



등록특허 10-2926500



(19) 대한민국 지식재산청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2026년02월12일

(11) 등록번호 10-2926500

(24) 등록일자 2026년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 1/113 (2015.01) B22F 10/28 (2021.01)

B33Y 10/00 (2015.01) C23C 16/04 (2006.01)

C23C 16/26 (2006.01) C23C 16/455 (2006.01)

G02B 5/22 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G02B 1/113 (2020.05)

B22F 10/28 (2023.08)

(21) 출원번호 10-2025-0004101

(22) 출원일자 2025년01월10일

심사청구일자 2025년01월10일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020220135408 A

KR1020210152432 A

(73) 특허권자

국립한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

노진성

대전광역시 유성구 동서대로 125, 한밭대학교 N7동 404호

경장현

대전광역시 서구 월평새뜸로8번길 73-19 401호 (월평동)

(74) 대리인

특허법인플러스

전체 청구항 수 : 총 17 항

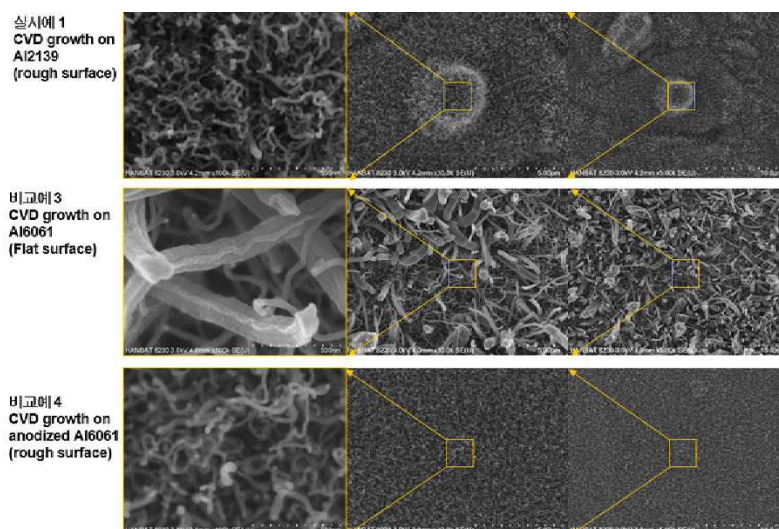
심사관 : 윤영진

(54) 발명의 명칭 광 차폐효율이 우수한 광 차폐장치(Baffle) 제조방법

(57) 요약

본 개시는 (S1) 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정으로 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제작하는 단계; (S2) 상기 기관 상에 금속 촉매를 실링하는 단계; 및 (S3) 탄소나노구조체를 직접 성장시키는 단계;를 포함하는, 산란광 차폐장치(Baffle) 제조방법에 관한 것으로서, 제조된 산란광 차폐장치(Baffle)은 나노플라워 형태의 탄소 나노섬유 배열을 형성하므로 빛을 효과적으로 산란시키거나 흡수하는 특성을 가져, 빛 포획(light trapping) 성능을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도5



- (52) CPC특허분류
B33Y 10/00 (2013.01)
C23C 16/045 (2013.01)
C23C 16/26 (2013.01)
C23C 16/45553 (2013.01)
C23C 16/45555 (2013.01)
G02B 1/12 (2013.01)
G02B 5/003 (2013.01)
G02B 5/22 (2013.01)
B22F 2301/052 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345376625
과제번호	조기취업형계약학과2023003
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원(KIAT)
연구사업명	국립한밭대학교 조기취업형 계약학과 선도대학(원) 육성 사업
연구과제명	(202403480001)(2024년도 조기취업형 계약학과 산학R&D프로젝트)
과제수행기관명	국립한밭대학교 산학협력단 지능형나노반도체연구소
연구기간	2024.09.01 ~ 2025.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

(S1) 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정으로 광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제작하는 단계;
(S2) 상기 기관 상에 금속 촉매를 실링하는 단계; 및
(S3) 상기 금속 촉매가 실링된 기관 상에 탄소나노구조체를 직접 성장시키는 단계; 를 포함하는, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 3D 프린팅 공정은 분말 소결 방식(Powder Bed Fusion)으로 수행하는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 알루미늄 합금 분말은 Al2139 알루미늄 합금인 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 금속 촉매는 알루미늄 합금 기관의 거친 표면 및 기공에 실링되는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 금속 촉매는 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 백금(Pt), 금(Au), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 구리(Cu), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh), 실리콘(Si), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V) 및 지르코늄(Zr) 중에서 선택된 어느 하나를 포함하는 촉매로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 실링 공정의 실링 용액은 니켈 전구체 및 암모늄 플루오라이드를 혼합한 용액인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 실링 공정은 60분 이내로 수행되는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 실링 공정은 상온에서 수행되는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 (S2)단계 이후, 알루미늄 합금 기관 내의 금속 촉매를 어닐링하는 단계를 더 포함하는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

(S3)단계에서 CVD(chemical vapor deposition) 공정을 통해 탄소나노구조체를 성장시키는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 500 내지 1000℃의 온도 범위에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 메탄(CH_4), 에틸렌(C_2H_4) 및 아세틸렌(C_2H_2)으로 이루어진 군 중 하나 이상의 가스와 수소가 혼합된 조건에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 Thermal-CVD(열 화학 기상 증착법)이며, 아르곤(Ar), 수소(H_2) 및 에틸렌(C_2H_4)을 포함하는 혼합기체 분위기에서 탄소 나노 섬유(CNFs)를 성장시키는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

(S3) 단계에서 나노 플라워(nano flower) 구조의 탄소나노구조체가 성장되는 것인, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법.

법.

청구항 15

제1항 내지 14항 중 어느 한 항에 의하여 제조된, 광 차폐장치(Baffle).

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 광 차폐 장치(Baffle)는 400nm 내지 1100nm 파장대에서 반사율(Reflectance)이 1% 이하인 것인, 광 차폐 장치(Baffle).

청구항 17

제15항에 있어서,

광 차폐장치(Baffle)는 별 추적기 용도인 것인, 광 차폐장치(Baffle).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 광 차폐효율이 우수한 광 차폐장치(Baffle) 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 배플(baffle)은 산업, 과학, 보안, 소비자 제품 등 다양한 광학 시스템에서 광 신호의 품질을 보장하고 외부 환경의 간섭을 차단하는 필수적인 핵심 구성 요소로 활용되고 있다. 특히, 산업용 광학 시스템과 인공위성의 별추적기와 같은 고감도 시스템에서는 외부 광원으로부터 발생하는 산란광(stray light)이나 반사광(reflected light)으로 인해 광학 성능이 크게 저하될 수 있다. 이러한 산란광은 태양광의 반사, 지구 및 행성의 알베도 반사, 그리고 우주 내 다른 인공 광원의 방출에 의해 발생하며, 탐지 정확도와 시스템 신뢰성을 저하시킨다.

[0003] 산란광 문제를 해결하기 위해 전통적으로 광학 시스템에는 배플이라고 불리는 광 차폐 장치가 설치된다. 배플은 광학 경로로 들어오는 비의도적 광원을 차단하여, 광학 센서가 원하는 신호만을 감지할 수 있도록 설계된다. 그러나 기존 배플 설계는 몇 가지 기술적 한계를 가지고 있다.

[0004] 첫째, 대부분의 배플 표면은 아노다이징 블랙 코팅이나 블랙 페인트를 사용하여 반사를 억제한다. 그러나 이러한 코팅은 넓은 파장 범위에서 흡수도가 낮아 잔여 산란광의 반사를 완전히 제거하지 못해 고감도 광학 시스템에서 여전히 간섭을 야기할 수 있다. 둘째, 우주 환경은 극한의 온도 변화, 진동, 방사선 등에 노출되므로, 배플은 경량이면서도 높은 강도를 요구한다. 전통적인 알루미늄 합금 배플은 이러한 요구를 충족하지만, 복잡한 형상을 구현하기에는 제조상 제약이 크다. 셋째, 고성능 배플 제작에는 고가의 소재와 복잡한 공정이 필요하여 생산 비용이 증가하고 대량 제조가 어려운 문제가 있다.

[0005] 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 최근 몇 년간 광 흡수 성능을 극대화할 수 있는 슈퍼블랙 코팅(super-black coating) 기술이 연구되고 있다. 또한, 간단한 공정을 통해 우수한 광 차폐 효율을 갖춘 광 차폐 기판을 개발하려는 연구가 활발히 진행 중이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3D 프린팅 공정을 통해 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기판을 제조함으로써 공정을 단순화하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3D 분말 소결(PBF) 공정 시 제작된 배플 뼈대의 잔류응력을 완화하며, 제작된 알루미늄 합금 기관은 금속 축매 실링에 충분한 거칠기를 나타내는 것을 목적으로 한다.

[0008] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 알루미늄 합금 기관 상에 나노플라워 구조의 탄소나노구조체를 형성하여, 산란 광 차폐 성능 향상을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시는 (S1) 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정으로 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제작하는 단계; (S2) 상기 기관 상에 금속 축매를 실링하는 단계; 및 (S3) 탄소나노구조체를 직접 성장시키는 단계;를 포함하는, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법을 제공할 수 있다.

[0010] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 3D 프린팅 공정은 분말 소결 방식(Powder Bed Fusion)으로 수행하는 것일 수 있다.

[0011] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 알루미늄 합금 분말은 Al2139 알루미늄 합금인 것일 수 있다.

[0012] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 축매는 알루미늄 합금 기관의 거친 표면 및 기공에 실링되는 것일 수 있다.

[0013] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 축매는 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 백금(Pt), 금(Au), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 구리(Cu), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh), 실리콘(Si), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V) 및 지르코늄(Zr) 중에서 선택된 어느 하나를 포함하는 축매로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것일 수 있다.

[0014] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 실링 공정의 실링 용액은 니켈 전구체 및 암모늄 플루오라이드를 혼합한 용액인 것일 수 있다.

[0015] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 실링 공정은 60분 이내로 수행되는 것일 수 있다.

[0016] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 실링 공정은 상온에서 수행되는 것일 수 있다.

[0017] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 (S2)단계 이후, 알루미늄 합금 기관 내의 금속 축매를 어닐링하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0018] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 (S3)단계에서 CVD(chemical vapor deposition) 공정을 통해 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다.

[0019] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 400 ~ 1000 °C의 온도에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다.

[0020] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 메탄(CH_4), 에틸렌(C_2H_4) 및 아세틸렌(C_2H_2)으로 이루어진 군 중 하나 이상의 가스와 수소가 혼합된 조건에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다.

[0021] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 Thermal-CVD(열 화학 기상 증착법)이며, 아르곤(Ar), 수소(H_2) 및 에틸렌(C_2H_4)을 포함하는 혼합기체 분위기에서 탄소 나노 섬유(CNFs)를 성장시키는 것일 수 있다.

[0022] 본 개시의 일 실시예에 있어서, (S3) 단계에서 나노 플라워(nano flower) 구조의 탄소나노구조체가 성장되는 것일 수 있다.

[0023] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 전술한 제조방법에 의하여 제조된, 광 차폐장치(Baffle)를 제공할 수 있다.

[0024] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 광 차폐 장치(Baffle)는 400nm 내지 1100nm 파장대에서 반사율(Reflectance)이 1% 이하인 것일 수 있다.

[0025] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 광 차폐장치(Baffle)는 별 추적기 용도인 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 개시의 일 측면에 따르면, 3D 공정으로 제조된 A12139 기판은 별도의 아노다이징 처리 없이도 금속 촉매를 실링하기 충분한 거친 표면을 나타낼 수 있다. 따라서, 별도의 복잡한 아노다이징 처리 공정을 생략할 수 있어 보다 경제적이며, 제조 공정 및 공정 시간을 단축할 수 있다.
- [0027] 본 개시의 또 다른 일 측면에 따르면, 알루미늄 기판 상에 나노플라워 형태의 탄소 나노섬유 배열을 형성하므로 빛을 효과적으로 산란시키거나 흡수하는 특성을 가져, 빛 포획(light trapping) 성능이 향상시킬 수 있다.
- [0028] 본 개시의 또 다른 일 측면에 따르면, 제조된 산란광 차폐 장치(baffle)는 300nm 내지 1500nm 전 영역의 파장대에서 낮은 반사율을 나타내어 산란광 차폐 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1는 분말 소결 방식(PBF:Power Bed Fusion) 3D 공정의 모식도이다.
- 도 2는 A12139 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정을 통해 제작된 알루미늄 합금 기판의 Fe-SEM 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 3은 제조예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 실링공전 전의 기판 표면을 FE-SEM(전계 방출 주사 전자 현미경)으로 분석하였다.
- 도 4는 제조예 1을 이용하여, 니켈 촉매를 실링한 것을 SEM 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 5는 CVD 공정으로 탄소나노구조체를 성장시킨 박막의 FE-SEM 이미지를 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 6은 실링 시간에 따른 FE-SEM 이미지를 도시한 것이다.
- 도 7은 실시예 1의 EDS 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 8은 비교예 3의 EDS 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 9는 비교예 4의 EDS 분석한 것을 도시한 것이다.
- 도 10은 도 10은 CVD 공정으로 탄소나노구조체 성장 전후의 EDS mapping을 도시한 것이다.
- 도 11은 제조예 1의 A12139 기판과 실시예 3의 기판의 반사율을 분석한 것이다.
- 도 12는 CVD 공정 이전과 CVD로 탄소나노구조체를 형성한 이후의 기판의 반사율을 비교한 것이다.
- 도 13은 Thermal-CVD(열 화학 기상 증착법) 공정을 통해 탄소나노섬유(CNF)가 성장하는 과정을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 개시의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 개시는 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 개시의 개시가 완전하도록 하며, 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 개시는 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0031] 다른 정의가 없다면 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다.
- [0032] 본 명세서에서 사용되는 용어의 단수 형태는 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 해석될 수 있다.
- [0033] 본 명세서에서 사용되는 수치 범위는 하한치와 상한치와 그 범위 내에서의 모든 값, 정의되는 범위의 형태와 폭에서 논리적으로 유도되는 증분, 이중 한정된 모든 값 및 서로 다른 형태로 한정된 수치 범위의 상한 및 하한의 모든 가능한 조합을 포함한다. 본 개시의 명세서에서 특별한 정의가 없는 한 실험 오차 또는 값의 반올림으로 인해 발생할 가능성이 있는 수치범위 외의 값 역시 정의된 수치범위에 포함된다.
- [0034] 본 명세서에서 언급되는 '포함한다'는 '구비한다', '함유한다', '가진다', '특징으로 한다' 등의 표현과 등가의 의미를 가지는 개방형 기재이며, 추가로 열거되어 있지 않은 요소, 재료 또는 공정을 배제하지 않는다.

- [0035] 이하에서는, 본 개시의 광 차폐효율이 우수한 광 차폐장치(Baffle) 제조방법에 대해 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 이는 예시적인 것에 불과하고 본 개시가 예시적으로 설명된 구체적인 실시 형태로 제한되는 것은 아니다.
- [0036] 본 개시는 (S1) 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정으로 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제작하는 단계; (S2) 상기 기관 상에 금속 촉매를 실링하는 단계; 및 (S3) 탄소나노구조체를 직접 성장시키는 단계; 를 포함하는, 광 차폐장치(Baffle) 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0037] 상기 탄소나노구조체 성장 방법은 금속 촉매로 전처리된 알루미늄 합금 기관 상에 CVD 방법을 사용하여 탄소나노구조체를 성장시키는 기술로 다양한 형상의 3D 프린터 기관에 균일한 블랙 코팅을 형성할 수 있으며 탄소나노구조체를 화학기상 증착법(CVD: Chemical Vapor Deposition)을 통해 직접 성장시켜, 기존 방식보다 낮은 온도에서도 고효율의 CNF 성장을 가능하게 하며 공정의 유연성과 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0038] 먼저, (S1)단계인 (S1) 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정으로 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제작하는 단계에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 기존의 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대를 제작하는 방법에 있어서, 알루미늄 합금을 CNC 또는 드릴링과 같이 재료를 깎아내는 기계적 가공 방식으로 수행된다. 이는 가공 과정에서 사용된 알루미늄 합금의 상당 부분이 절삭 폐기물로 발생하며 자원 낭비를 초래함과 동시에 알루미늄 합금은 고가의 재료로 원자재 비용 부담이 높은 문제점이 있었다. 또한 절삭 가공은 제작시간이 길고 에너지 소비가 많은 문제가 있었다.
- [0040] 이에 본 개시는 알루미늄 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정을 통해 산란광 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기관을 제조함으로써 복잡한 형상과 맞춤형 설계를 손쉽게 구현 가능하며, 기존의 공정이 비해 단축된 공정으로 빠른 생산이 가능하며 폐기물 감소와 재료 재활용으로 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.
- [0041] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 3D 프린팅 공정은 분말 소결 방식(Powder Bed Fusion)으로 수행하는 것일 수 있다.
- [0042] 분말 소결 방식(PBF: Powder Bed Fusion)은 금속 분말을 레이저로 용해 및 고화하는 방식이다. 일반적으로 PBF은 금속 냉각(106-108℃/s)으로 인해 높은 잔류 응력이 발생, 형상 변형이 일어나는 문제가 있다.
- [0043] 이에 본 개시의 일 실시예에서는 PBF 공정 시 잔류 응력을 감소시키기 위하여 분말 소결(PBF) 공정 시, 지지 구조물을 활용하여 형상 안정성을 유지하고 잔류응력을 완화시킬 수 있다.
- [0044] 또한, 빌드 플레이트를 사전에 예열하여 공정 중 발생하는 급격한 온도 구배를 줄여 열적 수축에 의해 발생하는 잔류응력을 감소시킬 수 있다. 보다 구체적으로 빌드 플레이트를 100 내지 200℃, 110 내지 200℃, 120 내지 200℃, 130 내지 200℃, 140 내지 200℃ 또는 150 내지 200℃으로 예열하는 것일 수 있다. 보다 구체적으로 160 내지 190℃ 온도 범위 내로 예열하는 것일 수 있다.
- [0045] 상기 범위 내로 빌드 플레이트를 예열하는 경우, 표면 잔류응력을 50 내지 80%, 60 내지 80% 또는 65 내지 80% 감소시켜, 형상 변형률을 65% 이상, 70% 이상 감소시킬 수 있다.
- [0046] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 알루미늄 합금 분말은 Al2139 알루미늄 합금인 것일 수 있다.
- [0047] 상기 Al2139 알루미늄 합금의 조성에 관해 구체적으로 설명하자면, Al2139합금은 알루미늄(Al)-구리(Cu)기반의 합금으로, 알루미늄(Al)이 86-90% 중량부, 구리(Cu)가 5-7%중량부, 마그네슘(Mg)이 1-2% 중량부, 지르코늄(Zr)이 0.1-0.2% 중량부 및 기타 요소로 구성된 합금 분말이다. Al2139 알루미늄 합금은 높은 강도와 경도, 우수한 열처리 가능성, 경량성, 고온 안정성, 그리고 내식성이 뛰어난 소재로, 항공우주 및 자동차 산업에 적합하다. 또한, 인공위성 탑재체와 같은 고성능이 요구되는 분야나 반도체 계측 설비와 같은 정밀 기기 제작에도 적용 및 응용될 수 있어, 산란광 차폐장치(Baffle) 제조 소재로 적합할 수 있다.
- [0048] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 Al2139 합금 분말을 이용하여, 3D 프린팅 공정을 통해 산란광 차폐장치(Baffle)를 제조하는 경우 거친 표면의 프린팅된 Al2139 박막이 생성되는 것을 확인할 수 있다.
- [0049] 도 2는 Al2139 합금 분말을 이용하여 3D 프린팅 공정을 통해 제작된 기관이다. 도 2를 참고하면, 별도의 아노다이징 처리 없이도 거친 표면의 박막을 제조할 수 있는 것을 알 수 있다. 이러한 거친 표면의 박막은 추가적인 아노다이징 처리 없이도 금속 촉매 실링에 충분한 거칠기를 나타낼 수 있다. 따라서, 추후 금속 촉매 실링 공정 시 별도의 복잡한 아노다이징 처리 공정을 생략할 수 있어 보다 경제적이며, 제조 공정 및 공정 시간을 단축할

수 있다.

- [0050] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 3D 공정으로 제조된 산란광 차폐 뼈대를 세척하여, 알루미늄 합금 기판 상의 산화층을 제거하는 것일 수 있다.
- [0051] 구체적으로는 강알칼리 및 강산용액에 침지시켜 산화층을 제거하여 표면을 활성화하는 것일 수 있으며, NaOH, KOH, HNO₃ 또는 H₂SO₄ 용액에 침지시켜 표면을 활성화하는 것일 수 있으나, 상기 용액에 제한되는 것은 아니며 산화층을 제거할 수 있는 용액이면 통상의 기술자가 적절히 선택하여 사용할 수 있다.
- [0052] 이하 (S2) 상기 기판 상에 금속 촉매를 실링하는 단계에 관하여 자세히 설명하기로 한다. 일반적으로 실링(sealing)의 목적은 아노다이징된 알루미늄 합금의 기공을 닫아 부식 저항성을 높이기 위함이나 반면, 본 개시의 실링은 금속 촉매를 함유하는 용액을 이용하여, 추후 탄소나노구조체를 성장시키기 위한 촉매를 실링하기 위하여 수행한다.
- [0053] 본 개시의 실시예에서, 상기 실링은 별도의 아노다이징 공정 없이, 금속 촉매가 상기 거친 표면을 가진 알루미늄 박막의 거친 표면 및 기공 사이에 금속 촉매를 실링하는 것일 수 있다.
- [0054] 상기 실링된 금속 촉매는 탄소나노구조체인 탄소나노튜브(CNT) 또는 탄소나노섬유(CNF)의 성장을 위한 촉매 역할을 하여, 제조된 산란광 차폐장치(Baffle)의 높은 빛 흡수율과 낮은 빛 반사율의 효과를 나타낼 수 있다.
- [0055] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 촉매는 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe), 백금(Pt), 금(Au), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 구리(Cu), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh), 실리콘(Si), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 우라늄(U), 바나듐(V) 및 지르코늄(Zr) 중에서 선택된 어느 하나를 포함하는 촉매로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상인 것일 수 있다. 보다 구체적으로는 니켈(Ni), 철(Fe), 구리(Cu), 코발트(Co), 철(Fe), 실리콘(Si), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti)으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상일 수 있으며 보다 더 구체적으로는 니켈(Ni), 철(Fe), 구리(Cu)일 수 있다.
- [0056] 본 개시의 일 실시예에 있어서, (S2)단계 실링 공정의 실링 용액은 니켈 전구체 및 암모늄 플루오라이드를 혼합한 용액인 것일 수 있다. 구체적으로 니켈 전구체는 니켈아세테이트(Ni(CH₃COO)₂), 염화니켈(NiCl₂), 아이오딘화 니켈(NiI₂), 황산니켈(NiSO₄), 질산니켈(Ni(NO₃)₂) 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 니켈 전구체를 포함하는 것일 수 있다. 보다 구체적으로는 니켈아세테이트(Ni(CH₃COO)₂) 또는 염화니켈(NiCl₂)일 수 있으며, 보다 더 구체적으로는 니켈아세테이트(Ni(CH₃COO)₂)일 수 있으나 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0057] 상기 니켈 전구체와 암모늄 플루오라이드 혼합 용액을 실링용액으로 사용하는 경우, 상온에서도 효과적으로 실링이 가능한 효과가 발생한다.
- [0058] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 실링 공정은 60분 이내로 수행되는 것일 수 있다. 보다 구체적으로 120분 이내, 110분 이내, 100분 이내일 수 있으며 보다 더 구체적으로 60분 이내로 실링 공정이 수행되는 것일 수 있다.
- [0059] 실링 시간이 너무 길어지면, 과도한 실링이 발생할 수 있으며, 이는 알루미늄 합금 기판의 기공 구조가 내부 응력에 의해 불안정해질 수 있으며, 이에 거친 표면 및 기공 내부에서 열 응력이나 화학적 변화가 발생하여 기존에 닫힌 기공이 열리면서 금속 촉매가 다시 유출될 수 있다.
- [0060] 본 개시의 (S2)단계의 실링 공정은, 보다 단순한 공정으로도 탄소나노구조체 성장촉매인 금속 촉매를 알루미늄 합금 기판 상에 효과적으로 실링할 수 있다.
- [0061] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 (S2)단계 이후, 알루미늄 합금 기판을 어닐링하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.
- [0062] 구체적으로 어닐링 온도는 400℃ 내지 600℃에서 수행되는 것일 수 있으며, 보다 구체적으로는 550℃에서 수행되는 것일 수 있다. 보다 더 구체적으로는 CVD 챔버의 온도는 400℃ 내지 600℃ 범위이며, H₂ 가스 플로우 하에서 알루미늄 합금 기판 내의 금속 촉매를 어닐링(annealing)을 수행하는 것일 수 있다.
- [0063] 상기 어닐링을 통해 금속 촉매의 표면이 활성화되어 추후 탄소나노섬유 성장 시 촉매 표면에 더 잘 흡착되도록 하며, 촉매 효율 향상될 수 있다. 또한 어닐링으로 인해 금속 촉매의 입자가 재배열 또는 응집되어 반응 효율의

적합한 크기로 성장할 수 있으며, 금속 촉매 표면에 형성된 산화막을 제거하여 금속 촉매의 활성부위를 노출시켜 탄소나노구조체의 성장을 촉진시킬 수 있다.

[0064] 이하 본 개시의 (S3)단계의 탄소나노구조체의 성장 공정에 대해 설명하기로 한다.

[0065] 본 개시의 일 실시예에 있어서, (S3)단계에서 CVD(chemical vapor deposition) 공정을 통해 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다.

[0066] 상기 금속 촉매의 실링 공정에 의하여, 탄소나노구조체인 탄소나노튜브(CNT) 또는 탄소나노섬유(CNF)를 기판 상에 직접 성장시킬 수 있으며, 기존의 방식보다 낮은 온도에서 고효율의 탄소나노튜브(CNT) 또는 탄소나노섬유(CNF)의 성장이 가능하다.

[0067] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 500 내지 1000℃의 온도에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다. 보다 구체적으로 500 내지 900℃, 500 내지 850℃, 500 내지 800℃, 500 내지 750℃, 500 내지 700℃, 500 내지 650℃ 또는 500 내지 600℃의 온도 범위에서 수행할 수 있다. 보다 더 구체적으로는 500 내지 570℃ 범위의 온도범위에서 수행하는 것일 수 있다.

[0068] 본 개시의 일 실시예에서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 메탄(CH_4), 에틸렌(C_2H_4) 및 아세틸렌(C_2H_2)으로 이루어진 군 중 하나 이상의 가스와 수소가 혼합된 조건에서 탄소나노구조체를 성장시키는 것일 수 있다. 보다 더 구체적으로는 에틸렌(C_2H_4)을 사용하는 것일 수 있다.

[0069] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 CVD (chemical vapor deposition) 공정은 Thermal-CVD(열 화학 기상 증착법)이며, 아르곤(Ar), 수소(H_2) 및 에틸렌(C_2H_4)을 포함하는 혼합기체 분위기에서 탄소 나노 섬유(CNFs)를 성장시키는 것일 수 있다. 구체적으로 Mass Flow Controller로 혼합기체의 유량을 아르곤(400 SCCM), 수소(200 SCCM), 에틸렌(300 SCCM)로 제어할 수 있다.

[0070] 도 13을 참고하여 Thermal-CVD 증착 공정에 대하여 상세히 설명하기로 한다. 탄소나노구조체 성장 상기 혼합기체가 약 800℃에서 반응하여, 약 800℃의 고온 구역(Zone 1)에서 혼합가스(Ar , H_2 , C_2H_4)가 활성화된다.

[0071] 활성화된 혼합가스는 상대적으로 온도가 낮은 Zone 2로 이동할 수 있다. 상대적으로 온도가 낮은 저온 구역(Zone 2)에 위치한 기판 표면에 탄소나노구조체(CNF)가 안정적으로 성장하는 것일 수 있다. ZONE 2는 상대적으로 온도가 낮은 기체들이 기판에 도달하는 지점으로, 탄소나노구조체 형성에 적합한 저온 조건을 제공한다. 구체적으로 상기 저온은 500℃ 내지 550℃ 범위의 온도를 의미할 수 있다. 이와 같은 탄소나노구조체 성장 방법은 탄소나노구조체의 안정된 성장을 보장하며, 고효율 및 균일한 코팅을 가능하게 할 수 있다.

[0072] 본 개시의 일 실시예에서, (S3) 단계에서 나노 플라워(nano flower) 구조의 탄소나노구조체가 성장되는 것일 수 있다.

[0073] 도 5를 참고하면, CVD 공정으로 나노플라워 구조의 탄소나노섬유가 형성된 것을 확인할 수 있다. 즉 본 개시는 상기 CVD 공정을 통하여, 알루미늄 합금 기판 상에 나노 flower 구조의 탄소나노구조체를 성장시킬 수 있다. 상기 나노 flower 구조는 높은 표면적과 다공성의 구조를 가져 빛을 효과적으로 흡수할 수 있어 산란광 차폐 성능을 향상시킬 수 있다.

[0074] 본 개시는 상기 알루미늄 합금 기판 상에 탄소나노구조체를 직접 성장시키는 방법을 통하여 제조된 광 차폐장치(Baffle)를 제공할 수 있다.

[0075] 본 개시는 상기 광 차폐 장치는 400nm 내지 1100nm 파장대에서 반사율(Reflectance)이 1% 이하인 것일 수 있다.

[0076] 구체적으로 상기 광 차폐 장치는 300nm 내지 1500nm 전 영역의 파장대에서 반사율(Reflectance)이 5% 이하 또는 4% 이하일 수 있으며, 3% 이하의 낮은 반사율을 나타내어 광 차폐 성능이 높은 것일 수 있다.

[0077] 보다 더 구체적으로 상기 광 차폐장치는 400nm 내지 1100nm 파장대에서 1% 이하일 수 있으며, 700nm 내지 900nm 파장대에서는 0.9% 이하, 0.8% 이하 또는 0.7%이하의 낮은 반사율을 나타내는 것일 수 있다.

[0078] 본 개시의 일 실시예에 있어서, 상기 광 차폐장치(Baffle)는 별 추적기 용도로 사용되는 것일 수 있다.

[0079] 산란광이 별 추적기의 신호를 방해하여 별의 신호를 정확히 감지하기 어려운 문제가 있다. 그러나 본 발명의 광 차폐장치(Baffle)를 별 추적기의 검출기 앞에 배플(baffle) 형태로 탑재하면, 나노 플라워 구조의 탄소 나노구조체가 산란광을 효과적으로 흡수한다. 이를 통해 신호 대 잡음비(S/N 비율)를 향상시켜 보다 정확한 별 추적이

가능해진다.

- [0080] 이하 본 개시의 이해를 돕기 위해 실시예 등을 통해 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 개시에 따른 실시예들은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 여러가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 개시의 범위가 하기 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 개시의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 개시를 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이며, 다만 당업자에게 본 개시의 사상을 충분히 전달하기 위해 제공하는 것이다.
- [0082] **[제조예 1] 3D 공정으로 수행한 Al2139 기판(rough surface)**
- [0083] 기판을 제작하기 위하여, 알루미늄 합금 AL2139 분말을 준비한후, 빌드 플레이트를 175℃로 예열하여 온도 구배를 감소시키고 잔류 응력을 줄였다. 레이저 출력은 200W, 스캔 속도는 1000mm/s로 설정하여 스캔 간격은 50 μm으로 설정하였다. 빌드 플레이트 상에 분말 층을 형성하고 레이저를 사용하여 선택적으로 용해 및 고화하였다. 냉각 속도는 10^6 - 10^8 °C/s 수준으로 유지하였고, 단일 층이 형성된 후, 다음 분말층을 동일한 두께로 형성하고 레이저 스캔을 반복하여 적층 공정을 진행하여 차폐장치(Baffle)의 뼈대 기판을 제작하였다.
- [0085] **[제조예 2] 니켈 실링(Ni sealing) 공정 (30분)**
- [0086] 제조예 1을 NaOH 용액에 담그므로, 제조예 1의 산화층을 제거하여 표면을 활성화시켰다. Nickel acetate (1.75 g) + Ammonium Fluoride (0.52 g) +H₂O (400 ml) 용액을 이용하여 상온(25℃) 환경에서 30분 동안 실링하였다.
- [0088] **[제조예 3] 니켈 실링 공정 (60분)**
- [0089] 제조예 2에서 니켈 실링을 60분 동안 수행한 것을 제외하고 제조예 2와 동일하게 수행하였다.
- [0091] **[실시예 1] CVD growth on Al2139 (rough surface)**
- [0092] 상기 제조예 2에 의해 제조된 니켈 실링된 알루미늄 합금 기판을 CVD 챔버의 2구역에 수직으로 배치하였다. 1구역은 Ar 가스(400 sccm)와 H₂ 가스(200 sccm)의 혼합 상태에서 750℃로 1시간 동안 가열되었으며, 2구역은 550℃의 온도를 유지했습니다. 이후, 상기 기판은 이 온도에서 10분간 유지되어 주로 H₂ 가스 흐름 아래에서 촉매 어닐링을 진행하였다.
- [0093] 챔버 내부의 온도는 800℃으로 설정하고, 박막은 챔버의 가장자리에 위치시켰다. Ar: 400(sccm), H₂: 200(sccm), C₂H₄: 300(sccm)의 가스 흐름에서 성장시간은 15분으로 하여, CNF 성장을 시작하였습니다. CVD 챔버의 벽에 남은 탄소 잔여물을 제거하기 위해, 800℃에서 1시간 동안 공기 베이킹(400 sccm의 흐름)을 진행하였다.
- [0095] **[실시예 2] Ni sealing(60) Al2139 (rough surface) on CVD growth**
- [0096] 실시예 1에서 제조예 2의 기판을 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 수행하였다.
- [0098] **[실시예 3] Fe & Ni sealing Al2139 (rough surface) on CVD growth**
- [0099] 실시예 1에서 Ni 촉매 대신 Fe와 Ni 혼합 촉매를 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 제조하였다.
- [0101] **[비교예 1] Bare Al6061 (Flat surface)**
- [0102] Al6061 알루미늄 합금 기판을 준비하였다.
- [0104] **[비교예 2] Bare anodized Al6061 (rough surface)**
- [0105] Al6061 알루미늄 합금 박막을 아노다이징한 기판을 준비하였다.
- [0107] **[비교예 3] CVD growth on Al6061 (Flat surface)**
- [0108] Al6061 알루미늄 합금 기판을 준비한 후, 실시예1과 동일하게 CVD 공정을 수행하였다.
- [0110] **[비교예 4] CVD growth on anodized Al6061 (rough surface)**
- [0111] 비교예 2의 알루미늄 합금 기판을 이용한 것, 성장시간을 1시간동안 수행한 것을 제외하고 실시예와 동일하게 CVD 공정을 수행하였다.

- [0113] **[비교예 5]**
- [0114] 제조예 1의 A16061 알루미늄 합금 기판에 금속 촉매 실링 공정을 생략한 것을 제외하고, 실시예 1의 CVD 성장방법과 동일하게 수행하였다.
- [0116] ***물성 평가 방법**
- [0117] **표면 형상 및 원소 매핑:** 3D 프린터 기반 알루미늄 합금 기판과 순수한 3D 프린터 기반 알루미늄 합금 위에 성장한 CNF의 표면 형상은 초고해상도 전계 방출 주사 전자 현미경(FE-SEM, Hitachi SU8230 장비, 원소 매핑을 위한 X-선 에너지 분산 분광법(EDS) 포함)을 사용하여 분석되었습니다.
- [0118] **광학적 특성 분석:** CNF가 성장한 모든 3D 프린터 기반 알루미늄 합금 기판의 광학적 특성은 5 cm x 5 cm x 0.2 cm 크기의 시료를 사용하여 PerkinElmer LAMBDA 1050+ UV/Vis/NIR 분광광도계 또는 Shimadzu 3600i를 사용하여 자외선(UV) - 가시광선(VIS) - 근적외선(NIR) 범위(250 nm에서 1,500 nm)에서 측정되었습니다.
- [0119] 총 반사율은 8도 입사각의 적분구를 사용하여 측정하였으며, 자외선(UV) - 가시광선(VIS) - 근적외선(NIR) 범위에서 백색 반사율 표준으로 정규화 하였습니다.
- [0120] 투과율과 반사율을 측정하였으며, 흡수율(A)은 $1 - R - T$ 로 계산되었습니다. 여기서 R과 T는 각각 반사율과 투과율을 의미합니다.
- [0122] **평가예 1: 실링 공정 수행 전, 기판의 FE-SEM 분석.**
- [0123] 실링 공전 수행 전, 제조예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 박막 표면을 FE-SEM(전계 방출 주사 전자 현미경)으로 분석하였다.
- [0124] 도 2는 3D 공정으로 제조된 A12139 기판의 FE-SEM 분석을 도시한 것이다. 도 2를 참고하면, 3D 공정으로 수행한 A12139 기판인 제조예 1은 별도의 아노다이징 처리 없이도 거친 표면을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0125] 반면, 도 3을 참고하면 3D 공정으로 제조되지 않은 A16061 합금 기판(비교예 1)은 거친 표면이 아닌 매끄럽고 평탄한 표면으로, 결정립이나 미세 구조가 표면에 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다.
- [0126] 또한 비교예 2는 비교예 1의 기판을 아노다이징 처리한 것으로 A16061 합금을 아노다이징(anodizing) 처리한 후에야 기판 표면에 다공성 구조가 관찰되는 것을 확인하였다.
- [0127] 즉, 본 개시는 3D 공정으로 기존의 공정이 비해 단축된 공정으로 빠른 생산이 가능하며 이와 동시에 별도의 아노다이징 처리 공정 없이도 다공성의 표면 및 거친 표면을 가진 박막을 제조할 수 있는 것을 확인하였다. 이는 아노다이징의 추가 공정 없이도 추후 금속 촉매를 효과적으로 실링할 수 있는 효과가 발생한다.
- [0129] **평가예 2: FE - SEM images before CVD growth**
- [0130] 도 4는 제조예 1을 이용하여, 니켈 촉매를 실링한 것을 SEM 분석한 것을 도시한 것이다.
- [0131] 도 4를 참고하면, 니켈 실링 공정을 30분간 수행한 제조예 2는 표면에 니켈이 부분적으로 분포되어있는 것을 확인할 수 있으며, 표면의 거친 다공성 구조를 따라 니켈이 실링된 영역이 형성되어 반응 활성부위가 형성된 것을 확인할 수 있다. 이어 니켈 실링공정을 60분간 수행한 제조예 3은 기판 상에 표면 전체에 니켈층이 형성된 것을 확인할 수 있다.
- [0132] 이와 같이 니켈 실링공정으로 형성된 균일한 코팅은 탄소 나노구조체의 성장 품질과 효율을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0134] **평가예 3: FE - SEM images after CVD growth**
- [0135] 탄소나노구조체를 CVD 공정을 통해 성장시킨 실시예 1 및 비교예 3과 4의 FE - SEM 분석하였다.
- [0136] 도 5는 CVD 공정으로 탄소나노구조체를 성장시킨 기판의 FE-SEM 이미지를 분석한 것을 도시한 것이다. 도 5를 참고하면, 실시예 1의 경우 표면적이 높은 나노 플라워 형태의 탄소나노섬유(CNF) 및 탄소나노튜브(CNT)가 전체 표면에 걸쳐 고르게 형성된 것을 확인할 수 있다. 이러한 나노플라워 형태의 탄소나노구조체가 퍼콜레이션 네트워크(percolation network)를 이루며 광 파장을 포획(Trap)하여 광흡수 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0137] 반면 비교예 3의 경우, 실시예 1와는 달리 나노플라워 형태가 군집(cluster) 형태로 형성되었으며, 보다 평탄한 표면을 나타내어 비표면적이 낮은 것을 확인할 수 있다. 비교예 4는 형성된 탄소나노구조체가 나노플라워 형태

로 형성하지 못한 것을 확인할 수 있다.

[0138] 이어서 도 6을 참고하면, 실링 시간에 따른 FE-SEM 이미지를 도시한 것이다. 실링 시간이 경과함에 따라 나노플라워 형태의 탄소구조체가 형성되며, 표면적이 넓어지는 것을 확인할 수 있다.

[0139] 이와 같이 본 개시의 나노플라워 형태의 CNT/CNF 탄소나노구조체의 형성은 높은 비표면적, 복잡하고 거친 표면적으로 광 차폐 성능을 향상시킬 수 있다.

[0141] **평가예 4: EDS(에너지 분산 분광법) 분석**

[0142] 실시예 1 및 비교예 3과 4의 기판을 EDS(에너지 분산 분광법)으로 분석하였다.

[0143] 도 10은 CVD 공정으로 탄소나노구조체 성장 전후의 EDS mapping을 도시한 것이다.

표 1

[0144]

	CVD 성장 전	CVD 성장 전
Element	Weight %	Weight %
C K	9.0	63.3
O K	45.1	18.2
Al K	41.5	16.9
S K	2.6	0.6
Ti K	0.6	0.5
Ni K	1.3	0.5

[0145] 상기 표 1과 도 10을 참고하면, CVD 공정을 통해 탄소(C) 함량이 크게 증가하고, 산화층(O)과 알루미늄(Al)의 신호가 감소하였습니다. 이는 CVD 공정 후 산소의 감소는 탄소층이 형성되면서 산화층(Oxide layer)이 덮이거나 제거된 결과를 나타낸 것으로, C 탄소층이 균일하게 증착된 것을 확인하였다.

[0146] 도 7은 실시예 1의 EDS 분석한 것을 도시한 것이다. 도 7을 표로 표현하자면 하기와 같다.

표 2

[0147]

Element	Weight %	Atomic %
C K	76.4	87.6
O K	1.6	1.4
Mg K	0.6	0.4
Al K	20.4	10.4
Ti K	0.2	0.1
Mn K	0.1	0.0
Ni K	0.2	0.0
Cu K	0.5	0.1

[0148] 도 7과 표 2를 참고하면, CVD 공정 후의 실시예 1의 박막은 C의 함량이 1100 K 이상이며, 87.6 중량%로 높은 탄소 함량을 구성하는 것을 확인할 수 있다. 본 개시의 공정이 CVD 공정을 통해 기판 표면에서 탄소나노구조체가 안정적으로 이루어지는데 효과적인 것을 나타낸다.

[0149] 반면, CVD growth on Al6061 (Flat surface)인 비교예 3의 분석 결과는 하기 표 3과 같다.

표 3

[0150]

Element	Weight %	Atomic %
C K	84.7	92.5
O K	0.2	0.1
Mg K	1.0	0.5
Al K	13.5	6.6
Ni K	0.7	0.2

[0151] 비교예 3은 탄소의 비중은 높으나, 도 8을 참고하면, 탄소(C)의 X선 방출 강도(intensity)가 실시예 1에 비해 낮은 것으로 보아 전체 탄소 함량은 실시예 1에 비해 낮은 것을 확인할 수 있다.

[0152] 또한 CVD growth on anodized Al6061 (rough surface)인 비교예 4의 분석 결과는 하기 표 4와 같다.

표 4

Element	Weight %	Atomic %
C K	55.9	67.3
O K	25.3	22.9
Al K	16.7	9.0
S K	1.8	0.8
Ni K	0.3	0.1

[0154] 상기 표 4과 도 9를 참고하면, 실시예 1에 비해 탄소(C) 피크가 상대적으로 낮아 상대적으로 탄소 함량이 적은 것을 알 수 있다.

[0155] 특히, 산소(O)의 비중이 22.9%로 매우 높아 기판 표면의 산화가 탄소 성장을 방해하여 탄소나노구조체 형성이 제한되어, 탄소 함량이 감소한 것으로 추정된다.

[0156] 본 개시에서 제안된 3D 프린팅된 알루미늄 합금 기판에 블랙 탄소 나노섬유 배열을 직접 성장시키는 방법은, 별도의 아노다이징 공정이나 추가적인 표면 처리 없이도 효과적으로 탄소나노구조체를 형성할 수 있음을 확인하였다.

[0157] 이 방법은 기판 표면의 고유한 거칠기와 조성의 조화로 인해 나노플라워 형태의 균일하고 복잡한 탄소나노구조체 배열을 성공적으로 성장시킬 수 있었으며, 이는 기존의 아노다이징 공정을 필요로 하는 비교예 4와는 대조적으로 공정 시간 및 비용 효율성을 극대화할 수 있음을 알 수 있다.

[0159] 평가예 5: Optical reflectance in UV-vis-NIR

[0160] 도 11은 제조예 1의 Al2139 기판과 실시예 3의 기판의 반사율을 분석한 것이다.

[0161] 도 11을 참고하면, Fe&Ni 금속 촉매를 실링한 후 CVD 공정으로 탄소나노구조체를 성장시킨 실시예 3은 반사율이 전 파장 영역에서 1% 이하로 낮은 것을 확인하였다. 즉, 본 개시의 제조방법에 의해 형성된 배플(Baffle) 기판은 20~30% 이상의 반사율을 가진 기판을 1% 이하로 반사율을 낮출 수 있는 효과가 발생한다.

[0162] 도 12는 CVD 공정 이전과 CVD로 탄소나노구조체를 형성한 이후의 기판의 반사율을 비교한 것이다.

[0163] 도 12를 참고하면, 실시예 1의 경우 CVD 공정 이후 300 내지 1500nm의 전 영역의 파장 범위에서 반사율이 0.001~1% 수준으로 매우 낮은 것을 확인할 수 있다. 즉, 이는 나노플라워 형태의 탄소나노구조체가 빛을 효과적으로 산란 및 흡수하여 광학적 산란 효율과 빛 포획 성능(light trapping)을 향상시킴으로 인한 현상이다.

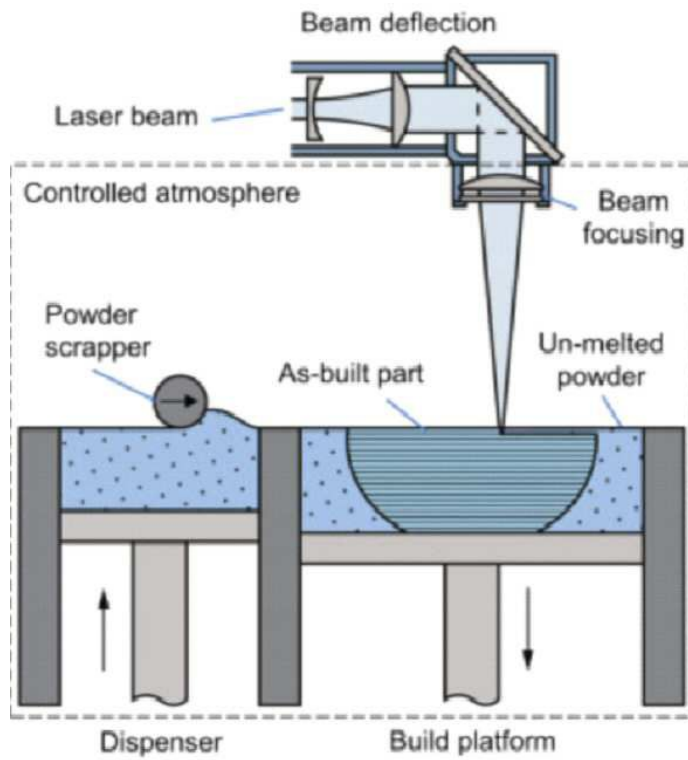
[0164] 반면, 비교예 3 및 4의 경우 실시예에 비해 높은 반사율을 나타내며, 이는 빛 포획(light trapping) 성능이 제한적인 것을 알 수 있다.

[0165] 즉 본 개시는 나노플라워 형태의 탄소 나노섬유 배열을 형성하므로 빛을 효과적으로 산란시키거나 흡수하는 특성을 가져, Al2139 기판에서의 빛 포획(light trapping) 성능이 향상시킬 수 있다.

[0166] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이지 아닌 것으로 이해해야 한다.

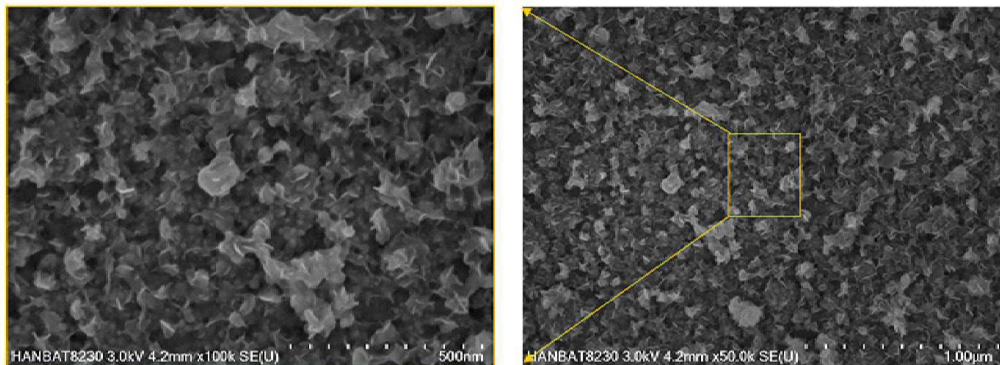
도면

도면1

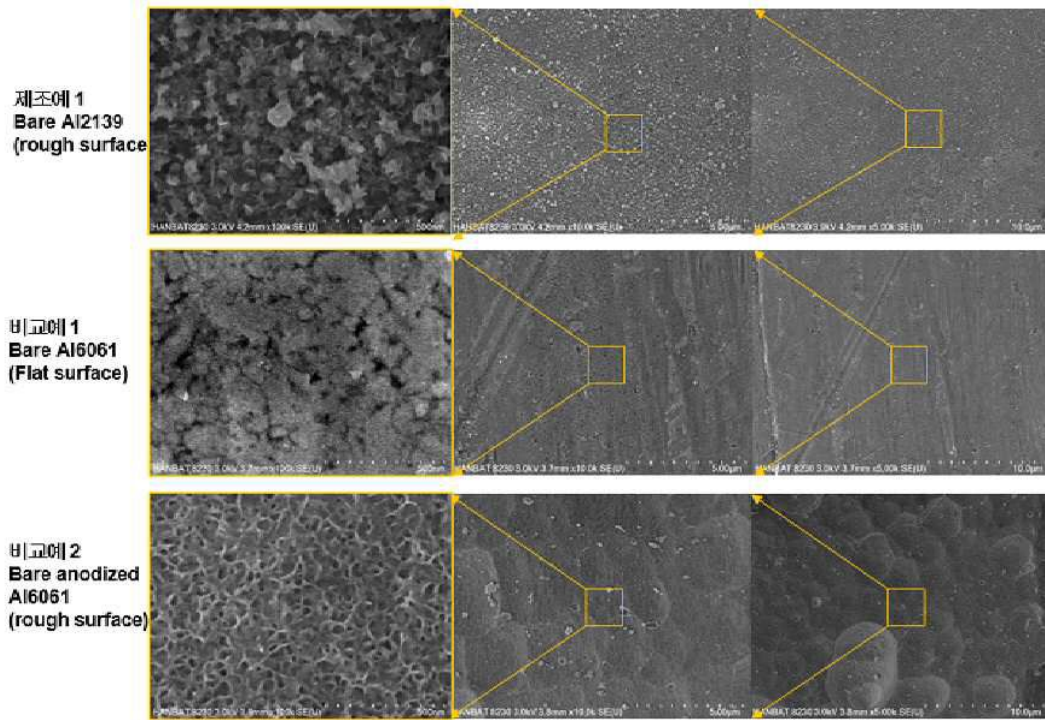


도면2

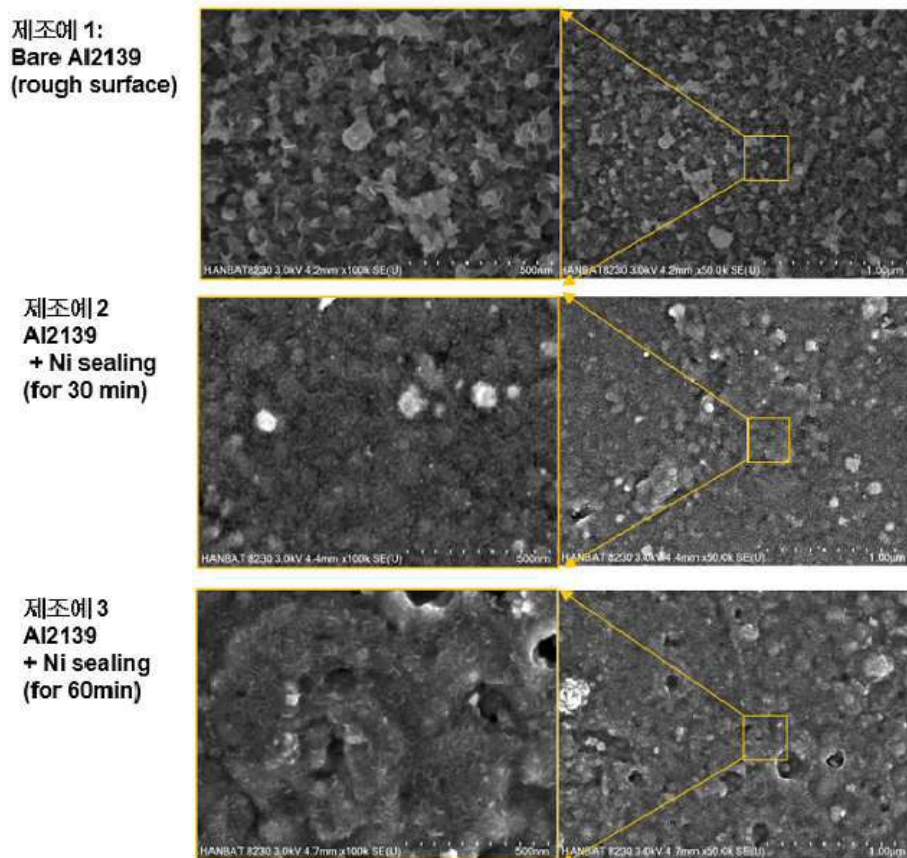
Bare Al2139 (rough surface)



도면3

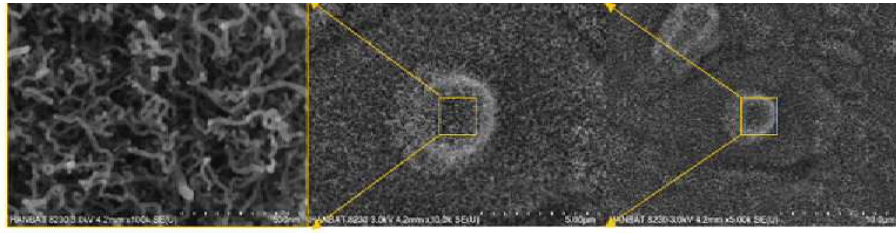


도면4

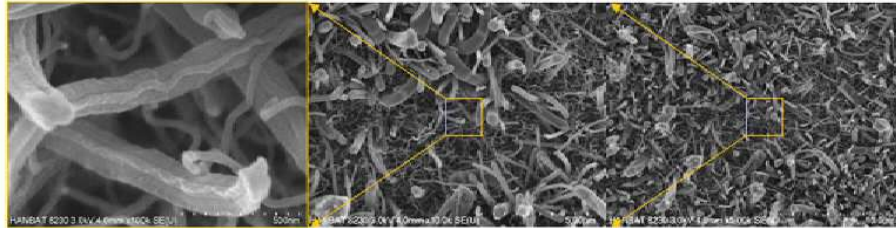


도면5

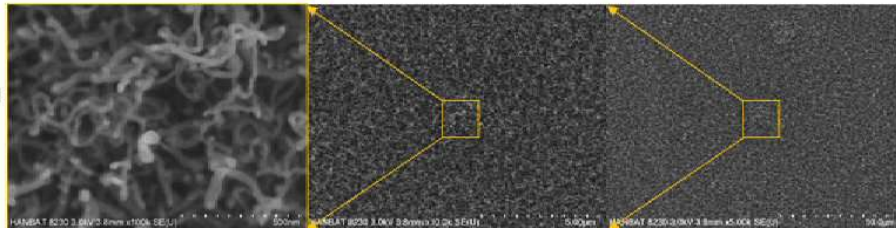
실시예 1
CVD growth on
Al2139
(rough surface)



비교예 3
CVD growth on
Al6061
(Flat surface)

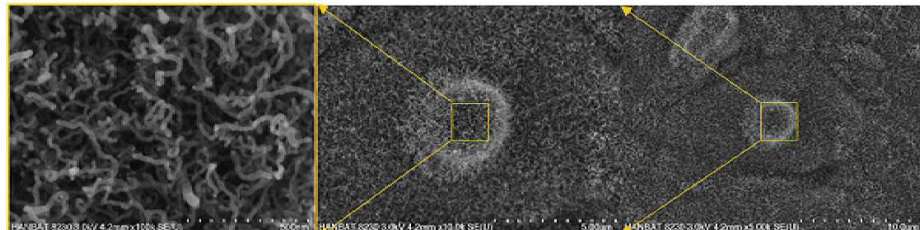


비교예 4
CVD growth on
anodized Al6061
(rough surface)

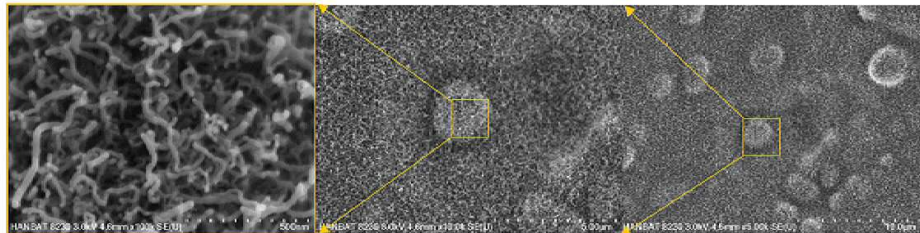


도면6

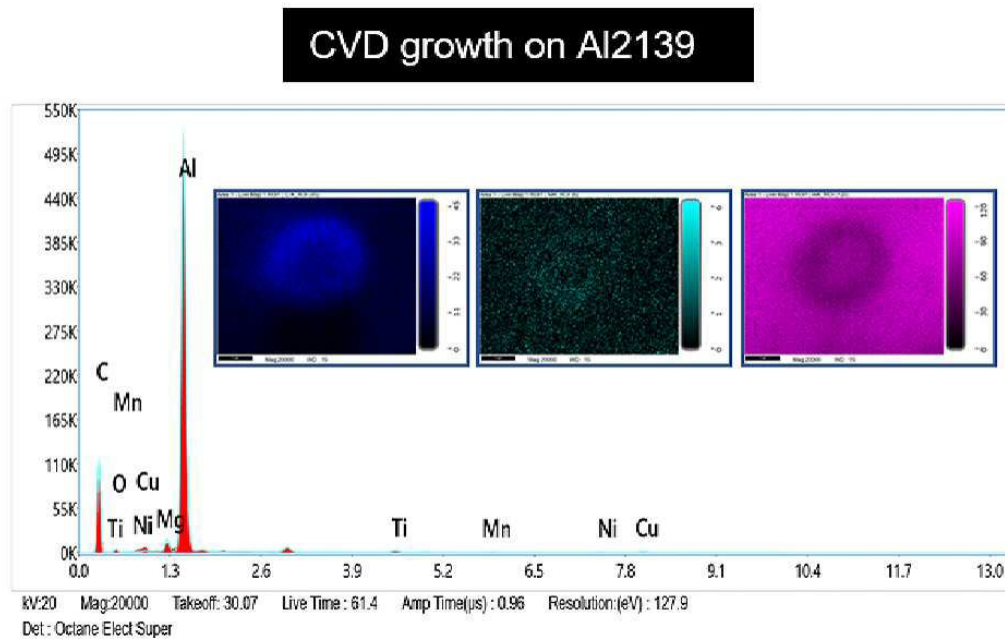
실시예 1
CVD growth
on Al2139
(Ni sealing
for 30 min)



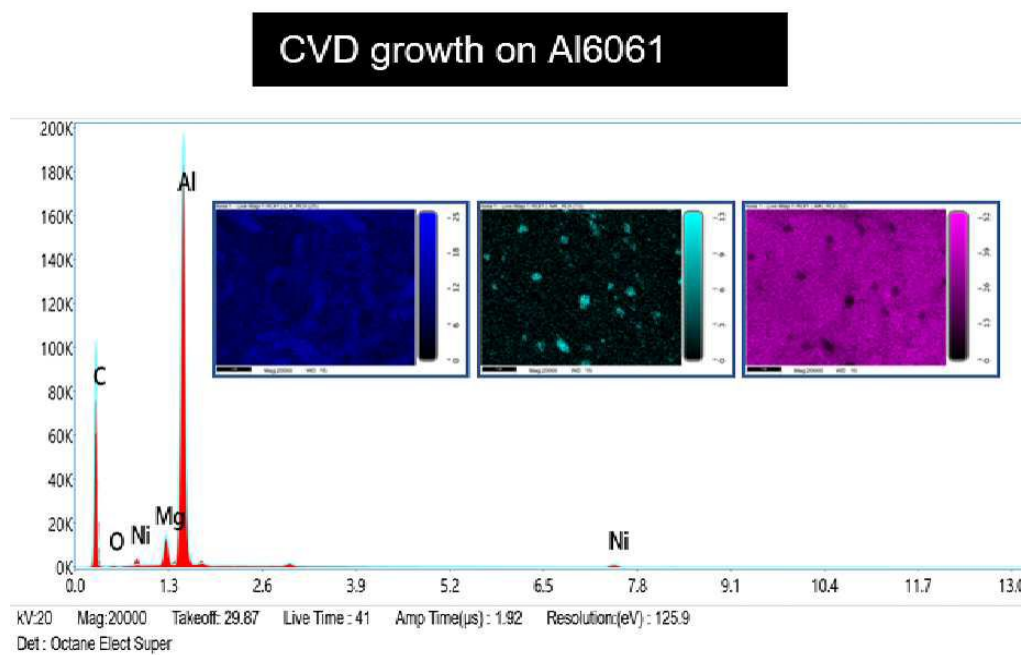
실시예 2
CVD growth
on Al2139
(Ni sealing
for 60 min)



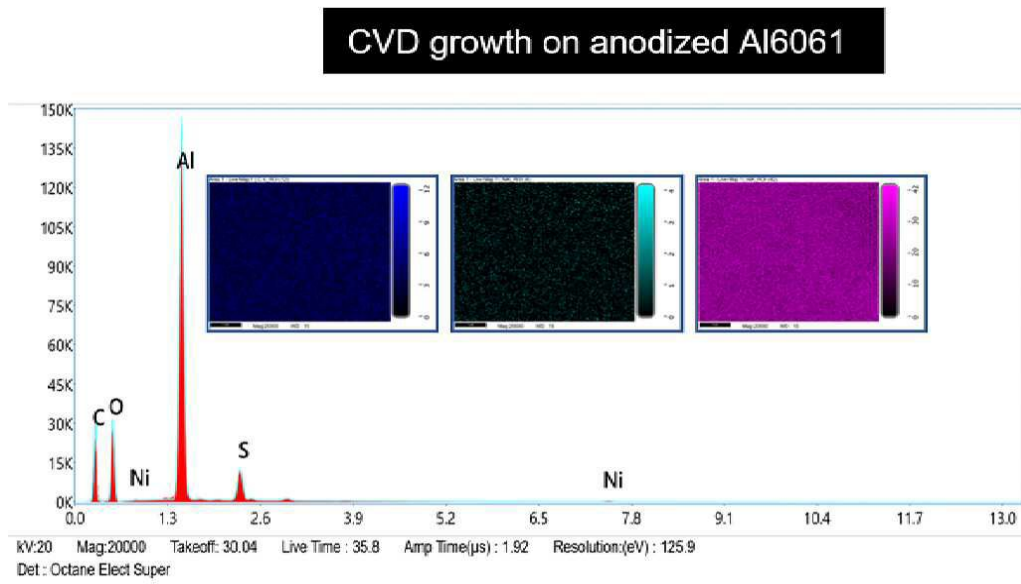
도면7



도면8

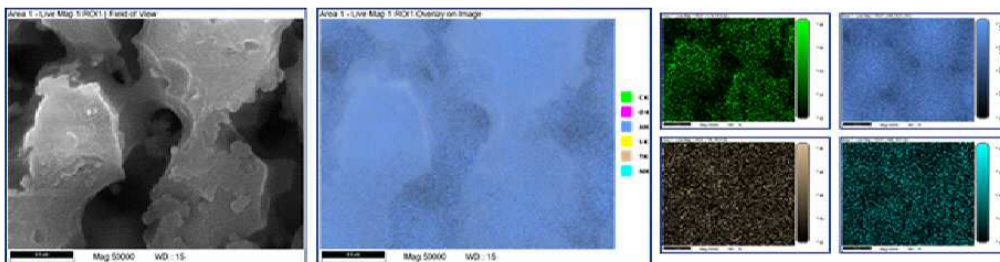


도면9

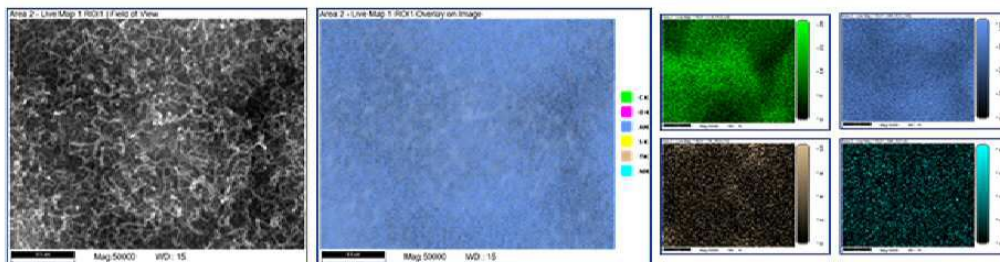


도면10

A. 제조예 1 : Al2139 (Ni 봉공 처리됨)

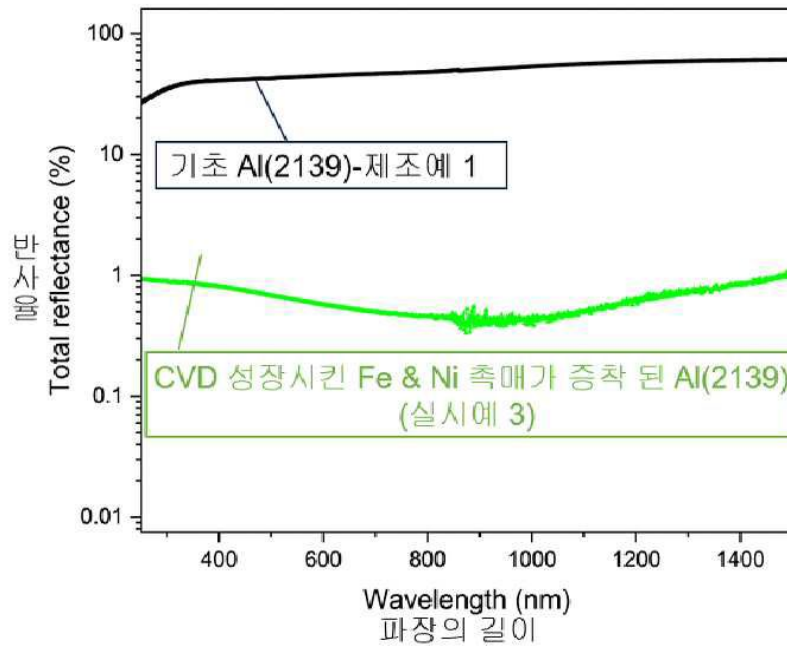


B. 실시예 1: CVD 성장 후 (300 sccm of C₂H₄, 55 min)

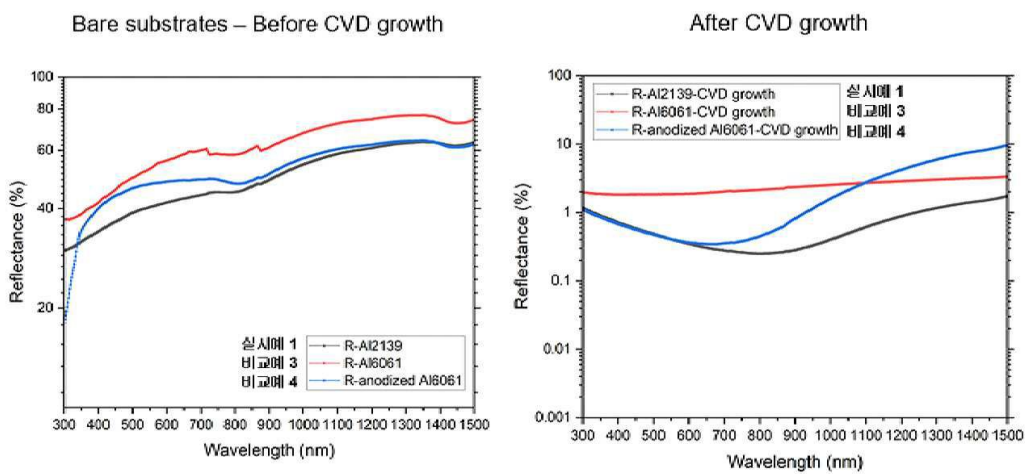


도면11

<UV-vis-NIR, PerkinElmer LAMBDA 1050+, step scan of 5 nm>



도면12



도면13

