



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0093537  
(43) 공개일자 2010년08월25일

(51) Int. Cl.

C09K 3/14 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)

C09G 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7011735

(22) 출원일자(국제출원일자) 2008년08월25일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년05월28일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/074199

(87) 국제공개번호 WO 2009/058463

국제공개일자 2009년05월07일

(30) 우선권주장

60/984,217 2007년10월31일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

리 나이차오

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

개글리아디 존 제이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김영, 양영준

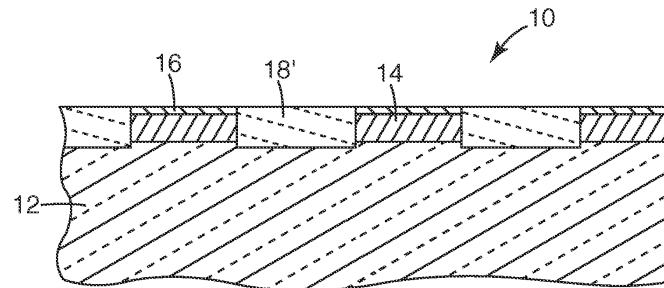
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 웨이퍼를 폴리싱하기 위한 조성물, 방법 및 공정

(57) 요약

웨이퍼를 폴리싱하는 데 사용하기 위한 조성물이 기술된다. 본 조성물은 유리 연마 입자가 실질적으로 없고 약 2 내지 7의 범위의 pH를 갖는 초기 성분들의 수용액을 포함하고, 수용액은 적어도 하나의 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함한다. 소정의 실시 형태에서, 웨이퍼 폴리싱 조성물은 고정형 연마 화학 기계적 폴리싱(CMP) 공정을 사용하여 반도체 웨이퍼를 개질하기 위해 절삭 속도 및 선택도를 제어하도록 조절될 수 있다. 본 폴리싱 조성물을 사용하여 웨이퍼를 폴리싱하는 CMP 방법 및 공정이 또한 개시된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**클라크 필립 지**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

**사부 패트리샤 엠**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용한 작업 액체로서,  
작업 액체는 유리 연마 입자(loose abrasive particle)가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액이고,  
상기 성분들은

- a. 물;
- b. 고분자 전해질; 및
- c. 계면활성제를 포함하며,

작업 액체는 3 내지 7의 pH를 나타내는 작업 액체.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 착화제(complexing agent)를 추가로 포함하는 작업 액체.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 착화제는 여러 자리(multidentate) 산성 착화제를 포함하는 작업 액체.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 여러 자리 산성 착화제는 아미노산 또는 아미노산으로부터 형성된 다이펩티드 중 적어도 하나를 포함하는 작업 액체.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 아미노산은 알라닌, 프롤린, 글리신, 히스티딘, 라이신, 아르기닌, 오르니틴, 시스테인, 타이로신, 및 이들의 조합으로부터 선택되는 작업 액체.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 아미노산은 L-프롤린인 작업 액체.

### 청구항 7

제2항에 있어서, 여러 자리 산성 착화제는 작업 액체의 0.1 중량% 내지 5 중량%의 양으로 존재하는 작업 액체.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 계면활성제는 비이온성 계면활성제인 작업 액체.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 비이온성 계면활성제는 적어도 8의 친수-친유 균형(HLB)을 나타내는 작업 액체.

### 청구항 10

제8항에 있어서, 비이온성 계면활성제는 아세틸렌계 일차 알코올 에톡실레이트, 아세틸렌계 일차 다이-알코올 에톡실레이트, 플루오로지방족 중합체성 에스테르, 및 이들의 혼합물로부터 선택되는 작업 액체.

### 청구항 11

제8항에 있어서, 비이온성 계면활성제는 작업 액체의 적어도 0.025 중량% 및 최대 0.5 중량%의 양으로 존재하는 작업 액체.

## 청구항 12

제1항에 있어서, 고분자 전해질은 폴리아크릴산, 폴리(메트)아크릴산, 폴리아크릴산의 염, 폴리(메트)아크릴산의 염, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 작업 액체.

## 청구항 13

제1항에 있어서, 고분자 전해질은 1,000 내지 30,000 Da의 중량 평균 분자량을 나타내는 작업 액체.

## 청구항 14

제1항에 있어서, 고분자 전해질은 작업 액체의 0.001 중량% 내지 5.0 중량%의 양으로 존재하는 작업 액체.

## 청구항 15

제1항에 있어서, 4 내지 7의 pH를 나타내는 작업 액체.

## 청구항 16

제1항에 있어서, 계면활성제는 분당 적어도 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 얇은 트렌치 소자 분리(shallow trench isolation, STI) 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 10의 산화물 대 질화물 선택도(selectivity)를 얻기에 효과적인 양으로 존재하는 작업 액체.

## 청구항 17

하기를 포함하는, 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 방법:

- 패턴을 형성하도록 에칭된 표면을 갖는 제1 재료, 제1 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치되는 제2 재료, 및 제2 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치되는 제3 재료를 적어도 포함하는 웨이퍼를 제공하는 단계;
- 제1항에 따른 작업 액체의 존재 하에서, 웨이퍼의 제3 재료를 연마 용품에 고정된 복수의 3차원 연마 복합재 - 3차원 연마 복합재는 결합제 내에 고정되고 분산된 복수의 연마 입자를 포함함 - 에 접촉시키는 단계; 및
- 웨이퍼의 노출된 표면이 평평하게 되고 노출된 제3 재료의 적어도 하나의 영역 및 노출된 제2 재료의 하나의 영역을 포함할 때까지 제3 재료가 복수의 연마 복합재와 접촉하는 동안 웨이퍼와 연마 용품 사이에 상대 운동을 제공하는 단계.

## 청구항 18

하기를 포함하는, 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 폴리싱하는 공정:

- 웨이퍼의 적어도 일부분 위에 배치되는 장벽 재료, 및 장벽 재료의 적어도 일부분 위에 배치되는 유전체 재료를 포함하는 웨이퍼를 제공하는 단계;
- 유리 연마 입자가 실질적으로 없고 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며 3 내지 7의 pH를 나타내는 수성 작업 액체의 존재 하에서, 웨이퍼의 유전체 재료를 연마 용품에 고정된 복수의 3차원 연마 복합재 - 3차원 연마 복합재는 결합제 내에 고정되고 분산된 복수의 연마 입자를 포함함 - 와 접촉시키는 단계; 및
- 웨이퍼의 노출된 표면이 평평하게 되고 노출된 유전체 재료의 적어도 하나의 영역 및 노출된 장벽 재료의 적어도 하나의 영역을 포함할 때까지 유전체 재료가 복수의 연마 복합재와 접촉하는 동안 웨이퍼와 연마 용품 사이에 상대 운동을 제공하는 단계.

## 청구항 19

제18항에 있어서, 장벽 재료는 질화규소를 포함하고, 유전체 재료는 산화규소를 포함하는 공정.

## 청구항 20

제19항에 있어서, 상기 폴리싱은 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 이산화규소 제거 속도를 포함하는 공정.

## 청구항 21

제19항에 있어서, 상기 폴리싱은 분당 약 100 옹스트롬 이하의 질화규소 제거 속도를 포함하는 공정.

## 청구항 22

제19항에 있어서, 상기 폴리싱은 적어도 약 10의 이산화규소 대 질화규소 선택도를 포함하는 공정.

## 청구항 23

반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용한 작업 액체로서,

작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액이고,

상기 성분들은

- a. 물;
- b. 고분자 전해질; 및
- c. 비이온성 계면활성제를 포함하며,

작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타내고, 비이온성 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 얇은 트렌치 소자 분리(STI) 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하는 작업 액체.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 반도체 웨이퍼의 노출된 표면을 개질하기 위한 조성물에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 고정형 연마 화학 기계적 평탄화(fixed abrasive chemical-mechanical planarization) 공정을 이용하여 반도체 웨이퍼를 개질하기 위한 방법에서 절삭 속도 및 선택도(selectivity)를 제어하도록 조절될 수 있는 조성물에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 집적 회로 제조 동안, 반도체 제작에 사용되는 반도체 웨이퍼는 전형적으로 증착, 패터닝 및 에칭 단계를 비롯한 많은 처리(processing) 단계들을 겪게 된다. 이러한 반도체 웨이퍼 제조 단계들의 상세 사항은 톤쇼프(Tonshoff) 등의 문헌["Abrasive Machining of Silicon", published in the Annals of the International Institution for Production Engineering Research, (Volume 39/2/1990), pp. 621-635]에 보고되어 있다. 각 제조 단계에서, 후속의 제작 또는 제조 단계들을 위해 웨이퍼를 준비시키기 위하여 종종 웨이퍼의 노출된 표면을 개질하거나 또는 개량(refine)하는 것이 필요하거나 또는 바람직하다. 예를 들어, 다이내믹 랜덤 액세스 메모리(Dynamic Random Access Memory, DRAM) 적용을 위한 얇은 트렌치 소자 분리(shallow trench isolation, STI) 구조를 갖는 반도체 웨이퍼는 종종 추가의 처리 전에 유전체 물질의 평탄화를 요구한다.

[0003] 웨이퍼의 노출된 표면을 개질 또는 정제하는 한가지 방법은 액체 중에 분산된 복수의 유리(loose) 연마 입자를 포함하는 슬러리로 웨이퍼 표면을 처리하는 공정을 채용한다. 전형적으로, 웨이퍼 표면으로부터 재료를 없애거나 제거하기 위하여, 이러한 슬러리를 폴리싱 패드(polishing pad)에 적용하고, 이어서 웨이퍼 표면을 패드에 대고 연마하거나 움직인다. 일반적으로, 슬러리는 또한 웨이퍼 표면과 화학적으로 반응하는 제제를 포함한다. 이러한 유형의 공정은 대개 화학 기계적 평탄화(CMP) 공정으로 지칭된다.

[0004] 그러나, CMP 슬러리의 하나의 한계는 요구되는 웨이퍼 표면 토포그래피(topography)를 달성하기 위해서는 슬러리 연마 공정을 주의 깊게 감시해야 한다는 것이다. 두 번째 한계는 유리 연마재 슬러리와 관련된 복잡함이다. 또 다른 한계는 슬러리가 웨이퍼의 표면으로부터 제거되고 후속 웨이퍼 처리에서 폐기되어야 하는 다수의 입자를 생성한다는 것이다. 이러한 슬러리의 취급 및 폐기는 반도체 웨이퍼 제작자에 대해 추가적인 처리 비용을 발생시킨다.

[0005] CMP 슬러리 방법에 대한 대안은 반도체 표면을 개질하거나 개량하기 위하여 연마 용품을 사용한다. 연마 용품

을 사용하는 CMP 공정은, 예를 들어 미국 특허 제5,958,794호에서 브룩스부르트(Bruuxvoort) 등에 의해 그리고 미국 특허 제6,194,317호에서 가이사끼(Kaisaki) 등에 의해 보고되었다. 보고된 연마 용품은 결합제 중에 분산된 연마 입자를 포함하는 텍스처 형성된(textured) 연마 표면을 갖는다. 사용시, 연마 용품은 흔히 유체 또는 액체의 존재 하에 반도체 웨이퍼 표면과 접촉되어 평탄하고 균일한 웨이퍼 표면을 제공한다. 연마 용품의 사용은 CMP 슬러리와 관련된 일부 한계를 극복한다.

### 발명의 내용

- [0006] 본 발명은 일반적으로 반도체 웨이퍼의 노출된 표면을 개질하기 위한 조성물 및 방법에 관한 것이다. 더욱 구체적으로, 본 발명은 고정형 연마 CMP 공정을 이용하여 반도체 웨이퍼를 개질하기 위한 방법에서 절삭 속도 및 선택도를 제어하도록 조절될 수 있는 조성물에 관한 것이다. 일부 실시 형태에서, 본 발명은 패터화된 반도체 웨이퍼의 표면을 개질하기 위한 연마 용품의 사용에 의해 제공되는 이점을 나타낸다.
- [0007] 일 태양에서, 본 발명은 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하는 작업 액체에 관한 것으로, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 일 실시 형태에서, 작업 액체는 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용하며, 여기서 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다. 소정 실시 형태에서, 작업 액체는 부가적으로 착화제(complexing agent)를 포함할 수 있는데, 이는 아미노산 또는 아미노산으로부터 형성된 다이펩티드와 같은 여러 자리(multidentate) 산성 착화제일 수 있다.
- [0008] 다른 태양에서, 본 발명은 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 방법에 관한 것으로, 웨이퍼는 패터를 형성하도록 에칭된 표면을 갖는 제1 재료, 제1 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치된 제2 재료, 및 제2 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치된 제3 재료를 적어도 포함한다. 본 방법은 웨이퍼를 제공하는 단계, 및 웨이퍼의 노출된 표면이 평평하게 되고 노출된 제3 재료의 적어도 하나의 영역 및 노출된 제2 재료의 하나의 영역을 포함할 때까지 제3 재료가 복수의 연마 복합제와 접촉하는 동안 작업 액체의 존재 하에 웨이퍼와 복수의 3차원 연마 복합제 사이에 상대 운동을 제공하는 단계를 포함한다.
- [0009] 예시적인 실시 형태에서, 연마 복합제는 연마 용품의 표면에 고정된다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 연마 복합제는 결합제 내에 고정되고 분산된 복수의 연마 입자를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하며, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 소정의 실시 형태에서, 작업 액체는 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용하며, 여기서 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.
- [0010] 다른 태양에서, 본 발명은 이산화규소와 같은 유전체 재료를 포함하는 제1 영역, 및 질화규소와 같은 장벽 재료를 포함하는 제2 영역을 포함하는 웨이퍼를 제공하는 것에 의한, 웨이퍼의 폴리싱 방법을 제공한다. 소정의 예시적인 실시 형태에서, 제2 영역이 수용액의 존재 하에서 복수의 연마 복합제와 접촉하는 동안 웨이퍼와 연마 용품 사이에 상대 운동을 제공하면서, 웨이퍼는 복수의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 3차원의, 텍스처 형성된 고정형 연마 용품과 접촉한다. 소정의 예시적인 실시 형태에서, 수용액은 약 2 내지 7 범위의 pH를 나타내고, 적어도 하나의 고분자 전해질 및 적어도 하나의 계면활성제를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.
- [0011] 다른 태양에서, 본 발명은 본 발명에 따른 수성 작업 유체 및 복수의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 3차원의, 텍스처 형성된 고정형 연마 용품을 포함하는 웨이퍼 평탄화 공정을 제공한다. 일부 예시적인 공정에서, 연마 용품은 정밀하게 형상화된 연마 복합제를 포함한다. 소정의 예시적인 실시 형태에서, 수용액은 약 2 내지 7 범위의 pH를 나타내고, 적어도 하나의 고분자 전해질 및 적어도 하나의 계면활성제를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어

도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.

[0012] 소정의 예시적인 실시 형태에서, 본 발명의 조성물 및 방법은 폴리싱 패드 및 슬러리보다는 고정 연마재를 사용하는 화학 기계적 평탄화 공정의 성능을 예상외로 향상시킨다.

[0013] 상기의 개요는 본 발명의 모든 구현에 또는 각각의 개시된 실시 형태를 기술하고자 하는 것이 아니다. 이하의 도면들, 상세한 설명 및 특허청구범위는 예시적인 실시 형태들을 보다 상세히 설명한다.

## 도면의 간단한 설명

[0014] <도 1>

도 1은 표면 개질 전의 구조화된 웨이퍼의 일부분의 개략 단면도.

<도 2>

도 2는 본 발명을 이용한 표면 개질 후의 도 1의 구조화된 웨이퍼의 개략 단면도.

이상화된 이들 도면은 축척대로 도시된 것이 아니며, 제한하는 것이 아니라 본 발명의 소정의 실시 형태를 단지 예시하고자 한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명과 관련하여:

[0016] "연마 복합재"는 연마재 응집체의 형태일 수 있는 연마 입자 및 결합제를 포함하는, 텍스처 형성된 3차원 연마 용품을 집합적으로 제공하는 복수의 형상화된 몸체들 중 하나를 말하고;

[0017] "고정형 연마 용품"은 평탄화 공정 동안에 발생될 수 있는 것을 제외하고는 부착되지 않은 연마 입자가 실질적으로 없는 일체형 연마 용품을 말하고;

[0018] 웨이퍼와 "상호작용하다"는 극성 상호작용(예컨대, 반데르발스 힘) 또는 화학 반응일 수 있는 상호작용을 말하고;

[0019] "고분자 전해질"은 적어도 하나의 이온화가능 작용기를 갖는 중합체 및 공중합체를 말하고, 적어도 하나의 이온화가능 작용기를 갖는 메타크릴산의 중합체 및 공중합체, 아크릴산 및/또는 메타크릴산의 에스테르를 포함하며;

[0020] "정밀하게 형상화된 연마 복합재"는 복합재가 주형(mold)으로부터 제거된 후에 유지되는 주형 공동(cavity)의 역상인 성형된 형상을 갖는 연마 복합재 - 여기서, 복합재는 미국 특허 제5,152,917호에서 피에퍼(Pieper) 등에 의해 기술된 바와 같이 연마 용품이 사용되기 전에 상기 형상의 노출된 표면을 지나 돌출된 연마 입자가 실질적으로 없을 수 있음 - 를 말하고;

[0021] "선택도"는 CMP 공정 동안에 제2 재료(예컨대, 질화규소와 같은 장벽 재료)가 웨이퍼 표면으로부터 제거될 수 있는 속도에 대한 제1 재료(예컨대, 이산화규소와 같은 유전체 재료)가 웨이퍼 표면으로부터 제거될 수 있는 속도의 비를 말하고;

[0022] "계면활성제"는, 예를 들어, 분자 계면활성제, 올리고머 계면활성제, 중합체 계면활성제, 비이온성 계면활성제, 음이온성 계면활성제, 양이온성 계면활성제, 켄비터이온성 계면활성제, 및 불소화합물계 계면활성제를 포함하는, 표면 활성 화학 화합물을 의미한다.

[0023] "텍스처 형성된 연마 용품"은 용기부 및 함몰부를 가지며, 적어도 용기부가 연마 입자 및 결합제를 포함하는 연마 용품을 말하고;

[0024] "3차원 연마 용품"은, 평탄화 동안의 입자의 일부의 제거가 평탄화 기능을 수행할 수 있는 추가적인 연마 입자를 노출시키도록, 그 두께의 적어도 일부분에 걸쳐 연장되는 많은 연마 입자들을 갖는 연마 용품을 말하고;

[0025] "웨이퍼"는 블랭크(blank) 웨이퍼(즉, 금속화 영역 및 절연 영역과 같은 토포그래픽 특징부(topographical feature)를 부가할 목적으로 처리하기 전의 웨이퍼) 또는 처리된 웨이퍼(즉, 토포그래픽 특징부를 웨이퍼 표면에 부가하기 위한 하나 이상의 처리 단계에 처해진 후의 웨이퍼) 형태의 반도체 웨이퍼를 말한다.

[0026] 본 발명의 다양한 실시 형태가 이제 도면을 특별히 참고하여 기술될 것이다. 도 1은 본 발명에 따른 공정에 사용하기 적합한 패턴화된 웨이퍼(10)를 나타내는 도면이다. 명료하게 하기 위해, 도핑된 영역, 활성 소자, 에피



택시얼 층, 캐리어 및 필드 옥사이드 층과 같은 공지의 특징부들은 생략되었다. 웨이퍼(10)는 기부(12) 및 복수의 얇은 트렌치 소자 분리 구조물(14)을 갖는다. 얇은 트렌치 소자 분리 구조물은 전형적으로 질화규소를 증착하고 패터닝하여 웨이퍼의 표면 상에 마스크 층(16)을 형성하고 나서, 당업자에게 공지된 임의의 에칭 공정을 이용해 트렌치를 형성함으로써 형성된다.

[0027] 얇은 트렌치 소자 분리 구조물의 표면 위에 그리고 얇은 트렌치 소자 분리 구조물들 사이의 공간에 유전체 층(18)이 증착된다. 예를 들어, 이산화규소와 같은 다양한 유전체 재료가 사용될 수 있다. 본 발명과 관련하여 사용될 때, "이산화규소"는 이산화규소뿐만 아니라, 예를 들어, 불소, 붕소 및/또는 인 도핑된 이산화규소와 같은 이산화규소의 도핑된 변형물을 말한다.

[0028] 이어서 유전체 층(18)의 일부분을 본 발명의 CMP 공정을 이용해 제거하여 도 2에 예시된 요구되는 패턴을 형성한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 폴리싱된 유전체 재료(18') 및 마스크 층(16)은 일반적으로 평평한 표면을 형성한다. 마스크 층은 CMP 처리에 대한 노출로부터 얇은 트렌치 소자 분리 구조물(14)을 보호하는 CMP 공정용 스톱 층(stop layer)으로서 기능한다.

[0029] 본 발명의 공정에 유용한 CMP 기계는 구매가능하며 당업자에게 공지되어 있다. 예시적인 CMP 기계는 미국 캘리포니아주 산타클라라 소재의 어플라이드 머티리얼즈(Applied Materials)로부터 구매되며, 상표명 리플렉션(Reflexion)<sup>TM</sup> 웨브 폴리셔(web polisher)로 시판된다. 고정형 연마 용품은 CMP 기계 플레튼(platen) 또는 캐리어에 장착될 수 있고, 폴리싱될 웨이퍼는 대응하는 CMP 기계 캐리어 또는 플레튼에 장착될 수 있다. 바람직하게는, 고정형 연마 용품은 플레튼에 장착되고 웨이퍼는 캐리어에 장착된다.

[0030] CMP 기계에 채용되는 처리 조건은 약 5 내지 10,000의 분당 회전수(RPM)의 캐리어 및 플레튼 회전 속도를 포함한다. 바람직하게는, 약 10 내지 1,000 RPM의 회전 속도가 채용된다. 더 바람직하게는, 회전 속도는 약 10 내지 250 RPM이도록 선택된다. 가장 바람직하게는, 약 10 내지 100 RPM의 회전 속도가 사용된다. 일부 실시 형태에서, 플레튼 및 캐리어는 동일한 방향으로 회전한다. 다른 실시 형태에서, 플레튼 및 캐리어는 반대 방향으로 회전한다.

[0031] 실제 값이든 설정 값이든 웨이퍼 상에서의 폴리싱 압력은 약 0.7 내지 138 kPa (0.1 내지 20 psi), 바람직하게는 약 6.9 내지 69 kPa (1 내지 10 psi), 더 바람직하게는 약 13.8 내지 41.4 kPa (2 내지 6 psi)일 수 있다.

[0032] 본 발명의 공정 및 방법에 유용한 예시적인 CMP 기계에는, 예를 들어, 상기에 참조된 브룩스부르트 등 및 가이사키 등에 의해 보고된 바와 같은 고정형 연마 폴리싱 용품이 설비될 수 있다. 고정형 연마 용품은 액체 매질(즉, 작업 액체)의 존재 하에 웨이퍼의 노출된 표면을 폴리싱하는 데 사용된다.

[0033] 고정형 연마 용품

[0034] 본 발명의 CMP 공정에 유용한 예시적인 고정형 연마 용품에는, 본 명세서에 참고로 포함된 미국 특허 제 5,958,794호에서 브룩스부르트 등에 의해 그리고 미국 특허 제 6,194,317호에서 가이사키 등에 의해 개시된 것들이 포함된다. 소정의 실시 형태에서, 3차원의, 텍스처 형성된 고정형 연마 용품이 사용된다. 일부 실시 형태에서, 연마 용품은 산화세륨(ceria) 연마 입자를 포함한다. 또 다른 실시 형태에서, 연마 용품은 정밀하게 형상화된 연마 복합재를 포함한다. 본 발명의 공정에 유용한 산화세륨 입자를 포함하는 정밀하게 형상화된 연마 복합재를 갖는 예시적인 연마 용품에는 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 구매되며, 상표명 "쓰리엠 슬러리프리 CMP 픽스트 어브레이시브(3M SLURRYFREE CMP FIXED ABRASIVE) 3152" 및 "쓰리엠 슬러리프리 CMP 픽스트 어브레이시브 3154"로 시판되는 것들이 포함된다.

[0035] 적합한 연마 용품은, 예를 들어, 시트, 웨브, 롤, 또는 벨트를 포함한 다양한 형태로 제공될 수 있다. 이들 형태에서, 연마 용품은 폴리싱 작업 동안에 또는 그 바로 직전에 CMP 공정으로 선행적으로 공급될 수 있다. 현재 바람직한 일 형태에서, 웨브 형태의 고정형 연마 용품은 웨브가 CMP 기계의 플레튼을 가로질러 연장되도록 캐리지(carriage) 상에서 롤-투-롤(roll-to-roll) 방식으로 장착된다. 처리 동안에, 플레튼 및 캐리지는 동시에 회전하여, 고정형 연마 용품의 회전을 가능케 한다. 폴리싱 동안의 이러한 구성에서, 연마 용품은 전형적으로 진공에 의해 플레튼에 유지되고, 플레튼 표면은 진공과 연마 용품 사이의 연통을 용이하게 하기 위해 구멍, 포트 및/또는 채널과 함께 설계된다. 폴리싱 작업의 완료시, 진공은 제거될 수 있고 연마 웨브는 전방으로 이동되어, 즉 설정량만큼 증분되어, 플레튼 상에서 연마재의 새로운 영역을 노출시킬 수 있다.

[0036] 일부 예시적인 실시 형태에서, 웨브 증분은 바람직하게는 플레튼의 폭 또는 직경 미만, 더 바람직하게는 50 mm 미만, 심지어 10 mm 미만, 가장 바람직하게는 6 mm 미만이다. 연마 용품이 개별적인 형상, 예컨대, 원형 디스크의 형태일 때, 이는 또한 예컨대, 접착제, (이로 한정되는 것은 아니지만) 후크 및 루프 체결구를 포함한 기



계적 체결구, 자기적 부착 등의 사용에 의해 CMP 기계의 플레튼에 제거가능하게 장착될 수 있다. 이러한 제거 가능하게 장착된 연마 용품은 회전식 CMP 공정에 사용하기에 특히 적합할 수 있다.

- [0037] 소정의 예시적인 실시 형태에서, 연마 용품은 배킹(backing)을 포함할 수 있다. 연마 입자는 결합제 중에 분산되어 텍스처 형성된 3차원 연마 복합재를 형성하며, 이는 배킹에 고정, 부착 또는 접합된다. 선택적으로, 고정된 연마 용품은 별도의 배킹을 가질 필요가 없다.
- [0038] 본 발명의 방법에 유용한 연마 용품은 전형적으로 약 250 내지 약 1,000 밀리미터(mm) 범위의 직경 또는 폭을 갖는다. 현재 채용되는 100 내지 500 mm 직경 웨이퍼에 사용하기 위한 연마 용품은 전형적으로 직경이 약 10 내지 200 mm, 바람직하게는 약 20 내지 150 mm, 더 바람직하게는 약 25 내지 100 mm일 것이다.
- [0039] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 연마 용품은 장시간 지속되도록 선택될 수 있는데, 예컨대, 연마 용품은 적어도 부분적으로, 최소 개수의 상이한 웨이퍼들을 폴리싱하도록 선택될 수 있다. 연마 용품은 또한 절삭 속도에 기초하여 선택될 수 있다. 부가적으로, 연마 용품은 원하는 평탄도, 표면 마무리, 및 최소 디싱(dishing)을 갖는 반도체 웨이퍼를 산출할 수 있는 그의 능력에 기초하여 선택될 수 있다. 재료, 원하는 텍스처, 및 연마 용품을 제조하는 데 사용되는 공정 모두는 이러한 기준이 충족되는지 여부에 영향을 미칠 수 있다.
- [0040] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 본 명세서에 참고로 포함된 미국 특허 제5,692,950호; 제6,007,407호; 제6,632,129호; 제7,160,178호 및 제7,163,444호에서 기술된 바와 같은 적어도 하나의 강성 요소 또는 강성 세그먼트 및/또는 적어도 하나의 탄성 요소를 포함하는 서브패드(subpad)가 고정형 연마재와 플레튼 사이에 개재된다. 일부 실시 형태에서, 서브패드는 CMP 기계의 플레튼에 연마 용품을 장착하기 전에, 예컨대 라미네이션 또는 접착제의 사용에 의해, 고정형 연마재에 장착될 수 있다. 연마 용품을 플레튼에 유지하는 데 진공이 사용되고 서브패드가 플레튼과 연마 용품 사이에 개재될 때, 서브패드는 플레튼의 구멍(들), 포트(들) 및/또는 채널(들) 사이의 연통을 허용하는 적어도 하나의 구멍, 포트 및/또는 채널을 포함하여, 진공이 연마 용품을 플레튼 위의 제위치에서 유지할 수 있게 한다.
- [0041] 작업 액체
- [0042] 본 발명의 방법을 사용한 CMP 처리 동안에, 작업 액체는 연마 용품과 웨이퍼 사이의 계면에 존재할 수 있다. 연마 용품과 조합하여 작업 액체는 화학적 및/또는 기계적 효과를 통해 폴리싱을 보조한다. 전형적으로, 평탄화 동안에, 연마 용품과 웨이퍼 사이의 계면으로의 일관된 작업 액체 유동이 있다. 액체 유량은 전형적으로 분당 약 10 내지 10,000 밀리리터의 범위이다. 일부 실시 형태에서, 액체 유량은 분당 약 10 내지 500 밀리리터의 범위일 수 있다. 다른 추가의 실시 형태에서, 액체 유량은 분당 약 25 내지 250 밀리리터의 범위일 수 있다.
- [0043] 일부 예시적인 응용에서, 작업 액체는 전형적으로 물을 포함하며, 이러한 물은 수돗물, 증류수 또는 탈이온수일 수 있다. 작업 액체의 pH는 특정 웨이퍼 표면 재료 및 CMP 공정에 대해 유리하게 조절될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 소정의 실시 형태에 따라 높은 제거 속도로 표면 산화물 재료의 제거를 위해서는, pH가 일반적으로 7 이하, 더 바람직하게는 6 미만, 가장 바람직하게는 5 미만이다. 표면 산화물 재료의 제거에 사용되는 pH의 하한은 일반적으로 약 2 이상, 바람직하게는 약 3 이상, 더 바람직하게는 약 4 이상이다. 전형적으로 작업 액체는 약 2 내지 7 범위 내의 pH를 나타낸다.
- [0044] 당업자는 사용될 수 있는 pH의 하한이 특정 CMP 장비 및 재료와 이들의 구성 재료에 좌우될 것임을 이해할 것이다. 예를 들어, 소정 CMP 응용에서, pH 2는 CMP 공정에 사용되는 CMP 장비 및 용품(예컨대, 고정형 연마 용품 및 그의 장착 구성요소들)을 제작하는 데 사용된 금속 또는 기타 재료에 손상 또는 부식을 유발하지 않으면서 사용하기에는 너무 낮을 수 있다. 따라서, 소정의 실시 형태에서, 더 좁은 pH 범위, 예를 들어, 약 4 내지 약 6이 바람직할 수 있다. pH는, 예를 들어, KOH, NaOH, NH<sub>4</sub>OH, HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 및/또는 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>의 첨가를 포함한, 당업자에게 공지된 방법 및 용액을 사용하여 조절될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 작업 액체는 완충될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 소정의 실시 형태에 유용한 예시적인 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하고, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질, 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 소정의 실시 형태에서, 작업 액체는, 산성 착화제일 수 있는 선택적인 착화제(예컨대, 다른 화합물, 예를 들어 금속 이온에 킬레이팅되거나, 그와 함께 화학 착물을 형성하는 화학 제제)를 부가적으로 포함할 수 있다.

- [0046] 전술된 바와 같이, 본 명세서의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 고정형 연마 용품과 연관되지 않은 무기 미립자, 예컨대 유리 연마 입자가 실질적으로 없다. 일부 실시 형태에서, 작업 액체는 고정형 연마 용품과 연관되지 않은 1 중량% 미만, 또는 0.1 중량% 미만의 무기 미립자를 포함한다.
- [0047] 본 발명의 소정의 실시 형태에 따르면, 고분자 전해질은 일반적으로 폴리아크릴산, 폴리(메트)아크릴산, 폴리아크릴산의 염, 폴리(메트)아크릴산의 염, 및 이들의 혼합물의 중합체 또는 공중합체로부터 선택될 수 있다. 소정의 예시적인 실시 형태에서, 고분자 전해질은 적어도 500 달톤(Da), 더 바람직하게는 적어도 약 1,000 Da, 더욱 더 바람직하게는 적어도 약 2,000 Da, 가장 바람직하게는 적어도 약 5,000 Da의 평균 중량 평균 분자량( $M_w$ )을 나타낸다. 다른 예시적인 실시 형태에서, 고분자 전해질은 최대 30,000 Da, 더 바람직하게는 최대 약 20,000 Da, 더욱 더 바람직하게는 최대 약 15,000 Da, 가장 바람직하게는 최대 약 10,000 Da의 평균 중량 평균 분자량( $M_w$ )을 나타낸다.
- [0048] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 고분자 전해질은 적어도 0.001% w/w, 더 바람직하게는 적어도 약 0.01% w/w, 더 바람직하게는 적어도 약 0.025% w/w, 가장 바람직하게는 적어도 약 0.1% w/w의 양으로 작업 액체 중에 존재할 수 있다. 다른 예시적인 실시 형태에서, 고분자 전해질은 작업 액체 중에 최대 5.0% w/w, 더 바람직하게는 최대 약 3.0% w/w, 더 바람직하게는 최대 약 2.5% w/w의 양으로 존재할 수 있다.
- [0049] 계면활성제는 일반적으로 수용성 계면활성제로부터 선택될 수 있고, 비이온성 계면활성제가 바람직하다. 일반적으로, 비이온성 계면활성제는 적어도 약 4, 더 바람직하게는 적어도 약 6, 더욱 더 바람직하게는 적어도 약 8, 가장 바람직하게는 적어도 약 10의 계산된 친수-친유 균형(hydrophile-lipophile balance) (즉, HLB) - 계면활성제 분자 중의 친수성 부분의 중량%를 5로 나누어 계산됨 - 을 나타낸다. 계산된 HLB는 일반적으로 20 이하이다. 일부 실시 형태에서, 계면활성제는 불소화합물계 계면활성제인데, 즉 계면활성제 분자는 하나 이상의 불소 원자를 포함한다.
- [0050] 비이온성 계면활성제는 유리하게는 선형 1차 알코올 에톡실레이트, 2차 알코올 에톡실레이트, 분지형 2차 알코올 에톡실레이트, 옥틸페놀 에톡실레이트, 아세틸렌 1차 알코올 에톡실레이트, 아세틸렌 1차 다이-알코올 에톡실레이트, 알칸 다이-알코올, 하이드록실-말단 에틸렌 옥사이드-프로필렌 옥사이드 랜덤 공중합체, 플루오로지방족 중합체 에스테르, 및 이들의 혼합물로부터 선택될 수 있다.
- [0051] 일반적으로, 비이온성 계면활성제는 작업 액체 중에 적어도 약 0.025% w/w, 더 바람직하게는 적어도 약 0.05% w/w, 더욱 더 바람직하게는 약 0.1% w/w의 양으로 존재할 수 있다. 작업 액체 중의 계면활성제 농도의 상한은 작업 액체의 중량을 기준으로 일반적으로 최대 약 1% w/w, 더 바람직하게는 최대 약 0.5% w/w, 더욱 더 바람직하게는 최대 약 0.2%일 수 있다.
- [0052] 현재 바람직한 소정의 실시 형태에서, 계면활성제는 불소화합물계 계면활성제이도록 선택될 수 있다. 예시적인 일 실시 형태에서, 작업 액체는 4.5의 pH를 나타내고, 작업 액체의 0.5% w/w의 농도로 13,350 Da ( $M_w$ ) 불소화합물계 계면활성제(예컨대, L-19909, 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가가능함)를 그리고 작업 액체의 0.025% w/w의 농도로 10,000 Da ( $M_w$ ) 폴리아크릴산 고분자 전해질(예컨대, L-19457, 미국 펜실베이니아주 워링톤 소재의 폴리사이언시스 인크.(Polysciences, Inc.)로부터 입수가가능함)을 포함한다. 다른 예시적인 실시 형태에서, 계면활성제는 비이온성 계면활성제이도록 선택될 수 있고, 작업 액체는 부가적으로 선택적인 착화제를 포함한다. 이러한 실시 형태에서, 바람직한 pH는 일반적으로 약 4 내지 7일 수 있다.
- [0053] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하며, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 소정의 실시 형태에서, 작업 액체는 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용하며, 여기서 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옴스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.
- [0054] 본 발명에 따른 추가의 예시적인 실시 형태에서, 선택적인 착화제는 작업 액체 중에 포함된다. 선택적인 착화제는 바람직하게는 작업 액체의 산성 pH와 상용성인 산성 착화제이다. 바람직하게는, 산성 착화제는 여러 자리 산성 착화제이며, 더 바람직하게는 아미노산 또는 아미노산으로부터 형성된 다이펩티드 중 적어도 하나이다. 적합한 아미노산은 알라닌, 프롤린, 글리신, 히스티딘, 라이신, 아르기닌, 오르니틴, 시스테인, 타이로신 및 이들의 조합을 포함한다. 바람직한 산성 여러 자리 착화제는 아미노산 프롤린, 더 바람직하게는 L-프롤린이다.

- [0055] 산성 착화제는 일반적으로 작업 액체의 중량을 기준으로 약 0.1% w/w (즉, 작업 액체를 기준으로 하는 중량%), 더 바람직하게는 적어도 약 1% w/w, 더욱 더 바람직하게는 적어도 약 2% w/w, 가장 바람직하게는 약 2.5% w/w; 및 일반적으로 약 5% w/w 이하, 더 바람직하게는 4% w/w 이하, 더욱 더 바람직하게는 약 3% w/w 미만의 양으로 존재할 수 있다.
- [0056] CMP 방법 및 공정
- [0057] 예시적인 일 실시 형태에서, 본 발명은 이산화규소와 같은 유전체 재료를 포함하는 제1 영역, 및 질화규소와 같은 장벽 재료를 포함하는 제2 영역을 포함하는 웨이퍼를 제공하고, 웨이퍼를 복수의 연마 입자 및 결합제를 포함하는 3차원의, 텍스처 형성된 고정형 연마 용품과 접촉시키고, 웨이퍼와 고정형 연마 용품을 상대적으로 이동시키는 것에 의한, 웨이퍼의 폴리싱 방법을 제공한다.
- [0058] 일 특정 실시 형태에서, 본 발명은 하기를 포함하는, 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 방법을 제공한다:
- [0059] a. 패턴을 형성하도록 에칭된 표면을 갖는 제1 재료, 제1 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치되는 제2 재료, 및 제2 재료의 표면의 적어도 일부분 위에 배치되는 제3 재료를 적어도 포함하는 웨이퍼를 제공하는 단계;
- [0060] b. 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들 - 상기 성분들은 물, 고분자 전해질, 및 계면활성제를 포함함 - 의 수용액을 포함하고 약 2 내지 7의 pH를 나타내는 작업 액체의 존재 하에서, 웨이퍼의 제3 재료를 연마 용품에 고정된 복수의 3차원 연마 복합재 - 상기 3차원 연마 복합재는 결합제 내에 고정되고 분산된 복수의 연마 입자를 포함함 - 에 접촉시키는 단계; 및
- [0061] c. 웨이퍼의 노출된 표면이 평평하게 되고 노출된 제3 재료의 적어도 하나의 영역 및 노출된 제2 재료의 하나의 영역을 포함할 때까지 제3 재료가 복수의 연마 복합재와 접촉하는 동안 웨이퍼와 연마 용품 사이에 상대 운동을 제공하는 단계.
- [0062] 예시적인 일 실시 형태에서, 제1 재료는 패턴화된 재료를 포함하고, 제2 재료는 장벽 재료를 포함하고, 제3 재료는 유전체 재료를 포함한다. 현재 바람직한 예시적인 실시 형태에서, 제1 재료는 금속을 포함하고, 제2 재료는 질화규소를 포함하고, 제3 재료는 산화규소를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하며, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 소정의 실시 형태에서, 작업 액체는 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용하며, 여기서 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.
- [0063] 다른 예시적인 실시 형태에서, 본 명세서는 하기를 포함하는, 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 폴리싱하는 공정을 제공한다:
- [0064] a. 웨이퍼의 적어도 일부분 위에 배치되는 장벽 재료, 및 장벽 재료의 적어도 일부분 위에 배치되는 유전체 재료를 적어도 포함하는 웨이퍼를 제공하는 단계;
- [0065] b. 유리 연마 입자가 실질적으로 없고 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며 약 2 내지 7의 pH를 나타내는 수성 작업 액체의 존재 하에서, 웨이퍼의 유전체 재료를 연마 용품에 고정된 복수의 3차원 연마 복합재 - 3차원 연마 복합재는 결합제 내에 고정되고 분산된 복수의 연마 입자를 포함함 - 와 접촉시키는 단계; 및
- [0066] c. 웨이퍼의 노출된 표면이 평평하게 되고 노출된 유전체 재료의 적어도 하나의 영역 및 노출된 장벽 재료의 하나의 영역을 포함할 때까지 유전체 재료가 복수의 연마 복합재와 접촉하는 동안 웨이퍼와 연마 용품 사이에 상대 운동을 제공하는 단계.
- [0067] 현재 바람직한 소정의 예시적인 실시 형태에서, 장벽 재료는 질화규소를 포함하고, 유전체 재료는 산화규소를 포함한다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액을 포함하며, 상기 성분들은 물, 고분자 전해질 및 계면활성제를 포함하며, 작업 액체는 약 2 내지 7의 pH를 나타낸다. 소정의 실시 형태에서, 작업 액체는 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용하며, 여기서 계면활성제는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 산화물 제거 속도를 얻기에 효과적인 양으로 존재하고, 고분자 전해질은 DRAM STI 웨이퍼의 화학 기계적 평탄화를 위한 고정형 연마 용품과 함께 사용될 때 적

어도 약 10의 산화물 대 질화물 선택도를 얻기에 효과적인 양으로 존재한다.

[0068] 본 발명의 예시적인 방법 및 공정의 처리 파라미터는 본 발명에 의해 안내되는 숙련자가 요구되는 제거 속도 및 /또는 선택도를 달성하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 작업 액체의 조성, 농도, 및 pH는 유전체 재료의 제거 속도를 제어하도록 조절될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 조성물은 유전체 재료 또는 마스크 층의 제거 속도를 제어하도록 변경된다. 요구되는 제거 속도 또는 선택도를 위한 조성물의 농도를 결정하기 위하여, 농도를 달리 한 일련의 적어도 2개의 작업 액체를 시험하여 최적 농도를 결정할 수 있다. 마찬가지로, 요구되는 제거 속도 또는 선택도를 위한 작업 액체 pH를 결정하기 위하여, pH 수준을 달린 일련의 적어도 2개의 작업 액체를 시험하여 최적 pH 수준을 결정할 수 있다.

[0069] 예를 들어, 일부 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 적어도 약 200 옹스트롬의 유전체 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 적어도 500 옹스트롬의 유전체 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 적어도 1,000 옹스트롬의 유전체 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 적어도 1,500 옹스트롬의 유전체 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 추가의 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 적어도 2,000 옹스트롬의 유전체 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다.

[0070] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 약 100 옹스트롬 이하의 질화규소 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 50 옹스트롬 이하의 질화규소 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 추가의 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 30 옹스트롬 이하의 질화물 제거 속도를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 추가의 실시 형태에서, 작업 액체는 분당 10 옹스트롬 이하의 질화물 제거 속도를 갖도록 선택된다.

[0071] 장벽 제거 속도에 대한 유전체 제거 속도의 비는 CMP 공정을 위한 선택비(selectivity ratio), 즉 유전체 대 장벽 층 선택도를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 소정의 예시적인 실시 형태에서, 작업 액체는 유전체 대 장벽 층 선택도가 적어도 10이 되도록 선택된다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 유전체 대 장벽 층 선택도가 적어도 50이 되도록 선택된다. 다른 실시 형태에서, 작업 액체는 유전체 대 장벽 층 선택도가 적어도 100이 되도록 선택된다. 다른 추가의 실시 형태에서, 작업 액체는 유전체 대 장벽 층 선택도가 적어도 약 150이 되도록 선택된다.

[0072] 작업 액체의 양은 바람직하게는 웨이퍼 표면으로부터 유전체 및 기타 증착된 재료의 제거를 보조하기에 충분하다. 많은 경우에서, 기본 작업 액체로부터의 충분한 액체가 존재한다. 그러나, 몇몇 경우에, 제1 작업 액체 외에도 평탄화 계면에 제2 액체를 갖는 것이 바람직하다. 이러한 제2 액체는 제1 액체로부터의 액체와 동일할 수 있거나 또는 상이할 수 있다.

#### [0073] 실시예

[0074] 본 발명의 이점 및 다른 실시 형태는 하기의 실시예에 의해 추가로 예시되지만, 이러한 실시예들에서 언급되는 특정 재료 및 그의 양과 다른 조건 및 상세 사항은 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 예를 들어, 작업 액체의 조성 및 농도가 달라질 수 있다. 모든 부 및 백분율은 달리 표시되지 않으면 중량 기준이다. 표 1에 나타난 재료 명칭은 실시예 전체에 걸쳐 사용된다.

표 1

명칭	재료
다이놀(Dynol) 607	8의 HLB를 나타내는 아세틸렌계 다이-알코올 에톡시레이트 계면활성제, 미국 펜실베이니아주 알렌타운 소재의 에어 프로덕츠 앤드 케미칼스, 인크.(Air Products & Chemicals, Inc.)로부터 입수가 가능함
L-19455	중량 평균 분자량이 15,000 내지 30,000 달톤인 폴리메타크릴산 (고분자 전해질)의 소듐 염, 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능함
L-19457	평균 중량 평균 분자량이 10,000 Da인 폴리아크릴산 (고분자 전해질), 미국 펜실베이니아주 워링톤 소재의 폴리사이언시스, 인크.로부터 입수가 가능함
L-19909	12의 HLB를 나타내는 불소화합물계 계면활성제, < 2% 1-메틸-2-피롤리디논/톨루엔/2-프로펜산 블렌드 중의 85-95% w/w 플루오로 지방족 중합체 에스테르 및 5-10% w/w 폴리에테르 중합체의 용액으로서 제공됨, 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능함
PAA-1	평균 중량 평균 분자량이 2,000 Da인 폴리아크릴산 (고분자 전해질), 미국 펜실베이니아주 워링톤 소재의 폴리사이언시스, 인크.로부터 입수가 가능함

[0075]



- [0076] 작업 액체의 평가
- [0077] 일련의 실험을 실시하여 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용한 다양한 작업 액체를 평가하였다. 예시적인 실시 형태에서, 반도체 소자의 제작에 적합한 웨이퍼의 표면을 개질하는 데 유용한 다양한 작업 액체 중의 고분자 전해질과 함께 계면활성제를 사용하였다. 작업 액체는 유리 연마 입자가 실질적으로 없는 초기 성분들의 수용액이었고 약 2 내지 약 7의 pH를 나타냈으며, 상기 성분들은 물, 계면활성제, 및 고분자 전해질을 포함하였다.
- [0078] 작업 액체를 포함하는 계면활성제 및 고분자 전해질을, 고정형 연마 웨브를 사용하는 스톱-온-질화물(stop-on-nitride) CMP 공정에서 산화물 제거 속도를 촉진시키거나 유지하는 이들의 능력에 대해 평가하였다. 비교예로서, 물, 산성 착화제(예컨대, L-프롤린), 염기성 pH 조절제(예컨대, 수산화암모늄), 및 선택적으로 불소화합물계 계면활성제를 포함하는, pH 7 이상을 갖는 대조군 작업 액체를 또한 평가하였다.
- [0079] 달리 지시되지 않는 한, 모든 실험을 콘투어(Contour) 200 mm 캐리어가 장착된 리플렉션™ 폴리서 (미국 캘리포니아주 산타클라라 소재의 어플라이드 머티리얼즈, 인크.) 상에서 쓰리엠 SWR550 고정형 연마 웨브 (미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니) 및 60/90 리브-형성된 서브패드(ribbed subpad) (미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 z컴퍼니)를 사용하여 수행하였다. 막(membrane) 압력을 약 20.7 kPa (3 psi)로 설정하였다. 실시예 3 내지 실시예 7 및 비교예 I 내지 비교예 L에 대해, 60/90 평활 서브패드를 사용하였고 막 압력을 13.8 kPa (2 psi)로 설정하였다. 캐리어 및 플레이트 회전 속도는 각각 28 및 30 RPM이었다. 5 밀리미터(mm) 증분을 채용하였고 분당 100 mL의 작업 액체를 고정형 연마 웨브 표면에 적용하였다.
- [0080] 둘 모두가 200 mm 직경인, 블랭킷(blanket) 테트라에틸 오르토실리케이트(TEOS) 웨이퍼 (산화규소 유전체 재료가 웨이퍼 표면 위에 배치됨), 및 세정된 0.17  $\mu\text{m}$  DRAM STI 웨이퍼 (질화규소 장벽 코팅이 패터닝된 웨이퍼 표면의 적어도 일부분 위에 배치되고, 산화규소 유전체 코팅이 질화규소 장벽 코팅의 적어도 일부분 위에 배치됨)를 폴리싱하였다. DRAM STI 웨이퍼를 실시예 1 및 실시예 2, 및 비교예 B, 비교예 F, 비교예 G 및 비교예 I 내지 비교예 L에 대해 사용하였다. 폴리싱 시간은 블랭킷 TEOS 웨이퍼에 대해서는 1분이고 DRAM STI 웨이퍼에 대해서는 30초였다. 산화규소 및 질화규소 웨이퍼에 대한 폴리싱 속도를, 써마웨이브 옵티프로브(Thermawave Optiprobe)™ 2600 (미국 캘리포니아주 프레몬트 소재의 케이엘에이 텐코르 코포레이션(KLA Tencor Corp.)으로부터 입수가능함)을 이용하여 폴리싱 전후에 필름 두께를 측정함으로써 결정하였다. 산화규소 웨이퍼를 21 포인트 영역 스캔을 이용해 측정하였다. 0.17  $\mu\text{m}$  DRAM STI 웨이퍼를 질화물 폴리싱 속도를 결정하는 데 사용하였고, 웨이퍼 표면 가까이에 고르게 분포된 13 포인트 템플릿을 이용하여 측정하였다.
- [0081] pH 10.5에서 2.5% w/w L-프롤린을 포함하는 대조군 작업 액체를 먼저 실시하고, 이어서 먼저 pH 7에서 그리고 후속으로 pH 4.75에서 탈이온(DI)수 중 0.05% w/w L-19909 불소화합물계 계면활성제를 실시하였다. 그리고 나서, 2개의 상이한 고분자 전해질, 즉 L-19455 및 L-19457을 평가하였다. 각각의 고분자 전해질을 계면활성제의 존재 하에 2.5% w/w의 작업 액체에서 평가하였다. 비교예 J 내지 비교예 L에서, 플루오르화 계면활성제의 분자량은 플루오르화 전에 비-플루오르화 전구체 비이온성 계면활성제인 플루로닉(PLURONIC)™ XX (미국 미시간주 와이언도트 소재의 바스프 코포레이션(BASF Corporation)으로부터 입수가능함)의 평균 중량 평균 분자량을 변화시킴으로써 변경되었다. 당업자는, 요구되는 질화물 제거 속도 및 선택도를 얻기 위해 플루오르화 계면활성제가 고분자 전해질과 조합될 때 이러한 방법이 웨이퍼 표면으로부터의 산화물(예컨대, 실리카) 제거 속도를 변경시키도록 계면활성제의 분자량을 변경시키는 데 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 계면활성제 및 고분자 전해질 둘 모두를 사용하는 작업 유체의 결과가 표 2에 요약되어 있다.

표 2

예	계면활성제	착화제또는 고분자 전해질	pH	산화물 제거 속도 (Å/min.)	질화물 제거 속도 (Å/min.)	선택도
비교예 A (대조군)	없음	없음	10.5	113	-	-
비교예 B	없음	2.5% L-프롤린	10.5	275	24	11.5
비교예 C	0.05% w/w L-19909	없음	10.5	649	-	-
비교예 D	0.05% w/w L-19909	2.5% L-프롤린	10.5	2,260	-	-
비교예 E	없음	없음	7.0	68	-	-
1	0.05% w/w 다이놀 607	2.5% w/w L-19457	7.0	306	0	무한
비교예 F	0.05% w/w L-19909	없음	7.0	308	90	3.4
2	0.05% w/w L-19909	2.5% w/w L-19455	7.0	591	10	59.1
비교예 G	0.05% w/w L-19909	없음	4.75	362	166	2.2
비교예 H	없음	없음	4.5	0	-	-
비교예 I	0.5% w/w L-19909	없음	4.5	925	148	6.3
3	0.5% w/w L-19909	0.001% w/w PAA-1	4.5	930	80	11.6
4	0.5% w/w L-19909	0.005% w/w PAA-1	4.5	989	44	22.5
5	0.2% w/w L-19909; 평균 $M_w = 13,350$	0.025% w/w L-19457	4.5	246	0	무한
6	0.5% w/w L-19909; 평균 $M_w = 13,350$	0.025% w/w L-19457	4.5	520	4	130.0
7	0.2% w/w L-19909; 평균 $M_w = 13,350$	0.025% w/w L-19457	3.5	243	2	121.5
비교예 J	0.2% w/w L-19909; 평균 $M_w = 13,350$	없음	4.5	497	36	13.8
비교예 K	0.2% w/w L-19909; 평균 $M_w = 18,990$	없음	4.5	881	42	21.0
비교예 L	0.2% w/w L-19909; 평균 $M_w = 34,370$	없음	4.5	1065	60	17.8

[0082]

[0083]

일 특정 실시 형태에서, 비이온성 계면활성제 (다이놀 607)를 2.5% 폴리메틸아크릴산 (L-19457) 수용액에 첨가하고 pH = 7로 조절하였다. 매우 낮은 질화속도 제거 속도와 함께 증가된 산화물 제거 속도를, 즉 높은 산화물/질화물 선택도를 관찰하였다. 0.05% L-19909 불소화합물계 계면활성제가 또한 pH 7, 4.75 및 4.5에서 상대적으로 높은 폴리싱 속도를 허용하는 것으로 보인다. 이들 pH 값에서, L-19909 불소화합물계 계면활성제 단독은 상대적으로 낮은 산화물/질화물 선택도를 나타내는 것으로 보인다. 고분자 전해질 (예컨대, 2.5% w/w L-19455 또는 0.005% PAA-1)의 첨가는 질화물 제거 속도가 현저히 저하되게 하여, 개선된 산화물/질화물 선택도를 나타낸다.

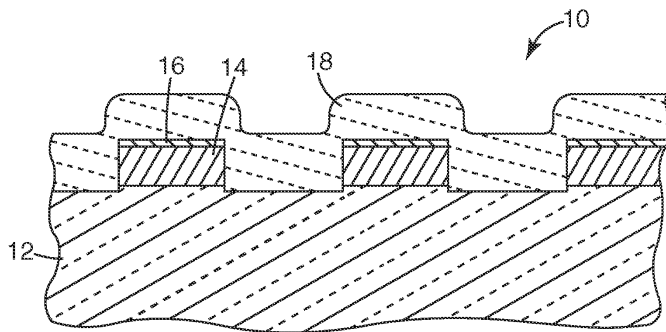
[0084]

일부 예시적인 실시 형태에서, CMP 공정에서 산성 또는 중성 pH (예컨대, pH = 2 내지 7)를 사용하는 이점에는, 예를 들어, 스톱-온-질화물 선택도를 유지하면서 더 높은 산화물 제거 속도를 얻는 능력이 포함될 수 있다. 다른 예시적인 실시 형태에서, CMP 공정에서 산성 또는 중성 pH를 사용하는 이점에는, 웨이퍼에 더 낮은 폴리싱 압력을 사용하여 이에 의해 양호한 폴리싱 속도를 유지하면서 결함을 감소시키고 수율을 증가시키는 능력이 포함될 수 있다. 추가의 예시적인 실시 형태에서, CMP 공정에서 산성 또는 중성 pH를 사용하는 이점에는, 스크래칭에 덜 민감할 수 있는 보다 경질인 산화물 표면을 얻는 능력이 포함될 수 있다.

- [0085] 게다가, 소정의 예시적인 실시 형태에서, 계면활성제와 조합으로 산성 pH의 사용은 고분자 전해질에 기반한 대안적인 스톱-온-질화물 화학적 작용과 함께 사용될 때 높은 속도의 폴리싱을 가능케 할 수 있다. 이러한 대안적인 스톱-온-질화물 화학적 작용은 또한 고도의 알칼리성 조건 (예컨대, pH 9-11) 하에서 아미노산과 같은 여러 자리 착화제를 사용하는 화학적 작용에 비하여 더 큰 선택도를 야기할 수 있다. 이러한 대안적인 스톱-온-질화물 화학적 작용은 산화물과 질화물 제거 속도 사이에 높은 선택도를 유지하는 것이 바람직한, 얇은 트렌치 소자 분리에 특히 잘 적합하게 될 수 있다.
- [0086] 추가의 예시적인 실시 형태에서, 고정형 연마재를 사용한 CMP에서 얻어진 낮은 디싱은 계면활성제 및 고분자 전해질을 포함하는 산성 작업 액체를 사용하여 수행되는 고도의 선택적 STI 공정에서의 웨이퍼 디싱의 위험성을 실질적으로 감소시킬 수 있다. 예를 들어, L-19909 계면활성제의 사용은 선택적 스톱-온-질화물에 대해 고분자 전해질을 여전히 허용하면서 산성 조건 하에서 보다 높은 산화물 제거 속도를 얻도록 고정형 연마재의 사용을 허용할 수 있다. 이는 STI CMP에서의 종래의 슬러리 공정에 비해 고정형 연마재의 사용에 대해 상당한 이점을 제공할 수 있는데, 이것은 슬러리 공정에서 슬러리가 질화물에 대해 배제되기 시작함에 따라, 슬러리가 트렌치 영역에서 산화물의 폴리싱을 지속하여 표면의 디싱을 야기하기 때문이다. 디싱은 슬러리 공정에서 매우 중대한 결점이다. 고정형 연마재의 사용은 슬러리 공정과 비교하여 적어도 한자릿수 더 작은 디싱을 초래할 수 있다.
- [0087] 본 발명의 구조 및 기능의 상세 사항과 함께 상기 설명 및 실시예에서 개시된 본 발명의 많은 특징 및 이점에서도, 개시 내용은 단지 예시적이라는 것이 이해될 것이다. 상세 사항에 대하여, 특히 작업 액체의 조성과 농도 및 사용 방법에 관하여, 첨부된 특허청구범위를 표현하는 용어의 의미에 의해 나타내어지는 완전한 범위까지의 본 발명의 원리 및 그러한 구조 및 방법의 등가물 내에서 변경이 이루어질 수 있다.
- [0088] 본 발명의 범주 및 원리로부터 벗어남이 없이 다양한 변형이 이루어질 수 있음이 상기 설명으로부터 당업자에게 명백하게 될 것이며, 본 발명이 전술한 예시적인 실시 형태들로 부당하게 제한되지 않음을 이해하여야 한다. 본 발명의 다양한 실시 형태가 설명되었다. 이들 및 다른 실시 형태들은 하기의 특허청구범위의 범주 내에 속한다.

## 도면

### 도면1



### 도면2

