



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월16일
(11) 등록번호 10-1907900
(24) 등록일자 2018년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 41/87 (2006.01) C04B 35/52 (2006.01)
C04B 38/00 (2006.01) C04B 41/00 (2006.01)
C04B 41/45 (2006.01) C04B 41/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 41/87 (2013.01)
C04B 35/52 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0054799

(22) 출원일자 2017년04월28일

심사청구일자 2017년04월28일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120104260 A*

JP2009137789 A*

JP2007308369 A

JP2010159199 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 티씨케이

경기도 안성시 미양면 개정산업단지로 71

(72) 발명자

조동완

경기도 안성시 대덕면 서동대로 4725, 123동 150
4호 (롯데캐슬 센트럴시티)

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 안국현

(54) 발명의 명칭 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 탄소 모재 상에 TaC(탄화탄탈)를 포함하는 코팅층이 형성된 탄소재료 및 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료는 탄소 모재; 및 상기 탄소 모재 표면 상에 형성되는 평균 결정립 크기가 10 μm 내지 50 μm 인 TaC를 포함하는 코팅층;을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C04B 38/0051 (2013.01)
C04B 38/0096 (2013.01)
C04B 41/0063 (2013.01)
C04B 41/0072 (2013.01)
C04B 41/4531 (2013.01)
C04B 41/5057 (2013.01)
C04B 2235/9607 (2013.01)
C04B 2235/963 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10049594
부처명	산업통상자원부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품기술개발
연구과제명	CVD법을 통한 사파이어, SiC 단결정 성장용 도가니 및 서셉터의 TaC coating 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	주식회사 티씨케이
연구기간	2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

탄소 기재; 및

상기 탄소 기재 표면 상에 형성되는 평균 결정립 크기가 10 μm 내지 50 μm 인 TaC를 포함하는 코팅층;을 포함하고,

상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비가 0.40 이하인 것이고,

상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 피크 값 중, (111) 면의 피크값이 최대인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 15 GPa 이상인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 회절선의 반치폭이 0.15 ° 이하인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 아래의 [수학식 1]에 따른 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

[수학식 1]

표면 경도 값 (GPa) = $-38A^2 + 12A + 14$ 내지 17

A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층은, 표면 스크래치 시험값이 3.5 N 이상인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 탄소 모재는, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량이 15 부피% 내지 20 부피% 인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은, 아래의 [수학식 2]에 따른 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

[수학식 2]

표면 스크래치 값 (N) = 상기 탄소 모재 표면으로부터 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (1.4 내지 1.6) - 19.5

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 탄소 모재의 열팽창계수는, $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료.

청구항 11

탄소 모재를 준비하는 단계; 및

상기 탄소 모재 상에 1500 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서 CVD 법을 이용하여 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계;를 포함하는,

제1항의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계 후에, 1800 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계와 상기 열처리하는 단계 사이에 냉각하는 단계;를 더 포함하는 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC 를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소재료의 필요 표면 경도 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 1]을 만족하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값을 가지도록 형성하는 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

[수학식 1]

$$\text{표면 경도 값 (GPa)} = -38A^2 + 12A + 14 \text{ 내지 } 17$$

A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 포함하는 탄소재료의 필요 표면 스크래치 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 2]를 만족하는 TaC 함량을 가지도록 하는 것인,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

[수학식 2]

$$\text{표면 스크래치 값 (N)} = \text{상기 탄소 모재 표면으로부터 } 80 \mu\text{m 내지 } 150 \mu\text{m} \text{ 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피\%)} * (1.4 \text{ 내지 } 1.6) - 19.5$$

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 탄소 모재를 준비하는 단계는, 평균 기공율이 15 부피% 내지 20 부피% 인 탄소 모재를 준비하는 것을 포함하는,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 탄소 모재를 준비하는 단계는, 열팽창계수가 $7.0 \times 10^{-6} / \text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6} / \text{K}$ 인 탄소 모재를 준비하는 것을 포

함하는,

TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소 모재 상에 TaC(탄화탄탈)를 포함하는 코팅층이 형성된 탄소재료 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 모재 표면에 여러 종류의 소재로 된 박막을 도입하여, 재료의 내마모성, 내식성 등을 향상시키는 연구가 다방면으로 진행되고 있다. 그 중, 탄화탄탈(TaC)을 포함하는 소재 코팅 기술은 내열성, 내마모성 및 내가스에칭성 등의 측면에 있어서 기존의 박막 재료에 비해 우수한 특징을 가지기 때문에, 특히 관심이 집중되고 있다. 현재 TaC를 포함하는 코팅층을 탄소 모재 상에 형성시킨 탄소 재료들이 반도체용 단결정 제조장치 부재, 정밀 공작기, 엔진용 부품 등 다양한 산업 현장에 적용되어 사용되고 있다.

[0003] 이 때 형성되는 TaC를 포함하는 코팅층은, 모재와의 부착력에 있어서 종종 문제가 되어 왔다. 따라서, 탄소 모재 상에 높은 부착력을 가지는 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 기술에 대해 많은 기업체 및 연구기관에서 다양한 시도가 이루어지고 있다.

[0004] 한편, 최근에는 TaC 소재를 포함하는 코팅층의 경도 또는 표면 내마모성의 물성을 제어할 수 있는 기술에 관심이 집중되고 있다. 요구되는 소재의 사용처를 고려하여 필요로 되는 코팅층의 물성을 예상하고, 그에 따라 필요한 정도의 물성을 가지는 TaC를 포함하는 코팅층을 형성할 수 있다면 산업계의 다양한 영역에 TaC 소재의 적용이 가능해 질 수 있다. 그러나 현재까지는 TaC를 포함하는 코팅층의 경도, 표면 스크래치 값 등의 물성에 대해 사전에 정밀하게 예측할 수 있는 기술이 없어서 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 과정에서 형성될 코팅층의 물성에 대한 정확한 예측이 어려운 실정이었다. 또한 표면 경도, 표면 스크래치 값을 제어하기 위해 어떠한 변수를 어느 정도로 조절해야 하는지가 산업 현장에서 항상 불명확한 문제로 남아있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 상술한 문제들을 해결하기 위해 착안된 것으로서, 탄소 모재와 부착력이 우수하면서도 고경도와 높은 표면 스크래치 값을 지닌 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료를 형성할 수 있도록 하기 위한 것이다.

[0006] 또한, 본 발명의 다른 목적은 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료를 제조함에 있어서, 요구되는 수준의 제품의 물성 스펙을 맞추기 위해 제어할 수 있는 변수(탄소 모재의 선정, TaC를 포함하는 코팅층의 결정립 크기, 배향적 특징, X선 회절 강도 등)들을 적절한 수준으로 제어하는 기술을 제공하기 위한 것이다.

[0007] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료는 탄소 모재; 및 상기 탄소 모재 표면 상에 형성되는 평균 결정립 크기가 10 μm 내지 50 μm 인 TaC를 포함하는 코팅층;을 포함한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 15 GPa 이상인 것일 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비가 0.40 이하인 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 피크값 중, (111) 면의 피크값이 최대인 것일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 회절선의 반치폭이 0.15° 이하인

것일 수 있다.

- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 아래의 [수학식 1]에 따른 것일 수 있다.
- [0014] [수학식 1]
- [0015] 표면 경도 값(GPa) = $-38A^2 + 12A + (14 \text{ 내지 } 17)$
- [0016] A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, 표면 스크래치 시험값이 3.5 N 이상인 것일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재는, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량이 15 부피% 내지 20 부피% 인 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은, 아래의 [수학식 2]에 따른 것일 수 있다.
- [0020] [수학식 2]
- [0021] 표면 스크래치 값 (N) = 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (1.4 내지 1.6) - 19.5
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재의 열팽창계수는, $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법은 탄소 모재를 준비하는 단계; 및 상기 탄소 모재 상에 1500 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서 CVD 법을 이용하여 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계후에, 1800 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계와 상기 열처리하는 단계 사이에 냉각하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소재료의 필요 표면 경도 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 1]을 만족하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값을 가지도록 형성하는 것일 수 있다.
- [0027] [수학식 1]
- [0028] 표면 경도 값 (GPa) = $-38A^2 + 12A + 14 \text{ 내지 } 17$
- [0029] A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 포함하는 탄소재료의 필요 표면 스크래치 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 2]를 만족하는 TaC 함량을 가지도록 하는 것일 수 있다.
- [0031] [수학식 2]
- [0032] 표면 스크래치 값 (N) = 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (1.4 내지 1.6) - 19.5
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재를 준비하는 단계는, 평균 기공율이 15 부피% 내지 20 부피% 인 탄소 모재를 준비하는 것을 포함할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재를 준비하는 단계는, 열팽창계수가 $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 탄소 모재를 준비하는 것을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명의 일 측면에 따르면 탄소 모재와의 높은 부착력이 유지됨과 동시에 고경도를 가지는 TaC를 포함하는 코팅층이 형성된 탄소 재료가 제공되는 효과가 있다.
- [0036] 또한 본 발명의 다른 일 측면에 따르면 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료를 확보함에 있어서, 제조 전 단계에서부터 탄소 모재를 선정하고 TaC를 포함하는 코팅층의 회절 피크비를 조절하여 필요한 물성에 맞추어 제품을 제조할 수 있게 되는 효과가 있다.
- [0037] 이로써 본 발명의 일 실시예에 따른 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료는, 높은 수준의 물성을 정밀하게 제어해야 하는 소재가 필요로 되는 각종 산업 장비에 다양하게 활용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에서 제공하는 기공을 포함하는 탄소 모재의 단면 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따르는, 탄소 모재 및 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층이 형성된 탄소 재료의 단면 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따르는, TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법의 각 단계를 도시한 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따르는 XRD 분석 실험의 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비와 표면 경도 값 간의 상관관계를 드러내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 및 비교예로 제조된 탄소 재료에 있어서, TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료 중 하나의 샘플을 ASTM E112에 따라 평균 결정립 크기를 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0040] 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0041] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0042] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0043] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0044] 일반적으로 탄소 재료 위에 TaC 소재로 코팅층을 형성하는 공정에서 문제되어 온 것은, 코팅된 TaC층의 경도 및 모재로 쓰이는 탄소 재료와의 부착력이다. 최근 다방면에 있어, 모재의 다양한 물리적 성질에 따라 변화하는 TaC를 포함하는 코팅층의 경도 및 부착력을 향상시키기 위한 연구가 행해져 왔다. 본 발명은 상기 연구의 연장선 상에서 탄소 재료의 기공률 및 TaC 소재의 결정과 배향적 특징을 분석하여, 효과적으로 고경도이면서 높은 모재 부착력을 구비한 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료를 확보하는 것을 그 목적으로 한다.
- [0045] 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료는 탄소 모재; 및 상기 탄소 모재 표면 상에 형성되는 평균

결정립 크기가 10 μm 내지 50 μm 인 TaC를 포함하는 코팅층;을 포함한다.

- [0046] 상기 탄소 모재는, 그래파이트를 포함하여 탄소를 주성분으로 한 모재는 무엇이든 포함될 수 있다. 상기 TaC를 포함하는 코팅층은 탄탈륨(Ta) 및 탄소(C)를 주성분으로 함유하는 어떠한 재료도 포함될 수 있다.
- [0047] 이 때 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 평균 결정립 크기는 10 μm 내지 50 μm 인 것일 수 있다. 상기 평균 결정립의 크기가 10 μm 미만의 경우 TaC를 포함하는 코팅층의 경도가 일정 수준 미만으로 형성되어 통상적으로 높은 경도의 소재를 필요로 하는 반도체 제조용 장치에 적용하기 어려운 문제가 생길 수 있고, 코팅층의 결정립 크기가 50 μm 를 초과할 경우 결정립 크기를 키우는데 필요로 되는 공정 상의 에너지, 비용이 크게 증가하여 제품의 생산성을 저하시키는 문제가 생길 수 있다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 15 GPa 이상인 것일 수 있다.
- [0049] 본 발명에서 제공하는 TaC를 포함하는 코팅층은 15 GPa 이상의 고경도 표면 경도를 확보할 수 있다.
- [0050] 한편, 본 발명의 일 측면에 따르면 본 발명에서 제공하는 TaC를 포함하는 코팅층의 결정성에 관한 특징을 XRD 분석 장비를 통한 X선 회절 분석을 통해 분석할 수 있다. 이 때 X선 회절 분석 실험에는 통상의 XRD 분석 장비를 이용할 수 있다. XRD 분석 실험을 통해 파악되는 회절 피크의 값은 회절 강도에 관한 것으로 피크의 최대 높이를 의미한다. 또한 회절선의 반치폭은 상기 최대 높이의 1/2의 강도일 때의 회절 피크의 폭을 의미하는데, 이는 결정성의 지표가 될 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 측면에 따르면 TaC를 포함하는 코팅층을 탄소 모재상에 형성하는 과정에서 CVD 법을 이용할 수 있고, 이 경우 TaC를 포함하는 소재의 증착 공정에서 온도, 압력 및 TaC 전구체 각각의 분사 속도 등을 조절하면서 TaC를 포함하는 코팅층의 X선 회절 선 패턴을 변화시킬 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비가 0.40 이하인 것일 수 있다.
- [0053] 상기 회절 피크값의 비가 0.40을 초과할 경우 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도가 낮게 형성되어 높은 표면 경도의 소재를 필요로 하는 코팅층이 요구되는 반도체 제조용 장치 등에 적용하기 어려운 문제가 생길 수 있다. 또한 TaC 코팅층의 탄소 모재와의 부착력이 감소되고 결정립 간의 경계를 형성하는 결정립계가 증가되어 재료의 균질성을 감소시키는 문제가 생길 수 있다. 한편, 상기 회절 피크값의 비가 0.40을 초과할 경우 피크값의 비가 약간만 상승하더라도 큰 폭으로 상기 표면 경도값이 감소되는 문제가 발생한다. 따라서, 상기 회절 피크값의 비 0.40은 본 발명의 일 측면에 있어서 중요한 의미를 가지는 임계값에 해당하는 것이며 0.40 이하의 상기 회절 피크값을 가지는 TaC를 포함하는 코팅층은 탄소 재료의 높은 표면 경도값을 구현하는데 있어서 중요한 요인이 될 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비는 0.01 이상인 것일 수 있다. 또한, 상기 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비는 0.19 이하인 것이 TaC를 포함하는 코팅층을 고경도로 형성하기에 바람직할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 X선 회절에 의해 발생하는 피크값 중, (111) 면의 피크값이 최대인 것일 수 있다.
- [0056] TaC를 포함하는 코팅층을 XRD 분석 실험할 경우 TaC 소재의 결정성 특징으로 인해 다양한 면의 회절 피크가 발생한다. 예를 들어 (220)면, (311)면, (111)면, (200)면 등에 해당하는 회절 선이 두드러지는 강도로 형성될 수 있다. 본 발명에서 제공하는 TaC 소재를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소재료는 (111)면의 X선 회절 피크 값이 최대인 것을 특징으로 한다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, XRD 분석의 회절선의 반치폭이 0.15° 이하인 것일 수 있다. 이에 의해, 높은 결정성을 가지면서 TaC 결정립의 평균 크기가 충분히 크도록 형성된 TaC를 포함하는 코팅층을 형성할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도는, 아래의 [수학식 1]에 따른 것일 수 있다.
- [0059] [수학식 1]
- [0060] 표면 경도 값 (GPa) = $-38A^2 + 12A + (14 \text{ 내지 } 17)$

- [0061] A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값
- [0062] 본 발명의 일 측면에서 제공하는 탄소 재료는, TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값의 비와 표면 경도 값 간에 밀접한 연관성이 도출된다.
- [0063] 본 발명의 일 측면에서 제공하는 탄소 재료는 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값의 비가 증가할수록 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도 값이 점차 감소하는 경향을 보인다. 이 때 상기 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값의 비가 증가할수록 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도 값의 감소 폭은 점점 더 크게 나타나게 된다. 이러한 경향을 상기 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값의 비를 변수로 하고 음의 2차 계수를 가지는 2차 함수식에 적절한 절편의 폭을 결정하여 표면 경도 값을 표현할 수 있다([수학식 1]).
- [0064] 따라서 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 경우, 이러한 [수학식 1]을 이용하여 탄소 재료를 제조하는 과정에서부터 요구되는 제품의 표면 경도 값에 따라 TaC를 포함하는 코팅층의 X선 회절 피크값을 적절히 조절하도록 공정을 정밀하게 설계할 수 있다. 이로써 원하는 수준의 물성이 확보된 TaC 코팅층을 형성할 수 있는 장점이 있다.
- [0065] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층은, 표면 스크래치 시험값이 3.5 N 이상인 것일 수 있다.
- [0066] 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 우수한 부착력을 확인하는 방법으로서, 4- Point Bening시험, Peel-Off 시험, Scotch tape 시험, Direct Full Off 시험을 비롯한 다양한 시험방법들이 이용되고 있다. 그 중, 스크래치 시험(Scrach Test)은, 시편 준비가 쉽고 측정이 간편하여, 산업계에서 흔히 이용되고 있는, 박막 코팅층의 부착력을 확인하는 시험방법이다. 상기 스크래치 시험은 끝이 둥근 탐사침(stylus)을 이용하여 박막의 표면에 하중을 증가시키면서 기판을 이동시켜 박막이 벗겨질 때의 임계 하중 값을 가지고 접착력을 계산한다. 따라서, 스크래치 값이 높을수록 부착력의 세기가 강함을 의미한다. 본 발명의 일 예에 해당하는 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은 3.5 N 이상일 수 있다. 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값이 3.5 N 미만일 경우, 모재 표면과의 부착력이 부족해져 산업에 적용되기 어려운 문제점이 생길 수 있다. 또한, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은 6.5 N 이상인 것이 바람직하다. 또한, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은 8.0 N 이상인 것이 더욱 바람직하다. 상기 표면 스크래치 값은, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량이 증가할수록 평균적으로 증가하는 경향을 보인다. 상기 TaC의 함량은 탄소 모재상의 기공으로 상기 TaC 성분이 함침되어 결정되는 것일 수 있다. 이 때 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 평균 기공율이 증가할수록, 상기 TaC를 포함하는 코팅층과 상기 탄소 모재간의 부착력이 증가할 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재는, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량이 15 부피% 내지 20 부피% 인 것일 수 있다.
- [0068] 도 1에는, 본 발명의 상기 일 실시예에서 제공하는, 탄소 모재(110)의 단면 개념도가 도시되어 있다. 상기 탄소 모재는 다공성 탄소 재질로서 내부에 기공이 형성되어 있고, 상기 탄소 모재 상에 TaC를 포함하는 코팅층이 형성되면, 상기 기공으로 TaC 성분이 함침되어 함침 영역이 생성될 수 있다.
- [0069] 도 2에는, 본 발명의 일 실시예에 따른, TaC 성분이 함침 영역(130)을 포함하는 탄소 모재(110) 및 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층(120)을 포함하는, 고경도 TaC 코팅 탄소 재료의 단면 개념도가 도시되어 있다. 상기 함침 영역(130)은 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역(131)을 포함할 수 있다. 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역은, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 TaC 성분이 상기 탄소 모재의 기공으로 함입되어 형성된 영역의, 실질적으로 코팅층의 표면 경도 및 모재 부착력에 영향을 미치는 영역일 수 있다.
- [0070] 또한, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의, TaC의 함량은 15 부피% 내지 20 부피% 인 것일 수 있다. 상기 영역의 TaC 함량이 15 부피% 내지 20 부피% 인 경우, 본 발명의 일 측면에서 의도하는 효과인, 탄소 모재와의 부착력이 우수한 TaC를 포함하는 코팅층이 형성될 수 있다. 상기 영역의, TaC의 함량이 15 부피% 미만의 경우에는, TaC를 포함하는 코팅층과의 부착력이 약해지거나 표면 경도가 낮게 형성되는 문제점이 있을 수 있고, TaC 함량이 20 부피% 초과인 경우에는 그라파이트의 기공이 과하게 형성되어 표면 조도를 증가시키거나, 코팅층의 표면이 거칠게 형성되는 문제점이 있을 수 있다. 또한, 상기 영역의, TaC의 함량은 16.5 부피% 내지 20 부피% 인 것이 바람직하다. 또한, 상기 영역의, TaC의 함량은 18 부피% 내지 20 부피% 인

것이 보다 바람직하다. 상기 영역의 TaC의 함량이 증가한다는 것은, 탄소 모재상의 기공률이 높다는 것을 의미하고, 실질적으로 기공률이 높은 탄소 모재상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층이 형성된 재료일 수록, 더욱 우수한 부착력 및 표면 경도를 가지게 된다.

[0071] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역(131)은, TaC 함량이 상이한, 상기 탄소 모재 표면으로부터 상대적으로 얇은 구간의 제 1 영역(132)과, 상대적으로 깊은 구간의 제 2 영역(133)의 두 영역으로 구분할 수 있다.

[0072] 상기 제 1 영역은, 상기 TaC를 포함하는 코팅층과 인접한 층으로서, TaC 성분이 모재의 기공으로 충분히 함침될 수 있는 영역에 해당한다. 따라서, 탄소 모재에서 가장 높은 함침율이 발현되는 영역이다. 상기 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층의 부착력 및 표면경도는, 공정 온도 및 Ta/C 비율 등의 공정 조건에 따라 달라질 수 있으나, TaC를 포함하는 코팅층 형성 결과 생성된 상기 제 1 영역의 상기 TaC 함량이 16 부피% 내지 20 부피% 일 때, 우수한 표면 경도를 가질 수 있다. 상기 제 2 영역은, 상기 제 1 영역보다 모재 표면에서 더 깊은, 상기 제 1 영역과 인접한 층으로서, 상기 코팅층의 TaC 성분이 상대적으로 덜 함침되는 영역에 해당한다. 그러나, 이 영역의 TaC 함량 또한, 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층의 부착력 및 표면 경도에 영향을 미칠 수 있다. 상기 제 2 영역의 상기 TaC 함량이 13 부피% 내지 18 부피% 일 때, 상기 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층은, 우수한 부착력 및 표면 경도를 가질 수 있다. 상기 제 1 영역과 제 2 영역의 TaC 함량은 점진적으로 변화하는 것일 수 있다. 상기 제 1 영역과 제 2 영역 간의 경계는 탄소 재료의 TaC를 포함하는 코팅층 표면으로부터 40 μm 내지 70 μm 깊이에 형성될 수 있다.

[0073] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값은, 아래의 [수학식 2]에 따른 것일 수 있다.

[0074] [수학식 2]

[0075] 표면 스크래치 값 (N) = 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (1.4 내지 1.6) - 19.5

[0076] 상기 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층의 탄소 모재와의 부착력을 결정하는 요인은 다양하게 존재할 수 있다. 그 중 하나의 요인으로서 상기와 같이 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC 함량은 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 부착력을 결정하는데 큰 영향을 미치게 된다. 본 발명의 일 예에 따른 상기 TaC 코팅층의 표면 스크래치 값 (N) 은, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의, TaC의 함량 (부피%)을 변수로 하는 일차함수의 수식을 따르게 된다. 그에 따라 결정된 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 스크래치 값(N)은, 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (0.65 내지 0.7) - 19.5 의 값을 나타낼 수 있다.

[0077] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재의 열팽창계수는, $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 것일 수 있다.

[0078] 탄소 모재의 열팽창계수는 탄소 모재와 상기 탄소 모재 상에 형성된 TaC를 포함하는 코팅층 간의 부착력을 결정하는데 중요한 요인이 된다. TaC를 포함하는 코팅층의 열팽창계수를 고려할 때, TaC 소재의 열팽창계수와 차이가 크지 않도록 탄소 모재를 준비하여 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 가지는 탄소 재료를 형성할 수 있다. 이 때 탄소 모재의 열팽창계수는 $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 것일 수 있다. 이로써 TaC를 포함하는 코팅층의 온도변화에 의한 팽창이나 수축이 발생할 때, 탄소 모재와의 사이에서 열응력을 최소화할 수 있고 코팅층의 부착성을 향상시킬 수 있다.

[0079] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따르는, TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법의 각 단계를 도시한 순서도이다.

[0080] 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 제조방법은 탄소 모재를 준비하는 단계; 및 상기 탄소 모재 상에 1500 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서 CVD 법을 이용하여 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0081] 일반적으로 사용되는 TaC 소재의 CVD 법을 이용한 증착 방법은 800 $^{\circ}\text{C}$ 내지 900 $^{\circ}\text{C}$ 정도의 온도를 유지하는 챔버 내에서 증착 공정을 수행하거나 또는 수백 $^{\circ}\text{C}$ 정도 되는 온도에서 원료 가스를 분사하기 시작하고 챔버 내의 온도를 점차 올리거나 증착을 수행하는 방법을 사용하고 있다.

[0082] 그러나 본 발명의 일 측면에서는 CVD 법에 의해 증착을 시작하는 초기 온도를 1500 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온으로 형성하여 등온에서 수행하는 것을 특징으로 한다. 이로써 본 발명의 일 측면에서 의도하는 탄소 모재와의 높은 부착력

및 높은 표면 경도를 확보할 수 있다. 다만 상기 온도는 2500 ℃ 미만에서 형성되는 것일 수 있다. 상기 온도가 2500℃ 를 초과하는 경우에는 장비의 구현이 어렵고 온도가 너무 높아 TaC 성분이 상기 탄소 모재의 기공 안으로 함침되기 어려워져 부착력이 감소하는 문제점이 생길 수도 있다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계후에, 1800 ℃ 이상의 온도에서 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0084] 본 발명의 일 측면에서는 고온에서 CVD 법을 이용하여 TaC를 포함하는 코팅층을 증착한 후, 원료 가스의 분사를 마친 후 챔버 내에서 온도를 더 올려서 추가적으로 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이는 잔류 응력을 완화시키고 결정립 크기의 성장을 촉진시키며 보다 균질한 코팅층을 형성되도록 하여 최종적으로 형성될 제품의 TaC를 포함하는 코팅층의 물성을 향상시키는 효과가 있다.

[0085] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계와 상기 열처리하는 단계 사이에 냉각하는 단계;를 더 포함하는 것일 수 있다. 이 때, 상기 냉각하는 단계는 TaC 코팅층 표면을 냉각하는 것일 수 있으며, 탄소 재료 전체를 냉각하는 것일 수 있다. 이 때 상기 냉각하는 단계는 탄소 재료를 챔버 밖으로 꺼내어 상온까지 온도를 완전히 낮추는 것일 수도 있고, TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계가 수행되는 온도에 비해 약간의 온도를 낮추는 것일 수도 있다.

[0086] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC 를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소재료의 필요 표면 경도 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 1]을 만족하는 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값을 가지도록 형성하는 것일 수 있다.

[0087] [수학식 1]

[0088] 표면 경도 값 (N) = $-38A^2 + 12A + 14$ 내지 17

[0089] A: XRD 분석 시 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값

[0090] 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료의 경우, 이러한 [수학식 1]을 이용하여 탄소 재료를 제조하는 과정에서부터 요구되는 제품의 표면 경도 값에 따라 TaC를 포함하는 코팅층의 X선 회절 피크값을 적절히 조절하도록 공정을 정밀하게 설계할 수 있다. 이로써 생성될 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도를 원하는 수준으로 정밀하게 구현할 수 있으며, TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 과정에서 상기 TaC를 포함하는 코팅층의 (200) 면의 회절 피크값 / (111) 면의 회절 피크값의 비를 조절하여 원하는 표면 경도의 스펙에 맞는 제품을 확보할 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 TaC 코팅층을 포함하는 탄소재료의 필요 표면 스크래치 값에 따라서 TaC를 포함하는 코팅층이 아래의 [수학식 2]를 만족하는 TaC 함량을 가지도록 하는 것일 수 있다.

[0092] [수학식 2]

[0093] 표면 스크래치 값 (N) = 상기 탄소 모재 표면으로부터 깊이 100 μm 까지의 영역의 TaC의 함량 (부피%) * (1.4 내지 1.6) - 19.5

[0094] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 모재를 준비하는 단계는, 평균 기공율이 15 부피% 내지 20 부피% 인 탄소 모재를 준비하는 것을 포함할 수 있다.

[0095] 본 발명의 일 측면에서는, 부착력이 좋은 TaC를 포함하는 코팅층을 탄소 모재를 상에 형성하기 위해, 평균 기공율이 15 부피% 내지 20 부피% 인 탄소 모재를 준비하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 평균 기공율이 15 부피% 내지 20 부피% 인 탄소 모재를 준비함으로써, 본 발명의 일 측면에서 의도하는 효과인, 부착력 및 표면 경도가 우수한 TaC를 포함하는 고경도 코팅층의 구현이 가능할 수 있다. 또한, 상기 평균 기공율은 16.5 부피% 내지 20 부피% 인 것이 바람직하다. 또한, 상기 평균 기공율은 18 부피% 내지 20 부피% 인 것이 보다 바람직하다. 탄소 모재 내의 TaC 의 함량이 증가한다는 것은, 탄소 모재상의 기공률이 높다는 것을 의미하고, 실질적으로 기공률이 높은 탄소 모재 상에 TaC 코팅층이 형성된 재료일 수록, 더욱 우수한 부착력 및 표면경도를 가지게 된다. 상기 탄소 모재의 평균 기공율 측정 방법은 수은흡착법(Prosimeter : 기공률 분석기)을 통해 측정할 수 있다.

[0096] 본 발명의 일 예로, 상기 TaC를 포함하는 코팅층을 형성하는 단계는, 상기 탄소 모재의 기공들에 TaC를 포함하는 코팅층 성분이 함침되어, 상기 탄소 모재의 내부에 상기 코팅층과 접하는 함침 영역을 형성하는 것을 포함할 수 있다. 상기 탄소 모재 상의 상기 코팅층이 고온에서 형성될 경우, 상기 TaC를 포함하는 코팅층 성분은 상기

탄소 소재의 표층 기공에서부터 안쪽의 기공에 이르기까지 함침되기 시작한다. 이로써, 상기 탄소 소재의 내부에 상기 코팅층과 접하는 함침 영역이 형성될 수 있다. 상기 함침 영역의 탄소 소재 표면으로부터 깊이 80 μm 내지 150 μm 까지의 영역은, 상기 TaC를 포함하는 코팅층과 탄소 소재 간의 부착력 및 형성된 탄소 재료의 표면 경도를 결정하는데 있어 실질적으로 의미를 가지는 구간이 될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 탄소 소재를 준비하는 단계는, 열팽창계수가 $7.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ 내지 $7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 인 탄소 소재를 준비하는 것을 포함할 수 있다.

TaC를 포함하는 코팅층의 열팽창계수를 고려할 때, TaC 소재의 열팽창계수와 차이가 크지 않도록 탄소 소재를 준비하여 본 발명의 TaC를 포함하는 코팅층을 가지는 탄소 재료를 형성할 수 있다.

실시예

CVD 기법에 의해, 본 발명의 일 측면에서 제공하는 특유의 XRD 회절 피크값이 있는 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료를 복수 개 제조하였다. 본 발명의 일 측면에 따른 탄소 소재 표면으로부터 깊이 100 μm 까지의 평균 기공율(15 부피% 이상)을 갖는 탄소 소재들에 대하여, 1000 $^{\circ}\text{C}$ 기준의 직경 400mm 및 두께 10 mm의 탄소 기재에, CVD 처리조건에서 TaC 코팅층을 형성하였다. 이 때, 탄화탄탈 피복막의 C/Ta의 조성비는 1:1.05로 조정하였다. 각각의 탄소 소재의 평균 기공율은 수은흡착법으로 측정하였다.

(1) XRD 분석 시 피크값의 비와 코팅층 표면 경도 간의 관계 확인

상기의 조건 하에서 형성된 TaC를 포함하는 코팅층의 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비가 서로 상이하게 형성되도록 복수 개의 실시예 및 비교예를 제조하고 각각에 대한 표면 경도를 측정하였다.

표 1

	(200)면 / (111)면의 피크값 비	표면 경도 (GPa)
비교예 1	0.76	2.64
실시예 1	0.36	15.36
실시예 2	0.17	16.31
실시예 3	0.07	16.78

도 4는 본 발명의 실시예에 따르는 XRD 분석 실험의 (111) 면의 회절 피크값 대비 (200) 면의 회절 피크값의 비와 표면 경도 값 간의 상관관계를 드러내는 그래프이다.

도 4의 그래프를 통해, 상기 회절 피크값의 비가 0.40을 기준으로 하여 그 전후에서 상기 표면 경도 값이 크게 변화됨을 확인할 수 있다. 다시 말해, 상기 피크값의 비가 0.4 미만의 경우 TaC를 포함하는 코팅층의 표면 경도 값이 15 GPa 이상의 고경도로 형성되는 반면에 0.4 미만의 경우 상기 피크값의 비가 조금만 증가하더라도 표면 경도 값이 큰 폭으로 감소함을 확인할 수 있었다. 한편, 피크값의 비는 0.1 미만의 구간에서 점점 작아질 수록 표면 경도 값의 증가율은 점점 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

또한, 상기 실험 결과를 통해, 상기 회절 피크값의 비와 상기 표면 경도 값간에, 상기 회절 피크값의 비를 변수로 하고 일정 범위의 오차 범위 안에 표면 경도 값이 모두 포함되는 이차함수의 상관관계가 성립함을 확인할 수 있었다. 상관관계는 위에서 설명한 [수학식 1]과 같다.

(2) 탄소 소재의 평균 기공율과 TaC 코팅층의 표면 스크래치 관계 확인

상기의 조건 하에서 탄소 소재의 평균 기공율을 다르게 형성하여 제조된 TaC를 포함하는 코팅층이 형성된 탄소 재료를 각각에, 스크래치 시험을 수행하였다. 하기의 [표 2]은 본 발명의 일 측면에서 제공하는 실시예에 따라 제공된 TaC를 포함하는 코팅층을 가진 탄소 재료들의 탄소 소재의 평균 기공율에 따른 표면 스크래치 시험 결과 값이다.

표 2

	탄소 소재의 평균 기공율(부피%)	표면 스크래치 값 (N)
실시예 4	18.7	8.47
실시예 5	16.9	5.48

실시예 6	15.5	3.71
-------	------	------

[0110] 실시예 4 내지 실시예 6을 통해 본 발명의 일 측면에서 제공하는 탄소 모재인, 탄소 모재의 평균 기공율이 15 부피% 이상에 해당할 경우, 표면 스크래치 값은 3.5 N 이상으로 형성되는 것을 확인할 수 있었다.

[0111] 이를 통해, 상기 탄소 모재의 평균 기공율이 15 부피% 미만인 탄소 모재의 경우, 본 발명의 일 측면에서 의도하는 높은 부착력을 구현하기 어려움이 확인되었다. 또한, 본 발명의 일 측면에서 의도하는 탄소 모재의 평균 기공율을 일정 수준 이상으로 확보함으로써, 상기 스크래치 값을 3.5 N 이상 구현할 수 있음이 확인되었다. 상기 실험 결과를 통해, 탄소 모재의 평균 기공율이 높아질수록, 상기 탄소 모재 상의 TaC 코팅층의 부착력이 증가함을 알 수 있었다. 또한, 상기 실험 결과를 통해, 탄소 모재의 평균 기공율과 상기 탄소 모재 상의 TaC 코팅층의 스크래치 값 간에, 상기 탄소 모재 상의 TaC 코팅층의 표면 스크래치 값을 변수로 하는 일차함수의 상관관계가 성립함을 확인할 수 있었다. 상관관계는 위에서 설명한 [수학식 2]와 같다.

[0112] **(3) TaC를 포함하는 코팅층의 평균 결정립 크기와 표면 경도 간의 관계 확인**

[0113] 상기의 조건 하에서 TaC를 포함하는 코팅층의 평균 결정립 크기와 표면 경도 간의 관계를 확인하기 위하여 평균 결정립 크기를 달리 하여 복수 개의 실시예 및 비교예를 제조하고 각각의 경우에 표면 경도를 측정하였다.

[0114] 이 때, TaC를 포함하는 코팅층의 평균 결정립 크기의 측정은 평균 결정립 크기를 결정하는 표준 테스트 방법인 ASTM E112에 따라 측정하였다.

[0115] 하기의 [표 3]은 본 발명의 일 측면에서 제공하는 실시예 및 비교예에 대해서 측정된 평균 결정립 크기와 표면 경도의 측정값을 나타낸 것이다.

표 3

[0116]

	평균 결정립 크기(μm)	표면 경도(GPa)
비교예 2	6.1	2.64
실시예 7	11.2	15.36
실시예 8	11.6	16.31
실시예 9	17.5	16.11
실시예 10	20.1	16.78

[0117] [표 3]에 제시된 측정값 결과를 통해 평균 결정립 크기가 일정 수준 이상으로 증가하게 되면 표면 경도 값이 크게 상승하는 구간이 존재하는 것을 확인할 수 있다.

[0118] 도 5는 본 발명의 실시예 및 비교예로 제조된 탄소 재료에 있어서, TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이다.

[0119] 도 5a는 비교예 2의 TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이고, 도 5b는 실시예 7의 TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이고, 도 5c는 실시예 8의 TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이고, 도 5d는 실시예 9의 TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이고, 도 5e는 실시예 10의 TaC를 포함하는 코팅층 표면에 대한 SEM 이미지이다.

[0120] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 TaC를 포함하는 코팅층을 갖는 탄소 재료 중 하나의 샘플(실시예 11)을 ASTM E112에 따라 평균 결정립 크기를 측정한 그래프이다.

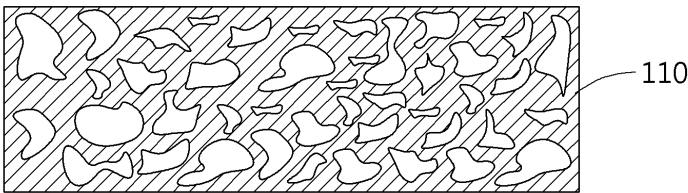
[0121] 도 6에서 측정한 샘플(실시예 11)의 경우, 평균 결정립 크기가 14.9 μm 를 나타내고 있다.

[0122] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

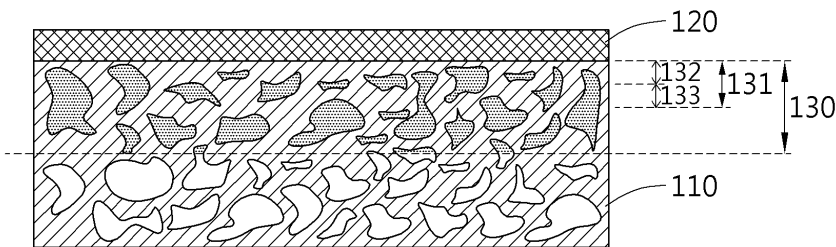
[0123] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

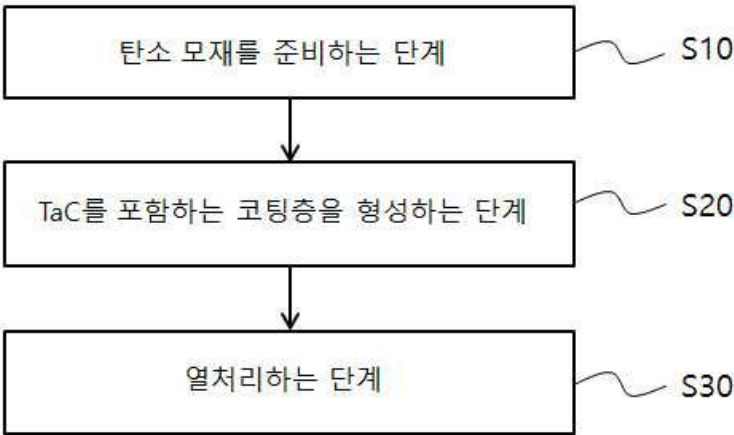
도면1



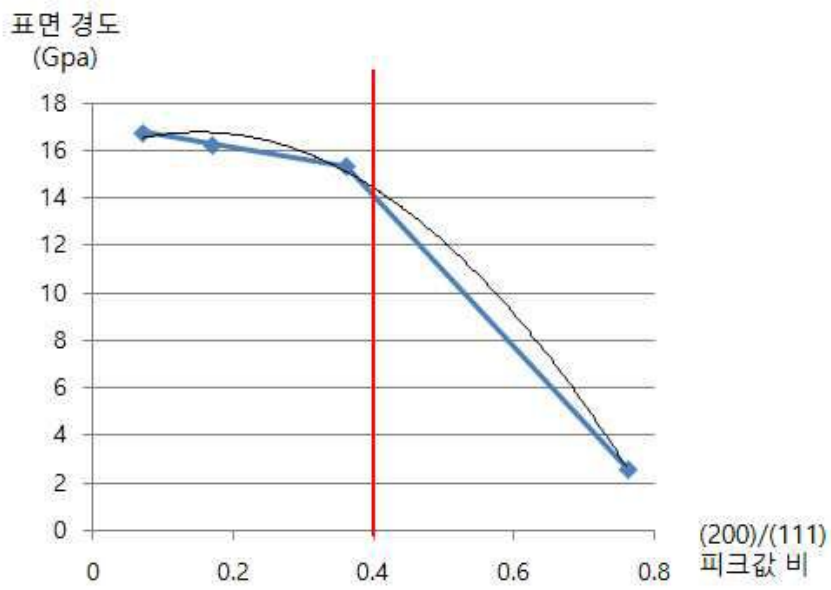
도면2



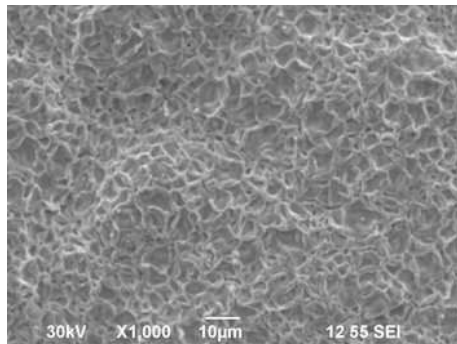
도면3



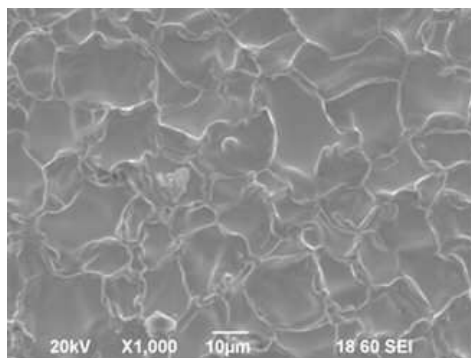
도면4



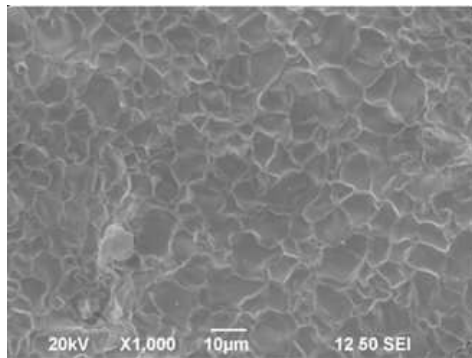
도면5a



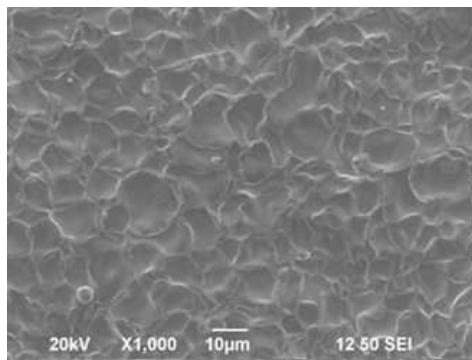
도면5b



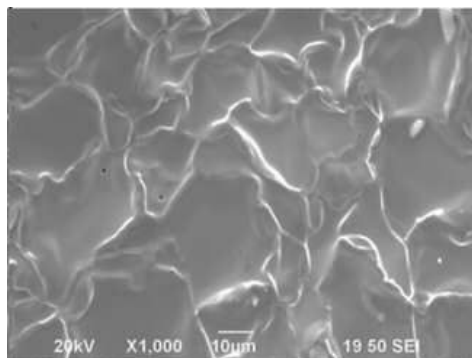
도면5c



도면5d



도면5e



도면6

