



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월03일  
(11) 등록번호 10-2484252  
(24) 등록일자 2022년12월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/3213 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/3065 (2013.01)  
H01L 21/32132 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0165222  
(22) 출원일자 2017년12월04일  
심사청구일자 2020년09월04일  
(65) 공개번호 10-2018-0068290  
(43) 공개일자 2018년06월21일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2017-086521 2017년04월25일 일본(JP)  
JP-P-2016-240871 2016년12월13일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020160055877 A\*  
(뒷면에 계속)  
전체 청구항 수 : 총 17 항

(73) 특허권자  
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고  
(72) 발명자  
타바타 마사히로  
일본, 미야기켄, 쿠로카와군, 타이와쵸, 테크노힐즈, 1, 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내 쿠마쿠라 쇼  
일본, 미야기켄, 쿠로카와군, 타이와쵸, 테크노힐즈, 1, 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤 내  
(74) 대리인  
특허법인엠에이피에스

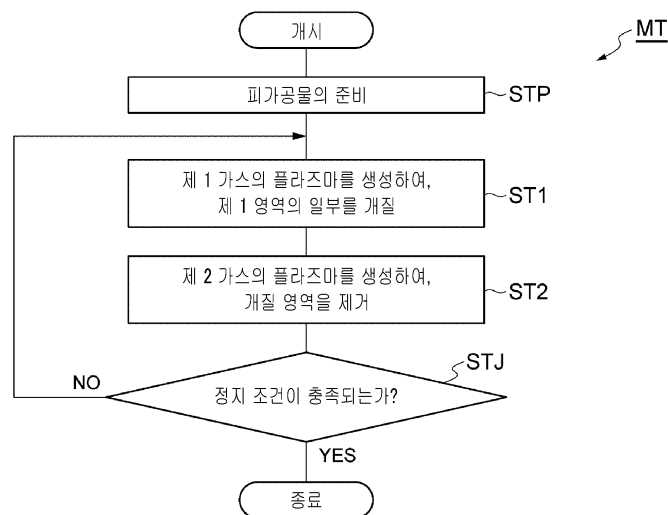
심사관 : 인치복

(54) 발명의 명칭 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법

(57) 요약

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 경우에 있어서, 퇴적물의 생성을 억제하고, 또한, 높은 선택비를 얻는다. 일 실시 형태에 따른 방법은, 제 1 영역 및 제 2 영역을 가지는 피가공물을 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비하는 공정과, 수소의 활성화중에 의해 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하도록, 챔버 내에서 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과, 불소의 활성화중에 의해 개질 영역을 제거하도록, 챔버 내에서 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
*H01L 21/32136* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
US07977249 B1\*  
JP2012505530 A\*  
KR1020120120400 A\*  
JP2016027594 A  
JP2015216208 A  
KR1020150128582 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법으로서,

상기 제 1 영역 및 상기 제 2 영역을 가지는 피가공물을 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비하는 공정과,

수소의 활성화에 의해 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하도록 상기 챔버 내에서 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과,

불소의 활성화에 의해 상기 개질 영역을 제거하도록 상기 챔버 내에서 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함하고,

상기 피가공물은 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 더 포함하고,

상기 제 1 가스는  $O_2$  가스, CO 가스,  $CO_2$  가스,  $SO_2$  가스로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 종의 가스를 더 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 챔버 내에 있어서 상기 피가공물은 이온을 상기 피가공물에 인입하기 위한 고주파가 공급될 수 있는 전극을 포함하는 스테이지 상에 탑재되고,

제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 있어서, 상기 전극에 상기 고주파가 공급되는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 챔버 내에 있어서 상기 피가공물은, 이온을 상기 피가공물에 인입하기 위한 고주파가 공급될 수 있는 전극을 포함하는 스테이지 상에 탑재되고,

제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정에 있어서, 상기 전극에 상기 고주파가 공급되지 않는 방법.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 가스는 불소를 함유하는 상기 가스로서  $NF_3$  가스를 포함하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 가스는 수소를 더 포함하고,

상기 제 2 가스 중의 상기 불소의 원자수에 대한 상기 제 2 가스 중의 상기 수소의 원자수의 비율은 8 / 9 이상인 방법.

#### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 가스는  $H_2$  가스를 더 포함하는 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,  
 상기 제 2 가스 중의 상기  $\text{NF}_3$  가스의 유량에 대한 상기 제 2 가스에 있어서의 상기  $\text{H}_2$  가스의 유량의 비율은 3 / 4 이상인 방법.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 1 가스는 수소를 함유하는 상기 가스로서  $\text{H}_2$  가스를 포함하는 방법.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정 및 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정을 각각이 포함하는 복수의 시퀀스가 차례로 실행되는 방법.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제 1 영역은 상기 제 2 영역 및 상기 제 3 영역을 덮도록 마련되어 있는 방법.

**청구항 12**

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법으로서,

상기 제 1 영역 및 상기 제 2 영역을 가지는 피가공물을 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비하는 공정과,

수소의 활성화에 의해 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하도록 상기 챔버 내에서 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과,

불소의 활성화에 의해 상기 개질 영역을 제거하도록 상기 챔버 내에서 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함하고,

제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정 및 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 상기 공정을 각각이 포함하는 복수의 시퀀스가 차례로 실행되고,

상기 피가공물은 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 더 가지며,

상기 복수의 시퀀스의 실행 전에, 상기 제 1 영역은 상기 제 2 영역 및 상기 제 3 영역을 덮도록 마련되어 있고,

상기 복수의 시퀀스는 상기 제 3 영역이 노출되기 직전까지, 또는, 상기 제 3 영역이 노출될 때까지 실행되는 1 이상의 제 1 시퀀스, 상기 1 이상의 제 1 시퀀스의 이후에 실행되는 1 이상의 제 2 시퀀스이며 상기 제 3 영역의 표면을 산화시키기 위한 상기 1 이상의 제 2 시퀀스를 포함하고,

적어도 1 이상의 제 2 시퀀스에 있어서, 상기 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 더 포함하는 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 1 이상의 제 1 시퀀스에 있어서, 상기 제 1 가스는 산소를 함유하는 상기 가스를 포함하지 않는 방법.

**청구항 14**

제 12 항에 있어서,

상기 복수의 시퀀스는 상기 1 이상의 제 2 시퀀스의 이후에 실행되는 1 이상의 제 3 시퀀스를 더 포함하고, 상기 1 이상의 제 3 시퀀스에 있어서, 상기 제 1 가스는 산소를 함유하는 상기 가스를 포함하지 않는 방법.

**청구항 15**

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법으로서,

상기 제 1 영역 및 상기 제 2 영역을 가지는 피가공물을 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비하는 공정과,

수소의 활성화에 의해 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하도록 상기 챔버 내에서 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 공정과,

불소의 활성화에 의해 상기 개질 영역을 제거하도록 상기 챔버 내에서 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정을 포함하고,

상기 피가공물은 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 더 포함하고,

상기 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 더 포함하고,

상기 제 1 가스에 있어서의 수소를 함유하는 상기 가스의 유량에 대한 상기 제 1 가스에 있어서의 산소를 함유하는 상기 가스의 유량의 비율은 3 / 100 이상, 9 / 100 이하인 방법.

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

적어도 하나의 가스 공급구 및 적어도 하나의 가스 배출구를 가지는 챔버와,

상기 챔버 내에 배치되는 기관 지지부와,

제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역, 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역 및 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 가지는 피가공물을 상기 챔버 내에 배치하는 공정과,

수소를 함유하는 가스와, O<sub>2</sub> 가스, CO 가스, CO<sub>2</sub> 가스, SO<sub>2</sub> 가스로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1 종의 산소 함유 가스를 포함하는 제 1 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하는 공정과,

불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 처리 가스의 플라즈마를 생성하여, 상기 개질 영역을 제거하는 공정을 포함하는 처리를 수행하도록 구성되는 장치.

**청구항 18**

적어도 하나의 가스 공급구 및 적어도 하나의 가스 배출구를 가지는 챔버와,

상기 챔버 내에 배치되는 기관 지지부와,

제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역, 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역 및 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 가지는 피가공물을 상기 챔버 내에 배치하는 공정과,

수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하는 공정과,

불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 처리 가스의 플라즈마를 생성하여, 상기 개질 영역을 제거하는 공정을 포함하는 처리를 수행하도록 구성되고,

상기 제어부는, 개질 영역을 형성하는 상기 공정 및 개질 영역을 제거하는 상기 공정을 각각이 포함하는 복수의 시퀀스를 차례로 실행하고,

상기 복수의 시퀀스의 실행 전에, 상기 제 1 영역은 상기 제 2 영역 및 상기 제 3 영역을 덮도록 마련되어 있고,

상기 복수의 시퀀스는 상기 제 3 영역이 노출되기 직전까지, 또는, 상기 제 3 영역이 노출될 때까지 실행되는 1 이상의 제 1 시퀀스, 상기 1 이상의 제 1 시퀀스의 이후에 실행되는 1 이상의 제 2 시퀀스이며 상기 제 3 영역의 표면을 산화시키기 위한 상기 1 이상의 제 2 시퀀스를 포함하고,

적어도 1 이상의 제 2 시퀀스에 있어서, 제 1 처리 가스는 산소 함유 가스를 더 포함하는 장치.

### 청구항 19

적어도 하나의 가스 공급구 및 적어도 하나의 가스 배출구를 가지는 챔버와,

상기 챔버 내에 배치되는 기관 지지부와,

제어부

를 구비하고,

상기 제어부는,

질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역, 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역 및 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 가지는 피가공물을 상기 챔버 내에 배치하는 공정과,

수소를 함유하는 가스와 산소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하여, 상기 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하는 공정과,

불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 처리 가스의 플라즈마를 생성하여, 상기 개질 영역을 제거하는 공정을 포함하는 처리를 수행하도록 구성되고,

상기 제 1 처리 가스에 있어서의 수소를 함유하는 상기 가스의 유량에 대한 상기 제 1 처리 가스에 있어서의 산소를 함유하는 상기 가스의 유량의 비율은 3 / 100 이상, 9 / 100 이하인 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 개시의 실시 형태는, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 반도체 디바이스와 같은 전자 디바이스의 제조에 있어서는, 상이한 재료로 형성된 2 개의 영역 중 일방의 영역을 타방의 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 것이 요구되는 경우가 있다. 예를 들면, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 것이 요구되는 경우가 있다.

[0003] 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하기 위하여, 일반적으로는, 하이드로플루오로카본 가스를 이용한 플라즈마 에칭이 행해지고 있다. 하이드로플루오로카본 가스를 이용한 플라즈마 에칭에서는, 플루오로카본의 퇴적물에 의해 제 2 영역이 보호되면서, 플라즈마 중의 활성종에 의해 제 1 영역의 에칭이 발생한다. 이러한 플라즈마 에칭에 대해서는, 특허 문헌 1에 기재되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허공개공보 2003-229418호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 것에 있어서는, 하이드로플루오로카본 가스를 이용한 플라즈마 에칭보다 높은 선택비가 요구되고 있다.

[0006] 또한, 하이드로플루오로카본 가스를 이용한 플라즈마 에칭은, 상술한 바와 같이 퇴적물을 이용하여 제 2 영역을 보호하므로, 제 1 영역의 에칭이 진행되어 좁은 개구가 형성되면 당해 개구가 퇴적물에 의해 폐색되어 제 1 영역의 에칭이 정지되는 경우가 있다.

[0007] 따라서, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 경우에 있어서, 퇴적물의 생성을 억제하고, 또한, 높은 선택비를 얻는 것이 요구되고 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 일태양에 있어서는, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법이 제공된다. 이 방법은, (i) 제 1 영역 및 제 2 영역을 가지는 피가공물을 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비하는 공정과, (ii) 수소의 활성종에 의해 제 1 영역의 일부를 개질하여 개질 영역을 형성하도록, 챔버 내에서 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 생성하는 공정(이하, '개질 공정'이라고 함)과, (iii) 불소의 활성종에 의해 개질 영역을 제거하도록, 챔버 내에서 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정(이하, '제거 공정'이라고 함)을 포함한다.

[0009] 일태양과 관련된 방법에서는, 개질 공정에 있어서 생성되는 수소의 활성종에 의해 제 1 영역의 일부가 개질되어, 불소의 활성종에 의해 용이하게 제거 가능한 개질 영역이 된다. 한편, 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역은, 안정되어 있으므로, 수소의 활성종으로는 개질되지 않는다. 따라서, 제거 공정에서는, 제 2 영역에 대하여 개질 영역이 선택적으로 제거된다. 그러므로, 이 방법에 의하면, 제 1 영역이 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭된다. 또한, 개질 공정 및 제거 공정에 있어서 생성되는 플라즈마 중의 활성종은, 하이드로플루오로카본 가스의 플라즈마 중의 활성종과 비교하여, 상당히 낮은 퇴적성을 가지거나, 또는, 실질적으로 퇴적성을 가지고 있지 않다. 따라서, 이 방법에 의하면 퇴적물의 생성이 억제된다.

[0010] 일 실시 형태에서는, 챔버 내에 있어서 피가공물은, 이온을 당해 피가공물에 인입하기 위한 고주파, 즉, 바이어스용의 고주파가 공급될 수 있는 전극을 포함하는 스테이지 상에 탑재된다. 일 실시 형태에서는, 개질 공정에서는, 당해 전극에 바이어스용의 고주파가 공급된다. 이 실시 형태에 따르면, 제 1 영역의 개질이 보다 효율적으로 행해진다. 일 실시 형태에서는, 제 2 가스의 플라즈마를 생성하는 공정에 있어서, 당해 전극에 바이어스용의 고주파가 공급되지 않는다. 즉, 이 실시 형태에서는, 이온의 스퍼터 에칭이 아닌, 개질 영역과 불소의 활성종의 화학적 반응에 의해, 개질 영역이 제거된다.

[0011] 일 실시 형태에 있어서, 제 2 가스는 불소를 함유하는 가스로서  $\text{NF}_3$  가스를 포함하고 있어도 된다.

[0012] 일 실시 형태에 있어서, 제 2 가스는 수소를 더 포함하고 있어도 된다. 제 2 가스 중의 불소의 원자수에 대한 제 2 가스 중의 수소의 원자수의 비율은  $8/9$  이상이다. 이 제 2 가스의 플라즈마에 의하면, 제 1 영역의 에칭의 선택성이 더 향상된다.

- [0013] 일 실시 형태에 있어서, 제 2 가스는, 불소를 함유하는 가스로서  $NF_3$  가스를 포함하고,  $H_2$  가스를 더 포함하고 있어도 된다.
- [0014] 일 실시 형태에서는, 제 2 가스 중의  $NF_3$  가스의 유량에 대한 당해 제 2 가스 중의  $H_2$  가스의 유량의 비율은, 3 / 4 이상이다. 이 제 2 가스의 플라즈마에 의하면, 제 1 영역의 에칭의 선택성이 더 향상된다.
- [0015] 일 실시 형태에 있어서, 제 1 가스는 수소를 함유하는 가스로서  $H_2$  가스를 포함한다.
- [0016] 일 실시 형태에 있어서, 개질 공정과 제거 공정을 각각이 포함하는 복수의 시퀀스가 차례로 실행되어도 된다.
- [0017] 일 실시 형태에 있어서, 피가공물은, 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 더 포함한다. 제 1 가스는, 산소를 함유하는 가스를 더 포함하고 있어도 된다. 이 실시 형태의 개질 공정에서는, 제 1 가스 중의 산소의 활성종에 의해, 제 3 영역의 표면이 산화되고, 제거 공정에 의한 에칭에 있어서 제 3 영역의 에칭이 억제된다. 따라서, 제 2 영역 및 제 3 영역에 대하여 제 1 영역이 선택적으로 에칭된다. 일 실시 형태에서는, 제 1 영역은, 제 2 영역 및 제 3 영역을 덮도록 마련되어 있어도 된다.
- [0018] 일 실시 형태에서는, 개질 공정 및 제거 공정을 각각이 포함하는 복수의 시퀀스가 차례로 실행된다. 피가공물은 실리콘으로 형성된 제 3 영역을 더 가진다. 복수의 시퀀스의 실행 전에, 제 1 영역은 제 2 영역 및 제 3 영역을 덮도록 마련되어 있다. 복수의 시퀀스는, 1 이상의 제 1 시퀀스 및 1 이상의 제 2 시퀀스를 포함한다. 1 이상의 제 1 시퀀스는, 복수의 시퀀스 중, 제 3 영역이 노출되기 직전까지, 또는, 제 3 영역이 노출될 때까지 실행되는 1 이상의 시퀀스이다. 1 이상의 제 2 시퀀스는, 복수의 시퀀스 중, 1 이상의 제 1 시퀀스의 이후에 실행되는 1 이상의 시퀀스이며, 제 3 영역의 표면을 산화시키기 위하여 실행된다. 적어도 1 이상의 제 2 시퀀스에 있어서, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 더 포함한다. 이 실시 형태의 개질 공정에서는, 제 3 영역의 표면이 산화되고, 제거 공정에 의한 에칭에 있어서 제 3 영역의 에칭이 억제된다. 따라서, 이 실시 형태에 따르면, 제 2 영역 및 제 3 영역에 대하여 제 1 영역이 선택적으로 에칭된다.
- [0019] 1 이상의 제 1 시퀀스에 있어서, 제 1 가스는, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않아도 된다. 복수의 시퀀스는, 1 이상의 제 3 시퀀스를 더 포함하고 있어도 된다. 1 이상의 제 3 시퀀스는, 복수의 시퀀스 중, 1 이상의 제 2 시퀀스의 이후에 실행되는 1 이상의 시퀀스이다. 1 이상의 제 3 시퀀스에 있어서만, 혹은, 1 이상의 제 1 시퀀스에 더해 1 이상의 제 3 시퀀스에 있어서, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않아도 된다.
- [0020] 일 실시 형태에 있어서, 제 1 가스 중의 수소를 함유하는 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 산소를 함유하는 가스의 유량의 비율은, 3 / 100 이상, 9 / 100 이하이다. 이 실시 형태에 따르면, 제 3 영역에 대하여 제 1 영역을 더 높은 선택비로 에칭하는 것이 가능해진다.
- [0021] 일 실시 형태에 있어서, 산소를 함유하는 가스는  $O_2$  가스일 수 있다.

**발명의 효과**

- [0022] 이상에서 설명한 바와 같이, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는데 있어서, 퇴적물의 생성을 억제하고, 또한, 높은 선택비를 얻는 것이 가능해진다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1은 일 실시 형태에 따른 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 2는 일 실시 형태에 따른 방법이 적용될 수 있는 일례의 피가공물의 일부를 확대하여 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 일 실시 형태에 따른 방법이 적용될 수 있는 다른 일례의 피가공물의 일부를 확대하여 나타내는 단면도이다.
- 도 4는 다양한 실시 형태에 따른 방법에 있어서 사용 가능한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.
- 도 5의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이며, 도 5의 (b)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다.
- 도 6의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST2)을 설명하기 위한 도이며, 도 6의 (b)는 일 실시 형태에 따른



방법의 공정(ST2)의 실행후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이고, 도 6의 (c)는 일 실시 형태에 따른 방법의 종료시의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다.

도 7의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이고, 도 7의 (b)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST2)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이며, 도 7의 (c)는 일 실시 형태에 따른 방법의 종료 시의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다.

도 8은 다른 실시 형태에 따른 방법을 나타내는 순서도이다.

도 9의 (a), 도 9의 (b)는 각각, 도 8에 나타내는 방법의 제 1 예에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이며, 도 9의 (c)는 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)의 실행에 의해 제 3 영역의 표면이 산화된 상태를 나타내는 도이다.

도 10의 (a), 도 10의 (b)는 각각, 도 8에 나타내는 방법의 제 2 예에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이며, 도 10의 (c)는 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)의 실행에 의해 제 3 영역의 표면이 산화된 상태를 나타내는 도이다.

도 11은 또 다른 실시예에 따른 방법을 나타내는 순서도이다.

도 12의 (a), 도 12의 (b), 도 12의 (c)는 각각, 도 11에 나타내는 방법에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1), 제 3 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이다.

도 13의 (a), 도 13의 (b) 및 도 13의 (c)는, 제 1 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 14의 (a), 도 14의 (b)는, 제 2 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 15는 제 2 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도 16의 (a)는, 제 3 실험에 있어서 각 샘플에 대하여 구한 감소량을 설명하기 위한 도이며, 도 16의 (b)는, 제 3 실험에 있어서 각 샘플에 대하여 구한 감소량을 나타내는 표이다.

도 17은 또 다른 실시예에 따른 방법을 나타내는 순서도이다.

도 18은 도 17에 나타내는 방법이 적용되는 피가공물의 일부를 확대한 단면도이다.

도 19는 도 17에 나타내는 방법의 실행 중에 있어서의 피가공물의 일부의 상태를 나타내는 단면도이다.

도 20은 도 17에 나타내는 방법의 실행 중에 있어서의 피가공물의 일부의 상태를 나타내는 단면도이다.

도 21은 도 17에 나타내는 방법의 실행 중에 있어서의 피가공물의 일부의 상태를 나타내는 단면도이다.

도 22는 도 17에 나타내는 방법의 실행 중에 있어서의 피가공물의 일부의 상태를 나타내는 단면도이다.

도 23은 도 17에 나타내는 방법의 실행 후에 있어서의 피가공물의 일부의 상태를 나타내는 단면도이다.

도 24는 도 17에 나타내는 방법의 일부의 공정을 상세하게 나타내는 순서도이다.

도 25의 (a) 및 도 25의 (b)는, 도 17에 나타내는 방법의 일부의 공정을 상세하게 나타내는 순서도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 이하, 도면을 참조하여 다양한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당한 부분에 대해서는 동일한 부호를 부여하는 것으로 한다.

[0025] 도 1은 일 실시 형태에 따른 방법을 나타내는 순서도이다. 도 1에 나타내는 방법(MT)은, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역을 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역에 대하여 선택적으로 에칭하는 방법이다. 일 실시 형태에 있어서, 방법(MT)은, 제 2 영역 및 실리콘으로 형성된 제 3 영역에 대하여 제 1 영역을 선택적으로 에칭한다. 방법(MT)에서는, 먼저, 공정(STP)에 있어서, 피가공물이 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에 준비된다.

[0026] 도 2는, 일 실시 형태에 따른 방법이 적용될 수 있는 일례의 피가공물의 일부를 확대하여 나타내는 단면도이다. 도 2에 나타내는 피가공물(W)은, 제 1 영역(R1) 및 제 2 영역(R2)을 가지고 있다. 피가공물(W)은 제 3 영역(R3)을 더 가지고 있어도 된다. 제 1 영역(R1)은 질화 실리콘으로 형성되어 있으며, 제 2 영역(R2)은 산화 실리콘으로 형성되어 있고, 제 3 영역(R3)은 실리콘으로 형성되어 있다. 제 3 영역(R3)은, 예를 들면 다결정 실리콘

로 형성되어 있다. 도 2에 나타내는 피가공물(W)에서는, 제 1 영역(R1), 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)은, 하지층(UL) 상에 마련되어 있다. 제 1 영역(R1), 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)의 피가공물(W) 중의 레이아웃은, 도 2에 나타내는 레이아웃에 한정되는 것은 아니다.

[0027] 도 3은, 일 실시 형태에 따른 방법이 적용될 수 있는 다른 일례의 피가공물의 일부를 확대하여 나타내는 단면도이다. 도 3에 나타내는 피가공물(W)은, 도 2에 나타내는 피가공물(W)과 마찬가지로, 제 1 영역(R1), 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)을 가진다. 제 2 영역(R2)은 제 3 영역(R3)의 양측에 마련되어 있고, 제 3 영역(R3)은 제 2 영역(R2)에 대하여 용기하도록 마련되어 있다. 제 1 영역(R1)은 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)을 덮도록 마련되어 있다. 또한, 도 3에 나타내는 피가공물(W)은, Fin형 전계 효과 트랜지스터의 제조 도중에 얻어지는 중간 생산물이며, 제 3 영역(R3)은 소스 영역, 드레인 영역 및 채널 영역을 제공하는 핀 영역으로서 이용된다.

[0028] 도 4는, 다양한 실시 형태에 따른 방법에 있어서 이용 가능한 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다. 도 4에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10)는, ICP(Inductively Coupled Plasma)형의 플라즈마원을 구비한다. 플라즈마 처리 장치(10)는, 챔버 본체(12)를 구비하고 있다. 챔버 본체(12)는, 예를 들면 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 챔버 본체(12)는, 예를 들면 대략 원통 형상을 가지고 있다. 챔버 본체(12)는, 그 내부 공간을 챔버(12c)로서 제공하고 있다. 챔버(12c)는 플라즈마 처리를 위한 공간으로서 이용된다.

[0029] 챔버 본체(12)의 바닥부에는 스테이지(14)가 마련되어 있다. 스테이지(14)는, 그 위에 탑재된 피가공물(W)을 유지하도록 구성되어 있다. 스테이지(14)는 지지부(13)에 의해 지지될 수 있다. 지지부(13)는, 챔버(12c) 내에 있어서, 챔버 본체(12)의 바닥부로부터 상방으로 연장되어 있다. 지지부(13)는, 예를 들면 대략 원통 형상을 가질 수 있다. 지지부(13)는 예를 들면 석영과 같은 절연 재료로 형성될 수 있다.

[0030] 스테이지(14)는 정전 척(16) 및 하부 전극(18)을 가지고 있다. 하부 전극(18)은 제 1 플레이트(18a) 및 제 2 플레이트(18b)를 포함하고 있다. 제 1 플레이트(18a) 및 제 2 플레이트(18b)는, 예를 들면 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 제 1 플레이트(18a) 및 제 2 플레이트(18b)는, 예를 들면 대략 원반 형상을 가질 수 있다. 제 2 플레이트(18b)는 제 1 플레이트(18a) 상에 마련되어 있다. 제 2 플레이트(18b)는 제 1 플레이트(18a)에 전기적으로 접속되어 있다.

[0031] 정전 척(16)은 제 2 플레이트(18b) 상에 마련되어 있다. 정전 척(16)은 절연층 및 당해 절연층 내에 내장된 막 형상의 전극을 가진다. 정전 척(16)의 전극에는, 스위치(23)를 개재하여 직류 전원(22)이 전기적으로 접속되어 있다. 정전 척(16)은, 직류 전원(22)으로부터의 직류 전압에 의해 일어나는 정전력을 발생시킨다. 피가공물(W)은, 정전력에 의해 정전 척(16)에 끌어 당겨져, 당해 정전 척(16)에 의해 유지된다.

[0032] 플라즈마 처리 장치(10)의 사용 시에는, 포커스 링(FR)이, 피가공물(W)의 에지 및 정전 척(16)의 가장자리부를 둘러싸도록, 제 2 플레이트(18b)의 주변부 상에 배치된다. 포커스 링(FR)은, 플라즈마 처리의 균일성을 향상시키기 위하여 이용된다. 포커스 링(FR)은, 예를 들면 석영으로 형성될 수 있다.

[0033] 제 2 플레이트(18b)에는 유로(24)가 형성되어 있다. 유로(24)에는, 스테이지(14)의 온도 조절을 위하여 열 교환 매체, 예를 들면 냉매가, 챔버 본체(12)의 외부에 마련된 온도 조절기(예를 들면, 칠러 유닛)로부터 공급된다. 온도 조절기는 열 교환 매체의 온도를 조절하는 장치이다. 유로(24)에는, 온도 조절기로부터 배관(26a)을 개재하여 열 교환 매체가 공급된다. 유로(24)에 공급된 열 교환 매체는, 배관(26b)을 개재하여 온도 조절기로 되돌려진다. 온도 조절기에 의해 그 온도가 조정된 열 교환 매체가 스테이지(14)의 유로(24)에 공급됨으로써, 스테이지(14)의 온도, 나아가서는 피가공물(W)의 온도가 조정된다. 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 가스 공급 라인(28)이 스테이지(14)를 통과하여 정전 척(16)의 상면까지 연장되어 있다. 정전 척(16)의 상면과 피가공물(W)의 이면의 사이에는, 전열 가스 공급 기구로부터의 전열 가스, 예를 들면 He 가스가, 가스 공급 라인(28)을 거쳐 공급된다. 이에 따라, 스테이지(14)와 피가공물(W)의 열교환이 촉진된다.

[0034] 스테이지(14) 내에는 히터(HT)가 마련되어 있어도 된다. 히터(HT)는 가열 소자이다. 히터(HT)는, 예를 들면 제 2 플레이트(18b) 내에, 혹은, 정전 척(16) 내에 매립되어 있다. 히터(HT)는 히터 전원(HP)에 접속되어 있다. 히터 전원(HP)으로부터 히터(HT)로 전력이 공급됨으로써, 스테이지(14)의 온도가 조정되고, 나아가서는 피가공물(W)의 온도가 조정된다.

[0035] 스테이지(14)의 하부 전극(18)에는, 고주파 전원(30)이 정합기(32)를 개재하여 접속되어 있다. 하부 전극(18)에는, 고주파 전원(30)으로부터의 고주파가 공급될 수 있다. 고주파 전원(30)은, 스테이지(14) 상에 탑재된 피가공물(W)에 이온을 인입하기 위한 고주파, 즉, 바이어스용의 고주파를 발생시킨다. 바이어스용의 고주파는, 예를 들면, 400 [kHz] ~ 40.68 [MHz]의 범위 내의 주파수, 일례에 있어서는 13.56 [MHz]의 주파수를 가진다. 정합

기(32)는, 고주파 전원(30)의 출력 임피던스와 부하측(하부 전극(18)측)의 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 가지고 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 바이어스용의 고주파를 하부 전극(18)에 공급함으로써, 플라즈마 생성을 위하여 다른 고주파를 이용하지 않고, 플라즈마를 생성하는 것도 가능하다.

- [0036] 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 챔버 본체(12)의 내벽을 따라 실드(34)가 착탈 가능하게 마련되어 있다. 실드(34)는 지지부(13)의 외주에도 마련되어 있다. 실드(34)는, 챔버 본체(12)에 에칭 부생물이 부착되는 것을 방지하기 위한 부재이다. 실드(34)는, 알루미늄제의 모재의 표면에  $Y_2O_3$ 과 같은 세라믹을 피복함으로써 구성될 수 있다.
- [0037] 스테이지(14)와 챔버 본체(12)의 측벽의 사이에는 배기구가 형성되어 있다. 이 배기로는, 챔버 본체(12)의 바닥부에 형성된 배기구(12e)에 연결되어 있다. 배기구(12e)에는, 배관(36)을 개재하여 배기 장치(38)가 접속되어 있다. 배기 장치(38)는, 압력 조정기 및 터보 분자 펌프와 같은 진공 펌프를 포함하고 있다. 배기로는, 즉, 스테이지(14)와 챔버 본체(12)의 측벽의 사이에는, 배플판(40)이 마련되어 있다. 배플판(40)은, 그 판 두께 방향으로 당해 배플판(40)을 관통하는 복수의 관통 홀이 형성되어 있다. 배플판(40)은, 예를 들면 알루미늄제의 모재의 표면에  $Y_2O_3$ 과 같은 세라믹을 피복함으로써 구성될 수 있다.
- [0038] 챔버 본체(12)의 천장부는 개구하고 있다. 이 개구는 창 부재(42)에 의해 폐쇄되어 있다. 창 부재(42)는 석영과 같은 유전체로 형성되어 있다. 창 부재(42)는 예를 들면 판 형상을 이루고 있다.
- [0039] 챔버 본체(12)의 측벽에는, 가스 도입구(12i)가 형성되어 있다. 가스 도입구(12i)에는, 배관(46)을 개재하여 가스 공급부(44)가 접속되어 있다. 가스 공급부(44)는, 챔버(12c)에 후술하는 제 1 가스 및 제 2 가스를 공급한다. 가스 공급부(44)는, 가스 소스군(44a), 유량 제어기군(44b) 및 밸브군(44c)을 포함하고 있다. 가스 소스군(44a)은 복수의 가스 소스를 포함하고 있다. 복수의 가스 소스는, 제 1 가스에 포함되는 1 이상의 가스의 소스 및 제 2 가스에 포함되는 1 이상의 가스의 소스를 포함하고 있다. 유량 제어기군(44b)은 복수의 유량 제어기를 포함하고 있다. 복수의 유량 제어기의 각각은, 매스 플로우 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기이다. 밸브군(44c)은 복수의 밸브를 포함하고 있다. 가스 소스군(44a)의 복수의 가스 소스는, 유량 제어기군(44b)의 복수의 유량 제어기 중 대응의 유량 제어기 및 밸브군(44c)의 복수의 밸브 중 대응의 밸브를 개재하여, 가스 도입구(12i)에 접속되어 있다. 또한, 가스 도입구(12i)는, 챔버 본체(12)의 측벽이 아닌, 창 부재(42)와 같은 다른 개소에 형성되어 있어도 된다.
- [0040] 챔버 본체(12)의 측벽에는 개구(12p)가 형성되어 있다. 이 개구(12p)는, 챔버 본체(12)의 외부로부터 챔버(12c) 내로 피가공물(W)이 반입될 때 및 챔버(12c)로부터 챔버 본체(12)의 외부로 피가공물(W)이 반출될 때에, 피가공물(W)이 통과하는 통로이다. 챔버 본체(12)의 측벽에는, 이 개구(12p)의 개폐를 위한 게이트 밸브(48)가 장착되어 있다.
- [0041] 챔버 본체(12)의 천장부의 상부 및 창 부재(42)의 상부에는, 안테나(50) 및 실드 부재(60)가 마련되어 있다. 안테나(50) 및 실드 부재(60)는, 챔버 본체(12)의 외측에 마련되어 있다. 일 실시 형태에 있어서, 안테나(50)는, 내측 안테나 소자(52A) 및 외측 안테나 소자(52B)를 가지고 있다. 내측 안테나 소자(52A)는, 소용돌이 형상의 코일이며, 창 부재(42)의 중앙부의 위에서 연장되고 있다. 외측 안테나 소자(52B)는, 소용돌이 형상의 코일이며, 창 부재(42) 위, 또한, 내측 안테나 소자(52A)의 외측에서, 연장 되고 있다. 내측 안테나 소자(52A) 및 외측 안테나 소자(52B)의 각각은, 구리, 알루미늄, 스테인리스와 같은 도체로 형성되어 있다.
- [0042] 내측 안테나 소자(52A) 및 외측 안테나 소자(52B)는 모두, 복수의 협지체(54)에 의해 협지되어 있으며, 이들 복수의 협지체(54)에 의해 지지되어 있다. 복수의 협지체(54)의 각각은, 막대 형상의 형상을 가지고 있다. 복수의 협지체(54)는, 내측 안테나 소자(52A)의 중심 부근으로부터 외측 안테나 소자(52B)의 외측까지 방사 형상으로 연장되어 있다.
- [0043] 실드 부재(60)는 안테나(50)를 덮고 있다. 실드 부재(60)는 내측 실드벽(62A) 및 외측 실드벽(62B)을 포함하고 있다. 내측 실드벽(62A)은 통 형상을 가지고 있다. 내측 실드벽(62A)은, 내측 안테나 소자(52A)를 둘러싸도록, 내측 안테나 소자(52A)와 외측 안테나 소자(52B)의 사이에 마련되어 있다. 외측 실드벽(62B)은 통 형상을 가지고 있다. 외측 실드벽(62B)은, 외측 안테나 소자(52B)를 둘러싸도록, 외측 안테나 소자(52B)의 외측에 마련되어 있다.
- [0044] 내측 안테나 소자(52A)의 위에는, 내측 실드벽(62A)의 개구를 폐쇄하도록, 원반 형상의 내측 실드판(64A)이 마련되어 있다. 외측 안테나 소자(52B)의 위에는, 내측 실드벽(62A)과 외측 실드벽(62B)의 사이의 개구를 폐쇄하

도록, 환 형상의 판 형상의 외측 실드판(64B)이 마련되어 있다.

- [0045] 또한, 실드 부재(60)의 실드벽 및 실드판의 형상은, 상술한 형상에 한정되는 것은 아니다. 실드 부재(60)의 실드벽의 형상은, 각 통 형상과 같은 다른 형상이어도 된다.
- [0046] 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)에는, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)이 각각 접속되어 있다. 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)에는, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터, 동일한 주파수 또는 상이한 주파수를 가지는 고주파가 각각 공급된다. 고주파 전원(70A)으로부터의 고주파가 내측 안테나 소자(52A)로 공급되면, 챔버(12c) 내에서 유도 자계가 발생하여, 챔버(12c) 내의 가스가 당해 유도 자계에 의해 여기된다. 이에 따라, 피가공물(W)의 중앙의 영역의 상방에서 플라즈마가 생성된다. 또한, 고주파 전원(70B)으로부터의 고주파가 외측 안테나 소자(52B)로 공급되면, 챔버(12c) 내에서 유도 자계가 발생하여, 챔버(12c) 내의 가스가 당해 유도 자계에 의해 여기된다. 이에 따라, 피가공물(W)의 주변 영역의 상방에서, 환 형상의 플라즈마가 생성된다.
- [0047] 또한, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)의 각각으로부터 출력되는 고주파에 따라, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 전기적 길이를 조정할 필요가 있다. 이 때문에, 내측 실드판(64A), 외측 실드판(64B)의 각각의 높이 방향의 위치는, 액추에이터(68A), 액추에이터(68B)에 의해 개별적으로 조정되도록 되어 있다.
- [0048] 플라즈마 처리 장치(10)는 제어부(80)를 더 구비할 수 있다. 제어부(80)는, 프로세서, 메모리와 같은 기억부, 입력 장치, 표시 장치 등을 구비하는 컴퓨터일 수 있다. 제어부(80)는, 기억부에 기억되어 있는 제어 프로그램 및 레시피 데이터에 따라 동작하여, 플라즈마 처리 장치(10)의 다양한 요소를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어부(80)는, 유량 제어기(44b)의 복수의 유량 제어기, 밸브(44c)의 복수의 밸브, 배기 장치(38), 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B), 고주파 전원(30), 정합기(32), 히터 전원(HP)과 같은 플라즈마 처리 장치의 다양한 요소를 제어한다. 또한, 다양한 실시 형태에 따른 방법의 실행 시에도, 제어부(80)는, 제어 프로그램 및 레시피 데이터에 따라, 플라즈마 처리 장치(10)의 다양한 요소를 제어할 수 있다.
- [0049] 이하, 다시 도 1을 참조하여 방법(MT)에 대하여 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 설명에서는, 도 5의 (a), 도 5의 (b), 도 6의 (a), 도 6의 (b), 도 6의 (c), 도 7의 (a), 도 7의 (b) 및 도 7의 (c)를 참조한다. 도 5의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이며, 도 5의 (b)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다. 도 6의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST2)을 설명하기 위한 도이며, 도 6의 (b)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST2)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이고, 도 6의 (c)는 일 실시 형태에 따른 방법의 종료 시의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다. 도 7의 (a)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST1)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이며, 도 7의 (b)는 일 실시 형태에 따른 방법의 공정(ST2)의 실행 후의 피가공물의 상태를 나타내는 도이고, 도 7의 (c)는 일 실시 형태에 따른 방법의 종료 시의 피가공물의 상태를 나타내는 도이다.
- [0050] 도 1에 나타내는 바와 같이, 방법(MT)의 공정(STP)에서는, 플라즈마 처리 장치의 챔버 본체에 의해 제공되는 챔버 내에서, 도 2 또는 도 3에 나타낸 피가공물(W)이 준비된다. 피가공물(W)은 하부 전극을 가지는 스테이지 상에 배치된다. 플라즈마 처리 장치(10)가 이용되는 경우에는, 피가공물(W)은, 스테이지(14) 상에 배치되어, 정전척(16)에 의해 유지된다.
- [0051] 방법(MT)에서는, 피가공물(W)이 스테이지(14) 상에 배치된 상태에서, 공정(ST1) 및 공정(ST2)이 차례로 실행된다. 공정(ST1)에서는, 챔버 내에서 제 1 가스의 플라즈마(PL1)가 생성된다. 제 1 가스는 수소를 함유하는 가스를 포함한다. 수소를 함유하는 가스는, 예를 들면 H<sub>2</sub> 가스 및 NH<sub>3</sub> 가스 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0052] 공정(ST1)에서는, 도 5의 (a)에 나타내는 바와 같이, 플라즈마(PL1)로부터 수소의 활성종, 예를 들면 수소 이온이 피가공물(W)의 표면에 조사된다. 도 5의 (a)에 있어서, 문자 'H'를 둘러싸는 원형의 도형은 수소의 활성종을 나타내고 있다. 수소의 활성종이 피가공물(W)의 표면에 조사되면, 도 5의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 1 영역(R1)의 일부, 즉, 그 표면을 포함하는 제 1 영역(R1)의 일부분이 개질되어, 개질 영역(MR1)이 된다. 또한, 도 3의 피가공물(W)의 경우에는, 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이, 개질 영역(MR1)이 형성된다. 개질 영역(MR1)은 불소의 활성종에 의해 용이하게 제거 가능하다. 한편, 제 2 영역(R2)은 안정되어 있으며, 수소의 활성종으로는 개질되지 않는다.
- [0053] 일 실시 형태의 공정(ST1)에서는, 스테이지의 하부 전극에 바이어스용의 고주파가 공급된다. 일 실시 형태의 공정(ST1)에서는, 바이어스용의 고주파에 의해서만, 플라즈마가 생성되어도 된다. 하부 전극에 바이어스용의 고주파가 공급되면, 수소 이온이 피가공물(W)에 강하게 인입되어, 제 1 영역(R1)의 개질이 촉진되고, 제 1 영역(R1)의

막 두께 방향에 있어서 개질 영역(MR1)의 두께가 커진다. 또한, 공정(ST1)에 있어서 하부 전극에 공급되는 바이어스용의 고주파의 파워는, 스퍼터링에 의한 에칭이 발생하지 않도록 설정된다.

[0054] 피가공물(W)이 제 3 영역(R3)을 가지는 경우에는, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 더 포함할 수 있다. 산소를 함유하는 가스는, 예를 들면, O<sub>2</sub> 가스, CO 가스, CO<sub>2</sub> 가스, NO 가스, NO<sub>2</sub> 가스, N<sub>2</sub>O 가스, SO<sub>2</sub> 가스 중 어느 것, 또는, 이들 중 2 이상의 가스를 포함하는 혼합 가스일 수 있다. 제 1 가스가 산소를 함유하는 가스를 포함하는 경우에는, 도 5의 (a)에 나타내는 바와 같이, 산소의 활성종, 예를 들면 산소 이온이 피가공물(W)의 표면에 조사된다. 도 5의 (a)에 있어서, 문자 'O'를 둘러싸는 원형의 도형은 산소의 활성종을 나타내고 있다. 산소의 활성종이 피가공물(W)의 표면에 조사되면, 도 5의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 3 영역(R3)의 일부, 즉, 그 표면을 포함하는 제 3 영역(R3)의 일부분이 산화되어, 산화 영역(MR3)이 된다. 이와 같이 제 3 영역(R3)의 표면이 산화되면, 후술의 공정(ST2)에 있어서 제 3 영역(R3)의 에칭이 억제된다.

[0055] 일 실시 형태에서는, 제 1 가스 중의 수소를 함유하는 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 산소를 함유하는 가스의 유량의 비율은, 3 / 100 이상, 9 / 100 이하일 수 있다. 이와 같이 제 1 가스 중의 수소를 함유하는 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 산소를 함유하는 가스의 유량의 비율이 설정됨으로써, 후술하는 공정(ST2)에 있어서 산화 영역(MR3)을 포함하는 제 3 영역(R3)의 에칭이 더 억제된다. 또한, 후술의 공정(ST2)에 있어서의 제 1 영역(R1)의 에칭 레이트의 저하가 억제된다.

[0056] 플라즈마 처리 장치(10)가 이용되는 경우에는, 공정(ST1)에 있어서, 가스 공급부(44)로부터, 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스가 챔버(12c)로 공급된다. 챔버(12c)에 공급되는 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있어도 된다. 제 1 가스에 포함되는 1 이상의 가스의 유량은 각각, 유량 제어기(44b)의 대응의 유량 제어기에 의해 제어된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파가, 하부 전극(18)으로 공급되어도 된다. 공정(ST1)에서는, 플라즈마의 생성을 위하여, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 각각에, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터 고주파가 공급되어도 되지만, 공급되지 않아도 된다. 즉, 공정(ST1)에서는, 바이어스용의 고주파를 하부 전극(18)에 공급함으로써, 다른 고주파를 이용하지 않고, 플라즈마가 생성되어도 된다.

[0057] 이어지는 공정(ST2)에서는, 챔버 내에서 제 2 가스의 플라즈마(PL2)가 생성된다. 제 2 가스는 불소를 함유하는 가스를 포함한다. 불소를 함유하는 가스는, 불소를 함유하는 임의의 가스일 수 있다. 예를 들면, 불소를 함유하는 가스는, NF<sub>3</sub> 가스, SF<sub>6</sub> 가스, 플루오로카본 가스(예를 들면, CF<sub>4</sub> 가스) 중 어느 것, 또는, 이들 중 2 이상의 가스를 포함하는 혼합 가스일 수 있다. 제 2 가스는, 불소를 함유하는 가스에 더해, 다른 가스, 예를 들면, O<sub>2</sub> 가스 및 Ar 가스와 같은 희가스를 포함하고 있어도 된다.

[0058] 공정(ST2)에서는, 도 6의 (a)에 나타내는 바와 같이, 플라즈마(PL2)로부터 불소의 활성종이 피가공물(W)의 표면으로 조사된다. 도 6의 (a)에 있어서, 문자 'F'를 둘러싸는 원형의 도형은 불소의 활성종을 나타내고 있다. 불소의 활성종이 피가공물(W)의 표면에 조사되면, 도 6의 (b)에 나타내는 바와 같이, 불소의 활성종에 의해 개질 영역(MR1)이 선택적으로 에칭되어 제거된다. 또한, 도 3의 피가공물(W)의 경우에는, 도 7의 (b)에 나타내는 바와 같이, 개질 영역(MR1)이 제거된다.

[0059] 일 실시 형태의 공정(ST2)에서는, 스테이지의 하부 전극에 바이어스용의 고주파가 공급되지 않는다. 공정(ST2)에 있어서 하부 전극에 바이어스용의 고주파가 공급되지 않는 경우에는, 불소의 활성종으로서 불소 이온이 아닌 주로 불소 라디칼에 의해 에칭이 행해진다. 즉, 이온에 의한 스퍼터 에칭이 아닌, 라디칼에 의한 에칭이 행해진다. 이에 따라, 제 2 영역(R2) 및 산화 영역(MR3)을 포함하는 제 3 영역(R3)의 에칭이 억제된다. 또한, 개질 영역(MR1)과 불소의 활성종의 화학적 반응에 의해, 개질 영역(MR1)이 제거된다.

[0060] 일 실시 형태의 공정(ST2)에서는, 제 2 가스는 수소를 포함하고 있어도 된다. 제 2 가스가 수소를 포함하는 경우에는, 제 2 가스 중의 불소의 원자수에 대한 제 2 가스 중의 수소의 원자수의 비율은, 8 / 9 이상이다. 또한, 제 2 가스에 있어서, 불소를 함유하는 가스가 NF<sub>3</sub> 가스이며, 수소를 함유하는 가스가 H<sub>2</sub> 가스인 경우에는, 제 2 가스 중의 NF<sub>3</sub> 가스의 유량에 대한 제 2 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율은, 3 / 4 이상이다. 제 2 가스 중의 불소의 원자수에 대한 제 2 가스 중의 수소의 원자수의 비율, 혹은, 제 2 가스 중의 NF<sub>3</sub> 가스의 유량에 대한 제 2 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 상술한 바와 같이 설정되면, 질화 실리콘, 산화 실리콘 및 실리콘은, 거의 에칭되지 않는다. 그러나, 수소에 의해 개질된 질화 실리콘은 에칭된다. 즉, 개질 영역(MR1)은 에칭된다. 따라서, 제 1 영역(R1)의 에칭의 선택성이 더 향상된다.

- [0061] 플라즈마 처리 장치(10)가 이용되는 경우에는, 공정(ST2)에 있어서, 가스 공급부(44)로부터 불소를 함유하는 가스를 포함하는 제 2 가스가 챔버(12c)로 공급된다. 챔버(12c)에 공급되는 제 2 가스는, 수소를 함유하는 가스를 포함하고 있어도 된다. 제 2 가스에 포함되는 1 이상의 가스의 유량은 각각, 유량 제어기(44b)의 대응의 유량 제어기에 의해 제어된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 내측 안테나 소자(52A)에 고주파 전원(70A)으로부터의 고주파가 공급되고, 외측 안테나 소자(52B)에 고주파 전원(70B)으로부터의 고주파가 공급된다. 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파는 하부 전극(18)으로 공급되지 않거나, 혹은, 그 파워는 비교적 작다.
- [0062] 도 1에 나타내는 바와 같이, 이어지는 공정(STJ)에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 공정(ST1) 및 공정(ST2)을 포함하는 시퀀스의 실행 횟수가 정해진 횟수에 도달하고 있을 때에 충족되는 것이라고 판단된다. 공정(STJ)에 있어서, 정지 조건이 충족되지 않는 것이라고 판정되면 다시 공정(ST1)이 실행된다. 한편, 정지 조건이 충족되는 것이라고 판정되면 방법(MT)은 종료한다. 방법(MT)의 종료 시에는, 도 6의 (c)에 나타내는 바와 같이, 도 2에 나타낸 피가공물(W)로부터 제 1 영역(R1)이 제거된다. 혹은, 도 7의 (c)에 나타내는 바와 같이, 도 3에 나타낸 피가공물(W)로부터 제 1 영역(R1)이 제거된다.
- [0063] 방법(MT)에서는, 공정(ST1)에 있어서 생성되는 수소의 활성종에 의해 제 1 영역(R1)의 일부가 개질되어, 불소의 활성종에 의해 용이하게 제거 가능한 개질 영역(MR1)이 된다. 한편, 산화 실리콘으로 형성된 제 2 영역(R2)은, 안정되어 있으므로, 수소의 활성종으로는 개질되지 않는다. 따라서, 공정(ST2)에서는, 제 2 영역(R2)에 대하여 개질 영역(MR1)이 선택적으로 제거된다. 그러므로, 방법(MT)에 의하면, 제 1 영역(R1)이 제 2 영역(R2)에 대하여 선택적으로 에칭된다. 또한, 공정(ST1) 및 공정(ST2)에 있어서 생성되는 플라즈마 중의 활성종은, 하이드로플루오로카본 가스의 플라즈마 중의 활성종과 비교하여, 상당히 낮은 퇴적성을 가지거나, 또는, 실질적으로 퇴적성을 가지고 있지 않다. 따라서, 방법(MT)에 의하면 퇴적물의 생성이 억제된다.
- [0064] 또한, 피가공물(W)이 제 3 영역(R3)을 가지는 경우에는, 상술한 바와 같이, 제 1 가스에 산소를 함유하는 가스가 포함된다. 이에 따라, 공정(ST1)에서는, 산소의 활성종에 의해, 제 3 영역(R3)의 표면이 산화되고, 공정(ST2)의 에칭에 있어서 산화 영역(MR3)을 포함하는 제 3 영역(R3)의 에칭이 억제된다. 따라서, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)에 대하여 제 1 영역(R1)이 선택적으로 에칭된다.
- [0065] 또한, 상술한 바와 같이, 실시 형태에서는, 제 1 가스 중의 수소를 함유하는 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 산소를 함유하는 가스의 유량의 비율은, 3 / 100 이상, 9 / 100 이하로 설정된다. 이 실시 형태에서는, 공정(ST2)에 있어서 산화 영역(MR3)을 포함하는 제 3 영역(R3)의 에칭이 더 억제된다. 또한, 공정(ST2)에 있어서의 제 1 영역(R1)의 에칭 레이트의 저하가 억제된다. 결과적으로, 제 3 영역(R3)에 대하여 제 1 영역(R1)을 더 높은 선택비로 에칭하는 것이 가능해진다.
- [0066] 이하, 다른 실시 형태에 따른 방법에 대하여 설명한다. 도 8은, 다른 실시 형태에 따른 방법을 나타내는 순서도이다. 도 8에 나타내는 방법(MTA)은, 도 3에 나타내는 피가공물(W)과 같은, 제 1 영역(R1)에 의해 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)이 덮여 있는 피가공물에 대하여, 적용될 수 있다.
- [0067] 방법(MTA)은, 방법(MT)의 공정(STP)과 동일한 공정(STP)을 포함하고 있다. 방법(MTA)은, 차례로 실행되는 복수의 시퀀스(SQ)를 더 포함하고 있다. 복수의 시퀀스(SQ)의 각각은, 방법(MT)의 공정(ST1)과 동일한 공정(ST1) 및 방법(MT)의 공정(ST2)과 동일한 공정(ST2)을 포함하고 있다.
- [0068] 복수의 시퀀스(SQ)는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1) 및 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)를 포함하고 있다. 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)는, 복수의 시퀀스 중 최초로 실행되는 시퀀스를 포함하는 1 이상의 시퀀스이다. 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 복수의 시퀀스(SQ) 중, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 이후에 실행되는 시퀀스이다. 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 제 3 영역(R3)의 표면을 산화시키기 위한 공정(ST1)을 포함하는 시퀀스이다.
- [0069] 방법(MTA)은 공정(STJ1) 및 공정(STJ2)을 포함하고 있다. 공정(STJ1)에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 공정(STJ1)에 있어서, 정지 조건은, 제 1 시퀀스(SQ1)의 실행 횟수가 정해진 횟수에 도달하고 있을 때에 충족되는 것이라고 판단된다. 공정(STJ1)에 있어서, 정지 조건이 충족되지 않는 것이라고 판정되면, 다시 제 1 시퀀스(SQ1)가 실행된다. 한편, 공정(STJ1)에 있어서, 정지 조건이 충족되는 것이라고 판정되면, 제 2 시퀀스(SQ2)의 실행으로 처리가 진행된다.
- [0070] 공정(STJ2)에서는 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 공정(STJ2)에 있어서, 정지 조건은, 제 2 시퀀스(SQ2)의 실행 횟수가 정해진 횟수에 도달하고 있을 때에 충족되는 것이라고 판단된다. 공정(STJ2)에 있어서, 정지 조건이 충족되지 않는 것이라고 판정되면 다시 제 2 시퀀스(SQ2)가 실행된다. 한편, 공정(STJ2)에 있어서,

정지 조건이 충족되는 것이라고 판정되면, 방법(MTA)의 실행이 종료된다.

- [0071] 도 9의 (a), 도 9의 (b)는 각각, 도 8에 나타내는 방법의 제 1 예에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이다. 도 9의 (c)는 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)의 실행에 의해 제 3 영역의 표면이 산화된 상태를 나타내는 도이다. 방법(MTA)의 제 1 예에서는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)는, 제 3 영역(R3)이 노출될 때까지 실행된다. 방법(MTA)의 제 1 예에서는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에 있어서 이용되는 제 1 가스는, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않다. 따라서, 도 9의 (a)에 나타내는 바와 같이, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에서는, 산소의 활성종은 피가공물(W)에 조사되지 않고, 수소의 활성종이 피가공물(W)에 조사된다.
- [0072] 방법(MTA)의 제 1 예에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 제 3 영역(R3)이 노출된 직후부터 실행된다. 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)의 공정(ST1)에서는, 제 1 가스는, 수소를 함유하는 가스에 더해, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있다. 따라서, 방법(MTA)의 제 1 예에서는, 도 9의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 3 영역(R3)이 노출된 직후에 공정(ST1)에 있어서 피가공물(W)에 수소의 활성종과 산소의 활성종이 조사된다. 그 결과, 도 9의 (c)에 나타내는 바와 같이, 제 3 영역(R3)의 표면이 노출된 직후에, 제 3 영역(R3)의 표면이 산화되어, 산화 영역(MR3)이 형성된다. 그러므로, 공정(ST2)에 있어서의 불소의 활성종의 에칭으로부터 제 3 영역(R3)이 보호된다. 이러한 방법(MTA)의 제 1 예에 의하면, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)에 대하여 제 1 영역(R1)이 선택적으로 에칭된다.
- [0073] 도 10의 (a), 도 10의 (b)는 각각, 도 8에 나타내는 방법의 제 2 예에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이다. 도 10의 (c)는 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1)의 실행에 의해 제 3 영역의 표면이 산화된 상태를 나타내는 도이다. 방법(MTA)의 제 2 예에서는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)는, 제 3 영역(R3)이 노출되기 직전까지 실행된다. 즉, 제 3 영역(R3)을 덮도록 제 1 영역(R1)이 조금 남는 상태가 형성될 때까지, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)가 실행된다. 방법(MTA)의 제 2 예에서는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에 있어서 이용되는 제 1 가스는, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않다. 따라서, 도 10의 (a)에 나타내는 바와 같이, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에서는, 산소의 활성종은 피가공물(W)에 조사되지 않고, 수소의 활성종이 피가공물(W)에 조사된다.
- [0074] 방법(MTA)의 제 2 예에 있어서의 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)에서는, 제 1 가스는, 수소를 함유하는 가스에 더해, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있다. 따라서, 방법(MTA)의 제 2 예에서는, 제 3 영역(R3)이 노출되기 직전의 시점으로부터 이후에, 도 10의 (b)에 나타내는 바와 같이, 피가공물(W)에 산소의 활성종이 조사된다. 따라서, 도 10의 (c)에 나타내는 바와 같이, 제 3 영역(R3)의 표면이 노출된 직후에, 당해 제 3 영역(R3)의 표면이 산화된다. 그러므로, 제 3 영역(R3)의 표면이 노출된 직후의 시점 이후, 공정(ST2)에 있어서의 불소의 활성종의 에칭으로부터 제 3 영역(R3)이 보호된다. 이러한 방법(MTA)의 제 2 예에 의하면, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)에 대하여 제 1 영역(R1)이 선택적으로 에칭된다.
- [0075] 이하, 또 다른 실시예에 따른 방법에 대하여 설명한다. 도 11은, 또 다른 실시예에 따른 방법을 나타내는 순서도이다. 도 11에 나타내는 방법(MTB)은, 방법(MTA)과 마찬가지로, 도 3에 나타내는 피가공물(W)과 같은, 제 1 영역(R1)에 의해 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)이 덮여 있는 피가공물에 대하여, 적용될 수 있다. 방법(MTB)은, 공정(STP), 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1), 공정(STJ1), 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2) 및 공정(STJ2)에 더해, 1 이상의 제 3 시퀀스(SQ3) 및 공정(STJ3)을 더 포함하고 있다.
- [0076] 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 제 3 영역(R3)의 표면이 산화된 후에 종료된다. 방법(MTB)에서는, 공정(STJ2)에 있어서 정지 조건이 만족된다고 판정되는 경우에는, 제 3 시퀀스(SQ3)의 실행으로 처리가 진행된다. 공정(STJ3)에서는, 정지 조건이 충족되는지 여부가 판정된다. 정지 조건은, 제 3 시퀀스(SQ3)의 실행 횟수가 정해진 횟수에 도달하고 있을 때에 충족되는 것이라고 판단된다. 공정(STJ3)에 있어서, 정지 조건이 충족되지 않는 것이라고 판정되면 다시 제 3 시퀀스(SQ3)가 실행된다. 한편, 공정(STJ3)에 있어서, 정지 조건이 충족되는 것이라고 판정되면, 방법(MTB)의 실행이 종료된다.
- [0077] 도 12의 (a), 도 12의 (b), 도 12의 (c)는 각각, 도 11에 나타내는 방법에 있어서의 제 1 시퀀스의 공정(ST1), 제 2 시퀀스 중의 공정(ST1), 제 3 시퀀스 중의 공정(ST1)을 설명하기 위한 도이다. 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)는, 제 3 영역(R3)이 노출되기 직전까지, 또는, 제 3 영역(R3)이 노출될 때까지 실행된다. 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에 있어서는, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않다. 따라서, 도 12의 (a)에 나타내는 바와 같이, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 공정(ST1)에서는, 산소의 활성종은 피가공물(W)에 조사되지 않고, 수소의 활성종이 피가공물(W)에 조사된다. 또한, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의

공정(ST1)에 있어서, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있어도 된다.

- [0078] 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 1 이상의 제 1 시퀀스(SQ1)의 이후에, 제 3 영역(R3)의 표면을 산화시키기 위하여 실행된다. 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)의 공정(ST1)에서는, 제 1 가스는, 수소를 함유하는 가스에 더해, 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있다. 따라서, 방법(MTB)의 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)에 의하면, 도 12의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 3 영역(R3)이 노출된 직후에 피가공물(W)에 산소의 활성종이 조사된다. 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)는, 제 3 영역(R3)의 표면이 산화된 후에 종료된다.
- [0079] 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)의 이후에, 1 이상의 제 3 시퀀스(SQ3)가 실행된다. 1 이상의 제 3 시퀀스(SQ3)의 공정(ST1)에서는, 제 1 가스는 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않다. 따라서, 도 12의 (c)에 나타내는 바와 같이, 1 이상의 제 3 시퀀스(SQ3)의 공정(ST1)에서는, 산소의 활성종은 피가공물(W)에 조사되지 않고, 수소의 활성종이 피가공물(W)에 조사된다. 방법(MTB)에서는, 1 이상의 제 2 시퀀스(SQ2)에 있어서 그 노출 직후에 제 3 영역(R3)의 표면이 산화되므로, 1 이상의 제 3 시퀀스(SQ3)의 공정(ST1)에 있어서 제 1 가스에 산소를 함유하는 가스가 포함되어 있지 않아도, 공정(ST2)에 있어서의 불소의 활성종의 에칭으로부터 제 3 영역(R3)이 보호된다. 이러한 방법(MTB)에 의하면, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)에 대하여 제 1 영역(R1)이 선택적으로 에칭된다.
- [0080] 이하, 다양한 실험의 결과에 대하여 설명하지만, 본 개시는 이들 실험에 의해 한정되지 않는다.
- [0081] (제 1 실험)
- [0082] 제 1 실험은, 질화 실리콘이, 수소의 활성종에 의해 개질되어 있지 않으면, 제 2 가스의 플라즈마로부터의 활성종에 의해 에칭되지 않는 조건을 유도하기 위하여 행한 실험이다. 제 1 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(10)의 챔버 내에서, 질화 실리콘 막, 산화 실리콘 막 및 실리콘 막을, 제 2 가스의 플라즈마에 의해 처리했다. 제 1 실험에 있어서 이용한 제 2 가스는,  $NF_3$  가스,  $H_2$  가스,  $O_2$  가스 및 Ar 가스를 포함하는 가스였다. 제 1 실험에서는, 제 2 가스 중의  $H_2$  가스의 유량을 다양한 유량으로 설정했다. 이하, 제 1 실험에 있어서의 다른 파라미터를 나타낸다.
- [0083] <제 1 실험의 파라미터>
- [0084] 챔버(12c)의 압력 : 400 [mTorr](53.33 [Pa])
- [0085] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 27 [MHz], 600 [W]
- [0086] 바이어스용의 고주파 : 0 [W]
- [0087]  $NF_3$  가스의 유량 : 45 [sccm]
- [0088]  $O_2$  가스의 유량 : 300 [sccm]
- [0089] Ar 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0090] 처리 시간 : 10 [초]
- [0091] 제 1 실험에서는, 제 2 가스의 플라즈마를 이용한 처리에 의한 질화 실리콘 막, 산화 실리콘 막, 실리콘 막 각각의 막 두께의 감소량(길이), 즉 에칭량을 측정했다. 도 13의 (a), 도 13의 (b), 도 13의 (c)에, 제 1 실험의 결과를 나타내는 그래프를 나타낸다. 도 13의 (a), 도 13의 (b) 및 도 13의 (c) 각각의 그래프에 있어서, 가로축은 제 2 가스 중의  $H_2$  가스의 유량을 나타내고 있다. 도 13의 (a)의 그래프의 세로축은, 질화 실리콘 막의 에칭량을 나타내고 있으며, 도 13의 (b)의 그래프의 세로축은 산화 실리콘 막의 에칭량을 나타내고 있고, 도 13의 (c)의 그래프의 세로축은 실리콘 막의 에칭량을 나타내고 있다.
- [0092] 도 13의 (a), 도 13의 (b) 및 도 13의 (c)로부터 알 수 있는 바와 같이, 제 2 가스 중의  $H_2$  가스의 유량이 60 sccm 이상인 경우에, 질화 실리콘 막, 산화 실리콘 막 및 실리콘 막은, 제 2 가스의 플라즈마를 이용한 처리에서는 대략 에칭되지 않았다. 따라서, 제 2 가스 중의  $NF_3$  가스의 유량에 대한 제 2 가스 중의  $H_2$  가스의 유량의 비율이 3 / 4 이상인 제 2 가스의 플라즈마를 이용한 처리에서는, 질화 실리콘, 산화 실리콘 및 실리콘은 에칭되지 않는 것이 확인되었다. 이점에서, 제 2 가스 중의 불소의 원자수에 대한 제 2 가스 중의 수소의 원자수의 비율이 8 / 9 이상인 경우에, 제 2 가스의 플라즈마를 이용한 처리에서는, 질화 실리콘, 산화 실리콘 및 실리콘



은 에칭되지 않는 것이 확인되었다.

- [0093] (제 2 실험)
- [0094] 제 2 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여, 질화 실리콘 막, 산화 실리콘 막 및 실리콘 막에 방법(MT)를 적용하고, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율과 산화 실리콘 막 및 실리콘 막에 대한 질화 실리콘 막의 에칭의 선택비의 관계를 구했다. 제 2 실험에 있어서 공정(ST1) 및 공정(ST2)을 포함하는 시퀀스의 실행 횟수는 6 회였다. 제 2 실험의 다른 파라미터를 이하에 나타낸다.
- [0095] <제 2 실험에 있어서의 공정(ST1)의 파라미터>
- [0096] 챔버(12c)의 압력 : 30 [mTorr](4 [Pa])
- [0097] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 0 [W]
- [0098] 바이어스용의 고주파 : 13.56 [MHz], 50 [W]
- [0099] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0100] 처리 시간 : 15 [초]
- [0101] <제 2 실험에 있어서의 공정(ST2)의 파라미터>
- [0102] 챔버(12c)의 압력 : 400 [mTorr](53.33 [Pa])
- [0103] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 27 [MHz], 600 [W]
- [0104] 바이어스용의 고주파 : 0 [W]
- [0105] NF<sub>3</sub> 가스의 유량 : 45 [sccm]
- [0106] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 60 [sccm]
- [0107] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 300 [sccm]
- [0108] Ar 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0109] 처리 시간 : 10 [초]
- [0110] 제 2 실험에서는, 질화 실리콘 막, 산화 실리콘 막 및 실리콘 막 각각의 막 두께의 감소량(길이), 즉 에칭량을 계측했다. 또한, 질화 실리콘 막의 에칭량과 실리콘 막의 에칭량으로부터, 실리콘 막의 에칭량에 대한 질화 실리콘 막의 에칭량의 비율, 즉, 실리콘 막에 대한 질화 실리콘 막의 에칭의 선택비를 구했다. 도 14의 (a), 도 14의 (b) 및 도 15에 결과를 나타낸다. 도 14의 (a), 도 14의 (b) 및 도 15의 각각의 그래프에 있어서, 가로축은, H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율을 나타내고 있다. 도 14의 (a)의 그래프에 있어서, 세로축은 질화 실리콘 막의 에칭량을 나타내고 있다. 도 14의 (b)의 그래프에 있어서, 세로축은 산화 실리콘 막의 에칭량 및 실리콘 막의 에칭량을 나타내고 있다. 도 15의 그래프에 있어서, 세로축은, 실리콘 막에 대한 질화 실리콘 막의 에칭의 선택비를 나타내고 있다.
- [0111] 도 14의 (b)의 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 3 / 100 이상(비율로는 3% 이상)이면, 실리콘 막의 에칭량이 감소하는 것, 즉, 실리콘 막의 에칭이 억제되는 것이 확인되었다. 또한, 도 14의 (a)의 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 9 / 100 이하 (비율로는 9% 이하)인 경우에는, 질화 실리콘 막의 에칭량은, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 0인 경우의 질화 실리콘 막의 에칭량과 대략 동등했다. 즉, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 9 / 100 이하인 경우에는, 질화 실리콘 막의 에칭량은 대략 감소하지 않았다. 따라서, 도 15에 나타내는 바와 같이, 제 1 가스 중의 H<sub>2</sub> 가스의 유량에 대한 제 1 가스 중의 O<sub>2</sub> 가스의 유량의 비율이 3 / 100 이상, 9 / 100 이하이면, 실리콘 막에 대한 질화 실리콘 막의 에칭의 선택비는 높은 선택비가 되는 것이 확인되었다.

- [0112] (제 3 실험)
- [0113] 제 3 실험에서는, 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여, 도 3에 나타난 피가공물(W)과 동일한 실험 샘플 1 및 실험 샘플 2에 대하여 방법(MT)을 적용했다. 실험 샘플 1에 대하여 적용한 방법(MT)에서는 제 1 가스에 O<sub>2</sub> 가스를 포함시키지 않았다. 실험 샘플 2에 대하여 적용한 방법(MT)에서는 제 1 가스에 O<sub>2</sub> 가스를 포함시켰다. 또한, 도 3에 나타난 피가공물(W)과 동일한 비교 샘플에 대하여, 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여, 하이드로플루오로 카본 가스를 포함하는 처리 가스의 플라즈마 처리를 행했다. 이하, 실험 샘플 1에 대하여 적용한 방법(MT)의 파라미터, 실험 샘플 2에 대하여 적용한 방법(MT)의 파라미터 및 비교 샘플에 대하여 적용한 플라즈마 처리의 파라미터를 나타낸다. 또한, 실험 샘플 1에 대하여 적용한 방법(MT) 및 실험 샘플 2에 대하여 적용한 방법(MT)에 있어서는, 완전히 제 1 영역(R1)이 제거될 때까지 처리를 행하고, 공정(ST1) 및 공정(ST2)을 포함하는 시퀀스의 실행 횟수는 33 회였다. 마찬가지로, 비교 샘플에 대한 플라즈마 처리에 있어서는, 완전히 제 1 영역(R1)이 제거될 때까지 처리를 행했다.
- [0114] <제 3 실험에 있어서의 실험 샘플 1용의 방법(MT)의 공정(ST1)의 파라미터>
- [0115] 챔버(12c)의 압력 : 30 [mTorr] (4 [Pa])
- [0116] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 0 [W]
- [0117] 바이어스용의 고주파 : 13.56 [MHz], 50 [W]
- [0118] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0119] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 0 [sccm]
- [0120] 처리 시간 : 15 [초]
- [0121] <제 3 실험에 있어서의 실험 샘플 1용의 방법(MT)의 공정(ST2)의 파라미터>
- [0122] 챔버(12c)의 압력 : 400 [mTorr] (53.33 [Pa])
- [0123] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 27 [MHz], 600 [W]
- [0124] 바이어스용의 고주파 : 0 [W]
- [0125] NF<sub>3</sub> 가스의 유량 : 45 [sccm]
- [0126] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 60 [sccm]
- [0127] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 300 [sccm]
- [0128] Ar 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0129] 처리 시간 : 10 [초]
- [0130] <제 3 실험에 있어서의 실험 샘플 2용의 방법(MT)의 공정(ST1)의 파라미터>
- [0131] 챔버(12c)의 압력 : 30 [mTorr] (4 [Pa])
- [0132] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 0 [W]
- [0133] 바이어스용의 고주파 : 13.56 [MHz], 50 [W]
- [0134] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 100 [sccm]
- [0135] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 9 [sccm]
- [0136] 처리 시간 : 15 [초]
- [0137] <제 3 실험에 있어서의 실험 샘플 2용의 방법(MT)의 공정(ST2)의 파라미터>
- [0138] 챔버(12c)의 압력 : 400 [mTorr] (53.33 [Pa])
- [0139] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 27 [MHz], 600 [W]

[0140] 바이어스용의 고주파 : 0 [W]

[0141] NF<sub>3</sub> 가스의 유량 : 45 [sccm]

[0142] H<sub>2</sub> 가스의 유량 : 60 [sccm]

[0143] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 300 [sccm]

[0144] Ar 가스의 유량 : 100 [sccm]

[0145] 처리 시간 : 10 [초]

[0146] <비교 샘플에 대하여 적용한 플라즈마 처리의 파라미터>

[0147] 챔버(12c)의 압력 : 50 [mTorr] (6.666 [Pa])

[0148] 고주파 전원(70A 및 70B)의 고주파 : 27 [MHz], 200 [W]

[0149] 바이어스용의 고주파 : 50 [W]

[0150] CH<sub>3</sub>F 가스의 유량 : 30 [sccm]

[0151] O<sub>2</sub> 가스의 유량 : 15 [sccm]

[0152] He 가스의 유량 : 500 [sccm]

[0153] 도 16의 (a)는, 제 3 실험에 있어서 각 샘플에 대하여 구한 감소량을 설명하기 위한 도이다. 도 16의 (a)에 있어서는, 2점 쇄선으로 각 샘플의 처리 전의 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)이 나타나 있으며, 실선으로 각 샘플의 처리 후의 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)이 나타나 있다. 제 3 실험에서는, 도 16의 (a)에 나타내는 바와 같이, 각 샘플에 대하여 제 2 영역(R2)의 감소량( $\Delta L2$ ) 및 제 3 영역(R3)의 감소량( $\Delta L3$ )을 구했다. 그 결과를 도 16의 (b)의 표에 나타낸다. 도 16의 (b)의 표에 나타내는 비교 샘플의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 하이드로플루오로카본 가스를 포함하는 처리 가스를 이용한 플라즈마 처리에서는, 제 1 영역(R1)이 에칭될 뿐만 아니라, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)도 에칭되었다. 한편, 도 16의 (b)의 표에 나타내는 실험 샘플 1의 결과로부터 알 수 있는 바와 같이, 방법(MT)에서는, 수소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스의 플라즈마를 이용한 개질에 의해, 제 2 영역(R2)을 에칭하지 않고, 제 1 영역(R1)을 선택적으로 에칭하는 것이 가능한 것이 확인되었다. 단, 실험 샘플 1에 적용한 방법(MT)에서는, 제 1 가스가 산소를 함유하는 가스를 포함하고 있지 않았으므로, 제 3 영역(R3)은 에칭되었다. 산소를 함유하는 가스를 포함하는 제 1 가스를 이용한 방법(MT)을 적용한 실험 샘플 2의 경우에는, 제 2 영역(R2) 및 제 3 영역(R3)의 쌍방을 에칭하지 않고, 제 1 영역(R1)을 선택적으로 에칭하는 것이 가능한 것이 확인되었다.

[0154] 이하, 또 다른 실시예에 따른 방법에 대하여 설명한다. 도 17은, 또 다른 실시예에 따른 방법을 나타내는 순서도이다. 이하의 설명에서는, 도 17과 함께, 도 18 ~ 도 25를 참조한다. 도 17에 나타내는 방법(MTC)에서는, 제 1 영역을 가지는 피가공물에 제 2 영역이 형성된 후에, 상술한 공정(ST1) 및 공정(ST2)을 포함하는 시퀀스가 1회 이상 실행된다. 이하, 플라즈마 처리 장치(10)를 이용하여 실행되는 방법(MTC)에 대하여 설명하지만, 방법(MTC)은 플라즈마 처리 장치(10) 이외의 플라즈마 처리 장치를 이용하여 실행되어도 된다.

[0155] 방법(MTC)의 공정(STP)에서는, 플라즈마 처리 장치(10)의 스테이지(14) 상에 도 18에 나타내는 피가공물(W)이 배치된다. 도 18에 나타내는 피가공물(W)은, 하지층(UL) 및 영역(EL)을 가진다. 영역(EL)은 하지층(UL) 상에 마련되어 있다. 하지층(UL)의 표면은 주면(UL1)을 포함하고 있다. 주면(UL1)은 방향(DR)에 수직인 면이다. 방향(DR)은, 피가공물(W)이 스테이지(14) 상(정전 척(16) 상)에 배치되어 있는 상태에서는, 연직 방향에 대응한다.

[0156] 영역(EL)은, 복수의 볼록 영역(예를 들면 볼록 영역(PJ1), 볼록 영역(PJ2) 등)을 포함하고 있다. 영역(EL)의 복수의 볼록 영역의 각각은 주면(UL1)으로부터 상방으로 연장되어 있다. 영역(EL)의 복수의 볼록 영역의 각각은, 단면을 가진다. 볼록 영역(PJ1)은 단면(TE1)을 가진다. 볼록 영역(PJ2)은 단면(TE2)을 가진다. 도 18에 나타내는 피가공물(W)에서는 영역(EL)의 복수의 볼록 영역의 각각의 단면은 노출되어 있다. 볼록 영역(PJ1)의 단면(TE1) 및 볼록 영역(PJ2)의 단면(TE2)은 노출되어 있다.

[0157] 복수의 볼록 영역의 각각의 높이는, 그 단면과 주면(UL1)의 사이의 거리이다. 볼록 영역(PJ1)의 높이(TT1)는, 단면(TE1)과 주면(UL1)의 사이의 거리이다. 볼록 영역(PJ2)의 높이(TT2)는 단면(TE2)과 주면(UL1)의 사이의 거

리이다. 영역(EL)의 복수의 블록 영역의 각각의 높이는, 서로 상이하다. 블록 영역(PJ1)은 블록 영역(PJ2)보다 낮다. 즉, 블록 영역(PJ1)의 높이(TT1)의 값은, 블록 영역(PJ2)의 높이(TT2)의 값보다 작다.

- [0158] 하지층(UL)은, 예를 들면 Si(실리콘)로 형성되어 있다. 영역(EL)은 예를 들면 질화 실리콘으로 형성되어 있다. 즉, 영역(EL)의 전부가, 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역이어도 된다. 혹은, 복수의 블록 영역은 서로 상이한 재료로 형성되어 있어도 된다. 예를 들면, 복수의 블록 영역 중 일부가, 다른 블록 영역의 재료와는 상이한 재료로 형성되어 있어도 된다. 예를 들면, 블록 영역(PJ1)이 질화 실리콘으로 형성되어 있으며, 다른 블록 영역이 실리콘과 같은 다른 1 이상의 재료로 형성되어 있어도 된다. 이 경우에는, 블록 영역(PJ1)이 질화 실리콘으로 형성된 제 1 영역이다.
- [0159] 영역(EL)의 복수의 블록 영역(블록 영역(PJ1), 블록 영역(PJ2) 등)의 단부(단면(TE1), 단면(TE2) 등의 단면을 포함하는 부분)는, 주면(UL1)으로부터의 거리의 크기에 따라 그들의 폭이 좁아지도록 형성되어 있어도 된다. 즉, 영역(EL)의 복수의 블록 영역의 단부는, 테이퍼 형상을 가지고 있어도 된다. 영역(EL)의 복수의 블록 영역의 단부가 테이퍼 형상을 가지고 있는 경우에는, 복수의 블록 영역의 단부에 의해 형성되는 개구의 폭이 비교적으로 넓어지므로, 이들 블록 영역의 단부에 있어서의 퇴적물의 형성이 충분히 억제될 수 있다.
- [0160] 도 17에 나타내는 바와 같이, 공정(STP)은, 공정(ST11) 및 공정(ST12)을 포함하고 있다. 공정(ST11)에서는, 도 18에 나타낸 피가공물(W)이 스테이지(14) 상에 배치되어 있는 상태에서, 당해 피가공물(W)의 표면 상에, 제 1 막(SF1)이 컨포멀하게 형성된다. 제 1 막(SF1)은 산화 실리콘으로 형성된다. 공정(ST11)의 성막법은 ALD(Atomic Layer Deposition)법이다. 도 24는 공정(ST11)의 상세한 순서도를 나타내고 있다. 도 24에 나타내는 바와 같이, 공정(ST11)은, 공정(ST11a), 공정(ST11b), 공정(ST11c) 및 공정(ST11d)를 포함하고 있다. 공정(ST11a), 공정(ST11b), 공정(ST11c) 및 공정(ST11d)은, 시퀀스(SQ11)를 구성한다. 공정(ST11)에 있어서 시퀀스(SQ11)는 일회 이상 실행된다.
- [0161] 공정(ST11a)에서는 피가공물(W)이 그 안에 수용되어 있는 챔버(12c)에, 가스 공급부(44)로부터, 제 3 가스가 공급된다. 제 3 가스는, 아미노실란계 가스, 예를 들면 유기 함유의 아미노실란계 가스를 포함한다. 유기 함유의 아미노실란계 가스로서는, 예를 들면 모노아미노실란( $H_3-Si-R$ (R은 유기 함유의 아미노기))이 이용된다. 공정(ST11a)에서는 제 3 가스의 플라즈마는 생성되지 않는다. 공정(ST11a)에서는 피가공물(W)의 표면에 제 3 가스 중의 분자(예를 들면 모노아미노실란)가, 전구체로서 부착된다. 또한, 제 3 가스에 포함되는 아미노실란계 가스는, 모노아미노실란의 이외에, 1 ~ 3 개의 규소 원자를 가지는 아미노실란을 포함하고 있어도 된다. 또한, 제 3 가스에 포함되는 아미노실란계 가스는, 1 ~ 3개의 아미노기를 가지는 아미노실란을 포함하고 있어도 된다.
- [0162] 이어지는 공정(ST11b)에서는 챔버(12c)의 퍼지가 실행된다. 즉, 공정(ST11b)에서는 제 3 가스가 배기된다. 공정(ST11b)에서는 퍼지 가스로서, 질소 가스 또는 희가스와 같은 불활성 가스가 챔버(12c)에 공급되어도 된다. 공정(ST11b)에서는 피가공물(W) 상에 과잉으로 부착된 분자가 제거될 수 있다. 공정(ST11b)이 실행됨으로써, 피가공물(W) 상의 전구체의 층은, 매우 얇은 층(예를 들면 단분자층)이 된다.
- [0163] 공정(ST11c)에서는 챔버(12c) 내에 있어서 제 4 가스의 플라즈마가 생성된다. 제 4 가스는 산소 원자를 함유하는 가스를 포함한다. 제 4 가스는, 예를 들면 산소 가스를 포함할 수 있다. 공정(ST11c)에서는 가스 공급부(44)로부터 챔버(12c)로 제 4 가스가 공급된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 각각에, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터 고주파가 공급된다. 또한, 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파가, 하부 전극(18)으로 공급되어도 된다. 공정(ST11c)에서는 제 4 가스가 여기되어 플라즈마가 생성된다. 그리고, 플라즈마로부터의 산소의 활성종에 전구체의 층이 노출된다. 이에 따라, 전구체의 층이 실리콘 산화막(제 1 막(SF1) 또는 그 일부)이 된다.
- [0164] 이어지는 공정(ST11d)에서는 챔버(12c)의 퍼지가 실행된다. 즉, 공정(ST11d)에서는 제 4 가스가 배기된다. 공정(ST11d)에서는 퍼지 가스로서, 질소 가스 또는 희가스와 같은 불활성 가스가 챔버(12c)에 공급되어도 된다.
- [0165] 계속되는 공정(ST11e)에서는, 시퀀스(SQ11)의 실행을 종료할지 여부가 판정된다. 구체적으로는, 공정(ST11e)에 있어서, 시퀀스(SQ11)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있는지 여부가 판정된다. 공정(ST11e)에 있어서, 시퀀스(SQ11)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있지 않다고 판정되면, 다시 시퀀스(SQ11)가 실행된다. 한편, 공정(ST11e)에 있어서, 시퀀스(SQ11)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있는 것이라고 판정되면, 공정(ST11)의 실행이 종료된다. 이 공정(ST11)의 실행에 의해, 도 19에 나타내는 바와 같이, 피가공물(W)의 표면 상에, 제 1 막(SF1)이 컨포멀로 형성된다. 제 1 막(SF1)의 막 두께는, 시퀀스(SQ11)의 실행 횟

수에 의해 규정된다. 즉, 제 1 막(SF1)의 막 두께는, 시퀀스(SQ11)의 1 회의 실행에 의해 형성되는 실리콘 산화막의 막 두께와 시퀀스(SQ11)의 실행 횟수의 곱에 의해 나타난다. 시퀀스(SQ11)의 실행 횟수는, 제 1 막(SF1)의 원하는 막 두께에 따라 설정된다.

- [0166] 도 17로 되돌아가, 방법(MTC)에서는, 이어서, 공정(ST12)이 실행된다. 공정(ST12)에서는, 제 1 막(SF1) 상에 제 2 막(SF2)이 형성된다. 제 2 막(SF2)은 산화 실리콘으로 형성된다. 공정(ST12)에서는, 제 2 막(SF2)은, 그 형성 위치의 주면(UL1)으로부터의 거리가 클 수록 막 두께가 커지도록 형성된다. 예를 들면, 도 20에 나타내는 바와 같이, 볼록 영역(PJ1)의 단면(TE1) 상의 제 1 막(SF1) 상에 형성되는 제 2 막(SF2)의 막 두께보다, 볼록 영역(PJ2)의 단면(TE2) 상의 제 1 막(SF1) 상에 형성되는 제 2 막(SF2)의 막 두께는 크다.
- [0167] 공정(ST12)의 성막 처리에는, 도 25의 (a)에 나타내는 공정(ST12A), 또는, 도 25의 (b)에 나타내는 공정(ST12B)을 이용할 수 있다. 이하, 공정(ST12A) 및 공정(ST12B)에 대하여 설명한다.
- [0168] 공정(ST12A)은 공정(ST121) 및 공정(ST122)을 포함하고 있다. 공정(ST121)에서는, 챔버(12c) 내에서 제 5 가스의 플라즈마가 생성된다. 제 5 가스는 실리콘 원자를 포함하고, 또한, 염소 원자 또는 수소 원자를 포함한다. 제 5 가스는 SiCl<sub>4</sub> 가스 또는 SiH<sub>4</sub> 가스를 포함한다. 제 5 가스는, 예를 들면 SiCl<sub>4</sub> 가스 또는 SiH<sub>4</sub> 가스, Ar 가스 및 산소 가스를 포함하는 혼합 가스이다. 공정(ST121)에서는, 가스 공급부(44)로부터 챔버(12c)로 제 5 가스가 공급된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 각각에, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터 고주파가 공급된다. 또한, 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파가, 하부 전극(18)으로 공급되어도 된다. 공정(ST121)에서는, 제 5 가스가 여기되어, 플라즈마가 생성된다. 그리고, 플라즈마로부터의 실리콘 및 산소에 의해, 제 1 막(SF1) 상에 제 2 막(SF2)이 형성된다. 계속되는 공정(ST122)에서는, 챔버(12c)의 퍼지가 실행된다. 공정(ST122)의 퍼지는, 공정(ST11b)에 있어서의 퍼지와 동일하다.
- [0169] 공정(ST12B)은, 공정(ST125), 공정(ST126), 공정(ST127) 및 공정(ST128)을 포함하고 있다. 공정(ST125), 공정(ST126), 공정(ST127) 및 공정(ST128)은, 시퀀스(SQ12)를 구성한다. 공정(ST12B)에 있어서, 시퀀스(SQ12)는 1 회 이상 실행된다.
- [0170] 공정(ST125)에서는 제 6 가스가 챔버(12c)에 공급된다. 제 6 가스는 실리콘 원자 및 염소 원자를 포함한다. 제 6 가스는, 예를 들면 SiCl<sub>4</sub> 가스 및 Ar 가스를 포함하는 혼합 가스일 수 있다. 공정(ST125)에서는, 가스 공급부(44)로부터 챔버(12c)로 제 6 가스가 공급된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 공정(ST125)에서는 플라즈마는 생성되지 않는다. 공정(ST125)에서는, 제 6 가스 중의 실리콘을 함유하는 분자가, 제 1 막(SF1)의 표면에, 전구체로서 부착된다. 계속되는 공정(ST126)에서는 챔버(12c)의 퍼지가 실행된다. 공정(ST126)에 있어서의 퍼지는, 공정(ST11b)에 있어서의 퍼지와 동일하다. 공정(ST126)의 실행에 의해, 제 1 막(SF1)에 과잉으로 부착된 분자가 제거될 수 있다.
- [0171] 계속되는 공정(ST127)에서는, 챔버(12c) 내에서 제 7 가스의 플라즈마가 생성된다. 제 7 가스는 산소 원자를 함유하는 가스를 포함한다. 제 7 가스는, 예를 들면 산소 가스 및 Ar 가스를 포함하는 혼합 가스이다. 공정(ST127)에서는, 가스 공급부(44)로부터 챔버(12c)로 제 7 가스가 공급된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 각각에, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터 고주파가 공급된다. 또한, 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파가, 하부 전극(18)으로 공급되어도 된다. 공정(ST127)에서는 제 7 가스가 여기되어 플라즈마가 생성된다. 그리고, 플라즈마로부터의 산소의 활성종에 전구체의 층이 노출된다. 이에 따라, 전구체의 층이 실리콘 산화막(제 2 막(SF2) 또는 그 일부)이 된다. 계속되는 공정(ST128)에서는, 챔버(12c)의 퍼지가 실행된다. 공정(ST128)에 있어서의 퍼지는, 공정(ST11b)에 있어서의 퍼지와 동일하다.
- [0172] 계속되는 공정(ST129)에서는, 시퀀스(SQ12)의 실행을 종료할지 여부가 판정된다. 구체적으로는, 공정(ST129)에 있어서, 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있는지 여부가 판정된다. 공정(ST129)에 있어서, 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있지 않다고 판정되면, 다시 시퀀스(SQ12)가 실행된다. 한편, 공정(ST129)에 있어서, 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수가 미리 설정된 횟수에 도달하고 있는 것이라고 판정되면, 공정(ST12B)의 실행이 종료된다. 제 2 막(SF2)의 막 두께는, 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수에 의해 규정된다. 즉, 제 2 막(SF2)의 막 두께는, 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수의 증가에 따라 커진다. 시퀀스(SQ12)의 실행 횟수는, 제 2 막(SF2)이 원하는 막 두께에 따라 설정된다.
- [0173] 도 17로 되돌아가, 방법(MTC)에서는, 이어서, 공정(ST13)이 실행된다. 공정(ST13)에서는, 제 1 막(SF1) 및 제 2

막(SF2)에 대한 이방성 에칭이 실행된다. 이에 따라, 복수의 블록 영역 중 1 이상의 블록 영역 상의 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2)이 제거된다. 예를 들면, 도 21에 나타내는 바와 같이, 블록 영역(PJ1)의 단면(TE1) 상의 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2)이 제거된다.

[0174] 공정(ST13)에서는, 챔버(12c) 내에서 제 8 가스의 플라즈마가 생성된다. 제 8 가스는 플루오로카본계 가스를 포함할 수 있다. 플루오로카본계 가스는, 플루오로카본(CxFy) 및 하이드로플루오로카본(CxHyFz) 중 적어도 하나를 포함한다. 플루오로카본계 가스는, 예를 들면 CF<sub>4</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, CHF<sub>3</sub> 중 1 이상을 포함할 수 있다. 공정(ST13)에서는, 가스 공급부(44)로부터 챔버(12c)로 제 8 가스가 공급된다. 또한, 배기 장치(38)에 의해 챔버(12c)의 압력이, 지정된 압력으로 설정된다. 또한, 내측 안테나 소자(52A), 외측 안테나 소자(52B)의 각각에, 고주파 전원(70A), 고주파 전원(70B)으로부터 고주파가 공급된다. 또한, 고주파 전원(30)으로부터의 바이어스용의 고주파가, 하부 전극(18)으로 공급된다. 이에 따라, 플라즈마로부터의 이온이 피가공물(W)에 끌어 당겨져, 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2)의 이방성 에칭이 행해진다.

[0175] 주면(UL1)으로부터의 거리가 작은 위치에 형성된 제 1 막(SF1)과 제 2 막(SF2)을 포함하는 복합 막은 얇고, 주면(UL1)으로부터의 거리가 큰 위치에 형성된 제 1 막(SF1)과 제 2 막(SF2)을 포함하는 복합 막은 두껍다. 따라서, 공정(ST13)에서는, 복수의 블록 영역의 단면 중 주면(UL1)으로부터의 거리가 작은 일부의 단면 형상의 복합 막을 제거하는 것이 가능하다. 예를 들면, 도 21에 나타내는 바와 같이, 블록 영역(PJ1)의 단면(TE1) 상의 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2)이 제거된다. 블록 영역(PJ2)의 단면(TE2) 상의 제 2 막(SF2)은, 그 막 두께는 얇아지지만 남겨진다. 남겨진 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2)은 제 2 영역이 된다.

[0176] 계속되는 공정(ST14)에서는, 제 1 막(SF1) 및 제 2 막(SF2), 즉 제 2 영역에 대하여, 제 1 영역, 즉, 복수의 블록 영역 중 단면이 노출된 블록 영역이, 선택적으로 에칭된다. 공정(ST14)에서는, 상술한 공정(ST1) 및 공정(ST2)을 포함하는 시퀀스가 1 회 이상 실행된다. 공정(ST1)에서는, 복수의 블록 영역 중 단면이 노출된 블록 영역의 당해 단면을 포함하는 일부 영역이 개질된다. 예를 들면, 도 22에 나타내는 바와 같이, 단면(TE1)을 포함하는 블록 영역(PJ1)의 일부 영역이 개질되어, 개질 영역(MX)이 된다. 계속되는 공정(ST2)에서는, 도 23에 나타내는 바와 같이, 개질 영역(MX)이 선택적으로 제거된다.

[0177] 이 방법(MTC)은, 도 18에 나타낸 피가공물(W)의 일부의 블록 영역의 에칭뿐만 아니라, 예를 들면, Fin형 전계 효과 트랜지스터의 제조에 있어서도 이용할 수 있다. Fin형 전계 효과 트랜지스터의 제조에 있어서, 피가공물은, 핀 영역 및 복수의 게이트 영역을 가진다. 핀 영역은, 소스 영역, 드레인 영역 및 채널 영역을 제공한다. 복수의 게이트 영역은 핀 영역 상에서 배열되어 있다. 이웃하는 게이트 영역의 사이에 있어서, 핀 영역은, 실리콘 질화막에 의해 덮여 있다. Fin형 전계 효과 트랜지스터의 제조에 있어서, 복수의 게이트 영역을 보호하면서, 이웃하는 게이트 영역의 사이에 있어서, 실리콘 질화막을 제거하고, 핀 영역(소스 영역 및 드레인 영역)을 노출시키는 처리가 행해진다. 이 처리는, 핀 영역(소스 영역 및 드레인 영역)에 대한 컨택트의 형성을 위하여 행해진다. 이 처리를 위하여 방법(MTC)이 이용될 수 있다.

[0178] 이상, 다양한 실시 형태에 대하여 설명하였지만, 상술한 실시 형태에 한정되지 않고 다양한 변형 양태를 구성 가능하다. 상술한 플라즈마 처리 장치(10)는, 유도 결합형의 플라즈마 처리 장치이지만, 다양한 실시 형태 및 그 변형 양태에 따른 방법의 각각에 있어서 사용 가능한 플라즈마 처리 장치는, ECR(Electron Cyclotron Resonance) 형태의 플라즈마 처리 장치, 용량 결합형의 플라즈마 처리 장치, 또는, 플라즈마의 생성에 있어서 마이크로파와 같은 표면파를 이용하는 플라즈마 처리 장치여도 된다.

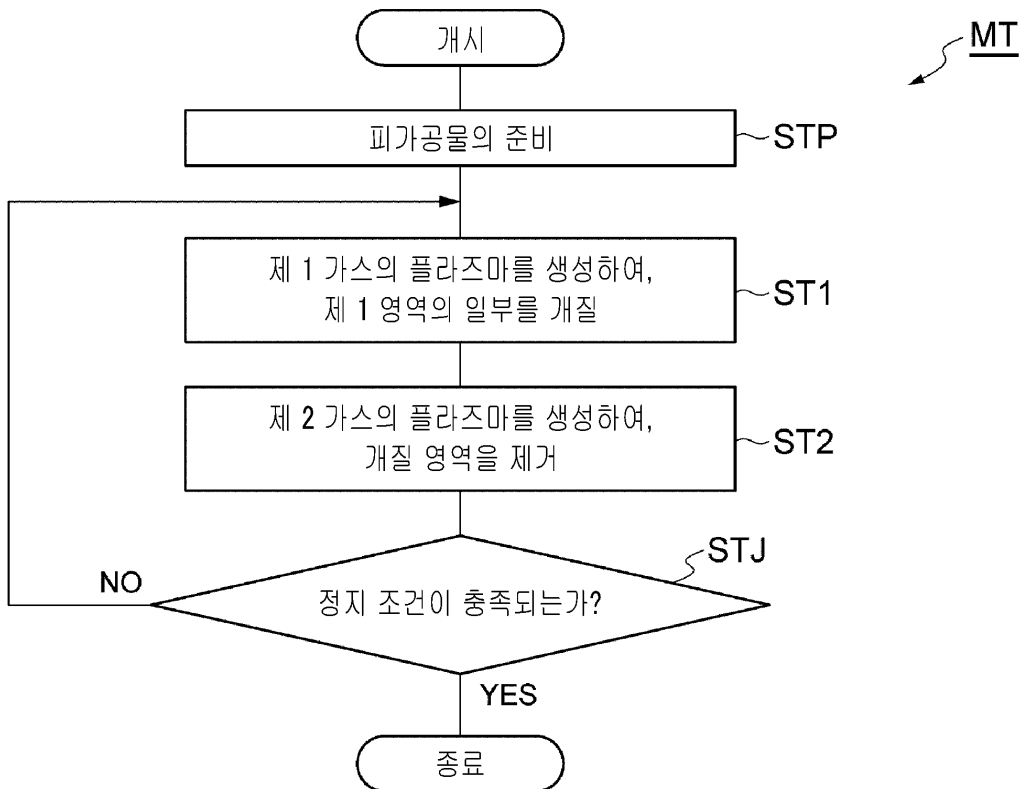
**부호의 설명**

- [0179] 10 : 플라즈마 처리 장치
- 12 : 챔버 본체
- 12c : 챔버
- 14 : 스테이지
- 16 : 정전 척
- 18 : 하부 전극
- 30 : 고주파 전원

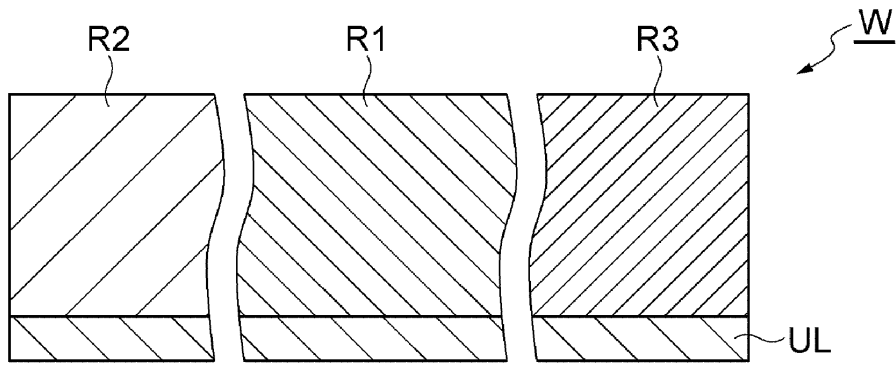
- 44 : 가스 공급부
- 50 : 안테나
- 70A, 70B : 고주파 전원
- 80 : 제어부
- W : 피가공물
- R1 : 제 1 영역
- R2 : 제 2 영역
- R3 : 제 3 영역
- MR1 : 개질 영역
- MR3 : 산화 영역

**도면**

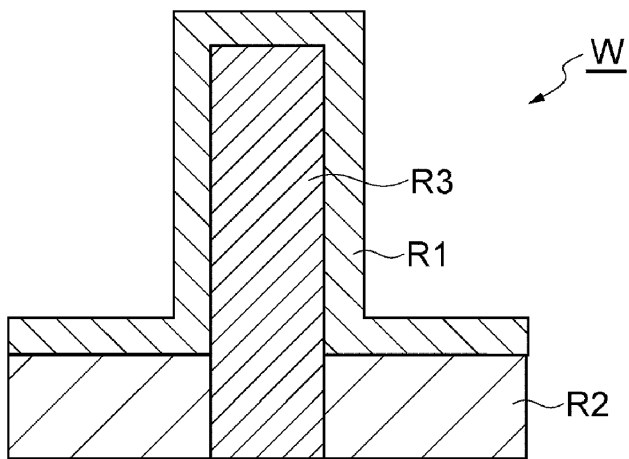
**도면1**



도면2

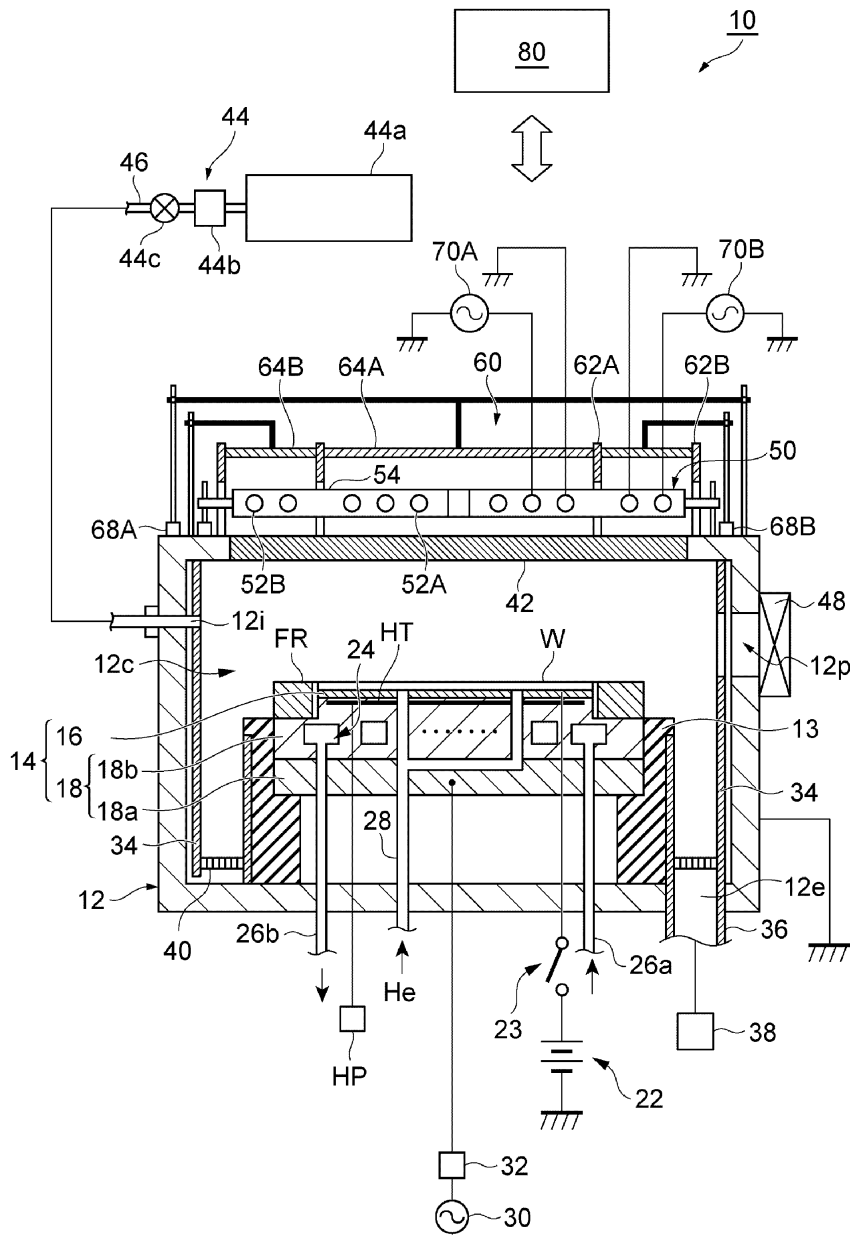


도면3

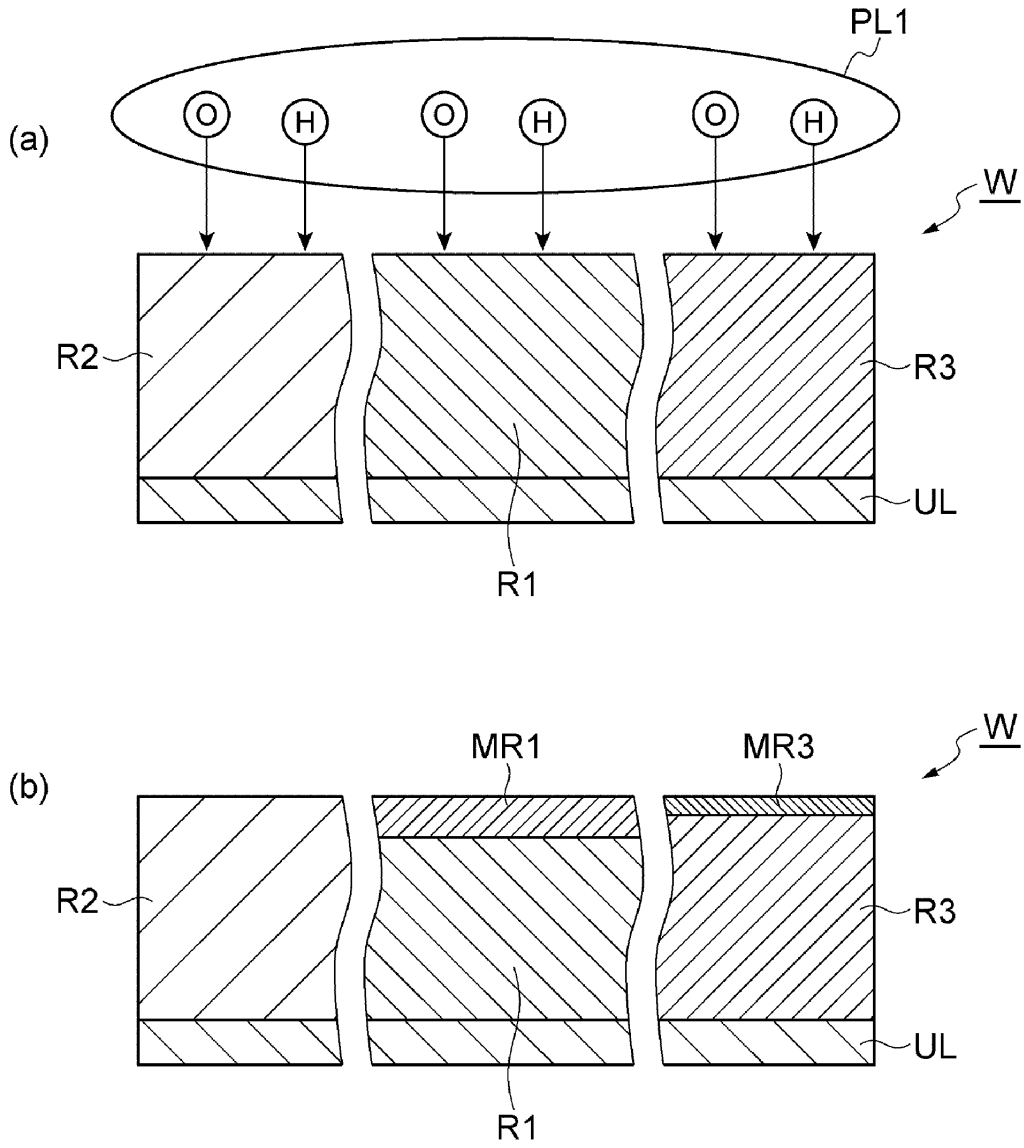




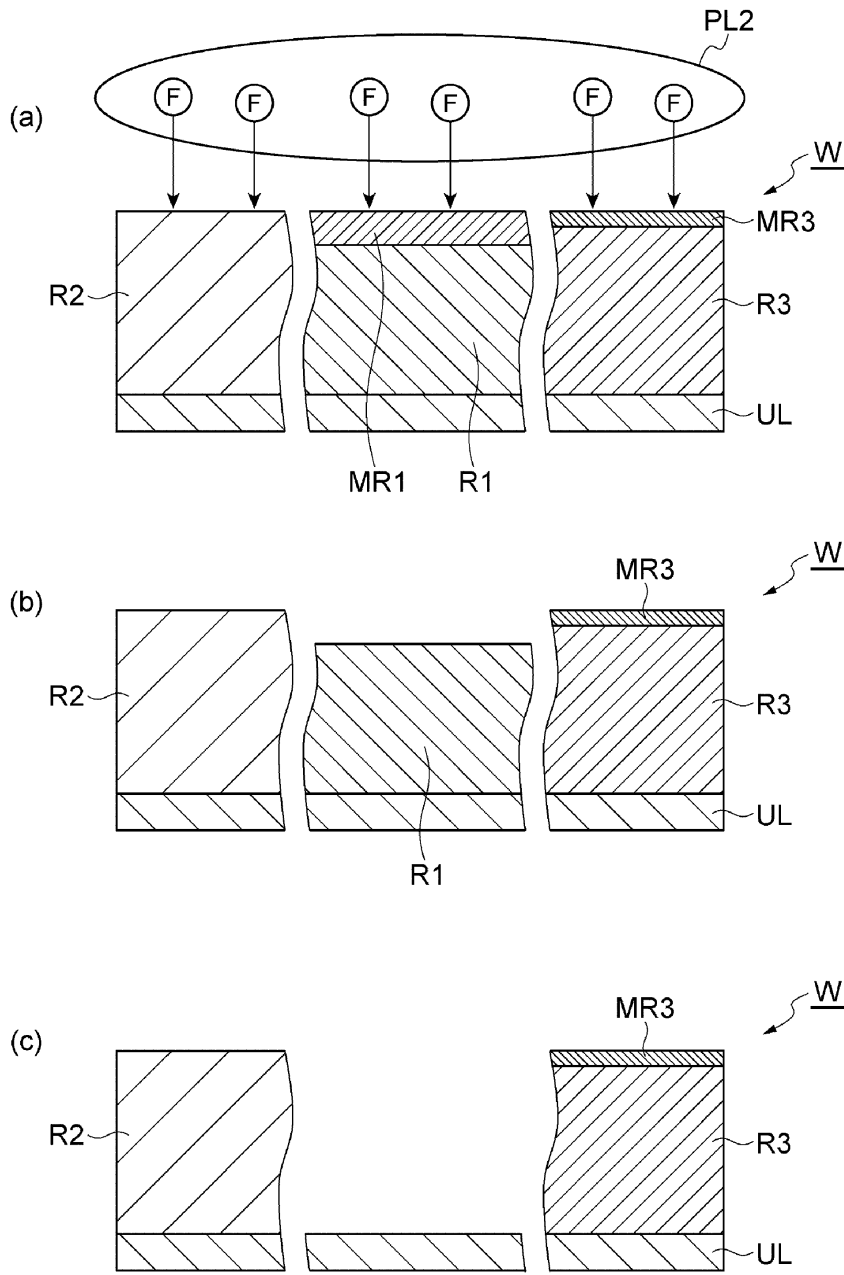
도면4



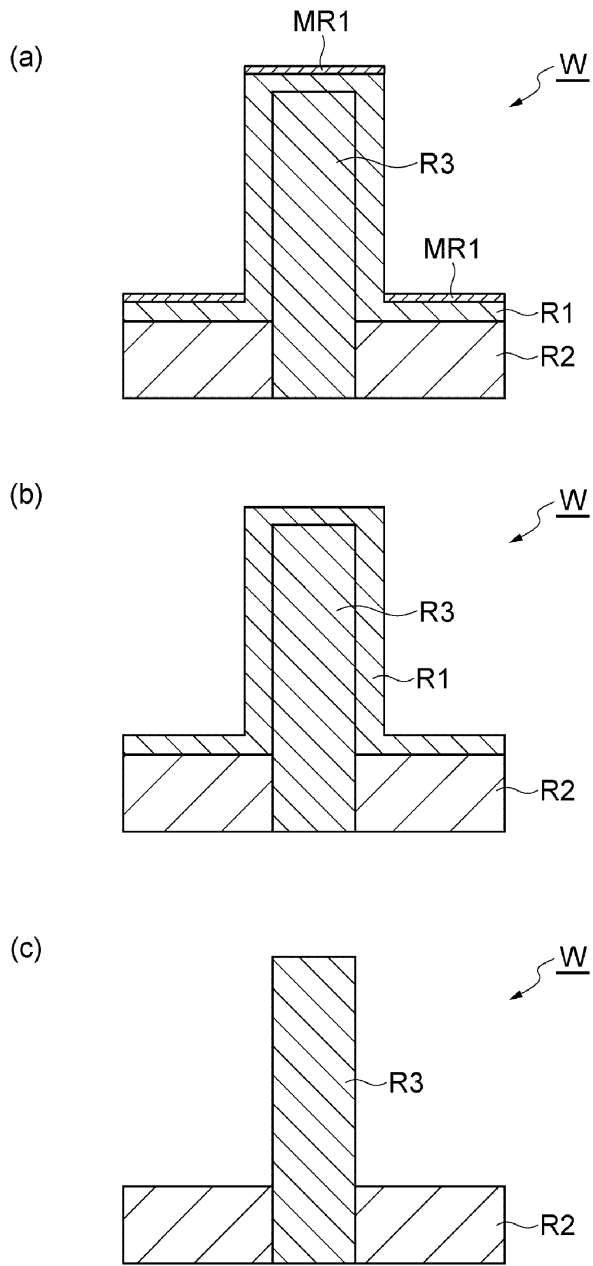
도면5



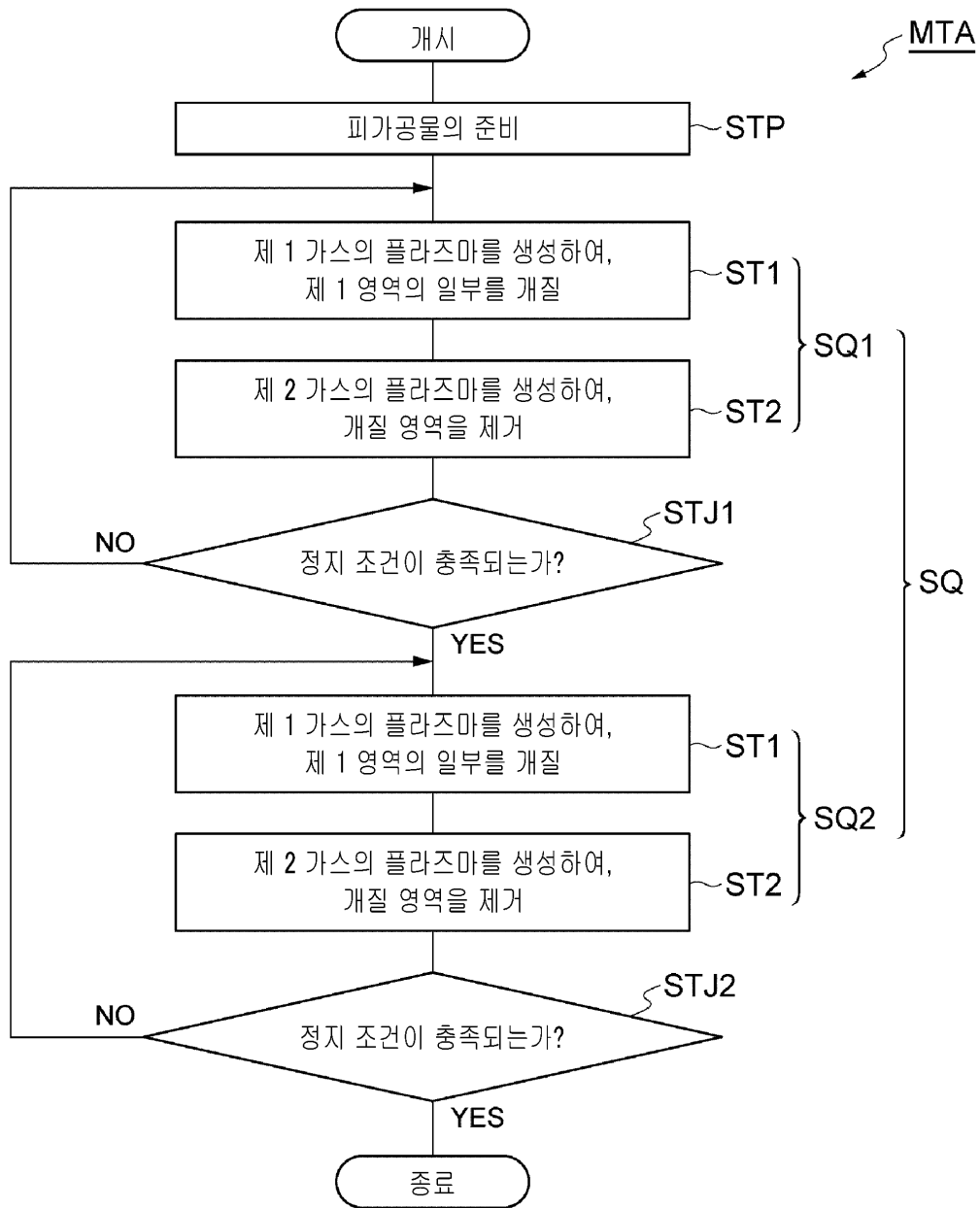
도면6



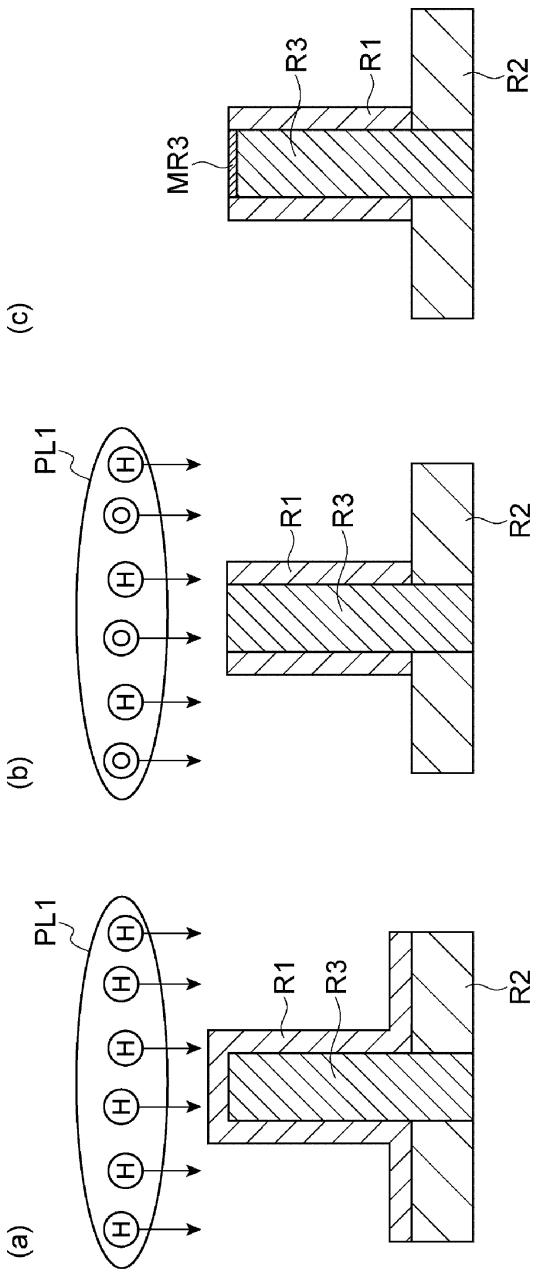
도면7



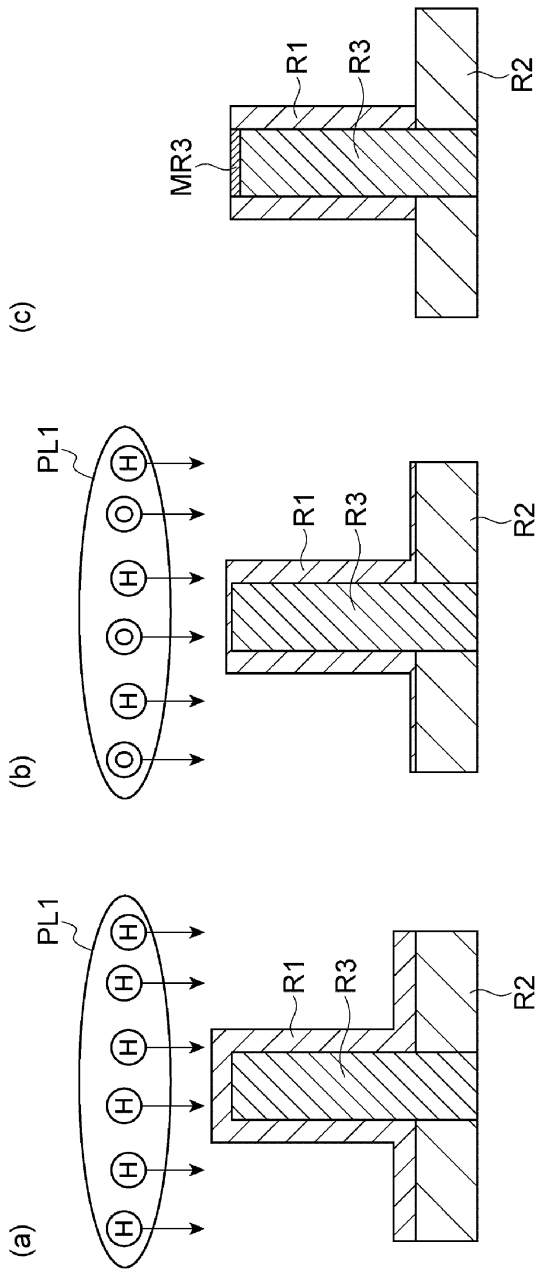
도면8



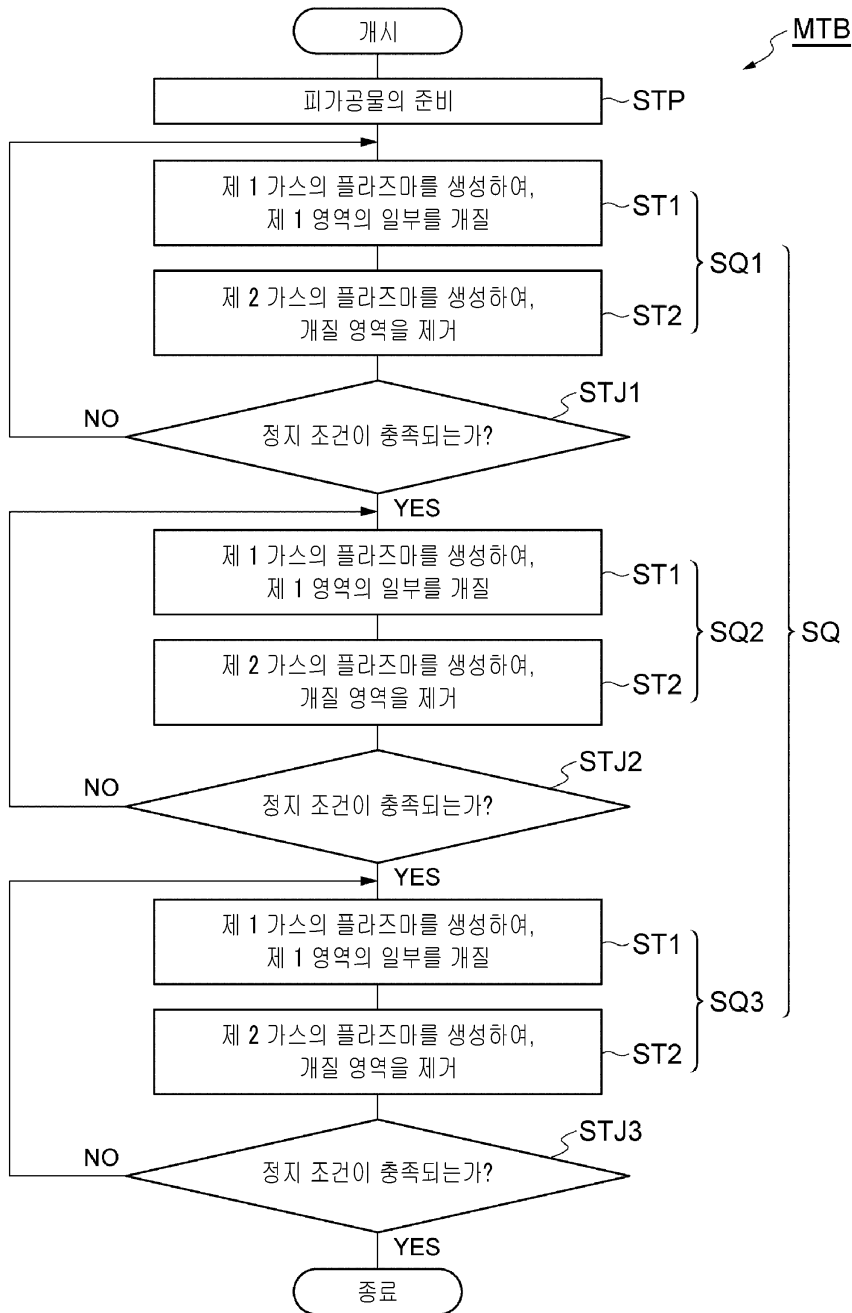
도면9



도면10

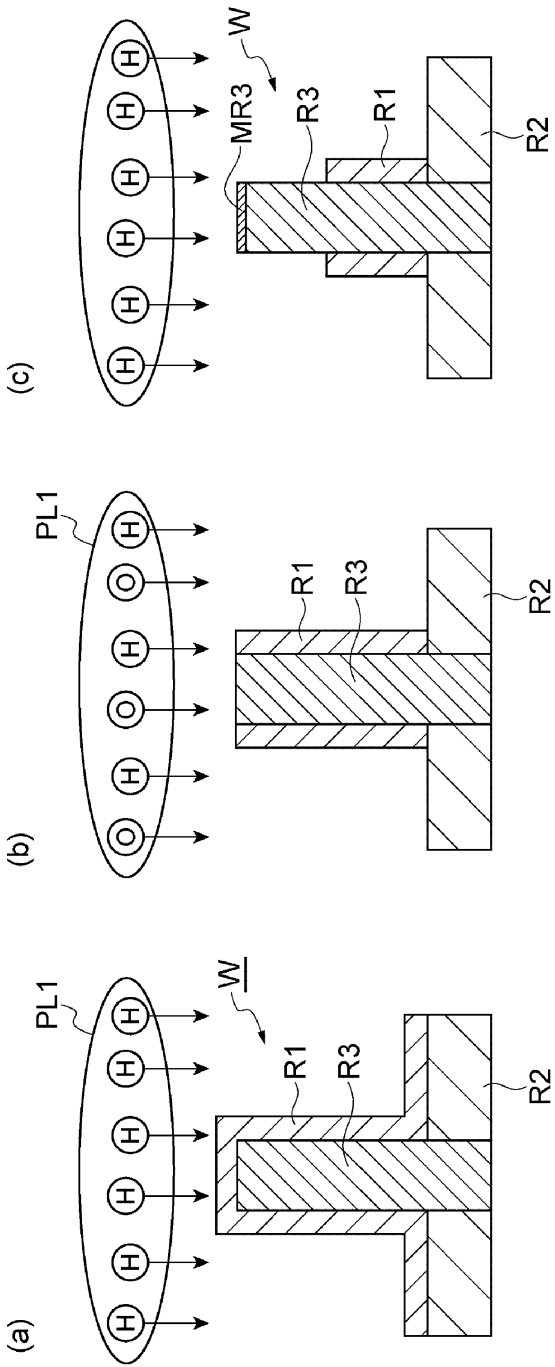


도면11

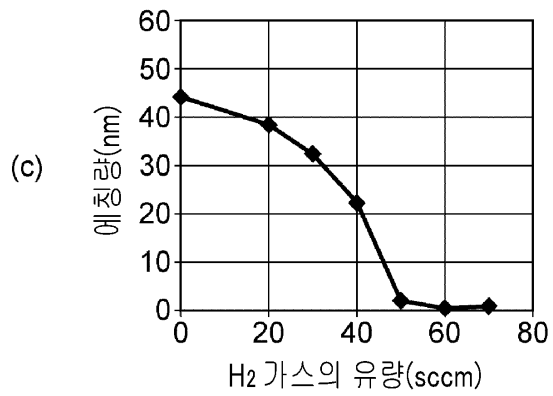
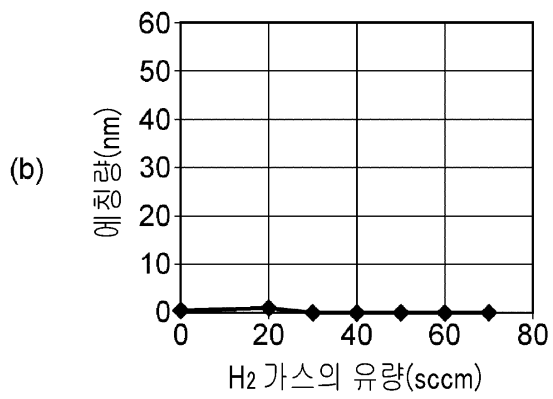
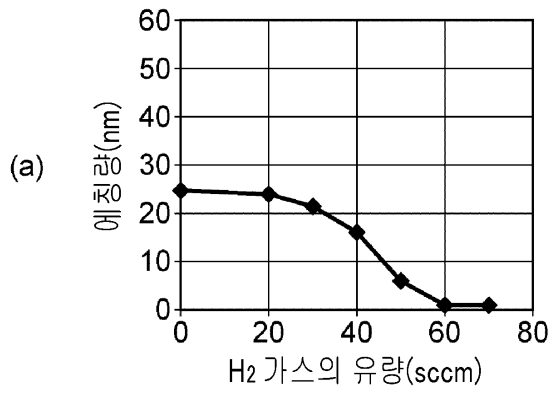




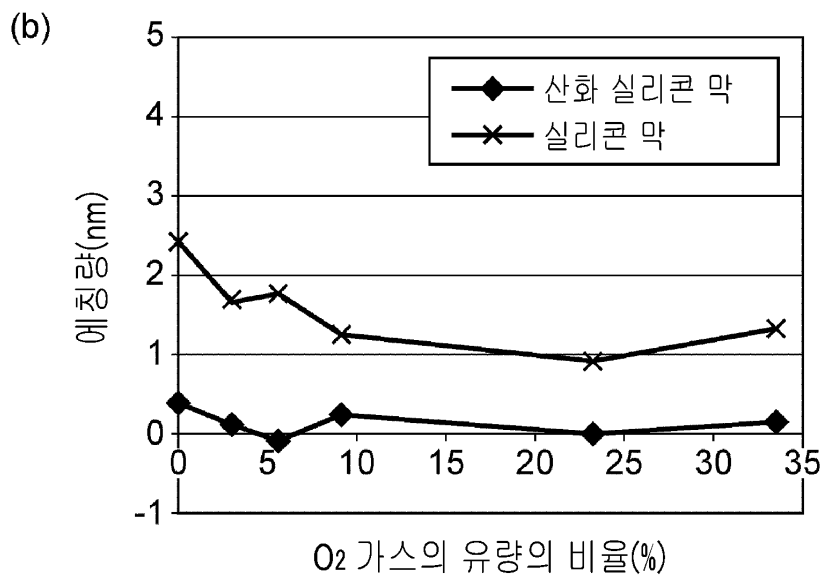
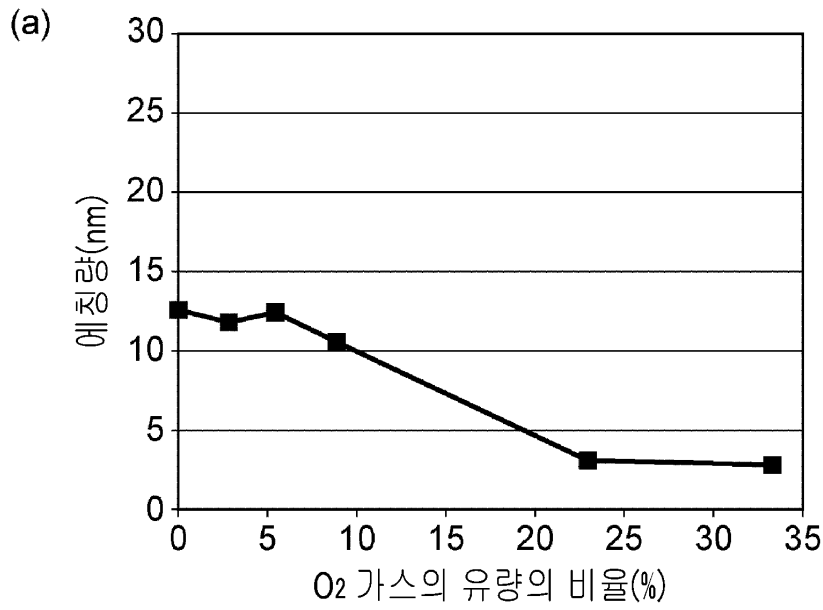
도면12



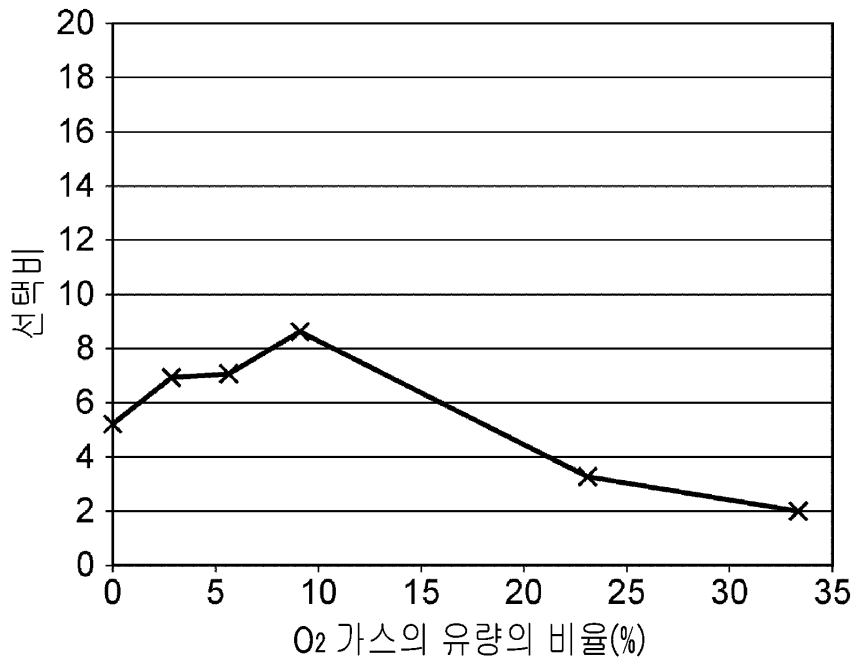
도면13



도면14

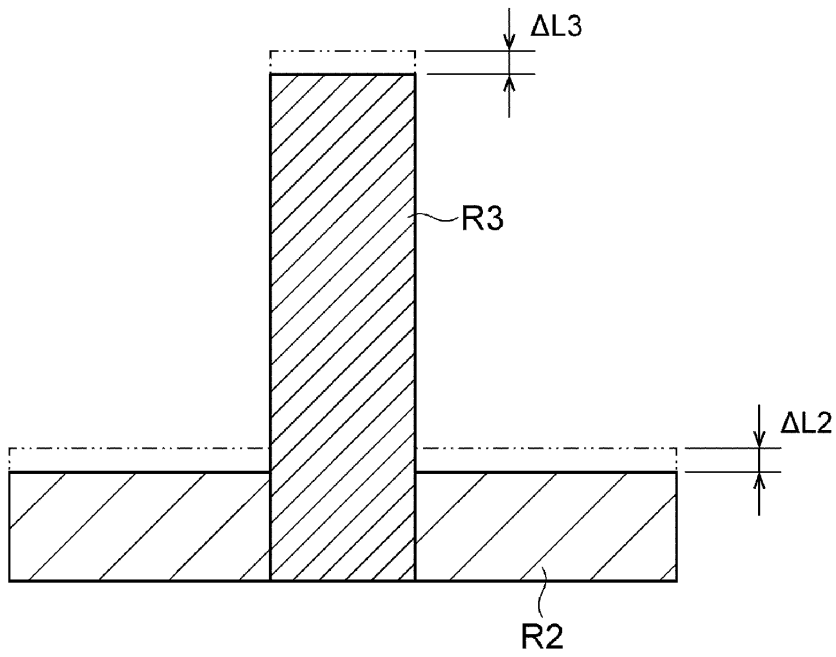


도면15



도면16

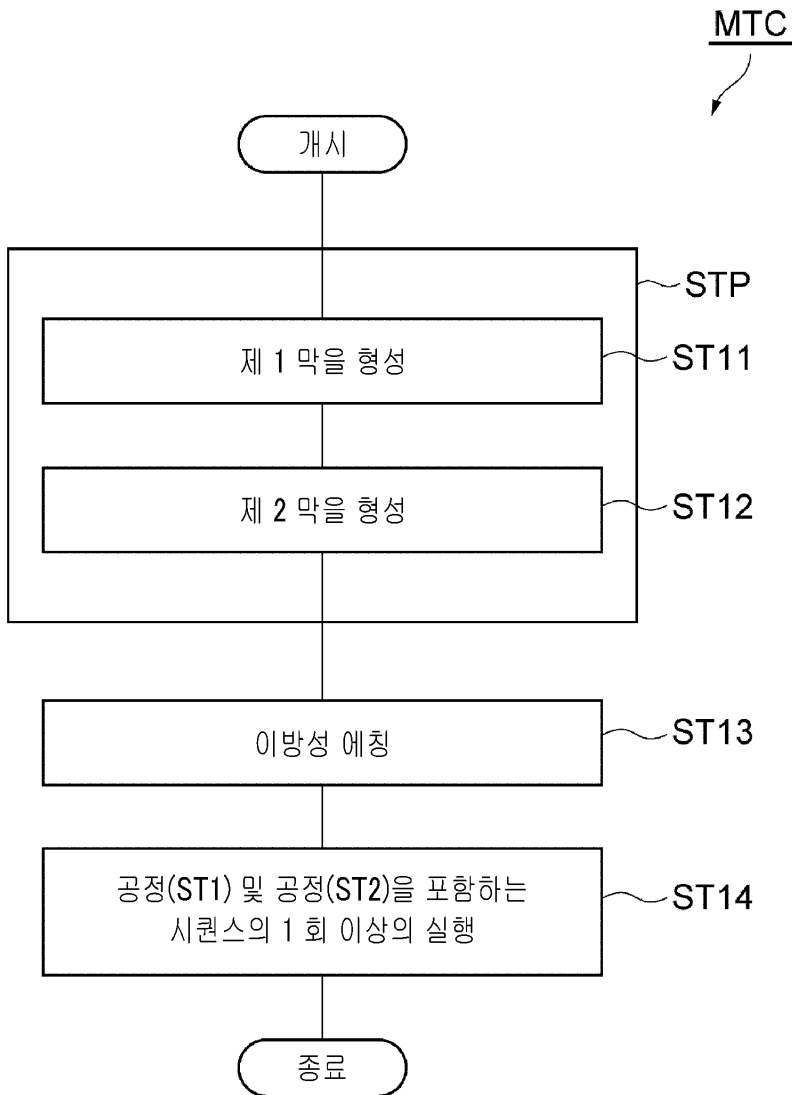
(a)



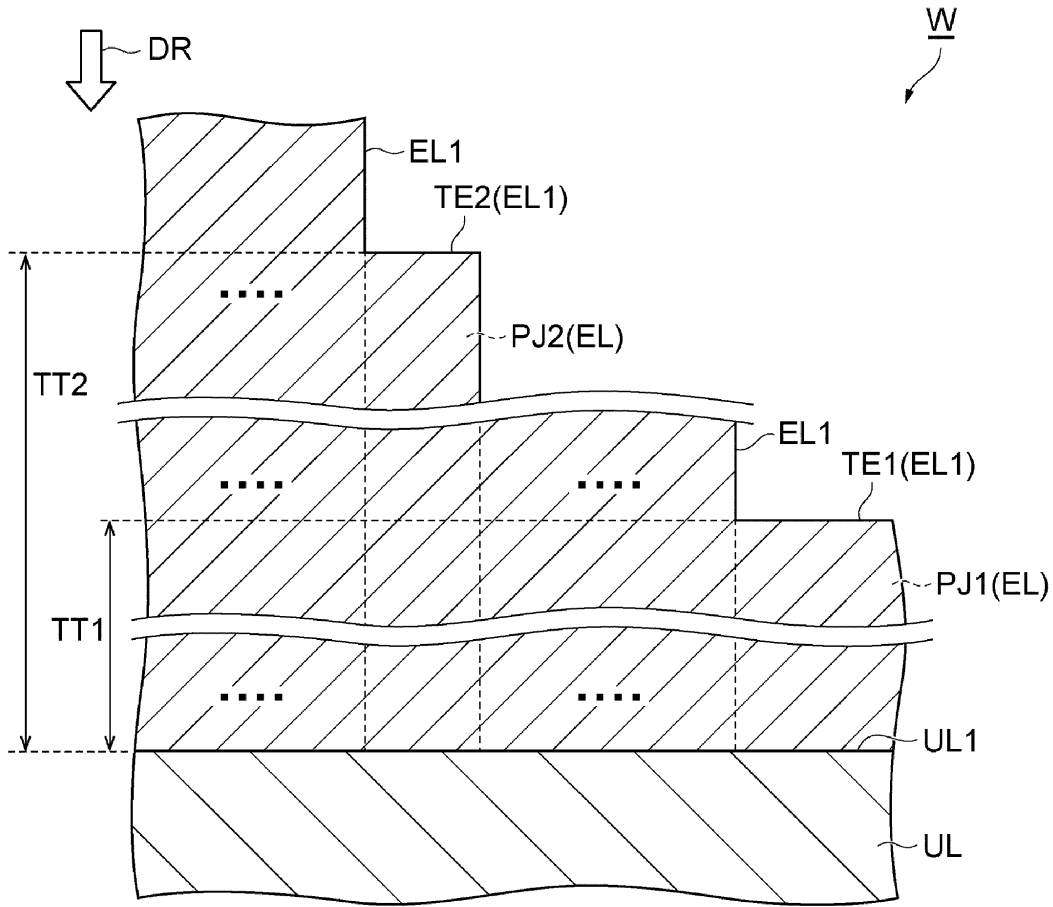
(b)

	$\Delta L2(\text{nm})$	$\Delta L3(\text{nm})$
비교 샘플	14.9	7.9
실험 샘플 1	0.0	19.9
실험 샘플 2	0.0	0.0

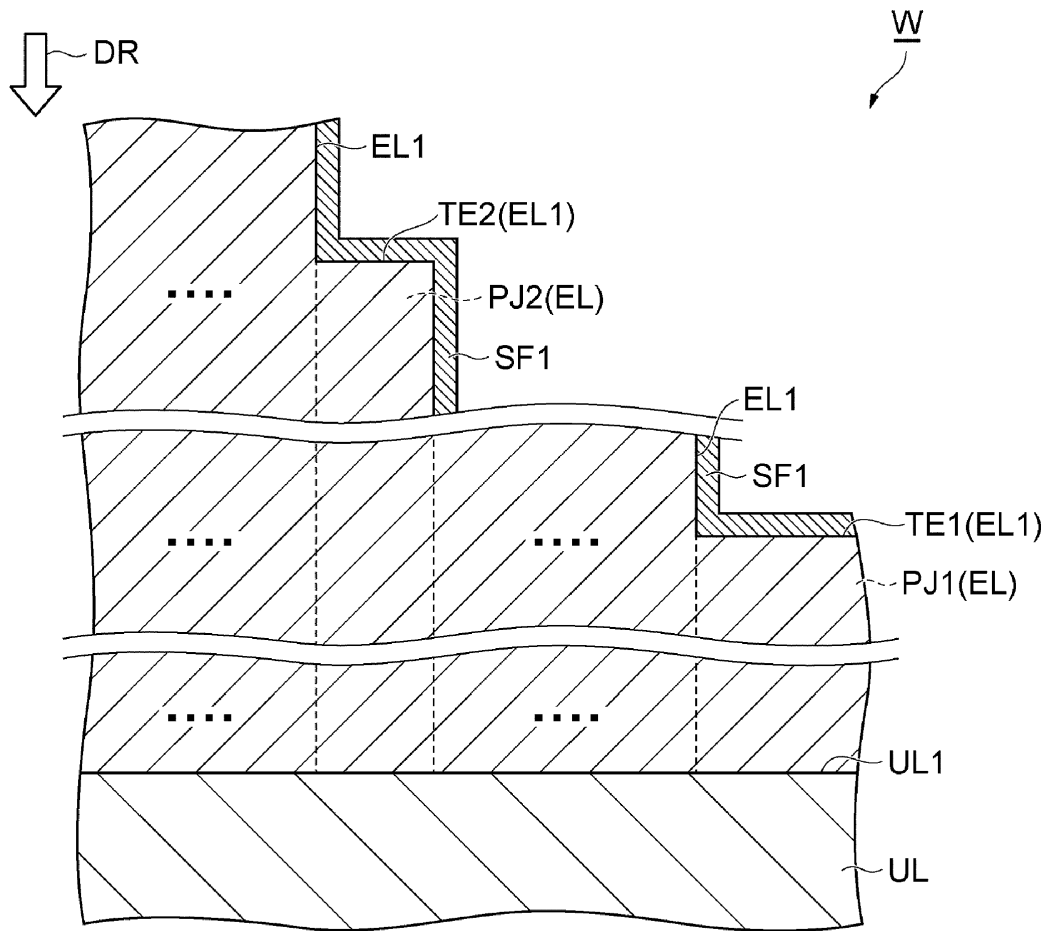
도면17



도면18

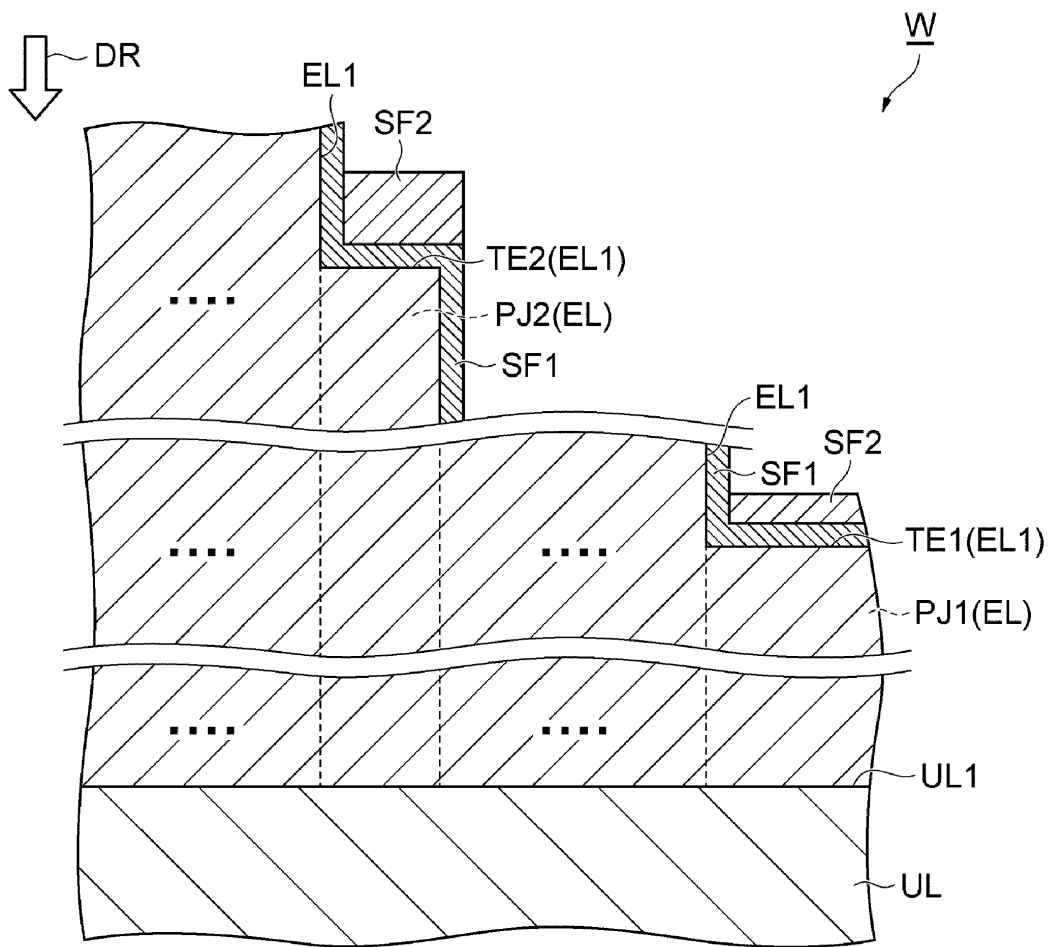


도면19

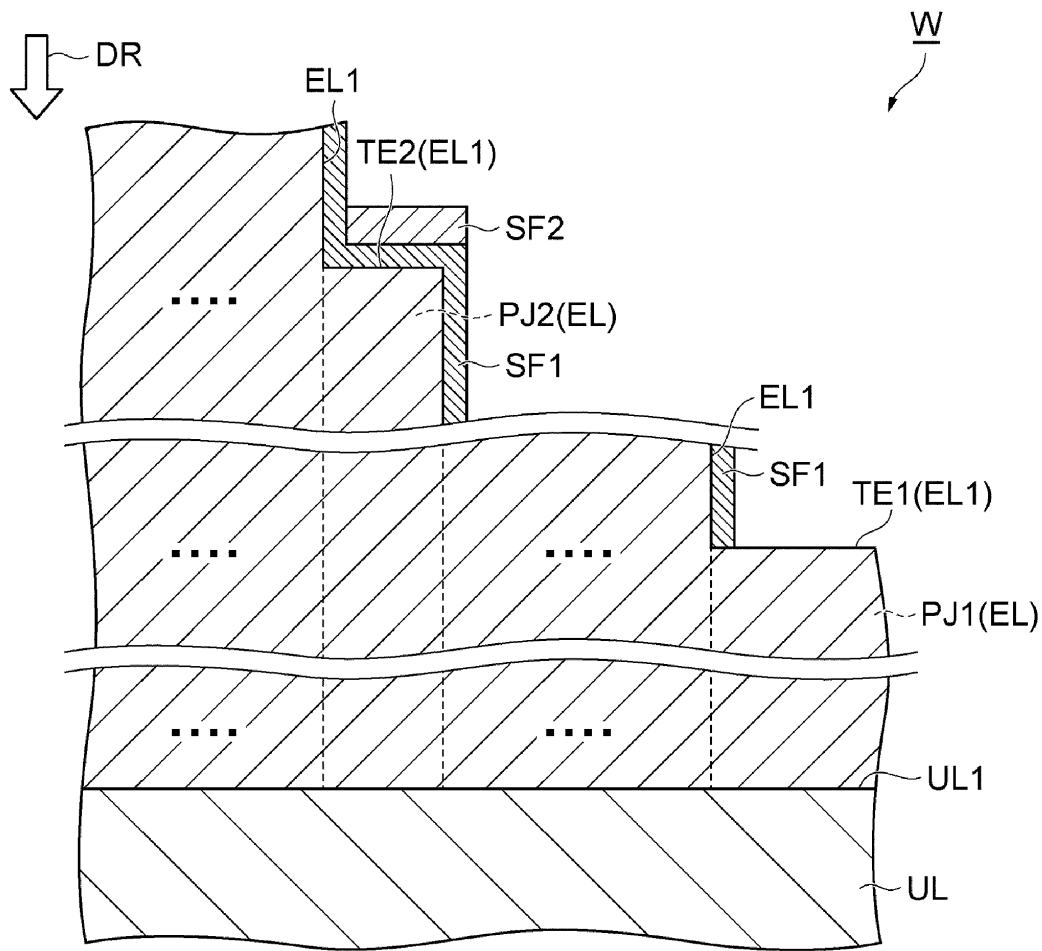




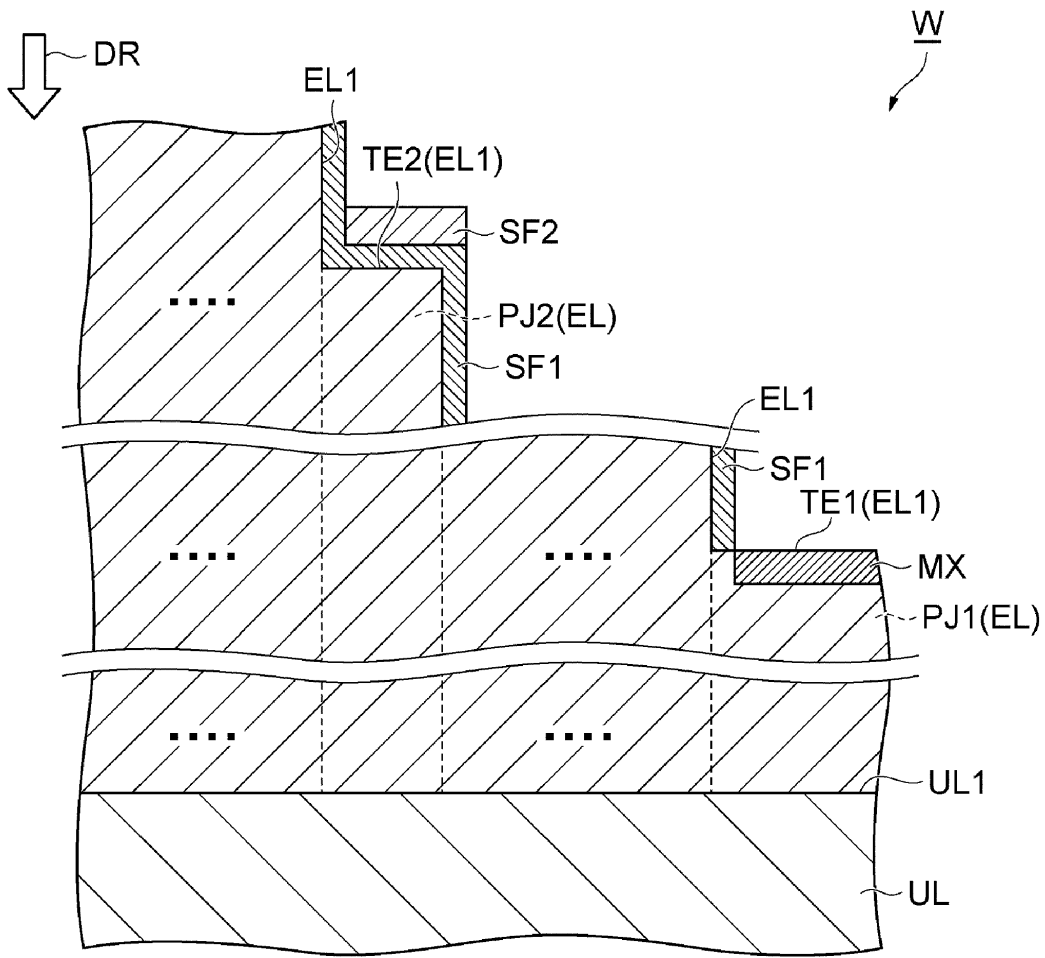
도면20



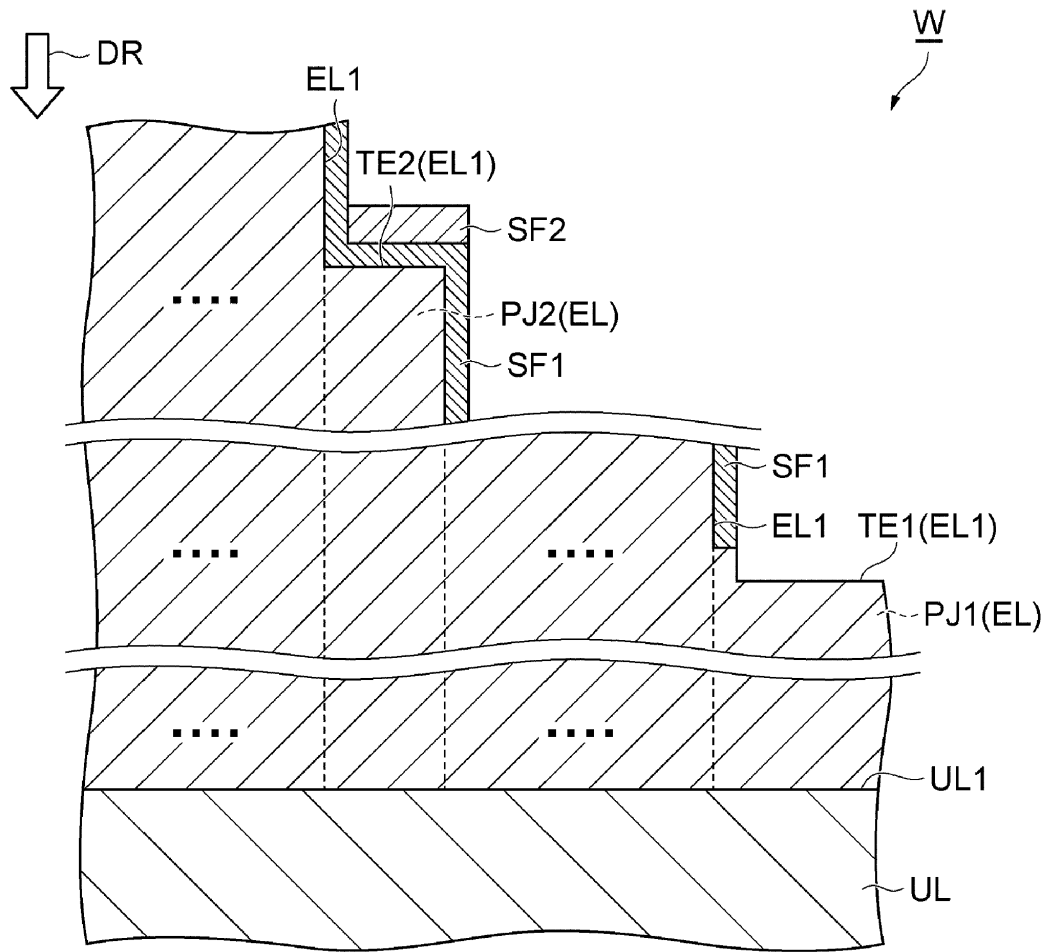
도면21



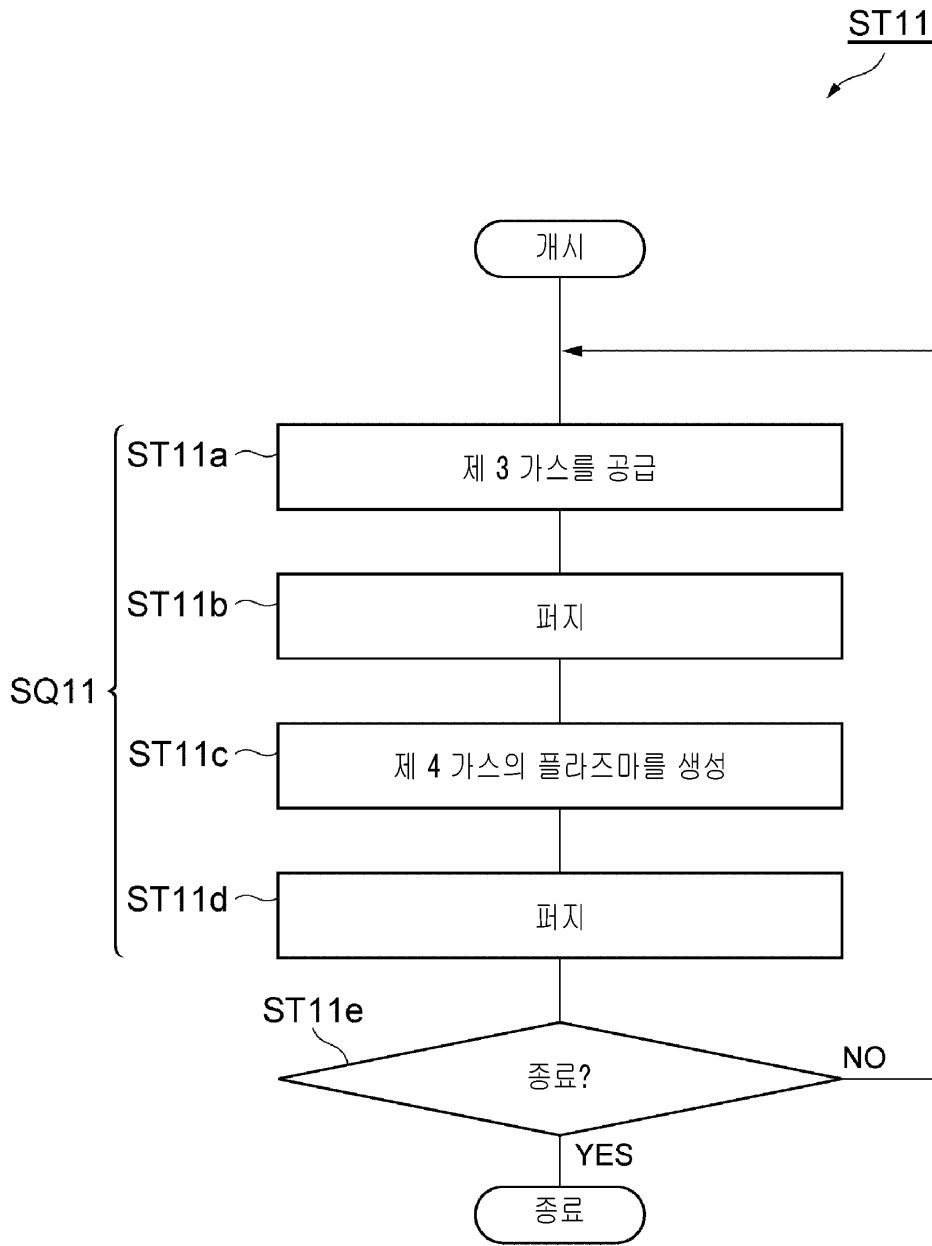
도면22



도면23



도면24



도면25

