

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. <i>H01L 21/316</i> (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년07월28일 10-0605770 2006년07월20일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2000-7008809	(65) 공개번호	10-2001-0040901
(22) 출원일자	2000년08월11일	(43) 공개일자	2001년05월15일
번역문 제출일자	2000년08월11일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1999/002903	(87) 국제공개번호	WO 1999/41423
국제출원일자	1999년02월10일	국제공개일자	1999년08월19일

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국, 싱가포르,

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

(30) 우선권주장	09/021,788	1998년02월11일	미국(US)
	09/114,682	1998년07월13일	미국(US)
	09/162,915	1998년09월29일	미국(US)
	09/185,555	1998년11월04일	미국(US)

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

(72) 발명자 청, 데이비드
미국94404캘리포니아포스터시티빌링스게이트레인235

 야우, 와이-판
미국94040캘리포니아마운틴뷰그레텔레인1568

 만달, 로버트, 피.
미국95070캘리포니아사라토가마로요드아킬로12472

 정, 신-푸
미국95014캘리포니아쿠퍼티노둔바드라이브20804

 리우, 쿠오-웨이
미국95008캘리포니아캠프벨엔.산토마스아퀴노로드163

 루, 용-첵
미국95117캘리포니아샌어제이그린리드라이브#33671

 바네스, 마이크
미국94583캘리포니아산라몬산타테레사드라이브12215

 월레케, 랄프, 비.
미국95050캘리포니아산타클라라몬로스트리트#3362250

모가담,파하드
미국95030캘리포니아로스가토스올드아도브로드276

이시카와,테츄야
미국95050캘리포니아산타클라라블로섬드라이브873

푼,쯔
미국94086캘리포니아씨니베일레이크사이드드라이브#20771267

(74) 대리인 남상선

심사관 : 김희주

(54) 저 유전상수 필름을 증착하는 플라즈마 방법

요약

본 발명은 10W 내지 200W의 일정 RF 파워 레벨 또는 20W 내지 500W의 펄스형 RF 파워 레벨에서 탄소를 함유한 하나 이상의 실리콘 화합물을 산화 기체와 반응시켜 저 유전상수 필름을 증착시키는 장치 및 방법에 관한 것이다. 산화 기체의 해리는 유기실리콘 화합물과의 혼합되기 전에 증가될 수 있다. 바람직하게는, 개별 마이크로파 챔버내에서 증착된 층의 탄소 함량을 제어하는 것을 보조한다. 산화된 유기실란 또는 유기실록산 필름은 다른 유전체층에 인접한 내층 또는 캡핑층으로 사용하기에 우수한 배리어로서의 역할을 한다. 산화된 유기실란 또는 유기실록산 필름은 이중 다마신 구조물을 제조하기 위해 금속간 유전체층으로서 사용될 수 있다. 산화된 유기실란 또는 유기실록산 필름은 다른 유전체층 사이에 우수한 접착을 제공한다. 바람직한 산화된 유기실란 필름은 10% 내지 30%의 듀티 싸이클 동안 10W 내지 150W의 일정 RF 파워 레벨 또는 20W 내지 250W의 펄스형 RF 파워 레벨 에메틸실란 $\text{CH}_3\text{-SiH}_3$, 디메틸실란 $(\text{CH}_3)_2\text{-SiH}_2$, 또는 1,1,3,3-테트라메틸디실록산 $(\text{CH}_3)_2\text{-SiH-O-SiH-(CH}_3)_2$ 및 아산화질소 N_2O 와의 반응으로 인하여 생성된다.

대표도

도 6a

명세서

기술분야

본 발명은 집적회로 제조에 관한 것이다. 특히 본 발명은 유전체층을 기판 상에 증착하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

현대 반도체 디바이스 제조시의 중요 단계중 하나는 기체의 화학 반응에 의하여 기판 상에 금속 및 유전체 필름을 형성하는 것이다. 상기와 같은 증착 공정을 화학기상증착 또는 CVD라고 한다. 통상적인 열적 CVD 공정은 열에 의하여 유도된 화학적 반응이 발생하여 원하는 필름을 형성하도록 기판 표면 상에 반응성 기체를 공급한다. 일부 열적 CVD 공정이 동작하는 고온은 기판 상에 이미 형성된 층을 가진 디바이스 구조물에 손상을 줄 수 있다. 상대적으로 저온에서 금속 및 유전체 필름을 증착하는 바람직한 방법은 플라즈마 강화 CVD(PECVD) 기술이며, 이는 "실리콘 산화물을 증착하기 위하여 TEOS를 이용하는 플라즈마 강화 CVD 공정"이라는 명칭의 미국특허 5,362,526에 개시되어 있으며, 여기에 참고된다. 플라즈마 강화 CVD 기술은 고주파(RF) 에너지를 기판 표면 근처의 반응 영역에 인가함으로써 반응 기체의 여기 및/또는 분열을 증진시켜, 높은 반응성 화학물(species)의 플라즈마를 생성하도록 한다. 방출된 화학물의 높은 반응성은 발생될 화학 반응에 요구되는 에너지를 감소시켜 상기와 같은 PECVD 공정에 필요한 온도를 낮춘다.

반도체 디바이스 형상은 디바이스가 수십년전에 처음 소개된 이후에 사이즈가 상당히 감소되었다. 그 이후, 집적회로는 일반적으로 2년에 사이즈가 반으로 감소한다는 법칙(때때로 무어 법칙이라고 함)에 따르는데, 이는 칩 상에 조립되는 디바이스 수가 매 2년마다 두 배로 됨을 의미한다. 오늘날의 제조 공장은 0.35 μm 그리고 심지어는 0.18 μm 피처 사이즈를 가진 디바이스를 제조하는데, 장차 가까운 미래에는 이보다 작은 크기를 가진 디바이스를 제조할 것이다.

집적회로 상의 디바이스 크기를 더 감소시키기 위하여, 낮은 저항성을 가진 도전성 물질 및 인접 금속 라인사이의 용량성 결합을 감소시키도록 낮은 k(유전상수<4.0)를 가진 절연체를 이용할 필요가 있다. 내층/배리어층은 도전성 물질과 유전체 사이에 이용되어 수분과 같은 부산물이 도전성 물질로 유입되는 것을 방지하는데, 이에 대하여는 국제 공개 공보 WO 94/01885에 개시되어 있다. 예를 들어, 낮은 k 절연체를 형성하는 중에 발생할 수 있는 수분은 도전성 금속의 표면에 쉽게 확산되며 도전성 금속 표면의 저항성을 증가시킨다. 통상적인 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 물질로 형성된 배리어/내층은 부산물의 확산을 차단할 수 있다. 그러나, 배리어/내층은 일반적으로 4.0이상의 유전상수를 가지며, 이러한 높은 유전상수로 인해 결합된 절연체는 유전상수가 현저히 감소되지 않는다.

도 1a는 국제공개공보 WO 94/01885에 개시된 배리어/내층을 증착하는 PECVD 공정을 도시한다. PECVD 공정은 다중-성분 유전체층을 증착하는데, 여기서 실리콘 이산화물(SiO_2) 내층(liner layer)(2)은 기판(4) 상에 형성된 금속 라인(3)을 가진 패턴화된 금속층 상에 먼저 증착된다. 내층(2)은 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서 실란(SiH_4) 및 아산화질소(N_2O)의 플라즈마 강화 반응에 의하여 증착된다. 다음에 자기 평탄화되는 낮은 k 유전체층(5)이 실란 화합물 및 과산화 화합물의 반응에 의하여 내층(2) 상에 증착된다. 자기 평탄화층(5)은 경화에 의하여 제거되는 수분을 함유한다. 내층(2)은 적어도 4.5이상의 유전상수를 제공하도록 증착될 때 유효 배리어 특성을 가진 산화된 실란 필름이다. 산화된 실란 필름의 유전상수는 필름의 수분 배리어 특성을 감소시키도록 공정 조건을 변경시킴으로써 약 4.1까지 감소될 수 있다. SiN 과 같은 통상적인 내층은 높은 유전상수를 가지며 낮은 k 유전체층과 높은 k 유전체층의 결합은 전체 적층 유전상수 및 유도성 결합에 있어서 거의 개선할 수 없다.

도 1b에 도시된 바와 같이, WO 94/01885는 실란 및 N_2O 의 반응에 의하여 낮은 k 유전체층(5) 상에 증착되는 선택적인 SiO_2 캡핑층(6)을 개시하고 있다. 캡핑층(6) 역시 약 4.5의 유전상수를 제공하도록 증착될 경우 양호한 배리어 특성을 가진 산화된 실란 필름이다. 내층(2) 및 캡핑층(6)은 모두 4.5이상의 유전상수를 가지며 높은 유전상수층은 낮은 k 유전체층(5)의 이점을 손상시킨다.

디바이스가 작아질수록, 높은 유전상수를 가진 내층과 캡핑층은 다중-성분 유전체층의 전체 유전상수를 크게 한다. 또한, 공지된 낮은 k 유전체 물질은 비아 및/또는 상호접속부의 에칭 동안 물질을 에칭 정지층으로서 적합하지 않게 하는 낮은 산화물 함량을 가진다. 실리콘 질화물은 낮은 k 유전체 물질에서 상호접속 라인을 형성하기 위하여 선택된 에칭 정지 물질로 사용되었다. 그러나, 실리콘 질화물은 주변의 낮은 k 유전체층에 비하여 상대적으로 높은 유전상수(약 7의 유전상수)를 가진다. 실리콘 질화물은 다른 낮은 k 유전체 물질이 주요 절연체로서 사용될 때에도 상호접속 라인들사이에서 용량성 결합을 상당히 증가시키는 것으로 알려졌다. 이는 누화 및/또는 저항-캐패시턴스(RC) 지연을 야기하는데, 이는 디바이스의 전체 성능을 악화시킨다. 따라서, 실리콘 질화물 에칭 정지층은 일반적으로 하부 유전체층을 에칭한 후에 제거된다.

이상적으로, 내층으로서 사용하기 위한 우수한 배리어 특성 및 에칭 정지부로서 사용하기에 충분한 산화물 함량을 모두 가진 낮은 k 유전체층은 현재 낮은 k 유전체 물질과 동일한 챔버에서 식별되고 증착될 수 있다. 상기와 같은 배리어층은 유전체층의 전체 유전상수를 증가시키지 않으며, 상기와 같은 에칭 정지층은 하부층을 에칭한 후에 제거될 필요가 없다.

미국특허 5,554,570은 열적 CVD 실리콘 산화물에 이용하기 위한 배리어층을 개시하는데, 여기서 C-H기를 가진 유기실란은 실란 대신 산화되어 증착된 필름의 밀도를 증가시키고 층사이의 접착성을 개선시킨다. 예를 들어, 테트라엑소시실란(TEOS) 및 오존으로부터 생성된 열적 CVD층은 유기실리콘 및 N_2O 또는 O_2 로부터 생성된 PECVD 실리콘 산화물 필름사이에 증착될 수 있다.

미국특허 5,554,570에 설명된 배리어층은 바람직하게 낮은 탄소 함량을 가진 고밀도 실리콘 산화물 층이다. 비록 저주파 RF 파워의 이용도 필름 스트레스를 개선시키지만 고밀도 층은 400W의 고주파 RF 파워를 이용하여 증착된다. 배리어층은 바람직하게 알콕시실란 또는 염화 알킬실란 및 N_2O 로 형성되어 탄소 함량을 감소시키고 층 밀도를 증가시킨다.

미국특허 5,554,570는 낮은 유전상수를 가진 배리어층을 형성하거나 또는 높은 산화물 함량을 가진 에칭 정지층을 형성하기 위한 공정 조건을 인식하지 못하였다. 미국특허 5,554,570는 낮은 k 유전체층에 인접한 배리어층 또는 에칭 정지부로서 상기 층의 사용을 제안하지 못하였다.

서브미크론 디바이스에서 배리어층 또는 에칭 정지층으로서 이용하기 위한 낮은 유전상수, 양호한 배리어 특성 및 높은 산화물 함량을 가진 유전체층이 요구된다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 낮은 유전상수를 가진 실리콘 산화물 층을 증착하기 위한 방법 및 장치를 제공한다. 실리콘 산화물 층은 RF 또는 마이크로파 파워를 이용하여 반응성 산소 원자를 생성시켜 유기실란, 유기실록산 또는 이들의 결합물을 플라즈마 화학 기상 증착함으로써 생성된다. 실리콘 이산화물 층의 특성은 공정을 변화시켜 쉽게 제어되며, 여러 층들은 개선된 이중 다마신(damascene) 공정에 대하여 도시된 바와 같이 하나의 증착 챔버에서 증착될 수 있다. 또한, 실리콘 산화물 층은 여러 층사이의 접착층으로서 또는 금속간 유전체층으로서 이용될 수 있다. 바람직한 실리콘 산화물 층은 아산화질소(N_2O), 및 메틸실란(CH_3SiH_3), 디메틸실란($(CH_3)_2SiH_2$), 또는 1,1,3,3-테트라메틸디실록산($(CH_3)_2-SiH-O-SiH-(CH_3)_2$)과 같은 Si-H 결합을 포함하는 실리콘 화합물을 반응시켜 형성된다.

실리콘 산화물 층은 저압 및 고온에서 경화되어 특성이 안정화된다. 실리콘 산화물 층은 증착된 층의 다공성을 증가시키기 위해 별도의 RF파워를 증착 챔버에 인가함으로써 가장 바람직하게 생성된다. 저레벨의 RF 파워는 약 10토르보다 낮은 챔버 압력에서 사용하는 것이 바람직하다. 마이크로파 파워는 바람직하게 분리 챔버의 기체를 산화시켜 증착 챔버의 파워 레벨을 증가시키지 않고 반응성 산화제의 형성을 제어하기 위하여 제공된다.

바람직한 실시예에서, 실리콘 산화물 층은 Si-H 결합을 포함하는 하나 이상의 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물을 플라즈마 반응시킴으로써 패터닝된 금속층위에 증착된다.

본 발명의 실리콘 산화물은 상호접속 라인사이의 용량성 결합을 감소시키도록 하나의 증착 챔버에서 신뢰성 있는 이중 다마신 구조물의 제조를 위한 집적화 공정에 이용될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 약 20원자중량% 이상의 높은 탄소 함량을 가진 낮은 k 유전체 필름은 비아 레벨 유전체층으로서 증착된다. 약 10원자중량% 이하의 낮은 탄소 함량을 가진 낮은 k 유전체 필름은 트렌치 레벨 유전체층을 형성하기 위하여 높은 탄소 함량 층 상에 증착된다. 이중 다마신 에칭은 트렌치 레벨 유전체층에 트렌치를 형성하고 비아 레벨 유전체층에 정지부를 형성한다. 비아 레벨 유전체층에 비아를 에칭한 후에, 상부 표면은 평탄화되어 트렌치 레벨 유전체층 위가 평탄화되게 한다.

본 발명은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물과 같은 통상적인 에칭 정지부 상에 증착되는 실리콘 산화물을 포함하는 금속간 유전체층(IMD)을 추가로 제공한다. 실리콘 산화물은 얇은 접착층으로서 증착될 수 있다.

이하 첨부된 도면을 참조하면 본 발명을 설명한다.

첨부된 도면은 본 발명의 일부 실시예만을 나타내기 때문에 본 발명의 범위가 여기에 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예도 가능하다.

도면의 간단한 설명

도 1a-1b(종래 기술)는 공지된 공정에 의하여 기판 상에 증착된 유전체층의 개략도이다.

도 2는 본 발명에 이용되도록 구성된 예시적인 CVD 플라즈마 반응기의 단면도이다.

도 3은 도 2의 CVD 플라즈마 반응기의 시스템 모니터를 도시한다.

도 4는 도 2의 CVD 플라즈마 반응기와 함께 이용되는 공정 제어 컴퓨터 프로그램 제품의 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 깎이 공정에서 내층 및 캡핑층을 증착할 때 취해지는 단계를 도시하는 흐름도이다.

도 6a-e는 도 5의 공정에 의하여 기판 상에 증착된 층을 개략적으로 도시한다.

도 7은 본 발명의 실리콘 산화물 층을 포함하는 이중 다마신 구조물을 도시하는 단면도이다.

도 8a-h는 본 발명의 이중 다마신 증착 시퀀스의 일 실시예를 도시하는 단면도이다.

도 9는 프리메탈 유전체층 및 금속간 유전체층사이에 본 발명의 실리콘 산화물 층을 포함하는 접착층을 도시하는 단면도이다.

도 10a-h는 본 발명의 실리콘 산화물이 통상적인 에칭 정지부에 금속간 유전체 필름을 접착하기 위하여 이용되는 이중 다마신 증착 시퀀스를 도시하는 단면도이다.

도 11a-d는 본 발명의 실리콘 산화물이 통상적인 에칭 정지부를 제거하기 위하여 이용되는 통합된 이중 다마신 증착 시퀀스를 도시하는 단면도이다.

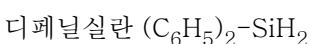
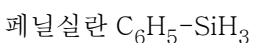
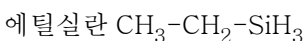
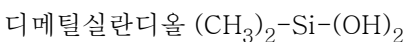
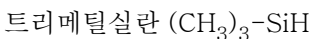
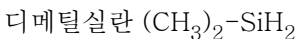
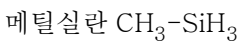
실시예

본 발명의 이해를 돕기 위해, 동일 부재는 동일 부호를 병기했다.

본 발명은 낮은 유전상수, 높은 산화물 함량 및 배리어 특성을 제공하기에 충분한 탄소 함량을 가진 실리콘 산화물 층을 증착하는 방법 및 장치를 제공한다. 실리콘 산화물 층은 산화된 유기실란 또는 유기실록산을 포함하며, 다른 유전체 물질에 인접한 내층, 낮은 산화물 함량을 가진 유전체 물질에 인접한 에칭 정지층, 금속간 유전체층 및 상이한 물질사이의 접착층으로서 이용될 수 있다. 산화된 유기실란 물질은 약 10W 내지 200W의 일정한 RF 파워 또는 약 20W 내지 약 500W의 펄스형 RF파워를 이용하여 유기실란 또는 유기실록산 화합물을 플라즈마에 의하여 산화시킴으로써 증착된다. 실리콘 산화물 층은 다공성을 개선하기 위해 챔버를 바꾸거나 냉각 시간을 제공하는 것과 같은 빈번한 중단(break)을 사용하여 증착될 수 있다. RF 파워는 바람직하게 13MHz와 14MHz 사이의 고주파수로 제공된다. RF 파워는 바람직하게 짧은 기간의 사이클로 제공되며 상기 파워는 약 200 Hz 보다 작은 사이클에 대해 일정한 레벨이며 약 10% 내지 약 30%의 총 듀티 사이클 상에 존재한다. 간헐적인 RF 파워는 높은 피크 파워 레벨에서 동작할 수 있으며 낮은 파워 레벨에서 일정한 RF 파워로서 동일한 총 파워 입력을 제공할 수 있다.

실리콘 산화물 층에 남아있는 탄소는 낮은 유전상수와 배리어 특성의 원인이 된다. 잔류 탄소는 약 1%와 약 50% 사이의 원자중량을 가지며, 실리콘 산화물 층에 소수성(疏水性)을 제공하기 위해 충분한 C-H 또는 C-F 결합을 포함하여 현저히 낮은 유전상수를 가질 수 있고 습기 배리어 특성을 개선한다.

실리콘 산화물 층은 처리 상태에서 산화에 의해 쉽게 제거되지 않는 유기물인 탄소를 포함하는 실리콘 성분으로부터 형성된다. 바람직하게 -C-H 결합은 알킬기 또는 아릴기 또는 플루오르 탄소 유도체 등을 포함한다. 적당한 유기물은 알킬닐과 싸클로헥세닐기 및 작용성 유도체를 포함할 수 있다. 유기 실리콘 화합물은 다음을 포함한다:



디페닐실란디올 $(C_6H_5)_2-Si-(OH)_3$

메틸페닐실란 $C_6H_5-SiH_2-CH_3$

디실라노메탄 $SiH_3-CH_2-SiH_3$

비스(메틸실라노)메탄 $CH_3-SiH_2-CH_2-SiH_2-CH_3$

1,2-디실라노 에탄 $SiH_3-CH_2-CH_2-SiH_3$

1,2-비스(메틸실라노) 에탄 $CH_3-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-CH_3$

2,2-디실라노프로판 $SiH_3-C(CH_3)_2-SiH_3$

1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌 $-(-SiH_2CH_2-)_3-$ (씨클릭)

1,3-디메틸디실록산 $CH_3-SiH_2-O-SiH_2-CH_3$

1,1,3,3-테트라메틸디실록산 $(CH_3)_2-SiH-O-SiH-(CH_3)_2$

헥사메틸디실록산 $(CH_3)_3-Si-O-Si-(CH_3)_3$

1,3-비스(실라노메틸렌)디실록산 $(SiH_3-CH_2-SiH_2-)_2-O$

비스(1-메틸디실록산닐)메탄 $(CH_3-SiH_2-O-SiH_2-)_2-CH_2$

2,2-비스(1-메틸디실록산닐)프로판 $(CH_3-SiH_2-O-SiH_2-)_2-C(CH_3)_2$

2,4,6,8-테트라메틸사이클로테트라실록산 $-(-SiHCH_3-O-)_4-$ (씨클릭)

옥탄메틸사이클로테트라실록산 $-(-Si(CH_3)_2-O-)_4-$ (씨클릭)

2,4,6,8,10-펜타메틸사이클로펜타실록산 $-(-SiHCH_3-O-)_5-$ (씨클릭)

1,3,5,7-테트라실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌

$-(-SiH_2-CH_2-SiH_2-O-)_2-$ (씨클릭)

2,4,6-트리실란테트라하이드로파이란

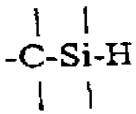
$-SiH_2-CH_2-SiH_2-CH_2-SiH_2-O-$ (씨클릭)

2,5-디실란테트라하이드로푸란 $-SiH_2-CH_2-CH_2-SiH_2-O-$ (씨클릭)

유기 실리콘 성분은 산소(O₂) 또는 산화 질소(N₂O), 오존(O₃), 이산화탄소(CO₂) 및 물(H₂O), 바람직하게는 N₂O와 같은 산소를 함유한 화합물과의 반응에 의해 증착동안 산화되어, 증착된 필름의 탄소 함량이 1 내지 50원자중량%, 바람직하게는 약 5 내지 30원자중량%를 갖게 된다. 산화된 유기 실리콘층은 약 3.0의 유전상수를 가지며 우수한 배리어 특성을 가진다. 산화된 유기 실리콘층은 또한 통상적으로 낮은 k 유전체층과 비교하여 높은 산화물 함량과 양호한 접착 특성을 가진다.

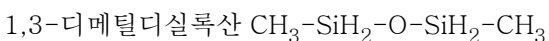
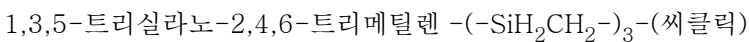
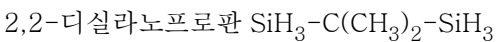
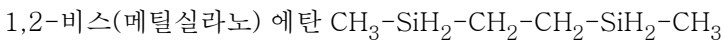
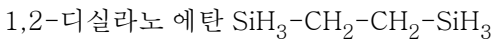
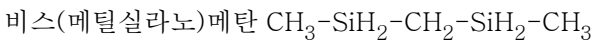
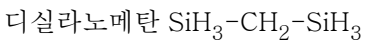
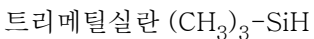
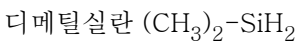
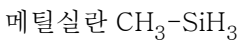
바람직하게 산소와 산소함유 화합물은 증착 필름에서 원하는 탄소 함량을 얻는 것이 필요한 경우 반응성을 증가시키기 위해 해리된다. RF 파워는 또한 산화 화합물이 해리를 증가시키기 위해 증착 챔버에 결합될 수 있다. 산화 화합물은 또한 실리콘 함유 화합물의 초과 해리를 감소시키기 위해 증착 챔버에 진입하기 전에 마이크로파 챔버에서 해리될 수 있다. 실리콘 산화물 층의 증착은 연속적이거나 불연속적일 수 있다. 증착은 바람직하게 단일 증착 챔버에서 발생하지만, 층은 두 개 이상의 증착 챔버에서 연속적으로 증착될 수 있다. RF 파워는 기판의 가열을 감소시키고 증착 필름의 다공률을 증진시키기 위해 사이클링되거나 펄싱될 수 있다. 실리콘 산화물 층이 증착하는 동안, 기판은 약 -20°C에서 약 400°C의 온도에서 유지되며, 바람직하게는 대략 -20°C 내지 40°C의 온도에서 유지된다.

유기실란과 유기실록산 화합물은 바람직하게 다음 구조를 포함한다:



여기서, 각 Si는 하나 이상의 탄소 원자에 결합되며, C는 유기물, 바람직하게는 -CH₃, -CH₂-CH₃, -CH₂-, 또는 -CH₂-CH₂-와 같은 알킬 또는 알킬닐 그룹 또는 플루오르 탄소 유도체에 포함된다. 플루오르 유도체의 탄소 원자는 수소 원자와 치환되어 부분적으로 또는 전체적으로 플루오르화될 수 있다. 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 두 개 이상의 Si 원자를 포함하며, 각 Si는 -O-, -C-, 또는 -C-C-에 의해 또 다른 Si와 분리되며, 여기서 C는 유기물, 바람직하게는 -CH₂-, -CH₂-CH₂-, -CH(CH₃)- 또는 C(CH₃)₂-와 같은 알킬 또는 알킬닐 그룹 또는 플루오르 유도체에 포함된다.

바람직한 유기실란 및 유기실록산 화합물은 실온에서 기체 또는 액체이며 약 10 토르 이상에서 증발될 수 있다. 바람직한 유기실란 및 유기실록산은:



- 1,1,3,3-테트라메틸디실록산 $(\text{CH}_3)_2\text{-SiH-O-SiH-(CH}_3)_2$
- 1,3-비스(실라노메틸렌)디실록산 $(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-})_2\text{-O}$
- 비스(1-메틸디실록산닐)메탄 $(\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-})_2\text{-CH}_2$
- 2,2-비스(1-메틸실록산닐)프로판 $(\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-})_2\text{-C(CH}_3)_2$
- 2,4,6,8-테트라메틸사이클로테트라실록산 $\text{-(-SiHCH}_3\text{-O-)}_4\text{-}$ (씨클릭)
- 2,4,6,8,10-펜타메틸사이클로펜타실록산 $\text{-(-SiHCH}_3\text{-O-)}_5\text{-}$ (씨클릭)
- 1,3,5,7-테트라실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌
 $\text{-(-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-)}_2\text{-}$ (씨클릭)
- 2,4,6-트리실란테트라하이드로파이란
 $\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (씨클릭)
- 2,5-디실란테트라하이드로푸란 $\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (씨클릭)
- 및 하기 플루오르화 탄소 유도체:
- 트리플루오로메틸실란 $\text{CF}_3\text{-SiH}_3$
- 1,2-디실라노테트라플루오로 에틸렌 $\text{SiH}_3\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-SiH}_3$
- 1,2-비스(트리플루오로메틸실라노)테트라플루오로 에탄
 $\text{CF}_3\text{-SiH}_2\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-SiH}_2\text{-CF}_3$
- 2,2-디실라노헥사플루오로프로판 $\text{SiH}_3\text{-C(CF}_3)_2\text{-SiH}_3$
- 1,3-비스(실라노디플루오로메틸렌)디실록산 $(\text{SiH}_3\text{-CF}_2\text{-SiH}_2\text{-})_2\text{-O}$
- 비스(1-트리플루오로메틸디실록산닐)디플루오로메탄 $(\text{CF}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-})_2\text{-CF}_2$
- 2,4,6-트리실란테트라플루오로파이란,
 $\text{-SiH}_2\text{-CF}_2\text{-SiH}_2\text{-CF}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (씨클릭)
- 2,5-디실란테트라플루오로푸란 $\text{-SiH}_2\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (씨클릭)

유기실란과 유기실록산의 탄화수소 그룹은 C-H 결합을 C-F 결합으로 변환하기 위해 부분적으로 또는 전체적으로 플루오르화될 수 있다. 많은 바람직한 유기실란 및 유기실록산 화합물은 상업적으로 이용될 수 있다. 두 개 이상의 유기실란 또는 유기실록산의 화합물은 유전상수, 산화물 함량, 소수성, 필름 스트레스 및 플라즈마 에칭 특성과 같은 원하는 특성을 혼합하여 제공하는데 사용될 수 있다.

유기실란 및 유기실록산 화합물은 바람직하게 아산화질소(N_2O)가 해리되어 증착 처리 동안 형성된 산소와 함께 플라즈마 보조 반응에 의해 증착되는 동안 산화된다. 산화 질소는 플라즈마의 보조없이 유기실란 또는 유기실록산과 반응하지 않으며, 산소-질소 결합은 유기실란과 유기실록산의 결합보다 낮은 에너지에서 쉽게 깨진다. 산화된 화합물은 증착 필름을 형성하기 위해 반도체 기판의 패터화된 층과 같은 접촉 표면에 접촉된다. 증착된 필름은 필름의 배리어 특성을 안정시키기 위해 낮은 온도와 약 100 내지 약 450°C, 바람직하게는 400°C 이상의 온도에서 경화된다. 증착된 필름은 배리어 특성을 제공하기 위해 충분한 탄소 함량을 가진다. 탄소 함량은 바람직하게 우수한 수분 배리어인 소수성 필름을 제공하기 위해 C-H 또는 C-F 결합을 포함한다.

본 발명은 또한 반응 영역을 포함하는 용기, 반응 영역에 기판을 위치시키는 기판 홀더 및 진공 시스템을 가진 기판 처리 시스템을 제공한다. 처리 시스템은 또한 용기의 반응 영역이 유기실란 또는 유기실록산 화합물, 산화 기체 및 불활성 기체의 공급부에 연결된 기체/액체 분배 시스템 및 반응 영역에서 플라즈마를 생성하기 위해 기체 분배 시스템에 결합된 RF 발생기를 포함한다. 처리 시스템은 또한 용기, 기체 분배 시스템 및 RF 발생기를 제어하기 위한 컴퓨터를 포함하는 제어기 및 제어기에 결합된 메모리를 포함한다. 상기 메모리는 처리 단계들을 선택하기 위해 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 포함하는 컴퓨터 이용가능 매체를 포함하는데, 상기 처리 단계들은 유기실란 또는 유기실록산 화합물과 산화 기체의 플라즈마를 이용하여 낮은 유전상수를 가진 필름을 증착시킨다.

일 실시예에서 처리 시스템은 또한 다른 처리 단계들을 선택하는 컴퓨터 판독 가능 프로그램 코드를 포함할 수 있으며, 상기 처리 단계들은 선형의 산화 유기 실리콘 화합물을 증착하는 단계, 서로 다른 유전체층을 증착하는 단계 및 산화된 유기 실리콘 화합물의 캡핑층(capping layer)을 선택적으로 증착하는 단계를 포함한다.

또한, 본 명세서는 본 발명의 실리콘 산화물 층을 증착하는 장치와 비탐직한 실리콘 산화물 필름에 대해 설명한다.

전형적인 CVD 플라즈마 반응기

본 발명의 방법이 실행될 수 있는 적당한 CVD 플라즈마 반응기가 도 2에 도시되어 있다. 도 2는 높은 진공 영역(15)을 가진 평행판 화학 기상 증착 반응기(10)의 수직 단면도이다. 반응기(10)는 리프트 모터(14)에 의해 상승하거나 하강하는 기판 지지 플레이트 또는 서셉터(12) 상에 위치하는 기판 또는 웨이퍼(도시되지 않음)로 분기관의 관통 구멍을 통해 처리 기체들을 분산시키기 위한 기체 분배 분기관(11)을 포함한다. TEOS의 액체 주입을 위해 통상적으로 사용되는 액체 주입 시스템(도시되지 않음)은 또한 액체 유기실란 및/또는 유기실록산인 화합물을 주입하기 위해 제공될 수 있다. 바람직한 메틸실란은 기체이다.

삭제

반응기(10)는 도 2의 저항성 가열 코일들(도시되지 않음) 또는 외부 램프들(도시되지 않음)에 의한 처리 기체 및 기판의 가열을 포함한다. 도 2를 참조하면, 서셉터(12)는 서셉터(12)(및 서셉터(12)의 상부면에 지지되는 웨이퍼)가 하부 로딩/오프-로딩 위치 및 분기관(11)에 매우 인접한 상부 처리 위치 사이에서 제어가능하게 이동될 수 있도록 지지대(13) 상에 장착된다.

서셉터(12) 및 웨이퍼가 처리 위치(14)에 있을 때, 서셉터와 웨이퍼는 절연기(17)에 의해 둘러싸이고 처리 기체는 분기관(24)으로 배출된다. 처리 동안, 분기관(11)으로의 기체 주입구는 웨이퍼 표면에 방사상으로 균일하게 배치된다. 스로틀(throttle) 밸브를 갖는 진공 펌프(32)는 챔버에서 나오는 기체의 배출 속도를 제어한다.

증착 및 반응 기체가 분기관(11)에 도달하기 전에, 증착 및 반응 기체는 기체 라인들(18)을 통해 혼합 시스템(19)에 투입되고, 증착 및 반응 기체들은 혼합 시스템에서 결합되어 분기관(11)에 전달된다. 산화 기체에 추가 에너지를 제공하여 산화 기체만을 해리하기 위해 선택 마이크로파 적용기(28)는 투입 기체 라인 상에 위치할 수 있다. 마이크로파 공급기는 0에서 6000W를 제공한다. 일반적으로, 각 처리 기체를 위한 처리 기체 공급 라인(18)은 또한 (i) 챔버 내에 처리 기체의 흐름을 자동 또는 수동으로 차단하기 위해 사용될 수 있는 안전 차단 밸브들(도시되지 않음), 및 (ii) 기체 공급 라인들을 통과하는 기체의 흐름을 측정하는 질량 흐름 제어기들(역시 도시되지 않음)을 포함한다. 유독성 기체가 처리시 사용될 때, 여러 안전 차단 밸브들은 종래의 형태로 각 기체 공급 라인 상에 위치한다.

반응기(10)에서 수행되는 증착 처리는 열 처리 또는 플라즈마 강화 처리일 수 있다. 플라즈마 처리에서, 제어된 플라즈마는 통상적으로 (접지된 서셉터(12)를 갖는) RF 파워 공급기(25)로부터 분배 분기관(11)으로 제공된 RF 에너지에 의해 웨이퍼에 인접하여 형성된다. 선택적으로, RF 파워는 서셉터(12)에 공급될 수 있거나 또는 상이한 주파수들로 상이한 소자

들에 제공될 수 있다. RF 파워 공급기(25)는 높은 진공 영역(15) 내로 유입된 반응 화학물의 해리를 강화시키기 위하여 단일 또는 혼합된 주파수 RF 파워를 공급할 수 있다. 혼합된 주파수 RF 파워 공급기는 통상적으로 분배 분기관(11)에 13.56MHz의 높은 RF 주파수(RF1)와 서셉터(12)에 360KHz의 낮은 RF 주파수(RF2)로 파워를 공급한다. 가장 바람직하게는 본 발명의 실리콘 산화물 층들은 낮은 레벨의 일정한 고주파 RF 파워 또는 펄스 레벨의 고주파 RF 파워를 이용하여 생성된다. 펄스형 RF 파워는 바람직하게 약 20W에서 약 500W까지의 13.56MHz RF 파워, 가장 바람직하게는 듀티 사이클의 약 10%에서 약 30%까지 동안, 20W에서 약 250W까지 제공된다. 일정한 RF 파워는 약 10W에서 약 200W까지, 바람직하게 약 20W에서 약 100W까지의 13.56MHz RF 파워를 바람직하게 제공한다. 낮은 파워 증착은 약 -20°C에서 약 40°C까지의 온도 범위에서 바람직하게 발생한다. 바람직한 온도 범위에서, 증착된 필름은 증착 동안 부분적으로 중합되고 후속하는 필름의 경화 동안 중합이 완성된다.

산화 기체를 추가로 해리하는 것이 바람직할 때, 선택적인 마이크로파 챔버는 증착 챔버에 투입하기 전에 0 내지 3000W의 마이크로파 파워를 산화 기체에 가하기 위해 사용될 수 있다. 마이크로파의 개별적인 추가는 산화 기체와 반응하기 이전에 실리콘 화합물의 과잉 해리를 방지한다. 마이크로파 파워가 산화 기체에 추가될 때, 실리콘 화합물과 산화 기체를 위한 개별 통로를 갖는 기체 분배 플레이트가 바람직하다.

통상적으로, 챔버 라이닝(lining), 분배 분기관(11), 서셉터(12) 및 여러 다른 반응기 하드웨어중 일부 또는 모두는 알루미늄 또는 양극 처리된 알루미늄과 같은 물질로 제조된다. CVD 반응기의 실시예는 왕(Wang)과 다른 사람들이 쓰고, 본 발명의 양수인 어플라이드 머티리얼스, 인코포레이티드에 양도된 "열 CVD/PECVD 반응기 및 실리콘 이산화물의 열화학적 기상 증착 및 인시츄 다단계 평탄화 공정"이라는 제목의 미국 특허 5,000,113에서 개시되어 있다.

리프트 모터(14)는 프로세싱 위치와 하부 웨이퍼-로딩 위치 사이에서 서셉터(12)를 상승시키고 하강시킨다. 모터, 기체 혼합 시스템(19) 및 RF 파워 공급기(25)는 시스템 제어기(34)에 의해 제어 라인(36)을 통해 제어된다. 반응기는 바람직한 실시예에서 하드디스크 드라이브 내에 있는 메모리(38)에 저장된 시스템 제어 소프트웨어를 실행하고, 시스템 제어기(34)에 의해 제어되는 질량 흐름 제어기들(MFC) 및 표준 또는 펄스형 RF 발생기들과 같은 아날로그 어셈블리들을 포함한다. 모터들과 광학 센서들은 진공 펌프(32)의 스톱 밸브와 서셉터(12)를 위치시키기 위한 모터와 같은 이동 가능한 기계적 어셈블리들의 위치를 이동시키고 결정하기 위하여 사용된다.

시스템 제어기(34)는 CVD 반응기의 모든 동작을 제어하고 제어기(34)의 바람직한 실시예는 하드디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브 및 카드 랙을 포함한다. 카드 랙은 단일 기관 컴퓨터(SBC), 아날로그 및 디지털 입/출력 기관, 인터페이스 기관 및 스테퍼 모터 제어기 기관을 포함한다. 시스템 제어기는 기관, 카드 케이스 및 커넥터 치수 및 타입을 한정하는 버사(Versa) 모듈 유럽(VME) 표준을 따른다. VME 표준은 또한 16 비트 데이터 버스 및 24 비트 어드레스 버스를 갖는 버스 구조를 한정한다.

시스템 제어기(34)는 하드디스크 드라이브(38)에 저장된 컴퓨터 프로그램의 제어하에서 동작한다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 기체 혼합, RF 파워 레벨, 서셉터 위치 및 특정 처리의 다른 파라미터를 지시한다. 사용자와 시스템 제어기 사이의 인터페이스는 도 3에 도시된 CRT 모니터(40)와 광 펜(44)이다. 바람직한 실시예에서 제 2 모니터(42)가 사용되고, 제 1 모니터(40)는 운용자들을 위해 클린룸 벽에 장착되고 제 2 모니터(42)는 서비스 기술자들을 위해 벽 뒤에 장착된다. 두 모니터들(40,42)은 동시에 동일한 정보를 디스플레이하고 하나의 광 펜(44)만이 이용될 수 있다. 광 펜(44)은 펜 끝에 광 센서를 이용하여 CRT 디스플레이에 의해 방출되는 광을 검출한다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위하여, 운용자는 디스플레이 스크린의 지정된 부분을 터치하고 펜(44)의 버튼을 누른다. 터치된 부분은 가장 밝은 색으로 바뀌거나, 새로운 메뉴 또는 스크린이 디스플레이되고, 광 펜과 디스플레이 스크린 사이의 통신을 확인한다.

도 4에서, 처리는 예를 들어, 시스템 제어기(34) 상에서 동작하는 컴퓨터 프로그램 제품(410)을 이용하여 수행될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 코드는 예를 들어, 68000 어셈블리 언어, C, C++, 또는 파스칼과 같은 종래의 컴퓨터가 인식할 수 있는 모든 프로그래밍 언어로 기록될 수 있다. 적절한 프로그램 코드는 종래의 텍스트 편집기를 이용하여, 단일 파일, 또는 여러 파일로 입력되어, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터가 이용가능한 매체에 저장되거나 구현된다. 입력 코드 텍스트가 하이 레벨 언어라면, 코드는 컴파일되고, 그리고 형성된 컴파일러 코드는 미리 컴파일된 윈도우 라이브러리 루틴의 목적 코드와 링크된다. 링크되고 컴파일된 목적 코드를 실행하기 위하여, 시스템 사용자는 목적 코드를 불러오고, 컴퓨터 시스템이 메모리에 코드를 로딩하도록 하는데, 이 메모리로부터의 CPU는 프로그램에서 확인된 작업들을 수행하도록 코드를 관독하고 실행한다.

도 4는 컴퓨터 프로그램(410)의 계층적 제어 구조에 대한 블록도를 도시한다. 사용자는 광 펜(44) 인터페이스를 이용하여 CRT 모니터(40) 상에 디스플레이된 메뉴 또는 스크린에 응답하여 처리 선택기 서브루틴(420) 내에 처리 세트수 및 처리 챔버수를 입력한다. 처리 세트들은 명시된 처리들을 수행하는데 필요한 처리 파라미터들의 미리 결정된 세트들이고, 미리

한정된 세트 수들에 의해 확인된다. 처리 선택기 서브루틴(420)은 (i) (어플라이드 머티리얼스, 인코포레이티드에서 입수 가능한) Centura[®] 플렛폼과 같은 클러스터 톨 상의 원하는 처리 챔버를 선택하고, (ii) 원하는 처리를 수행하기 위한 처리 챔버를 동작시키는데 필요한 처리 파라미터의 원하는 세트를 선택한다. 특정 처리를 수행하기 위한 처리 파라미터는 예를 들어, 처리 기체 혼합 및 흐름 속도, 온도, 압력, RF 바이어스 파워 레벨들과 자계 파워 레벨들과 같은 플라즈마 조건들, 냉각 기체 압력 및 챔버 벽 온도와 같은 처리 조건들과 관련되어 처리방법(recipe)의 형태로 사용자에게 제공된다. 처리방법에 의해 구체화된 파라미터들은 광 펜/CRT 모니터 인터페이스를 이용하여 입력된다.

처리를 모니터링하기 위한 신호는 시스템 제어기의 아날로그 입력 및 디지털 입력 기관에 의해 제공되고 이 처리를 제어하기 위한 신호는 시스템 제어기(34)의 아날로그 출력 및 디지털 출력 기관 상에 출력된다.

처리 시퀀서 서브루틴(430)은 확인된 처리 챔버와 처리 선택기 서브루틴(420)으로부터의 처리 파라미터들의 세트를 받아들이고 다양한 처리 챔버들의 동작을 제어하기 위한 프로그램 코드로 구성되어 있다. 여러 사용자들이 처리 세트수 및 처리 챔버수를 입력할 수 있거나, 또는 한 명의 사용자가 여러 처리 챔버수를 입력할 수 있어, 시퀀서 서브루틴(430)이 원하는 시퀀스로 선택된 처리표를 작성하여 동작한다. 바람직하게 시퀀서 서브루틴(430)은 챔버들이 사용될지를 결정하는 처리 챔버들의 동작을 모니터링하는 단계, (ii) 어떤 처리들이 사용된 챔버들에서 수행되는지를 결정하는 단계, 및 (iii) 처리 챔버의 이용 가능성 및 수행될 처리의 타입에 기초한 원하는 처리를 실행하는 단계를 수행하기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 프로그램 코드를 포함한다. 폴링과 같이 챔버를 모니터링하는 종래의 방법들이 사용된다. 어떤 처리가 실행되어야 하는지의 목록을 작성할 때, 시퀀서 서브루틴(430)은 선택된 처리에 대한 원하는 처리 조건들, 또는 각 특정 사용자가 입력 요청한 "시기(age)", 또는 시스템 프로그래머가 스케줄 우선 순위를 결정하는데 포함되기를 원하는 다른 모든 관련요소를 비교하여 사용되는 처리 챔버의 현재 조건을 고려하도록 설계될 수 있다.

일단 시퀀서 서브루틴(430)에 의해 어떤 처리 챔버 및 처리 세트 조합이 다음에 실행될지를 결정되면, 시퀀서 서브루틴(430)은 시퀀서 서브루틴(430)에 의해 결정된 처리 세트에 따라 처리 챔버(10)의 여러 처리 작업들을 제어하는 챔버 관리자 서브루틴(440)에 특정 처리 세트 파라미터들을 통과시킴으로써 처리 세트를 실행시킨다. 예를 들어, 챔버 관리자 서브루틴(440)은 처리 챔버(10)에서의 CVD 처리 동작을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 챔버 관리자 서브루틴(440)은 또한 선택된 처리 세트를 수행하는데 필요한 챔버 구성요소의 동작을 제어하는 여러 챔버 구성요소 서브루틴들을 실행을 제어한다. 챔버 구성요소 서브루틴들의 예는 서셉터 제어 서브루틴(450), 처리 기체 제어 서브루틴(460), 압력 제어 서브루틴(470), 히터 제어 서브루틴(480), 및 플라즈마 서브루틴(490)이다. 당업자들은 다른 챔버 제어 서브루틴들이 어떤 처리들이 반응기(10)에서 수행되도록 목표되는지에 따라 포함될 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다.

동작시, 챔버 관리자 서브루틴(440)은 실행되는 특정 처리 세트에 따라 처리 구성요소 서브루틴들을 선택적으로 스케줄링하거나 불러온다. 챔버 관리자 서브루틴(440)은 시퀀서 서브루틴(430)이 어떤 처리 챔버(10)와 처리 세트가 다음에 실행될 지를 스케줄링하는 방법에 유사하게 처리 구성요소 서브루틴들을 스케줄링한다. 통상적으로, 챔버 관리자 서브루틴(440)은 여러 챔버 구성요소들을 모니터링하는 단계, 실행될 처리 세트를 위한 처리 파라미터들을 기초로 어떤 구성요소들이 동작에 필요한지를 결정하는 단계, 및 상기 모니터링 및 결정 단계들에 응답하는 챔버 구성요소 서브루틴을 실행시키는 단계들을 포함한다.

특정 챔버 성분의 서브루틴의 동작을 도 4를 참조하여 설명한다. 서셉터 제어 위치결정 서브루틴(450)은 서셉터(12) 상으로 기관을 로딩시키고, 기관과 기체 분배 분기관(11) 사이의 공간을 제어하도록 반응기(10)에서 원하는 높이로 기관을 선택적으로 들어올리는데 사용되는 챔버 구성요소를 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 기관이 반응기(10)로 로딩되는 경우, 기관을 수송하도록 서셉터(12)가 내려지고, 그 후에 서셉터(12)는 CVD 처리 동안 기체 분배 분기관(11)으로부터 소정의 제 1 간격 또는 공간을 두고 기관을 유지하도록, 챔버에서 원하는 높이로 상승된다. 동작시에, 서셉터 제어 서브루틴(450)은 챔버 관리자 서브루틴(440)으로부터 전송되는 처리 파라미터 세트에 응답하여 서셉터(12)의 이동을 제어한다.

처리 기체 제어 서브루틴(460)은 처리 기체 혼합 및 흐름 속도를 제어하는 프로그램 코드를 갖는다. 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 안전 차단 밸브의 개방/폐쇄 위치를 제어하고, 또한 원하는 기체 흐름 속도를 얻기 위해 질량 흐름 제어기를 램핑 업/다운 시킨다. 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 모든 챔버 구성요소 서브루틴들처럼, 챔버 관리자 서브루틴(440)에 의해 야기되어, 챔버 관리자 서브루틴으로부터 원하는 기체 흐름 속도에 관련된 처리 파라미터를 수신한다. 전형적으로, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 기체 공급 라인이 개방됨으로써 작동하며, (i) 필요 질량 흐름 제어기를 판독하고, (ii) 챔버 관리자 서브루틴(440)으로부터 수신된 원하는 흐름 속도로 판독된 값들과 비교하고, (iii) 필요에 따라 기체 공급 라인의 흐름 속도 조절을 반복한다. 또한, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 기체 흐름 속도가 불안정한 속도인지를 모니터링하는 단계, 및 불안정한 상태가 탐지될 경우 안전 차단 밸브를 작동시키는 단계를 더 포함한다.

일부 처리 공정에서, 헬륨 또는 아르곤과 같은 불활성 기체는 반응성 처리 기체가 챔버로 주입되기 전에 챔버의 압력을 안정화시키도록 반응기(10)로 흐른다. 이들 처리 공정에 대해, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 챔버의 압력을 안정화시키는 데 필요한 시간동안 챔버(10)로 불활성 기체를 흐르게 하는 단계들을 포함하고, 상기 설명된 단계들이 수행되도록 프로그래밍된다. 부가적으로, 처리 기체가 액체 전구체(precursor), 예를 들어서 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌(1,3,5-트리실라나씨클로헥산)으로부터 증발되는 경우, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 버블러 어셈블리 내에서 액체 전구체를 통해 헬륨과 같은 전달 기체를 버블링(bubbling)하는 단계를 포함하도록 기재된다. 이러한 형태의 처리 공정에 대해, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 전달 기체의 흐름, 버블러 내의 압력 및 버블러 온도를 조절하여 원하는 처리 기체 흐름 속도를 얻게 된다. 상술된 것처럼, 원하는 처리 기체 흐름 속도가 처리 파라미터로서 처리 기체 제어 서브루틴(460)으로 전송된다. 또한, 처리 기체 제어 서브루틴(460)은 주어진 처리 기체 흐름 속도에 대한 필요한 값을 포함하는 저장된 테이블을 액세스함으로써 원하는 처리 기체 흐름 속도에 대한 필요 전달 기체 흐름 속도, 버블러 압력, 및 버블러 온도를 얻는 단계들을 포함한다. 일단 필요한 값을 얻은 후, 전달 기체 흐름 속도, 버블러 압력 및 버블러 온도를 모니터하고 필요한 값과 비교하여 적절히 조절한다.

압력 제어 서브루틴(470)은 배기 펌프(32) 내 스로틀 밸브의 개방 크기를 조절함으로써 반응기(10)의 압력을 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 스로틀 밸브의 개방 크기는 전체 처리 기체 흐름, 처리 챔버의 크기, 및 배기 펌프(32)에 대한 펌핑 세트 포인트 압력과 관련하여 원하는 레벨로 챔버 압력을 조절하도록 설정된다. 압력 제어 서브루틴(470)이 실시되면, 원하는, 또는 목표 압력 레벨이 챔버 관리자 서브루틴(440)으로부터 파라미터로서 수신된다. 압력 제어 서브루틴(470)은 챔버에 연결된 1개 이상의 종래의 압력계를 관독함으로써 반응기(10) 내의 압력을 측정하고, 목표 압력과 측정 값(들)을 비교하며, 목표 압력에 해당하는 저장된 압력표로부터 PID(비례, 적분, 미분)값을 얻고, 압력표로부터 얻어진 PID 값에 따라 스로틀 밸브를 조절하도록 동작한다. 다른 방안으로, 압력 제어 서브루틴(470)은 원하는 압력으로 반응기(10)를 조절하도록 특별한 개방 크기로 스로틀 밸브를 개방 또는 폐쇄하도록 기재될 수 있다.

히터 제어 서브루틴(480)은 서셉터(12)를 가열하는데 사용되는 열 모듈 또는 방출 열의 온도를 제어하는 프로그램 코드를 포함한다. 또한 히터 제어 서브루틴(480)은 챔버 관리자 서브루틴(440)에 의해 실시되고 목표, 또는 설정 포인트, 온도 파라미터를 수신한다. 히터 제어 서브루틴(480)은 서셉터(12)에 위치한 열전대(thermocouple)의 출력 전압을 측정함으로써 온도를 측정하고, 측정된 온도를 설정 포인트 온도와 비교하고, 설정 포인트 온도를 얻기 위해 열 모듈로 인가된 전류를 증가 또는 감소시킨다. 온도는 저장된 전환표에서 해당하는 온도를 검색함으로써, 또는 4차 다항식을 사용하여 온도를 계산함으로써 측정된 전압으로부터 얻어진다. 히터 제어 서브루틴(480)은 열 모듈에 인가된 전류의 램프 업/다운을 점차적으로 제어한다. 점차적인 램프 업/다운은 열 모듈의 수명과 신뢰성을 증가시킨다. 부가적으로, 내장형 안전장치 모드가 처리 안전 컴플라이언스를 탐지하도록 포함될 수 있고, 반응기(10)가 적절하게 장착되어 있지 않은 경우 열 모듈의 동작을 중단시킬 수 있다.

플라즈마 제어 서브루틴(490)은 반응기(10)의 처리 전극에 인가된 RF 바이어스 전압 파워 레벨을 설정하고, 선택적으로 반응기에서 생성된 자계의 레벨을 설정하는 프로그램 코드를 포함한다. 앞서 설명된 챔버 구성요소 서브루틴과 유사하게, 플라즈마 제어 서브루틴(490)은 챔버 관리자 서브루틴(440)에 의해 실시된다.

상기 CVD 시스템 설명은 주로 설명을 위한 것으로, 전극 사이클로트론 공명(ECR) 플라즈마 CVD 장치, 인덕션-커플드(induction-coupled) RF 고밀도 플라즈마 CVD 장치 등과 같은 다른 플라즈마 CVD 장치가 사용될 수 있다. 부가적으로, 서셉터 구조, 히터 구조, RF 파워 연결부의 위치 및 다른 것의 변형과 같은 상기 상술된 시스템의 변형이 가능하다. 예를 들어, 웨이퍼는 내열성 서셉터에 의해 지지되고 가열될 수 있다. 본 발명의 미리 처리된 층을 형성하는 사전처리 및 방법은 특정 장치 또는 특정 플라즈마 여기 방법에 제한되지 않는다.

3층 겹 충전 공정에서 산화 유기실란 또는 유기실록산 유전체의 증착

본 발명의 산화 유기실란 또는 유기실록산 층은 도 2의 PECVD 챔버를 사용하여 도 5에 도시된 것처럼 3층 겹 충전 처리에 사용될 수 있다. 도 5를 참조하면, 웨이퍼는 반응기(10) 내에 위치되고(200), 유기실란 화합물 및/또는 유기실록산 화합물을 포함하는 플라즈마로부터 PECVD 공정에 의해 낮은 유전상수를 갖는 산화된 유기실란층이 증착된다(205). 증착 단계(205)는 용량 결합된 플라즈마 또는 기술상 공지된 방법에 따라 처리 챔버(15)에 유도 및 용량 결합된 플라즈마 모두를 포함할 수 있다. 헬륨과 같은 불활성 기체는 플라즈마 생성을 돕도록 PECVD 증착에 일반적으로 사용된다. 다음 겹 충전층이 공지된 방법에 의해 내층(liner layer)에 증착된다(210). 겹 충전층은 바람직하게 메틸실란 및 과산화 수소의 반응에 의해 액체 형태로 증착된 스피ن-온 폴리머 또는 산화물과 같이 스스로 평탄화된다. 다음 캡핑층이 바람직하게 내층 증착에서 사용된 것과 동일한 처리로 겹 충전층 위에 증착된다(215). 다음 반응기(10)로부터 웨이퍼를 제거한다(220).

도 6A-6E를 참조하면, 산화 유기실란 또는 유기실록산 폴리머의 PECVD 내층(300)이 3층 껍 층전 처리로 제공된다. 내층(300)은 차후 껍 층전층(302)과 하층 기판 표면(304) 그리고 기판 표면에 형성된 금속 라인(306,308,310) 사이의 절연층으로서 작용한다. 껍 층전층(302)은 산화 유기실란 또는 산화 유기실록산 폴리머의 PECVD 캐핑층(312)에 의해 캐핑(cap)된다. 이 처리는 CVD 반응기(10)에 대한 컴퓨터 제어기(34)의 메모리(38)에 저장된 컴퓨터 프로그램을 사용하여 실시되고 제어된다.

도 6A를 참조하면, PECVD 내층(300)은 N_2O 와 같은 산화 기체, CH_3SiH_3 또는 $(CH_3)_2SiH_2$ 와 같은 유기실란 또는 유기실록산, 및 헬륨과 같은 캐리어 기체를 주입함으로써 반응기(10) 내에서 증착된다. 기판은 약 $-20^{\circ}C$ 내지 약 $400^{\circ}C$ 의 온도에서 유지되며, 바람직하게는 PECVD 내층의 증착을 거쳐 약 $-20^{\circ}C$ 내지 약 $40^{\circ}C$ 의 온도로 유지한다. PECVD 내층(300)은 약 5sccm 내지 약 500sccm 흐름 속도의 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물과 약 5sccm 내지 약 2000sccm 흐름 속도의 산화 기체의 혼합물을 포함한다. 처리 기체는 일반적으로 필름 내에 통합되지 않는 He, Ar, Ne와 같은 불활성 기체, 또는 질소와 같은 비교적 불활성인 기체에 의해 약 0.2 내지 약 20 lpm의 흐름 속도로 전달된다. 처리 기체는 약 0.2 내지 약 20 Torr, 바람직하게는 10 Torr 이하의 압력에서 반응하여, 기판 표면(304)과 금속 라인(306, 308, 310) 상에 컨포멀한 산화 실리콘 산화물 층을 형성한다. 상기 반응은 $0.05W/cm^2$ 내지 $1000W/cm^2$, 바람직하게는 $1W/cm^2$ 이하, 보다 바람직하게는 약 0.1 내지 약 $0.3W/cm^2$ 의 파워 밀도로 강화된 플라즈마이다.

8" 단일 웨이퍼 챔버에 있어서, 약 13.56MHz의 고주파 RF 소스는 기체 분배 시스템에 연결되고 약 10 내지 약 500W에서 구동되지만 약 350KHz 내지 1MHz의 저주파 RF 소스는 선택적으로 서셉터에 연결되고 약 0 내지 약 100W에서 구동되는 것이 바람직하다. 바람직한 실시예에서, 고주파 RF 소스는 약 20W 내지 약 250W 펄스형 RF 파워로 구동되고, 저주파 RF 소스는 10% 내지 30% 듀티 사이클에서 약 0 내지 약 50W의 펄스형 RF 파워에서 구동된다. 펄스형 RF 파워는 짧은 간격의 주기 보다 바람직하게는 약 200Hz 이하의 주파수를 갖는 것이 바람직하다. 고주파 RF 파워가 일정한 경우, 파워 레벨은 약 20W 내지 약 100W의 범위에 있는 것이 바람직하다.

다음 산화 유기실란 또는 유기실록산층이 약 $100^{\circ}C$ 내지 약 $450^{\circ}C$ 의 온도와 약 10Torr 이하의 압력에서 경화된다. 선택적으로, 경화는 추가의 유전체층이 증착된 후에 이루어질 수 있다.

상기 처리 조건은 도 6B에 도시된 껍 층전층(302)의 차후 증착을 위해 개선된 배리어 특성을 갖는 PECVD 내층(300)의 증착(분당 약 2000Å)을 야기시킨다. 메틸실란으로부터 형성된 내층은 소수성이 되기에 충분한 C-H 결합을 가지며, 뛰어난 수분 배리어가 된다. 소수성 내층의 증착은 차후의 친수성 층을 소수성 층으로 전환시키는 놀랍고도 예상치 못한 결과를 갖게 된다.

껍 층전층(302)을 위한 처리 기체로는 SiH_4 , CH_3SiH_3 또는 $(CH_3)_2SiH_2$ 및 헬륨과 같은 불활성 캐리어 기체와 증발되고 혼합되는 50wt%의 과산화수소(H_2O_2)가 바람직하다. 그러나, 껍 층전층은 수용가능한 유전상수를 갖는 임의의 유전체층일 수 있다. 화합물을 함유하는 다른 실리콘은 부산물이 증착 조건에 증발하는 경우 사용될 수 있다. 바람직한 다른 화합물은 하기와 같은 옥실실라노 또는 실라노 그룹을 갖는 것이 바람직하다:

트리메틸실란,

디실라노메탄,

비스(메틸실라노)메탄,

1,2-디실라노 에탄,

2,2-디실라노프로판,

1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌(씨클릭),

1,3-비스(실라노메틸렌)실록산

비스(1-메틸디실록사닐)메탄

2,4,6,8-테트라메틸사이클로테트라실록산, 또는

1,2-디실라노테트라플루오르 에탄

처리 기체는 He에 대해선 0 내지 2000sccm, CH₃SiH₃에 대해선 10 내지 200sccm, H₂O₂에 대해선 0.1 내지 3 g / min 범위로 흐른다. 바람직한 기체는 He에 대해선 100 내지 500sccm, CH₃SiH₃에 대해선 20 내지 100sccm, H₂O₂에 대해선 0.1 내지 1 g / min 범위로 흐른다. 이런 흐름 속도는 대략 5.5 내지 6.5 리터의 부피를 갖는 챔버에 대해 주어진다. 바람직하게는, 반응기(10)가 깎 충전층(302)의 증착 동안 약 0.2 내지 약 5 토르의 압력으로 유지된다. 깎 충전층(302)은 도 6D에 도시된 것처럼 캡핑층(312)의 증착에 앞서 물과 같은 용매를 제거하기 위해 도 6C에 도시된 것처럼 부분적으로 경화될 수도 있다. 경화는 10 토르 이하의 불활성 기체 분위기 하에서 펌핑에 의해 반응기(10)에서 수행된다.

메틸실란으로부터 생성되는 깎 충전층은 전형적으로 친수성이며 약한 수분 배리어 특성을 갖는다. 메틸실란으로부터 생성된 내층 상에 증착될 때, 메틸실란으로부터 생성되는 깎 충전층은 놀랍게도 친수성이며 양호한 수분 배리어 특성을 갖는다.

도 6D를 참조하면, 깎 충전층(302)의 증착 후 반응기(10)는 임의적으로 캡핑 층(312)의 증착을 위해 본 발명의 산화된 유기실란 또는 유기실록산 층의 증착을 다시 시작한다. 도 6E를 참조하면, 만약 캡핑 층이 증착되었다면 증착된 층은 잔여 용매 또는 물을 제거하기 위해 약 100 °C 내지 450 EC까지의 온도에서 노 또는 또 다른 챔버에서 경화된다. 물론, 처리 조건은 증착된 필름의 원하는 특성에 따라 변화할 것이다.

이중 다마신 구조물의 증착

에칭 정지부 또는 금속간 유전체층으로서 산화된 유기실란 또는 유기실록산을 포함하는 이중 다마신 구조물이 도 7에 도시된다. 산화된 유기실란 또는 유기실록산이 에칭 정지부로서 사용될 때, 제 1 유전체층(510)은 기관(512) 상에 증착되며 이어 산화된 유기실란 또는 유기실록산 에칭 정지부(514)가 제 1 유전체층 상에 증착되며 경화된다. 에칭 정지부는 이어 접촉부/비아(516)의 개구부를 한정하기 위해 에칭된 패턴을 갖는다. 제 2 유전체층(518)은 이어 패턴화된 에칭 정지부 위에 증착되며 이어 상호접속 라인(520)을 한정하기 위해 통상적 방법으로 에칭된 패턴을 갖는다. 이어 단일 에칭 처리는 아래로는 에칭 정지부까지 상호접속부를 한정하고 접촉부/비아를 한정하기 위해 패턴화된 에칭 정지부에 의해 노출된 보호되지 않은 유전체를 에칭하기 위해 수행된다.

도 7을 참조하여, 다마신 구조물은 택일적으로 금속간 유전체로서 산화된 유기실란 또는 유기실록산을 포함한다. 바람직하게 산화된 유기실란 또는 유기실록산을 포함하는 제 1 유전체층(510)은 기관(512) 상에 증착되며 이어 종래 실리콘 산화물, 실리콘 질화물 또는 수소화된 실리콘 탄화물 에칭 정지부(514)가 제 1 유전체층 상에 증착된다. 이어 에칭 정지부는 접촉부/비아(516)의 개구부를 한정하기 위해 패턴화된다. 이어 산화된 유기실란 또는 유기실록산을 포함하는 제 2 유전체층(518)은 패턴화된 에칭 정지부 위에 증착되며 이어 상호접속 라인(520)을 한정하기 위해 패턴화된다. 이어 단일 에칭 처리는 아래로는 에칭 정지부까지 상호접속 라인을 한정하고 접촉부/비아를 한정하기 위해 패턴화된 에칭 정지부에 의해 노출된 보호되지 않은 유전체를 에칭하기 위해 수행된다.

본 발명에 따라 제작된 바람직한 이중 다마신 구조물은 도 8H에 도시된 것처럼 내층을 포함하며, 구조물을 만드는 방법은 그 위에 형성된 본 발명의 단계들에 따라 도시된 기관의 단면도인 도 8A-8H에 개략적으로 연속해서 도시된다.

도 8A에 도시된 것처럼, 파릴렌(parylene), FSG, 실리콘 산화물 등과 같은 초기의 제 1 유전체층(510)이 제작될 구조물의 크기에 따라 약 5,000 내지 약 10,000 D의 두께로 기관(512) 상에 증착된다. 이어 도 8B에 도시된 것처럼, 산화된 유기실란 또는 유기실록산 층인 낮은 k 에칭 정지부(514)는 저레벨의 RF 파워를 사용하여 약 200 내지 약 1000 D 두께로 제 1 유전체층 상에 증착된다. 이어 낮은 k 에칭 정지부(514)는 접촉부/비아 개구부(516)를 한정하고 도 8C에 도시된 것처럼 접촉부/비아가 형성될 영역에 제 1 유전체층(510)을 노출하기 위해 에칭된 패턴을 갖는다. 바람직하게, 낮은 k 에칭 정지부(514)는 종래 포토리소그래피 및 불소, 탄소 및 산소 이온을 이용한 에칭 처리를 사용하여 에칭된 패턴이다. 낮은 k 에칭 정지부(514)가 접촉부/비아를 패턴화하기 위해 에칭되고 포토 레지스트가 제거된 후, 제 2 유전체층(518)은 도 8D에 도시된 것처럼 약 5,000 내지 10,000 D의 두께로 에칭 정지부(514) 위에 증착된다. 이어 제 2 유전체층(518)은 바람직하게는 도 8E에 도시된 것처럼 포토 레지스트 층(522)에 의한 통상적인 포토리소그래피 처리를 사용하여 상호접속 라인(520)을 한정하기 위해 패턴화된다. 이어 상호연결 및 접촉부/비아는 도 8F에 도시된 것처럼 금속화 구조물(예를 들어, 상호 접속

부 및 접촉부/비아)을 한정하기 위해 반응성 이온 에칭 또는 다른 이방성 에칭 기술을 사용하여 에칭된다. 에칭 정지부(514) 또는 제 2 유전체층(518)을 패터닝하기 위해 사용된 포토 레지스트 또는 다른 재료는 산소 스트립 또는 다른 적절한 처리를 사용하여 제거된다.

이어 금속화 구조물은 알루미늄, 구리, 텅스텐 또는 이들의 화합물 같은 도전성 재료로 형성된다. 현재는 구리의 낮은 저항성(알루미늄의 3.1 mWcm에 비교해서 1.7 mWcm) 때문에 더 작은 피치를 형성하기 위해 구리를 사용하는 추세이다. 바람직하게, 도 8G에 도시된 것처럼, 탄탈 질화물과 같은 적절한 배리어 층(524)은 실리콘 및/또는 유전체 재료 주위로 구리가 이동하는 것을 방지하기 위해 금속화 패턴에 일치하게 우선 증착된다. 그 후, 구리(526)는 도전성 구조물을 형성하기 위해 화학 기상 증착, 물리 기상 증착, 전기도금 또는 이들의 조합을 사용하여 증착된다. 일단 구조물이 구리 또는 다른 금속으로 충전되면, 표면은 도 8H에 도시된 것처럼 화학적 기계 연마를 사용하여 평탄화된다.

접착층의 증착

프리메탈(premetal) 유전체층과 금속간 유전체층 사이의 접착층으로서 산화된 유기실란 또는 유기실록산 층을 포함하는 이중 다마신 구조물이 도 9에 도시된다. 산화된 유기실란 또는 유기실록산 접착층(612)은 통상적인 PSG 또는 BPSG 층 같은 프리메탈 유전체층 상에 증착되며 이어 경화된다. 이어 바람직하게 낮은 k 유전체 중합체층인 금속간 유전체층(614)은 접착층(612) 위에 증착된다. 이어 통상적인 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 에칭 정지부(616)는 비아(620)를 한정하기 위한 통상적 방법에 의해 패터닝된다. 이어 바람직하게 낮은 k 유전체 중합체인 제 2 금속간 유전체층(622)은 패터닝된 에칭 정지부 위에 증착되며 이어 상호접속 라인을 한정하기 위해 패터닝된다. 이어 단일 에칭 처리가 아래로는 에칭 정지부까지 상호접속부를 한정하고 금속화 이전에 접촉부/비아를 한정하기 위해 패터닝된 에칭 정지부에 의해 노출된 보호되지 않은 유전체를 에칭하기 위해 수행된다.

본 발명에 따라 접착층을 포함하는 이중 다마신 구조물이 도 10H에 도시되며, 구조물을 만드는 방법은 그 위에 형성된 본 발명의 단계에 따라 도시된 기관의 단면도인 도 10A-10H에 개략적으로 연속해서 도시된다. 도 10A에 도시된 것처럼, 파릴렌, FSG, 실리콘 산화물 등과 같은 초기의 제 1 금속간 유전체층(710)이 제작될 구조물의 크기에 따라 약 5,000 내지 약 10,000Å의 두께로 기관(712) 상에 증착된다. 이어 도 10B에 도시된 것처럼, 산화된 유기실란층인 낮은 k 접착층(714)이 약 50 내지 약 200Å의 두께로 제 1 금속간 유전체층(710) 상에 증착된다. 이어 종래 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 에칭 정지부(716)가 약 50 내지 약 200Å의 두께로 접착층(714) 상에 증착된다. 이어 산화된 유기실란층인 제 2 낮은 k 접착층(718)이 약 50 내지 약 200Å의 두께로 에칭 정지부(716) 상에 증착된다. 이어 에칭 정지부(716) 및 접착층(714,718)은 접촉부/비아 개구부(720)를 한정하고 접촉부/비아가 도 10C에 도시된 것처럼 형성될 영역에서 제 1 금속간 유전체층(710)을 노출시키기 위해 에칭된 패턴을 갖는다. 바람직하게, 에칭 정지부(716)는 통상적인 포토리소그래피 및 불소, 탄소 및 산소 이온을 이용한 에칭 처리를 사용하여 에칭된 패턴을 갖는다. 에칭 정지부(716) 및 접착층(714,718)이 접촉부/비아를 패터닝하기 위해 에칭되고 포토 레지스트가 제거된 후, 제 2 금속간 유전체층(722)은 도 10D에 도시된 것처럼 약 5,000 내지 약 10,000Å 두께로 제 2 접착층 위에 증착된다. 이어 제 2 금속간 유전체층(722)은 바람직하게 도 10E에 도시된 것처럼 포토 레지스트층(726)을 이용한 종래 포토리소그래피 처리를 사용하여 상호접속 라인(724)을 한정하기 위해 패터닝된다. 이어 상호접속부 및 접촉부/비아는 도 10F에 도시된 것처럼 금속화 구조물(예를 들어 상호접속부 및 접촉부/비아)을 한정하기 위해 반응성 이온 에칭 또는 다른 이방성 에칭 기술을 사용하여 에칭된다. 에칭 정지부(716) 또는 제 2 금속간 유전체층(722)을 패터닝하기 위해 사용된 소정의 포토 레지스트 또는 다른 재료가 산소 스트립 또는 다른 적절한 처리를 사용하여 제거된다.

이어 금속화 구조물은 알루미늄, 구리, 텅스텐 또는 이들의 화합물과 같은 도전성 재료로 형성된다. 현재는 작은 피치를 형성하기 위해 낮은 저항성(3.1mW-cm인 알루미늄과 비교하여 1.7mW-cm)을 가진 구리를 사용하는 추세이다. 바람직하게는, 도 10G에서 도시된 것처럼, 탄탈 질화물과 같은 적절한 배리어 층(728)은 실리콘 및/또는 유전 물질 주위로 구리가 이동하는 것을 방지하기 위해 금속화 패턴과 컨포멀하게 증착된다. 그 후에, 구리는 도전성 구조물을 형성하기 위해 화학 기상 증착, 물리 기상 증착, 전기 도금이나 이들의 조합을 이용하여 증착된다. 일단 구조물이 구리나 다른 금속으로 채워지면, 그 표면은 도 10H에 도시된 것처럼 화학적 기계 연마를 사용하여 평탄화된다.

이중 다마신의 일체화

또 다른 바람직한 이중 다마신 구조물은 층들간의 누화를 방지하기 위해 상이한 유전상수들을 갖는 실리콘 산화물 층을 포함하며, 그 위에 형성된 본 발명의 단계들에 따라 도시된 기관의 단면도인 도 11A-11D에서 처럼 증착된다.

도 11A에 도시된 것처럼, 탄소 함량이 20원자증량% 이상을 갖는 비아 레벨 유전체층(810)은 제작될 구조물의 크기에 따라, 약 5,000 내지 약 10,000Å의 두께로 기관(812) 상에 증착된다. 상기 비아 레벨 유전체층은 바람직하게는 10%의 듀티

사이클을 갖는 500W의 RF 파워 레벨에서 N₂O와 트리메틸실란을 반응시킴으로써 증착된다. 도 11A에 도시된 것처럼, 비아 레벨 유전체 레벨은 종래의 포토리소그래피와 불소, 탄소 및 산소 이온들을 이용한 에칭 처리를 사용하여 비아 및 접촉홀(814)을 형성하기 위해 에칭된 패턴을 갖는다.

도 11B에서 도시된 것처럼, 10원자중량% 이하의 탄소 함량을 갖는 트렌치 레벨 유전체층(822)은 약 5,000 내지 약 10,000Å의 두께로 비아 레벨 유전체층(810) 위에 증착된다. 상기 트렌치 레벨 유전체층은 바람직하게는 30%의 듀티 사이클을 갖는 500 W의 RF 파워 레벨에서 N₂O 와 메틸실란을 반응시킴으로써 증착된다. 이어 상기 트렌치 레벨 유전체층(822)은 저탄소물질들에 작용하고 고탄소물질들에는 작용하지 않는 종래 포토리소그래피 처리 및 에칭 처리를 사용하여 도 11B에서 도시된 것처럼 상호접속 라인들(824)을 한정하기 위해 에칭된 패턴을 갖는다. 유전체층들을 패턴화하는데 사용되는 포토레지스트 또는 다른 물질은 화학적 기계 연마, 산소 스트립, 또는 다른 적절한 처리를 이용하여 제거된다.

상기 금속화 구조물은 알루미늄, 구리, 텅스텐 또는 이들의 화합물과 같은 도전성 물질로 형성된다. 현재는 구리의 낮은 저항성(알루미늄이 3.1mW-cm 인데 비해 구리는 1.7mW-cm) 때문에 더 작은 피처들을 형성하기 위해 구리를 사용하는 추세이다. 바람직하게는, 도 11C에 도시된 것처럼, 탄탈 질화물과 같은 적합한 배리어 층(828)은 실리콘 및/또는 유전 물질 주위로 구리가 이동하는 것을 방지하기 위해 금속화 패턴과 컨포멀하게 먼저 증착된다. 그 후에, 구리(830)는 도 11D에 도시된 것처럼 상기 도전성 구조물을 형성하기 위해 화학 기상 증착, 물리 기상 증착, 전기 도금 또는 이들의 조합을 사용하여 증착된다. 일단 구조물이 구리 또는 다른 금속으로 충전되면, 그 표면은 화학적 기계 연마 또는 다른 평탄화 방법들을 이용하여 평탄화된다.

다음의 실시예를 통해 본 발명을 설명한다.

예

다음의 예는 우수한 배리어 및 접착 특성을 갖는 산화된 유기실란이나 유기실록산의 증착을 예시하고 설명한다. 본 실시예는 화학 기상 증착 챔버를 사용하여 구현되었다. 그리고 특히, 캘리포니아, 산타클라라의 어플라이드 머티어리얼즈사에 의해 제작되고 판매되는 투-피스 퀴르츠 처리 키트를 갖는 고체상태 RF 매칭 유닛을 포함하는 "CENTURA DxZ" 시스템을 사용하였다.

필스되지 않은 RF 파워

산화된 디메틸실란 필름은 다음과 같은 반응기로 흐르는 반응 기체들로부터 15EC의 온도 및 3.0 Torr의 챔버 압력에서 증착된다:

55 sccm의 디메틸실란, (CH₃)₂SiH₂

300 sccm의 아산화질소, N₂O

4000 sccm의 헬륨, He

상기 기판은 기체 분배 샤워헤드로부터 600 밀(mil)에 위치해 있으며 20W의 고주파 파워(13MHZ)는 산화된 디메틸실란 층의 플라즈마 강화 증착을 위해 샤워헤드에 가해졌다. 산화된 디메틸실란 물질은 약 2.5의 유전상수를 가지며 소수성이었다.

가정된 예

다음 가정된 실시예들은 본 발명의 산화된 유기실란 또는 유기실록산 필름의 증착을 설명한다. 본 실시예들은 이전의 실시예에 설명된 화학 기상 증착 챔버에 대해 기술된다.

필스형 RF 파워

산화된 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌(씨클릭) 필름은 다음과 같은 반응기로 흐르는 반응 기체로부터 15EC의 온도와 3.0 토르의 챔버 압력에서 증착된다:

20 sccm의 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌, $-(\text{-SiH}_2\text{CH}_2\text{-})_3\text{-}$ (씨클릭)

300 sccm의 아산화질소, N_2O

4000 sccm의 헬륨, He

상기 기판은 기체 분배 샤워헤드로부터 600 밀(mil)에 위치하며 50W의 펄스형 고주파 RF 파워(13MHZ)는 산화된 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌층의 플라즈마 강화 증착을 위해 샤워헤드에 가해진다.

펄스형 RF 파워

산화된 1,3-디메틸디실록산 필름은 다음과 같은 반응기로 흐르는 반응 기체로부터 15EC의 온도와 3.0 토르의 챔버 압력에서 증착된다:

30 sccm의 1,3-디메틸디실록산, $\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-CH}_3$,

300 sccm의 아산화질소, N_2O ,

4000 sccm의 헬륨, He

상기 기판은 기체 분배 샤워헤드로부터 600 밀(mil)에 위치하며 50W의 고주파 RF 파워(13MHZ)는 산화된 디메틸디실록산층의 플라즈마 강화 증착을 위해 샤워헤드에 가해진다.

마이크로파/RF 파워

산화된 1,3-디메틸디실록산 필름은 다음과 같은 반응기로 흐르는 반응 기체로부터 15EC의 온도와 3.0 토르의 챔버 압력에서 증착된다:

30 sccm의 1,3-디메틸디실록산, $\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-CH}_3$

300 sccm의 아산화질소, N_2O ,

4000 sccm의 헬륨, He

챔버에 주입되기 전에, 질소 산화물은 2000W의 마이크로파 에너지를 제공하는 마이크로파 공급기에서 해리된다. 상기 기판은 기체 분배 샤워헤드로부터 600 밀(mil)에 위치하며 50W의 고주파 RF 파워(13MHZ)는 산화된 디메틸디실록산층의 플라즈마 강화 증착을 위해 주기적으로 샤워헤드에 가해진다. 각 사이클은 상기 사이클의 30% 동안 RF 파워를 제공한다.

앞서 기술한 것은 본 발명의 바람직한 실시예들에 나타나 있는 반면, 상기 발명의 다른 부가하는 실시예들은 상기 발명의 기본 범위를 벗어나지 않고 유추될 수 있으며, 그 기본 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

반도체 기판 상에 저 유전상수 필름을 증착시키기에 충분한 RF 플라즈마 조건에서 유기실란 또는 유기실록산 화합물 및 산화 기체를 반응시키는 단계를 포함하며, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 실리콘에 결합된 적어도 하나의 수소 원자를 포함하고 상기 저 유전상수 필름은 1 내지 50원자질량%의 탄소 함량을 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 RF 플라즈마 조건은 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 미만의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 유전체 물질은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 금속은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 RF 플라즈마 조건은 약 $0.1\text{ W}/\text{cm}^2$ 내지 약 $0.3\text{ W}/\text{cm}^2$ 범위의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 RF 플라즈마 조건은 약 -20°C 내지 약 400°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 RF 플라즈마 조건은 약 -20°C 내지 약 40°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 메틸실란인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 11.

제 1 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 실리콘에 결합된 두 개의 메틸 그룹을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 12.

제 1 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 3.0 미만의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 13.

제 1 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 200℃ 내지 약 450℃의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 14.

반도체 기판 상에 저 유전상수 필름을 증착시키기에 충분한 플라즈마 조건에서 하나 내지 다섯개의 메틸 그룹 및 실리콘에 결합된 적어도 하나의 수소를 포함한 유기실란 화합물 및 산화 기체를 반응시키는 단계를 포함하며, 상기 저 유전상수 필름은 1 내지 50원자질량%의 탄소 함량을 가지며 약 3 이하의 유전상수를 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 $1\text{W}/\text{cm}^2$ 미만의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 16.

제 14 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 약 $0.1\text{ W}/\text{cm}^2$ 내지 약 $0.3\text{ W}/\text{cm}^2$ 범위의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 17.

제 14 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 약 -20°C 내지 약 400°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 18.

제 14 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 약 -20°C 내지 약 40°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 19.

제 14 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 20.

제 14 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 21.

제 14 항에 있어서, 상기 유기실란 화합물은 메틸실란인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 22.

제 14 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 200℃ 내지 약 450℃의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 23.

제 14 항에 있어서, 유전 물질은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 24.

제 14 항에 있어서, 금속은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 25.

반도체 기판 상에 저 유전상수 필름을 증착시키기에 충분한 조건에서 메틸실란, 디메틸실란, 및 트리메틸실란을 포함한 그룹으로부터 선택된 실리콘 화합물을 산화 기체와 반응시키는 단계를 포함하며, 상기 저 유전상수 필름은 1 내지 50원자질량%의 탄소 함량을 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 26.

제 25 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 5 내지 30원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 27.

제 25 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 5 내지 10원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 28.

제 25 항에 있어서, 상기 조건은 약 0.1 W/cm^2 내지 약 0.3 W/cm^2 범위의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 29.

제 25 항에 있어서, 상기 조건은 약 -20°C 내지 약 400°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 30.

제 25 항에 있어서, 상기 조건은 약 -20°C 내지 약 40°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 31.

제 25 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 32.

제 25 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 33.

제 25항에 있어서, 상기 실리콘 화합물은 메틸실란인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 34.

제 25 항에 있어서, 상기 실리콘 화합물은 트리메틸실란인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 35.

제 25 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 3.0 이하의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 36.

제 25 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 200°C 내지 약 450°C 의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 37.

제 25 항에 있어서, 유전 물질은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 38.

제 25 항에 있어서, 금속은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 39.

제 25 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 1 내지 10원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 40.

약 10W 내지 약 200W 사이의 일정한 RF 파워 레벨 또는 약 20W 내지 약 500W 사이의 펄스형 RF 파워 레벨에서 하나 이상의 실리콘 화합물 및 산화 기체를 포함한 처리 기체로부터 패턴화된 금속층 상에 컨포멀한 내층을 증착하는 단계를 포함하며, 각 실리콘 원자가 하나 또는 두 개의 탄소 원자에 결합되고 적어도 하나의 수소 원자에 결합되고, 동일한 분자 내 실리콘 원자는 단지 두 개의 탄소 원자 또는 하나의 산소 원자에 의해 분리되며, 상기 컨포멀한 내층은 1 내지 50원자중량%의 탄소 함량을 포함하며; 및

상기 내층 상에 갭 충전층을 증착시키는 단계를 포함하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 41.

제 40 항에 있어서, 상기 실리콘 화합물은 메틸실란, 디메틸실란, 트리메틸실란, 디실라노메탄, 비스(메틸-실라노)메탄, 1,2-디실라노에탄, 1,2-비스(메틸실라노)에탄, 2,2-디실라노프로판, 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌, 1,3-디메틸디실록산, 1,3-비스(실라노메틸렌)디-실록산, 비스(1-메틸디실록산닐)메탄, 2,2-비스(1-메틸디실록산닐)-프로판, 2,4,6,8-테트라메틸-사이클로테트라실록산, 2,4,6,8,10-펜타메틸사이클로펜타실록산, 1,3,5,7-테트라-실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌, 이들의 플루오르화 탄소 유도체 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 42.

제 40 항에 있어서, 상기 산화 기체는 상기 실리콘 화합물과 혼합되기 전에 해리되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 43.

제 40 항에 있어서, 상기 갭 충전층은 상기 실리콘 화합물 및 과산화수소와 반응하여 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 44.

제 40 항에 있어서, 상기 실리콘 화합물 및 상기 산화 기체를 포함한 처리 기체로부터 상 갭 충전층 상에 캡핑층을 증착시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 45.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 -20℃ 내지 약 400℃의 기판 온도에서 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전 상수 필름 증착 방법.

청구항 46.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 -20℃ 내지 약 40℃의 기판 온도에서 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전 상수 필름 증착 방법.

청구항 47.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 3 이하의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 48.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 5 내지 30원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 49.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 5 내지 약 10원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 50.

제 40 항에 있어서, 상기 컨포멀한 내층은 약 200℃ 내지 약 450℃ 사이의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 51.

1W/cm² 미만의 파워 밀도에서 메틸실란, 디메틸실란, 및 트리메틸실란을 포함하는 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 실리콘 화합물을 산화 기체와 반응시키는 단계를 포함하며, 상기 실리콘 화합물은 반도체 기판 상에 1 내지 50원자중량%의 탄소 함량을 갖는 저 유전상수 물질을 증착시키기에 충분한 양이 제공되는 반도체 기판 상의 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 52.

제 51 항에 있어서, 상기 저 유전상수 물질은 약 5 내지 약 30원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전 상수 물질 증착 방법.

청구항 53.

제 51 항에 있어서, 상기 저 유전상수 물질은 약 5 내지 약 10원자중량%의 탄소 함량을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 54.

제 51 항에 있어서, 상기 파워 밀도는 약 0.1 W/cm² 내지 약 0.3 W/cm²의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 55.

제 51 항에 있어서, 약 20℃ 내지 약 400℃의 기판 온도를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 56.

제 51 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 57.

제 51 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N₂O인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 58.

제 51 항에 있어서, 상기 실리콘 화합물은 트리메틸실란인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 59.

제 51 항에 있어서, 상기 저 유전상수 물질은 약 3 이하의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 60.

제 51 항에 있어서, 상기 저 유전상수 물질은 약 200℃ 내지 약 450℃의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 물질 증착 방법.

청구항 61.

약 10W 내지 약 250W 범위의 RF 파워 레벨에서 실온 근처 가스 또는 액체인 하나 이상의 유기실란 또는 유기실록산 화합물과 산화 기체를 반응시키는 단계를 포함하고, 상기 하나 이상의 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 반도체 기판상에 저 유전상수 필름을 증착하기 위하여 각각의 실리콘 원자에 결합된 하나 이상의 실리콘 원자 및 적어도 하나의 수소 원자를 포함하고, 상기 저 유전상수 필름은 약 1 내지 약 50원자중량%의 탄소 함량을 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 62.

제 61 항에 있어서, 각각의 실리콘 원자는 하나 또는 두 개의 탄소 원자에 결합되고, 동일한 분자에서 두 개 이상의 실리콘 원자는 단지 두개의 탄소 원자 또는 단지 하나의 산소 원자에 의해 분리되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 63.

제 61 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 메틸실란, 디메틸실란, 디실라노메탄, 비스(메틸실라노)메탄, 1,2-디실라노에탄, 1,2-비스(메틸실라노)에탄, 2,2-디실라노프로판, 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌(사이클릭), 1,3-디메틸이실라노산, 1,3-비스(실라노메틸렌)디실록산, 비스(1-메틸디실로사닐)메탄, 2,2-비스(1-메틸디실록사닐)프로판, 2,4,6,8-테트라메틸사이클로테트라실록산, 2,4,6,8,10-펜타메틸사이클로펜타실록산(사이클릭), 1,3,5,7-테트라실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌(사이클릭), 이들의 플루오르화 유도체 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 64.

제 61 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 이고 RF 파워 레벨은 약 10W 내지 200W의 일정한 RF 파워 또는 약 20W 내지 250W의 펄스형 RF 파워인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 65.

제 61 항에 있어서, 상기 산화 기체 및 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 약 $-20^{\circ}C$ 내지 약 $400^{\circ}C$ 의 기판 온도에서 반응되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 66.

제 61 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 3 이하의 유전 상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 67.

제 61 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 68.

제 61 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 하나의 실리콘 원자에 결합된 두 개의 메틸 그룹을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 69.

제 61 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 70.

제 61 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 하나의 메틸 그룹을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 71.

10W 내지 250W의 RF 파워 레벨에서 하나 이상의 유기실란 또는 유기실록산 화합물 및 산화 기체를 포함하는 처리 기체로부터 기판 위에 패턴화된 금속층 상에 컨포멀한 내층을 증착시키는 단계를 포함하며, 하나 이상의 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 각각의 실리콘 원자에 결합된 하나 이상의 실리콘 원자 및 적어도 하나의 수소 원자를 가지며, 상기 내층은 약 1 내지 약 50원자중량%의 탄소 함량을 가지며; 및

상기 내층 상에 겹 충전층을 증착시키는 단계

를 포함하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 72.

제 71 항에 있어서, 각각의 실리콘 원자는 하나 또는 두 개의 탄소 원자에 결합되고, 동일한 분자의 실리콘 원자는 단지 두 개의 탄소 원자 또는 하나의 산소 원자에 의해 분리되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 73.

제 71 항에 있어서, 상기 유기실란 또는 유기실록산 화합물은 메틸실란, 디메틸실란, 디실라노메탄, 비스(메틸실라노)메탄, 1,2-디실라노에탄, 1,2-비스(메틸실라노)에탄, 2,2-디실라노프로판, 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌(사이클릭), 1,3-디메틸이실라노산, 1,3-비스(실라노메틸렌)디실록산, 비스(1-메틸디실로사닐)메탄, 2,2-비스(1-메틸디실록사닐)프로판, 2,4,6,8-테트라메틸사이클로테트라실록산, 2,4,6,8,10-펜타메틸사이클로펜타실록산(사이클릭), 1,3,5,7-테트라실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌(사이클릭), 이들의 플루오르화 유도체 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 74.

제 71 항에 있어서, 상기 겹 충전층은 유기실란 또는 유기실록산 화합물 및 과산화수소의 반응에 의해 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 75.

제 71 항에 있어서, 유기실란 또는 유기실록산 화합물 및 산화 기체를 포함하는 처리 기체로부터 겹 충전층 상에 캡핑 층을 증착하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 76.

반도체 기판 상에 저 유전상수 필름을 증착하기에 충분한 플라즈마 조건에서 필수적으로 CH₃-Si 결합 및 Si-H 결합을 포함한 유기실란 화합물, 및 산화 기체와 반응하는 단계를 포함하고, 상기 저 유전상수 필름은 1 내지 50원자중량%의 탄소 함량을 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 77.

제 76 항에 있어서, 상기 필름은 약 3 미만의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 78.

제 76 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 약 -20°C 내지 약 400°C 의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 79.

제 76 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 $1\text{ W}/\text{cm}^2$ 미만의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 80.

제 76 항에 있어서, 상기 산화 기체는 산소인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 81.

제 76 항에 있어서, 상기 유기실란 화합물은 4-메틸 그룹을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 82.

제 76 항에 있어서, 상기 산화 기체는 N_2O 인 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 83.

제 76 항에 있어서, 상기 유기실란 화합물은 1-메틸 그룹을 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 84.

제 76 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 200°C 내지 약 450°C 의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 85.

제 76 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름 상에 유전 물질이 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 86.

제 76 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름 상에 금속이 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 87.

반도체 기판 상에 저 유전상수 필름을 증착시키기에 충분한 플라즈마 조건에서 탄소, 실리콘, 및 수소로 이루어진 유기실란 화합물과 산화 기체를 반응 시키는 단계를 포함하며, 상기 유기실란 화합물은 적어도 하나의 실리콘-수소 결합을 갖고 상기 저 유전상수 필름은 1 내지 50원자중량%의 탄소 함량을 갖는 반도체 기판 상의 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 88.

제 87 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 3 미만의 유전상수를 갖는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 89.

제 87 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 약 -20℃ 내지 400℃의 기판 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 90.

제 87 항에 있어서, 상기 플라즈마 조건은 1 W/cm² 미만의 파워 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 91.

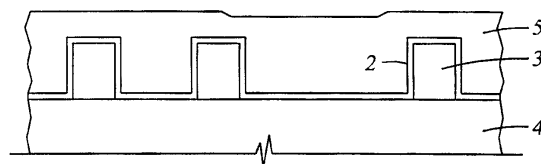
제 87 항에 있어서, 상기 저 유전상수 필름은 약 200℃ 내지 450℃의 기판 온도에서 어닐링되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

청구항 92.

제 87 항에 있어서, 유전 물질은 상기 저 유전상수 필름 상에 증착되는 것을 특징으로 하는 저 유전상수 필름 증착 방법.

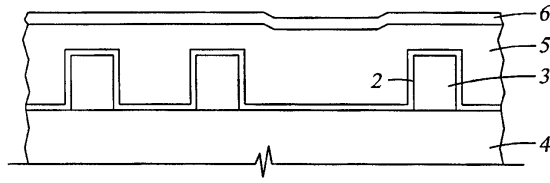
도면

도면 1a



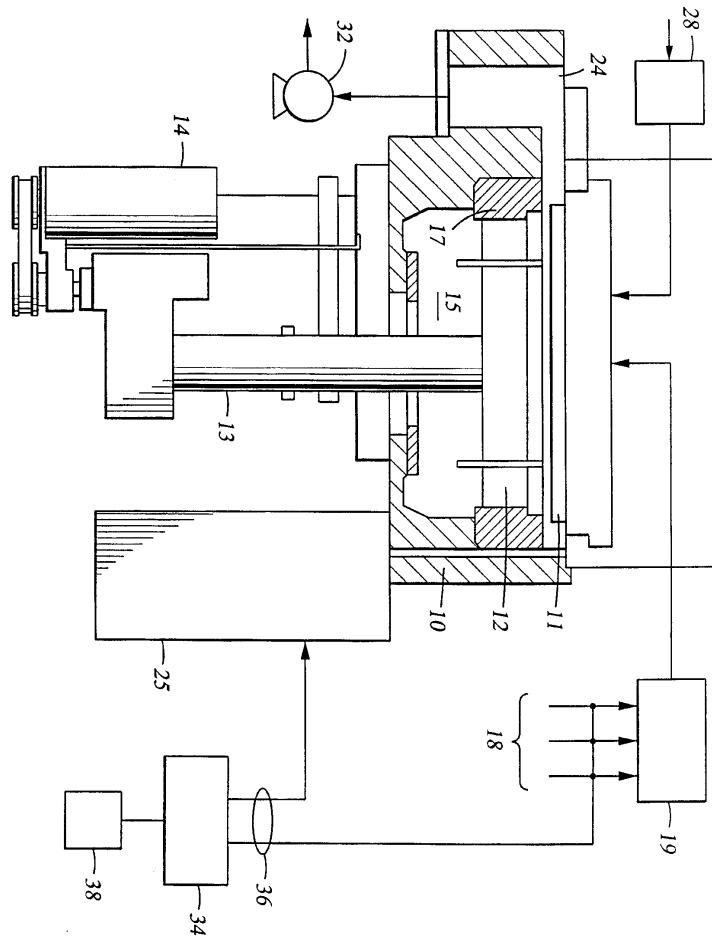
(종래기술)

도면1b

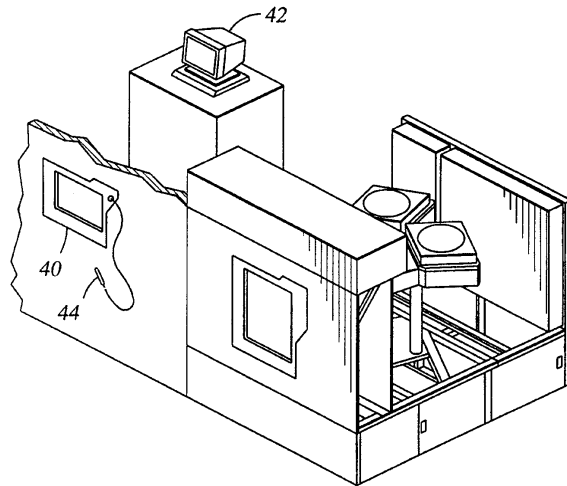


(중래기술)

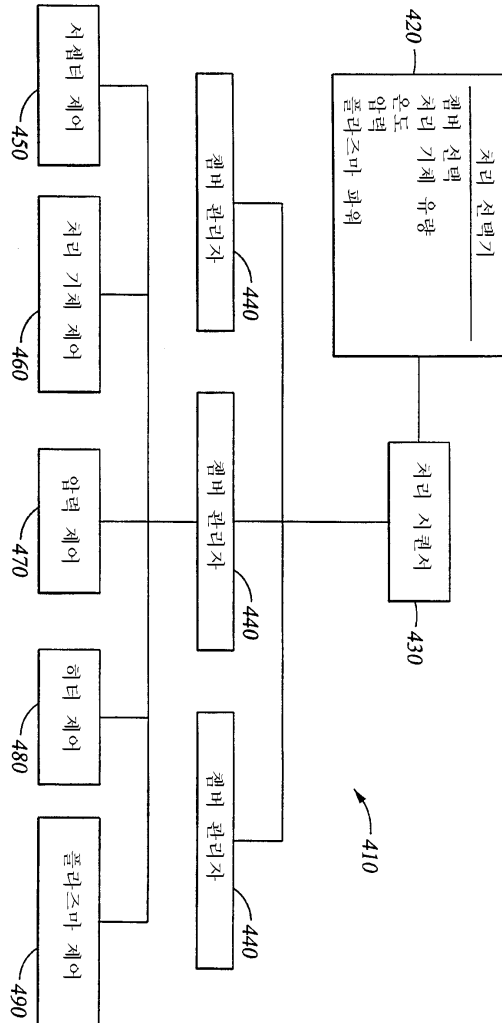
도면2



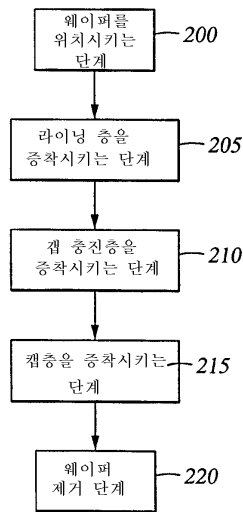
도면3



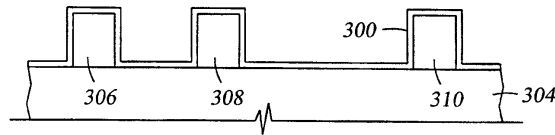
도면4



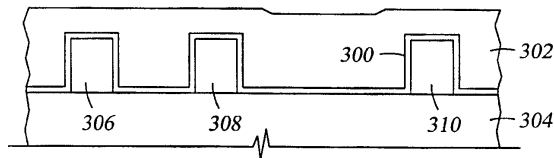
도면5



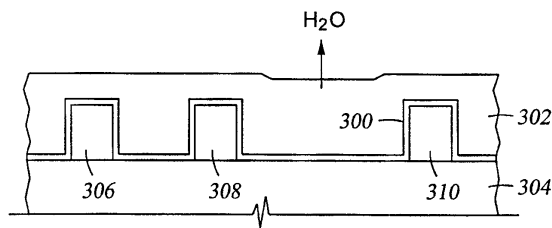
도면6a



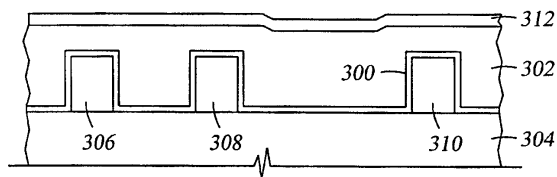
도면6b



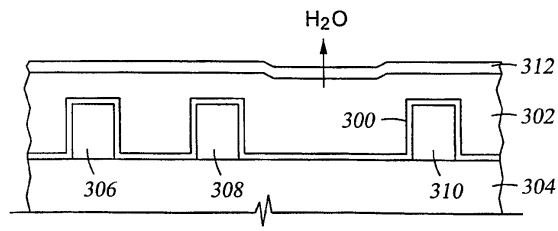
도면6c



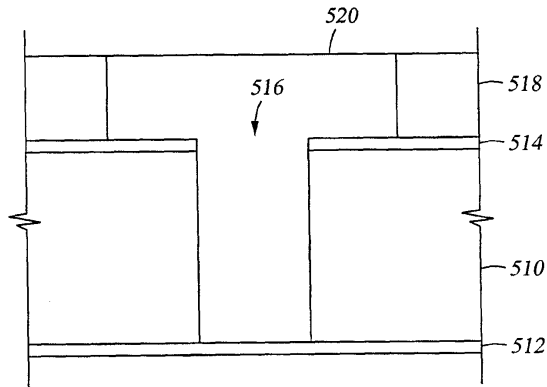
도면6d



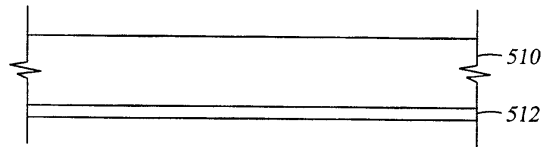
도면6e



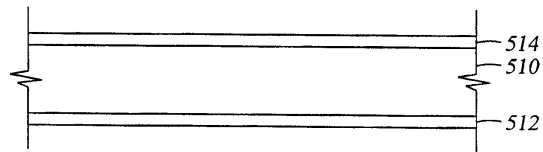
도면7



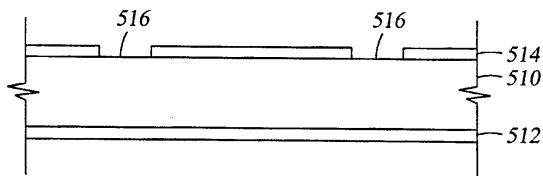
도면8a



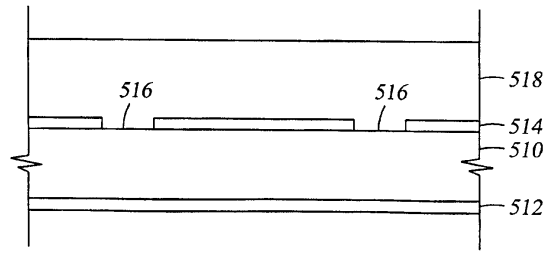
도면8b



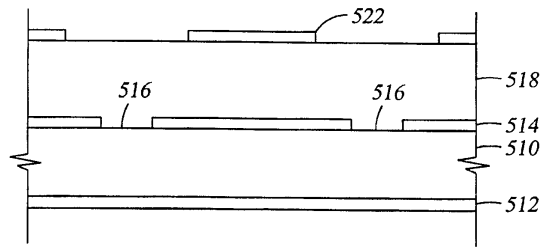
도면8c



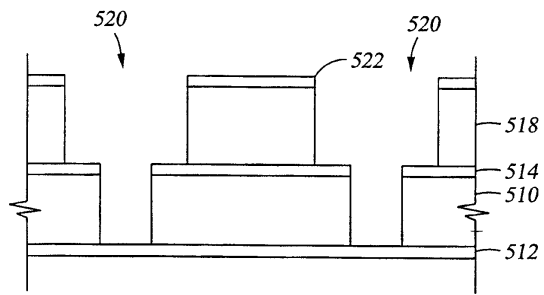
도면8d



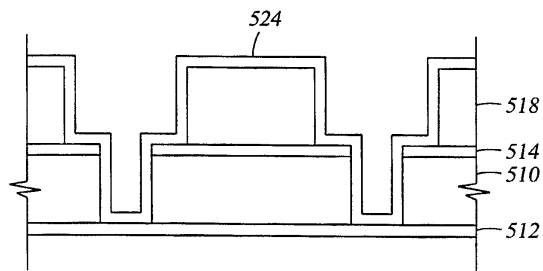
도면8e



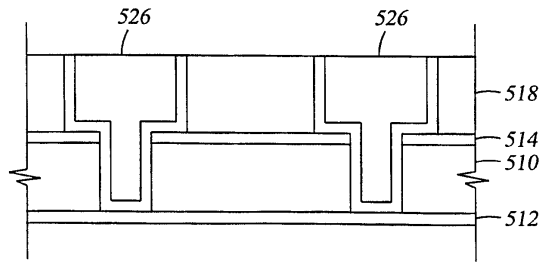
도면8f



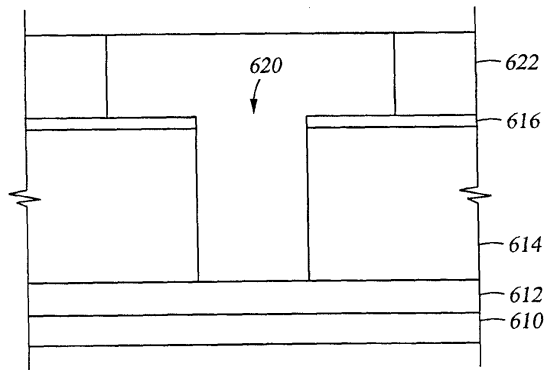
도면8g



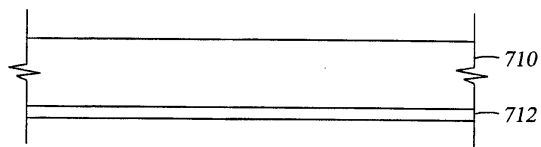
도면8h



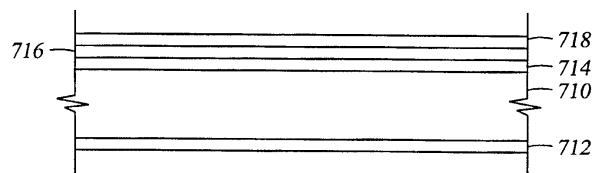
도면9



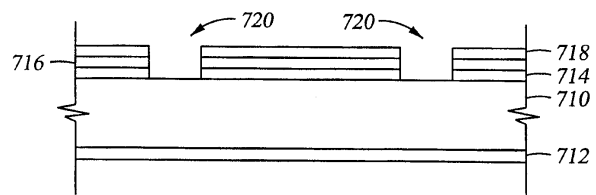
도면10a



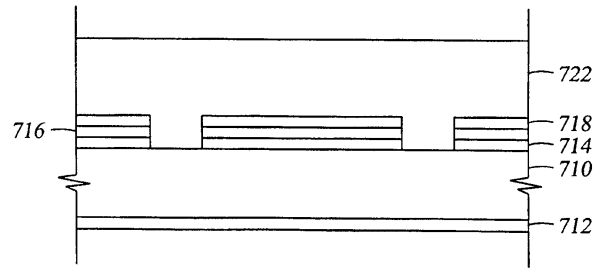
도면10b



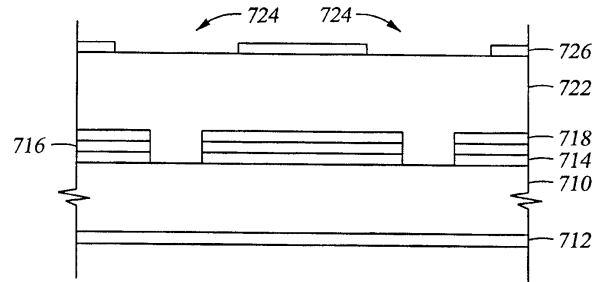
도면10c



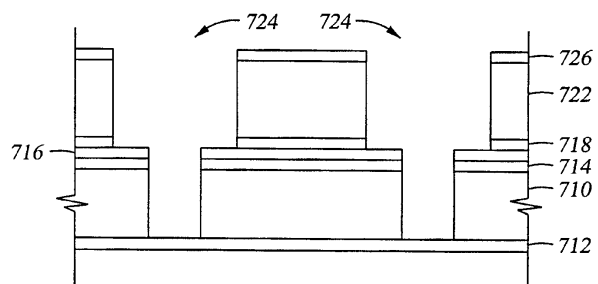
도면10d



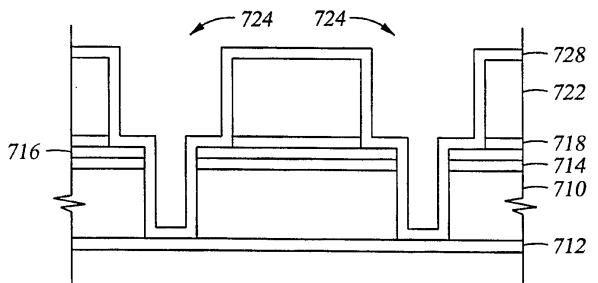
도면10e



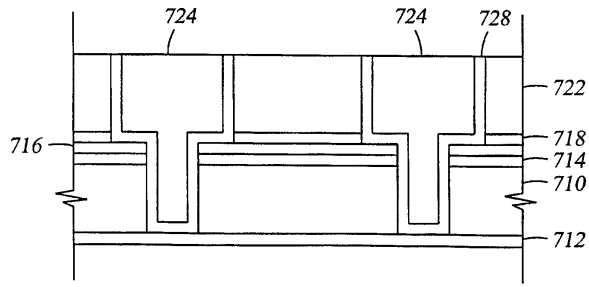
도면10f



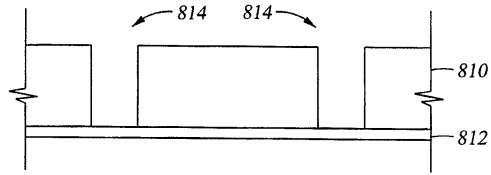
도면10g



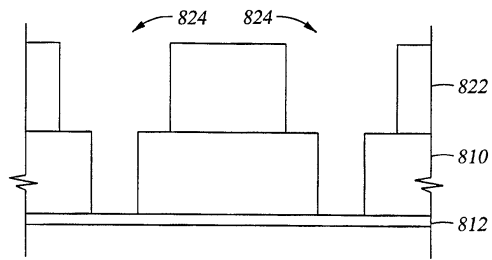
도면10h



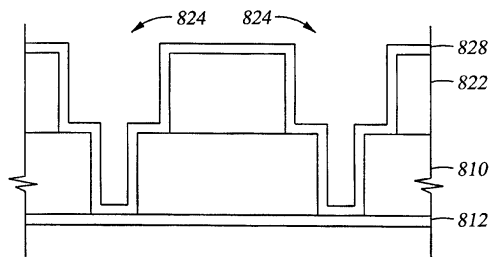
도면11a



도면11b



도면11c



도면11d

