가스 소스를 통해 가스를 상기 공정 챔버내로 도입하도록 구성되며,

상기 컴퓨터로 판독가능한 프로그램은, 상기 전구체 가스중 하나 이상이 상기 사이드 가스 소스를 통해서보다 상기 탑 가스 소스를 통해 더 높은 레이트로 주입되게 하는 명령을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 저장 매체.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

복수의 반응 가스 성분은 실란, 및 산소를 함유하는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 저장 매체.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 공정 가스는 비활성 가스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 저장 매체.

청구항 20

삭제

청구항 21

기판 처리 시스템으로서,

공정 챔버를 한정하는 하우징;

상기 공정 챔버에 동작가능하게 연결된 고밀도 플라즈마 발생 시스템;

기판 처리동안 기판을 유지하도록 구성된 기판 홀더;

상기 공정 챔버내로 가스를 도입하도록 구성된 가스 전달 시스템;

상기 공정 챔버내에서 선택된 압력을 유지하는 압력 제어 시스템;

상기 고밀도 플라즈마 발생 시스템, 상기 가스 전달 시스템, 및 상기 압력 제어 시스템을 제어하는 제어기; 및

상기 제어기에 연결되며, 상기 기판 처리 시스템의 동작을 관리하기 위해 컴퓨터로 판독가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터로 판독가능한 매체를 포함하는 메모리를 포함하고,

상기 컴퓨터로 판독가능한 프로그램은,

플라즈마를 형성하는데 적절한 복수의 전구체 가스를 포함하는 공정 가스를 상기 공정 챔버내로 주입하도록 상기 가스 전달 시스템을 제어하는 명령; 및

상기 기판상에 박막을 증착하기 위해 상기 공정 가스로부터 플라즈마를 발생시키도록 상기 고밀도 플라즈마 발생 시스템을 제어하는 명령을 포함하며,

상기 복수의 전구체 가스는, 상기 박막이 상기 기판의 에지에서보다 센터에서 보다 빠르게 증착되도록 상기 공

정 챔버내로 주입되고,

상기 공정 챔버는 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 포함하고,

상기 가스 전달 시스템은 상기 탑 가스 소스와 상기 사이드 가스 소스를 통해 가스를 상기 공정 챔버내로 도입하도록 구성되며,

상기 컴퓨터로 판독가능한 프로그램은, 상기 전구체 가스중 하나 이상이 상기 사이드 가스 소스를 통해서보다 상기 탑 가스 소스를 통해 더 빠르게 주입되게 하는 명령을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 복수의 전구체 가스는 실란, 및 산소를 함유하는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 공정 가스는 비활성 가스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 비활성 가스는 아르곤인 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

청구항 25

삭제

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<34> 본 발명은 기판상의 집적 회로 제조에 관한 것이다. 보다 상세하게, 본 발명은 플라즈마 처리 기술을 이용하여 이러한 집적 회로가 제조될 때 플라즈마 전하 손상을 감소시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

<35> 현대의 반도체 장치 제조 단계들중 하나는 가스 화학 반응에 의해 반도체 기판상에 박막을 형성하는 것이다. 이러한 증착 공정은 화학 기상 증착 (CVD) 이라 한다. 종래의 열적 CVD 공정은 필요한 막을 생성하도록 열 유도 화학 반응이 발생하는 기판 표면에 반응 가스를 공급한다. 반면에, 플라즈마 인핸스먼트 CVD 기술은, 무선 주파수 (RF) 에너지를 기판 표면근처의 반응 영역에 인가함으로써 반응 가스의 여기 및/또는 해리를 촉진하며, 이에 따라 플라즈마를 생성한다. 플라즈마에서의 종 (species) 의 높은 반응성은 화학 반응 발생에 필요한 에너지를 감소시키며, 따라서 종래의 열적 CVD 공정에 비교할 때 이러한 CVD 공정에 필요한 온도를 낮춘다. 이러한 이점들은, 플라즈마 종이 반응성을 더 갖도록 저 진공 압력에서 조밀한 플라즈마가 형성되는 고밀도 플라즈마 (HDP) CVD 기술에 의해 더 개발된다.

<36> 이러한 CVD 기술중 어떤 것이라도 집적 회로 제조동안 도전성 또는 절연성 막을 증착하는데 사용될 수 있다. 일반적인 구성은 도 1a 에 도시된 일련의 금속 라인에 걸쳐 산화물 증착을 필요로 한다. 이 구성에서, 금속 라인 (206) 은 도면에 수직인 방향으로 연장된다. 각 금속 라인 (206) 은 더 낮은 레벨에서 게이트 (208) 에 전기적 접속되며, 게이트 산화물 (204) 에 의해 기판 (202) 으로부터 분리된다.

<37> 이러한 기판상에 막을 증착할 때 발생하는 충전 효과를 나타내기 위해, 2개의 극한 상태가 고려된다. 첫번째 상태는 도 1b 에 도시되며, 일련의 금속 라인 (206) 에 걸쳐 막 (210) 이 상당히 비등각 (nonconformal) 으로 증착되는 것을 나타낸다. 이러한 성장 패턴은, "중성 플럭스 제한 산화물 성장" 으로 칭할 수 있고 금속 라인 패턴의 표면 세그먼트에 도달하는 중성 전구체의 플럭스에 비례하여 증가될 때 발생한다. 증착층

(210) 은 측벽에서보다 또는 금속 라인간의 갭의 밑면에서보다 금속 라인 (206) 상에서 더 두껍다. 이것은 지형학에 의한 등방성 중성 전구체의 기하학적 섀도우의 결과이다. 두번째 상태는 도 1c 에 도시되어 있으며, 일련의 금속 라인 (206) 에 걸쳐 막 (210) 의 등각 증착을 나타낸다. 이 성장 패턴은 "반응율 제한 산화물 성장" 으로서 설명될 수 있으며 막 두께가 중성 전구체 플럭스와 독립적일 때 발생한다. 이러한 상당히 이상적인 상태에서, 막 표면은 항상 모든 표면상에서 동일하다. 실제의 증착 공정은 도 1b 와 1c 에 도시된 극단적인 경우들의 중간 방식으로 수행된다.

<38> 산화물 증착동안, 금속 라인 (206) 은 초기에 중성일지라도 전하를 획득한다. 이러한 충전은, 탑 및 측벽에서의 산화층을 통해 발생하는 터널링 전류, 측벽 및 밑면을 따라 발생하는 표면 전류, 및 기판으로부터 게이트 산화물을 통한 전자 터널링의 조합으로부터 발생한다. 도 1d 및 1e 는 각각 중성 플럭스 제한 성장 및 반응율 제한 산화물 성장을 위한 산화층 증착동안 발생하는 전류를 각각 나타낸다. 이온과 전자가 형성층을 가로지를때 이온과 전자간의 방향 차(directionality difference)로 인하여 상이한 충전 패턴이 발생하여 전하를 획득할 뿐만 아니라, 금속 라인이 전위 그라디언트의 영향을 받게 된다.

<39> 특히, 전자 세이딩(shading)으로 인하여 형성층의 상위 측벽에 음의 전하가 축적되는 한편, 방향성 이온은 갭에서 형성면을 양으로 충전한다. 상위 측벽에서의 음의 전위와 갭 밑면에서의 양의 전위와의 조합은 바람직하게 측벽을 향하여 에너지를 덜 갖는 이온을 편향시켜, 또한 측벽의 하부가 양의 전하를 획득하게 한다. 표면 전류는 임계값보다 큰 표면 전위 그라디언트가 존재하지 않는 것을 보장하지만, 큰 전계는 산화층에 발생되며 특히 표면 전위가 극한 값에 도달하는 측벽의 탑 및 밑면 근처에서 발생된다.

<40> 또한, 산화 필드는 각 포인트에서 산화층의 두께 및 금속 라인 전위에 의존한다. 도 1d 에 도시된 바와 같이, 그 두께 의존성으로 인하여 비등각 산화 증착이 야기되고 그 결과 보다 많은 금속 라인 충전 및 게이트 산화물 손상 증가가 발생한다. 도 1d 및 1e 에서, 양의 터널링 전류가 화살표로 도시되며, 그 화살표의 두께는 전류 크기에 대략 비례한다. 비등각 증착의 경우 (도 1d 참조), 산화물이 가장 얇은 측벽 밑면 영역을 통해 금속 라인 (206) 으로 대량의 양의 전류가 흐른다. 산화물 성장의 초기 단계동안, 이 전류는, 상위 측벽 영역으로부터의 전자 터널링에 의해 비교적 더 적은 게이트 산화물을 통한 전류로 거의 보상된다. 상부 측벽에서 산화물 두께가 증가함에 따라 여기서 전자 터널링 전류가 대응하여 감소하며, 측벽 밑면을 통한 과도한 전류 흐름을 보상하기 위해 게이트 산화물을 통한 전류가 증가되도록 한다.

<41> 역으로, 등각 증착동안 (도 1e 참조), 막 두께는 막이 증착될 때 측벽의 탑 (top) 과 밑면에서 동일한 비율로 증가하여, 양과 음의 터널링 전류가 동시에 감소하게 된다. 측벽 밑면을 통한 과도한 전류 흐름이 없기 때문에, 게이트 산화물을 통한 보상 전류는 작게 유지될 수 있다. 도 1d 및 1e 에서 층의 두께는 설명을 위해 과장되었으며, 증착되는 막이 도시된 두께에 도달하기 전에 전하 손상이 충분히 야기된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<42> 플라즈마 인핸스먼트 CVD 동안 파괴 전류가 발생하는 이러한 메카니즘 설명은 다소 개략적인 것이다. Gyeong S. Hwang 및 Konstantinos P. Giapis, J. 의 Appl. Phys. 84, 154 (1998년도) 에는 더 복잡한 분석이 제공된다. 또한, 이 문헌은 증착동안 전류 발생에 중점을 두고 있지만, 유사하게 플라즈마 인핸스먼트 에칭 공정동안 파괴 전류가 발생한다. 그 결과, 집적 회로 구조를 형성하기 위해 플라즈마 공정을 이용하는 증착 및 에칭 공정은, 예를 들어, 측벽 비균일성 (노칭(notching), 보우잉(bowing) 등) 및/또는 잠재적인 게이트 산화 열화를 야기시킴으로써, 마이크로구조 구성요소에 손상을 가할 수 있다. 이러한 충전 손상은 보다 높은 종횡비 구조를 에칭할 때 더 큰 것으로 알려져 있고, 이 종횡비는 갭 높이 대 갭 폭의 비율이며, 보다 높은 종횡비를 갖는 구조의 증착 공정용에서 또한 더 큰 것으로 예상된다. 논리 장치들을 보다 조밀하게 패키징하기 위해 진행되는 탐색의 일부로서 이러한 공정의 임계 구조상 면적을 감소시키기 위해 그리고 동시에 종횡비 용량을 증가시키기 위해 많은 노력을 계속 기울이고 있으므로, 충전 손상이 감소될 수 있는 공정을 갖는 것이 바람직하다.

발명의 구성 및 작용

<43> 종래 기술의 단점은 플라즈마 증착 공정동안 플라즈마 방전 손상을 감소시키는 방법에 의해 극복된다. 웨이퍼 상의 증착이 웨이퍼의 에지에서보다 센터에서 더 빠르게 증착되도록 가스를 공정 챔버로 흐르게 구성함으로써, 플라즈마 전하 손상 발생이 감소된다. 따라서, 일실시예에서, 공정 챔버의 기판상에 박막을 증착하는 방법이 제공된다. 이 방법은 플라즈마를 형성하는데 적절한 복수의 전구체 가스를 포함하는 공정 가스를 공정 챔버내로 주입하는 단계, 및 박막을 기판상에 증착하도록 공정 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계를 포

함한다. 박막이 기판의 에지보다 기판의 센터에서 보다 빠르게 증착되도록 전구체 가스가 공정 챔버내로 주입된다.

<44> 특정한 실시예에서, 공정 챔버는 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 포함한다. 한 개 이상의 전구체 가스는 사이드 가스 소스를 통해서보다 높은 레이트로 탑 가스 소스를 통해 주입된다. 이러한 일실시예에서, 모든 전구체 가스는 사이드 가스 소스보다 높은 레이트로 탑 가스 소스를 통해 주입되고, 다른 실시예에서, 모든 전구체 가스는 탑 가스 소스를 통해서만 주입된다.

<45> 본 발명의 방법은, 기판 처리 시스템의 동작을 조정하기 위한 컴퓨터로 판독가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터로 판독가능한 저장 매체에서 실현될 수 있다. 이러한 시스템은 공정 챔버, 플라즈마 발생 시스템, 기판 홀더, 가스 전달 시스템, 및 시스템 제어기를 포함할 수 있다. 컴퓨터로 판독가능한 프로그램은 상기한 실시예에 따라 처리 챔버내에 배치된 기판 상에 박막을 형성하도록 기판 처리 시스템을 동작시키는 명령을 포함한다.

<46> 본 발명의 이점과 특징 뿐만 아니라 본 발명의 이러한 실시예 및 다른 실시예를 첨부된 도면과 상세한 설명을 통해 보다 상세히 설명한다.

<47> 실시예

<48> Ⅰ. 도입

<49> 집적 회로 제조는 특히 실리콘과 같은 반도체로 제조된 원형 웨이퍼 상에서 수행된다. 복수의 직선 장치는 웨이퍼 상에 직각 어레이로서 형성되어, 처리되지 않은 유사한 4개의 원형 세그먼트가 남게 된다. 본 발명의 실시예는 웨이퍼의 센터를 커버하기 시작하여 웨이퍼의 에지를 향하여 바깥으로 증착을 행하는 플라즈마 증착 공정을 이용함으로써 회로에 대한 플라즈마 전하 손상 가능성을 감소시키는 것에 관한 것이다. 웨이퍼 센터에서 초기 유전막이 존재함으로써 파괴적인 충전을 방지한다. 다른 실시예에서, 이 기술은 증착 공정 뿐만 아니라 에칭 공정에도 적절하다.

<50> Ⅱ. 기판 처리 시스템의 예

<51> 도 2a 는 본 발명에 따른 유전층이 증착될 수 있는 고밀도 플라즈마 화학 기상 증착 (HDP-CVD) 시스템 (10) 의 일 실시예를 나타낸다. 시스템 (10) 은 챔버 (13), 진공 시스템 (70), 소스 플라즈마 시스템 (80A), 바이어스 플라즈마 시스템 (80B), 가스 전달 시스템 (33), 및 원격 플라즈마 세정 시스템 (50) 을 포함한다.

<52> 챔버 (13) 의 상부는 산화 알루미늄 또는 질화 알루미늄과 같은 세라믹 유전체로 제조된 돔 (14) 을 포함한다. 돔 (14) 은 플라즈마 처리 시스템 (16) 의 상부 경계를 한정한다. 플라즈마 처리 영역 (16) 은 기판 (17) 의 상부면과 기판 지지 부재(18)에 의해 밑면상에서 한정된다.

<53> 히터 판 (23) 및 콜드 판 (24) 은 돔 (14) 상에 배치되며, 이 돔 (14) 에 열적 연결된다. 히터 판 (23) 및 콜드 판 (24) 으로 인해 돔 온도를 약 100℃ 내지 200℃ 의 범위에 걸쳐 약 ±10℃ 내에서 제어할 수 있다. 이것은 다양한 공정에 대하여 돔 온도를 최적화할 수 있다. 예를 들어, 증착 공정보다는 에칭 공정이나 세정 공정에서 더 높은 온도로 돔을 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 돔 온도를 정밀 제어함으로써 챔버내의 플레이크 (flake) 또는 입자 카운트를 감소시키며 증착층과 기판간의 부착성을 향상시킨다.

<54> 챔버 (13) 의 하부는 챔버를 진공 시스템에 연결하는 본체 부재 (22) 를 포함한다. 기판 지지 부재 (18) 의 베이스부 (21) 는, 본체 부재 (22) 상에 장착되며 이 본체 부재와의 연속적인 내부면을 형성한다. 기판은 챔버 (13) 의 측면에서 삽입/제거 개구부 (도시하지 않음) 를 통해 로봇 블레이드 (도시하지 않음) 에 의해 챔버 (13) 내외부로 운송된다. 리프트 핀 (도시하지 않음) 은, 상부 로딩 위치 (57) 에서 로봇 블레이드로부터 기판 지지 부재 (18) 의 기판 수신부 (19) 상에 기판이 배치되는 하부 처리 위치 (56) 로 기판을 이동시키기 위해 모터 (도시하지 않음) 제어에 의해 상승되고 이후 하강된다. 기판 수신부 (19) 는 기판 처리동안 기판을 기판 지지 부재 (18) 에 고착시키는 정전 척 (electrostatic chuck; 20) 을 포함한다. 바람직한 실시예에서, 기판 지지 부재 (18) 는 산화 알루미늄 또는 세라믹 알루미늄 재료로 제조된다.

<55> 진공 시스템 (70) 은, 이중 블레이드 스로틀 밸브 (26) 를 수용하며 게이트 밸브 (27) 와 터보 분자 펌프 (28) 에 부착되는 스로틀 본체 (25) 를 포함한다. 스로틀 밸브 (25) 는 가스 흐름에 대하여 최소 방해를 제공하며, 대칭 펌핑을 가능하게 한다. 게이트 밸브 (27) 는 펌프 (28) 를 스로틀 본체 (25) 로부터 분리시킬 수 있으며, 또한 스로틀 밸브 (26) 가 완전히 개방될 때 배기 흐름 용량을 제한함으로써 챔버 압력을 제어할 수 있다. 스로틀 밸브, 게이트 밸브, 및 터보 분자 펌프의 배열로 인하여 챔버 압력을 약 1 millitorr 내지

약 2 torr 사이에서 정밀하고 안정되게 제어할 수 있다.

<56> 소스 플라즈마 시스템 (80A) 은, 돔 (14) 상에 장착된, 탑 코일 (29) 및 사이드 코일 (30) 을 포함한다. 대칭 그라운드 실드 (도시하지 않음) 는 코일간의 전기적 연결을 감소시킨다. 탑 코일 (29) 은 탑 소스 RF (SRF) 발생기 (32A) 에 의해 전력을 공급받고, 사이드 코일 (30) 은 사이트 SRF 발생기 (32B) 에 의해 전력을 공급받으며, 각 코일을 위한 독립적인 전력 레벨 및 동작 주파수가 가능해진다. 이러한 이중 코일 시스템으로 인하여 챔버 (13) 내의 방사상 이온 밀도를 제어할 수 있고, 이에 따라 플라즈마 균일성을 향상시킨다. 사이드 코일 (30) 및 탑 코일 (29) 은 통상적으로 유도성 구동되는 것이며, 상보 전극을 요구하지 않는다. 특정한 실시예에서, 탑 소스 RF 발생기 (32A) 는 공칭 2 MHz 에서 2500 watt 까지의 RF 전력을 제공하며 사이드 소스 RF 발생기 (32B) 는 공칭 2MHz 에서 5000 watt 까지의 RF 전력을 제공한다. 탑 및 사이드 RF 발생기의 동작 주파수는 플라즈마 발생 효율성을 향상시키기 위해 공칭 동작 주파수로부터 (예컨대, 각각 1.7 - 1.9 MHz 및 1.9 - 2.1 MHz 로) 오프셋될 수 있다.

<57> 바이어스 플라즈마 시스템 (80B) 은 바이어스 RF (즉, BRF) 발생기 (31C) 및 바이어스 정합 네트워크 (32C) 를 포함한다. 바이어스 플라즈마 시스템 (80B) 은 기판부 (17) 를, 상보 전극으로서 기능하는 본체 부재 (22) 와 용량성 결합시킨다. 바이어스 플라즈마 시스템 (80B) 은 소스 플라즈마 시스템 (80A) 에 의해 생성된 플라즈마 종 (예를 들어, 이온) 을 기판 표면으로 전송하는 것을 향상시키는 역할을 한다. 특정한 실시예에서, 바이어스 RF 발생기는 13.56 MHz 에서 5,000 watt 까지의 RF 전력을 제공한다.

<58> RF 발생기 (32A, 32B) 는 디지털 제어식 신디사이저를 포함하며 약 1.8 내지 약 2.1 MHz 의 주파수 범위에서 동작한다. 각 발생기는, 당업자가 이해할 수 있듯이, 챔버와 코일로부터 발생기로 되반사되는 전력을 측정하고 최저 반사 전력을 얻도록 동작 주파수를 조절하는 RF 제어 회로 (도시하지 않음) 를 포함한다. 통상적으로, RF 발생기는 50 Ω 의 특성 임피던스를 갖는 로드 (load) 내로 동작하도록 설계된다. RF 전력은 발생기와 상이한 특성 임피던스를 갖는 로드로부터 반사될 수 있다. 이것은 로드로 전송되는 전력을 감소시킬 수 있다. 또한, 로드로부터 발생기로 되반사되는 전력은 오버로드되어 발생기에 손상을 가할 수 있다. 다른 인자들중에서, 플라즈마 이온 밀도에 의존하여, 플라즈마의 임피던스 범위가 5 Ω 미만 내지 900 Ω 초과일 수 있기 때문에, 그리고 반사된 전력이 주파수 함수일 수 있기 때문에, 반사 전력에 따른 발생기 주파수를 조절하는 것은 RF 발생기로부터 플라즈마로 전송되는 전력을 증가시키며 발생기를 보호한다. 반사 전력을 감소시키고 효율성을 개선하는 다른 방법은 정합 네트워크를 이용하는 것이다.

<59> 정합 네트워크 (32A, 32B) 는 발생기 (31A, 31B) 의 출력 임피던스를 각각의 코일 (29, 30)과 정합시킨다. RF 제어 회로는, 로드가 변경될 때 발생기를 로드에 정합시키도록 정합 네트워크내의 커패시터 값을 변경함으로써 정합 네트워크 모두를 조절할 수 있다. RF 제어 회로는 로드로부터 발생기로 되반사되는 전력이 소정의 임계값을 초과할 때 정합 네트워크를 조절할 수 있다. 일정한 정합을 제공하며 효과적으로 RF 제어 회로가 정합 네트워크를 조절하지 못하도록 하는 한가지 방식은, 반사 전력의 어떠한 예상 값보다도 높게 반사 전력 임계값을 설정하는 것이다. 이것은 정합 네트워크를 가장 최근의 상태로 일정하게 유지함으로써 일부 상태하에서 플라즈마를 안정화하는데 기여할 수 있다.

<60> 또한, 플라즈마를 안정화하는데 다른 수단이 기여할 수 있다. 예를 들어, RF 제어 회로는, 로드 (플라즈마)로 전달되는 전력을 결정하는데 사용될 수 있고 층 증착동안 전달된 전력을 거의 일정하게 유지하도록 발생기 출력 전력을 증가 또는 감소시킬 수 있다.

<61> 가스 전달 시스템 (33) 은 가스 전달 라인 (38) (일부만이 도시되어 있음) 을 통해 기판을 처리하는 여러 개의 소스 (34A - 34E) 챔버로부터 가스를 제공한다. 당업자가 이해할 수 있듯이, 챔버 (13) 에 대한 전달 라인 (38) 의 실제 연결 및 소스 (34A - 34E) 용으로 사용되는 실제 소스는 챔버 (13) 내에서 수행되는 증착 및 세정 공정에 따라 변경된다. 가스는 가스 링 (37) 및 /또는 탑 노즐 (45) 을 통해 챔버 (13) 내로 도입된다. 도 2b 는 가스 링 (37) 을 추가로 상세히 나타내는 챔버 (13) 의 간략화된 부분 단면도이다.

<62> 일실시예에서, 제 1 및 제 2 가스 소스 (34A, 34B), 및 제 1 및 제 2 가스 흐름 제어기 (35A', 35B') 는, 가스 전달 라인 (38) (일부만이 도시되어 있음) 을 통해 가스 링 (37) 내의 링 플레넘 (plenum; 36) 에 가스를 제공한다. 가스 링 (37) 은 기판에 대하여 균일한 가스 흐름을 제공하는 복수의 소스 가스 노즐 (39) (한 개만이 도시되어 있음) 을 구비한다. 별도의 챔버내에서 특정한 공정에 대한 균일성 프로파일 및 가스 활용 효율성 조절이 가능하도록 노즐 길이 및 노즐 각이 변경될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 가스 링 (37) 은 산화 알루미늄 세라믹으로 제조된 12 개의 소스 가스 노즐을 구비한다.

<63> 또한, 가스 링 (37) 은, 바람직한 실시예에서는 소스 가스 노즐 (39) 과 동일 평면을 갖고 이 소스 가스 노즐보다 짧으며 일실시예에서는 본체 플레넘 (41) 으로부터 가스를 수용하는 복수의 산화제 가스 노즐 (40) (한 개만이 도시되어 있음) 을 구비한다. 일부 실시예에서는, 소스 가스와 산화제 가스를 챔버 (13) 내에 주입하기 전에 혼합하지 않는 것이 바람직하다. 다른 실시예에서, 이 소스 가스와 산화제 가스는 본체 플레넘 (41) 과 가스 링 플레넘 (36) 간에 개구부 (도시하지 않음) 을 제공함으로써 챔버 (13) 내로 주입되기 전에 혼합될 수 있다. 일실시예에서, 제 3 및 제 4 가스 소스 (34C, 34D), 및 제 3 및 제 4 가스 흐름 제어기 (35C, 35D') 는 가스 전달 라인 (38) 을 통해 본체 플레넘에 가스를 제공한다. 질소 소스 (34E) 는 질소 플라즈마를 이용하는 공정 단계를 위해 가스 링의 산화제 노즐을 통해 챔버에 질소 가스 (N_2) 를 제공한다. 다른 방법으로, 질소 가스는 탑 노즐과 같은 다른 흡입구 또는 추가 흡입구를 통해 챔버로 전달될 수 있다. 43B 와 같은 추가 밸브 (다른 밸브들은 도시하지 않음) 는 흐름 제어기로부터 챔버로 향하는 가스를 차단할 수 있다.

<64> 휘발성, 유독성, 또는 부식성 가스가 사용되는 실시예에서는, 증착 이후 가스 전달 라인내에 남아있는 가스를 제거하는 것이 바람직할 수 있다. 이것은, 예를 들어 챔버 (13) 를 전달 라인 (38A) 으로부터 분리시키고 전달 라인 (38A) 을 진공 포라인 (foreline; 44) 으로 배기되도록 밸브 (43B) 와 같은 3식 밸브를 이용하여 달성될 수 있다. 도 2a 에 도시된 바와 같이, 다른 가스 전달 라인 상에 43A, 43C 와 같은 다른 유사한 밸브가 포함될 수 있다. 이러한 3식 밸브는 (3식 밸브와 챔버간의) 배기되지 않는 가스 전달 라인의 체적을 최소화하도록 실질적으로 챔버 (13) 에 가깝게 배치될 수 있다. 또한, 2식 (온-오프) 밸브 (도시하지 않음) 는 질량 흐름 제어기 (MFC) 와 챔버간에 또는 가스 소스와 MFC 간에 배치될 수 있다.

<65> 도 2a 를 다시 참조하면, 또한, 챔버 (13) 는 탑 노즐 (45) 및 탑 벤트 (46) 를 구비한다. 탑 노즐 (45) 및 탑 벤트 (46) 로 인하여 가스의 탑 및 사이드 흐름을 독립적으로 제어할 수 있으며, 이것은 막 균일성을 향상시키고 막 증착 및 도핑 매개변수를 미세 조절할 수 있다. 탑 벤트 (46) 는 탑 노즐 (45) 주위의 원형 개구부이다. 일실시예에서, 제 1 가스 소스 (34A) 는 소스 가스 노즐 (39) 및 탑 노즐 (45) 을 제공한다. 소스 노즐 MFC (35A') 는 소스 가스 노즐 (39) 로 전달되는 가스 양을 제어하고 탑 노즐 MFC (35A) 은 탑 가스 노즐 (45) 로 전달되는 가스 양을 제어한다. 유사하게, 2개의 MFC (35B, 35B') 는 소스 (34B) 와 같은 단일 산소 소스로부터 탑 벤트 (46) 와 산화제 가스 노즐 (40) 로의 산소 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 탑 노즐 (45) 과 탑 벤트 (46) 로 공급되는 가스는 챔버 (13) 내로 주입되기 전에 분리되어 유지될 수 있고, 또는 챔버 (13) 내로 주입되기 전에 탑 플레넘 (48) 내에서 혼합될 수 있다. 챔버의 다양한 부분에 공급되도록 동일한 가스를 갖는 별도의 소스가 사용될 수 있다.

<66> 챔버 구성요소로부터 증착 잔여물을 주기적으로 세정하기 위해 원격 초단파 발생 플라즈마 세정 시스템 (50) 이 제공된다. 이 세정 시스템은 반응기 캐비티 (53) 내의 세정 가스 소스 (34E) (즉, 플루오르 분자, 트리플루오르 질소, 다른 플루오로카본 또는 등가물) 로부터 플라즈마를 생성하는 원격 초단파 발생기 (51) 를 포함한다. 이 플라즈마로부터 발생하는 반응성 종은 애플리케이터 튜브 (55) 를 통한 세정 가스 공급 포트 (54) 를 통해 챔버 (13) 로 전달된다. 세정 플라즈마를 함유하는데 사용되는 재료 (예컨대, 캐비티 (53) 및 애플리케이터 튜브 (55)) 는 플라즈마의 공격에 저항성을 가져야 한다. 바람직한 플라즈마 종의 농도가 반응기 캐비티 (53) 로부터의 거리에 따라 감소하기 때문에, 반응기 캐비티 (53) 와 공급 포트 (54) 간의 거리는 실제만큼 짧게 유지되어야 한다. 원격 캐비티에서 세정 플라즈마를 발생시킴으로써 초단파 발생기를 효율적으로 사용할 수 있으며 제 위치에 형성된 플라즈마에 존재할 수 있는 글로우 방전의 온도, 방사, 또는 충돌을 챔버 구성요소가 받지 않는다. 결국, 정전 척 (20) 과 같은 비교적 민감한 구성요소는, 제 위치에서의 플라즈마 세정 공정에서 필요할 수 있지만, 더미 웨이퍼로 덮히거나 다른 방식으로 보호될 필요가 없다.

<67> 시스템 제어기 (60) 는 시스템 (10) 의 동작을 제어한다. 바람직한 실시예에서, 제어기 (60) 는, 하드 디스크 드라이브와 같은 메모리 (62), 플로피 디스크 드라이브 (도시하지 않음), 및 프로세서 (61) 에 연결된 카드 랙 (card rack; 도시하지 않음) 을 포함한다. 카드 랙은 단일 보드 컴퓨터 (SBC) (도시하지 않음), 아날로그 및 디지털 입력/출력 보드 (도시하지 않음), 인터페이스 보드 (도시하지 않음), 및 스테퍼 모터 제어기 보드 (도시하지 않음) 를 포함할 수 있다. 시스템 제어기는 베사 모듈러 유로피언 (VME) 표준을 따르며, 이것은 보드, 카드 케이지, 및 커넥터 치수 및 형태를 정의한다. 또한, VME 표준은 16비트 데이터 버스 및 24비트 어드레스 버스를 갖는 버스 구조를 정의한다. 시스템 제어기 (31) 는 하드 디스크 드라이브에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 이동형 디스크상에 저장된 프로그램과 같은 다른 컴퓨터 프로그램의 제어하에 동작한다. 예를 들어, 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 가스 혼합, RF 전력 레벨 및 특정한 공정의 다른 매개변수를 명령한다. 사용자와 시스템 제어기간의 인터페이스는, 도 2c 에 도시되어 있듯이, CRT 모니터 (65), 및 라이트 펜 (66)

을 통해서이다.

<68> 도 2c 는 도 2a 의 예로 든 CVD 처리 챔버와 함께 예로 든 시스템 사용자 인터페이스의 일부를 나타낸다. 시스템 제어기 (60) 는 컴퓨터로 판독가능한 메모리 (62) 에 연결된 프로세서 (61) 를 포함한다. 바람직하게, 메모리 (62) 는 하드 디스크 드라이브일 수 있지만, ROM, PROM 등과 같은 다른 종류의 메모리일 수 있다.

<69> 시스템 제어기 (60) 는 메모리 (62) 내에 컴퓨터로 판독가능한 포맷으로 저장된 컴퓨터 프로그램 (63) 의 제어하에 동작한다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 온도, 가스 흐름, RF 전력 레벨 및 특정 공정의 다른 매개변수를 명령한다. 사용자와 시스템 제어기간의 인터페이스는, 도 2c 에 도시되어 있듯이, 음극선관 (CRT; 65) 과 같은 모니터, 및 라이트 펜 (66) 을 통해서이다. 바람직한 실시예에서, 2개의 모니터 (65, 65A), 및 2개의 라이트 펜 (66, 66A) 이 사용되며, 각각 한 개는 조작자용으로 세정실 벽 (65) 에 장착되고 나머지 한개는 서비스 기술자용으로 벽 (65A) 뒤에 장착된다. 모니터는 동일한 정보를 동시에 표시하지만, 한 개의 라이트 펜 (예를 들어, 66) 만이 인에이블된다. 특정한 스크린 또는 기능을 선택하기 위해, 조작자는 디스플레이 스크린 영역을 터치하고 펜 상의 버튼 (도시하지 않음) 을 누른다. 터치된 영역은, 예를 들어, 색을 변경하거나 새로운 메뉴를 표시함으로써 라이트 펜에 의해 선택되는 것을 확인한다.

<70> 컴퓨터 프로그램 코드는 68000 어셈블리 언어, C, C++, 또는 파스칼과 같은 종래의 어떠한 컴퓨터로 판독가능한 프로그래밍 언어로도 기록될 수 있다. 적절한 프로그램 코드는, 종래의 텍스트 에디터를 이용하여 단일 파일, 또는 다중 파일내로 입력되고 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터로 이용가능한 매체내에 저장되거나 내장된다. 입력된 코드 텍스트가 하이 레벨 언어라면, 그 코드는 컴파일되고, 그 결과 컴파일러 코드는 프리컴파일된 윈도우 라이브러리 루틴의 오브젝트 코드와 링크된다. 링크된 컴파일 오브젝트 코드를 실행하기 위해, 시스템 사용자는 오브젝트 코드를 호출하여 컴퓨터 시스템이 그 코드를 메모리에 로드하도록 한다. CPU 는 메모리로부터 그 코드를 판독하고 프로그램에서 식별되는 작업을 수행하도록 그 코드를 실행한다.

<71> 도 2d 는 컴퓨터 프로그램 (100) 의 계층적 제어 구조의 블록도를 나타낸다. 사용자는 라이트 펜 인터페이스를 이용함으로써 CRT 모니터상에 표시되는 메뉴 또는 스크린에 응답하여 공정 세트 번호와 공정 챔버 번호를 공정 선택기 서브루틴 (110) 에 입력한다. 이 공정 세트는 특정한 공정을 수행하는데 필요한 공정 매개변수의 소정의 세트이며 소정의 세트 번호에 의해 식별된다. 공정 선택기 서브루틴 (110) 은 (i) 다중챔버 시스템에서 필요한 공정 챔버, 및 (ii) 필요한 공정을 수행하도록 공정 챔버를 동작시키는데 필요한 공정 매개변수의 필요한 세트를 식별한다. 특정한 공정을 수행하기 위한 공정 매개변수는 공정 가스 조성물 및 유량, 온도, 압력, RF 전력 레벨과 같은 플라즈마 조건과 같은 조건에 관련되며, 레서피(recipe) 형태로 사용자에게 제공된다. 레서피에 의해 특정화되는 매개변수는 라이트 펜/CRT 모니터 인터페이스를 이용하여 입력된다.

<72> 공정을 감시하기 위한 신호는 시스템 제어기 (60) 의 아날로그 및 디지털 입력 보드에 의해 제공되고, 그 공정을 제어하기 위한 신호는 시스템 제어기 (60) 의 아날로그 및 디지털 출력 보드에서 출력된다.

<73> 공정 시퀀서 서브루틴 (120) 은, 공정 선택기 서브루틴 (110) 으로부터 식별된 공정 챔버 및 공정 매개변수 세트를 허용하고 다양한 공정 챔버의 동작을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 여러 사용자들은 공정 세트 번호 및 공정 챔버 번호를 입력할 수 있고, 또는 단일 사용자가 다중 공정 세트 번호 및 공정 챔버 번호를 입력할 수 있으며, 시퀀서 서브루틴 (120) 은 필요한 시퀀스에서 선택된 공정을 스케쥴한다. 바람직하게, 시퀀서 서브루틴 (120) 은, (i) 챔버가 사용중인지를 결정하기 위해 공정 챔버의 동작을 감시하는 단계, (ii) 사용중인 챔버에서 어떤 공정이 실행되고 있는지를 결정하는 단계, 및 (iii) 공정 챔버의 이용가능성과 실행되는 공정 형태에 기초하여 필요한 공정을 수행하는 단계를 수행하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 폴링 (polling) 과 같이 공정 챔버를 감시하는 종래의 방법이 사용될 수 있다. 어느 공정이 수행되어야 하는지를 스케쥴할 때, 시퀀서 서브루틴 (120) 은, 각 특정한 사용자 입력 요구의 순서 (age), 또는 선택된 공정을 위해 필요한 공정 조건과 비교할 때 사용되는 공정 챔버의 현재 상태, 또는 스케쥴링 우선순위를 결정하도록 시스템 프로그래머가 포함하고자 하는 다른 어떠한 관련 인자를 고려하도록 설계될 수 있다.

<74> 시퀀서 서브루틴 (120) 은, 어느 공정 챔버 및 공정 세트 조합이 다음에 수행되어야 하는지를 결정한 후, 특정한 공정 세트 매개변수를 챔버 매니저 서브루틴 (130A - C) 에 전달함으로써 그 고정 세트 수행을 개시하며, 이 챔버 매니저 서브루틴은 시퀀서 서브루틴 (120) 에 의해 전송되는 공정 세트에 따라 챔버 (13) 및 다른 가능한 챔버 (도시하지 않음) 에서의 다중 처리 작업을 제어한다.

<75> 챔버 구성요소 서브루틴의 예로는 기판 위치설정 서브루틴 (340), 공정 가스 제어 서브루틴 (150), 압력 제어 서브루틴 (160), 및 플라즈마 제어 서브루틴 (170) 이 있다. 어떤 공정이 챔버 (13) 에서 수행되도록 선택

되는지에 따라 다른 챔버 제어 서브루틴을 포함할 수 있다. 동작시에, 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 은 수행되는 특정한 공정 세트에 따라 공정 구성요소 서브루틴을 선택적으로 스케쥴링하거나 호출한다. 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 은 시퀀서 서브루틴 (120) 이 수행하는 공정 챔버 및 공정 세트를 스케쥴링하는 방식과 동일하게 공정 구성요소 서브루틴을 스케쥴링한다. 특히, 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 은 다양한 챔버 구성요소를 감시하는 단계, 수행되는 공정 세트를 위한 공정 매개변수에 기초하여 어느 구성요소가 동작할 필요가 있는지를 결정하는 단계, 및 챔버 구성요소 서브루틴이 상기한 감시 및 결정 단계에 응답하도록 하는 단계를 포함한다.

<76> 특정 챔버 구성요소 서브루틴의 동작을 도 2a 및 2d 를 참조하여 설명한다. 기판 위치설정 서브루틴 (140) 은 기판을 기판 지지 부재 (18) 상으로 로드하는데 사용되는 챔버 구성요소를 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 또한, 기판 위치설정 서브루틴 (140) 은, 다른 처리가 완료된 후, 예를 들어, 다중 챔버 시스템에서 플라즈마 인핸스먼트 CVD (PECVD) 반응기 또는 다른 반응기로부터 챔버 (13) 로의 기판 운송을 제어할 수 있다.

<77> 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 공정 가스 조성 및 유량을 제어하는 프로그램 코드를 갖는다. 서브루틴 (150) 은 안전 셧오프 밸브의 개폐 위치를 제어하고 또한 필요한 가스 유량을 얻기 위해 질량 흐름 제어기를 램프 업/다운(ramp up/ramp down)한다. 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 을 포함하는 모든 챔버 구성요소 서브루틴은 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 에 의해 호출된다. 서브루틴 (150) 은 필요한 가스 유량에 관련된 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 으로부터 공정 매개변수를 수신한다.

<78> 특히, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 가스 공급 라인을 개방하고, (i) 필요한 질량 흐름 제어기를 반복하여 판독하고, (ii) 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 으로부터 수신되는 필요한 유량과 그 판독을 비교하고, (iii) 필요할 때 가스 공급 라인의 유량을 조절한다. 또한, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 불안정한 비율에 대한 가스 유량을 감시하고 불안정한 상태가 검출될 때 안전 셧오프 밸브를 동작시키는 단계를 포함할 수 있다.

<79> 일부 공정에 있어서, 아르곤와 같은 비활성 가스는 반응성 공정 가스가 주입되기 전에 챔버 압력을 안정화하도록 챔버 (13) 내로 주입된다. 이러한 공정에 대하여, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 챔버 압력을 안정화하는데 필요한 시간동안 비활성 가스를 챔버 (13) 내로 주입하는 단계를 포함하도록 프로그래밍된다. 이후, 상기한 단계들이 실행될 수 있다.

<80> 또한, 공정 가스가 예를 들어 테트라에틸오르토실란 (TEOS) 인 액체 전구체로부터 기화될 때, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 버블러 어셈블리의 액체 전구체를 통해 헬륨과 같은 전달 가스를 버블링하거나 액체 주입 밸브에 헬륨을 주입하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 종류의 공정에서, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은 필요한 공정 가스 유량을 얻기 위해 전달 가스 흐름, 버블러 압력, 버블러 온도를 조절한다. 상기한 바와 같이, 필요한 공정 가스 유량은 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 에 공정 매개변수로서 전송된다.

<81> 또한, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은, 주어진 공정 가스 유량에 대한 필수값을 포함하는 저장된 테이블을 액세스함으로써 필요한 공정 가스 유량을 위해 필요한 전달 가스 유량, 버블러 압력, 및 버블러 온도를 얻는 단계를 포함한다. 일단 필요한 값을 얻게 되면, 전달 가스 유량, 버블러 압력 및 버블러 온도가 감시되어 그 필요한 값과 비교되며 이에 따라 조절된다.

<82> 또한, 공정 가스 제어 서브루틴 (150) 은, 독립적인 헬륨 제어 (IHC) 서브루틴 (미도시) 을 갖는 웨이퍼 척내의 내부 및 외부 경로를 통해 헬륨 (He) 과 같은 열 전달 가스의 흐름을 제어할 수 있다. 가스 흐름은 기판을 척과 열적 연결시킨다. 전형적인 공정에서, 웨이퍼는 플라즈마 및 층을 형성하는 화학 반응에 의해 가열되고, 헬륨은 척을 통해 기판을 냉각하며, 수냉각될 수 있다. 이것은 기판상에 이미 존재하는 특성에 손상을 줄 수 있는 온도 하에서 기판을 유지한다.

<83> 압력 제어 서브루틴 (160) 은 챔버의 배기부에서의 스로틀 밸브 (26) 의 개구부 크기를 조절함으로써 챔버 (13) 의 압력 제어용 프로그램 코드를 포함한다. 챔버를 스로틀 밸브로 제어하는 2개 이상의 기본적인 방법이 있다. 제 1 방법은, 다른 것들 중에서, 챔버 압력이 전체 공정 가스 흐름, 공정 챔버 크기, 및 펌핑 용량에 관련될 때 그 챔버 압력을 특징화하는 것이다. 제 1 방법은 스로틀 밸브 (26) 를 고정 위치로 설정한다. 스로틀 밸브 (26) 를 고정 위치로 설정함으로써 결국 안정 상태 (steady state) 압력이 발생한다.

<84> 다른 방법으로, 챔버 압력은 예를 들어 압력계로 측정될 수 있고, 제어 포인트가 가스 흐름과 배기 용량에 의해 설정되는 경계내에 있다고 가정할 때, 스로틀 밸브 (26) 의 위치는 압력 제어 서브루틴 (160) 에 따라 조절될 수 있다. 후자의 방법과 관련된 측정, 비교, 및 계산이 호출되지 않을 때, 전자의 방법으로 인하여 보다 빠른 챔버 압력 변화가 발생할 수 있다. 전자의 방법은 챔버 압력의 정밀 제어가 필요하지 않을 때 바람직할

수 있는 반면, 후자의 방법은 층 증착동안과 같이 정밀하고 반복가능하며 안정된 압력이 필요할 때 바람직할 수 있다.

<85> 압력 제어 서브루틴 (160) 이 호출될 때, 필요한 타겟, 즉 압력 레벨은 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 으로부터 매개변수로서 수신된다. 압력 제어 서브루틴 (160) 은, 챔버에 연결된 한 개 이상의 종래의 압력계를 판독함으로써 챔버 (13) 압력을 측정하고, 측정값(들)을 타겟 압력과 비교하며, 타겟 압력에 대응하는 저장된 압력 테이블로부터 비례 적분 미분 (PID) 값을 얻고, 압력 테이블로부터 얻은 PID 값에 따라 스로틀 밸브 (26) 를 조절한다. 다른 방법으로, 압력 제어 서브루틴 (160) 은, 챔버 (13) 의 압력을 필요한 압력으로 또는 압력 범위로 조절하기 위해 특정한 개구부 크기로 스로틀 밸브 (26) 를 개폐할 수 있다.

<86> 플라즈마 제어 서브루틴 (170) 은, RF 발생기 (31A, 31B) 의 주파수 및 전력 출력 설정을 제어하고 정합 네트워크 (32A, 32B) 를 튜닝하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 이전에 설명한 챔버 구성요소 서브루틴처럼, 플라즈마 제어 서브루틴 (170) 은 챔버 매니저 서브루틴 (130A) 에 의해 호출된다.

<87> 상기한 루틴 및 서브시스템의 일부 또는 전부를 포함할 수 있는 시스템의 일 예는 ULTIMA™ 시스템이며, 본 발명을 실시하도록 구성된 캘리포니아주 산타 클라라에 위치한 APPLIED MATERIALS, INC. 에서 제조되었다. 이러한 시스템은, 1996년 7월 15일 출원한 미국특허 출원번호 제 08/679,927 호로 공동계류중이며 Fred C. Redeker, Farhad Moghadam, Hirogi Hanawa, Tetsuya Ishikawa, Dan Maydan, Shijian Li, Brian Lue, Robert Steger, Yaxin Wang, Manus Wong 및 Ashok Sinha 인 공동 발명자들로부터 양도된 "Symmetric Tunable Inductively-coupled HDP-CVD Reactor" 라는 명칭의 발명에 추가로 개시되어 있다. 상기한 시스템은 단지 예일 뿐이다. 당업자는 본 발명을 실현하기 위해 종래의 적절한 기판 처리 시스템 및 컴퓨터 제어 시스템을 선택할 수 있다.

<88> 도 2e 는 본 발명에 따라 처리 시스템을 위한 다양하고 상이한 구성이 사용될 수 있는 방식을 대략적으로 나타낸다. 도의 좌측 열이 시스템의 측면을 나타내는 한편 우측열은 정면을 나타낸다. 도 2a 에 상세히 도시된 시스템의 구조는 도 2e 의 (1) 부분에 대응한다. 챔버 (13) 는 사이드 가스 소스 역할을 하도록 구성된 소스 가스 노즐 (39) 및 탑 가스 소스 역할을 하도록 구성된 탑 노즐 (45) 이 존재하도록 구성된 가스 소스를 갖는 기판 수신부 (19) 를 포함한다. 여기서, "탑 가스 소스" 는 기판 수신부 위에 가스를 공급하도록 구성된 어떠한 가스 소스를 의미하며 "사이드 가스 소스" 는 기판 수신부의 주변부에서 가스를 공급하도록 구성된 어떠한 가스 소스를 의미한다.

<89> 따라서, 대체 구성은 도 2e 의 일부 (2) 에서 도시되며, 여기서 구성요소는 단일 프라임 부호로 표시된다. 이 구성에서, 챔버 (13') 내의 소스 가스 노즐 (39') 은 기판 수신부 (19') 의 주변부에서 가스를 공급하기 때문에 사이드 가스 소스로서 기능한다. 유사하게, 노즐 (45') 은 기판 수신부 (19') 위에 가스를 공급하기 때문에 탑 가스 소스로서 기능한다. 가스가 챔버의 탑으로부터 직접 공급되도록 탑 가스 소스가 구성될 필요는 없다.

<90> 다른 대체 구성은 도 2e 의 일부 (3) 에 도시되며, 여기서 구성요소는 이중 프라임 부호로 표시된다. 이 경우에, 사이드 가스 소스는 기판 수신부 (19") 의 주변부에서 가스를 제공하도록 챔버에서 더 짧고 더 낮은 노즐 (39") 로서 제공된다. 탑 가스 소스는 챔버에서 기판 수신부 (19") 위에 가스를 공급하도록 더 길고 더 높은 병렬 노즐 (45") 로서 제공된다. 이 구성에서, 또한, 중간 노즐은, 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스간에 제공되며 기판 수신부 (19") 의 주변부쪽으로 그리고 기판 수신부 (19") 위에서 가스의 상대적 흐름에 영향을 끼치도록 사용될 수 있다.

<91> 당업자는 본 명세서에 도시된 특정한 설계가 아닌 당해 기술에서 탑 가스 소스 및 사이드 가스 소스를 제공하는 다양한 대체 구성을 발생시킬 수 있다. 본 발명은 이러한 대체 구성을 쉽게 이용할 수 있다.

<92> Ⅲ. 구조 예

<93> 도 3 은 본 발명에 따라 제조될 수 있는 집적 회로 (500) 의 간략화된 단면도이다. 도시된 바와 같이, 집적 회로 (500) 는, 실리콘의 로컬 산화법 (LOCOS), 또는 다른 기술에 의해 형성된 필드 산화물 영역 (520) 에 의해 전기적으로 서로 분리되고 개별적인 NMOS 및 PMOS 트랜지스터 (503, 506) 를 포함한다. 다른 방법으로, 트랜지스터 (503, 506) 는 모두 NMOS 이거나 모두 PMOS 일 때 그루브 트렌치 분리 (도시하지 않음) 에 의해 서로 분리되어 전기적 절연될 수 있다. 각 트랜지스터 (503, 506) 는 소스 영역 (512), 드레인 영역 (515), 및 게이트 영역 (518) 을 포함한다.

<94> 프리메탈(premetal) 유전 (PMD) 층 (521) 은 컨택트 (524) 에 의해 형성된 트랜지스터와 금속층 (540) 간의 연결을 갖는 금속층 (540) 으로부터 트랜지스터 (503, 506) 를 분리시킨다. 금속층 (540) 은 집적 회로 (500) 에 포함되는 4개의 금속층 (540, 542, 544, 546) 중 한 개이다. 각 금속층 (540, 542, 544, 546) 은 각 금속간 (intermetal) 유전 (IMD) 층 (527, 528, 또는 529) 에 의해 인접하는 금속층으로부터 분리된다. IMD 층 (527, 528, 또는 529) 의 전체 또는 어떠한 것이라도 본 발명의 실시예에 따라 증착될 수 있다. 인접하는 금속층은 비아 (526) 를 통해 선택된 개구부에 연결된다. 평탄화된 패시베이션층 (530) 이 금속층 (546) 위에 증착된다.

<95> 간략화된 집적 회로 (500) 는 단지 예일 뿐이다. 당업자는 마이크로프로세서, 응용 주문형 집적 회로 (ASICs), 메모리 장치 등과 같은 다른 집적 회로 제조에 관련된 본 발명을 이용할 수 있다. 또한, 본 발명은 PMOS, NMOS, CMOS, 바이폴러 또는 BiCMOS 장치에 적용될 수 있다.

<96> Ⅳ. 실험 결과

<97> 플라즈마 전하 손상 발생은, 센터 패스트 증착을 에지 패스트 증착과 비교하도록 설계된 레서피 (recipe) 를 이용하여 도핑되지 않은 실리케이트 유리 (USG) 의 HDP-CVD 증착에 대하여 비교되었다. 따라서, 이 레서피는 압력을 안정화하도록 SiH_4 및 O_2 를 Ar 와 함께 전구체 가스로서 증착 챔버에 제공하는 것을 포함한다. 당업자가 이해할 수 있듯이, 테트라에틸오르토실란 (TEOS) 또는 SiF_4 와 같은 다른 전구체 가스가 실리콘 소스로서 사용될 수 있다. 또한, 전구체 가스의 적절한 선택에 의해 플루오르화 실리케이트 유리 (FSG) 를 포함하여 다른 산화물을 증착할 때 플라즈마 전하 손상을 감소시키도록 센터 패스트 증착 방법이 사용될 수 있다.

<98> i. 실험 설정

<99> 플라즈마 진단 연구용으로 랭뮤어 프로브가 흔히 사용된다. 대략적인 랭뮤어 프로브 설정이 도 4 에 도시된다. 랭뮤어 프로브 (302) 는, 접지된 알루미늄 튜브 (308) 에 의해 덮혀지는 세라믹 덮개 (306) 내의 텅스텐 와이어 (304) 로 구성된다. 프로브 (302) 는 공정 챔버 (13) 내로 삽입되어 측정값을 모으며, 이 측정값은 실드형 케이블 (312) 을 통해 플로터 (310) 로 전송된다. 플라즈마 프로브 (302) 의 팁 (tip) 상에 산화물이 누적됨으로써 프로브 신호의 세기를 감소시키는 시간 의존 용량성 분압기가 형성되기 때문에, HDP-CVD 챔버에 의해 제공되는 증착 환경에서 랭뮤어 프로브 (302) 를 사용시에는 특정한 조절이 필요하다. 프로브 신호가 프로브 팁 상에 증착되는 산화물 양과 플라즈마 전위 모두의 함수라는 사실을 수용하기 위해, 아르곤 플라즈마에서의 팁에 이온 전류가 시간에 따라 포화되어 모일 때까지 음의 바이어스를 인가함으로써 와이어는 각 증착 이후에 세정되었다. 이후, 프로브 (302) 를 적절한 위치 (예를 들어, 웨이퍼의 센터 또는 에지) 로 이동함으로써 측정하였고 이러한 측정이 깨끗한 프로브로 일관성있게 수행되도록 하는 절차가 반복되었다.

<100> ii. 에지 패스트 및 센터 패스트 공정 레서피

<101> 사용되는 공정 레서피중 2개가 표 Ia (에지 패스트 레서피) 및 Ib (센터 패스트 레서피) 에 요약되어 있다. 각 레서피에서, 8개의 단계가 도시된다. 특정한 표 소자에 2개의 수가 주어질 때, 첫번째 숫자는 사이드 소스 (즉, 사이드 코일 또는 사이드 가스 소스) 로부터의 값을 나타내고, + 부호 이후에 나오는 숫자는 탑 소스 (즉, 탑 코일 또는 탑 가스 소스) 로부터의 값을 나타낸다. 제 1 행은 단계 조건이 유효한 시간 길이를 나타낸다. 제 2 행은 스로틀 밸브 (26) 의 위치를 특정화한다. "TCL" 은 스로틀 밸브 (26) 가 폐쇄되어 있음을 의미하고, "TV100" 는 (약 12% 개방에 대응하는) 100 단계에 위치하여 스로틀 밸브 (26) 가 부분적으로 개방되어 있음을 의미하고, TFO 는 스로틀 밸브 (26) 가 완전히 개방되어 있음을 의미한다. 제 3 및 제 4 행은 소스 및 바이어스 RF 전력을 각각 kW 로 나타내며, 어떠한 바이어스 전력도 이 예시적인 레서피에 인가되지 않는다. 나머지 행들은 공정 챔버 (13) 로의 가스 유량을 sccm 으로 나타낸다. 공정 챔버 (13) 에 아르곤이 우선 주입되고, 이후 산소 분자, 그리고 마지막으로 실란이 뒤따른다. 에지 패스트 및 센터 패스트 레서피는, 센터 패스트 레서피에서 산소 및 실란 유량이 단계 7 에서의 사이드가 아닌 탑으로부터만 주입된다는 점을 제외하고 동일하다.

표 1a

<102> 에지 패스트 레서피

단계	1	2	3	4	5	6	7	8
시간(s)	2	15	2	1	1	20	2	6

프레스	TCL	TCL	TCL	TV100	TF0	TF0	TF0	TF0
SRF(kW)	0	0	1.0	1.0+2.0	1.0+2.0	1.3+2.8	1.3+3.1	1.3+3.1
BRF(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0
F(Ar) (sccm)	16+180	16+180	16+180	16+110	16+110	16+110	16+110	16+110
F(O_2) (sccm)	0	0	0	0	0+30	16+110	16+110	16+110
F(SiH_4)	0	0	0	0	0	0	3+30	9+53

표 1b

<103> 센터 패스트 레서피

단계	1	2	3	4	5	6	7	8
시간(s)	2	15	2	1	1	20	2	6
프레스	TCL	TCL	TCL	TV100	TF0	TF0	TF0	TF0
SRF(kW)	0	0	1.0	1.0+2.0	1.0+2.0	1.3+2.8	1.3+3.1	1.3+3.1
BRF(kW)	0	0	0	0	0	0	0	0
F(Ar) (sccm)	16+180	16+180	16+180	16+110	16+110	16+110	16+110	16+110
F(O_2) (sccm)	0	0	0	0	0+30	16+110	0+45	16+110
F(SiH_4)	0	0	0	0	0	0	0+25	9+53

<104> "에지 패스트" 및 "센터 패스트" 인 2개 레서피의 특징은, 도 5a 및 5b 에 각각 도시된 바와 같이, 플라즈마 프로브 트레이스에 의해 확인된다. 각 레서피에 대하여, 웨이퍼 에지에서의 신호 (점선) 는 센터 신호 (실선) 보다 낮기에, 웨이퍼 에지에서보다 웨이퍼 센터에서 플라즈마 전위가 더 높다는 것을 나타내는 챔버 대칭성을 고려할 때와 일관성이 있다. 트레이스는 24 초에서 가열 시작 (heat-up start) 및 실란의 후속 주입을 명확히 나타낸다. 약 28 초 이후 트레이스의 안정적인 모노톤 감쇠는 프로브의 산화물 코팅 때문이다. 플라즈마 요동의 정밀 측정값은 이러한 감쇠 이전에 알 수 있으며, 프로브상에 산화물이 축적되기 위한 시간이 불충분할 때 실란 주입에 후속하는 1초 주기에서 특히 알 수 있다.

<105> 도 5a 는 웨이퍼 센터에서의 플라즈마 반응이 웨이퍼 에지의 플라즈마 반응보다 약 0.4 초 뒤쳐짐을 나타낸다. 이러한 상태는 도 5b 에서 반전되며, 여기서 챔버로의 실란 주입은 센터 트레이스에 먼저 영향을 주며, 에지 트레이스는 약 0.6 초만큼 뒤쳐진다. 따라서, 상이한 공정 레서피가 사용되어, 특징적으로 구별되는 "에지 패스트" 및 "센터 패스트" 증착 공정을 생성할 수 있다. 에지 패스트 증착동안 실란 도달에 의해 야기되는 장애 (disturbance) 는, 웨이퍼의 에지로부터 안쪽으로 이동하지만 센터 패스트 레서피가 사용될 때에는 웨이퍼의 센터로부터 바깥쪽으로 이동한다.

<106> iii. 에지 패스트 및 센터 패스트 증착의 장치 손상 영향

<107> 상이한 형태의 증착의 장치 손상 특성의 영향은 도 6 을 참조하여 이해할 수 있다. 집적 회로 생산 기술의 이전 세대에서는 장치 손상으로 인해 극복할 수 없는 문제를 겪어보진 못했지만, 전체 장치 수율은 장치 손상율을 감소시킴으로써 본 발명에 의해 향상될 수 있다. 도 6a 에서는, 에지 패스트 증착이 개략적으로 도시된다. 설명한 특정한 시간에서, 외부 영역 (602) 상에 재료가 증착되었으며 내부 영역 (606) 에는 증착되지 않았다. 원형 영역 (604) 은 상당한 두께 변화가 예상되는 증착 공정의 리딩 (leading) 에지를 나타낸다.
도 6b 는 센터 패스트 증착에 대하여 특정한 시간에서의 유사한 상황을 나타낸다. 이러한 경우, 내부 영역 (616) 은 재료로 덮이며, 외부 영역 (612) 은 덮이지 않고, 중간 원형 영역 (614) 은 리딩 증착 에지로서 큰 두께 변화를 나타내는 것으로 예상된다.

<108> 중간 원형 영역 (604) 은 에지 패스트 증착동안 감소되는 시간 함수이지만 중간 원형 영역 (614) 은 센터 패스트 증착동안 증가하는 시간 함수라는 사실에 주의한다. 그 결과, 원형 웨이퍼상의 장치용 각 게이트 구조를 통한 전류는 에지 패스트 증착의 시간 함수로서 증가하지만 센터 패스트 증착용으로는 감소하는 경향이 있다.

따라서, 센터 패스트 증착 공정은 증착 그라디언트로부터 발생하는 파괴적인 큰 전류로부터 장치를 보호한다. 도 6c 에 예시된 바와 같이, 사이드 소스 (622, 624) 가 사용될 때, 웨이퍼의 대략 타원형 영역 (626) 에 걸쳐 장치 손상이 발생한다. 실제로 완벽하게 균일한 증착을 얻는 것은 불가능하기 때문에, 센터 패스트 증착을 이용함으로써 웨이퍼의 에지 근처의 보다 큰 영역에 걸쳐 실란-온 (silane-on) 단계로부터 발생하는 장애를 제거한다.

<109> 이러한 간단하고도 개략적인 설명은 표 1a, 1b 에 상세히 설명된 예로 든 에지 패스트 및 센터 패스트 레서피를 이용하는 실제 측정에 의해 확인된다. 막 두께 맵은 센터 패스트 및 에지 패스트 레서피 각각에 대하여 도 7a, 7b 에서 복사된다. 이러한 그래프는 초기 산화 증착이 실란 온 단계에서 가스 흐름의 함수임을 나타낸다. 탑 실란 및 산소 소스가 레서피의 일부에 대하여 배타적으로 사용될 때, 증착 패턴은 센터에서 두꺼우며, 도 7a 에서는 센터에서 에지로 약 450Å 의 두께 범위를 나타낸다. 탑 및 사이드 실란 소스 모두가 사용될 때, 두께 변화는 도 7b 에서 약 100Å 로, 보다 작다. 이러한 두께 변화를 참조할 때, 이 두께 변화는 약 1㎛ 의 베이스 두께에 걸친 두께 변화를 나타낸다.

<110> 벌크 막 플라즈마 손상 감시 (plasma damage monitoring; PDM) 결과는 도 8a, 8b 에 도시된다. PDM 은 토포그래피 의존 손상 메카니즘을 측정하지 않는 블랭킷 막 손상 테스트 방법이며, 높은 인터페이스 표면 전하를 발생하는 높은 표면 전하 전압에 대한 정보를 제공한다. 실란 온 (silane-on) 단계동안 2개의 레서피에 대하여 표면 전압 (V_{PDM}) 이 측정되었지만, 탑 및 사이드 RF 전력은 1.3 kW 와 동일하다. 도 8a 에서 명백하듯이, V_{PDM} 범위는 센터 패스트 레서피가 사용될 때 약 0.91 V 이다. 그 범위는, 도 8b 에 도시된 바와 같이, 에지 패스트 레서피가 사용될 때, 0.41 V 보다 약 2배 더 크다. 따라서, 센터 패스트 레서피는 표면 전압 그라디언트의 감소를 제공한다. 에지 패스트 레서피에 의해 발생하는 보다 높은 표면 전하 전압은, 센터 패스트 레서피가 사용될 때 웨이퍼의 센터 근처에서 보다 많은 포획된 전하가 존재함을 나타낸다.

<111> 증착의 시간 의존 양태는 에지 패스트 및 센터 패스트 레서피 각각에 대하여 도 9a, 9b 에 나타나 있다. 광학 측정은 실란, 산소, 및 아르곤 농도의 시간 의존성을 결정하도록 Ocean Optics 1000 분광계로 행해졌다. 수소 (288 nm), 산소 (776nm), 및 아르곤 (603nm) 용 3개 방출 라인의 강도는 시간 함수로서 측정되었고, 수소 라인의 강도는 실란 존재에 대한 표시기로서 사용된다. 도 9a, 9b 에서, 시간 (t ~ 0) 에서의 플라즈마 스트라이크, O_2 주입, 및 실란 주입은 모두 쉽게 관측된다. 수소 트레이스로 인하여 수소 방출이 수소 방출의 최종 값의 50% 에 도달하는데 걸리는 시간 비교를 가능하게 하며, 이것은 실란의 손실 (fragmentation) 과 확산 (및 그 결과로 인해 분광계에 의해 수소 원자 방출이 검출될 수 있는 수소 원자의 이탈) 용 타임스케일을 추정한다. 에지 패스트 증착 레서피에 대하여, 그 시간은 약 1s 이다. 센터 패스트 증착 레서피에 대하여, 수소 트레이스는 사이드 수소 소스가 턴온될 때 제 2 실란 단계까지 스텝 업하지 않지만, 약 상기 시간의 절반에서 최종값의 50%에 도달한다. 따라서, 실란은 센터 패스트 레서피가 사용될 때 보다 빠르게 손실되며 확산된다.

<112> 웨이퍼의 에지와 센터에서 측정된 플라즈마 프로브 신호는 에지 패스트 및 센터 패스트 레서피 각각에 대하여 도 10a, 10b 에 도시된다. 비교하기 쉽도록, 신호는 자신의 각 히트 업 (heat-up) 단계에서의 레벨로 정규화된다. 상기한 바와 같이, 새로운 공급 가스가 챔버내로 확산될 때 전이 주기에 후속하는 신호 레벨은, 얼마나 많은 산화물이 프로브 팁 상에 누적되었음을 나타낸다. 산화층에서의 전압에 대한 프로브 전압의 의존성은 도 10c 에 도시된 모델 회로도로 이해할 수 있다. 증착된 산화물에서의 전압은 산화물 커패시턴스 (C_{oxide}) 및 오실로스코프의 커패시턴스 (C_{scope}) 에 걸쳐 분할된다.

<113> V_{out} 는 $V_{out} = \frac{V_{oxide}}{C_{scope}}\left(\frac{1}{C_{oxide}} + \frac{1}{C_{scope}}\right)^{-1}$ 에 의해 C_{oxide} 가 감소될 때 감소한다. [$C_{oxide} \ll C_{scope}$ 임계에서, $V_{out} \sim V_{oxide}C_{oxide}$ 임을 주의한다] 산화 전압 (V_{oxide}) 자체는 덮개 (sheath) 의 커패시턴스를 통한 플라즈마 전위 (V_{plasma}) 에 관련된다. 따라서, 증착된 산화물의 두께가 증가할 때 용량성 프로브의 출력은 증가한다.

<114> 도 10a 는, 에지 패스트 증착 레서피가 사용될 때, 산화물이 웨이퍼 에지에서 그리고 웨이퍼 센터에서 균일하게 형성됨을 나타낸다. 센터에서 보다 빠른 신호 감쇠를 나타내는 도 10b 와 비교할 때, 센터 패스트 레서피의 증착이 실제로 센터에서 더 빠르다. 또한, 이러한 결과는 웨이퍼의 센터에서 센터 패스트 레서피가 증가된 증착을 발생시키는 것을 도시하는 도 7a, 7b 의 데이터와 부합된다.

<115> 따라서, 센터 패스트 증착을 형성하는 한 가지 바람직한 방법은 하나의 레서피 단계에서 전구체 가스를 탑 소스로 공급하는 것이다. 또한, 이러한 센터 패스트 증착은 다른 유사한 에지 패스트 증착 레서피와 비교할 때 플라즈마 전하 손상 레벨을 감소시킨다. 반응 설계는 전류 방향성 (directionality) 을 제어하기에, 센터 패스트 공정은 에칭 공정에서 또한 사용될 수 있다.

<116> 상기한 설명을 판독한 후, 당업자는 센터 패스트 증착을 이용하는 다른 레서피를 발생시킬 수 있다. 다른 변형도 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않고 가능하다. 이러한 등가물 및 대체물은 본 발명의 범위내에 포함된다. 따라서, 본 발명의 범위는 상기한 실시예로 한정되지 않으며 청구범위에 의해서만 한정된다.

발명의 효과

<117> 소스 플라즈마 시스템 (80A) 은, 돔 (14) 상에 장착된, 탑 코일 (29) 및 사이드 코일 (30) 을 포함한다. 대칭 그라운드 실드 (도시하지 않음) 는 코일간의 전기적 연결을 감소시킨다. 탑 코일 (29) 은 탑 소스 RF (SRF) 발생기 (32A) 에 의해 전력을 공급받고, 사이드 코일 (30) 은 사이트 SRF 발생기 (32B) 에 의해 전력을 공급받으며, 각 코일용의 독립적인 전력 레벨 및 동작 주파수가 가능해진다. 이러한 이중 코일 시스템으로 인하여 챔버 (13) 내의 방사상 이온 밀도를 제어할 수 있고, 이에 따라 플라즈마 균일성이 향상된다.

<118> 일정한 정합을 제공하며 RF 제어 회로가 정합 네트워크를 조절하지 못하도록 그 RF 제어 회로를 효율적으로 디스에이블하는 한가지 방식은, 반사 전력의 어떠한 예상 값보다도 높게 반사 전력 임계값을 설정하는 것이다. 이것은 정합 네트워크를 가장 최근의 상태로 일정하게 유지함으로써 일부 상태하에서 플라즈마를 안정화하는데 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1a 는 여러 개의 금속 라인을 갖는 디바이스 구조의 개략적인 단면 프로파일.

<2> 도 1b 는 중성 플럭스 제한 산화물 성장에 의해 생성되는 금속 라인상의 비등각 증착을 나타내는 장치 구조의 단면 프로파일.

<3> 도 1c 는 반응 레이트 제한 산화물 성장에 의해 생성되는 금속 라인상의 등각 증착을 나타내는 장치 구조의 단면 프로파일.

<4> 도 1d 는 비등각 증착에 의해 유도되는 터널링 전류를 나타내는 장치 구조의 단일 금속 라인의 단면 프로파일.

<5> 도 1e 는 등각 증착에 의해 유도되는 터널링 전류를 나타내는 장치 구조의 단일 금속 라인의 단면 프로파일.

<6> 도 2a 는 본 발명에 따른 고밀도 플라즈마 화학 기상 증착 시스템의 일실시예의 간략화된 도.

<7> 도 2b 는 도 2a 의 예로 든 CVD 처리 챔버와 함께 사용될 수 있는 가스 링의 간략화된 단면도.

<8> 도 2c 는 도 2a 의 예로 든 CVD 처리 챔버와 함께 사용될 수 있는 라이트 펜(light pen) 및 모니터의 간략화된 도.

<9> 도 2d 는 도 2a 의 예로 든 CVD 처리 챔버를 제어하는데 사용되는 예로 든 공정 제어 컴퓨터 프로그램 생산물의 흐름도.

<10> 도 2e 는 본 발명의 일실시예에서 사용될 수 있는 다양한 공정 챔버 구성의 예의 개략적인 도.

<11> 도 3 은 본 발명의 방법에 따라 제조된 반도체 장치의 간략화된 단면도.

<12> 도 4 는 HDP 챔버에서 플라즈마 특징을 측정하도록 구성된 랭뮤어 (Langmuir) 프로브의 개략적인 도.

<13> 도 5a 는 에지 패스트(edge-fast) 증착을 이용하는 HDP 레서피 (recipe) 용 플라즈마 프로브 신호 결과의 그래픽 비교를 나타낸 도.

<14> 도 5b 는 센터 패스트 증착을 이용하는 HDP 레서피용 플라즈마 프로브 신호 결과의 그래픽 비교를 나타낸 도.

<15> 도 6a 는 에지 패스트 웨이퍼 증착이 진행되는 방식의 개략적인 도.

<16> 도 6b 는 센터 패스트 웨이퍼 증착이 진행되는 방식의 개략적인 도.

<17> 도 6c 는 에지 패스트 웨이퍼 증착이 사용될 때 장치 손상의 분포를 나타낸 도.

<18> 도 7a 는 센터 패스트 증착으로 증착된 막 두께의 등고선 매핑 도.

<19> 도 7b 는 에지 패스트 증착으로 증착된 막 두께의 등고선 매핑 도.

<20> 도 8a 는 센터 패스트 증착용 벌크막 플라즈마 손상 감시 결과를 나타낸 도.

<21> 도 8b 는 에지 패스트 증착용 벌크막 플라즈마 손상 감시 결과를 나타낸 도.

<22> 도 9a 는 산소 (777nm; 실선), 수소(288nm; 긴 점선), 및 아르곤 (603nm; 짧은 점선) 여기 라인용 에지 패스트 증착동안 시간에 대하여 수행된 분광 측정 결과를 나타낸 도.

<23> 도 9b 는 산소 (777nm; 실선), 수소(288nm; 긴 점선), 및 아르곤 (603nm; 짧은 점선) 여기 라인용 센터 패스트 증착동안 시간에 대하여 수행된 분광 측정 결과를 나타낸 도.

<24> 도 10a 는 에지 패스트 증착으로 증착되는 웨이퍼의 에지 및 센터에서 수행된 플라즈마 프로브 측정 결과를 나타낸 도.

<25> 도 10b 는 센터 패스트 증착으로 증착되는 웨이퍼의 에지 및 센터에서 수행된 플라즈마 프로브 측정 결과를 나타낸 도.

<26> 도 10c 는 산화 증착 특성의 개략적인 전기적 모델을 나타낸 도.

<27> * 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명 *

<28> 10 시스템 13 챔버

<29> 14 돔 (dome) 16 플라즈마 처리 영역

<30> 17 기판 18 기판 지지 부재

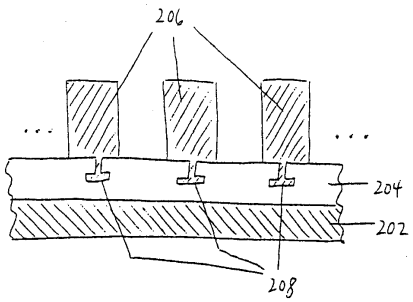
<31> 33 가스 전달 시스템 50 원격 플라즈마 세정 시스템

<32> 70 진공 시스템 80A 소스 플라즈마 시스템

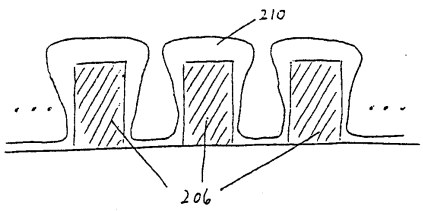
<33> 80B 바이어스 플라즈마 시스템

도면

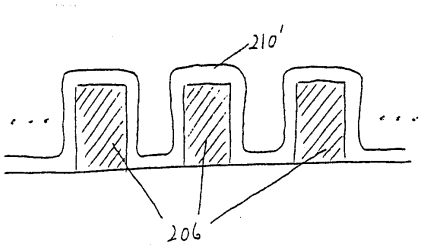
도면1a



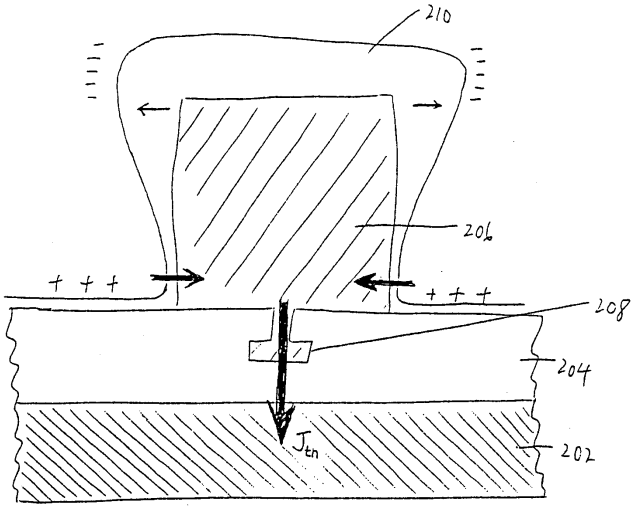
도면1b



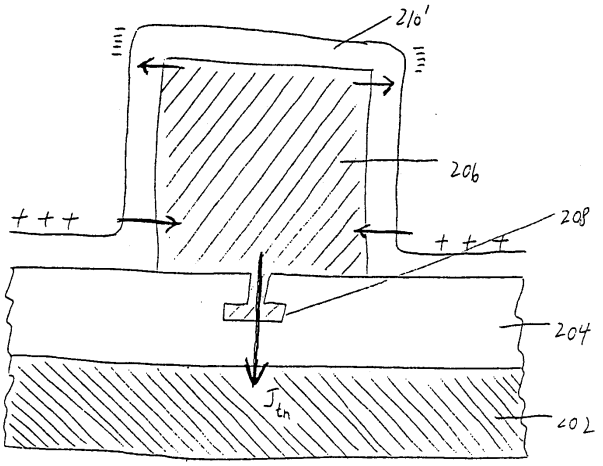
도면1c



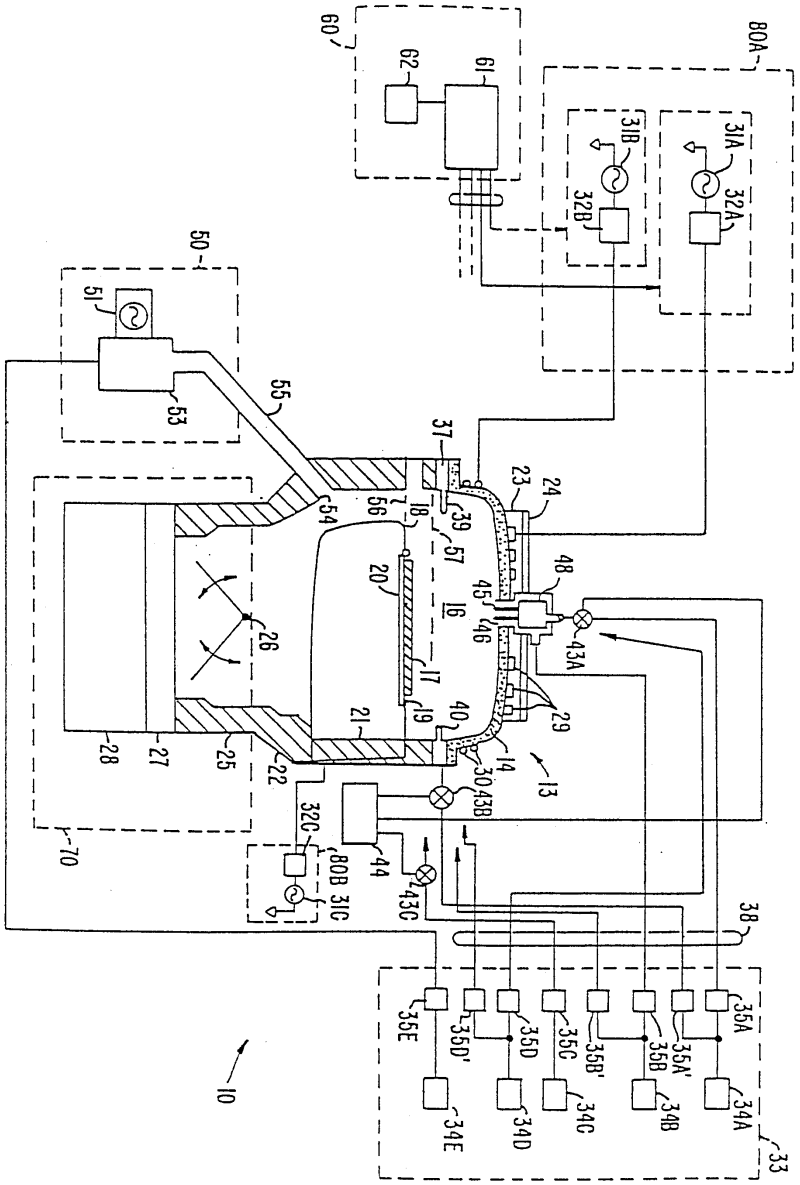
도면1d



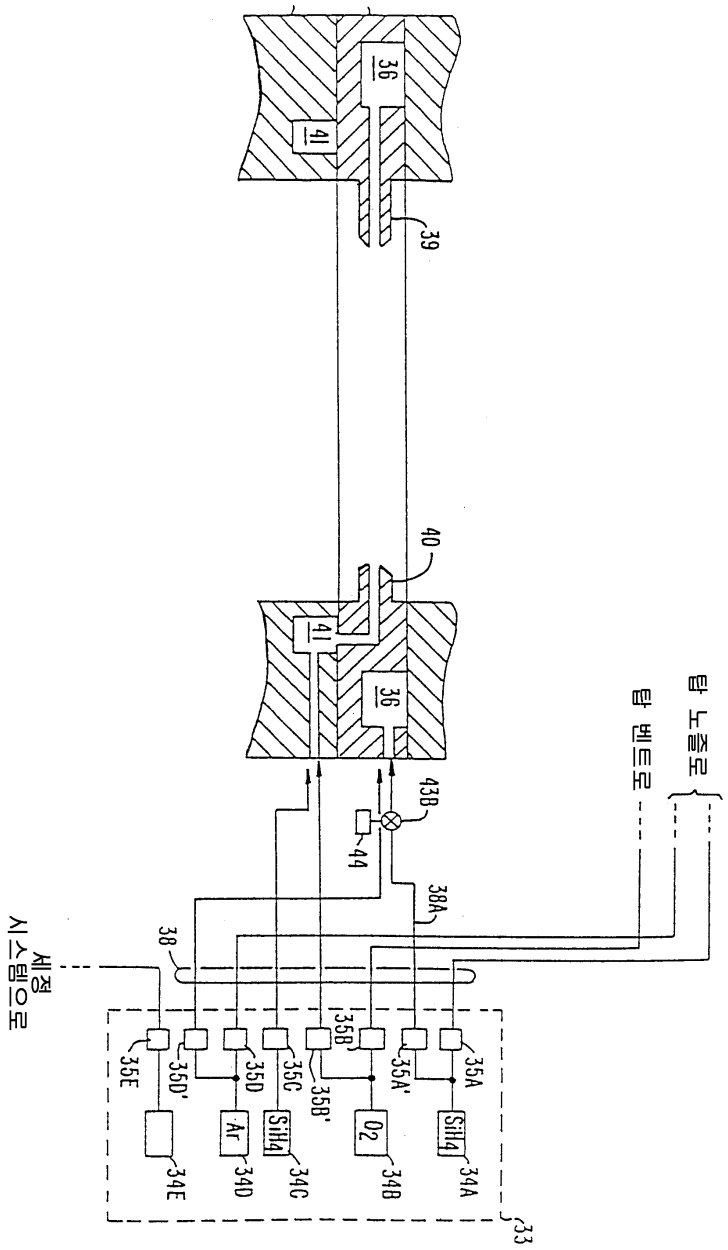
도면1e



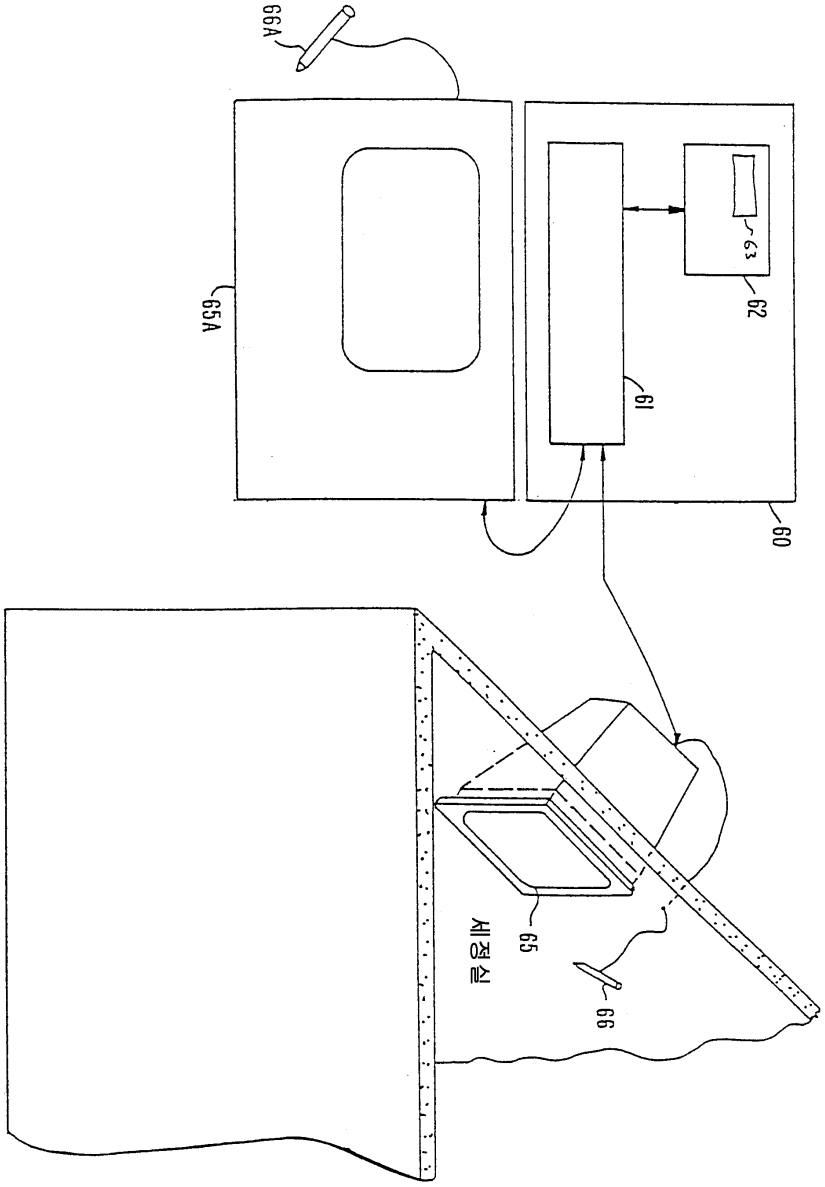
도면2a


60
62
61
80A
31B
31A
32A
32B
50
51
53
55
37
23
24
54
56
18
39
57
20
48
45
16
46
43A
26
17
29
21
19
40
14
13
28
27
25
22
30
43B
32C
80B
31C
44
43C
70
38
35E
35D'
35D
35C
35B'
35A'
35B
35A
34E
34D
34C
34B
34A
33
10

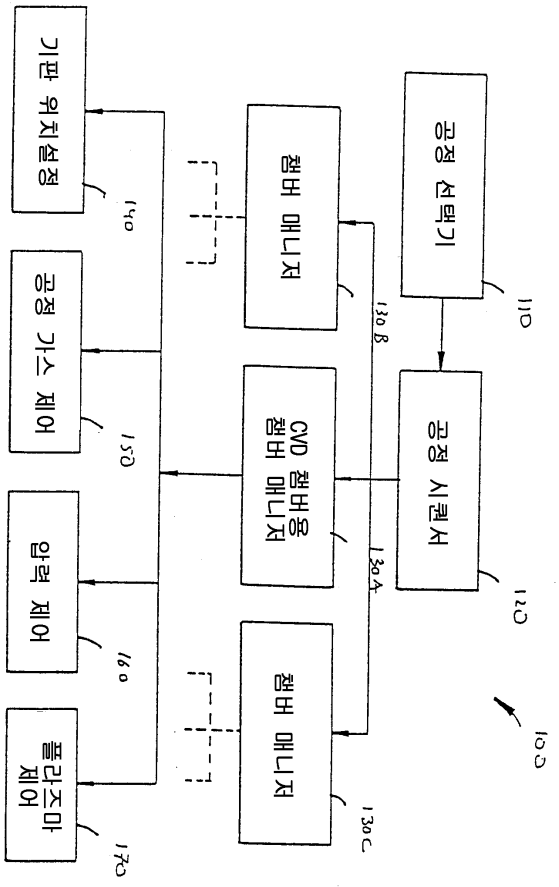
도면2b


36
41
39
40
41
36
43B
44
38A
38
세정
시스템으로
탑 벤트로
탑 노즐로
35E
35D'
35D
35C
35B'
35B
35A'
35A
34E
34D
34C
34B
34A
33

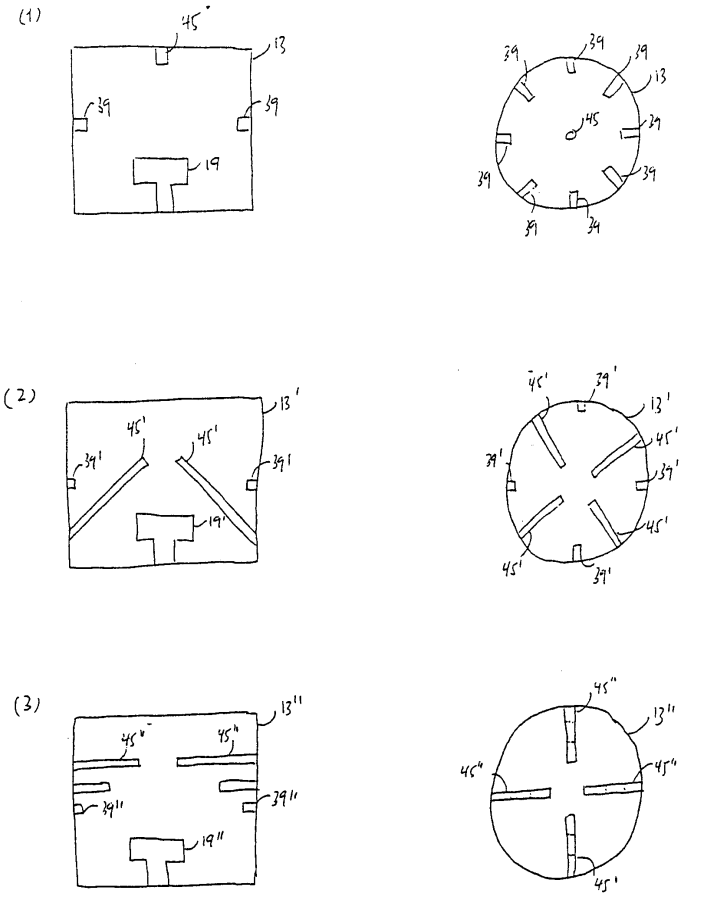
도면2c



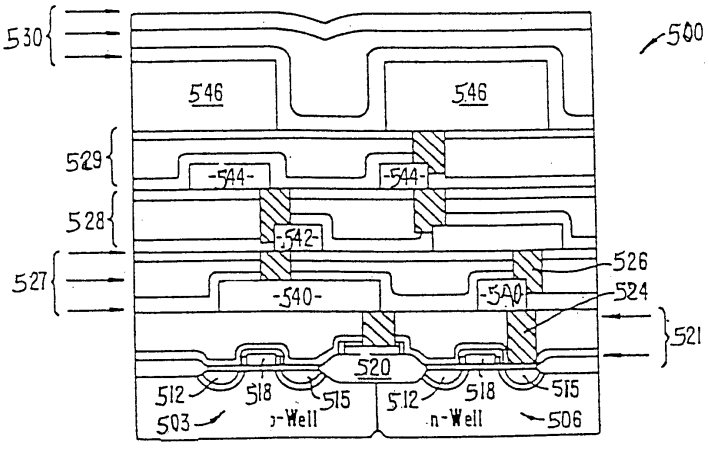
도면2d


공정 선택기
110
공정 시퀀서
120
100
챔버 매니저
130B
CVD 챔버용 챔버 매니저
130A
챔버 매니저
130C
기판 위치설정
140
공정 가스 제어
150
압력 제어
160
플라즈마 제어
170

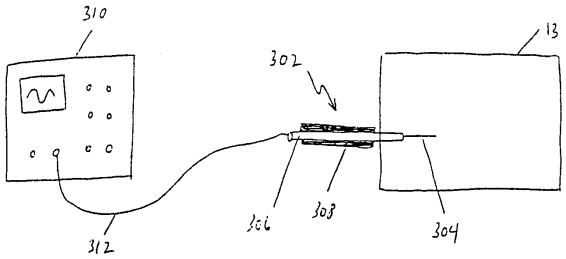
도면2e


(1)
45'
13
39
39
19
39
39
39
13
45
39
39
39
39
39
(2)
13'
45'
45'
39'
39'
19'
45'
39'
13'
45'
39'
39'
45'
45'
39'
(3)
13''
45''
45''
39''
39''
19''
45''
13''
45''
45''
45'

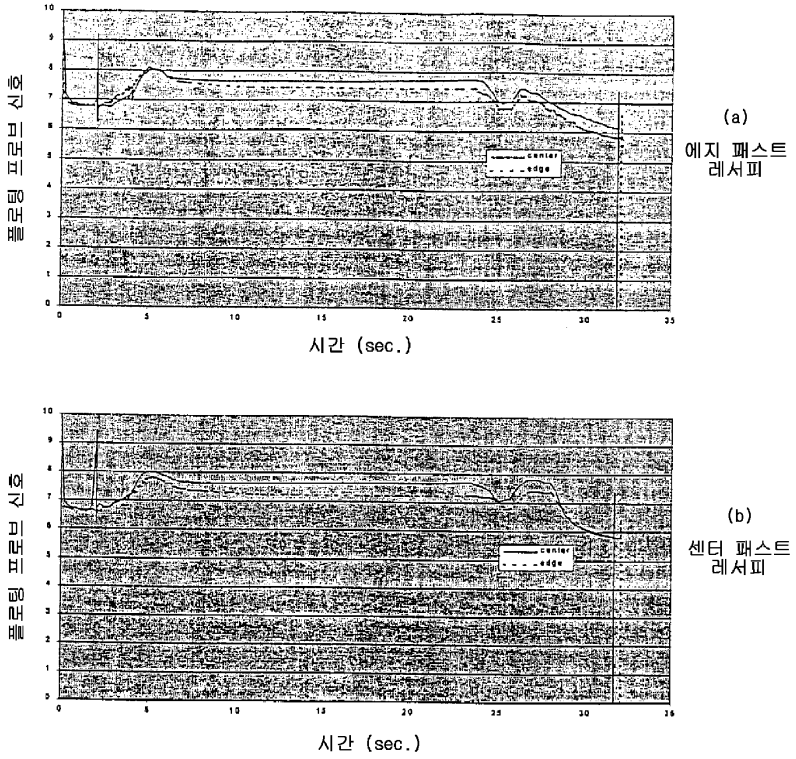
도면3


530
500
546
546
529
544
544
528
542
527
526
540
540
524
521
520
512
518
515
503
p-Well
512
518
515
n-Well
506

도면4



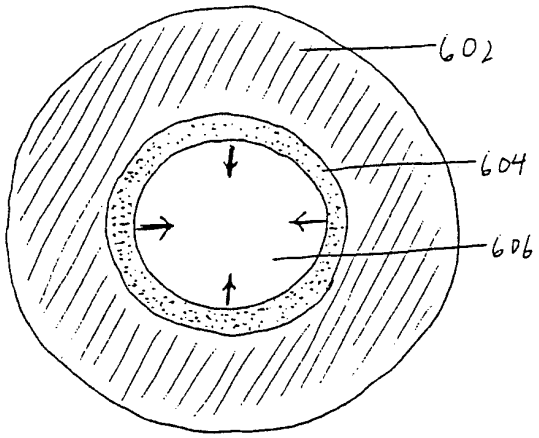
도면5



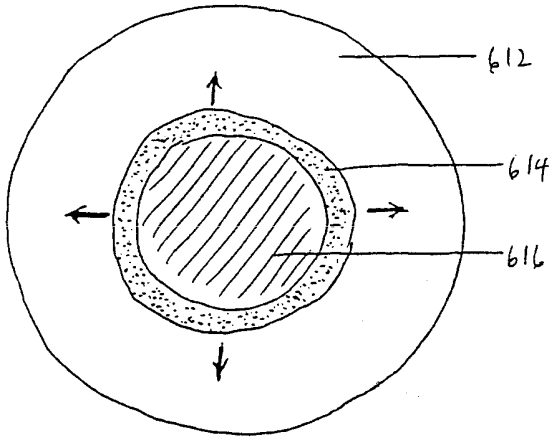
도면6

삭제

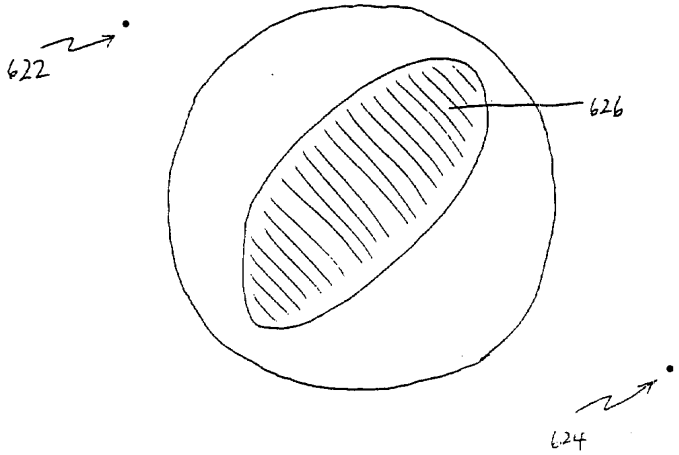
도면6a



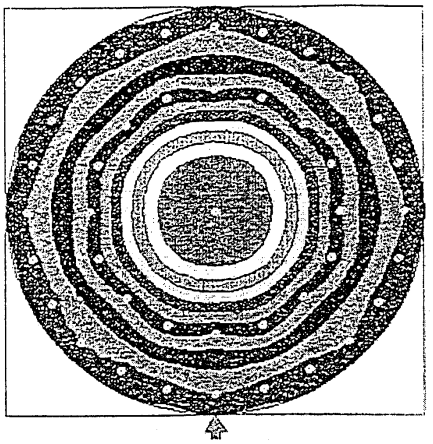
도면6b



도면6c

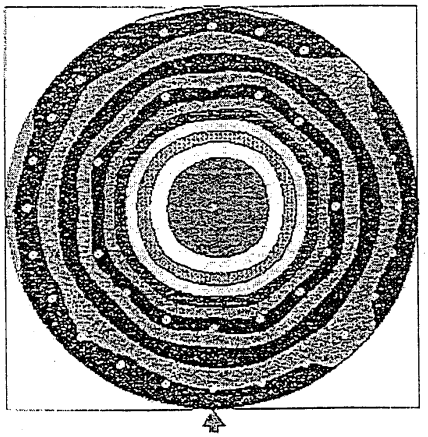


도면7



(a)

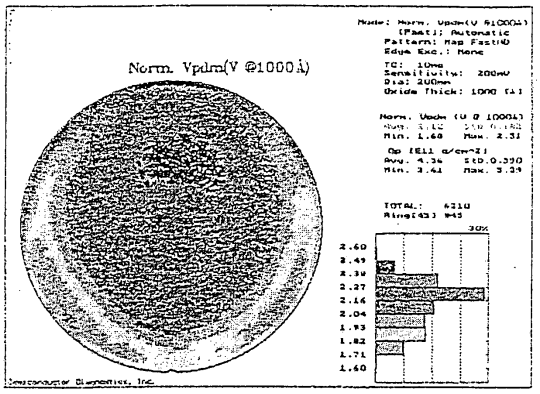
센터 패스트 증착



(b)

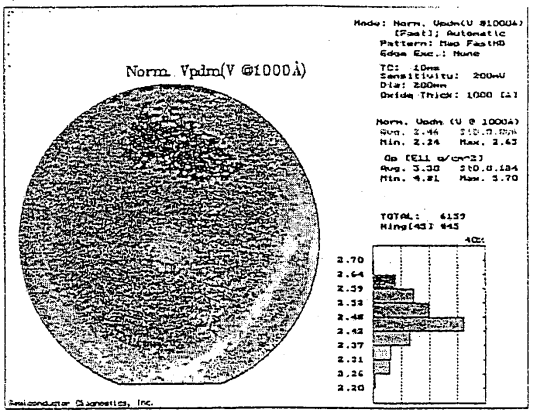
에지 패스트 증착

도면8



(a)

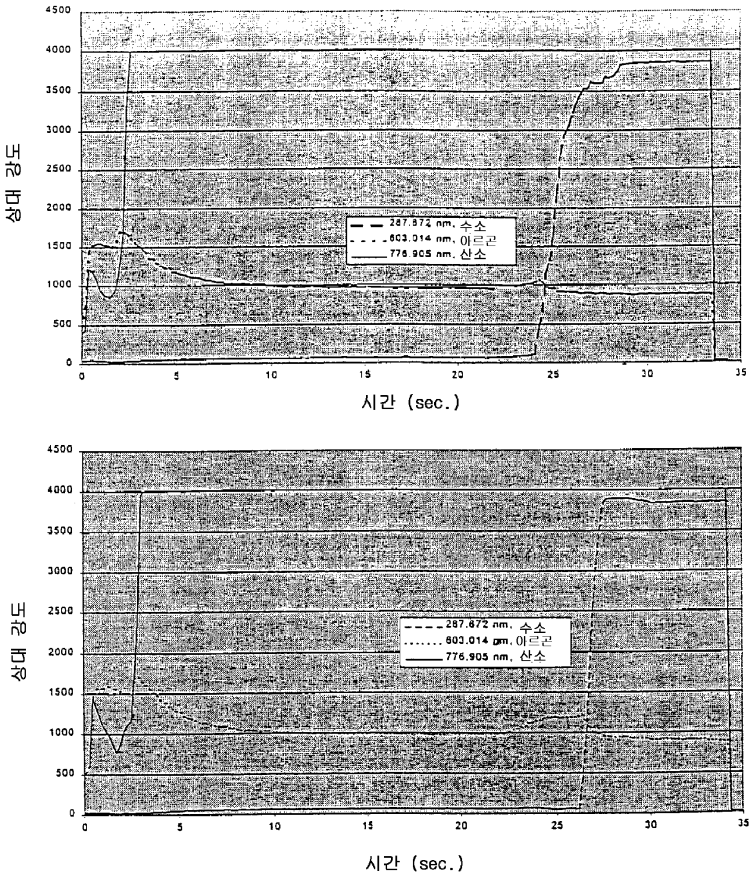
센터 패스트 증착



(b)

에지 패스트 증착

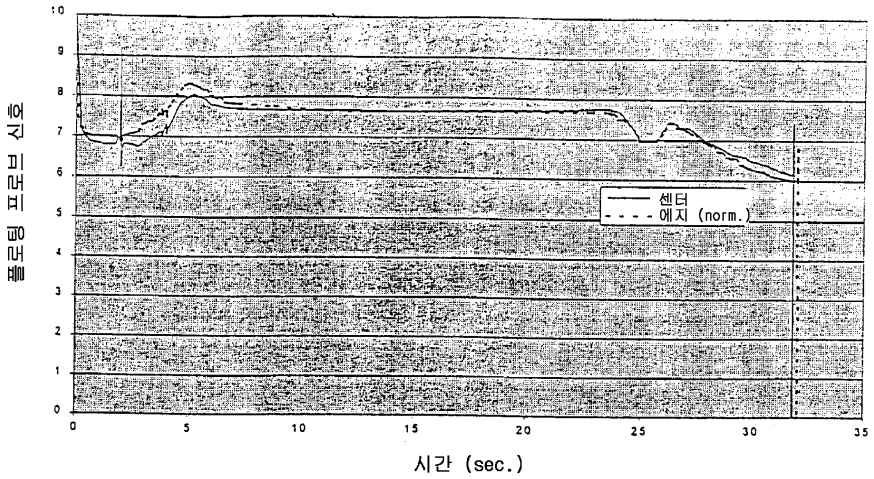
도면9



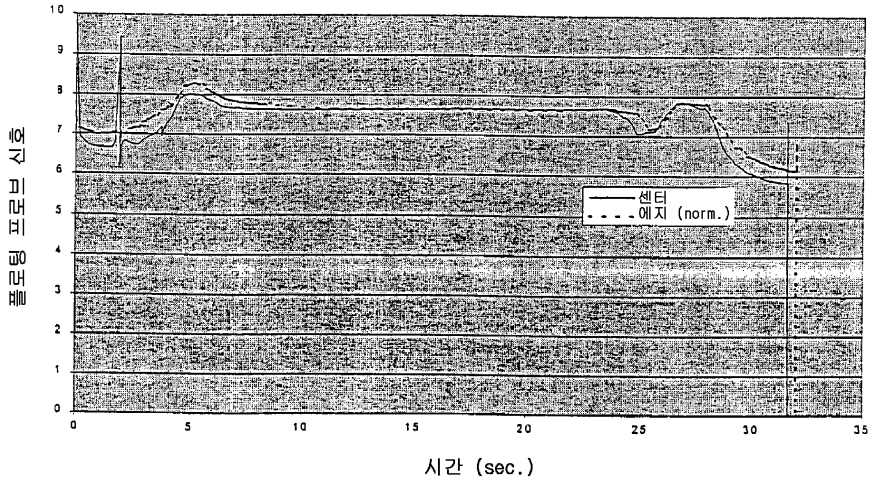
(a)
에지 패스트 증착

(b)
센터 패스트 증착

도면10



(a)
에지 패스트 증착



(b)
센터 패스트 증착

도면10c

