(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월06일
(11) 등록번호 10-1338841
(24) 등록일자 2013년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7001215(분할)
(22) 출원일자(국제) 2006년03월02일
심사청구일자 2013년01월16일
(85) 번역문제출일자 2013년01월16일
(65) 공개번호 10-2013-0025942
(43) 공개일자 2013년03월12일
(62) 원출원 특허 10-2007-7022854
원출원일자(국제) 2006년03월02일
심사청구일자 2011년02월28일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/007643
(87) 국제공개번호 WO 2006/096528
국제공개일자 2006년09월14일
(30) 우선권주장
11/076,087 2005년03월08일 미국(US)
11/223,363 2005년09월09일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003158072 A*
KR1020030085490 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
사드자디 에스 엠 레자
미국 95070 캘리포니아주 사라토가 캐롤 레인 20311
허드슨 에릭 에이
미국 94707 캘리포니아주 버클리 카탈리나 애비뉴 1820
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오세일

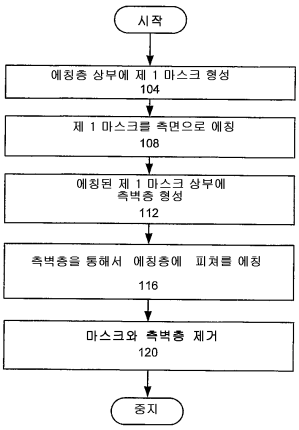
전체 청구항 수 : 총 24 항 심사관 : 박문철

(54) 발명의 명칭 **에칭 프로세스를 위한 안정화된 포토레지스트 구조**

(57) 요 약

에칭층에 피쳐를 형성하는 방법이 제공된다. 에칭층 상부에 제 1 마스크가 형성되는데, 이 제 1 마스크는 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의한다. 제 1 마스크는 측면으로 에칭되는데, 에칭된 제 1 마스크는 제 1 마스크의 스페이스의 폭보다 큰 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의한다. 측벽층이 에칭된 제 1 마스크 상부에 형성되고, 이 측벽층은 에칭된 제 1 마스크에 의해 정의된 스페이스의 폭 보다 작은 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의한다. 측벽층을 통해서 에칭층으로 피쳐가 에칭되고, 이 피쳐는 에칭된 제 1 마스크에 의해 정의된 스페이스의 폭 보다 작은 폭을 가진다. 마스크와 측벽층이 제거된다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

시리글리아노 피터

미국 94086 캘리포니아주 서니베일 피에드라 드라이브 118

김지수

미국 94588 캘리포니아주 플레전튼 애피언 스트리트 3840

후앙 지쑹

미국 94555 캘리포니아주 프레몬트 록시 테라스 5974

특허청구의 범위

청구항 1

에칭층 상부에 제 1 마스크를 형성하는 단계로서, 상기 제 1 마스크는 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의하는, 상기 제 1 마스크 형성 단계;

상기 제 1 마스크를 측면으로 에칭하는 단계로서, 상기 에칭된 제 1 마스크는 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의하고, 상기 에칭된 제 1 마스크의 스페이스의 폭은 상기 제 1 마스크의 스페이스의 폭 보다 큰, 상기 제 1 마스크의 측면 에칭 단계;

상기 에칭된 제 1 마스크 상부에 측벽층을 형성하는 단계로서, 상기 측벽층은 상기 에칭층 상부에 제 1 마스크를 형성하는 단계에 의해 정의된 복수의 스페이스와 동일한 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의하는, 상기 에칭된 제 1 마스크 상부에 측벽층을 형성하는 단계;

상기 측벽층을 통해서 상기 에칭층에 피처를 에칭하는 단계로서, 상기 피처는 상기 에칭된 제 1 마스크에 의해 정의된 스페이스의 폭 보다 작은 폭을 가지는, 상기 측벽층을 통해서 상기 에칭층에 피처를 에칭하는 단계; 및

상기 마스크 및 상기 측벽층을 제거하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 에칭된 제 1 마스크 상부에 측벽층을 형성하는 단계는:

상기 제 1 마스크의 측벽 상에 증착을 형성하기 위해 증착 플라즈마를 형성하기 위한 제 1 가스 화학물질에 의한 증착 페이즈; 및

상기 제 1 마스크의 측벽 상에 상기 증착의 프로파일을 형상화하기 위해 제 2 가스 화학물질에 의한 프로파일 형상화 페이즈를 포함하는 1 주기 이상이고,

상기 제 1 가스 화학물질은 상기 제 2 가스 화학물질과 상이한, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 에칭된 제 1 마스크 상부에 측벽층을 형성하는 단계는 2 주기 이상으로 수행되는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측벽층을 형성하는 단계는 수직인 측벽을 형성하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 마스크 형성 단계 이후에, 상기 에칭층을 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 배치시키는 단계를 더 포함하고,

상기 제 1 마스크를 측면으로 에칭하는 단계, 상기 측벽층을 형성하는 단계, 및 상기 피처를 에칭하는 단계가 상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내부에서 수행되는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 마스크는 포토레지스트 마스크이고,

상기 측벽층은 폴리머 재료로 형성되는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 마스크 및 상기 측벽층을 제거하는 단계는

단일 스트립 단계에 의해 상기 포토레지스트 마스크 및 상기 측벽층을 스트립하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 포토레지스트 마스크 및 상기 측벽층을 스트립하는 단계는 상기 포토레지스트 마스크 및 상기 측벽층을 애싱하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 포토레지스트 마스크 및 상기 측벽층을 애싱하는 단계는 상기 측벽층을 형성하고 에칭하는 플라즈마 프로세싱 챔버와 동일한 플라즈마 프로세싱 챔버 내에서 수행되는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 마스크는 비아 마스크이고, 상기 에칭 피처는 상기 에칭층에 비아를 에칭하며, 상기 제 1 마스크 및 상기 측벽층을 제거하는 단계 이후에, 상기 방법은,

상기 에칭층 상부에 트렌치 마스크를 형성하는 단계;

상기 비아의 측벽 및 상기 트렌치 마스크 상부의 측벽층을 형성하는 단계;

상기 트렌치 마스크를 통해서 상기 에칭층에 트렌치들을 에칭하는 단계; 및

상기 트렌치 마스크 및 상기 측벽층을 제거하는 단계를 더 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 트렌치 마스크 상부에 측벽층을 형성하는 단계 이전에 상기 트렌치 마스크를 측면으로 에칭하는 단계를 더 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 마스크는 포토레지스트 마스크이고,

상기 제 1 마스크에 의해 정의된 복수의 스페이스들은 피크와 밸리를 형성하는 스트리에이션을 갖는 측벽을 가지는 복수의 마스크 피처를 형성하고,

상기 제 1 마스크를 측면으로 에칭하는 단계 및 상기 에칭된 제 1 마스크 상부에 상기 측벽층을 형성하는 단계는 상기 복수의 마스크 피처의 측벽의 스트리에이션을 감소시키는 단계를 위한 주기를 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 측벽의 스트리에이션을 감소시키는 단계는 3 주기 이상 동안 수행되는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 측면으로 에칭하는 단계는 상기 마스크 피쳐의 측벽의 상기 스트리에이션에 의해 형성된 피크를 선택적으로 에치 백하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 측벽층을 형성하는 단계는 상기 스트리에이션에 의해 형성된 밸리를 충진하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 16

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 마스크를 측면으로 에칭하는 단계는:

할로겐 함유 가스를 공급하는 단계; 및

상기 할로겐 함유 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 17

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측벽층을 형성하는 단계는 상기 마스크 피쳐의 측벽 상에 탄화수소 및 플루오르화탄소 중 하나 이상을 증착하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 18

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측벽층을 형성하는 단계는:

탄화수소 및 플루오르화탄소 중 하나 이상을 포함하는 증착 가스를 공급하는 단계; 및

상기 증착 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 19

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측면으로 에칭하는 단계는:

에칭 가스를 공급하는 단계;

상기 에칭 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계; 및

상기 에칭 가스를 중지시키는 단계를 포함하고,

상기 측벽층을 형성하는 단계는:

증착 가스를 공급하는 단계;

상기 증착 가스로부터 플라즈마를 발생시키는 단계; 및

상기 증착 가스를 중지시키는 단계를 포함하는, 에칭층에 피쳐를 형성하는 방법.

청구항 20

에칭층에 복수의 비아를 에칭하는 단계;

상기 에칭층 상부에 트렌치 포토레지스트 마스크를 형성하는 단계;

상기 트렌치 포토레지스트 마스크의 상부 및 상기 복수의 비아의 측벽 상에 측벽층을 형성하는 단계로서, 상기 측벽층은 상기 트렌치 포토레지스트 마스크를 형성하는 단계에 의한 상기 트렌치 포토레지스트 마스크에 의해 정의된 복수의 스페이스의 폭과 동일한 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의하는, 상기 측벽층을 형성하는 단계; 및

상기 측벽층을 통해서 상기 에칭층에 트렌치를 에칭하는 단계를 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 트렌치 포토레지스트 마스크 상부 및 상기 복수의 비아의 측벽 상에 측벽층을 형성하는 단계는 2 주기 이상의 주기를 포함하며,

각각의 주기는:

제 1 마스크의 측벽 상에 증착을 형성하도록 증착 플라즈마를 형성시키기 위한 제 1 가스 화학물질에 의한 증착 페이즈; 및

상기 제 1 마스크의 측벽 상에 상기 증착의 프로파일을 형상화시키기 위한 제 2 가스 화학물질에 의한 프로파일 형상화 페이즈를 포함하고,

상기 제 1 가스 화학물질은 상기 제 2 가스 화학물질과는 상이한, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 22

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서,

상기 트렌치 포토레지스트 마스크를 형성하는 단계 이후에, 상기 에칭층을 플라즈마 프로세싱 챔버 내에 배치하는 단계를 더 포함하고,

상기 플라즈마 프로세싱 챔버 내부에서, 상기 측벽층을 형성하는 단계, 에칭하는 단계 및 상기 마스크 및 상기 측벽층을 제거하는 단계가 행해지는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 23

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서,

상기 측벽층은 폴리머 재료로 이루어지는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

청구항 24

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서,

상기 트렌치 포토레지스트 마스크 상부 및 상기 복수의 비아의 측벽 상에 측벽층을 형성하는 단계 이전에 상기 트렌치 포토레지스트 마스크를 측면으로 에칭하는 단계를 더 포함하는, 에칭층에 피처를 형성하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반도체 디바이스 형성에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 웨이퍼 프로세싱 도중에, 반도체 디바이스의 피처 (feature) 는 공지된 패터닝 및 에칭 프로세스를 이용하여 웨이퍼 내에 정의된다. 이들 프로세스에서, 포토레지스트 (PR) 재료가 웨이퍼 상에 증착되고, 그 후, 레티클에 의해 필터링된 광에 대해 노출된다. 이 레티클은, 광이 그 레티클을 통해서 전파하는 것을 차단하는 예시적인 피처의 기하학적 형상으로 패터닝된 투명판일 수도 있다.

[0003] 레티클을 통해서 통과한 후, 광은 포토레지스트 재료의 표면에 접촉한다. 현상액이 포토레지스트 재료의 일부를 제거할 수 있도록, 이 광은 포토레지스트 재료의 화학적 조성을 변화시킨다. 포지티브 포토레지스트 재료의 경우, 노출된 영역이 제거되고, 네거티브 포토레지스트 재료의 경우, 노출되지 않은 영역이 제거된다.

그 후, 웨이퍼는 포토레지스트 재료에 의해 더 이상 보호되지 않는 영역으로부터 기초 재료를 제거하기 위해 에칭되어, 그로 인해, 웨이퍼 내에 소정의 피쳐를 정의한다.

[0004] 다양한 포토레지스트의 생성방법이 알려져 있다. 193㎚ 이상의 발생 포토레지스트 재료는 낮은 에칭 선택도, 라인 에지 조도 (roughness), 스트리에이션 (striation), 및 라인 위글링 (line wiggling) 이 약한 결과를 초래하는 문제를 가지는 것으로 발견되었다. 라인 에지 조도는, 포토레지스트 마스크에서 이격된 부분을 화학적으로 에칭하는 것과 같은, 포토레지스트 마스크에 대한 변형에 기인할 수도 있거나, 또는, 불균일한 폴리머 증착에 기인할 수도 있다. 불균일한 폴리머 증착은 이용된 가스, 표면 재료 폴리머 접착 계수, 또는 재-스퍼터링에 의존할 수도 있다. 라인 위글링은 포토레지스트 마스크 상에 재료의 증착으로 기인된 응력에 관련된다고 여겨진다. 포토레지스트 마스크 상의 불균일한 증착은 라인 위글링 응력을 야기할 수도 있다.

이 프로세스에서 나타날 수도 있는 문제는 스트리에이션 및 CD (critical dimension; 임계 치수) 의 한계이다.

발명의 내용

[0005] 전술한 사항을 달성하기 위해, 본 발명의 목적에 따라서, 에칭층에 피쳐를 형성하기 위한 방법이 제공된다. 제 1 마스크는 에칭층 상부에 형성되고, 여기서, 제 1 마스크는 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의한다. 제 1 마스크는, 에칭된 제 1 마스크가 폭을 가지고 복수의 스페이스를 정의하는 곳에서 측면으로 에칭되고, 여기서, 에칭된 제 1 마스크 스페이스의 폭은 제 1 마스크 스페이스의 폭 보다 크다. 측벽층은 에칭된 제 1 마스크 상부에 형성되고, 여기서, 측벽층은 에칭된 제 1 마스크에 의해 정의된 스페이스의 폭 보다 작은 폭을 가지는 복수의 스페이스를 정의한다. 측벽층을 통해서 에칭층으로 피쳐들이 에칭되고, 여기서 이 피쳐들은 에칭된 제 1 마스크에 의해 정의된 스페이스의 폭보다 작은 폭을 가진다. 마스크 및 측벽층이 제거된다.

[0006] 본 발명의 다른 실시형태에서, 에칭층에 피쳐를 형성하기 위한 방법이 제공된다. 복수의 비아들이 에칭층으로 에칭된다. 트렌치 포토레지스트 마스크가 형성된다. 트렌치 마스크 상부 및 복수의 비아의 측벽 상으로 측벽층이 형성된다. 측벽층을 통해서 에칭층의 내부로 트렌치가 에칭된다.

[0007] 본 발명의 다른 실시형태에서, 에칭층에 피쳐를 에칭하기 위한 방법이 제공된다. 패터닝된 포토레지스트 마스크는 측벽을 가지는 포토레지스트 피쳐를 통해서 에칭층 상부에 형성되고, 여기서, 포토레지스트 피쳐의 측벽은 피크 (peak) 및 밸리 (valley) 를 형성하는 스트리에이션을 갖는다. 포토레지스트 피쳐 측벽의 스트리에이션은 감소된다. 스트리에이션을 감소시키는 것은 하나 이상의 주기를 포함하고, 여기서, 각각의 주기는 포토레지스트 피쳐 측벽의 스트리에이션에 의해 형성된 피크를 에치 백하는 단계 및 포토레니스트 피쳐의 측벽 상에 증착하는 단계를 포함한다. 이 포토레지스트 피쳐를 통해서 에칭층으로 피쳐가 에칭된다. 포토레지스트 마스크가 제거된다.

[0008] 본 발명의 다른 실시형태에서, 측벽을 가지는 포토레지스트 피쳐를 가지는 패터닝된 포토레지스트 마스크 하부에 배치된 에칭층에 피쳐를 에칭하는 방법이 제공되는데, 여기서, 포토레지스트 피쳐의 측벽은 피크 및 밸리를 형성하는 스트리에이션을 갖는다. 포토레지스트 피쳐의 측벽의 스트리에이션은 하나 이상의 주기를 포함하여 감소되고, 여기서, 각각의 주기는 스트리에이션 피크 에치 백 가스를 공급하는 단계, 스트리에이션 피크 에치 백 가스로부터 플라즈마를 생성하는 단계, 스트리에이션 피크 에치 백 가스를 중지시키는 단계, 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스를 공급하는 단계, 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스로부터 플라즈마를 생성하는 단계, 및 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스를 중지시키는 단계를 포함한다. 에칭층이 에칭된다. 포토레지스트 마스크가 제거된다.

[0009] 본 발명의 다른 실시형태에서, 피크와 밸리를 형성하는 스트리에이션을 가지는 측벽을 가지는 포토레지스트 피쳐를 가지는 포토레지스트 마스크 하부에, 에칭층에 피쳐를 형성하는 장치가 제공된다. 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저를 형성하는 챔버벽, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 기판을 지지하는 기판 지지대, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저 내에서 압력을 조절하기 위한 압력 조절기, 플라즈마를 유지하기 위해 전력을 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로 공급하기 위한 하나 이상의 전극, 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로 가스를 공급하기 위한 가스 인렛, 및 플라즈마 프로세싱 챔버 인클로저로부터 가스를 배출하기 위한 가스 아웃렛을 포함하는 플라즈마 프로세싱 챔버가 제공된다. 가스 소스는 가스 인렛과 유동적으로 연결되어 있고, 여기서

가스 소스는 스트리에이션 피크 에치 백 가스 소스, 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스 소스, 및 에칭층 에칭 가스 소스를 포함한다. 제어기는 가스 소스 및 하나 이상의 전극에 제어가능하게 연결된다. 제어기는 하나 이상의 프로세서 및 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는, 포토레지스트 피쳐의 스트리에이션을 감소시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드를 포함하고, 복수의 주기를 포함하는데, 여기서 각각의 주기는 스트리에이션 피크 에치 백 가스 소스로부터 스트리에이션 피크 에치 백 가스를 공급하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 스트리에이션 피크 에치 백 가스로부터 플라즈마를 생성시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 스트리에이션 피크 에치 백 가스 소스로부터의 스트리에이션 피크 에치 백 가스를 중지시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스 소스로부터 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스를 공급하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스로부터 플라즈마를 생성시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드, 및 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스로부터의 포토레지스트 피쳐 측벽 증착 가스를 중지시키기 위한 컴퓨터 판독가능 코드를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 에칭층을 에칭하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드 및 포토레지스트 마스크를 제거하기 위한 컴퓨터 판독가능 코드를 더 포함한다.

[0010] 본 발명의 이러한 특징 및 다른 특징들은 이하의 본 발명의 상세한 설명 및 이하의 도면에 관련하여 설명된다.

[0011] 본 발명은 첨부된 도면의 수치로 예시의 방법으로 설명되고, 한정의 의미가 아니며, 동일한 참조 번호는 동일한 엘리먼트를 지칭한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 이용될 수도 있는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다.

도 2a 내지 도 2d 는 본 발명의 일 실시형태에 따라서 프로세스된 에칭층의 개략적인 단면도이다.

도 3 은 본 발명의 다른 실시형태에 이용될 수도 있는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다.

도 4a 내지 도 4h 는 본 발명의 다른 실시형태에 따라서 프로세스된 에칭층의 개략적인 단면도이다.

도 5 는 측벽층을 증착하는 단계의 더욱 상세한 흐름도이다.

도 6 은 본 발명을 실행하는데 이용될 수도 있는 플라즈마 프로세싱 챔버의 개략도이다.

도 7a 및 도 7b 는 본 발명의 실시형태에 이용된 제어기를 구현하는데 적절한 컴퓨터 시스템이다.

도 8a 내지 도 8c 는 증착의 단면도이다.

도 9 는 본 발명의 일 실시형태에 이용될 수도 있는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다.

도 10a 내지 도 10i 는 본 발명의 일 실시형태에 따라서 프로세스된 적층체의 개략 단면도 및 평면도이다.

도 11 은 스트리에이션을 감소하는 단계의 더욱 상세한 흐름도이다.

도 12 는 본 발명을 실행하는데 이용될 수도 있는 플라즈마 프로세싱 챔버의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 발명은, 첨부된 도면에 도시된 것과 같이, 몇몇 바람직한 실시형태를 참조하여 상세하게 설명된다. 이하의 설명에서, 수치의 구체적인 사항이 본 발명의 전반적인 이해를 제공하기 위해 설명된다. 그러나, 본 발명이 이들 구체적인 세부사항의 일부 또는 전부 없이도 실행될 수도 있다는 것이 당업자에게는 명백하다. 다른 예에서, 공지된 프로세스 단계 및/또는 구조에 대해서는 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해서 상세하게 설명되지 않는다.

[0014] 본 발명은 작은 CD (critical dimension) 를 가지는 피쳐를 제공한다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 이 피쳐를 에칭하기 위해 이용된 포토레지스트 패턴의 CD 보다 작은 CD 의 포토레지스트 패턴을 가지는 피쳐를 제공한다.

[0015] 이해를 용이하게 하기 위해, 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에서 이용될 수도 있는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다. 제 1 마스크는 기판 상에 배치된 에칭층 상부에 형성된다 (단계 104). 도 2a 는 본 발명의 일 실시형태에서 패터닝된 마스크의 단면도이다. 기판 (204) 상에, 웨이퍼로서, 배리어층 (206) 이 위치될 수도 있다. 배리어층 (206) 상으로, 도전성 금속층 또는 폴리실리콘층 또는 유전체층과 같은 에칭층 (208) 이 형성된다. 에칭층 (208) 상으로, DARC 층과 같은 반사방지층 (ARL; 210) 이 형성된다. 패터닝된 제 1

마스크 (212) 는 ARL (210) 상부에 형성된다. 도시된 바와 같이, 포토레지스트 마스크 내부의 스페이스 (222) 는 폭 "S_p" 를 갖는다.

[0016] 도 2b 에 도시된 바와 같이, 에칭된 제 1 포토레지스트 마스크 (214) 내의 스페이스 (224) 가 에칭된 제 1 마스크 내의 스페이스의 폭 "S_p" 보다 큰 폭 "S_e" 을 가지도록, 제 1 포토레지스트 마스크가 측면으로 에칭된다 (단계 108). 상세한 설명 및 특허청구범위에서, 측면 에칭은, 스페이스 (개구) 를 형성하는 마스크의 측부 에칭으로서 정의되고, 여기서 측면 에칭은 스페이스의 크기를 증가시킨다. 트렌치 마스크에 대해, 이러한 측면 에칭은 트렌치 마스크의 트리밍일 수도 있다. 또한, 이러한 측면 에칭은 마스크의 두께를 축소시킬 수도 있다.

[0017] 에칭된 제 1 마스크 내에 스페이스의 폭을 축소시키기 위해 마스크의 상부에 측벽층이 형성된다 (단계 112). 도 2c 는 에칭된 제 1 포토레지스트 마스크 (214) 의 측벽 상부에 증착된 측벽층 (218) 을 가지는 에칭된 제 1 포토레지스트 마스크 (214) 의 개략적인 단면도이다. 측벽층 (218) 은 축소된 스페이스 (226) 를 형성한다. 이 예에서, 측벽층 (218) 에 의해 형성된 스페이스 (226) 는 포토레지스트 마스크의 폭 S_p 와 대략 동일한 폭 S_s 를 갖는다. 도시된 바와 같이, 측벽층은 매우 등각 (conformal) 이고 실질적으로 수직인 측벽을 가지는 것이 바람직하다. 실질적으로 수직인 측벽의 일 예는, 저면에서 상면까지 피처의 저면에 대해 88° 내지 90° 사이의 각을 이루는 측벽이다. 등각 측벽은 피처의 상면에서 저면까지 실질적으로 동일한 두께를 가지는 증착층을 가진다. 비등각 측벽은 실질적이지 않은 수직 측벽을 제공하는 패시팅 (faceting) 또는 브레드-로핑 (bread loafing) 형태를 형성할 수도 있다. (패시팅 형태로부터) 가늘어진 측벽 또는 브레드-로핑 측벽은 증착된 층의 CD 를 증가시킬 수도 있고, 열등한 에칭 마스크를 제공할 수도 있다. 바람직하게는, 측벽 상의 증착이 제 1 마스크 피처의 저면상의 증착보다 두껍다. 더욱 바람직하게는, 제 1 마스크 피처의 저면 상으로는 어떠한 층도 증착되지 않는다. 또한, 이 예에서, 측벽층 (218) 은 도시된 바와 같이 포토레지스트 마스크 (214) 의 상면 위에 층을 형성한다. 다른 실시형태에서, 측벽층은 포토레지스트 마스크의 상면 위에 층을 형성하지 않는다.

[0018] 다음으로, 측벽층 스페이스를 통해서 피처가 에칭층 (208) 으로 에칭된다 (단계 116). 도 2d 는 에칭층 (208) 으로 에칭된 피처 (232) 의 세트를 나타낸다.

[0019] 측벽층 (218) 은 포토레지스트 마스크 (214) 보다 더 내에칭성을 가지는 재료로 이루어져, 증가된 에칭 선택도를 제공한다. 또한, 측벽층은 포토레지스트 라인 위글링, 라인 에지 조도, 및 스트리에이션을 예방하기 위해 선택된 재료로 이루어진다.

[0020] 다음으로, 측벽층 및 포토레지스트 마스크가 제거된다 (단계 120). 바람직하게, 포토레지스트 마스크와 측벽층 모두를 스트립하는데 에칭 챔버 내에서 단일 마스크 스트립 단계가 이용된다.

[0021] 비아 퍼스트 듀얼 다마신 실시형태

[0022] 본 발명의 다른 실시형태에서, 본 발명은 듀얼 다마신 비아 제 1 프로세스에 이용된다. 도 3 은 이 실시형태에 이용되는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다. 제 1 마스크는 기판 위에 배치된 에칭층 상부에 형성된다 (단계 304). 도 4a 는 본 발명의 일 실시형태에서 패터닝된 마스크의 단면도이다. 기판 (404) 상으로, 웨이퍼와 같은, 배리어층 (406) 이 위치될 수도 있다. 배리어층 (406) 상으로, 유전체층과 같은 에칭층 (408) 이 형성된다. 에칭층 (408) 상으로, DARC 층과 같은 반사방지층 (ARL; 410) 이 형성된다. ARL (410) 상으로, 패터닝된 제 1 마스크 (412) 가 형성된다. 이 실시형태에서, 제 1 마스크는 비아 마스크이다. 제 1 마스크는 비아를 형성하기 위한 하나 이상의 스페이스 (422) 를 갖는다.

[0023] 도 4b 에 도시된 바와 같이, 에칭된 제 1 포토레지스트 마스크 내의 스페이스가 에칭된 제 1 마스크 내의 스페이스의 폭 보다 큰 폭을 가지도록, 제 1 포토레지스트 마스크가 측면으로 에칭된다 (단계 308). 에칭된 제 1 마스크 내의 스페이스의 폭을 축소시키기 위해 그 마스크 상부에 측벽층 (414) 이 형성된다 (단계 312). 다음으로, 제 1 피처 (432) 가 측벽층 스페이스를 통해서 에칭층 (408) 으로 에칭된다 (단계 316). 이 실시형태에서, 제 1 피처 (432) 는 비아이다. 다음으로, 도 4c 에 도시된 바와 같이, 제 1 마스크 및 측벽층이 제거된다 (단계 320).

[0024] 도 4d 에 도시된 바와 같이, 에칭층 상부에 제 2 마스크 (424) 가 형성된다 (단계 324). 이 실시형태에서, 제 2 마스크 (424) 는 트렌치 마스크이다. 도 4e 에 도시된 바와 같이, 제 2 마스크 (424) 는 측면 에칭된다 (단계 328). 도 4f 에 도시된 바와 같이, 에칭된 제 2 마스크 (424) 및 제 1 피처 상으로 측벽층 (428)

이 형성된다. 도 4g 에 도시된 바와 같이, 측벽층 (428) 을 통해서 에칭층 (408) 으로 트렌치 (444) 가 에칭된다. 이 실시형태에서, 비아 내의 측벽층 (428) 은 몇몇 펜싱 (fencing; 448) 을 유발할 수도 있다.

[0025] 다음으로, 도 4h 에 도시된 바와 같이, 제 2 마스크 및 측벽층이 제거된다 (단계 340). 이 단계 도중에 펜스 (fence) 가 제거될 수도 있거나, 또는, 부가적인 단계를 통해서 제거될 수도 있다. 에칭 선택도를 증가시키고 위글링, 라인 에지 조도, 및 스트리에이션을 감소시키기 위해, 포토레지스트를 보호하도록 측벽층을 이용하는 것 이외에, 이 실시형태는 트렌치 에칭 도중에 비아의 노칭 (notching) 및 보잉 (bowing) 을 예방하기 위해 비아들의 측벽 상에 측벽층을 이용한다. 비아 측벽 상의 내에칭성 측벽이 노칭을 감소시키거나 또는 제거하기 위해 더욱 많은 보호를 제공한다. 이러한 측벽이 개선된 트렌치 에칭을 제공할 수도 있고, 더욱 쉽게 제거되고, 제거 프로세스 도중에 손상을 최소화하기 때문에, 비아 플러그에서 비아의 측벽 상의 측벽의 형성은 바람직하다.

[0026] 측벽을 형성하기 위한 가스 모듈레이션 이용

[0027] 바람직한 실시형태에서, 등각의 측벽을 형성하기 위해 가스 모듈레이션이 이용된다. 바람직하게는, 측벽은 폴리머 재료로 형성되고, 마스크는 포토레지스트 폴리머이므로, 에칭 및 스트립이 수행되는 동일한 챔버 내에서 측벽층의 증착이 인-시츄 (in-situ) 로 수행될 수도 있고, 스트립이 마스크 및 측벽층 모두를 제거할 수도 있다.

[0028] 도 5 는 마스크 상으로 측벽층 형성의 더욱 상세한 흐름도이고 (단계 112, 312, 및 332), 이는, 가스 모듈레이션을 이용한다. 이 실시형태에서, 마스크 상으로 측벽층을 형성하는 것 (단계 112, 312, 및 332) 은 증착 페이즈 (phase) (504) 및 프로파일 형상화 페이즈 (508) 를 포함한다. 증착 페이즈는 마스크의 측벽 상으로 측벽층을 증착하며 플라즈마를 형성하기 위한 제 1 가스 화학물질을 이용한다. 프로파일 형상화 페이즈 (508) 는, 증착의 프로파일을 형상화하며 플라즈마를 형성하기 위한 제 1 가스 화학물질과는 다른 제 2 가스 화학물질을 이용한다.

[0029] 본 발명은 유전체층 또는 도전성층을 에칭하기 위해 이용될 수도 있다. 유전체층 또는 도전성층에 대해 본 발명을 수행하도록 이용될 수도 있는 실시예의 방법이 이하 제공된다.

[0030] 실시예 프로세스

[0031] 본 발명의 일 실시예에서, 에칭층 (208) 은 유전체층이다. 유전체층 (208) 상부로 포토레지스트 마스크가 형성된다 (단계 104). 그 후, 기판 (204) 은 플라즈마 프로세싱 챔버 내부에 위치된다. 도 6 은 측벽층의 증착, 에칭, 및 스트립에 이용될 수도 있는 플라즈마 프로세싱 챔버 (600) 의 개략도이다. 플라즈마 프로세싱 챔버 (600) 는 컴파인먼트 링 (602; confinement ring), 상부 전극 (604), 하부 전극 (608), 가스 소스 (610), 및 배출 펌프 (620) 를 포함한다. 가스 소스 (610) 는 증착 가스 소스 (612), 및 프로파일 형상화 가스 소스 (616) 를 포함한다. 가스 소스 (610) 는, 에칭 가스 소스 (618) 와 같은, 추가적인 가스 소스를 포함할 수도 있다. 플라즈마 프로세싱 챔버 (600) 에서, 기판 (204) 은 하부 전극 (608) 상에 위치된다. 하부 전극 (608) 은 기판 (204) 을 유지하기 위한 적절한 기판 처킹 메커니즘 (예를 들어, 정전기, 기계적 클램핑 등) 을 통합하고 있다. 리액터 상부 (628) 는 하부 전극 (608) 에 바로 대면하여 배치된 상부 전극 (604) 을 통합하고 있다. 상부 전극 (604), 하부 전극 (608), 및 컴파인먼트 링 (602) 은 한정된 플라즈마 체적을 정의한다. 가스 소스 (610) 에 의해 한정된 플라즈마 체적으로 가스가 공급되고, 이 가스는 배출 펌프 (620) 에 의해 배출 포트 및 컴파인먼트 링 (602) 을 통해서 한정된 플라즈마 체적으로부터 배출된다. 제 1 RF 소스 (644) 는 상부 전극 (604) 에 전기적으로 접속된다. 제 2 RF 소스 (648) 는 하부 전극 (608) 에 전기적으로 접속된다. 챔버벽 (652) 은 컴파인먼트 링 (602), 상부 전극 (604), 및 하부 전극 (608) 을 둘러싼다. 제 1 RF 소스 (644) 및 제 2 RF 소스 (648) 모두는 고주파수 (27 내지 300) MHz 전원 및 저주파수 (2 내지 14) MHz 전원을 포함할 수도 있다. RF 전원을 전극으로 접속시키는 상이한 결합이 가능하다. 제어기 (635) 는 RF 소스 (644, 648), 배출 펌프 (620), 및 가스 소스 (610) 에 제어가능하게 접속된다.

[0032] 도 7a 및 도 7b 는 본 발명의 실시형태에 이용된 제어기 (635) 를 구현하기 위해 적절한 컴퓨터 시스템 (1300) 을 도시한다. 도 7a 는 컴퓨터 시스템의 일 가능한 물리적 형태를 나타낸다. 물론, 컴퓨터 시스템은 집적 회로, 인쇄 회로 보드, 및 포켓용 디바이스부터 거대한 수퍼 컴퓨터까지 이르는 많은 물리적 형태를 가질 수도 있다. 컴퓨터 시스템 (1300) 은 모니터 (1302), 디스플레이 (1304), 하우징 (1306), 디스크 드라이브 (1308), 키보드 (1310), 및 마우스 (1312) 를 포함한다. 디스크 (1314) 는 데이터를 컴퓨터 시스템 (1300) 로 전송하고, 컴퓨터 시스템 (1300) 으로부터 데이터를 전송하도록 사용된 컴퓨터 판독가능 매체이다.

[0033] 도 7b 는 컴퓨터 시스템 (1300) 에 대한 블록도의 일 예이다. 다양한 서브시스템이 시스템 버스 (1320) 에 결속된다. 프로세서(들) (1322) (또한, 중앙 프로세싱 유닛, 또는 CPU 로 지칭됨) 은 메모리 (1324) 를 포함하는 저장 디바이스에 연결된다. 메모리 (1324) 는 랜덤 액세스 메모리 (RAM) 및 판독 전용 메모리 (ROM) 을 포함한다. 당업계에 공지된 바와 같이, ROM 은 CPU 로 데이터 및 인스트럭션을 단-방향으로 전송하도록 기능하고, RAM 은 양-방향의 방법으로 데이터 및 인스트럭션을 전송하도록 일반적으로 이용된다. 메모리의 이러한 종류 또는 다른 종류의 메모리 모두는 이하 설명되는 컴퓨터-판독가능 매체의 임의의 적절한 형태를 포함할 수도 있다. 또한, 고정 디스크 (1326) 는 CPU (1322) 에 양-방향으로 연결되고, 이는 추가적인 데이터 저장 용량을 제공하며, 또한, 이하 설명되는 임의의 컴퓨터-판독가능 매체를 포함할 수도 있다. 고정 디스크 (1326) 는 프로그램, 데이터 등을 저장하도록 이용될 수도 있고, 통상적으로, 주기억 장치 (primary storage) 보다 느린 (하드 디스크와 같은) 보조 저장 매체이다. 고정 디스크 (1326) 내에 보유된 정보는 적절한 경우에 메모리 (1324) 내의 가상 메모리와 같은 표준 방법으로 통합될 수도 있다고 여겨진다. 탈착가능 디스크 (1314) 는 이하 설명되는 임의의 컴퓨터-판독가능 매체의 형태를 취할 수도 있다.

[0034] 또한, CPU (1322) 는 디스플레이 (1304), 키보드 (1310), 마우스 (1312), 및 스피커 (1330) 와 같은 입/출력 디바이스, 및 프로세스 제어를 위한 피드백 및 포워드 시스템에 연결된다. 일반적으로, 입/출력 디바이스는 비디오 디스플레이, 트랙 볼, 마우스, 키보드, 마이크로폰, 접촉-감지 디스플레이, 변환 카드 판독기, 자기 또는 종이 테이프 판독기, 타블렛, 스타일러스, 음성 또는 필체 인식기, 생체 판독기, 또는 다른 컴퓨터일 수도 있다. CPU (1322) 는 네트워크 인터페이스 (1340) 를 사용하여 다른 컴퓨터 또는 전기통신 네트워크에 부가적으로 연결될 수도 있다. 이러한 네트워크 인터페이스를 통해서, CPU 는 네트워크로부터 정보를 수신할 수도 있고, 상기한 방법 단계를 수행하는 코스로 네트워크에 정보를 출력할 수도 있다는 것이 예상된다. 또한, 본 발명의 방법 실시형태는 CPU (1322) 상에서 단독으로 실행할 수도 있거나, 또는, 프로세싱의 일부를 공유하는 원격 CPU 와 관련된 인터넷과 같은 네트워크상에서 실행할 수도 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 실시형태는 다양한 컴퓨터 구현 동작을 수행하기 위한 컴퓨터 코드를 가지는 컴퓨터-판독가능 매체를 수록한 컴퓨터 저장 제품에 관한 것이다. 매체 및 컴퓨터 코드는 본 발명의 목적을 위해 특별히 설계되고 구성된 것일 수도 있거나, 또는, 컴퓨터 소프트웨어 업계의 당업자에게는 잘 공지되고 이용가능한 종류의 것 일 수도 있다. 컴퓨터-판독가능 매체의 예는: 하드 디스크, 플로피 디스크, 및 자기 테이프와 같은 자기 매체; CD-ROM 및 홀로그래픽 디바이스와 같은 광학 매체; 플롭티컬 디스크와 같은 광자기 매체; 및 ASIC (application-specific integrated circuit), 프로그램가능 로직 디바이스 (PLD) 및 ROM 및 RAM 디바이스와 같은 프로그램 코드를 저장하고 실행하도록 특별히 구성된 하드웨어 디바이스를 포함하지만, 이에 한정하는 것은 아니다. 컴퓨터 코드의 예는 컴파일러에 의해 제조된 것과 같은 기계 코드, 및 인터프리터를 사용하여 컴퓨터에 의해 실행되는 보다 상위 레벨 코드를 함유하는 파일을 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 반송파에 채용된 컴퓨터 데이터 신호에 의해 전송되고, 프로세서에 의해 실행가능한 인스트럭션의 시퀀스를 나타내는 컴퓨터 코드일 수도 있다. 다른 예는 다른 증착 디바이스를 이용할 수도 있다.

[0036] 마스크를 측면으로 에칭하기 위한 방법 (단계 108, 308, 및 328) 의 일 예는 1 내지 300mT 의 에칭 챔버 또는 플라즈마 프로세싱 챔버 압력을 제공한다. 50 내지 800 Watt 의 전력이 27MHz 의 플라즈마 프로세싱 챔버로 공급된다. CF_4 의 0 내지 200sccm 및 O_2 의 5 내지 30sccm 이 플라즈마 프로세싱 챔버로 제공된다. 더욱 상세하게는, 마스크를 측면으로 에칭하기 위한 압력은 20 내지 150mT 사이에 있다.

[0037] 증착 페이즈 (504) 의 일 예는 터보 펌프의 Vat 밸브를 1000 으로 설정함으로써 확립된, 60mTorr 의 압력에서 250sccm (standard cubic centimeters per minute) 의 Ar 및 50sccm 의 CH_3F 의 화학물질을 이용하는 CH_3F 증착일 수도 있다. 27MHz RF 소스는 500Watt 의 전력을 제공하고, 2MHz RF 소스는 100Watt 의 전력을 제공한다. 챔버 온도는 20℃ 로 유지된다. 기판을 냉각하기 위한 헬륨 냉각 압력은 15 Torr 이다. 이러한 방법은 폴리머 측벽층의 형성을 유발한다.

[0038] 프로파일 형상화 페이즈 (508) 의 일 예는 터보 펌프의 Vat 밸브를 1000 으로 설정함으로써 확립된, 50mTorr 의 압력에서 270sccm 의 Ar, 12sccm 의 C_4F_6, 8sccm 의 O_2, 및 100sccm 의 CO 의 화학물질을 이용하는 $C_4F_6/O_2/CO$ 증착일 수도 있다. 27MHz RF 소스는 1500Watt 의 전력을 공급하고, 2MHz RF 소스는 480Watt 의 전력을 공급한다. 챔버 온도는 20℃ 로 유지된다. 기판을 냉각시키기 위한 헬륨 냉각 압력은 15 Torr 이다.

[0039] 도 8 의 A 는 증착 페이즈에서의 증착층 (820) 의 단면도이다. 증착층 (820) 은 마스크 (812) 상부에 형성된다. 이 예에서, 증착 페이즈는 아웃라인 (824) 으로 표시된 바와 같이 "브레드-로핑" 증착층을 형성한다.

브레드-로핑 증착층은 피쳐의 상면에 가까운 더욱 두꺼운 측벽 증착 및 피쳐의 저면에 가까운 더욱 얇은 (또는 거의 없는) 측벽 증착으로 특징화된다. 또한, 도시된 바와 같이, 이 예에서 브레드-로핑은 피쳐의 매우 저면 표면에 층을 형성한다. 따라서, 이 증착은 비등각의 측벽 증착을 제공한다. 이러한 증착은 소정의 실질적으로 수직인 측벽을 제공하지 않는다. 결과적으로, 브레드-로핑은 상면을 절단하고, 다음으로, 접촉이 폐쇄되고 어떠한 에칭도 행해질 수 없기 때문에, 마스킹층으로서 이용될 수 없다.

[0040] 도 8 의 B 는, 프로파일 형상화 페이즈만이 이용된 증착층 (830) 의 단면도이다. 이 예에서, 프로파일 형상화 페이즈는 아웃라인 (834) 으로 표시된 바와 같이 "패시팅" 증착층을 형성한다. 패시팅 증착층은 피쳐의 상면과 가까운 더욱 얇은 (또는 거의 없는) 측벽 증착 및 피쳐의 저면에 가까운 더 두꺼운 측벽 증착으로 특징화된다. "패시팅" 증착은 피쳐의 매우 저면 표면에 증착하지 않는다. 따라서, 이 증착도 비등각 측벽 증착을 제공한다. 상면에 가까운 측벽이 너무 얇은 경우, 포토레지스트 마스크의 패시팅이 초래될 수도 있다. 이러한 증착은 소정의 실질적인 수직의 측벽을 제공하지 않는다. 포토레지스트 마스크 코너의 패시팅은 낮은 에칭 선택도 및 빠른 마스크 부식을 유발할 수도 있다. 또한, 마스크의 패시팅은 에칭된 프로파일의 패시팅을 초래한다. 거의 모든 경우에, 마스크가 패시팅된 후, 일반적으로, 마스크 수직 프로파일이 에칭된 물질로 변형되기 때문에, 최종 에칭된 프로파일이 패시팅된다.

[0041] 도 8 의 C 는 2 초의 증착 및 25 초의 프로파일 형상의 6 개의 주기에 의해 형성된 증착층 (840) 의 단면도이다. 도시된 바와 같이, 증착층은 피쳐의 수직의 측벽 및 피쳐의 하부 표면에 약간의 또는 거의 없는 증착을 가진다. 다중 상의 6 주기 프로세스를 제공하기 위해, 가스 방법을 빠르게 교번할 수 있는 가스-모듈레이션 디바이스가 바람직한 장치이다.

[0042] 증착 페이즈 (504) 와 프로파일 형상화 페이즈 (508) 의 횟수의 비율을 제어하는 능력은 다른 제어 변수를 제공한다. 도 8c 에 도시된 바와 같이, 적절한 비율은 실질적으로 수직하고 등각인 측벽을 제공한다. 또한, 이러한 증착층은 에칭 선택도를 증가시키기 위한 포토레지스트 마스크를 보호할 수 있다. 증착 프로파일을 제어하도록 이용될 수 있는, 본 발명에 의해 제공된 다른 제어 파라미터는 주기의 수, 전체 증착 시간, 증착/형상화 페이즈 시간 비율, 가스 화학물질 유형, 및 비율이다. 본 발명에 의해 이용될 수도 있는 가스 화학물질은 (CH_3F/O_2, C_4F_6/O_2, CH_2F_2, CHF_3, CF_4 와 같은) O_2 을 가지거나 또는 가지지 않는 $C_xH_yF_z$ 또는 C_xF_y 일 수도 있거나, 또는 H_2, CH_4, C_2H_4, SiH_4 등일 수도 있다. 바람직하게는, 증착 페이즈는 탄화수소 및 플루오르화 탄소의 화학물질을 이용한다. 바람직하게, 탄화수소는 CH_4 및 C_2H_4 중 적어도 하나이다. 플루오르화 탄소는 CH_3F, CH_2F_2, CHF_3, C_4F_6, 및 C_4F_8 중 적어도 하나인 것이 바람직하다. 증착 페이즈 도중에 이용되는 것이 바람직할 수도 있는 다른 가스 혼합물은 CF_4 및 H_2 이다. 바람직하게는, 프로파일 형상화 페이즈는 다른 첨가제를 가지거나 또는 가지지 않는 플루오르화 탄소의 화학물질을 이용한다. 바람직하게는, 플루오르화 탄소는 CH_2F_2, CHF_3, 및 CF_4 중 적어도 하나이다. 바람직하게는, 다른 첨가제는 Ar, Xe, He, Ne, O_2, N_2, 및 H_2 중 적어도 하나이다.

[0043] 다수의 단계의 증착은 원하지 않는 증착을 제거하기 위해 프로파일 형상화 페이즈를 허용한다. 또한, 단일의 긴 증착은 블리스터링 (blistering) 을 유발할 수도 있다. 바람직하게는, 프로파일 형상화 페이즈는 이온으로 폴리머에 충격을 가함으로써 그 폴리머의 밀도를 높인다. 또한, 증착층을 형성하기 위한 복합적인 주기를 이용하는 것은 정밀한 CD 제어를 제공한다. 또한, 다수의 주기 다수의 단계의 증착은 프로파일 제어를 제공한다. 브레드 로핑의 감소는 에칭 프로파일을 개선시키는 쉐이딩을 감소시킨다. 또한, 다수의 주기, 다수의 단계의 증착은 증착층의 응력에 의해 야기되고, 포토레지스트 라인을 위글링하도록 유발하는 라인 위글링을 감소시킨다. 또한, 프로파일 형상화 페이즈는 증착으로부터의 잔여물을 예방하기 위해 마스크 피쳐의 하부 상의 증착을 예방 또는 감소시키고, 여기서, 이 잔여물은 마스크 피쳐의 하부에 있는 증착층으로부터 재스퍼터링된 물질에서 나온 것이다.

[0044] 바람직하게, 증착층을 형성하는데 있어서 2 주기 이상의 주기가 이용된다. 더욱 바람직하게, 증착층을 형성하는데 있어서 6 주기 이상의 주기가 이용된다. 몇몇 실시형태는 12 이상의 주기를 이용한다.

[0045] 다른 실시형태는 마스크에 대해 하드 마스크를 이용할 수도 있다. 이러한 실시형태에서, 포토레지스트 마스크는 하드마스크를 개방하기 위해 이용될 수도 있다. 측벽층은 라인 위글링, 라인 에지 조도, 및 스트리에이션을 감소시키기 위해 포토레지스트 마스크 상에 위치될 수도 있다.

[0046] 마스크 내의 스페이스는 에칭층 내의 홀 또는 트렌치를 에칭하도록 이용될 수도 있다.

[0047] 본 발명은 Exelan 및 TCP 유형 에칭기, 하이브리드 PVD, CVD, MW, RIE, MORIE, TCP, ICP 등과 같은 플라즈마 프로세싱 툴의 많은 다양한 유형에 이용될 수도 있다.

[0048] 이해를 용이하게 하기 위해, 도 9 는 본 발명의 일 실시형태에 이용될 수도 있는 프로세스의 높은 레벨 흐름도이다. 패터닝된 포토레지스트 마스크가 제공된다 (단계 904). 도 10a 는 기판 (1004) 상부에 에칭되는 층 (1008) 의 개략 단면도이고, 여기서 에칭되는 층 (1008) 상의 ARL (1010) 상에 포토레지스트 피쳐 (1014) 를 가지는 패터닝된 포토레지스트 마스크 (1012) 이 적층체 (1000) 를 형성하고 있다. 포토레지스트 마스크는 가장 작은 가능한 피쳐의 폭의 가장 넓은 부분일 수도 있는 포토레지스트 피쳐 CD 를 갖는다. 패터닝된 포토레지스트 마스크를 제공하기 위해, 에칭되는 층 상으로 먼저 포토레지스트층이 형성될 수도 있다. 다음으로, 포토레지스트층이 포토레지스트 측벽을 가지는 포토레지스트 피쳐를 형성하기 위해 패터닝된다. 도 10b 는 포토레지스트 마스크 (1012) 의 평면도이다. 일반적으로, 리소그래피와 같은 제조 프로세스는 불규칙적으로 형성된 피쳐 (1014) 를 야기할 수도 있다. 점선 라인의 원 (1016) 은 포토레지스트 마스크 (1012) 가 제공된 레티클 패턴을 도시한다. 도시된 바와 같이, 실질적인 포토레지스트 개구는 피크 (1020; peak) 및 밸리 (1024; valley) 를 가지는 측벽을 가질 수도 있다. 원래의 레티클 패턴, 이 경우 원으로부터 파생되고, 측벽을 따라서 약간의 길이에 대해 종종 연장하는 불규칙한 형상을 야기하는 이들 피크 (1020) 및 밸리 (1024) 는 스트리에이션으로 지칭된다. 도시된 바와 같이, 포토레지스트 피쳐는 직경 S_p 를 가진다.

[0049] 포토레지스트 피쳐가 확대된다 (단계 908). 일 예에서, 포토레지스트 피쳐가 확대된 이후의 적층체의 단면도인 도 10c 에 도시된 바와 같이, 포토레지스트 피쳐 (1014) 의 스페이스 (1024) 가 에칭 이전의 포토레지스트 피쳐의 폭 "S_p" 보다 큰 폭 "S_e" 을 가지기 때문에, 포토레지스트 피쳐는 측면으로 에칭하는 것을 이용하여 확대된다. 도 10d 는 도 10c 의 포토레지스트 마스크 (1012) 의 평면도이다. 상세한 설명 및 특허청구범위에서, 측면 에칭은 피쳐를 형성하는 마스크의 측면 에칭으로서 정의되고, 여기서, 측면 에칭은 포토레지스트 피쳐 폭의 크기를 확대시킨다. 트렌치 마스크에 대해, 이러한 측면 에칭은 트렌치 마스크의 트리밍일 수도 있다. 또한, 이러한 측면 에칭은 마스크의 두께를 축소시킬 수도 있다. 바람직하게는, 측면 에칭은 포토레지스트 층 (1012) 하부에서 층을 에칭하지 않는다. 외부 점선 원 (1017) 은 측면 에칭 이후에 목표 피쳐 형상을 표시한다. 본 발명의 다른 실시형태는 포토레지스트 피쳐를 확대하지 않거나 또는 스트리에이션 감소 이후에 확대를 제공하지 않는다.

[0050] 스트리에이션이 감소된다 (단계 912). 도 11 은 이 단계의 더욱 상세한 흐름도이다. 도 11 에 도시된 바와 같이, 스트리에이션의 감소는 스트리에이션 피크를 에치 백하고 포토레니스트 피쳐의 측벽 상에 증착하는 단계를 포함하는 주기적인 프로세스의 일 주기 이상을 포함한다. 도 10e 는 스트리에이션 피크 (1020) 의 재 에칭 (단계 1104) 이후의 포토레지스트 층 (1012) 의 평면도를 나타낸다. 이론에 속하지 않고, 특정의 에칭 방법은 스트리에이션 피크를 선택적으로 에칭한다고 열려져 있다. 도 10e 에 도시된 바와 같이, 몇몇 스트리에이션 피크가 감소된다.

[0051] 도 10f 는 측벽 상에 증착한 이후 (단계 1108) 에 포토레지스트층 (1012) 의 평면도를 나타낸다. 도 10g 는 스트리에이션 피크를 에치 백하고 (단계 1104) 및 측벽 상에 증착하는 (단계 1108) 복수의 주기 이후의 포토레지스트 층 (1012) 의 평면도이다. 도시된 바와 같이, 스트리에이션 피크 (1020) 는 크게 감소되고, 스트리에이션 밸리 (1024) 는 현저하게 충진되며, 따라서 전반적인 스트리에이션은 현저하게 감소된다.

[0052] 다음으로, 도 10h 에 도시된 바와 같이, 피쳐 (1028) 는 포토레지스트 마스크 (1012) 를 통해서 에칭층 (1008) 으로 에칭된다 (단계 916). 그 후, 도 10i 에 도시된 바와 같이, 포토레지스트 마스크 (1012) 가 제거된다.

[0053] 실시예

[0054] 이 프로세스의 일 예에서, 패터닝된 포토레지스트층이 형성된다 (단계 904). 에칭층 (1008), ARC 층 (1010), 및 패터닝된 포토레지스트 마스크 (1012) 와 함께 기판 (1004) 은 에칭 챔버 내에 위치된다.

[0055] 도 12 는 포토레지스트 피쳐를 확대하고, 스트리에이션을 감소시키고, 에칭하고, 스트립하기 위해 이용될 수도 있는 프로세싱 챔버 (1200) 의 개략도이다. 플라즈마 프로세싱 챔버 (1200) 는 컴파인먼트 링 (1202), 상부 전극 (1204), 하부 전극 (1208), 가스 소스 (1210), 및 배출 펌프 (1220) 를 포함한다. 가스 소스 (1210) 는 증착 가스 소스 (1212) 및 에치 백 가스 소스 (1216) 를 포함한다. 가스 소스 (1210) 는 에칭 가스 소스 (1218) 와 같은 추가적인 가스 소스를 포함할 수도 있다. 플라즈마 프로세싱 챔버 (1200) 에서, 기판 (1004) 은 하부 전극 (1208) 상에 위치된다. 하부 전극 (1208) 은 기판 (1004) 을 유지하기 위해 적절한 기판 처킹 메커니즘 (예를 들어, 정전기, 기계적 클램핑 등) 을 통합하고 있다. 리액터 상부 (1228) 는 하

부 전극 (1208) 에 바로 대면하여 배치된 상부 전극 (1204) 을 통합하고 있다. 상부 전극 (1204), 하부 전극 (1208), 및 컴파인먼트 링 (1202) 은 한정된 플라즈마 체적을 정의한다. 가스 소스 (1210) 에 의해 가스가 한정된 플라즈마 체적으로 공급되고, 이 가스는 배출 펌프 (1220) 에 의해 배출 포트 및 컴파인먼트 링 (1202) 을 통해서 한정된 플라즈마 체적으로부터 배출된다. 제 1 RF 소스 (1244) 는 상부 전극 (1204) 에 전기적으로 접속된다. 제 2 RF 소스 (1248) 는 하부 전극 (1208) 에 전기적으로 접속된다. 챔버벽 (1252) 은 컴파인먼트 링 (1202), 상부 전극 (1204), 및 하부 전극 (1208) 을 둘러싼다. 제 1 RF 소스 (1244) 및 제 2 RF 소스 (1248) 모두는 27MHz 전원 및 2MHz 전원을 포함할 수도 있다. 전극으로 RF 전원을 접속하는 상이한 결합이 가능하다. 본 발명의 바람직한 실시형태에 이용될 수도 있는, Fremont, California 에 있는 LAM Research Corporation™ 가 제조한 Lam Research Corporation 의 DFC (Dual Frequency Capacitive) 시스템에서, 27MHz 전원 및 2MHz 전원 모두가 하부 전극에 접속되고 제 2 RF 전원 (1248) 을 구성하며, 상부 전극은 접지된다. 제어기 (1235) 는 RF 소스 (1244, 1248), 배출 펌프 (1220), 및 가스 소스 (1210) 에 제어 가능하게 접속된다. DFC 시스템은, 에칭되는 층 (1008) 이 실리콘 산화물, OSG (organo silicate glass) 또는 유기절연막과 같은 유전체층이다.

[0056] 포토레지스트 마스크 피처가 확대된다 (단계 908). 이러한 확대 프로세스는, 예를 들어, CF_4, H_2, NF_3, $C_xH_yF_z$, 및 O_2 중 적어도 하나의 확대 가스를 이용한다. 마스크 피처 확대에 대한 방법의 일 예에서는, 에칭 챔버 또는 1 내지 300mT 의 플라즈마 프로세싱 챔버 압력을 제공한다. 27MHz 의 플라즈마 프로세싱 챔버에는 50 내지 800Watt 의 전력이 공급된다. 플라즈마 프로세싱 챔버에 0 내지 200sccm 의 CF_4 및 5 내지 300sccm 의 O2 가 제공된다. 더욱 바람직하게는, 마스크를 측면으로 에칭하기 위한 압력은 20 내지 150mT 사이에 있다.

[0057] 스트리에이션이 감소된다 (단계 912). 도 11 에 도시된 주기의 다수의 주기를 이용하여, 스트리에이션 피크를 에치 백하는 단계 (단계 1104) 에 대한 일 예의 방법은 100sccm 의 CF_4 와 같은 가스를 함유하는 할로겐 (즉, 플루오르, 브롬, 염소) 을 제공한다. 이 예에서, CF_4 는 에치 백하는 동안 제공된 가스이다. 20mTorr 의 압력은 챔버로 공급된다. 제 2 RF 소스 (448) 는 27MHz 의 주파수에서 600Watt 및 2MHz 의 주파수에서 0Watt 를 제공한다.

[0058] 측벽 상에 증착하는 단계 (단계 1108) 의 일 예는 150sccm 의 CH_3F, 75sccm 의 N_2, 및 100sccm 의 Ar 의 흐름을 제공한다. 압력은 80mTorr 으로 설정된다. 기판은 20℃ 의 온도에서 유지된다. 제 2 RF 소스 (448) 는 27MHz 주파수에서 400Watt 및 2MHz 주파수에서 0Watt 를 제공한다.

[0059] 다음으로, 피처는 에칭층으로 에칭된다 (단계 916). 에칭되는 층의 일 예는 SiN, SiC, 산화물, 또는 저유전율 유전체와 같은 종래의 에칭층일 수도 있다. 종래의 에칭 방법이 에칭되는 층을 에칭하도록 이용될 수도 있다.

[0060] 마스크를 제거하기 위해 (단계 920), 산소 애싱이 이용될 수도 있다.

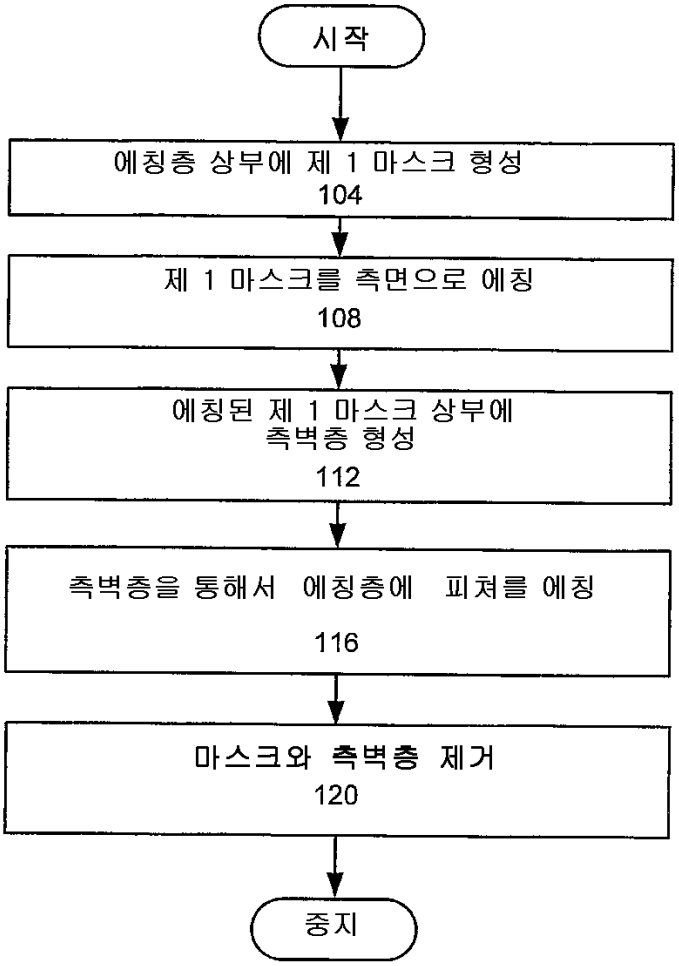
[0061] 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 포토레지스트 피처의 확대, 스트리에이션의 감소, 에칭층으로 피처의 에칭은 동일한 에칭 챔버 내에서 인-시츄로 수행된다. 바람직하게는, 스트리에이션을 감소하는 것은 3 주기 이상으로 수행된다. 더욱 바람직하게는, 스트리에이션을 감소하는 것은 5 주기 이상으로 수행된다.

[0062] 바람직하게는, 증착은 포토레지스트 피처의 측벽 상에 탄화수소 및 플루오르화 탄소 중 적어도 하나의 증착을 유발하는 탄화 수소 및 플루오르화 탄소 중 적어도 하나를 함유하는 가스를 공급한다.

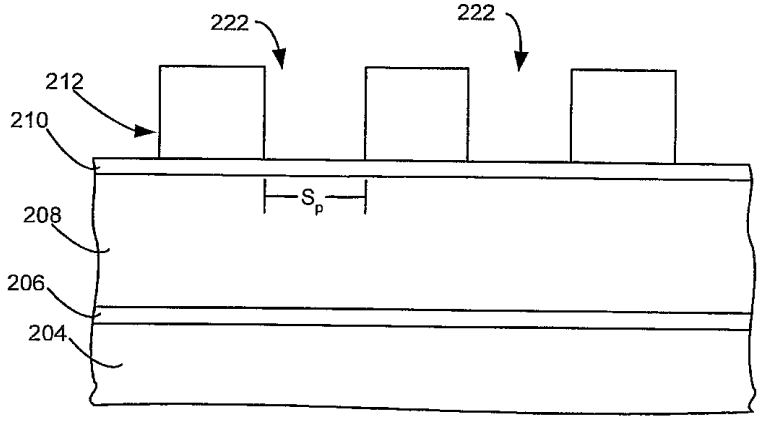
[0063] 본 발명은 몇몇 바람직한 실시형태에 대해 설명되고, 본 명세서에는 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 대안, 변경, 변형, 및 다양한 치환 동등물이 있다. 또한, 본 발명의 방법 및 장치를 구현하는 수많은 방법이 명시된다. 따라서, 이하 첨부된 특허청구범위는 본 발명의 정신 및 범위 내에서 이러한 대안, 변경, 변형, 및 다양한 치환 동등물을 모두 포함하도록 의도된다.

도면

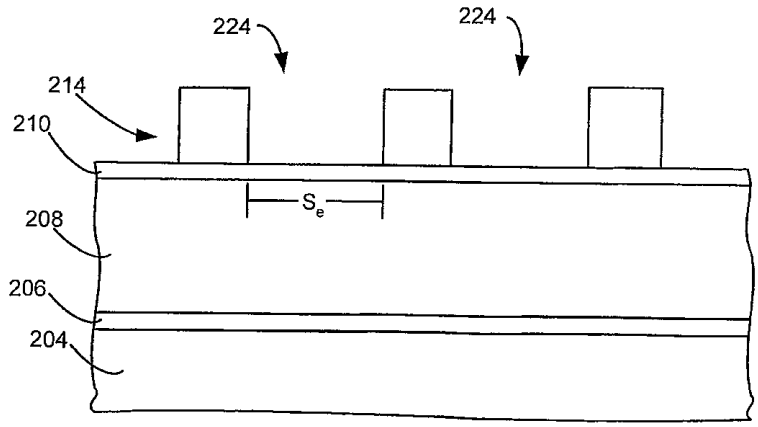
도면1


시작
에칭층 상부에 제 1 마스크 형성
104
제 1 마스크를 측면으로 에칭
108
에칭된 제 1 마스크 상부에
측벽층 형성
112
측벽층을 통해서 에칭층에 피쳐를 에칭
116
마스크와 측벽층 제거
120
중지

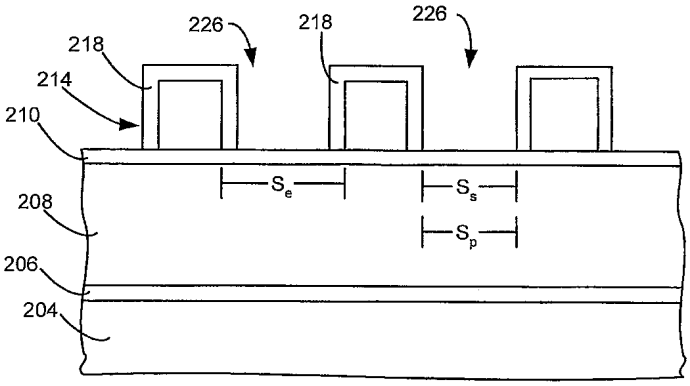
도면2a


222
222
212
210
S_p
208
206
204

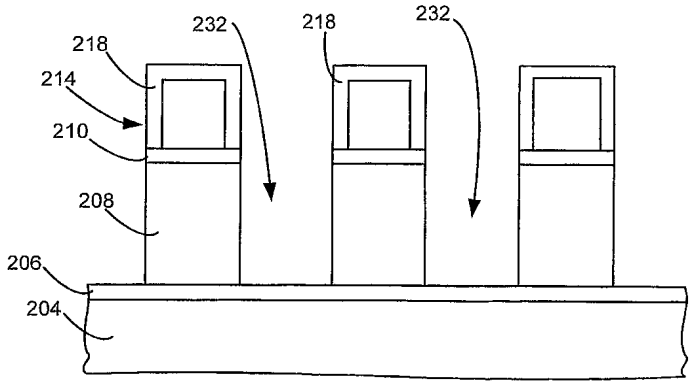
도면2b



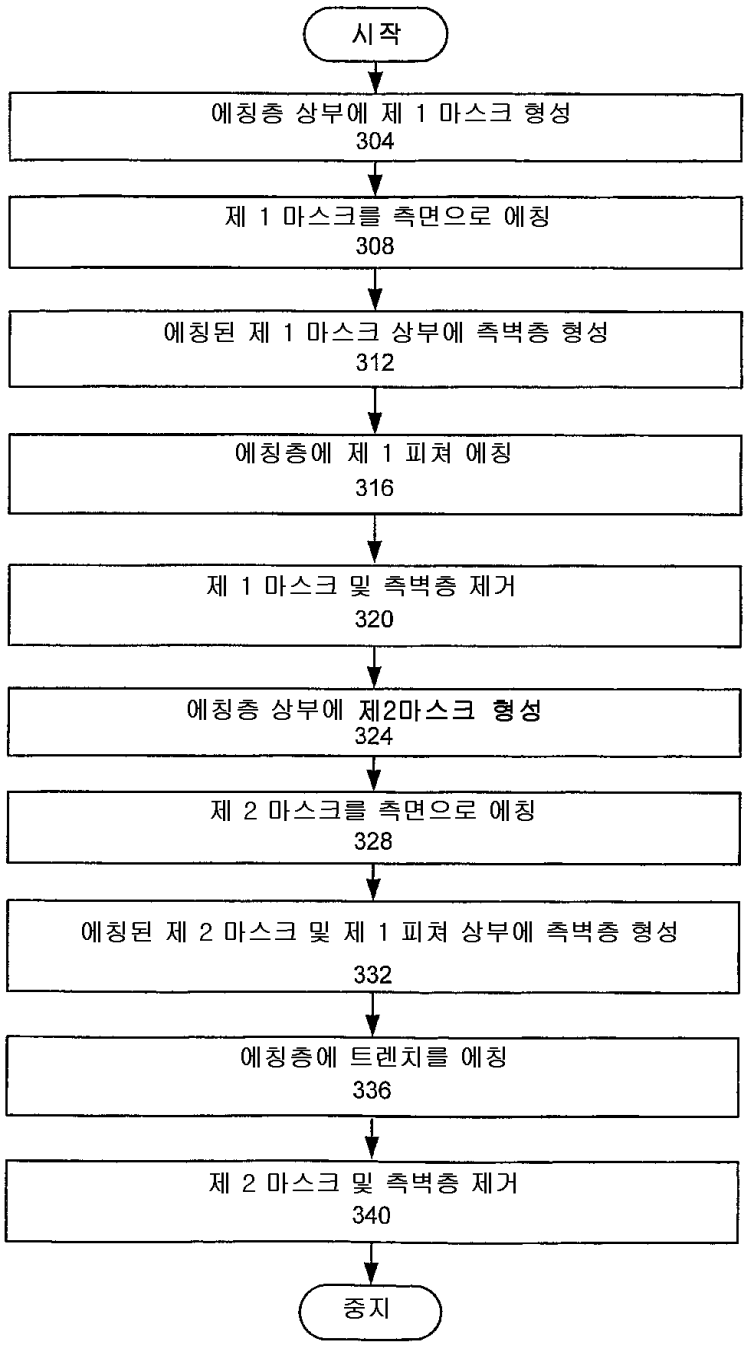
도면2c



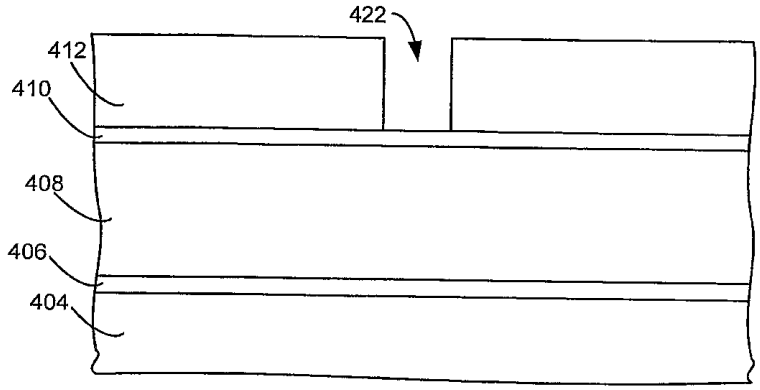
도면2d



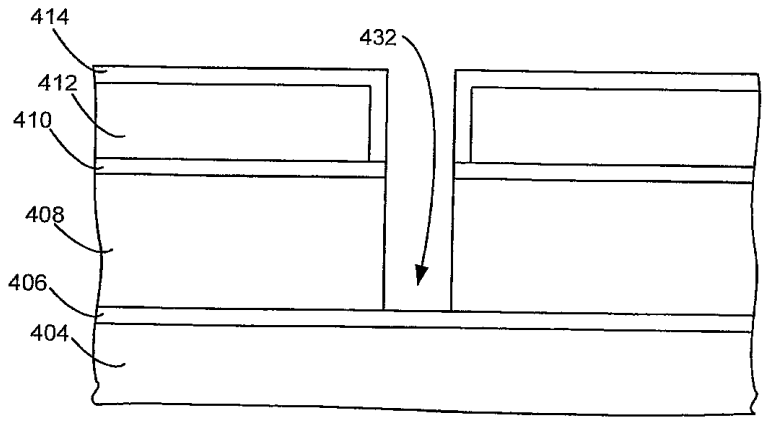
도면3


시작
에칭층 상부에 제 1 마스크 형성
304
제 1 마스크를 측면으로 에칭
308
에칭된 제 1 마스크 상부에 측벽층 형성
312
에칭층에 제 1 피쳐 에칭
316
제 1 마스크 및 측벽층 제거
320
에칭층 상부에 제2마스크 형성
324
제 2 마스크를 측면으로 에칭
328
에칭된 제 2 마스크 및 제 1 피쳐 상부에 측벽층 형성
332
에칭층에 트렌치를 에칭
336
제 2 마스크 및 측벽층 제거
340
중지

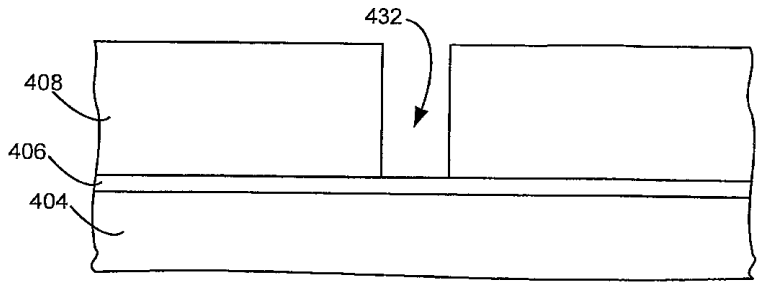
도면4a



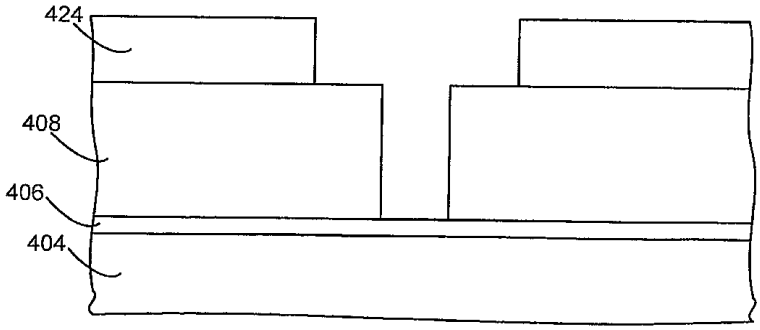
도면4b



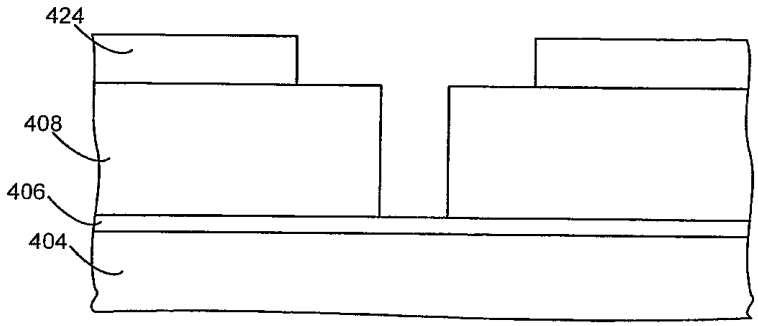
도면4c



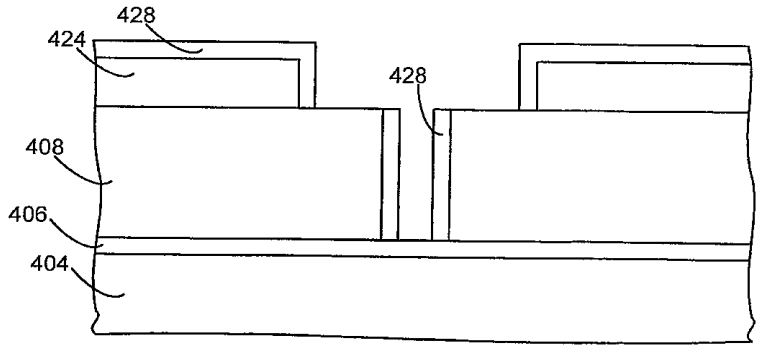
도면4d



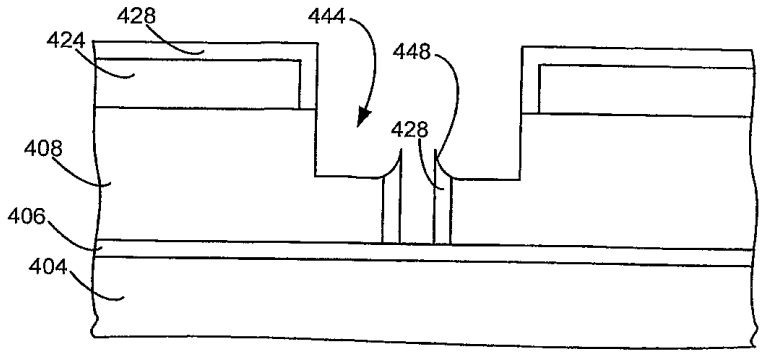
도면4e



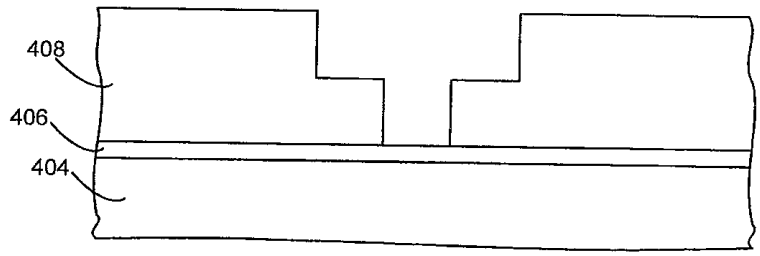
도면4f



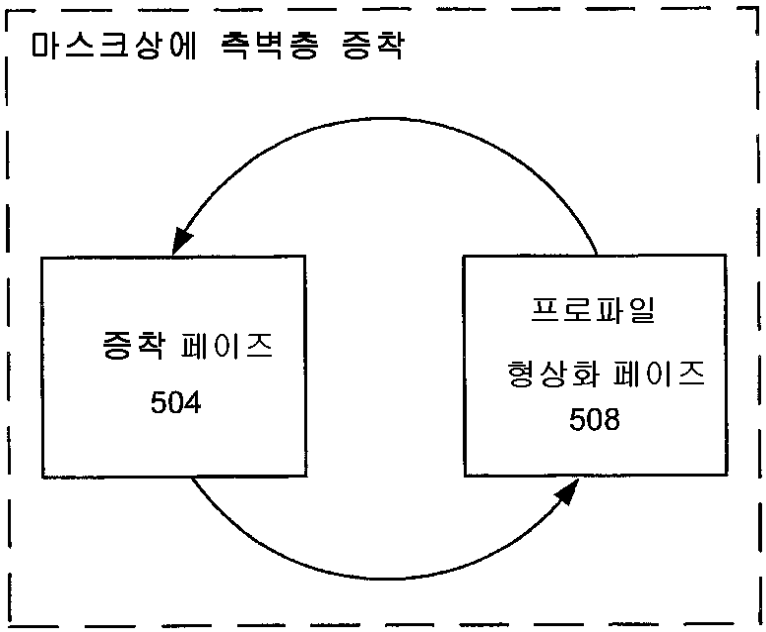
도면4g



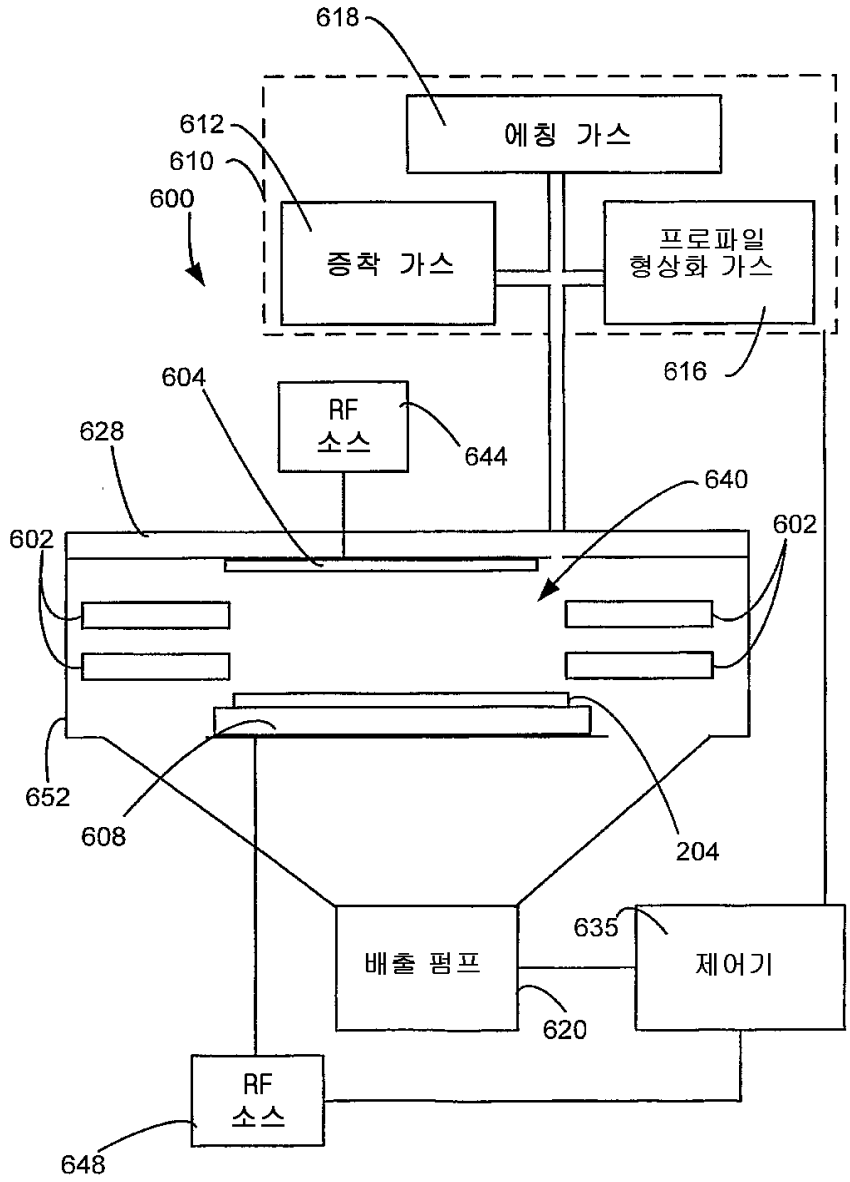
도면4h



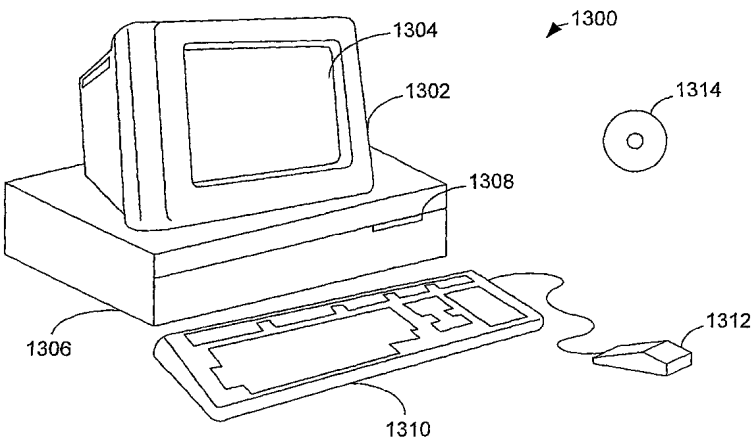
도면5



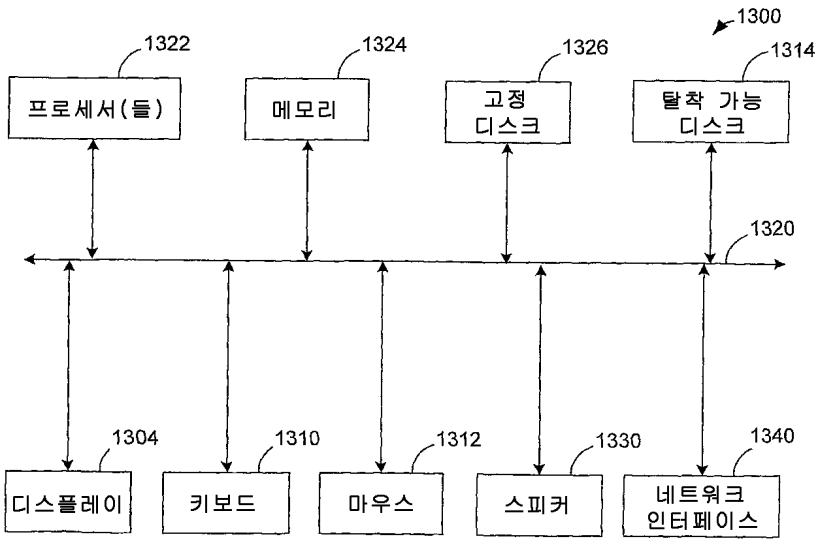
도면6


618
에칭 가스
612
610
600
증착 가스
프로파일
형상화 가스
616
604
RF
소스
644
628
640
602
602
652
608
204
635
배출 펌프
제어기
620
RF
소스
648

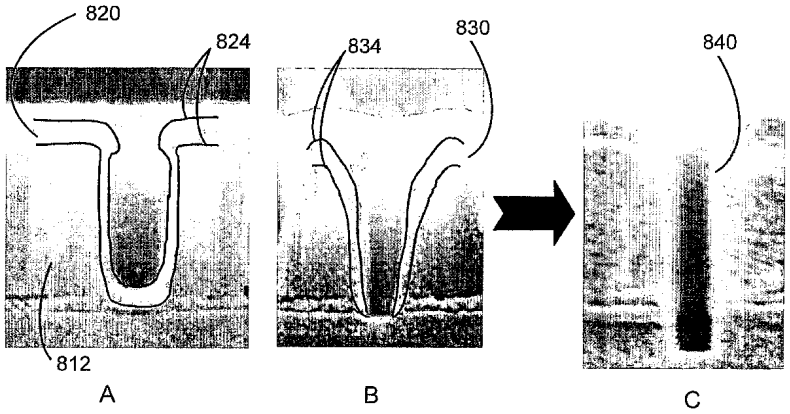
도면7a


1300
1304
1302
1314
1308
1306
1312
1310

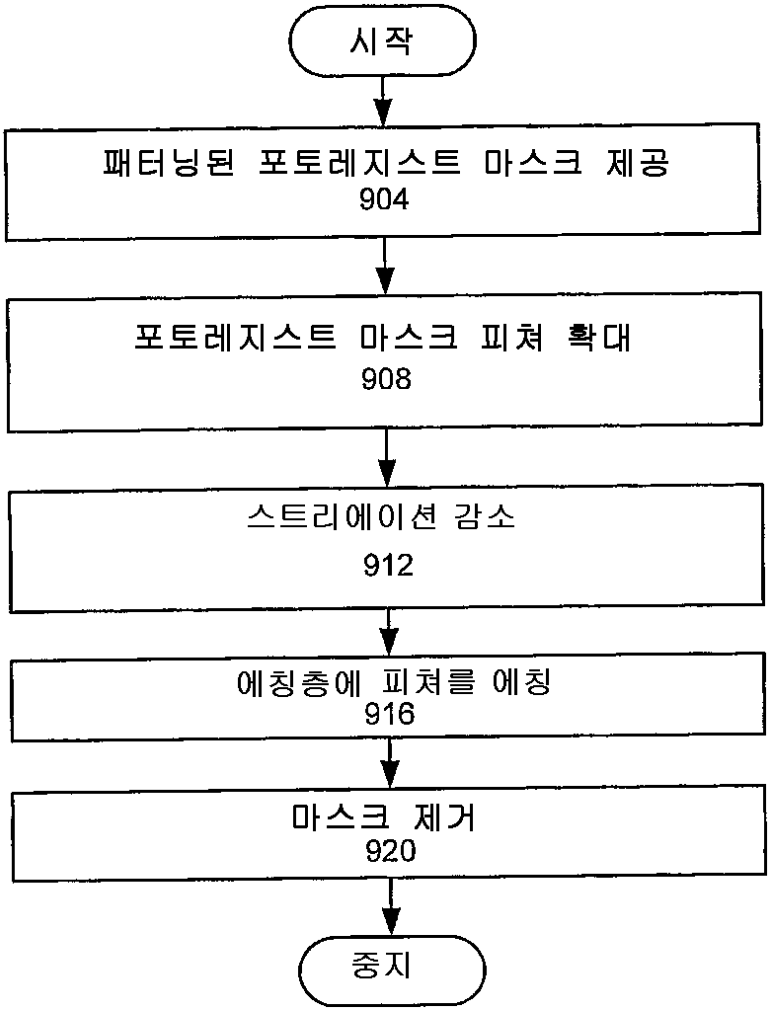
도면7b


1300
1322
1324
1326
1314
프로세서(들)
메모리
고정 디스크
탈착 가능 디스크
1320
1304
1310
1312
1330
1340
디스플레이
키보드
마우스
스피커
네트워크 인터페이스

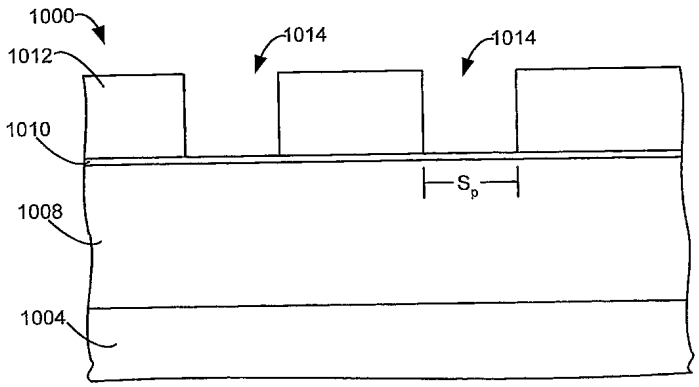
도면8


820
824
812
834
830
840
A
B
C

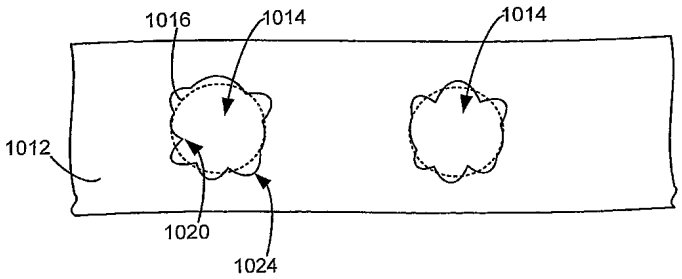
도면9


시작
패터닝된 포토레지스트 마스크 제공
904
포토레지스트 마스크 피쳐 확대
908
스트리에이션 감소
912
에칭층에 피쳐를 에칭
916
마스크 제거
920
중지

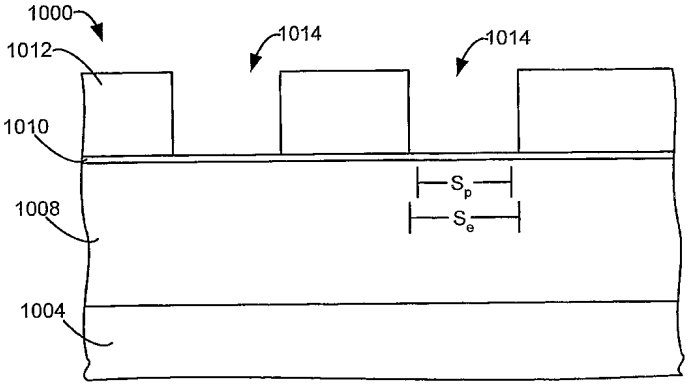
도면10a


1000
1012
1014
1014
1010
S_p
1008
1004

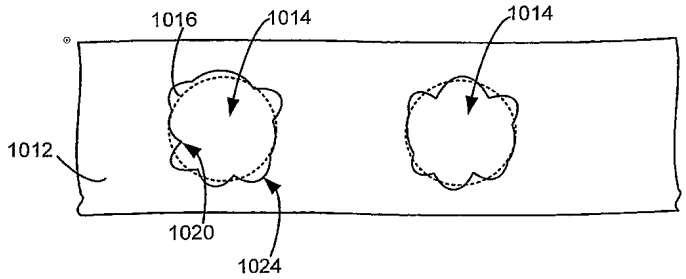
도면10b



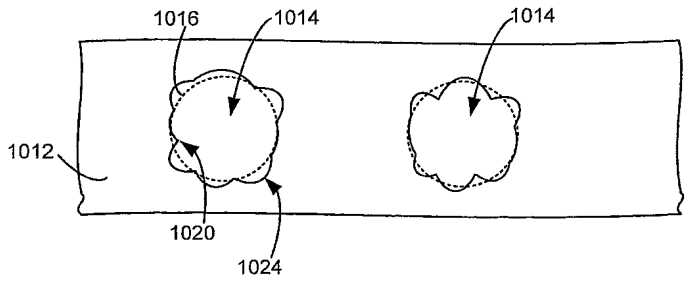
도면10c



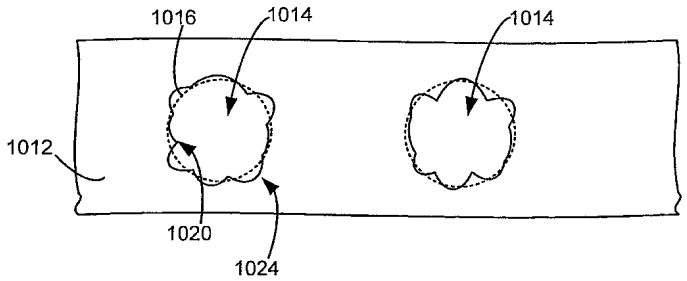
도면10d



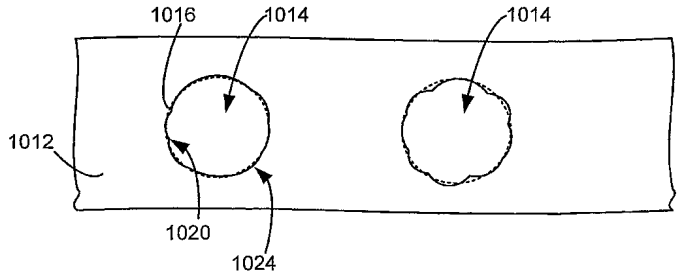
도면10e



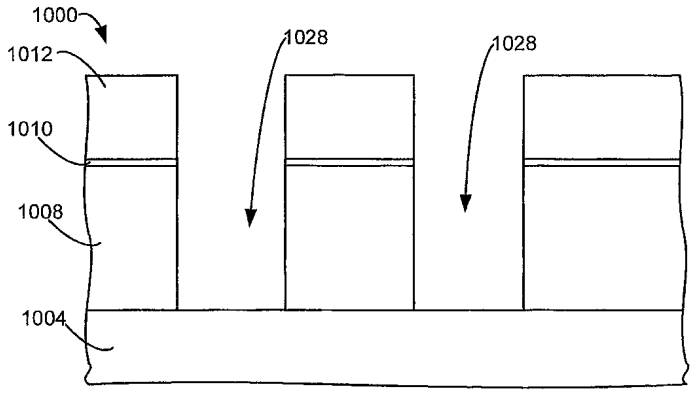
도면10f



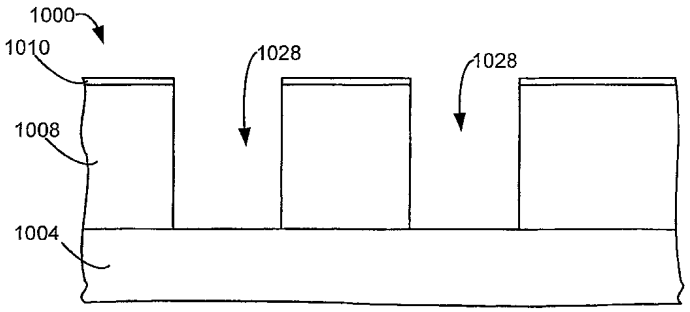
도면10g



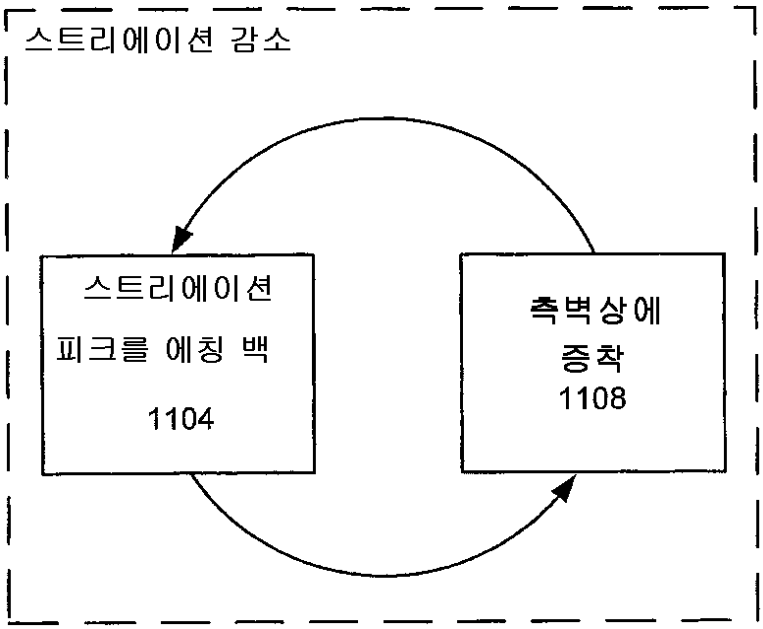
도면10h



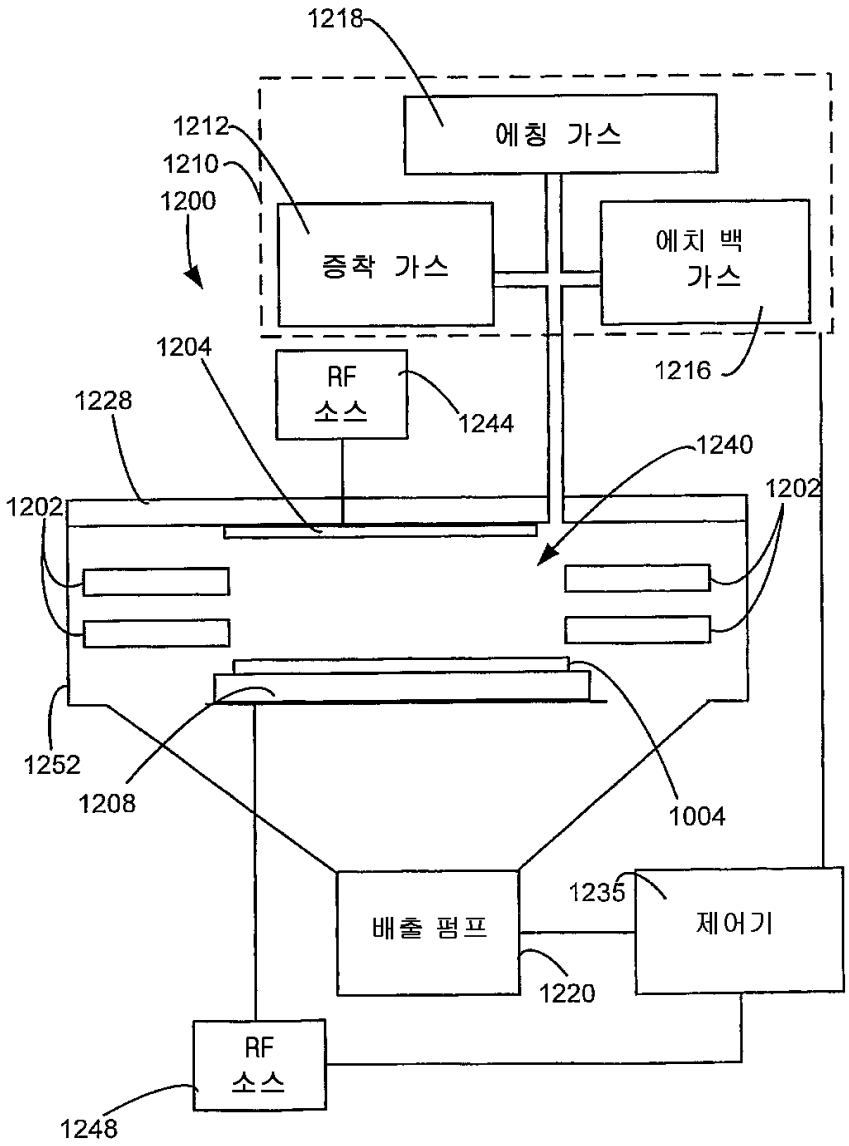
도면10i



도면11



도면12


1218
에칭 가스
1212
1210
1200
증착 가스
에치 백 가스
1204
RF 소스
1244
1216
1228
1240
1202
1202
1252
1208
1004
배출 펌프
1235
제어기
1220
RF 소스
1248