



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월21일  
(11) 등록번호 10-2799165  
(24) 등록일자 2025년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/311 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/31144 (2013.01)  
H01L 21/02164 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-7034822  
(22) 출원일자(국제) 2020년03월24일  
심사청구일자 2023년01월31일  
(85) 번역문제출일자 2021년10월26일  
(65) 공개번호 10-2021-0136143  
(43) 공개일자 2021년11월16일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/024446  
(87) 국제공개번호 WO 2020/205335  
국제공개일자 2020년10월08일  
(30) 우선권주장  
62/830,223 2019년04월05일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP09082688 A\*  
JP2017208482 A  
US20190019685 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고  
(72) 발명자  
장 두  
미국 뉴욕주 12203 올버니 풀러 로드 255 사우스  
나노랩 300 스위트 214  
차이 유-하오  
미국 뉴욕주 12203 올버니 풀러 로드 255 사우스  
나노랩 300 스위트 214  
왕 밍메이  
미국 뉴욕주 12203 올버니 풀러 로드 255 사우스  
나노랩 300 스위트 214  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 19 항

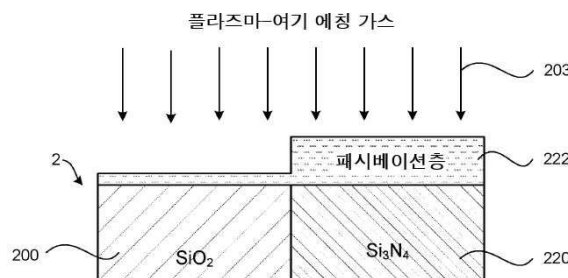
심사관 : 김학규

(54) 발명의 명칭 고도로 선택적인 실리콘 산화물/실리콘 질화물 에칭을 위한 에칭 가스 성분과 패시베이션 가스 성분의 독립적 제어

(57) 요약

실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택적 플라즈마 에칭 방법이 기술된다. 상기 방법은 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계, 및 실리콘 질화막에 대해 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되, a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 또는 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 단계, 및 b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 기판을 노출시키는 단계에 의해 에칭하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 a1)과 b1) 사이에 a2) 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 하이드로클로로카본 가스, 하이드로클로로플루오로카본 가스, 탄화수소 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 추가 단계를 추가로 포함할 수 있다.

대표도 - 도2d



(52) CPC특허분류

*H01L 21/0217* (2013.01)

*H01L 21/31116* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하고,

단계 a1)은 상기 실리콘 산화막보다 상기 실리콘 질화막 상에 더 두꺼운 패시베이션층을 형성하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 노출 단계 a1) 및 b1)은 교대로 순차적으로 수행되는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 4**

제3항에 있어서,

상기 노출 단계 a1) 및 b1)을 1회 이상 반복하여 실리콘 산화막을 더 선택적으로 에칭하는 단계를 추가로 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 노출 단계 a1) 및 b1)은 시간상 적어도 부분적으로 중첩되는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 6**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베

이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 플라즈마-여기 에칭 가스는  $F_2$ ,  $XeF_2$ ,  $ClF_3$ ,  $HF$ ,  $NF_3$ , 또는 이들의 조합을 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 7**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 플라즈마-여기 에칭 가스는 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스를 포함하지 않는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 플라즈마-여기 패시베이션 가스는  $CO$ ,  $COS$ ,  $CS_2$ ,  $CCl_4$ ,  $C_2Cl_4$ ,  $CCl_2Br_2$ ,  $SCl_2$ ,  $S_2Cl_2$ , 또는 이들의 조합을 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 실리콘 산화막은  $SiO_2$ 를 포함하고 상기 실리콘 질화막은  $Si_3N_4$ 를 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 10**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하고,

a2) 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 하이드로클로로카본 가스, 하이드로클로로플루오로카본 가스, 탄화수소 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계를 추가로 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스는  $CF_2Cl_2$ ,  $CH_2F_2$ ,  $CH_4$ ,  $CH_3F$ ,  $CHF_3$ ,  $C_4H_6$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $CH_2Cl_2$ ,  $CH_3Cl$ ,  $CH_2ClF$ ,  $CHCl_2F$ , 또는 이들의 조합을 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 12**

제10항에 있어서, 상기 노출 단계 a1), a2), 및 b1)은 a1), 이어서 a2), 이어서 b1)의 순서로 교대로 순차적으

로 수행되는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 13**

제10항에 있어서,

상기 노출 단계 a1), a2), 및 b1)을 1회 이상 교대로 순차적으로 반복하여 실리콘 산화막을 더 선택적으로 에칭하는 단계를 추가로 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 14**

제10항에 있어서, 상기 노출 단계 a1) 및 a2)는 시간상 적어도 부분적으로 중첩되는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 15**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) CO, COS, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, CCl<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) F<sub>2</sub>, XeF<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub>, HF, NF<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 플라즈마-여기 에칭 가스는 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스를 포함하지 않는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 17**

플라즈마 처리 방법으로서,

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 및

상기 실리콘 질화막에 대해 상기 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되,

a1) CO, COS, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, CCl<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하고 불소 및 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계,

a2) 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 하이드로클로로카본 가스, 하이드로클로로플루오로카본 가스, 탄화수소 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계, 및

b1) F<sub>2</sub>, XeF<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub>, HF, NF<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

에 의해 에칭하는 단계를 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스는 CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>F, CHF<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>2</sub>ClF, CHCl<sub>2</sub>F, 또는 이들의 조합을 포함하는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 19**

제17항에 있어서, 상기 플라즈마-여기 에칭 가스는 플루오로카본 가스 및 하이드로플루오로카본 가스를 포함하

지 않는, 플라즈마 처리 방법.

**청구항 20**

제17항에 있어서, 노출 단계 a1), a2), 및 b1)은 a1), 이어서 a2), 이어서 b1)의 순서로 교대로 순차적으로 수행되는, 플라즈마 처리 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2019년 4월 5일에 출원된 미국 특허 가출원 제62/830,223호와 관련되고 이에 대한 우선권을 주장하며, 그 전체 내용은 본원에 참조로 포함된다.
- [0003] 기술분야
- [0004] 본 발명은 반도체 제조 및 반도체 소자 분야에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 반도체 제조에 있어서 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택적 플라즈마 에칭 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0005] 차세대 반도체 기술 개발은 다른 재료에 대해 선택적인 하나의 재료의 건식 에칭 제거가 필요하다는 점에서 큰 도전 과제를 제기한다. 실리콘 질화물에 대한 선택적 실리콘 산화물 에칭은 많은 용도로 사용되며, 플루오로카본(FC) 또는 하이드로플루오로카본(HFC) 가스를 포함하는 플라즈마를 사용할 때의 높은 에칭 선택비를 위한 우선적 패시베이션(대부분 탄소 기반)이 광범위하게 연구되어 왔다. 그러나, 많은 종래의 에칭 방법은 플라즈마-여기 처리 가스 중의 패시베이션 성분(예를 들어, 탄소)에 대한 에칭 성분(예를 들어, 불소 또는 수소)의 개별 제어의 부족을 포함하는 한계를 갖는다. 예를 들어, C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 가스를 포함하는 에칭 가스는 패시베이션에 영향을 주고, H<sub>2</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>/CH<sub>3</sub>F/CH<sub>4</sub> 가스를 포함하는 패시베이션 가스도 에칭에 영향을 준다. 또한, 많은 에칭 방법에서 하나의 FC 또는 HFC 가스만을 사용하며, 이는 고급 반도체 소자에 있어서 실리콘 질화물에 대해 실리콘 산화물을 선택적으로 에칭하기 위한 유연성의 부족을 초래한다. 에칭 성분과 패시베이션 성분을 완전히 분리하려는 시도에서 완전히 독립적인 제어를 제공한 적은 없다.

**발명의 내용**

- [0006] 반도체 제조에 있어서 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택적 플라즈마 에칭 방법이 몇 가지 구현예로 개시된다.
- [0007] 일 구현예에 따르면, 플라즈마 처리 방법은 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계, 및 실리콘 질화막에 대해 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되, a1) 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하고 불소 또는 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 단계, 및 b1) 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 기판을 노출시키는 단계에 의해 에칭하는 단계를 포함한다.
- [0008] 일 구현예에 따르면, 플라즈마 처리 방법은 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계, 및 실리콘 질화막에 대해 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되, a1) CO, COS, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, CCl<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하고 불소 또는 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 단계, 및 b1) F<sub>2</sub>, XeF<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub>, HF, NF<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스에 기판을 노출시키는 단계에 의해 에칭하는 단계를 포함한다.
- [0009] 일 구현예에 따르면, 플라즈마 처리 방법은 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 포함하는 기판을 제공하는 단계, 및 실리콘 질화막에 대해 실리콘 산화막을 선택적으로 에칭하되, a1) CO, COS, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, CCl<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하고 불소 또는 수소를 함유하지 않는 플라즈마-여기 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 단계, a) 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 하이드로클로로카본 가스, 하이드로클로로플루오로카본 가스, 탄화수소 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스에 기판을 노출시키는 단계, 및 b1) F<sub>2</sub>, XeF<sub>2</sub>, ClF<sub>3</sub>, HF, NF<sub>3</sub>, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스

에 기판을 노출시키는 단계에 의해 에칭하는 단계를 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0010] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭의 공정 흐름도이다.
- 도 2a 내지 도 2f는 본 발명의 일 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 다른 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭의 공정 흐름도이다.
- 도 4a 내지 도 4h는 본 발명의 다른 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택적 플라즈마 에칭 방법이 기술된다. 상기 방법은 고도로 선택적인 실리콘 산화물/실리콘 질화물 에칭을 위한 에칭 가스 성분과 패시베이션 가스 성분의 독립적 제어를 활용한다.
- [0012] 본 발명의 구현예에 기재된 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 본 발명 선택적 플라즈마 에칭은 플루오로카본(FC) 가스 또는 하이드로플루오로카본(HFC) 가스를 포함하는 플라즈마에 의한 종래의 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물 에칭 공정과는 근본적으로 다르다. 본 발명의 공정에서, 패시베이션 가스는 에칭에 영향을 주는 불소 또는 수소 중을 함유하지 않지만, 패시베이션 가스는 실리콘 질화물에 비해 실리콘 산화물 상에서 충분한 휘발성 차이를 나타내는 패시베이션 성분(탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다)을 포함한다. 실리콘 산화물 표면에서 패시베이션 성분의 휘발성이 더 높은 것은 실리콘 질화물 표면의 탄소 부산물의 "열린 껍질(open-shell)" 특성(홀전자)과 비교하여 실리콘 산화물 표면의 탄소 부산물의 "닫힌 껍질(closed-shell)" 특성(홀전자 없음)으로 인한 것으로 여겨진다. 또한, 황 함유 에칭 부산물은 실리콘 산화물 표면에서는 휘발성이지만 실리콘 질화물 표면에서는 폴리머로서 비휘발성인 것으로 여겨진다.
- [0013] 에칭 성분은 불소 함유 가스를 사용하여 제공된다. 일 구현예에 따르면, 불소 함유 가스는 플루오로카본 가스 또는 하이드로플루오로카본 가스를 포함하지 않는다. 패시베이션 성분과 에칭 성분의 이러한 완전한 분리는 공정 윈도우 및 실리콘 산화물과 실리콘 질화물 간의 에칭 선택비를 크게 향상시킨다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭의 공정 흐름도이고, 도 2a 내지 도 2f는 본 발명의 일 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.
- [0015] 도 1 및 도 2a를 참조하면, 플라즈마 처리 방법(10)은 12에서, 실리콘 산화막(200)(예를 들어, SiO<sub>2</sub>) 및 실리콘 질화막(220)(예를 들어, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)을 포함하는 기판(1)을 제공하는 단계를 포함한다. 도 2a에 도시된 예에서, 실리콘 산화막(200)과 실리콘 질화막(220)은 동일 수평면에 있지만, 본 발명의 구현예는 동일 수평면에 있지 않고 수직으로 오프셋된 막에도 적용될 수 있다. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>는 실리콘 질화물 중 열역학적으로 가장 안정하므로, 실리콘 질화물 중 가장 상업적으로 중요하다. 그러나, 본 발명의 구현예는 Si 및 N을 주요 구성성분으로서 함유하는 다른 실리콘 질화물에 적용될 수 있으며, 이때 실리콘 질화물은 광범위한 Si 및 N 조성을 가질 수 있다. 유사하게, SiO<sub>2</sub>는 실리콘 산화물 중 열역학적으로 가장 안정하므로, 실리콘 산화물 중 가장 상업적으로 중요하다. 그러나, 본 발명의 구현예는 Si 및 O를 주요 구성성분으로서 함유하는 다른 실리콘 산화물에 적용될 수 있으며, 이때 실리콘 산화물은 광범위한 Si 및 O 조성을 가질 수 있다.
- [0016] 상기 방법은 14에서, 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하는 플라즈마-여기 패시베이션 가스(201)에 기판(1)을 노출시키는 단계를 추가로 포함하고, 플라즈마-여기 패시베이션 가스(201)는 불소 또는 수소를 함유하지 않는다. 이는 도 2b에 개략적으로 도시되어 있다. 일 예에서, 플라즈마-여기 패시베이션 가스(201)는 CO, COS, CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, CCl<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, SCl<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 플라즈마-여기 패시베이션 가스(201)에 대한 노출은 도 2c에 도시된 바와 같이 기판(2) 상에 패시베이션층(222)을 형성한다. 실리콘 질화막(220)보다 실리콘 산화막(200) 상에서 플라즈마-여기 패시베이션 가스(201) 부산물의 휘발성이 더 높기 때문에

패시베이션층(222)은 실리콘 산화막(200)보다 실리콘 질화막(220) 상에서 더 두껍다.

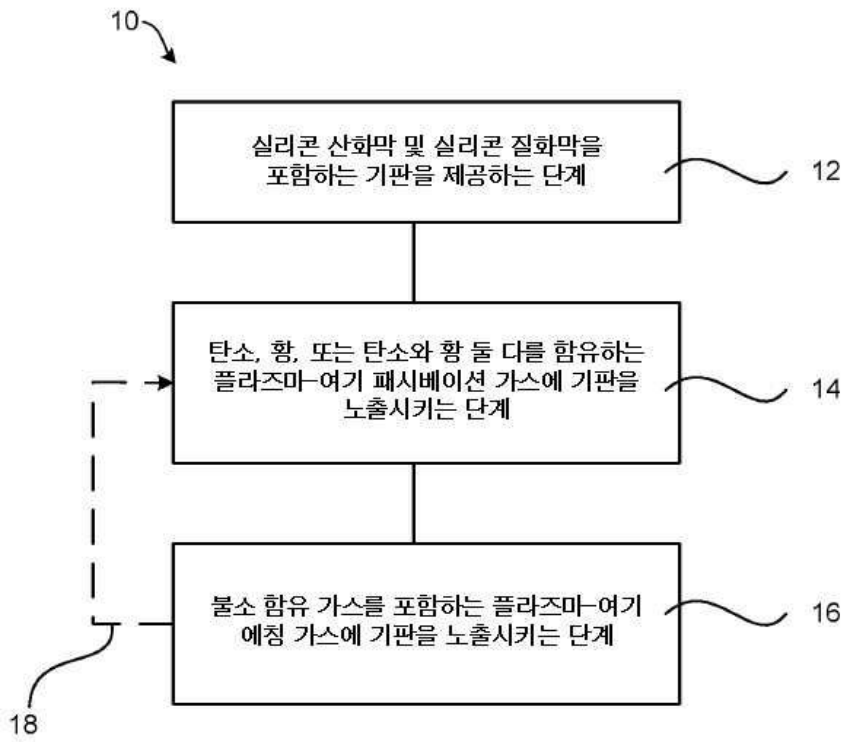
- [0017] 상기 방법은 16에서, 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스(203)에 기관을 노출시키는 단계를 추가로 포함한다. 이는 도 2d에 개략적으로 도시되어 있다. 일 예에서, 플라즈마-여기 에칭 가스(203)는  $F_2$ ,  $XeF_2$ ,  $ClF_3$ ,  $HF$ ,  $NF_3$ , 또는 이들의 조합을 포함한다. 플라즈마-여기 에칭 가스는 선택적으로  $Ar$ ,  $He$ , 또는 이들의 조합을 추가로 포함할 수 있다. 일 구현예에 따르면, 불소 함유 가스는 플루오로카본 가스 또는 하이드로플루오로카본 가스를 포함하지 않는다. 플라즈마-여기 에칭 가스(203)에 대한 노출은 실리콘 산화막(200)보다 실리콘 질화막(220) 상에서 더 두꺼운 패시베이션층(222)으로 인해 실리콘 질화막(220)에 대해 실리콘 산화막(200)을 선택적으로 에칭한다. 선택적 에칭은 도 2e에 개략적으로 도시되어 있으며, 여기서 패시베이션층(222)은 실리콘 산화막(200)으로부터 제거되고 실리콘 산화막(200)은 에칭되는 한편, 실리콘 질화막(220) 상의 패시베이션층(222)은 얇아지지만 실리콘 질화막(220)을 에칭으로부터 보호한다.
- [0018] 일 구현예에 따르면, 노출 단계 14 및 16은 교대로 순차적으로 수행될 수 있다. 또한, 공정 화살표(18)로 나타낸 바와 같이, 노출 단계 14 및 16은 실리콘 산화막(100)을 더 선택적으로 에칭하기 위해 1회 이상 반복될 수 있다.
- [0019] 일 구현예에 따르면, 노출 단계 14 및 16은 시간상 적어도 부분적으로 중첩될 수 있다.
- [0020] 상기 방법은 에칭 공정 후 애싱 공정을 사용하여 기관(2)으로부터 패시베이션층(222)을 제거하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 이는 도 2f에 개략적으로 도시되어 있다.
- [0021] 도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭의 공정 흐름도이고, 도 4a 내지 도 4h는 본 발명의 다른 구현예에 따른 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.
- [0022] 도 3 및 도 4a를 참조하면, 플라즈마 처리 방법(30)은 32에서, 실리콘 산화막(400) 및 실리콘 질화막(420)을 포함하는 기관(4)을 제공하는 단계를 포함한다. 도 4a에 도시된 예에서, 실리콘 산화막(400)과  $Si_3N_4$  막(420)은 동일 수평면에 있지만, 본 발명의 구현예는 동일 수평면에 있지 않고 수직으로 오프셋된 막에도 적용될 수 있다.
- [0023] 상기 방법은 34에서, 탄소, 황, 또는 탄소와 황 둘 다를 함유하는 플라즈마-여기 패시베이션 가스(401)에 기관(4)을 노출시키는 단계를 추가로 포함하고, 패시베이션 가스는 불소 또는 수소를 함유하지 않는다. 이는 도 4b에 개략적으로 도시되어 있다. 일 예에서, 플라즈마-여기 패시베이션 가스(401)는  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CS_2$ ,  $CCl_4$ ,  $C_2Cl_4$ ,  $CCl_2Br_2$ ,  $SCl_2$ ,  $S_2Cl_2$ , 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 플라즈마-여기 패시베이션 가스(401)에 대한 노출은 도 4c에 도시된 바와 같이 기관(4) 상에 패시베이션층(422)을 형성한다. 실리콘 질화막(420)보다 실리콘 산화막(400) 상에서 플라즈마-여기 패시베이션 가스(401) 부산물의 휘발성이 더 높기 때문에 패시베이션층(422)은 실리콘 산화막(400)보다 실리콘 질화막(420) 상에서 더 두껍다.
- [0024] 상기 방법은 36에서, 플루오로카본 가스, 하이드로플루오로카본 가스, 하이드로클로로카본 가스, 하이드로클로로플루오로카본 가스, 탄화수소 가스, 또는 이들의 조합을 포함하는 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스(423)에 기관(4)을 노출시키는 단계를 추가로 포함한다. 일 예에서, 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스는  $CF_2Cl_2$ ,  $CH_2F_2$ ,  $CH_4$ ,  $CH_3F$ ,  $CHF_3$ ,  $C_4H_6$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $CH_2Cl_2$ ,  $CH_3Cl$ ,  $CH_2ClF$ ,  $CHCl_2F$ , 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스(423)에 대한 노출은 도 4e에 도시된 바와 같이 기관(4) 상에 강화된 패시베이션층(424)을 형성한다. 패시베이션층(422)이 플라즈마 노출 중에 밑에 있는 실리콘 질화막(420)을 보호하므로, 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스(423)에 대한 노출은 밑에 있는 실리콘 질화막(420)의 손상 없이 패시베이션층(422)을 변형하고 강화하는 데 사용된다. 일 예에서, 플라즈마 내의 불소 또는 수소 이온 및/또는 라디칼에 의한 실리콘 질화막(420)의 손상을 피하기 위해, 플라즈마-여기 추가 패시베이션 가스(423)에 대한 노출은 낮은 또는 제로의 기관 바이어스를 사용하여 수행될 수 있다.
- [0025] 상기 방법은 38에서, 불소 함유 가스를 포함하는 플라즈마-여기 에칭 가스(403)에 기관(4)을 노출시키는 단계를 추가로 포함한다. 이는 도 4f에 개략적으로 도시되어 있다. 일 예에서, 플라즈마-여기 에칭 가스(403)는  $F_2$ ,  $XeF_2$ ,  $ClF_3$ ,  $HF$ ,  $NF_3$ , 또는 이들의 조합을 포함한다. 플라즈마-여기 에칭 가스는 선택적으로  $Ar$ ,  $He$ , 또는 이들의 조합을 추가로 포함할 수 있다. 일 구현예에 따르면, 불소 함유 가스는 플루오로카본 가스 또는 하이드로플루오로카본 가스를 포함하지 않는다. 플라즈마-여기 에칭 가스(402)에 대한 노출은 도 4g에 도시된 바와 같이

실리콘 질화막(420)에 대해 실리콘 산화막(400)을 선택적으로 에칭한다.

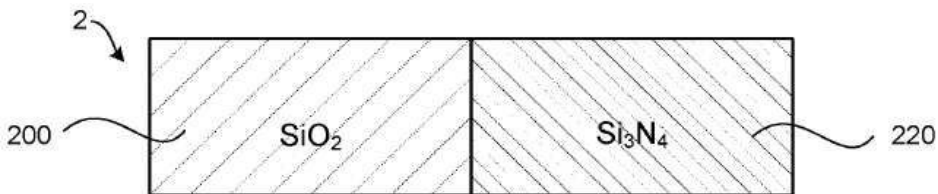
- [0026] 플라즈마-여기 에칭 가스(403)에 대한 노출은 실리콘 산화막(400)보다 실리콘 질화막(420) 상에서 더 두꺼운 강화된 패시베이션층(424)으로 인해 실리콘 질화막(420)에 대해 실리콘 산화막(400)을 선택적으로 에칭한다. 선택적 에칭은 도 4g에 개략적으로 도시되어 있으며, 여기서 강화된 패시베이션층(424)은 실리콘 산화막(400)으로부터 제거되고 실리콘 산화막(400)은 에칭되는 한편, 실리콘 질화막(420) 상의 강화된 패시베이션층(424)은 얇아지지만 실리콘 질화막(420)을 에칭으로부터 보호한다.
- [0027] 일 구현예에 따르면, 노출 단계 34 내지 38은 교대로 순차적으로 수행될 수 있다. 일 예에서, 노출 단계 34 내지 38은 34에 이어 36, 이어서 38의 순서로 교대로 순차적으로 수행될 수 있다. 또한, 공정 화살표(40)로 나타낸 바와 같이, 노출 단계 34 내지 38은 실리콘 산화막(400)을 더 선택적으로 에칭하기 위해 1회 이상 반복될 수 있다. 일 구현예에 따르면, 노출 단계 34 내지 38 중 하나 이상은 시간상 적어도 부분적으로 중첩될 수 있다.
- [0028] 상기 방법은 에칭 공정 후 애싱 공정을 사용하여 기판(4)으로부터, 강화된 패시베이션층(424)을 제거하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 이는 도 4h에 개략적으로 도시되어 있다.
- [0029] 실리콘 질화막에 대한 실리콘 산화막의 선택적 플라즈마 에칭 방법은 유도 결합 플라즈마(ICP) 시스템, 용량 결합 플라즈마(CCP) 시스템, 마이크로파 플라즈마 시스템, 기판의 상류에서 플라즈마 여기종을 생성하는 원격 플라즈마 시스템, 전자 사이클로트론 공명(ECR) 시스템, 및 기타 시스템을 비롯한 기존의 상용 플라즈마 처리 시스템에서 수행될 수 있다.
- [0030] 선택적 실리콘 산화물/실리콘 질화물 에칭 공정은 실리콘 산화물과 실리콘 질화물 간의 에칭 선택비를 최적화하는 기판 온도, 가스 유량, 가스 유량비, 및 가스 압력에서 수행될 수 있다. 예로는 약 -200℃ 내지 약 200℃, 약 -100℃ 내지 약 25℃, 약 0℃ 내지 약 100℃, 약 0℃ 내지 약 200℃, 약 -30℃ 내지 약 25℃, 또는 약 0℃ 내지 약 25℃의 기판 온도가 포함된다. 플라즈마 에칭 챔버 내 가스 압력은 약 5 mTorr 내지 약 1000 mTorr, 약 10 mTorr 내지 500 mTorr, 또는 약 20 mTorr 내지 약 100 mTorr일 수 있다. 가스 유량의 예는 0.1 sccm 내지 500 sccm이며, 모든 가스의 유량비는 0% 내지 100%이다.
- [0031] 반도체 제조에 있어서 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택적 플라즈마 에칭 방법의 복수의 구현예를 설명하였다. 본 발명의 구현예에 대한 상기 설명은 예시 및 설명의 목적으로 제공되었다. 이러한 설명은 완전하다거나 본 발명을 개시된 정확한 형태로 한정하려는 의도는 아니다. 이러한 설명 및 다음의 청구범위에는 설명의 목적으로만 사용되는 용어가 포함되며, 이러한 용어는 한정적인 것으로 해석되어서는 안 된다. 당업자는 상기 교시에 비추어 많은 변형 및 변경이 가능함을 이해할 수 있다. 당업자는 도면에 도시된 다양한 구성요소에 대한 다양한 균등의 조합 및 대체를 인식할 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 이러한 상세한 설명에 의해 한정되는 것이 아니라 첨부된 청구범위에 의해 한정되는 것으로 의도된다.

도면

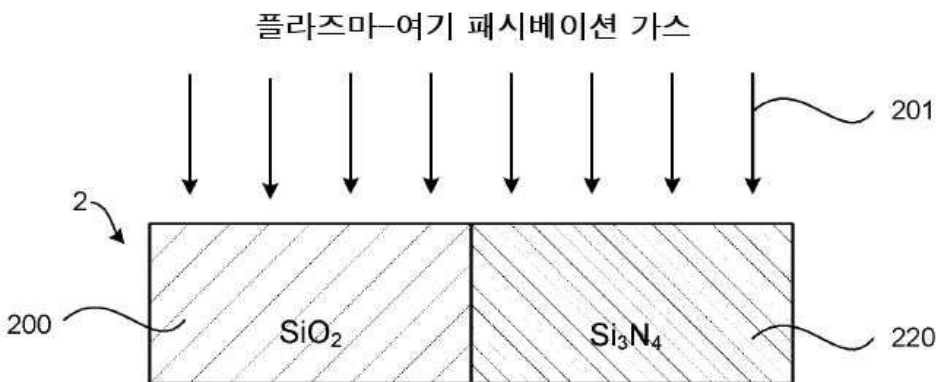
도면1



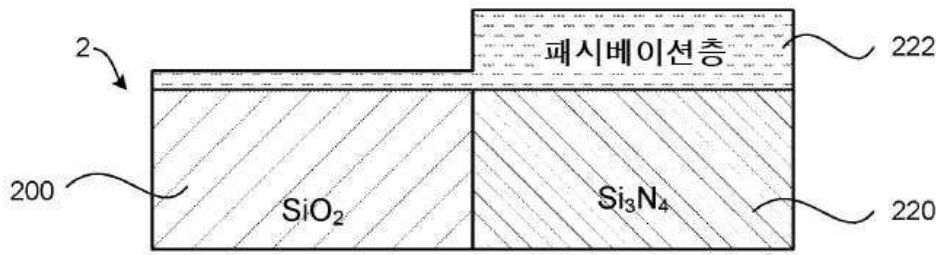
도면2a



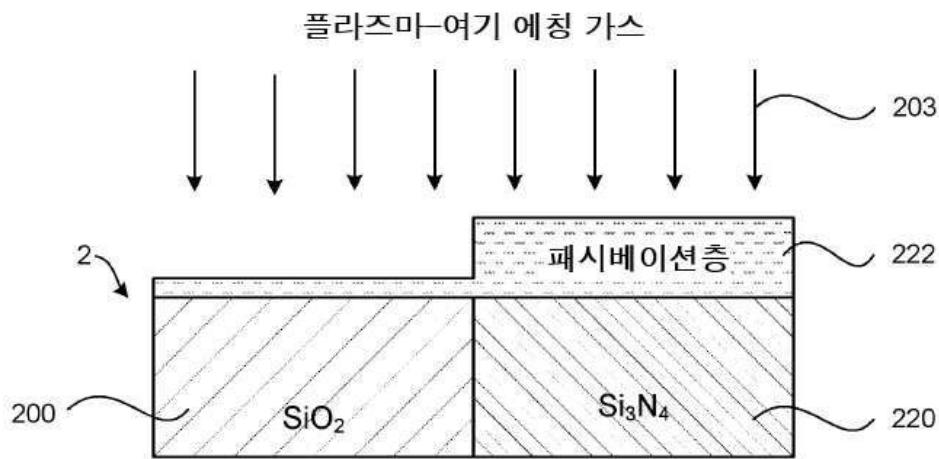
도면2b



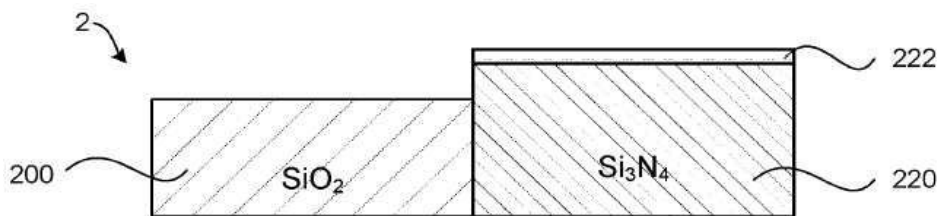
도면2c



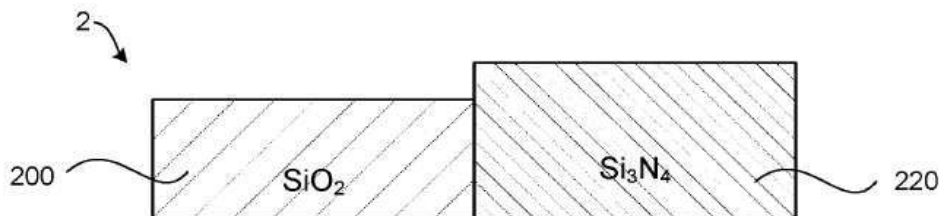
도면2d



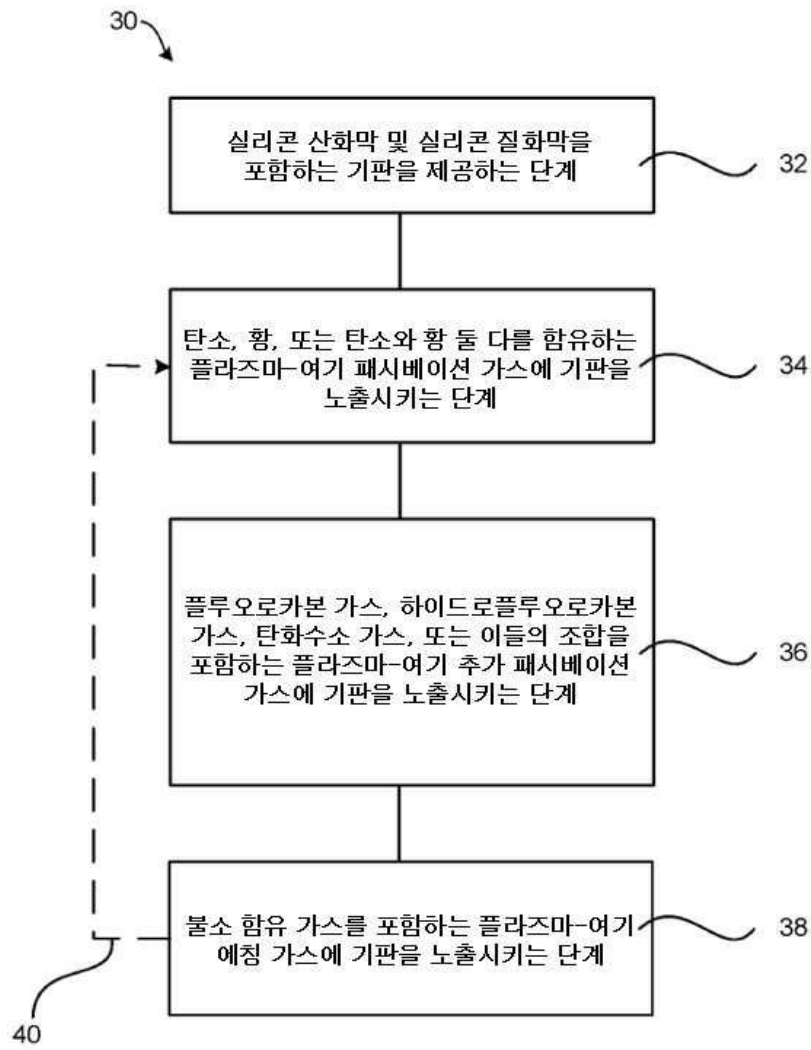
도면2e



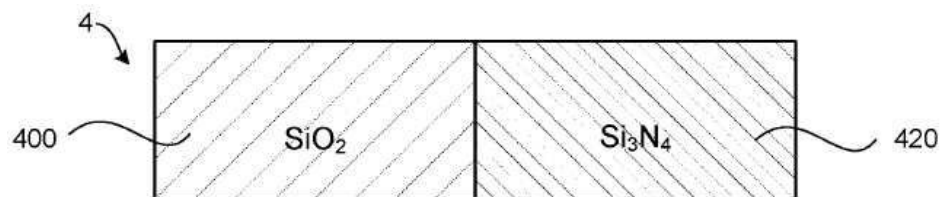
도면2f



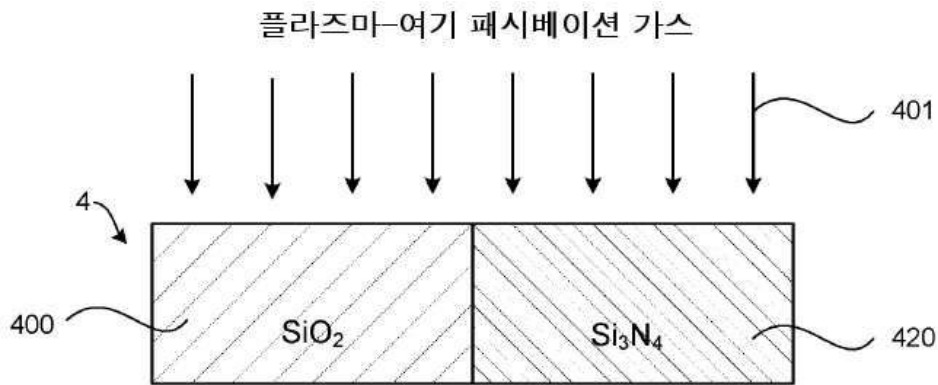
도면3



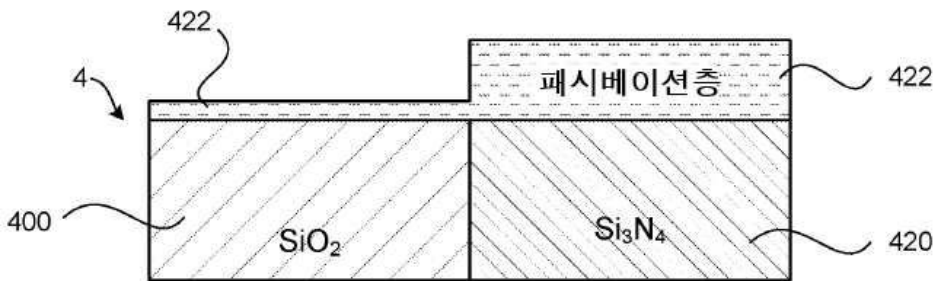
도면4a



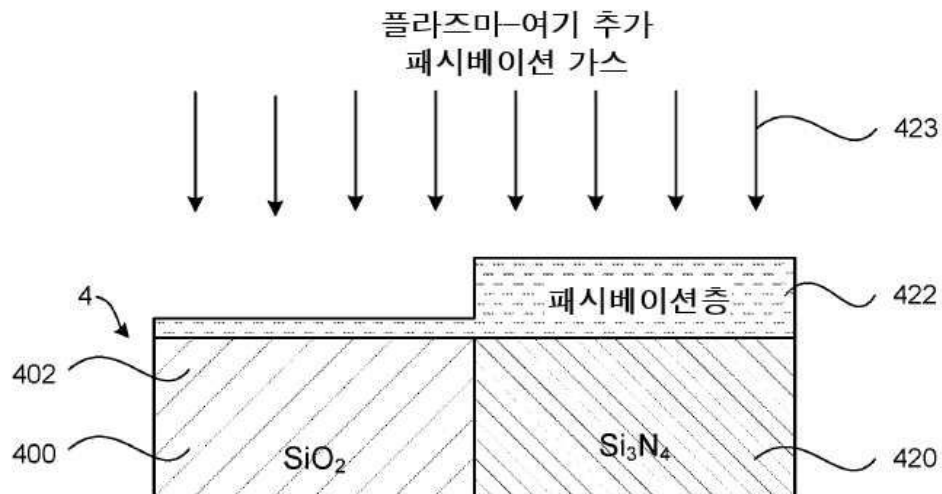
도면4b



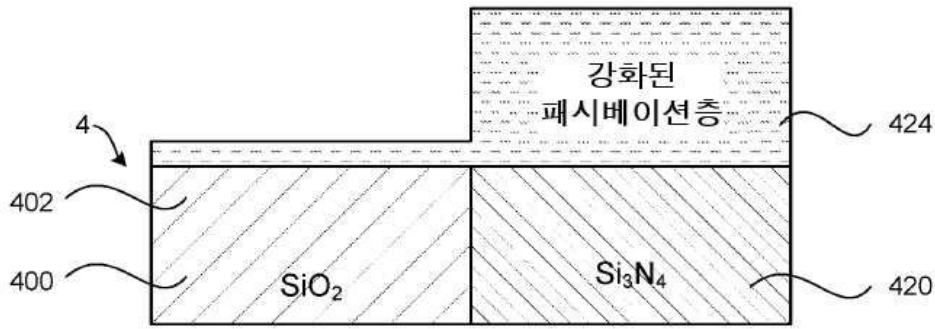
도면4c



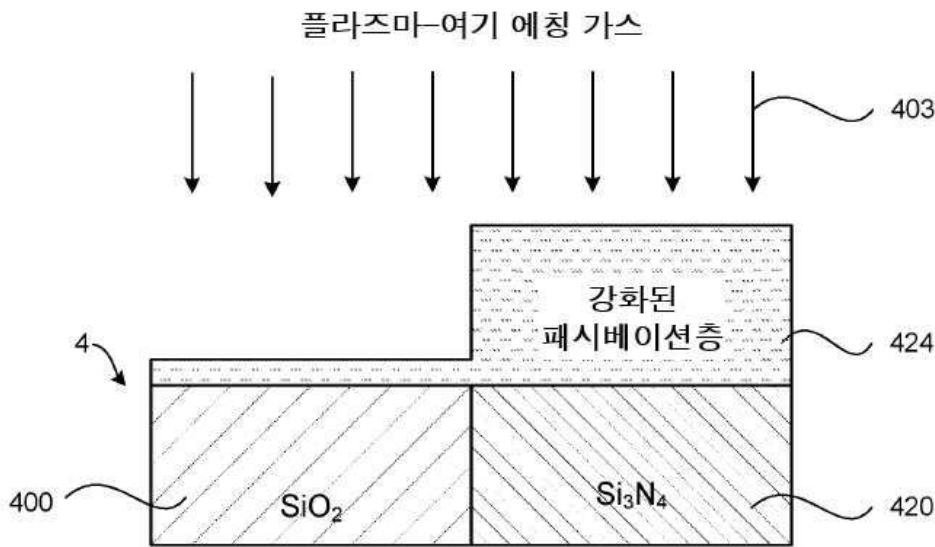
도면4d



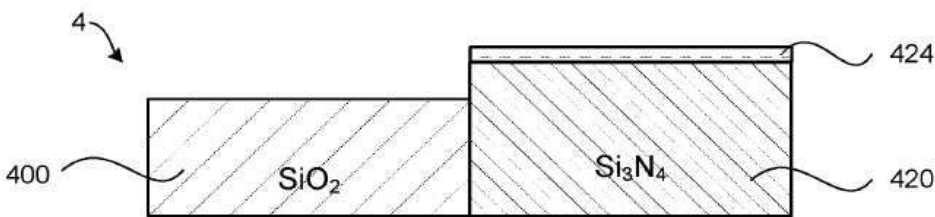
도면4e



도면4f



도면4g



도면4h

