(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0056493
(43) 공개일자 2012년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 9/00 (2006.01) *C04B 35/26* (2006.01)
H01F 1/34 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0118067
(22) 출원일자 2010년11월25일
심사청구일자 2010년11월25일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
이상관
경상남도 창원시 의창구 용지로 229, 롯데아파트 13동 506호 (용호동)
이상복
경상남도 김해시 장유면 팔판로 93, 팔판마을 4단지 푸르지오 407동 305호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
고길수

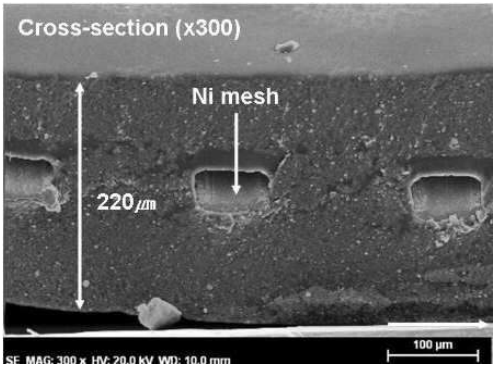
전체 청구항 수 : 총 42 항

(54) 발명의 명칭 **광대역 전자기파 흡수체 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 페라이트계 산화물를 포함하는 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체 및 상기 자성 복합체 내에 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하는 광대역 전자기파 흡수체 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 의하면, 전자기파를 방출하는 소자에 사용되어 광대역 전자기파를 효과적으로 흡수할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김기현

대구광역시 수성구 신매로 21, 보성서한타운 260동 1107호 (신매동)

좌용호

경기도 성남시 분당구 분당로 190, 라이프아파트 102동 201호 (분당동, 샛별마을)

오승탁

경기도 군포시 산본동 1148 묘향아파트 938-903

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	K00013-39
부처명	지식경제부
연구사업명	소재원천기술개발사업
연구과제명	전자파 흡수 고각형비 극미세 금속입자 복합화 기술
주관기관	한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간	2007.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

페라이트계 산화물를 포함하는 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체; 및

상기 자성 복합체 내에 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 페라이트계 산화물은 스피넬 페라이트(spinnel ferrite) 또는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 스피넬 페라이트는 Ni-Zn 페라이트, Mn-Zn 페라이트 또는 Cu-Zn 페라이트로 이루어진 스피넬 구조의 페라이트로 이루어지고, 상기 육방정 페라이트는 바륨(Ba) 페라이트 또는 스트론튬(Sr) 페라이트로 이루어진 육방정 구조의 페라이트로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 전도성 라인을 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

제1 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인과, 제2 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이루는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성

라인을 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인 사이의 간격은 동일한 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열되고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열된 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은 상기 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 위치되게 배열된 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금인 자성 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

금(Au)계, 은(Ag)계, 구리(Cu)계, 알루미늄(Al)계, 백금(Pt)계 또는 팔라듐(Pd)계 금속 또는 금속합금인 비자성 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

산화물계 전도체 또는 전도성 폴리머로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 자성 입자는 각형비가 1?1000 범위의 구(sphere)형, 판(plate)형, 플레이크(flake)형, 막대(rod)형 또는 와이어(wire)형 입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 자성 입자는 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere)형, 할로우 구조의 튜브(tube)형, 할로우 구조의 와이어형(wire)형 또는 할로우 구조의 플레이크(flake)형 입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 자성 입자는 구형 입자, 판(plate)형 입자, 플레이크(flake)형 입자, 막대(rod)형 입자, 와이어(wire)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere) 입자, 할로우(hollow) 구조의 튜브(tube)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 와이어(wire)형 입자 및 할로우(hollow) 구조의 플레이크(flake)형 입자 중에서 선택된 2종 이상의 입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 20

제1항에 있어서, 상기 자성 입자는 서로 다른 공명 주파수를 갖는 복수 개의 자성 입자로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 21

제1항에 있어서, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체가 상기 폴리머 수지에 분산되어 있고, 상기 탄소계 전도체는 상기 자성 복합체에 대하여 0.01?70중량% 함유된 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 22

제1항에 있어서, 상기 폴리머 수지는 열가소성 또는 열경화성 수지를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 23

제1항에 있어서, 상기 자성 입자의 크기와 형상이 조절되어 자성 복합체의 공명 주파수가 정해지고, 상기 공명 주파수와 동일하거나 높은 주파수 대역에서 전자기파의 흡수가 일어나는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체.

청구항 24

폴리머 수지를 용매에 분산시키는 단계;

상기 폴리머 수지가 분산된 용매에 페라이트계 산화물를 포함하는 자성 입자들을 분산시켜 슬러리를 형성하는 단계;

상기 슬러리를 큐어링(curing)하여 자성 복합체를 형성하는 단계;

상기 자성 복합체 상부에 복수의 전도성 라인을 배치하는 단계; 및

상기 전도성 라인이 배치된 상부에 자성 복합체를 덮고 압착하는 단계를 포함하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 슬러리를 큐어링 하기 전에 상기 슬러리를 진공 용기에 담고 진공을 걸어주어 탈포하는 단계를 더 포함하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 26

제24항에 있어서, 상기 페라이트계 산화물은 스피넬 페라이트(spinnel ferrite) 또는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 27

제24항에 있어서, 상기 스피넬 페라이트는 Ni-Zn 페라이트, Mn-Zn 페라이트 또는 Cu-Zn 페라이트로 이루어진 스피넬 구조의 페라이트로 이루어지고, 상기 육방정 페라이트는 바륨(Ba) 페라이트 또는 스트론튬(Sr) 페라이트로 이루어진 육방정 구조의 페라이트로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 28

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 29

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 30

제29항에 있어서, 상기 전도성 라인의 선폭이 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖게 조절하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 31

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인을 배치하는 단계는,

제1 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하고, 제2 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하는 단계를 포함하며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이루는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 32

제31항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인도 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 33

제31항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격을 동일하게 조절하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 34

제31항에 있어서, 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열되는 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖도록 조절하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 36

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은 상기 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 위치되게 배열하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 37

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금인 자성 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 38

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

금(Au)계, 은(Ag)계, 구리(Cu)계, 알루미늄(Al)계, 백금(Pt)계 또는 팔라듐(Pd)계 금속 또는 금속합금인 비자성 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 39

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 40

제24항에 있어서, 상기 전도성 라인은,

산화물계 전도체 또는 전도성 폴리머로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 41

제24항에 있어서, 상기 자성 입자는 서로 다른 공명 주파수를 갖는 복수 개의 자성 입자로 이루어진 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

청구항 42

제24항에 있어서, 상기 자성 입자들을 분산시킬 때,

탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체를 함께 첨가하여 상기 폴리머 수지에 분산시키고, 상기 탄소계 전도체는 상기 자성 복합체 100중량%에 대하여 0.01?70중량% 함유되게 첨가하는 것을 특징으로 하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자기파 흡수체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전자기파를 방출하는 소자에 사용되어 광대역의 전자기파를 흡수할 수 있는 광대역 전자기파 흡수체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전기전자기기와 차세대 정보통신기기의 발전에 따라 회로의 동작 주파수가 ㎓의 고주파 대역으로 증가하고 기기가 다기능 소형화되는 추세이다. 이러한 기기들은 전자파 간섭 및 노이즈 발생에 따른 오작동 및 신호품질의 저하와 전자파 방출로 인한 인체 유해 전자파 및 전자파 공해의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 기존의 전자파 차폐재로 발생되는 반사로 인한 2차 간섭이나 근접 신호선 간의 커플링으로 인한 전자파 간섭으로 인한 신호품질 저하문제를 해결하기 위해 자성소재를 사용하여 전자파를 흡수하는 개념의 기술 개발이 활기를 띠고 있다.

[0003] 전자파 흡수소재는 최근 경박?단소화 되고 있는 전자 장치(회로패턴, 탑재부품, 케이블 등)에서 기기의 오작동을 야기시키는 노이즈를 억제하고, 회로 블록(block) 간의 크로스-토크(cross-talk)나 근접 기판에서의 유전 결합을 억제하며, 안테나의 수신감도를 개선하거나 전자파로 인한 인체 영향을 감소시키는 중요한 기능을 담당하고 있다. 특히 다양한 주파수 대역에서 사용되고 있는 전자부품에 공히 적용되기 위해서는 전자파 흡수소재의 광대역화가 필수적이다.

[0004] 근접장에서의 전자파 흡수기술은 전자기기 부품 및 단일 칩의 다기능 고밀도 실장 및 고주파화로 인한 전자파 간섭 및 디지털-아날로그 신호의 간섭 등을 저감시킴으로써 광대역(~ ㎓)에서의 신호품질 향상을 위해 전자파 노이즈 제거 및 간섭을 제어할 수 있는 칩 레벨의 극박형 흡수소재의 개발이 시급하다. 현재 칩레벨의 극박형 흡수소재의 경우, 단위 공간상의 복잡한 미세 신호선들의 전도 노이즈, 커플링, 전자파 방사 및 디지털-아날로그 간섭으로 인한 전자부품 및 칩의 오작동 및 신호품질 저하를 방지하기 위하여 전 세계적으로 고주파 영역에서의 전자파 간섭에 대한 대책이 시급히 요구되고 있다. 또한, 근접장 및 원역장에서의 전자파 흡수기술은 차세대 EMC, RFID 및 군사용 은폐기술의 핵심으로 새로운 유전 및 자성재료가 복합화된 광대역 흡수소재의 개발이 요구된다.

[0005] 우수한 흡수능을 위해서는 고투자율의 자성재료가 주로 이용되고 있다. 그러나, 대부분의 자성소재는 고주파수화에 따라 공진현상이 일어나기 때문에 ㎓ 대역에서는 투자율을 거의 상실하게 된다. 또한 자성스핀이 방향성을 갖기 때문에 소자나 회로의 복잡한 방향성에 따른 전자파 에너지 흡수를 위한 미세 조절이 매우 어렵다.

이를 극복하기 위해서는 재료형상적인 측면에서 극미세 고각형비의 자성 금속입자가 요구되며, 이와 함께 흡수소재 내의 금속입자 배향/분산 기술이 필수적이다. 한편, 전자부품의 고직접화와 더불어, 전자파 흡수체에서는 입사된 전자파 에너지를 흡수하여 열로 변환되는 과정에서 칩 상에서 발생하는 열을 효과적으로 제어하는 것이 중요한 이슈가 되고 있다. 따라서 자성 복합체내의 자성입자의 각형비에 따른 극박의 전자파 흡수소재를 설계하는 것은 중요하며, 그 기술적인 난이도가 매우 높다고 할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하려는 과제는 전자기파를 방출하는 소자에 사용되어 광대역의 전자기파를 흡수할 수 있는 광대역 전자기파 흡수체를 제공함에 있다.

[0007] 본 발명이 해결하려는 과제는 전자기파를 방출하는 소자에 사용되어 광대역의 전자기파를 흡수할 수 있는 광대역 전자기파 흡수체를 용이하게 제조할 수 있는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 페라이트계 산화물를 포함하는 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체 및 상기 자성 복합체 내에 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하는 광대역 전자기파 흡수체를 제공한다.

[0009] 상기 페라이트계 산화물은 스피넬 페라이트(spinnel ferrite) 또는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)로 이루어진 것일 수 있다.

[0010] 상기 스피넬 페라이트는 Ni-Zn 페라이트, Mn-Zn 페라이트 또는 Cu-Zn 페라이트 등으로 이루어진 스피넬 구조의 페라이트로 이루어지고, 상기 육방정 페라이트는 바륨(Ba) 페라이트 또는 스트론튬(Sr) 페라이트 등으로 이루어진 육방정 구조의 페라이트로 이루어진 것일 수 있다.

[0011] 상기 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 전도성 라인을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 전도성 라인은, 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것일 수 있다.

[0014] 상기 전도성 라인은, 제1 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인과, 제2 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이루는 것일 수 있다.

[0015] 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인 사이의 간격은 동일한 것일 수 있다.

[0017] 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열되고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열된 것일 수 있다.

[0018] 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것일 수 있다.

[0019] 상기 전도성 라인은 상기 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 위치되게 배열된 것일 수 있다.

[0020] 상기 전도성 라인은, 철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계

금속 또는 금속합금인 자성 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0021] 상기 전도성 라인은, 금(Au)계, 은(Ag)계, 구리(Cu)계, 알루미늄(Al)계, 백금(Pt)계 또는 팔라듐(Pd)계 금속 또는 금속합금인 비자성 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0022] 상기 전도성 라인은, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0023] 상기 전도성 라인은, 산화물계 전도체 또는 전도성 폴리머로 이루어진 것일 수 있다.

[0024] 상기 자성 입자는 각형비가 1?1000 범위의 구(sphere)형, 판(plate)형, 플레이크(flake)형, 막대(rod)형 또는 와이어(wire)형 입자를 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 상기 자성 입자는 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere)형, 할로우 구조의 튜브(tube)형, 할로우 구조의 와이어형(wire)형 또는 할로우 구조의 플레이크(flake)형 입자를 포함하는 것일 수 있다.

[0026] 상기 자성 입자는 구형 입자, 판(plate)형 입자, 플레이크(flake)형 입자, 막대(rod)형 입자, 와이어(wire)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere) 입자, 할로우(hollow) 구조의 튜브(tube)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 와이어(wire)형 입자 및 할로우(hollow) 구조의 플레이크(flake)형 입자 중에서 선택된 2종 이상의 입자를 포함하는 것일 수 있다.

[0027] 상기 자성 입자는 서로 다른 공명 주파수를 갖는 복수 개의 자성 입자로 이루어진 것일 수 있다.

[0028] 상기 광대역 전자기파 흡수체는, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체가 상기 폴리머 수지에 분산되어 있고, 상기 탄소계 전도체는 상기 자성 복합체에 대하여 0.01?70중량% 함유된 것일 수 있다.

[0029] 상기 폴리머 수지는 열가소성 또는 열경화성 수지를 포함하는 것일 수 있다.

[0030] 상기 광대역 전자기파 흡수체는, 상기 자성 입자의 크기와 형상이 조절되어 자성 복합체의 공명 주파수가 정해지고, 상기 공명 주파수와 동일하거나 높은 주파수 대역에서 전자기파의 흡수가 일어나는 것일 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명은, 폴리머 수지를 용매에 분산시키는 단계와, 상기 폴리머 수지가 분산된 용매에 페라이트계 산화물를 포함하는 자성 입자들을 분산시켜 슬러리를 형성하는 단계와, 상기 슬러리를 큐어링(curing)하여 자성 복합체를 형성하는 단계와, 상기 자성 복합체 상부에 복수의 전도성 라인을 배치하는 단계 및 상기 전도성 라인이 배치된 상부에 자성 복합체를 덮고 압착하는 단계를 포함하는 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법을 제공한다.

[0032] 상기 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법은, 상기 슬러리를 큐어링 하기 전에 상기 슬러리를 진공 용기에 담고 진공을 걸어주어 탈포하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0033] 상기 페라이트계 산화물은 스피넬 페라이트(spinnel ferrite) 또는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)로 이루어진 것일 수 있다.

[0034] 상기 스피넬 페라이트는 Ni-Zn 페라이트, Mn-Zn 페라이트 또는 Cu-Zn 페라이트 등으로 이루어진 스피넬 구조의 페라이트로 이루어지고, 상기 육방정 페라이트는 바륨(Ba) 페라이트 또는 스트론튬(Sr) 페라이트 등으로 이루어진 육방정 구조의 페라이트로 이루어진 것일 수 있다.

[0035] 상기 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것이 바람직하다.

[0036] 상기 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하는 것이 바람직하다.

[0037] 상기 전도성 라인의 선폭이 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖게 조절하는 것이 바람직하다.

[0038] 상기 전도성 라인을 배치하는 단계는, 제1 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하고, 제2 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이루는 것일 수 있다.

[0039] 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인도 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것이 바람직하다.

[0040] 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격을 동일하게 조절하는 것이 바람직하다.

[0041] 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열하는 것이 바람직하다.

[0042] 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열되는 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖도록 조절하는 것이 바람직하다.

[0043] 상기 전도성 라인은 상기 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 위치되게 배열할 수 있다.

[0044] 상기 전도성 라인은, 철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금인 자성 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0045] 상기 전도성 라인은, 금(Au)계, 은(Ag)계, 구리(Cu)계, 알루미늄(Al)계, 백금(Pt)계 또는 팔라듐(Pd)계 금속 또는 금속합금인 비자성 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0046] 상기 전도성 라인은, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0047] 상기 전도성 라인은, 산화물계 전도체 또는 전도성 폴리머로 이루어진 것일 수 있다.

[0048] 상기 자성 입자는 서로 다른 공명 주파수를 갖는 복수 개의 자성 입자로 이루어진 것일 수 있다.

[0049] 상기 자성 입자들을 분산시킬 때, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체를 함께 첨가하여 상기 폴리머 수지에 분산시키고, 상기 탄소계 전도체는 상기 자성 복합체 100중량%에 대하여 0.01?70중량% 함유되게 첨가할 수 있다.

발명의 효과

[0050] 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체에 의하면, 전자기파를 방출하는 소자에 사용되어 광대역 전자기파를 효과적으로 흡수할 수 있다.

[0051] 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 소자의 신호선 상부, 하부 또는 상부 및 하부에 놓여져서 전자기파를 효율적으로 흡수할 수 있으며, 특히 자성 복합체의 공명주파수로부터 수 GHz 범위의 광대역 전자기파를 차폐하는데 사용될 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 칩(소자)을 패키징(packaging)하기 위한 패키지(package)로도 사용될 수 있다.

[0053] 또한, 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 소자인 인쇄회로기판 상부에 놓여져서 회로선(또는 신호선)에서 발생하는 노이즈 등과 같은 전자기파를 차폐하고 회로선(또는 신호선) 사이의 간섭을 억제하는 데도 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0054] 도 1은 본 발명의 일 예로서 제조한 광대역 전자기파 흡수체의 단면 주사전자현미경(scanning electron microscope) 사진이다.

도 2는 전도성 노이즈 측정을 위한 IEC 표준 62333-2 마이크로스트립 라인 규격을 보여주는 도면이다.

도 3은 유한요소법 해석 모델을 보여주는 도면이다.

도 4는 특성 임피던스 50Ω인 마이크로스트립 라인의 규격을 보여주는 도면이다.

도 5은 전형적인 강자성체의 복소 투자율을 보여주는 그래프이다.

도 6은 평가에 적용된 투자율의 실수부를 보여주는 그래프이다.

도 7은 평가에 적용된 투자율의 허수부를 보여주는 그래프이다.

도 8은 복소 투자율의 실수부를 변화시킨 경우 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 9는 복소 투자율의 실수부를 변화시킨 경우 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 10은 복소 투자율의 실수부 변화에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 11은 복소 투자율의 허수부가 증가함에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 12는 복소 투자율의 실수부와 허수부가 동시에 증가할 때 흡수능의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 13은 복소 유전율 실수부의 증가에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 14는 복소 유전율 허수부의 증가에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 15는 자성 복합체의 폭 변화에 따른 흡수능의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 16은 자성 복합체의 길이 변화에 따른 흡수능의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 17은 자성복합체의 두께 증가에 따른 흡수능의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 18 내지 도 20은 자성 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 복소 투자율의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 21은 자성 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 22는 전도성 그리드를 삽입한 그리드 복합체의 구조를 보여주는 도면이다.

도 23은 주파수에 따른 반사계수 변화를 보여주는 그래프이다.

도 24는 주파수에 따른 투과계수 변화를 보여주는 그래프이다.

도 25는 주파수에 따른 흡수능 변화를 보여주는 그래프이다.

도 26은 Cu 공기 그리드(air-grid)의 간격에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 27은 Cu 공기 그리드(air-grid)의 간격에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 28은 Cu 공기 그리드(air-grid)의 간격에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 29는 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 30은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 31은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 32는 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 33은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 34는 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 35는 마이크로스트립 라인의 신호선 폭이 2㎜인 경우 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 36은 마이크로스트립 라인의 신호선 폭이 2㎜인 경우 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 37은 마이크로스트립 라인의 신호선 폭이 2㎜인 경우 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 38은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 길이가 4㎜인 경우 폭의 변화에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 39는 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 길이가 4㎜인 경우 폭의 변화에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 40은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 길이가 4㎜인 경우 폭의 변화에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이

다.

도 41은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우 길이의 변화에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 42는 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우 길이의 변화에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 43은 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우 길이의 변화에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 44는 Cu 그리드 복합체의 그리드 선 두께에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 45는 Cu 그리드 복합체의 그리드 선 두께에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 46은 Cu 그리드 복합체의 그리드 선 두께에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 47은 Cu 그리드 복합체의 그리드 위치(높이)에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 48은 Cu 그리드 복합체의 그리드 위치(높이)에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 49는 Cu 그리드 복합체의 그리드 위치(높이)에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 50은 Cu 그리드 복합체의 크기(폭)에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 51은 Cu 그리드 복합체의 크기(폭)에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 52는 Cu 그리드 복합체의 크기(폭)에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 53은 그리드 복합체의 그리드 전기전도도에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 54는 그리드 복합체의 그리드 전기전도도에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 55는 그리드 복합체의 그리드 전기전도도에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 56은 그리드의 재질(Cu, Ni)에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 57은 그리드의 재질(Cu, Ni)에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 58은 그리드의 재질(Cu, Ni)에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 59는 그리드의 재질(Cu, Ni)과 주파수에 따른 자성체 박막 위 표면에서 자기장(H-field) 세기를 보여주는 도면이다.

도 60은 Cu 그리드 복합체의 두께에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 61은 Cu 그리드 복합체의 두께에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 62는 Cu 그리드 복합체의 두께에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 63은 공명 주파수가 0.5㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율(permeability) 변화를 보여주는 그래프이다.

도 64는 공명 주파수가 1㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율 변화를 보여주는 그래프이다.

도 65는 공명 주파수가 2.5㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율 변화를 보여주는 그래프이다.

도 66은 자성체 박막의 공명 주파수 변화에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 67은 자성체 박막의 공명 주파수 변화에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 68은 자성체 박막의 공명 주파수 변화에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 69는 Cu와 Ni 그리드 복합체의 공명주파수 변화에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 70은 Cu와 Ni 그리드 복합체의 공명주파수 변화에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 71은 Cu와 Ni 그리드 복합체의 공명주파수 변화에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 72는 Cu 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 73은 Cu 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 74는 Cu 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 75는 Ni 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 76은 Ni 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 투과계수를 보여주는 그래프이다.

도 77은 Ni 그리드 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 78은 철 섬유(Fe fiber)에 타이타늄 산화물(Titanium oxide)이 코팅된 자성 입자를 보여주는 투과전자현미경 사진이다.

도 79는 탄소나노섬유(carbon nanofiber)에 니켈(Ni)이 코팅된 자성 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

도 80은 할로우(hollow) 구조의 Ni-Fe 섬유(Ni-Fe fiber)와 탄소나노섬유(carbon nanofiber)가 복합화된 복합체를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

도 81은 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체를 보여주는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope; SEM) 사진이다.

도 82는 자성 입자로서 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체를 보여주는 주사전자현미경 사진이다.

도 83은 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 84는 자성 입자로서 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 85는 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 주사전자현미경(SEM) 사진이다.

도 86은 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 주사전자현미경(SEM) 사진이다.

도 87은 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 88은 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

도 89은 입경이 200㎚ 이하인 니켈(Ni)-철(Fe) 나노 분말을 이용하여 실리콘 러버(silicone rubber)에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 구리(Cu) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 사진이다.

도 90은 입경이 200㎚ 이하인 니켈(Ni)-철(Fe) 나노 분말을 이용하여 실리콘 러버(silicone rubber)에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0055] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 이하의 실시예는 이 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자에게 본 발명이 충분히 이해되도록 제공되는 것으로서 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 기술되는 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0056] 본 발명은, 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체 및 상기 자성 복합체 내에 배열된

복수의 전도성 라인을 포함하는 광대역 전자기파 흡수체를 제공한다.

[0057] 상기 전도성 라인은, 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인을 포함할 수 있다. 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 다른 선폭을 가질 수도 있으나, 바람직하게는 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것이 전자기파 흡수 효율 측면에서 바람직하다.

[0058] 상기 전도성 라인은 주기적으로 배열된 전도성 라인으로 이루어질 수 있고, 비주기적으로 배열된 전도성 라인으로 이루어질 수도 있으며, 전도성 라인들이 주기적으로 배열되는 것이 전자기파 흡수 효율을 조절하는 측면에서 바람직하다.

[0059] 또한, 상기 전도성 라인은, 도 22에 도시된 바와 같이 제1 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인과, 제2 방향으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이룰 수 있다. 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함하고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열된 복수의 전도성 라인을 포함할 수 있다. 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인들 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인들 사이의 간격은 다를 수 있으나, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인들 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인들 사이의 간격을 동일한 것이 전자기파 흡수 효율을 조절하는 측면에서 바람직하다. 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열되고, 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열된 것일 수 있다. 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열된 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 다른 선폭을 가질 수도 있으나, 바람직하게는 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖는 것이 전자기파 흡수 효율 측면에서 바람직하다. 제1 방향으로 배열된 전도성 라인 또는 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 비주기적으로 배열된 전도성 라인으로 이루어질 수도 있으나, 전도성 라인들이 주기적으로 배열되는 것이 전자기파 흡수 효율 측면에서 바람직하다.

[0060] 상기 전도성 라인은 상기 자성 복합체의 상부와 하부 사이에 위치하며, 바람직하게는 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 위치되게 배열된 것일 수 있다.

[0061] 또한, 상기 전도성 라인은, 철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금인 자성 전도체로 이루어진 것일 수 있다.

[0062] 또한, 상기 전도성 라인은, 금속계 전도체, 금속합금계 전도체, 탄소계 전도체, 산화물계 전도체, 전도성 폴리머 또는 이들의 혼합물로 이루어진 것일 수 있다. 상기 금속계 전도체는 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd)과 같은 비자성 금속일 수 있다. 상기 금속합금계 전도체는 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd)과 같은 금속을 포함하는 비자성 금속합금일 수 있다. 상기 탄소계 전도체는 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber), 그라핀(graphene) 또는 이들의 혼합물 등과 같이 탄소(carbon)를 포함하는 전도성 물질일 수 있다. 상기 산화물계 전도체는 CrO_2와 같은 전도성 산화물일 수 있다.

[0063] 상기 자성 입자는 자성을 가지고 1㎚ 내지 50㎛, 바람직하게는 10㎚ 내지 20㎛인 입자라면 특별히 제한되지는 않는다.

[0064] 상기 자성 입자는 페라이트계 산화물을 포함하며, 상기 페라이트계 산화물은 스피넬 페라이트(spinnel ferrite) 또는 육방정 페라이트(hexagonal ferrite)일 수 있다. 상기 스피넬 페라이트로는 Ni-Zn 페라이트, Mn-Zn 페라이트, Cu-Zn 페라이트 등의 스피넬 구조의 페라이트를 그 예로 들 수 있으며, 상기 육방정 페라이트로는 바륨(Ba) 페라이트, 스트론튬(Sr) 페라이트 등의 육방정 구조의 페라이트를 그 예로 들 수 있다.

[0065] 또한, 상기 자성 입자는 자성을 띠는 입자로서, 철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금 입자일 수 있다.

[0066] 또한, 상기 자성 입자는 자성을 띠는 입자에 타이타늄 산화물(Titanium oxide), 바륨-타이타늄 산화물(Barium-Titanium oxide) 및 스트론튬-타이타늄 산화물(Strontium-Titanium oxide) 중에서 선택된 1종 이상의 유전체가 코팅된 입자일 수 있다. 이때, 유전체의 코팅 두께는 자성을 띠는 입자의 크기에 따라 조절하며, 바람직하게는 자성을 띠는 입자의 크기 등을 고려하여 1㎚?1㎛의 두께로 코팅한다.

[0067] 또한, 상기 자성 입자는 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon

black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체에 자성체가 코팅된 입자일 수 있다. 상기 자성체는 철(Fe)계, 코발트(Co)계, 니켈(Ni)계, 몰리브덴(Mo)계, 망간(Mn)계 또는 네오디늄(Nd)계 금속 또는 금속합금일 수 있다. 이때, 자성체의 코팅 두께는 탄소계 전도체의 크기에 따라 조절하며, 바람직하게는 탄소계 전도체의 크기 등을 고려하여 50㎚?5㎛의 두께로 코팅한다.

[0068] 상기 자성 입자는 각형비가 1?1000 범위의 구(sphere)형, 판(plate)형, 플레이크(flake)형, 막대(rod)형 또는 와이어(wire)형 입자를 포함할 수 있다. 또한, 상기 자성 입자는 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere)형, 할로우 구조의 튜브(tube)형, 할로우 구조의 와이어형(wire)형 또는 할로우 구조의 플레이크(flake)형(조각형) 입자를 포함할 수 있다. 상기 자성 입자는 구형 입자, 판(plate)형 입자, 플레이크(flake)형 입자, 막대(rod)형 입자, 와이어(wire)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 구형(sphere) 입자, 할로우(hollow) 구조의 튜브(tube)형 입자, 할로우(hollow) 구조의 와이어(wire)형 입자 및 할로우(hollow) 구조의 플레이크(flake)형 입자 중에서 선택된 2종 이상의 입자를 포함할 있는데, 이렇게 형태가 다른 2종 이상의 입자를 사용할 경우, 더욱 광대역의 전자기파를 흡수할 수 있는 장점이 있다. 이러한 자성 입자는 폴리머 수지 100중량부에 대하여 3?80중량부의 양으로 포함되는 것이 바람직하며, 자성 입자의 함량이 3중량부 미만일 경우에는 자성 복합체의 자기적 특성이 저하될 우려가 있고, 자성 입자의 함량이 80중량부를 초과하면 과량의 자성체로 인해 입자의 안정성이 떨어지고 폴리머 수지에 불균일한 분산을 야기할 수 있으며 자성 복합체의 무게가 무거워진다.

[0069] 상기 자성 입자는 서로 다른 공명 주파수를 갖는 복수 개의 자성 입자로 이루어질 수 있다. 예컨대, 상기 자성 입자로 0.5GHz의 공명 주파수를 갖는 자성 입자와 1GHz의 공명 주파수를 갖는 자성 입자가 혼합된 것을 사용할 수 있는데, 공명 주파수가 서로 다른 복수 개의 자성 입자를 사용하게 되면 더욱 더 넓은 영역의 전자기파를 흡수할 수 있는 장점이 있다.

[0070] 또한, 탄소나노튜브(carbon nanotube), 탄소나노섬유(carbon nanofiber), 카본블랙(carbon black), 카본섬유(carbon fiber) 및 그라핀(graphene) 중에서 선택된 1종 이상의 탄소계 전도체가 상기 폴리머 수지에 분산되어 있을 수 있고, 상기 탄소계 전도체는 상기 자성 복합체에 대하여 0.01?70중량%, 바람직하게는 0.5?10중량% 함유되는 것이 바람직하다. 탄소계 전도체의 함량이 너무 많으면 전기전도성이 높아져 전자기파 흡수 특성보다는 차폐 특성이 강하게 나타날 수 있으므로, 상기 범위의 함량으로 함유되는 것이 바람직하다.

[0071] 상기 폴리머 수지는 열가소성 또는 열경화성 수지일 수 있으며, 특별히 제한되는 것은 아니다. 예컨대, 상기 폴리머 수지로 에폭시(epoxy), 실리콘 고무(silicon rubber), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET), 폴리에스테르설폰(polyestersulfone; PES), 폴리아크릴레이트(polyarylate; PAR), 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리카보네이트(polycarbonate; PC)와 같은 수지를 사용할 수 있다.

[0072] 광대역 전자기파 흡수체는, 상기 자성 입자의 크기와 형상이 조절되어 자성 복합체의 공명 주파수가 정해지고, 상기 공명 주파수와 동일하거나 높은 주파수 대역에서 전자기파의 흡수가 일어난다. 예컨대, 자성 복합체의 공명 주파수가 1GHz일 경우, 광대역 전자기파 흡수체는 1?5GHz 범위의 광대역 주파수에 대한 전자기파 흡수 효과가 매우 우수한 것으로 후술하는 실험에서 나타났다.

[0073] 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 자성 입자들을 폴리머 수지에 분산시킨 자성 복합체를 형성하는 단계 및 상기 자성 복합체 내에 복수의 전도성 라인을 배치하는 단계를 포함한다. 여기서 '배치하는 단계'는 자성 복합체 내에 전도성 라인이 배열되게 하는 다양한 방법을 모두 포함하는 개념으로 사용한다. 예컨대, 자성 복합체 내에 복수의 전도성 라인을 배치하는 단계는, 자성 복합체에 전도성 라인을 인쇄하거나, 자성 복합체에 전도성 라인을 삽입하거나, 자성 복합체에 전도성 라인을 얹고 압착하거나, 자성 복합체에 포토리소그라피 공정을 이용하여 전도성 라인 패턴을 형성하고 도금법, 증착법 등과 같은 다양한 방법으로 전도성 라인을 형성하는 방법 등을 포함하는 개념으로 사용한다. 자성 복합체의 상부와 하부 사이의 중심부에 전도성 라인을 배열하려는 경우, 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 자성 복합체를 상기 전도성 라인 상부에 덮고 압착하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0074] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법은, 폴리머 수지를 용매에 분산시키는 단계와, 상기 폴리머 수지가 분산된 용매에 페라이트계 산화물을 포함하는 자성 입자들을 분산시켜 슬러리를 형성하는 단계와, 상기 슬러리를 큐어링(curing)하여 자성 복합체를 형성하는 단계와, 상기 자성 복합체 상부에 복수의 전도성 라인을 배치하는 단계 및 상기 전도성 라인이 배치된 상부에 자성 복합체를 덮고 압착하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 광대역 전자기파 흡수체의 제조방법은, 상기 슬러리를 큐어링 하기 전에 상기 슬러리를 진공 용기에 담고 진공을 걸어주어 탈포하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0075] 상기 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것이 바람직하다. 상기 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하는 것이 바람직하며, 상기 전도성 라인의 선폭이 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖게 조절하는 것이 바람직하다.

[0076] 상기 전도성 라인을 배치하는 단계는, 제1 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하고, 제2 방향으로 복수의 전도성 라인을 배열하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제1 방향으로 배열된 전도성 라인과 상기 제2 방향으로 배열된 전도성 라인은 격자형의 그리드를 이룰 수 있다. 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 일정 간격으로 주기적으로 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인도 일정 간격으로 주기적으로 배열하는 것이 바람직하다. 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격과 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인 사이의 간격을 동일하게 조절하는 것이 바람직하다. 상기 제1 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 평행하게 배열하고, 상기 제2 방향으로 배열되는 전도성 라인은 전자기파를 방출하는 소자의 신호선에 대하여 수직하게 배열하는 것이 바람직하다. 상기 신호선에 대하여 평행하게 배열되는 복수의 전도성 라인은 상기 신호선의 선폭과 동일한 선폭을 갖도록 조절하는 것이 바람직하다.

[0077] 자성 입자들이 폴리머 수지에 분산된 구조를 갖는 상기 자성 복합체는 다양한 방법으로 제조할 수 있으며, 특별히 제한되는 것은 아니다. 예컨대, 폴리머 수지에 자성 입자를 원하는 양만큼 첨가하여 호모 믹서(Homo Mixer), 초음파분산기(ultrasonic), 3롤 밀(3 roll mill)로 균일하게 분산시킨 후, 필름캐스팅(film casting) 장비를 이용하여 필름화되게 제작할 수 있으며, 또한 자성 입자를 고분자를 함유하는 유기 용매에 첨가하여 에멀젼을 형성하고 상기 에멀젼으로부터 유기 용매를 제거하여 자성 복합체를 형성할 수도 있다.

[0078] 상기 전도성 라인은 다양한 방법을 이용하여 제작할 수 있으며, 특별히 제한되는 것은 아니다. 예컨대, 포토리소그라피(photo lithography) 또는 레이저 가공 등을 이용하여 마스크를 제작한 후, 비전도성 수지에 크름(Cr), 산화크롬(Cr) 등으로 이루어진 전도성 라인 패턴을 형성한 후, 크름(Cr), 산화크롬(Cr) 등으로 이루어진 전도성 라인 패턴에 도금법을 이용하여 니켈(Ni), 구리(Cu) 등으로 도금하여 전도성 라인을 형성할 수도 있다.

[0079] 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 자성 복합체에 전도성 라인이 배열되게 하는 다양한 방법을 이용하여 제작할 수 있으며, 특별히 제한되는 것은 아니다. 예컨대, 전도성 라인을 자성 복합체에 삽입하여 제조할 수도 있고, 자성 복합체에 전도성 라인을 놓고 압착(또는 프레싱(pressing))하여 제조할 수도 있으며, 전도성 라인을 자성 복합체의 중심부에 위치되게 형성하려는 경우에는 자성 복합체에 전도성 라인을 놓고 다시 자성 복합체를 전도성 라인 상부에 얹고 압착(또는 프레싱(pressing))하여 제조할 수도 있으며, 자성 입자를 첨가한 수지혼합물을 전도성 라인에 놓고 필름캐스팅으로 필름화하여 제작할 수도 있다.

[0080] 또한, 자성 복합체에 전도성 라인을 직접 형성하는 방법으로도 광대역 전자기파 흡수체를 제작할 수 있는데, 예컨대 자성 복합체에 잉크젯 프린트, 실크 스크린 등과 같은 방법으로 전도성 라인을 인쇄하여 제조할 수도 있고, 자성 복합체에 포토리소그라피(photo lithography) 공정과 증착(deposition) 공정 등을 이용하여 전도성 라인을 형성할 수도 있다.

[0081] 도 1은 본 발명의 일 예로서 제조한 광대역 전자기파 흡수체의 단면 주사전자현미경(scanning electron microscope; SEM) 사진이다. 도 1에서 'Ni mesh'라고 기재된 것은 메쉬(mesh) 형태의 니켈(Ni) 금속으로 제작한 전도성 라인을 의미한다. 도 1에 도시된 광대역 전자기파 흡수체는 릴리싱 필름(releasing film) 위에 Ni-Fe 입자(Ni와 Fe가 중량비로 1:1인 입자를 사용함)가 분산된 실리콘 고무 혼합물(silicon rubber mixture)을 놓고, 실리콘 고무 혼합물 상부에 니켈 메쉬(Ni mesh)를 놓은 다음, Ni-Fe 입자가 분산된 실리콘 고무 혼합물을 니켈 메쉬 위에 덮은 후, 2톤(ton)의 압력으로 120℃의 온도에서 15분 동안 압착하여 형성한 것이다. 도 1을 참조하면, 광대역 전자기파 흡수체의 중심부에 니켈 메쉬가 위치된 것을 볼 수 있다.

[0082] 도 78은 자성을 띠는 철 섬유(Fe fiber)에 유전체인 타이타늄 산화물(Titanium oxide)(TiO_2)이 코팅된 자성 입자를 보여주는 주사전자현미경 사진이다. 도 78에 나타낸 타이타늄 산화물(Titanium oxide)(TiO_2)이 코팅된 자성 입자는 다음과 같은 방법으로 형성하였다. 철 산화물 섬유(Fe oxide fiber)에 타이타늄(Ti) 전구체인 타이타늄 이소프롭옥사이드(titanium isopropoxide; TTIP) 용액을 농도를 조절하면서 코팅하고, 800℃에서 1시간 동안 하소(calcination)하여 타이타늄 산화물을 형성시킨 후, 수소(H_2) 가스 분위기로 500℃에서 1시간 환원 처리를 통하여 철 산화물(Fe oxide)만 선택적으로 환원시켜 형성하였다. 이와 같이 유전체를 자성을 띠는 입자에 코팅할 경우, 자성 입자의 유전율 및 투자율을 제어할 수 있는 장점이 있다.

[0083] 도 79는 탄소계 전도체인 탄소나노섬유(carbon nanofiber; CNF)에 자성체인 니켈(Ni)이 코팅된 자성 입자를

보여주는 투과전자현미경 사진이다. 도 79에 나타낸 탄소나노섬유에 니켈(Ni)이 코팅된 자성 입자는 다음과 같은 방법으로 형성하였다. 탄소나노섬유(CNF)에 무전해 도금법을 이용하여 니켈(Ni)을 코팅하고, 아르곤(Ar) 가스 분위기로 450℃에서 1시간 열처리 공정을 통하여 비결정 구조의 자성체 코팅층을 결정화하여 자성을 향상시켰다. 이와 같이 자성체를 탄소계 전도체에 코팅할 경우, 고각형비의 자성 입자로 사용할 수 있는 장점이 있다.

[0084] 도 80은 자성 입자인 할로우(hollow) 구조의 Ni-Fe 섬유(Ni-Fe fiber)와 탄소계 전도체인 탄소나노섬유(carbon nanofiber; CNF)가 복합화된 복합체를 보여주는 주사전자현미경 사진이다. 도 80에 나타낸 Ni-Fe 섬유와 탄소나노섬유가 복합화된 복합체의 폴리머 수지는 에폭시(epoxy) 수지를 사용하였다.

[0085] 이와 같이 제작된 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 소자의 신호선 상부, 하부 또는 상부 및 하부에 놓여져서 전자기파를 효율적으로 흡수할 수 있으며, 특히 자성 복합체의 공명주파수로부터 수 GHz 범위의 광대역 전자기파를 흡수(차폐)하는데 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 칩(소자)을 패키징(packaging)하기 위한 패키지(package)로도 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체는 전자기파를 방출하는 소자인 인쇄회로기판 상부에 놓여져서 회로선(또는 신호선)에서 발생하는 노이즈 등과 같은 전자기파를 차폐하고 회로선(또는 신호선) 사이의 간섭을 억제하는 데도 사용될 수 있다.

[0086] 이하에서, 자성 복합체를 제조하는 방법의 일 예를 설명하고, 이를 이용하여 광대역 전자기파 흡수체를 제조하는 방법을 더욱 구체적으로 설명한다.

[0087] 열가소성 폴리우레탄(Thermoplastic PolyUrethane; 이하 'TPU'라 함) 6g을 디메틸폼아마이드(Dimethylformamide; 이하 'DMF'라 함)와 아세톤(Acetone)의 혼합용액(DMF/아세톤의 중량비=7/3) 56g에 투여한 후, 자석교반기(magnetic stirrer)를 이용하여 상온에서 500rpm의 교반속도로 약 3시간 동안 교반하여 TPU를 완전히 용해시켰다.

[0088] 상기 TPU가 용해된 용액에 자성 입자를 투여한 후 기계적 분산법을 이용하여 슬러리(slurry)를 제조하였다. 상기 자성 입자는 평균 입경이 200nm인 나노 크기의 바륨-페라이트(Ba-ferrite) 분말(바륨의 함량이 50중량%인 분말)을 사용하였으며, 또 다른 예로서 평균 입경이 20㎛인 마이크로 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말(바륨의 함량이 50중량%인 분말)을 사용하였다.

[0089] 상기 기계적 분산법은 3-롤 밀(3-roll mill)을 이용한 캘린더링(calendering) 방법과 호모믹서(homomixer)를 이용한 방법을 사용하였다. 상기 캘린더링 방법은 3-롤 밀을 사용하였으며, 롤(roll)과 롤(roll) 사이의 갭(gap)은 5㎛ 였고, 롤의 회전 속도(roll speed)는 200rpm 이었으며, 25℃의 온도에서 5회 반복하여 이루어졌다. 상기 호모믹서를 이용한 방법은 3000?5000rpm의 교반 속도(agitation speed)로 25℃의 온도에서 10분 동안 이루어졌다.

[0090] 상기와 같이 제조된 슬러리를 상온에서 25?30분 정도 탈포를 실시하였다. 상기 탈포는 슬러리를 진공용기에 담고, 10^{-2}?10^{-1} Torr 정도의 진공을 걸어줌으로써 이루어졌다.

[0091] 탈포가 이루어진 슬러리를 콤마롤(comma roll)을 이용하여 필름 캐스팅(film casting)을 수행하고, 제조된 필름을 상온에서 24시간 동안 큐어링(curing)하여 자성 입자들이 TPU 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체를 제조하였다.

[0092] 도 81은 자성 입자로서 평균 200nm 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체를 보여주는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope; SEM) 사진이고, 도 82는 자성 입자로서 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체를 보여주는 주사전자현미경 사진이다. 도 81에 나타난 4개의 사진들은 배율을 달리하여 촬영한 것이고, 도 82에 나타난 4개의 사진들도 배율을 달리하여 촬영한 것이다.

[0093] 도 83은 자성 입자로서 평균 200nm 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체의 흡수능을 보여주는 그래프이고, 도 84는 자성 입자로서 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

[0094] 이하에서, 상기와 같이 제조된 자성 복합체를 이용하여 광대역 전자기파 흡수체를 제조하는 일 예를 설명한다.

[0095] 서스(Steel Us Stainless; SUS) 플레이트(Plate) 위에 이형제인 필 플라이(peel ply)를 적층한 후, 그 위에 자성 입자들이 TPU 수지에 분산된 구조를 갖는 자성 복합체를 적층하였다. 상기 이형제는 후술하는 압착 후에 서스 플레이트와 자성 복합체가 잘 떨어지게 하는 역할을 하는 것이다.

[0096] 적층된 자성 복합체 위에 니켈(Ni) 재질로 이루어진 격자형 그리드를 적층한 후, 격자형 그리드 위에 다시 상기 자성 복합체를 적층하였다.

[0097] 자성 복합체, 격자형 그리드 및 자성 복합체가 순착적으로 적층된 것을 핫 프레스(Hot Press)를 이용하여 압착하여 광대역 전자기파 흡수체를 제작하였다. 상기 압착은 120℃의 온도에서 1톤(ton)의 압력으로 1시간 동안 이루어졌다.

[0098] 도 85는 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 주사전자현미경(SEM) 사진이고, 도 86은 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 주사전자현미경(SEM) 사진이다. 도 85에 나타난 4개의 사진들은 배율을 달리하여 촬영한 것이고, 도 86 나타난 4개의 사진들도 배율을 달리하여 촬영한 것이다.

[0099] 도 87은 자성 입자로서 평균 200㎚ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능을 보여주는 그래프이고, 도 88은 평균 20㎛ 크기의 바륨 페라이트(Ba-ferrite) 분말을 사용하여 TPU 수지에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능을 보여주는 그래프이다.

[0100] 도 83과 도 87을 비교하면, 나노 크기의 자성 복합체와 격자형의 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능이 향상되었음을 확인할 수 있다. 또한, 도 84와 도 88을 비교하면, 마이크로 크기의 자성 복합체와 격자형의 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체의 흡수능이 향상되었음을 확인할 수 있다.

[0101] 도 89은 입경이 200㎚ 이하인 니켈(Ni)-철(Fe) 나노 분말(Ni와 Fe의 중량비가 52:48인 분말)을 이용하여 실리콘 러버(silicone rubber)(점도가 800cps이고 밀도가 0.97g/㎤인 다우 코닝사(Dow Corning) 제품)에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 구리(Cu) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 사진으로서, 자성 복합체를 형성하기 위한 큐어링은 120℃의 온도에서 20분 동안 수행된 것이다.

[0102] 도 90은 입경이 200㎚ 이하인 니켈(Ni)-철(Fe) 나노 분말(Ni와 Fe의 중량비가 52:48인 분말)을 이용하여 실리콘 러버(silicone rubber)(점도가 800cps이고 밀도가 0.97g/㎤인 다우 코닝사(Dow Corning) 제품)에 분산시켜 형성한 자성 복합체와 니켈(Ni) 재질의 격자형 그리드를 이용하여 제조된 광대역 전자기파 흡수체를 보여주는 사진으로서, 자성 복합체를 형성하기 위한 큐어링은 120℃의 온도에서 20분 동안 수행된 것이다.

[0103] 이하에서, 본 발명의 광대역 전자기파 흡수체가 광대역의 전자기파를 흡수(또는 차폐)할 수 있는 흡수체로 사용될 수 있음을 보여주는 실험예들을 구체적으로 제시하며, 다음에 제시하는 실험예들에 의하여 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 이하에서, '그리드 복합체'라 함은 전도성 라인을 그리드 형태로 제작한 광대역 전자기파 흡수체를 의미하는 것으로 사용한다. 또한, 'Cu 그리드'라 함은 구리(Cu) 재질로 이루어진 그리드를 의미하는 것으로 사용하고, 'Ni 그리드'라 함은 니켈(Ni) 재질로 이루어진 그리드를 의미하는 것으로 사용한다. 이하의 실험예에서는 자성 복합체의 자성 입자로 200㎚ 크기의 Ni-Fe 입자를 사용하였으며, 자성 복합체의 폴리머 수지로는 에폭시(epoxy), 실리콘 고무(silicon rubber) 또는 폴리우레탄(polyurethane)를 사용하였다.

[0104] 자성 입자를 수지 속에 함유한 자성 복합체를 사용하는 전자파 흡수체의 개발은 자성 입자의 재료와 형상을 조절하여 투자율과 유전율 특성을 조절하는 한편 복합체 내에서 입자의 함유율과 배향을 조절하여 원하는 주파수 대역에서 높은 전자파 흡수능을 얻는 방향으로 진행되어 왔다.

[0105] 자성 복합체 박막에 그물 형태의 전도성 그리드를 삽입하여 유도전류가 흐를 수 있는 경로를 제공하면 부가적

인 유전손실을 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라, 그리드를 따라 전자기파를 박막 전체에 걸쳐 분산시킬 수 있으므로 박막 전체 영역에서 자기손실을 더욱 크게 발생시킬 수 있다. 또한 전도성 그리드는 비교적 구조와 크기를 자유롭게 변경할 수 있으므로 전도성 그리드가 삽입된 자성 복합체는 특성을 조절하기 용이하고 흡수능이 높은 우수한 전자기파 흡수체가 될 수 있다.

[0106] 먼저 자성 복합체의 전자기파 흡수능에 영향을 미치는 투자율, 유전율, 크기 등의 요인들에 대해 살펴본 후, 전도성 그리드를 구성하는 재질, 크기, 위치 등의 여러 가지 요소들에 의한 효과를 기술한다.

[0107] (1) 유한요소법 전자기 해석 모델

[0108] 근접장 전자기파 흡수 특성을 분석하기 위해 IEC 62333에서 채택되어진 마이크로스트립 전송선(microstrip line: MSL)에 대한 모델을 설정하고 이론적 해석을 수행하였다. 도 2는 폭 4.4 ㎜, 길이 50 ㎜인 신호선을 가진 MSL 표준 규격도이며, 신호선 위에 자성 복합체를 위치시키고 벡터 네트워크 아날라이저(Vector Network Analyzer)를 연결하여 s-파라미터(s-parameter) 값을 측정하여 흡수능을 구한다. 흡수능 또는 전력손실(power loss)은 반사계수 S_{11}과 투과계수 S_{21}으로부터 $P_{Loss}/P_{In}=1-|S_{11}|^2-|S_{21}|^2$ 으로 주어진다.

[0109] 유한요소법에 의한 전자기해석을 통해 마이크로스트립 전송선에 의한 전자기파 흡수 특성 분석을 수행하기 위한 모델(FEM 시뮬레이션 모델)은 도 3과 같다. 마이크로스트립 라인(도 3에서 Microstrip line) 위에 자성 복합체(도 3에서 magnetic film)를 위치시켜 무반사 경계조건을 갖는 유한한 크기의 공기 상자 내에서 해석을 수행하였다. 마이크로스트립 라인의 재질과 자세한 규격은 특성임피던스가 50Ω이 되도록 설계하였으며 도 4에 보인 바와 같다. 자성 복합체의 크기는 48㎜(w)×48㎜(*l*)×100㎛(t)이며, 마이크로스트립 라인 신호선과 자성 복합체 사이에는 절연을 위하여 2㎛의 공기층을 두었다. 도 4에서 (a)는 유전율(ε_r)이 2.5이고 두께가 1.6㎜인 PTFE(polytetrafluoroethylene) 기판이고, (b)는 18㎛ 두께의 구리로 이루어진 바텀 그라운드(bottom ground)이며, (c)는 18㎛ 두께의 구리로 이루어진 신호선(signal line)이다.

[0110] (2) 자성 복합체(magnetic composite)의 전자기파 흡수 특성 해석

[0111] 가) 자성체 복소 투자율 및 복소 유전율 변화에 따른 전자파 흡수능 분석

[0112] 전자파 흡수체의 평가에 있어서 가장 중요한 특성 중 하나인 복소 투자율($\mu_r=\mu'-j\mu''$)은 도 5와 같이 약 1 ㎓에서 공명 흡수특성을 갖는 강자성 물질의 복소 투자율 특성을 기준으로 투자율의 실수부와 허수부를 각각 또는 동시에 증가하거나 감소시켜 투자율 변화가 흡수능에 미치는 영향에 대한 전자파 흡수특성을 모델링하였다. 도 5에서 (a)는 실수부(real part)의 투자율(permeability)을 나타내고, (b)는 허수부의 투자율을 나타낸다.

[0113] 흡수능 특성 평가에 사용된 투자율의 실수부와 허수부 각각의 투자율 변화를 도 6과 도 7에 보였다. 투자율의 실수부는 공명이 발생되기 이전의 값을 명기했고 허수부의 값은 공명이 발생되는 주파수에서의 최대값을 사용했다. 유전율의 실수부 및 허수부는 주파수변화와 관계없이 일정한 값을 갖는다고 가정하고 각각 일정한 값을 사용하였다. 근접장 전자파 흡수체로서의 복합체의 경우, 근접장 흡수특성이 복합체의 유전율보다는 투자율에 더 크게 지배되므로 흡수체의 유전 손실은 무시할 수 있다고 가정하여 복소 유전율은 주파수 특성이 없는 상수로 실수부 1, 허수부 0으로 고정하였다. 도 6에서 (a)는 μ'이 10인 경우이고, (b)는 μ'이 4인 경우이며, (c)는 μ'이 2인 경우이고, (d)는 μ'이 1인 경우이다. 도 7에서 (a)는 μ"이 100인 경우이고, (b)는 μ"이 40인 경우이며, (c)는 μ"이 20인 경우이고, (d)는 μ"이 10인 경우이다.

[0114] 복소 투자율의 허수부를 고정하고 실수부를 변화시킨 경우 반사계수와 투과계수는 도 8 및 도 9와 같이 변한다. 도 8 및 도 9에서 (a)는 투자율(μ', μ")이 (10,20)인 경우이고, (b)는 투자율(μ', μ")이 (4,20)인 경우이며, (c)는 투자율(μ', μ")이 (2,20)인 경우이고, (d)는 투자율(μ', μ")이 (1,20)인 경우이다. 투자율 실수부가 증가함에 따라 공명주파수 영역과 공명 주파수보다 낮은 주파수에서는 반사계수가 증가하고 공명주파수 영역에서 급격하게 투과계수가 증가함을 보여준다. 반사계수보다 투과계수가 열배 정도 큰 값을 나타내므로 전력손실은 투과계수에 지배적으로 영향을 받는다.

[0115] 흡수능은 도 10에 나타낸 바와 같이 강자성 공명주파수보다 낮은 영역에서는 낮은 삽입손실(insertion loss)을 보이고, 공명주파수 영역에서 높은 흡수능을 보여 준다. 전력손실은 주파수에 비례하므로 높은 주파수 영역에서 투자율이 작아도 낮은 주파수 영역에서 보다 상대적으로 높은 흡수능을 보인다. 투자율 실수부가 증가함에 따라 흡수능이 증가하는 현상을 보여주고 있다. 도 10에서 (a)는 투자율(μ', μ")이 (10,20)인 경우이고, (b)는 투자율(μ', μ")이 (4,20)인 경우이며, (c)는 투자율(μ', μ")이 (2,20)인 경우이고, (d)는 투자율(μ', μ")이 (1,20)인 경우이다.

[0116] 복소 투자율의 허수부 변화에 따른 흡수능은 도 11에서 보는 바와 같이 실수부 변화에 따른 흡수능에 비하여 상대적으로 작은 흡수능의 변화를 보였다. 도 11에서 (a)는 투자율(μ', μ")이 (2,100)인 경우이고, (b)는 투자율(μ', μ")이 (2,40)인 경우이며, (c)는 투자율(μ', μ")이 (2,20)인 경우이고, (d)는 투자율(μ', μ")이 (2,10)인 경우이다. 도 12는 복소 투자율의 실수부와 허수부를 동시에 증가시킨 경우의 흡수능 변화를 보였는데, 실수부 변화가 주도적인 영향을 미치므로 도 10의 경우와 유사한 변화를 보인다. 도 12에서 (a)는 투자율(μ', μ")이 (10,100)인 경우이고, (b)는 투자율(μ', μ")이 (4,40)인 경우이며, (c)는 투자율(μ', μ")이 (2,20)인 경우이고, (d)는 투자율(μ', μ")이 (1,10)인 경우이다.

[0117] 흡수체의 투자율(μ', μ")을 (2,20)로 고정하고 복소 유전율($\varepsilon_r = \varepsilon' - j\varepsilon''$)이 증가할 때 흡수능의 변화를 도 13 및 도 14에 나타내었다. 도 13에서 (a)는 유전율(ε', ε")이 (1,0)인 경우이고, (b)는 유전율(ε', ε")이 (2,0)인 경우이며, (c)는 유전율(ε', ε")이 (5,0)인 경우이고, (d)는 유전율(ε', ε")이 (10,0)인 경우이다. 도 14에서 (a)는 유전율(ε', ε")이 (10,0)인 경우이고, (b)는 유전율(ε', ε")이 (10,2)인 경우이며, (c)는 유전율(ε', ε")이 (10,4)인 경우이고, (d)는 유전율(ε', ε")이 (10,6)인 경우이다. 유전율 증가에 의해서는 흡수능에 변화가 일어나지 않음을 알 수 있다.

[0118] 나) 자성복합체의 크기에 따른 흡수능 분석

[0119] 자성 복합체의 크기에 따른 흡수능의 변화를 비교하였다. 도 15에서 자성 복합체의 폭에 의한 흡수능의 변화를 비교하면 일정 폭까지는 흡수능이 증가하지만 그 이상 폭의 증가에 대해서는 흡수능의 변화를 보이지 않았다. 이는 마이크로스트립 신호선에서 공급되는 전자기파가 자성 복합체의 일정 폭 이상은 전달되지 않음을 말한다. 따라서 자성 복합체의 투자율이나 전기 전도도에 따라 최적의 폭이 존재함을 알 수 있었다. 도 15에서 (a)는 자성 복합체의 폭이 4.4㎜인 경우이고, (b)는 자성 복합체의 폭이 8㎜인 경우이며, (c)는 자성 복합체의 폭이 15㎜인 경우이고, (d)는 자성 복합체의 폭이 48㎜인 경우이다.

[0120] 도 16은 자성 복합체의 길이 변화에 따른 흡수능의 변화를 보여준다. 자성 복합체 길이가 증가할수록 흡수능도 비례하여 증가함을 알 수 있다. 도 16에서 (a)는 자성 복합체의 길이가 4.4㎜인 경우이고, (b)는 자성 복합체의 길이가 8㎜인 경우이며, (c)는 자성 복합체의 길이가 15㎜인 경우이고, (d)는 자성 복합체의 길이가 48㎜인 경우이다.

[0121] 자성복합체의 두께 증가에 따른 흡수능의 변화를 도 17에 나타내었다. 도 17에서 (a)는 자성 복합체의 두께가 250㎜인 경우이고, (b)는 자성 복합체의 두께가 200㎜인 경우이며, (c)는 자성 복합체의 두께가 150㎜인 경우이고, (d)는 자성 복합체의 두께가 100㎜인 경우이다. 자성 복합체의 두께 증가에 따라 흡수능은 증가하지만 일정 두께 이상에서는 흡수능이 더 이상 증가하지 않았다.

[0122] 다) 자성 복합체의 흡수능 분석

[0123] 자성 입자를 비자성 수지에 함유시켜 제조한 자성 복합체 박막의 전자파 흡수능을 분석하였다. 일반적으로 강자성 입자로 복합체를 형성하면 투자율은 감소하고 투자율의 주파수에 따른 공명 현상이 사라져 낮은 주파수에서 일정한 투자율을 유지하다가 주파수가 증가함에 따라 투자율이 감소한다. 도 18 내지 도 20에 자성 복합체의 자성 입자 함유율에 따른 복소 투자율의 변화를 나타내었다. 도 18은 자성 입자의 함유율이 부피비로 20%인 경우이고, 도 19는 자성 입자의 함유율이 부피비로 30%인 경우이며, 도 20은 자성 입자의 함유율이 부피비로 40%인 경우이다. 사용된 자성체는 구형 또는 막대 형상의 나노 크기 NiFe 계열 퍼멀로이 입자로서 포화 자화값이 30 emu/cm^3에서 150 emu/cm^3 범위에 해당되며, 비자성 수지의 투자율은 1로 가정하였다.

[0124] 주어진 자성 복합체 투자율을 적용하여 흡수능을 분석한 결과는 도 21과 같다. 도 21에서 (a)는 자성 입자의 함유율이 10부피%인 경우이고, (b)는 자성 입자의 함유율이 20부피%인 경우이며, (c)는 자성 입자의 함유율이 30부피%인 경우이고, (d)는 자성 입자의 함유율이 40부피%인 경우이다. 함유율이 증가함에 따라 투자율이 증가하므로 흡수능도 증가하지만 투자율이 공명 없이 전체 주파수 영역에서 작은 값을 가지므로 10% 미만의 흡수능을 나타낸다. 투자율이 높은 자성 입자를 많이 함유하고 정렬이 잘 될 경우 개선이 가능하겠지만, 복합체에서 자성 입자의 함유율을 높이는데 한계가 있고 복합체는 낮은 주파수에서 투자율이 높으므로 주파수에 비례하는 전력손실과는 반대의 특성을 가지게 되어 흡수능을 향상시키는데 어려움이 있다.

[0125] (3) 전도성 그리드에 의한 전자파 흡수능 향상 효과 분석

[0126] 자성 복합체에 그물(mesh) 형태의 전도성 그리드를 삽입하면 유전적 손실과 더불어 전자파가 그리드를 따라 복합체 전체에 전달되므로 복합체 전체에 걸쳐 자기적 손실이 발생하여 흡수능을 획기적으로 개선할 수 있다. 복합체 내의 전도성 그리드 삽입을 통한 흡수능 효과를 검증하기 위하여 전도성 그리드의 간격, 위치, 크기, 재질 등의 변수들에 따른 흡수능 변화에 미치는 영향을 분석하였다.

[0127] 도 22와 같이 전도성 그리드는 구리 재질을 선택하였으며 그 크기(a)는 20㎛×20㎛×40㎜ 이다. 구리선은 100㎛ 두께의 복합체 가운데에 위치하여 복합체 아랫면에서 그리드 아랫면까지는 40㎛이다. 구리선 중심 사이의 거리인 그리드 간격(grid space)(b)은 4㎜×4㎜ 정방형이다.

[0128] 위의 기본적인 구조를 가지는 그리드 복합체(grid composite)에 대한 흡수능을 자성 복합체가 없는 공기 중의 그리드(air-grid)(이하에서 '공기 그리드'라 함)와 그리드 없는 자성 복합체의 흡수능과 비교하여 도 23 내지 도 25에 나타내었다. 도 23 내지 도 25에서 (a)는 그리드 복합체의 경우이고, (b)는 자성 복합체가 없는 공기 중의 그리드(air-grid)의 경우이며, (c)는 그리드 없는 자성 복합체의 경우이며, (d)는 공기의 경우이다. 그리드 자체의 흡수능은 자성 복합체의 경우보다 높지만 10% 미만의 차이를 보이고 2.5 ㎓에서 피크를 보이고 5 ㎓ 근방에서는 최대 35%의 이중 피크를 보인다. 하지만 그리드와 자성복합체를 결합한 그리드 복합체는 강자성 공명주파수 이후 주파수 영역에 전체에 걸쳐 흡수능이 크게 향상되며 최대 80%의 흡수능을 보인다. 자성 복합체 흡수능을 기준 레벨로 하여 그리드 흡수능이 더해진 형태의 흡수능 변화를 보이는데 단순 합이 아니라 비선형적으로 증가된다.

[0129] 가) 그리드 간격의 크기에 따른 흡수능의 변화

[0130] 먼저 공기 그리드(air-grid)의 경우에 대해 그리드 간격을 변화시키며 흡수능에 미치는 효과를 분석하였다. 도 26 내지 도 28에서 보는 바와 같이 두 개의 특징적인 주파수 2.5 ㎓와 5 ㎓에서 공명 형태의 흡수가 일어난다. 도 26 내지 도 28에서 (a)는 그리드 간격(grid space)이 7.5㎜×7.5㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격이 4㎜×4㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격이 2㎜×2㎜인 경우이고, (d)는 그리드 간격이 1㎜×1㎜인 경우이다. 그리드 격자 구조에서 특징적인 크기는 4㎜×4㎜인 단위격자의 크기와 40㎜×40㎜인 격자 외곽 크기가 존재하고, 작은 격자 크기는 높은 주파수에 큰 격자 크기는 낮은 주파수에 관련되어 있는 것으로 판단된다. 공기 그리드(air-grid)의 경우 그리드 간격이 넓어질수록 흡수능 최대값은 낮아진다. 그리드 간격이 1㎜일 때 5㎓에서 57%의 최대 흡수능을 보여 준다.

[0131] 그리드를 자성 복합체 내에 삽입하고 그리드의 간격을 변화시키며 흡수능의 변화를 분석하였다. 도 29 내지 도 31은 Cu 재질의 그리드를 사용한 그리드 복합체의 그리드 간격을 1㎜에서 4㎜까지 증가시킬 때 반사계수, 투과계수 및 흡수능의 변화를 보여준다. 도 29 내지 도 31에서 (a)는 그리드 간격(grid space)이 4㎜×4㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격이 2㎜×2㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격이 1㎜×1㎜인 경우이고, (d)는 그리드가 없는 경우이다. 그리드가 없는 자성체 박막과 비교하면 전도성 그리드의 전자파 반사 효과로 인해 반사계수가 수십 dB 증가함을 알 수 있고, 흡수계수는 평균적으로 수 dB 정도 감소를 보인다. 흡수능은 공기 그리드(air-grid)의 경우 1㎜ 간격에서 최대값을 보인 것과 다르게 그리드 간격이 4㎜일 때 77%의 최대 흡수능을 보였으며 전체적으로 흡수대역 폭이 4㎓ 영역 이상의 광대역 흡수가 나타남을 확인하였다.

[0132] 마이크로스트립 신호선의 선폭이 4.4㎜이고, 그리드 간격이 4㎜인 경우 신호선 중심에 있는 그리드 선에서 바깥쪽으로 4㎜ 위치에 있는 그리드 선이 가장 근접한 그리드 선이다. 전자기장은 신호선 중심에서 2.2㎜ 위치에 있는 모서리에서 바깥쪽으로 수 ㎜ 범위에 집중된다. 4㎜ 그리드의 경우 신호선 모서리 바깥으로 1.8㎜ 떨어져 있어서 전자기장이 집중되는 범위 내에 위치한다고 볼 수 있다. 따라서 전송선로에서 공급되는 전자기파

를 효과적으로 자성체 내로 유도하여 흡수가 잘 일어나도록 하는 것으로 보인다. 그리드 간격이 4㎜인 경우에 대해 그리드 재질과 주파수에 따른 자성체 박막 위 표면의 자기장(H-field) 분포를 도 59에서 확인할 수 있다.

[0133] 그리드 간격을 7.5㎜, 15㎜, 30㎜로 하면 그리드 최외각의 테두리를 이루는 그리드가 존재하지 않는다. 이 그리드 간격에 대한 흡수능 분석의 결과는 도 32 내지 도 34에 보였다. 도 32 내지 도 34에서 (a)는 그리드 간격(grid space)이 30㎜×30㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격이 15㎜×15㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격이 7.5㎜×7.5㎜인 경우이고, (d)는 그리드가 없는 경우이다. 그리드 간격이 7.5㎜이 때는 최대 64%까지 흡수능을 보이지만 그 이상으로 간격이 커지면 신호선에 가장 근접한 그리드 선도 신호선으로부터 13㎜ 떨어지게 되어 흡수능이 급격히 감소한다.

[0134] 표 1에서 그리드 간격을 조절했을 때 흡수능의 최대, 최소, 평균값을 제시하였다.

표 1

[0135]

	그리드 간격(㎜)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	1	23	66	40	>4GHz
	2	26	68	43	
	4	46	77	57	
	7.5	26	64	39	
	15	5	34	8	
	30	6	37	13	

[0136] 한편 흡수를 일으키는 주파수 대역은 자성체만의 경우 0.5㎓로 매우 좁지만 그리드를 적용한 경우는 대역이 4㎓ 이상으로, 1㎓ 까지 낮은 삽입 손실을 보이고 그 이후의 전 주파수 영역에서 높은 흡수능을 보여 우수한 전자기파 흡수 소재로 작동함을 보여준다.

[0137] 마이크로스트립 라인의 신호선 폭을 2㎜로 변경하고 그리드 간격에 따른 흡수능의 변화를 분석하였다. 이때 마이크로스트립 라인의 50 옴 임피던스 정합을 위해 신호선과 그라운드 사이의 유전체 두께를 1.6㎜에서 0.73㎜로 변경하였다. 도 35 내지 도 37에 s-파라미터(s-parameter)와 흡수능을 보였고 표 2에 최대, 최소값을 수치로 제시하였다. 도 35 내지 도 37에서 (a)는 그리드 간격(grid space)이 1㎜×1㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격이 2㎜×2㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격이 4㎜×4㎜인 경우이고, (d)는 그리드 간격이 5㎜×5㎜인 경우이다.

[0138] 아래의 표 2는 마이크로스트립 라인의 신호선 폭이 2㎜인 경우 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격에 따른 흡수능을 비교한 표이다.

표 2

[0139]

	그리드 간격(㎜)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 복합체	1	42	90	60	>4GHz
	2	61	94	76	
	3	53	80	63	
	4	46	84	58	

[0140] 신호선 폭이 2㎜이면 신호선 모서리는 중심에서 1㎜에 있고 모서리에서 바깥쪽으로 가장 근접한 신호선은 그리드 간격이 2㎜일 때 모서리로부터 1㎜ 떨어져 있게 된다. 이 그리드 간격에서 최대의 흡수능을 보이며 최대 흡수능은 94%에 도달한다. 그리드 간격 4㎜인 경우는 80%의 최대 흡수능을 보이고, 전체적으로 신호선 폭이 4㎜인 경우보다 높은 흡수능을 나타낸다.

[0141] 지금까지 정방형의 그리드 격자를 구성하였는데, 그리드 간격의 폭 또는 길이의 어느 한 쪽을 고정시키고 나머지 간격을 변화시켜 직사각형 그리드 격자를 형성하고 흡수능에 미치는 영향을 조사하였다. 먼저 그리드 간격의 길이는 4㎜로 고정하고 폭을 1㎜에서 5㎜까지 변화시키며 흡수능을 분석한 결과를 도 38 내지 도 40과 표 3에 제시하였다. 도 38 내지 도 40에서 (a)는 그리드 간격의 폭(grid space width)이 1㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격의 폭이 2㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우이고, (d)는 그리드 간격의 폭이 5㎜인 경우이다.

[0142] 아래의 표 3에 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 길이가 4㎜인 경우 폭의 변화에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 3

[0143]

	그리드 간격의 폭(㎜)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드 폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	1	35	54	43	>4GHz
	2	36	57	44	
	3	46	77	58	
	4	48	78	57	

[0144] 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우 77%의 최대흡수능을 보여 그리드 간격 길이가 동시에 변하는 정방형 격자의 경우와 동일한 결과를 얻었고 이것은 그리드 간격 길이 방향이 영향을 미치지 않음을 의미한다.

[0145] 그리드 간격의 폭을 4㎜로 고정하고 길이를 1㎜에서 5㎜까지 증가시킨 결과를 도 41 내지 도 43과 표 4에 제시하였는데 최대 흡수능이 75%에서 78%까지 변화하여 그리드 간격의 길이는 흡수능에 큰 영향을 미치지 않음을 다시 확인할 수 있다. 도 41 내지 도 43에서 (a)는 그리드 간격의 길이(grid space length)가 1㎜인 경우이고, (b)는 그리드 간격의 길이가 2㎜인 경우이며, (c)는 그리드 간격의 길이가 4㎜인 경우이고, (d)는 그리드 간격의 길이가 5㎜인 경우이다.

[0146] 아래의 표 4에 Cu 그리드 복합체의 그리드 간격의 폭이 4㎜인 경우 길이의 변화에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 4

[0147]

	그리드 간격 길이(㎜)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드 폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	1	46	75	60	>4GHz
	2	48	76	59	
	3	46	77	57	
	4	39	78	53	

[0148] 위에서 살펴본 바에 의하면 신호선과 평행한 그리드 선과 직교하는 그리드 선 중에 평행한 그리드 선이 전자기파를 자성체 박막 내로 이끌어 들이고 흡수를 일으키는데 더욱 중요한 역할을 함을 알 수 있고, 실제 전자회로에 노이즈 제거용으로 적용하고자 할 때 실제 회로의 신호선 배치에 맞게 그리드를 설계하여 맞춤형 그리드 복합체를 제작하면 노이즈 제거 효과를 극대화할 수 있다.

[0149] 나) 그리드 선 두께(굵기)가 흡수능에 미치는 효과

[0150] 그리드 선의 두께 즉 굵기를 조절하여 가는 그리드 선과 굵은 그리드선이 흡수능에 미치는 효과를

분석하였다. 두꺼운 그리드 선을 사용하면 저항이 감소하여 효과적으로 유도전류가 형성이 될 것이지만, 전도성 그리드 선을 사용하므로 고주파의 경우 그리드 선의 재질에 따라 표면침투깊이(skin depth)가 얇아질 것이고 이 이상의 두께는 효과가 없을 것으로 예상된다. Cu 재질의 그리드 선 두께가 3 ㎛에서 20 ㎛까지 증가할 때 흡수능에 미치는 효과를 조사하여 도 44 내지 도 46과 표 5에 제시하였다. 도 44 내지 도 46에서 (a)는 그리드 두께(grid thickness)가 20㎛×20㎛인 경우이고, (b)는 그리드 두께가 10㎛×10㎛인 경우이며, (c)는 그리드 두께가 5㎛×5㎛인 경우이고, (d)는 그리드 두께가 3㎛×3㎛인 경우이다.

[0151] 아래의 표 5에 Cu 그리드 복합체의 그리드 선 두께에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 5

[0152]

	그리드 두께(㎛×㎛)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	3×3	60	89	71	>4GHz
	5×5	52	84	65	
	10×10	45	79	61	
	20×20	46	77	58	

[0153] 그리드 선 두께가 3㎛일 때 최대 89%의 흡수능을 보이고 더 두꺼워지면 흡수능이 점차 감소함을 보인다. 2.5 ㎓ 보다 낮은 주파수에서는 오히려 3㎛ 두께일 때 다른 두꺼운 그리드 선을 사용한 경우보다 낮은 흡수능을 보여 최적의 그리드 두께가 주파수에 의존함을 확인할 수 있다.

[0154] 나) 그리드 위치가 흡수능에 미치는 효과

[0155] 마이크로스트립 신호선으로부터 전파되는 전자기파는 신호선에서 멀어지면 세기가 약해지므로 흡수체와 신호선의 거리는 중요한 변수가 될 것이며 마찬가지로 자성체 박막 내에서 그리드가 어느 위치에 존재하느냐는 흡수능에 큰 영향을 줄 것이 예상된다. 자성체 박막의 아래 면에서 그리드 아래 면까지 거리를 그리드 위치(높이)로 정의하고 이 높이를 0㎛에서 80㎛까지 증가시키며 흡수능에 미치는 효과를 분석하고 결과를 도 47 내지 도 49와 표 6에 각각 그래프와 수치로 제시하였다. 도 47 내지 도 49에서 (a)는 그리드의 위치(높이)가 0㎛인 경우이고, (b)는 그리드의 위치(높이)가 20㎛인 경우이며, (c)는 그리드의 위치(높이)가 40㎛인 경우이고, (d)는 그리드의 위치(높이)가 60㎛인 경우이며, (e)는 그리드의 위치(높이)가 80㎛인 경우이다.

[0156] 아래의 표 6에 Cu 그리드 복합체의 그리드 위치(높이)에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 6

[0157]

	그리드 두께(㎛)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	0	24	52	39	>4GHz
	20	37	70	52	
	40	46	77	58	
	60	54	79	62	
	80	44	85	63	

[0158] 그리드가 자성체 박막의 제일 윗면에 위치할 때 최대의 흡수능을 보이고 있으며 이 사실은 신호선과의 거리가 멀어지면 전자기파 세기가 감소하는 효과보다 그리드에 의한 반사가 더 큰 영향을 준다는 것으로 보인다. 그리드가 자성체 박막의 바닥에 있으면 초기에 반사가 크게 일어나 자성체 내로 유입되는 전자기파를 크게 줄이

는 역할을 하여 흡수능을 떨어뜨린다고 할 수 있다.

[0159] 라) 그리드 크기가 흡수능에 미치는 효과

[0160] 그리드 단위 격자의 크기, 즉 그리드 간격이 아니라 그리드 전체의 크기는 흡수능에 어떤 영향을 미치는지 분석하였다. 그리드 크기에서 길이는 고정하고 폭만 40㎜에서 16㎜까지 감소시키면서 흡수능을 분석한 결과를 도 50 내지 도 52에 보였다. 도 50 내지 도 52에서 (a)는 그리드 크기(폭)가 40㎜×16㎜인 경우이고, (b)는 그리드 크기(폭)가 40㎜×24㎜인 경우이며, (c)는 그리드 크기(폭)가 40㎜×32㎜인 경우이고, (d)는 그리드 크기(폭)가 40㎜×40㎜인 경우이다.

[0161] 자성복합체의 크기는 변하지 않고 그리드 폭을 줄이면 그리드 폭 바깥의 자성체 박막에는 그리드에 의한 유도전류가 생성이 되지 않으므로 흡수능이 떨어져서 폭이 16㎜일 때 2 ㎓ 근처에서 50% 흡수능을 보이는 것이 최대이다. 한편 그리드 외각의 크기가 작아지면 더 높은 주파수에서 공명 현상을 보여야 하며 32㎜ 경우 6㎓, 24㎜와 16㎜인 경우 조사한 범위 내에서 그리드의 두 특징적인 주파수 중에서 두 번째 피크가 나타나지 않았다. 이후 더 높은 주파수까지 평가가 가능해지면 두 번째 피크의 존재를 확인할 수 있을 것으로 보이며 현재로서는 자성 합체 전체를 그리드로 채우는 것이 유리해 보인다.

[0162] 마) 그리드 재질이 흡수능에 미치는 효과(전도도, 투자율)

[0163] 그리드 두께에 의한 효과 분석에서 언급하였듯이 그리드의 전기 전도도는 유도전류 형성에 직접적인 영향을 주므로 흡수능에 큰 영향을 준다. 그리드의 전기 전도도를 Cu의 전기 전도도인 6×10^{7} simens/m에서 6×10^{4} simens/m까지 감소시키며 흡수능에 미치는 효과를 분석하여 도 53 내지 도 55와 표 7에 각각 그래프와 수치로 제시하였다. 도 53 내지 도 55에서 (a)는 그리드의 전기전도도(grid conductivity)가 6×10^{4} simens/m인 경우이고, (b)는 그리드의 전기전도도가 6×10^{5} simens/m인 경우이며, (c)는 그리드의 전기전도도가 6×10^{6} simens/m인 경우이고, (d)는 그리드의 전기전도도가 6×10^{7} simens/m인 경우이다.

[0164] 아래의 표 7에 Cu 그리드 복합체의 그리드 전기전도도에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 7

[0165]

	그리드 전기전도도(simens/m)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	-	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	6×10^{7}	46	77	58	>4GHz
	6×10^{6}	50	85	63	
	6×10^{5}	56	88	69	
	6×10^{4}	46	78	66	

[0166] 전기전도도가 작을수록 반사계수가 작아지는 반면에 투과계수는 6×10^{4} simens/m인 경우를 제외하고는 크게 다르지 않아서 결과적으로 전기전도도가 작아질수록 흡수능이 커지는 것을 알 수 있다. 여기서도 그리드 위치에 대한 분석에서 본 바와 같이 그리드에 의한 반사가 중요한 효과를 미침을 알 수 있다. 전기전도도가 작아질 때 나타나는 다른 현상은 공명 형태의 피크가 없어지고 주파수가 증가함에 따라 선형에 가까운 형태로 투과계수가 작아지고 흡수능이 커지는 것이다. 그리드에 의한 두 개의 특징적인 공명주파수의 존재가 유도전류가 형성되는 순환 고리와 관련이 있음을 간접적으로 다시 확인할 수 있다. 살펴본 바에 의하면 어떤 전도도를 가지는 물질을 사용하느냐는 복합적인 요인이 작용함을 주의하여야 한다.

[0167] 그리드의 자기적 성질에 의한 효과를 분석하기 위하여 상대 투자율이 600으로 큰 값을 갖고 전기전도도는 1.5

$\times 10^7$ simens/m로 Cu 전기전도도의 1/4인 Ni을 그리드로 사용하여 흡수능을 분석하고 Cu 그리드의 경우와 비교하였다. Cu은 상대 투자율이 작은 차이지만 1보다 작아서 반자성을 띄는 반면에 Ni은 강자성을 나타낸다. 도 56 내지 도 58에 Ni 그리드의 흡수능을 Cu 그리드와 비교하였다. 도 56 내지 도 58에서 (a)는 자성 복합체와 Cu 그리드를 사용한 경우이고, (b)는 자성 복합체와 Ni 그리드를 사용한 경우이며, (c)는 자성 복합체가 없는 공기 중의 Cu 그리드(Cu 공기 그리드)를 사용한 경우이고, (d)는 자성 복합체가 없는 공기 중의 Ni 그리드(Ni 공기 그리드)를 사용한 경우이다.

[0168] 앞의 전기 전도도 효과 분석에서 Ni의 전기 전도도 1.5×10^7 simens/m를 고려하면 그리드의 두 개의 특징적 피크를 보여야 하지만, Ni 그리드는 투과계수와 흡수능이 4㎓ 근처에서 정점을 이루고 주파수에 따라 서서히 변하며 좁은 피크는 보이지 않는다. Ni 그리드는 그리드 자체(air-grid)로 이미 75%의 흡수능을 보이고 자성 복합체 내에서는 자성체에 의해 10 ~ 20% 정도의 향상된 흡수능을 보인다. 이러한 사실은 Ni의 큰 투자율에서 기인하는 것으로 보인다.

[0169] 도 59에 자성 복합체 상단 표면에서 자기장 분포를 그리드 재질과 주파수에 따라 나타내었다. Ni 그리드의 경우 Cu 그리드와 다르게 0.2㎓에서는 그리드 격자를 따라 자기장이 분포하지 않는다. 반면 5㎓에서는 공기 그리드(air-grid)일 때나 자성체 내에 삽입되었을 때나 동일하게 그리드 격자를 따라 자기장이 강하게 분포한다. 이러한 사실은 Ni 그리드가 5㎓에서 자체적으로 공명 현상을 보임을 의미한다. 흡수능 결과에 의하면 4㎓에서 조금 더 강하게 자기장이 분포함을 추론할 수 있다. 1.2㎓는 자성체 공명 주파수 근처이므로 Ni과 Cu 둘 다 비슷한 수준의 자기장 세기를 보인다. Cu 그리드는 5㎓에서 공기 그리드(air-grid) 상태에서는 자기장이 약하고 자성체 내에 있을 때 강한 자기장을 보인다. 이 주파수에서 Cu 그리드에 의한 유전적 효과와 자성체에 의한 자기적 효과가 가장 잘 조합을 이루는 것으로 보인다.

[0170] 바) 그리드 복합체 두께가 흡수능에 미치는 효과

[0171] 자성 복합체에 그리드를 포함한 그리드 복합체의 두께가 흡수능에 미치는 효과를 분석하여 도 60 내지 도 62와 표 8에 제시하였다. 도 60 내지 도 62에서 (a)는 그리드 복합체의 두께가 250㎛인 경우이고, (b)는 그리드 복합체의 두께가 200㎛인 경우이며, (c)는 그리드 복합체의 두께가 150㎛인 경우이고, (d)는 그리드 복합체의 두께가 100㎛인 경우이다.

[0172] 아래의 표 8에 Cu 그리드 복합체의 두께에 따른 흡수능을 비교하여 나타내었다.

표 8

[0173]

	그리드 복합체 두께(㎛)	파워 손실(power loss)(%)			흡수 주파수 밴드폭(absorption frequency bandwidth)
		P_{min}	P_{max}	P_{avg}	
그리드 없는 자성 복합체	100	-	25	-	?0.5GHz
그리드 복합체	100	46	77	58	>4GHz
	150	53	80	63	
	200	55	80	65	
	250	55	80	66	

[0174] 자성 복합체의 경우 공명 주파수보다 큰 주파수 영역에서 두께가 증가함에 따라 흡수능이 증가함을 보았고 일반적으로는 임계 두께가 존재하여 그 이상으로 두꺼워져도 흡수능에 미치는 영향이 미미하다. 그리드 복합체의 경우에도 두께가 증가하면 흡수능이 증가하지만 150㎛ 정도에서 이미 포화되는 것으로 보인다. 이는 그리드에 의한 효과가 지배적이어서 자성체 두께가 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

[0175] 사) 그리드 삽입형 자성 복합체의 공명 주파수 및 복합체 내의 자성 함량이 흡수능에 미치는 효과

[0176] 자성체 공명 주파수가 흡수능에 미치는 영향을 분석하기 위하여 도 63 내지 도 65와 같이 동일한 투자율 값을 가지며 공명 주파수만 0.5㎓, 1㎓, 2.5㎓로 다른 경우에 대해 흡수능을 분석하고 결과를 도 66 내지 도 68에

나타내었다. 도 63은 공명 주파수가 0.5㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율(permeability) 변화를 보여주는 그래프이고, 도 64는 공명 주파수가 1㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율 변화를 보여주는 그래프이며, 도 65는 공명 주파수가 2.5㎓인 경우의 주파수 변화에 따른 투자율 변화를 보여주는 그래프이다. 도 66 내지 도 68에서 (a)는 공명 주파수가 0.5㎓인 경우이고, (b)는 공명 주파수가 1㎓인 경우이며, (c)는 공명 주파수가 2.5㎓인 경우이다.

[0177] 공명 주파수가 높으면 흡수가 강하게 일어나는 주파수도 동일하게 높아지는데, 흡수능이 주파수에 비례하므로 같은 투자율을 값을 가지더라도 높은 주파수일수록 큰 흡수능을 보인다. 서로 다른 공명진동수를 가지는 자성체를 혼합하여 넓은 흡수 대역을 갖는 흡수체를 만들수도 있다.

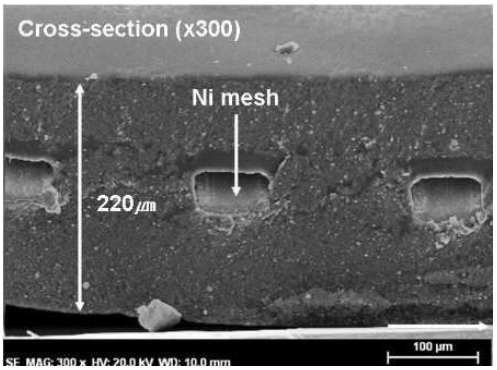
[0178] 다른 공명주파수를 가지는 자성 복합체에 그리드를 적용했을 때 흡수능의 변화를 도 69 내지 도 71에 보였다. 도 69 내지 도 71에서 (a)는 공명주파수가 0.5GHz이며 Cu 재질의 그리드인 경우이고, (b)는 공명주파수가 1GHz이고 Cu 재질의 그리드인 경우이며, (c)는 공명주파수가 2.5GHz이며 Cu 재질의 그리드인 경우이고, (d)는 공명주파수가 0.5GHz이며 Ni 재질의 그리드인 경우이고, (e)는 공명주파수가 1GHz이고 Ni 재질의 그리드인 경우이며, (f)는 공명주파수가 2.5GHz이며 Ni 재질의 그리드인 경우이다. 자성체 공명 주파수보다 낮은 주파수에서는 낮은 흡수능을 보이고 공명 주파수 이후 그리드에 의해 넓은 주파수 범위에 걸쳐 높은 흡수능을 보이는 것은 앞서 살펴본 사실과 동일하다. 자성체 공명 주파수가 높으면 자성체에 의한 흡수능이 주파수에 비례하여 커지므로 이 레벨을 기준으로 그리드에 의한 흡수능 상승 효과가 나타나므로 낮은 공명 주파수를 갖는 자성체에 그리드를 적용하였을 때보다 높은 흡수능을 보인다.

[0179] 앞에서 살펴본 자성 입자 복합체에 그리드를 적용하였을 때 흡수능의 변화를 분석하였다. 입자 형상과 크기가 조절 가능한 입자로 투자율을 조절하고 이 입자를 수지에 함유시킨 자성 복합체는 유력한 흡수체 재료이고 여기에 그리드를 적용하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 자성 복합체 투자율은 도 18 내지 도 20과 동일하게 선택하고 Cu 그리와 Ni 그리드를 적용했을 때 흡수능의 변화를 도 72 내지 도 74와 도 75 내지 도 77에 각각 보였다. 도 72 내지 도 74에서 (a)는 자성 입자의 함유율이 40부피%인 경우이고, (b)는 자성 입자의 함유율이 30부피%인 경우이며, (c)는 자성 입자의 함유율이 20부피%인 경우이고, (d)는 자성 입자의 함유율이 10부피%인 경우이다. 도 75 내지 도 77에서 (a)는 자성 입자의 함유율이 40부피%인 경우이고, (b)는 자성 입자의 함유율이 30부피%인 경우이며, (c)는 자성 입자의 함유율이 20부피%인 경우이고, (d)는 자성 입자의 함유율이 10부피%인 경우이다.

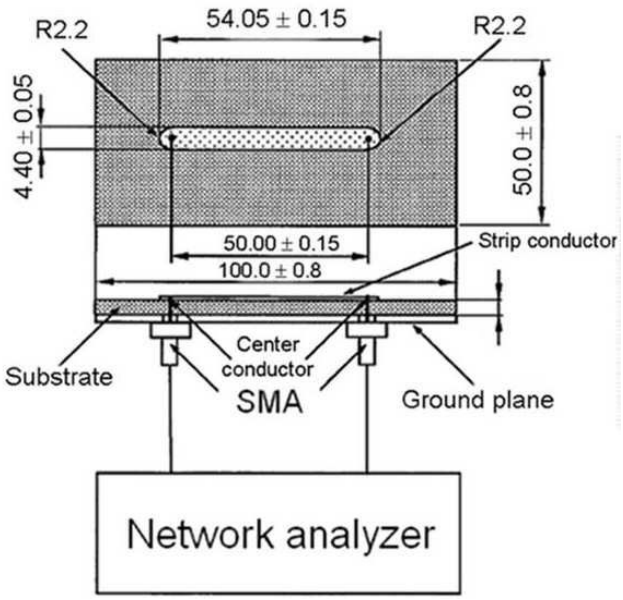
[0180] 이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상의 범위내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

도면

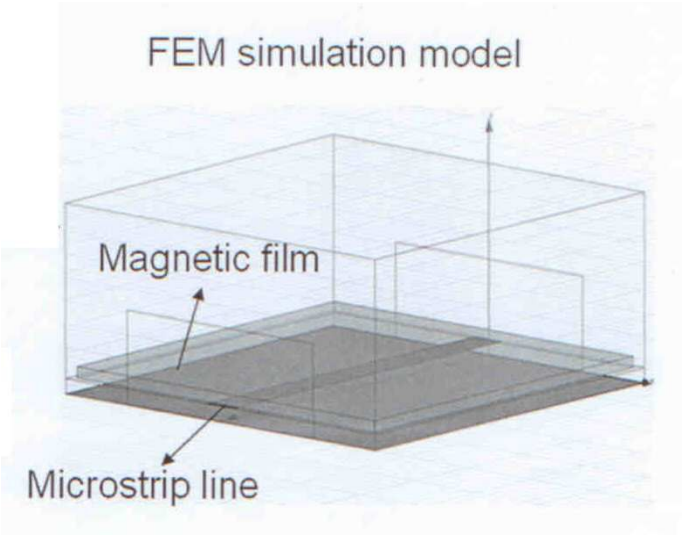
도면1



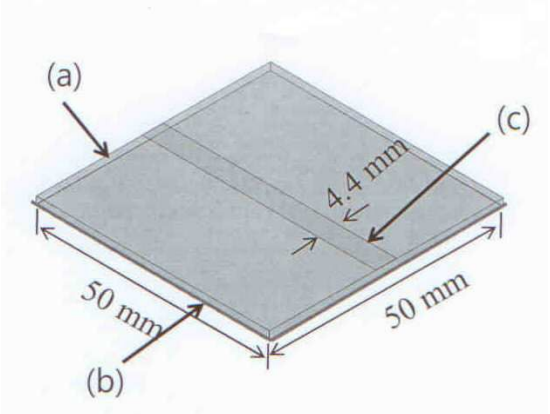
도면2


R2.2
54.05 ± 0.15
R2.2
4.40 ± 0.05
50.0 ± 0.8
50.00 ± 0.15
100.0 ± 0.8
Strip conductor
Substrate
Center conductor
SMA
Ground plane
Network analyzer

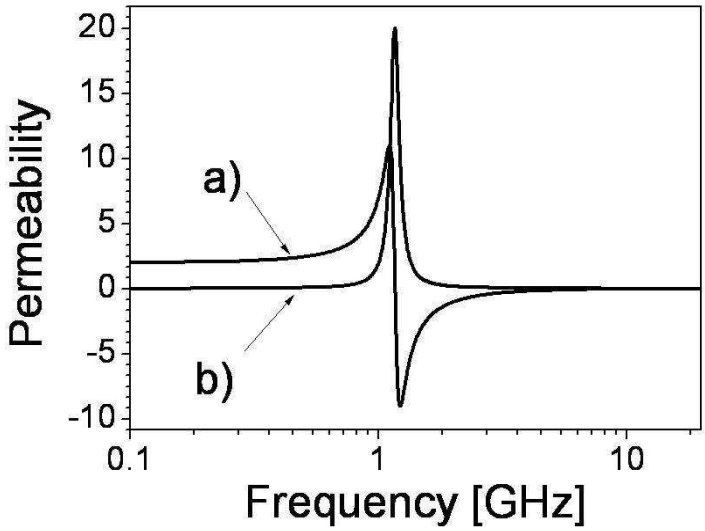
도면3


FEM simulation model
Magnetic film
Microstrip line

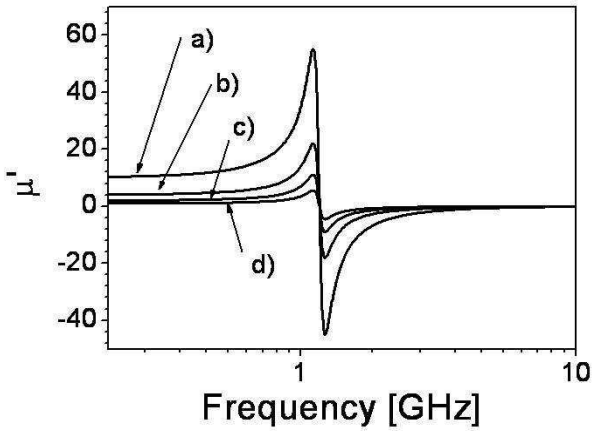
도면4


(a)
(c)
4.4 mm
50 mm
50 mm
(b)

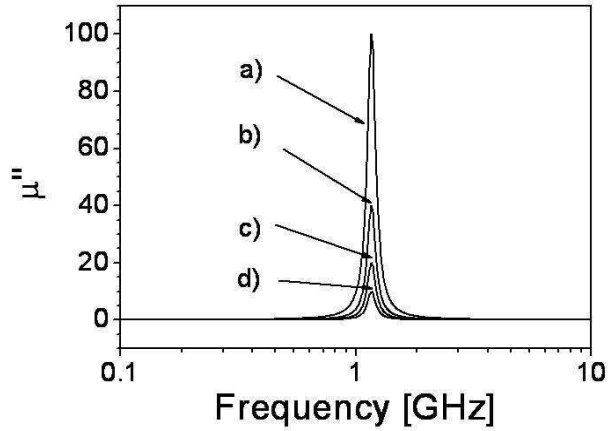
도면5


Permeability
20
15
10
5
0
-5
-10
a)
b)
0.1
1
10
Frequency [GHz]

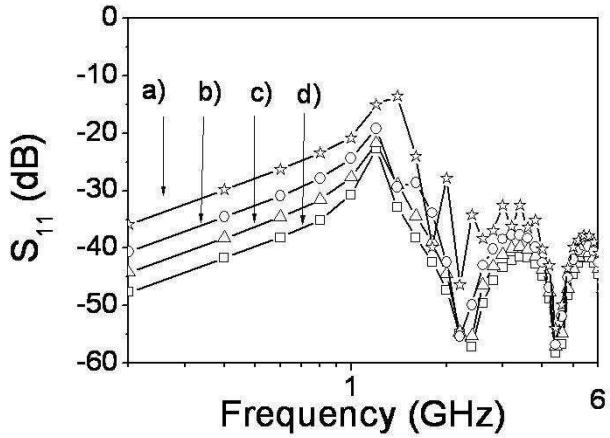
도면6


μ'
60
40
20
0
-20
-40
a)
b)
c)
d)
1
10
Frequency [GHz]

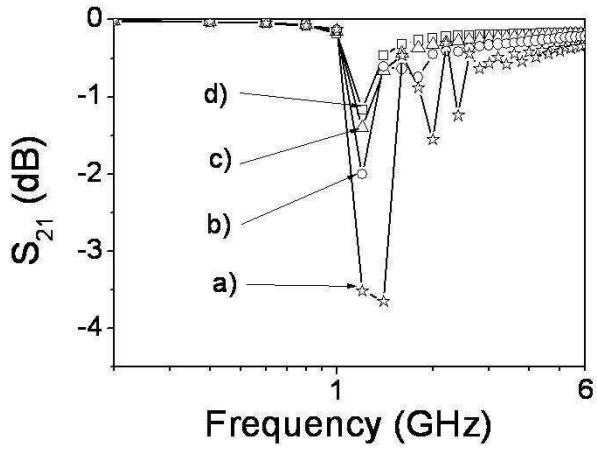
도면7


100
80
60
40
20
0
μ"
a)
b)
c)
d)
0.1
1
10
Frequency [GHz]

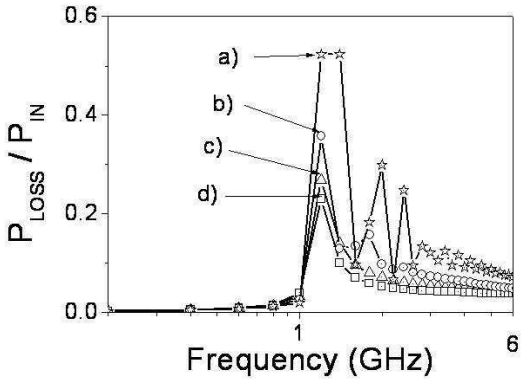
도면8


0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
S11 (dB)
a)
b)
c)
d)
1
6
Frequency (GHz)

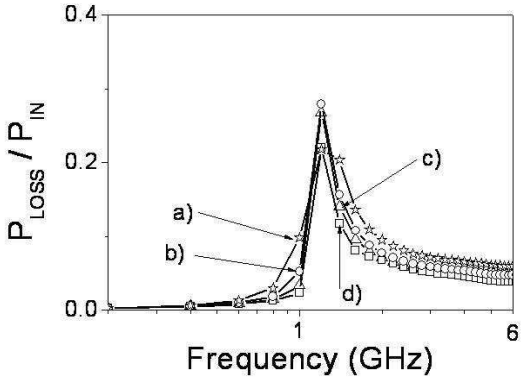
도면9


0
-1
-2
-3
-4
S21 (dB)
d)
c)
b)
a)
1
6
Frequency (GHz)

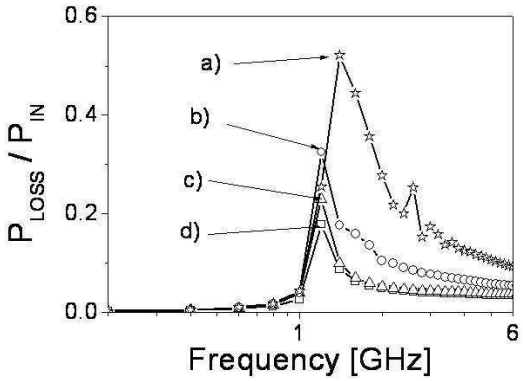
도면10



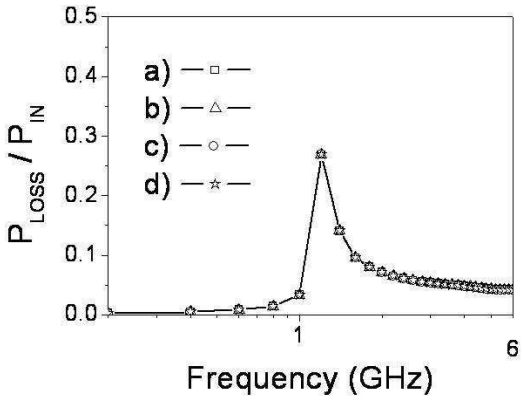
도면11



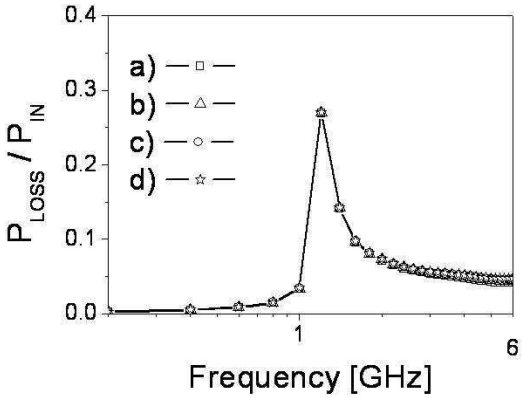
도면12



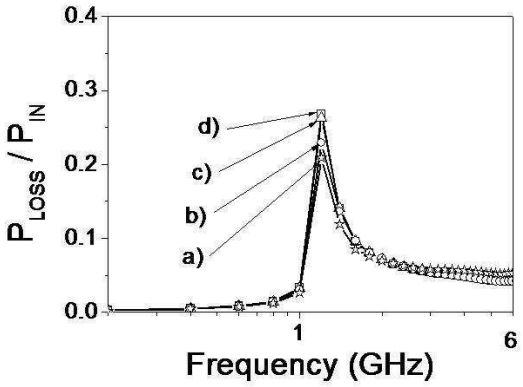
도면13



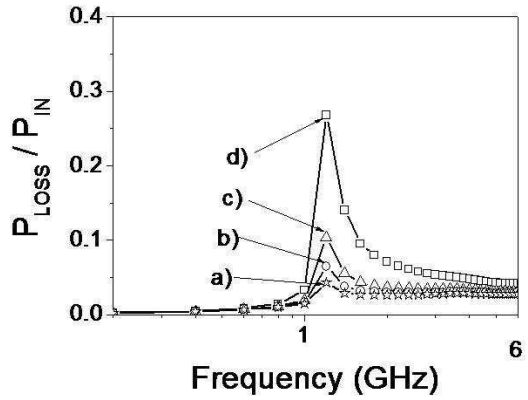
도면14



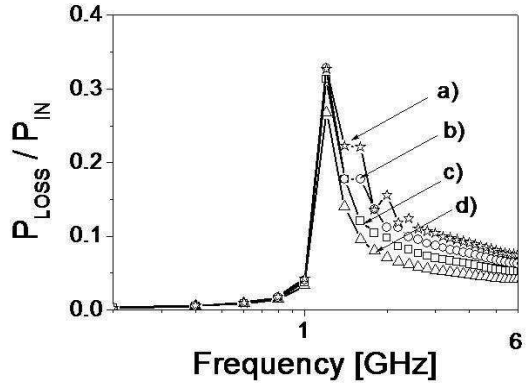
도면15



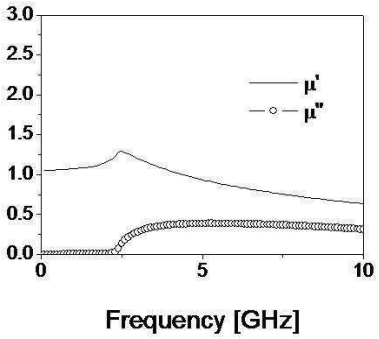
도면16



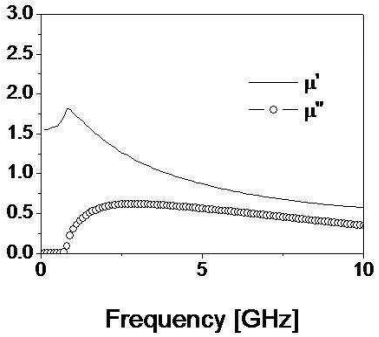
도면17



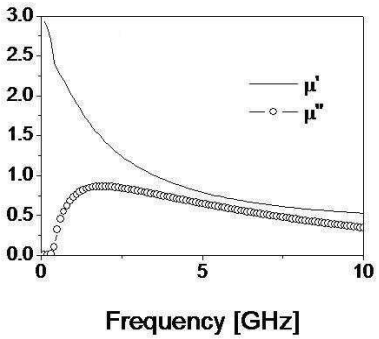
도면18



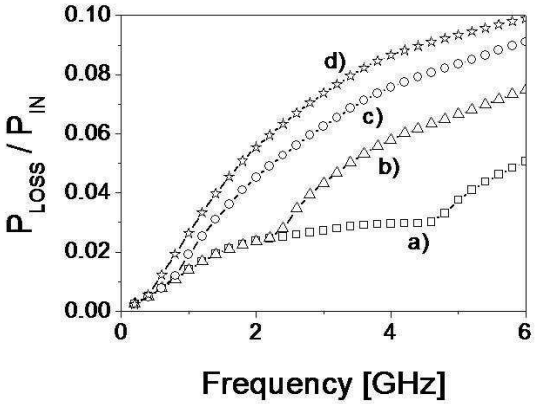
도면19



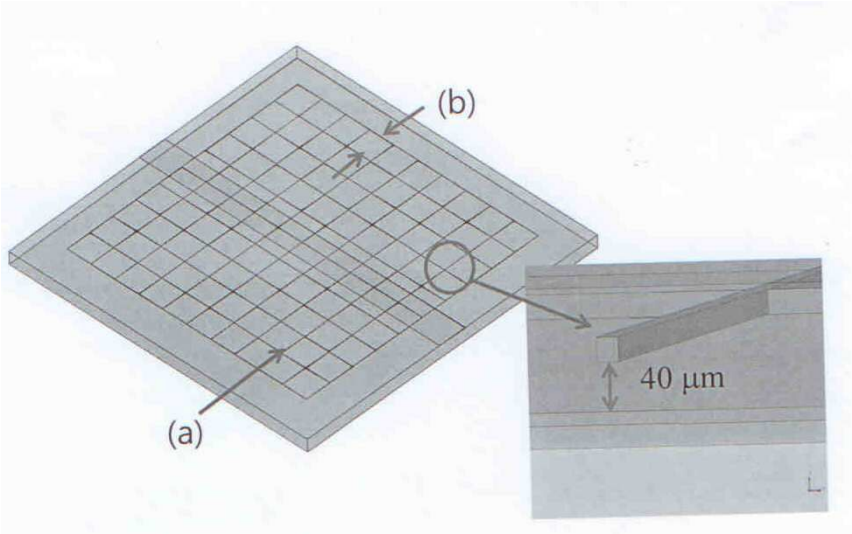
도면20



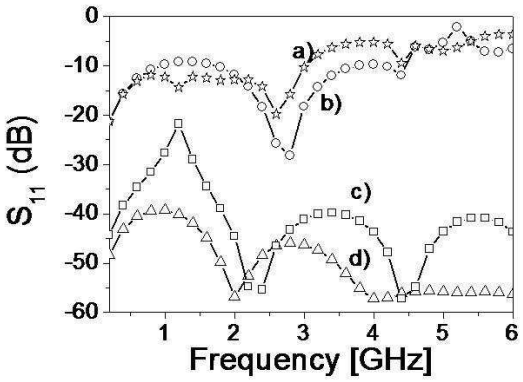
도면21



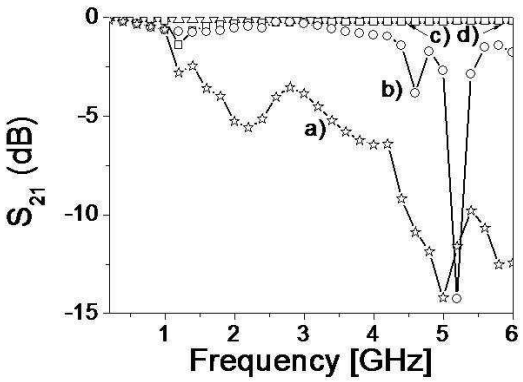
도면22



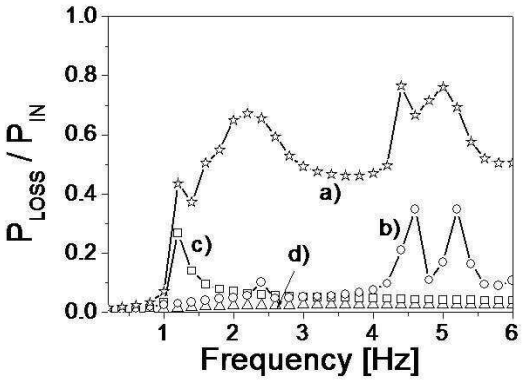
도면23



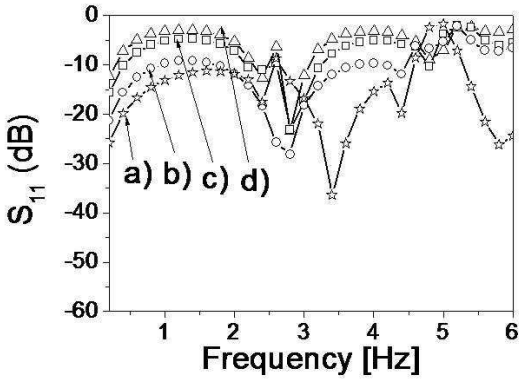
도면24



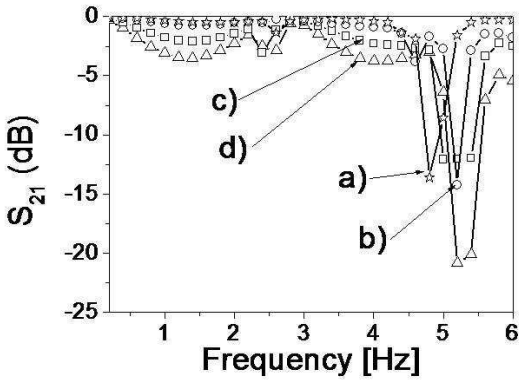
도면25



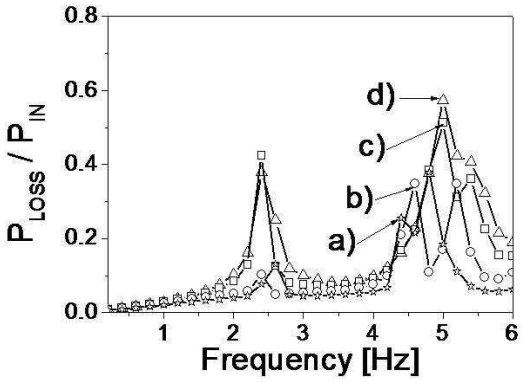
도면26



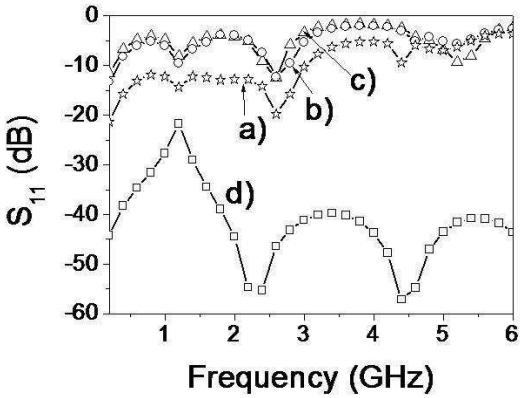
도면27



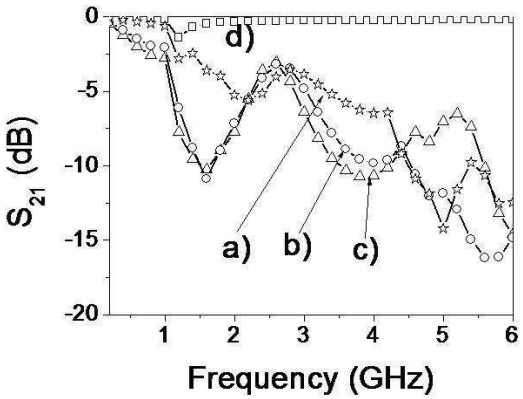
도면28



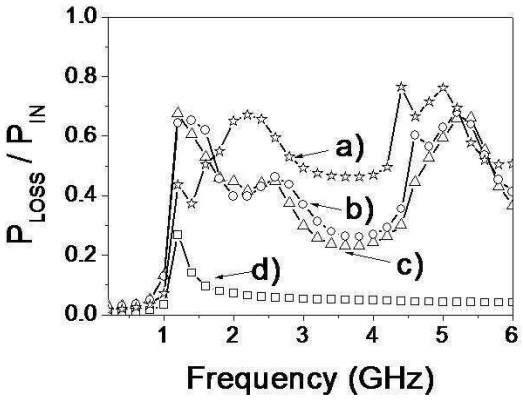
도면29



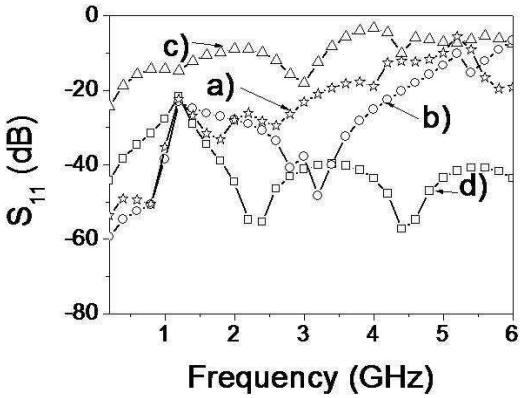
도면30



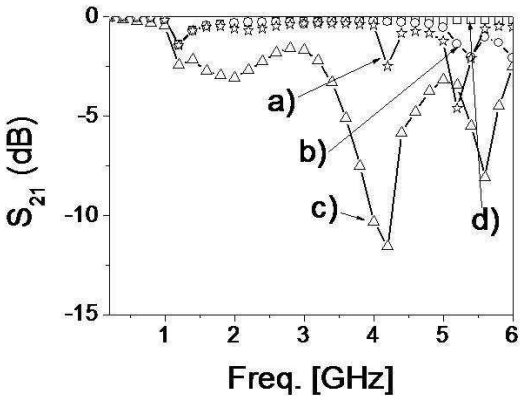
도면31



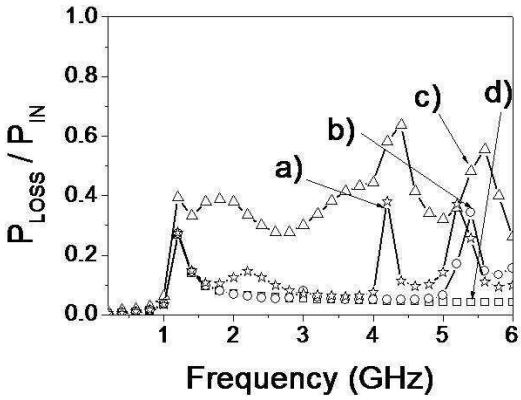
도면32



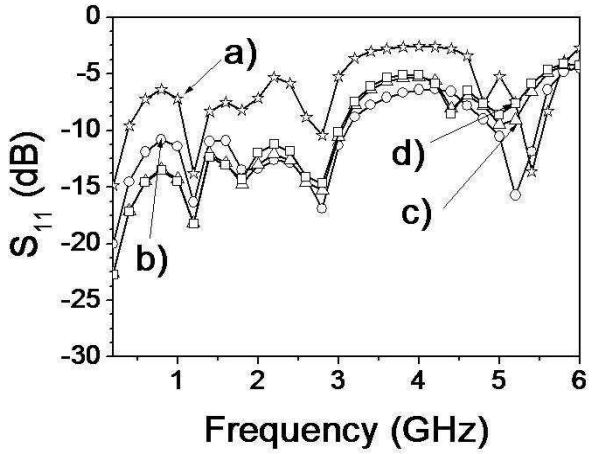
도면33



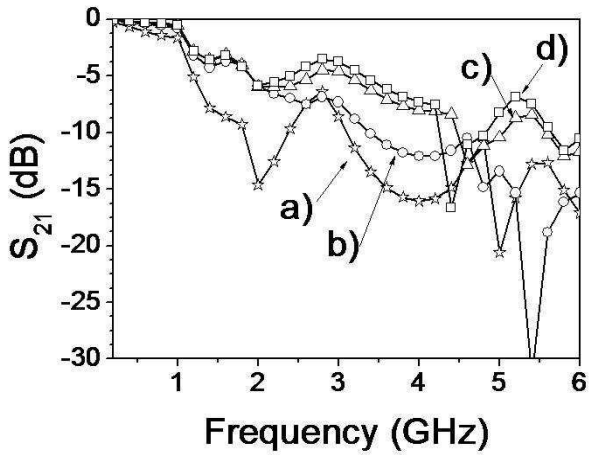
도면34



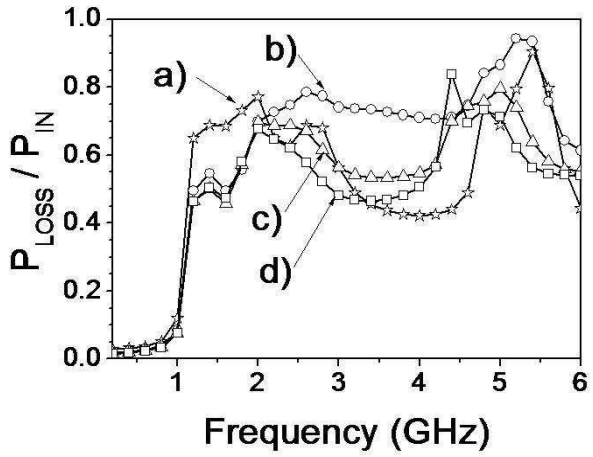
도면35



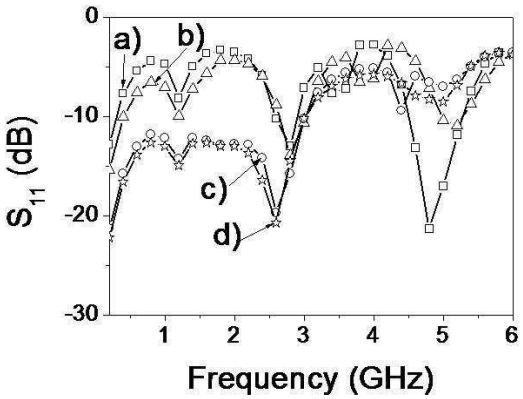
도면36



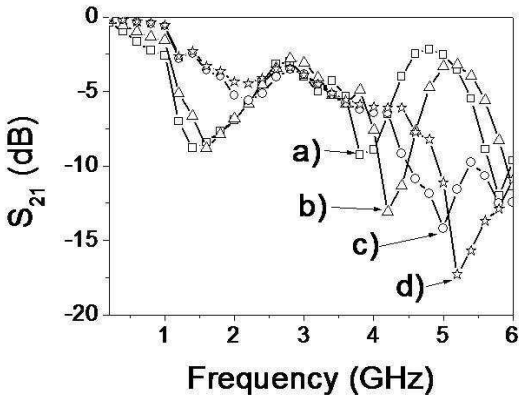
도면37



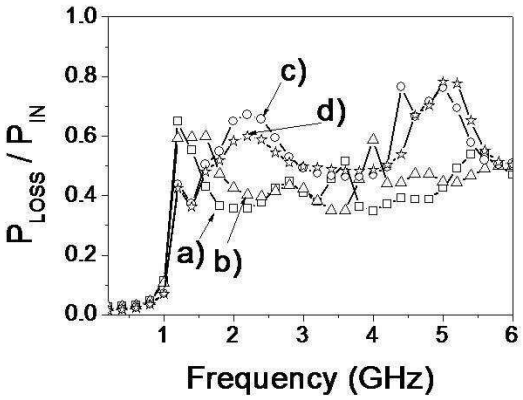
도면38



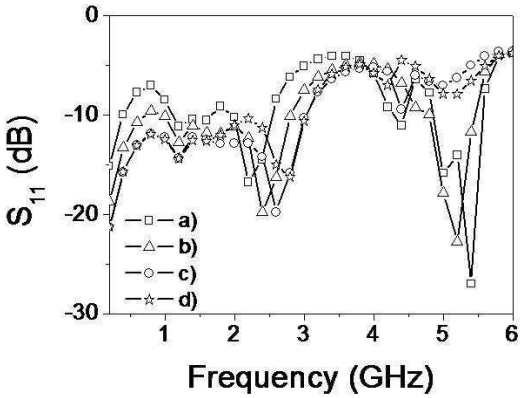
도면39



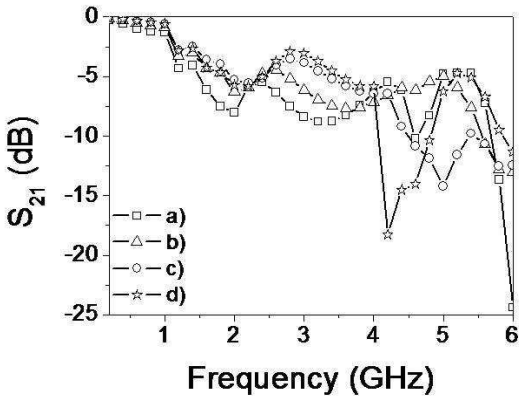
도면40



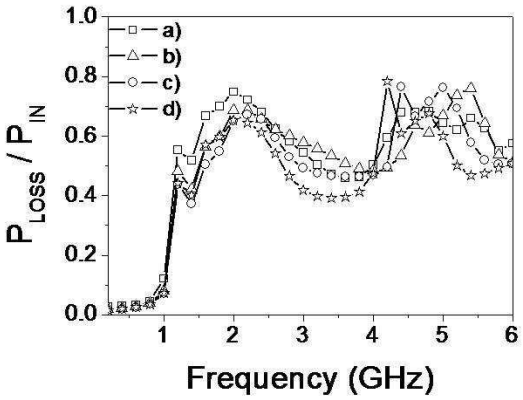
도면41



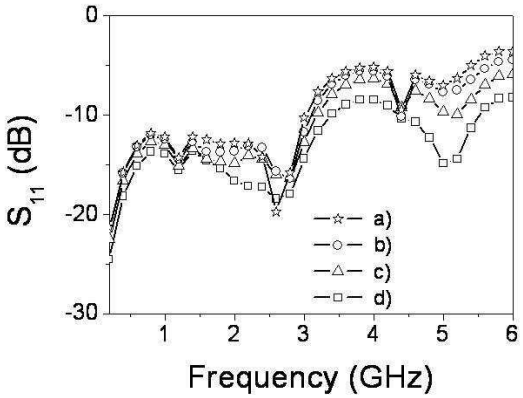
도면42



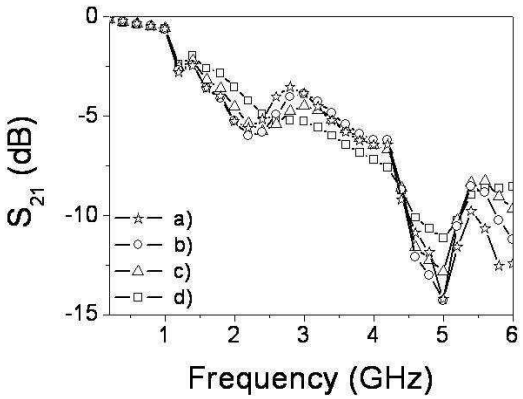
도면43



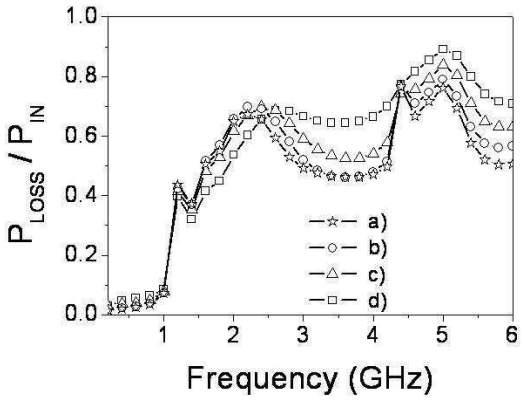
도면44



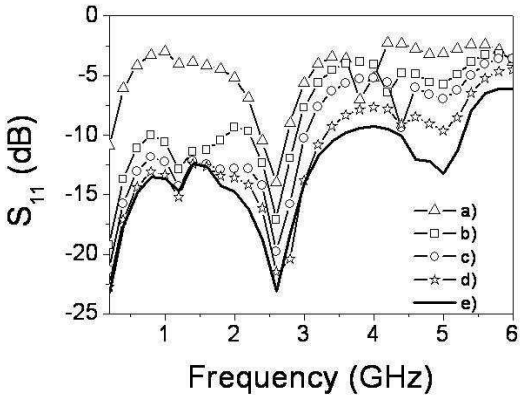
도면45



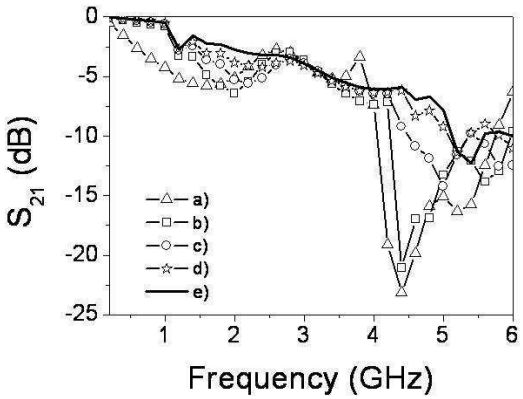
도면46



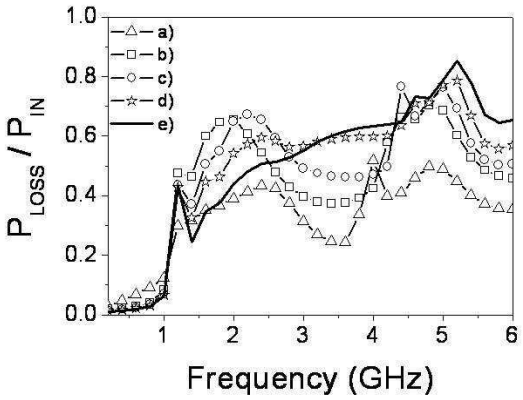
도면47



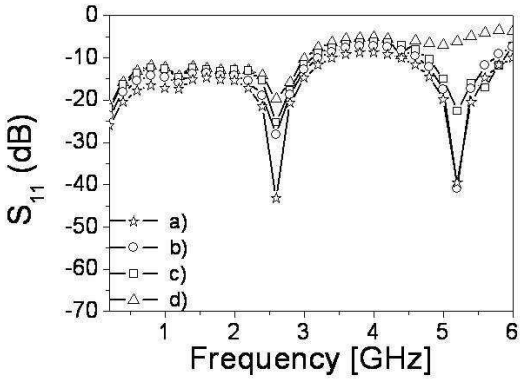
도면48



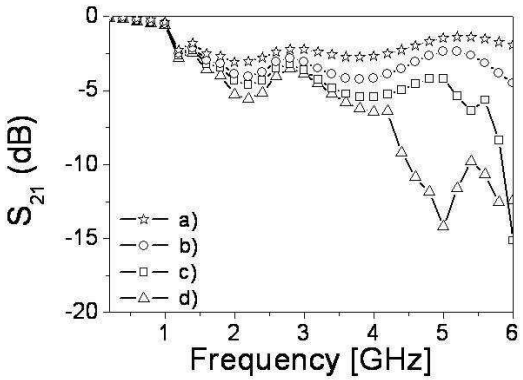
도면49



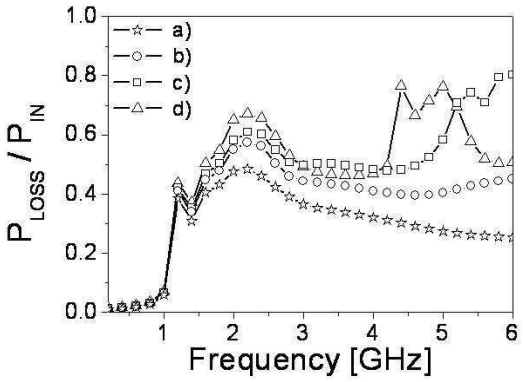
도면50



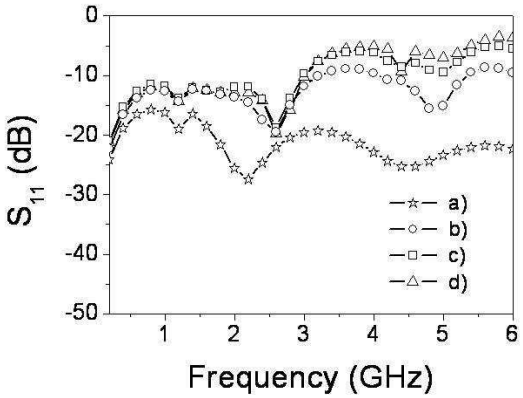
도면51



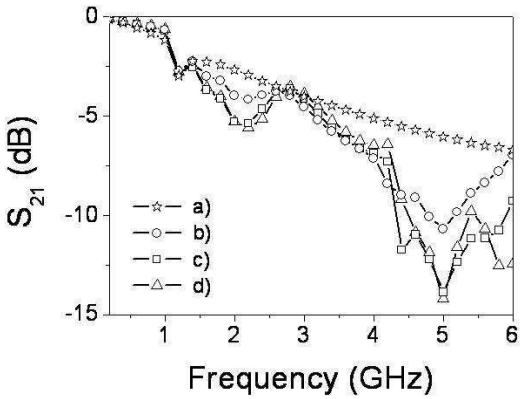
도면52



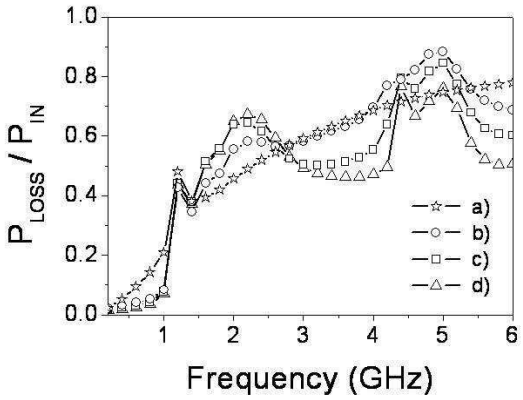
도면53



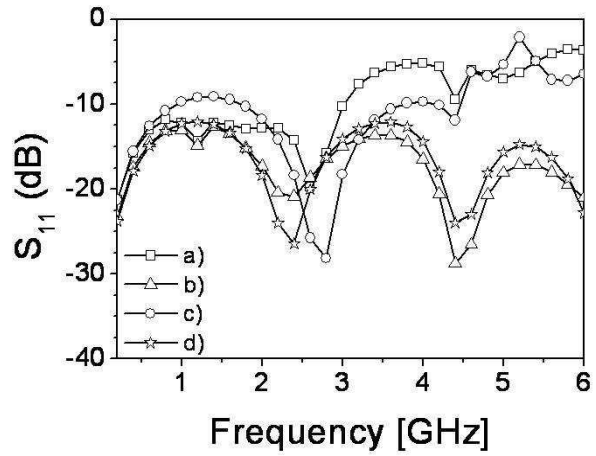
도면54



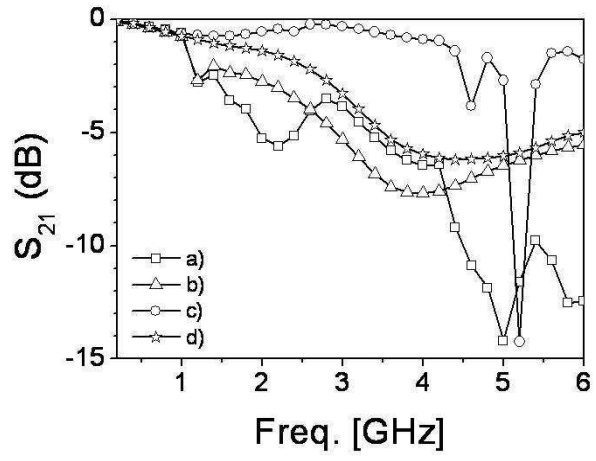
도면55



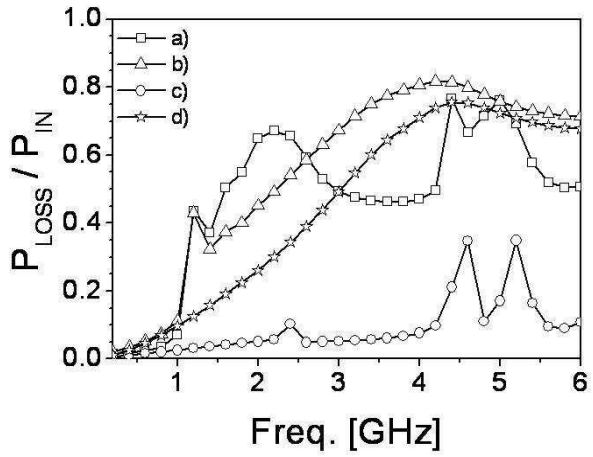
도면56



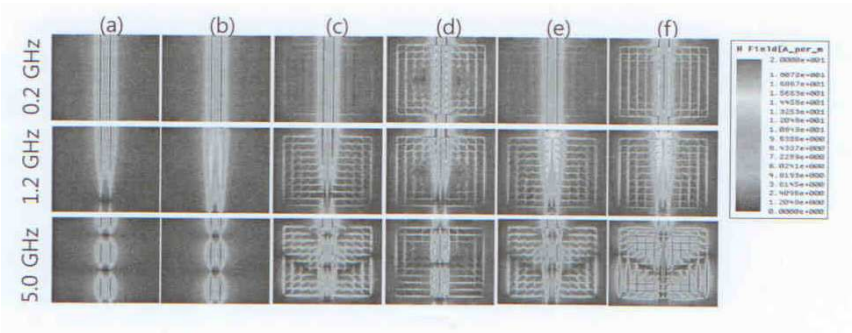
도면57



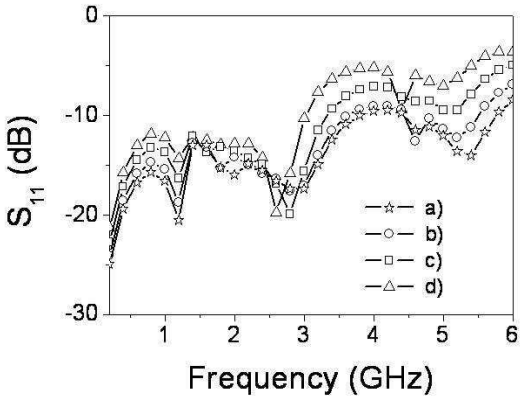
도면58



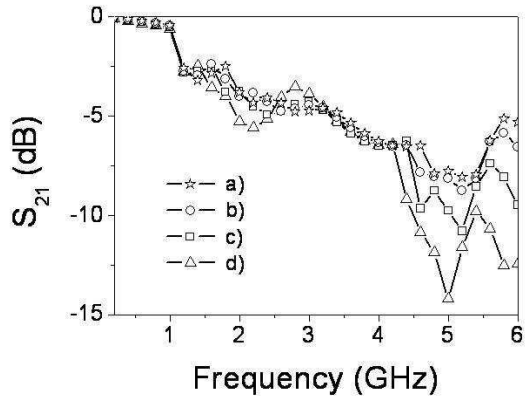
도면59



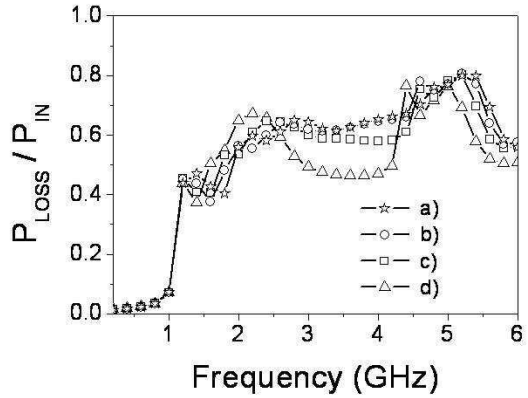
도면60



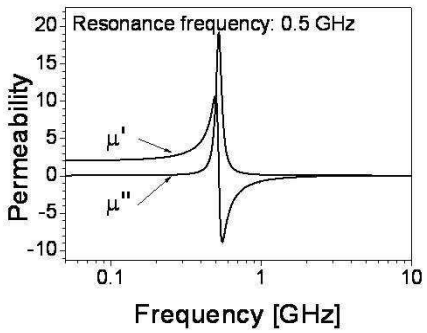
도면61



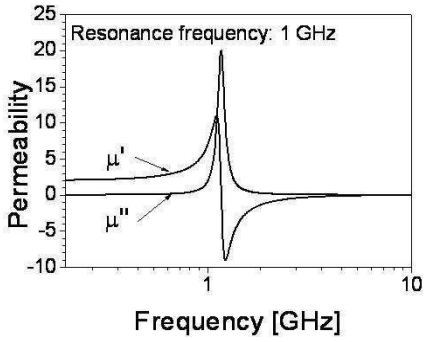
도면62



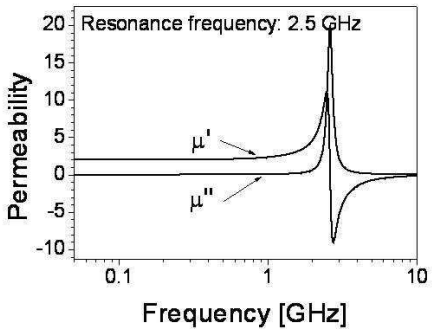
도면63



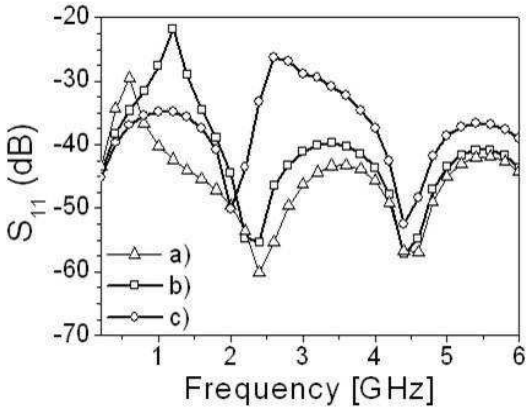
도면64



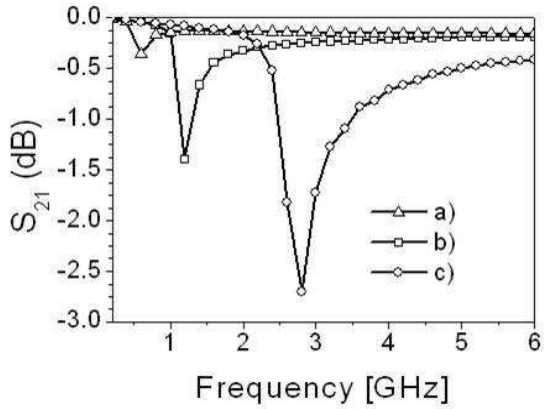
도면65



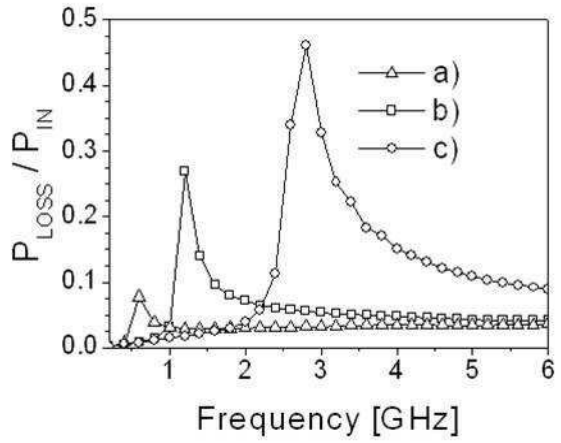
도면66



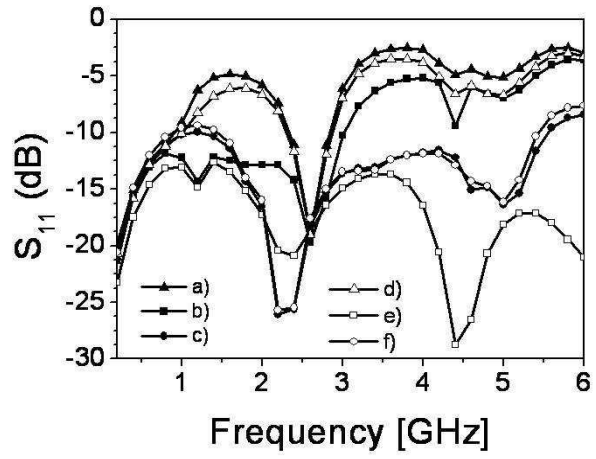
도면67



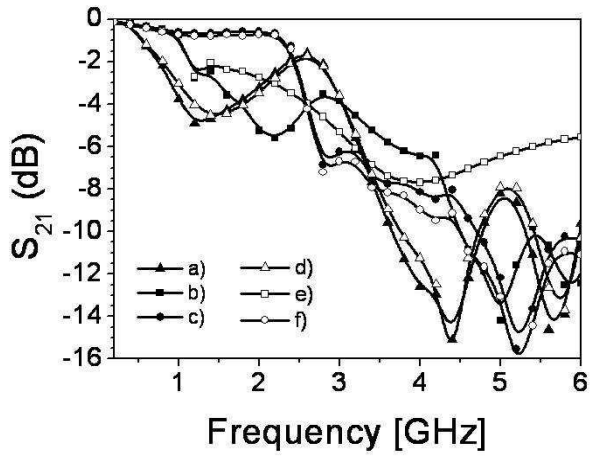
도면68



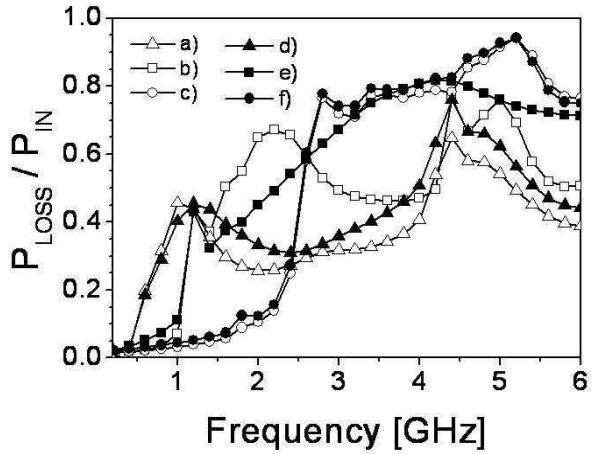
도면69



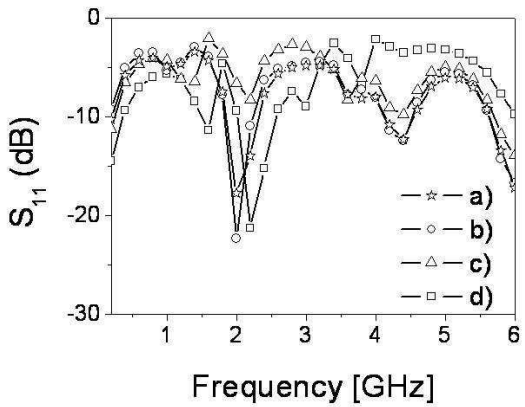
도면70



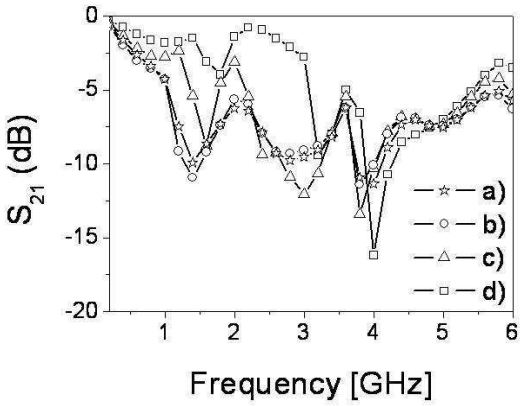
도면71



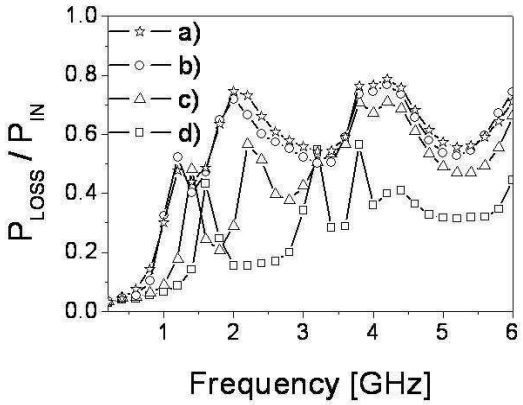
도면72



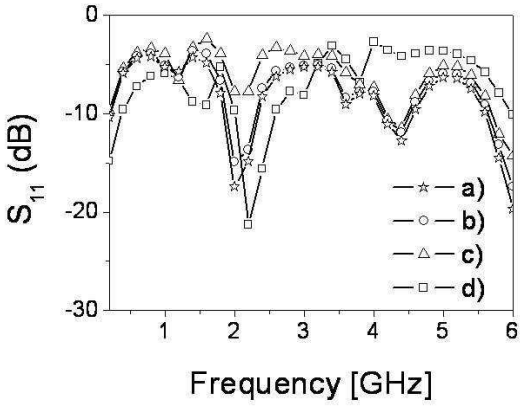
도면73



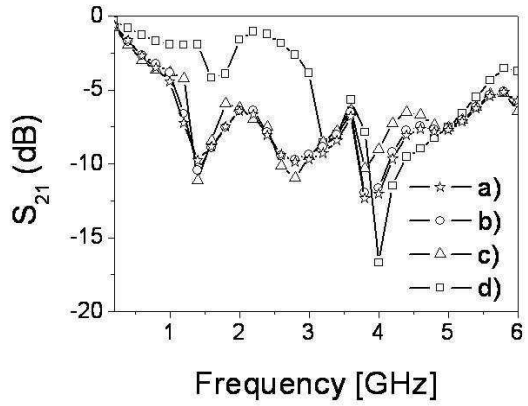
도면74



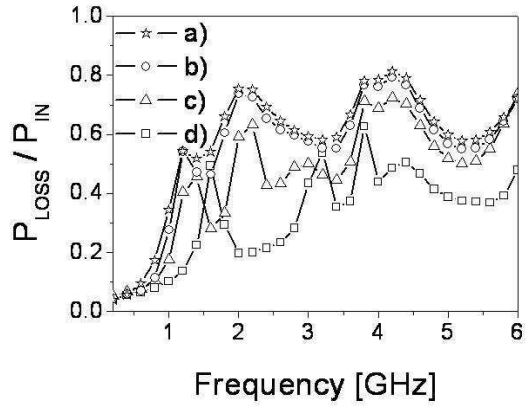
도면75



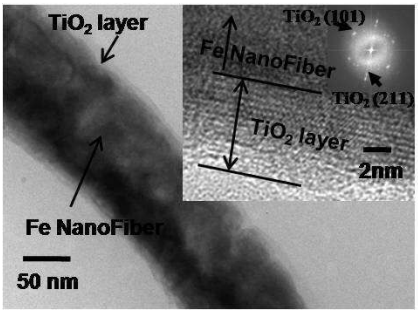
도면76



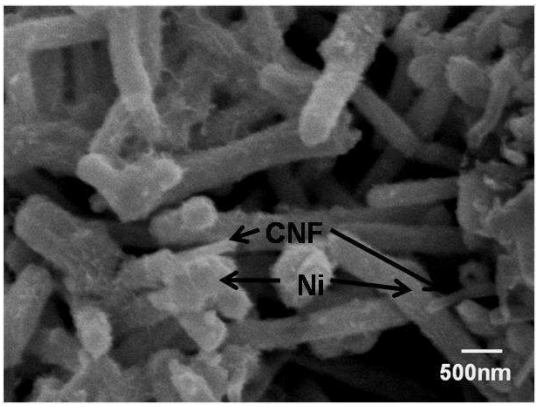
도면77



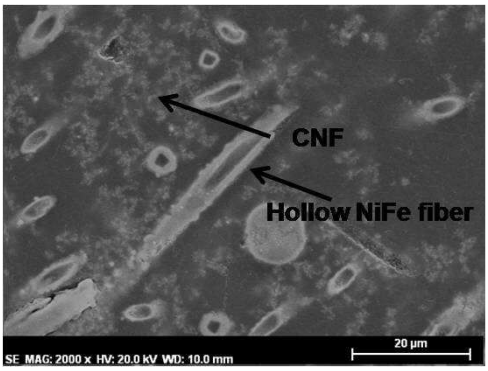
도면78



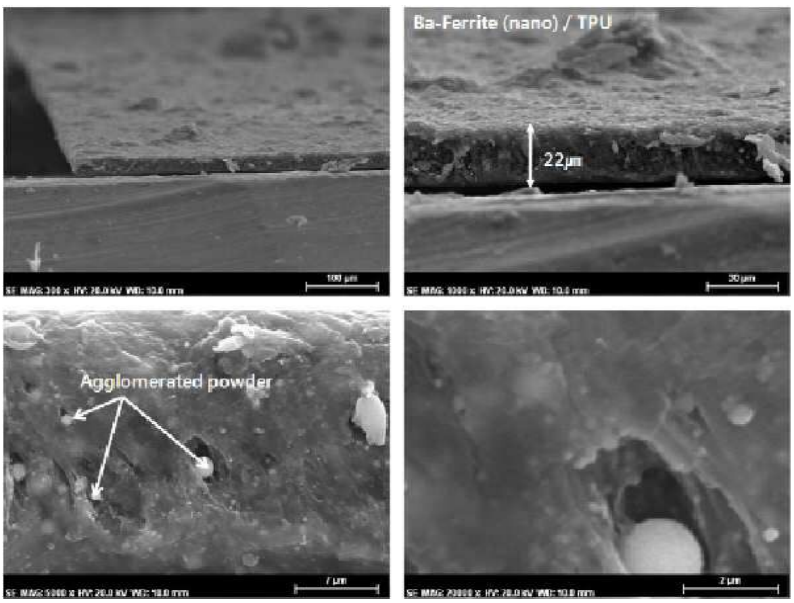
도면79



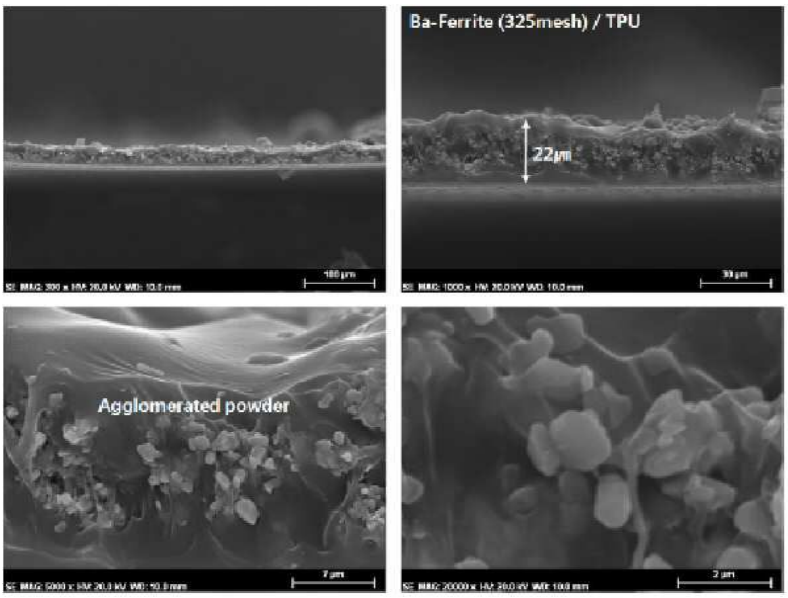
도면80



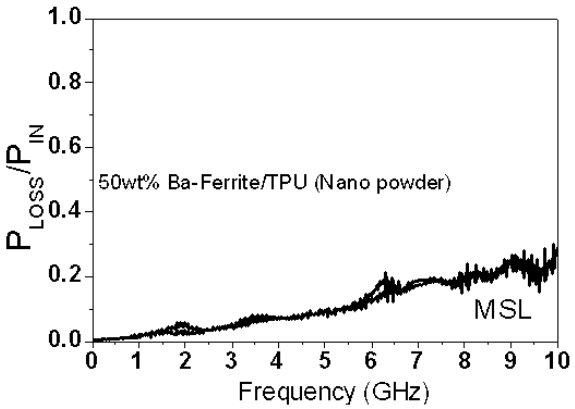
도면81



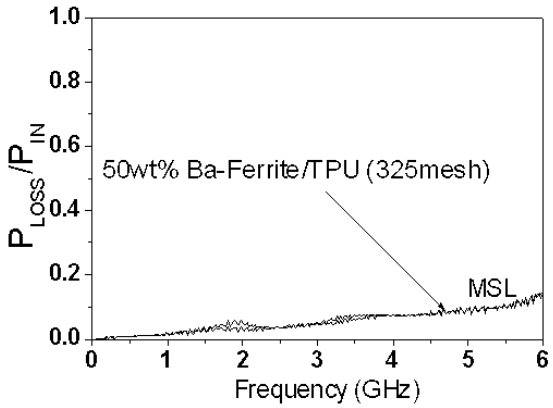
도면82



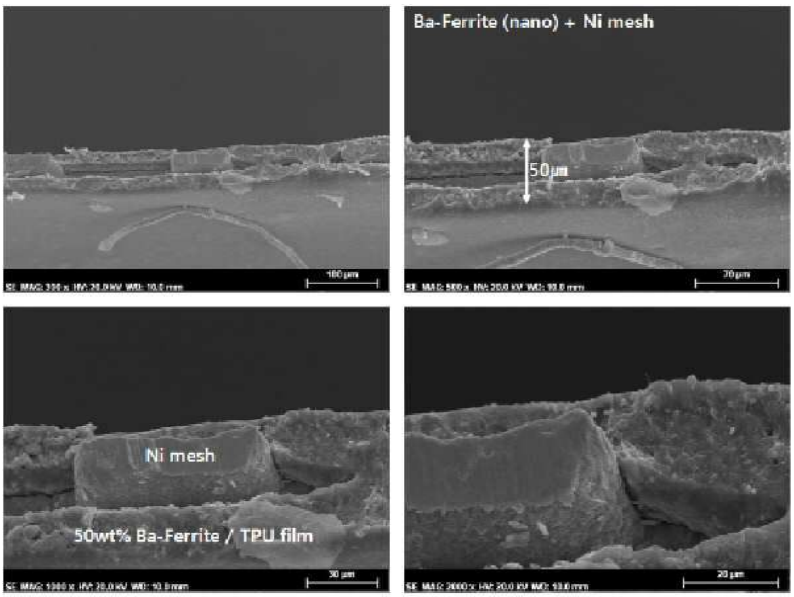
도면83



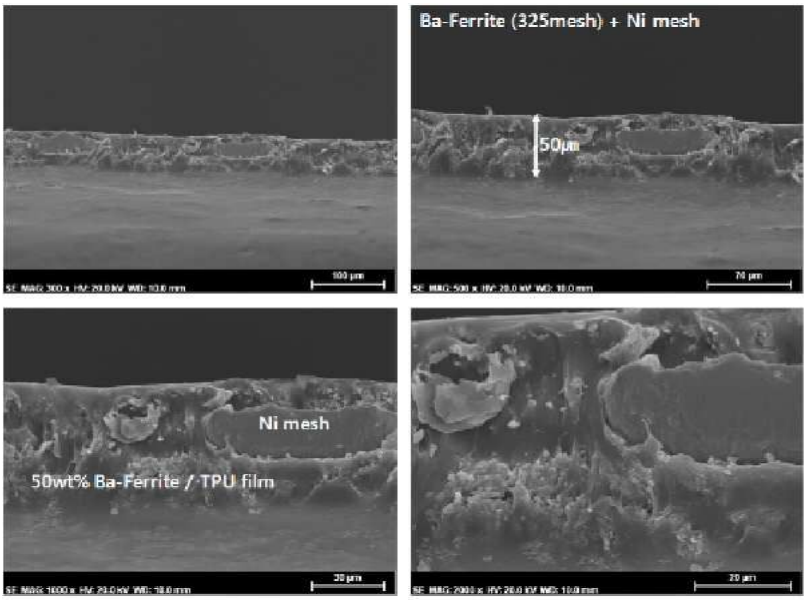
도면84



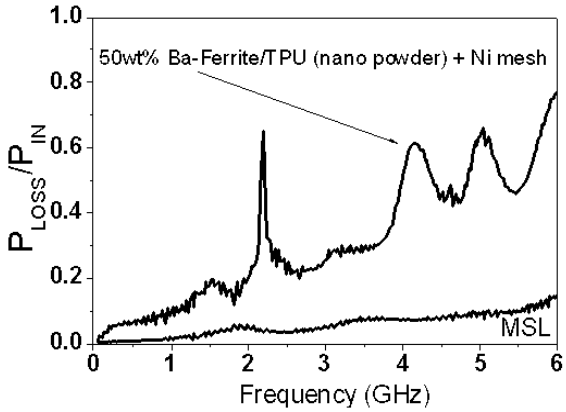
도면85



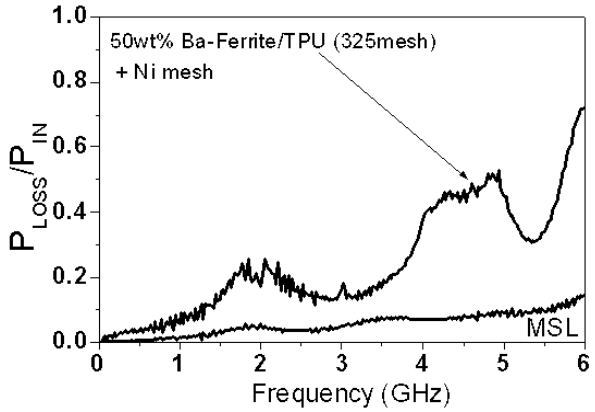
도면86



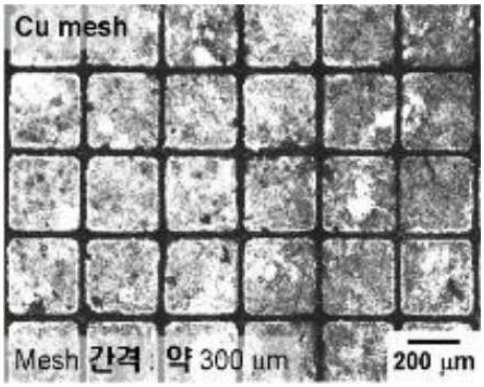
도면87



도면88



도면89



도면90

