



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년03월15일  
(11) 등록번호 10-2510736  
(24) 등록일자 2023년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/3065 (2013.01)  
H01L 21/02046 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0101457  
(22) 출원일자 2017년08월10일  
심사청구일자 2020년08월05일  
(65) 공개번호 10-2018-0018413  
(43) 공개일자 2018년02월21일  
(30) 우선권주장  
62/373,232 2016년08월10일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP09246581 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고  
(72) 발명자  
클락 로버트 디  
미국 캘리포니아주 94551 리버모어 에델바이스 웨이 5812  
타필리 칸다바라 엔  
미국 뉴욕주 12203 올버니 스위트 214 폴러 로드 255  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 19 항

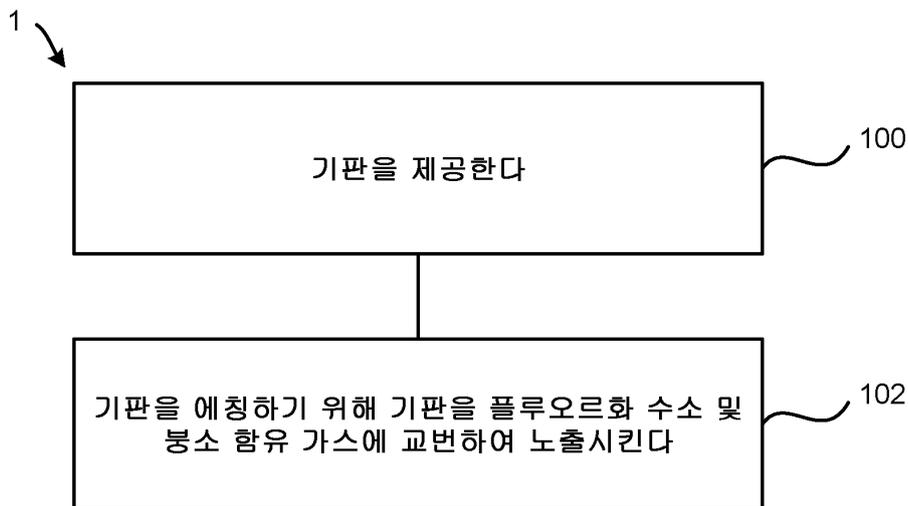
심사관 : 최상원

(54) 발명의 명칭 **붕소 함유 가스와 플루오르화 수소 가스를 이용한 원자 층 에칭**

(57) 요약

본 발명의 실시형태들은 기관의 ALE(atomic layer etching)을 위한 방법을 제공한다. 일 실시형태에 따르면, 방법은 기관을 제공하는 단계 및 기관을 에칭하기 위해 Hf(hydrogen fluoride) 가스와 붕소 함유 가스에 기관을 노출시키는 단계를 포함한다. 다른 실시형태에 따르면, 방법은 금속 산화물 필름을 포함하는 기관을 제공하는 단계; 금속 산화물 필름 상에 플루오르화 표면 층을 형성하기 위해 HF 가스에 기관을 노출시키는 단계; 및 금속 산화물 필름으로부터 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 붕소 함유 가스에 기관을 노출시키는 단계를 포함한다. 노출은 금속 산화물 필름을 더 에칭하기 위해 적어도 1회 반복될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류  
*H01L 21/0228* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
W02016100873 A1\*  
US07012027 B  
US20150270140 A1  
US20140179106 A1  
US05041362 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

원자 층 에칭(ALE, atomic layer etching)의 방법에 있어서,

기판을 제공하는 단계; 및

플라즈마의 부재 하에서 상기 기판을 에칭하기 위해 HF(hydrogen fluoride) 가스 및 붕소 함유 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

를 포함하고,

상기 노출시키는 단계는, 상기 기판을 추가적으로 에칭하기 위해 적어도 1회 반복되는 상기 HF 가스 및 붕소 함유 가스에 대한 교번 노출(alternating exposure)을 포함하는 것인, 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 붕소 함유 가스는 붕소 하이드라이드(boron hydride), 붕소 할라이드(boron halide), 붕소 아미드(boron amide), 유기 붕화물(organo boride) 또는 이들의 조합물을 함유하는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 붕소 함유 가스는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

#### 청구항 5

원자 층 에칭(ALE)의 방법에 있어서,

금속 산화물 필름을 포함하는 기판을 제공하는 단계;

상기 금속 산화물 필름 상의 플루오르화 표면 층을 형성하기 위해 HF 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계; 및

상기 금속 산화물 필름으로부터 상기 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 붕소 함유 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

를 포함하고,

상기 노출시키는 단계들은 플라즈마의 부재 하에서 수행되는 것인, 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 금속 산화물 필름을 추가적으로 에칭하기 위해 상기 노출이 적어도 1회 반복되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 붕소 함유 가스는 붕소 하이드라이드, 붕소 할라이드, 붕소 아미드, 유기 붕화물 또는 이들의 조합물을 함유하는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 붕소 함유 가스는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 9**

제5항에 있어서,

상기 금속 산화물 필름은  $Al_2O_3$ ,  $HfO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $UO_2$ ,  $Lu_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $BeO$ ,  $V_2O_5$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CrO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CrO_2$ ,  $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $RuO$ ,  $CoO$ ,  $WO_3$ , 및 이들의 조합물로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 10**

제5항에 있어서,

상기 노출 단계들 사이에 불활성 가스로 가스 퍼징(gas purging)하는 단계를 더 포함하는 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 11**

원자 층 에칭(ALE)의 방법에 있어서,

제1 플루오르화 표면 층을 가진 금속 산화물 필름을 포함하는 기판을 제공하는 단계;

상기 금속 산화물 필름으로부터 상기 제1 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 제1 붕소 함유 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계;

상기 금속 산화물 필름 상의 제2 플루오르화 표면 층을 형성하기 위해 HF 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계; 및

상기 금속 산화물 필름으로부터 상기 제2 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 제2 붕소 함유 가스에 상기 기판을 노출시키는 단계

를 포함하고,

상기 노출시키는 단계들은 플라즈마의 부재 하에서 수행되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 금속 산화물 필름을 추가적으로 에칭하기 위해 상기 HF 가스 및 상기 제2 붕소 함유 가스에 대한 노출이 적어도 1회 반복되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 제1 및 제2 붕소 함유 가스는 붕소 하이드라이드, 붕소 할라이드, 붕소 아미드, 유기 붕화물 또는 이들의 조합물을 함유하는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 제1 및 제2 붕소 함유 가스는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것인 원

자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 15**

제11항에 있어서,

상기 금속 산화물 필름은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, UO<sub>2</sub>, Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ZnO, MgO, CaO, BeO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, FeO, FeO<sub>2</sub>, CrO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>2</sub>, MnO, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, RuO, CoO, WO<sub>3</sub>, 및 이들의 조합물로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 16**

제11항에 있어서,

상기 금속 산화물 필름은 금속 층을 산화시킴으로써 형성되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 17**

제11항에 있어서,

상기 노출 단계들 사이에 불활성 가스로 가스 퍼징하는 단계를 더 포함하는 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 18**

제11항에 있어서,

상기 제1 플루오르화 표면 층은 수성 HF에 의한 습식 프로세싱을 이용하여 형성되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 19**

제11항에 있어서,

상기 제1 플루오르화 표면 층은 건식 프로세싱에 의해 형성되는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 건식 프로세싱은 HF 가스 또는 유기 불소 함유 에칭 가스를 포함하는 것인 원자 층 에칭(ALE)의 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] [본원과 관련된 상호 참조 문헌]

[0002] 본 출원은 여기에 전체가 참조로 포함된 미국 가출원 62/373,232(출원일 : 2016년 8월 10일)에 관한 것이고 이에 대하여 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 반도체 제조 및 반도체 디바이스의 분야에 관한 것이고 특히 불소 함유 가스와 플루오르화 수소 가스를 이용한 기관의 ALE(atomic layer etching)에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0004] 디바이스 피처 크기가 계속 확장됨에 따라 미세 피처의 에칭을 정확하게 제어하는 것이 중요한 과제로 대두되고 있다. 10 nm 이하의 고도로 확장된 노드의 경우, 디바이스들은 원자 스케일 확장 충실도 또는 매우 엄격한 프로세스 변동성이 필요하다. 변동성으로 인해 디바이스 퍼포먼스에 상당한 영향이 있다. 이와 관련하여, ALE와 같은 자기 제한(self-limiting) 및 원자 스케일 프로세싱 방법이 필요하게 되었다.

**발명의 내용**

[0005] 기관의 ALE를 위한 방법이 제공된다. 일 실시형태에 따르면, 방법은 기관을 제공하는 단계 및 기관을 에칭하기

위해 HF 가스와 붕소 함유 가스에 기판을 노출시키는 단계를 포함한다.

[0006] 다른 실시형태에 따르면, 방법은 금속 산화물 필름을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 금속 산화물 필름 상에 플루오르화 표면 층을 형성하기 위해 HF 가스에 기판을 노출시키는 단계; 및 금속 산화물 필름으로부터 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 붕소 함유 가스에 기판을 노출시키는 단계를 포함한다. 노출은 금속 산화물 필름을 더 에칭하기 위해 적어도 1회 반복될 수 있다.

[0007] 또 다른 실시형태에 따르면, 방법은, 제1 플루오르화 표면 층을 가진 금속 산화물 필름을 포함하는 기판을 제공하는 단계; 금속 산화물 필름으로부터 제1 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 제1 붕소 함유 가스에 기판을 노출시키는 단계; 금속 산화물 필름 상에 제2 플루오르화 표면 층을 형성하기 위해 HF 가스에 기판을 노출시키는 단계; 및 금속 산화물 필름으로부터 제2 플루오르화 표면 층을 제거하기 위해 제2 붕소 함유 가스에 기판을 노출시키는 단계를 포함한다. HF 가스 및 제2 붕소 함유 가스에 대한 노출은 금속 산화물 필름을 더 에칭하기 위해 적어도 1회 반복될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0008] 첨부된 도면과 관련하여 고려될 때, 이하의 상세한 설명을 참조하면, 본 발명 및 그 많은 부수적인 이점에 대한 보다 완전한 이해가 쉽게 얻어질 것이다.

도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다.

도 2은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다.

도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하는 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.

도 4는 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다.

도 5a 내지 도 5f는 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 방법을 단면도를 통해 개략적으로 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0009] 첨단 반도체 기술 노드들을 위한 첨단 기술을 개발하는 것은 반도체 디바이스들의 제조사에게 전례없는 도전 과제를 제시하고, 이 디바이스들은 에칭 가변성의 원자 스케일 제조 제어가 필요할 것이다. ALE는 반도체 산업에서 기존의 연속 에칭의 대안으로 간주된다. ALE는 순차적 자기 제한 반응을 이용하여 물질의 얇은 층을 제거하고 원자 스케일 시대에 필요한 에칭 변동성의 필수 제어를 달성하는 가장 유망한 기술 중 하나로 간주되는 기판 프로세싱 기술이다.

[0010] ALE는 순차적 자기 제한 반응을 이용하는 필름 에칭 기술로 종종 정의된다. 이 개념은 ALD(atomic layer deposition)와 유사하지만, 제2 흡착 단계 대신에 제거가 발생하여 첨가 대신 층별 물질 제거가 일어난다는 점이 다르다. 가장 간단한 ALE 구현에는 2개의 순차적 단계들: 표면 변형(1) 및 제거(2)로 구성된다. 표면 변형은 이후에 변형되지 않은 물질보다 더 용이하게 제거되는 잘 정의된 두께를 갖는 얇은 반응성 표면 층을 형성한다. 얇은 반응성 표면층은 물질의 최외곽 층의 화학적 조성 및/또는 물리적 구조의 예리한 구배(gradient)를 특징으로 한다. 제거 단계는 하부의 기판을 손상시키지 않으면서 얇은 반응성 표면 층의 적어도 일부를 제거하고 이에 따라 표면을 다음 에칭 사이클에 적합한 상태로 "재설정"한다. 제거된 물질의 총량은 반복된 사이클의 수에 의해 결정된다.

[0011] 본 발명의 실시형태들은 반도체 디바이스들의 제조 방법을 제공하고 특히 HF 가스 및 붕소 함유 가스를 이용한 ALE에 관한 것이다. 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다. 프로세스 흐름(1)은 100에서 기판을 제공하는 단계 및 기판을 에칭하기 위해 HF 가스와 붕소 함유 가스에 기판을 노출시키는 단계를 포함한다. 노출은 교번식으로 이루어지거나 약간의 시간적 오버랩을 가질 수 있으며 기판을 추가로 에칭하기 위해 적어도 1회 반복될 수 있다. 붕소 함유 가스는 붕소 하이드라이드(boron hydride), 붕소 할라이드(boron halide), 붕소 아마이드(boron amide), 유기 붕화물(organo boride) 또는 이들의 조합물을 함유할

수 있다. 붕소 함유 가스는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 일 실시형태에 따르면, 기판은 가스 노출에 의해 에칭되는 금속 산화물 필름을 포함한다. 금속 산화물 필름은 금속 층을 산화시킴으로써 형성될 수 있다. 금속 산화물 필름은  $Al_2O_3$ ,  $HfO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $UO_2$ ,  $Lu_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $BeO$ ,  $V_2O_5$ ,  $FeO$ ,  $FeO_2$ ,  $CrO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CrO_2$ ,  $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $RuO$ ,  $CoO$ ,  $WO_3$ , 및 이들의 조합물로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.

[0012] 도 2는 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다. 도 3a 내지 도 3d를 다시 참조하면, 프로세스 흐름(2)은 200에서 층(300) 상에 금속 산화물 필름(302)을 포함하는 기판(3)을 제공하는 단계를 포함한다. 예컨대, 금속 산화물 필름(302)은  $Al_2O_3$ ,  $HfO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $UO_2$ ,  $Lu_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $BeO$ ,  $V_2O_5$ ,  $FeO$ ,  $FeO_2$ ,  $CrO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CrO_2$ ,  $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $RuO$ ,  $CoO$ ,  $WO_3$ , 및 이들의 조합물로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 202에서, 기판(3)은 금속 산화물 필름(302) 상의 플루오르화 표면 층(304)을 형성하기 위해 HF 가스(306)에 노출된다. 204에서, 기판(3)은 불활성 가스(예컨대, 아르곤(Ar) 또는 질소( $N_2$ ))로 퍼지되어(purged) 초과 HF 및 반응 부산물들을 제거할 수 있다. 206에서, 기판(3)은 플루오르화 표면 층(304)과 반응하고 플루오르화 표면 층(304)을 제거하기 위해 붕소 함유 가스(308)에 노출된다. 반응 부산물들은 기판(3)으로부터 탈착되고 프로세스 챔버 밖으로 효율적으로 펌핑되는 금속 함유 중 및 휘발성  $BF_3$  종을 포함한다. 본 발명자들은 플루오르화 표면 층들과 조합된 붕소 함유 가스(308)의 사용이 유리하게는 플라즈마의 부재 하에서 저온 열적 ALE를 허용한다는 것을 발견했다. 붕소 함유 가스(308)는 붕소 하이드라이드(boron hydride), 붕소 할라이드(boron halide), 붕소 아마이드(boron amide), 유기 붕화물(organo boride) 또는 이들의 조합물을 함유할 수 있다. 붕소 함유 가스(308)는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 208에서, 기판(200)은 초과 붕소 함유 가스 및 반응 부산물들을 제거하기 위해 불활성 가스로 퍼지될(purged) 수 있다. 프로세스 화살표 210으로 나타낸 바와 같이, 금속 산화물 필름(302)을 추가로 에칭하기 위해 적어도 1회 교번 노출(202 - 208)이 반복될 수 있다. 교번 노출(202 - 208)은 하나의 ALE 사이클을 구성한다.

[0013] 도 4는 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다. 도 5a 내지 도 5f를 다시 참조하면, 프로세스 흐름(4)은 400에서 제1 플루오르화 표면 층(504)을 가진 금속 산화물 필름(502)을 포함하는 기판(5)을 제공하는 단계를 포함한다. 예컨대, 금속 산화물 필름(502)은  $Al_2O_3$ ,  $HfO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$ ,  $UO_2$ ,  $Lu_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $BeO$ ,  $V_2O_5$ ,  $FeO$ ,  $FeO_2$ ,  $CrO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $CrO_2$ ,  $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $RuO$ ,  $CoO$ ,  $WO_3$ , 및 이들의 조합물로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 제1 플루오르화 표면 층(504)은 습식 프로세싱(예컨대, 수성 HF를 사용) 또는 건식 프로세싱(예컨대, HF 가스를 사용)에 의해 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 플루오르화 표면 층(504)은 유기 불소 함유 에칭 가스를 이용하는 에칭 프로세스에 의해 형성될 수 있다. 402에서, 기판(5)은 금속 산화물 필름(502)으로부터 제1 플루오르화 표면 층(504)을 제거하기 위해 제1 붕소 함유 가스(506)에 노출된다. 404에서, 기판(5)은 초과 제1 붕소 함유 가스 및 반응 부산물들을 제거하기 위해 불활성 가스로 퍼지될(purged) 수 있다. 406에서, 기판(5)은 금속 산화물 필름(502) 상의 제2 플루오르화 표면 층(510)을 형성하기 위해 HF 가스(508)에 노출된다. 408에서, 기판(5)은 초과 HF 가스 및 반응 부산물들을 제거하기 위해 불활성 가스로 퍼지될(purged) 수 있다. 410에서, 기판(500)은 금속 산화물 필름(502)으로부터 제2 플루오르화 표면 층(510)을 제거하기 위해 제2 붕소 함유 가스(512)에 노출된다.

[0014] 제1 및 제2 붕소 함유 가스(506 및 512)는 붕소 하이드라이드(boron hydride), 붕소 할라이드(boron halide), 붕소 아마이드(boron amide), 유기 붕화물(organo boride) 또는 이들의 조합물을 함유할 수 있다. 제1 및 제2 붕소 함유 가스(506 및 512)는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 로 구성된 그룹으로부터 독립적으로 선택될 수 있다. 프로세스 화살표 412로 나타낸 바와 같이, 금속 산화물 필름(502)을 추가로 에칭하기 위해 적어도 1회 노출(404 - 410)이 반복될 수 있다.

[0015] 도 6은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다. 프로세스 흐름은 HF 가스와  $BH_3$  가스의 교번 노출을 이용하여  $Al_2O_3$ 의 예시적 ALE를 위한 반반응 및 전반응을 나타낸다. 반응 부산물들은 기판으로부터 탈착되고 프로세스 챔버 밖으로 효율적으로 펌핑되는  $H_2O$  중,  $AlH_3$  중, 및 휘발성  $BF_3$  종을 포함한다.

[0016] 도 7은 본 발명의 실시형태에 따른 기판을 프로세싱하기 위한 프로세스 흐름도이다. 프로세스 흐름은 HF 가스

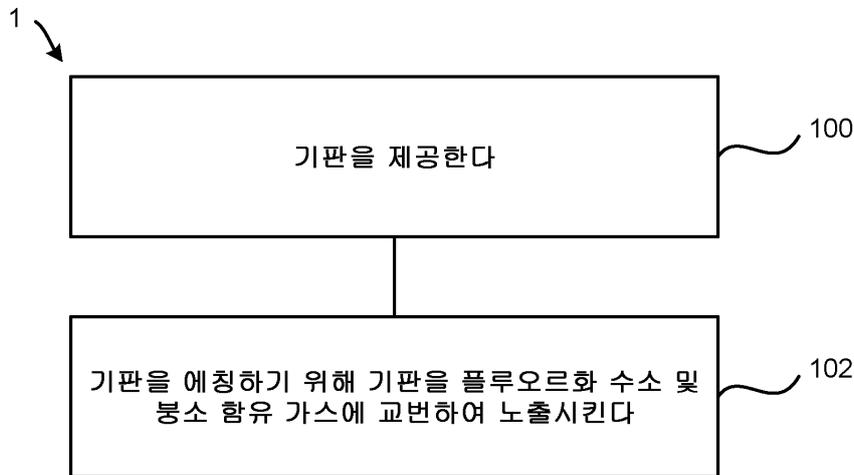
와  $BH_3$  가스의 교번 노출을 이용하여  $Al_2O_3$ 의 예시적 ALE를 위한 반반응 및 전반응을 나타내고, L은 수소, 할로젠, 아마이드, 또는 유기 그룹(organic group)을 포함할 수 있다.  $BL_3$ 의 예는  $BH_3$ ,  $BCl_3$ ,  $B(CH_3)_3$ , 및  $B(N(CH_3)_2)_3$ 을 포함한다. 반응 부산물들은 기관으로부터 탈착되고 프로세스 챔버 밖으로 효율적으로 펌핑되는  $H_2O$  중,  $AlL_3$  중, 및 휘발성  $BF_3$  중을 포함한다.

[0017]

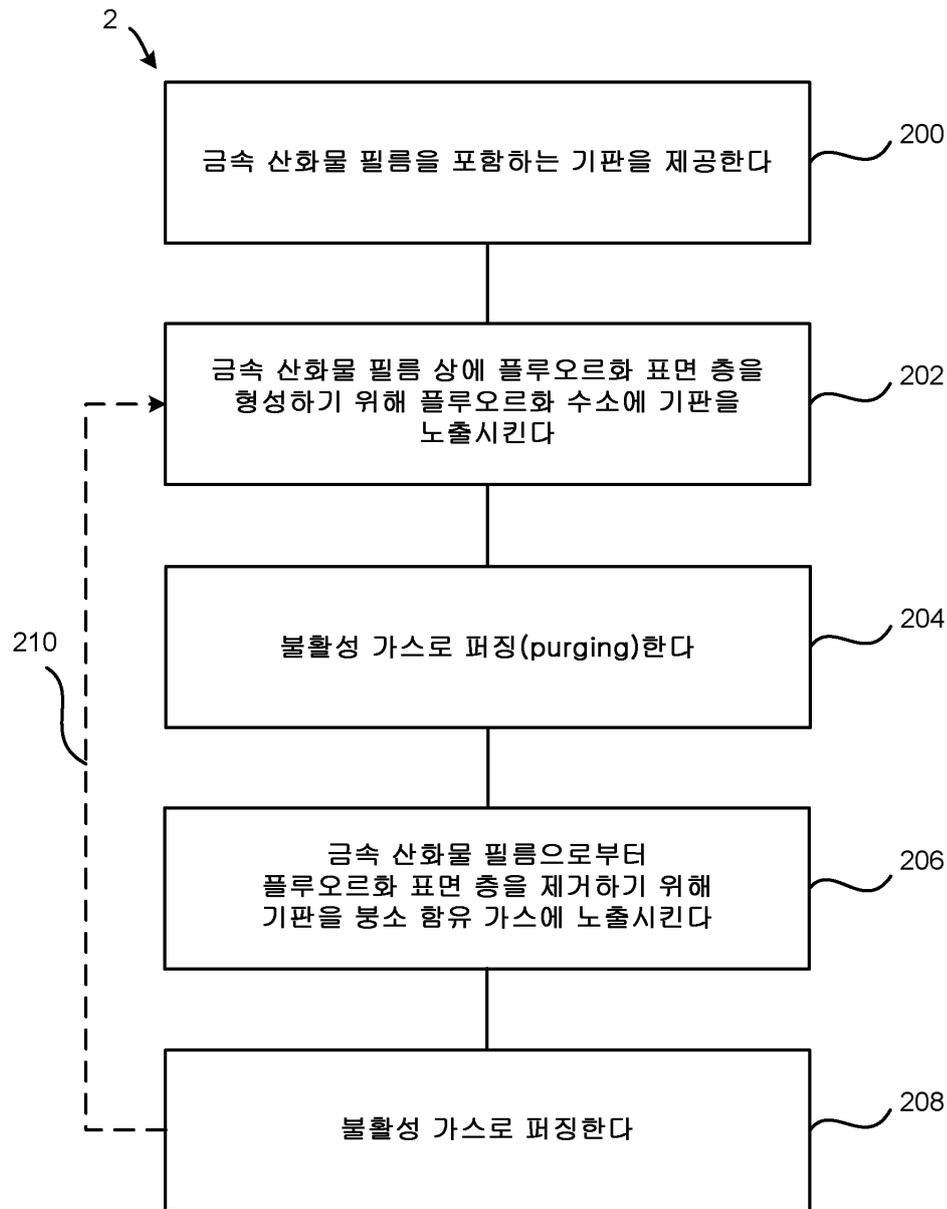
붕소 함유 가스 및 HF 가스를 이용하는 원자 층 에칭을 위한 복수의 실시형태들을 설명하였다. 본 발명의 실시 형태들의 상기 설명은 예시 및 설명을 위해 제시되었다. 상기 설명은 본 발명을 총망라하는 것 또는 개시된 정확한 형태에 본 발명을 제한하는 것을 의도하지 않는다. 이 설명과 후술되는 청구범위는 설명만을 목적으로 사용되고 제한으로 간주되지 않는 용어들을 포함한다. 관련 기술 분야의 당업자는 상기 교시에 비추어 많은 수정 및 변형이 가능함을 알 수 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 이 상세한 설명에 의해서가 아니라 오히려 본 명세서에 첨부된 청구항들에 의해 제한되는 것으로 의도된다.

**도면**

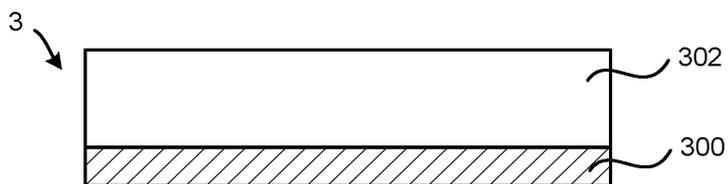
**도면1**



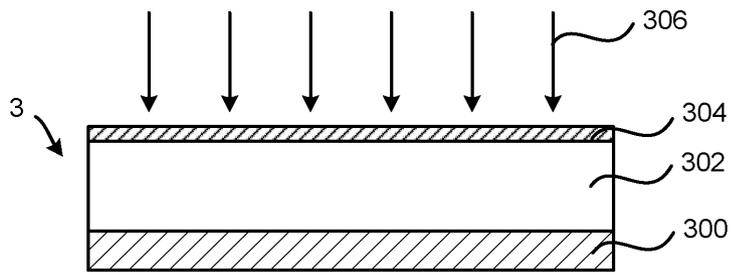
도면2



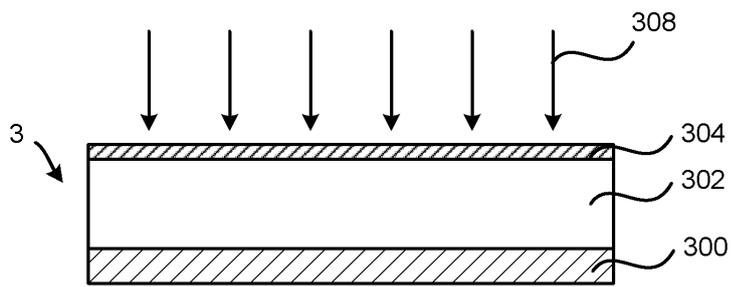
도면3a



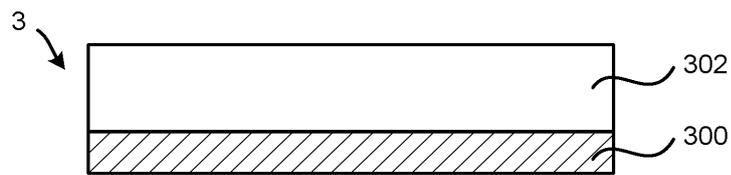
도면3b



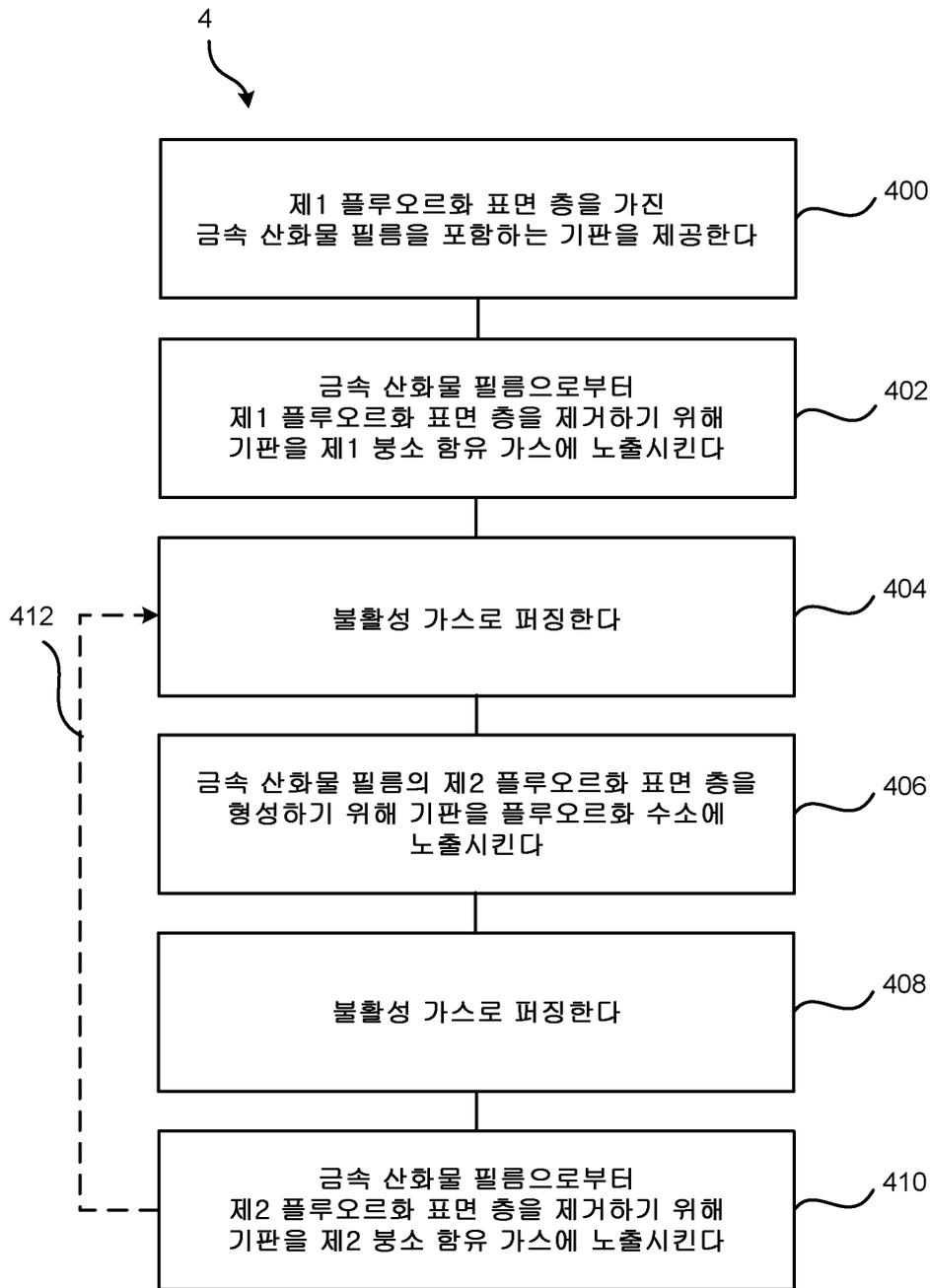
도면3c



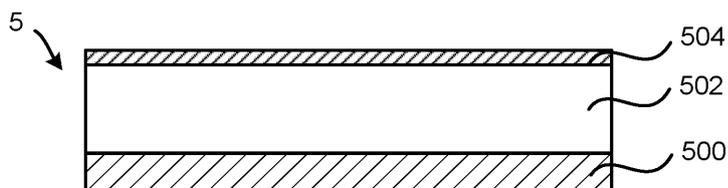
도면3d



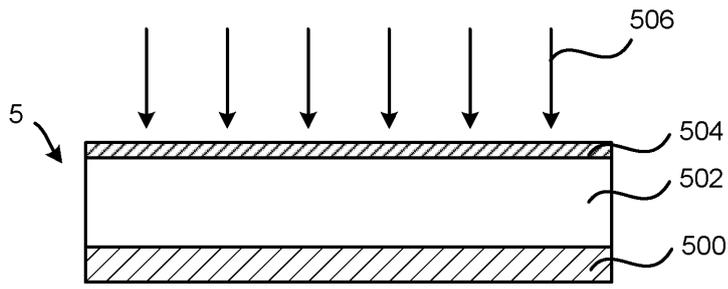
도면4



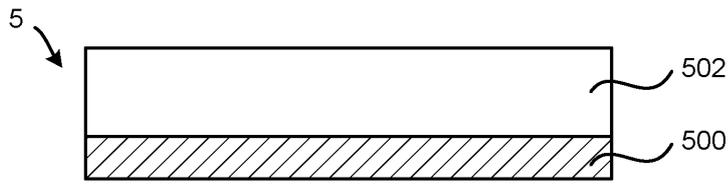
도면5a



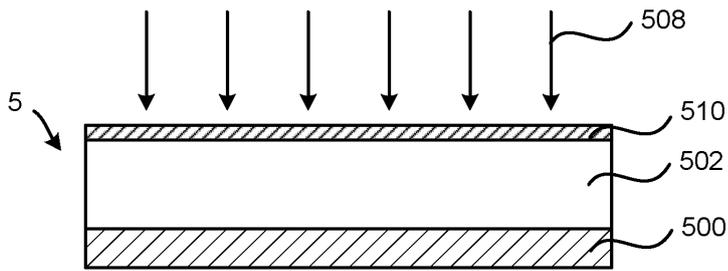
도면5b



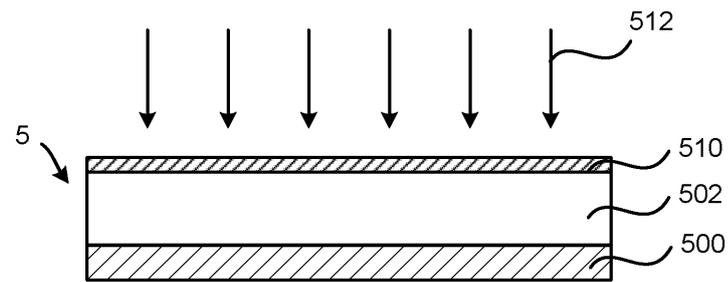
도면5c



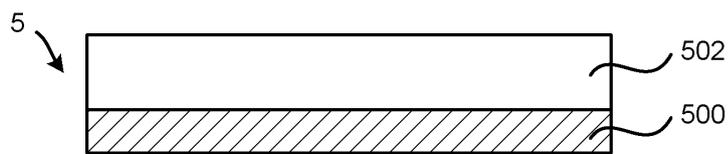
도면5d



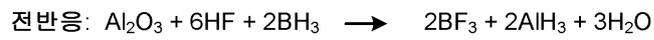
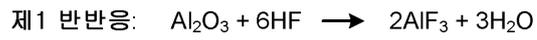
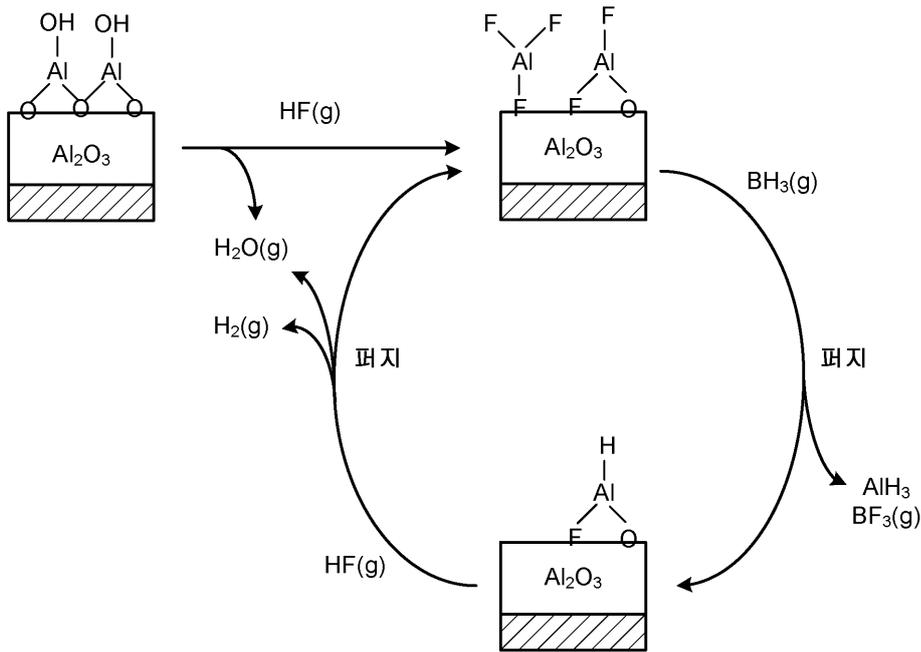
도면5e



도면5f



도면6



도면7

