



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.

H01L 21/311 (2006.01)

H01L 21/3213 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2007-0051846

(43) 공개일자

2007년05월18일

(21) 출원번호 10-2007-7002485

(22) 출원일자 2007년01월31일

심사청구일자 없음

번역문 제출일자 2007년01월31일

(86) 국제출원번호 PCT/US2005/023943

(87) 국제공개번호 WO 2006/025944

국제출원일자 2005년06월30일

국제공개일자 2006년03월09일

(30) 우선권주장 10/926,404 2004년08월26일 미국(US)

(71) 출원인  
 동경 엘렉트론 주식회사  
 일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고  
 인터내셔널 비지네스 머신즈 코포레이션  
 미국 10504 뉴욕주 아몬크 뉴오차드 로드

(72) 발명자  
 시아 애니 와이  
 미국 매사추세츠주 01940 린필드 유닛 170 살렘 스트리트 1200  
 모치키 히로마사  
 일본 야마나시 400-0851 고후시 아파트 1-디 스미요시 5-16-33  
 마호로와라 엘판 피  
 미국 뉴욕주 10708 브롱스빌 브롱스빌 로드 475

(74) 대리인  
 송승필  
 김태홍

전체 청구항 수 : 총 30 항

## (54) 게이트 스택 에칭을 위한 방법 및 시스템

## (57) 요약

가변 에칭 저항성 무반사(Tunable Etch Resistant Anti-reflective; TERA) 코팅의 방법 및 시스템이 설명된다. TERA 코팅은 예컨대 하드 마스크 또는 리소그래피 구조체를 보완하기 위한 무반사 코팅으로 이용될 수 있다. TERA 코팅은 구조식 R:C:H:X를 포함하되, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나로 구성된 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상으로 구성된 그룹으로부터 선택된다. 필름 스택 안의 구조체가 형성되는 동안, 패턴은 SF<sub>6</sub> 기반의 에칭 화학을 갖는 건식 플라스마 에칭을 사용해 TERA 코팅에 전사된다.

대표도

도 2A

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

기판 상에 구조체를 형성하는 방법에 있어서,

상기 기판 상에 가변 예칭 저항성 무반사(TERA) 코팅을 형성하는 단계 - 상기 TERA 코팅은 구조식 R:C:H:X로 정의되는 구조체를 가지며, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택됨 -;

상기 TERA 코팅 상에 감광성 재료층을 형성하는 단계;

상기 감광성 재료층에 패턴을 형성하는 단계; 및

적어도  $SF_6$ 을 포함하는 예칭 처리를 사용하여 상기 패턴을 상기 TERA 코팅에 전사하는 단계를 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 예칭 처리는 산소 함유 가스를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 예칭 처리는  $O_2$ , CO 및  $CO_2$  중 적어도 하나를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 예칭 처리는 불활성 가스를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 예칭 처리는 희가스(Noble gas)를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 예칭 처리는 할로겐 함유 가스를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

### 청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 예칭 처리는  $Cl_2$ , HBr,  $CHF_3$  및  $CH_2F_2$  중 적어도 하나의 사용을 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

**청구항 8.**

제 1 항에 있어서, 상기 에칭 처리는 플로오르카본 함유 가스를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

**청구항 9.**

제 8 항에 있어서, 상기 에칭 처리는 구조체  $C_xF_y$ (여기서 x와 y는 1 이상의 정수)을 가지는 가스를 더 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

**청구항 10.**

제 1 항에 있어서, 상기 에칭 처리는 압력, 온도, RF 전력 중 적어도 하나의 세팅(setting)을 포함하는 것인 기판 상의 구조체 형성 방법.

**청구항 11.**

TERA 코팅을 예칭하는 방법에 있어서,

플라스마 처리 시스템에 기판을 배치하는 단계 - 상기 기판은 상기 TERA 코팅을 구비하며, 상기 TERA 코팅은 구조식 R:C:H:X로 정의되는 구조체를 가지고, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택됨 -;

적어도  $SF_6$ 을 함유하는 처리 가스를 도입하는 단계;

상기 처리가스로부터 플라스마를 형성하는 단계; 및

상기 기판을 상기 플라스마에 노출시키는 단계를 포함하는 것인 TERA 코팅 예칭 방법.

**청구항 12.**

제 11 항에 있어서, 상기 처리 가스는 산소 함유 가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 예칭 방법.

**청구항 13.**

제 12 항에 있어서, 상기 처리 가스는  $O_2$ , CO 및  $CO_2$  중 적어도 하나를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 예칭 방법.

**청구항 14.**

제 11 항에 있어서, 상기 처리 가스는 불활성 가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 예칭 방법.

**청구항 15.**

제 14 항에 있어서, 상기 처리 가스는 희가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 예칭 방법.

**청구항 16.**

제 11 항에 있어서, 상기 처리 가스는 할로겐 함유 가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 에칭 방법.

**청구항 17.**

제 16 항에 있어서, 상기 처리 가스는  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{CHF}_3$  및  $\text{CH}_2\text{F}_2$  중 적어도 하나를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 에칭 방법.

**청구항 18.**

제 11 항에 있어서, 상기 처리 가스는 플로오르카본 함유 가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 에칭 방법.

**청구항 19.**

제 18 항에 있어서, 상기 처리 가스는 구조체  $\text{C}_x\text{F}_y$ (여기서 x와 y는 1 이상의 정수)을 가지는 가스를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 에칭 방법.

**청구항 20.**

제 11 항에 있어서, 상기 처리 가스를 도입하는 단계는 압력, 온도, RF 전력 중 적어도 하나를 세팅(setting)하는 단계를 더 포함하는 것인 TERA 코팅 에칭 방법.

**청구항 21.**

기판 상의 TERA 코팅을 에칭하기 위한 플라스마 처리 시스템에 있어서,

처리 챔버;

상기 처리 챔버내에 위치하고, 상기 기판을 지지하도록 구성된 기판 홀더 - 상기 기판은 구조식  $\text{R:C:H:X}$ 로 정의되는 구조체를 가지는 TERA 코팅을 포함하고, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택됨 -;

상기 처리 챔버에 연결되고, 적어도  $\text{SF}_6$ 을 함유하는 처리 가스를 도입하도록 구성되는 가스 주입 시스템; 및

상기 처리 챔버에 연결되고, 상기 처리 가스로부터 플라스마를 형성하도록 구성되는 플라스마 소스를 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 22.**

제 21 항에 있어서, 상기 처리 가스는 산소 함유 가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 23.**

제 22 항에 있어서, 상기 처리 가스는 O<sub>2</sub>, CO 및 CO<sub>2</sub> 중 적어도 하나를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 24.**

제 21 항에 있어서, 상기 처리 가스는 불활성 가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 25.**

제 24 항에 있어서, 상기 처리 가스는 희가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 26.**

제 21 항에 있어서, 상기 처리 가스는 할로겐 함유 가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 27.**

제 26 항에 있어서, 상기 처리 가스는 Cl<sub>2</sub>, HBr, CHF<sub>3</sub> 및 CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 중 적어도 하나를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 28.**

제 21 항에 있어서, 상기 처리 가스는 플로오르카본 함유 가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 29.**

제 28 항에 있어서, 상기 처리 가스는 구조체 C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>(여기서 x와 y는 1 이상의 정수)을 가지는 가스를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**청구항 30.**

제 21 항에 있어서, 상기 가스 주입 시스템에 연결되고 상기 처리 가스의 유량(flow rate)을 제어하도록 구성되는 제어기를 더 포함하는 것인 플라스마 처리 시스템.

**명세서****기술분야**

본 PCT 출원은, 2004년 8월 26일 출원된 미국 정규 특허 출원 제10/926,404호의 우선권 주장에 기초하는 것이며, 그 전체 내용이 참조를 위해 본원에 포함된다.

본 발명은 반도체 소자의 공정 중 게이트 스택을 에칭하는 방법에 관한 것으로, 특히 가변 에칭 저항성 무반사(Tunable Etch Resistant Anti-reflective; TERA) 코팅의 에칭을 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

## 배경기술

재료 처리 방법론에 있어, 패턴 에칭은 포토레지스트와 같은 감방사선성(radiation-sensitive) 재료의 패턴화된 마스크를 기판 상부면 위의 박막(thin film)에 적용하는 과정과, 마스크 패턴을 에칭에 의해 하부 박막으로 전사하는 과정을 포함한다. 감방사선성 재료의 패터닝은 일반적으로 감방사선성 재료의 박막으로 기판의 상부면을 코팅하는 과정과, 그 후 상기 감방사선성 재료의 박막을, 예컨대 포토리소그래피 시스템(photolithography system)을 이용하여, 레티클(reticle)(및 관련된 광학)을 통해 방사선원에 노출시키는 과정을 포함한다. 이후, 현상 처리(developing process)가 수행되며, 이 처리 동안 염기성의 현상 용액(developing solution) 또는 용매를 사용하여, 포지티브 포토레지스트의 경우와 같이 감방사선성 재료의 조사영역의 제거가 일어나거나 또는 네가티브 포토레지스트의 경우와 같이 감방사선성 재료의 비조사영역의 제거가 일어난다. 남은 감방사선성 재료들은, 표면으로 에칭될 준비가 되어 있는 패턴에 하부의 기판면을 노출시킨다. 위에서 설명한 재료 처리 방법론을 수행하기 위한 포토리소그래피 시스템은 지난 30년 동안 반도체 소자 패터닝의 중심이 되어 왔고, 해상도를 65nm 이하로 낮추며 그 역할을 이어갈 것으로 기대된다.

포토리소그래피 시스템의 해상도( $r_o$ )는 시스템을 이용해 만들 수 있는 디바이스의 최소 사이즈를 결정한다. 주어진 리소그래피 상수  $k_1$ 을 가질 때 해상도는 식 1에 의해 주어지고,

$$r_o = k_1 \lambda / \text{NA} \quad (\text{식 1})$$

여기서  $\lambda$ 는 동작 파장이고, NA는 식 2에서 주어진 수치적 어퍼처(aperture)이다.

$$\text{NA} = n \cdot \sin\theta_o \quad (\text{식 2})$$

각  $\theta_o$ 는 상기 시스템의 세미 어퍼처 각(angular semi-aperture)이고,  $n$ 은 상기 시스템과 패턴화된 기판 사이의 공간을 채우는 재료의 굴절 인덱스이다.

더욱더 작은 구조체를 인쇄하기 위해, 현재의 리소그래피 기술 동향은 수치적 어퍼처(NA)를 크게 하는 데에 있다. 그러나 커진 NA는 더 높은 해상도를 갖게 하지만, 감광성 재료에 투영되는 이미지의 포커스 깊이는 작아지고, 이는 더 얇은 마스크 층이 되게 한다. 감광성 층의 두께가 얇아짐에 따라, 패턴화된 감광성 층은 패턴 에칭을 위한 마스크로서 덜 효과적이 된다. 즉, 대다수의 (감광성) 마스크 층이 에칭하는 동안 부식된다. 에칭 선택도(etch selectivity)의 극적인 개선이 없으면, 단일층 마스크는 필요한 리소그래피 방법 및 고해상도 리소그래피에 적당한 에칭 특성을 제공하는데 있어 결함이 있게 된다.

단일층 마스크의 추가적 결점은 임계 치수(Critical Dimension; CD)의 제어에 있다. 자외선(UV) 및 원자외선(DUV)의 파장에서 기판 반사는, 박막 간섭 때문에 감광성 층에서 정재파(standing wave)를 유발시킨다고 알려져 있다. 이 간섭은 노출되는 동안, 감광성 층에서 광도(light intensity)의 주기적 변화에 따라 나타내어, 감광성 층의 수직적으로 간격이 두어진 스트라이에이션(striation) 및 임계 치수의 손실을 유발시키게 된다.

후속의 패턴 에칭 전사를 위한 더 두꺼운 마스크를 제공하는 것뿐만 아니라, 감광성 층에서의 정재파 효과를 해결하기 위해, 이중층 또는 다중층 마스크가 하부 무반사 코팅(Bottom Anti-Reflective Coating; BARC)을 통합하도록 형성될 수 있다. BARC 층은 박막 간섭을 줄이기 위해 흡수 박막을 포함하나, BARC 층은 부분적으로 스핀온(spin-on) 증착 기술 때문에, 열악한 두께 균일도를 포함하는 몇몇의 제약들을 받을 수 있다.

하드 마스크는 또한 임계 치수 유지의 개선을 제공하도록 이용될 수 있다. 하드 마스크는, 감광성 층만 있을 때보다 더 나은 에칭 선택도를 제공하기 위해 감광성 층 아래에 제공되는 기상 증착에 의한 박막일 수 있다. 상기 하드 마스크 재료의 에칭 선택도는, 더 깊은 에칭 처리(etch process)를 허용하면서도 더 높은 해상도를 가지게 하는, 더 얇은 마스크의 사용을 허용한다. 그러나 본 발명자는 종래의 하드 마스크의 사용이 에칭 처리에 있어, 더욱 작아진 구조를 갖는 차세대 디바이스에서의 사용을 제약하는 한정된 에칭 선택도와 회복력(resilience)을 가지고 있음을 인식하였다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명의 하나의 양태는 위에서 설명한 문제점들의 전부 또는 일부를 제거하거나 줄이기 위함이다.

본 발명의 다른 목적은 에칭 특성을 개선하기 위한 층의 에칭 방법을 제공하기 위함이다.

본 발명의 또 다른 양태는 가변 에칭 저항성 무반사(Tunable Etch Resistant Anti-reflective; TERA) 코팅 에칭 방법을 제공하는 것이다.

또 다른 양태에 따르면, 기판 상에 TERA 코팅을 형성하는 것을 포함하는, 기판 상에 구조체를 형성하는 방법이 기재되어 있으며, 상기 TERA 코팅은 구조식 R:C:H:X를 포함하되, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택된다. 감광성 재료층은 TERA 코팅 상에서 형성된다. 패턴은 상기 감광성 재료층에서 형성되고, 상기 패턴은 SF<sub>6</sub>을 함유하는 에칭 처리를 이용해 박막으로 전사된다.

또 다른 양태에 따르면, TERA 코팅을 에칭하는 방법은 플라스마 처리 시스템(plasma processing system)에 기판 배치를 포함하는데, 여기서 기판은 TERA 코팅을 포함하고 있고, TERA 코팅은 구조식 R:C:H:X를 포함하되, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택된다. 처리 가스는 SF<sub>6</sub>가스를 함유하는 것으로 도입되고, 플라스마는 상기 처리 가스로부터 형성되고, 상기 기판은 상기 플라스마로 노출된다.

또 다른 양태에 따라, 기판 상의 TERA 코팅 에칭을 위한 플라스마 처리 시스템이 설명된다. 상기 시스템은 처리 챔버, 기판 홀더, 가스 주입 시스템 및 플라스마 소스(plasma source)를 포함하며, 상기 기판 홀더는 처리 챔버에 연결되고, 기판을 지지하도록 구성되는데, 여기서 기판은 구조식 R:C:H:X을 가지는 TERA 코팅을 포함하고, 여기서 R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택되며, 상기 가스 주입 시스템은 처리 챔버에 연결되고 SF<sub>6</sub>가스를 함유하는 처리 가스를 들여오도록 구성되고, 상기 플라스마 소스는 처리 챔버에 연결되고, 처리 가스로부터 플라스마를 형성하도록 구성된다.

### 실시예

상기한 바와 같이 하드 마스크의 사용은 리소그래피 구조를 보완하기 위해 채택되었고, 임계 치수의 명세(specification)가 엄격한 경우의 적용에 이용될 수 있다. 하드 마스크의 한 종류로 구조식 R:C:H:X을 가지는 것으로 광범위하게 분류될 수 있는데, 여기서 R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택된다. 그러한 하드 마스크는 가변 에칭 저항성 무반사(tunable etch resistant anti-reflective; TERA) 코팅으로 언급될 수 있다. 이러한 TERA 코팅은, 기판의 광학 특성을 이미징(imaging) 감광성 층과 정합시키기 위해 필름 두께에 따라 선택적으로 등급화될 수 있는, 가변적인 굴절율 및 소광계수(extinction coefficient)를 가지도록 생산될 수 있다. 인터내셔널 비지네스 머신즈 코포레이션에게 양도된 미국특허 제6,316,167호는, 전문이 본원에 참조에 의해 포함되어 있고, 그렇게 설명하고 있다. 이 특허에서 기재되어 있는 바와 같이, TERA 필름은 게이트 공정 같은 전처리(frontend of line; FEOL) 공정을 위한 리소그래피 구조체에서 사용되는데, 여기서 임계 치수의 제어는 매우 중요하다. 이러한 응용에 있어서, TERA 코팅이 65nm 디바이스 노드 및 그보다 작은 디바이스 노드에서의 게이트 장치 형성을 위한 리소그래피 구조체에 실질적인 개선을 제공한다.

상기한 바와 같이 재료 처리 방법론에 있어, 리소그래피 구조체를 이용하는 패턴 에칭은 일반적으로 기판의 상부면에 포토레지스트와 같은 감광성 재료의 얇은 층의 적용을 포함하는데, 이 기판은 에칭 처리중에 패턴을 하부 하드 마스크로 전사하기 위한 마스크를 제공하기 위해서 후속해서 패턴화된다. 그러나 본 발명자는 TERA 코팅과 같은 종래의 하드 마스크 막들은 종래의 에칭 화학(etch chemistry)을 이용하는 공정 과정에서 손상될 수 있음을 발견하였다. 예를 들면, CHF<sub>3</sub>/N<sub>2</sub> 또는 CHF<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>와 같은 CHF<sub>3</sub> 기반의 에칭 화학은, TERA 코팅과 그 아래에 있는 층간의 낮은 에칭 선택도, 안좋은 측벽 프로파일(sidewall profile) 제어 및 과도 증착을 야기할 수 있다. 또한, 예를 들면, Cl<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>/CHF<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 또는 Cl<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>와 같은 Cl<sub>2</sub>기반의 에칭 화학은, 하부의 층뿐만 아니라 포토레지스트에도 낮은 에칭 선택도와 프로파일의 언더커팅(undercutting)을 야기한다. 본 발명자는 다른 에칭 화학이 개선된 에칭 특성을 제공할 수 있음을 발명해냈다.

도 1A 및 도 1B는 TERA 코팅과 같은 하드 마스크층을 위한 종래의 에칭 처리를 보여주고, 여기에 본 발명이 적용된다. 도 1A에서 도시된 바와 같이, 필름 스택(100)은 기판(101), 기판(101) 위에 형성된 TERA 코팅과 같은 박막(102), 및 박막(102) 위에 형성된 감광성 재료층(104)을 가지고 형성된다. 패턴(106)은 종래의 리소그래피 기술을 이용해 감광성 재료층(104)에서 형성될 수 있다. 도 1B에서 보이듯이 감광성 층(104)에서의 (106)은 에칭 과정을 이용해 박막(102)으로 전사된

다. 또한, 예를 들면, 본 발명은 도 2A 및 도 2B에 도시된 필름 스택(110)과 같은 게이트 스택에 적용될 수 있다. 거기에, 필름 스택(110)은, 기판(111), 산화실리콘 층 또는 높은 유전상수의 산화층과 같은 게이트 산화층(112), 게이트 폴리실리콘 층(114), 질화실리콘 층과 같은 질화층(116), 산화층(118), TERA 코팅과 같은 하드 마스크(120), Si,C,O,H를 포함하는 층과 같은 캡 층(cap layer)(122), 및 감광성 재료층(124)을 갖도록 형성된다. 패턴(126)은 종래의 리소그래피 기술을 이용하여 감광성 재료층(124)에서 형성될 수 있다. 도 2B에서 보이듯이, 감광성 층(124)에서의 패턴(126)은 에칭 과정을 이용하여 캡 층(122) 및 하드 마스크(120)에 전사된다.

본 발명의 한 실시예에 의하면,  $SF_6$ 를 포함하는 처리 가스가 플루오르화 플라스마(fluorinate plasma)의 형성을 위한 플라스마 처리 시스템에 도입된다. 그 후, 포토레지스트와 같은 감광성 재료의 패턴화된 층을 가지는 기판이, 패턴을 하부 TERA 코팅에 전사시키기 위해 플라스마로 노출된다. 본 발명자는  $SF_6$  기반의 에칭 화학을 이용하여 TERA 코팅을 에칭하는 것이 하드 마스크의 에칭 특성을 개선시키는 것을 발견하였다.

또 다른 실시예에서, 이제 도 3을 참조하면, 필름 스택에 있어서 TERA 코팅을 에칭하는 방법이 설명되어 있다. 그 방법은, 도 1A 및 1B 또는 도 2A 및 2B에서와 같이 기판 상에 TERA 코팅 형성 단계(210)로 시작하는 플로우 차트(200)로 도시되어 있다. TERA 코팅은, 화학기상증착(chemical vapor deposition ; CVD) 또는 플라스마 화학기상증착(PECVD: plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD)과 같은 기상증착(vapor deposition) 기술을 이용해 형성될 수 있다.

TERA 코팅은 구조식  $R:C:H:X$ 를 가지며, R은 Si, Ge, B, Sn, Fe, Ti 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함하는 그룹으로부터 선택되고, X는 존재하지 않거나 O, N, S 및 F 중 하나 이상을 포함하는 그룹으로부터 선택된다. TERA 코팅은 굴절율이 약  $1.40 < n < 2.60$ 이고 소광 계수가 약  $0.01 < k < 0.78$ 이 되는 광학 범위를 나타내도록 제조될 수 있다. 대안적으로, 굴절율 및 소광 계수 중 적어도 하나가 TERA 코팅의 두께에 따라 등급화(또는 다양화) 될 수 있다. 추가적인 세부사항은 미국 특허 제6,316,167호에 나와 있다. 또한, 그 전문이 본원에 완전히 참조로 통합되어 있는, 2003년 8월 21일 출원되고 발명의 명칭이 "가변 광학 특성과 에칭 특성을 가지는 재료를 증착시키는 방법 및 장치(Method and apparatus for depositing materials with tunable optical properties and etching characteristics)"인 출원중인 미국 특허 출원 제10/644,958호에는, TERA 코팅이 PECVD를 이용하여 형성될 수 있음이 자세히 설명되어 있다. 굴절율 같은 TERA 코팅의 광학 특성은 하부 층이나 층들의 광학 특성과 실질적으로 정합되도록 선택될 수 있다. 예를 들면, 비다공성(non-porous) 유전 필름과 같은 하부 층은 굴절율  $1.4 < n < 2.6$ 의 범위가 되도록 요구할 수 있고, 다공성(porous) 유전 필름과 같은 하부 층은 굴절율  $1.2 < n < 2.6$ 의 범위가 되도록 요구할 수 있다.

단계(220)에서 감광성 재료층은 기판 위에 형성된다. 감광성 재료층은 포토레지스트를 포함할 수 있다. 예를 들면, 감광성 재료의 층(들)은 트랙 시스템(track system)를 이용해 형성될 수 있다. 트랙 시스템은, 248nm 레지스트(resist), 193nm 레지스트, 157nm 레지스트, EUV 레지스트, 상부 무반사 코팅(TARC), 하부 무반사 코팅(BARC) 및 탑 코트(top coat)들을 처리하기 위해 구성될 수 있다. 예를 들면, 트랙 시스템은 Clean Track ACT®8 또는 Clean Track ACT®12 레지스트 코팅 및 동경일렉트론사(TEL)로부터 상업적으로 이용가능한 현상 시스템(developing system)을 포함할 수 있다. 기판 위에 포토레지스트 필름을 형성하는 다른 시스템 및 방법들은 스핀온(spin-on) 레지스트 기술분야의 당업자에게 널리 알려져 있다.

감광성 재료층은 일단 기판 위에 형성되고 나면, 마이크로리소그래피(micro-lithography)를 이용하여 패턴으로 패터닝되며, 이후 현상 용매를 사용하여, 감광성 재료(포지티브 포토레지스트의 경우와 같이)의 조사영역 또는 감광성 재료(네가티브 포토레지스트의 경우와 같이)의 비조사영역의 제거가 이어진다. 마이크로리소그래피 시스템은 임의의 적당한 종래 스텝핑(stepping) 리소그래피 시스템 또는 스캐닝(scanning) 리소그래피 시스템을 포함할 수 있다.

단계(240)에서 감광성 재료층에 형성된 패턴은 건식 에칭 처리(dry etch process)를 통해 하부 TERA 코팅에 전사된다. 건식 에칭 처리는  $SF_6$  기반의 에칭 화학을 포함한다. 대안적으로, 에칭 화학은  $O_2$ , CO 또는  $CO_2$ 와 같은 산소 함유 가스를 더 포함할 수 있다. 대안적으로, 에칭 화학은  $N_2$ ,  $NH_3$ 와 같은 질소 함유 가스를 더 포함할 수 있다. 대안적으로, 에칭 화학은 희가스[즉, 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar), 크립톤(Kr), 제논(Xe), 및 라돈(Rn)] 같은 불활성 가스를 더 포함할 수 있다. 대안적으로, 에칭 화학은  $Cl_2$ , HBr,  $CHF_3$  또는  $CH_2F_2$ 와 같은 다른 할로겐 함유 가스를 더 포함할 수 있다. 대안적으로, 에칭 화학은 구조체  $C_xF_y$ (예컨대,  $CF_4$ ,  $C_4F_8$ ,  $C_4F_6$ ,  $C_3F_6$ ,  $C_5F_8$  등)를 가지는 가스와 같은 플로오르카본 가스(fluorocarbon gas)를 더 포함할 수 있다.

본 발명의 예칭 처리는 플라스마 처리 시스템에서 수행될 수 있다. 예를 들면, 도 4는 본 발명의 공정구현을 위해 사용될 수 있는 전형적인 플라스마 처리 시스템(1)을 도시한다. 이 도면에서 보이듯이 플라스마 처리 시스템(1)은 플라스마 처리 챔버(10), 상기 플라스마 처리 챔버에 연결된 진단 시스템(12) 및 상기 진단 시스템(12)과 상기 플라스마 처리 챔버(10)에 연결된 제어기(14)를 포함한다. 제어기(14)는 예칭 처리를 포함하는 공정 레시피(recipe)를 수행하도록 구성된다. 또한, 제어기(14)는 진단 시스템(12)으로부터 적어도 하나의 종료점 신호(endpoint signal)를 수신하고, 프로세스의 종료점을 정확히 결정하기 위해 적어도 하나의 종료점 신호를 후처리(post-process)하도록 구성된다. 도시된 실시예에서, 도 4에 도시된 플라스마 처리 시스템(1)은 재료 프로세싱을 위해 플라스마를 이용한다. 플라스마 처리 시스템(1)은 예칭 챔버를 포함할 수 있다.

도 5에 도시된 실시예에 따르면, 본 발명에 따라 이용되는 플라스마 처리 시스템(1a)은 플라스마 처리 챔버(10), 처리될 기판(25)이 위에 부착되는 기판 홀더(20), 및 진공 펌핑 시스템(30)을 포함할 수 있다. 예컨대, 기판(25)은 반도체 기판, 웨이퍼(wafer) 또는 액정디스플레이(liquid crystal display)가 될 수 있다. 예컨대, 플라스마 처리 챔버(10)는 기판(25) 표면에 인접한 프로세싱 영역(15)에서 플라스마의 생성을 촉진시키도록 구성될 수 있다. 이온화 가능 가스 또는 혼합 가스는, 가스 주입 파이프 또는 가스 주입 샤워헤드(showerhead)와 같은 가스 주입 시스템을 통해 주입되고 프로세스 압력을 조정된다. 예컨대, 제어 메카니즘(도시 생략됨)이 진공 펌핑 시스템(30)을 스로틀링(throttle)하기 위해 사용될 수 있다. 플라스마는 미리 결정된 재료 프로세스에 특정한 재료를 만들고/만들거나 노출된 기판(25) 표면으로부터 재료의 제거를 도와주도록 이용될 수 있다. 플라스마 처리 시스템(1a)은 200mm 기판, 300mm 기판 또는 그보다 큰 기판들을 처리하도록 구성될 수 있다.

예를 들면, 기판(25)은 정전 클램핑 시스템(electrostatic clamping system)을 통해 기판 홀더(20)에 부착될 수 있다. 또한, 기판 홀더(20)는 예를 들면, 재순환 냉매 흐름(re-circulating coolant flow)을 포함하는 냉각 시스템을 더 포함할 수 있는데, 상기 재순환 냉매 흐름은 기판 홀더(20)에서 열을 받아서 열교환기 시스템(도시 생략됨)에 열을 전달하거나, 가열 시에는 상기 열교환기 시스템으로부터의 열을 전달한다. 게다가, 가스는 예컨대 후방 가스 시스템을 통해 기판(25)의 후방으로 전달되어 기판(25)과 기판 홀더(20) 사이의 가스갭(gas-gap) 열 컨덕턴스를 향상시킬 수 있다. 이러한 시스템은 상승 또는 하강된 온도에서 기판(25)의 온도 제어가 필요한 경우에 이용될 수 있다. 예를 들면, 후방 가스 시스템(backside gas system)은 2 구역 가스 분배 시스템을 포함할 수 있는데, 여기서 헬륨(helium) 가스 갭 압력은 기판(25)의 중앙과 가장자리 사이에서 독립적으로 변화될 수 있다. 다른 실시예에서, 저항식 가열소자 또는 열-전기 가열기/냉각기(thermo-elecric heaters/coolers)와 같은 가열/냉각 소자는 플라스마 처리 챔버(10)의 챔버 벽 및 플라스마 처리 시스템(1a) 내의 임의의 다른 구성요소뿐만 아니라 기판 홀더(20)에도 포함될 수 있다.

도 5에서 도시된 실시예에서, 기판 홀더(20)는 RF 전력이 처리 공간(15)안의 처리 플라스마에 연결되는 전극을 포함할 수 있다. 예컨대, 기판 홀더(20)는, RF 발생기(40)로부터 임피던스 정합 네트워크(impedance match network)(50)를 통해 기판 홀더(20)로 RF 전력이 송신되어, RF 전압에 전기적으로 바이어스될 수 있다. RF 바이어스는 플라스마를 형성하고 유지하기 위해 전자를 가열하는 역할을 수행할 수 있다. 이러한 구성에서, 상기 시스템은 반응성 이온 예칭(Reactive Ion Etch; RIE) 리액터로서 동작할 수 있고, 여기서 챔버 및 상부 가스 주입 전극은 그라운드 면으로서 역할을 수행한다. RF 바이어스를 위한 통상의 주파수는 0.1 MHz에서 100MHz의 범위가 될 수 있다. 플라스마 처리를 위한 RF 시스템은 이 기술 분야의 당업자에게 자명하다.

대안적으로, RF 전력은 다중 주파수로 기판 홀더 전극에 인가된다. 또한, 임피던스 정합 네트워크는 반사 전력(reflected power)을 감소시켜 플라스마 처리 챔버(10) 안에서 플라스마로의 RF 전력의 전달을 개선시키는 역할을 한다. 정합 네트워크 위상(topology)(예컨대, L 타입,  $\pi$  타입, T 타입 등)와 자동 제어 방법은 이 기술 분야의 당업자에게 자명하다.

진공 펌프 시스템(30)은 예컨대 매초 당 5000리터(및 그 이상)의 속도로 펌핑(pumping)할 수 있는 터보 분자 진공 펌프(turbo-molecular vacuum pump; TMP) 및 챔버 압력을 스로틀링하기 위한 게이트 밸브(gate valve)를 포함할 수 있다. 전식 플라스마 예칭을 위해 이용된 종래의 플라스마 처리 디바이스에서는, 초 당 1000 ~ 3000 리터의 TMP가 일반적으로 사용된다. TMP들은 통상적으로 50 mTorr보다 작은 저압 처리에 대해 유용하다. 고압 처리(즉, 100 mTorr보다 큰 경우)의 경우, 기계적 부스터 펌프(booster pump) 및 전식 러핑 펌프(roughing pump)가 사용될 수 있다. 또한, 챔버 압력(도시 생략됨)을 모니터하기 위한 디바이스가 플라스마 처리 챔버(10)에 연결될 수 있다. 압력 측정 장치로는, 예컨대 메사추세츠주의 앤도버에 소재하는 엠케이에스 인스트루먼츠사(MKS Instruments, Inc)의 상업적으로 이용가능한 Type 628B Baraton absolute capacitance manometer가 이용될 수 있다.

제어기(14)는 플라스마 처리 시스템(1a)으로부터 출력을 모니터링할 뿐만 아니라 플라스마 처리 시스템(1a)으로의 입력을 전달하고 활성화시키기에 충분한 제어 전압을 발생시킬 수 있는 디지털 입출력 포트, 마이크로프로세서, 및 메모리를

포함한다. 게다가 제어기(14)는 RF 발생기(40), 임피던스 정합 네트워크(50), 가스 주입 시스템(도시 생략됨), 진공 펌프 시스템(30), 진단 시스템(12) 뿐만 아니라 후방 가스 전달 시스템(도시 생략됨), 기관/기관 홀더 온도 측정 장치(도시 생략됨), 및/또는 정전 클램핑 시스템(도시 생략됨)에 연결되어 이들과 정보를 교환할 수 있다. 예를 들면, 메모리에 저장된 프로그램은 에칭 처리를 수행하기 위하여 공정 레시피에 따라 플라스마 처리 시스템(1a)의 전술한 구성요소로의 입력을 활성화시키기 위해 이용될 수 있다. 제어기(14)의 일례로는 텍사스주의 오스틴에 소재하는 델 코포레이션(Dell Corporation)으로부터 이용 가능한 DELL PRECISION WORKSTATION 610™이 이용될 수 있다.

제어기(14)는 플라스마 처리 시스템(1a)에 비해 국소적으로 위치되거나, 또는 플라스마 처리 시스템(1a)에 비해 원격적으로 위치할 수 있다. 예를 들면, 제어기(14)는 직접 접속, 인트라넷 및 인터넷 중 적어도 한가지 방법을 사용하여 플라스마 처리 시스템(1a)과 데이터를 교환할 수 있다. 제어기(14)는 예컨대 고객 사이트(즉, 장치 메이커 등)의 인트라넷에 연결되거나, 또는 예컨대 벤더 사이트(vendor site)(즉, 설비 제조업자)의 인트라넷에 연결될 수 있다. 또한, 예를 들면 제어기(14)는 인터넷에 연결될 수 있다. 게다가 다른 컴퓨터(즉, 컨트롤러, 서버 등)는 예를 들어 직접 접속, 인트라넷 및 인터넷 중 적어도 한가지 방법을 사용해 데이터를 교환하도록 제어기(14)에 액세스(access)할 수 있다. 또한 데이터는 이 기술 분야의 당업자들에게 인식된 대로 유선 접속 또는 무선 접속을 통해 전송될 수 있다.

진단 시스템(12)은 광학 진단 서브시스템(optical diagnostic subsystem)(도시 생략됨)을 포함할 수 있다. 광학 진단 서브시스템은 플라스마에서 방사된 광도의 측정을 위해 (실리콘)포토다이오드 또는 광전자증배관(photomultiplier tube; PMT)과 같은 검출기(detecter)를 포함할 수 있다. 진단 시스템(12)은 협대역 간섭 필터(narrow-band interference filter)와 같은 광학 필터를 추가로 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 진단 시스템(12)은 라인 CCD(전하 결합 소자), CID(전하 주입 소자) 어레이, 및 격자(grating) 또는 프리즘과 같은 광 분산 장치(light dispersing device) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 진단 시스템(12)은 주어진 파장에서 광을 측정하기 위한 모노크로미터(예컨대, 격자/검출기 시스템), 또는 예컨대, 그 전문이 본원에 참조를 위해 포함되는, 미국특허번호 제5,888,337호에 기술된 장치와 같은 광 스펙트럼을 측정하기 위한 분광계(예컨대, 회전 격자를 구비함)를 포함할 수 있다.

진단 시스템(12)은 피크 센서 시스템즈사(Peak Sensor Systems) 또는 베리티 인스트루먼츠사(Verity Instruments, Inc.)로부터 입수 가능한 고해상도의 광학 발광 분광법(OES: Optical Emission Spectroscopy) 센서를 포함할 수 있다. 그러한 OES 센서는 자외선의(UV) 광 스펙트럼, 가시(VIS) 광 스펙트럼 및 근적외선(NIR) 광 스펙트럼에 걸쳐있는 광범위한 스펙트럼을 가지고 있다. 해상도는 대략 1.4 웜스트롱이고, 즉 상기 센서는 240~1000 nm까지의 5550 파장을 수집할 수 있다. 예를 들면, 상기 OES 센서는 2048 픽셀의 선형 CCD 어레이로 차례로 통합되는 고감도의 소형 광섬유 UV-VIS-NIR 분광계가 설비될 수 있다.

분광계는 고정된 격자를 사용하여 광섬유로부터의 광 출력이 라인 CCD 어레이의 양단으로 분산되는 경우에, 단일 광섬유 및 광섬유 다발을 통해 송신된 광을 수신한다. 전술한 구성과 유사하게, 광학 진공 윈도우를 통한 광 방사는 볼록 구면 렌즈(convex spherical lens)를 통해서 광섬유의 입력단 상에 집광된다. 주어진 스펙트럼 영역(UV, VIS 및 NIR)에 대해서 각각 특정하게 조정되는 3개의 분광계는 처리 챔버용 센서를 형성한다. 각각의 분광계는 독립된 A/D 변환기를 포함한다. 또한, 최종적으로 센서 이용에 따라서 완전 방사(full emission) 스펙트럼은 0.1 내지 1.0초 마다 기록될 수 있다.

또한, 진단 시스템(12)은 팀버 테크놀로지사(Timbre Technologies, Inc.)

(2953 Bunker Hill Lane, suite 301, Santa Clara, CA 95054)에서 제공되는 시스템과 같은 광학 디지털 형상측정(optical digital profilometry)을 수행하기 위한 시스템을 포함할 수 있다.

도 6에 도시된 실시예에 있어서, 본 발명을 구현하는데 사용될 수 있는 플라스마 처리 시스템(1b)은, 예컨대 도 4 또는 도 5의 실시예와 유사할 수 있고, 도 4 및 도 5를 참조하여 설명된 구성 소자들 외에 플라스마 밀도를 잠재적으로 증가시키고/증가시키거나 플라스마 처리의 균일도를 개선하기 위해서, 고정되어 있는 자계 시스템 또는, 기계적으로 또는 전기적으로 회전하는 자계 시스템(60) 중 어느 하나를 추가로 포함할 수 있다. 또한, 제어기(14)는 회전 속도와 전계 강도를 조절하기 위해서 자계 시스템(60)에 연결될 수 있다. 회전 자계의 설계 및 구현은 이 기술 분야의 당업자들에게는 잘 알려져 있다.

도 7에 도시된 실시예에 있어서, 본 발명을 구현하는데 사용될 수 있는 플라스마 처리 시스템(1c)은 예컨대 도 4 또는 도 5의 실시예와 유사할 수 있고, RF 전력을 RF 발생기(72)로부터 임피던스 정합 네트워크(74)를 통하여 연결할 수 있는 상부 전극(70)을 더 포함할 수 있다. 상부 전극(70)으로 RF 전력을 인가하기 위한 통상적인 주파수는 약 0.1 MHz로부터 약 200 MHz까지의 범위가 될 수 있다. 또한, 하부 전극으로 전력을 인가하기 위한 통상적인 주파수는 약 0.1 MHz로부터 약

100 MHz까지의 범위가 될 수 있다. 또한, 제어기(14)는 상부 전극(70)으로의 RF 전력의 인가를 제어하기 위해서 RF 발생기(72) 및 임피던스 정합 네트워크(74)에 연결된다. 상부 전극의 설계 및 구현은 이 기술 분야의 당업자들에게는 잘 알려져 있다.

도 8에 도시된 실시예에 있어서, 본 발명을 구현하는데 사용될 수 있는 플라스마 처리 시스템(1d)은, 예컨대 도 4 또는 도 5의 실시예와 유사할 수 있고, RF 전력이 RF 발생기(82)를 경유하여 임피던스 정합 네트워크(84)를 통하여 연결될 수 있는 유도성 코일(80)을 추가로 포함할 수 있다. RF 전력은 유도 코일(80)로부터 유전체 윈도우(도시 생략됨)를 통해 플라스마 처리 영역(15)에 이르기까지 유도적으로 연결된다. 유도성 코일(80)은 RF 전력을 인가하기 위한 통상적인 주파수는 약 10 MHz로부터 약 100 MHz까지의 범위가 될 수 있다. 이와 유사하게, 쳐크(chuck) 전극으로 전력을 인가하기 위한 통상적인 주파수는 약 0.1 MHz로부터 약 100 MHz까지의 범위가 될 수 있다. 또한, 슬롯이 형성된 패러데이 실드(slotted Faraday shield)(도시 생략됨)는 유도성 코일(80)과 플라스마 사이의 용량 결합을 감소시키기 위해서 사용할 수 있다. 또한, 제어기(14)는 유도성 코일(80)로의 전력의 인가를 제어하기 위해서 RF 발생기(82) 및 임피던스 정합 네트워크(84)에 연결된다. 다른 실시예에 있어서, 유도성 코일(80)은 변압기 결합 플라스마(Transformer Coupled Plasma; TCP) 리액터에서 상기 플라스마 처리 영역(15)과 교신하는 "나선형(spiral)" 코일 또는 "팬케이크형(pancake)" 코일이 될 수 있다. 유도 결합 플라스마(Inductively Coupled Plasma; ICP) 소스 또는 변압기 결합 플라스마(TCP) 소스의 설계 및 구현은 이 기술 분야의 당업자들에게 잘 알려져 있다.

대안적으로, 플라스마는 전자 사이클로트론 공명(ECR)을 이용해서 형성될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 플라스마는 헬리콘파(Helicon wave)의 개시로부터 형성될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 플라스마는 전파하는 표면파로부터 형성될 수 있다. 전술한 각각의 플라스마 광원은 이 기술 분야의 당업자들에게는 잘 알려져 있다.

일 실시예에서, 예칭 처리는 도 7에서 도시된 시스템과 같은 플라스마 처리 시스템에서 수행될 수 있고, 처리 파라미터 공간은 약 5 ~ 200 mTorr의 챔버 압력, 약 5 ~ 1000 sccm 범위의 SF<sub>6</sub> 처리 가스 유량(flow rate), 약 50 ~ 500 W 범위의 상부 전극[예컨대, 도 7에서의 소자(70)] RF 바이어스 및 약 10 ~ 500 W 범위의 하부 전극[예컨대, 도 7에서의 소자(20)] RF 바이어스를 포함할 수 있고, 상부 전극 바이어스 주파수는 약 0.1 MHz ~ 200 MHz 범위 예컨대 60 MHz가 될 수 있고, 하부 전극 바이어스 주파수는 약 0.1 MHz ~ 100 MHz 범위 예컨대 2 MHz가 될 수 있다.

다른 실시예에 있어서, 표 1은 하기 전형적인 처리 레시피를 이용하는 TERA 코팅에서 예칭된 피처(feature)의 임계 치수(CD)를 나타낸다 : 챔버 압력 = 20 mTorr; 상부 전극 RF 전력 = 100 W; 하부 전극 RF 전력 = 80 W; SF<sub>6</sub> 처리 가스 유량 = 100 sccm; 전극(70)(도 7에 도시)의 하부면과 기판 홀더(20)위의 기판(25)의 상부면 사이의 140 mm의 전극 간격; 하부 전극 온도[예컨대, 도 7에서의 기판 홀더(20)] = 30°C; 상부 전극 온도[예컨대, 도 7에서의 전극(70)] = 80°C; 챔버 벽 온도 = 60°C; 후방 헬륨 압력 중앙/가장자리 = 3/3 Torr; 17초의 예칭 시간.

SF <sub>6</sub>	고립된 경우	내포된 경우
상부(TOP) CD	45 nm	49 nm
하부(BOTTOM) CD	46 nm	50 nm

표 1

표 1의 데이터는 고립된(isolated) 피처(즉, 피처의 넓은 간격) 및 내포된(nested) 피처(즉, 피처의 가까운 간격) 모두에 대해 기록된다. 상기 데이터는 임계 치수(CD)를 유지함에 있어 처리의 성공을 보여준다.

이상, 본원 명세서에서는 본 발명의 특정 대표적인 실시예들 만을 상세히 설명하였지만, 이 기술 분야의 당업자들에게는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시예에 대해 여러 가지의 변형이 가능함을 용이하게 인식할 수 있을 것이다. 따라서, 이와 같은 모든 변형들은 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에 포함되도록 의도된다.

## 도면의 간단한 설명

본원 명세서의 일부인 첨부된 도면에서, 유사한 구조를 언급하는 경우 유사한 참조번호를 사용하였다.

도 1A 및 도 1B는 가변 저항성 무반사(tunable etch resistant anti-reflective; TERA) 코팅을 포함하는 필름 스택을 도시하는 도면.

도 2A 및 도 2B는 TERA 코팅을 포함하는 다른 필름 스택을 도시하는 도면.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 TERA 코팅을 에칭하는 방법을 도시하는 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 시스템의 간략화된 개략도.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라스마 처리 시스템의 개략도.

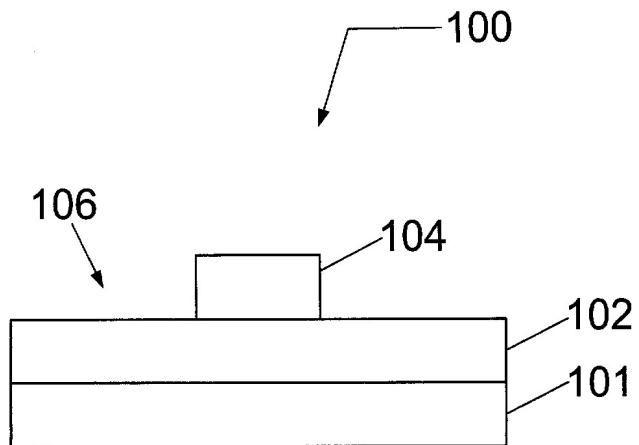
도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라스마 처리 시스템의 개략도.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라스마 처리 시스템의 개략도.

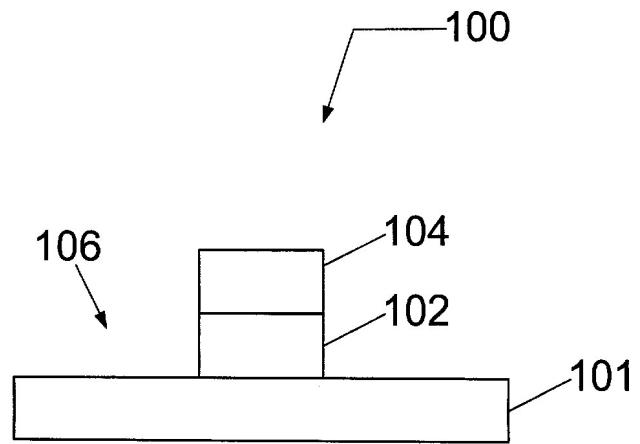
도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라스마 처리 시스템의 개략도.

도면

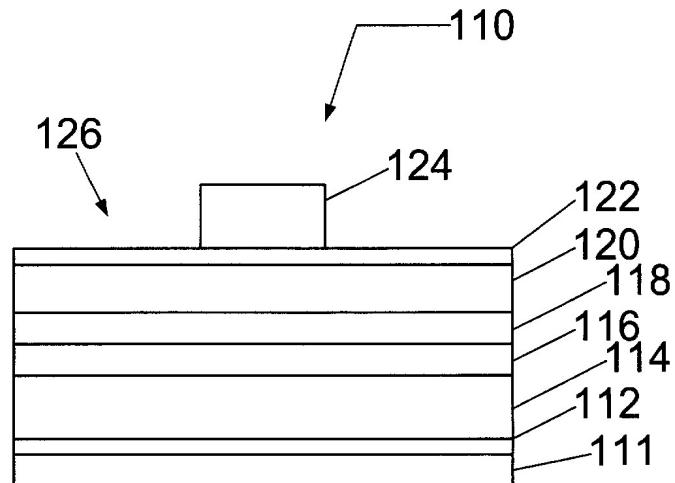
도면1A



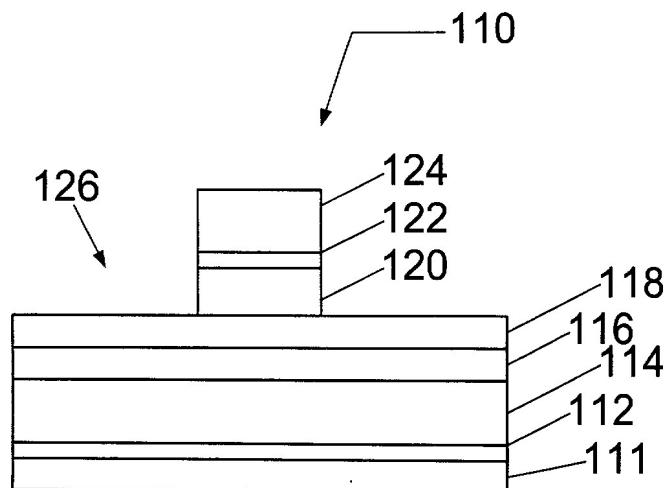
도면1B



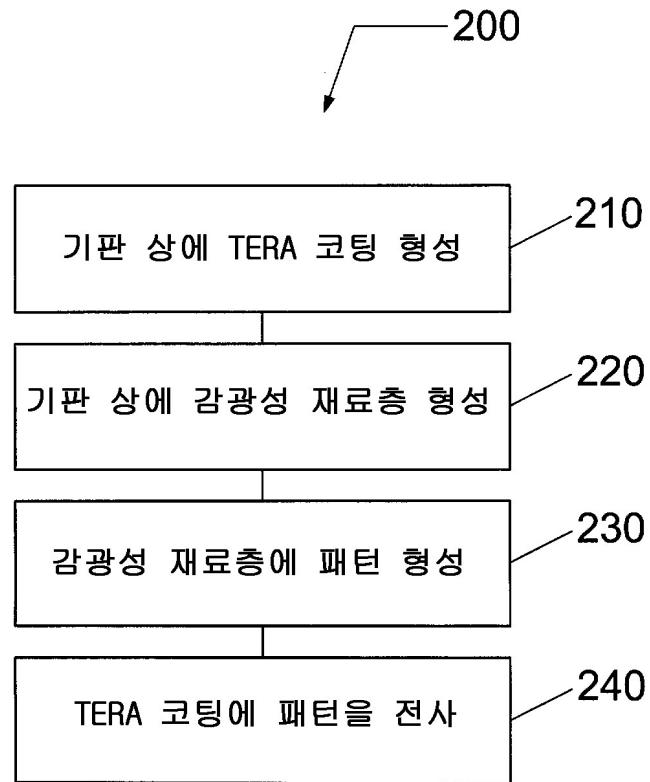
도면2A



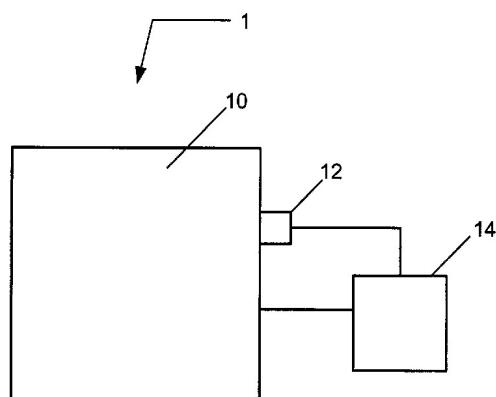
도면2B



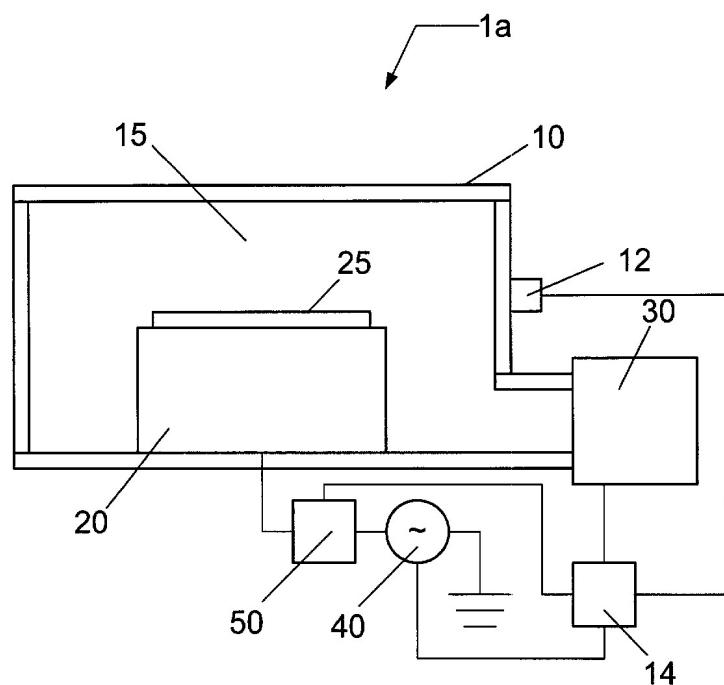
도면3



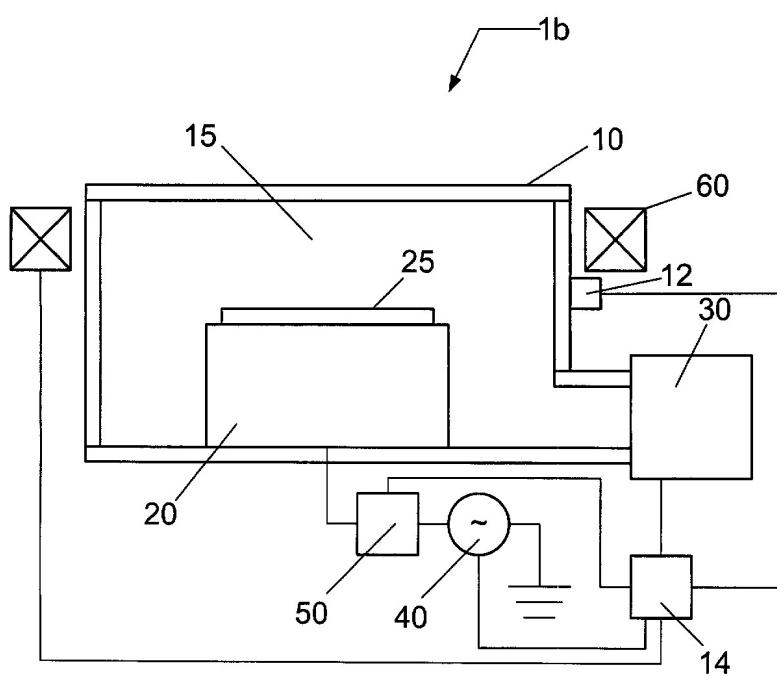
도면4



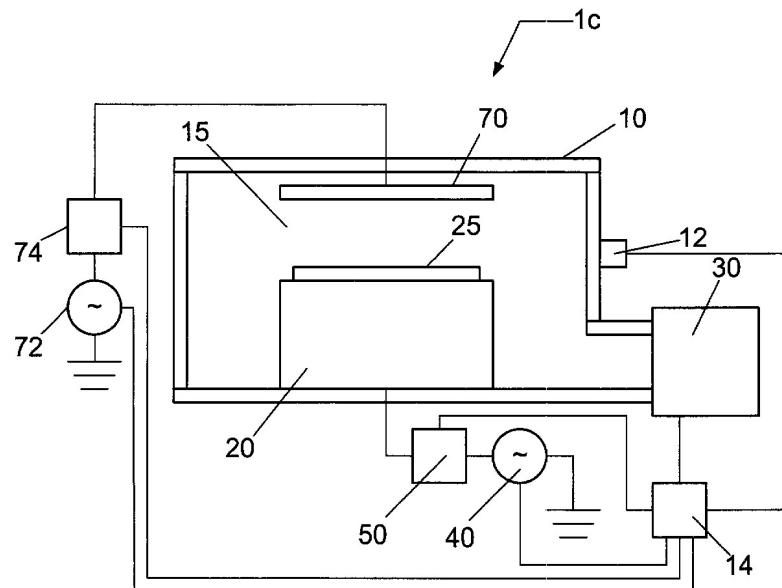
도면5



도면6



도면7



도면8

