(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0044663
(43) 공개일자 2024년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 17/00 (2018.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 17/004 (2013.01)
H01Q 17/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0123960
(22) 출원일자 2022년09월29일
심사청구일자 2022년09월29일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
한국세라믹기술원
경상남도 진주시 소호로 101 (충무공동, 부속건물 세라믹소재종합지원센터)
(72) 발명자
남영우
경기도 고양시 덕양구 향기로 25 304동 301동
곽병수
경상남도 진주시 개양로 100
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 피씨알

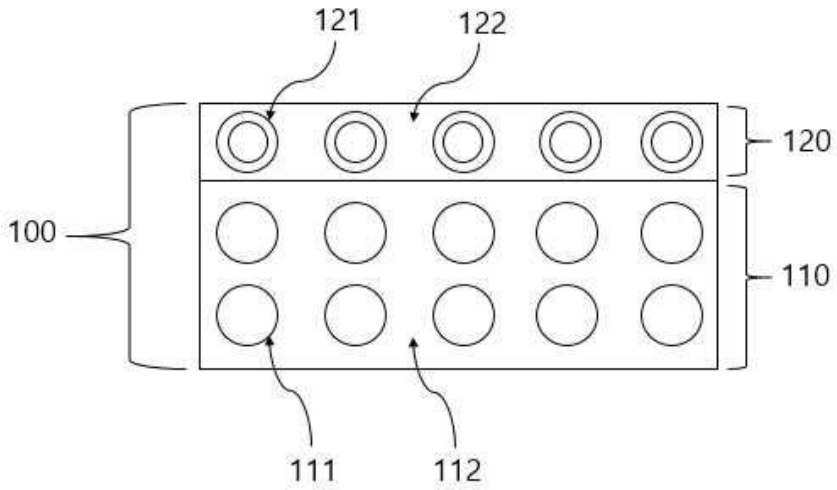
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **고온 내열성 및 내화학성을 갖는 전자기파 흡수 구조물**

(57) 요 약

본 발명은 전자기파 흡수 구조물에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 제1 세라믹 매트릭스, 및 상기 제1 세라믹 매트릭스에 함침된 석영 섬유를 포함하는 제1 복합재 층; 및 제2 세라믹 매트릭스, 및 상기 제2 세라믹 매트릭스에 함침된 코발트 코팅 석영 섬유를 포함하는 제2 복합재 층;을 포함하고 상기 제2 복합재 층은 상기 제1 복합재 층 위에 위치함으로써 우수한 내화학성 및 열 안정성을 가질수 있으며, 이로 인해 상온 뿐만 아니라 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘할 수 있는 전자기파 흡수 구조물에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

최원우
경상남도 양산시 덕계11길 12

신호영
경상남도 진주시 진주대로500번길 28-1

홍동준
경기도 고양시 덕양구 충장로103번길 152

고현석
서울특별시 은평구 진관2로 57-37

임형미
경상남도 진주시 금산면 금산순환로80번길 16

김경원
부산광역시 해운대구 해운대로 777

석창민
경기도 고양시 덕양구 무원로36번길 7-3

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711164298
과제번호 2020R1C1C1006166
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 금속 코팅된 SiC 섬유 기반 초고온 다중 대역 스텔스 복합재 구조 핵심기술 개발
기 여 율 20/100
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 0022336
과제번호 P0022336
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 소재부품기술기반혁신사업
연구과제명 세라믹소재 분야 디지털 전환을 위한 시뮬레이션·AI 기반 가상공학 플랫폼 구축
기 여 율 50/100
과제수행기관명 한국세라믹기술원
연구기간 2022.07.01 ~ 2026.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711158846
과제번호 2017R1A5A1015311
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원
연구과제명 산업수요기반 고효율·안전 항공핵심기술 연구센터
기 여 율 20/100
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711157076
과제번호 2021M3F6A1085892
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 미래국방혁신기술개발
연구과제명 비(非) 유리섬유 계열을 활용한 고강도/고강성 전파흡수구조체 개발
기 여 율 10/100
과제수행기관명 경상국립대학교
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

전자기파 흡수 구조물로서,

제1 세라믹 매트릭스, 및 상기 제1 세라믹 매트릭스에 함침된 석영 섬유를 포함하는 제1 복합재 층; 및

제2 세라믹 매트릭스, 및 상기 제2 세라믹 매트릭스에 함침된 코발트 코팅 석영 섬유를 포함하는 제2 복합재 층;을 포함하고

상기 제2 복합재 층은 상기 제1 복합재 층 위에 위치하는 것인

전자기파 흡수 구조물.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 코발트 코팅은 물리적 기상 증착법에 의해 형성된 것인 전자기파 흡수 구조물.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 1000 ℃ 이상의 온도에서 X-band 주파수 대역에서의 반사손실이 -10 dB 이하인 것인 전자기파 흡수 구조물.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제1 복합재 층의 두께와 상기 제2 복합재 층의 두께의 비는 10:1 내지 20:1인 것인 전자기파 흡수 구조물.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제1 세라믹 매트릭스 및 상기 제2 세라믹 매트릭스 중 1종 이상은 알루미노실리케이트를 포함하는 것인 전자기파 흡수 구조물.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 코발트 코팅 석영 섬유의 코발트 함량은 상기 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 Si 100 중량부에 대하여 5 중량부 내지 150 중량부인 것인 전자기파 흡수 구조물.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 상온뿐만 아니라 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘할 수 있는 전자기파 흡수 구조물에 관한 것이다

배 경 기 술

[0002] 탐지 수단의 발전으로 항공기 및 유도 무기와 같은 무기 체계의 생존성을 위해서 스텔스 기술의 적용은 필수적이다. 스텔스 기술은 음향 신호(Acoustic signature), 광학 신호(Optical signature), 적외선 신호(Infra-red signature), 전자기적 신호(Electromagnetic signature)로부터 아군 항공기가 탐지되는 것을 은폐하는 기술을 말한다. 그중 전자기파 신호를 최소화하는 것이 가장 중요한 핵심기술이다.

[0003] 스텔스 항공기의 레이더 포착 면적(Radar cross section, RCS) 감소 기술은 크게 기체 형상화, 흡수 도료 및 전자기파 흡수 구조가 있다. 이중 전자기파 흡수 구조(Radar absorbing structure, RAS)는 기본적으로 하중 지지(Load bearing) 및 전달 기능을 갖는 구조체의 역할을 하는 동시에 전자기파를 흡수하는 성능을 가지는 다기능 복합재료(Multi-functional composite)이다.

[0004] 기존의 레이더 흡수 구조의 구현은 기지 재료(Matrix)에 나노 손실 재료를 첨가하여 전자기 물성을 획득했으나, 우수한 전자파 흡수 성능을 발휘하기 위해서는 높은 무게 분율의 나노 입자를 분산시켜야 한다. 이러한 방법은 입자의 분산 상태에 따라 전자기 물성 및 기계적 물성에 대한 불확실성을 초래하며 다양한 전자파 흡수 구조물 설계에 제약이 따른다.

[0005] 현재 항공기의 고온 내열성이 필요한 부분에 몰리브데늄, 탄탈륨, 텅스텐 등의 금속 재료가 주로 사용되고 있으나 이는 운용 온도의 한계, 산화성 분위기에서의 내산화성 부족, 낮은 파괴 인성 등의 단점이 있다. 이외에도 폴리머 복합재 기반의 스텔스 복합재 구조 구현 방법이 내열성을 필요로 하는 구조에의 적용을 시도하고 있으나 낮은 유리 전이 온도로 인한 사용 온도의 한계, 낮은 파괴 인성 및 낮은 기계적 강도 등의 한계점으로 초고온 등의 극한 환경에서 적용이 어려운 상황이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 우수한 내화학성 및 열 안정성을 가질 수 있어 상온뿐만 아니라 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘하는 전자기파 흡수 구조물을 제공하는 것이다.

[0007] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 하기의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시상태는 전자기파 흡수 구조물로서, 제1 세라믹 매트릭스, 및 상기 제1 세라믹 매트릭스에 함침된 석영 섬유를 포함하는 제1 복합재 층; 및 제2 세라믹 매트릭스, 및 상기 제2 세라믹 매트릭스에 함침된 코발트 코팅 석영 섬유를 포함하는 제2 복합재 층;을 포함하고 상기 제2 복합재 층은 상기 제1 복합재 층 위에 위치하는 것인 전자기파 흡수 구조물을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 우수한 내화학성 및 열 안정성을 가질 수 있어 상온뿐만 아니라 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘할 수 있다.

[0010] 본 발명의 효과는 상술한 효과로 한정되는 것은 아니며, 언급되지 아니한 효과들은 본원 명세서 및 첨부된 도면으로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물의 사용 예시를 개략적으로 표현한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물의 제조 과정을 간략하게 나타낸 것이다.

도 4는 상기 알루미노실리케이트 매트릭스의 제작 과정을 나타낸 것이다.

도 5의 (a)부분은 제조예 4에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유(cobalt coated quartz fiber)의 SEM 이미지를 나타낸 것이다.

도 5의 (b)부분은 제조예 4에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유(cobalt coated quartz fiber) 및 프리스틴 석영섬유(pristine quartz fiber)의 EDS 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 6의 (a)부분은 제조예 1, 제조예 3 및 제조예 5에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대한 XPS 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 6의 (b)부분은 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대한 VSM 분석 결과를 나타낸 것이다.

도 7의 (a)부분 및 도 7의 (b)부분은 각각 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 복소유전율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

도 8의 (a)부분 및 도 8의 (b)부분은 각각 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 복소투자율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

도 9의 (a)부분 및 도 9의 (b)부분은 각각 제조예 5에서 제조된 코발트 코팅된 석영섬유의 X-band 대역에서의 온도에 따른 복소유전율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

도 10의 (a)부분 및 도 10의 (b)부분은 각각 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 온도에 따른 복소유전율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

도 11은 실시예에서 제조된 전자기파 흡수 구조물의 X-band 대역에서의 온도에 따른 반사손실(return loss)을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0013] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0014] 본원 명세서 전체에서, 단위 "중량부"는 각 성분간의 중량의 비율을 의미할 수 있다.

[0015] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"는 "A 및 B, 또는 A 또는 B"를 의미한다.

[0016] 본원 명세서 전체에서, "제1"및 "제2"와 같이 서수를 포함하는 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로 사용되며, 상기 서수에 의해 한정되지 않는다. 예를 들어, 발명의 권리 범위 내에서 제1 구성요소는 제2 구성요소로도 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0017] 이하, 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0018] 본 발명의 일 실시상태는 전자기파 흡수 구조물로서, 제1 세라믹 매트릭스, 및 상기 제1 세라믹 매트릭스에 함침된 석영 섬유를 포함하는 제1 복합재 층; 및 제2 세라믹 매트릭스, 및 상기 제2 세라믹 매트릭스에 함침된 코발트 코팅 석영 섬유를 포함하는 제2 복합재 층;을 포함하고 상기 제2 복합재 층은 상기 제1 복합재 층 위에 위치하는 것인 전자기파 흡수 구조물을 제공한다.

[0019] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 우수한 내화학성 및 열 안정성을 가질 수 있어 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에 적용될 수 있으며, 상온뿐만 아니라 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘할 수 있다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물을 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0021] 도 1을 참고하면, 전자기파 흡수 구조물(100)은 제1 복합재 층(110)과, 제1 복합재층(110) 위에 구비되는 제2 복합재 층(120)을 포함하며, 제1 복합재 층(110)은 석영 섬유(111)가 제1 세라믹 매트릭스(112)에 함침되어 형성된 것이고, 제2 복합재 층(120)은 코발트 코팅 석영 섬유(121)가 제2 세라믹 매트릭스(122)에 함침되어 형성된 것이다.

[0022] 본원 명세서에서 "석영 섬유"는 SiO_2의 순도가 99% 이상인 유리섬유를 의미할 수 있다. 본원 명세서에서 "프리스틴 석영 섬유"는 코팅되지 않은 석영 섬유를 의미한다. 석영 섬유는 우수한 내열성을 가져 1000 ℃이상의 초고온 환경에서도 물성이 유지될 수 있으며 내화학성 및 기계적 물성이 우수할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 석영 섬유의 굵기는 제한 없이 사용될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 제1 복합재 층 및 제2 복합재 층에 석영 섬유를 포함함으로써 내화학성 및 기계적 물성이 우수하여 항공기 등의 지지 구조물로서 적용될 수 있다. 또한, 상기 전자기파 흡수 구조물은 제1 복합재 층 및 제2 복합재 층에 석영 섬유를 포함함으로써 우수한 내열성을 가져 1000 ℃ 이상의 초고온 환경에서도 물성이 유지될 수 있으며 따라서 항공기 노즐 부분과 같은 고온 내열성이 필요한 부분의 구조물로서 적용 될 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 상기 제2 복합재 층에 코발트 코팅 석영 섬유를 포함할 수 있다. 상기 코발트 코팅 석영 섬유는 석영 섬유에 코발트를 코팅한 것일 수 있다. 상기 코발트를 석영 섬유

에 코팅함으로써 석영 섬유의 전자기적 물성을 변화시킬 수 있다. 구체적으로 상기 코발트 코팅 석영 섬유는 프리스틴 석영 섬유에 비하여 유전율, 투자율이 증가될 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 상기 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 Si 100 중량부에 대하여 5 중량부 내지 150 중량부일 수 있다. 구체적으로, 상기 코발트의 함량은 상기 Si 100 중량부에 대하여 20 중량부 내지 100 중량부, 25 중량부 내지 95 중량부, 40 중량부 내지 95 중량부일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 코발트 코팅 석영 섬유는 고온에서 코발트가 산화하여 산화코발트(Co_3O_4)를 형성할 수 있으며 산화코발트의 존재로 반도체의 특성을 가질 수 있고 따라서 온도가 증가함에 따라 상기 코발트 코팅 석영 섬유의 전기 전도도가 증가할 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 코발트 코팅된 석영 섬유는 물리적 기상 증착법에 의해 코팅된 것일 수 있다. 상기 물리적 기상 증착법은 예를 들어 열 증발법(thermal evaporation), 전자빔 증발법(E-beam evaporation), 스퍼터링법(sputtering)일 수 있다. 상기 물리적 기상 증착법은 바람직하게는 스퍼터링법일 수 있다. 스퍼터링법에 의해 석영 섬유에 코발트를 코팅함으로써 섬유 표면 전체에 연속적이고 균질하게 코발트를 코팅할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 제1 세라믹 매트릭스 및 제2 세라믹 매트릭스는 동일하거나 상이한 세라믹 화합물을 포함할 수 있다.

[0030] 세라믹 화합물은 무기 성분의 함량이 높기 때문에 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 내화학성 및 열 안정성이 우수할 수 있으며, 상온에서 경화가 가능할 수 있다. 세라믹 화합물이 제1 복합재 층 및 제2 복합재 층의 매트릭스로 사용됨으로써 전자기파 흡수 구조물은 우수한 내열성을 가져 1000 ℃이상의 초고온 환경에서도 물성이 유지될 수 있으며 따라서 항공기 노즐 부분과 같은 고온 내열성이 필요한 부분의 구조물로서 적용 될 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 제1 세라믹 매트릭스 및 제2 세라믹 매트릭스는 동일 또는 상이한 세라믹 화합물을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 실리콘, 알루미늄, 티타늄, 지르코늄 등의 산화물, 질화물, 탄화물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 제1 세라믹 매트릭스 및 제2 세라믹 매트릭스 중 1종 이상은 알루미노실리케이트를 포함할 수 있다. 알루미노 실리케이트 매트릭스는 지오폴리머 기반의 세라믹 매트릭스로서 경화 과정에서 폴리머(polymer)와 유사한 네트워크를 형성하기 때문에 실온 또는 100 ℃ 이하의 저온에서 합성될 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 전자기파 흡수 구조물 및 각 복합재 층의 두께는 목표하는 주파수 대역에 따라 적절히 조절될 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 전자기파 흡수 구조물 및 각 복합재 층의의 두께는 X-band 대역에서 90% 이상의 전자파 흡수 성능을 갖도록 설계될 수 있다.

[0035] 본원 명세서에서 X-band 대역이란 주파수 8.2 GHz 내지 12.4 GHz의 대역을 의미한다.

[0036] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 전자기파 흡수 구조물 및 각 복합재 층의 최적의 두께는 상기 각 복합재 층에 대해 측정된 유전율 및 투자율 값을 기반으로 상용 프로그램인 MATLAB R2011b (MathWorks Inc., USA)과 해석 프로그램인 CST Microwave Studio(Computer System Technology GmbH, Germany)을 통해 구해질 수 있다.

[0037] 구체적으로 상기 제2 복합재 층에 포함되는 코발트 코팅 석영 섬유의 10 GHz 에서의 복소 유전율 및 복소 투자율 값이 각각 11.17-j21.30과 1.02-j0.04인 경우, 전자기파 흡수 구조물의 최적 총 두께는 3 mm 이상 4 mm 이하일 수 있고, 상기 제1 복합재 층의 최적 두께는 2.85 mm 이상 3.7 mm 이하일 수 있고, 상기 제2 복합재 층의 최적 두께는 0.15 mm 이상 0.3 mm 이하일 수 있다.

[0038] 본 발명의 일 실시상태에 따르면, 상기 제1 복합재 층의 두께와 상기 제2 복합재 층의 두께의 비는 10:1 내지 20:1 일 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 복합재 층의 두께와 제2 복합재 층의 두께의 비는 10:1 내지 18:1, 10:1 내지 16:1, 12:1 내지 20:1, 14:1 내지 20:1, 14:1 내지 16:1 일 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 1000 ℃이상의 초고온 환경에서도 X-band 주파수 대역에서의 반사손실이 -10dB 이하인 것일 수 있다. 구체적으로 상기 반사 손실을 가짐으로써 1000 ℃이상의 초고온

환경에서도 X-band 주파수 대역에서 90% 이상의 전자기파 흡수능을 발휘 할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 1000 ℃ 이상의 온도에서 최대 반사손실 값이 -20dB 이하인 것일 수 있다.

[0041] 도 2는 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물의 사용 예시를 개략적으로 표현한 도면이다.

[0042] 도 2를 참고하면, 전자기파 흡수 구조물이 사용될 때 제1 복합재층이 반사판 상에 배치될 수 있다. 반사판은 전자기파를 반사하는 물질일 수 있으며 바람직하게는 완전 전기 도체(perfect eletric conductor, PEC)를 포함할 수 있다.

[0043] 이하, 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물을 제조하는 방법에 대해서 서술한다.

[0044] 도 3은 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물의 제조 과정을 간략하게 나타낸 것이다.

[0045] 먼저, 코발트 코팅 석영 섬유 및 석영 섬유를 준비한다. 석영 섬유는 위에서 설명된 성질을 갖는 것이면 제한 없이 사용될 수 있다. 코발트 코팅 석영 섬유는 석영 섬유에 물리적 기상 증착법을 이용하여 코발트를 코팅하여 준비할 수 있다.

[0046] 도 3의 (a)부분은 물리적 기상 증착법 중 하나인 스퍼터링법을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0047] 또한, 제1 세라믹 매트릭스 및 제2 세라믹 매트릭스는 상술한 바와 같이 동일 또는 상이한 세라믹 화합물을 포함하는 것으로 준비한다. 바람직하게는, 상기 제1 세라믹 매트릭스 및 제2 세라믹 매트릭스 중 1종 이상은 알루미노실리케이트를 포함할 수 있다.

[0048] 도 4는 상기 알루미노실리케이트 매트릭스의 제작 과정을 나타낸 것이다.

[0049] 그런 다음, 석영 섬유를 제1 세라믹 매트릭스에 함침시켜 제1 복합재 층을 제조한다. 상기 함침시키는 방식은 핸드 레이업(hand lay-up)방식에 의한 것일 수 있다.

[0050] 일반적으로 핸드 레이업 공정은 금형 상에 보강재 역할을 하는 섬유를 위치시키고 그 위에 매트릭스를 부은 다음, 붓 또는 롤러를 사용하여 섬유가 매트릭스에 고르게 함침되도록 하는 공정이다. 위에서 설명된 제1 복합재층의 최적의 두께를 달성할 때까지 핸드 레이업 공정은 반복하여 수행될 수 있다.

[0051] 코발트 코팅 석영 섬유를 제2 세라믹 매트릭스에 함침시켜 제2 복합재 층을 제조한다. 위에서 설명된 제2 복합재 층의 최적의 두께를 달성할 때까지 핸드 레이업 공정은 반복하여 수행될 수 있다.

[0052] 도 3의 (c)부분은 핸드 레이업 방식을 이용하여 석영 섬유 또는 코발트 코팅 석영 섬유를 알루미노 실리케이트에 함침시키는 모습을 나타낸 것이다.

[0053] 그럼 다음, 제1 복합재 층과 제2 복합재 층을 핸드 레이업 방식으로 적층하여 합체시킨 후 경화시켜 전자기파 흡수 구조물을 제조한다.

[0054] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시예를 들어 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 기술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0055] **제조예 1**

[0056] 도 9의 (a)부분은 스퍼터링법을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0057] 가로 200 mm 및 세로 220 mm인 석영 섬유 원단(Saint-Gobain 社, Quartz fabric 200GW100)을 준비하였다. 상기 석영 섬유에 물리적 기상 증착법인 스퍼터링법으로 코발트를 증착시켰다. 먼저, DC 스퍼터링 장치의 진공 상태의 챔버 내부에 아르곤가스를 주입시켰다. 코팅될 물질인 코발트를 음극(Cathode)에, 석영 섬유를 양극(Anode)에 위치시켰다. 그런 다음 전압을 가하여 5분 동안 코발트를 석영 섬유에 증착시켜 코팅하였다. 이 때, 증착 시간(depostion time) 5분 이었으며, 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 코발트가 코팅된 석영 섬유의 Si 성분 100 중량부를 기준으로 약 6.6 중량부이었다.

[0058] **제조예 2**

[0059] 10분 동안 코발트를 석영 섬유에 증착시켜 코팅한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 코발트가 코팅된 석영

섬유를 제조하였다. 이 때, 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 코발트가 코팅된 석영 섬유의 Si 성분 100 중량부를 기준으로 약 21.7 중량부이었다.

[0060] **제조예 3**

[0061] 15분 동안 코발트를 석영 섬유에 증착시켜 코팅한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 코발트가 코팅된 석영 섬유를 제조하였다. 이 때, 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 코발트가 코팅된 석영 섬유의 Si 성분 100 중량부를 기준으로 약 26.6 중량부이었다.

[0062] **제조예 4**

[0063] 20분 동안 코발트를 석영 섬유에 증착시켜 코팅한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 코발트가 코팅된 석영 섬유를 제조하였다. 이 때, 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 코발트가 코팅된 석영 섬유의 Si 성분 100 중량부를 기준으로 약 46.4 중량부이었다.

[0064] **제조예 5**

[0065] 25분 동안 코발트를 석영 섬유에 증착시켜 코팅한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 코발트가 코팅된 석영 섬유를 제조하였다. 이 때, 코발트 코팅 석영 섬유에 포함되는 코발트의 함량은 코발트가 코팅된 석영 섬유의 Si 성분 100 중량부를 기준으로 약 90.6 중량부이었다.

[0066] 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유에 금속 코팅이 균일하게 수행되었는지 확인하기 위해 SEM (Scanning electron microscope) 이미지를 확인하였고, 스퍼터링 증착 시간에 따른 코발트 입자의 함량을 확인하기 위해 EDS (Energy-dispersive X-ray spectrum) 분석을 수행하였다.

[0067] 표 1은 제조예 1 내지 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유에 대한 EDS 결과를 나타낸 것이다. EDS 분석 결과에서 검출되는 탄소원소는 코발트 코팅된 석영섬유에 실질적으로 포함되는 원소는 아니며, EDS 분석시 챔버 및 샘플의 오염으로 인하여 검출된 것일 수 있다.

표 1

[0068]

검출원소	제조예 1	제조예 2	제조예 3	제조예 4	제조예 5
Si	23.77 wt%	22.46 wt%	24.08 wt%	26.32 wt%	22.29 wt%
Co	1.58 wt%	4.87 wt%	6.40 wt%	12.21 wt%	20.19 wt%
O	60.33 wt%	57.41 wt%	53.23 wt%	40.81 wt%	43.14 wt%
C	14.32 wt%	15.26 wt%	16.29 wt%	20.67 wt%	14.39 wt%

[0069] 도 5의 (a)부분은 제조예 4에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유의 SEM 이미지를 나타낸 것이다.

[0070] 도 5의 (b)부분은 제조예 4에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유의 EDS 분석 결과를 나타낸 것이다.

[0071] 도 5의 (a)부분을 참고하면, 석영 섬유 표면에 코발트 금속 입자들이 코팅된 것을 확인하였으며, 코발트가 코팅된 석영 섬유의 단면 이미지에서 코발트 금속 코팅층이 균일하게 형성되어 있는 것을 확인하였다.

[0072] 제조예 1, 제조예 3 및 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대해 XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) 분석을 수행하여 스퍼터링 증착 시간에 따른 코발트 입자의 도금성을 확인하였다

[0073] 도 6의 (a)부분은 제조예 1, 제조예 3 및 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대한 XPS 분석 결과를 나타낸 것이다.

[0074] 도 6의 (a)부분을 참고하면, 스퍼터링 증착 시간이 증가함에 따라 코발트의 결합 에너지(Binding energy) 크기를 나타내는 피크값이 증가하는 것을 확인하였다.

[0075] 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대해 VSM (Vibrating sample magnetometer) 분석을 수행하여 자화값을 측정였다.

[0076] 도 6의 (b)부분은 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대한 VSM 분석 결과를 나타낸 것이다.

[0077] 도 6의 (b)부분을 참고하면, 자기 이력 곡선의 가로축은 자계(Magnetic field)이며 세로축은 자화 값(Magnetization)이고, 스퍼터링 증착 시간(Deposition time)이 증가할수록 자기 이력 곡선의 기울기가 높아지며 이를 통해 스퍼터링 증착 시간이 증가할수록 코발트가 코팅된 석영섬유의 투자율이 증가하는 것을 확인하였다. 또한 스퍼터링 증착 시간이 증가할수록 코발트가 코팅된 석영섬유의 포화자화도가 증가하는 것을 확인하였다.

[0078] 전자기파 흡수 구조물 제작에 필요한 전자기 물성을 얻기 위해 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대해, X-band (8.2-12.4 GHz) 주파수 대역에서 자유 공간 측정 시스템을 활용하여 복소 유전율 및 복소 투자율을 측정하였다.

[0079] 도 7의 (a)부분 및 도 7의 (b)부분은 각각 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 복소 유전율(Permittivity)의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

[0080] 도 7의 (a)부분 및 도 7의 (b)부분을 참고하면, 스퍼터링 증착 시간이 증가할수록 유전율이 증가하는 것을 확인하였다.

[0081] 도 8의 (a)부분 및 도 8의 (b)부분은 각각 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 복소 투자율(Permeability)의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

[0082] 도 8의 (a)부분 및 도 8의 (b)부분을 참고하면, 스퍼터링 증착 시간이 증가할수록 투자율이 증가하는 것을 확인하였다.

[0083] 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유 및 프리스틴 석영 섬유에 대해 온도에 따른 복소 유전율을 초고온 열챔버와 자유 공간 측정 시스템을 연동하여 목표 주파수 대역인 X-band에서 측정하였다. 정확한 측정을 위해 2-Tier gated reflect line (GRL) calibration 및 time gating 방식을 적용하였다. 먼저, calibration kit를 이용하여 horn antenna와 network analyzer를 연결하는 RF cable의 보정을 실시하고 2개의 horn antenna와 그 사이에 위치하는 초고온 열챔버에 대해 불필요한 반사에 대한 보정을 수행하였다. 초고온 열챔버 내부에 시편을 위치시키고 3.3 ℃/min의 속도로 가열하였으며 25 ℃에서 1200 ℃까지 300 ℃ 간격으로 온도에 따른 복소 유전율을 측정하였다. 정확한 측정을 위해 설정 온도에 도달하고 10분 동안 유지한 후 복소 유전율을 측정하였다

[0084] 도 9의 (a)부분 및 도 9의 (b)부분은 각각 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영섬유의 X-band 대역에서의 온도에 따른 복소유전율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

[0085] 도 10의 (a)부분 및 도 10의 (b)부분은 각각 프리스틴 석영 섬유의 X-band 대역에서의 온도에 따른 복소유전율의 실수부분과 허수부분을 나타낸 것이다.

[0086] 도 9 및 도 10를 참고하면, 프리스틴 석영 섬유와 코발트가 코팅된 석영 섬유 모두 온도가 증가함에 따라 복소 유전율이 증가하는 것을 확인하였다.

[0087] **실시예 1**

[0088] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기파 흡수 구조물의 제작 과정을 나타낸 것이다.

[0089] 제1 및 제2 세라믹 매트릭스로서 알루미노실리케이트 매트릭스를 제조하여 사용하였다.

[0090] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미노실리케이트 매트릭스의 제작 과정을 나타낸 것이다.

[0091] 알루미노실리케이트 화합물의 전구체로 메타카올린(Metakaolin)을 사용하였으며 고속 경화를 위해 KOH와 K_2SiO_3 수용액을 활성화제로 사용하였다.

[0092] 먼저, 메타카올린은 카올린(DUKSAN Co., Ltd / 312g)을 800 ℃에서 4시간 동안 하소하여 얻었다. 또한 혼화된 분말의 활성화를 위해 KOH(DAEJUNG CHEMICALS&METALS Co., Ltd / 208g)와 K_2SiO_3(DAEJUNG CHEMICALS&METALS Co., Ltd / 104g)을 첨가하였다. 그런 다음 스피드 믹서(speed mixer)를 사용하여 분말과 용액을 2,000 rpm으로 1분 동안 혼화 과정을 수행하여 알루미노실리케이트 화합물을 얻었다.

[0093] 제1 복합재 층은 프리스틴 석영 섬유 14장과 상기 알루미노실리케이트 화합물을 핸드 레이업(hand lay-up) 방식으로 적층하여 상기 프리스틴 석영 섬유를 알루미노 실리케이트 매트릭스에 함침시켰다.

[0094] 제2 복합재 층은 제조예 5에서 제조된 코발트가 코팅된 석영 섬유 1장과 상기 알루미노실리케이트 화합물을 핸드 레이업 방식으로 적층하여 상기 코발트가 코팅된 석영 섬유를 알루미노 실리케이트 매트릭스에 함침시켰다.

[0095] 이후 제1 복합재 층과 제2 복합재층을 핸드 레이업 방식으로 적층하고 오토클레이브를 이용하여 80 ℃에서 24시간 동안 성형하였다. 제작된 전자기파 흡수 구조물의 두께는 3.419 ㎜였다.

[0096] **실험예**

[0097] **온도에 따른 전자기파 흡수 성능 평가 실험**

[0098] 실시예에서 제조된 전자기파 흡수 구조물의 온도에 따른 전자기파 흡수 성능을 측정하기 위해서 초고온 열챔버와 연동된 자유 공간 측정 시스템을 이용하여 측정하였다. 2-Tier gated reflect line (GRL) calibration 및 time gating 방식을 적용하였다.

[0099] 초고온 열챔버 내부에 상기 실시예 1에서 제조한 전자기파 흡수 구조물을 위치시키고, 3.3 ℃/min의 속도로 가열하였으며 25 ℃에서 1200 ℃까지 300 ℃ 간격으로 전자기파 흡수 성능을 측정하였다. 실시예 1에서 제조한 전자기파 흡수 구조물의 온도에 따른 최대 반사손실 값, 피크 주파수, 흡수 주파수 대역(RL < -10 dB) 및 흡수 대역폭(RL < -10 dB)에 대한 측정 결과를 표 2에 나타내었다.

[0100] 도 11은 실시예에서 제조된 전자기파 흡수 구조물의 X-band 대역에서의 온도에 따른 반사손실을 나타낸 것이다.

표 2

[0101]

온도 [℃]	최대 반사손실 값 [dB]	피크 주파수 [GHz]	흡수 주파수 대역 (RL < -10 dB) [GHz]	흡수 대역폭 (RL < -10 dB) [Hz]
25	-19.70	11.15	8.76-12.4	3.64
300	-19.52	11.00	8.65-12.4	3.75
600	-19.28	10.91	8.48-12.4	3.92
900	-21.15	10.75	8.2-12.4	4.2
1200	-25.45	10.52	8.2-12.4	4.2

[0102] 상기 도 11 및 표 2을 참고하면, 상온인 25 ℃에서의 측정 결과의 경우 11.15 GHz에서 -19.70 dB의 최대 반사손실을 발휘하며, 8.76 GHz 내지 12.4 GHz 범위에서 -10 dB 미만의 흡수 대역폭을 달성하였다. 300 ℃에서의 최대 반사손실 값은 11.00 GHz에서 -19.52 dB 이었으며, 8.65 GHz 내지 12.4 GHz 범위에서 -10 dB 미만의 흡수 대역폭을 달성하였다. 600 ℃에서의 최대 반사손실은 10.91 GHz에서 -19.28 dB였으며, 8.48 GHz 내지 12.4 GHz 범위에서 -10 dB 미만의 흡수 대역폭을 달성하였다. 900 ℃에서의 최대 반사손실은 10.75 GHz에서 -21.15 dB 이었으며, 8.2 GHz 내지 12.4 GHz 범위에서 -10 dB 미만의 흡수 대역폭을 달성하였다. 1200 ℃에서는 10.52 GHz에서 -25.45 dB의 최대 반사손실 값을 나타내었으며, 8.2 GHz 내지 12.4 GHz 범위에서 -10 dB 미만의 흡수 대역폭을 달성하였다. 또한, 온도가 증가함에 따라 최대 반사손실 값을 나타내는 피크 주파수가 저주파수 대역으로 이동하고, -10 dB 미만의 반사손실을 가지는 흡수 대역폭이 증가함을 확인하였다.

[0103] 또한, 상기 표 2을 참고하면, 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 상온뿐만 아니라 초고온 환경에서도 우수한 전자기파 흡수 성능을 발휘하는 것을 확인하였다.

[0104] 상기 표 2을 참고하면, 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 우수한 내열성을 갖는 석영 섬유 및 세라믹 매트릭스를 활용하여 상온에서부터 1200 ℃까지 피크 주파수의 변화폭이 0.6 GHz에 불과한 것을 확인하였다. 즉, 본 발명의 일 실시상태에 따른 전자기파 흡수 구조물은 온도에 따른 전자기파 흡수 성능 저하가 일어나지 않음을 확인하였다.

[0105] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다

부호의 설명

[0106] 100: 전자기파 흡수 구조물

110: 제1 복합재 층

120: 제2 복합재 층

111: 석영 섬유

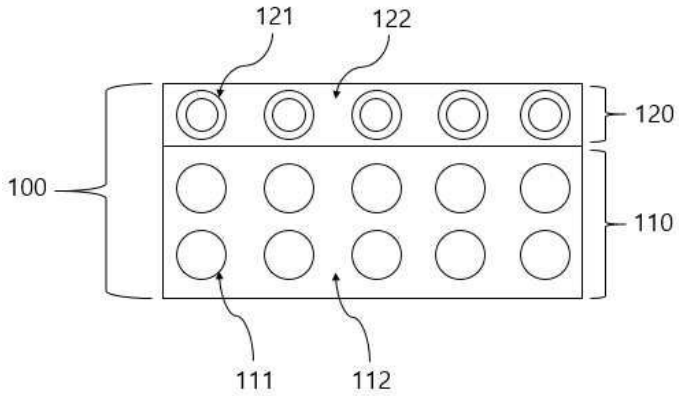
112: 제1 세라믹 매트릭스

121: 코발트 코팅 석영 섬유

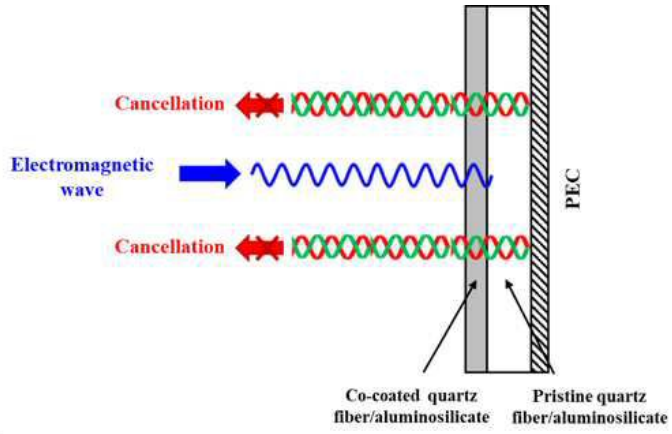
122: 제2 세라믹 매트릭스

도면

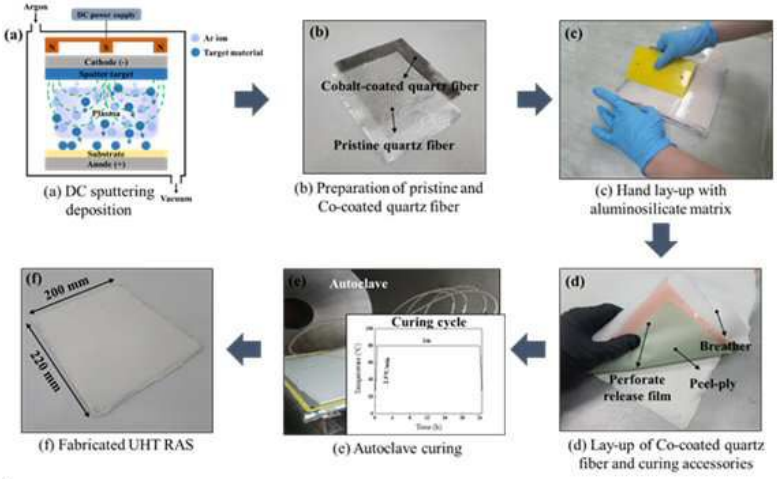
도면1



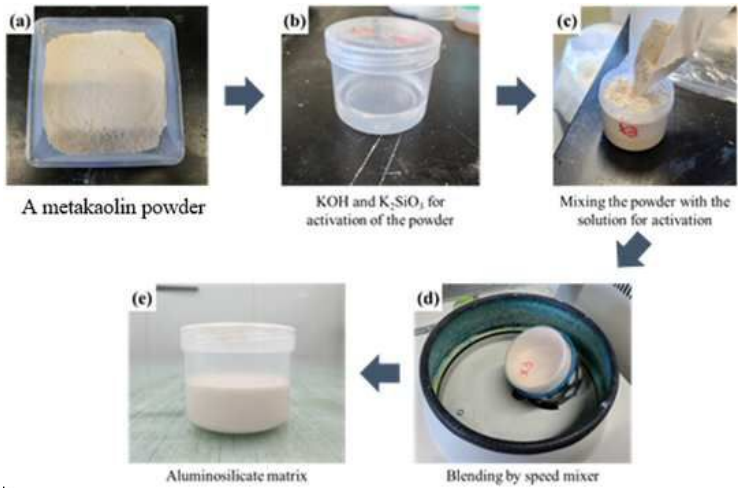
도면2



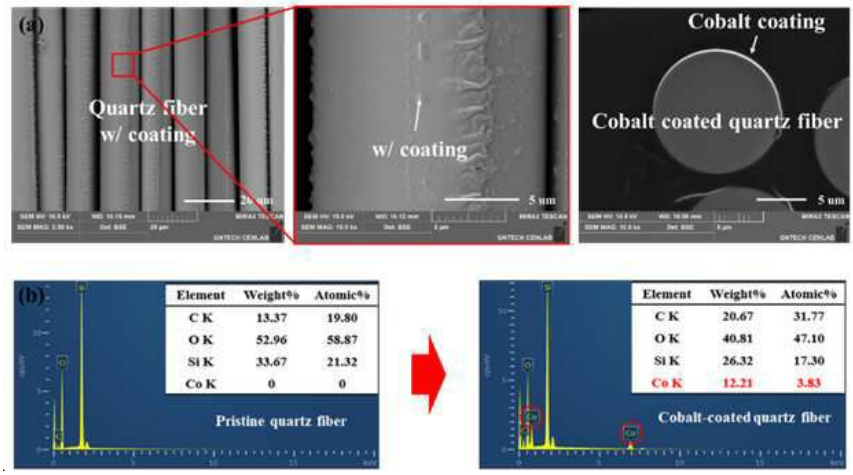
도면3


(a)
Argon
DC power supply
Ar ion
Target material
Cathode (-)
Sputter target
Plasma
Substrate
Anode (+)
Vacuum
(a) DC sputtering deposition
(b)
Cobalt-coated quartz fiber
Pristine quartz fiber
(b) Preparation of pristine and Co-coated quartz fiber
(c)
(c) Hand lay-up with aluminosilicate matrix
(d)
Breather
Perforate release film
Peel-ply
(d) Lay-up of Co-coated quartz fiber and curing accessories
(e)
Autoclave
Curing cycle
(e) Autoclave curing
(f)
200 mm
220 mm
(f) Fabricated UHT RAS

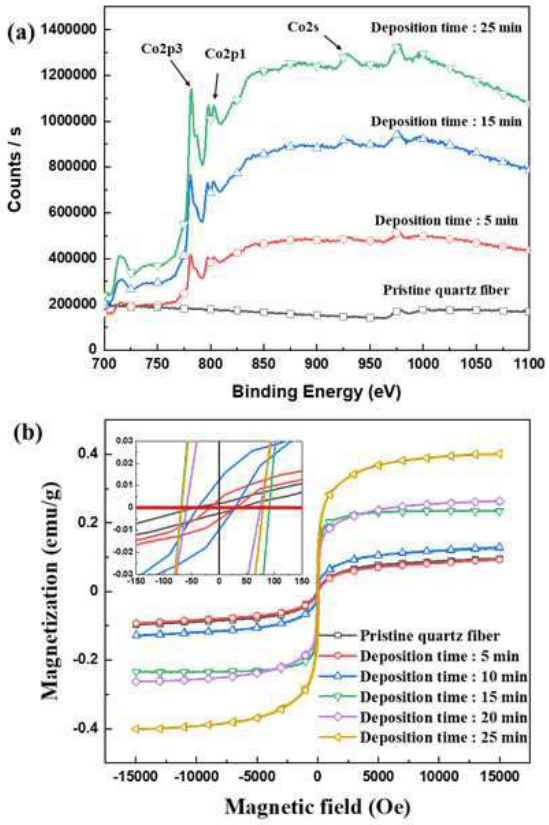
도면4


(a)
A metakaolin powder
(b)
KOH and K_2SiO_3 for activation of the powder
(c)
Mixing the powder with the solution for activation
(d)
Blending by speed mixer
(e)
Aluminosilicate matrix

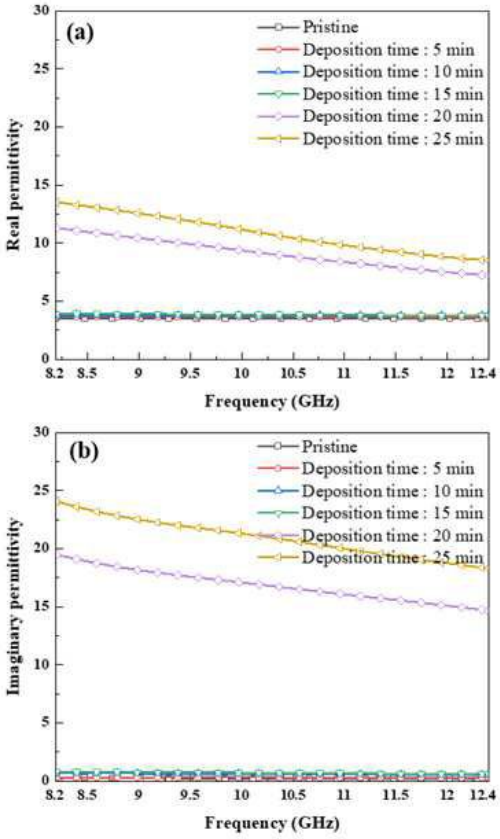
도면5


(a)
Quartz fiber w/ coating
w/ coating
Cobalt coating
Cobalt coated quartz fiber
5 um
(b)
Element Weight% Atomic%
C K 13.37 19.80
O K 52.96 58.87
Si K 33.67 21.32
Co K 0 0
Pristine quartz fiber
Element Weight% Atomic%
C K 20.67 31.77
O K 40.81 47.10
Si K 26.32 17.30
Co K 12.21 3.83
Cobalt-coated quartz fiber

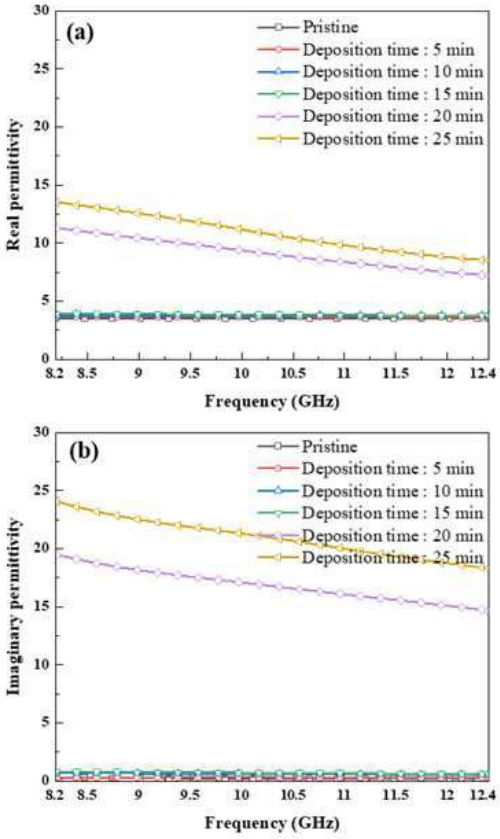
도면6


(a)
Co2p3
Co2p1
Co2s
Deposition time : 25 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 5 min
Pristine quartz fiber
Counts / s
Binding Energy (eV)
(b)
Magnetization (emu/g)
Magnetic field (Oe)
Pristine quartz fiber
Deposition time : 5 min
Deposition time : 10 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 20 min
Deposition time : 25 min

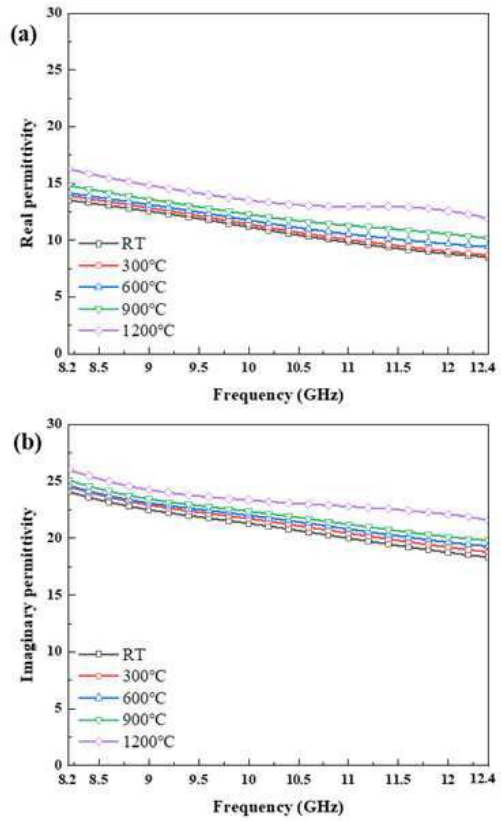
도면7


(a)
Pristine
Deposition time : 5 min
Deposition time : 10 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 20 min
Deposition time : 25 min
Real permittivity
Frequency (GHz)
(b)
Pristine
Deposition time : 5 min
Deposition time : 10 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 20 min
Deposition time : 25 min
Imaginary permittivity
Frequency (GHz)

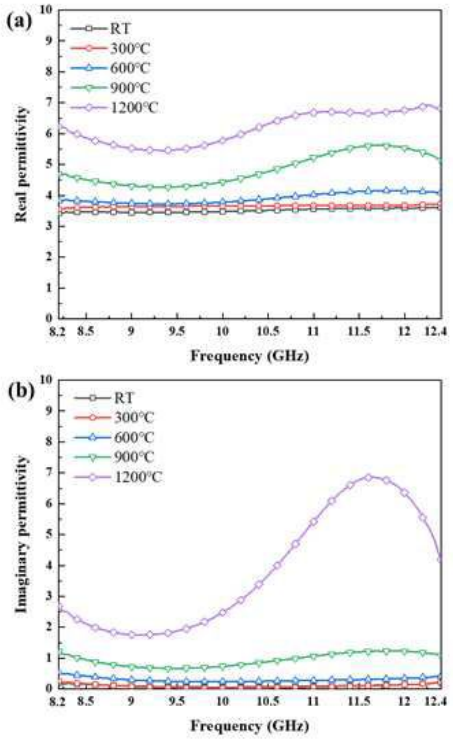
도면8


(a)
Pristine
Deposition time : 5 min
Deposition time : 10 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 20 min
Deposition time : 25 min
Real permittivity
Frequency (GHz)
(b)
Pristine
Deposition time : 5 min
Deposition time : 10 min
Deposition time : 15 min
Deposition time : 20 min
Deposition time : 25 min
Imaginary permittivity
Frequency (GHz)

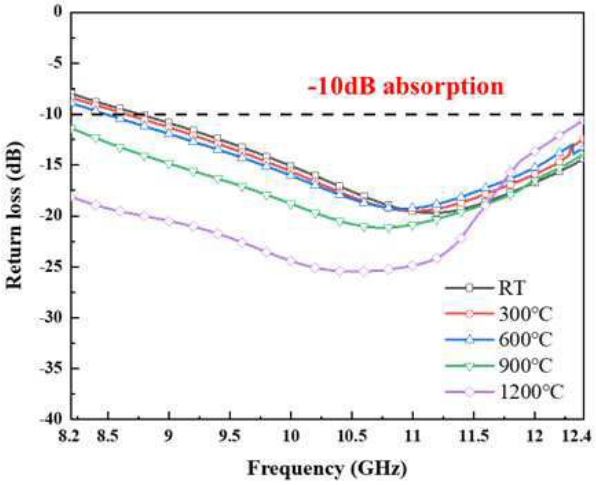
도면9


(a)
Real permittivity
RT
300℃
600℃
900℃
1200℃
Frequency (GHz)
(b)
Imaginary permittivity
RT
300℃
600℃
900℃
1200℃
Frequency (GHz)

도면10


(a)
Real permittivity
RT
300℃
600℃
900℃
1200℃
Frequency (GHz)
(b)
Imaginary permittivity
RT
300℃
600℃
900℃
1200℃
Frequency (GHz)

도면11


-10dB absorption
Return loss (dB)
Frequency (GHz)
RT
300°C
600°C
900°C
1200°C
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
8.2
8.5
9
9.5
10
10.5
11
11.5
12
12.4