



등록특허 10-2434998



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년08월22일

(11) 등록번호 10-2434998

(24) 등록일자 2022년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01Q 17/00 (2018.01) H01Q 1/52 (2018.01)

H05K 9/00 (2018.01)

(52) CPC특허분류

H01Q 17/002 (2013.01)

H01Q 1/526 (2018.05)

(21) 출원번호 10-2021-0061749

(22) 출원일자 2021년05월13일

심사청구일자 2021년05월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140109336 A*

KR1020180003088 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

심우영

서울특별시 서초구 명달로4길 30, 501-104

김태훈

서울특별시 영등포구 가마산로79길 7 삼성래미안 아파트 102-403

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 14 항

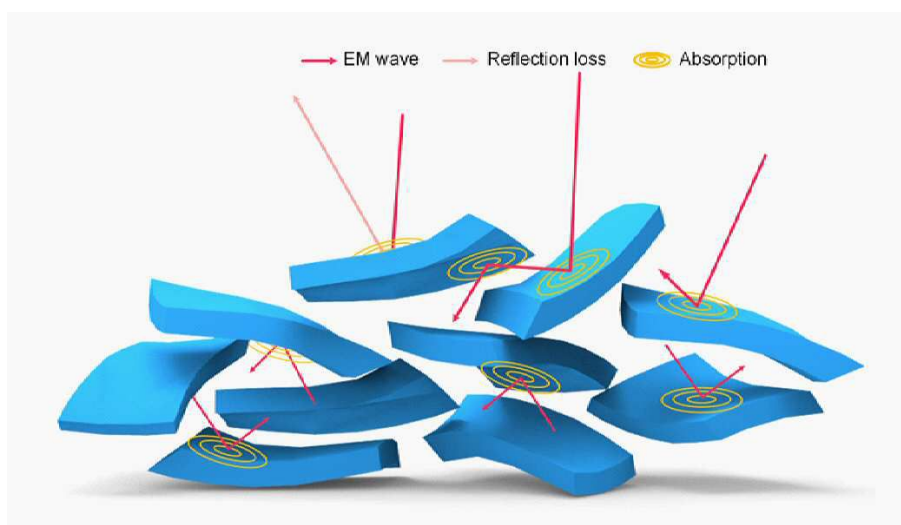
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 전자파 흡수체 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 금속 플레이크 (flake) 입자를 함유하는 층상 금속체 (layered metal)을 포함하며, 상기 금속 플레이크 입자는 상기 층상 금속체의 두께 방향으로 입자크기 구배를 가지는, 전자파 흡수체를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01Q 17/007 (2013.01)

H01Q 17/008 (2013.01)

H05K 9/0083 (2013.01)

(72) 발명자

도형완

서울특별시 강남구 압구정로29길 57 현대아파트
205-704

최규종

서울특별시 금천구 금하로 793 벽산아파트
110-1302

민병욱

서울특별시 종로구 통일로18길 9 인왕산아이파크
101-1003

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711121052

과제번호 2020R1A2C2102150

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 [통합이지바로]이종구조체 기반 전자기파 무반사 흡수체 개발(1/3)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2020.09.01 ~ 2021.08.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

금속 플레이크 (flake) 입자를 함유하는 층상 금속체 (layered metal)을 포함하며,
상기 금속 플레이크 입자는 상기 층상 금속체의 두께 방향으로 입자크기 구배를 가지고,
상기 금속 플레이크 입자 간 다중내부반사 (multiple internal reflection)에 의해 전자파 흡수가 일어나는 것을 특징으로 하는, 전자파 흡수체.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,
전자파 입사면 방향으로 갈수록 상기 금속 플레이크 입자 크기가 감소되는, 전자파 흡수체.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 금속 플레이크 입자는 표면에 금속 산화물 박막을 포함하는, 전자파 흡수체.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 금속 산화물 박막의 평균 두께는 1 내지 10 nm인, 전자파 흡수체.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 금속 플레이크 입자는 면방향 평균 장축길이: 두께의 비가 2 내지 20인, 전자파 흡수체.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 금속 플레이크 입자의 금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상인, 전자파 흡수체.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 전자파 흡수체의 평균 두께는 10 내지 500 μm 인, 전자파 흡수체.

청구항 9

제1항에 있어서,
하기 관계식 1을 만족하는, 전자파 흡수체:

[관계식 1]

$$SE_A / SE_R \geq 100$$

(상기 관계식 1에서 SE_A 는 전자파 주파수 1.5~10 GHz 범위에서 측정된 평균 흡수효율 (shielding efficiency of absorption)이며, SE_R 는 상기 전자파 주파수 범위에서 측정된 평균 반사효율 (shielding efficiency of reflection)이다.)

청구항 10

- a) 제1금속 및 제2금속을 포함하는 금속간화합물 (intermetallic compound)을 에칭하여 제1금속 플레이트 입자를 포함하는 분산액을 제조하는 단계; 및
- b) 상기 분산액을 진공 여과 필터를 통해 진공 여과하여 층상 금속체 (layered metal)을 제조하는 단계를 포함하는, 전자파 흡수체의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 a) 단계는,

- a1) 에칭제 (etchant)를 포함하는 용액에 금속간화합물을 분산하여 분산액을 제조하는 단계; 및
 - a2) 상기 금속간화합물의 제2금속이 상기 분산액 내의 에칭제와 반응하여 제2금속이 제거되는 단계;
- 를 포함하는, 전자파 흡수체의 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 b) 단계에서,

상기 제1금속 플레이트 입자가 입자크기 구배를 가지도록 상기 진공 여과 필터 내에 스택킹되어 층상 금속체가 제조되는, 전자파 흡수체의 제조방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 진공 여과 필터 내에서 여과 방향으로 갈수록 상기 제1금속 플레이트 입자크기가 증가되는, 전자파 흡수체의 제조방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 제1금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상이며,

상기 제2금속은 Li, Ca, Na, K, Ba, Sr, Cs, Rb로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상인, 전자파 흡수체의 제조방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 에칭제는 요오드 (Iodine)를 포함하는, 전자파 흡수체의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전자파 흡수체 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 상세하게, 금속 플레이트 입자가 입자크기 구배를 가지도록 스택킹된 구조의 층상 금속체를 포함하여, 0.05% 이하의 낮은 반사율을 나타내는 전자파 흡수체에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 스텔스 (stealth) 기능은 레이더로부터 입사되는 전자파를 흡수하여 반사파가 발생하지 않도록 함으로써, 상대의 레이더망에 포착되는 확률을 낮추는 은폐 기술로, 차세대 군사장비의 중요한 조건 중 하나이다. 따라서, 상대의 감시망을 피해 원하는 임무를 안전하고 정확하게 수행하기 위해서는 군사장비에 전자파 흡수체를 적용하는 것이 필요하다.
- [0003] 종래의 전자파 흡수체는 전자파가 전도체에 입사될 때 발생하는 표면효과에 의해 전자파의 강도를 감소시키는데 초점을 맞추었다. 표면효과 (skin effect)는 신호의 주파수가 높아질수록 전도체 표면에서 전류가 집중되는 현상으로, 전자파의 전기장 세기를 효과적으로 감소시키기 위해서는 높은 전기전도도를 갖는 소재가 필요하다. 그러나, 이러한 소재들은 공기 및 부도체와 계면을 이룰 때 높은 반사율을 가지게 되어 전자파 흡수체 표면에서 큰 비율의 반사가 야기되어 상술한 은폐 효과가 감소되는 문제점이 있다.
- [0004] 이에, 전자파의 완전한 소멸이 필요한 분야 및 공정에 적용하기 위해 공진형 (Resonant) 전자파 흡수체가 적용되어 왔다. 공진형 전자파 흡수체는 전자파를 열로 변환시켜 전자파를 소멸시키는 것으로 반사율을 줄일 수 있으나, 특정 주파수 선택성을 가지는 특성으로 인해 타겟 주파수 이외의 전자파에 대해서는 전자파 흡수 효과가 급감하여 넓은 주파수 범위에 이용되지 못하는 단점이 있다.
- [0005] 따라서, 넓은 주파수 범위의 전자파에 대한 흡수가 가능하면서도, 낮은 반사율을 가져 스텔스 효과를 높일 수 있는 전자파 흡수체의 개발이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은, 전자파 흡수체의 반사율을 0.05% 이하로 감소시켜 무반사 전자파 흡수체에 가까운 전자파 흡수체를 제공하는 것이다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 목적은 금속간화합물을 이용하여 반사율이 0.05% 이하로 감소된 전자파 흡수체의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은,
- [0009] 금속 플레이크 (flake) 입자를 함유하는 층상 금속체 (layered metal)을 포함하며,
- [0010] 상기 금속 플레이크 입자는 상기 층상 금속체의 두께 방향으로 입자크기 구배를 가지는, 전자파 흡수체를 제공한다.
- [0011] 일 양태에 따르면, 상기 금속 플레이크 입자 간 다중내부반사 (multiple internal reflection)에 의해 전자파 흡수가 일어나는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0012] 일 양태에 따르면, 전자파 입사면 방향으로 갈수록 상기 금속 플레이크 입자 크기가 감소될 수 있다.
- [0013] 일 양태에 따르면, 상기 금속 플레이크 입자는 표면에 금속 산화물 박막을 포함할 수 있다.
- [0014] 일 양태에 따르면, 상기 금속 산화물 박막의 평균 두께는 1 내지 10 nm일 수 있다
- [0015] 일 양태에 따르면, 상기 금속 플레이크 입자는 면방향 평균 장축길이: 두께의 비가 2 내지 20일 수 있다
- [0016] 일 양태에 따르면, 상기 금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상일 수 있다
- [0017] 일 양태에 따르면, 상기 전자파 흡수체의 평균 두께는 10 내지 500 μm 일 수 있다.
- [0018] 일 양태에 따르면, 하기 관계식 1을 만족할 수 있다.
- [0019] [관계식 1]
- [0020] $SE_A / SE_R \geq 100$

- [0021] (상기 관계식 1에서 SE_A 는 전자파 주파수 1.5~10 GHz 범위에서 측정된 평균 흡수효율 (shielding efficiency of absorption)이며, SE_R 는 상기 전자파 주파수 범위에서 측정된 평균 반사효율 (shielding efficiency of reflection)이다.)
- [0022] 본 발명은 또한,
- [0023] a) 제1금속 및 제2금속을 포함하는 금속간화합물 (intermetallic compound)을 에칭하여 제1금속 플레이트 입자를 포함하는 분산액을 제조하는 단계; 및
- [0024] b) 상기 분산액을 진공 여과하여 층상 금속체 (layered metal)을 제조하는 단계를 포함하는, 전자파 흡수체의 제조방법을 제공한다.
- [0025] 일 양태에 따르면, 상기 a) 단계는,
- [0026] a1) 에칭제 (etchant)를 포함하는 용액에 금속간화합물을 분산하여 분산액을 제조하는 단계; 및
- [0027] a2) 상기 금속간화합물의 제2금속이 상기 분산액 내의 에칭제와 반응하여 제2금속이 제거되는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0028] 일 양태에 따르면, 상기 b) 단계에서,
- [0029] 상기 제1금속 플레이트 입자가 입자크기 구배를 가지도록 상기 진공 여과 필터 내에 스택킹되어 층상 금속체가 제조될 수 있다
- [0030] 일 양태에 따르면, 상기 진공 여과 필터 내에서 여과 방향으로 갈수록 상기 제1금속 플레이트 입자크기가 증가될 수 있다
- [0031] 일 양태에 따르면, 상기 제1금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상이며,
- [0032] 상기 제2금속은 Li, Ca, Na, K, Ba, Sr, Cs, Rb로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상일 수 있다 .
- [0033] 일 양태에 따르면, 상기 에칭제는 요오드 (Iodine)를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명에 따른 전자파 흡수체는, 내부 금속 플레이트 입자 간의 다중내부반사에 의해 외부로부터 입사되는 전자파의 흡수율을 증가시켜, 반사율을 0.05% 이하로 감소시키는 장점이 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 전자파 흡수체의 제조방법은, 금속간화합물을 이용하여 에칭 및 진공 여과 공정을 통한 간단한 방법으로 반사율이 현저히 감소된 전자파 흡수체를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체의 층상 금속체에 의해 전자파가 흡수되는 메커니즘을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 플레이트 입자 표면 사이 공간에서의 다중내부반사에 의해 전자파 흡수율이 증가되는 메커니즘을 도시한 도면이다. 도 2 (a) 내지 (c)는 금속 및 금속 산화물의 계면 수가 각각 1개, 2개 및 10개 인 경우에 대한 내부 반사 메커니즘을 도시한 도면이며, (d) 및 (e)는 상기 계면 수가 n개인 경우에 대한 내부 반사 메커니즘을 도시한 도면이다.
- 도 3 (a)은 본 발명의 일 실시예에 따라 금속 플레이트 입자가 스택킹된 구조를 나타낸 도면이며, 도 3 (b)는 상기 스택킹 구조에서의 전도영역 (회색) 및 절연영역 (파란색)을 표시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 층상 금속체 내에서 일어나는 다중내부반사 과정을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체의 제조방법에서 진공 여과 단계를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전자파 흡수체의 주사전자현미경 이미지 분석 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전자파 흡수체의 XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) 분석 결

과를 나타낸 도면이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전자파 흡수체의 차폐 성능 결과를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전자파 흡수체 및 종래기술에 따른 전자파 흡수체의 성능을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0038] 다른 정의가 없다면 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 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 있는 것을 의미한다. 또한 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.
- [0039] 본 명세서에서 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.
- [0040] 본 발명은, 금속 플레이크(flake) 입자를 함유하는 층상 금속체(layered metal)를 포함하며, 상기 금속 플레이크 입자는 상기 층상 금속체의 두께 방향으로 입자크기 구배를 가지는, 전자파 흡수체를 제공한다.
- [0041] 전자파에 대한 스텔스 기술은 입사되는 전자파를 레이더의 방향이 아닌 다른 방향으로 산란시키는 반사와 감소형상화 방법과 입사하는 전자파를 흡수 또는 간섭을 통해 소멸시키는 전자파 흡수체를 사용하는 방법으로 분류된다. 형상화 방법만으로는 100%의 은폐를 할 수 없으므로 전자파 흡수체의 개발은 스텔스 성능 구현을 위해 반드시 필요한 분야이다.
- [0042] 종래에는 공진형 전자파 흡수체가 제안되었다. 이러한 공진형 전자파 흡수체는 저항 피막, 유전체 스페이서 및 금속도체 접지면으로 이루어져 구성이 간단하여 제작이 용이한 장점이 있으나, 앞서 서술한 바와 같이, 특정 주파수 범위의 전자파에 대해서만 흡수 효과가 발현되는 단점이 있다. 이에, 다층으로 구성하여 다중 대역 흡수 특성을 얻을 수 있으나, 금속도체 접지면으로부터 유전체 스페이서의 두께가 적어도 $\lambda/4$ 이상이어야 하는 단점이 있다.
- [0043] 본 출원인은 상술한 단점을 해결하기 위해 연구를 심화하는 과정에서, 금속 플레이크 입자가 입자크기 구배를 가지도록 스택킹되어 형성된 층상 금속체를 포함함으로써 전자파 흡수율을 현저히 증가시킬 수 있다는 점을 발견하여 본 발명을 완성하기에 이르렀다.
- [0044] 상술한 발견에 기반한 본 발명에 따른 전자파 흡수체는 금속 플레이크 입자가 특정 입자크기 구배를 가지도록 스택킹된 층상 금속체를 통해 넓은 주파수 범위의 전자파에 대해서도 흡수율을 증가시켜 외부로의 반사율을 현저히 감소시킬 수 있다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체의 층상 금속체에 의해 전자파가 흡수되는 메커니즘을 나타낸 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체는 상기 금속 플레이크 입자 간 다중내부반사(multiple internal reflection)에 의해 전자파 흡수가 일어나는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0046] 상기 금속 플레이크 입자는 표면에 평균 두께 1 내지 10 nm, 종계는 1 내지 4 nm인 금속 산화물 박막을 포함할 수 있다. 이때, 상기 금속 산화물 박막의 평균 두께는 상기 금속 플레이크 입자의 크기와 상관없이 상기 범위의 두께를 갖는 특징을 가진다. 이에 따라, 서로 다른 입자크기를 갖는 금속 플레이크 입자는 서로 다른 산소 함량을 가지게 되며, 구체적으로, 입자크기가 상대적으로 큰 금속 플레이크 입자는 입자크기가 작은 입자 대비 낮은 산소 함량을 가지게 된다. 서로 다른 산소 함량을 가지는 금속 플레이크 입자들의 내부 임피던스 차이(intrinsic impedance)로 인해, 상기 금속 플레이크 입자 계면에서는 상술한 다중내부반사가 일어나면서 전자파

흡수율 증가와 동시에 반사율을 감소시키게 된다.

- [0047] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 다른 산소 함량을 가지는 금속 플레이트 입자들의 계면에서의 다중내부반사에 의해 전자파 흡수율이 증가되는 메커니즘을 도시한 도면이다. 구체적으로, 도 2 (a) 내지 (c)는 금속 및 금속 산화물의 내부 임피던스 차이로 인해 발생하는 계면에서의 반사 메커니즘을 도시한 도면으로, 상기 계면의 수가 각각 1개, 2개 및 10개일 때의 메커니즘을 나타낸 것이다. 도 2 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 금속 및 금속 산화물 입자의 내부 임피던스 차이로 인해, 상기 계면의 수가 증가할수록 계면에서의 반사전력 (reflected power, P_r)/입사전력 (incident power, P_i) 값 (P_r/P_i)의 총 합이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 도 2 (d) 및 (e)에 도시된 바와 같이, 상술한 계면의 수가 증가할수록 상기 P_r/P_i 의 총 합은 급속도로 감소되어 총 반사율이 감소하게 된다. 이러한 메커니즘에 의해, 서로 다른 산소 함량을 가지는 금속 플레이트 입자들의 계면 수가 증가함에 따라 상술한 다중내부반사에 의해 전자파 흡수율이 증가되고 반사율은 감소하게 된다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체는, 전자파 입사면 방향으로 갈수록 상기 금속 플레이트 입자 크기가 감소될 수 있다. 구체적으로, 상기 전자파 흡수체는 전자파 입사면 방향으로 갈수록 금속 플레이트 입자 크기가 감소되도록 스택킹된 구조의 층상 금속체를 포함할 수 있다. 이에 따라, 전자파 입사면에서는 산소의 원자 분율이 금속의 원자 분율보다 더 높고, 입사면에서 깊이 방향으로 산소의 원자 분율이 감소하고 금속의 원자 분율이 증가하여 특정 지점에서 동일한 원자 분율을 가질 수 있다.
- [0049] 도 3 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라 표면에 금속 산화물 박막을 포함하는 금속 플레이트 입자가 입자크기 구배를 가지도록 스택킹된 구조를 나타낸 도면이다. 앞서 서술한 바와 같이, 상기 금속 산화물 박막은 상기 금속 플레이트 입자 크기와 상관없이 특정 두께 범위 값으로 형성됨에 따라, 상기 스택킹된 구조 내에는 상기 금속 플레이트 입자의 산소 함량 차이로 인해 도 3 (b)에 도시된 바와 같이 전도영역 (conducting region) 및 절연영역 (insulating region)이 구분되어 형성되며, 깊이에 따라 상기 전도영역/절연영역의 비율이 특정 구배를 가질 수 있다. 구체적으로, 전자파 입사면 방향으로 갈수록 상기 전도영역/절연영역 값이 감소되면서, 이에 따라 전기전도성이 감소되고 고유 임피던스가 증가하는 구배가 형성하게 된다.
- [0050] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 전자파 입사면 방향으로 갈수록 금속 플레이트 입자 크기가 감소되는 구배를 가지는 층상 금속체 내에서 일어나는 다중내부반사 과정을 표시한 도면이다. 구체적으로, 외부로부터 전자파가 입사되면 상기 층상 금속체 내부의 금속 플레이트 입자들의 계면에서는 내부반사가 일어나면서 입사된 전자파가 흡수된다. 상기 전자파 입사면 방향으로 갈수록 상기 금속 플레이트 입자의 크기가 작고 산소 함량이 높기 때문에 상기 전자파 입사면과 가까운 영역에서의 전자파 반사율은 상대적으로 작은 특징을 갖게 된다. 따라서 상술한 입자 크기 구배를 가지는 층상 금속체를 포함하는 전자파 흡수체 표면에 전자파가 입사되면, 먼저 상대적으로 입자 크기가 작은 금속 플레이트 입자, 즉 산소함량이 높은 금속 플레이트 입자에 의해 표면 반사가 억제됨과 동시에, 하부에 위치하는 상대적으로 입자 크기가 크고 산소 함량이 낮은 금속 플레이트 입자에 의해 전자파 흡수율을 현저히 증가시킬 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자파 흡수체는 하기 관계식 1을 만족할 수 있다.
- [0052] [관계식 1]
- [0053] $SE_A / SE_R \geq 100$
- [0054] (상기 관계식 1에서 SE_A 는 전자파 주파수 1.5~10 GHz 범위에서 측정된 평균 흡수효율 (shielding efficiency of absorption)이며, SE_R 는 상기 주파수 범위에서 측정된 평균 반사효율 (shielding efficiency of reflection)이다.)
- [0055] 구체적으로, 상기 SE_A / SE_R 는 100 이상, 총계는 1000 이상의 값을 가질 수 있으며, 상기 SE_A 및 SE_R 는 상기 전자파 흡수체의 평균 두께 1 내지 $10^3 \mu m$ 범위에서 측정된 것일 수 있다. 이때 상기 SE_A 및 SE_R 는 전자파 주파수 1.5~10 GHz 범위에서 vector network analyzer (VNA)를 이용하여 측정된 값일 수 있다.
- [0056] 상기 금속 플레이트 입자들의 계면에서 내부반사 및 흡수가 효율적으로 일어나 전자파 흡수율을 증가시키기 위한 측면에서, 상기 금속 플레이트 입자는 면방향 평균 장축길이: 두께의 비가 2 내지 20, 총계는 5 내지 20일 수 있다.
- [0057] 상기 금속 플레이트 입자의 금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상

일 수 있다.

- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따른 전자과 흡수체의 평균 두께는 10 내지 500 μm , 종계는 20 내지 400 μm , 더 종계는 50 내지 300 μm 일 수 있다.
- [0059] 구체적으로, 상기 전자과 흡수체는 기재 상에 위치하는 상술한 바와 같은 층상 금속체를 포함할 수 있으며, 상기 층상 금속체를 기준으로 상부 또는 하부에는 투명 필름이 적층된 구조의 박막형태를 가질 수 있다.
- [0060] 상기 투명 필름은 PET (Polyethylene Terephthalate), PI (Polyimide), PP (polypropylene) 및 PE (Polyethylene)로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있으며, 평균 두께 10 내지 1000 μm 을 가질 수 있다.
- [0061] 본 발명은 또한, a) 제1금속 및 제2금속을 포함하는 금속간화합물 (intermetallic compound)을 에칭하여 제1금속 플레이트 입자를 포함하는 분산액을 제조하는 단계; 및 b) 상기 분산액을 진공 여과하여 층상 금속체 (layered metal)을 제조하는 단계를 포함하는, 전자과 흡수체의 제조방법을 제공한다.
- [0062] 상기 a) 단계는, 상기 금속간화합물을 포함하는 분산액을 제조하는 a1) 단계; 및 상기 금속간화합물 내 제2금속을 제거하는 a2) 단계를 포함한다.
- [0063] 우선, a1) 에칭제 (etchant)를 포함하는 용액에 금속간화합물을 분산하여 분산액을 제조한다. 상기 분산액 내 금속간화합물: 에칭제의 몰비는 1:1 내지 1: 10, 종계는 1: 2 내지 1:8, 더 종계는 1:2 내지 1: 6일 수 있다. 이때 사용되는 용매는 니트릴계 용매일 수 있으며, 비한정적인 예로 상기 용매는 아세토니트릴 (Acetonitrile)일 수 있다.
- [0064] 상기 금속간화합물은 제1금속 및 제2금속을 포함하며, 구체적으로 상기 제1금속은 Al, Cu, Pb, In, Sn, Bi, Ag, Au, Pt로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상이며, 상기 제2금속은 Li, Ca, Na, K, Ba, Sr, Cs, Rb로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상 일 수 있다. 이때 상기 제1금속: 제2금속의 몰비는 0.5: 1 내지 5: 1, 종계는 1.5: 1 내지 5: 1일 수 있다.
- [0065] a2) 상기 금속간화합물 내 제2금속을 상기 에칭제와 반응시켜 상기 제2금속을 제거한다. 상기 반응은 상온에서 1 내지 200 시간 동안 교반하여 수행될 수 있다. 상기 반응과정을 통해 금속간화합물 내 제2금속 및 에칭제의 반응 생성물은 상기 용매 내에 분산되며, 상기 제1금속은 상기 금속간화합물로부터 박리되어 (exfoliation) 제1금속 플레이트 입자 상태로 분산된 분산액을 얻을 수 있다.
- [0066] 상기 금속간화합물 내 제2금속을 선택적으로 제거하여 제1금속 플레이트 입자를 얻기 위한 측면에서, 상기 에칭제는 상기 제2금속을 선택적으로 제거할 수 있는 물질이라면 제한받지 않고 사용될 수 있으며, 예시적으로 요오드를 포함할 수 있다.
- [0067] b) 단계에서는 상기 제1금속 플레이트 입자를 포함하는 분산액을 진공 여과한다. 이때 사용되는 진공 여과 필터는 통상적으로 진공 필터 시 사용되는 친수성 여과 필터라면 크게 제한하지는 않지만, 바람직하게는 PVDF (polyvinylidene fluoride) 멤브레인일 수 있다. 상기 여과 필터 내에 본 발명이 목적하고자 하는 층상 금속체로 스테킹이 이루어지기 위한 측면에서, 상기 필터의 평균 기공크기는 0.1 내지 5 μm , 종계는 0.1 내지 2 μm , 더 종계는 0.1 내지 1 μm 를 가질 수 있다. 이에 따라, 상기 진공 여과 필터 내에서 여과 방향으로 갈수록 상기 제1금속 플레이트 입자크기가 증가되는 구조의 층상 금속체를 얻을 수 있다.
- [0068] 상기 b) 단계 후에는 라미네이팅 (Laminating) 단계를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 b) 단계에서 얻은 상기 층상 금속체를 포함하는 진공 여과 필터를 사이에 두고, 양쪽에 투명 필름을 라미네이팅 하여 전자과 흡수체를 제조할 수 있다. 이때 사용되는 투명 필름의 종류는 크게 제한하지는 않지만 비한정적인 예로 PET 필름을 사용할 수 있다.
- [0069] 상술한 제조방법으로 제조된 전자과 흡수체는, 특정 입자크기 구배를 가지는 제1금속 플레이트 입자가 스테킹된 구조를 포함함에 따라 상기 입자들 사이에서 일어나는 다중내부반사에 의해 전자과의 흡수율은 증가시키고 반사율을 현저히 감소시킬 수 있다.
- [0070] 이하 본 발명을 실시예를 통해 상세히 설명하나, 이들은 본 발명을 보다 상세하게 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 권리범위가 하기의 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 실시예

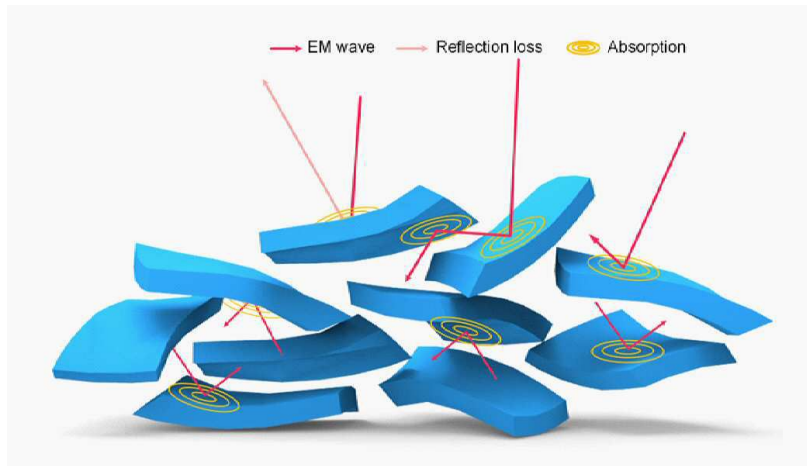
- [0073] (실시예 1)
- [0074] Li_9Al_4 1.17 mmol 및 I_2 5.23 mmol을 CH_3CN 150 mL에 추가하여 제조된 용액을 상온에서 192시간 동안 충분히 혼합하여 알루미늄 플레이크 입자를 포함하는 분산액을 얻었다. 다음, 도 5에 도시된 바와 같이, PVDF Membrane Filter (pore size: 0.2 μm , SciLab)를 이용하여 상기 분산액을 진공 여과하여 상기 알루미늄 플레이크 입자가 상기 PVDF membrane filter 내에 입자크기 구배를 가지도록 스택킹된 층상 금속체를 제조하였다.
- [0075] 마지막으로, 상기 층상 금속체를 포함하는 PVDF membrane filter을 사이에 두고 양쪽에 각각 두께 100 μm 의 PET 필름을 위치한 후 라미네이팅 하여 최종 두께 120 μm 박막 형태의 전자파 흡수체를 제조하였다.
- [0076] (실시예 2)
- [0077] 상기 실시예 1에서 최종 두께 120 μm 대신 69 μm 의 박막 형태의 전자파 흡수체를 제조한 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다.
- [0078] (실시예 3)
- [0079] 상기 실시예 1에서 최종 두께 120 μm 대신 78 μm 의 박막 형태의 전자파 흡수체를 제조한 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다.
- [0080] (실시예 4)
- [0081] 상기 실시예 1에서 최종 두께 120 μm 대신 222 μm 의 박막 형태의 전자파 흡수체를 제조한 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다.
- [0082] 시험예 1: 주사전자현미경 이미지 분석
- [0083] 상기 실시예 1에서 제조된 전자파 흡수체 단면에 대해 주사전자현미경 이미지를 분석하였으며, 그 결과를 도 6에 도시하였다.
- [0084] 도 6 (a)는 전자파 흡수체의 단면에 대한 이미지이며, 도 6 (b) 및 (c)는 각각 상기 전자파 흡수체 단면의 상부 및 하부에 대한 SEM 이미지이며, 노란색으로 표시한 부분은 알루미늄 플레이크 입자이다.
- [0085] 도 6으로부터 제조된 전자파 흡수체 내에 알루미늄 플레이크 입자가 스택킹된 구조의 층상 금속체가 형성된 것을 확인할 수 있으며, 상기 층상 금속체의 상부에서 하부영역으로 갈수록 알루미늄 플레이크 입자의 크기가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이때 상기 상부 및 하부는 상기 진공 여과 방향 기준으로 구분한 영역이다.
- [0086] 시험예 2: XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) 분석
- [0087] 상기 실시예 1에서 제조된 전자파 흡수체에 대해 XPS 분석하였으며, 그 결과를 도 7에 도시하였다.
- [0088] 도 7 (a)에서 확인할 수 있듯이, 상기 전자파 흡수체의 상부에서 하부로 갈수록 Al 2p_{1/2} 및 2p_{3/2} 피크 (Al metal) 및 Al 2p 피크 (Al oxide)의 면적비가 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0089] 또한 도 7 (b)에서 확인할 수 있듯이, 상기 전자파 흡수체의 상부에서 하부로 갈수록 Al의 원소 함량은 증가하고, O의 원소 함량은 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 이에 따라 상기 진공 여과 방향으로 갈수록 알루미늄 플레이크 입자크기가 증가 (산소 함량이 감소)되는 구조의 층상 금속체가 형성된 것을 확인할 수 있다.
- [0091] 시험예 3: 전자파 흡수체의 차폐 성능 평가
- [0092] 상기 실시예 1에서 제조된 전자파 흡수체에 대해 전자파 주파수 1.5~10 GHz 범위에서 vector network analyzer (VNA)를 이용하여 차폐율을 계산하였으며, 그 결과를 도 8에 도시하였다.
- [0093] 도 8에서 확인할 수 있듯이, 1.5~10 GHz의 넓은 전자파 주파수 범위에서 평균 반사효율 SE_R (shielding efficiency of reflection) 0.04 dB, 평균 흡수효율 SE_A (shielding efficiency of absorption) 26.76 dB 및 총 차폐율 (total shielding efficiency) SE_T는 26.80 dB를 나타냈다.
- [0094] 상술한 평가방법으로 실시예 2 내지 4에서 제조된 전자파 흡수체에 대해 차폐 성능을 평가하였으며, 구체적인 전자파 흡수체의 두께에 따른 차폐율 SE를 하기 도 9에 도시하였다.

[0095] 도 9에서 확인할 수 있듯이, 전자파 흡수체의 두께가 $69\ \mu\text{m}$ 에서 $222\ \mu\text{m}$ 로 증가할수록 총 차폐효율 (total shielding efficiency) SE_T 은 최대 28.92 dB까지 증가하였으며, SE_A/SE_R 비율은 10^3 이상을 유지하였다.

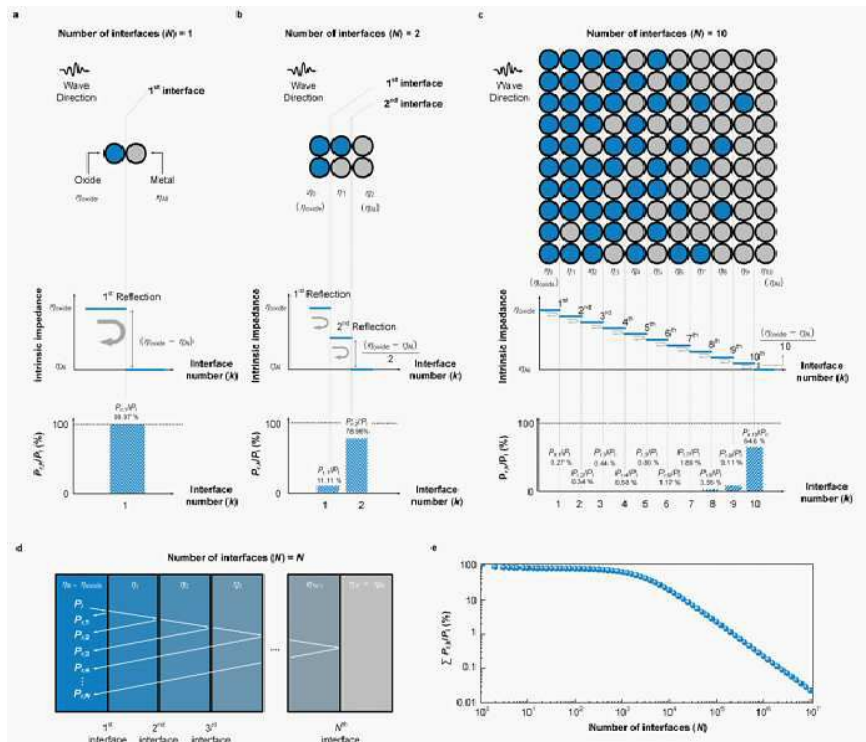
[0096] 또한 도 10에서 확인할 수 있듯이, 본 발명의 실시예 1 내지 4에 의해 제조된 전자파 흡수체는 종래의 전자파 흡수재료 대비 현저히 높은 SE_A/SE_R 비율을 나타냈다.

도면

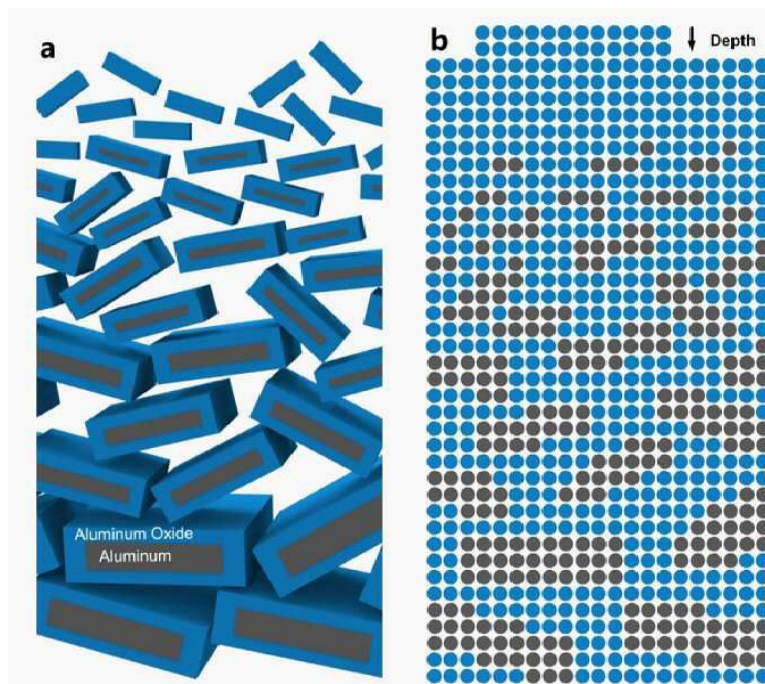
도면1



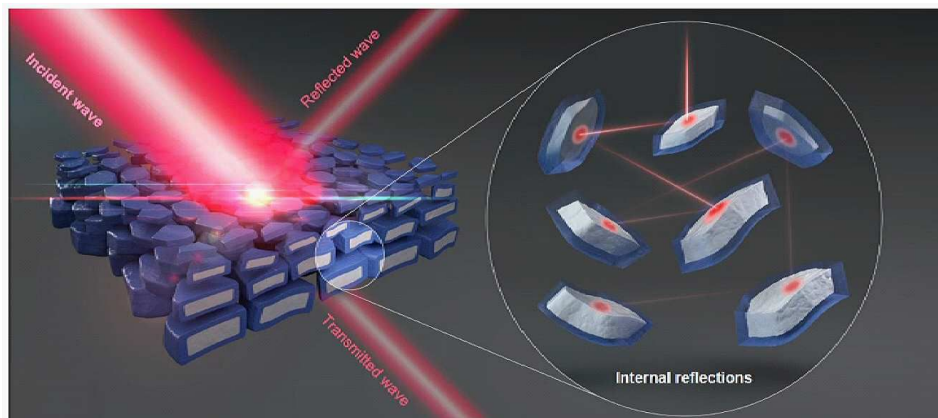
도면2



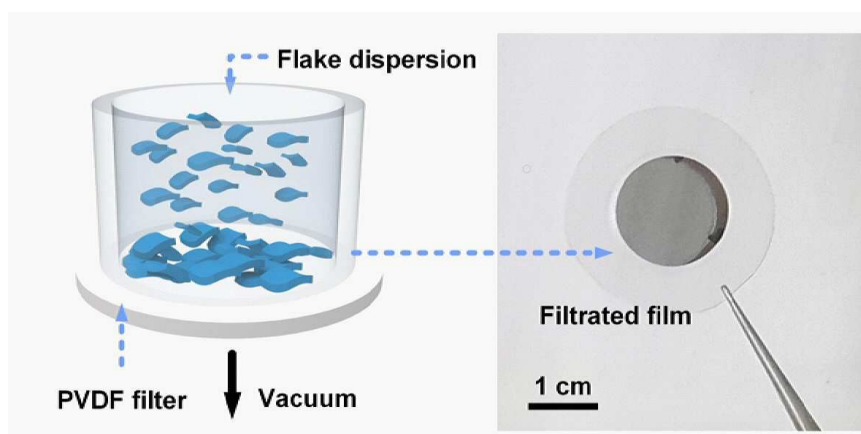
도면3



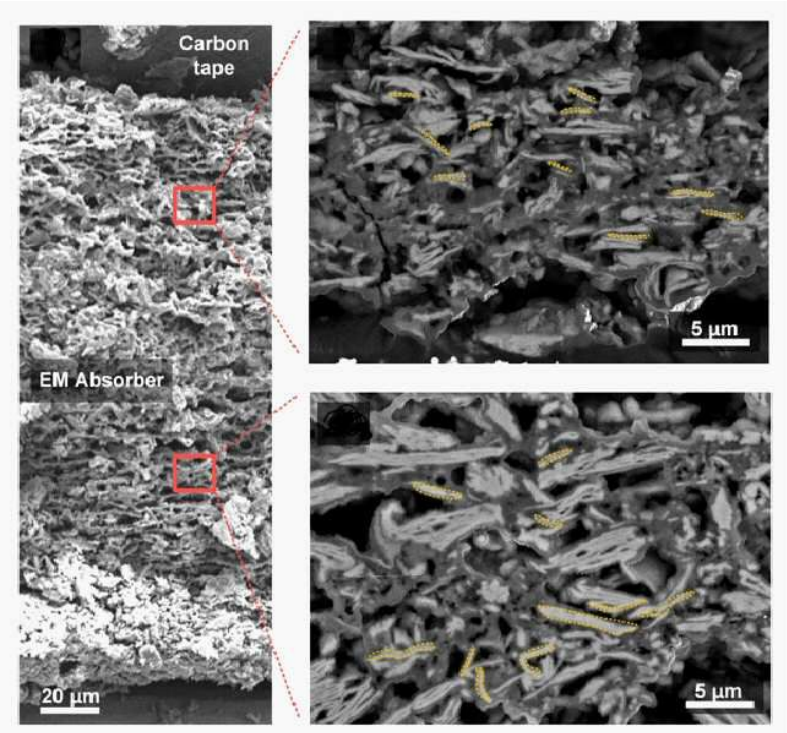
도면4



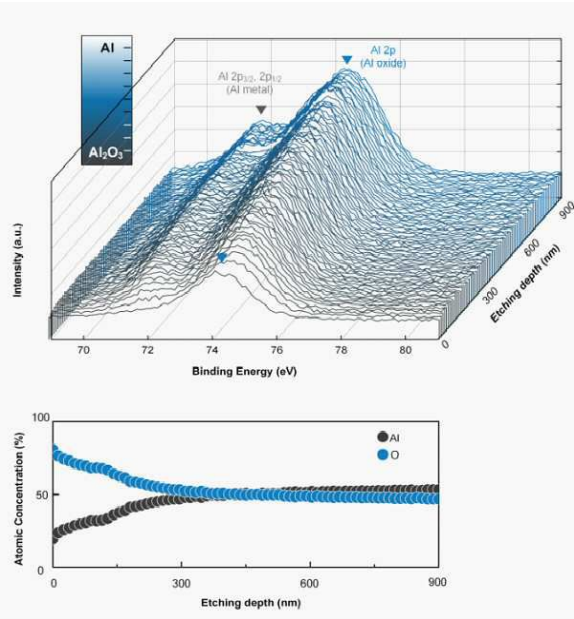
도면5



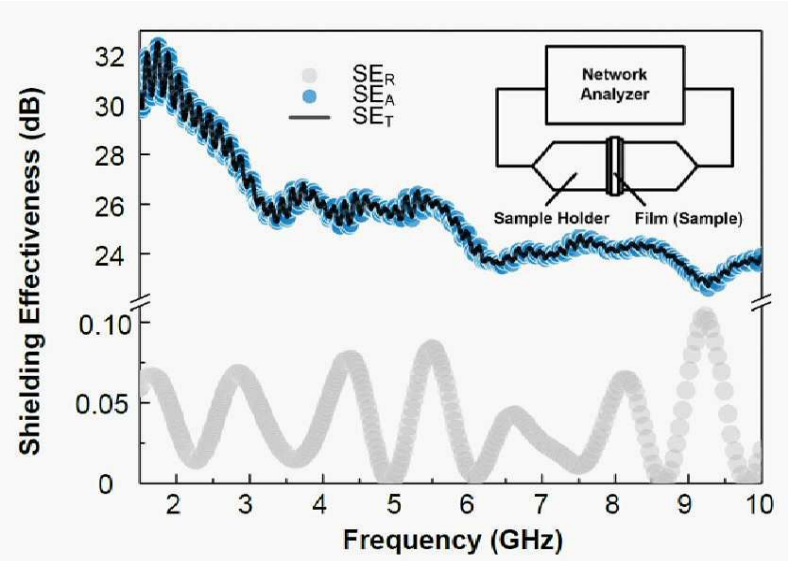
도면6



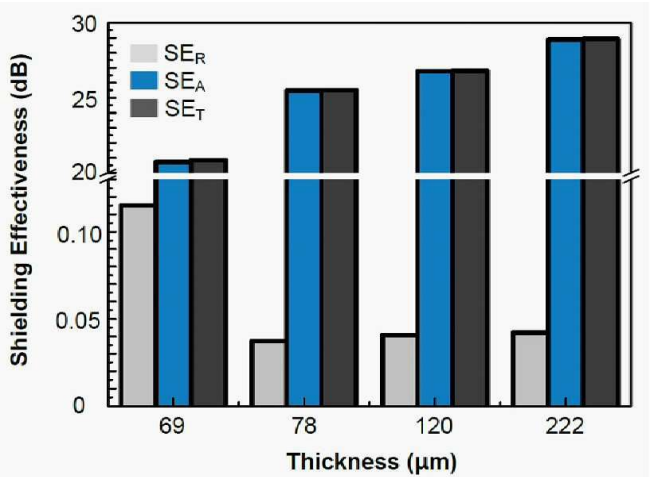
도면7



도면8



도면9



도면10

