



등록특허 10-2094743



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월30일

(11) 등록번호 10-2094743

(24) 등록일자 2020년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01Q 17/00 (2018.01) H05K 9/00 (2018.01)

(52) CPC특허분류

H01Q 17/007 (2013.01)

H05K 9/0088 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0033687

(22) 출원일자 2019년03월25일

심사청구일자 2019년03월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP05206677 A*

JP2008135485 A*

KR1020150042747 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

박규환

서울특별시 강남구 학동로68길 30, 102동 804호(삼성동, 삼성동중앙하이츠빌리지)

한원홍

서울특별시 서초구 방배천로 18길 11, 107동 1102호 (방배동 롯데캐슬아르떼 아파트)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

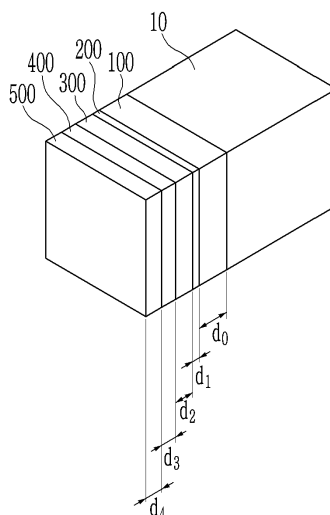
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 전자기와 흡수체

(57) 요약

일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 흡수체층; 상기 흡수체층 위에 적층되어 있는 제1 유전체층; 상기 제1 유전체층 위에 적층되어 있는 제2 유전체층; 및 상기 제2 유전체층 위에 적층되어 있는 제3 유전체층을 포함하고, 상기 흡수체층은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수와 1.3mm~3.0mm의 두께를 가지고, 상기 제1 유전체층은 2.3~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가지며, 상기 제2 유전체층은 1.5~3.0의 유전 상수와 0.5mm~1.2mm인 두께를 가지고, 상기 제3 유전체층은 5.0~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가질 수 있다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

흡수체층;

상기 흡수체층 위에 적층되어 있는 제1 유전체층;

상기 제1 유전체층 위에 적층되어 있는 제2 유전체층; 및

상기 제2 유전체층 위에 적층되어 있는 제3 유전체층을 포함하고,

상기 흡수체층은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수와 1.3mm~3.0mm의 두께를 가지고,

상기 제1 유전체층은 2.3~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가지며,

상기 제2 유전체층은 1.5~3.0의 유전 상수와 0.5mm~1.2mm인 두께를 가지고,

상기 제3 유전체층은 5.0~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가지며,

상기 제1 유전체층, 상기 제2 유전체층 및 상기 제3 유전체층은 임피던스 매칭을 구현하는 전자기와 흡수체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제3 유전체층 위에 적층되어 있는 제4 유전체층을 더 포함하고,

상기 제4 유전체층은 2.0~3.0의 유전 상수와 0.5mm~1.2mm의 두께를 가지는 전자기와 흡수체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제4 유전체층 위에 적층되어 있는 제5 유전체층을 더 포함하고,

상기 제5 유전체층은 3.0~6.0의 유전 상수와 0.5mm~1.5mm의 두께를 가지는 전자기와 흡수체.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 흡수체층, 상기 제1 유전체층, 상기 제2 유전체층, 상기 제3 유전체층, 상기 제4 유전체층 또는 상기 제5 유전체층 중 적어도 하나의 일면에는 돌출부가 형성되어 있는 전자기와 흡수체.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 유전체층은 상부면에 돌출부를 포함하고,

상기 제2 유전체층은 하부면에 오목부를 포함하는 전자기와 흡수체.

청구항 6

제4항에 있어서,
상기 흡수체층은 상부면에 돌출부를 포함하고,
상기 제1 유전체층은 하부면에 오목부를 포함하는 전자기와 흡수체.

청구항 7

제4항에 있어서,
상기 제1 유전체층 및 상기 제3 유전체층은 상부면에 돌출부를 포함하고,
상기 제2 유전체층은 하부면에 오목부를 포함하는 전자기와 흡수체.

청구항 8

제3항에 있어서,
상기 제1 유전체층, 상기 제2 유전체층, 상기 제3 유전체층, 상기 제4 유전체층 또는 상기 제5 유전체층 중 적어도 하나의 양면에 돌출부가 형성되어 있는 전자기와 흡수체.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 제2 유전체층은 상부면 및 하부면에 돌출부를 포함하고,
상기 제1 유전체층은 상부면에 오목부를 포함하며,
상기 제3 유전체층은 하부면에 오목부를 포함하는 전자기와 흡수체.

청구항 10

제3항에 있어서,
상기 흡수체층은 카본 블랙(carbon black), 탄소나노섬유(carbon nano fiber), 탄소나노튜브(carbon nano tube) 및 에폭시 수지(epoxy resin) 중에서 적어도 하나의 물질로 이루어지거나 적어도 하나의 물질이 혼합되어 이루어지는 전자기와 흡수체.

청구항 11

제10항에 있어서,
상기 제1 유전체층은 EVA(ethylene-vinyl acetate copolymer), 부틸 고무, 네오프렌, 고무 시트, EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber), 폴리 아크릴(polyacrylic), PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 중에서 적어도 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어지는 전자기와 흡수체.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2 유전체층 또는 상기 제4 유전체층은 EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber) 및 폴리 아크릴(polyacrylic) 중에서 적어도 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어지는 전자기파 흡수체.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제3 유전체층은 PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 중에서 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어지는 전자기파 흡수체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 전자기파 흡수체에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 스텔스 기능을 구현할 수 있는 전자기파 흡수체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스텔스 기술은 무기체계의 운용 시 발생할 수 있는 광학 신호, 전자기 신호, 적외선 신호, 진동 신호 등을 흡수시켜, 적의 탐지 자산에 포착 또는 노출되지 않도록 하는 기술을 의미한다.

[0003] 고성능 전자 장비를 이용한 레이더 탐지 주파수가 광대역화 되고, 고 주파수 영역까지 확장됨에 따라, 전자기 스텔스 기술의 중요성 및 광대역 스텔스 성능 구현을 위한 기술 개발이 크게 대두되고 있다.

[0004] 이러한 스텔스 기능을 구현하기 위하여, 다양한 전자기파 흡수체가 사용되고 있다. 종래에는 흡수재를 금속 위에 형성하고, 복수의 유전체를 일정 간격으로 배치하여 전자기파 흡수를 최적화 시키는 Salisbury screen 방식이나 Frequency Selective Surface(FFS)와 같은 방식을 사용하였다. 이러한 방식은 복잡한 2차원 구조체를 사용함으로써, 광대역 전자기파를 흡수하기 위한 전자기파 흡수체가 지나치게 두꺼워지거나 제작이 복잡한 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 실시예들은 마이크로파 전자기파를 광대역에 걸쳐 흡수할 수 있는 얇고 간단한 구조의 전자기파 흡수체를 구현하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체는 흡수체층; 상기 흡수체층 위에 적층되어 있는 제1 유전체층; 상기 제1 유전체층 위에 적층되어 있는 제2 유전체층; 및 상기 제2 유전체층 위에 적층되어 있는 제3 유전체층을 포함하고, 상기 흡수체층은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수와 1.3mm~3.0mm의 두께를 가지고, 상기 제1 유전체층은 2.3~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가지며, 상기 제2 유전체층은 1.5~3.0의 유전 상수와 0.5mm~1.2mm인 두께를 가지고, 상기 제3 유전체층은 5.0~9.0의 유전 상수와 0.0mm~1.2mm인 두께를 가질 수 있다.

[0007] 상기 제3 유전체층 위에 적층되어 있는 제4 유전체층을 더 포함하고, 상기 제4 유전체층은 2.0~3.0의 유전 상수와 0.5mm~1.2mm의 두께를 가지는 가질 수 있다.

[0008] 제4 유전체층 위에 적층되어 있는 제5 유전체층을 더 포함하고, 상기 제5 유전체층은 3.0~6.0의 유전 상수와 0.5mm~1.5mm의 두께를 가질 수 있다.

[0009] 상기 흡수체층, 상기 제1 유전체층, 상기 제2 유전체층, 상기 제3 유전체층, 상기 제4 유전체층 또는 상기 제5 유전체층 중 적어도 하나의 일면에는 돌출부가 형성될 수 있다.

- [0010] 상기 제1 유전체층은 상부면에 돌출부를 포함하고, 상기 제2 유전체층은 하부면에 오목부를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 흡수체층은 상부면에 돌출부를 포함하고, 상기 제1 유전체층은 하부면에 오목부를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 제1 유전체층 및 상기 제3 유전체층은 상부면에 돌출부를 포함하고, 상기 제2 유전체층은 하부면에 오목부를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 제1 유전체층, 상기 제2 유전체층, 상기 제3 유전체층, 상기 제4 유전체층 또는 상기 제5 유전체층 중 적어도 하나의 양면에 돌출부가 형성될 수 있다.
- [0014] 상기 제2 유전체층은 상부면 및 하부면에 돌출부를 포함하고, 상기 제1 유전체층은 상부면에 오목부를 포함하며, 상기 제3 유전체층은 하부면에 오목부를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 흡수체층은 카본 블랙(carbon black), 탄소나노섬유(carbon nona fiber), 탄소나노튜브(carbon nano tube) 및 에폭시 수지(epoxy resin) 중에서 적어도 하나의 물질로 이루어지거나 적어도 하나의 물질이 혼합되어 이루어질 수 있다.
- [0016] 상기 제1 유전체층은 EVA(ethylene-vinyl acetate copolymer), 부틸 고무, 네오프렌, 고무 시트, EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber), 폴리 아크릴(polyacrylic), PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 중에서 적어도 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있다.
- [0017] 상기 제2 유전체층 또는 상기 제4 유전체층은 EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber) 및 폴리 아크릴(polyacrylic) 중에서 적어도 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있다.
- [0018] 상기 제3 유전체층은 PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 중에서 적어도 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 실시예들에 따르면, 복수의 유전체층 및 흡수체층을 포함하는 전자기와 흡수체에 의하여, 마이크로파 전자기와 광대역에 걸쳐 흡수할 수 있고, 값싸며 간단하게 제작할 수 있는 전자기와 흡수체를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 단면을 대략적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 사시도이다.
- 도 3은 도 2의 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 주파수에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 사시도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 사시도이다.
- 도 6은 도 2, 도 4 및 도 5의 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 주파수에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.
- 도 7 내지 도 11은 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 사시도이고, 도 12는 도 11의 단면도이다.
- 도 13 및 도 14는 도 10에 따른 전자기와 흡수체의 편광 방향과 각도에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 여러 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0022] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.
- [0023] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다. 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타

내었다. 그리고 도면에서, 설명의 편의를 위해, 일부 층 및 영역의 두께를 과장되게 나타내었다.

- [0024] 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 기준이 되는 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 하는 것은 기준이 되는 부분의 위 또는 아래에 위치하는 것이고, 반드시 중력 반대 방향 쪽으로 "위에" 또는 "상에" 위치하는 것을 의미하는 것은 아니다.
- [0025] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 또한, 명세서 전체에서, "평면상"이라 할 때, 이는 대상 부분을 위에서 보았을 때를 의미하며, "단면상"이라 할 때, 이는 대상 부분을 수직으로 자른 단면을 옆에서 보았을 때를 의미한다.
- [0027] 이하, 본 발명에 따른 전자기파 흡수체에 관하여 설명한다.
- [0028] 먼저, 도 1 내지 도 2를 참고하며, 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체의 구조에 관하여 살펴본다.
- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체의 단면을 대략적으로 도시한 것이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체를 대상 물체에 부착한 구조의 사시도이다.
- [0030] 도 1 및 도 2를 참고하면, 제1 실시예에 따른 전자기파 흡수체는 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)을 포함한다.
- [0031] 흡수체층(100)은 대상 물체(10)와 직접 접촉하는 부분으로, 전자기파를 흡수하는 역할을 한다. 흡수체층은 카본 블랙(carbon black), 탄소나노섬유(carbon nona fiber) 중 적어도 하나의 물질로 이루어지거나, 탄소나노튜브(carbon nano tube) 및 에폭시 수지(epoxy resin) 등을 혼합하여 이루어질 수 있다. 흡수체층(100)은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수(ϵ_0)를 가질 수 있다. 여기서, 허수 부분의 유전 상수는 흡수체층(100)의 온도, 주파수 등의 외부 요인에 의해 달라질 수 있다.
- [0032] 제1 유전체층(200)은 흡수체층(100)의 상면에 배치되어 있고, 전자기파를 반사 및 흡수하는 부분이다. 제1 유전체층(200)은 EVA(ethylene-vinyl acetate copolymer), 부틸 고무, 네오프렌, 고무 시트, EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber), 폴리 아크릴(polyacrylic), PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 중에서 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있으며, 2.3~9.0의 유전 상수(ϵ_1)를 가질 수 있다.
- [0033] 제2 유전체층(300)은 제1 유전체층(200)의 상면에 배치되어 있고, 제1 유전체층(200)과 함께 전자기파를 반사 및 흡수하는 부분이다. 제2 유전체층(300)은 1.5~3.0 유전 상수(ϵ_2)를 포함하는 EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber) 및 폴리 아크릴(polyacrylic) 등에서 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있다.
- [0034] 제3 유전체층(400)은 제2 유전체층(300)의 상면에 배치되어 있고, 제1 유전체층(200) 및 제2 유전체층(300)과 함께 전자기파를 반사, 흡수하는 부분이다. 제3 유전체층(400)은 5.0~9.0의 유전 상수(ϵ_3)를 포함하는 PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 등에서 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어 질 수 있다.
- [0035] 제4 유전체층(500)은 제3 유전체층(400)의 상면에 배치되어 있고, 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)과 함께 전자기파를 반사 및 흡수하는 부분이다. 제4 유전체층(500)은 2.0~3.0의 유전 상수(ϵ_4)를 포함하는 EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber) 및 폴리 아크릴(polyacrylic) 등에서 어느 하나 또는 적어도 하나의 물질이 혼합된 물질로 이루어질 수 있다.
- [0036] 여기서, 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체의 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)의 유전 상수는 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체에서 만능 임피던스 매칭을 구현하기 위한, 최적의 유전 상수를 산출한 값이다. 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)의 유전 상수는 10Gz 대역에서 측정된 값일 수 있다.
- [0037] 또한, 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체는 최적의 유전 상수를 포함하고, 최적의 두께를 조절함으로써, 전자기

파가 입사되었을 때 만능 임피던스 매칭을 구현할 수 있다.

- [0038] 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 입자 군집 최적화(particle swarm optimization) 방법을 이용하여, 각 유전체층의 최적의 두께를 산출할 수 있다. 여기서, 유전체층의 최적 두께는 입자 군집 최적화뿐만 아니라 다양한 최적화(optimization) 알고리즘을 이용하여 산출될 수 있다.
- [0039] 이하는, 입자 군집 최적화 방법을 통해 산출한, 전자기와 흡수체가 최소 반사율을 구현할 수 있는, 각 유전체층의 최적의 두께이다.
- [0040] 먼저, 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수(ϵ_0)를 가지는 흡수체층(100)은 0.3mm~3.0mm의 두께(d_0)로 형성될 수 있다.
- [0041] 2.3~9.0의 유전 상수(ϵ_1)를 가지는 제1 유전체층(200)은 0.0mm~1.2mm인 두께(d_1)로 형성될 수 있다.
- [0042] 1.5~3.0의 유전 상수(ϵ_2)를 가지는 제2 유전체층(300)은 0.5mm~1.2mm인 두께(d_2)로 형성될 수 있다.
- [0043] 5.0~9.0의 유전 상수(ϵ_3)를 가지는 제3 유전체층(400)은 0.0mm~1.2mm인 두께(d_3)로 형성될 수 있다.
- [0044] 2.0~3.0의 유전 상수(ϵ_4)를 가지는 제4 유전체층(500)은 0.5mm~1.2mm의 두께(d_4)로 형성될 수 있다.
- [0045] 이에 따라, 흡수체층(100)을 제외한 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)을 포함하는 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 약 4.8mm의 두께로 형성될 수 있다. 또한, 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 최소 2.3 mm의 두께로 구현될 수 있으므로, 복수의 유전체층을 포함함에도 불구하고, 얇은 두께의 전자기와 흡수체를 구현할 수 있다.
- [0046] 도 2에 도시된 전자기와 흡수체는 유전체층들의 적층 구조를 설명하기 위하여, 육면체로 구현된 사시도로 도시하였으나, 전자기와 흡수체는 원뿔형, 다면체, 곡면부를 포함하는 입체 도형 등 부착되는 대상 물체의 형상에 따라서 다양하게 구현될 수 있다. 또한, 전자기와 흡수체는 부틸 고무, 네오프렌, 고무 시트, EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber), 폴리 아크릴(polyacrylic), PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 등의 고무를 포함한 유연한 물질로 이루어질 수 있으므로, 항공기 또는 함정 등의 모서리에 쉽게 적용될 수 있으므로, 활용할 수 있는 범위가 넓다.
- [0047] 외부로부터 입사되는 전자기와는 제4 유전체층(500)의 상면부터 제3 유전체층(400), 제2 유전체층(300), 제1 유전체층(200) 및 흡수체층(100)으로 순차적으로 전달될 수 있다. 여기서는 제4 유전체층(500)이 전자기와 흡수체의 가장 외측에 위치하는 경우를 가정한 것으로, 적층되는 유전체층의 순서에 따라 전자기와가 전달되는 순서는 달라질 수 있다.
- [0048] 이하, 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체에 따른 전자기와 흡수, 반사 효과를 살펴본다.
- [0049] 도 3은 도 2의 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 주파수에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.
- [0050] 도 3은 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체가 X-대역(8.2~12.4 GHz)과 Ku-대역(12~18 GHz)의 전자기와 영역에서 배치될 때, 반사율을 측정한 것이다. 실선(제I-I 실시예)은 X-대역에서 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)을 포함하는 전자기와 흡수체가 약 4.7mm 두께로 구현된 경우, 반사율을 측정한 결과를 도시한 것이고, 점선(제I-II 실시예)은 X-대역 및 Ku-대역에서 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400) 및 제4 유전체층(500)을 포함하는 전자기와 흡수체가 약 4.3mm 두께로 구현된 경우, 반사율을 측정한 결과를 도시한 것이다.
- [0051] 제I-I 실시예일 때, 전자기와 흡수체는 X-대역(8.2~12.4 GHz)에서 약 1% 미만의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 외부에서 입사되는 전자기와에 대하여, 제I-I 실시예의 전자기와 흡수체는 약 99 % 이상의 전자기와를 흡수할 수 있으므로, 스텔스 기능을 효율적으로 구현할 수 있다.
- [0052] 제I-II 실시예일 때, 전자기와 흡수체는 X-대역(8.2~12.4 GHz) 및 Ku-대역(12~18 GHz)에서 약 3 % 미만의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 외부에서 입사되는 전자기와에 대하여, 제2 실시형태의 전자기와 흡수체는 약 97 % 이상의 전자기와를 흡수할 수 있으므로, 스텔스 기능을 효율적으로 구현할 수 있다.
- [0053] 이상에서는 4개의 유전체층 및 하나의 흡수체층을 포함하는 전자기와 흡수체에 관하여 살펴보았으나, 흡수체층 위에 배치되는 유전체층의 개수는 다양하게 변형될 수 있다. 이하, 도 4 및 도 5를 참고하여 유전체층의 개수가

3개 및 5개로 구현된 전자기와 흡수체에 관하여 살펴본다.

- [0054] 도 4는 3개의 유전체층을 포함하는 전자기와 흡수체의 사시도이고, 도 5는 5개의 유전체층을 포함하는 전자기와 흡수체의 사시도이다.
- [0055] 도 4를 참고하면, 제2 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 대상 물체(10) 위에 배치되어 있는 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)을 포함한다.
- [0056] 그리고, 도 5를 참고하면, 제3 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 대상 물체(10) 위에 배치되어 있는 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400), 제4 유전체층(500) 및 제5 유전체층(600)을 포함한다. 여기서, 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400), 제4 유전체층(500) 및 제5 유전체층(600)은 흡수체층(100)을 기준으로 적층된 순서에 따라 정의한 것이므로, 적층 순서에 따라 순서는 다르게 정의될 수 있다.
- [0057] 도 4의 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 도 1 및 도 2에 도시된 전자기와 흡수체에서 제4 유전체층(500)을 포함하지 않는 구조이고, 도 5의 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 도 1 및 도 2에 도시된 전자기와 흡수체에서 제5 유전체층(600)을 더 포함하는 구조이다.
- [0058] 먼저, 도 4를 참고하면, 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)을 포함한다. 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)의 적층 순서는 도 2에 도시된 것과 동일하므로, 도 4의 전자기와 흡수체를 이루는 각 층의 유전 상수 및 두께를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.
- [0059] 흡수체층(100)은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수(ϵ_0)를 가지고, 1.4mm~2.8mm의 두께(d_0)로 형성될 수 있다. 제1 유전체층(200)은 6.0~10.0의 유전 상수(ϵ_1)를 가지고, 0.2mm~2.0mm인 두께(d_1)로 형성될 수 있다. 제2 유전체층(300)은 3.0~6.0의 유전 상수(ϵ_2)를 가지고, 0.2mm~1.8mm인 두께(d_2)로 형성될 수 있다. 제3 유전체층(400)은 1.0~4.0의 유전 상수(ϵ_3)를 가지고, 0.6mm~2.2mm인 두께(d_3)로 형성될 수 있다. 여기서, 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)의 유전 상수 및 두께는 X-대역(8.2~12.4 GHz)에서 최적의 스텔스 기능을 구현할 수 있는 값을 예시한 것이다. 하지만, 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)은 X-대역(8.2~12.4 GHz) 및 Ku-대역(12~18 GHz)에서 최적의 성능을 나타내기 위하여, 상기 서술한 유전 상수 및 두께와 값이 달라질 수 있다.
- [0060] 이하, 상세히 살펴보면, 제1 유전체층(200)은 7.0~10.0의 유전 상수(ϵ_1)를 가지고, 0.9mm~2.0mm인 두께(d_1)로 형성될 수 있다. 제2 유전체층(300)은 1.5~3.5의 유전 상수(ϵ_2)를 가지고, 0.2mm~1.2mm인 두께(d_2)로 형성될 수 있다. 제3 유전체층(400)은 1.5~3.5의 유전 상수(ϵ_3)를 가지고, 2.6mm~3.6mm인 두께(d_3)로 형성될 수 있다. 각 유전체층의 유전 상수 및 두께는 위에서 서술된 값으로만 한정되는 것은 아니고, 외부 요인에 따라 적절한 값으로 구현될 수 있다.
- [0061] 도 5를 참고하면, 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 도 2에 도시된 전자기와 흡수체보다 제5 유전체층(600)을 더 포함한다. 일 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 각 유전체층의 유전 상수 및 두께를 조절하여 X-대역(8.2~12.4 GHz)에서 최소 반사율을 구현할 수 있는바, 이하 최적의 스텔스 기능을 위해 구현된 각 유전체층의 유전 상수 및 두께를 살펴본다.
- [0062] 먼저, 흡수체층(100)은 실수 부분이 12.0~30.0, 허수 부분이 11.0~25.0인 유전 상수(ϵ_0)를 가지고, 1.4mm~2.4mm의 두께(d_0)로 구현될 수 있다. 제1 유전체층(200)은 6.8~9.3의 유전 상수(ϵ_1)를 가지고, 0.2mm~0.7mm인 두께(d_1)로 구현될 수 있다. 제2 유전체층(300)은 3.0~6.0의 유전 상수(ϵ_2)를 가지고, 0.5mm~1.5mm인 두께(d_2)로 구현될 수 있다. 제3 유전체층(400)은 1.0~2.3의 유전 상수(ϵ_3)를 가지고, 0.2mm~0.7mm인 두께(d_3)로 형성될 수 있다. 제4 유전체층(500)은 2.0~3.6의 유전 상수(ϵ_4)를 가지고, 0.2mm~0.7mm의 두께(d_4)로 형성될 수 있다. 제5 유전체층(600)은 3.0~6.0의 유전 상수(ϵ_5)를 가지고, 0.5mm~1.5mm의 두께(d_5)로 형성될 수 있다.
- [0063] 이상에서 도 4 및 도 5에 도시된 전자기와 흡수체는 유전체층들의 적층 구조를 설명하기 위하여, 육면체로 구현된 사시도로 도시하였으나, 전자기와 흡수체는 부착되는 대상 물체의 표면에 적층되는 것으로 대상 물체의 표면

형상에 따라 다양하게 구현될 수 있다. 또한, 전자기파 흡수체는 부틸 고무, 네오프렌, 고무 시트, EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer), NBR(acrylonitrile-butadiene rubber), 폴리 아크릴(polyacrylic), PVC 니트릴(nitrile) 및 SBR(Styrene Butadiene Rubber) 등의 고무를 포함한 유연한 물질로 이루어질 수 있으므로, 항공기 또는 함정 등의 모서리에 쉽게 적용될 수 있으므로, 활용할 수 있는 범위가 넓다.

- [0064] 이하에서는, 3개의 유전체층을 포함하는 전자기파 흡수체(제1 실시예), 4개의 유전체층을 포함하는 전자기파 흡수체(제2 실시예) 및 5개의 유전체층을 포함하는 전자기파 흡수체(제3 실시예)에 대한, 흡수, 반사 효과를 살펴본다.
- [0065] 도 6은 도 2, 도 4 및 도 5의 제1, 제2, 제3 실시예에 따른 전자기파 흡수체의 주파수에 따른 반사율을 나타낸 그래프이다.
- [0066] 도 6은 제1 실시예, 제2 실시예 및 제3 실시예에 따른 전자기파 흡수체가 X-대역(8.2~12.4 GHz)에서 배치될 때, 반사율을 측정된 것이다.
- [0067] 먼저, 제1 실시예, 제2 실시예 및 제3 실시예의 전자기파 흡수체는 모두 약 1% 미만의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 구체적으로, 최대 반사율을 나타내는 지점에 따라, 제1 실시예, 제2 실시예 및 제3 실시예의 성능을 살펴보면, 제1 실시예는 최대 약 0.5 %의 반사율을 나타내고, 제2 실시예는 최대 약 0.5 %의 반사율을 나타내며, 제3 실시예는 최대 약 0.45 %의 반사율을 나타낸다. 따라서, 제3 실시예에 따른 전자기파 흡수체가 전자기파 흡수 효과가 가장 뛰어난 것을 확인할 수 있다. 또한, 제1 실시예 및 제2 실시예에 따른 전자기파 흡수체를 비교하면, 제2 실시예보다 두께가 두껍지만 동일한 반사율을 나타내는 제1 실시예에 따른 전자기파 흡수체가 전자기파 흡수 효과가 뛰어난 것을 유추할 수 있다.
- [0068] 이상에서는 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체에서 흡수체층 및 복수의 유전체층의 표면이 모두 동일 평면상에서 나란하게 적층되는 구조를 살펴보았다. 하지만, 전자기파 흡수체층은 흡수체층 또는 유전체층의 표면이 돌출부 또는 오목부를 포함함으로써, 반사율을 효율적으로 조절할 수 있으므로, 이하 도 7 내지 도 12를 참고하여, 돌출부 또는 오목부를 포함하는 전자기파 흡수체에 관하여 살펴본다.
- [0069] 도 7 내지 도 11은 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체의 사시도이고, 도 12는 도 11의 단면도이다.
- [0070] 도 7 내지 도 12를 참고하면, 일 실시예에 따른 전자기파 흡수체는 흡수체층(100) 위에 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)이 차례로 적층된 구조를 포함한다. 여기서, 흡수체층(100), 제1 유전체층(200), 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)은 도 1 및 도 2에서 설명된 유전 상수와 동일한 유전 상수를 포함할 수 있으므로, 이하에서는 형상의 차이점에 관하여 설명한다.
- [0071] 도 7을 참고하면, 제1 유전체층(200)은 상부면에 돌출부(P)를 포함한다. 여기서, 돌출부(P)는 상부면을 기준으로 윗 부분이 절단된 원뿔 형상으로, 돌출부(P)는 제1 유전체층(200)의 상부면으로부터 위쪽으로 갈수록 가늘어지는 모양으로 형성되어 있다. 제2 유전체층(300)은 제1 유전체층(200) 위에 배치되어 있으며, 하부면에 오목부를 포함한다. 제2 유전체층(300)의 오목부는 제1 유전체층(200)의 돌출부(P)에 대응하도록 아랫 부분이 절단된 원뿔 형상으로 형성되어 있다. 제1 유전체층(200)의 하부면은 편평하게 형성된다. 이에 따라, 제1 유전체층(200)의 하부에 위치하는 흡수체층(100)의 상부면은 편평하다. 또한, 제2 유전체층(300)의 상부면도 편평하게 형성되므로, 제2 유전체층(300)의 상부에 위치하는 제3 유전체층(400)의 표면은 편평하게 형성된다. 여기서, 흡수체층(100) 및 제3 유전체층(400)의 두께와 유전 상수는 도 1 및 도 2에서 설명된 두께 및 유전 상수와 동일할 수 있다. 하지만, 제1 유전체층(200)의 돌출부(P)로 인해 전자기파 흡수체의 전체적인 두께는 약 5.53mm로 형성될 수 있다. 또한, 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)은 평면상 0.5mm~30mm의 너비로 형성될 수 있고, 돌출부(P)는 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)의 단면으로부터 수직방향으로 0.1mm~10mm의 높이로 형성될 수 있다.
- [0072] 도 8을 참고하면, 흡수체층(100)은 상부면에 돌출부(P)를 포함한다. 여기서, 돌출부(P)는 상부면을 기준으로 윗 부분이 절단된 원뿔 형상으로, 돌출부(P)는 흡수체층(100)의 상부면으로부터 위쪽으로 갈수록 가늘어지는 모양으로 형성되어 있다. 제1 유전체층(200)은 흡수체층(100) 위에 배치되어 있으며, 하부면에 오목부를 포함한다. 제1 유전체층(200)의 오목부는 흡수체층(100)의 돌출부(P)에 대응하도록 아랫 부분이 절단된 원뿔 형상으로 형성된다. 제1 유전체층(200)의 상부면은 편평하게 형성된다. 제1 유전체층(200) 위에 위치하는 제2 유전체층(300), 제3 유전체층(400)의 상부면도 모두 편평하게 형성된다. 여기서, 제2 유전체층(300) 및 제3 유전체층(400)의 두께는 도 1 및 도 2에서 설명된 두께와 동일하다. 하지만, 흡수체층(100)의 돌출부(P)에 의해 전자기파 흡수체의 전체적인 두께는 약 4.81mm로 형성될 수 있다. 또한, 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300,

400)은 단면상 0.5mm~30mm의 너비로 형성될 수 있고, 돌출부(P)는 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)의 단면으로부터 수직방향으로 0.1mm~10mm의 높이로 형성될 수 있다.

[0073] 도 9을 참고하면, 제1 유전체층(200) 및 제3 유전체층(400)은 상부면에 돌출부(P)를 포함한다. 여기서, 돌출부(P)는 상부면을 기준으로 윗 부분이 절단된 원뿔 형상으로, 돌출부(P)는 제1 유전체층(200) 및 제3 유전체층(400)의 상부면으로부터 위쪽으로 갈수록 가늘어지는 모양으로 형성되어 있다. 제2 유전체층(300)은 제1 유전체층(200) 및 제3 유전체층(400) 사이에 배치되어 있으며, 하부에 오목부를 포함한다. 제2 유전체층(300)의 오목부는 제1 유전체층(200)의 돌출부(P)에 대응하도록 아랫 부분이 절단된 원뿔 형상으로 형성되어 있다. 제2 유전체층(300)의 상부면은 편평하게 형성된다. 이에 따라, 제3 유전체층(400)의 하부면도 편평하게 형성된다. 여기서, 흡수체층(100)의 두께와 유전 상수는 도 1 및 도 2에서 설명된 두께 및 유전 상수와 동일할 수 있다. 하지만, 제1 유전체층(200) 및 제3 유전체층(400)의 돌출부(P)로 인해 전자기와 흡수체의 전체적인 두께는 약 5.35mm로 형성될 수 있다. 또한, 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)은 단면상 0.5mm~30mm의 너비로 형성될 수 있고, 돌출부(P)는 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)의 단면으로부터 수직방향으로 0.1mm~10mm의 높이로 형성될 수 있다.

[0074] 도 10을 참고하면, 제2 유전체층(300)은 상부면 및 하부면에 돌출부(P)를 포함한다. 제2 유전체층(300)은 제1 유전체층(200) 및 제3 유전체층(400) 사이에 위치되어 있다. 이에 따라, 제2 유전체층(300)의 하부면에 대응하는 제1 유전체층(200)의 상부면은 오목부를 포함한다. 또한, 제2 유전체층(300)의 상부면에 대응하는 제3 유전체층(400)의 하부면은 오목부를 포함한다. 반면, 제3 유전체층(400)의 상부면은 편평하게 형성되며, 제1 유전체층(200)의 하부면도 편평하게 형성된다. 여기서, 흡수체층(100)의 두께와 유전 상수는 도 1 및 도 2에서 설명된 두께 및 유전 상수와 동일할 수 있다. 하지만, 제2 유전체층(300)의 돌출부(P)로 인해 전자기와 흡수체의 전체적인 두께는 약 6.63mm로 형성될 수 있다. 또한, 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)은 단면상 0.5mm~30mm의 너비로 형성될 수 있고, 돌출부(P)는 흡수체층(100) 또는 각 유전체층(200, 300, 400)의 단면으로부터 수직방향으로 0.1mm~10mm의 높이로 형성될 수 있다.

[0075] 도 11 및 도 12를 참고하면, 흡수체층(100) 및 유전체층(200, 300, 400)의 상부면은 돌출부(P)를 포함한다. 여기서, 돌출부(P)는 피라미드 형상, 즉 사각뿔 모양으로 형성되어 있다. 돌출부(P)는 흡수체층(100)의 상부면에 형성되어 있고, 흡수체층(100)의 전면에 걸쳐 사방으로 동일한 사각뿔 모양의 돌출부(P)가 반복되도록 배치될 수 있다. 제1 유전체층(200)의 하부면에는 흡수체층(100) 상부면의 돌출부(P)에 대응하여 피라미드 형상의 오목부가 형성되어 있다. 각 유전체층(200, 300, 400)의 상부면에 돌출부(P)가 형성될 때, 각 유전체층(200, 300, 400)의 하부면에는 돌출부(P)와 대응하도록 피라미드 형상의 오목부가 형성될 수 있다.

[0076] 상기 서술한, 다른 실시예에 따른 전자기와 흡수체에 형성되는 돌출부는 절단된 원뿔 형상과 피라미드 형상 이외에도, 원뿔 형상, 바둑알 형상 등 다양한 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 이러한 돌출부를 형성하는 층도 다양하게 변경될 수 있다. 예를 들어, 흡수체층(100)과 유전체층(200, 300, 400)들 중 어느 하나에만 돌출부를 형성할 수도 있고, 이들 층 중 복수 개의 층에 돌출부를 형성할 수도 있으며, 모든 층에 돌출부를 형성할 수도 있다. 복수 개 또는 모든 층에 돌출부를 형성하는 경우에는 그 형상을 층별로 달리할 수도 있다. 돌출부에 대응하는 오목부도 다양한 돌출부 형상에 대응하여 다양한 형상으로 형성될 수 있다.

[0077] 이하에서는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 전자기와 흡수체에 따른 흡수, 반사 효과를 살펴본다. 도 13 및 도 14는 도 10에 따른 전자기와 흡수체의 편광 방향과 각도에 따른 반사율을 나타낸 그래프이고, 본 실시예에 따른 전자기와 흡수체의 X-대역(8.2~12.4 GHz)에 대한 반사율을 측정한 것이다.

[0078] 도 13을 참고하면, 본 발명의 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 제1 편광이 입사될 때, 50° 이하의 입사각에서 5 % 이하의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 제1 편광의 입사각이 충분히 작은 경우에는 전자기와 흡수체의 반사율이 1% 이하를 나타낼 수 있다.

[0079] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 전자기와 흡수체에 제2 편광이 입사될 때에 측정된 그래프이다. 본 발명의 실시예에 따른 전자기와 흡수체는 제2 편광에 대하여도 50° 이하의 각도에서 5 % 이하의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 제2 편광도 입사각이 충분히 작은 경우에는 전자기와 흡수체의 반사율이 1% 이하를 나타낼 수 있다. 여기서, 제1 편광과 제2 편광은 서로 직교하는 편광을 의미한다.

[0080] 즉, 본 발명의 전자기와 흡수체는 편광에 관계없이 X-대역(8.2~12.4 GHz)의 광에 대하여 입사각 50° 이하의 범위에서 5% 이하의 반사율을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0081] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고

다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

- [0082]
- 100: 흡수체층

200: 제1 유전체층

300: 제2 유전체층

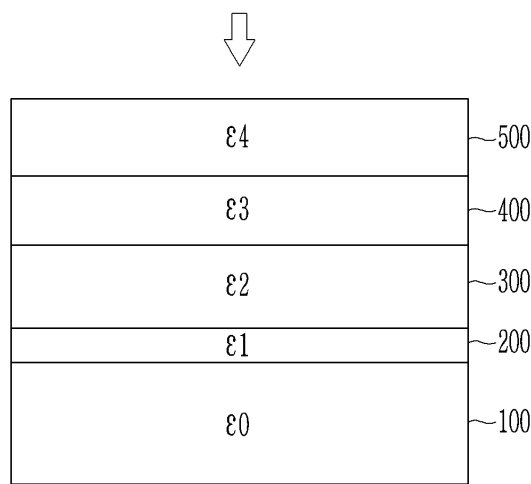
400: 제3 유전체층

500: 제4 유전체층

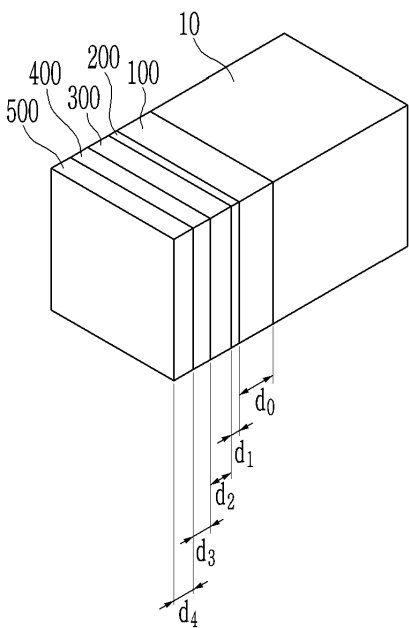
600: 제5 유전체층

도면

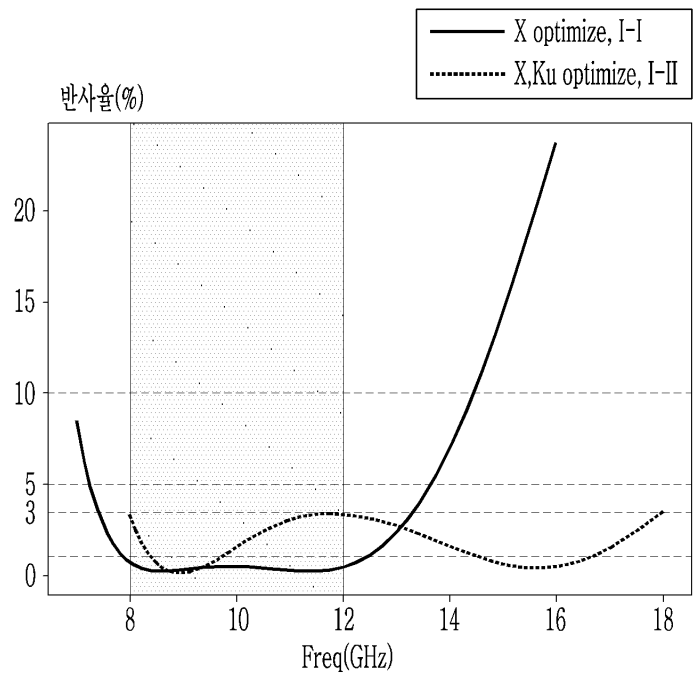
도면1



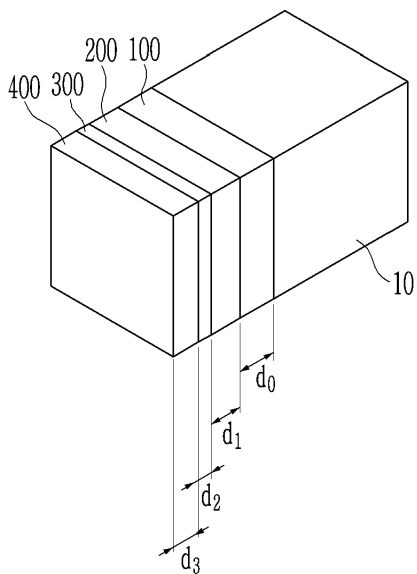
도면2



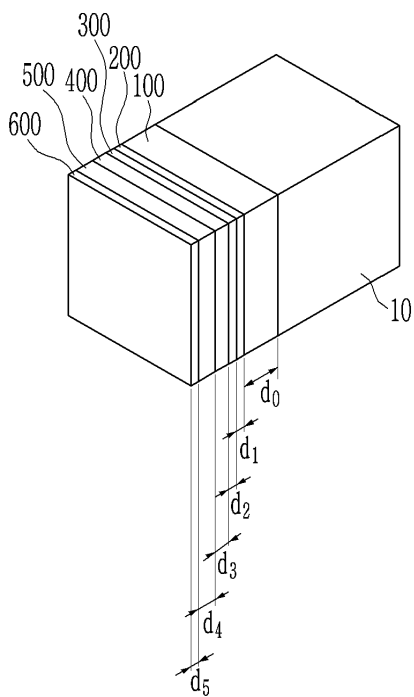
도면3



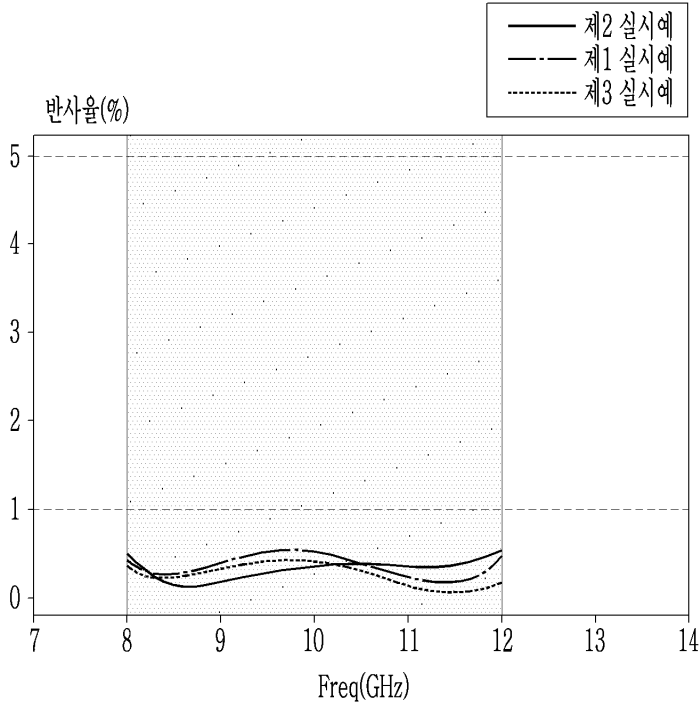
도면4



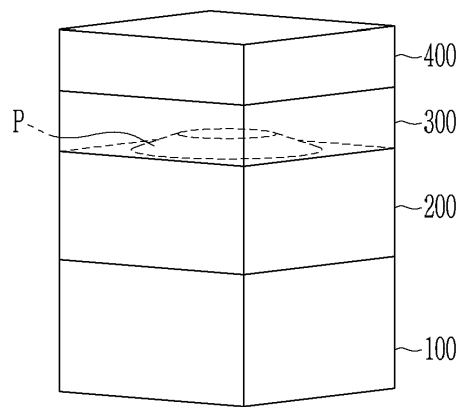
도면5



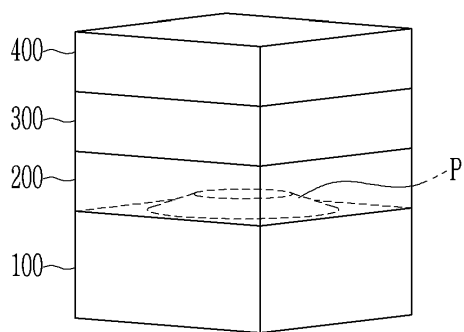
도면6



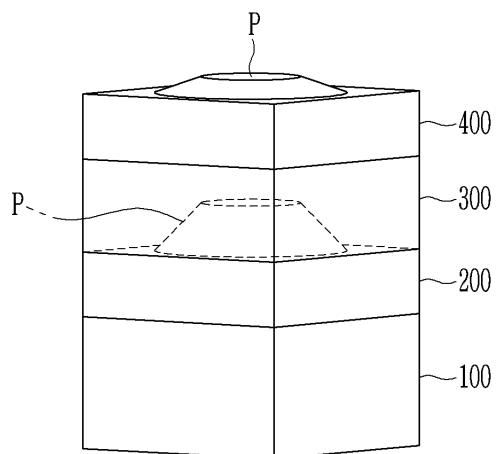
도면7



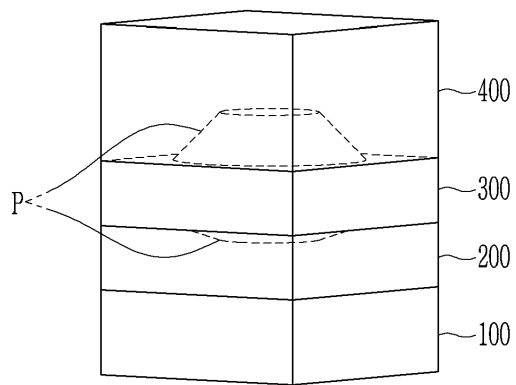
도면8



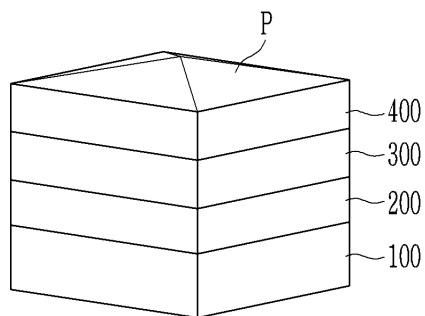
도면9



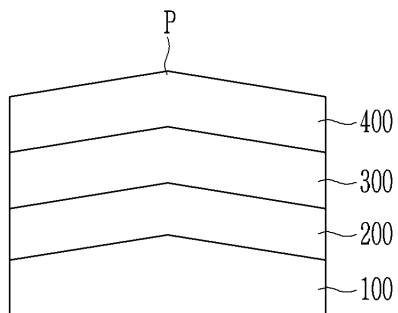
도면10



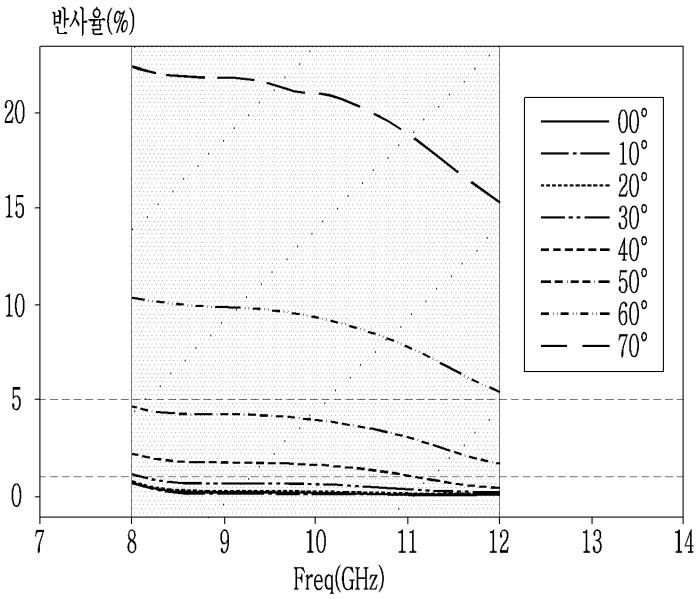
도면11



도면12



도면13



도면14

