(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
C23C 16/40 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년11월24일
(11) 등록번호 10-0650220
(24) 등록일자 2006년11월20일

(21) 출원번호 10-2000-7010424
(22) 출원일자 2000년09월20일
심사청구일자 2004년03월19일
번역문 제출일자 2000년09월20일
(86) 국제출원번호 PCT/US1999/006326
국제출원일자 1999년03월22일
(65) 공개번호 10-2001-0042073
(43) 공개일자 2001년05월25일
(87) 국제공개번호 WO 1999/47728
국제공개일자 1999년09월23일

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

(30) 우선권주장 09/045,278 1998년03월20일 미국(US)

(73) 특허권자 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자 로스만,켄트
미국95134캘리포니아샌어제이알란빌리지레인#434305

(74) 대리인 남상선

심사관 : 이성준

전체 청구항 수 : 총 72 항

(54) 유전층의 증착 및 에칭을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 등각의 유전층에 의해 덮여진 계단형 표면을 갖는 기판이 배치된 공정 챔버 내로 증착 가스의 유동을 선택적으로 감소시키는 증착-에칭 기술 피쳐를 사용하여 등각의 유전층을 증착하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 공정 챔버 내로 증착 가스의 유동을 선택적으로 감소시키는 것에 의해, 공정 챔버에서, 플라즈마가 형성되는, 스퍼터링 가스의 농도가 압력을 증가시키는 것없이 증가된다. 증착 가스의 유동이 100%에 접근하는 스퍼터링 가스 농도를 제공하기 위해 주기적으로 종결되는 것이 선호된다. 이러한 방법으로, 적당한 틈-충진 특성을 갖는 등각 유전층의 에칭 속도는 같은 증착 속도에서 증가를 허용하며, 크게 증가된다.

대표도

도 10

특허청구의 범위

청구항 1.

공정 챔버에 배치된 기판상에 등각 층을 증착하는 방법으로서,

상기 공정 챔버 내로 증착 가스 및 불활성 가스 소스를 유동시키는 단계와,

상기 등각 층을 증착하기 위해 상기 공정 챔버 내에서 플라즈마를 형성하는 단계와, 그리고

상기 등각 층의 증착 중에, 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시킴으로써, 상기 불활성 가스에 대한 상기 증착 가스의 상대적인 농도를 감소시키는, 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 미리 정해진 시간 동안 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 증착 가스를 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 미리 결정된 시간 동안 상기 공정 챔버로부터 상기 증착 가스를 제거하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 증착 가스를 주기적으로 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 상기 공정 챔버로부터 상기 증착 가스를 주기적으로 제거하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 6.

제 2항에 있어서, 상기 미리 정해진 시간은 10 내지 15초인 증착 방법.

청구항 7.

제 1항에 있어서, 상기 공정 챔버는 해당 압력을 가지며, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 상기 압력을 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 8.

제 1항에 있어서, 상기 증착 가스는 산소 소스 및 실리콘 소스를 포함하는 증착 방법.

청구항 9.

제 8항에 있어서, 상기 실리콘 소스는 실란을 포함하는 증착 방법.

청구항 10.

해당 압력을 갖는 공정 챔버에 배치된 기판상에 등각 층을 증착하는 방법으로서,

상기 공정 챔버 내로 증착 가스 및 불활성 가스 소스를 유동시키는 단계와,

상기 등각 층을 형성하기 위해, 상기 공정 챔버 내에서, 상기 불활성 가스 소스로부터 플라즈마를 형성하는 단계와, 그리고

상기 등각 층의 증착 중에, 상기 압력을 증가시키지 않으면서 상기 공정 챔버 내의 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시킴으로써, 상기 불활성 가스에 대한 상기 증착 가스의 상대적인 농도를 감소시키는, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 11.

제 10항에 있어서, 상기 증착 가스는 산소 소스의 유동 및 실리콘 소스의 유동을 포함하고, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계는 상기 실리콘 소스의 유동 및 상기 산소 소스의 유동을 선택적으로 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 12.

제 11항에 있어서, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계는 상기 실리콘 소스의 유동 및 상기 산소 소스의 유동을 중단시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 13.

제 11항에 있어서, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계는 상기 실리콘 소스의 유동 및 상기 산소 소스의 유동을 동시에 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 14.

제 13항에 있어서, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계는 10 내지 15 초의 미리 정해진 시간동안 상기 실리콘 소스의 유동 및 상기 산소 소스의 유동을 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 15.

제 14항에 있어서, 상기 불활성 가스 농도를 선택적으로 증가시키는 단계는 상기 공정 챔버 내에 존재하는 가스 혼합물이 약 100%의 불활성 소스 농도를 가지도록 상기 실리콘 소스의 유동 및 상기 산소 소스의 유동을 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 16.

제 15항에 있어서, 상기 불활성 가스 소스는 아르곤 가스이고, 상기 실리콘 소스는 실란 가스이며, 상기 산소 소스는 분자 산소 가스인 증착 방법.

청구항 17.

기판 처리 장치로서,

공정 챔버를 형성하는 하우징과,

상기 공정 챔버와 유체 연통하고 상기 공정 챔버 내부에 플라즈마를 위치시키기 위한 고주파 플라즈마 시스템과,

실리콘 소스, 산소 소스, 및 불활성 가스 소스를 포함하며 상기 공정 챔버와 유체 연통하는 가스 이송 시스템과,

진공 시스템 내에서 선택된 압력을 유지하기 위한 압력 제어 시스템과,

상기 고주파 플라즈마 시스템, 상기 가스 이송 시스템, 및 상기 압력 제어 시스템을 조정하기 위한 제어기와, 그리고

상기 기판 처리 장치의 작동을 지시하기 위한 컴퓨터-판독 가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터-판독 가능한 매체를 포함하고 상기 제어기에 연결되는 메모리를 포함하며,

상기 기판 처리 장치의 작동 지시는:

상기 공정 챔버 내로 증착 가스 및 불활성 가스 소스를 유동시키는 단계와,

상기 등각 층을 증착하기 위해 상기 공정 챔버 내에서 플라즈마를 형성하는 단계와, 그리고

상기 등각 층의 증착 중에, 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시킴으로써, 상기 불활성 가스에 대한 상기 증착 가스의 상대적인 농도를 감소시키는 단계에 따라 이루어지는,

기판 처리 장치.

청구항 18.

제 17항에 있어서, 상기 컴퓨터-판독 가능한 프로그램은 상기 공정 챔버내의 압력을 미리 정해진 수준으로 유지하면서 상기 공정 챔버내의 불활성 가스 소스의 양을 선택적으로 증가시키도록 상기 가스 이송 시스템을 제어하는 명령어 세트를 포함하는 기판 처리 장치.

청구항 19.

제 18항에 있어서, 상기 명령어 세트는 상기 공정 챔버내에 존재하는 상기 실리콘 소스 및 상기 산소 소스를 선택적으로 감소시키도록 상기 가스 이송 시스템을 제어하는 기판 처리 장치.

청구항 20.

제 18항에 있어서, 상기 명령어 세트는 상기 공정 챔버로부터 상기 실리콘 소스 및 상기 산소 소스를 선택적으로 제거하도록 상기 이송 시스템을 제어하는 기판 처리 장치.

청구항 21.

기판 처리 장치로서,

공정 챔버를 형성하는 하우징과,

상기 공정 챔버와 유체 연통하고 상기 공정 챔버 내부에 플라즈마를 위치시키기 위한 고주파 플라즈마 시스템과,

실리콘 소스 및 산소 소스를 포함하며 상기 공정 챔버와 유체 연통하는 가스 이송 시스템과,

진공 시스템 내에서 선택된 압력을 유지하기 위한 압력 제어 시스템과,

상기 고주파 플라즈마 시스템, 상기 가스 이송 시스템, 및 상기 압력 제어 시스템을 조정하기 위한 제어기와, 그리고

상기 기판 처리 장치의 작동을 지시하기 위한 컴퓨터-판독 가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터-판독 가능한 매체를 포함하고 상기 제어기에 연결된 메모리를 포함하며,

상기 컴퓨터-판독 가능한 프로그램은 상기 기판상에 등각 층을 증착하는 동안에 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 실리콘 소스 가스 및 상기 산소 소스 가스의 양을 선택적으로 감소시키기 위해 상기 가스 이송 시스템을 제어하는 명령어 세트를 포함하는 기판 처리 장치.

청구항 22.

기판 공정 챔버내에 배치된 기판상에 등각 유전 층을 증착하는 방법으로서,

상기 챔버 내로 증착 가스 및 불활성 가스 소스를 유동시키는 단계와,

상기 기판상에 등각 층을 증착하기 위해 상기 챔버 내에 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계와, 그리고

상기 등각 유전 층의 증착 중에, 상기 공정 챔버 내에 존재하는 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시킴으로써, 상기 불활성 가스에 대한 상기 증착 가스의 상대적인 농도를 감소시키는, 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 23.

제 22항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계 이후에 그리고 상기 등각 유전 층의 증착 중에, 상기 공정 챔버내에 존재하는 증착 가스를 선택적으로 증가시킴으로써 상기 불활성 가스에 대한 상기 증착 가스의 상대적인 농도를 증가시키는 상기 증착 가스의 선택적인 증가 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 24.

제 23항에 있어서, 상기 증착 가스는 실리콘 소스 및 산소 소스를 포함하는 증착 방법.

청구항 25.

제 24항에 있어서, 상기 증착 가스를 선택적으로 감소시키는 단계는 미리 정해진 시간 동안 상기 챔버로부터 증착 가스를 제거하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 26.

제 24항에 있어서, 상기 불활성 가스 소스는 아르곤을 포함하는 증착 방법.

청구항 27.

제 24항에 있어서, 상기 등각 유전 층은 인접한 상승 표면들 사이에 형성된 갭 위에 증착되며, 상기 갭은 2.5:1 이상의 종횡비를 갖는 증착 방법.

청구항 28.

제 27항에 있어서, 상기 실리콘 소스는 실란(SiH_4)이고, 상기 산소 소스는 분자 산소(O_2)인 증착 방법.

청구항 29.

제 23항에 있어서, 상기 증착 가스의 선택적인 증가 단계 이후에 그리고 등각 층의 증착 중에, (ⅰ) 불활성 가스에 대한 증착 가스의 상대적인 농도를 감소시키고 이어서 (ⅱ) 불활성 가스에 대한 증착 가스의 상대적인 농도를 증가시키는 일련의 단계를 한차례 이상 반복하는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 30.

제 22항에 있어서, 상기 고밀도 플라즈마 형성 단계는 유도 결합 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 31.

기판 공정 챔버내에 배치된 기판상에 유전 층을 증착하는 방법으로서,

제 1 증착-대-에칭 비율의 고밀도 플라즈마 공정을 이용하여 기판상에 유전 층의 제 1 부분을 증착하는 단계;

이어서, 기판 공정 챔버내에서 고밀도 플라즈마를 유지하면서, 상기 고밀도 플라즈마 공정의 제 1 증착-대-에칭 비율을 제 2 증착-대-에칭 비율로 감소시키는 단계; 및

이어서, 기판 공정 챔버내에서 고밀도 플라즈마를 유지하면서 상기 고밀도 플라즈마 공정의 제 2 증착-대-에칭 비율을 제 3 증착-대-에칭 비율로 증가시킴으로써, 기판상에 유전 층의 제 2 부분을 증착하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 32.

제 31항에 있어서, 상기 유전 층의 제 1 부분을 증착하는 단계는 증착 가스 및 불활성 가스로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 33.

제 32항에 있어서, 상기 제 1 증착-대-에칭 비율을 제 2 증착-대-에칭 비율로 감소시키는 단계는 불활성 가스의 농도에 비해 증착 가스의 농도를 상대적으로 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 34.

제 33항에 있어서, 상기 제 1 증착-대-에칭 비율을 제 2 증착-대-에칭 비율로 감소시키는 단계는 불활성 가스가 기판 공정 챔버내로 유동하는 속도를 높이는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 35.

제 32항에 있어서, 상기 제 2 증착-대-에칭 비율을 제 3 증착-대-에칭 비율로 증가시키는 단계는 불활성 가스의 농도에 비해 증착 가스의 농도를 상대적으로 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 36.

제 35항에 있어서, 상기 증착 가스는 실리콘 소스 및 산소 소스를 포함하는 증착 방법.

청구항 37.

제 36항에 있어서, 상기 불활성 가스는 아르곤을 포함하는 증착 방법.

청구항 38.

제 32항에 있어서, 상기 제 1 증착-대-에칭 비율을 제 2 증착-대-에칭 비율로 감소시키는 단계는 상기 기판 공정 챔버내로의 증착 가스 유동을 중단시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 39.

제 38항에 있어서, 상기 제 1 증착-대-에칭 비율을 제 2 증착-대-에칭 비율로 감소시키는 단계는 상기 기판 공정 챔버내로 유동하는 불활성 가스의 속도를 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 40.

제 38항에 있어서, 상기 증착 가스는 실리콘 소스 및 산소 소스를 포함하는 증착 방법.

청구항 41.

제 40항에 있어서, 상기 불활성 가스는 아르곤을 포함하는 증착 방법.

청구항 42.

제 32항에 있어서, 상기 유전 층은 인접한 상승 표면들 사이에 형성된 갭 위에 증착되며, 상기 갭은 2.5:1 이상의 종횡비를 갖는 증착 방법.

청구항 43.

제 31항에 있어서, 상기 고밀도 플라즈마 공정은 유도 결합 고밀도 플라즈마 공정인 증착 방법.

청구항 44.

인접 상승 표면들 사이에 형성된 트렌치를 구비하고 기판 공정 챔버내에 배치되는 기판 상에 유전 층을 증착하는 방법으로서,

동시적인(simultaneous) 증착 및 스퍼터링 구성요소들을 가지며 기판 공정 챔버내로 유동하는 불활성 가스 및 증착 가스로부터 플라즈마를 형성하는 고밀도 플라즈마 증착 공정을 이용하여 상기 기판상에 그리고 트렌치내에 유전층의 제 1 부분을 증착하는 단계,

이어서, 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키는 단계, 및

이어서, 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키고 상기 기판상에 유전 층의 제 2 부분을 증착하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 45.

제 44항에 있어서, 상기 증착 가스는 실리콘 소스 및 산소 소스를 포함하는 증착 방법.

청구항 46.

제 45항에 있어서, 상기 불활성 가스는 아르곤인 증착 방법.

청구항 47.

제 45항에 있어서, 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키고 상기 기판상에 유전 층의 제 2 부분을 증착하는 단계 후에, (ⅰ) 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키고 이어서 (ii) 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키고 기판상에 유전 층의 일부를 증착하는 일련의 단계를 한차례 이상 반복하는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 48.

제 46항에 있어서, 상기 트렌치의 종횡비는 2.5:1 이상인 증착 방법.

청구항 49.

제 48항에 있어서, 상기 트렌치는 유전 층상에서 에칭된 비아인 증착 방법.

청구항 50.

제 45항에 있어서, 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키는 단계는 기판 공정 챔버로의 실리콘 소스 유동을 중단시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 51.

제 50항에 있어서, 증착 가스 및 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키고 상기 기판상에 유전 층의 제 2 부분을 증착하는 단계는 기판 공정 챔버내로의 실리콘 소스 유동을 재시작하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 52.

제 51항에 있어서, 증착 가스와 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키는 단계는 상기 기판 공정 챔버로의 산소 소스 유동을 감소시키는 단계를 더 포함하고, 상기 증착 가스와 불활성 가스 중 하나 이상의 유동 속도를 변화시켜 고밀도 플라즈마 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키는 단계는 상기 기판 공정 챔버내로의 산소 소스의 유동을 증가시키는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 53.

제 52항에 있어서, 상기 산소 소스의 유동을 감소시키는 단계는 상기 챔버로의 산소 소스 유동을 중단시키는 단계를 포함하고, 상기 산소 소스의 유동을 증가시키는 단계는 상기 챔버로의 산소 소스 유동을 재시작하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 54.

제 44항에 있어서, 상기 고밀도 플라즈마 공정은 유도 결합 고밀도 플라즈마 공정인 증착 방법.

청구항 55.

인접 상승 표면들 사이에 형성된 갭을 구비하고 기판 공정 챔버내에 배치되는 기판 상에 유전 층을 증착하는 방법으로서,

실리콘 소스, 산소 소스 및 불활성 가스를 포함하는 제 1 가스 혼합물을 상기 챔버내로 유동시키고 소정의 증착-대-에칭 비율을 가지는 증착 공정의 일부로서 상기 제 1 가스 혼합물로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계,

이어서, 상기 기판 공정 챔버내에서 고밀도 플라즈마를 유지하면서 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 감소시키고 상기 증착 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키는 단계, 및

이어서, 상기 기판 공정 챔버내에서 고밀도 플라즈마를 유지하면서 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 증가시킴으로써 상기 증착 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 56.

제 55항에 있어서, 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 감소시키는 단계는 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 모두의 유동 속도를 감소시키는 단계를 포함하고, 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 증가시키는 단계는 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 모두의 유동 속도를 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 57.

제 56항에 있어서, 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 감소시키는 단계는 불활성 가스의 유동 속도를 증가시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 58.

제 57항에 있어서, 상기 실리콘 소스 및 산소 소스 중 하나 이상의 유동 속도를 증가시키는 단계는 불활성 가스의 유동 속도를 감소시키는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 59.

제 55항에 있어서, 상기 실리콘 소스는 실란(SiH_4)인 증착 방법.

청구항 60.

제 59항에 있어서, 상기 산소 소스는 분자 산소(O_2)인 증착 방법.

청구항 61.

제 59항에 있어서, 상기 불활성 가스는 아르곤인 증착 방법.

청구항 62.

제 55항에 있어서, 상기 갭의 종횡비는 2.5:1인 증착 방법.

청구항 63.

제 55항에 있어서, 상기 고밀도 플라즈마 형성 단계는 유도 결합 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 64.

인접 상승 표면들 사이에 형성된 갭을 구비하고 기판 공정 챔버내에 배치되는 기판 상에 유전 층을 증착하는 방법으로서,

실리콘 소스, 산소 소스 및 불활성 가스를 포함하는 제 1 가스 혼합물을 상기 챔버내로 유동시키고 제 1 증착-대-에칭 비율을 가지는 증착 공정에서 기판상에 유전 층의 제 1 부분을 증착하기 위해 상기 제 1 가스 혼합물로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계,

이어서, 고밀도 플라즈마를 유지하면서 실리콘 소스의 상기 챔버로의 유동을 중단시키고 상기 증착 공정의 증착-대-에칭 비율을 감소시키는, 실리콘 소스 유동 중단 단계, 및

이어서, 고밀도 플라즈마를 유지하면서 실리콘 소스의 상기 챔버로의 유동을 재도입하고 상기 증착 공정의 증착-대-에칭 비율을 증가시켜 기판상에 유전 층의 제 2 부분을 증착하는, 실리콘 소스 유동 재도입 단계를 포함하는 증착 방법.

청구항 65.

제 64항에 있어서, 상기 실리콘 소스 유동 중단 단계는 상기 챔버로의 불활성 가스 유동 속도를 증가시키는 단계를 더 포함하고, 상기 실리콘 소스의 유동을 재도입하는 단계는 상기 챔버로의 불활성 가스 유동 속도를 감소시키는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 66.

제 64항에 있어서, 상기 실리콘 소스 유동 중단 단계는 상기 챔버로의 산소 소스 유동을 중단하는 단계를 더 포함하고, 상기 실리콘 소스의 유동을 재도입하는 단계는 상기 챔버로의 산소 소스 유동을 재도입하는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 67.

제 66항에 있어서, 상기 실리콘 소스 유동 중단 단계는 상기 챔버로의 불활성 가스 유동을 증가시키는 단계를 더 포함하고, 상기 실리콘 소스의 유동을 재도입하는 단계는 상기 챔버로의 불활성 가스 유동을 감소시키는 단계를 더 포함하는 증착 방법.

청구항 68.

제 67항에 있어서, 상기 실리콘은 실란(SiH_4)인 증착 방법.

청구항 69.

제 68항에 있어서, 상기 산소 소스는 분자 산소(O_2)인 증착 방법.

청구항 70.

제 69항에 있어서, 상기 불활성 가스는 아르곤인 증착 방법.

청구항 71.

제 69항에 있어서, 상기 갭의 종횡비는 2.5:1 이상인 증착 방법.

청구항 72.

제 64항에 있어서, 상기 고밀도 플라즈마 형성 단계는 유도 결합 고밀도 플라즈마 형성 단계를 포함하는 증착 방법.

명세서

기술분야

본 발명은 집적 회로의 제조에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 뛰어난 틈-충진(gap-filling) 특성을 가지고, 계단형 표면 위에 증착되는 등각(conformal)의 유전층의 증착 속도(rate)를 증가시키는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

반도체 소자의 기하학적 형상의 크기가 계속 작아지기 때문에, 제조되는 웨이퍼상의 단위 면적당에 더 많은 소자들을 제공하고 있다. 현재, 몇몇 소자들은 0.18㎛ 만큼 작은 피쳐(feature) 크기로 제조되고 있다. 예컨대, 패턴화된 웨이퍼의 도전성 라인들이나 트레이스(trace)들 사이의 간격은 비슷한 크기의 홈이나 틈을 남기면서 0.18㎛로 분리 될 수 있다. 이산화규소 같은 유전 물질의 비도전 층이 피쳐상에 증착되어, 전술한 틈(또는 트렌치; trench)을 채우고, 그리고 인접 층내의 집적 회로의 다른 피쳐들로부터 또는 같은 층내의 인접한 피쳐들로부터 소정 피쳐들을 절연시킨다.

집적 회로의 피쳐 크기가 줄어 들면서 발생하는 한가지 문제는 인접 도전 라인들 사이의 틈을 완전히 채우기가 어려워졌다는 것이다. 이러한 문제는 틈-충진 문제로서 언급되고 도 1 및 도 2와 관련하여 아래에 기술된다. 도 1은 도면부호 14로 표시된 틈을 형성하는 도전성 피쳐(12) 층을 가지는 반도체 웨이퍼와 같은 기판(10)의 수직 횡단면도를 도시하고 있다. 틈의 측벽(16)은 인접한 도전성 피쳐(12)의 하나의 에지(edge)에 의해 형성된다. 증착 과정 동안, 유전 물질(18)은 기판(10) 및 도전성 피쳐(12)의 표면(20)에 축적되고, 도전성 피쳐(12)의 코너(24)에 위치한 돌출부(overhang)를 형성한다. 유전 층(16)의 증착이 계속되면서, 돌출부(22)는 유전층(26)이 형성되기 전까지, 틈(14)이 채워지는 것보다 더 빨리 함께 커지면서, 도 2에 보다 명확히 도시된 바와 같이, 내부에 빈 공간(28)을 생성시킨다. 이러한 방법에서, 유전층(26)은 내부 빈 공간(28)으로의 증착을 방해한다. 내부의 빈 공간(28)은 장치 제조, 작동, 및 신뢰도에 문제가 될 수 있다.

많은 다른 기술들이 증착 에칭-백[etch-back, 증착-에칭(dep-etch)] 기술들을 포함하면서, 유전층의 틈-충진 특성을 개선하도록 수행되어 왔다. 하나의 이런 증착-에칭 기술은 증착 공정 동안 빈공간들의 형성을 방지하기 위한 이온 충격에 의한 유전층의 물리적 스퍼터링을 포함한다. 물리적으로 스퍼터링하는 증착-에칭 기술의 효과는 도 3에 도시된다. 도 3에서 도시된 대로, 유전 물질내로 입사하는 이온(30)들은 충돌에 의해 에너지를 전달하여 원자(32)들이 지역적 결합력(binding forces)을 극복하고 그곳으로부터 배출되게 한다. 증착-에칭 기술 과정 동안, 유전 물질은 표면(34)을 형성하는 틈(14)을 채운다. 표면(34)은 측벽(16)에 경사지게 연장되는 평면내에 놓이고 주로 단면(facet)으로 지칭된다. 유전층(26)이 증착되고 그리고 그러한 유전 물질의 증착에 이어서 에칭이 이루어지도록, 이러한 증착-에칭 기술이 연속 적용될 수 있다. 선택적으로, 증착 공정과 에칭 공정이 동시에 이루어질 수 있다. 증착과 에칭이 연속적이든 또는 동시적이든 간에, 유전층(26)의 윤곽의 표면에 미치는 일차적인 효과는 같다.

도 3 및 4를 참조하면, 확장된 증착-에칭 기술후에, 도전성 피쳐(12)들 사이의 공간에 관계없이, 코너 (24) 부근에 위치한 유전층(26) 부분은 기판 (10)이 놓여 있는 평면에 대하여 경사각을 형성하는 표면(34)을 갖는다. 그 후에 매우 좁은 피쳐들이 완전히 평탄화되도록, 물리적 스퍼터링과 증착이 균형을 이루는 확장된 평탄화 에칭 기술에 의해 평탄화가 이루어진다. 선택적으로, 큰 피쳐들의 남은 계단부를 평탄하게 하거나 제거할 수 있는 별도의 평탄화 공정이 사용될 수 있다.

통상적으로, 플라즈마 화학기상증착(CVD) 공정은 증착-에칭 기술을 이용하여 유전층을 증착시키기 위하여 이용된다. 예컨대, 전자 사이클로트론 공명화학기상증착(ECR-CVD) 공정과 같은 고밀도 플라즈마-화학기상증착 공정 또는 플라즈마 강화 화학기상증착(PECVD) 공정이 사용될 수 있다. 통상적으로, 플라즈마 화학 기상 증착 공정은 순수 열적 활성화 CVD 공정에서 일반적으로 사용 가능한 것보다 더 빠른 증착 속도와 더 낮은 증착 온도에서의 고품질 박막의 증착을 허용한다. 그러나, 통상의 플라즈마 화학 기상 증착 공정을 이용하여 얻을 수 있는 속도는 여전히 상대적으로 낮다.

종래 기술에서 가능했던 것보다 상당히 더 빠른 속도로 기판의 계단형 표면위에 등각의 유전층을 증착하는 방법 및 장치가 요구된다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 증착-에칭 기술을 사용하는 등각 유전층의 증착 속도를 크게 증가시키는 방법 및 장치를 제공한다. 본 발명은 불활성 가스 소스(source) 농도를 선택적으로 높임으로써 챔버내의 상당한 압력 증가 없이 그러한 속도 증가를 달성한다.

유전층은 어플라이드 머티어리얼즈, 인코포에디티드사의 울티마(Ultima) HDP-CVD 시스템과 같은 고밀도 플라즈마-화학기상증착(HDP-CVD) 시스템을 사용하여 증착된다. 전형적으로, 기판이 HDP-CVD 시스템의 공정 챔버에 위치되면서 2.5 대 1에 달하는 높은 종횡비를 갖는 틈은 유전층이 증착되는 기판상에 존재할 수 있다. 실리콘 소스가스 및 산소 소스가스와 같은 증착 가스들은 불활성 가스와 함께 기판의 표면을 가로질러 유입된다. 고주파(RF) 소스 발생기 및 고주파 바이어스 발생기는 공정챔버와 전기적으로 연동하여 공정가스와 불활성 가스들로부터 플라즈마를 형성한다.

증착-에칭 기술 중에 중요한 고려사항은 증착-대-에칭 비율(증착-에칭 비율)이 오버-에칭 및 내부 빈 공간의 형성을 억제하도록 미리 결정된 범위안에서 유지되어야 한다는 것이다. 2.5 대 1에 달하는 종횡비를 갖는 틈들의 100% 틈-충진(gap-fill)을 제공하면서, 본 발명은 유전층의 증착 속도를 증가시키고 그리고 과다-에칭을 억제하는 적절한 범위 내에서 증착-에칭 비율을 유지한다. 이것은 유전층의 에칭 속도를 급속히 증가시켜 달성되며, 그러한 에칭 속도의 급격한 증가는 적절한 증착-에칭 비율을 유지하면서도 증착 속도의 증대를 허용한다. 특히, 유전층의 에칭 속도는 공정챔버의 압력에 의존할 뿐 아니라, 그 안의 불활성 가스의 농도에도 의존한다는 것이 발견되었다. 에칭 속도는 공정챔버 안의 압력에 반비례하고 그 안에 존재하는 불활성가스의 농도에 비례한다는 것이 발견되었다. 스태거식(staggered) 현장형(in-situ) 증착 기술에 따라 공정챔버 내의 증착가스의 유동을 선택적으로 중단시킴으로써, 불활성가스의 농도가 상당히 증가되는 동안 내부에 존재하는 압력은 감소되거나 유지된다. 이러한 방법으로 유전층의 에칭 속도는 상당히 증가된다. 증가된 에칭 속도는 소위 당업자에게 알려진 어떠한 증착기술을 이용하여도 증착 속도를 증가시키는 것을 허용한다. 이것은 우수한 틈-충진 특성을 유전층에 제공하는 바람직한 증착-에칭 비율을 유지하면서, 유전층을 증착시키는데 필요한 시간을 감소시킨다.

양호한 실시예에서, 실리콘 소스 가스는 실란가스 (SiH_4)를 포함하고, 산소 소스 가스는 분자산소 가스 (O_2)를 포함한다. 불활성 가스 소스는 아르곤(Ar)이다. 고주파 소스 발생기는 약 2MHz의 소스 주파수와 약 12 내지 16W/㎠ 의 소스 전력에서 작동된다. 고주파 바이어스 발생기는 약 13.5MHz의 주파수 및 약 7 내지 13W/㎠의 전력 수준에서 작동된다. 공정챔버 압력은 약 2와 10 밀리토르, 바람직하게는 4 내지 5 밀리토르(millitorr)이다. 유전층을 증착시키기 위해서 실란, 산소 및 아르곤 가스들은 공정챔버 내로 흘려진다. 특히, 실란은 40 내지 120의 분당 표준 세제곱 센티미터(sccm)의 유동 속도(flow rate)로 공정 챔버내로 흐른다. 산소는 80 내지 250sccm의 범위의 유동 속도로 공정 챔버내로 흐르고, 아르곤은 40 내지 120sccm의 범위의 유동 속도로 공정 챔버내로 흐른다. 선택적으로, 증착공정동안 실란 유동 또는 산소 유동 또는 양자는 기판을 가로지르는 아르곤 유동의 농도를 증가시키기 위해 감소된다. 전형적으로, 실란 및 산소의 유동은 약 1.5초 동안 중단되고, 그 시간 동안 공정 챔버안에 존재하는 아르곤의 농도는 약 100%이다. 연장된 증착-에칭 기술동안, 실란이나 산소 또는 두 가스의 유동은 미리 결정된 시간 기간동안 중단되고 및/또는 주기적으로 감소된다. 이러한 방법으로, 에칭 속도는 실질적으로 분당 6000Å까지 늘어나고, 이는 적합한 증착-에칭 비율을 유지하면서 분당 10,000Å까지 증착 속도의 증가를 허용한다.

본 발명의 목적과 장점을 더 많이 이해하기 위해, 첨부된 도면에 관해 더 세부적인 기술에 참조되어져야 한다.

실시예

Ⅰ. 개요

일 실시예에서 HDP-CVD 시스템을 이용하여 이산화 실리콘으로 형성된 등각의 유전층이 계단형 기판에 증착된다. 높은 증착 속도는 등각의 유전층에 의해 덮여진 계단형 표면을 갖는 기판이 배치된 공정 챔버내로 증착가스들의 유동을 선택적으로 감소시키는 것에 의해 달성된다. 공정 챔버내로 증착가스들의 유동을 선택적으로 감소시키는 것에 의해, 공정 챔버내의 압력을 증가시키는 것 없이, 특히 아르곤을 포함하는 스퍼터링 가스의 농도가 증가된다. 이러한 방법으로 우수한 틈-충진 특성을 갖는 등각 유전층의 에칭 속도는 크게 증가될 수 있고, 그에 따라 적절한 증착-에칭 비율을 유지하면서도 유전층의 증착 속도를 높일 수 있다.

Ⅱ. 예시적인 CVD 시스템

도 5는 본 발명에 따라 유전층이 증착될 수 있는 HDP-CVD 시스템(36)의 일 실시예를 설명한다. 시스템(36)은 공정 챔버(38), 진공시스템(40), 소스플라즈마 시스템(42), 바이어스 플라즈마 시스템(44), 가스 이송 시스템(46), 및 원격 플라즈마 세척 시스템(48)을 포함한다.

공정챔버(38)의 상부부분은 알루미늄 또는 알루미늄 질화물(nitride)과 같은 유전체 재료로 만들어진 돔(50)을 포함한다. 돔(50)은 플라즈마 처리 지역(52)의 상부 경계를 형성한다. 플라즈마 처리 영역(52)은 기판(54)의 상부 표면 및 기판 지지 부재(56)에 의해 바닥이 경계지어진다.

히터판(58) 및 냉각판(60)은 돔(50)위에 놓여지고 열역학적으로 연결된다. 히터판(58) 및 냉각판(6)은 약 100℃ 내지 200℃ ±약 10℃ 범위내에서 돔 온도의 제어를 허용한다. 이것은 다양한 공정동안 돔 온도를 최적화하는 것을 허용한다. 예컨데, 증착 공정 동안보다 세척이나 에칭 공정 동안 고온으로 돔을 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 돔 온도의 정확한 제어는 또한 공정 챔버 안의 플레이크(flake) 또는 입자 개수를 감소시키고 증착층과 기판사이의 접착을 개선한다.

공정 챔버(38)의 하부 부분은 공정 챔버를 진공 시스템과 연결하는 본체 부재(62)를 포함한다. 기판 지지부재(56)의 베이스 부분(64)은 본체 부재(62) 위에 놓여있고 그 본체 부재와 연속적인 내부 표면을 형성한다. 기판은 공정 챔버(38)의 측면의 삽입/제거 개구(95)를 통해 로봇 블레이드(blade, 도시되지 않음)에 의해 공정 챔버(38) 안팎으로 전달된다. 모터(도시되지 않음)는 웨이퍼를 상승시키고 하강시키는 리프트 핀(도시되지 않음)들을 상승 및 하강시키는 리프트-핀 판(도시되지 않음)을 상승 및 하강시킨다. 공정 챔버(38)내로 이송된 직후, 기판들은 상승된 리프트 핀상에 적재되고, 기판지지 부재(56)의 기판 수용 부분(66)까지 하강된다. 기판 수용 부분(66)은 기판 처리 중에 기판을 기판 지지 부재(56)상에 고정하는 정전기 척(68)을 포함한다.

진공 시스템(40)은, 트윈-블레이드(twin-blade) 트로틀 밸브(72)를 수용하고 게이트 밸브(74) 및 터보 분자(turbomolecular) 펌프(76)에 부착된 트로틀 본체(70)를 포함한다. 상기 트로틀 본체(70)는 가스 유동에 대해 최소 장애를 제공하고, 1995년 12월 12일에 제 08/574839호로 최초 출원되고 1996년 9월 11일에 제 08/712714호로 재출된 "대칭 챔버"라는 명칭의 본 출원인의 특허출원에 기술된 바와 같은 대칭 펌핑을 허용한다. 게이트 밸브(74)는 펌프(76)를 트로틀 본체(70)로부터 격리할 수 있고, 또한 트로틀 밸브(72)가 완전히 열렸을 때 배출 유동 용량(flow capacity)을 제한함으로써 공정 챔버 압력을 제어할 수 있다. 트로틀 밸브(72), 게이트 밸브(74) 및 터보 분자 펌프(76)의 배치는 약 1에서 100 밀리토르까지 공정 챔버 압력의 정확하고 안정한 제어를 허용한다.

소스 플라즈마 시스템(42)은 돔(50)에 정착된 상부코일(78) 및 측면 코일(80)을 포함한다. 대칭적인 접지 시일드(shield, 도시되지 않음)는 코일 사이의 전기 커플링을 감소시킨다. 상부코일(78)은 상부 고주파 소스 발생기(82)에 의해 전력이 공급되고 측면 코일(80)은 측면 고주파 소스 발생기(84)에 의해 전력이 공급되며, 그에 따라 각각의 코일에 대한 독립적인 작동 주파수 및 전력 레벨을 허용한다. 이러한 듀얼(dual) 코일 시스템은 공정 챔버(38)안의 방사상 이온 밀도의 제어를 허용하여 플라즈마 균일성을 개선한다. 측면 코일(80) 및 상부 코일(78)은 에너지를 유도적으로 챔버(38)내로 연결한다. 특정 실시예에서, 상부 고주파 소스발생기(82)는 2MHz의 공칭 주파수에서 2500W까지의 고주파 전력을 제공하고, 측면 고주파 소스발생기(84)는 2MHz의 공칭 주파수에서 5000W까지의 고주파 전력을 제공한다. 상부 및 측면 고주파 발생기의 작동 주파수들은 플라즈마 발생효율을 개선하기 위해 공칭 작동 주파수(예를 들어, 각각 1.7 내지 1.9MHz와 1.9 내지 2.1MHz)로부터 오프셋될 수 있다.

고주파 발생기(82, 84)는 디지털 제어식 합성기(synthesizer)들을 포함하고 약 1.7에서 약 2.1MHz까지의 주파수 범위에 걸쳐 작동한다. 소위 당업자에 의해 이해될 수 있는 바와 같이, 각각의 발생기들은 공정 챔버 및 코일로부터 발생기로 다시 반사된 전력을 측정하고, 가장 낮은 반사 전력을 얻기 위해 작동 주파수를 조절한다. 고주파 발생기들은 전형적으로 50Ω의 임피던스 특성을 갖는 로드(load) 내로 작동하도록 설계된다. 고주파 전력은 발생기와 다른 임피던스 특성을 갖는 로드로부터 반사될 수 있다. 이것은 로드로 전달되는 전력을 감소시킬 수 있다. 더욱이, 로드로부터 발생기로 되돌아온 반사된 전력은 발생기에 과부하되고 손상을 줄 수 있다. 여러가지 인자들 중에 플라즈마 이온 밀도에 따라 플라즈마의 임피던스가 5Ω이하에서 900Ω이상까지 변동할 수 있기 때문에, 그리고 반사되는 전력이 주파수의 함수이기 때문에, 반사된 전력에 따라 발생기 주파수를 조절하는 것은 고주파 발생기로부터 플라즈마로 전달되는 전력을 증가시키고 발생기를 보호한다. 반사된 전력을 감소시키고 효율을 개선하는 또 다른 방법은 정합 네트워크(matching network)을 가지는 것이다.

정합 네트워크(89, 90)는 각각 발생기(82, 84)의 출력 임피던스를 코일(78, 80)과 정합시킨다. 고주파 제어회로는 로드가 변함에 따라 로드에 발생기를 정합시키기 위해 정합 네트워크안의 커패시터의 값을 변화시켜 양쪽 정합 네트워크를 동조시킨다. 로드로부터 발생기로 반사된 전력이 특정 한도를 넘으면 고주파 제어회로는 정합 네트워크를 동조시킬 것이다.

일정한 정합(matching)을 제공하고 고주파 제어회로가 정합 네트워크를 동조시킬 수 없게 하는 한 가지 방법은 반사 전력 한계를 반사 전력 예상 값 이상으로 설정하는 것이다. 이것은 가장 최근의 조건에서 정합 네트워크를 일정하게 유지함으로써 소정의 조건하에 플라즈마를 안정시키도록 돕는다.

바이어스 플라즈마 시스템(44)은 고주파 바이어스 발생기(86) 및 바이어스 정합 네트워크(88)를 포함한다. 바이어스 플라즈마 시스템(44)은 기판 수용부분(66)을 본체 부재(62)에 용량적으로(capacitively) 연결하며, 상기 수용 부분과 본체 부분은 보조 전극으로 작용한다. 바이어스 플라즈마 시스템(44)은 소스 플라즈마 시스템(42)에 의해 발생된 플라즈마 종(species)을 기판 표면으로 운반하는 것을 강화시킨다. 특정 실시예에서, 고주파 바이어스 발생기(86)는 13.56MHz에서 5000W까지의 고주파 전력을 제공한다.

다른 수단들이 또한 플라즈마를 안정화 시킬 수 있다. 예컨데, 고주파 제어회로는 로드(플라즈마)에 전달되는 전력을 결정하는데 이용될 수 있고 층의 증착공정동안 전달된 전력을 실질적으로 일정하게 유지시키도록 발생기 출력 전력을 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

가스 이송 시스템(46)은 복수의 가스 소스(100a, 100b, 100c, 100d 및 100e)를 포함한다. 일실시예에서, 상기 가스 소스들은 실란, 분자 산소, 플르오르화 실리콘, 및 아르곤을 각각 포함한다. 가스 이송 시스템(46)은 기판을 처리하는 동안 가스 이송 라인(단지 일부의 라인만 도시됨, 92)들을 거쳐 몇몇의 소스로부터 공정 챔버에 가스를 제공한다. 가스들은 가스링(94), 상부 노즐(96), 및 상부 통풍구(98)을 통해, 공정 챔버(38) 내로 유입된다. 특히, 가스소스(100a 및 100b)는 각각의 유동 제어기(120a, 120c) 및 가스 이송 라인(92)들을 통해 상부 노즐(96)에 가스를 제공한다. 가스 소스(100b)로부터의 가스는 유동 제어기(120b)를 통해 가스 통풍구(98)에 제공된다. 상부 노즐(96) 및 상부 통풍구(98)는 가스의 상부 및 측면 유동의 독립적 제어를 허용하고, 이는 박막 균일성을 향상시키고 박막의 증착 및 도핑 매개변수(parameter)들의 미세 조정을 허용한다. 상부 통풍구(98)는 가스가 가스 이송 시스템으로부터 공정 챔버 내로 통과하여 흐르는 상부 노즐(96) 주위의 환형 개구이다.

가스는 전술한 가스 소스들 각각으로부터 유동 컨트롤러(102a, 102b, 102c, 102d 및 102e)및 가스 이송라인(92)들을 통해 가스링(94)에 제공된다. 가스링(94)은 가스의 균일한 유동을 기판에 제공하는 복수의 가스 노즐(106, 108, 단지 2개만 도시됨)을 갖는다. 가스링(94)을 변화시킴으로써 노즐의 길이 및 노즐의 각도를 변경할 수 있다. 이것은 개개의 공정 챔버 안에서의 특정 공정을 위한 균일한 프로파일(profile) 및 가스 이용 효율을 가능하게 한다. 특정 실시예에서 가스링(94)은 전체 24개 가스 노즐, 즉 12개의 제 1 가스 노즐(108) 및 12개의 제 2 가스 노즐(106)을 갖는다. 전형적으로, 가스 노즐(108, 단지 하나만 도시됨)들은 제 2 가스 노즐(106)과 같은 평면에 배치되고 그 제 2 가스 노즐 보다 더 짧다.

몇몇 실시예에서, 가연성, 유독성 또는 부식성 가스들이 이용될 수 있다. 이러한 예에서, 증착 후에 가스이송 라인들에 남아 있는 가스를 제거하는 것이 바람직할 수 있다. 이것은 밸브(112)와 같은 세방향 밸브를 이용하여 달성될 수 있는데, 예컨대, 공정 챔버(38)를 이송라인(92a)과 격리시키고, 이송라인(92a)을 진공 전방라인(114)으로 배기함으로써 달성된다. 도 5에서 보여지는 대로, 112a 및 112b와 같은 기타 유사한 밸브들이 다른 가스 이송라인과 결합될 수 있다. 이러한 세 방향 밸브는 배기되지 않은 가스 이송 라인(세 방향 밸브와 공정 챔버 사이에서)의 체적을 최소화하기 위해, 공정 챔버(38)에 가능한 한 가까이 위치될 수 있다. 또한, 두방향(온-오프) 밸브(도시되지 않음)가 질량 유동 제어부(MFC)와 공정 챔버 사이 또는 가스 소스와 MFC 사이에 위치될 수 있다.

원격의 마이크로파-발생 플라즈마 세척 시스템(48)은 공정 챔버 구성 요소들로부터 증착 잔류물들을 주기적으로 세척하기 위해 제공된다. 세척 시스템은 반응 공동(空洞)(126)에서 플루오린, 질소 트리플루오라이드(trifluoride), 또는 그 균등물과 같은 세척 가스 소스(100e)로부터 플라즈마를 발생시키는 원격 마이크로파 발생기(124)를 포함한다. 이러한 플라즈마로부터 발생된 반응 종들은 어플리케이터 튜브(130)를 거치고 세척 가스 공급 포트(128)를 통해 공정 챔버(38)로 이송된다. 세척 플라즈마의 수용을 위한 물질[예를 들어, 공동(126) 및 어플리케이터 튜브(130)]은 플라즈마에 의한 공격에 내성을 가져야 한다. 바람직한 플라즈마 종의 농도가 반응기 공동(126)로부터의 거리에 따라 변하기 때문에, 반응기 공동(126)과 공급 포트 사이의 거리는 가급적 짧아야 한다. 원격 공동에서 세척 플라즈마를 발생시키는 것은, 효율적인 마이크로파 발생기의 이용을 허용하고, 공정 챔버 구성요소들이 현장형(in situ) 플라즈마의 경우에 존재할 수 있는 글로우(glow) 방전의 충격(bombardment) 온도, 복사의 영향을 받지 않게 한다. 결국, 현장형 플라즈마 세척 공정에서 요구되는 바와 같이, 정전기 척(68)과 같은 비교적 민감한 구성요소들을 더미(dummy) 웨이퍼로 덮거나 기타 다른 방법으로 보호할 필요가 없다. 세척 공정 또는 다른 공정 동안, 게이트 밸브(74)는 공정 챔버로부터 터보분자 진공 펌프(76)를 격리하기 위해 닫혀질 수 있다. 이러한 구성에서, 전형적인 기계적 진공 펌프인 원격 진공 펌프들에 의해 발생된 공정 진공을 전방 라인(114)이 제공한다. 게이트 밸브로 공정 챔버와 터보분자 펌프를 격리시키는 것은 부식 화합물, 또는 공정 챔버 세척 또는 다른 공정으로부터 발생된 부식성 화합물 또는 기타 잠재적으로 해로운 요소들로부터 터보분자 펌프를 보호한다.

시스템 제어기(132)는 시스템(36)의 작동을 조정하고, 그러한 작동 조정을 위해 전기적으로 연결된 프로세서(134)를 포함한다. 전형적으로 프로세서(134)는 아날로그 및 디지털 입력/출력 보드, 인터페이스 보드 및 스텝퍼 모터 제어 보드를 포함하는 단일-보드 컴퓨터(SBC)의 부분이다. 화학 기상 증착 시스템(36)의 다양한 구성 요소들은 커넥터 형태 및 크기 뿐

만아니라 보드, 카드 케이지(cage)등을 정의하는 Versa Modular 유럽(VME)표준에 따른다. VME 표준은 또한 16-비트 데이터 버스 및 24-비트 어드레스 버스를 갖는 버스 구조를 정의한다. 프로세서(134)는 그 프로세서(134)에 전자적으로 연결된 메모리(136)에 저장된 컴퓨터 프로그램인 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 하드 디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브, 카드 랙(rack) 또는 이들의 조합과 같은 어떤 형태의 메모리 장치들도 이용될 수 있다. 시스템 제어 소프트웨어는 도 7에 관하여 이하에서 보다 구체적으로 설명되는 타이밍, 가스의 혼합, 공정 챔버 압력, 공정챔버온도, 마이크로파 전력 수준, 받침대(pedestal) 위치, 및 특정 공정의 다른 매개변수들을 나타내는 명령어 세트들을 포함한다.

도 6에서, 사용자와 프로세서(134)간의 인터페이스는 CRT 모니터(138)와 광펜(light pen; 140)을 통해서 이루어진다. 양호한 실시예에서 두 모니터(138 및 138')가 사용되고, 각 모니터는 관련된 광펜(140, 140')을 가진다. 모니터(138) 중 하나는 작업자들을 위해 청정실 벽(144)에 장착되고 다른 하나는 서비스 기술자를 위해 벽 뒤에 장착된다. CRT 모니터(138, 138')는 동시에 같은 정보를 표시할 수 있으나 광펜 (140, 140') 중 하나만이 소정의 주어진 시간동안 데이터를 입력할 수 있다. 광펜(140)이 프로세서(134)와 통신하도록 이용된다면 작업자는 CRT 모니터(138)의 화면에 광펜을 위치시킬 수 있다. 광펜(140)의 끝에 위치한 광센서(도시되지 않음)는 CRT모니터(138)에서 발산된 광을 감지한다. 특정 화면이나 기능을 선택하기 위하여, 작업자는 CRT 모니터(138)의 지정된 영역을 터치하고, 광펜(140)위의 버튼(도시되지 않음)을 누른다. 터치된 영역은 광펜(140)과 CRT 모니터(138) 사이의 통신을 확인시키는 색변화 또는 새로운 메뉴나 화면의 디스플레이와 같은 시각적 반응을 제공한다. 키보드, 마우스, 또는 다른 지시 장치 및 통신 장치와 같은 다른 입력 장치들은 사용자가 프로세서(134)와 연통하는 것을 허용하는 광펜(140)을 대신하여 또는 부가적으로 이용될 수 있다.

박막을 증착하는 공정은 프로세서(134)에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 제품을 이용하여 수행될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 코드는 어떤 컴퓨터 판독 가능한 프로그래밍 언어로도, 예컨대, 68000 어셈블리어, C, C++, 파스칼, 포트란 또는 다른 것으로 기록될 수 있다. 적합한 프로그램 코드는 통상의 텍스트 에디터를 이용하여 단일 또는 다중 파일들로 작성되고, 도 5에 도시된 메모리(136)와 같은 컴퓨터 이용 가능 매체에 저장되거나 구현된다. 만약 작성된 코드 텍스트가 고급 언어이면 코드는 컴파일되고, 생성된 컴파일러 코드는 컴파일된 윈도우^{TM} 라이브러리 루틴의 목적 코드와 함께 링크된다. 링크되고 컴파일된 목적 코드를 실행하기 위해, 시스템 사용자는 프로세서(134)가 메모리(136) 코드를 로드하도록 하여 목적 코드를 호출한다. 프로세서(134)는 이때 판독 가능한 프로그램과 같은 일을 수행한다.

도 7은 시스템 제어 소프트웨어(146)의 단계적으로 분류된 제어 구조의 도해된 블록선도이다. 사용자는 광펜 인터페이스를 이용하여 CRT 모니터에 표시된 메뉴나 화면들에 대응하는 공정 선택기 서브루틴(148) 내로 공정세트 번호 및 공정 챔버 번호를 작성한다. 공정세트는 특정한 공정들을 수행하는데 필요한 공정 매개변수의 선결정된 세트들이고, 선정의된 세트 번호들에 의해 식별된다. 공정 선택기 서브루틴(148)은 (i)다중 챔버시스템 중에서 원하는 고정 챔버 및 (ii) 원하는 공정을 수행하기 위해 공정 챔버를 작동시키는데 필요한 공정 매개변수들의 원하는 세트를 식별한다. 특정 공정을 수행하기 위한 공정 매개변수들은 예컨대, 공정가스 합성 및 유동 속도, 온도, 압력, 고주파 전력 수준과 같은 플라즈마 조건들, 및 공정 챔버 돔 온도와 같은 공정 조건들과 관계되고, 참조 책자(recipe) 형태로 이용자에 제공된다. 참조 책자에 의해 특정된 매개변수들은 광펜/CRT 모니터 인터페이스를 이용하여 입력된다.

공정을 모니터링하는 신호들은 시스템 제어기의 아날로그 입력 및 디지털 입력 보드에 의해 제공되고, 공정을 제어하는 신호는 시스템 제어기의 아날로그 출력 및 디지털 출력 보드에서 출력된다.

공정 시퀀서(sequencer) 서브루틴(150)은 공정 선택기 서브루틴(148)으로부터 식별된 공정 챔버 및 공정 매개변수들의 세트를 수용하고 다양한 공정 챔버들의 작동을 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 공정 시퀀서 서브루틴(150)이 선택된 공정을 원하는 순서로 작동시키도록, 다수의 사용자들이 공정 세트 번호들 및 공정 챔버 번호들을 입력할 수 있고 또는, 한 사용자가 다수의 공정 세트 번호들 및 공정 챔버 번호들을 입력할 수 있다. 바람직하게, 시퀀서 서브루틴(150)은 (i) 공정 챔버가 사용되고 있는지를 결정하기 위해 공정 챔버의 작동을 모니터링하는 단계 (ii) 사용되고 있는 처리 챔버에서 어떤 공정이 수행되는지를 결정하는 단계, (iii) 공정 챔버의 이용 가능성과 수행되는 공정의 형태에 기초하여 원하는 공정을 실시하는 단계를 수행하는 프로그램 코드를 포함한다. 폴링(polling)과 같이 공정 챔버를 모니터링하는 통상의 방법이 이용될 수 있다. 어떤 공정이 수행될 것인지를 계획할 때, 공정 시퀀서 서브루틴(150)은 선택된 공정을 위한 원하는 공정 조건 또는 각각의 특정한 사용자가 작성한 요구의 "에이지(age)", 또는 시스템 프로그래머가 계획된 우선순위를 결정하기 위해 포함한 다른 관련 요소와 비교하여 이용되는 공정 챔버의 현재 조건을 고려하도록 설계될 수 있다.

공정 시퀀서 서브루틴(150)이 어떤 공정 챔버와 공정 세트 결합이 다음에 수행될 것인가를 결정한 후에, 공정 시퀀서 서브루틴(150)은 특정의 공정 세트 매개변수들을 공정 챔버 관리자 서브루틴(152, 154, 156)에 통과시켜 공정 세트 수행을 발생시킨다. 공정 챔버 관리자 서브루틴(152, 154, 156)은 공정 시퀀서 서브루틴(150)에 의해 결정된 공정 세트에 따라 공정챔버(38) 및 가능하게는 다른 공정 챔버(도시되지 않음)의 다중 처리 작업을 제어한다.

공정 챔버 구성요소 서브루틴들의 예들은 기판 위치결정 서브루틴(158), 공정 가스 제어 서브루틴(160), 압력 제어 서브루틴(162), 및 플라즈마 제어 서브루틴(164)이다. 당업자들은 어떤 공정이 공정 챔버(38)에서 수행되기 원하는가에 따라 다른 공정 챔버 제어 서브루틴들이 포함될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 작동 중에 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)은 수행되고 있는 특별한 공정 세트에 따라 공정 구성요소 서브루틴들을 선택적으로 계획하거나 호출한다. 공정 챔버 관리자 서브루틴(152) 의한 계획화(scheduling)는 어떤 공정 챔버와 공정 세트들이 수행되는지를 계획하는데 있어서 시퀀서 서브루틴(150)에 의해 이용되는 것과 유사한 방법으로 수행된다. 전형적으로, 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)은 다양한 공정 챔버 구성 요소들을 모니터링하는 단계, 수행되는 공정 세트용 공정 매개변수들에 기초하여 어떤 구성요소들이 작동되는 것이 필요한지 결정하는 단계, 및 모니터링 및 결정 단계에 대응하여 공정 챔버 구성요소 서브루틴의 수행을 발생시키는 단계를 포함한다.

도 5와 도 7에서, 작동 중에 기판 위치 결정 서브루틴(158)은 기판 지지 부재(68) 상으로 기판(54)를 로딩하도록 이용되는 공정 챔버 구성요소를 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 다른 처리가 완성된 후에 기판 위치 결정 서브루틴(158)은 또한, 예컨대, 다중 챔버 시스템의 PECVD 반응기 또는 다른 반응기로부터 공정 챔버 내로 기판의 이송을 제어할 수 있다.

공정 가스 제어 서브루틴(160)은 공정 가스 조성 및 유동 속도를 제어하기 위한 프로그램 코드를 가진다. 서브루틴(160)은 안전 차단 밸브의 열림/닫힘 위치를 제어하고, 질량 유동 제어기를 제어하여 원하는 가스 유동 속도를 얻게 한다. 공정 가스 제어 서브루틴(160)을 포함한 모든 공정 챔버 구성요소 서브루틴은 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)에 의해 호출된다. 서브루틴(160)은 원하는 가스 유동 속도에 관계된 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)으로부터 공정 매개변수들을 수신한다.

전형적으로, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 가스 공급 라인을 개방함으로써 작동되고, (i) 필요한 질량 유동 제어기를 판독하는 단계 (ii) 판독한 값과 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)으로부터 수신된 원하는 유동 속도와 비교하는 단계, 그리고 (iii) 필요에 따라 가스 공급 라인의 유동 속도를 조절하는 단계를 반복한다. 더우기, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 불안정한 속도에 대한 가스 유동 속도를 모니터링하는 단계, 및 불안정한 조건 발견시에 안전 차단 밸브를 작동시키는 단계를 포함한다.

몇몇 공정에서, 아르곤과 같은 불활성 가스는 반응성(reactive) 공정 가스가 공정 챔버 내로 유입되기 전에 공정 챔버 안의 압력을 안정화시키기 위해 공정 챔버(13) 내로 흐른다. 이러한 공정 과정 중, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 공정 챔버 안의 압력을 안정화시키는데 필요한 시간의 기간 동안 공정 챔버(38)내로 불활성가스를 흘리는 단계를 포함하도록 프로그래밍된다. 그리고 나서 위에 기술된 단계들이 수행될 수 있다.

추가적으로, 공정 가스가 액체 전구체(precursor) 예를 들어, 테트라에톡시실란(TEOS)으로부터 증발될 때, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 버블러(bubbler) 조립체내의 액체 전구체를 통해 헬륨과 같은 이송 가스로 거품을 형성하는 단계 또는 헬륨을 액체 주입 밸브에 유입하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 형태의 공정에 대해, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 원하는 공정 가스 유동 속도를 얻기 위해, 이송 가스의 유동, 버블러 압력 및 버블러 온도를 조정한다. 전술한 바와 같이, 원하는 가스 유동 속도는 공정 매개 변수로서 공정가스 제어 서브 루틴(160)으로 전달된다.

더우기, 공정 가스 제어 서브루틴(160)은 주어진 공정 가스 유동 속도에 대한 필요한 값들을 포함하는 저장 테이블에 접근함으로써 원하는 이송 가스 유동 속도에 대한 필요 이송 가스 유동 속도, 버블러 압력, 및 버블러 온도를 얻기 위한 단계들을 포함한다. 필요한 값들이 일단 얻어지면, 이송 가스 유동 속도, 버블러 압력 및 버블러 온도가 모니터링되고, 필요한 값과 비교되며, 그에 따라 조절된다.

공정 가스 제어 서브루틴(160)은, 독립적 헬륨 제어(IHC) 서브루틴(도시되지 않음)을 이용하여, 웨이퍼 척의 내부 및 외부 통로를 통한 헬륨(He)과 같은 열 이송 가스의 유동을 또한 제어할 수 있다. 가스 유동은 기판을 척에 열적으로 연결한다. 전형적인 공정에서, 웨이퍼는 플라즈마, 및 층을 형성하는 화학 반응에 의해 가열되고, 헬륨은 수냉될 수 있는 기판을 척을 통해 냉각한다. 이는 기판 상에 미리 위치된 피쳐에 손상을 가할 수 있는 온도 이하의 온도로 기판을 유지한다.

압력 제어 서브루틴(162)은 공정 챔버의 배기 부분에 있는 트로틀 밸브(72)의 개구 크기를 조정함으로써, 공정 챔버(38)내의 압력을 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 공정 챔버를 트로틀 밸브로 제어하는 적어도 두가지 기본적인 방법들이 있다. 제 1 방법은 여러 가지 것 중에서 전체 공정 가스 유동, 공정 챔버의 크기, 및 펌핑 용량과 관련하여 공정 챔버 압력을 특징화하는데 의존한다. 제 1 방법은 고정 위치에 트로틀 밸브(72)를 놓는다. 고정된 위치에 트로틀 밸브(72)를 놓는 것은 결국 정상 상태 압력을 초래할 것이다.

선택적으로, 공정 챔버 압력은 예컨대, 압력계에 의해 측정될 수 있고, 제어포인트가 가스 유동 및 배기 용량에 의해 설정된 경계 안에 있다는 가정하에, 예를 들어 트로틀 밸브(72) 위치는 압력 제어 서브루틴(162)에 따라 조절될 수 있다. 후자의 방법과 관련한 측정, 비교, 및 계산들이 포함되지 않기 때문에, 전자의 방법이 더 빠른 공정 챔버 압력 변화를 가져올 수 있다. 전자의 방법은 공정 챔버 압력의 정확한 제어가 요구되지 않을 때 바람직하며, 후자의 방법은 층의 증착 과정 중과 같은 정확하고, 반복적이고, 안전한 압력을 원할 때 바람직하다.

압력 제어 서브루틴(162)이 호출될 때, 원하는 (또는 타겟) 압력 수준이 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)으로부터의 매개변수로서 수용된다. 압력 제어 서브루틴(162)은 공정 챔버에 연결된 하나 이상의 통상적인 압력계를 판독함으로써 공정챔버(38)의 압력을 측정하고, 측정치를 타겟 압력과 비교하고, 타겟 압력에 대응하는 저장된 압력 테이블로부터 비례, 적분, 및 미분(PID) 값들을 얻고, 압력 테이블로부터 얻어진 PID값들에 따라 트로틀 밸브(72)를 조절하도록 작동한다. 그 대신에, 압력 제어 서브루틴(162)은 원하는 압력 또는 압력 범위까지 공정 챔버(38)의 압력을 조정하여 트로틀 밸브(72)를 특정 개방 크기까지 열거나 닫는다.

플라즈마 제어 서브루틴(164)은 고주파 발생기(82, 84)의 주파스 및 전력 출력 셋팅을 제어하고 정합 네트워크(88, 90)를 동조시키는 프로그램 코드를 포함한다. 플라즈마 제어 서브루틴(164)은, 전술한 공정 챔버 구성요소 서브루틴과 같이, 공정 챔버 관리자 서브루틴(152)에 의해 호출된다.

위에 기술된 몇몇 또는 모든 서브시스템들 및 루틴을 구체화한 시스템의 예는 본 발명을 실행하도록 구성된 어플라이드 머티어리얼즈에 의해 제조된 울티마(Ultima) 시스템이다.

Ⅲ. 예시적인 구조

도 8은 본 발명의 피쳐들과 결합된 집적 회로(166)의 단순화된 횡단면도를 도시한 것이다. 도 8에서 보여지는 대로, 집적 회로(166)는 필드(field) 산화 영역(172)에 의해 서로 전기적으로 격리되고 분리된 NMOS 및 PMOS 트랜지스터(168, 170)을 포함한다. 각각의 트랜지스터(168, 170)는 소스 영역(174), 게이트 영역(176), 및 드레인 영역(178)을 포함한다.

전구금속(premetal) 유전층(180)은 접속부(184)에 의해 만들어진 트랜지스터와 금속 층(182) 사이의 연결부에 의해 금속층(182)으로부터 트랜지스터(168, 170)을 분리한다. 금속 층(182)은 집적 회로(166)에 포함된 4개의 금속 층(182, 186, 188 및 190) 중의 하나이다. 각각의 금속 층(182, 186, 188 및 190)은 각각의 금속간 유전층(192, 194 및 196)에 의해 인접 금속 층들과 분리되고 알루미늄 증착 및 패턴화와 같은 공정 단계들에 의해 형성될 수 있다. 인접한 금속 층들은 비아(via)(198)에 의해 선택된 개구부들에 연결된다. 금속 층(190)위에는 평탄화된 패시베이션(passivation) 층(200)이 증착된다.

본 발명의 실시예들은 금속간 유전(IMD) 층에 대해 특히 유용하나, 집적 회로(166)에 도시된 유전층들 각각에 대해서도 사용될 수 있다. 단순화된 집적 회로(166)는 단지 설명 목적을 위한 것이다. 당업자는 마이크로프로세서, 주문형집적회로(ASIC), 메모리 장치, 등과 같은 다른 집적 회로에 본 방법을 실행할 수 있을 것이다. 더우기, 본 발명의 방법은 BiCMOS, NMOS, 바이폴라 및 그 밖의 것들과 같은 다른 기술들을 이용하는 집적 회로의 제조에 이용될 수 있다.

Ⅳ. 스태거식 현장형 증착

도 5 및 도 9에서, 본 발명의 방법은 (HDP-CVD) 시스템(36)에 위치된 기판(56)에 유전층을 증착하기 위해 사용될 수 있다. 기판이 최종적으로 어떠한 토포그래피(topography)를 가지더라도, 단계(202) 및 단계(204)에 도시된 바와 같이, 기판(54)은 전형적으로 계단형 표면을 가지고 그 위에 배치된 하나 또는 그 이상의 박막 층을 가진다. 본 발명을 이용하여 유전층을 증착하기 전에, 통상적으로 유전박막층(202)은 하나 이상의 비아(206)가 형성된 도전성 물질로부터 형성된다. 비아(206)는 그 비아(206)의 높이(H)를 비아의 폭(W)으로 나눈 것으로 정의되는 2.5 대 1 까지의 종횡비(aspect radio)를 가진다.

도 5, 9, 및 10에서, 상기 방법은 기판(54)이 플라즈마 처리 영역(52)에 인접한 공정 챔버(38)에 위치되는 단계(208)를 포함한다. 단계(208)에 이어서, 단계(210) 동안 불활성 가스가 챔버(38) 내로 흘려진다. 불활성 가스가 공정 챔버(38) 내로 유입된 후에, 단계(212)에서 플라즈마가 충돌된다. 단계(212)에 이어서, 단계(214)에서 증착 가스가 공정 챔버(38) 내로 유입된다. 상기 불활성 가스는 전형적으로 아르곤 가스의 유동을 포함한다. 예컨대, 증착 가스는 실란 가스(SiH_4)와 같은 실리콘 소스 가스, 및 분자 산소 가스(O_2)와 같은 산소 소스 가스로 구성된다. 단계(210) 동안, 아르곤의 유동 속도는 40

내지 120 sccm 범위인 것이 양호하다. 실란 가스의 유동 속도는 40 내지 120 sccm 범위이고, 산소 가스는 80 내지 250 sccm의 범위의 유동 속도로 공정 챔버 내로 유입된다. 전술한 프라즈마는 약 2 MHz의 주파수 및 약 12 내지 16 W/cm^2 사이의 전력 수준을 가지는 플라즈마 처리 영역(52)내에서의 고주파 필드(field)를 생성하는 고주파 소스 발생기(82, 84), 및 약 13.56 MHz의 주파수 및 7 내지 13 W/cm^{2}사이의 전력 수준을 갖는 고주파 필드를 생성하는 고주파 바이어스 발생기(86)에 의해 형성된다. 전형적으로, 공정 챔버내의 압력은 약 2 및 10 밀리토르 사이에서, 바람직하게 4 내지 5 밀리토르에서 유지된다. 단계(214) 동안, 유전층(215)은 틈(206, 도 10에 도시됨)을 채우기 위해 층(202, 204)위에 증착되고, 이것은 주로 아르곤 가스로부터 발생된 이온들에 기인한다고 이해된다. 플라즈마의 소스 구성요소들은 공정 챔버 가스의 원자 및 분자들을 해리하고 플라즈마의 바이어스 구성 요소는 증착되는 유전층의 표면으로부터 그리고 그 표면으로 플라즈마 종을 이동시킨다. 바이어스 구성요소는 결합 및 스퍼터링을 위해 유전층 표면으로 증착 이온들을 운반한다.

증착-에칭 기술을 이용하여 유전층(214)을 증착시킬 때의 중요한 고려 사항은 유전층(215)의 과다 에칭 및 내부의 빈 공간의 형성을 억제하기 위한 적절한 증착-에칭 비율을 유지하는 것이다. 이러한 응용을 위해, 증착-에칭 비율은 다음으로 정의된다.

$$D/E = D_S/[D_S - D_{(S+B)}]$$

여기서 D/E는 증착-에칭 비율이고, D_S는 고주파 소스만이 인가된 증착 속도이고, $D_{(S+B)}$는 고주파 소스 및 고주파 바이어스가 인가된 증착 속도이다. 증착-에칭 비율의 범위는 전형적으로 기판 표면에 존재하는 가장 큰 종횡비에 따라 좌우된다. 2.5 대 1의 종횡비의 경우에, 증착-에칭 비율은 2.8 대 1 내지 3.2 대 1 로 유지되어야 한다는 것을 발견하였다. 이러한 발견에 따라, 2.8 대 1 이하의 증착-에칭 비율은 계단 표면의 과다-에칭을 초래하고, 3.2 대 1 이상의 증착-에칭 비율은 내부 빈 공간의 형성을 초래한다.

증착-에칭 비율은 수 많은 방법에 따라 변화될 수 있다. 예컨대, 증착-에칭 비율은 실질적으로 일정한 에칭 속도에서 증착 속도를 증가시키는 것에 의해, 또는 실질적으로 일정한 증착 속도에서 에칭 속도를 감소시키는 것에 의해 증가될 수 있으며, 상기 증착 속도 증가 및 에칭 속도 감소 모두는 증착-에칭 비율을 증대시킨다. 역으로, 증착-에칭 비율은 실질적으로 일정한 에칭 속도에서 증착 속도를 감소시키는 것에 의해, 또는 실질적으로 일정한 증착 속도에서 에칭 속도를 증가시키는 것에 의해 감소될 수 있다. 고주파 바이어스 에너지를 변화시키는 것은 또한 증착-에칭 비율에 영향을 미친다. 특히, 고주파 바이어스 에너지를 감소시키는 것에 의해, 에칭 속도가 감소되고 증착 속도는 증가되어서 증착-에칭 비율을 증가시키는 것이 주지되어 있다. 고주파 바이어스 에너지를 증가시키는 것에 의해, 유사한 방식으로 증착-에칭 비율이 감소될 수 있다. 그러나, 플라즈마 균일성을 달성하기 위해 고주파 바이어스 에너지가 최적화되기 때문에, 고주파 바이어스 에너지를 변화시키는 것은 바람직하지 않다. 고주파 바이어스 에너지를 변화시키는 것은 플라즈마 균일성을 감소시키고, 이는 증착된 유전층의 품질을 떨어뜨릴 수 있다.

도 10 및 도 11에서, 본 방법은 적절한 증착-에칭 비율을 유지하면서 그리고 플라즈마 균일성에 영향을 미치는 것 없이, 즉, 고주파 바이어스 에너지를 변화시키는 것 없이, 증착 속도 및 에칭 속도 모두를 상당히 증가시키는 것을 허용한다. 상기 방법은 단계(216)에서, 실란 소스 또는 산소 소스, 또는 양자의 공정 챔버(38)내로의 유동을 선택적으로 감소시킴으로써 그렇게 한다. 이러한 방법으로, 본 발명은 유전층(215)의 에칭 속도가 공정 챔버의 압력 뿐만 아니라, 불활성 가스의 농도에 따라 좌우된다는 발견을 이용한다. 특히 주어진 고주파 바이어스 전력에 대해, 각 에칭 속도는 공정 챔버의 압력에 반비례하고 내부에 존재하는 불활성가스의 농도에 비례한다는 것을 발견하였다. 예컨대, 도 12에서 도시된 곡선(218)은 60 밀리토르의 챔버 압력에서 유전층의 에칭 속도는 분당 200Å이하라는 것을 도시한다. 한편, 10 밀리토르의 챔버 압력은 3배인 분당 600Å 이상의 유전층에 에칭 속도를 제공한다. 도 13에서 곡선(220)에 의해 도시된 대로, 공정 챔버(38)의 아르곤 농도는 또한 에칭 속도에 영향을 준다. 곡선(220)으로 도시된 바와 같이, 20% 내지 80%의 아르곤 농도 수준에서는 유전층의 에칭 속도의 무시할 수 있을 정도의 변화가 있다. 그러나, 아르곤 가스 농도 수준이 100%에 이르면, 유전층의 에칭 속도는 분당 거의 1,200Å에 달하면서 크게 증가된다. 이에 따라, 예컨대, 적합한 증착-에칭 비율을 유지하면서 증착 가스의 유동 속도를 증가시키는 것과 같이 당업자에게 공지된 적절한 임의 수단을 이용하여 증착 속도를 높일 수 있다. 적절한 경우, 일정한 증착-에칭 비율을 유지하면서, 본 발명을 사용하여, 증착 속도를 크게 높일 수 있다.

전술한 개념들의 이점을 취하는 도 5, 10 및 11에서, 공정 챔버(38) 내로의 증착 가스의 유동을 선택적으로 감소시키는 것에 의해 유전층의 에칭 속도를 크게 증대시킬 수 있다. 이러한 방법으로, 불활성 가스 농도가 실질적으로 증가되면서, 내부에 존재하는 압력이 감소되거나 유지될 수 있다. 위에 설명된 대로, 에칭 속도를 증가시키는 것은 공정 챔버(38) 내로의 증착 가스의 유동 속도를 증가시키는 것을 허용하여, 원하는 증착-에칭 비율을 유지하면서 증착 속도를 증가시킨다. 이것은 유전 박막의 우세한 틈 충진 특성을 유지하면서, 유전 박막을 증착시키는데 필요한 시간을 감소시킨다. 이를 위해, 단계

(212)에서 플라즈마가 발생된 후에, 단계(214)로서 존재하는 플라즈마 종과 결과적인 유전층의 원하는 두께에 따라 좌우되는 미리 결정된 시간 동안 공정 챔버(38)내로 실리콘 소스 및 산소 소스 가스들을 유입시킨다. 예컨대, 전술한 플라즈마를 가지고, 대략 10,000Å의 두께를 갖는 유전층이 90에서 120초 안에 형성될 수 있다.

양호한 실시예에서, 단계(216)은 단계(214)에 이어서, 60 내지 70초 후에 발생한다. 단계(216)중에, 실리콘 소스 가스 및 산소 소스 가스의 유동 모두는 약 10 내지 15초 동안 동시에 중단되어, 공정 챔버(38)에 제공된 아르곤 농도가 100%에 접근하는 것을 허용한다. 그후, 단계(222)에 도시된 바와 같이, 실리콘 소스 가스 및 산소 소스 가스는 단계(210)와 관련하여 전술한 속도로 공정 챔버(38) 내로 다시 유입된다. 단계(224)에 도시된 바와 같이, 단계(216) 및 단계(222)를 반복함으로써, 연장된 증착-에칭 기술 과정 동안, 실리콘 및 산소 소스 가스들의 유동 속도가 주기적으로 감소될 수 있다. 이러한 방법으로, 유전층(215)의 에칭 속도는 적합한 증착-대-에칭 비율(증착-에칭 비율)을 유지하면서, 실질적으로 증가될 수 있다. 전술한 방법으로, 단계(216)에서의 에칭 속도는 분당 6,000Å 이상이될 수 있다. 이것은 단계(214) 및 단계(222)에서, 분당 10,000Å 이상으로 증착 속도를 증대시킬 수 있게 한다.

전술한 대로, 유전층(215)의 증가된 에칭 속도는 실란 가스 또는 산소 가스 중 하나의 유동을 단지 감소시킴으로써 달성될 수 있다. 결과적으로, 도 14에 도시된 방법은 유전층을 증착시키기 위해 사용될 수 있다. 단계(308)은 도 10과 관련하여 설명된 단계(208)과 동일하다. 그러나, 도 14의 단계(310)는 도 5에 도시된 공정 챔버(38)내로 불활성 가스 및 산소 소스 가스 모두를 유입시키는 것을 포함한다. 단계(312)에서, 도 11에 도시되고 단계(212)와 관련하여 설명한 바와 같이 플라즈마가 형성된다. 그 후, 도 14에서 도시된 단계(314)에서, 실란 소스 가스는 도 5에 도시된 공정 챔버(38)내로 유입된다. 단계(316)에서, 실란의 유동은 증착되는 유전층의 원하는 에칭 속도를 달성하기 위하여 감소된다. 단계(322)에서, 실란 가스 소스의 유동은 단계(314)에서의 실란 가스 소스의 유동 속도까지 다시 시작된다. 단계(324)에서 도시된 바와 같이 단계(316) 및 단계(322)를 반복하는 것에 의해, 연장된 증착-에칭 기술과정 동안, 실란 소스 가스의 유동 속도를 주기적으로 감소시켜 원하는 두께의 유동층을 얻는다. 상기 방법은 증착 및 에칭 속도를 원하는 대로 제어하기 위해 변경될 수 있다. 본 발명의 범위는 위의 설명과 관련하여 결정되는 것이 아니라, 첨부된 청구범위 및 그 균등범위에 따라 결정되야 한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술의 증착 방법들을 사용하여 기판과 관계된 피쳐들에 유전성 물질의 축적을 기술하는 기판의 수직 횡단면도이다.

도 2는 종래 기술의 증착 방법들에 관계된 내부 빈 공간을 기술하는 도 1에 도시된 기판의 수직 횡단면도이다.

도 3은 증착 에칭 방법이 종래 기술 방법에 관해 도 2에 도시된 내부 빈 공간을 제거하기 위해 사용되는 도 1 및 도 2에 도시된 기판의 수직 횡단면도이다.

도 4는 종래기술의 증착 에칭 방법을 사용하면서 배치되는 유전층의 윤곽을 기술하는 도 1, 2 및 3에 도시된 기판의 수직 횡단면도이다.

도 5는 본 발명에 따라 HDP-CVD 시스템의 일 실시의 간단화된 다이어그램이다.

도 6은 도 5의 전형적인 화학 기상 증착 공정 챔버와 결합되어 이용될 수 있는 모니터와 광펜의 간단화된 다이어그램이다.

도 7은 도 5의 전형적인 화학 기상 증착 공정 챔버를 제어하기 위해 이용되는 전형적인 공정제어 컴퓨터 프로그램 생산의 순서도이다.

도 8은 본 발명을 사용하여 형성된 집적회로의 횡단면도이다.

도 9는 본 발명에 사용된 기판의 횡단면도이다.

도 10은 본 발명에 관한 방법의 순서도이다.

도 11은 기판위에 배치된 틈-충진 유전층을 갖는 도 10에 도시된 기판의 횡단면도이다.

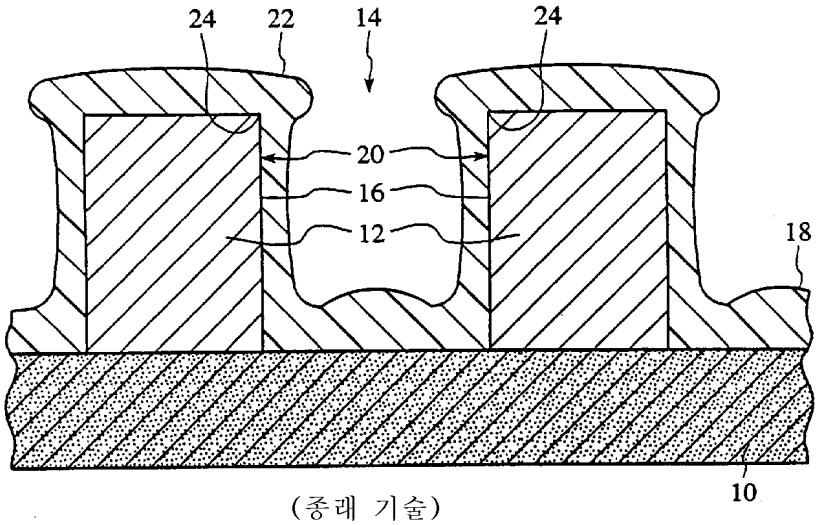
도 12는 챔버압력과 도 11에서 도시된 유전층의 에칭 속도사이의 관계를 도시한 그래프이다.

도 13은 도 5에서 도시된 HDP-CVD 시스템의 공정 챔버의 아르곤 농도와 도 12에서 도시된 유전층의 에칭 속도 사이의 관계를 도시한 그래프이다.

도 14는 도 10에 도시된 방법의 선택적 실시예의 순서도이다.

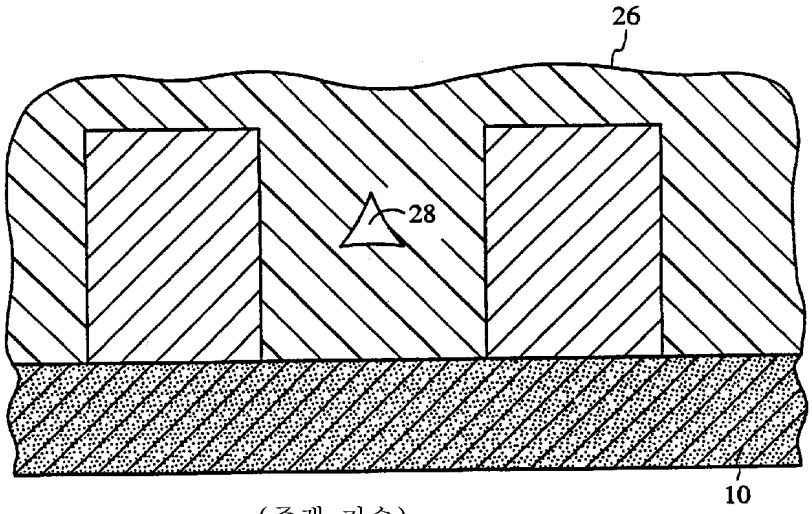
도면

도면1



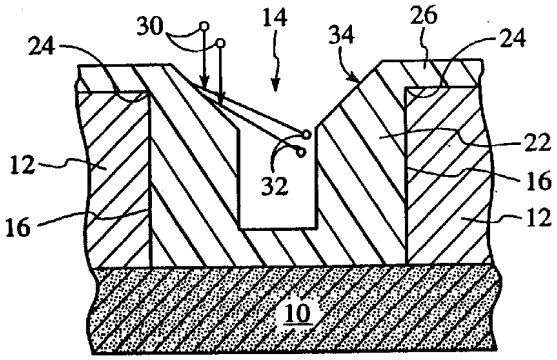
(종래 기술)

도면2



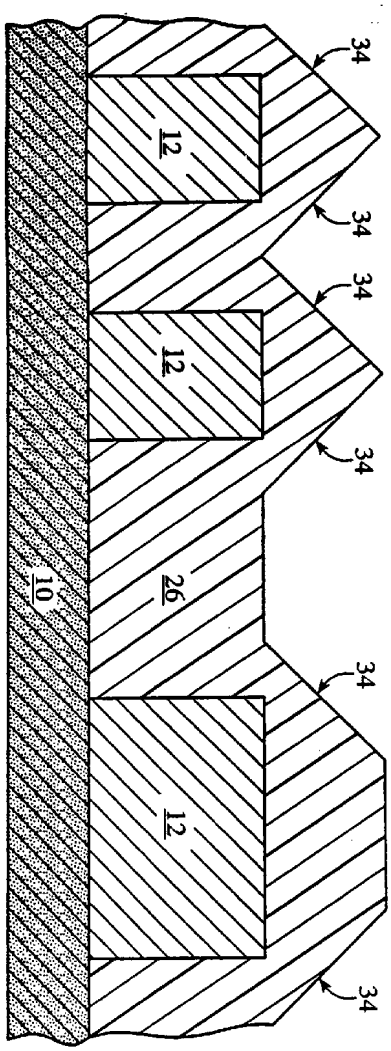
(종래 기술)

도면3



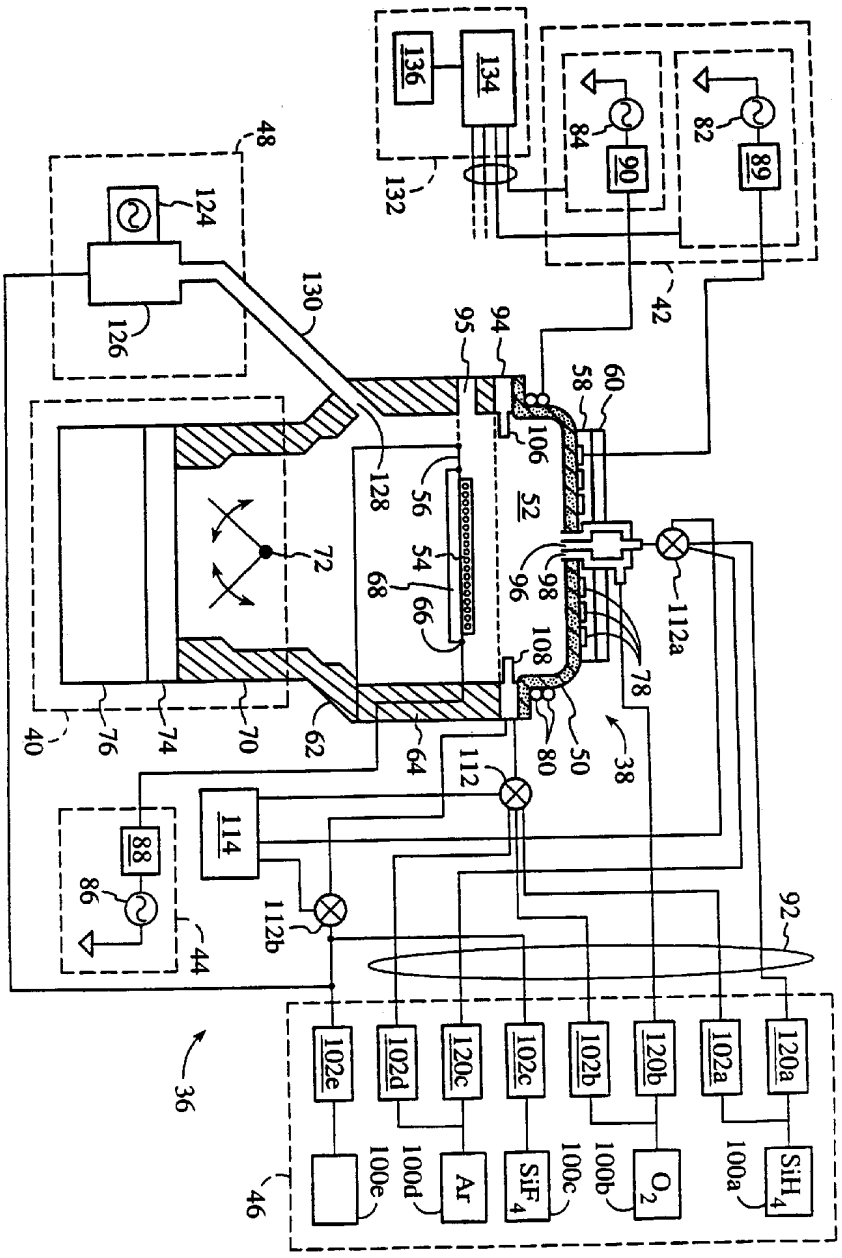
(종래 기술)

도면4

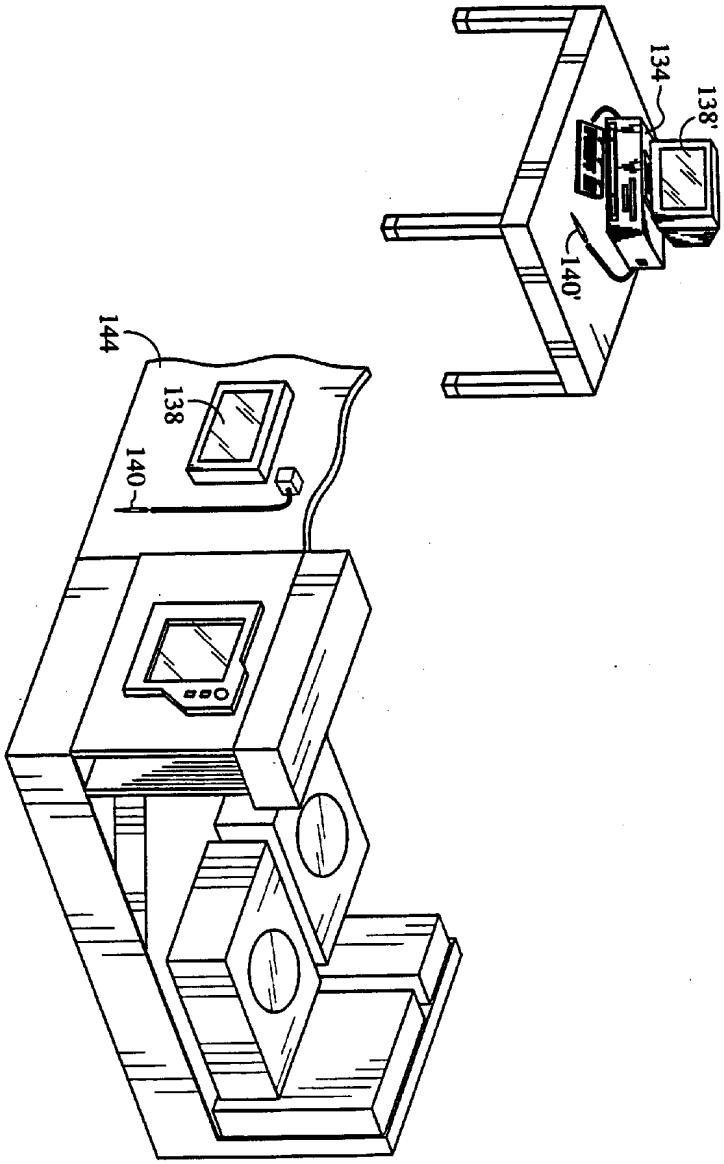


(종래 기술)

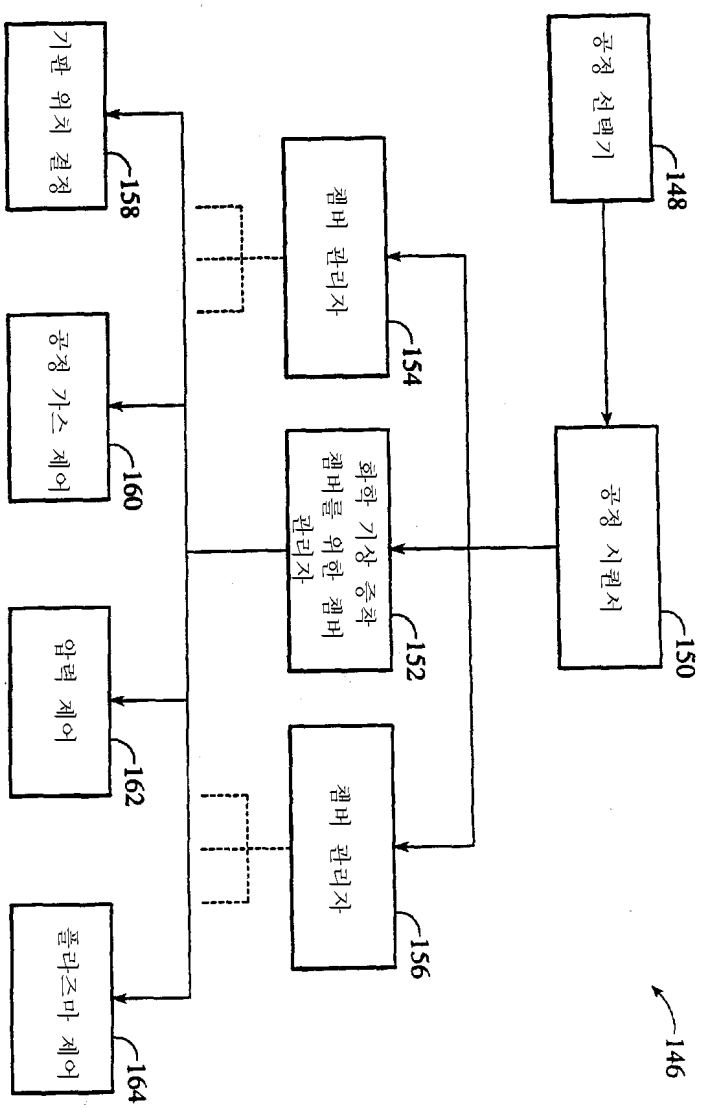
도면5


136
134
132
84
90
82
89
42
48
124
126
130
95
94
58
60
106
52
128
56
54
72
68
66
96
98
108
112a
78
40
76
74
70
62
64
112
80
50
38
88
86
114
112b
44
92
36
102e
102d
120c
102c
102b
120b
102a
120a
100e
100d
Ar
100c
SiF4
100b
O2
100a
SiH4
46

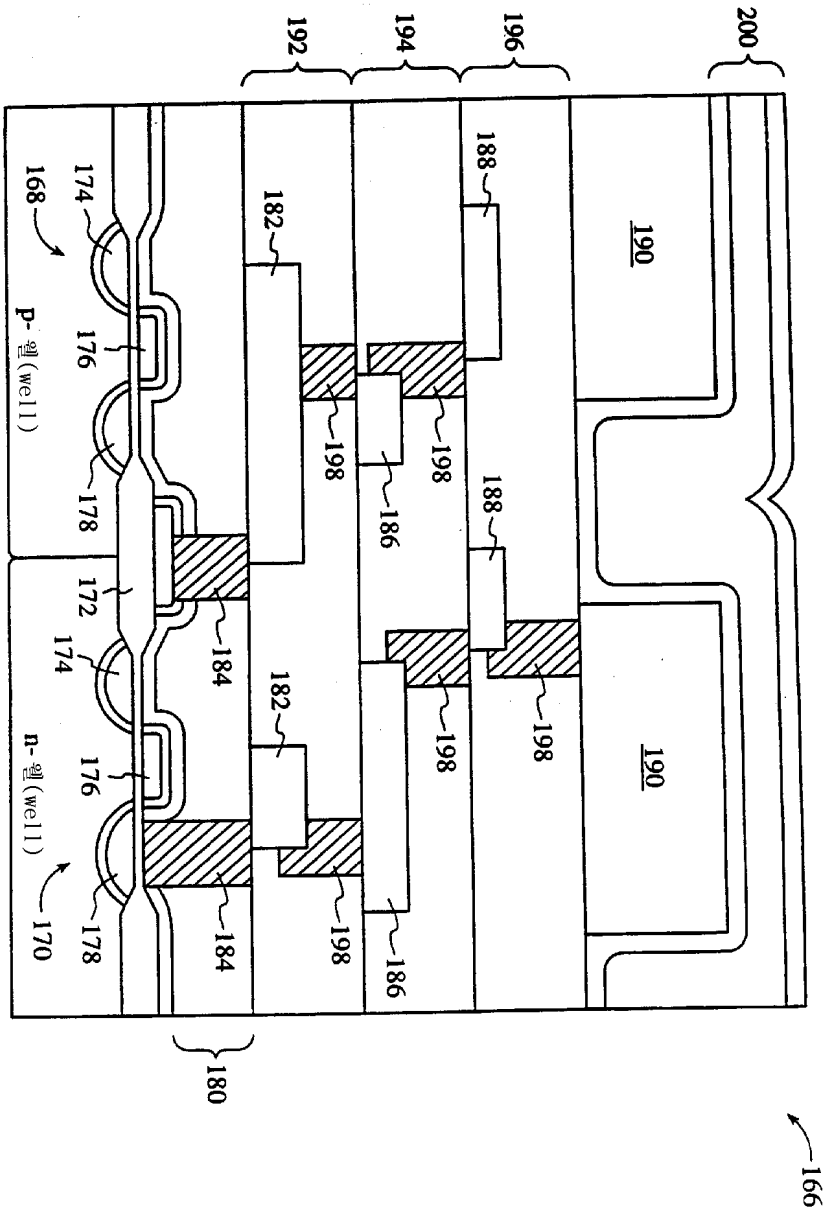
도면6



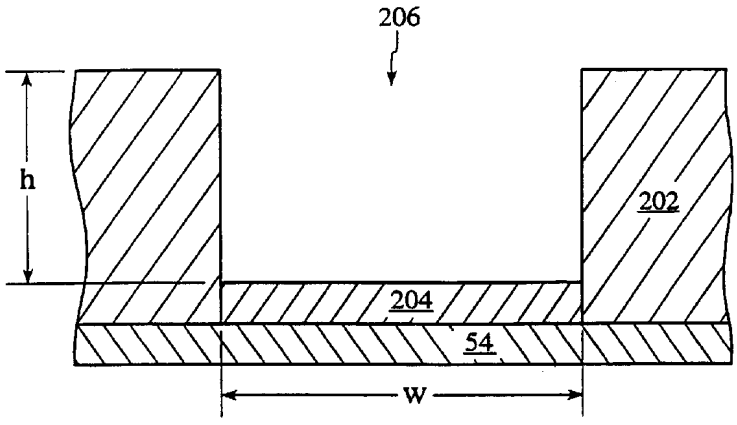
도면7


공정 선택기
148
공정 시퀀서
150
챔버 관리자
154
화학 기상 증착 챔버를 위한 챔버 관리자
152
챔버 관리자
156
146
기판 위치 결정
158
공정 가스 제어
160
압력 제어
162
플라즈마 제어
164

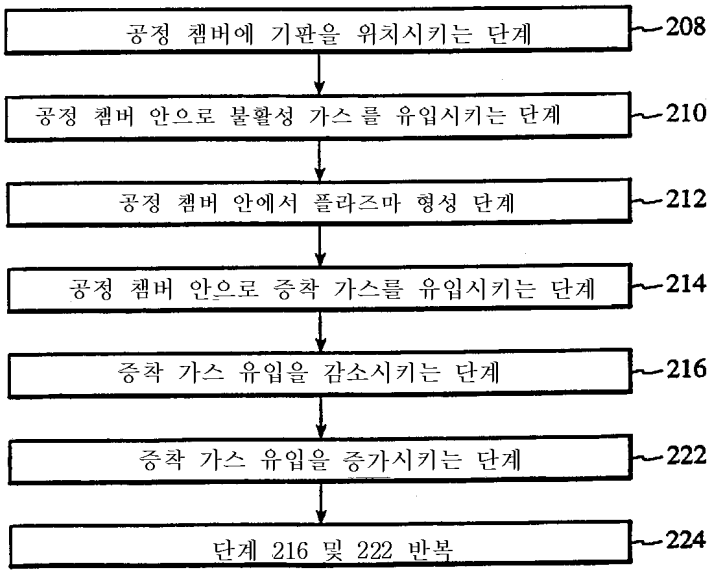
도면8


192
194
196
200
168
174
176
178
172
174
176
178
170
p-웰(well)
n-웰(well)
182
184
186
188
190
198
180
166

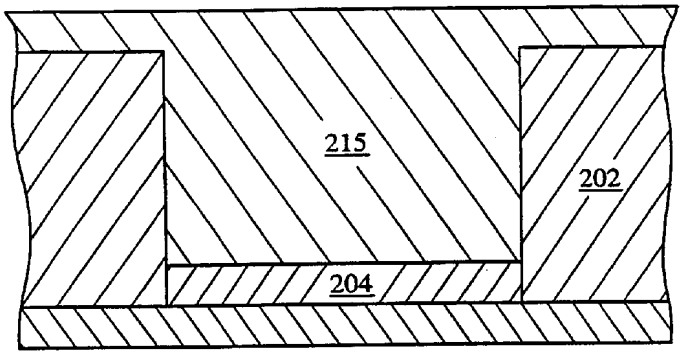
도면9


206
h
202
204
54
W

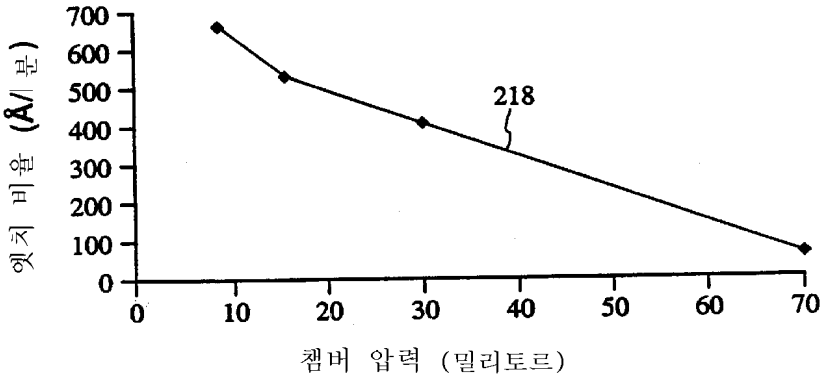
도면10



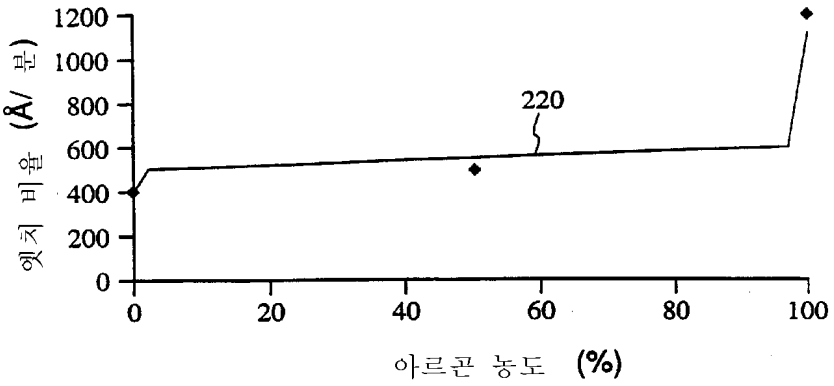
도면11



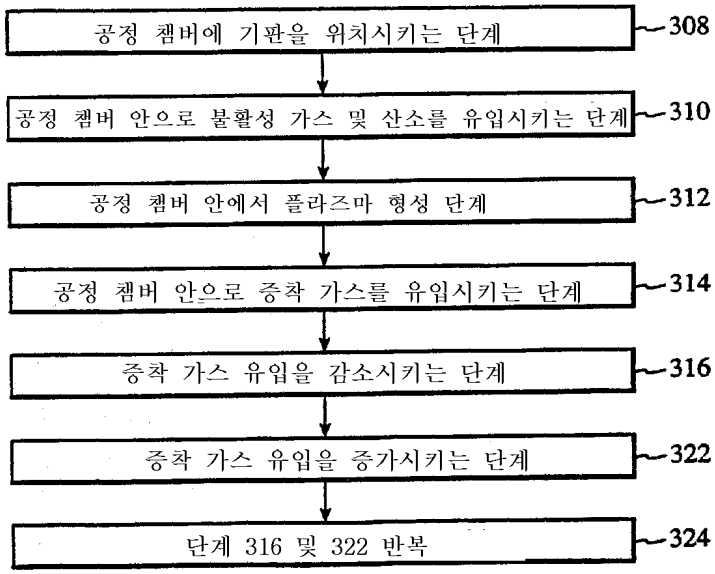
도면12



도면13


1200
1000
800
600
400
200
0
에칭 비율 (Å/ 분)
220
0
20
40
60
80
100
아르곤 농도 (%)

도면14


공정 챔버에 기판을 위치시키는 단계
308
공정 챔버 안으로 불활성 가스 및 산소를 유입시키는 단계
310
공정 챔버 안에서 플라즈마 형성 단계
312
공정 챔버 안으로 증착 가스를 유입시키는 단계
314
증착 가스 유입을 감소시키는 단계
316
증착 가스 유입을 증가시키는 단계
322
단계 316 및 322 반복
324