



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 21/311 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년12월22일 10-0661201 2006년12월18일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2000-0031621 2000년06월09일 2005년06월09일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2001-0007315 2001년01월26일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장 09/329,012 1999년06월09일 미국(US)

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

(72) 발명자 브조크맨,클래스에이취.
미국94041캘리포니아마운틴뷰캘리포니아스트리트#51532

민,유멜리사
미국95135캘리포니아샌어제이마티크드라이브3094

산,홍킹
미국95132캘리포니아샌어제이텀블웨이3630

층,데이비드더블유.
미국94404캘리포니아포스터시티빌링즈게이트레인235

요,와이-팬
미국94022캘리포니아로스알토스알바라도애브뉴388

쵸프라,나스린가자라
미국94025캘리포니아멘로파크샤론파크드라이브#엔-209350

원,제랄드제야오
미국95014캘리포니아쿠퍼티노빌리치플레이스10132

모가담,파해드
미국95070캘리포니아사라토가비아콜리나드라이브15440

후양,주디에이취.
미국95032캘리포니아로스가토스레로이애브뉴16788

요스트,데니스제이.
미국95032캘리포니아로스가토스페리스애브뉴16615

탕,섬-이베티
미국95131캘리포니아샌어제이헤이즈레트코트1251

김,윤상

미국95050캘리포니아샌어제이클리즌에브뉴3648

리우,쿠오-웨이

미국95008캘리포니아캠프벨엔,산토마스아퀴노로드163

(74) 대리인

남상선

심사관 : 권인희

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 절연층을 증착하고 에칭하기 위한 방법

(57) 요약

낮은 유전 상수 및 수평 상호접속물의 형성을 위해 적어도 3:1로 변경되는 에칭 속도를 갖는 절연층을 증착하고 에칭하기 위한 방법이 개시되어져 있다. 절연층 내의 탄소 또는 수소의 양은 다마신 분야에서 에칭 스톱층 또는 통상의 절연층을 교체할 수 있는 낮은 수치의 k 값을 갖는($k \leq 4.0$) 절연층을 제공하기 위해 증착 조건을 변경시킴으로써 변경된다. 대략 4 이하의 유전 상수를 갖는 두개 이상의 절연층을 갖는 이중 다마신(dual damascene) 구조는 단일 반응기 내에서 증착되어, 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 가스의 농도를 변경시킴으로써 수직 및 수평 상호접속물을 형성하기 위해 에칭된다. 수직 상호접속물을 형성하기 위한 에칭 가스는 바람직하게 CO 및 탄화불소를 포함하며, 바람직하게, CO는 수평 상호접속물을 형성하기 위한 에칭 가스로부터 제외된다.

대표도

도 5

특허청구의 범위

청구항 1.

금속간 절연층을 증착하고 에칭하기 위한 방법으로서,

약 4.0 미만의 유전 상수를 갖는 제 1 절연층을 증착하는 단계;

상기 제 1 절연층 상에 약 4.0 미만의 유전 상수를 갖는 제 2 절연층을 증착하는 단계; 및

상기 제 2 절연층이 하나 이상의 탄화불소 화합물을 포함하고 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 에칭 가스를 이용하여 제 1 절연층의 에칭 속도 보다 약 3배 이상 더 큰 에칭 속도를 갖는 조건하에서 상기 제 2 절연층을 에칭하는 단계;를 포함하는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 절연층은 실리콘, 산소 및 원자 중량비로 약 5% 이상의 탄소를 포함하며, 상기 제 2 절연층은 실리콘, 산소 및 상기 제 1 절연층에 함유된 탄소의 약 2/3 미만의 탄소를 함유하는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물 및 하나 이상의 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하는 제 1 가스 혼합물로 수직 상호접속물을 형성하기 위해 에칭되며, 상기 제 2 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물 및 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 제 2 가스 혼합물로 수평 상호접속물을 형성하기 위해 에칭되는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 탄소 및 산소 함유 화합물이 일산화탄소인,

증착 및 에칭 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 절연층은 실리콘, 산소, 탄소 및 원자 중량비로 1% 이상의 수소를 포함하며, 상기 제 2 절연층은 실리콘, 산소, 탄소 및 상기 제 1 절연층에 함유된 수소의 1/5 미만의 수소를 포함하는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물 및 하나 이상의 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하는 제 1 가스 혼합물로 수직 상호접속물을 형성하기 위해 에칭되며, 상기 제 2 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물 및 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 제 2 가스 혼합물로 수평 상호접속물을 형성하기 위해 에칭되는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 7.

제 6항에 있어서,

상기 탄소 및 산소 함유 화합물이 일산화탄소인,

증착 및 에칭 방법.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 절연층이 유기실리콘 화합물을 산화시킴으로써 증착되는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 유기실리콘 화합물이 메틸실란 또는 트리메틸실록산인,

증착 및 에칭 방법.

청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 절연층이 약 4.0 미만의 유전 상수를 갖는 제 3 절연층 위에 증착되는,

증착 및 에칭 방법.

청구항 11.

금속간 절연층을 증착하기 위한 이중 다마신 방법으로서,

제 1 유기실리콘 화합물을 산화시킴으로써 약 4 미만의 유전 상수를 갖는 제 1 절연층을 증착하는 단계;

제 2 유기실리콘 화합물을 산화시킴으로써 약 4 미만의 유전 상수를 갖는 제 2 절연층을 상기 제 1 절연층상에 증착하는 단계;

제 3 유기실리콘 화합물을 산화시킴으로써 약 4 미만의 유전 상수를 갖는 제 3 절연층을 상기 제 2 절연층상에 증착하는 단계;

수직 상호접속물을 형성하기 위해 상기 제 1 및 제 2 절연층을 에칭하는 단계; 및

상기 제 3 절연층이 하나 이상의 탄화불소 화합물을 포함하고 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 에칭 가스를 이용하여 상기 제 2 절연층의 에칭 속도 보다 약 3배 이상 더 큰 에칭 속도를 갖는 조건하에서 수평 상호접속물을 형성하기 위해 상기 제 3 절연층을 에칭하는 단계;를 포함하는,

이중 다마신 방법.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 및 제 3 유기실리콘 화합물이 동일한 화합물인,
이중 다마신 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 유기실리콘 화합물이 메틸실란 및 트리메틸실록산으로 이루어진 군으로부터 선택되는,
이중 다마신 방법.

청구항 14.

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 절연층은 실리콘, 산소, 원자 중량비로 5% 이상의 탄소 및 원자 중량비로 1% 이상의 수소를 포함하며, 상기 제 1 및 제 3 절연층은 실리콘, 산소, 상기 제 2 절연층에 함유된 탄소의 2/3 미만의 탄소 및 상기 제 2 절연층에 함유된 수소의 1/5 미만의 수소를 포함하는,

이중 다마신 방법.

청구항 15.

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물 및 하나 이상의 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하는 제 1 가스 혼합물로 수직 상호접속물을 형성하기 위해 예칭되며, 상기 제 1 가스 혼합물은 상기 탄화불소 화합물의 전체 체적 보다 더 큰 탄소 및 산소 함유 화합물의 전체 체적을 포함하고; 및

상기 제 3 절연층은 하나 이상의 탄화불소 화합물과 하나 이상의 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하는 제 2 가스 혼합물로 수평 상호접속물을 형성하기 위해 예칭되며, 상기 제 2 가스 혼합물은 탄소 및 산소 함유 화합물의 전체 체적 보다 더 큰 탄화불소 화합물의 전체 체적을 포함하는,

이중 다마신 방법.

청구항 16.

제 15 항에 있어서,

상기 수직 상호접속물은 일산화탄소를 함유하고 있는 가스로 예칭되며, 상기 수평 상호접속물은 본질적으로 일산화탄소를 함유하지 않는 가스로 예칭되는,

이중 다마신 방법.

청구항 17.

낮은 유전 상수를 갖는 층을 증착하기 위한 방법으로서,

가변 함량의 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소를 갖고 약 4 미만의 유전 상수를 갖는 제 1 및 제 2 절연층을 얻기 위하여, 유기실리콘 화합물을 증착하기 위한 하나 이상의 공정 조건을 변화시키는 단계; 및

상기 제 2 절연층이 하나 이상의 탄화불소 화합물을 포함하고 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 에칭 가스를 이용하여 상기 제 1 절연층의 에칭 속도 보다 3배 이상 더 큰 에칭 속도를 갖는 조건을 이용하여 상기 제 2 절연층을 에칭하는 단계;를 포함하는,

증착 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 절연층이 원자 중량비로 5% 이상의 탄소 또는 원자 중량비로 1% 이상의 수소를 함유하며, 상기 제 2 절연층이 제 1 절연층의 탄소의 2/3 미만 또는 상기 제 1 절연층의 수소의 1/5 미만을 함유하는,

증착 방법.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 제 2 절연층이 하나 이상의 탄화불소를 포함하고 본질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않는 제 1 가스 혼합물로 수평 상호접속물을 형성하기 위해 에칭되는,

증착 방법.

청구항 20.

제 17 항에 있어서,

상기 제 2 절연층과 유사한 실리콘, 산소, 탄소 및 수소 함량을 갖는 제 3 절연층 위에 상기 제 1 절연층을 증착하는 단계;를 더 포함하는,

증착 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 집적 회로의 제조에 관한 것이다. 보다 상세히 설명하면, 본 발명은 기판 상에 절연층을 증착하고 에칭하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

반도체 디바이스의 형상은 수십년전에 최초로 소개된 이래로 크기면에서 상당히 작아져 왔다. 그 이후로, 집적 회로는 일반적으로 칩 상에 설치될 장치의 숫자가 2년마다 그 크기가 절반으로 줄어드는 것을 의미하는 2년마다 그 크기가 반으로 줄어듬(two year/half-size rule:종종 무어의 법칙으로 불려짐)을 따라왔다. 현재의 제조 플랜트는 0.35 μm 및 심지어 0.18 μm 의 피쳐 크기를 가지며, 미래의 플랜트는 더 작은 형상을 갖는 디바이스를 제조하게 될 것이다.

집적 회로 상에서 디바이스의 크기를 보다 감소시키기 위해서는, 인접한 금속 라인 사이의 용량 결합을 감소시키기 위해 낮은 유전 상수를 갖는($k \leq 4.0$) 절연체 및 낮은 저항성의 도전성 재료를 이용할 필요가 있다. 주요한 도전성 재료는 전기화학 증착에 의해 마이크론 이하의 피쳐에 증착될 수 있는 구리이다. 주요한 절연 재료는 탄소를 함유한 실리콘 산화물이다. 그러나, 구리가 금속 라인을 형성하기 위해 용이하게 에칭되지 않기 때문에, 실리콘 산화물 재료 및 구리의 조합은 수직 및 수평 상호접속물(vertical and horizontal interconnects)을 제조하기 위한 신규한 증착 방법의 개발을 유도하였다. 상기 방법은 수직 및 수평 상호접속물을 증착하기 위한 다마신 및 이중 다마신(dual damascene) 방법을 포함하며, 도전성 재료가 채워진 수직 또는 수평 상호접속물을 형성하기 위해 하나 이상의 절연 재료가 증착되며 에칭된다.

절연층이 특정 단계에 전용되는 처리 챔버 사이로 기관의 빈번한 전달을 요하는 다단계에서 증착되고, 에칭되고, 그리고 금속으로 채워진다. 절연층을 증착하기 위한 바람직한 방법은 라인 및 트렌치가 바이어스 및 접촉물로 동시에 채워지는 두 개의 우세한 이중 다마신 방법을 포함한다. 카운터-보어(counter-bore) 구성에서, 본 발명의 다양한 실시예에 대해 보다 상세히 기술되어질 것처럼 일련의 절연층이 기관상에 증착된다. 이때 바이어스 및 접촉물 등의 수직 상호접속물은 모든 층을 통해 에칭되며 라인 및 트렌치 등의 수평 상호접속물은 상부층을 통해 에칭된다. 또 다른 실시예에서, 라인 및 트렌치는 상부 층에서 에칭되며 바이어스 및 접촉물은 바닥층을 통해 에칭된다. 도전성 재료는 수직 및 수평 상호접속물에 모두 증착된다.

이중 다마신 구조물을 생성하기 위한 다른 주 구성은 "자체 정렬 접촉물" (SAC:self aligning contact) 구성으로 공지되어져 있다. SAC 구성은 에칭 스톱층 (etch stop layer)이 바닥 절연층 상에 증착되고 에칭 스톱층의 상부에 다른 절연층이 증착되기 이전에 바이어스 및 접촉물을 형성하기 위해 에칭되는 것을 제외하고는, 카운터 보어 구성과 유사하다. 수직 및 수평 상호접속물은 단일 단계에서 에칭되고, 도전성 재료는 수직 및 수평 상호접속물에서 모두 증착된다.

카운터-보어 구성은 상부 절연층이 하부층에 대한 대응 에칭 속도 보다 적어도 3배 더 큰 상부 층에 대한 에칭 속도(즉, 적어도 대략 3:1의 에칭 선택도)를 제공하는 조건을 이용하여 에칭될 수 있다면 절연층 사이에서 에칭 스톱층을 필요로 하지 않는다. 그러나, 종래의 낮은 k값을 갖는 절연층에 대한 에칭 공정의 선택도는 일반적으로 3:1 이하이며, 소정의 에칭 선택도를 제공하는 에칭 스톱층은 인접한 낮은 k 값을 갖는 절연층 사이에서 일반적으로 이용된다. 에칭 스톱층은 기관의 표면을 가로지른 수평 상호접속물 깊이의 균일성을 제공한다. 에칭 스톱층은 수평 상호접속물의 바닥이 외부 엣지에서 보다 깊게 하기 보다는 편평하도록 마이크로트렌치를 보다 감소시킨다. 에칭 스톱층은 수평 상호접속물의 에칭중에 이전에 에칭된 수직 상호접속물의 페이스팅(faceting) 또는 펜싱(fencing)을 보다 감소시키며, 수평 상호접속물의 바닥과 수직 상호접속물의 측벽 사이의 엣지는 수직 상호접속물의 측벽이 에칭 가스에 노출되느냐 또는 에칭 가스로부터 차폐되는냐에 따라 라운드되거나(즉, 페이스팅되거나) 또는 상승되는(즉, 펜싱되는) 대신에 날카롭게 된다.

종래의 에칭 스톱층은 다마신 분야에 대한 잇점을 제공하고 있으나, 일반적으로 4 이상의 유전 상수를 갖는다. 예를 들어, 실리콘 질화물은 대략 7의 유전 상수를 가지며, 낮은 k 값을 갖는($k \leq 4.0$) 절연층 상에 이러한 에칭 스톱층의 증착은 결합된 층에 대한 유전 상수를 대체로 증가시킨다. 실리콘 질화물은 상호접속 라인 사이의 용량 결합을 증가시킬 수 있으며, 그렇게 않은 경우에도 낮은 k 값을 갖는 절연 재료가 주 절연체로서 이용된다. 이는 장치의 전체 성능을 저하시키는 누화(crosstalk) 및/또는 저항-용량(RC) 지연을 초래한다.

이상적으로, 낮은 k 값을 갖는 절연층이 확인되고, 절연층에 대한 에칭 선택도가 이중 다마신 공정 등의 선택적 에칭 공정에서 이용하기 위해 적어도 대략 3:1인 에칭 공정이 규정된다. 바람직하게, 소정의 에칭 선택도를 제공하는 낮은 k 값을 갖는 절연층이 동일한 챔버 내에서 증착될 수 있어야 한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 대략 4.0 또는 그 이하의 유전 상수(낮은 k 값)를 갖는 하나 이상의 절연층을 에칭하기 위한 방법을 제공하는 것으로서, 절연 조성물의 차이는 적어도 3:1의 에칭 선택도를 제공한다. 본 발명은 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소를 함유하는 절연층을 에칭하는 것으로서, 조성물의 차이는 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 가스의 부재시에 3:1 이상의 에칭 선택도를 제공한다. 하나 이상의 탄화불소 가스에 대한 탄소 및 산소 함유 가스의 첨가는 고 선택도가 요구되지 않을 때 이용가

능한 낮은 에칭 선택도에서 신속한 에칭 속도를 제공한다. 적어도 하나의 절연층은 바람직하게 높은 탄소 함량(원자 중량으로 대략 1% 이상) 또는 높은 수소 함량(원자 중량으로 대략 0.1% 이상)을 갖는다. 탄소 및 산소 함유 가스는 수평 상호접속물을 형성할 때 등의 인접한 절연층의 선택적 에칭이 요구될 때 에칭 가스로부터 감소되거나 생략될 수 있다.

발명의 구성

본 발명은 챔버 사이로 기관의 전달이 감소되고 적어도 3:1의 인접한 절연층들 사이에서의 에칭 선택도로 낮은 k값을 갖는 인접한 절연 재료를 증착 및 에칭하기 위한 일체식 통합 방법을 또한 제공한다. 고 에칭 선택도는 종래의 에칭 스톱층없이 균일한 깊이 및 장방형 모서리를 갖는 수평 상호접속물을 제공한다. 적어도 하나의 절연층은 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소를 포함한다. 스핀 온 증착 방법(spin on deposition method) 또는 화학 기상 증착 방법에 의해 발생되어진 것과 같이, 대략 4.0 이하의 유전 상수를 갖는 임의의 절연층이 추가의 절연층일 수 있다. 모든 절연층은 증착된 재료의 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소 함량을 제어함으로써 에칭 선택도를 제어하기 위해 전력 레벨, 유량, 및 조성 변화를 이용하여 하나 이상의 유기실리콘 화합물의 화학 증기 증착에 의해 바람직하게 형성된다.

바람직한 제 1 이중 다마신 실시예에서, 낮은 k 값을 갖는 제 1 절연층 및 낮은 k 값을 갖는 제 2 절연층은 수직 및 수평 상호접속물의 계속적인 에칭을 위해 메틸실란, CH_3SiH_3 , 또는 트리메틸실록산, $(\text{CH}_3)_3\text{-Si-O-Si-(CH}_3)_3$, 등의 하나 이상의 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 기관 상에 증착된다. 제 1 절연층은 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소 바람직하게, 원자 중량비로 적어도 대략 5%의 탄소 및 원자 중량비로 적어도 대략 1%의 수소를 포함하는 에칭 스톱층이다. 제 2 절연층은 바람직하게 제 2 절연층에 함유된 수소의 1/5이하의 수소 함량 및 2/3 이하의 탄소를 함유하고, 더 바람직하게는 1/2이하의 탄소 또는 1/10이하의 수소를 함유한다. 수직 및 수평 상호접속물은 탄화불소 가스를 이용하여 낮은 k 값의 절연층 내부로 에칭된다. 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 화합물은 수직 상호접속물의 에칭중에 탄화불소 가스에 첨가되며, 적어도 3:1의 에칭 선택도를 얻기 위해 수평 상호접속물의 에칭 중에 이용되지 않는다. 수평 및 수직 상호접속물은 구리 등의 도전성 재료로 채워질 수 있다.

바람직한 제 2 이중 다마신 실시예에서, 낮은 k 값을 갖는 제 1 절연층, 낮은 k 값을 갖는 제 2 절연층, 낮은 k 값을 갖는 제 3 절연층은 수직 및 수평 상호접속물의 계속적인 에칭을 위해 메틸실란, CH_3SiH_3 , 또는 트리메틸실록산, $(\text{CH}_3)_3\text{-Si-O-Si-(CH}_3)_3$, 등의 하나 이상의 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 기관 상에 증착된다. 제 2 절연층은 실리콘, 산소, 탄소 및 수소, 바람직하게, 원자 중량비로 적어도 대략 5%의 탄소 및 원자 중량비로 적어도 대략 1%의 수소를 포함하는 에칭 스톱층이다. 제 1 및 제 3 절연층은 바람직하게 제 2 절연층에 함유된 수소의 1/5이하의 수소 함량 및 2/3 이하의 탄소를 함유하며, 보다 바람직하게 1/2 이하의 탄소 및 1/10 이하의 수소를 함유한다. 수직 및 수평 상호접속물은 탄화불소 가스를 이용하여 낮은 k 값의 절연층 내부로 에칭된다. 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 화합물은 수직 상호접속물의 에칭중에 탄화불소 가스에 첨가되며, 적어도 3:1의 에칭 선택도를 얻기 위해 수평 상호접속물의 에칭 중에 이용되지 않는다. 수평 및 수직 상호접속물은 구리 등의 도전성 재료로 채워질 수 있다.

본 발명은 낮은 k 값을 갖는 절연층(즉, 대략 4 또는 그 이하, 바람직하게는, 대략 3 이하)을 에칭하기 위한 방법을 제공하는 것이다. 본 발명은 하나 이상의 절연층을 에칭하는 것으로서, 절연 조성물의 차이는 적어도 3:1의 에칭 선택도를 제공한다. 상기 방법은 낮은 k 값을 갖는 절연층 내에 형성된 상호접속물 내부에, 구리 등의 도전성 재료를 증착하는 이중 다마신 등의 선택적 에칭 공정에 이상적으로 적합하다. 바람직한 실시예에서, 본 발명은 수소 및 탄소를 함유하는 낮은 k 값을 갖는 절연층에 대한 에칭 선택도를 제어하기 위해 탄화불소 에칭 가스로 탄소 및 산소 함유 가스의 결합을 제어하는 단계를 포함한다. 본 발명은 또한 낮은 유전 상수를 얻기 위해 인접한 절연층의 탄소 및 수소 함량, 및 상기 절연층 중의 하나를 만족하는 적어도 3:1의 에칭 선택도를 제어하는 단계를 포함한다. 따라서, 낮은 k 값을 갖는 절연층은 다마신 방법 등의 증착 및 에칭 공정으로부터 실리콘 질화물 등의 고 유전 상수를 갖는 종래의 에칭 스톱 재료를 배제하기 위해 충분한 에칭 선택도를 제공한다. 낮은 유전 상수 및 낮은 에칭 속도를 갖는 절연층은 본문에 기술된 동일한 에칭 조건을 이용한 다른 절연층과 비교하여 다수의 공정에서 에칭 스톱층을 교체하거나 제거할 수 있다. 본 발명에 따른 통합된 증착 및 에칭 방법은 모든 절연층이 에칭 단계 이전에 단일 챔버에서 증착되도록 함으로써 챔버 사이에서의 기관의 전달을 감소시킨다.

본 발명에 따른 방법은 실리콘, 탄소, 산소, 및 수소를 함유하는 낮은 k 값을 갖는 제 1 절연층을 포함하는 통합된 이중 다마신 공정을 제공한다. 상기 제 1 절연층 위에 증착된 낮은 k 값을 갖는 제 2 절연층은 제 1 절연층 내에 함유된 1/5 이하의 수소 또는 2/3 이하의 탄소, 보다 바람직하게는 1/2 이하의 탄소 및 1/10 이하의 수소를 함유하고 있다. 두 절연층은 가파른 측벽 및 날카로운 모서리를 갖는 수직 상호접속물을 형성하기 위해 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 화합물 및 탄화불소 혼합물로 에칭될 수 있다. 낮은 함량의 탄소 또는 수소를 갖는 절연층은 낮은 탄소 또는 수소 함량을 갖는 절연층을 만족하는 적어도 3:1의 선택도를 제공하기 위해 탄소 및 산소 함유 가스의 유량을 감소시키거나 또는 제거함으로써 선택적으로 에칭된다.

원자 중량비로 적어도 1%의 탄소, 및 원자 중량비로 적어도 0.1%의 수소를 함유한 실리콘 산화물 층은 증착된 재료의 탄소 함량 및 수소 함량을 제어하기 위해 전력 레벨, 유량, 및 조성 변화 등을 이용하여 하나 이상의 유기실리콘 화합물의 화학 기상 증착, 또는 스핀 온(spin on) 방법에 의해 생성된다. 가변 탄소 또는 수소 함량을 갖는 낮은 k값을 갖는 절연층은 이중 다마신 방법에서 모든 절연층을 제공하기 위해 단일 챔버 내에서 증착될 수 있다. 증착된 절연층은 대략 4이하, 바람직하게는 대략 3 이하의 유전 상수를 갖는 인접한 절연층 사이에서 적어도 3:1의 에칭 선택도를 제공하기 위해 에칭된 피쳐의 표면 상에서 패시베이션 증착물을 제어하는 가스로 에칭된다.

넓은 의미에서 본 발명은 낮은 k값을 갖는 인접한 절연층의 에칭을 또한 포함한다. 하기에 청구된 본 발명의 범주는 탄소 또는 수소를 함유한 절연층을 에칭 또는 증착하기 위한 다음의 바람직한 실시예의 설명에 의해 지지된다.

제 1 바람직한 이중 다마신 공정

도 1a 내지 도 1h에 도시된 바람직한 이중 다마신 공정은 낮은 k 값을 갖는 두개의 인접한 절연층(10,12)을 포함하며, 두 층 사이의 에칭 선택도는, 에칭 가스가 탄화불소를 함유하고 있으며, 실질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 함유하고 있지 않을 때, 적어도 3:1의 비를 갖는다. 즉, 인접한 낮은 k 값의 절연층은 상이한 조성을 가지며, 제 2 층(12)은 에칭 가스가 탄소 및 산소 함유 가스의 실질적인 양없이 탄화불소 가스를 함유하고 있을 때 제 1 층(10)의 에칭 속도의 적어도 3배에 이르는 에칭 속도를 갖는다. 제 1 절연층(10)은 제 2 절연층(12)의 에칭중에 에칭 스톱층으로서 작용한다. 에칭 가스에 대한 일산화탄소 등의 탄소 및 산소 함유 화합물의 첨가는 절연층(10,12)의 에칭 속도를 변화시켜 두 층이 에칭 가스 조성의 실질적인 변화없이 에칭될 수 있도록 한다.

도 1a를 참조하면, 낮은 k값의 스핀 온 절연체(도핑되거나 도핑되지 않은)와 같이, 실리콘, 산소, 탄소 및 수소를 함유한 낮은 k값을 갖는 제 1 절연층(10) 또는 C-H 결합 및 C-Si 결합을 포함한 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 증착된 CVD 층이 방벽층(14) 위에 증착된다. 제 1 절연층(10)은 원자 중량비로 적어도 대략 5%의 탄소 또는 원자 중량비로 적어도 대략 1%의 수소를 함유하고 있다. 스핀 온 등의 낮은 k값을 갖는 제 2 절연층(12)(도핑되거나 도핑되지 않은) 또는 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 증착된 CVD 층은 제 1 절연층(10)에 함유된 탄소의 대략 2/3 이하의 탄소 및 대략 1/5 이하의 수소, 바람직하게, 1/2 이하의 탄소 및 1/10 이하의 수소를 함유한다. 절연층(10,12)은 일반적으로 절연층이 종래의 절연층(18) 내에 피쳐를 충전시키는 구리 등의 도전성 재료(16)의 확산을 방지하는 실리콘 질화물 또는 실리콘 카바이드 등의 방벽층(14) 위에 증착된다. 제 1 절연층(10)과 방벽층(14) 사이의 에칭 선택도는 적어도 2:1이다. 포토레지스트 층(20) 또는 하드 마스크 층은 절연층 내에 에칭된 패턴을 전달하기 위해 절연층(10,12)의 스택 상에 증착된다. 제 1 절연층(10)은 하나 이상의 탄화불소 가스에 의해 탄소 및 산소 함유 가스 없이 에칭될 때 제 2 절연층(12)의 에칭 속도 보다 적어도 3배 적은 에칭 속도를 갖기 위해 충분한 탄소 또는 수소를 함유한다.

가변 함량의 탄소 및 수소를 얻기 위해 제 1 및 제 2 절연층(10,12)을 증착시키기 위한 방법은 하기에 상세히 설명되어질 것이다. 낮은 탄소 함량(원자 중량비로 대략 1% 이하) 및 낮은 수소 함량(원자 중량비로 대략 0.1% 이하)을 갖는 낮은 k 값을 갖는 절연층의 증착은 테트라에톡시실란으로 공지된 테트라에틸오르토실리케이트(TEOS)의 산화에 의해 실리콘 산화물을 증착시키는 종래의 공정을 이용하여 수행될 수 있다.

제 1 절연층(10)은 대략 5,000 내지 10,000Å의 두께로 바람직하게 증착된다. 제 2 절연층(12)은 대략 5,000 내지 10,000Å의 두께로 증착된다. 절연층(10,12)은 하기에 기술되어진 바와 같이 유량 및 전력 레벨을 변화시킴으로써, 메틸 실란 또는 트리메틸실로산 등의 동일한 반응제를 이용하여 동일한 챔버 내에서 증착될 수 있다. 방벽층(14)이 실리콘 카바이드 층일때, 방벽층은 동일한 유기실리콘 화합물을 이용한 절연층과 동일한 챔버 내에서 증착될 수 있다.

제 1 절연층이 제 2 절연층의 증착 이전에 에칭될 수 있지만, 탄화불소 가스 및 탄소 및 산소 함유 가스를 결합시키는 가스로 에칭하기 이전에 두개의 절연층을 증착시키는 것이 바람직하다.

도 1b를 참조하면, 포토레지스트 또는 하드 마스크(20)는 제 2 절연층(12) 내에 에칭되어질 수평 상호접속물(22)을 형성하기 위해 패턴화된다. 하기에 기술되어진 바와 같이, 수직 상호접속물을 형성하는 패턴이 먼저 이용될 수 있다. 실리콘 산화물 층에 대한 일반적인 포토레지스트는 네모아 케미컬 컴퍼니의 듀폰에 의해 제조된 "RISTON"이다. 포토레지스트는 패턴을 형성하기 위해 UV 광에 노출되며, 포토레지스트의 일부가 스트리핑된다. 탄소 또는 수소를 함유한 실리콘 산화물 층 등의 하드 마스크는 포토레지스트 아래에 이용될 수 있으며 포토레지스트 내에 패턴이 현상된 이후에 하기에 기술되어진 것처럼 에칭된다. 포토레지스트 또는 하드 마스크는 하부 층에 전달된 패턴을 제공한다.

도 1c를 참조하면, 수평 상호접속물(22)은 탄소 및 산소 함유 가스의 실제량없이 하나 이상의 탄화불소를 결합시키는 가스를 이용하여 제 2 절연층(12)으로 에칭된다. 바람직하게, 수평 상호접속물을 형성하기 위한 절연층의 에칭은 아르곤과, CF₄, C₂F₆ 및 C₄F₈로부터 선택된 하나 이상의 가스를 포함하는 가스 혼합물로 수행된다. 수평 상호접속물(22)을 패턴화하기 위해 이용되는 포토레지스트(20) 또는 다른 재료는 바람직하게 산소/수소 애쉬 공정 예를 들어, 산소 및 암모니아 가스의 결합 또는 다른 적합한 공정에 의해 스트리핑된다.

도 1d를 참조하면 제 2 레지스트 층(24) 또는 하드 마스크가 수평 상호접속물(22) 상에 증착되며, 수직 상호접속물(26)을 형성하는 패턴을 전달하기 위한 평면이 제공된다. 포토레지스트는 패턴을 형성하기 위해 UV 광에 노출되며, 포토레지스트 일부가 수직 상호접속물(26)을 형성하기 위해 제거된다. 포토레지스트(24) 또는 하드 마스크는 계속되는 에칭 중에 하부층에 전달되는 패턴을 제공한다. 수직 상호접속물이 다음 실시예에서 기술되어진 것과 같이 먼저 에칭된다면, 제 2 레지스트 층 또는 하드 마스크는 수평 상호접속물을 형성하기 위해 이용될 수 있다.

도 1e를 참조하면, 제 1 절연층(10) 및 방벽층(14)은 하나 이상의 탄화불소와, 탄소 및 산소 함유 가스를 결합시키는 가스를 이용하여 수직 상호접속물(26)을 완성시키기 위해 에칭된다. 수직 상호접속물을 형성하기 위한 절연층의 에칭은 바람직하게 아르곤과, CO, CF₄, C₂F₆ 및 C₄F₈로부터 선택된 하나 이상의 가스를 포함하는 가스 혼합물로 수행된다. 도 1f를 참조하면, 바람직하게, 수직 상호접속물(26)을 패턴화시키기 위해 이용되는 임의의 포토레지스트 또는 다른 재료는 예를 들면 산소 및 암모니아 가스의 결합 또는 다른 적합한 공정에 의해, 산소/수소 애쉬 공정을 이용하여 스트리핑된다.

도 1g를 참조하면, 탄탈륨 질화물 등의 적당한 방벽층(28)은 주위의 실리콘 및/또는 절연 재료 내부로 금속의 침투를 방지하기 위해 수평 및 수직 상호접속물(22,26) 내에서 먼저 균일하게 증착된다. 도 1h를 참조하면, 수평 및 수직 상호접속물(22,26)은 알루미늄, 구리, 텅스텐, 또는 그들의 화합물 등의 도전성 재료(30)로 충전된다. 현재, 구리의 저 저항성(알루미늄의 3.1 mW-cm과 비교하여 1.7mW-cm)으로 인해 보다 소형의 피처를 형성하기 위해 구리를 이용하는 경향이 있다. 구리는 도전성 구조를 형성하기 위해 화학 기상 증착, 물리 기상 증착, 전기도금, 또는 그들의 조합을 이용하여 증착된다. 상기 구조가 구리 또는 다른 금속으로 충전되면, 표면은 도 1h에 도시되어진 것처럼, 화학 기계식 연마를 이용하여 평면화된다.

또 다른 실시예에서, 도 1a 내지 도 1h의 제 1 절연층(10)은 방벽층(14)이 실리콘 질화물이고 절연층이 원자 중량비로 5% 이상의 탄소 및 원자 중량비로 1% 이상의 수소를 함유하고 있을 때와 같이, 제 1 절연층(10)과 방벽층(14) 사이의 에칭 선택도가 2:1 이하일 때, TEOS의 산화에 의해 얻어진 것과 같이, 초기 실리콘 산화물 층(도시되지 않음) 상에 증착될 수 있다. 초기 절연층은, 방벽층이 수직 상호접속물의 일부로부터 전체적으로 제거되기 이전에 수직 상호접속물(26)이 완전히 에칭될 수 있도록, 방벽층(14)에 대해 적어도 2:1의 에칭 선택도를 갖도록 선택된다. 초기 산화물 층은 방벽층에 수직 상호접속물이 완성되는 시간을 제공하기 위해 대략 1,000Å 내지 3,000Å의 두께를 갖는 것이 바람직하다.

바람직한 제 2 이중 다마신 공정

도 2a 내지 도 2h에 도시된 또 다른 바람직한 이중 다마신 공정은 종래의 에칭 스톱층을 두개의 낮은 k 값을 갖는 절연층(42,44) 사이에 에칭 스톱층(40)으로서 작용하는 낮은 k 값을 갖는 절연층으로 교체한다. 절연층(42,44)은 에칭 가스가 탄화불소 가스를 포함하고 실질적으로 탄소 및 산소 함유 화합물을 포함하지 않을 때 에칭 스톱층(40)의 에칭 속도 보다 적어도 3배 더 큰 에칭 속도를 갖는다. 바람직하게, 절연층 및 에칭 스톱층은 에칭 스톱층이 더 많은 양의 탄소 또는 수소를 포함하는 것을 제외하고는 유사한 조성을 갖는다.

도 2a를 참조하면, 제 1 낮은 k 값을 갖는 절연층(42) 및 낮은 k 값을 갖는 제 3 절연층(44)은 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 증착된 CVD층 또는 낮은 k 값을 갖는 스피운 절연체(도핑되거나 도핑되지 않은) 등과 같이, 낮은 함량의 탄소 및 수소를 포함한다. 낮은 k 값을 갖는 제 2 절연층(40), 에칭 스톱층은 C-H 결합 및 C-Si 결합을 갖는 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 증착된 CVD 층 또는 낮은 k 값을 갖는 스피운 절연체(도핑되거나 도핑되지 않은)와 같이, 상대적으로 많은 양의 탄소 또는 수소를 포함한다. 낮은 k 값을 갖는 제 2 절연층(40)은 바람직하게 원자 중량비로 적어도 대략 5%의 탄소 및 원자 중량비로 적어도 대략 1%의 수소를 함유한다. 낮은 k 값을 갖는 제 1 및 제 3 절연층(42,22)은 제 2 절연층(40) 내에 함유된 수소의 1/5 이하 또는 2/3 이하의 탄소, 바람직하게, 1/2 이하의 탄소 및 1/10 이하의 수소를 함유한다. 절연층(42,40,44)은 일반적으로 실리콘 질화물 또는 실리콘 카바이드 등의 방벽층(46) 상에 증착되며, 하부 절연층(50) 내에 피처를 충전하는 구리 등의 도전성 재료(48)를 보호한다. 제 1 절연층(42) 및 방벽층(14)의 에칭 선택도는 적어도 2:1이다.

포토리지스트 또는 하드 마스크 층(52)은 절연층 내부로 에칭된 패턴을 전달하기 위해 절연층(40,42,44)의 스택 상에 증착된다. 에칭 스톱층(40)은 에칭 가스가 실질적으로 탄소 및 산소 함유 가스를 함유하고 있지 않을 때 제 1 및 제 3 절연층(42,44)의 에칭 속도보다 적어도 3배 낮은 에칭 속도를 갖기 위해 충분한 탄소 또는 수소를 함유한다. 가변 함량의 탄소 및 수소를 갖기 위한 절연층의 증착은 하기에 보다 상세히 기술된다.

제 1 및 제 3 절연층(42,44)은 바람직하게 대략 5,000 내지 10,000Å의 두께로 증착된다. 에칭 스톱층(40)은 바람직하게 대략 500 내지 1,000Å의 두께로 증착된다. 제 1 및 제 3 절연층(42,44) 및 에칭 스톱층(40)은 하기에 기술되어진 바와 같이 유량 및 전력 레벨을 변화시킴으로써 동일한 반응제를 이용하여 동일한 챔버 내에서 증착될 수 있다. 방벽층(46)이 실리콘 카바이드 층일 때, 방벽층은 절연층과 동일한 챔버 내에서 증착될 수 있다.

도 2b를 참조하면, 포토리지스트(52) 또는 하드 마스크는 낮은 k값의 제 1 및 제 3 절연층(42,44) 및 에칭 스톱층(40) 내에서 에칭되어질 수직 상호접속물(54)을 형성하기 위해 패턴화된다. 전술한 제 1 실시예에서 도시되어진 것처럼, 수평 상호접속물을 형성하는 패턴이 먼저 이용될 수 있다. 실리콘 산화물 층에 대한 전형적인 포토리지스트는 네모아 케미컬 컴퍼니의 듀폰에 의해 제조된 "RISTON"이다. 포토리지스트는 패턴을 형성하기 위해 UV 광에 노출되며, 포토리지스트 일부가 스트리핑된다. 탄소 또는 수소를 함유한 실리콘 산화물 층 등의 하드 마스크는 포토리지스트 아래에서 이용될 수 있으며, 패턴이 포토리지스트에서 현상된 이후에 하기에 기술되어진 것처럼 에칭된다. 포토리지스트 또는 하드 마스크는 하부 층에 전달되는 패턴을 제공한다.

도 2c를 참조하면, 수직 상호접속물(54)은 낮은 k값을 갖는 제 1 및 제 3 절연층(42,44), 낮은 k 값을 갖는 에칭 스톱층(40), 및 방벽층(46)으로 탄화불소와 탄소 및 산소 함유 가스를 결합시키는 가스를 이용하여 에칭된다. 수직 상호접속물을 형성하기 위한 절연층의 에칭은 바람직하게 아르곤, CO 를 포함하여, CF₄, C₂F₆, C₄F₈로부터 선택된 하나 이상의 가스의 가스 혼합물로 수행된다. 수직 상호접속물(54)을 패턴화시키기 위해 이용되는 임의의 포토리지스트(52) 또는 다른 재료는 산소 및 암모니아 가스의 결합, 또는 필요하다면 또 다른 적당한 공정에 의해, 산소/수소 애쉬 공정을 이용하여 스트리핑된다.

도 2d를 참조하면, 제 2 레지스트 층(55) 또는 하드 마스크는 증착되며 수평 상호접속물(56)을 형성하기 위해 패턴화된다. 포토리지스트는 패턴을 형성하기 위해 UV광에 노출되며, 포토리지스트 일부가 수평 상호접속물(56)을 형성하기 위해 제거된다. 수평 상호접속물이 먼저 에칭된다면, 제 2 레지스트 층 또는 하드 마스크는 제 1 실시예에 대해 전술된 바와 같이 수직 상호접속물을 형성하기 위해 이용될 수 있다. 포토리지스트는 필요하다면 하부층(48)의 에칭을 저하시키기 위해 수직 상호접속물(54)의 바닥에 남겨질 수 있다.

도 2e를 참조하면, 제 3 절연층(44)은 실질적인 탄소 및 산소 함량없이 하나 이상의 탄화불소를 포함하는 가스를 이용하여 수평 상호접속물(56)을 완성하기 위해 에칭된다. 수평 상호접속물(56)을 형성하기 위한 절연층의 에칭은 에칭 스톱층(40)에 대해 적어도 3:1의 선택도를 제공하기 위해 CF₄, C₂F₆ 및 C₄F₈로부터 선택된 하나 이상의 가스와 아르곤으로부터 선택된 가스 혼합물로 수행된다. 탄소 및 산소 함유 가스는 에칭 스톱층(40)에 대해 낮은 에칭 속도를 제공하기 위해 감소시켜 생략된다. 도 2f를 참조하면, 수평 상호접속물(56)을 패턴화하기 위해 이용되는 임의의 포토리지스트 또는 다른 재료는 수평 및 수직 상호접속물(56,54)을 충전하기 이전에 스트리핑된다. 바람직하게, 포토리지스트는 산소 및 암모니아 가스의 결합, 또는 다른 적당한 공정에 의해, 산소/수소 애쉬 공정을 이용하여 스트리핑된다.

도 2g를 참조하면, 탄탈륨 질화물 등의 적당한 방벽층(58)이 주위의 실리콘 및/또는 절연 재료 내부로의 금속의 침투를 방지하기 위해 수평 및 수직 상호접속물(56,54) 내에서 균일하게 먼저 증착된다. 도 2h를 참조하면, 수평 및 수직 상호접속물(56,54)은 제 1 실시예에서 기술한 바와 같이 알루미늄, 구리, 텅스텐 또는 그들의 혼합물 등의 도전성 재료(60)로 충전된다.

에칭 공정의 선택도에 따라, 수평 및 수직 상호접속물은 각각의 절연층이 증착된 이후에 에칭될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 에칭 스톱층은 제 3 절연층이 증착되기 이전에 에칭될 수 있다. 그러나, 절연층의 증착 및 에칭을 번갈아 시행하기 위하여, 챔버간의 기관의 추가적인 전달이 요구된다.

또 다른 실시예에서, 도 2a 및 도 2h에서 에칭 스톱층(40)은 대략 4.0 이상의 유전 상수를 갖는 통상의 절연층(42) 상에 증착된 실리콘 질화물 또는 실리콘 카바이드 층일 수 있다. 따라서, 낮은 k값을 갖는 절연층(44)은, 통상의 절연층(42)이 수직 상호접속물(54)을 적절하게 절연하는 동안, 수평 상호접속물(56)의 절연을 강화시킨다.

낮은 k 값($k \leq 4.0$)을 갖는 절연층의 증착

본 발명은 낮은 유전 상수(대략 4.0 이하의 k)를 가지며, 절연층에 수평 상호접속물을 형성하기 위해 적합한 에칭 조건 하에서 인접한 낮은 k 값의 절연층의 에칭 속도보다 적어도 3배 낮은 에칭 속도를 갖는 절연층을 제공한다. 상기 낮은 k 값을 갖는 절연층은 탄소 및 수소가 함유된 실리콘 카바이드 층 또는 실리콘 산화물 층이 형성되는 스피너 온 또는 CVD 방법에 의해 생성될 수 있다. 가변 에칭 속도를 갖는 낮은 k 값의 절연층은 다음의 설명에서 기술되어진 공정 가스의 양을 변화시킴으로써 동일한 챔버 내에서 발생할 수 있다.

바람직한 낮은 k 값의 절연층은 메틸실란, CH_3SiH_3 , 디메틸실란, $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$, 트리메틸실란, $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$, 1,1,3,3-테트라메틸디실록산, $(\text{CH}_3)_2\text{-SiH-O-SiH-(CH}_3)_2$, 또는 트리메틸실록산, $(\text{CH}_3)_3\text{-Si-O-Si-(CH}_3)_3$ 등의 C-H 결합 및 C-Si 결합을 모두 포함하는 유기실리콘 화합물의 산화에 의해 생성된다. 실리콘 산화물 층은 특성을 안정화시키기 위해 저압 및 고온에서 경화된다. 증착된 절연층의 탄소 및 수소 함량은 다른 유기실리콘 화합물을 변화시키거나, 산소, 오존, 일산화질소 및 물 등의 다양한 산화 가스와 산화되거나, 증착중에 RF 전력 레벨을 변화시키거나, 공정 가스의 유량을 변화시킴으로써, 공정 조건을 변화시킴으로써 제어된다.

실리콘 산화물 또는 실리콘 카바이드 층 내에 잔존하는 탄소 또는 수소는 저 유전 상수, 양호한 방벽 특성, 및 감소된 에칭 속도에 기여한다. 실리콘 산화물 또는 실리콘 카바이드 층은 처리 조건에서 산화에 의해 쉽게 제거되지 않는 유기성 균 내에 탄소를 함유한 실리콘 화합물로부터 생성된다. 바람직하게, 알칼리 또는 아릴 군 등의 C-H 결합이 포함된다. 적당한 유기성 군은 또한 알케닐, 및 시클로헥세닐 군 및 작용성 유도체등을 포함한다. 유기실리콘 화합물은 가변적인 탄소 대 실리콘 비율을 갖고,

메틸실란, $\text{CH}_3 - \text{SiH}_3$

디메틸실란, $(\text{CH}_3)_2 - \text{SiH}_2$

트리메틸실란, $(\text{CH}_3)_3 - \text{SiH}$

테트라메틸실란, $(\text{CH}_3)_4 - \text{Si}$

디메틸실란디올, $(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2 - (\text{OH})_2$

에틸실란, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_3$

페닐실란, $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{SiH}_3$

디페닐실란, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2 - \text{SiH}_2$

디페닐실란디올, $(\text{C}_6\text{H}_5)_2 - \text{Si} - (\text{OH})_3$

메틸페닐실란, $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{SiH}_2 - \text{CH}_3$

디실란노메탄, $\text{SiH}_3 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_3$

비스(메틸실라노)메탄, $\text{CH}_3 - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - \text{CH}_3$

1,2-디실라노에탄, $\text{SiH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_3$

1,2-비스(메틸실라노)에탄, $\text{CH}_3 - \text{SiH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{SiH}_2 - \text{CH}_3$

- 2,2-디실라노프로판, $\text{SiH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-SiH}_3$
- 1,3,5-트리실라노-2,4,6-트리메틸렌, $\text{-}(\text{-SiH}_2\text{CH}_2\text{-})_3\text{-}$ (고리형)
- 1,3-디메틸디실록산, $\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-CH}_3$
- 1,1,3,3-테트라메틸디실록산, $(\text{CH}_3)_2\text{-SiH-O-SiH}(\text{CH}_3)_2$
- 트리메틸실록산, $(\text{CH}_3)_3\text{-Si-O-Si}(\text{CH}_3)_3$
- 1,3-비스(실라노메틸렌)디실록산, $(\text{SiH}_3\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-})_2\text{-O}$
- 비스(1-메틸디실록사닐)메탄, $(\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-})_2\text{-CH}_2$
- 2,2-비스(1-메틸디실록사닐)프로판, $(\text{CH}_3\text{-SiH}_2\text{-O-SiH}_2\text{-})_2\text{-C}(\text{CH}_3)_2$
- 2,4,6,8-테트라메틸시클로테트라실록산, $\text{-}(\text{-SiHCH}_3\text{-O-})_4\text{-}$ (고리형)
- 옥타메틸시클로테트라실록산, $\text{-}(\text{-Si}(\text{CH}_3)_2\text{-O-})_4\text{-}$ (고리형)
- 2,4,6,8,10-펜타메틸시클로펜타실록산, $\text{-}(\text{-SiHCH}_3\text{-O-})_5\text{-}$ (고리형)
- 1,3,5,7-테트라실라노-2,6-디옥시-4,8-디메틸렌,
 $\text{-}(\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-})_2\text{-}$ (고리형)
- 2,4,6-트리실란테트라하이드로피란, 및
 $\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (고리형)
- 2,5-디실란테트라하이드로푸란 $\text{-SiH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SiH}_2\text{-O-}$ (고리형)

및 그 유도체를 포함한다.

유기실리콘 화합물은 일산화질소(N_2O), 오존(O_3), 이산화탄소(CO_2), 및 물(H_2O), 바람직하게 O_2 또는 N_2O 등의 산소 (O_2) 또는 산소 함유 화합물과의 반응에 의해 증착중에 바람직하게 산화되어, 증착된 층의 탄소 함량이 원자 중량비로 적어도 1%이며, 증착된 층의 수소 함량은 원자 중량비로 적어도 0.1%이다. 산화된 유기실리콘 층은 바람직하게 대략 3.0 또는 그 이하의 유전 상수를 갖는다. 산화된 유기실리콘 층은 통상의 실리콘 산화물 화합물과 비교하여 낮은 에칭 속도를 제공한다.

유기실리콘 화합물은 화합물을 해리시키기 위해 충분한 에너지를 제공함으로써 실리콘 카바이드 층으로 증착될 수 있다. 실리콘 카바이드 층은 증착된 층의 가변 에칭 속도 변화를 보조하기 위해 소량의 산소를 함유할 수 있다.

유기실란 및 유기실록산 내의 탄화수소 군은 C-H 결합을 C-F 결합으로 변화시키기 위해 부분적으로 불소화될 수 있다. 바람직한 유기실란 및 유기실록산 화합물 중의 다수는 상업상 이용가능하다. 두개 이상의 유기실란 또는 유기실록산의 결합은 유전 상수, 산화물 함량, 소수성(hydrophobicity), 필름 응력, 및 플라즈마 에칭 특성등의 혼합된 소정의 특성을 제공하기 위해 이용될 수 있다.

산소 및 산소 함유 화합물은 증착된 층 내에 소정의 탄소 함량을 달성하기 위해 필요할 때 반응성을 증가시키기 위해 바람직하게 분리된다. 산화 화합물의 분리를 증대시키기 위해 증착 챔버에 RF 전력이 결합될 수 있다. 감소된 함량의 산소 또는 산소의 감소된 분리는 고 농도의 탄소 함량, 특히 Si-O 결합과 비교하여 다량의 C-H 또는 Si-CH₃ 결합을 초래한다. 산화 화합물은 실리콘 함유 화합물의 과다 분리를 줄이기 위해 증착 챔버에 유입되기 이전에 마이크로파 챔버 내에서 분리될 수 있다. 실리콘 산화물 층의 증착은 연속 또는 불연속적일 수 있다. 단일 증착 챔버 내에서 증착이 바람직하게 이루어진다 하더라도, 상기 층은 두개 이상의 증착 챔버에서 순차적으로 증착될 수 있다. 더욱이, RF 전력은 기관의 가열을 감소시키고 증착된 층 내에서 더 큰 다공성을 증진시키기 위해 순환되거나 또는 펄스화된다. 실리콘 산화물 층의 증착중에, 기관은 대략 -20°C 내지 대략 400°C의 온도에서 유지되며, 바람직하게 대략 -20°C 내지 40°C의 온도에서 유지된다.

산화된 유기실리콘 화합물은 증착된 층을 형성하기 위해 반도체 기관의 패턴화된 층 등의 접촉된 표면에 부착된다. 증착된 층은 층의 방벽 특성을 안정화시키기 위해 대략 100 내지 450°C의 온도 바람직하게, 대략 400°C 이상의 온도 및 저압으로 경화된다. 증착된 층은 방벽 특성을 제공하기에 충분한 수소 함량을 갖는다. 탄소 함량은 바람직하게 우수한 수분 방벽인 수소 층을 제공하기 위해 C-H 또는 C-F 결합을 포함한다.

본 발명에 따른 방법은 반응 영역을 포함하는 용기, 반응 영역 내에 기관을 위치설정하기 위한 음극 받침대, 및 진공 시스템을 갖춘 기관 처리 시스템을 포함한다. 처리 시스템은 유기실란 또는 유기실록산 화합물, 산화 가스 및 불활성 가스 공급원에 용기의 반응 영역을 결합시키는 가스/액체 분배 시스템, 및 반응 영역 내에 플라즈마를 발생시키기 위해 가스 분배 시스템에 결합된 RF 발생기를 더 포함한다. 처리 시스템은 용기, 가스 분배 시스템, 및 RF 발생기를 제어하기 위한 컴퓨터를 포함하는 제어기, 상기 제어기에 결합된 메모리를 포함하며, 메모리는 유기실란 또는 유기실록산 화합물의 플라즈마 및 산화 가스로 낮은 절연상수를 갖는 층을 증착하는 공정 단계를 선택하기 위한 컴퓨터로 판독가능한 프로그램 코드를 포함하는 컴퓨터 이용가능한 매체를 포함한다.

증착된 실리콘 산화물 층의 예칭은 미국 특허 제 5,843,847호에 기술된 종래의 예칭 챔버 내에서 수행될 수 있으며, 본 명세서에 참고로 기술되어 있다. 바람직한 예칭 챔버는 미국 캘리포니아 산타 클라라 소재의 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 이용가능한 IPS 챔버이다. 상기 특허는 절연층의 예칭을 기술하고 있으며, 본 명세서에 참고되었다.

본 발명의 또 다른 설명은 본 발명의 실리콘 산화물 층을 증착하고 예칭하기 위한 특수 장치와, 그리고 이중 다마신 실리콘 산화물 층을 제조하기 위한 바람직한 증착 및 예칭 순서에 관한 것이다.

예시적 CVD 플라즈마 반응기 및 공정

본 발명의 방법이 수행될 수 있는 적당한 CVD 플라즈마 반응기는 고 진공 영역(115)을 갖는 평행 플레이트 화학 기상 증착 반응기(110)의 수직 단면도인 도 3에 도시되어 있다. 반응기(110)는 리프트 모터(114)에 의해 상승 또는 하강되는 기관 지지판 또는 서셉터(112) 상에 놓여져 있는 기관 또는 웨이퍼(도시되지 않음)에 매니폴드의 천공을 통해 공정 가스를 분배하기 위한 가스 분배 매니폴드(111)를 포함하고 있다. TEOS의 액체 분사에 일반적으로 이용되는 액체 분사 시스템(도시되지 않음)이 액체 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물을 분사하기 위해 제공될 수 있다. 바람직한 유기실란은 가스이다.

반응기(110)는 저항성 가열 코일(도시되지 않음) 또는 외부 램프(도시되지 않음) 등에 의한 공정 가스 및 기관의 가열을 포함한다. 도 3을 참조하면, 서셉터(112)는 지지 스템(113) 상에 장착되며, 서셉터(112) (및 서셉터(112)의 상부면 상에 지지된 웨이퍼)는 매니폴드(111)에 인접한 상부 처리 위치와 하부 로딩/오프 로딩 위치로 제어가능하게 이동될 수 있다.

서셉터(112) 및 웨이퍼가 처리 위치(114)에 놓여져 있을 때, 이들은 절연체(117)에 의해 둘러싸여 있으며, 공정 가스는 매니폴드(124)로 배기된다. 처리 중에, 매니폴드(111)에 대한 가스 유입구는 웨이퍼의 표면을 가로질러 반경방향으로 균일하게 분포되어 있다. 드로틀 밸브를 갖는 진공 펌프(132)는 챔버로부터 가스의 배기 속도를 제어한다.

매니폴드(111)에 도달하기 이전에, 증착 및 캐리어 가스는 가스 라인(118)을 통해 혼합 시스템(119)으로 입력되며, 여기서 이들은 결합되어 매니폴드(111)로 발송된다. 선택적인 마이크로파 어플리케이션(128)이 산화 가스만을 분리시키는 부가의 에너지를 제공하기 위해 산화 가스용 입력 가스 라인 상에 위치될 수 있다. 마이크로파 어플리케이션은 0 내지 6000 W를 제공한다. 일반적으로, 각각의 공정 가스에 대한 공정 가스 공급 라인(118)은 (i) 챔버 내부로의 공정 가스의 유동을 자

동 또는 수동으로 차단하기 위해 이용가능한 안전 차단 밸브(도시되지 않음), 및 (ii) 가스 공급 라인을 통한 가스 유동을 측정하는 질량 유동 제어기(도시되지 않음)을 또한 포함한다. 독성 가스가 공정 중에서 이용될 때, 여러개의 안전 차단 밸브가 통상의 구조로 각각의 가스 공급 라인 상에 위치된다.

반응기(110)에서 수행되는 증착 공정은 열 공정 또는 플라즈마 강화 공정일 수 있다. 플라즈마 공정에서, 제어된 플라즈마는 일반적으로 (접지된 서셉터(112)와 함께) RF 전력 공급원(125)으로부터 분배 매니폴드(111)에 인가되는 RF 에너지에 의해 웨이퍼에 인접하여 형성된다. 선택적으로, RF 전력은 서셉터(112)에 제공될 수 있으며, RF 전력은 다른 주파수에서 다른 성분에게 제공될 수 있다. RF 전력 공급원(125)은 고 진공 영역(115) 내부로 유도되는 반응 중의 분해를 강화시키기 위해 단일 또는 혼합된 주파수 RF 전력을 공급할 수 있다. 혼합된 주파수 RF 전력 공급원은 13.56MHz의 고 RF 주파수 (RF1)의 전력을 분배 매니폴드(111)에, 360 KHz의 저 RF 주파수(RF2)의 전력을 서셉터(112)에 공급한다. 본 발명의 실리콘 산화물 층은 일정한 저 레벨의 고 주파수의 RF 전력 또는 펄스 레벨의 고 주파수 RF 전력을 이용하여 생성될 수 있다. 펄스화된 RF 전력은 듀티 사이클의 대략 10 내지 30% 중에 대략 20W 내지 500 W, 가장 바람직하게 20W 내지 250W에서 13.56MHz의 RF 전력을 제공한다. 일정한 RF 전력은 바람직하게 대략 10W 내지 200 W, 가장 바람직하게 20W 내지 100W에서 13.56MHz의 RF 전력을 제공한다. 낮은 전력의 증착은 대략 -20°C 내지 40°C의 온도 범위에서 발생한다. 바람직한 온도 범위에서, 증착된 층은 증착 중에 부분적으로 중합되고 계속되는 층의 경화중에 중합이 완료된다.

실리콘 카바이드 층의 증착에 있어서, 반응 영역으로 도입되는 실질적인 산소량 없이 반응이 발생한다. 바람직하게, 13.56 MHz RF 전력 공급원은 유기실리콘 화합물로 챔버 내에 플라즈마를 형성하기 위해, 양극 및 음극에 대략 4.3 내지 10 와트/cm²의 전력 밀도로 대략 300 내지 700 와트를 인가한다. 기관 표면의 온도는 SiC의 증착 중에 대략 200 내지 400°C로 유지된다. "가장 바람직한" 공정으로 지정된 보다 최적의 공정에서, 트리메틸실란 또는 메틸실란 유량은 대략 50 내지 200 sccm이며, 헬륨 또는 아르곤의 유량은 대략 200 내지 1000 sccm이며, 챔버 압력은 대략 6 내지 10 Torr이며, RF 전력은 대략 5.7 내지 8.6 와트/cm²의 전력 밀도에서 대략 400 내지 600 와트의 범위이며, 기관 표면 온도는 대략 300 내지 400°C에서 유지된다.

일반적으로, 챔버 라이닝, 분배 매니폴드(111), 서셉터(112), 및 다양한 다른 반응기 하드웨어중 일부 또는 전부는 알루미늄 또는 양극처리된 알루미늄 등의 재료로 제조된다. 이러한 CVD 반응기의 예는 본 발명의 양수인인 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드도 양도되었으며, "원위치 다단 평탄화 공정 및 실리콘 이산화물의 열 화학 증기 증착의 용도 및 열 CVD/PECVD 반응기"란 명칭으로 왕(Wang) 등에 특허 허여된 미국 특허 제 5,000,113호에 개시되어 있다.

리프트 모터(114)는 처리 위치 및 하강 위치, 웨이퍼 로딩 위치로 서셉터(112)를 상승 및 하강시킨다. 상기 모터, 가스 혼합 시스템(119), 및 RF 전력 공급원(125)은 제어 라인(136)을 통해 시스템 제어기(134)에 의해 제어된다. 반응기는 바람직한 실시예에서는 하드 디스크 드라이브인 메모리(138)에 저장된 시스템 제어 소프트웨어를 실행시키는 시스템 제어기(134)에 의해 제어되는 질량 유동 제어기(MFCs) 및 표준 또는 펄스화된 RF 발생기 등의 아날로그 어셈블리를 포함한다. 모터 및 광학 센서는 진공 펌프(132)의 드로틀 밸브 및 서셉터(112) 위치결정 모터 등의 이동가능한 기계식 어셈블리의 위치를 이동시키고 측정하기 위해 이용된다.

전술한 CVD 시스템은 단지 예시적인 목적으로 개시되어져 있으며, 전극 사이클로트론 공명(ECR) 플라즈마 CVD 장치, 유도 결합된 RF 고 밀도 플라즈마 CVD 장치, 또는 그 유사 장치등의 다른 플라즈마 CVD 설비가 이용될 수 있다. 부가적으로, 서셉터 설계, 히터 설계, RF 전력 접속부의 위치 등의 전술한 시스템의 변형이 또한 가능하다. 예를 들어, 웨이퍼는 저항 가열된 서셉터에 의해 지지되고 가열될 수 있다. 본 발명에 따른 예비가열된 층을 형성하기 위한 전처리 및 방법은 임의의 특정 장치 또는 임의의 특정 플라즈마 여기 방법으로 제한되지 않는다.

처리 챔버 내에 증착된 낮은 k값의 절연체의 예칭 속도는 소정의 탄소 및 수소 함량을 갖는 절연층을 증착하기 위해 공정 가스 유량 및 반응기 전력 레벨을 조절함으로써 제어된다. 표 1에 기술된 바람직한 절연층(A-D)에 대한 Si-CH₃, Si-H, 또는 C-H 결합 대 Si-O 결합 수의 상대 비가 도 4에 도시되어 있다. 층(D)의 원자 분석에 근거하여, 층(A-D)의 추정된 수소 및 탄소 함량은 원자 중량 퍼센트로 표 1에 도시되어져 있다. 도 4에서, A-C는 34 sccm의 메틸실란 유량을 나타내며, D는 68sccm의 유량을 나타낸다. A 및 D는 80W의 전력 레벨이며, B는 300W의 전력 레벨, 그리고 C는 20W의 전력 레벨을 나타낸다. 층(A-D)을 증착시키기 위한 나머지 조건은 표 1에 나타나 있다. 표 1 및 도 4는 본 발명의 실시예인 공정 조건의 변화에 따른 수소 및 탄소 함량의 가변성을 나타낸다. 탄소 또는 수소 함량의 변화는 하기에 보다 상세히 설명되어진 바와 같이 낮은 탄소 함량 또는 낮은 수소 함량을 갖는 층의 선택적 예칭을 제공하기 위해 이용된다.

표 1. 가변 탄소 및 수소 함량에 대한 공정 조건

방법	A	B	C	D
메틸실란 (sccm)	34	34	34	68
N ₂ O(sccm)	360	360	360	360
He(sccm)	2000	2000	2000	2000
전력(W)	80	300	20	80
간극(mils)	320	320	320	320
압력(torr)	3.0	3.0	3.0	3.0
추정 탄소 함량 (원자 중량%)	8	5	9.5	10.5
추정 수소 함량 (원자 중량%)	5	0.3	2.5	3

예시적 에칭 공정 및 챔버

절연층에 대한 바람직한 에칭 공정은 1998년 12월 1일 특허 허여된 미국 특허 제 5,843,847호에 개시되어져 있으며, 본 명세서에 참고로 기술되어져 있다. 바람직한 공정에서, 수직 및 수평 상호접속물에서의 측벽 에칭은 측벽 상에서 응축되고 측벽의 에칭을 감소시키는 패시베이션 증착의 형성에 의해 제어된다. 에칭 가스는 탄소 및 산소 함유 가스의 양에 따라 좌우되는 고 선택도 또는 저 선택도를 제공하는 양으로 결합된 탄화불소 가스 및 탄소 산소 가스를 포함한다. 에칭 조성물은 또한 대형 및 소형 크기의 피처에 대한 에칭 속도의 차이를 측정하는 저 마이크로로딩을 제공한다.

수소 및 탄소를 포함하는 실리콘 산화물 층에 대한 고 선택도의 에칭 및 저감된 마이크로로딩을 제공하기 위해, 탄소 및 산소 함유 가스는 절연층으로부터 방출된 탄소 및 수소로부터 에칭된 피처의 표면 상에 조성되는 과다 패시베이션 화합물을 제거하기 위해 실질적으로 조력한다. 에칭된 피처의 표면 상의 과다 패시베이션 층은 탄소 및 산소 함유 가스가 에칭 가스에 포함되어 있을 때 측벽의 에칭을 제한하며, 패시베이션 층의 감소는 탄소 및 산소 함유 가스의 유동을 감소시키거나 중지시킴으로써 발생한다.

도 5는 미국 캘리포니아 산타 클라라 소재의 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 상업상 이용가능한 IPS ETCH 챔버 등의 단일 웨이퍼 처리 챔버(40)를 갖는 유도 결합된 RF 플라즈마 에칭 챔버를 도시하고 있다. 본 명세서에 도시된 에칭 챔버의 특정 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 목적으로만 제공되며, 본 발명의 범주를 제한하려는 것이 아니다. 절연체 에칭 MxP+ 챔버 등의 또 다른 유도 결합된 챔버가 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 이용가능한 절연층을 에칭하기 위해 이용가능하다. 절연층은 평행한 평면 플라즈마 챔버 내에서 에칭될 수 있다.

도 5에 도시된 에칭 챔버는 일반적으로 대략 150 mTorr 이하의 압력으로 진공화되며, 기관은 처리 챔버(140)로 이송된다. 처리 챔버(140)의 중심과 일치하는 대칭축(146) 둘레로 비평면 형식으로 집중되는 와인딩(144,192)을 갖는 이중 슬레노이드 코일(142,190)에 의해 처리 챔버 내에서 플라즈마가 발생된다. 선택적인 코일(194) 등의 다른 코일 구조가 당업자들에게는 명백할 것이다.

처리 챔버(140)는 원통형 측벽(150) 및 실링(152)에 의해 둘러싸여져 있다. 처리 영역(140) 바닥의 받침대(154)가 기관(156)을 지지한다. 처리 챔버(140)는 처리 챔버(140)의 하부를 둘러싼 펌프 환형 고리(160)로 환형 통로(158)를 통해 진공화된다. 환형 고리(160)의 내부는 바람직하게 교체가능한 라이너(160a)로 덮혀져 있다. 받침대(154)를 둘러싼 분리가능한 링(162) 및 측벽(150)의 바닥 엣지(150a)에 의해 환형 통로(158)가 형성된다. 공정 가스가 하나 이상의 가스 공급부(164A-C)를 통해 제공된다.

중심 슬레노이드 코일(142)은 중심 방사 히터(172)를 둘러싼 하우징(166) 둘레에 감겨져 있다. 제 1 플라즈마 공급원 RF 전력 공급원(168)은 내부 코일(142)에 연결되어 있으며, 제 2 전력 공급원(196)은 외부 코일(190)에 연결되어 있다. 또 다른 실시예에서, 단일 전력 공급원(197a)이 스플리터(196)를 이용하여 두 코일에 연결될 수 있다. 바이어스 전력 공급원(170)은 받침대(154)에 연결된다. 할로젠 램프 등의 부가의 방사 히터(172)는 실링 및 실링 위에 놓여진 냉각제 통로(174A)를 갖는 냉각판(174)의 비점유 영역에 장착된다. 원환체(175)는 챔버 실링(152) 위의 냉각판(174)을 고정시킨다. 복수의 축을 갖는 홀(175A)이 히터 또는 램프(172)를 장착시키기 위해 원환체(175)를 통해 연장된다. 실링의 온도는 열전쌍(176)에 의해 감지된다. 우수한 열 접촉을 위해, 열 전도성 재료(173)가 원환체(175)와 챔버 실링(152), 및 원환체(175)와 냉각판(174) 사이에 위치된다.

텅스텐 할로젠 램프 등의 방사 히터(177)는 윈도우(178)를 통해 링을 가열시키기 위해 분리가능한 링(162) 아래에 위치된다. 링(162)의 온도는 링(162)의 홀(162A)속으로 연장가능한 온도 센서(179)를 이용하여 제어된다.

플라즈마를 국한하는 마그넷(180,182)은 플라즈마가 펌프 환형 고리(160)로 유동하는 것을 방지하거나 감소시키기 위해 환형의 개구(158)에 인접하게 제공된다. 교체가능한 라이너(160A)는 바람직하게 환형 고리(160)에 유입되는 임의의 활성 모노머 또는 중을 수집하는 온도로 냉각된다. 펌프 환형 고리(160)의 벽 내의 웨이퍼 슬릿(184)은 웨이퍼 유입 및 유출을 도모한다.

본 발명에 따른 에칭 공정은 기판 상에서의 절연층의 매우 선택적인 에칭 및 고 에칭 속도를 제공한다. 에칭 공정에 이용되는 공정 가스는 (i) 절연층을 에칭하고 기판 상에 패시베이션 증착물을 형성하기 위한 탄화불소 가스 (ii) 패시베이션 증착물의 형성을 감소시키기 위한 탄소-산소 가스, 및 (iii) 기판 상의 패시베이션 증착물을 제거하기 위한 아르곤 또는 질소 함유 가스를 포함한다. 이하, 상기 가스의 조성 및 이에 대한 바람직한 용적 유량 비에 대해 설명한다.

탄화불소 가스는 기판 상에 절연층을 에칭하는 불소 함유 중을 형성할 수 있다. 예를 들어, 실리콘 이산화물 층은 처리 챔버(140)로부터 배기되는 휘발성 SiF_x 중을 형성하기 위해 불소 함유 이온 및 중성원자에 의해 에칭된다. 적합한 탄화불소 가스는 탄소, 불소, 및 선택적으로, 예를 들면, CF_3 , CF_4 , CH_3F , CHF_3 , CH_2F_2 , $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_6$, C_2F_6 , C_3F_6 , C_4F_8 , C_2HF_5 , 및 C_4F_{10} 등의 수소를 포함한다. 일반적으로, 공정 가스 내에 수소의 부재는 이방성 에칭 및 증가된 에칭 선택도를 초래하는 CF_2 라디칼 및 유리 탄소의 양을 증가시킨다. 바람직한 가스는 CF_4 , C_2F_6 및 C_4F_8 을 포함한다.

탄소 및 산소 함유 가스는 필요할 때 기판 상에 패시베이션 증착물을 형성하는 탄소 함유 중의 형성 및 제거를 제어함으로써 에칭 선택도를 제공하기 위해 이용된다. 또한, 탄소 및 산소 함유 가스는 패시베이션 증착물에서와 같이 에칭된 피쳐의 표면 상에 증착되는 중합체의 형성을 감소시키기 위해 다른 중과 반응하는 유리 산소 중의 형성을 강화시킨다. 예를 들어, CF_2 라디칼은 수직 이방성 에칭을 개선시키는 패시베이션 증착물로서 신규 에칭된 피쳐의 측벽 상에 증착되는 중합체를 형성하기 위해 중합된다. 이러한 이유로 인해, 탄소-산소 가스의 유량은 이방성 에칭 및 하부층 에칭 선택도에 고 절연체를 제공하는 동시에 절연층을 신속하게 에칭하기 위해 충분한 불소 함유 중을 제공하기 위해 감소되거나 제거된다. 적당한 탄소 및 산소 함유 가스는 예를 들어 CO , HCOOH , HCHO 및 CO_2 를 포함하며, 그중에서 CO 가 바람직하다. 산소는 비아 및 트렌치의 측벽상에 형성되는 과다 패시베이션 증착물의 제거를 보조하기 위해 부가된다.

산소 함유 가스는 처리 챔버(140)로부터 배기되는 휘발성 라디칼을 형성하기 위해 CF_2 라디칼의 일부와 반응하는 것으로 여겨진다. 중의 표면 또는 플라즈마 영역 내에서 산소 중의 증가는 기판 상에 형성된 패시베이션 증착물의 양을 감소시키기 위해 유리 탄소와 반응하며, 에칭 공정을 중지시킬 수 있는 과다하게 두꺼운 패시베이션 증착물의 증착을 방지한다.

선택적 에칭에 있어서, 탄화불소/탄소 및 산소 함유 가스의 용적 유량비는 신규하게 에칭된 피쳐의 표면 상에 패시베이션 증착물의 형성 속도가 낮은 k 값을 갖는 다른 절연 재료와 서로 상이하도록 선택된다. 보다 빠른 에칭 속도를 갖는 절연 재료에 있어서, 패시베이션 증착물의 형성 속도는 패시베이션 증착물의 제거 속도와 거의 동일하다. 보다 느린 에칭 속도를 갖는 낮은 k 값의 절연재료에 있어서, 패시베이션 증착물의 형성 속도는 패시베이션 증착물의 제거 속도를 초과한다. 이는 높은 에칭 선택비를 제공하며, 예를 들어, 적어도 대략 3:1의 에칭 선택도를 제공하는 동시에 적어도 대략 400 nm/min, 보다 일반적으로 600 내지 900 nm/min의 고 에칭 속도로 절연층을 에칭하며, 에칭 속도 마이크로로딩이 감소된다. 기판이 실리콘 질화물 또는 실리콘 카바이드 등의 절연층 아래에 하부층 재료를 포함할 때, 탄화불소/탄소 및 산소 함유 가스의 용적 유량비는 예를 들어 레지스트, 확산 방벽층 또는 반사 방지 층에 대한 에칭 절연체의 에칭 선택도 등의 재료의 특정 결합에 대한 에칭 선택비를 증가시키기 위해 조정될 수 있다. 탄화불소/탄소 및 산소 함유 가스의 용적 유량비는 에칭된 피쳐의 측벽이 기판 상에 절연층의 표면과 적어도 대략 87°의 각도를 형성하는 완만한 표면을 갖도록 조절될 수 있다. 용적 유량비는 본 발명의 범주로부터 벗어남없이 특정 에칭 선택도, 에칭 속도 마이크로로딩 또는 에칭 속도를 달성하기 위해, 피쳐의 종횡비 등의 피쳐의 형상 및 재료의 상이한 조합에 대해 조정될 수 있다.

바람직하게, 신규하게 에칭된 피쳐의 측벽 상에 패시베이션 증착물을 스퍼터링 오프하는 이온화된 스퍼터링 중을 형성하기 위해 공정 가스에 불활성 가스가 부가된다. 불활성 가스는 공정 가스의 분리를 강화시키는 이온화된 준안정 상태를 형성하기 위해 또한 이온화된다. 따라서, 불활성 가스가 광범위한 여기 에너지를 갖는 것이 바람직하며, 공정 가스의 분리를 촉진하는 에너지 전달 반응이 여기된 불활성 가스 및 공정 가스 사이에서 발생한다. 적당한 불활성 가스는 아르곤, 헬륨, 네온, 크세논, 및 크립톤을 포함하며, 그 중 아르곤이 바람직하다. 적당한 불활성 가스는 기판에서 패시베이션 증착물의 스

퍼터링 오프를 보조하고 공정 가스의 분리를 강화하기 위해 공정 가스에 부가된다. 그러나, 과도한 불활성 가스의 유동은 기관 상에 레지스트의 과도한 스퍼터링을 유발하여, 레지스트 페이스팅, 레지스트 하부의 절연층의 에칭, 및 높은 프로파일 마이크로도밍을 초래한다.

탄소 함유 실리콘 산화물 층을 에칭하기 위해 적합한 바람직한 공정 가스의 조성은 아르곤, CO, 및 CF₄, C₂F₆, C₄F₈로부터 선택된 하나 이상의 가스 혼합물을 포함한다. 본원에 기술된 공정 챔버의 용적에 있어서, (i) CF₄의 적당한 유량은 대략 0 내지 80 sccm, 보다 바람직하게 대략 20 내지 600 sccm의 범위를 갖는다. (ii) C₄F₈의 적당한 유량은 대략 0 내지 40 sccm, 보다 바람직하게 대략 5 내지 30 sccm의 범위를 갖는다. (iii) CO의 적당한 유량은 대략 0 내지 200 sccm, 보다 바람직하게 대략 20 내지 150 sccm의 범위를 갖는다. 그리고 (iv) 아르곤의 적당한 유량은 대략 50 내지 400 sccm, 보다 바람직하게 대략 100 내지 300 sccm의 범위를 갖는다. 실제 유량이 챔버(140)의 체적에 따라 좌우되기 때문에, 본 발명은 본원에 기술된 유량으로 제한되지 않는다.

8인치의 기관 상의 바람직한 절연층에 수직 상호접속물의 에칭을 위해, 에칭 가스는 바람직하게 대략 10 내지 80 sccm의 하나 이상의 탄화불소 가스 및 대략 100 내지 200 sccm의 탄소 및 산소 함유 가스를 포함한다. 수직 상호접속물의 에칭 중에, 탄화불소 가스의 혼합물은 특정 탄화불소 가스의 상대적인 양을 변화시킴과 아울러 탄화불소 가스 및 탄소 및 산소 함유 가스의 상대적인 양을 변화시킴으로써 패시베이션 증착이 제어될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 바람직한 캐리어 가스는 대략 100 내지 300 sccm의 아르곤으로 구성된다.

8인치의 기관 상의 바람직한 절연층에 수평 상호접속물의 에칭을 위해, 에칭 가스는 바람직하게 대략 5 내지 80 sccm의 하나 이상의 탄화불소 가스 및 대략 5 sccm 이하의 탄소 및 산소 함유 가스를 포함한다. 수평 상호접속물의 에칭 중에, 패시베이션 증착물이 탄화불소 가스의 유량을 조절함으로써 쉽게 제어된다 하더라도, 탄화불소 가스의 혼합물이 패시베이션을 제어하는데 이용될 수도 있다. 바람직한 캐리어 가스는 대략 100 내지 300 sccm의 아르곤으로 구성된다.

본 발명의 에칭 공정은 에칭 속도 마이크로도밍 및 절연체 에칭 속도를 희생시키지 않고 탄소를 함유한 절연층의 비선택적 또는 선택적 에칭을 제공한다. 에칭 선택비는, 절연층의 에칭 속도 대 인접한 다른 재료층의 에칭 속도의 비를 의미하며, 이는 하부 반사 방지층, 확산 방벽층, 실리콘 질화물층, 또는 실리콘 카바이드층 및 상부 레지스트 층을 포함한다. 고 에칭 속도, 저 마이크로도밍, 및 고 에칭 선택도의 결합은 기관으로부터 패시베이션 층의 증착 및 제거 속도의 균형을 맞추거나, 절연층을 에칭하기 위해 이용가능한 불소 함유 종의 양을 제어함으로써 얻어진다. 과다 패시베이션 증착물이 전체적인 절연 에칭 속도를 감소시키고 에칭 속도 마이크로도밍을 증대시키는 반면, 일반적으로 중합체의 증착 또는 형성 억제는 에칭 선택도를 감소시킨다.

본 발명은 하기의 실시예에 의해 보다 상세히 기술되어질 것이며, 이는 본 발명의 범주를 제한하려는 것은 아니다.

실시예 1

3.0 Torr의 챔버 압력 및 15°C의 온도에서 다음과 같은 반응성 가스로부터 반응기로 유동하는 제 1 산화 메틸실란 층이 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드로부터 이용가능한 DxZ 챔버 내에 위치한 8인치 실리콘 기관 상에 증착된다.

메틸실란, CH₃-SiH₃ 34 sccm

일산화질소, N₂O 360 sccm

헬륨, He 2000 sccm

기관은 가스 분배 샤워헤드로부터 320 mil 이격되어 위치되며, 300 W의 고 주파 RF 전력(13MHz)이 원자 중량비로 대략 5%의 탄소, 및 원자 중량비로 대략 0.3%의 수소를 함유한 제 1 산화 메틸실란 층의 플라즈마 강화 증착용 샤워헤드에 인가되며, 상기 제 1 층은 적어도 5000 Å의 두께를 갖는다. 그 다음, 메틸실란의 유량은 68 sccm으로 증가되며, 원자 중량비로 10.5%의 탄소 및 원자 중량비로 대략 3%의 수소를 함유한 제 2 산화 메틸실란 층이 80W의 전력 레벨에서 증착되며, 상기 제 2 층은 적어도 1000 Å의 두께를 갖는다. 그 다음, 메틸실란의 유량은 34 sccm으로 감소되며, 대략 5%의 탄소 및 0.3%의 수소를 함유한 제 3 산화 메틸실란 층이 300W의 전력 레벨에서 증착되며, 상기 층은 적어도 5000 Å의 두께를 갖는다. 그 다음, 증착된 절연층은 잔여 수분을 제거하기 위해 400°C에서 경화되며, 기관은 이중 다마신 구조를 에칭하기 위해 이동된다.

통상의 포토리소그래픽 공정에서, 네모아 케미컬 컴퍼니의 듀폰에 의해 제조된 "RISTON"등의 포토레지스트가 제 3 산화 메틸실란 층 상에 대략 0.4 내지 1.3 마이크론 두께로 도포되며, 절연층 내에 에칭되어질 비아는 피쳐의 소정의 형상에 대응하는 마스크를 통해 광 패턴에 레지스트를 노출시킴으로써 형성된다. 레지스트의 노출되지 않은 부분 아래의 절연층은 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 이용가능한 IPS ETCH 챔버 내에서 에칭되며, 하기의 공정 가스 량을 이용한다.

C_4F_8 20 sccm

CF_4 40 sccm

CO 150 sccm

아르곤 Ar 250 sccm

패턴화된 기판은 에칭 챔버의 음극 받침대 상에 위치되며, 챔버는 대략 30 mTorr의 압력에서 유지된다. 대략 2000 와트의 전력 레벨에서 이중 솔레노이드 코일에 RF 전압을 인가함으로써 플라즈마가 발생된다. 1000 와트의 바이어스 전력이 음극 받침대에 인가된다. 기판은 신규하게 에칭된 피쳐의 측벽 상에 얇은 층의 패시베이션 증착물층을 유지하기 위해 이면 헬륨의 유동을 이용하여 $-10^{\circ}C$ 로 냉각 또는 가열된다. 에칭 공정은 제 3 산화 메틸실란 층 내에 비아를 에칭하기 위해 충분한 시간동안 수행된다. 제 2 산화 메틸실란 층을 통한 계속된 비아의 에칭은 하기의 가스 유량으로 30 mTorr에서 수행된다.

C_4F_8 0 sccm

CF_4 60 sccm

CO 150 sccm

아르곤 Ar 250 sccm

에칭 공정은 제 2 산화 메틸실란 층을 통해 에칭하기 위해 충분한 시간동안 수행된다. 그 다음, 제 1 산화 메틸실란 층을 통한 계속된 에칭은 하기의 가스 유량으로 30 mTorr에서 수행된다.

C_4F_8 20 sccm

CF_4 40 sccm

CO 150 sccm

아르곤 Ar 250 sccm

에칭 공정은 제 1 산화 메틸실란 층을 통해 에칭하기 위해 충분한 시간동안 수행된다. 하기된 유량 변화로 과다 에칭이 수행된다.

C_4F_8 20 sccm

CF_4 40 sccm

CO 100 sccm

아르곤 Ar 250 sccm

과다 에칭 공정은 제 1 산화 메틸실란 층을 통해 모든 비아를 완성하기 위해 충분한 시간동안 1600 W의 이중 솔레노이드 전력 레벨, 및 1000W의 음극 받침대 전력 레벨에서 수행된다.

에칭된 웨이퍼의 SEM 포토는 (i) 절연체 에칭 속도, (ii) 절연체 에칭 대 포토레지스트 에칭의 에칭 선택비, (iii) 에칭 속도 균일도, 및 (iv) % 에칭 속도 마이크로로딩을 측정하기 위해 이용된다. 비아 에칭 속도에 대한 결과가 하기되어 있다. 에칭 속도는 기판에 에칭된 피처의 깊이를 측정함으로써 계산된다. 에칭 선택비는 절연층(20)의 에칭 속도 대 포토레지스트 층의 에칭 속도의 비로부터 계산된다. 에칭 속도 균일도는 적어도 15개의 상이한 측정 포인트를 이용하여 계산된다. % 에칭 속도 마이크로로딩은 기판 상에서 상이한 크기를 갖는 피처를 에칭할 때 얻어진 에칭 속도의 차이를 의미한다. 하기의 실시예에서, % 에칭 속도 마이크로로딩은 대략 0.5 마이크론의 직경을 갖는 대형 홀과 대략 0.25 마이크론의 직경을 갖는 소형 홀에 대해 측정되며, 에칭 속도는 기판의 중심 및 주변부 엣지에 대해 평균화된다.

오래된 포토레지스트는 산소 플라즈마에 의해 스트리핑되며, 포토레지스트가 트렌치 등의 수평 상호접속물을 형성하기 위해 재도포되어 패터닝된다. 노출되지 않은 레지스트 부분 아래의 절연층은 IPS ETCH 챔버 내에서 에칭 스톱 층까지 선택적으로 에칭되며, 7 mTorr의 챔버 압력에서 하기의 공정 가스 유량을 이용한다.

C₄F₈ 19 sccm

CF₄ 0 sccm

CO 0 sccm

아르곤 Ar 100 sccm

대략 1400 와트의 전력 레벨을 갖는 이중 솔레노이드 코일에 RF 전압을 인가함으로써 플라즈마가 발생된다. 음극 받침대 전력 레벨은 1500 와트로 설정된다. 기판은 신규하게 에칭된 피처의 측벽 상에 얇은 패시베이션 증착물 층을 유지하기 위해 이면 헬륨의 유동을 이용하여 +10°C로 냉각 또는 가열된다. 에칭 공정은 제 3 산화 메틸실란 층을 통해 모든 트렌치에 에칭하기 위해 충분한 시간동안 수행된다.

또 다른 실시예로서, 트렌치의 에칭은 가스 유량을 대략 50% 증가시키고, 솔레노이드 코일에 대한 전력을 대략 1000W로 증가시킴으로써 20 mTorr의 고압에서 개시되며, 에칭 조건은 제 2 산화 메틸실란 층 위에서 정지하도록 보장하기 위해 트렌치의 비 활성화적인 에칭을 위해 7mTorr와 같은 저압으로 변화될 수 있다.

에칭된 웨이퍼의 SEM 포토는 에칭 성능을 측정하기 위해 다시 이용되며, 그 결과가 에칭 단계에 대해 하기되어 있다.

표 2. 실시예 1에 대한 에칭 성능

	제 1 Via	제 2 Via	제 3 Via	OE	트렌치
에칭 속도 (Å/min)	750	1200	750	1700	2400
선택도	3:1	3.5:1	3:1	3.5:1	1.2:1
균일도	±10%	±5%	±10%	±5%	±5%
μ-로딩	-%	10%	-%	10%	15%

실시예 2

진술한 실시예는 실리콘 화합물의 유동 및 전력 레벨만을 변화시킴으로써 단일 챔버 내에서 절연층을 증착한다. 본 실시예는 하기에서와 같이 제 1 절연층에 대해 메틸실란을 TEOS로 교체함으로써 제 1 실시예를 변형한 것이다.

3.0 Torr의 챔버 압력 및 350°C의 온도에서 다음과 같은 반응성 가스로부터 반응기로 유동하는 제 1 산화 TEOS 층이 어 플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드로부터 이용가능한 DxZ 챔버 내에 위치한 8인치 실리콘 기판 상에 증착된다.

TEOS,(CH₃-CH₂-O)₄-Si 34 sccm

산소, O₂ 360 sccm

헬륨, He 2000 sccm

기판은 가스 분배 샤워헤드로부터 320 mil 이격되어 위치되며, 750 W의 고 주파 RF 전력(13MHz)이 원자 중량비로 대략 1% 이하의 탄소, 및 원자 중량비로 대략 0.1% 이하의 수소를 함유한 실리콘 산화물 층의 플라즈마 강화 증착용 샤워헤드에 인가되며, 상기 제 1 층은 적어도 5000Å의 두께를 갖는다. 그 다음, 제 2 및 제 3 절연층의 증착이 실시예 1에 기술되어진 바와 같이 메틸실란을 이용하여 계속된다.

이중 다마신 구조의 에칭은 증착된 TEOS 층 내에 수직 상호접속물을 형성하고 수직 상호접속물의 과다 에칭에 대한 에칭 조건이 다음과 같음을 제외하고 실시예 1 에서 기술되어진 바와 같이 수행된다.

C₄F₈ 15 sccm

CF₄ 20 sccm

CO 0 sccm

아르곤 Ar 350 sccm.

하부 실리콘 산화물 층의 에칭 및 수직 상호 연결물의 과다 에칭중에, 이중 솔레노이드 코일에 2200W의 RF 전력을 인가하고, 바이어스 전극에 1400 W의 RF 전력을 인가함으로써 플라즈마가 발생된다. 기판은 신규하게 에칭된 피쳐의 측벽 상에 얇은 층의 패시베이션 증착물 층을 유지하기 위해 이면 헬륨의 유동을 이용하여 -10℃로 냉각 또는 가열된다.

상기 설명에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 본 발명을 상세하게 설명하였지만, 본 기술 분야의 숙련된 당업자들은 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

발명의 효과

본 발명은 대략 4.0 또는 그 이하의 유전 상수(낮은 k 값)를 갖는 하나 이상의 절연층을 에칭하기 위한 방법으로서, 탄소 및 산소 함유 가스 대 하나 이상의 탄화불소 가스의 첨가로 낮은 에칭 선택도에서 신속한 에칭 속도를 제공할 수 있다. 또한, 탄소 및 산소 함유 가스는 수평 상호접속물을 형성할 때 등의 인접한 절연층의 선택 에칭이 요구될 때 에칭 가스로부터 감소되거나 생략될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1a 내지 도 1 h는 본 발명의 이중 다마신 증착 순서의 제 1 실시예를 도시한 횡단면도.

도 2a 내지 도 2h는 본 발명의 이중 다마신 증착 순서의 제 2 실시예를 도시한 횡단면도.

도 3은 본 발명에 따라 배열된 CVD 플라즈마 반응기의 횡단면도.

도 4는 실리콘, 산소, 탄소, 및 수소를 함유한 낮은 k값을 갖는 (k≤4.0) 조성에서 탄소 및 수소의 상대량을 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 에칭 공정을 수행하기에 적합한 에칭 공정 챔버를 개략적으로 도시한 수직 단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

40 : 제 2 절연층 42 : 제 1 절연층

44 : 제 3 절연층 46 : 방벽층

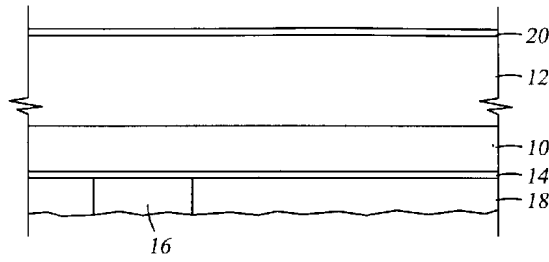
52 : 포토레지스트 층(또는 하드 마스크 층)

54 : 수직 상호접속물 56 : 수평 상호접속물

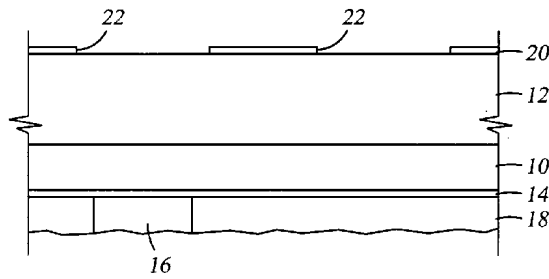
60 : 도전성 재료

도면

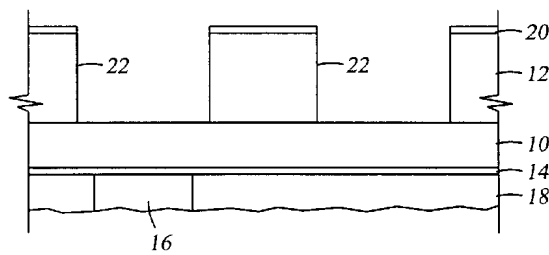
도면1a



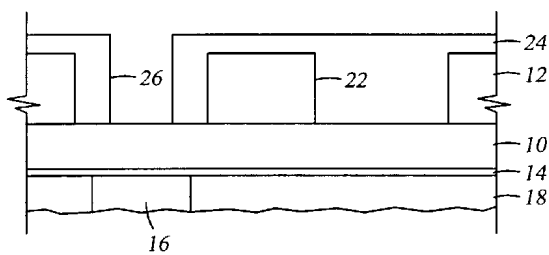
도면1b



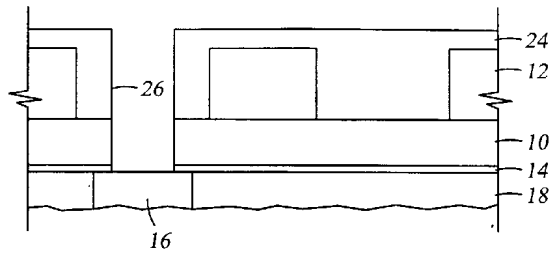
도면1c



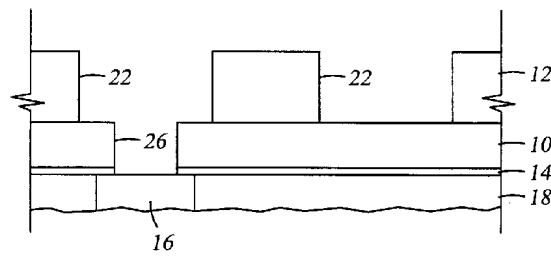
도면1d



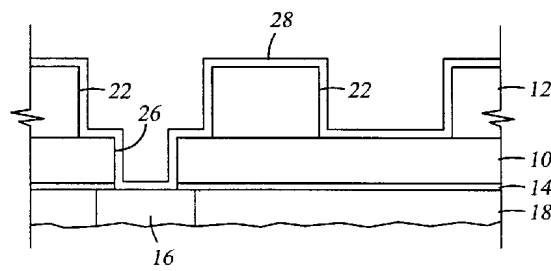
도면1e



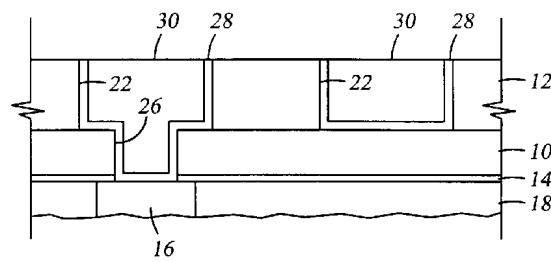
도면1f



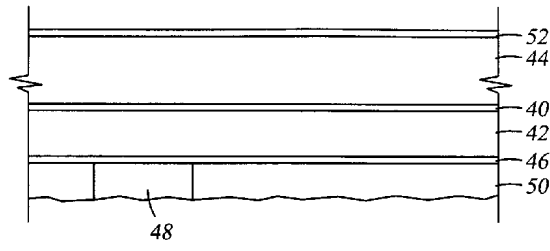
도면1g



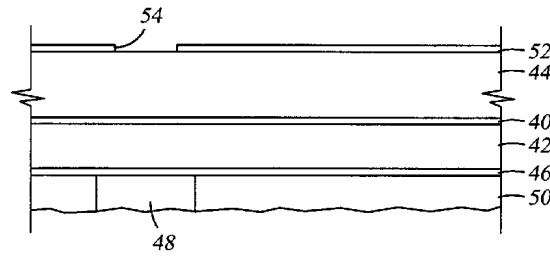
도면1h



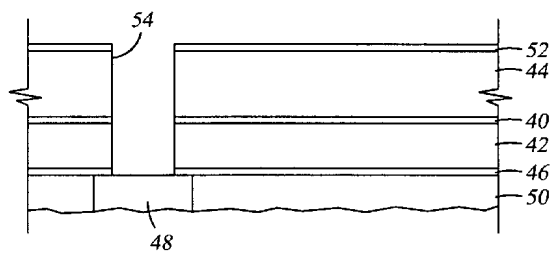
도면2a



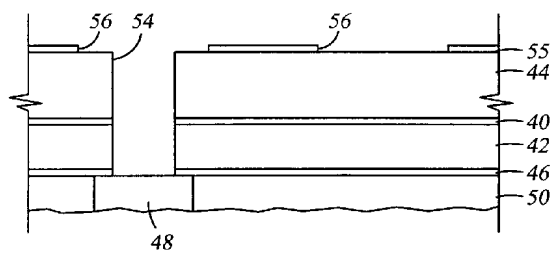
도면2b



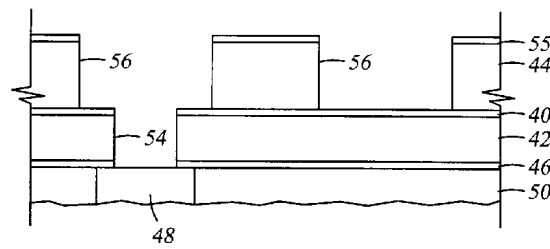
도면2c



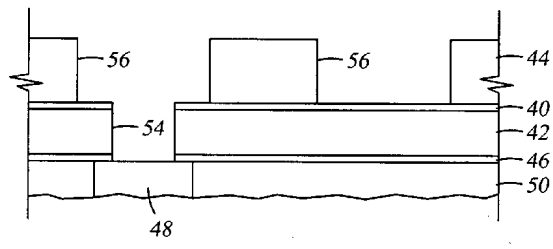
도면2d



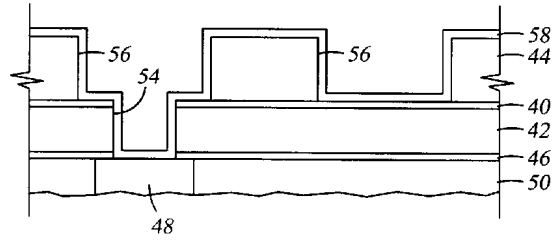
도면2e



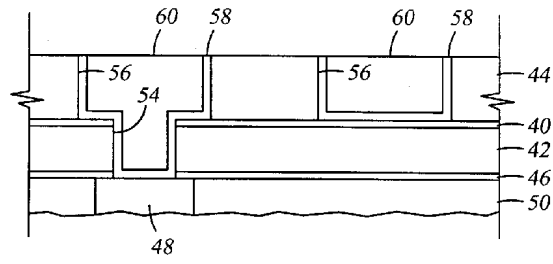
도면2f



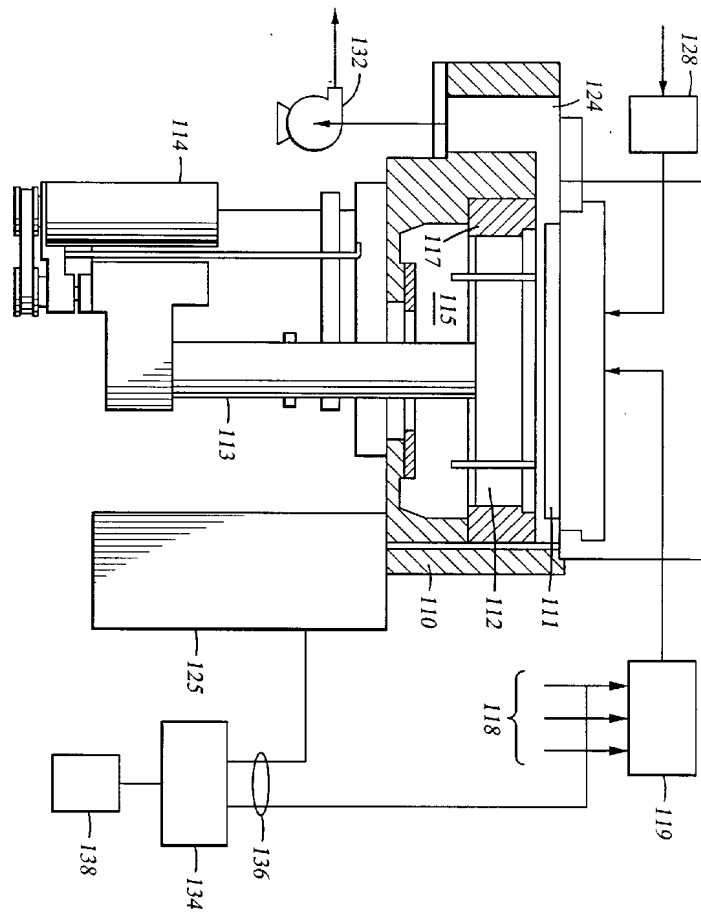
도면2g



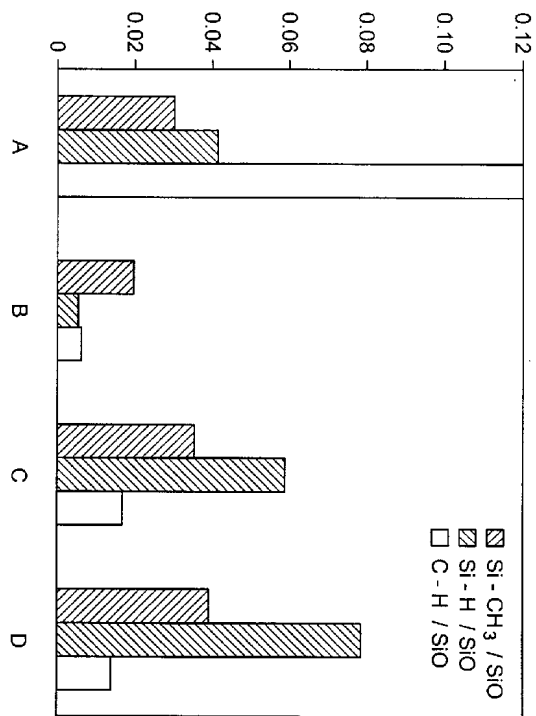
도면2h



도면3



도면4



도면5

