



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년10월18일
 (11) 등록번호 10-0988112
 (24) 등록일자 2010년10월08일

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0130986

(22) 출원일자 2007년12월14일

심사청구일자 2007년12월14일

(65) 공개번호 10-2008-0056652

(43) 공개일자 2008년06월23일

(30) 우선권주장

11/612,036 2006년12월18일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060081379 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 임코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

코치, 레니

미국 94513 캘리포니아 브렌트우드 벨리 그린 드라이브 776

앤더슨, 스코트 에이.

미국 94551 캘리포니아 리버모어 아스펜우드 웨이 6432

(74) 대리인

남상선

전체 청구항 수 : 총 15 항

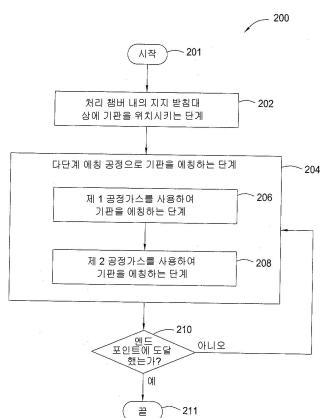
심사관 : 양희용

(54) 균일성 제어를 위해 염소로 다단계 포토마스크를 예칭하는방법

(57) 요약

석영 예칭 공정이 본 발명에서 설명된다. 일 실시예에서, 석영 예칭 방법은 패턴 층을 통해 부분 노출된 석영 층을 갖는 필름 스택(stack)을 처리 챔버 내에 배열된 기판 지지대 상에 제공하는 단계; 및 적어도 하나의 플루오로카본 공정 가스와 염소 함유 공정 가스를 포함하는 제 1 공정 가스를 사용하여 상기 석영 층을 예칭하는 제 1 단계와, 적어도 하나의 플루오로카본 공정 가스를 포함하는 제 2 공정 가스를 사용하여 상기 석영 층을 예칭하는 제 2 단계를 포함하는 다단계 공정으로 상기 필름 스택의 석영 층을 예칭하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

석영 예칭 방법으로서,

패턴 층을 통해 부분 노출된 석영 층을 갖는 필름 스택을 처리 챔버 내에 배열된 기판 지지대 상에 제공하는 단계; 및

하나 이상의 플루오로카본 공정 가스와 염소 함유 공정 가스를 포함하는 제 1 공정 가스를 사용하여 상기 패턴 층을 통해 상기 석영 층의 노출 부분을 예칭하는 제 1 단계와, 상기 제 1 공정 가스와는 상이한 하나 이상의 플루오로카본 공정 가스를 포함하는 제 2 공정 가스를 사용하여 상기 패턴 층을 통해 상기 석영 층의 노출 부분을 예칭하는 제 2 단계를 포함하는 다단계 공정으로 상기 필름 스택의 석영 층을 예칭하는 단계를 포함하는, 석영 예칭 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 필름 스택은 포토마스크 스택이며, 상기 패턴화된 층은 마스크 층이며,

예정된 예칭 깊이에서 각각의 석영 층 예칭 단계를 종료시키는 단계, 및

상기 마스크 층을 제거하는 단계를 포함하는,

석영 예칭 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 플루오로카본 공정 가스는 CF_4 , CHF_3 , C_2F , C_4F_6 , 또는 C_4F_8 중의 하나 이상을 포함하며, 상기 염소 함유 공정 가스는 Cl_2 또는 HCl 중의 하나 이상을 포함하는,

석영 예칭 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 예칭 단계는,

상기 처리 챔버의 내측으로 CF_4 와 CHF_3 를 유동시키는 단계를 포함하는,

석영 예칭 방법.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 패턴화된 마스크 층은

크롬을 포함하는 상기 마스크 층 상에 레지스트 층을 패턴화하는 단계와,

관통하는 개구를 형성하도록 상기 크롬 마스크 층을 예칭하는 단계, 및

상기 크롬 마스크 층으로부터 상기 레지스트 층을 제거하는 단계를 포함하는 공정에 의해 형성되는,

석영 예칭 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 패턴화된 마스크 층은,

불투명한 광 차폐 금속 층 상에 제 1 레지스트 층을 패턴화하는 단계와,

적어도, 관통하는 제 1 개구 및 제 2 개구를 형성하도록 상기 광 차폐 금속 층을 예칭하는 단계, 및

상기 마스크 층을 형성하도록 불투명한 광 차폐 금속 층 상에 제 2 레지스트 층을 패턴화하는 단계를 포함하는 공정에 의해 형성되며,

상기 광 차폐 금속 층 내의 제 1 개구는 패턴화 이후에 상기 제 2 레지스트 층으로 충진되는,

석영 예칭 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 필름 스택은 상기 석영 층 위에 배열되는 크롬 층을 포함하며,

상기 크롬 층 상의 제 1 레지스트 층을 패턴화하는 단계와,

적어도, 관통하는 제 1 개구 및 제 2 개구를 형성하도록 상기 크롬 층을 예칭하는 단계와,

상기 제 1 레지스트 층을 제거하는 단계와,

상기 크롬 층 상의 제 2 레지스트 층을 패턴화하는 단계, 및

상기 다단계 예칭 공정을 사용하여 193 nm 범위의 포토리소그래피 광 파장의 1/2 깊이로 상기 크롬 층을 통해 노출되는 상기 석영 층의 부분들을 예칭하는 단계를 더 포함하며,

상기 광 차폐 금속 층 내의 제 1 개구는 패턴화 이후에 상기 제 2 레지스트 층으로 충진되는,

석영 예칭 방법.

청구항 8

제 1 항, 제 2 항, 또는 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 예칭 단계는,

상기 처리 챔버의 내측으로 Cl₂를 유동시키는 단계를 더 포함하는,

석영 예칭 방법.

청구항 9

제 1 항, 제 2 항, 또는 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 다단계 공정 중의 적어도 하나의 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는,

석영 예칭 방법.

청구항 10

제 1 항, 제 2 항, 또는 제 7 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 다단계 공정 중의 하나 이상의 단계에서 150 와트 미만의 복수의 동력 펄스에 의해 상기 석영 층을 바이어스시키는 단계를 더 포함하는,

석영 에칭 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 패턴화된 층은 포토레지스트가 아니며, 상기 바이어스 단계는,

10 내지 50 %의 드uty 사이클로 1 내지 10 kHz 범위의 펄스 주파수에서 동력을 펄스화시키는 단계를 포함하는,

석영 에칭 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 패턴화된 층은 포토레지스트를 포함하며, 상기 바이어스 단계는,

10 내지 90 %의 드uty 사이클로 1 내지 10 kHz 범위의 펄스 주파수에서 동력을 펄스화시키는 단계를 포함하는,

석영 에칭 방법.

청구항 13

제 1 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 제 1 에칭 단계 또는 제 2 에칭 단계 중의 하나 이상의 단계는,

상기 처리 챔버의 내측으로 CF₄ 와 CHF₃를 유동시키는 단계를 포함하는,

석영 에칭 방법.

청구항 14

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 에칭 단계 또는 제 2 에칭 단계 중의 하나 이상의 단계는,

10 내지 90 %의 드uty 사이클에서 150 와트 미만의 바이어스 동력을 인가하는 단계와,

600 와트 미만의 RF 동력을 상기 처리 챔버 근처에 배열되는 안테나에 유도 결합시키는 단계와,

15 sccm 미만의 CF₄를 상기 처리 챔버의 내측으로 유동시키는 단계, 및

30 sccm 미만의 CHF₃를 상기 처리 챔버의 내측으로 유동시키는 단계를 더 포함하는,

석영 에칭 방법.

청구항 15

제 7 항에 있어서,

상기 석영 층의 제 1 에칭 단계는,

10 내지 90 %의 드uty 사이클에서 150 와트 미만의 바이어스 동력을 인가하는 단계와,

600 와트 미만의 RF 동력을 상기 처리 챔버 근처에 배열되는 안테나에 유도 결합시키는 단계, 및

10 sccm 미만의 Cl₂를 상기 처리 챔버의 내측으로 유동시키는 단계를 더 포함하는,
석영 에칭 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 석영을 플라즈마 에칭하는 방법에 관한 것이며, 특히 다단계 에칭 공정을 사용하여 석영 포토마스크를 에칭하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 집적 회로(IC), 또는 칩의 제조에 있어서, 칩의 상이한 층들을 나타내는 패턴들은 칩 디자이너에 의해 형성된다. 일련의 재사용 가능한 마스크나 포토마스크들은 제조 공정 중에 각각의 칩 층의 디자인을 반도체 기판 상에 전사하기 위해 이들 패턴으로부터 형성된다. 마스크 패턴 생성 시스템은 정밀 레이저 또는 전자 비임을 사용하여 칩의 각각의 층에 대한 디자인이 각각의 마스크 상에 이미지화되게 한다. 마스크는 각각의 층에 대한 회로 패턴을 반도체 기판 상으로 전사하기 위한 포토그래픽 네거티브(photographic negative)처럼 많이 사용된다. 이들 층들은 일련의 공정들을 사용하여 적층되며 소형 트랜지스터로 변형된다. 따라서, 마스크 내의 어떠한 결함도 칩으로 전사되어 성능에 잠재적으로 악영향을 끼친다. 충분한 역할을 하는 결함은 마스크를 완전히 무용지물화 한다. 통상적으로, 15 내지 30 세트의 마스크가 칩을 제조하는데 사용되며 반복적으로 사용될 수 있다.

[0003] 마스크는 통상적으로, 한쪽 면에 크롬 층을 갖는 유리 또는 석영 기판이다. 마스크는 또한, 폴리브텐(Mb)으로 도프된 실리콘 질화물(SiN) 층을 포함할 수 있다. 크롬 층은 반사 방지 코팅 및 감광성 레지스트(photosensitive resist)로 도포된다. 패턴화 공정 중에, 회로 디자인은 자외선에 저항하는 부분들을 노출시켜 노출된 부분을 현상 용액에 용해될 수 있게 함으로써 마스크 상에 기록되게 한다. 레지스트의 용해 가능한 부분은 그후에 제거되어 노출된 하부 크롬이 에칭될 수 있게 한다. 에칭 공정은 레지스트가 제거된, 즉 노출된 크롬이 제거된 위치에 있는 마스크로부터 반사 방지 층과 크롬을 제거한다.

[0004] 패턴화를 위해 사용되는 다른 마스크는 석영 상 변위 마스크(Phase Shift Mask)로서 공지되어 있다. 석영 상 변위 마스크는 패턴화된 크롬 층을 통해 노출된 석영 영역의 교대하는 인접 영역이 제조 중에 회로 패턴을 기판으로 전사시키는데 사용될 광 파장의 대략 반인 깊이로 에칭시키는 것을 제외하면, 전술한 마스크와 유사하다. 따라서, 광이 석영 상 변위 마스크를 통해 투사되어 웨이퍼 기판 상에 배열된 레지스트를 노출시킬 때, 마스크 내의 하나의 개구를 통해 레지스트 내에서 충돌하는 광은 바로 인접한 개구를 통과하는 광에 대해 180도 위상 반전위상반전(Out Of Phase)이 된다. 그러므로, 마스크 개구의 에지에서 산란될 광은 인접 개구의 에지에서 산란될 광을 180도로 상쇄시켜 레지스트의 예정 영역 내에 보다 조밀한 광을 분포시키게 된다. 보다 조밀한 광의 분포는 보다 작은 임계 치수를 갖는 피쳐들의 기록을 용이하게 한다. 유사하게, 무 크롬 에칭 리소그래피에 사용되는 마스크도 순차적으로 레지스트를 이미지화하기 위해 두 개의 마스크의 석영 부분을 통과하는 광을 위상 변위시키는데 사용됨으로써, 레지스트 패턴을 현상하는데 사용되는 광 분포를 개선한다.

[0005] 건식 에칭, 반응성 이온 에칭(RIE), 또는 플라즈마 에칭으로서 하나의 에칭 공정에서, 플라즈마는 화학 반응을 개선하고 마스크의 노출된 석영 영역을 에칭하는데 사용된다. 바람직하지 않게, 종래의 석영 에칭 공정은 종종, 상이한 임계 치수를 갖는 피쳐들 사이에 RIE 래그(lag)를 나타낸다. 예를 들어, 커다란 폭을 갖는 피쳐의 수직 에칭률은 보다 작은 폭의 수직 에칭률과 상이하다. 석영 층 내의 에칭된 트렌치 및 마이크로트렌치의 측면 각도와 같은 종래의 석영 에칭 공정의 다른 특성들은 약 5 μm 미만의 임계 치수를 갖는 마스크에 대한 허용 할만한 결과를 입증하지 못하고 있다. 따라서, 마스크의 에칭된 피쳐들의 불균일성에 대한 이러한 결과들은 작은 임계 치수를 갖는 피쳐들을 마스크를 사용하여 생성할 능력을 감소시킨다.

[0006] 마스크의 임계 치수가 계속해서 작아지므로, 에칭 균일성에 대한 중요성이 증대되고 있다. 따라서, 고 에칭 균일성과 낮은 RIE 래그를 갖는 석영 에칭 공정이 매우 바람직하다.

[0007] 따라서, 개선된 석영 에칭 공정이 필요하다.

발명의 내용

[0008] 석영 에칭 공정이 본 발명에서 설명된다. 일 실시예에서, 석영 에칭 방법은 패턴 층을 통해 부분 노출된 석영 층을 갖는 필름 스택(stack)을 처리 챔버 내에 배열된 기판 지지대 상에 제공하는 단계; 및 하나 이상의 플루오로카본 공정 가스와 염소 함유 공정 가스를 포함하는 제 1 공정 가스를 사용하여 상기 석영 층을 에칭하는 제 1 단계와, 적어도 하나의 플루오로카본 공정 가스를 포함하는 제 2 공정 가스를 사용하여 상기 석영 층을 에칭하는 제 2 단계를 포함하는 다단계 공정으로 상기 필름 스택의 석영 층을 에칭하는 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 전술한 특징들이 더욱 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 간단히 요약한 본 발명에 대해 첨부 도면에 일부 도시된 몇몇 실시예들을 참고로 더욱 상세히 설명될 것이다. 그러나, 첨부 도면들은 본 발명의 단지 통상적인 실시예들만을 도시하는 것이므로, 본 발명의 범주를 한정하는 것이라고 판단해서는 않되며 다른 유효한 실시예들이 허용될 수 있음을 인정해야 한다.

[0010] 이해를 촉진시키기 위해, 도면에 있어서 공통인 동일한 소자들을 나타내기 위해서 가능하다면, 동일한 도면 부호가 사용되었다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 도 1은 본 발명의 석영 에칭 방법이 실시될 수 있는 에칭 반응로(100)의 일 실시예를 도시하는 개략적인 도면이다. 본 발명에 설명된 기술들에 사용될 수 있는 적합한 반응로는 예를 들어, 미국 캘리포니아 산타 클라라 소재의 어플라이드 머티리얼즈 인코포레이티드로부터 이용가능한, 분리형 플라즈마 소오스(DPS(등록 상표)) II 반응로, 또는 TEERA(등록 상표) I 및 TETRA(등록 상표) II 포토마스트 에칭 시스템이 포함된다. DPS(등록 상표) II 반응로는 또한, 어플라이드 머티리얼즈 인코포레이티드로부터 이용가능한 센츄라(등록 상표) 통합형 반도체 웨이퍼 처리 시스템의 처리 모듈로서도 사용될 수 있다. 본 발명에 도시된 반응로(100)의 특정 실시예는 설명의 목적으로 제공된 것이며 본 발명의 범주를 한정하고자 하는 것이라고 이해해서는 않 된다.

[0012] 반응로(100)는 일반적으로, 전도성 봄체(벽)(104) 내에 기판 받침대(124)를 갖는 처리 챔버(102), 및 제어기(146)를 포함한다. 챔버(102)는 실질적으로 평탄한 유전체 천정(108)을 가진다. 챔버(102)의 다른 변형 형태로는 다른 형태, 예를 들어 돔형 천정을 가질 수 있다. 안테나(110)는 천정(108) 위에 배열된다. 안테나(110)는 선택적으로 제어될 수 있는(도 1에 도시된 동축 소자(110a, 110b)) 하나 이상의 유동 코일 소자를 포함한다. 안테나(112)는 제 1 정합 네트워크(114)를 통해서 플라즈마 동력원(112)에 연결된다. 플라즈마 동력원(112)은 통상적으로, 약 2 MHz 내지 약 200 MHz 범위, 예를 들어 13.56 MHz의 가변 주파수에서 약 3000 와트까지의 RF 신호를 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 플라즈마 동력원(112)은 약 300 내지 약 600 와트의 유도 결합된 RF 동력을 제공한다.

[0013] 기판 받침대(캐소드)(124)는 제 2 정합 네트워크(142)를 통해서 바이어스 동력원(140)에 연결된다. 바이어스 동력원(140)은 약 2 MHz 내지 약 200 MHz 범위의 가변 주파수에서 약 0에서 600 와트 범위의 RF 신호를 생성한다. 바이어스 동력원(140)은 약 1 내지 약 10 kHz 범위의 가변 펄스 주파수를 갖는 연속적인 웨이브 출력 또는 펄스 출력을 제공하도록 구성될 수 있다. 이와는 달리, 바이어스 동력원(140)은 펄스형 DC 동력 출력을 생성할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 바이어스 동력원(140)은 약 10 내지 약 95%의 듀티 사이클을 갖는, 약 1 내지 약 10 kHz 범위의 주파수에서 약 600 와트 미만의 RF 동력을 생성하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 바이어스 동력원(140)은 약 80 내지 약 95%의 듀티 사이클을 갖는, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 생성하도록 구성된다.

[0015] DPS(등록 상표) II 반응로에서와 같은 일 실시예에서, 기판 지지 받침대(124)는 정전기 척(160)을 포함할 수 있다. 정전기 척(160)은 적어도 하나의 클램핑 전극(132)을 포함하며 척 동력 공급원(166)에 의해 제어된다. 다른 실시예에서, 기판 받침대(124)는 서셉터 클램핑 링, 기계식 척 등과 같은 기판 유지 기구를 포함할 수 있다.

[0016] 가스 패널(120)은 공정 가스 및/또는 다른 가스를 처리 챔버(102)의 내측으로 제공하도록 처리 챔버(102)에 연결된다. 도 1에 도시된 실시예에서, 가스 패널(120)은 처리 챔버(102)의 측벽(104) 내에 있는 채널(118)에 형성되는 하나 이상의 입구(116)에 연결된다. 하나 이상의 입구(116)가 다른 위치, 예를 들어 처리 챔버(102)의

천정(108) 내측에 제공될 수 있다고 이해해야 한다.

[0017] 일 실시예에서, 가스 패널(120)은 입구(116)를 통한 하나 이상의 공정 가스를 처리 공정 중인 처리 챔버(102)의 내측으로 선택적으로 제공할 수 있도록 채택된다. 예를 들어, 일 실시예에서 가스 패널(120)은 불소 함유 및/또는 염소 함유 공정 가스(또는 가스들)을 포토마스크를 에칭하는 방법과 관련하여 후술되는 바와 같이, 처리 챔버(102)의 내측으로 선택적으로 제공하도록 채택될 수 있다. 처리 공정 중에, 플라즈마는 공정 가스로부터 형성되어 플라즈마 동력원(112)으로부터의 동력을 유도 결합함으로써 유지된다. 플라즈마는 이와는 달리, 다른 방법에 의해 점화되거나 원격적으로 형성될 수 있다.

[0018] 챔버(102) 내의 압력은 드로틀 밸브(162)와 진공 펌프(164)를 사용하여 제어된다. 진공 펌프(164)와 드로틀 밸브(162)는 약 1 내지 약 20 mTorr 범위로 챔버 압력을 유지할 수 있다.

[0019] 상기 벽(104)의 온도는 벽(104)을 통해 연장하는 액체 함유 도관(도시 않음)을 사용하여 제어될 수 있다. 벽 온도는 일반적으로 약 65 °C에서 유지된다. 통상적으로, 챔버 벽(104)은 금속(예를 들어, 알루미늄, 스테인레스 스틸 등)으로 제조되며 전기 접지(106)에 연결된다. 처리 챔버(102)도 공정 제어, 내부 진단, 엔드 포인트 점출 등을 위한 종래의 시스템을 포함한다. 그와 같은 시스템은 지지 시스템(154)으로서 총괄적으로 도시되어 있다.

[0020] 레티클 어댑터(182)는 (레티클 또는 다른 피가공물과 같은)기판(122)을 기판 지지 받침대(124)에 고정하는데 사용된다. 레티클 어댑터(182)는 일반적으로 받침대(124)의 상부면(예를 들어, 정전기 척(160))을 덮도록 압연 가공된 하부(184) 및 기판(122)을 유지할 수 있는 크기와 형상을 갖는 개구(188)를 구비한 상부(186)를 포함한다. 개구(182)는 일반적으로, 받침대(124)에 대해 실질적으로 중심에 위치된다. 어댑터(182)는 일반적으로, 폴리아미드 세라믹 또는 석영과 같이 에칭에 저항하고, 고온 저항성을 갖는 단일 조각의 재료로 제조된다. 적합한 레티클 어댑터는 본 발명에 참조되고 2001년 6월 26일자로 허여된 미국 특허 제 6,251,217호에 설명되어 있다. 단부 링(126)은 어댑터(182)를 받침대(124)에 고정 및/또는 커버할 수 있다.

[0021] 리프트 기구(138)는 어댑터(182) 및 그에 따른 기판(122)을 기판 지지 받침대(124)에 상승 또는 하강시키는데 사용된다. 일반적으로, 리프트 기구(138)는 각각의 가이드 구멍(136)을 통해 이동하는 복수의 리프트 핀(하나의 리프트 핀(130)이 도시됨)을 포함한다.

[0022] 작동시, 기판(122)의 온도는 기판 받침대(124)의 온도를 안정화함으로써 제어된다. 일 실시예에서, 기판 지지 받침대(124)는 히터(144)와 선택적인 히트 싱크(128)를 포함한다. 히터(144)는 하나 이상의 유체 도관을 포함하며 이들 통해 열 전달 유체를 흐르게 하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 히터(144)는 히터 동력 공급원(168)에 의해 조정되는 적어도 하나의 가열 소자(134)를 포함할 수 있다. 선택적으로, 가스 공급원(156)으로부터의 후면 가스(예를 들어, 헬륨(He))는 가스 도관(158)을 거쳐서 기판(122) 하부의 받침대 표면 내에 형성되는 채널로 공급된다. 배면 가스는 받침대(124)와 기판(122) 사이의 열 전달을 촉진시키는데 사용된다. 처리 공정 중에, 받침대(124)는 헬륨 후면 가스와 조합하여 기판(122)의 균일한 가열을 촉진시키는 매설된 히터(144)에 의해 일정한 상태의 온도로 가열될 수 있다.

[0023] 제어기(146)는 중앙 처리 유닛(CPU), 메모리(148), 및 CPU(150)용 지원 회로를 포함하며, 이후에 더 상세히 설명하는 바와 같이 에칭 공정의 처리 챔버(102)의 성분들에 대한 제어를 용이하게 한다. 제어기(146)는 다수의 챔버와 보조 컴퓨터를 제어하기 위한 산업용 세팅에 사용될 수 있는 일반적인 형태의 범용 컴퓨터 프로세서 중의 하나일 수 있다. CPU(150)의 메모리(148)는 램덤 어세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 플로피 디스크, 하드 디스크와 같은 용이하게 이용 가능한 메모리, 또는 다른 형태의 디지털 저장기, 로컬 또는 리모트 저장기 중의 하나 이상일 수 있다. 지원 회로(152)는 종래의 방법으로 프로세서를 지원하기 위해 CPU(150)에 연결된다. 이들 회로는 캐쉬, 동력 공급원, 클록 회로, 인풋/아웃풋 회로 및 보조 시스템 등을 포함한다. 본 발명의 방법은 일반적으로, 소프트웨어 루틴으로서 CPU(150)에 어세스 가능한 메모리(148) 또는 다른 형태의 컴퓨터 판독 가능한 매체에 저장된다. 이와는 달리, 그와 같은 소프트웨어 루틴은 CPU(150)에 의해 제어될 하드웨어로부터 이격 위치되는 제 2 CPU(도시 않음)에 의해 저장 및/또는 실행될 수 있다.

[0024] 도 2는 석영을 에칭하기 위한 방법(200)의 일 실시예를 설명하는 흐름도이다. 방법(200)이 (도 1에서 설명한 바와 같이)포토마스크를 제작하는데 사용되는 기판을 참조하여 이후에 설명되지만, 상기 방법(200)은 다른 석영 에칭 분야에 사용될 수 있다.

[0025] 제어기(146) 또는 다른 저장 매체의 메모리(148)에 컴퓨터 판독 가능한 형태로 저장될 수 있는 방법(200)은 단계(201)에서 시작되어 단계(202)로 진행한다. 단계(202)에서, 기판(122)은 처리 챔버 내의 기판 받침대(124)

상에 놓인다. 처리 챔버는 전술한 바와 같이, DPS II, 또는 TEERA I, TETRA II, 또는 다른 적합한 챔버일 수 있다. 일 실시예에서, 기판(122)은 어댑터(182)의 개구(188) 내에 놓인다. 도 1에 도시된 기판(122)은 석영 층(192)의 표면 상에 패턴화된 마스크를 형성하는, 포토마스크 재료(190)로서 공지된 불투명한 차광 금속 층을 갖는 석영과 같은 투광성 실리콘 계열의 재료(예를 들어, 실리콘 산화물, SiO₂ 층(192)을 포함한다. 분리형 마스크도 사용될 수 있으며, 또는 다른 분야에서 석영 층(192) 상에 배열된 마스크가 다른 재료로 구성될 수 있으며 하나 이상의 개재 층에 의해 기판과 분리되거나 포함될 수 있다. 포토마스크 층(190)으로 사용하기 적합한 통상적인 금속은 크롬 및/또는 크롬 산질화물이 포함된다. 기판(122)은 또한 석영 층(192)과 포토마스크 층(190) 사이에 개재되는 몰리브덴으로 도프되는 실리콘 질화물(SiN) 층(도시 않음)을 포함할 수 있다.

[0026] 이후에, 단계(204)에서 기판(122)의 석영 층(192)은 다단계 예칭 공정을 사용하여 예칭된다. 다단계 예칭 공정은 하나 이상의 플루오로카본 가스 및 염소 함유 가스를 포함하는 제 1 공정 가스를 사용하여 기판을 예칭하는 제 1 예칭 단계(206), 및 하나 이상의 불소 함유 가스를 포함하는 공정 가스를 사용하여 기판을 예칭하는 제 2 예칭 단계(208)를 포함한다. 단계(206, 208)는 어떤 순서로도 수행될 수 있다. 게다가, 하나 이상의 단계(206, 208)는 소정의 엔드 포인트에 도달할 때까지 다단계 예칭 공정을 계속하는 것이 바람직하다면 반복될 수도 있다.

[0027] 단계(206)에서, 하나 이상의 플루오로카본 가스 및 염소 함유 가스를 포함하는 제 1 공정 가스는 가스 입구(116)를 통해 처리 챔버(102)의 내측으로 유입된다. 제 1 공정 가스는 헬륨(He), 아르곤(Ar), 제논(Xe), 네온(Ne), 크립톤(Kr) 등과 같은 불활성 가스를 더 포함할 수 있다.

[0028] 예시적인 염소 함유 가스는 염소(Cl₂), 염화 수소(HCl), 등일 수 있다. 일 실시예에서, 염소 함유 가스는 염소(Cl₂)를 포함한다. 일 실시예에서, Cl₂는 약 1 내지 10 sccm의 비율로 제공된다. 일 실시예에서, 약 5 sccm의 비율을 갖는 Cl₂가 사용되었다. 처리 챔버 내의 압력은 약 40 mTorr 미만으로 제어되며, 일 실시예에서 약 1 내지 약 10 mTorr 범위, 약 2 mTorr 이다.

[0029] 예시적인 플루오로카본 가스는 CF₄, CHF₃, C₂F, C₄F₆, C₄F₈ 등이 포함된다. 일 실시예에서, CF₄는 약 2 내지 50 sccm 범위의 비율로 제공되며, CHF₃는 약 2 내지 약 50 sccm의 비율로 제공된다. 일 실시예에서, CF₄는 약 9 sccm이고 CHF₃는 약 26 sccm이 사용되었다. 처리 챔버 내의 압력은 약 40 mTorr 미만으로 제어되며, 일 실시예에서, 약 1 내지 약 10 mTorr 범위, 예를 들어 2 mTorr 미만으로 제어되었다.

[0030] 선택적으로, 스텝(206)에서 기판 바어스 동력은 기판(122)을 바이어스시키기 위해 기판 받침대(124)에 인가된다. 바이어스 동력은 약 150 와트 미만이거나, 일 실시예에서 약 100 와트 미만이며, 제 2 실시예에서 약 20 내지 약 150 와트 범위일 수 있다. 일 실시예에서, 약 65 와트의 바이어스 동력이 그러한 공정을 위해 사용된다. 바이어스 동력은 약 1 내지 10 kHz 범위, 일 실시예에서 약 2 내지 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 펄스되거나 연속적인 웨이브 출력에서 제공되는 13.56 MHz RF 신호일 수 있다.

[0031] 바이어스 동력은 약 10 내지 95% 범위, 또는 일 실시예에서 약 20 내지 95% 범위의 듀티 사이클로 펄스될 수 있다. 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 95%의 듀티 사이클로, 약 1 내지 약 10 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 150 와트 미만의 RF 동력을 제공하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 95%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다.

[0032] 석영 층이 그 위에 패턴화된 포토레지스트 층을 포함하는 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 90%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다. 석영 층이 그 위에 패턴화된 포토레지스트 층을 포함하지 않는 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 50%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다.

[0033] 플라즈마는 플라즈마 동력 공급원(112)으로부터 안테나(110)로의 약 300 내지 약 600 와트 범위의 RF 동력을 인가함으로써 제 1 공정 가스로부터 형성된다. 상기 플라즈마는 다른 방법에 의해 점화될 수도 있다고 이해해야 한다. 일 실시예에서, 약 420 와트의 RF 동력이 약 13.56 MHz의 주파수로 안테나(110)에 인가된다. 단계(206) 중에, 기판(122) 상의 노출된 석영 층(192)은 단계(206)를 위한 소정의 엔드 포인트에 도달할 때까지 제 1 시간 주기 동안에 예칭된다. 상기 엔드 포인트는 시간, 광 간섭계 또는 다른 적합한 방법에 의해 결

정될 수 있다.

[0034] 이후에, 단계(208)에서 하나 이상의 플루오로카본 가스를 함유하는 제 2 공정 가스가 가스 입구(116)를 통해 처리 챔버(102)의 내측으로 유입된다. 제 2 공정 가스는 헬륨(He), 아르곤(Ar), 제논(Xe), 네온(Ne), 크립톤(Kr) 등과 같은 불활성 가스를 더 포함할 수 있다.

[0035] 예시적인 플루오로카본 가스는 CF_4 , CHF_3 , C_2F , C_4F_6 , C_4F_8 등이 포함된다. 일 실시예에서, CF_4 는 약 2 내지 50 sccm 범위의 비율로 제공되며, CHF_3 는 약 2 내지 약 50 sccm의 비율로 제공된다. 일 실시예에서, CF_4 는 약 9 sccm이고 CHF_3 는 약 26 sccm이 사용되었다. 처리 챔버 내의 압력은 약 40 mTorr 미만으로 제어되며, 일 실시예에서, 약 1 내지 약 10 mTorr 범위, 예를 들어 2 mTorr 미만으로 제어되었다.

[0036] 선택적으로, 스텝(208)에서 기판 바어스 동력을 기판(122)을 바이어스시키기 위해 기판 반침대(124)에 인가된다. 바이어스 동력은 약 150 와트 미만이거나, 일 실시예에서 약 100 와트 미만이며, 제 2 실시예에서 약 20 내지 약 150 와트 범위일 수 있다. 일 실시예에서, 약 65 와트의 바이어스 동력이 그러한 공정을 위해 사용된다. 바이어스 동력은 약 1 내지 10 kHz 범위, 일 실시예에서 약 2 내지 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 펄스되거나 연속적인 웨이브 출력에서 제공되는 RF 신호일 수 있다.

[0037] 바이어스 동력은 약 10 내지 95% 범위, 또는 일 실시예에서 약 20 내지 95% 범위의 듀티 사이클로 펄스될 수 있다. 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 95%의 듀티 사이클로, 약 1 내지 약 10 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 150 와트 미만의 RF 동력을 제공하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 95%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다.

[0038] 석영 층이 그 위에 패턴화된 포토레지스트 층을 포함하는 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 90%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다. 석영 층이 그 위에 패턴화된 포토레지스트 층을 포함하지 않는 일 실시예에서, 바이어스 공급원(140)은 약 10 내지 약 50%의 듀티 사이클로, 약 2 내지 약 5 kHz 범위의 펄스 주파수에서 약 20 내지 약 150 와트 범위의 RF 동력을 제공하도록 구성된다.

[0039] 플라즈마는 플라즈마 동력 공급원(112)으로부터 안테나(110)로의 약 300 내지 약 600 와트 범위의 RF 동력을 인가함으로써 제 2 공정 가스로부터 형성된다. 단계(206)에서 설명한 바와 같이, 상기 플라즈마는 다른 방법에 의해 점화될 수도 있다고 이해해야한다. 일 실시예에서, 약 420 와트의 RF 동력이 약 13.56 MHz의 주파수로 안테나(110)에 인가된다. 단계(208) 중에, 기판(122) 상의 노출된 석영 층(192)은 단계(206)를 위한 소정의 엔드 포인트에 도달할 때까지 제 2 시간 주기 동안에 에칭된다.

[0040] 단계(210)에서, 다단계 에칭 공정을 위한 소정의 엔드 포인트에 도달하였는지의 여부에 대해 질문된다. 전술한 바와 같이, 상기 엔드 포인트는 시간, 광 간섭계 또는 다른 적합한 방법에 의해 결정될 수 있다. 선택적으로, 기판은 익스 시츄(ex-situ) 에칭 깊이 측정을 용이하게 하도록 챔버로부터 제거되고 필요하다면, 추가의 처리를 위해 챔버로 복귀될 수 있다. 단계(210)에서의 상기 질문에 대한 답이 "예"이면, 상기 공정은 단계(211)에서 정지하며 기판은 필요에 따라 어떤 추가의 처리가 계속될 수 있다. 단계(204)의 추가의 반복을 위해서, 다단계 공정은 소정의 다단계 에칭 엔드 포인트에 도달시 단계(206, 208) 중의 단지 한 단계만을 반복한 후에 종료될 수 있다고 이해해야 한다. 또한, 단계(204)의 반복 중에 반복된 단계(206 및/또는 208)의 지속은 이전의 반복과 다를 수 있다고(예를 들어, 어떤 반복 중에 어떤 단계(206, 208)의 지속은 어떤 이전의 반복으로부터의 어떤 단계(206, 208)의 어떤 다른 지속보다 더 길거나 짧거나 동일할 수 있다고) 이해해야 한다.

[0041] 어떤 실시예에서 사용된 바와 같은 다단계 에칭 공정은 에칭된 피쳐들에 대한 추가의 균일성 제어를 제공한다. 일 실시예에서, 단계(206)에서 사용된 위의 에칭 공정은 중심부가 빠른 에칭을 제공하는(즉, 기판의 중심부가 기판의 주변부 보다 더 빠른 비율로 에칭되는) 반면에, 단계(208)에서 사용된 에칭 공정은 중심부가 느린 에칭을 제공한다(즉, 기판의 중심부가 기판의 주변부 보다 더 느린 비율로 에칭된다). 따라서, 상기 방법(200)은 종래의 방법에 비해서 보다 큰 균일성과 위상 각도 범위를 갖는 다단계 에칭 공정에 상기 두 단계를 유리하게 조합할 수 있게 한다. 상기 방법(200)은 종래의 에칭 방법에 비해서 감소된 RIE 래그, 마이크로에칭, 및 더욱 큰 수직 측면 각도 제어를 위해 더욱 유리하게 제공된다. 따라서, 상기 방법(200)은 작은 임계 치수를 갖는 분야에 더욱 바람직하다. 전술한 바와 같이, 본 발명의 방법은 단계(206, 208) 중의 어느 한 단계에서 시작되어 소정의 엔드 포인트에 도달할 때까지 필요에 따라 추가의 제어를 제공하기 위해서 임의의 시퀀스에 따라 반

복될 수 있다.

[0042] 도 3a 내지 도 3g는 전술한 바와 같이 상기 방법(200)을 사용하여 석영 상 변위 마스크(318)로 제조되는 필름 스택(300_i)의 일 실시예를 도시한다. 여기서, 기호 "i"는 도 3a 내지 도 3g에 도시된 필름 스택의 상이한 제조 단계를 나타내는 정수이다.

[0043] 도 1a에 도시된 필름 스택(300₁)은 그 위에 배열되는 포토마스크 층(304)을 갖는 석영 층(302)을 포함한다. 포토마스크 층(304)은 통상적으로, 전술한 바와 같이 크롬 또는 다른 적합한 재료이다. 광 반사 방지 층(306; 도시 않음)이 포토마스크 층(304) 위에 배열될 수 있다. 제 1 레지스트 층(308)이 포토마스크 층(304) 또는 존재한다면, 광 반사 방지 층(306) 위에 배열된다.

[0044] 제 1 레지스트 층(308)은 패턴화되며 도 3b에서 설명한 바와 같이 하부 석영 층(302)을 노출시키는 피쳐(310)를 형성하기 위한 포토마스크 층(304)을 에칭하는 에칭 마스크로서 사용된다. 포토마스크 층(304)은 산소와 혼합된 (Cl₂와 같은)염소 함유 가스로부터 형성되는 플라즈마를 사용하여 에칭될 수 있다. 하나의 예시적인 에칭 공정은 본 발명에 전체적으로 참조된 2002년 9월 4일자로 출원된 미국 특허 출원 번호 10/235,223호에 설명되어 있다. 다른 적합한 금속 에칭 공정도 사용될 수 있다. 피쳐(310)가 포토마스크 층(304) 내에 형성된 후에, 나머지 제 1 레지스트 층(308)이 도 3c에 도시한 바와 같이 필름 스택(300₃)을 남겨 두도록, 예를 들어 애싱(ashing)에 의해 제거된다.

[0045] 도 3d에 도시한 바와 같이, 제 2 레지스트 층(312)이 피쳐(310)를 충진하도록 상기 필름 스택(300₄) 상에 배열된다. 그 후 제 2 레지스트 층(312)이 패턴화된다. 통상적으로 석영 상 변위 마스크를 형성할 때, 패턴화된 레지스트 층(312)은 도 3e에 도시한 바와 같이 교대하는 피쳐(310)의 바닥에서 석영 층(302)을 노출시킨다.

[0046] 패턴화된 제 2 레지스트 층(312)을 통해 노출된 석영 층(302)은 전술한 방법(200)을 사용하여 에칭된다(예를 들어, 다단계 에칭 공정이 전술한 바와 같이 사용되며, 일 실시예에서 에칭된 피쳐에 대해 제어된 균일성이 달성되었다). 석영 에칭의 엔드 포인트는 도 3f에 도시된 에칭된 석영 트렌치(316)의 깊이(314)가 석영 상 변위 마스크(318)로 사용하기 위한 예정된 광 파장에 대해 석영 층(302)을 통해 180도 상 변위된 길이와 대략 같도록 선택된다. 통상적인 파장은 193 및 248 nm이다. 따라서, 깊이(314)는 통상적으로 약 172 또는 240 nm이나, 다른 리소그래피 광 파장 및/또는 제작 공정에 사용하기 위한 마스크에 대해 다른 깊이도 사용될 수 있다. 석영 트렌치(316)가 에칭된 후에, 나머지 레지스트 층(312)은 나머지 필름 스택(300₇)이 도 3g에 도시한 바와 같이 석영 상 변위 마스크(318)를 형성하도록 예를 들어, 애싱에 의해 제거된다.

[0047] 도 4a 내지 도 4e는 전술한 방법(300)을 사용하여 무 크롬 에칭 리소그래피 마스크(418)로 제조되는 필름 스택(400_i)의 일 실시예를 도시하는 도면이다. 기호 "i"는 도 4a 내지 도 4e에 도시된 필름 스택의 상이한 제조 단계를 나타내는 정수이다.

[0048] 도 4a에 도시된 필름 스택(400₁)은 그 위에 배열되는 마스크 층(404)을 갖는 석영 층(402)을 포함한다. 마스크 층(404)은 일반적으로, 불소 함유 플라즈마 화학물을 사용하여 석영을 선택적으로 에칭하는데 적합하며, 일 실시예에서 크롬 또는 다른 포토마스크 재료이다. 선택적인 반사 방지 층(406; 도시 않음)이 마스크 층(404) 위에 배열될 수 있다. 레지스트 층(408)은 마스크 층(404) 또는 있다면, 반사 방지 층(406) 위에 배열된다.

[0049] 레지스트 층(408)이 패턴화되며 도 4b에 도시한 바와 같이 하부 석영 층(402)을 노출시키는 피쳐(410)를 형성하도록 마스크 층(404)을 에칭시키는 에칭 마스크로서 사용된다. 마스크 층(404)은 전술한 바와 같이 염소 함유 가스로부터 형성되는 플라즈마를 사용하여 에칭될 수 있다. 피쳐(410)가 마스크 층(404) 내에 형성된 후에, 나머지 레지스트 층(408)은 도 4c에 도시한 바와 같이 필름 스택(400₃)을 남겨두도록 예를 들어, 애싱에 의해 제거된다. 선택적으로, 레지스트 층(408)은 마스크 층(404) 상에 유지되며 다음 공정 중에 침식(erosion) 및/또는 스트립핑(stripping)을 통해 제거된다.

[0050] 도 4d에 도시한 바와 같이, 피쳐(410)의 바닥에서 마스크 층(404)을 통해 노출된 석영 층(402)은 전술한 방법(200)을 사용하여 에칭된다(예를 들어, 다단계 에칭 공정이 전술한 바와 같이 사용되며, 일 실시예에서 에칭된 피쳐에 대해 제어된 균일성이 달성되었다). 석영 에칭의 엔드 포인트는 도 4d에 도시된 에칭된 석영 트렌치(416)의 깊이(414)가 무 크롬 에칭 리소그래피 마스크(418)로 사용하기 위한 예정된 광 파장에 대해 석영 층(402)을 통해 180도 상 변위된 길이와 대략 같도록 선택되며, 예를 들어 상기 깊이(414)는 위에서 마스크(318)를 참조하여 설명한 대로 선택된다.

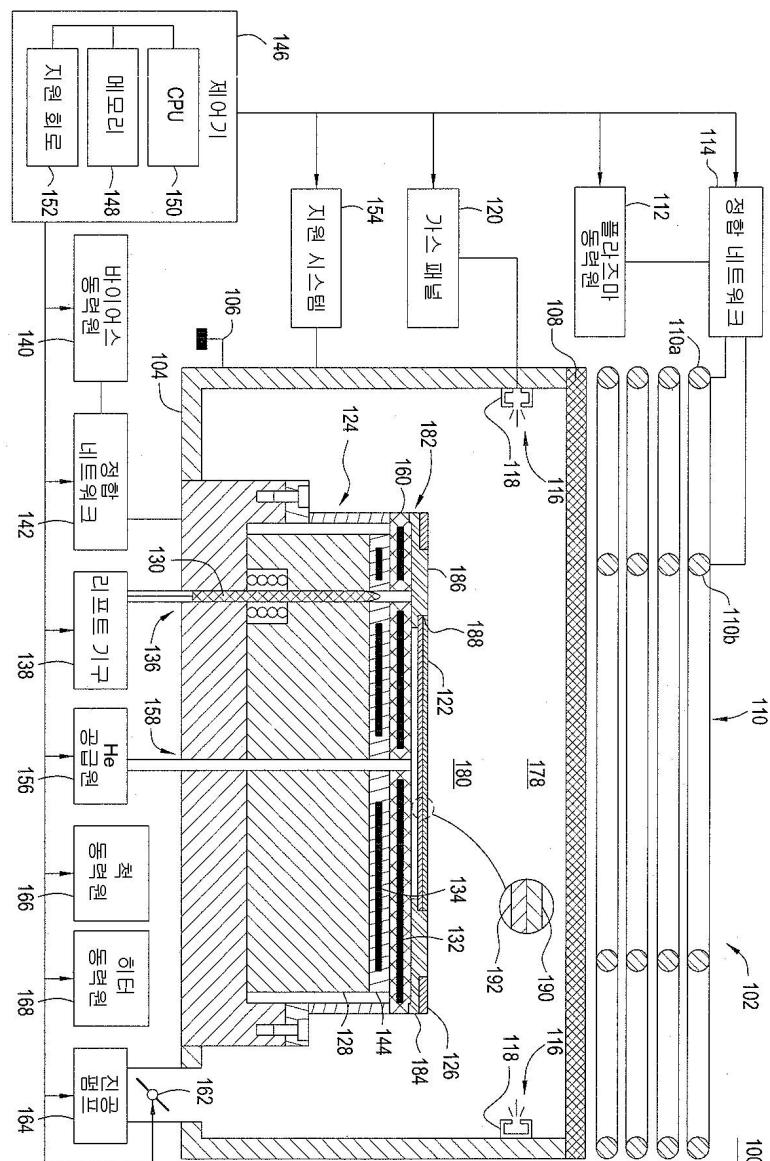
- [0051] 석영 트렌치(416)가 에칭된 후에, 마스크 층(404)의 나머지 부분들은 선택적으로 제거될 수 있다. 예를 들어, 마스크 층(404)의 나머지 부분들은 예를 들어, 마스크 층(404)을 패턴화하는데 사용된 화학물을 사용하여 선택적으로 에칭함으로써 제거될 수 있다. 필름 스택(400₅)으로부터 남아 있는 석영 층(402)은 도 4e에 도시된 무크롬 에칭 리소그래피 마스크(418)를 형성한다.
- [0052] 이와 같이, 종래의 공정에 비해 트렌치 특성을 유용하게 개선하는 석영을 에칭하기 위한 방법이 제공된다. 특히, 본 발명에 설명된 방법은 종래의 에칭 방법에 비해서 감소된 RIE 래그, 감소된 마이크로트렌치, 및 더욱 수직의 측면 각도 제어를 제공할 뿐만 아니라, 종래 기술에 비해 더욱 향상된 균일성과 상 각도(phase angle) 범위를 제공한다. 따라서, 본 발명에서 설명한 석영 에칭 방법은 5 μm 이하(sub-5 μm)의 임계 치수를 갖는 피쳐를 패턴화하는데 적합한 상 변위 포토마스크의 제작을 용이하게 할 수 있게 한다.
- [0053] 본 발명의 실시예에 대해 전술하였지만, 본 발명의 기본 범주로부터 이탈함이 없이 본 발명의 다른 추가의 실시예들이 창안될 수 있으며, 본 발명의 범주는 다음의 특허청구범위에 의해 결정된다.
- [0054]

도면의 간단한 설명

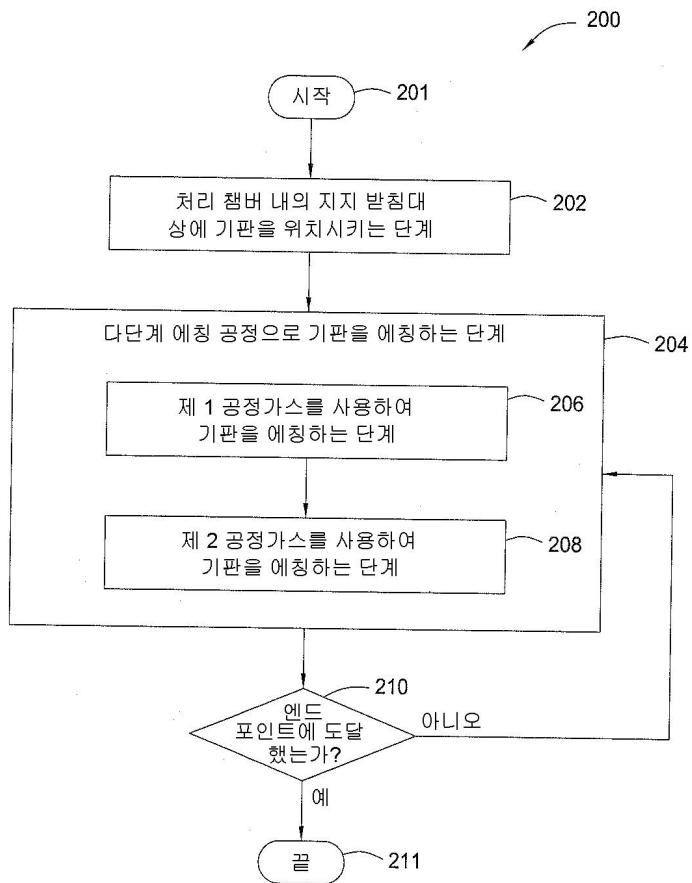
- [0055] 도 1은 석영을 에칭하는데 적합한 에칭 반응로의 개략적인 도면.
- [0056] 도 2는 석영을 에칭하는 방법의 일 실시예를 설명하는 흐름도.
- [0057] 도 3a 내지 도 3g는 본 발명의 석영 에칭 방법의 일 실시예를 사용하여 제조된 석영 위상 변위 마스크의 일 실시예를 도시하는 도면.
- [0058] 도 4a 내지 도 4e는 본 발명의 석영 에칭 방법의 일 실시예를 사용하여 제조된 석영 위상 변위 마스크의 일 실시예를 도시하는 도면.
- [0059]

도면

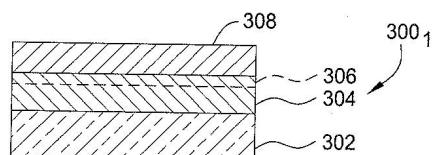
도면1



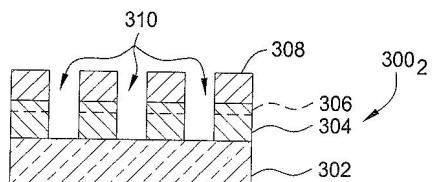
도면2



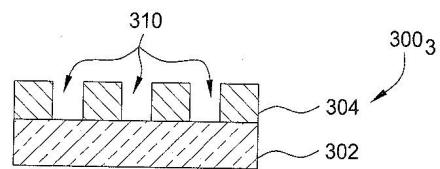
도면3a



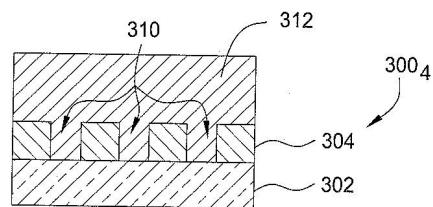
도면3b



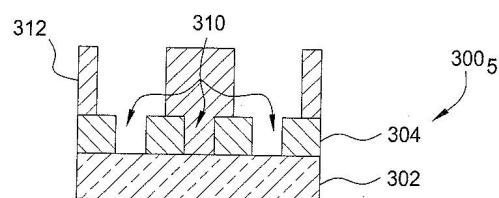
도면3c



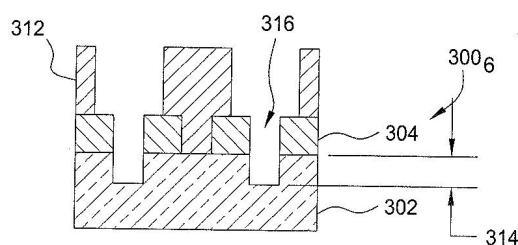
도면3d



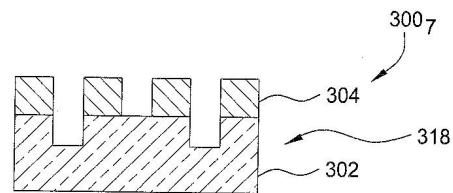
도면3e



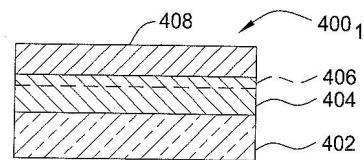
도면3f



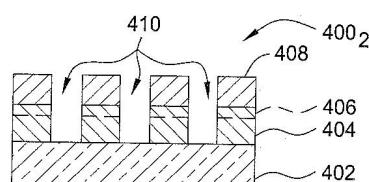
도면3g



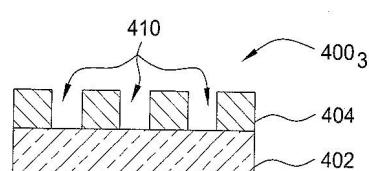
도면4a



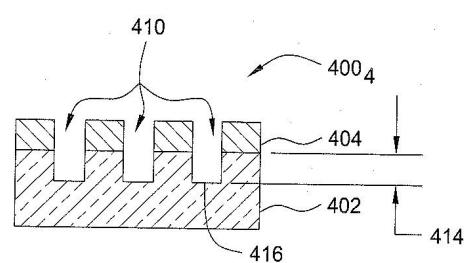
도면4b



도면4c



도면4d



도면4e

