(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0050391
(43) 공개일자 2012년05월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 9/00 (2006.01) *C08L 101/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0116597
(22) 출원일자 2011년11월09일
심사청구일자 2011년11월09일
(30) 우선권주장
1020100111425 2010년11월10일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김진봉
경상남도 김해시 장유면 대청로210번길 13, 젤미마을 부영그린타운5차 904동 1803호
변준형
부산광역시 남구 분포로 113, 215동 2404호 (용호동, LG메트로시티)
김병선
경상남도 창원시 대방동 355 성원3차아파트 304동 508호
(74) 대리인
이원희

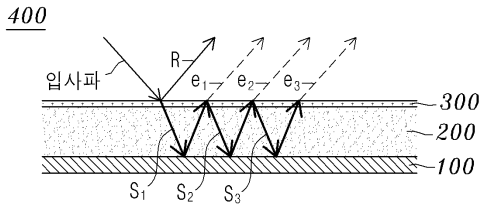
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체 및 이의 형성 방법**

(57) 요 약

유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체 및 이의 형성 방법을 개시한다. 상기 유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체는 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 지지층, 상기 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층 및 상기 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 하는 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 포함한다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2008NWD08P0200002010
부처명	지식경제부
연구사업명	신재생에너지기술개발사업
연구과제명	레이더 신호 간섭 최소화를 위한 풍력 발전기 기술 개발
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2010.08.01 ~ 2011.07.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	K20704000009-10A0500-00910
부처명	교육과학기술부
연구사업명	글로벌연구실사업
연구과제명	구조용 다기능성 마이크로/나노 복합재료 개발
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2010.09.01 ~ 2011.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 지지층;

상기 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층; 및

상기 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 하는 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 포함하는 전자파 흡수체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유전손실형 복합재 시트층은,

전도성 분말이 고분자 기지에 분산되도록 형성되어 복소 유전율을 갖는 복합재 시트층인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

상기 복합재 시트층 내부에 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말의 고유의 전기 전도도, 표면 상태 중 어느 하나에 따라서 다양한 크기의 유전율인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

상기 복합재 시트층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

실수부가 1을 초과하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복합재 시트층은,

카본 블랙, 탄소 나노섬유, 탄소 나노튜브를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복합재 시트층은,

탄소 나노 소재를 포함하는 화합물로 구성되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 유리섬유 직물은,

위사와 경사의 차이가 작은 평직이며, 상기 직물을 이루는 셀의 크기가 작고, 두께가 얇은 PCB 용 절연 매트인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 10

전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 지지층;

상기 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층; 및

상기 지지층의 상부에 형성되며, 상기 고전도성 배면층에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 하는 복소 유전율을 구비한 다수의 복합제 시트층들을 포함하는 전자파 흡수체.

청구항 11

제13항에 있어서,

상기 다수의 복합체 시트층들 중 어느 하나는,

카본 블랙, 탄소 나노섬유, 탄소 나노튜브를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체.

청구항 12

전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 유전체 지지층을 형성하는 단계;

상기 유전체 지지층 배면에 고전도성 배면층을 형성하는 단계; 및

상기 유전체 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층으로부터 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 형성하는 단계를 포함하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유전손실형 복합재 시트층은,

전도성 분말이 고분자 기지에 분산되도록 형성되어 복소 유전율을 갖는 복합재 시트층인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

상기 복합재 시트층 내부에 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말의 고유의 전기 전도도, 표면 상태 중 어느 하나에 따라서 다양한 크기의 유전율인 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

상기 복합재 시트층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 복합재 시트층의 두께는,

중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 복소 유전율은,

실수부(ε')와 허수부(ε'')로 구성되며, 상기 복소 유전율의 값이 1을 초과하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 복합재 시트층은,

카본 블랙(Carbon black), 탄소 나노섬유(Carbon Nano Fiber), 탄소 나노튜브(Carbon Nano Tube)를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 복합재 시트층은,

탄소 나노 소재를 포함하는 화합물로 구성되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 유리섬유 직물은,

위사와 경사의 차이가 작은 평직이며, 상기 직물을 이루는 셀의 크기가 작고, 두께가 얇은 PCB 용 절연 매트로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

청구항 22

제19항에 있어서,

상기 에폭시 수지는,

Bisphenol-A 계열의 주제와 방향성 아민계(aromatic amine)의 경화제 및 직물도포를 용이하게 하기 위하여 희석제와 미량의 반응촉진제를 이용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 전자파 흡수체 형성 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마이크로파에서 전자파를 흡수 및 차폐하는 전자파 흡수체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 Salisbury 스크린 형태의 흡수체가 가지는 제조 및 구조상의 장점을 보유하면서, 정합에 필요한 지지층의 두께를 줄이고도 넓은 흡수대역을 가지는 전자파 흡수체 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 들어 고주파 대역에서 동작하는 각종 전자장비와 더불어 무선 통신시장이 급격하게 발달하고 있다.

[0003] 이에 따라 고주파 영역에서 사용되는 전자장비 상호 간의 양립성의 증대와, 전자파 환경 공해에 대한 무선 통신 신뢰성 향상을 도모하기 위한 대책으로서 전자파 차폐와 전자파 흡수에 대한 연구가 폭넓게 행해지고 있다.

[0004] 전자파 차폐는 그 재료의 표면으로 입사되는 전자파를 반사시키거나 흡수시켜서 차폐재를 투과하는 전파의 크기를 최소화하는 방법이며, 전자파 흡수는 재료의 표면으로 입사되는 전자파를 열에너지로 변환하여 흡수함으로써 투과되는 전자파뿐만 아니라, 반사되는 전자파의 크기도 최소화하기 위한 방법이다.

[0005] 전자파 흡수는 전자파 차폐와는 달리 반사된 전자파로 인한 이차적인 전자파 오염을 예방할 수 있는 소재로서 보다 더 진보된 기술이라 할 수 있다.

[0006] 전자파 흡수체는 기존 구조에 추가적으로 부과되는 것이므로 두께가 얇고, 비중이 낮아야 하며, 흡수 대역폭이 넓어야 한다.

[0007] 도 1은 종래의 10 GHz에서 중심주파수를 갖는 공진형 전자파 흡수체의 흡수 성능을 나타낸 그래프이다.

[0008] 도 1을 참조하면, 공진형 전자파 흡수체를 특정한 중심주파수에 대해서 설계할 때 그 반사 손실은 중심 주파수에서 가장 크고, 중심 주파수에서 멀어질수록 그 반사 손실이 감소하므로, 일정한 흡수 대역폭을 가진다.

[0009] 가장 많이 쓰이는 흡수 대역폭의 기준은 90%의 전자파가 열에너지로 흡수됨을 뜻하는 -10 db 흡수 대역폭(-10 dB band width)이다.

[0010] 공진형 전자파 흡수체는 그 구조적 특성에 따라서 일반적으로 Dallenbach 층 형태의 흡수체와 Salisbury 스크린 형태의 흡수체로 분류될 수 있다.

[0011] 도 2는 종래 기술에 따른 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 개략적인 단도면이다.

[0012] 도 2를 참조하면, Dallenbach 층 형태의 흡수체의 배면층 앞에 형성된 흡수층은 고주파를 손실시키기 위한 도전손실재료, 자성손실재료, 유전손실재료, 또는 두 가지 이상의 손실을 포함하는 소결재료 및 복합재료로 제조되며 그 흡수 메커니즘은 근본적으로 흡수층을 구성하는 물질의 고주파 손실특성에 기인한다.

[0013] Dallenbach 층 형태의 흡수체의 흡수층 두께는 일반적으로 수 ㎜ 급으로서, 넓은 면적에 사용될 경우 다량의 소재가 필요하고, 손실성 소재의 혼합으로 인해 기계적, 화학적 특성이 약화된 소재를 두껍게 사용함으로써 구조물의 무게를 증가시키고 외부의 기계적, 환경적 영향에 취약할 수 있다는 단점이 있다.

[0014] 상기의 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 정합 두께(d)는 흡수층의 복소 유전율($\varepsilon=\varepsilon'-j\varepsilon''$)과 복소 투자율($\mu=\mu'-j\mu''$)로 나타낼 수 있으며, 아래에 기재된 [수학식 1]을 통해 나타낼 수 있다.

[0015]

[0016] [수학식 1]

[0017] $$d<\frac{\lambda}{4\sqrt{|\mu\varepsilon|}}$$

[0018] [수학식 1]에서 λ는 공기(air) 중의 전자파의 파장이며, $\frac{\lambda}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$ 은 흡수층 내부에서의 전자파의 파장을 나타낸다.

[0019] $\frac{\lambda}{4\sqrt{\mu\varepsilon}}$ 의 두께는 공기와 흡수층의 경계에서 흡수층 내부로 입사된 전자파가 배면층까지 전파되고 다시 반사되어 공기와 흡수층의 경계로 돌아오는 동안 전자파의 위상차가 π/2가 되도록 필요한 치수이다.

[0020] 흡수층이 가지는 복소 유전율 실수부(ε')와 허부수(ε''), 복소 투자율의 실수부(μ')와 허수부(μ'')의 조합으로 인하여 공기와 흡수층의 경계에서 전자파가 투과나 반사가 될 때 추가적인 위상차(Θ)가 발생하게 된다.

[0021] 상기 위상차(Θ)는 상기의 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 정합 두께(d)가 $\frac{\lambda}{4\sqrt{\mu\varepsilon}}$ 보다 작도록 하는 요인이 된다.

[0022] 도 3은 종래 기술에 따른 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 개략적 단면도이다.

[0023] 도 3을 참조하면, Salisbury 스크린 형태의 흡수체는 폼코어나 유리섬유강화 복합재료와 같은 전자파 손실이 매우 적은 유전체로 된 지지층과 377 Ω/sq의 면저항을 갖고 두께가 수 ㎛에서 수십 ㎛인 저항 시트로 구성될 수 있다.

[0024] 상기의 Dallenbach 층 형태의 흡수체에 비해서 구조가 간단하고 소재의 제조가 용이한 장점이 있다.

[0025] Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 지지층의 정합 두께(d)는 그 구성 소재인 유전체의 유전율(ε)로 나타낼 수 있으며, 아래의 [수학식 2]를 통해 나타낼 수 있다.

[0026] [수학식 2]

[0027] $$d=\frac{\lambda}{4\sqrt{|\varepsilon|}}$$

[0028] [수학식 2]에서 λ는 공기(air) 중의 전자파의 파장이며, $\frac{\lambda}{\sqrt{|\varepsilon|}}$ 은 흡수층 내부에서의 전자파의 파장을 나타낸다.

[0029] 도 4는 10 GHz에서 중심주파수를 갖는 Salisbury 스크린 형태의 흡수체에서 지지층의 두께와 -10 dB 흡수 대역폭과의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0030] 즉, Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 흡수 대역폭은 [수학식 2]에서 나타난 지지층의 두께(d)에 비례하는 것을 알 수 있다.

[0031] 도 4 및 [수학식 2]를 참조하면, 공기(유전율 ε=1.0)와 유사한 유전율을 갖는 소재를(예를 들면 Foam core)을 지지층에 사용한 경우 그 두께(d)가 7.495 ㎜가 되어야 하고, 이때의 대역폭은 6.68 GHz이다.

[0032] 그러나 지지층의 소재로 많이 사용되는 유리섬유 강화 복합재(유전율의 절대값 | ε |=4.7)의 경우 그 두께가 약 3.47 ㎜가 되고, 그때의 대역폭은 3.60 GHz이다.

[0033] 유전율(ε)이 약 6.0인 E-Glass 유리가 지지층으로 사용되면 그 두께가 약 3.06 ㎜가 되고, 그때의 대역폭은 3.28 GHz이다.

[0034] 일반적으로 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 지지층의 유전율(ε)은 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 흡수층의 복소 유전율(ε)과 복소 투자율(μ)보다 작기 때문에 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 두께는 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 두께보다 크다.

[0035] 또한 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 단위 두께당 흡수 대역 폭은 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 단위 두께당 흡수대역 폭보다 좁아지는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0036] 본 발명은 전도성 분말이 혼합된 복합재 시트층가 포함된 전자파 흡수체에 관한 것으로, 복소 유전율의 실수부와 허수부 크기가 제어된 복합재 시트층와 유전체 지지층을 사용하여 정합 두께를 감소시키고 전자파 흡수 대역폭이 넓은 유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체 및 이의 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0037] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 전자파 흡수체는 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 지지층, 상기 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층 및 상기 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 하는 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 포함한다.

[0038]

[0039] 상기 유전손실형 복합재 시트층은 전도성 분말이 고분자 기지에 분산되도록 형성되어 복소 유전율을 갖는 복합재 시트층인 것을 특징으로 한다.

[0040] 상기 복소 유전율은 상기 복합재 시트층 내부에 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말의 고유의 전

기 전도도, 표면 상태 중 어느 하나에 따라서 다양한 크기의 유전율인 것을 특징으로 한다.

[0041] 상기 복소 유전율은 상기 복합재 시트층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0042] 상기 복소 유전율은 중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0043] 상기 복소 유전율은 실수부가 1을 초과하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 상기 복합재 시트층은 카본 블랙(Carbon Black), 탄소 나노섬유(Carbon Nano Fiber), 탄소 나노튜브(Carbon Nano Tube)를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 한다.

[0045] 상기 복합재 시트층은 탄소 나노 소재를 포함하는 화합물로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0046] 상기 유리섬유 직물은 위사와 경사의 차이가 작은 평직이며, 상기 직물을 이루는 셀의 크기가 작고, 두께가 얇은 PCB 용 절연 매트인 것을 특징으로 한다.

[0047] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시 예에 따른 전자파 흡수체는 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 지지층, 상기 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층 및 상기 지지층의 상부에 형성되며, 상기 고전도성 배면층에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 하는 복소 유전율을 구비한 다수의 복합제 시트층들을 포함한다.

[0048] 상기 다수의 복합체 시트층들 중 어느 하나는 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 탄소 나노튜브를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 한다.

[0049] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 전자파 흡수체 형성 방법은 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 유전체 지지층을 형성하는 단계, 상기 유전체 지지층 배면에 고전도성 배면층을 형성하는 단계 및 상기 유전체 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층으로부터 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0050] 상기 유전손실형 복합재 시트층은 전도성 분말이 고분자 기지에 분산되도록 형성되어 복소 유전율을 갖는 복합재 시트층인 것을 특징으로 한다.

[0051] 상기 복소 유전율은 상기 복합재 시트층 내부에 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말의 고유의 전기 전도도, 표면 상태 중 어느 하나에 따라서 다양한 크기의 유전율인 것을 특징으로 한다.

[0052]

[0053] 상기 복소 유전율은 상기 복합재 시트층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0054] 상기 복소 유전율은 중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0055] 상기 복합재 시트층의 두께는 중심 주파수, 지지층의 두께에 따라 조절되는 것을 특징으로 한다.

[0056] 상기 복소 유전율은 실수부(ε ')와 허수부(ε '')로 구성되며, 상기 복소 유전율의 값이 1을 초과하는 것을 특징으로 한다.

[0057] 상기 복합재 시트층은 카본 블랙(Carbon black), 탄소 나노섬유(Carbon Nano Fiber), 탄소 나노튜브(Carbon Nano Tube)를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포되는 것을 특징으로 한다.

[0058] 상기 복합재 시트층은 탄소 나노 소재를 포함하는 화합물로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0059] 상기 유리섬유 직물은 위사와 경사의 차이가 작은 평직이며, 상기 직물을 이루는 셀의 크기가 작고, 두께가 얇은 PCB 용 절연 매트로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0060] 상기 에폭시 수지는 Bisphenol-A 계열의 주제와 방향성 아민계(aromatic amine)의 경화제 및 직물도포를 용이하게 하기 위하여 희석제와 미량의 반응촉진제를 이용하여 형성하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0061] 본 발명에 따르면, 전자파 흡수체 및 그 제조 방법에 따르면, Salisbury 스크린 형태의 흡수체가 가지는 제조 및 구조상의 장점을 보유하면서, 정합에 필요한 지지층의 두께에 대비하여 넓은 흡수 대역폭을 가지는 전자파 흡수체를 구현할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 종래의 10 GHz에서 중심주파수를 갖는 공진형 전자파 흡수체의 흡수 성능을 나타낸 그래프이다.

도 2는 종래 기술에 따른 Dallenbach 층 형태의 흡수체의 개략적인 단면도이다.

도 3은 종래 기술에 따른 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 개략적 단면도이다.

도 4는 도 3에 기재된 Salisbury 스크린 형태의 흡수체가 10GHz에서 중심 주파수를 가질 때의 지지층의 두께와 -10 dB 흡수 대역폭과의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체의 단면도를 나타낸다.

도 6은 10 GHz 중심 주파수를 가지는 흡수체를 설계함에 있어서, 두께 0.2 ㎜의 특정한 두께를 가지는 유전손실형 복합재 시트층와 유리섬유 강화/에폭시 적층판을 지지층의 소재로 사용한 경우에 지지층의 두께에 따라 정합에 필요한 복합재의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

도 7은 도 5에 제시된 유전손실형 복합재 시트층의 두께에 따른 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

도 8은 카본 블랙, 탄소나노섬유, 탄소나노튜브 각각을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

도 9는 카본 블랙, 탄소나노섬유, 탄소나노튜브 각각을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층을 이용하여 제조된 10 GHz 중심주파수용 전자파 흡수체의 전자파 흡수성능을 나타내는 반사 손실(reflection loss) 그래프이다.

도 10은 도 5에 도시된 본 발명의 전자파 흡수체와 도 3에 도시된 전자파 흡수체의 -10 dB 흡수 대역폭과 두께를 비교한 그래프이다.

도 11은 도 5에 도시된 전자파 흡수체가 일반적인 구조물에 적용되는 일 예를 나타낸 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0063] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0064] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "~부","~기" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0065] 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 도면에 기재된 내용을 참조하여야 한다.

[0066] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0067] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체의 단면도를 나타낸다.

[0068] 도 5를 참조하면, 본 발명의 유전성 손실 시트를 활용한 전자파 흡수체(400)는 지지층(200), 고전도성 배면층

(100) 및 복합재 시트층(300)를 포함한다.

[0069] 상기 지지층(200)은 전자파의 공진의 공간을 확보하기 층일 수 있다.

[0070] 상기 고전도성 배면층(100)은 상기 지지층 배면에 형성될 수 있다.

[0071] 상기 복합재 시트층(300)는 상기 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층(100)에서 반사된 전자파와 공진피크가 발생할 수 있는 복소 유전율을 구비한다.

[0072] 상기 복합재 시트층(300)는 전도성 분말이 분산된 고분자 기지로, 내부의 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말 고유의 전기 전도도, 표면 상태 등에 따라서 다양한 크기의 복소 유전율을 가지게 된다.

[0073] 입사파장이 전자파 흡수체(400)에 입사되면 상기 복합재 시트층(300)의 특성(예컨대, 내부의 분산된 전도성 분말의 함유율과 분말의 형태, 분말 고유의 전기 전도도, 표면 상태)에 따라 상기 입사 파장은 흡수체 내부로 침투된 파(s1)와 상기복합재 시트층(300)의 표면에 반사되는 반사파(R)로 분리된다.

[0074] 예를 들어, 입사 파장이 전자파 흡수체(400) 내로 입사되면, 상기 복합재시트층(300)의 특성에 따라 지지층(200) 내로 흡수되는 제1내부파(s1)와 상기 입사 파장에서 제1내부파(s1)를 제외하고 공기중으로 반사되는 반사파(R)로 나누어진다.

[0075] 그리고 나서, 상기 제1내부파(s1)는 상기 고전도성 배면층(100)으로부터 재반사되어 제2내부파(s2)를 생성하며, 상기 제1내부파(s1)에서 상기 제2내부파를 제외한 나머지 파장(e1)은 상기 복합재 시트층(300)을 투과하여 공기중으로 전파된다.

[0076] 상기 제2내부파(e2)는 상기 고전도성 배면층(100)으로부터 재반사되어 상기 제3내부파(s3)를 생성하며, 상기 제2내부파(s2)에서 상기 제3내부파(s3)가 제외된 나머지 파장(e2)은 상기 복합재 시트층(300)을 투과하여 공기 중으로 전파된다.

[0077] 제N-1내부파(sN-1)는 상기 고전도성 배면층(100)으로부터 재반사되어 제N내부파(sN)를 생성하며, 상기 제N-1내부파(sN-1)에서 상기 제N내부파(sN)가 제외된 나머지 파장(eN-1)은 상기 복합재 시트층(300)을 투과하여 공기중으로 전파된다.

[0078] 따라서, 최종적으로 전자파 흡수체(400)에 반사되는 파장의 크기는 R-(e1+e2+e3+???eN-1)로 나타낼 수 있다(N은 자연수).

[0079] 전자파 흡수체에서의 정합은 R-(e1+e2+e3+???+eN-1)의 값이 0 (=-∞dB)이 될 때 나타난다.

[0080] 여기서, 상기 복합재 시트층(300)는 카본 블랙(Carbon Black: CB), 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube: CNT), 탄소나노섬유(Carbon Nano Fiber: CNF) 등의 탄소나노소재를 사용하면 사용된 소재에 따라서 다양한 복소 유전율을 가질 수 있다.(J.B. Kim, C.G. Kim, Composite Science and Technology, 70, 2010, 1748-1754) 상기 고전도성 배면층(100)은 금속 박막 형태로 형성될 수 있다.

[0081] 도 6은 10 GHz 중심 주파수를 가지는 흡수체를 설계함에 있어서, 두께 0.2 ㎜의 특정한 두께를 가지는 유전손실형 복합재 시트층와 유리섬유 강화/에폭시 적층판을 지지층의 소재로 사용한 경우에 지지층의 두께에 따라 정합에 필요한 복합재의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0082] 도 6을 참조하면, 상기 지지층의 두께가 두꺼워 지면 유전손실형 복합재 시트층의 복소 유전율의 실수부(ε')가 크게 줄어들고, 허수부(ε'')도 일부 감소하는 것을 알 수 있다.

[0083] 종래 기술에 따른 도 3의 Salisbury 스크린 형태의 흡수체의 지지층에 본 예의 유리섬유 강화/에폭시 적층판(유전율: 4.659-j0.171)을 사용하면 상기 수학식 2에 의하여 3.448 ㎜를 얻을 수 있는데, 도 5에 기재된 본 발명에서도 지지층의 두께가 3.448에 가까워지면 복소 유전율의 실수부(ε')가 1.0이 되고 허수부(ε'')는 22.394로

수렴하는 것을 볼 수 있다.

[0084] 복소 유전율의 허수부(ε '')는 22.394는 주파수가 10 GHz일 때에 0.2mm 시트 두께를 고려하면 아래의 [수학식 3]에 의하면 377 Ω/sq의 면저항과 일치한다.

[0085] [수학식 3]

[0086] $$R_s = 1/(d_{sheet} \times \sigma_{ac}) = 1/(d_{sheet} \times 2\pi f_{center} \varepsilon_0 \varepsilon'')$$

[0087] R_s: 시트의 면저항 [Ω/sq]

[0088] d_{sheet}: 시트의 두께 [m]

[0089] σ_{ac}: 시트의 교류 전기 전도도 [S/m]

[0090] f_{center}: 전자파 흡수체의 중심 주파수 [Hz]

[0091] ε_0: 공기의 절대 유전율 (8.854×10^{-12} F/m)

[0092] 상기의 결과에서 본 발명에서 복소 유전율을 가지는 유전손실형 복합재 시트층을 사용하는 것이 종래 기술에 따른 도 3을 참조하면, Salisbury 스크린 형태의 흡수체에서 377 Ω/sq 면저항의 저항 시트를 사용하는 것보다 지지층의 두께를 감소시키는데 유리함을 알 수 있으며, 특히 복소 유전율의 실수부(ε ')가 클수록 지지층의 두께의 감소에 크게 기여함을 확인할 수 있다.

[0093] 도 7은 도 5에 제시된 유전손실형 복합재 시트층의 두께에 따른 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0094] 도 7을 참조하면, 시트의 두께가 얇아질수록 필요한 복소 유전율의 허수부(ε '')의 값이 높아짐을 볼 수 있다.

[0095] 상기의 결과로부터 본 발명에서 사용되는 유전손실형 복합재의 두께와 복소 유전율은 전자파 흡수체의 중심 주파수, 지지층의 두께 및 유전율에 따라서 적절하게 선택되어 질 수 있음을 알 수 있다.

[0096] 본 발명에서는 카본블랙(CB)과 탄소나노섬유(CNF), 탄소나노튜브(MWNT)를 에폭시수지에 다양한 함유율로 혼합하여 시험재를 제조하고 시험재의 전자기적 특성을 평가하였다.

[0097] 실시 예에서 사용된 카본 블랙(CB)은 LINZI HUAGUANG Chemical Ind. (China)의 HG-1P이고, 탄소나노섬유(CNF)는 APPLIED SCIENCE Inc. (USA)의 PYROGRAF III (PR-19-XT-LHT)이며, 탄소나노튜브(MWNT)는 ILJIN NANOTECH Co. Ltd. (Korea)의 CM-95를 예로 설명한다.

[0098] 그리고, 상기 복합재(300)는 유리섬유 직물/에폭지 적층판이 적용되었다.

[0099] 보다 상세하게는 상기 복합재(300)는 적층하여 제작하기 위해 카본블랙(CB)와 탄소나노섬유(CNF) 및 탄소나노튜브(MWNT)를 에폭시 수지 내에 균일하게 분산시켜 유리섬유 직물에 도포하여 제작한다.

[0100] 상기 유리섬유 직물은 비교적 위사(fill)와 경사(warp)의 차이가 작은 평직(plane weave)이며, 직물을 이루는 셀(cell)의 크기가 작고 한 장당 두께가 얇은 (주)한국화이바에서 생산되는 #110 PCB용 절연 매트를 사용하였다.

[0101] 상기 에폭시 수지는 Bisphenol-A 계통의 주제와 방향성 아민계(aromatic amine)의 경화제가 주가되며, 직물도포를 용이하게 하기 위한 희석제와 미량의 반응촉진제(accelerator) 등을 이용하여 형성한다.

[0102] 첨가한 탄소나노소재의 무게분율(wt%)은 카본 블랙은 5.19 wt%, 탄소나노섬유는 2.11 wt%, 탄소나노튜브는 4.71

wt%이다. 탄소나노소재의 무게분율은 희석제를 제외한 에폭시 무게에 대한 탄소나노소재의 무게비로 나타낼 수 있으며, 복합재 내의 R/C (resin content)는 약 50%로 하였다.

[0103] 또한, 각 재료마다 경사(warp)방향과 위사(fill)방향으로 모두 100 mm로 재단한 유리섬유 직물을 2장 적층하여 오토클레이브(autoclave)를 이용하여 성형하였다.

[0104] 상기 흡수체(400)는 6 Torr의 압력, 80℃에서 30분, 125℃에서 90분 동안 온도를 유지하는 성형 사이클로 제작된다. 제조 후 카본 블랙(CB), 탄소나노섬유(CNF), 탄소나노튜브(MWNT)가 함유된 복합재 시트층들의 두께는 각각 0.250 mm, 0.275 mm, 0.252 mm 이다.

[0105] 전자파 흡수체(400)를 제조하기 전에 먼저 세 가지 복합재 시트층(300)에 대한 복소 유전율과 복소 투자율을 측정하였다. 여기서 탄소나노소재는 전도성 재료이므로 복합재의 복소 투자율의 값은 1 이며, 복합재의 복소 유전율은 Agilent의 벡터네트워크분석기인 N5230A와 7 mm 동축관을 사용하여 측정하였다.

[0106] 도 8은 카본 블랙, 탄소나노섬유, 탄소나노튜브 각각을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0107] 여기서, 도 8의 a)는 카본 블랙(CB)을 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0108] 도 8의 b)는 탄소나노섬유(CNF)를 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0109] 도 8의 c)는 탄소나노튜브(MWNT)를 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 복소 유전율을 나타낸 그래프이다.

[0110] 여기서, 상기 카본 블랙(CB)을 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 무게분율은 5.19 wt%이며, 상기 탄소나노섬유(CNF)를 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 무게분율은 2.11wt%이고, 상기 탄소나노튜브(MWNT)를 함유한 유전손실형 복합재 시트층의 무게분율은 4.71wt%일 수 있다.

[0111] 도 8을 참조하면, 복합재 시트층에 함유된 화합물의 종류 및 상기 화합물(예컨대, 카본 블랙, 탄소나노섬유, 탄소나노튜브)이 함유된 복합재 시트층의 주파수 및 무게분율에 따라 복소 유전율(실수부와 허수부)값이 달라짐을 알 수 있다.

[0112] 상기의 실시 예에서 제시된 세 가지 종류의 복합재 시트층을 이용하여 전자파 흡수체를 제조하기 위해서는 유리섬유 강화/에폭시 복합재 적층판(유전율: 4.659-j0.171)을 사용하여 지지층을 구성하였다.

[0113] 도 9는 카본 블랙, 탄소나노섬유, 탄소나노튜브 각각을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 주파수에 따른 반사 손실(reflection loss)을 나타낸 그래프이다.

[0114] 여기서, 도 9의 a)는 카본 블랙을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 주파수에 따른 반사 손실을 나타낸 그래프이다.

[0115] 도 9의 b)는 탄소나노섬유를 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 주파수에 따른 반사 손실을 나타낸 그래프이다.

[0116] 도 9의 c)는 탄소나노튜브를 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층의 주파수에 따른 반사 손실을 나타낸 그래프이다.

[0117] 도 9의 a) 내지 c)를 참조하면, 상기의 세 가지 복합재 시트층을 이용하여 제조된 10 GHz 중심주파수용 전자파 흡수체의 전자파 흡수성능은 다음과 같다.

[0118] 도 9에 기재된 a)의 반사 손실(reflection loss) 그래프를 통해 나타난 카본블랙을 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층은 -10 dB 흡수 대역폭이 3.98 GHz이며, 복소 유전율(ε)은 13.127-j18.502일 때의 예를 나타낸다.

[0119] 도 9에 기재된 b)의 반사 손실(reflection loss) 그래프를 통해 나타난 탄소나노섬유를 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층은 -10 dB 흡수 대역폭이 3.72 GHz이며, 복소 유전율(ε)은 27.967-j21.448일 때의 예를 나타낸다.

[0120] 도 9에 기재된 c)의 반사 손실(reflection loss) 그래프를 통해 나타난 탄소나노튜브를 전도성 분말로 사용한 복합재 시트층은 -10 dB 흡수 대역폭이 4.10 GHz이며, 복소 유전율(ε)은 19.948-j18.628일 때의 예를 나타낸다.

[0121] 도 10은 도 5에 도시된 본 발명의 전자파 흡수체와 도 3에 도시된 전자파 흡수체의 -10 dB 흡수 대역폭과 두께를 비교한 그래프이다.

[0122] 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 전자파 흡수체(a)는 도 3의 Salisbury 스크린 형태의 전자파 흡수체(b)와 비슷한 구조를 가지고 있지만 두께에 비해서 흡수 대역폭이 광대역으로 나타나는 것을 알 수 있다.

[0123] 따라서, 도 5 내지 도 9를 참조하면, 본 발명은 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 유전체 지지층을 형성하는 단계; 상기 유전체 지지층 배면에 고전도성 배면층을 형성하는 단계 및 상기 유전체 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층으로부터 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 형성하는 단계를 포함하는 형성 방법을 이용하여 종래의 Salisbury 스크린 형태의 흡수체가 가지는 제조 및 구조상의 장점을 보유하면서, 정합에 필요한 지지층의 두께에 대비하여 넓은 흡수대역을 가지는 전자파 흡수체를 구현할 수 있다.

[0124] 도 11은 도 5에 도시된 전자파 흡수체가 일반적인 구조물에 적용되는 일 예를 나타낸 예시도이다.

[0125] 먼저, 본 발명의 전자파 흡수체는 전자파의 공진의 공간을 확보하기 위한 유전체 지지층, 상기 유전체 지지층 배면에 형성된 고전도성 배면층, 상기 유전체 지지층의 전면에 배치되며, 상기 고전도성 배면층으로부터 반사된 전자파와 공진피크가 발생하도록 복소 유전율을 구비한 유전손실형 복합재 시트층을 포함한다.

[0126] 일반적인 금속 및 탄소섬유강화 복합재료 등과 같이 전자파가 90%이상 반사되는 소재를 표면층로 구비하는 모든 구조물은 본 발명의 전자파 흡수체의 배면층(100)으로 적용될 수 있다. 여기서, 일반적인 구조물의 표면층이 가지는 전자파 반사율이 90% 이하인 경우에는 구조물의 표면과 지지층(200) 사이에 상기 고전도성 배면층(100)으로서 금속 박막을 추가로 사용할 수 있다.

[0127] 도 11에 도시된 바와 같이, 일반적 구조물 또는 금속 박막이 표면으로 형성된 구조물에 적용되는 전자파 흡수체는 유전체 지지층, 복합재 시트층이 구비된 직사각형 형상의 전자파 흡수체로 형성될 수 있다.

[0128] 따라서, 고전도성 표면으로 형성된 구조물 예컨대, 자동차, 항공기, 선박, 무선 통신 기기, 지하철, 풍차, 휴대용 통신기기 등에 적용될 수 있다.

[0129] 또한, 본 발명의 전자파 흡수체는 기존 구조물에 손쉽게 부착 가능한 형태로 형성될 수 있으며 예컨대, 선박에 이용할 경우, 직사각형 형태(예를 들면, 타일 형태)의 전자파 흡수체일 수 있다.

[0130] 기존의 구조적 조립식 형태로 형성되는 대형 선박, 대형 여객기 등에서는 전자파 흡수체 표면을 단일 공정 또는 대형 선박, 대형 여객기를 제조하는 과정상에 추가 공정으로 실시함으로써 비용상의 문제점을 야기시켰다.

[0131] 그러나, 본 발명의 전자파 흡수체의 적용은 일체식으로 적용되었던 구조물 제조과정상에서 전자파 흡수체 공정을 분리시킬 수 있고, 기존에 고전도성 표면으로 형성된 구조물에 용이하게 적용할 수 있으므로, 비용 측면에서 탁월한 효과를 얻을 수 있다.

[0132] 이러한, 기존 구조물에 본 발명의 전자파 흡수체를 부착시킴으로써 고주파 영역에서 사용되는 전자장비 상호 간의 양립성 증대와 전자파 환경 공해에 대한 무선 통신 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0133] 지금까지 설명한 본 발명의 실시 예들은 본 발명의 기술적 사상의 구체적인 일예들에 불과하며, 제조 과정상의 온도, 시간, 고분자 수지, 전도성 분말(섬유 포함)의 종류 및 부피분율 등과 같은 처리 조건 등은 당업자에 의하여 선택적으로 변형이 가능할 것이다.

[0134] 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 차동의 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

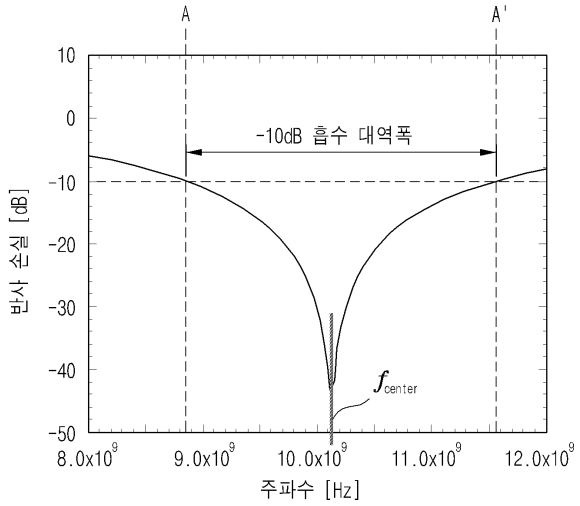
부호의 설명

[0135] 100: 고전도성 배면층 200: 지지층

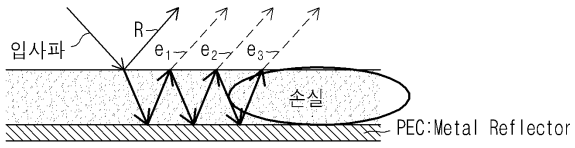
300: 복합재 시트층 400: 전자파 흡수체

도면

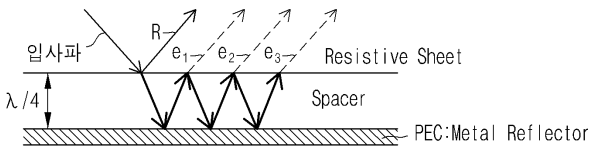
도면1



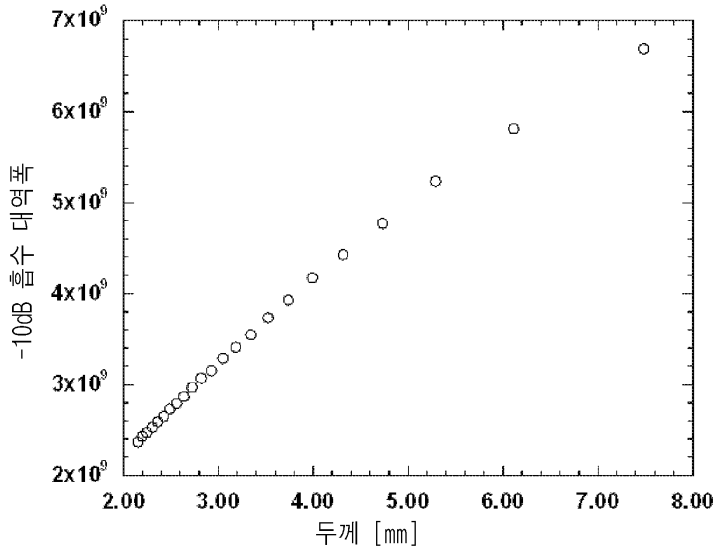
도면2



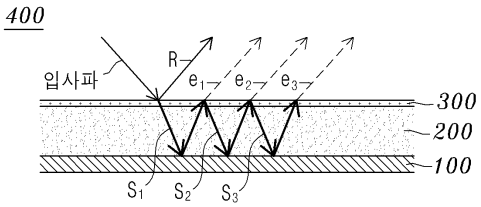
도면3



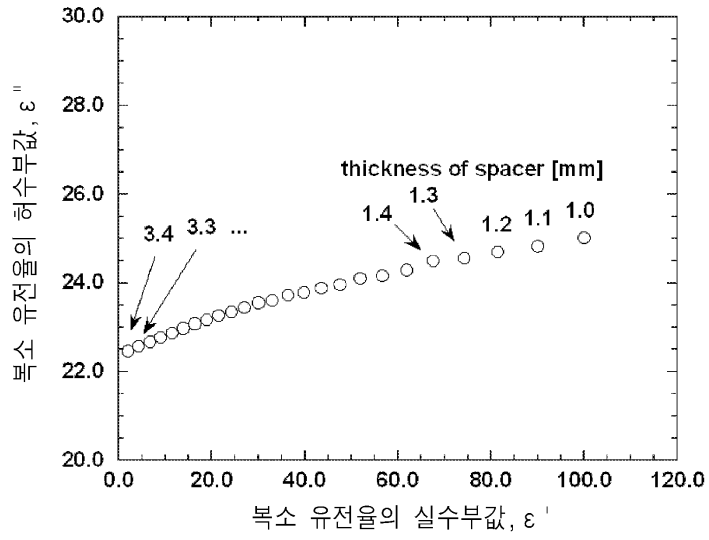
도면4


7x10⁹
6x10⁹
5x10⁹
4x10⁹
3x10⁹
2x10⁹
-10dB 흡수 대역폭
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
두께 [㎜]

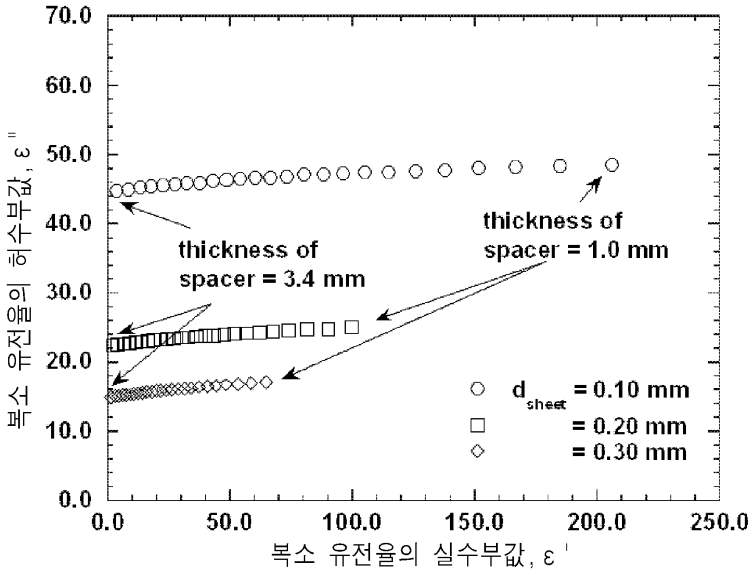
도면5


400
입사파
R
e1
e2
e3
300
200
100
S1
S2
S3

도면6

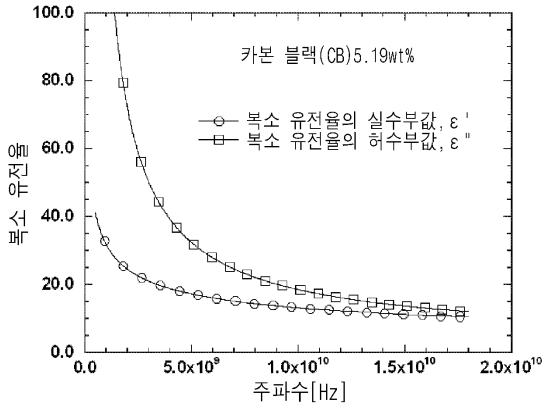

30.0
28.0
26.0
24.0
22.0
20.0
복소 유전율의 허수부값, ε''
thickness of spacer [mm]
3.4
3.3
...
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
120.0
복소 유전율의 실수부값, ε'

도면7

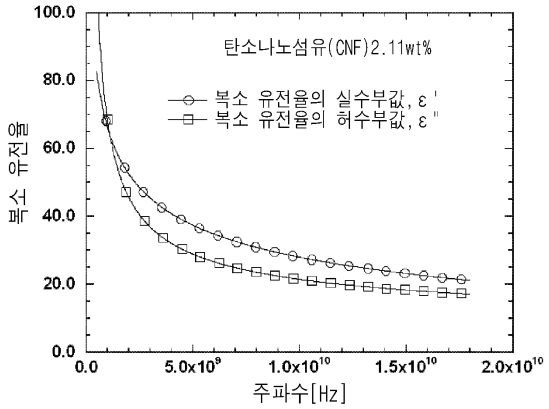

70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
0.0
50.0
100.0
150.0
200.0
250.0
복소 유전율의 허수부값, ε''
복소 유전율의 실수부값, ε'
thickness of
spacer = 3.4 mm
thickness of
spacer = 1.0 mm
d sheet = 0.10 mm
= 0.20 mm
= 0.30 mm

도면8

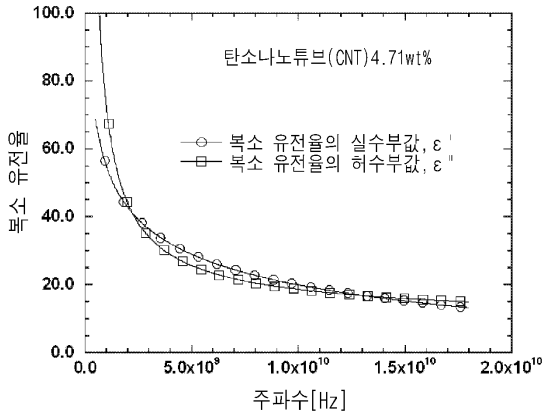
(a)


카본 블랙(CB)5.19wt%
복소 유전율의 실수부값, ε '
복소 유전율의 허수부값, ε "
복소 유전율
주파수[Hz]
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
0.0
5.0x10⁹
1.0x10¹⁰
1.5x10¹⁰
2.0x10¹⁰

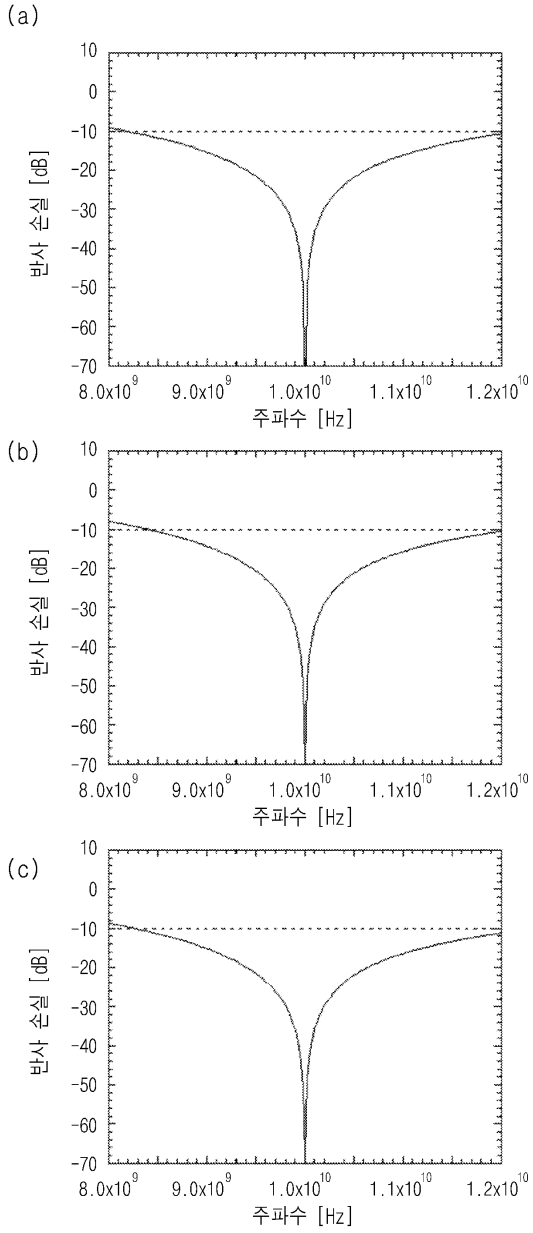
(b)


탄소나노섬유(CNF)2.11wt%
복소 유전율의 실수부값, ε '
복소 유전율의 허수부값, ε "
복소 유전율
주파수[Hz]
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
0.0
5.0x10⁹
1.0x10¹⁰
1.5x10¹⁰
2.0x10¹⁰

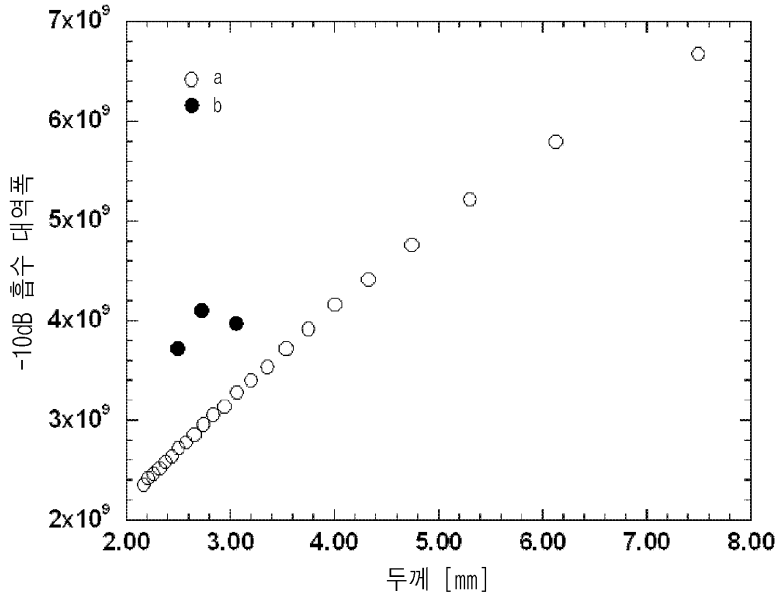
(c)


탄소나노튜브(CNT)4.71wt%
복소 유전율의 실수부값, ε '
복소 유전율의 허수부값, ε "
복소 유전율
주파수[Hz]
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
0.0
5.0x10⁹
1.0x10¹⁰
1.5x10¹⁰
2.0x10¹⁰

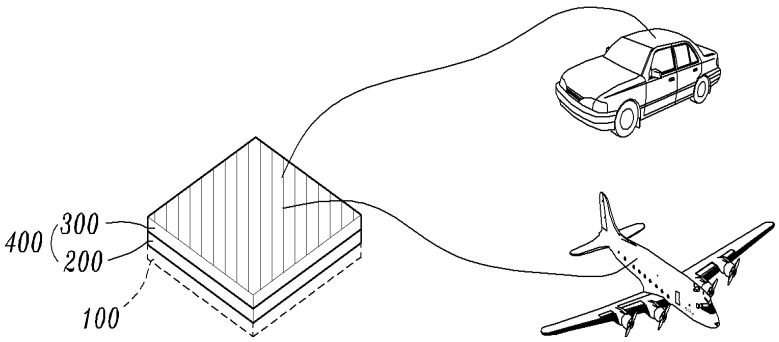
도면9


(a)
반사 손실 [dB]
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
8.0x10^9
9.0x10^9
1.0x10^10
1.1x10^10
1.2x10^10
주파수 [Hz]
(b)
반사 손실 [dB]
주파수 [Hz]
(c)
반사 손실 [dB]
주파수 [Hz]

도면10


7x10⁹
6x10⁹
5x10⁹
4x10⁹
3x10⁹
2x10⁹
-10dB 흡수 대역폭
a
b
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
7.00
8.00
두께 [mm]

도면11


400
300
200
100