



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월08일
(11) 등록번호 10-2188525
(24) 등록일자 2020년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B24D 3/32 (2006.01) B24B 37/14 (2012.01)
B24D 3/34 (2006.01) C08J 9/32 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B24D 3/32 (2013.01)
B24B 37/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0135512
(22) 출원일자 2019년10월29일
심사청구일자 2019년10월29일
(56) 선행기술조사문헌
JP2000190232 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
에스케이씨 주식회사
경기도 수원시 장안구 장안로309번길 84(정자동)
(72) 발명자
윤성훈
경기도 성남시 분당구 판교로 519, 701동 1103호
(야탑동, 탑마을경남아너스빌)
허혜영
경기도 용인시 수지구 광교마을로 62, 4209동
1204호(상현동, 광고상록자이아파트)
서장원
경기도 수원시 장안구 정자동189번길 47, 418동
1704호(정자동, 연꽃마을 풍림아파트)
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 15 항

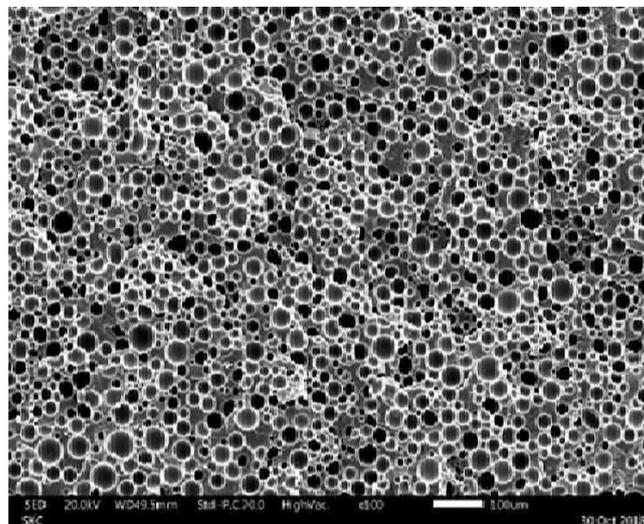
심사관 : 박환수

(54) 발명의 명칭 연마패드, 이의 제조방법, 및 이를 이용한 반도체 소자의 제조방법

(57) 요약

구현예는 반도체의 화학적 기계적 평탄화(chemical mechanical planarization, CMP) 공정에 사용되는 연마패드, 이의 제조방법 및 이를 이용한 반도체 소자의 제조방법에 관한 것이다. 구현예에 따른 연마패드는 복수의 기공의 크기(직경) 및 분포가 조절되어 단위 면적 당 기공의 총 면적 및 본 명세서의 수학적 식 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 를 포함하는 기공 분포 파라미터가 특정 범위를 만족함으로써, 연마율 및 평탄도 등의 연마 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B24D 3/348 (2013.01)

C08J 9/32 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR101949905 B1

KR101835090 B1

KR1020190121009 A

KR101799972 B1

KR101949911 B1

KR1020100017064 A

KR1020200006044 A

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하고,
 연마면의 단위 면적(mm²) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며,
 하기 수학적 식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고,
 하기 수학적 식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며,
 하기 수학적 식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 연마패드:

<수학적 식 1>

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

<수학적 식 2>

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

<수학적 식 3>

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

상기 수학적 식 1 내지 3에서,
 d는 각각의 기공 직경에서 복수의 기공의 수평균 직경(number mean diameter)을 뵈 값이고,
 n은 단위 면적(mm²) 당 전체 기공의 수이다.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 D_q 값이 7 μm 이상 내지 14 μm 이하이고,
 상기 D_{sk} 값이 0.4 초과 내지 1 미만이며,
 상기 D_{ku} 값이 2 초과 내지 5 미만인, 연마패드.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 복수의 기공의 수평균 직경이 15 μm 내지 25 μm인, 연마패드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 n이 700 내지 2500인, 연마패드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 d가 -30 내지 60인, 연마패드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 연마면을 기준으로 상기 복수의 기공의 직경 분포에서 최대 피크의 기공 직경이 10 μm 내지 50 μm 인, 연마패드.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 최대 피크의 기공 직경이 복수의 기공의 수평균 직경보다 5 μm 내지 30 μm 더 크거나 작은, 연마패드.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 연마면의 단위 면적당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 50 %이고,
상기 D_q 값이 10 μm 초과 내지 15 μm 이하이며,
상기 D_{sk} 값이 0.6 초과 내지 1 미만이고,
상기 D_{ku} 값이 3.5 초과 내지 5 미만인, 연마패드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 연마패드가 텅스텐에 대해 720 Å/분 내지 860 Å/분의 연마율을 갖는, 연마패드.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 연마패드가 옥사이드에 대해 2750 Å/분 내지 3300 Å/분의 연마율을 갖는, 연마패드.

청구항 11

우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제를 포함하는 조성물을 혼합하는 단계; 및

상기 조성물을 소정의 압력 조건 하의 몰드로 토출 주입하여 연마층을 성형하는 단계;를 포함하고,
 상기 연마층이 복수의 기공을 포함하고,
 연마면의 단위 면적(mm²) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며,
 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고,
 상기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며,
 상기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 연마패드의 제조방법:

<수학식 1>

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

<수학식 2>

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

<수학식 3>

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

상기 수학식 1 내지 3에서,
 d는 각각의 기공 직경에서 복수의 기공의 수평균 직경(number mean diameter)을 뵈 값이고,
 n은 단위 면적(mm²) 당 전체 기공의 수이다.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
 상기 발포제가 기상 발포제, 고상 발포제 또는 이들 모두를 포함하는, 연마패드의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
 상기 고상 발포제가 20 μm 내지 50 μm 평균 직경(D50)을 갖고,
 상기 조성물이 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부에 대하여, 상기 고상 발포제를 0.5 중량부 초과 내지 2.5 중량부 미만의 양으로 포함하는, 연마패드의 제조방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,
 상기 몰드 내 압력을 0.6 kgf/cm² 내지 1.2 kgf/cm²로 조절하는, 연마패드의 제조방법.

청구항 15

복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하는 연마패드를 정반에 장착하는 단계; 및

상기 연마층의 연마면과 웨이퍼의 표면을 맞닿도록 서로 상대 회전시켜 상기 웨이퍼의 표면을 연마하는 단계;를 포함하고,

상기 연마층은 상기 연마면의 단위 면적(mm²) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며,

하기 수학적 식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고,

하기 수학적 식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며,

하기 수학적 식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 반도체 소자의 제조방법:

<수학적 식 1>

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

<수학적 식 2>

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

<수학적 식 3>

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

상기 수학적 식 1 내지 3에서,

d는 각각의 기공 직경에서 복수의 기공의 수평균 직경(number mean diameter)을 뺀 값이고,

n은 단위 면적(mm²) 당 전체 기공의 수이다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 구현예들은 반도체의 화학적 기계적 평탄화 공정에 사용되는 연마패드, 이의 제조방법, 및 이를 이용한 반도체 소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 반도체 제조공정 중 화학적 기계적 평탄화(CMP) 공정은, 웨이퍼(wafer)와 같은 반도체 기판을 헤드에 부착하고 플레튼(platen) 상에 형성된 연마패드의 표면에 접촉하도록 한 상태에서, 슬러리를 공급하여 반도체 기판 표면을 화학적으로 반응시키면서 플레튼과 헤드를 상대운동시켜 기계적으로 반도체 기판 표면의 요철부분을 평탄화하는 공정이다.

[0004] 연마패드는 이와 같은 CMP 공정에서 중요한 역할을 담당하는 필수적인 자재로서, 일반적으로 폴리우레탄 계열의 수지로 이루어지고, 표면에 슬러리의 큰 유동을 담당하는 그루브(groove)와 미세한 유동을 지원하는 기공(pore)을 구비한다.

[0005] 연마패드 내의 기공은, 공극을 가지는 고상 발포제, 휘발성 액체가 채워져 있는 액상 발포제, 불활성 기체, 섬유질 등을 이용하여 형성하거나, 또는 화학적 반응에 의해 가스를 발생시켜 형성할 수 있다.

[0006] 상기 고상 발포제로는 열팽창되어 사이즈가 조절된 마이크로 캡슐(열팽창된 마이크로 캡슐)이 사용된다. 상기 열팽창된 마이크로 캡슐은 이미 팽창된 마이크로 별론의 구조체로서 균일한 크기의 입경을 가짐으로써 기공의

입경 크기를 균일하게 조절 가능하다. 그러나, 상기 열팽창된 마이크로 캡슐은 100 ℃ 이상의 고온 반응조건에서 그 형상이 변하여 기공 조절이 힘든 단점이 있었다. 또한, 기공의 크기와 분포로 품질 균일성이 구현된다 하더라도, 기공의 설계 자유도가 좋지 못하며, 기공 분포를 조절하기에는 한계가 있다.

[0007] 예를 들어, 대한민국 공개특허 제 2016-0027075 호는 불활성 기체와 기공 유도 중합체를 사용하는 저밀도 폴리싱 패드의 제조방법 및 저밀도 폴리싱 패드를 개시하고 있다. 그러나, 상기 공개특허는 기공의 크기 및 분포를 조절하는데 한계가 있으며, 연마패드의 연마율에 대해서는 전혀 개시하고 있지 않다.

[0008] 마찬가지로, 대한민국 등록특허 제 10-0418648 호는 입경이 상이한 2 종류의 고상 발포제를 사용하여 연마패드를 제조하는 방법을 개시하고 있으나, 상기 등록특허도 기공의 크기 및 분포를 조절하여 연마 성능을 향상시키는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제 2016-0027075 호
 (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제 10-0418648 호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서, 구현예의 목적은 기공의 크기 및 분포를 조절하여 연마율 및 평탄도를 향상시킬 수 있는, 연마패드, 이의 제조방법, 및 상기 연마패드를 이용하여 반도체 소자를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0012]

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위해 일 구현예는 복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하고, 연마면의 단위 면적(mm²)당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 하기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 하기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 하기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 연마패드를 제공한다:

[0014] <수학식 1>

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

[0015]

[0016] <수학식 2>

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

[0017]

[0018] <수학식 3>

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

[0019]

[0020] 상기 수학식 1 내지 3에서,

[0021] d는 각각의 기공 직경에서 복수의 기공의 수평균 직경(number mean diameter)을 뺀 값이고,

- [0022] n은 단위 면적(mm^2) 당 전체 기공의 수이다.
- [0023] 다른 구현예는 우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제를 포함하는 조성물을 혼합하는 단계; 및 상기 조성물을 소정의 압력 조건 하의 몰드로 토출 주입하여 연마층을 성형하는 단계;를 포함하고, 상기 연마층이 복수의 기공을 포함하고, 연마면의 단위 면적(mm^2) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 상기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 상기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 연마패드의 제조방법을 제공한다.
- [0024] 다른 구현예는 복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하는 연마패드를 정반에 장착하는 단계; 및 상기 연마층의 연마면과 웨이퍼의 표면을 맞닿도록 서로 상대 회전시켜 상기 웨이퍼의 표면을 연마하는 단계;를 포함하고, 상기 연마층은 상기 연마면의 단위 면적(mm^2) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 상기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 상기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만인, 반도체 소자의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0026] 상기 구현예에 따르면, 연마패드에 포함되는 복수의 기공의 크기(직경) 및 분포가 조절될 수 있고, 이에 따라, 상기 연마패드는 특정 범위의 단위 면적 당 기공의 총 면적 및 상기 수학식 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 를 나타내는 기공 분포를 가짐으로써 연마율 및 평탄도 등의 연마 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 연마패드를 이용하여 우수한 품질의 반도체 소자를 효율적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 일 구현예에 따른 반도체 소자 제조 공정의 개략적인 공정도를 도시한 것이다.
- 도 2는 실시예 1의 연마패드의 기공의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.
- 도 3은 실시예 1의 연마패드의 1 mm의 연마면을 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 100 배로 확대된 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하의 구현예의 설명에 있어서, 각 층 또는 패드 등이 각 층 또는 패드 등의 "상(on)" 또는 "하(under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, "상(on)"과 "하(under)"는 "직접(directly)" 또는 "다른 구성요소를 개재하여(indirectly)" 형성되는 것을 모두 포함한다.
- [0031] 각 구성요소의 상/하에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다. 도면에서의 각 구성요소들의 크기는 설명을 위하여 과장될 수 있으며, 실제로 적용되는 크기를 의미하는 것은 아니다.
- [0032] 본 명세서에서, 용어 "복수의"는 하나 초과를 지칭한다.
- [0033] 본 명세서에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0034] 또한, 본 명세서에 기재된 구성성분의 물성 값, 치수 등을 나타내는 모든 수치 범위는 특별한 기재가 없는 한 모든 경우에 "약"이라는 용어로 수식되는 것으로 이해하여야 한다.
- [0035] 이하 본 발명을 구현예에 의해 상세하게 설명한다. 구현예는 발명의 요지가 변경되지 않는 한, 다양한 형태로 변형될 수 있다.

연마패드

- [0038] 일 구현예에 따른 연마패드는, 복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하고, 연마면의 단위 면적(mm^2) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 상기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 상기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5

미만이다.

[0039] <수학식 1>

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

[0040]

[0041] <수학식 2>

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

[0042]

[0043] <수학식 3>

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

[0044]

[0045] 상기 수학식 1 내지 3에서,

[0046] d는 각각의 기공 직경에서 복수의 기공의 수평균 직경(number mean diameter)을 뺀 값이고,

[0047] n은 단위 면적(mm²) 당 전체 기공의 수이다.

[0048] 상기 수학식 1 내지 3의 D_q, D_{sk} 및 D_{ku}는 각각의 기공 직경, 복수의 기공의 수평균 직경(D_q) 및 단위 면적 당 전체 기공의 수를 이용하여 계산될 수 있다. 또한, 상기 기공 직경, 상기 복수의 기공의 수평균 직경 및 상기 전체 기공의 수는 연마면 1 mm²을 기준으로 하여 주사전자현미경(SEM) 및 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 관측되는 각각의 기공 직경을 측정하고 기공 개수를 산출하여 계산 될 수 있다. 상기 연마면은 상기 연마층의 두께 방향으로 연속하는 면 중에서 어느 하나의 면을 의미할 수 있다. 또한, 상기 연마면은 상기 연마패드의 제조 직후 드러나는 최외각 표면일 수도 있고, 소정의 시간 동안 연마 공정이 진행된 후에 드러나게 된 최외각 표면일 수도 있다.

[0049] 상기 연마패드는 그 표면 상에 드러난 기공의 직경 및 기공의 분산 정도에 따라 연마 슬러리의 유동성 및 연마 효율이 달라지게 된다. 즉, 상기 연마패드의 표면 상에 드러난 기공의 직경에 따라, 연마 슬러리의 유동성이 영향을 받게 되고, 이들 기공 직경 분포에 따라 연마되는 대상의 표면에 스크래치 등의 발생 여부와 연마율이 결정될 수 있다.

[0050] 일 구현예에 따른 상기 연마패드는 복수의 기공의 수평균 직경 및 단위 면적 당 전체 기공의 수를 조절함으로써, 기공의 총 면적 및 상기 수학식 1 내지 3의 D_q, D_{sk} 및 D_{ku} 등의 파라미터가 각각 특정 범위를 갖도록 설계할 수 있으며, 그 결과 우수한 연마율 및 평탄도를 구현할 수 있다.

[0051] 따라서, 상기 연마패드에 있어서 기공의 직경 및 기공의 분산 정도를 조절하는 것이 매우 중요하며, 특히, 연마 성능을 향상시키기 위해 CMP 공정 상에서 슬러리와 반도체 기판 간의 연마 메커니즘에 따라 기공의 직경에 맞게 설계하는 것이 매우 중요하다.

[0052] 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값은 기공 분포에 있어서 기공 직경과 밀접한 관련이 있는 파라미터로서, 기공 분포 그래프에서 기공의 수평균 직경 대비 얼마만큼 기공이 퍼져 있는지에 대한 척도이다. D_q 값이 클 경우 기공의 산포가 큰 것을 의미하며, D_q 값이 작을 경우 산포가 작은 것을 의미한다.

[0053] 상기 D_q 값은 연마면의 기공 직경과 복수의 기공의 수평균 직경(D_q)의 차이 d에 대하여 제곱평균제곱근(root mean square; rms)을 이용하여 계산될 수 있다. 구현예에 따른 상기 D_q 값은 5 μm 이상 내지 15 μm 이하, 구체적으로 7 μm 이상 내지 14 μm 이하, 더욱 구체적으로 7 μm 이상 내지 13 μm 이하, 10 μm 초과 내지 15 μm 이하, 5 μm 이상 내지 10 μm 이하, 또는 8 μm 이상 내지 12 μm 이하일 수 있다. 상기 D_q 값이 상기 범위 내에 있는 경우, 연마율 및 평탄도 등의 연마 성능이 우수할 수 있다. 상기 D_q 값이 15 μm를 초과하는 경우, 물리적인 CMP를 요하는 연마 성능, 특히 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 증가할 수 있고, 옥사이드 및 텅스텐에 대한 평탄도

가 나빠질 수 있다. 이에 반해 D_q 값이 5 μm 미만인 경우, 패드 면적당 슬러리 담지량이 적어서 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 저하되거나 옥사이드에 대한 평탄도가 악화될 수 있다.

[0054] 상기 수학적 식 1에서 연마면의 복수의 기공의 수평균 직경(D_a)은 연마면 1 mm^2 내 상기 복수의 기공 직경의 합을 복수의 기공 개수로 나눈 평균값으로 정의할 수 있다. 일 구현예에 따르면, 상기 D_a 는 15 μm 내지 25 μm , 구체적으로 18 μm 내지 25 μm , 더욱 구체적으로 18 μm 내지 23 μm 또는 18 μm 내지 22 μm 일 수 있다. 연마패드가 상기 범위의 D_a 를 만족하는 경우, 연마율 및 평탄도를 향상시킬 수 있다. 만일, D_a 가 15 μm 미만인 경우 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 낮아지고, 옥사이드에 대한 평탄도가 저조할 수 있다. 이에 반해, 25 μm 를 초과하는 경우, 텅스텐 및 옥사이드에 대한 연마율 및 평탄도의 모든 물성이 저조할 수 있다.

[0055] 또한, 상기 수학적 식 2로 표시되는 D_{sk} 값은 기공 분포 그래프에 있어서, 기공의 수평균 직경 대비 상기 기공 분포 그래프의 치우친 정도를 의미할 수 있다. 구체적으로, D_{sk} 의 경우 기공 분포 그래프에서 기공의 수평균 직경 대비 기공 분포 그래프가 얼마만큼 작은 쪽 혹은 큰 쪽으로 치우쳐져 있는지를 나타내는 척도로서, 1을 중심으로 1보다 작은 경우 정규 분포 대비 기공의 수평균 직경과 비교하여 기공 분포 그래프가 작은 쪽으로 치우쳐져 있는 것을 의미하며, 1보다 클 경우 정규 분포 대비 기공의 수평균 직경과 비교하여 기공 분포 그래프가 큰 쪽으로 치우쳐져 있는 것을 의미한다.

[0056] 구현예에 따른 상기 D_{sk} 값은 0.3 초과 내지 1 미만, 구체적으로 0.4 초과 내지 1 미만, 더욱 구체적으로 0.4 이상 내지 0.9 이하, 0.6 초과 내지 1 미만, 또는 0.3 초과 내지 0.6 이하일 수 있다. 상기 D_{sk} 값이 상기 범위 내일 경우, 기공의 수평균 직경 대비 큰 기공의 수가 더 많은 것을 의미 할 수 있으며, 연마패드의 연마율 및 평탄도 등의 연마 성능이 우수할 수 있다. 상기 D_{sk} 값이 0.3 이하인 경우, 기공의 수평균 직경 대비 작은 기공이 더 많은 것을 의미할 수 있으며, 이 경우 연마패드의 면적당 슬러리 담지량이 적어 연마율, 특히 텅스텐에 대한 연마율이 현저히 저하될 수 있다. 만일, 상기 D_{sk} 값이 1 이상인 경우, 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 증가할 수 있으며, 텅스텐 및 옥사이드에 대한 평탄도가 악화될 수 있다.

[0057] 한편, 상기 수학적 식 3으로 표시되는 D_{ku} 값은 전체적인 기공의 분포가 얼마만큼 퍼져 있는지를 의미하는 것으로서, 3을 중심으로 3보다 작은 경우 평균 기공 직경에서 정규분포 대비 기공 분포가 뾰족한(sharp) 것을 의미하며, 3보다 클 경우 정규 분포 대비 기공 분포가 뚱뚱한(broad) 것을 의미한다.

[0058] 본 발명의 구현예에 따르면, D_{ku} 값은 3에 근접한 수치인 1 초과 내지 5 미만, 2 초과 내지 5 미만, 2.5 이상 내지 4.5 이하, 3.5 초과 내지 5 미만, 1 초과 내지 3.5 이하, 1 초과 내지 4 이하, 2 초과 내지 3 이하, 또는 3 초과 내지 4.5 미만일 수 있으며, 상기 D_{ku} 값이 상기 범위를 만족하는 경우, 연마 슬러리 유동성이 우수하여 연마율 및 평탄도를 향상시킬 수 있다. 만일, 상기 D_{ku} 값이 1 이하인 경우 텅스텐에 대한 연마율이 현저히 저하될 수 있으며, 상기 D_{ku} 값이 5 이상인 경우 기공 직경이 균일하지 않아 연마 슬러리의 유동성에 악영향을 줄 수 있게 되고, 이로 인해 연마되는 대상의 표면에 스크래치 등이 발생할 수 있으므로, 연마율 및 평탄도 등 연마 성능이 저하될 수 있다.

[0059] 구현예에 따르면, 상기 수학적 식 1 내지 3에서 단위 면적(mm^2) 당 전체 기공의 수를 나타내는 n 은 700 내지 2500, 구체적으로 750 내지 2200 일 수 있다. 또한, 각각의 기공 직경과 복수의 기공의 수평균 직경의 차를 나타내는 d 는 -30 내지 60, 구체적으로 -20 내지 50 일 수 있다.

[0060] 또한, 상기 연마패드는 연마면의 단위 면적 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %, 구체적으로 40 % 내지 55 %, 더욱 구체적으로 40 % 내지 50 %, 50 % 초과 내지 60 % 이하, 또는 45 % 내지 53 %일 수 있다. 만일 상기 기공의 총 면적이 40 % 미만인 경우, 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 작아지고 옥사이드에 대한 평탄도가 악화될 수 있다. 한편, 상기 기공의 총 면적이 60 %를 초과하는 경우 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 커지거나 옥사이드에 대한 연마율이 지나치게 작아질 수 있다. 또한, 텅스텐에 대한 평탄도가 현저히 나빠질 수 있다.

[0061] 본 발명의 구현예에 따른 연마패드는 상기 연마면의 단위 면적 당 상기 기공의 총 면적, 및 상기 수학적 식 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 의 범위를 모두 만족하여야 한다.

[0062] 일 구현예에 따르면, 상기 연마패드는 상기 연마면의 단위 면적당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 50 %이고,

상기 D_q 값이 10 μm 초과 내지 15 μm 이하이며, 상기 D_{sk} 값이 0.6 초과 내지 1 미만이고, 상기 D_{ku} 값이 3.5 초과 내지 5 미만일 수 있다.

[0063] 또 다른 일 구현예에 따르면, 상기 연마패드는 상기 연마면의 단위 면적당 상기 기공의 총 면적이 50 % 초과 내지 60 % 이하이고, 상기 D_q 값이 5 μm 이상 내지 10 μm 이하이며, 상기 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 0.6 이하이고, 상기 D_{ku} 값이 1 초과 내지 3.5 이하일 수 있다.

[0064] 또한, 상기 연마면을 기준으로 한 상기 복수의 기공의 직경 분포에서 최대 피크의 기공 직경은 10 μm 내지 50 μm , 구체적으로 15 μm 내지 40 μm , 더욱 구체적으로 17 μm 내지 30 μm 일 수 있다. 상기 최대 피크의 기공 직경은 해당 직경을 가지는 기공들의 단면적의 합의 비율이 가장 높은 기공의 직경으로 정의될 수 있다.

[0065] 또한, 상기 최대 피크의 기공 직경이 복수의 기공의 수평균 직경보다 5 μm 내지 30 μm 정도 더 크거나 더 작을 수 있다. 또는 상기 최대 피크의 기공 직경이 복수의 기공의 수평균 직경보다 10 μm 내지 20 μm 정도 더 크거나 더 작을 수 있다.

[0066] 상기 구현예에 따라, 연마패드에 포함되는 복수의 기공의 직경 및 분포가 조절될 수 있으며, 이로 인해 특정 범위의 연마면의 단위 면적 당 기공의 총 면적, 및 상기 수학적 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 의 범위를 만족함으로써 연마율 및 평탄도를 더욱 향상시킬 수 있다. 구체적으로 상기 연마패드는 텅스텐에 대해 720 Å/분 내지 860 Å/분, 구체적으로 730 Å/분 내지 850 Å/분, 더욱 구체적으로 750 Å/분 내지 850 Å/분의 연마율을 가질 수 있다.

[0067] 또한, 상기 연마패드는 옥사이드에 대해 2750 Å/분 내지 3300 Å/분, 구체적으로 2800 Å/분 내지 3200 Å/분, 더욱 구체적으로 2900 Å/분 내지 3200 Å/분 또는 2900 Å/분 내지 3150 Å/분의 연마율을 가질 수 있다.

[0068] 나아가, 반도체 기판, 예를 들어 웨이퍼 면내의 연마 균일성을 나타내는 연마 평탄도(WIWNU: Within Wafer Non Uniformity)의 경우, 텅스텐에 대해 12 % 미만, 예를 들어, 11 % 미만, 예를 들어, 10 % 미만, 예를 들어, 9 % 미만, 예를 들어, 5 % 미만, 4.8 % 이하, 또는 4.5 % 이하의 평탄도를 달성할 수 있다. 또한, 옥사이드에 대해 10 % 이하, 예를 들어, 10 % 미만, 예를 들어, 9 % 미만, 예를 들어, 6 % 미만, 예를 들어, 4.5 % 미만, 4.0 % 이하, 또는 3.8 % 이하의 평탄도를 달성할 수 있다.

[0069] 상기 연마패드는 3차 아민계 화합물 및 유기금속계 화합물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 반응속도 조절제; 및 실리콘계 계면활성제를 더 포함할 수 있다.

[0070] **연마패드의 제조방법**

[0071] 일 구현예에 따른 연마패드의 제조방법은, 우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제를 포함하는 조성물을 혼합하는 단계; 및 상기 조성물을 소정의 압력 조건 하의 몰드로 토출 주입하여 연마층을 성형하는 단계;를 포함하고, 상기 연마층이 복수의 기공을 포함하고, 연마면의 단위 면적(mm^2) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 상기 수학적 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 상기 수학적 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 상기 수학적 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만이다.

[0072] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제의 함량을 조절함으로써 기공 물성을 조절할 수 있다. 구체적으로 상기 제조방법에 있어서, 발포제, 특히 고상 발포제 및/또는 기상 발포제의 종류 및 함량을 조절하고, 필요에 따라, 반응속도 조절제의 함량을 조절하고, 상기 몰드 내의 압력을 조절함으로써, 기공 직경과 복수의 기공의 수평균 직경, 단위 면적 당 전체 기공 수 및 기공의 총 면적을 조절하여 상기 특정 범위를 갖는 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 값을 달성할 수 있으며, 이로 인해 연마패드의 연마율 및 평탄도 등의 연마특성을 향상시킬 수 있다.

[0073] 구체적으로 살펴보면, 일 구현예에 따른 상기 연마패드의 제조방법은 우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제를 포함하는 조성물을 혼합하는 단계(제1 단계)를 포함할 수 있다.

[0074] 상기 제1 단계는 각 성분들을 혼합하는 단계로서, 이를 통해 우레탄계 프리폴리머, 발포제 및 경화제의 혼합물을 포함하는 조성물을 얻을 수 있다. 상기 경화제는 상기 우레탄계 프리폴리머 및 상기 고상 발포제와 함께 첨가하거나, 상기 우레탄계 프리폴리머 및 상기 고상 발포제를 1차 혼합하고, 이어서 상기 경화제가 2차로 혼합될 수 있다.

- [0075] 일례로서, 우레탄계 프리폴리머, 고상 발포제 및 경화제는 실질적으로 거의 동시에 혼합 과정에 투입될 수 있다.
- [0076] 다른 예로서, 우레탄계 프리폴리머 및 고상 발포제는 미리 혼합하고, 이후 경화제를 투입할 수 있다. 즉, 상기 경화제는 우레탄계 프리폴리머 내에 미리 혼입되지 않을 수 있다. 만약, 상기 경화제를 우레탄계 프리폴리머에 미리 혼합할 경우, 반응속도의 조절이 어려울 수 있으며, 특히 이소시아네이트 말단기를 갖는 프리폴리머의 안정성이 크게 저해될 수 있다.
- [0077] 상기 혼합물을 제조하는 단계는 상기 우레탄계 프리폴리머와 상기 경화제를 혼합하여 반응을 개시시키고, 상기 고상 발포제를 고르게 분산시키는 단계이다. 구체적으로, 상기 혼합은 1,000 rpm 내지 10,000 rpm, 또는 4,000 rpm 내지 7,000 rpm의 속도로 수행될 수 있다. 상기 속도 범위일 때, 고상 발포제가 원료 내에 고르게 분산되는데 보다 유리할 수 있다.
- [0078] 상기 우레탄계 프리폴리머 및 경화제는, 각각의 분자 내의 반응성 기(reactive group)의 몰 수 기준으로, 1 : 0.8 내지 1 : 1.2의 몰 당량비, 또는 1 : 0.9 내지 1 : 1.1의 몰 당량비로 혼합될 수 있다. 여기서 "각각의 반응성 기의 몰 수 기준"이라 함은, 예를 들어 우레탄계 프리폴리머의 이소시아네이트기의 몰 수와 경화제의 반응성 기(아민기, 알콜기 등)의 몰 수를 기준으로 하는 것을 의미한다. 따라서, 상기 우레탄계 프리폴리머 및 경화제는 앞서 예시된 몰 당량비를 만족하는 양으로 단위 시간당 투입되도록 투입 속도가 조절되어, 혼합 과정에 일정한 속도로 투입될 수 있다.
- [0080] 이하, 연마페드에 포함되는 각각의 구체적인 성분을 상세히 설명한다.
- [0082] **우레탄계 프리폴리머**
- [0083] 프리폴리머(prepolymer)란 일반적으로 일종의 최종 성형품을 제조함에 있어서, 성형하기 쉽도록 중합도를 중간 단계에서 중지시킨 비교적 낮은 분자량을 갖는 고분자를 의미한다. 프리폴리머는 그 자체로 또는 다른 중합성 화합물과 반응시킨 후 성형할 수 있고, 예를 들어 이소시아네이트 화합물과 폴리올을 반응시켜 프리폴리머를 제조할 수 있다.
- [0084] 상기 우레탄계 프리폴리머의 제조에 사용되는 이소시아네이트 화합물은, 예를 들어, 톨루엔 디이소시아네이트(toluene diisocyanate, TDI), 나프탈렌-1,5-디이소시아네이트(naphthalene-1,5-diisocyanate), 파라페닐렌 디이소시아네이트(p-phenylene diisocyanate), 톨리딘 디이소시아네이트(tolidine diisocyanate), 4,4'-디페닐메탄 디이소시아네이트(4,4'-diphenyl methane diisocyanate), 헥사메틸렌 디이소시아네이트(hexamethylene diisocyanate), 디시클로헥실메탄 디이소시아네이트(dicyclohexylmethane diisocyanate) 및 이소포론 디이소시아네이트(isoporone diisocyanate)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 이소시아네이트일 수 있다.
- [0085] 상기 우레탄계 프리폴리머의 제조에 사용될 수 있는 폴리올은, 예를 들어, 폴리에테르 폴리올(polyether polyol), 폴리에스테르 폴리올(polyester polyol), 폴리카보네이트 폴리올(polycarbonate polyol) 및 아크릴 폴리올(acryl polyol)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 폴리올일 수 있다. 상기 폴리올은 300 g/mol 내지 3,000 g/mol의 중량평균분자량(Mw)을 가질 수 있다.
- [0086] 상기 우레탄계 프리폴리머는 상술한 바와 같이 이소시아네이트 화합물과 폴리올을 반응시켜 제조할 수 있다. 상기 이소시아네이트 화합물 및 폴리올의 구체적인 종류는 앞서 연마페드에서 예시한 바와 같다.
- [0087] 상기 우레탄계 프리폴리머는 500 g/mol 내지 3,000 g/mol의 중량평균분자량을 가질 수 있다. 구체적으로, 상기 우레탄계 프리폴리머는 600 g/mol 내지 2,000 g/mol, 또는 800 g/mol 내지 1,000 g/mol의 중량평균분자량(Mw)을 가질 수 있다.
- [0088] 일례로서, 상기 우레탄계 프리폴리머는 이소시아네이트 화합물로서 톨루엔 디이소시아네이트가 사용되고, 폴리올로서 폴리테트라메틸렌 에테르 글리콜이 사용하여 중합된 500 g/mol 내지 3,000 g/mol의 중량평균분자량(Mw)을 갖는 고분자일 수 있다.
- [0090] **경화제**
- [0092] 상기 경화제는 아민 화합물 및 알콜 화합물 중 1종 이상일 수 있다. 구체적으로, 상기 경화제는 방향족 아민, 지방족 아민, 방향족 알콜, 및 지방족 알콜로 이루어지는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 화합물을 포함할 수 있다.
- [0093] 예를 들어, 상기 경화제는 4,4'-메틸렌비스(2-클로로아닐린)(MOCA), 디에틸톨루엔디아민

(diethyltoluenediamine), 디아미노디페닐 메탄(diaminodiphenylmethane), 디아미노디페닐 설펜(diaminodiphenyl sulphone), m-자일렌디아민(m-xylylenediamine), 이소포론디아민(isophoronediamine), 에틸렌디아민(ethylenediamine), 디에틸렌트리아민(diethylenetriamine), 트리에틸렌테트라아민(triethylenetetramine), 폴리프로필렌디아민(polypropylenediamine), 폴리프로필렌트리아민(polypropylenetriamine), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 디에틸렌글리콜(diethylene glycol), 디프로필렌글리콜(dipropylene glycol), 부탄디올(butanediol), 헥산디올(hexanediol), 글리세린(glycerine), 트리메틸올프로판(trimethylolpropane) 및 비스(4-아미노-3-클로로페닐)메탄(bis(4-amino-3-chlorophenyl)methane)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0095] **발포제**

[0096] 상기 발포제는 연마패드의 공극 형성에 통상적으로 사용되는 것이라면 특별히 제한하지 않는다.

[0097] 예를 들어, 상기 발포제는 중공 구조를 가지는 고상 발포제, 휘발성 액체를 이용한 액상 발포제, 및 불활성 가스 중에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 구체적으로, 상기 발포제는 기상 발포제, 고상 발포제, 또는 이들 모두를 포함할 수 있다.

[0099] 고상 발포제

[0101] 상기 고상 발포제는 열팽창된(사이즈 조절된) 마이크로 캡슐이고, 5 μm 내지 200 μm의 평균 입경을 갖는 마이크로 벌룬 구조체일 수 있다. 상기 열팽창된(사이즈 조절된) 마이크로 캡슐은 열팽창성 마이크로 캡슐을 가열 팽창시켜 얻어진 것일 수 있다.

[0102] 상기 열팽창성 마이크로 캡슐은 열가소성 수지를 포함하는 외피; 및 상기 외피 내부에 봉입된 발포제를 포함할 수 있다. 상기 열가소성 수지는 염화비닐리덴계 공중합체, 아크릴로니트릴계 공중합체, 메타크릴로니트릴계 공중합체 및 아크릴계 공중합체로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다. 나아가, 상기 내부에 봉입된 발포제는 탄소수 1 내지 7개의 탄화수소로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다. 구체적으로, 상기 내부에 봉입된 발포제는 에탄(ethane), 에틸렌(ethylene), 프로판(propane), 프로펜(propene), n-부탄(n-butane), 이소부탄(isobutene), 부텐(butene), 이소부텐(isobutene), n-펜탄(n-pentane), 이소펜탄(isopentane), 네오펜탄(neopentane), n-헥산(n-hexane), 헵탄(heptane), 석유 에테르(petroleum ether) 등의 저분자량 탄화수소; 트리클로로플로오르메탄(trichlorofluoromethane, CCl₃F), 디클로로디플로오르메탄(dichlorodifluoromethane, CCl₂F₂), 클로로트리플로오르메탄(chlorotrifluoromethane, CClF₃), 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene, CClF₂-CClF₂) 등의 클로로플루오로 탄화수소; 및 테트라메틸실란(tetramethylsilane), 트리메틸에틸실란(trimethylethylsilane), 트리메틸이소프로필실란(trimethylisopropylsilane), 트리메틸-n-프로필실란(trimethyl-n-propylsilane) 등의 테트라알킬실란으로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0103] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 고상 발포제는 20 μm 내지 50 μm의 평균 입경(D50)을 가질 수 있다. 여기서 D50은 입자 직경 분포의 50번째 백분위수(중간)의 부피 입경을 지칭할 수 있다. 더 구체적으로, 상기 고상 발포제는 25 μm 내지 48 μm의 D50을 가질 수 있다. 보다 더 구체적으로, 상기 고상 발포제는 25 μm 내지 40 μm; 28 μm 내지 40 μm; 또는 30 μm 내지 40 μm의 D50을 가질 수 있다. 상기 고상 발포제의 D50이 상기 범위를 만족하는 경우 연마율 및 평탄도를 더욱 향상시킬 수 있다. 상기 고상 발포제의 D50이 상기 범위 미만인 경우 기공의 수평균 직경이 작아져 연마율 및 평탄도에 영향을 줄 수 있으며, 상기 범위를 초과하는 경우 기공의 수평균 직경이 지나치게 커져 연마율 및 평탄도에 영향을 줄 수 있다.

[0104] 또한, 고상 발포제의 평균 입경에 대해 표준편차는 15 이하, 13 이하, 11 이하, 7 내지 11, 또는 7.5 내지 10.4 일 수 있다.

[0105] 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 상기 고상 발포제를 0.5 중량부 초과 내지 2.5 중량부 미만의 양으로 사용할 수 있다. 구체적으로, 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 상기 고상 발포제를 0.6 중량부 이상 내지 2.3 중량부 이하, 0.8 중량부 이상 내지 2 중량부 이하, 0.8 중량부 이상 내지 1.8 중량부 이하, 1.0 중량부 이상 내지 2.0 중량부 이하, 또는 1.0 중량부 이상 내지 1.5 중량부 이하의 양으로 사용할 수 있다.

[0106] 상기 고상 발포제는 쉘을 갖는 미세 중공 입자일 수 있다. 상기 쉘의 유리전이온도(Tg)는 70 °C 내지 110 °C, 80 °C 내지 110 °C, 90 °C 내지 110 °C, 100 °C 내지 110 °C, 70 °C 내지 100 °C, 70 °C 내지 90 °C, 또는 80

℃ 내지 100℃일 수 있다. 상기 고상 발포제의 셀의 유리 전이 온도가 바람직한 범위 일 때, 상기 연마페드의 제조 공정 중에 적절한 압력 조건 및 토출 조건을 적용하여 상기 미세 포어의 변형을 방지함으로써 상기 연마면의 기공 분포를 전술한 목적 범위로 구현할 수 있다.

[0108] **기상 발포제**

[0110] 상기 기상 발포제는 불활성 가스를 포함할 수 있으며, 상기 기상 발포제는 상기 우레탄계 프리폴리머, 경화제, 고상 발포제, 반응속도 조절제 및 실리콘계 계면활성제가 혼합되어 반응하는 과정에 투입되어 기공들을 형성할 수 있다. 상기 불활성 가스는 프리폴리머와 경화제 간의 반응에 참여하지 않는 가스라면 종류가 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 상기 불활성 가스는 질소 가스(N₂), 아르곤 가스(Ar), 및 헬륨 가스(He)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다. 구체적으로, 상기 불활성 가스는 질소 가스(N₂) 또는 아르곤 가스(Ar)일 수 있다.

[0111] 상기 불활성 가스는 상기 조성물(원료 혼합물)의 총 부피, 구체적으로 우레탄계 프리폴리머, 발포제, 반응속도 조절제 및 경화제의 합계 부피의 5 부피% 초과 내지 20 부피% 이하에 해당하는 부피로 투입될 수 있다. 구체적으로, 상기 불활성 가스는 상기 조성물의 총 부피의 5 부피% 초과 내지 18 부피%, 구체적으로 6 부피% 내지 15 부피%, 더욱 구체적으로 6 부피% 내지 13 부피% 또는 7.5 부피% 내지 10 부피%에 해당하는 부피로 투입될 수 있다.

[0113] **반응속도 조절제**

[0114] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 조성물은 반응속도 조절제를 포함할 수 있다.

[0115] 상기 반응속도 조절제는 반응 촉진제 또는 반응 지연제일 수 있다. 구체적으로, 상기 반응속도 조절제는 반응 촉진제일 수 있으며, 예를 들면 3차 아민계 화합물 및 유기금속계 화합물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상의 반응 촉진제일 수 있다.

[0116] 구체적으로, 상기 반응속도 조절제는 트리에틸렌디아민, 디메틸에탄올아민, 테트라메틸부탄디아민, 2-메틸-트리에틸렌디아민, 디메틸사이클로헥실아민, 트리에틸아민, 트리아소프로판올아민, 1,4-디아자바이사이 클로(2,2,2)옥탄, 비스(2-메틸아미노에틸) 에테르, 트리메틸아미노에틸에탄올아민, N,N,N,N,N'-펜타메틸디에틸렌트리아민, 디메틸아미노에틸아민, 디메틸아미노프로필아민, 벤질디메틸아민, N-에틸모르폴린, N,N-디메틸아미노에틸모르폴린, N,N-디메틸사이클로헥실아민, 2-메틸-2-아자노보네인, 디부틸틴 디라우레이트, 스테너스 옥토 에이트, 디부틸틴 디아세테이트, 디옥틸틴 디아세테이트, 디부틸틴 말리에이트, 디부틸틴 디-2-에틸헥사노에이트 및 디부틸틴 디머캅타이드로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 반응속도 조절제는 벤질디메틸아민, N,N-디메틸사이클로헥실아민 및 트리에틸아민으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0117] 상기 반응속도 조절제는 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 0.1 중량부 초과 내지 2 중량부 이하의 양으로 사용될 수 있다. 구체적으로, 상기 반응속도 조절제는 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 0.1 중량부 초과 내지 1.8 중량부 이하, 구체적으로 0.3 중량부 이상 내지 1.8 중량부 이하, 더욱 구체적으로 0.3 중량부 초과 내지 1.8 중량부 미만, 또는 0.5 중량부 이상 내지 1.5 중량부 이하의 양으로 사용될 수 있다. 상기 범위 내의 함량으로 반응속도 조절제를 포함할 경우, 혼합물(예를 들어, 우레탄계 프리폴리머, 경화제, 고상 발포제, 반응속도 조절제 및 실리콘계 계면활성제의 혼합물)의 반응속도(혼합물이 고상화되는 시간)를 적절하게 조절함으로써 원하는 크기의 기공을 형성할 수 있다.

[0119] **계면활성제**

[0121] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 조성물은 계면 활성제를 포함할 수 있다. 상기 계면 활성제는 형성되는 기공들의 겹침 및 합침 현상을 방지하는 역할을 하며, 연마페드의 제조에 통상적으로 사용되는 것이라면 그 종류를 특별히 제한하지 않는다. 예를 들면, 상기 계면 활성제는 실리콘계 계면 활성제를 포함할 수 있다.

[0122] 상기 실리콘계 계면활성제는 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 0.2 중량부 내지 2 중량부의 양으로 포함될 수 있다. 구체적으로, 상기 실리콘계 계면활성제는 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 0.2 중량부 내지 1.9 중량부, 0.2 중량부 내지 1.8 중량부, 0.2 중량부 내지 1.7 중량부, 0.2 중량부 내지 1.6 중량부, 0.2 중량부 내지 1.5 중량부, 또는 0.5 중량부 내지 1.5 중량부의 양으로 포함될 수 있다. 상기 범위 내의 함량으로 실리콘계 계면활성제를 포함할 경우, 기상 발포제 유래 기공이 몰드 내에서 안정하게 형성 및

유지될 수 있다.

[0124] **반응 및 기공 형성**

[0126] 상기 우레탄계 프리폴리머와 경화제는 혼합 후 반응하여 고상의 폴리우레탄을 형성하여 시트 등으로 제조된다. 구체적으로, 상기 우레탄계 프리폴리머의 이소시아네이트 말단기는, 상기 경화제의 아민기, 알콜기 등과 반응할 수 있다. 이때 불활성 가스를 포함하는 기상 발포제 및 고상 발포제는 우레탄계 프리폴리머와 경화제의 화학적 반응에 참여하지 않으면서 물리적으로 원료 내에 고르게 분산되어 기공 구조를 형성한다

[0127] 상기 연마패드 제조 공정 중의 압력 및/또는 토출 조건 등에 의하여 상기 고상 발포제의 크기 변화가 야기되거나, 혹은 상기 고상 발포제로 인한 기공 구조 중의 외부 기체에 의한 기공이 침투하는 등에 의하여 상기 연마패드의 기공 구조가 결정될 수 있다.

[0128] 한편, 기상 발포제를 사용하는 경우에는, 불활성 가스를 포함하는 기상 발포제 또한 우레탄계 프리폴리머와 경화제의 반응에 참여하지 않으면서 원료 내에 고르게 분산되어 기공들을 형성하고, 상기 연마패드 제조 공정 중의 압력 및/또는 토출 조건 등에 의하여 상기 기상 발포에 의한 기공 구조의 크기가 조절되어 상기 연마패드의 기공 구조에 영향을 줄 수 있다.

[0129] 또한, 반응속도 조절제를 사용하는 경우에는, 상기 반응속도 조절제가 우레탄계 프리폴리머와 경화제 간의 반응을 촉진하거나 지연시킴으로써 기공의 직경을 조절한다. 예를 들어, 상기 반응속도 조절제가 반응을 지연시키는 반응 지연제일 경우, 상기 원료 내에 미세하게 분산된 불활성 가스들이 서로 합쳐지는 시간이 늘어나서, 기공의 직경을 증대시킬 수 있다. 반대로, 상기 반응속도 조절제가 반응을 촉진시키는 반응 촉진제일 경우, 상기 원료 내에 미세하게 분산된 불활성 가스들이 서로 합쳐지는 시간이 줄어들어, 기공의 직경을 감소시킬 수 있다.

[0131] 한편, 본 발명의 일 구현예에 따른 연마패드의 제조방법은 상기 조성물을 소정의 압력 조건 하의 몰드로 토출 주입하여 연마층을 성형하는 단계(제2 단계)를 포함할 수 있다.

[0133] **성형**

[0135] 상기 성형은 몰드(mold)를 이용하여 수행될 수 있다. 구체적으로, 믹싱헤드 등에서 충분히 교반된 원료(우레탄계 프리폴리머, 경화제 및 발포제 등)를 포함하는 조성물은 몰드로 토출되어 몰드 내부를 채울 수 있다. 우레탄계 프리폴리머와 경화제 간의 반응은 몰드 내에서 완료되어, 몰드의 형상대로 고상화된 케이크 형태의 성형체가 수득될 수 있다.

[0136] 상기 몰드 내 압력은 0.6 kgf/cm² 내지 1.2 kgf/cm²로 조절될 수 있다. 또한, 상기 몰드 내 압력은 0.8 kgf/cm² 내지 1.1 kgf/cm², 0.8 kgf/cm² 내지 1.0 kgf/cm², 0.6 kgf/cm² 내지 1.0 kgf/cm², 1.0 kgf/cm² 내지 1.2 kgf/cm², 또는 0.9 kgf/cm² 내지 1.1 kgf/cm²일 수 있다. 또한, 상기 몰드 내 압력은 예를 들어 1 kgf/cm²의 조건에서 수행될 수 있다.

[0137] 만일, 상기 압력이 0.6 kgf/cm² 미만인 경우 D_q 값이 지나치게 커질 수 있으며, 1.2 kgf/cm² 를 초과하는 경우 기공의 수평균 직경이 지나치게 작아질 수 있다. 이로 인해, D_q, D_{sk}, 및 D_{ku}에 영향을 줄 수 있으며, 더 나아가 연마율 및 평탄도 등의 연마특성이 달라질 수 있다.

[0138] 이후, 수득한 성형체를 적절히 슬라이싱 또는 절삭하여, 연마패드의 제조를 위한 연마층으로 가공할 수 있다. 일례로서, 최종 제조될 연마패드의 두께의 5 배 내지 50 배 높이의 몰드에 성형한 뒤, 성형체를 동일 두께 간격으로 슬라이싱하여 다수의 연마패드용 시트형태로 한꺼번에 제조할 수 있다. 이 경우, 충분한 고상화 시간을 확보하기 위해 반응속도 조절제로서 반응 지연제를 사용할 수 있으며, 이에 따라 몰드의 높이를 최종 제조되는 연마패드의 두께의 5 배 내지 50 배로 구성한 뒤 성형하여도 연마층의 제조가 가능할 수 있다. 다만, 상기 연마층은 몰드 내 성형된 위치에 따라 다른 직경의 기공을 가질 수 있다. 즉 몰드의 하부에서 성형된 연마층의 경우 미세한 직경의 기공들을 갖는 반면, 몰드의 상부에서 성형된 연마층은, 하부에서 형성된 시트에 비해 직경이 더 큰 기공들을 가질 수 있다.

[0139] 또한, 상기 연마층, 또는 각 시트별로도 균일한 직경의 기공을 갖도록 하기 위해서, 예를 들면, 1회 성형으로 1매의 시트의 제조가 가능한 몰드를 사용할 수 있다. 이를 위해, 상기 몰드의 높이는 최종 제조될 연마패드의 두께와 크게 차이가 나지 않을 수 있다. 예를 들어, 상기 성형은 최종 제조되는 연마패드의 두께의 1 배 내지 3 배에 해당하는 높이를 가지는 몰드를 이용하여 수행될 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 몰드는 최종 제조되는 연마패드의 두께의 1.1 배 내지 2.5 배, 또는 1.2 배 내지 2 배의 높이를 가질 수 있다. 이때, 보다 균일한 직

경의 기공을 형성하기 위해 반응속도 조절제로서 반응 촉진제를 사용할 수 있다.

- [0140] 이후 상기 몰드로부터 얻은 성형체의 상단 및 하단 각각을 절삭할 수 있다. 예를 들어, 상기 성형체의 상단 및 하단 각각을 성형체 총 두께의 1/3 이하 만큼씩 절삭하거나, 1/22 내지 3/10 만큼씩 절삭하거나, 또는 1/12 내지 1/4 만큼씩 절삭할 수 있다.
- [0141] 구체적인 일례로서, 상기 성형이 최종 제조되는 연마패드의 두께의 1.2 배 내지 2 배에 해당하는 높이를 가지는 몰드를 이용하여 수행되고, 상기 성형 이후에 상기 몰드로부터 얻은 성형체의 상단 및 하단 각각을 성형체 총 두께의 1/12 내지 1/4 만큼씩 절삭하는 공정을 추가로 포함할 수 있다.
- [0142] 상기 제조방법은, 상기 표면 절삭 후에, 표면에 그루브를 가공하는 공정, 하층부와의 접착 공정, 검사 공정, 포장 공정 등을 더 포함할 수 있다. 이들 공정들은 통상적인 연마패드 제조방법의 방식대로 수행할 수 있다.
- [0144] 연마패드의 물성
- [0145] 앞서 기재한 바와 같이, 구현예에 따른 연마패드는 단위 면적 당 기공의 총 면적 및 상기 수학적 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 를 포함하는 기공 분포 파라미터가 상기 범위 내일 때, 연마패드의 연마율 및 평탄도 등 연마패드의 연마 성능이 현저히 향상될 수 있다.
- [0146] 상기 연마패드는, 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수가 700개 이상일 수 있다. 더 구체적으로, 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수가 750개 이상일 수 있다. 보다 더 구체적으로, 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수가 800개 이상일 수 있다. 보다 더 구체적으로, 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수가 900개 이상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수가 2500개 이하, 구체적으로 2200개 이하, 1500개 이하 또는 1200개 이하일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 따라서, 상기 연마패드의 단위 면적(mm^2) 당 기공의 총 개수는 700개 내지 2500개, 예를 들어, 750개 내지 2200개, 800개 내지 1500개 또는 800개 내지 1200개까지 포함될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0147] 구체적으로, 상기 연마패드는, 그 탄성 모듈러스는 60 kgf/cm^2 이상일 수 있다. 더 구체적으로, 상기 연마패드의 탄성 모듈러스는 100 kgf/cm^2 이상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 연마패드의 탄성 모듈러스의 상한은 150 kgf/cm^2 일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0148] 또한, 구현예에 따른 연마패드는 연마 성능이 우수한 동시에, 연마패드로서의 기본적 물성, 예컨대, 내전압, 비중, 표면 경도, 인장 강도 및 신율이 우수할 수 있다.
- [0149] 상기 연마패드의 비중 및 경도 등의 물리적 성질은 이소시아네이트와 폴리올의 반응에 의해 중합된 우레탄계 프리폴리머의 분자 구조를 통해 조절할 수 있다.
- [0150] 구체적으로, 상기 연마패드는 30 Shore D 내지 80 Shore D의 경도를 가질 수 있다. 더 구체적으로, 상기 연마패드는 40 Shore D 내지 70 Shore D의 경도를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0151] 구체적으로, 상기 연마패드는 0.6 g/cm^3 내지 0.9 g/cm^3 의 비중을 가질 수 있다. 더 구체적으로, 상기 연마패드는 0.7 g/cm^3 내지 0.85 g/cm^3 의 비중을 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0152] 구체적으로, 상기 연마패드는 10 N/mm^2 내지 100 N/mm^2 의 인장강도를 가질 수 있다. 더 구체적으로, 상기 연마패드는 15 N/mm^2 내지 70 N/mm^2 의 인장강도를 가질 수 있다. 보다 더 구체적으로, 상기 연마패드는 20 N/mm^2 내지 70 N/mm^2 의 인장강도를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0153] 구체적으로, 상기 연마패드는 30 % 내지 300 %의 신율을 가질 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 연마패드는 50 % 내지 200 %의 신율을 가질 수 있다.
- [0154] 상기 연마패드는, 이의 내전압이 14 kV 내지 23kV이고, 두께가 1.5mm 내지 2.5mm이고, 비중이 0.7g/cm^3 내지 0.9g/cm^3 이고, 25 °C에서 표면 경도가 50 shore D 내지 65 shore D이며, 인장 강도가 15 N/mm^2 내지 25 N/mm^2 이고, 신율이 80 % 내지 250 %일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0155] 상기 연마패드는 1 mm 내지 5 mm의 두께를 가질 수 있다. 구체적으로, 상기 연마패드는 1 mm 내지 3 mm, 1 mm

내지 2.5 mm, 1.5 mm 내지 5 mm, 1.5 mm 내지 3 mm, 1.5 mm 내지 2.5 mm, 1.8 mm 내지 5 mm, 1.8 mm 내지 3 mm, 또는 1.8 mm 내지 2.5 mm의 두께를 가질 수 있다. 연마패드의 두께가 상기 범위 내일 때, 연마패드로서의 기본적 물성을 충분히 발휘할 수 있다.

[0156] 상기 연마패드는 표면에 기계적 연마를 위한 그루브(groove)를 가질 수 있다. 상기 그루브는 기계적 연마를 위한 적절한 깊이, 너비 및 간격을 가질 수 있고, 특별히 한정되지 않는다.

[0157] 구현예에 따른 연마패드는 상기 기술한 연마패드의 물성을 동시에 나타낼 수 있다.

[0158] **[반도체 소자의 제조방법]**

[0159] 일 구현예에 따른 반도체 소자의 제조방법은, 상기 일 구현예에 따른 연마패드를 이용하여 반도체 기관의 표면을 연마하는 단계를 포함한다.

[0160] 즉, 일 구현예에 따른 반도체 소자의 제조방법은, 복수의 기공을 포함하는 연마층을 포함하는 연마패드를 정반에 장착하는 단계; 및 상기 연마층의 연마면과 웨이퍼의 표면을 맞닿도록 서로 상대 회전시켜 상기 웨이퍼의 표면을 연마하는 단계;를 포함하고, 상기 연마층은 상기 연마면의 단위 면적(mm²) 당 상기 기공의 총 면적이 40 % 내지 60 %이며, 상기 수학식 1로 표시되는 D_q 값이 5 μm 이상 내지 15 μm 이하이고, 상기 수학식 2로 표시되는 D_{sk} 값이 0.3 초과 내지 1 미만이며, 상기 수학식 3으로 표시되는 D_{ku} 값이 1 초과 내지 5 미만일 수 있다.

[0161] 도 1은 일 구현예에 따른 반도체 소자 제조 공정의 개략적인 공정도를 도시한 것이다. 도 1을 참조할 때, 상기 일 구현예에 따른 연마패드(110)를 정반(120) 상에 장착한 후, 반도체 기관(130)을 상기 연마패드(110) 상에 배치한다. 이때, 상기 반도체 기관(130)의 표면은 상기 연마패드(110)의 연마면에 직접 접촉된다. 연마를 위해 상기 연마패드 상에 노즐(140)을 통하여 연마 슬러리(150)가 분사될 수 있다. 상기 노즐(140)을 통하여 공급되는 연마 슬러리(150)의 유량은 약 10 cm³/분 내지 약 1,000 cm³/분 범위 내에서 목적에 따라 선택될 수 있으며, 예를 들어, 약 50 cm³/분 내지 약 500 cm³/분일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0162] 이후, 상기 반도체 기관(130)과 상기 연마패드(110)는 서로 상대 회전하여, 상기 반도체 기관(130)의 표면이 연마될 수 있다. 이때, 상기 반도체 기관(130)의 회전 방향 및 상기 연마패드(110)의 회전 방향은 동일한 방향일 수도 있고, 반대 방향일 수도 있다. 상기 반도체 기관(130)과 상기 연마패드(110)의 회전 속도는 약 10 rpm 내지 약 500 rpm 범위에서 목적에 따라 선택될 수 있으며, 예를 들어, 약 30 rpm 내지 약 200 rpm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0163] 상기 반도체 기관(130)은 연마헤드(160)에 장착된 상태로 상기 연마패드(110)의 연마면에 소정의 하중으로 가압되어 맞게 한 뒤 그 표면이 연마될 수 있다. 상기 연마헤드(160)에 의하여 상기 반도체 기관(130)의 표면에 상기 연마패드(110)의 연마면에 가해지는 하중은 약 1 gf/cm² 내지 약 1,000 gf/cm² 범위에서 목적에 따라 선택될 수 있으며, 예를 들어, 약 10 gf/cm² 내지 약 800 gf/cm²일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0164] 일 구현예에서, 상기 반도체 소자의 제조 방법은, 상기 연마패드(110)의 연마면을 연마에 적합한 상태로 유지시키기 위하여, 상기 반도체 기관(130)의 연마와 동시에 컨디셔너(170)를 통해 상기 연마패드(110)의 연마면을 가공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0165] 상기 일 구현예에 따르면, 연마패드에 포함되는 복수의 기공의 크기(직경) 및 분포가 조절될 수 있고, 이에 따라, 상기 연마패드는 특정 범위의 단위 면적 당 기공의 총 면적 및 상기 수학식 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 를 나타내는 기공 분포를 가짐으로써 연마율 및 평탄도 등의 연마 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 연마패드를 이용하여 우수한 품질의 반도체 소자를 효율적으로 제조할 수 있다.

[0167] **실시예**

[0168] 이하, 본 발명을 하기 실시예에 의하여 더욱 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이들만으로 한정되는 것은 아니다.

[0170] **실시예 1. 연마패드의 제조**

[0171] **1-1: 장치의 구성**

[0172] 우레탄계 프리폴리머, 경화제, 불활성 가스 주입 라인 및 반응속도 조절제 주입 라인이 구비된 캐스팅 장비에서, 프리폴리머 탱크에 미반응 NCO를 9.1 중량%로 갖는 PUGL-550D(SKC사 제품)을 충전하고, 경화제 탱크

에 비스(4-아미노-3-클로로포닐)메탄(bis(4-amino-3-chlorophenyl)methane, Ishihara 사 제품)을 충전하고, 불활성 가스로는 질소(N₂)를, 반응속도 조절제로는 반응 촉진제(제조사: Airproduct, 제품명: A1, 3차 아민계 화합물)를 준비하였다. 또한, 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부에 대하여 1 중량부의 고상 발포제(제조사: Akzonobel사, 제품명: Expancel 461 DET 20 d40, 평균 입경: 32.67 μm) 및 1 중량부의 실리콘계 계면활성제(제조사: Evonik 사, 제품명: B8462)를 미리 혼합한 후 프리폴리머 탱크에 주입하였다.

[0174] 1-2: 연마패드의 제조

[0175] 각각의 투입 라인을 통해 우레탄계 프리폴리머, 경화제, 고상 발포제, 반응속도 조절제, 실리콘계 계면활성제 및 불활성 가스를 믹싱 헤드에 일정한 속도로 투입하면서 교반하였다. 이때, 우레탄계 프리폴리머의 NCO기의 몰당량과 경화제의 반응성 기의 몰당량을 1:1로 맞추고 함께 투입량을 10 kg/분의 속도로 유지하였다. 또한, 불활성 가스는 우레탄계 프리폴리머, 경화제, 고상 발포제, 반응속도 조절제 및 실리콘계 계면활성제의 합계 부피의 10 %의 부피로 일정하게 투입하고, 반응속도 조절제는 우레탄계 프리폴리머 100 중량부를 기준으로 0.5 중량부의 양으로 투입되었다.

[0176] 교반된 원료를 몰드(가로 1,000 mm, 세로 1,000 mm, 높이 3 mm)에 토출량 10 kg/분으로 하고, 상기 몰드 내 압력을 1.0 kgf/cm²로 조절된 조건 하에 토출하고 반응을 완결하여 다공성 폴리우레탄 성형체를 얻었다. 이후 제조된 다공성 폴리우레탄 성형체는 이의 표면이 연삭기를 사용하여 연삭되고, 팁을 사용하여 그루브(groove)하는 과정을 거쳐 평균 두께가 2 mm로 조절되었다.

[0177] 상기 다공성 폴리우레탄층과 기재층(평균 두께: 1.1 mm)를 핫멜트 필름(제조사: SKC, 제품명: TF-00)을 이용하여 120 °C에서 열 융착하여 연마패드를 제조하였다.

[0179] 실시예 2

[0180] 반응속도 조절제, 기상 발포제 및 고상 발포제의 함량을 하기 표 1과 같이 조절한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 연마패드를 제조하였다.

[0182] 실시예 3

[0183] 상기 실시예 1의 캐스팅 장비에서, 상기 불활성 가스 주입 라인과 상기 반응속도 조절제 주입 라인을 차단하였다. 프리폴리머 탱크에 9.1 NCO%를 갖는 PUGL-600D(SKC사 제품, 중량평균분자량: 1,500 g/mol)을 충전하고, 경화제 탱크에 4,4'-메틸렌비스(2-클로로아닐린)(TCI (Tokyo Chemical Industry)사 제품)을 충전하였다.

[0184] 나아가, 상기 우레탄계 프리폴리머 100 중량부에 대하여 1.5 중량부의 고상 발포제(제조사: Akzonobel사, 제품명: Expancel 551 DE 40 d42, 평균 입경: 40 μm)를 미리 혼합한 후 프리폴리머 탱크에 주입하였다.

[0185] 각각의 투입 라인을 통해 상기 고상 발포제와 혼합된 우레탄계 프리폴리머 및 경화제를 믹싱 헤드에 일정한 속도로 투입하면서 교반하였다. 상기 믹싱 헤드의 회전속도는 약 5,000 rpm이었다. 이때, 우레탄계 프리폴리머의 NCO기의 몰당량과 경화제의 반응성 기의 몰당량을 1:1로 맞추고 함께 투입량을 10 kg/분의 속도로 유지하였다.

[0186] 교반된 원료를 몰드(가로 1,000 mm, 세로 1,000 mm, 높이 3 mm)에 토출량 10 kg/분으로 하고, 상기 몰드 내 압력을 0.8 kgf/cm²로 조절된 조건 하에 토출하고 반응을 완결하여 다공성 폴리우레탄 성형체를 얻었다. 이후 제조된 다공성 폴리우레탄 성형체는 이의 표면이 연삭기를 사용하여 연삭되고, 팁을 사용하여 그루브(groove)하는 과정을 거쳐 평균 두께가 2 mm로 조절되었다.

[0187] 상기 다공성 폴리우레탄층과 기재층(평균 두께: 1.1 mm)를 핫멜트 필름(제조사: SKC, 제품명: TF-00)을 이용하여 120 °C에서 열 융착하여 연마패드를 제조하였다.

[0189] 실시예 4

[0190] 고상 발포제의 함량 및 몰드 내의 진공 압력 등을 하기 표 1과 같이 조절한 것을 제외하고는, 실시예 3과 동일한 방법으로 연마패드를 제조하였다.

[0192] 비교예 1 내지 8

[0193] 몰드 내의 진공 압력, 반응속도 조절제, 기상 발포제 및 고상 발포제의 함량을 하기 표 1과 같이 조절한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 연마패드를 제조하였다.

[0195] **비교예 9 및 10**

[0196] 고상 발포제의 함량 및 몰드 내의 진공 압력 등을 하기 표 1과 같이 조절한 것을 제외하고는, 실시예 3과 동일한 방법으로 연마패드를 제조하였다.

[0198] **시험예**

[0199] 상기 실시예 및 비교예에서 제조한 연마패드에 대해, 아래와 같은 조건 및 절차에 따라 각각의 물성을 측정하여, 하기 표 1에 나타냈다.

[0201] (1) 복수의 기공의 수평균 직경 및 단위 면적당 기공의 총 면적

[0202] 연마패드를 1 mm x 1 mm의 정사각형(두께: 2 mm)으로 자른 1 mm²의 연마면을 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 100 배로 확대된 이미지로부터 단면을 관찰하였다. 화상 해석 소프트웨어를 사용하여 얻어진 화상으로부터 전체 기공들의 직경을 측정하여, 기공의 수평균 직경, 기공 직경별 단면적의 합의 분포도, 기공 개수 및 기공의 총 면적을 얻었다.

[0203] - 기공들의 단면적의 합의 비율: 상기 SEM 이미지로부터 기공들을 1 μm 단위로 분류하여 작성되었다.

[0204] - 수평균 직경(number mean diameter)(D_n): 연마면 1 mm² 내 복수의 기공 직경의 합을 복수의 기공 개수로 나눈 평균값

[0205] - 기공 개수 : SEM 이미지 상의 단위 면적(mm²) 당 전체 기공의 수

[0206] - 단위 면적(mm²) 당 기공의 총 면적(%) : SEM 이미지의 전체 면적 대비 기공만의 면적의 백분율

[0208] 도 2 및 3은 각각 실시예 1의 연마패드의 기공의 주사전자현미경(SEM) 이미지, 및 실시예 1의 연마패드의 1 mm²의 연마면을 SEM을 사용하여 100 배로 확대한 이미지이다. 도 2 및 3에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1의 연마패드는 균일한 기공분포를 보임을 확인하였다.

[0210] (2) 텅스텐 및 옥사이드의 연마율

[0211] CMP 연마 장비를 사용하여, CVD 공정에 의해서 텅스텐(W) 막이 형성된 직경 300 mm의 실리콘 웨이퍼를 설치하였다. 이후 상기 연마패드를 붙인 정반 상에 실리콘 웨이퍼의 텅스텐 막을 아래로 세팅하였다. 이후, 연마 하중이 2.8 psi가 되도록 조정하고 연마패드 상에 하소 실리카 슬러리를 190 ml/분의 속도로 투입하면서 정반을 115 rpm으로 30 초간 회전시켜 텅스텐 막을 연마하였다. 연마 후 실리콘 웨이퍼를 캐리어로부터 떼어내어, 회전식 탈수기(spin dryer)에 장착하고 정제수(DIW)로 세정한 후 공기로 15 초 동안 건조하였다. 건조된 실리콘 웨이퍼를 접촉식 면저항 측정 장치(4 point probe)를 사용하여 연마 전후 두께 차이를 측정하였다. 이후 하기 수학적 4를 사용하여 연마율을 계산하였다.

[0212] <수학적 4>

[0213] 연마율(Å/분) = 연마 전후 두께 차이(Å) / 연마 시간(분)

[0214] 또한, 동일한 장비를 사용하여, 텅스텐 막이 형성된 실리콘 웨이퍼 대신, TEOS-플라즈마 CVD 공정에 의해 산화규소(SiO_x) 막이 형성된 직경 300 mm의 실리콘 웨이퍼를 설치하였다. 이후 상기 연마패드를 붙인 정반 상에 실리콘 웨이퍼의 산화규소 막을 아래로 세팅하였다. 이후, 연마 하중이 1.4 psi가 되도록 조정하고 연마패드 상에 하소 실리카 슬러리를 190 ml/분의 속도로 투입하면서 정반을 115 rpm으로 60 초간 회전시켜 산화규소 막을 연마하였다. 연마 후 실리콘 웨이퍼를 캐리어로부터 떼어내어, 회전식 탈수기(spin dryer)에 장착하고 정제수(DIW)로 세정한 후 공기로 15 초 동안 건조하였다. 건조된 실리콘 웨이퍼를 광간섭식 두께 측정 장치(제조사: Kyence 사, 모델명: SI-F80R)를 사용하여 연마 전후 두께 차이를 측정하였다. 이후 상기 수학적 4를 사용하여 연마율을 계산하였다.

[0216] (3) 텅스텐 및 산화규소의 평탄도

[0217] 상기 시험예 (2)와 동일한 방법으로 얻은 텅스텐 막이 형성된 실리콘 웨이퍼 및 산화규소(SiO_x) 막이 형성된 실리콘 웨이퍼 각각에 대하여 열산화막이 1μm(10,000 Å) 도포된 것을 이용하여 전술한 연마조건으로 1분 연마한 후, 98곳의 웨이퍼의 면내 막 두께를 측정하여 하기 수학적 5를 이용하여 웨이퍼 면내의 연마 평탄도(WIWNNU: Within Wafer Non Uniformity)를 측정하였다:

[0218] <수학식 5>

[0219] 연마 평탄도(WIWN) (%) = (연마된 두께의 표준편차 / 평균 연마 두께) X 100(%)

표 1

	실시예				비교예										
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
고상발포제 평균 입경 (μm)	32.67	34.06	34.7	33.81	31.83	33.27	32.67	32.67	31.83	31.83	33.06	33.06	33.7	33.81	
고상발포제 표준편차	10.31	7.95	10.37	9.87	10.57	8.57	10.31	10.31	10.57	10.57	10.15	10.15	10.37	9.87	
반응속도 조절제 (중량부)	0.5	1.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.1	0.5	1.0	0.0	0.0	
기상 발포제 투입량 (부피%)	10.0	7.5	0.0	0.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	1.0	30	0.0	0.0	
고상 발포제 투입량 (중량부)	1.0	1.5	1.5	2.0	0.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	-	0.5	2.5	
진공 입력 (kef/㎡)	1	1	0.8	1	1	1	1.2	0.8	1	1	1	1	1	1	
패드의 기공 물성	기공의 수평균 직경 (μm)	20.74	21.52	19.5	19.32	20.43	22.54	17.57	20.42	22.57	28.51	21.52	45.74	19.58	19.72
	단위 면적당 기공의 총 면적 %	49.81%	52.17%	40.75%	59.05%	35.25%	60.15%	55.18%	50.54%	58.42%	57.52%	57.27%	59.46%	30.54	60.05
	Dq(μm)	11.02	8.61	11.52	12.81	7.57	13.95	4.05	15.92	5.27	14.42	14.32	14.85	4.49	4.59
	Dsk	0.87	0.49	0.80	0.98	0.35	0.97	0.37	0.85	0.25	1.23	0.18	0.87	0.50	0.54
	Dku	4.02	3.06	4.20	4.52	2.86	4.89	1.52	4.98	1.50	4.90	0.84	5.51	3.57	3.79
패드의 연마율	텅스텐 연마율 (Å/min)	787	810	750	815	620	950	711	920	701	870	707	932	601	950
	텅스텐 평탄도 (%)	4.5 %	3.0%	3.1%	3.8%	3.5%	12.5%	3.5%	10.5%	4.8%	8.5%	3.5%	11.1%	3.5%	10.8%
	옥사이드 연마율 (Å/min)	2931	2950	2850	3150	2215	2705	3050	2850	2800	2815	2700	2530	2235	3215
	옥사이드 평탄도 (%)	3.8%	3.7%	3.7%	4.5%	4.2%	10.8%	10.2%	7.5%	4.5%	9.5%	4.3%	9.8%	5.5%	10.1%

[0220]

[0221] 표 1에서 보는 바와 같이, 실시예 1 내지 4와 같이 연마면의 단위 면적 당 기공의 총 면적, 및 수학식 1 내지 3의 D_q, D_{sk} 및 D_{ku} 값을 본 발명의 범위에 모두 만족하는 연마패드는 텅스텐 및 옥사이드에 대한 연마율 및 평탄도가 비교예 1 내지 10에 비해 현저히 우수함을 보였다.

[0222] 구체적으로 살펴보면, 실시예 1 및 4의 연마패드는 텅스텐 및 옥사이드에 대한 연마율이 각각 750 Å/분 내지 815 Å/분, 2850 Å/분 내지 3150 Å/분의 범위 내였고, 텅스텐 및 옥사이드에 대한 평탄도가 각각 4.5 % 이하로 우수하였다.

[0223] 이에 반해, 연마면의 단위 면적 당 기공의 총 면적이 40 % 미만인 비교예 1의 연마패드는 텅스텐 및 옥사이드에 대한 연마율이 각각 620 Å/분 및 2215 Å/분으로 실시예 1 내지 4의 연마패드에 비해 현저히 저하되었다.

[0224] 이와 반대로, 연마면의 단위 면적 당 기공의 총 면적이 60 % 초과인 비교예 2의 연마패드는 텅스텐에 대한 평탄도가 12.5 %로 실시예 2의 연마패드의 텅스텐에 대한 평탄도에 비해 현저히 저하됨을 알 수 있다. 뿐만 아니라, 텅스텐에 대한 연마율이 950 Å/분으로 실시예 1 내지 4의 연마패드에 비해 지나치게 높은 반면, 옥사이드에 대한 연마율은 2705 Å/분으로 매우 낮았다.

[0225] 한편, D_q 값이 5 μm 미만인 비교예 3의 연마패드는 텅스텐에 대한 연마율이 711 Å/분으로 실시예 1 내지 4의 연마패드에 비해 감소하였으며, 옥사이드에 대한 평탄도가 10.2 %로 실시예 1 및 2의 연마패드에 비해 현저히 저조함을 알 수 있다.

[0226] D_q 값이 15 μm 초과인 비교예 4의 연마패드는 텅스텐에 대한 연마율이 920 Å/분으로 실시예 1 내지 4의 연마패드에 비해 지나치게 증가하였으며 텅스텐 및 옥사이드에 대한 평탄도가 각각 10.5 % 및 7.5 %로 실시예 1 내지 4에 비해 저조함을 보였다.

[0227] 또한, D_{sk} 값이 0.3 이하인 비교예 5의 연마패드는 텅스텐에 대한 연마율이 저조하였고, D_{sk} 값이 1 이상인 비교예 6의 연마패드는 텅스텐에 대한 연마율이 지나치게 증가하고, 텅스텐 및 옥사이드에 대한 평탄도가 실시예 1 내지 4의 연마패드에 비해 현저히 저조함을 보였다.

[0228] 한편, D_{ku} 값이 1 이하인 비교예 7의 연마패드는 텅스텐에 대한 연마율이 저조하였고, D_{ku} 값이 5 이상인 비교예

8의 연마패드는 텅스텐 및 옥사이드에 대한 연마율 및 평탄도의 모든 물성면에서 현저히 저하됨을 알 수 있다.

[0229] 또한, 실시예 3 및 4의 연마패드는 반응속도 조절제 및 기상 발포제를 사용하지 않고도, 진공 압력 및 고상 발포제의 투입량을 조절하여 효과적으로 연마율 및 평탄도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

[0230] 이에 반해, 실시예 3 및 4의 연마패드와 같이 반응속도 조절제 및 기상 발포제를 사용하지 않은 비교예 9와 10의 연마패드는, 고상 발포제의 투입량이 너무 적거나 지나치게 많이 사용하였을 때, 단위 면적당 기공의 총 면적 및 D_q 값이 본 발명의 범위에서 벗어나게 되며, 이 경우, 연마율 및 평탄도가 현저히 나빠졌다.

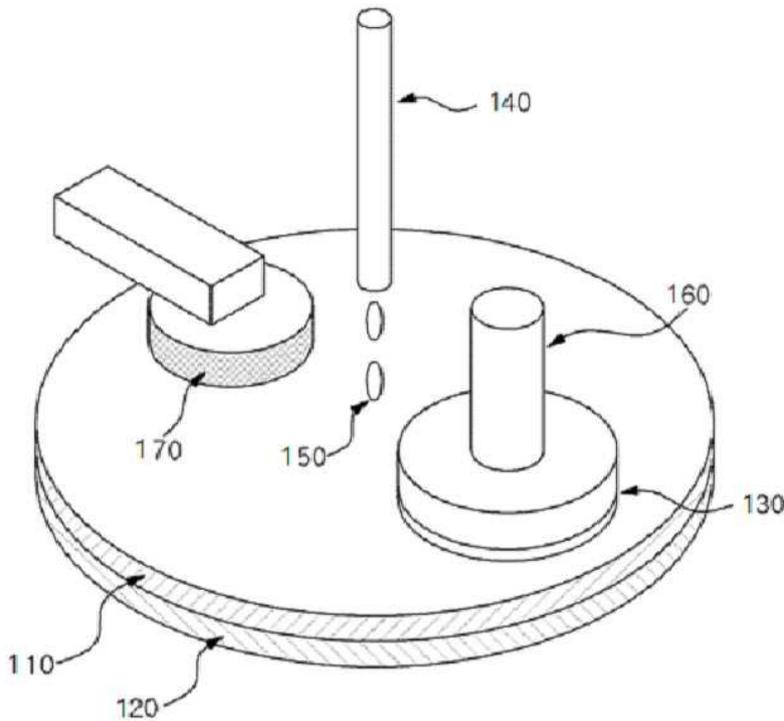
[0231] 따라서, 연마면의 단위 면적 당 기공의 총 면적뿐만 아니라 수학적 1 내지 3의 D_q , D_{sk} 및 D_{ku} 값 중 어느 하나의 파라미터라도 본 발명의 범위에서 벗어나는 경우 연마율 및 평탄도의 연마 성능에 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

부호의 설명

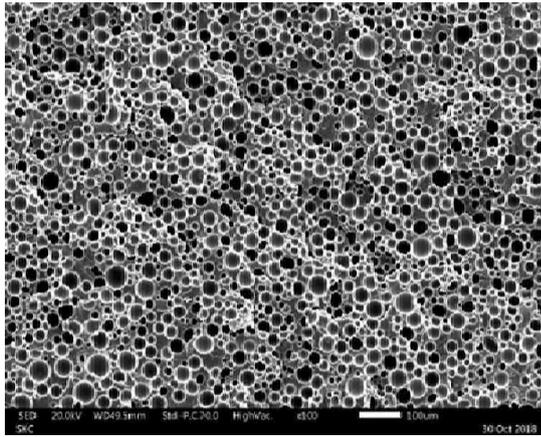
- [0232] 110 : 연마패드 120 : 정반
- 130 : 반도체 기판 140 : 노즐
- 150 : 연마 슬러리 160 : 연마헤드
- 170 : 컨디셔너

도면

도면1



도면2



도면3

