(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2024 년 6 월 20 일 (20.06.2024)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2024/128785 A1

(51) 국제특허분류:
H01Q 17/00 (2006.01) *H01Q 1/38* (2006.01)
H01Q 15/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2023/020500

(22) 국제출원일: 2023 년 12 월 13 일 (13.12.2023)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2022-0173485 2022 년 12 월 13 일 (13.12.2022) KR

(71) 출원인: 주식회사 알파에이디티 (**ALPHA ADT CO., LTD.**) [KR/KR]; 18469 경기도 화성시 동탄첨단산업1로 51-9, 1202호, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 이영백 (**LEE, Young Pak**); 04392 서울특별시 용산구 장문로 27, 5동 505호, Seoul (KR). 정해옥 (**ZHENG, Haiyu**); 24319 강원특별자치도 춘천시 우석로101번길 20, 104동 1204호, Gangwon-do (KR).

(74) 대리인: 김연권 (**KIM, Youn Gwon**); 05854 서울특별시 송파구 송파대로 201 B동 1416호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

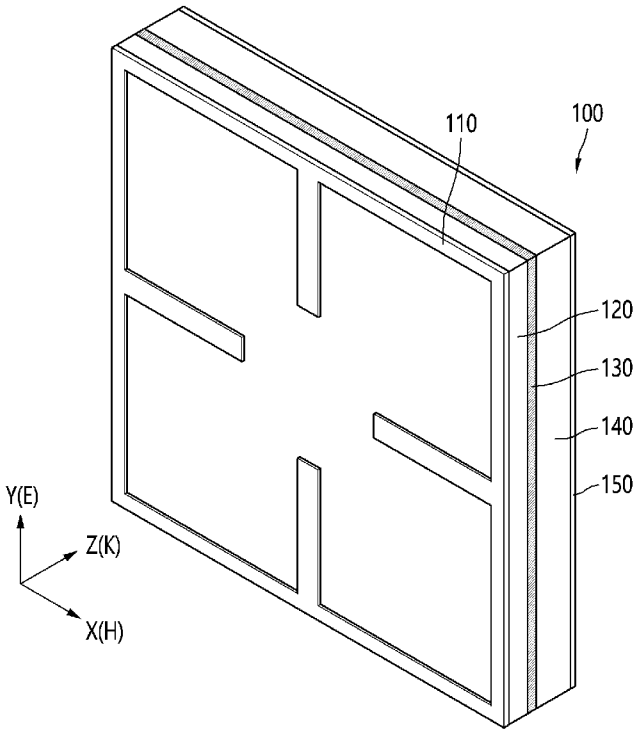
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: UNIT CELL OF FLEXIBLE AND THIN METAMATERIAL ABSORBER FOR 28 GHZ AND 77 GHZ, HAVING OPERATING BANDWIDTH, AND METAMATERIAL ABSORBER INCLUDING SAME

(54) 발명의 명칭: 동작 대역폭을 가지고, 유연하고 얇은 28 GHZ 및 77 GHZ 용 메타물질 흡수체의 단위셀 및 이를 포함하는 메타물질 흡수체



(57) Abstract: The present invention relates to a unit cell of a metamaterial absorber. The unit cell of the metamaterial absorber according to one embodiment may include: a first metal layer including a conductor pattern consisting of a square ring part, and first to fourth protrusions which are perpendicular to the four sides of the square ring part, respectively, and extend inward from the center points of the four sides of the square ring part; a resistor layer disposed on the lower surface of the first metal layer; and a second metal layer disposed on the lower surface of the resistor layer, wherein the resistor layer may have a thickness of 0.05 mm to 0.15 mm and a sheet resistance of 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ to 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$ and increase the operating bandwidth at an operating frequency.

(57) 요약서: 본 발명은 메타물질 흡수체의 단위셀에 관한 것으로, 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀은 사각링부와 사각링부의 4 개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4 개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함하는 제1 금속층과, 제1 금속층 하면에 배치되는 저항체층 및 저항체층의 하면에 배치되는 제2 금속층을 포함하고, 여기서 저항체층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm 이고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$이며, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시킬 수 있다.

WO 2024/128785 A1

명세서

발명의 명칭: 동작 대역폭을 가지고, 유연하고 얇은 28 GHZ 및 77 GHZ용 메타물질 흡수체의 단위셀 및 이를 포함하는 메타물질 흡수체

기술분야

[1] 본 발명은 메타물질 흡수체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 유연하고 얇은 특성을 가지고, 28 GHz 및 77 GHz에서 동작 대역폭을 가지는 메타물질 흡수체의 단위셀 및 이를 포함하는 메타물질 흡수체에 관한 것이다.

배경기술

[2] 기존의 전자기파 흡수체는 표면에 입사되는 전자기파를 흡수하여 열로 소모함으로써 반사되거나 투과되는 전자기파를 크게 감소시키는 장치로, 전자기파 차단 등의 용도로 사용되고 있다. 일반적으로 전자기파 흡수체는 페라이트 물질과 같은 혼합 물질을 기반으로 하였으나, 이러한 전자기파 흡수체는 부피가 크고, 무거우며, 비싸다는 단점이 있다. 따라서, 최근에는 메타물질을 이용한 전자기파 흡수체가 제안되었다.

[3] 메타물질은 자연에서 발견되지 않는 특성을 가지도록 전기적 요소와 자기적 요소를 모두 포함하여 인공적으로 설계된 소재로서, 전자기파 흡수에 용이한 특성을 가진다. 즉, 메타물질 흡수체는 높은 전자기파 흡수율을 가지는 메타물질을 이용하여 전자기파 흡수체를 구현한 것이다.

[4] 그러나, 이러한 메타물질 흡수체는 수직으로 입사된 전자기파에 대해서는 높은 흡수율을 가지는 반면, 다른 각도로 입사된 전자기파에 대해서는 흡수율이 저하되고, 전자기파가 큰 경사 각도로 입사되는 경우 흡수율이 감소하는 문제가 있다.

[5] 또한, 메타물질 흡수체는 동작주파수가 특정 주파수로 한정되어 동작 대역폭이 없거나, 동작 대역폭이 매우 협소하다. 따라서, 메타물질 흡수체의 전자기파 흡수율은 싱글 피크(single peak) 형태로 특정 주파수에서만 높게 유지되는 한계가 있다.

[6] 또한, 메타물질 흡수체는 유연하지 않고, 두께가 크며, 제조 비용이 상대적으로 높다는 한계가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[7] 본 발명의 일 목적은 입사되는 전자기파의 입사각의 변경에도 전자기파 흡수율을 일정하게 유지하는 28 GHz 및 77 GHz용 메타물질 흡수체의 단위셀을 제공하는 것이다.

[8] 본 발명의 다른 목적은 동작주파수가 일정한 동작 대역폭을 가지고, 동작 대역폭 범위 내에서 전자기파 흡수율이 일정하게 유지되는 28 GHz 및 77 GHz용 메타물질 흡수체의 단위셀을 제공하는 것이다.

[9] 본 발명의 다른 목적은 유연하고, 두께가 얇으며, 제조 비용이 상대적으로 낮은 28 GHz 및 77 GHz 용 메타물질 흡수체의 단위셀을 제공하는 것이다.

[10] 다만, 본 발명의 목적은 상술한 목적들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[11] 본 발명의 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀은 사각링부와 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함하는 제1 금속층과, 제1 금속층 하면에 배치되는 저항체층 및 저항체층의 하면에 배치되는 제2 금속층을 포함하고, 여기서 저항체층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$이며, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시킬 수 있다.

[12] 일측에 따르면, 동작주파수의 동작 대역폭은 27 GHz 내지 29 GHz일 수 있다.

[13] 일측에 따르면, 메타물질 흡수체의 단위셀은 제1 금속층과 저항체층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제1 중간층 및 저항체층과 제2 금속층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제2 중간층을 더 포함할 수 있다.

[14] 일측에 따르면, 제1 금속층은 사각링부의 폭이 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 폭이 0.1 mm 내지 0.3 mm이며, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 길이가 0.1 mm 내지 0.3 mm일 수 있다.

[15] 일측에 따르면, 제1 금속층 및 제2 금속층은 두께가 30 μm 내지 40 μm일 수 있다.

[16] 일측에 따르면, 저항체층은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 4.5 mm일 수 있다.

[17] 일측에 따르면, 제1 금속층, 제1 중간층, 제2 중간층 및 제2 금속층은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 5.5 mm일 수 있다.

[18] 일측에 따르면, 제1 중간층은 두께가 0.3 mm 내지 0.5 mm이고, 제2 중간층은 두께가 0.4 mm 내지 0.6 mm일 수 있다.

[19] 본 발명의 다른 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀은 사각링부와 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 기설정된 크기의 갭(gap)만큼 이격되어 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함하는 제1 금속층과, 제1 금속층 하면에 배치되는 저항체층 및 저항체층의 하면에 배치되는 제2 금속층을 포함하고, 여기서 저항체층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$이며, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시킬 수 있다.

[20] 일측에 따르면, 동작주파수의 동작 대역폭은 76 GHz 내지 78 GHz일 수 있다.

[21] 일측에 따르면, 메타물질 흡수체의 단위셀은 제1 금속층과 저항체층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제1 중간층 및 저항체층과 제2 금속층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제2 중간층을 더 포함할 수 있다.

[22] 일측에 따르면, 제1 금속층은 사각링부의 폭이 0.02 mm 내지 0.03 mm이고, 제1 내지 제4 돌출부의 폭이 0.04 mm 내지 0.06 mm일 수 있다.

[23] 일측에 따르면, 제1 금속층은 제1 내지 제4 돌출부의 길이가 0.35 mm 내지 0.55 mm이고, 갭은 0.05 mm 내지 0.15 mm일 수 있다.

[24] 일측에 따르면, 제1 금속층, 제1 중간층, 저항체층, 제2 중간층 및 제2 금속층은 가로 및 세로의 길이가 1.3 mm 내지 1.5 mm일 수 있다.

[25] 일측에 따르면, 제1 중간층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 제2 중간층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm일 수 있다.

발명의 효과

[26] 본 발명의 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체는 입사되는 전자기파의 입사각의 변경에도 전자기파 흡수율을 일정하게 유지할 수 있다.

[27] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체는 동작주파수가 일정한 동작 대역폭을 가지고, 동작 대역폭 범위 내에서 전자기파 흡수율을 일정하게 유지할 수 있다.

[28] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체는 유연하고, 얇으며, 제조 비용이 상대적으로 낮을 수 있다.

[29] 따라서, 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체는 전자기파 흡수 효율을 극대화할 수 있다.

[30] 예를 들어, 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체가 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역으로 사용되는 경우, 수직 입사 전자파에 대해서 99% 이상의 흡수율을 나타내고, 45° 입사 전자파에 대해서 97% 이상의 흡수율을 나타낼 수 있으며, 5G 이동통신용 초고주파 전자부품 또는 내·외부 전자파 흡수 및 차단을 위해 활용될 수 있다.

[31] 또한, 본 발명의 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 및 메타물질 흡수체가 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역으로 사용되는 경우, 수직 입사 전자파에 대해서 99% 이상의 흡수율을 나타내고, 45° 입사 전자파에 대해서 97% 이상의 흡수율을 나타낼 수 있으며, 자율주행 자동차의 충돌 방지용 레이더에서 송신되는 초고주파 주파수로 인한 내부와 외부 전장품에 전자파 간섭으로 인한 전자기기 성능저하와 오동작 방지를 위해 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[32] 도 1a 내지 도 2b는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 설명하기 위한 도면이다.

[33] 도 3a 내지 도 3f는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.

[34] 도 4a 내지 도 4d는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 TE 모드에서 시뮬레이션한 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[35] 도 5a 내지 도 5d는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 TM 모드에서 시뮬레이션한 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[36] 도 6은 일실시예에 따른 메타물질 흡수체에서 전자기파를 흡수하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[37] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[38] 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[39] 하기에서 다양한 실시예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[40] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[41] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[42] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[43] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[44] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.

[45] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[46] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.

[47] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.

[48] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[49] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.

[50] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[51] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[52] 도 1a 내지 도 2b는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 설명하기 위한 도면이다.

[53] 구체적으로, 도 1a 및 도 1b는 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 예시하고, 도 2a 및 도 2b는 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 예시한다.

[54] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 (100)은 제1 금속층(110), 제1 중간층(120), 저항체층(130), 제2 중간층(140) 및 제2 금속층(150)을 포함할 수 있다.

[55] 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀(100)은 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계되어, 27 GHz 내지 29 GHz(중심 주파수 28 GHz)의 동작 주파수의 동작 대역폭에서 성능(전자기파 흡수율 등)을 극대화할 수 있다.

[56] 바람직하게는, 단위셀(100)은 도체패턴의 형상, 도체패턴(사각링부 + 돌출부)의 폭, 단위셀(100)의 한 변의 길이, 제1 중간층(120) 및 제2 중간층(140)의 두께, 저항체층(130)의 두께 및 면저항이 최적화 설계될 수 있다.

[57] 제1 금속층(110)은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함할 수 있다.

[58] 제1 중간층(120)은 제1 금속층(110) 하면에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함할 수 있다.

[59] 저항체층(130)은 제1 중간층(120) 하면에 배치될 수 있으며, 여기서 저항체층(130)은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm으로 설계되고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$로 설계되어, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시킬 수 있다.

[60] 제2 중간층(140)은 저항체층(130) 하면에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함할 수 있다.

[61] 제2 금속층(150)은 제2 중간층(140) 하면에 배치될 수 있다.

[62] 일측에 따르면, 제1 금속층(110)은 사각링부의 폭이 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 폭이 0.1 mm 내지 0.3 mm으로 설계되며, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 길이가 0.1 mm 내지 0.3 mm으로 설계될 수 있다.

[63] 또한, 제1 금속층(110) 및 제2 금속층(150)은 두께가 30 μm 내지 40 μm로 설계될 수 있다.

[64] 일측에 따르면, 저항체층(130)은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 4.5 mm로 설계되고, 제1 금속층(110), 제1 중간층(120), 제2 중간층(140) 및 제2 금속층(150)은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 5.5 mm로 설계될 수 있다.

[65] 또한, 제1 중간층(120)은 두께가 0.3 mm 내지 0.5 mm으로 설계되고, 제2 중간층(140)은 두께가 0.4 mm 내지 0.6 mm으로 설계될 수 있다.

[66] 한편, 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 복수 개의 단위셀(100)이 2차원 어레이 구조로 배치되어 형성될 수 있으며, 이러한 저비용으로 생성된 고성능의 메타물질 흡수체는 5G 이동통신용 초고주파 전자부품 또는 내·외부 전자파 흡수 및 차단을 위해 활용될 수 있다.

[67] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀 (200)은 제1 금속층(210), 제1 중간층(220), 저항체층(230), 제2 중간층(240) 및 제2 금속층(250)을 포함할 수 있다.

[68] 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀(200)은 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계되어, 76 GHz 내지 78 GHz(중심 주파수 77 GHz)의 동작 주파수의 동작 대역폭에서 성능(전자기파 흡수율 등)을 극대화할 수 있다.

[69] 바람직하게는, 단위셀(200)은 도체패턴의 형상, 도체패턴(사각링부 + 돌출부)의 폭, 사각링부와 돌출부 사이의 갭(gap)의 크기, 단위셀(200)의 한 변의 길이, 제1 중간층(220) 및 제2 중간층(240)의 두께, 저항체층(230)의 두께 및 면저항이 최적화 설계될 수 있다.

[70] 제1 금속층(210)은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 기 설정된 크기의 갭만큼 이격되어 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함할 수 있다.

[71] 제1 중간층(220)은 제1 금속층(210) 하면에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함할 수 있다.

[72] 저항체층(230)은 제1 중간층(220) 하면에 배치될 수 있으며, 여기서 저항체층(230)은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm으로 설계되고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$로 설계되어, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시킬 수 있다.

[73] 제2 중간층(240)은 저항체층(230) 하면에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함할 수 있다.

[74] 제2 금속층(250)은 제2 중간층(240) 하면에 배치될 수 있다.

[75] 일측에 따르면, 제1 금속층(210)은 사각링부의 폭이 0.02 mm 내지 0.03 mm으로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부의 폭이 0.04 mm 내지 0.06 mm으로 설계될 수 있다.

[76] 또한, 제1 금속층(210)은 제1 내지 제4 돌출부의 길이가 0.35 mm 내지 0.55 mm으로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부와 사각링부의 각 변 사이에 형성된 갭의 크기가 0.05 mm 내지 0.15 mm으로 설계될 수 있다.

[77] 일측에 따르면, 제1 금속층(210) 및 제2 금속층(150)은 두께가 30 μm 내지 40 μm로 설계될 수 있다.

[78] 또한, 제1 금속층(210), 제1 중간층(220), 저항체층(230), 제2 중간층(240) 및 제2 금속층(250)은 가로 및 세로의 길이가 1.3 mm 내지 1.5 mm로 설계될 수 있다.

[79] 또한, 제1 중간층(220)은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계되고, 제2 중간층(240)은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계될 수 있다.

[80] 한편, 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 복수 개의 단위셀(200)이 2차원 어레이 구조로 서로 배치되어 형성될 수 있으며, 이러한 저비용으로 생성된 고성능의 메타물질 흡수체는 자율주행 자동차의 충돌 방지용 레이더에서 송신되는 초고주파 주파수로 인한 내부와 외부 전장품에 전자파 간섭으로 인한 전자기기 성능저하와 오동작 방지를 위해 활용될 수 있다.

[81] 도 3a 내지 도 3f는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.

[82] 도 3a는 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 제1 금속층을 예시하고, 도 3b는 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 제1 금속층을 예시하며, 도 3c는 제1 및 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 제1 중간층을 예시한다.

[83] 또한, 도 3d는 제1 및 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 저항체층을 예시하고, 도 3e는 제1 및 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 제2 중간층을 예시하며, 도 3f는 제1 및 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀의 제2 금속층을 예시한다.

[84] 제1 및 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 단위셀은 크기, 형상 및 도체패턴의 형상을 최적화 설계하여 성능(전자기파 흡수율 등)을 극대화할 수 있으며, 이하에서는 도 3a 내지 도 3f를 통해 단위셀의 최적화 설계 결과에 대해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[85] 도 3a를 참조하면, 제1 실시예에 따른 제1 금속층(310a)은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함할 수 있다.

[86] 여기서, 제1 금속층(310a)은 사각링부의 폭(WSa)이 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 폭(WPa)이 0.1 mm 내지 0.3 mm으로 설계되

며, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 길이(LPa)가 0.1 mm 내지 0.3 mm으로 설계될 수 있다.

[87] 또한, 제1 금속층(310a)의 두께는 30 μm 내지 40 μm로 설계될 수 있으며, 사각링부의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 3.5 mm 내지 5.5 mm로 설계될 수 있다.

[88] 구체적으로, 단위셀은 제1 금속층(310a)의 도체패턴을 최적화 설계하여 타겟 주파수 대역(즉, 27 GHz 내지 29 GHz)에서의 반사를 최소화할 수 있다.

[89] 바람직하게는, 대기의 임피던스가 1이므로 도체패턴 전체의 임피던스가 해당 주파수에서 1이 되도록 설계될 수 있으며, 제1 금속층(310a), 일례로 구리층의 두께는 전자재료에서의 구리층의 통상 두께인 0.035 mm으로 설계될 수 있다. 또한 도체패턴(즉, 메타패턴)이 대칭성 있게 설계됨으로써, 단위셀로 입사되는 마이크로파의 입사각에 따른 흡수율이 거의 감소하지 않도록 제어될 수 있다.

[90] 도 3b를 참조하면, 제2 실시예에 따른 제1 금속층(310b)은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 기설정된 크기의 갭(g)만큼 이격되어 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함할 수 있다.

[91] 여기서, 제1 금속층(310b)은 사각링부의 폭(WSb)이 0.02 mm 내지 0.03 mm으로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부 각각의 폭(WPb)이 0.04 mm 내지 0.06 mm으로 설계될 수 있다.

[92] 또한, 제1 금속층(310b)은 제1 내지 제4 돌출부의 길이(LPb)가 0.35 mm 내지 0.55 mm으로 설계되고, 제1 내지 제4 돌출부와 사각링부의 각 변 사이에 형성된 갭(g)의 크기가 0.05 mm 내지 0.15 mm으로 설계될 수 있다.

[93] 또한, 제1 금속층(310a)의 두께는 30 μm 내지 40 μm로 설계될 수 있으며, 사각링부의 가로 및 세로의 길이(Pb)는 1.3 mm 내지 1.5 mm로 설계될 수 있다.

[94] 구체적으로, 단위셀은 제1 금속층(310b)의 도체패턴을 최적화 설계하여 타겟 주파수 대역(즉, 76 GHz 내지 78 GHz)에서의 반사를 최소화할 수 있다.

[95] 바람직하게는, 대기의 임피던스가 1이므로 도체패턴 전체의 임피던스를 해당 주파수에서 1이 되도록 설계될 수 있으며, 제1 금속층(310b), 일례로 구리층의 두께는 전자재료에서의 구리층의 통상 두께인 0.035 mm으로 설계될 수 있다. 또한 도체패턴(즉, 메타패턴)이 대칭성 있게 설계됨으로써, 단위셀로 입사되는 마이크로파의 입사각에 따른 흡수율이 거의 감소하지 않도록 제어될 수 있다.

[96] 도 3c 및 도 3e를 참조하면, 제1 중간층(320) 및 제2 중간층(340)은 유전상수가 3.5이고, 유전손실 탄젠트가 0.0027인 폴리이미드 물질을 포함할 수 있다.

[97] 여기서, 단위셀이 제1 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제1 중간층(320)은 두께(TP1)가 0.3 mm 내지 0.5 mm으로 설계되고, 제2 중간층(340)은 두께(TP2)가 0.4 mm 내지 0.6 mm으로 설계될 수 있다.

[98] 또한, 단위셀이 제2 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제1 중간층(320)은 두께(TP1)가 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계되고, 제2 중간층(340)은 두께(TP2)가 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계될 수 있다.

[99] 또한, 단위셀이 제1 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제1 중간층(320) 및 제2 중간층(340)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 3.5 mm 내지 5.5 mm로 설계될 수 있으며, 단위셀이 제2 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제1 중간층(320) 및 제2 중간층(340)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 1.3 mm 내지 1.5 mm으로 설계될 수 있다.

[100] 구체적으로, 제1 및 제2 실시예에 따른 단위셀은 제1 중간층(320) 및 제2 중간층(340)에 유연하고 값이 저렴한 폴리이미드 물질을 활용하여 메타물질 흡수체에 입사된 마이크로파를 전자기적으로 가두고 저장하고 감쇄시켜 수직 입사 마이크로파에 대해서는 99% 이상의 흡수율이 되도록 제어할 수 있다.

[101] 도 3d를 참조하면, 저항체층(330)은 두께(TR)가 0.05 mm 내지 0.15 mm로 설계되고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$로 설계될 수 있다.

[102] 또한, 단위셀이 제1 실시예에 따른 단위셀인 경우, 저항체층(330)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 3.5 mm 내지 5.5 mm로 설계될 수 있으며, 단위셀이 제2 실시예에 따른 단위셀인 경우, 저항체층(330)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 1.3 mm 내지 1.5 mm으로 설계될 수 있다.

[103] 구체적으로, 제1 중간층(320) 및 제2 중간층(340) 사이에 형성되는 면저항 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$(바람직하게는, 540$\Omega \cdot sq^{-1}$)의 저항체층(330)은 대역폭을 증가시키는 역할을 하면서도 흡수체의 유연성에 영향을 최소화하기 위해 두께(TR)가 최적화 설계될 수 있으며, 바람직하게는 저항체층(330)의 두께는 0.1 mm로 설계될 수 있다.

[104] 도 3f를 참조하면, 제2 금속층(350)은 두께(TC)가 30 μm 내지 40 μm로 설계될 수 있다.

[105] 또한, 단위셀이 제1 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제2 금속층(350)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 3.5 mm 내지 5.5 mm로 설계될 수 있으며, 단위셀이 제2 실시예에 따른 단위셀인 경우, 제2 금속층(350)의 가로 및 세로의 길이(Pa)는 1.3 mm 내지 1.5 mm으로 설계될 수 있다.

[106] 구체적으로, 제2 금속층(350)은 메타물질 흡수체에 들어온 모든 마이크로파를 빠져나가지 못하게 차단하는 역할을 수행할 수 있으며, 이를 위해 35 μm 두께의 얇은 구리층으로 형성될 수 있다.

[107] 한편, 제1 실시예에 따른 단위셀은 4.4 x 4.4 mm^2의 크기로 구성되어, 제1 금속층(310a)이 45° 입사각에서도 97% 이상의 흡수율을 갖도록 대칭성이 높게 설계될 수 있으며, 이 경우 밴드폭은 수직 입사 시나 45° 입사각에서도 적정하게 28 ± 1 GHz로 적정하게 유지될 수 있다.

[108] 또한, 제2 실시예에 따른 단위셀은 1.4 x 1.4 mm^2의 크기로 구성되어, 제1 금속층(310b)이 45° 입사각에서도 97% 이상의 흡수율을 갖도록 대칭성이 높게 설계될 수 있으며, 이 경우 밴드폭은 수직 입사 시나 45° 입사각에서도 적정하게 77 ± 1 GHz로 적정하게 유지될 수 있다.

[109] 도 4a 내지 도 4d는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체를 TE 모드에서 시뮬레이션한 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[110] 도 4a 내지 도 4d를 참조하면, 도면부호 410은 수직 입사 TE(transverse electric) 모드 전자파에 따른 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시하고, 도면부호 420은 수직 입사 TE 모드 전자파에 따른 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시한다.

[111] 또한, 도면부호 430은 TE모드 전자파의 입사각의 변화(0°(즉, 수직 입사각), 15°, 30°, 45°)에 따른 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시하고, 도면부호 440은 TE모드 전자파의 입사각의 변화(0°(즉, 수직 입사각), 15°, 30°, 45°)에 따른 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시한다.

[112] 구체적으로, 도면부호 410 내지 440에서 x축은 주파수(단위: GHz), Y축은 전자기파의 흡수율을 의미한다.

[113] 또한, 도면부호 430의 (b)는 도면부호 430의 (a)에서 20 GHz 내지 40 GHz의 주파수 대역에 대응되는 영역을 확대한 결과를 나타내며, 도면부호 440의 (b)는 도면부호 440의 (a)에서 76 GHz 내지 78 GHz의 주파수 대역에 대응되는 영역을 확대한 결과를 나타낸다.

[114] 도면부호 410 및 430에 따르면, 단위셀의 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계된 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 수직 입사 TE 모드 전자파에 대하여 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역에서 최소 99.42%의 흡수율을 보이는 것으로 나타났다.

[115] 또한, 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 도면부호 430 및 하기 표1에 도시된 바와 같이, 입사각이 변화하는 경우에도 최소 97.03%의 흡수율을 보이는 것으로 나타나, 입사각의 변화에 큰 영향없이 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역에서 매우 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

[116] [표1]

입사각(°)	중심 주파수(GHz)	흡수율(%)
0	28	0.9982
15	28	0.9990
30	28	0.9967
45	28	0.9726

[117] 도면부호 420 및 440에 따르면, 단위셀의 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계된 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 수직 입사 TE 모드 전자파에 대하여 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역에서 최소 99.47%의 흡수율을 보이는 것으로 나타났다.또한, 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 도면부호 430 및 하기 표2에 도시된 바와 같이, 입사각이 변화하는 경우에도 최소

97.03%의 흡수율을 보이는 것으로 나타나, 입사각의 변화에 큰 영향없이 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역에서 매우 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

[118] [표2]

입사각(°)	중심 주파수(GHz)	흡수율(%)
0	77	0.9966
15	77	0.9974
30	77	0.9951
45	77	0.9717

[119] 도 5a 내지 도 5d는 일실시예에 따른 메타물질 흡수체를 TM 모드에서 시뮬레이션한 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[120] 도 5a 내지 도 5d를 참조하면, 도면부호 510은 수직 입사 TM(transverse magnetic) 모드 전자파에 따른 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시하고, 도면부호 520은 수직 입사 TM 모드 전자파에 따른 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시한다.

[121] 또한, 도면부호 530은 TM모드 전자파의 입사각의 변화(0°(수직 입사각), 15°, 30°, 45°)에 따른 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시하고, 도면부호 540은 TM모드 전자파의 입사각의 변화(0°(수직 입사각), 15°, 30°, 45°)에 따른 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체의 흡수 스펙트럼을 예시한다.

[122] 구체적으로, 도면부호 510 내지 540에서 x축은 주파수(단위: GHz), Y축은 전자기파의 흡수율을 의미한다.

[123] 또한, 도면부호 430의 (b)는 도면부호 530의 (a)에서 20 GHz 내지 40 GHz의 주파수 대역에 대응되는 영역을 확대한 결과를 나타내며, 도면부호 540의 (b)는 도면부호 540의 (a)에서 76 GHz 내지 78 GHz의 주파수 대역에 대응되는 영역을 확대한 결과를 나타낸다.

[124] 도면부호 510 및 530에 따르면, 단위셀의 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계된 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 수직 입사 TM 모드 전자파에 대하여 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역에서 TE 모드와 동일하게 최소 99.42%의 흡수율을 보이는 것으로 나타났으며, 이를 통해, 입사 전자파의 편광에 무관한 성질을 보이는 메타물질 흡수체가 설계되었음을 확인할 수 있다.

[125] 또한, 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 도면부호 530 및 하기 표3에 도시된 바와 같이, 입사각이 변화하는 경우에도 최소 99.33%의 흡수율을 보이는 것으로 나타나, 입사각에 큰 영향없이 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역에서 매우 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

[126] [표3]

입사각(°)	중심 주파수(GHz)	흡수율(%)

0	28	0.9982
15	28	0.9986
30	28	0.9988
45	28	0.9952

[127] 도면부호 520 및 540에 따르면, 단위셀의 크기, 형상 및 도체패턴의 형상이 최적화 설계된 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 수직 입사 TM 모드 전자파에 대하여 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역에서 TE 모드(99.47%)와 매우 유사하게 최소 99.46%의 흡수율을 보이는 것으로 나타났으며, 이를 통해, 입사 전자파의 편광에 무관한 성질을 보이는 메타물질 흡수체가 설계되었음을 확인할 수 있다.또한, 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체는 도면부호 530 및 하기 표4에 도시된 바와 같이, 입사각이 변화하는 경우에도 최소 98.35%의 흡수율을 보이는 것으로 나타나, 입사각에 큰 영향없이 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역에서 매우 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

[128] [표4]

입사각(°)	중심 주파수(GHz)	흡수율(%)
0	77	0.9965
15	77	0.9970
30	77	0.9958
45	77	0.9855

[129] 도 6은 일실시예에 따른 메타물질 흡수체에서 전자기파를 흡수하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[130] 구체적으로, 일실시예에 따른 메타물질 흡수체는 복수 개의 제1 실시예에 따른 단위셀이 2차원 어레이 구조로 배치되어 형성되는 제1 실시예에 따른 메타물질 흡수체 및 복수 개의 제2 실시예에 따른 단위셀이 2차원 어레이 구조로 배치되어 형성되는 제2 실시예에 따른 메타물질 흡수체 중 적어도 하나의 흡수체일 수 있다.

[131] 구체적으로, 제1 실시예에 따른 단위셀은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 구비하고, 단위셀을 구성하는 각각의 구성 요소들의 크기 및 형상이 최적화 설계되어 27 GHz 내지 29 GHz (중심 주파수 28 GHz) 대역에서 동작하는 단위셀일 수 있다.

[132] 또한, 제2 실시예에 따른 단위셀은 사각링부와, 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 기 설정된 크기의 갭만큼 이격되어 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 구비하고, 단위셀을 구성하는 각각의 구성 요소들의 크기 및 형상이 최적화 설계되

어 76 GHz 내지 78 GHz (중심 주파수 77 GHz) 대역에서 동작하는 단위셀일 수 있다.

[133] 도 6을 참조하면, 메타물질 흡수체는 전자기파가 입사(610 단계)되는 경우, 유도 전류를 형성(620 단계)하고, 자기장을 형성(630 단계)하며, 전자기파를 흡수(640 단계)할 수 있다.

[134] 여기서, 전자기파를 흡수한다는 의미는 메타물질 흡수체가 전자기파에 포함된 에너지를 흡수한다는 것을 의미할 수 있다. 또한, 메타물질 흡수체의 전자기파 흡수는 전자기파를 흡수하기 위한 메타물질 흡수체의 능동적인 동작이 아니고, 메타물질 흡수체의 물리적 구성 요소 및 전자기적 특징에 따른 수동적인 효과일 수 있다.

[135] 구체적으로, 메타물질 흡수체에는 광대역 주파수의 전자기파가 다양한 입사각으로 입사될 수 있다. 메타물질 흡수체로 전자기파가 입사(610 단계)되는 경우, 제1 금속층과 제2 금속층에서 동시에 유도 전류가 형성(620 단계)될 수 있다.

[136] 상기 제1 금속층의 유도 전류와 제2 금속층의 유도 전류에 의해, 제1 및 제2 중간층 영역에서 유도 자기장이 형성(300 단계)될 수 있으며, 메타물질 흡수체로 입사된 전자기파와 유도 자기장은 임피던스 매칭에 의해 자기적 공진할 수 있다.

[137] 한편, 자기적 공진에 의해 메타물질 흡수체로 입사된 전자기파의 에너지가 흡수됨에 따라, 메타물질 흡수체는 전자기파를 흡수(400 단계)할 수 있다.

[138] 여기서, 메타물질 흡수체를 구성하는 복수의 단위셀의 크기 및 형상에 따라 메타물질 흡수체의 동작주파수가 결정될 수 있으며, 동작주파수가 공진 주파수일 때 유도 자기장의 크기가 최대가 되므로, 메타물질 흡수체는 공진 주파수에서 전자기파를 최대로 흡수할 수 있다.

[139] 본 발명에 따른 메타물질 흡수체는 입사되는 전자기파의 입사각의 변경에도 전자기파 흡수율을 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 메타물질 흡수체는 동작주파수가 일정한 동작 대역폭을 가지고, 동작 대역폭 범위 내에서 전자기파 흡수율을 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 메타물질 흡수체는 유연하고, 얇으며, 제조 비용이 상대적으로 낮을 수 있다. 따라서, 메타물질 흡수체는 전자기파 흡수 효율을 극대화할 수 있다.

[140] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[141] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

청구범위

[청구항 1] 사각링부와, 상기 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 상기 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함하는 제1 금속층;
상기 제1 금속층 하면에 배치되는 저항체층 및
상기 저항체층의 하면에 배치되는 제2 금속층을 포함하고,
상기 저항체층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$이며, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시키는
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 동작주파수의 동작 대역폭은 27 GHz 내지 29 GHz인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 제1 금속층과 상기 저항체층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제1 중간층 및
상기 저항체층과 상기 제2 금속층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제2 중간층을 더 포함하는
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 제1 금속층은 상기 사각링부의 폭이 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 상기 제1 내지 제4 돌출부 각각의 폭이 0.1 mm 내지 0.3 mm이며, 상기 제1 내지 제4 돌출부 각각의 길이가 0.1 mm 내지 0.3 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 제1 금속층 및 상기 제2 금속층은 두께가 30 μm 내지 40 μm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 저항체층은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 4.5 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 7] 제3항에 있어서,
상기 제1 금속층, 상기 제1 중간층, 상기 제2 중간층 및 상기 제2 금속층은 가로 및 세로의 길이가 3.5 mm 내지 5.5 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 8] 제3항에 있어서,
상기 제1 중간층은 두께가 0.3 mm 내지 0.5 mm이고, 상기 제2 중간층은 두께가 0.4 mm 내지 0.6 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 9] 사각링부와, 상기 사각링부의 4개의 변과 각각 수직을 이루고 상기 사각링부의 4개의 변의 중심점으로부터 기 설정된 크기의 갭(gap)만큼 이격되어 내측 방향으로 연장된 제1 내지 제4 돌출부로 구성되는 도체패턴을 포함하는 제1 금속층;
상기 제1 금속층 하면에 배치되는 저항체층 및
상기 저항체층의 하면에 배치되는 제2 금속층을 포함하고,
상기 저항체층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 면저항이 530 $\Omega \cdot sq^{-1}$ 내지 550 $\Omega \cdot sq^{-1}$이며, 동작 주파수의 동작 대역폭을 증가시키는
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 10] 제9항에 있어서,
상기 동작주파수의 동작 대역폭은 76 GHz 내지 78 GHz인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 11] 제9항에 있어서,
상기 제1 금속층과 상기 저항체층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제1 중간층 및
상기 저항체층과 상기 제2 금속층 사이에 배치되고 폴리이미드 물질을 포함하는 제2 중간층을 더 포함하는
메타물질 흡수체의 단위셀.

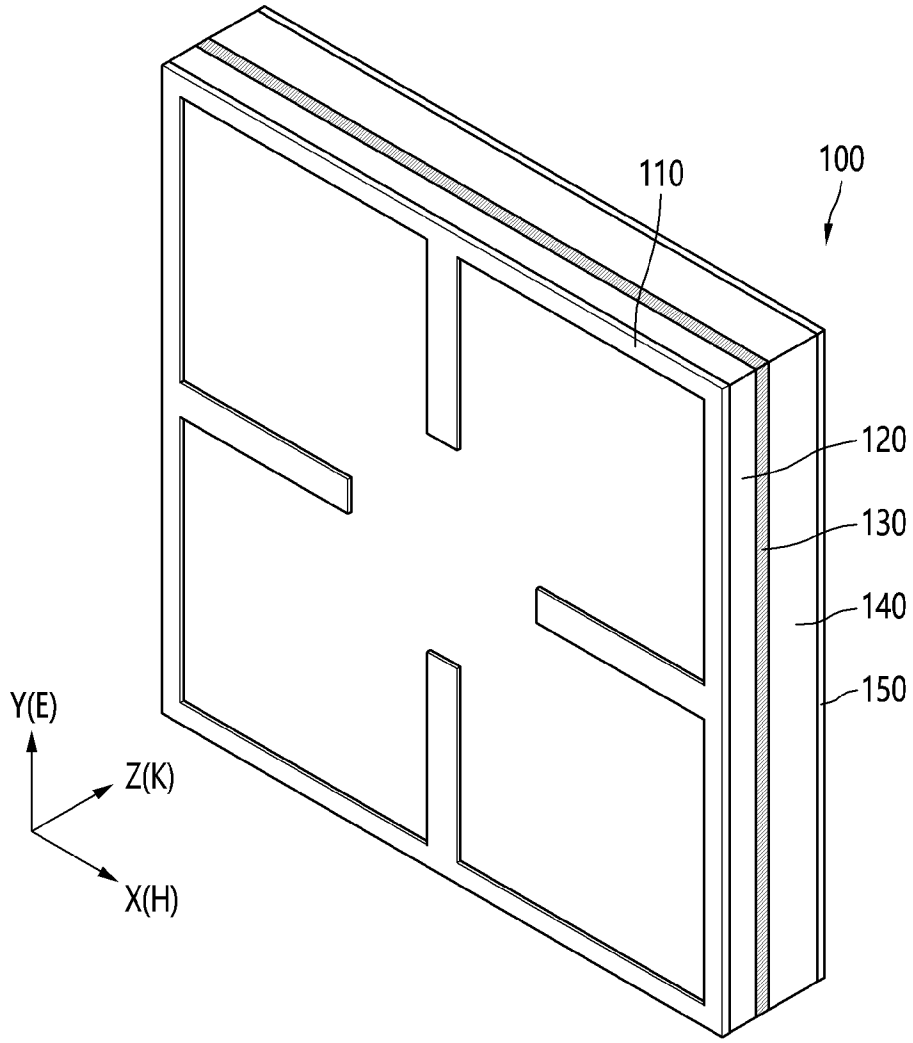
[청구항 12] 제9항에 있어서,
상기 제1 금속층은 상기 사각링부의 폭이 0.02 mm 내지 0.03 mm이고, 상기 제1 내지 제4 돌출부의 폭이 0.04 mm 내지 0.06 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 13] 제9항에 있어서,
상기 제1 금속층은 상기 제1 내지 제4 돌출부의 길이가 0.35 mm 내지 0.55 mm이고, 상기 갭은 0.05 mm 내지 0.15 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

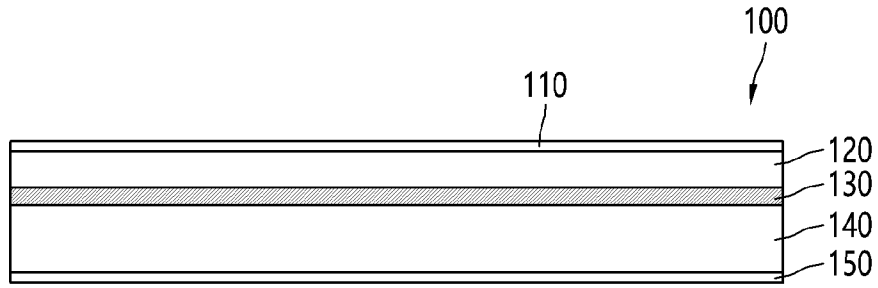
[청구항 14] 제11항에 있어서,
상기 제1 금속층, 상기 제1 중간층, 상기 저항체층, 상기 제2 중간층 및 상기 제2 금속층은 가로 및 세로의 길이가 1.3 mm 내지 1.5 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

[청구항 15] 제11항에 있어서,
상기 제1 중간층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm이고, 상기 제2 중간층은 두께가 0.05 mm 내지 0.15 mm인
메타물질 흡수체의 단위셀.

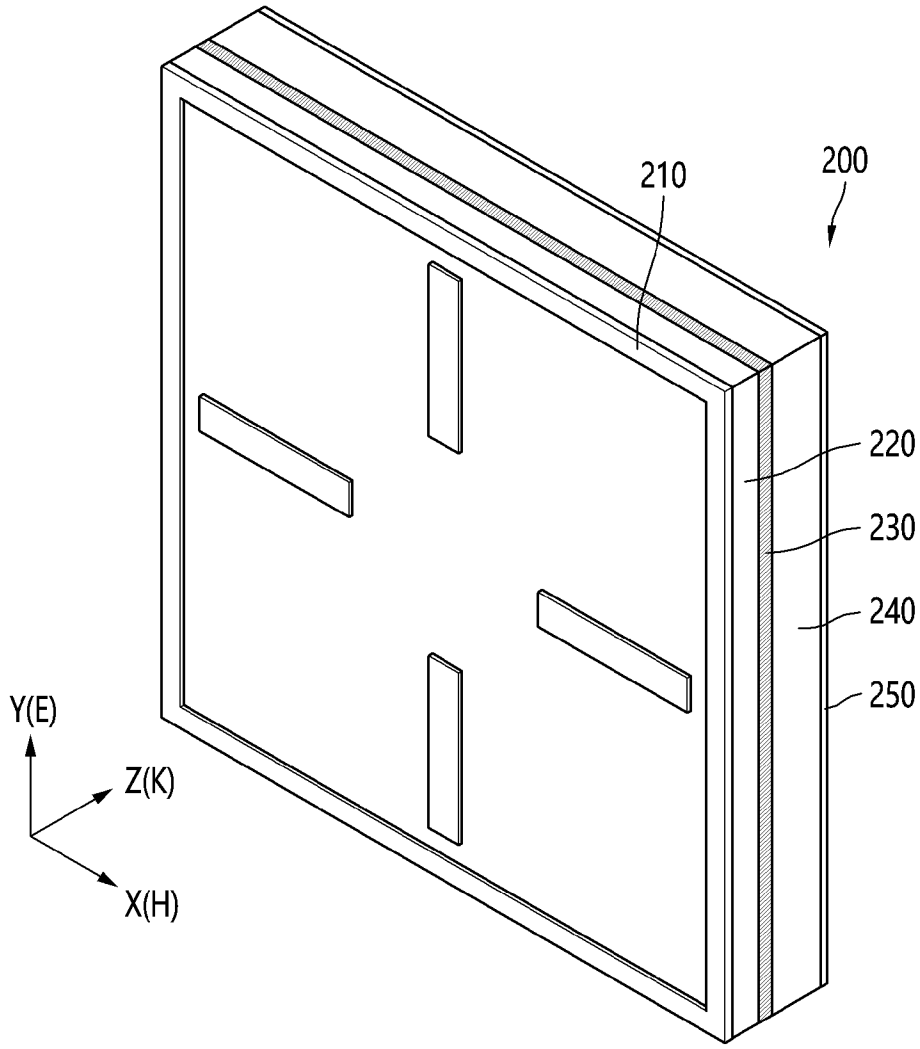
[도1a]



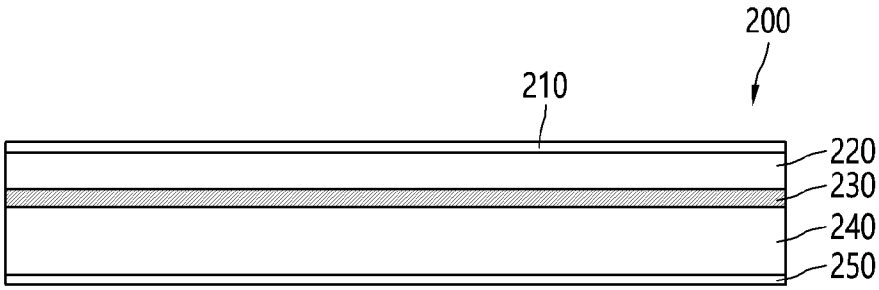
[도1b]



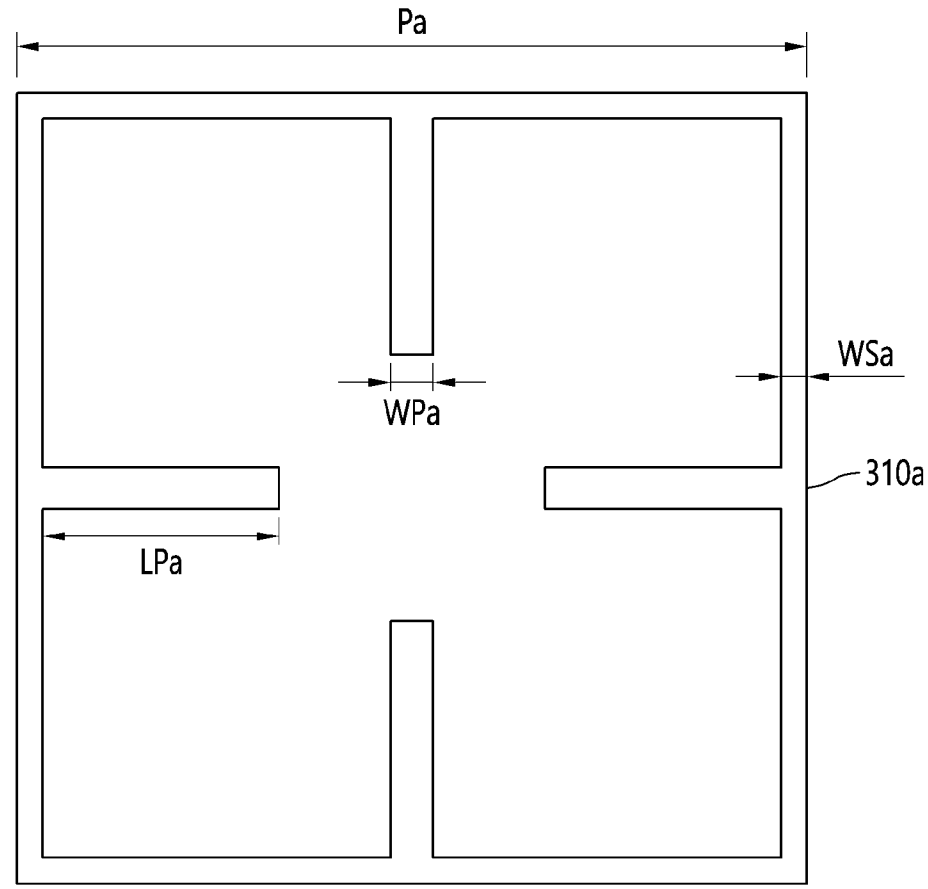
[도2a]



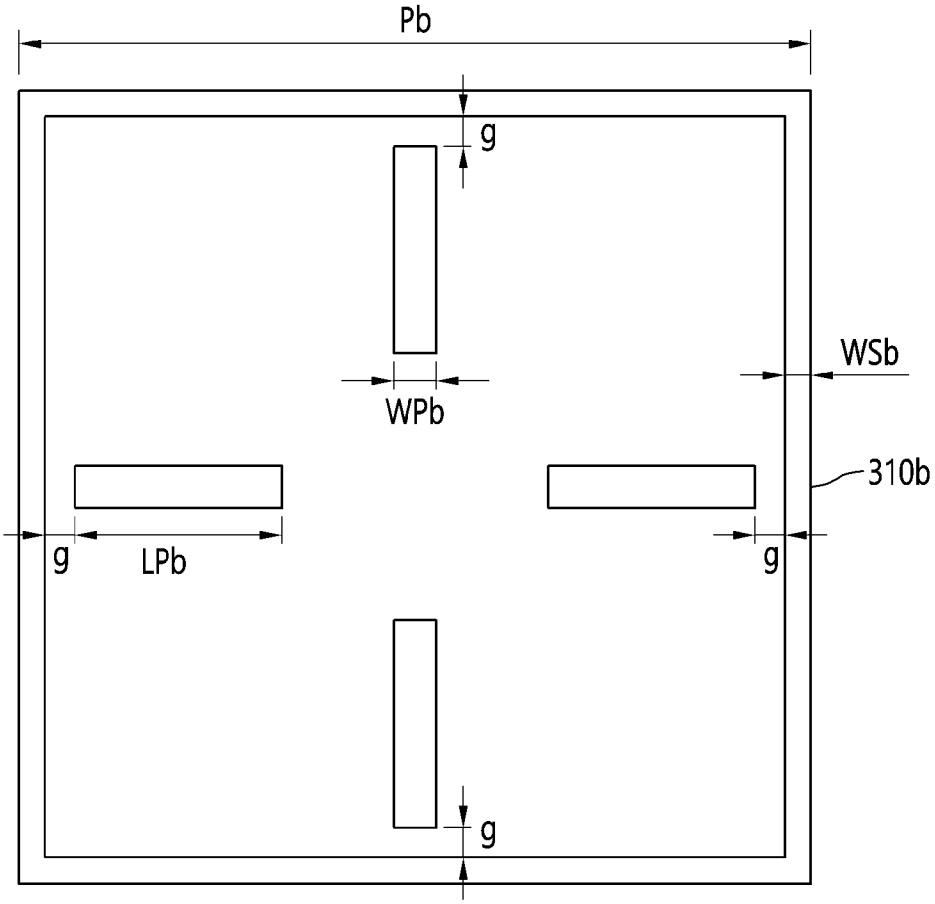
[도2b]



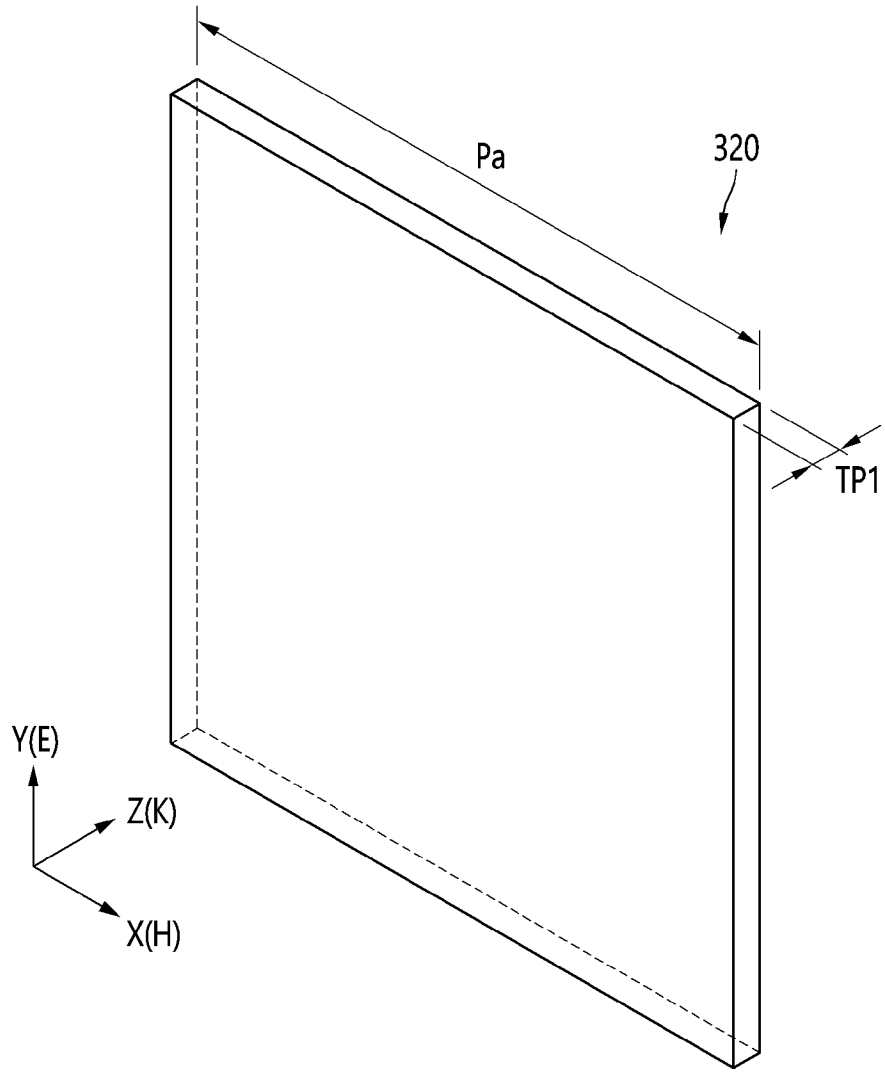
[도3a]



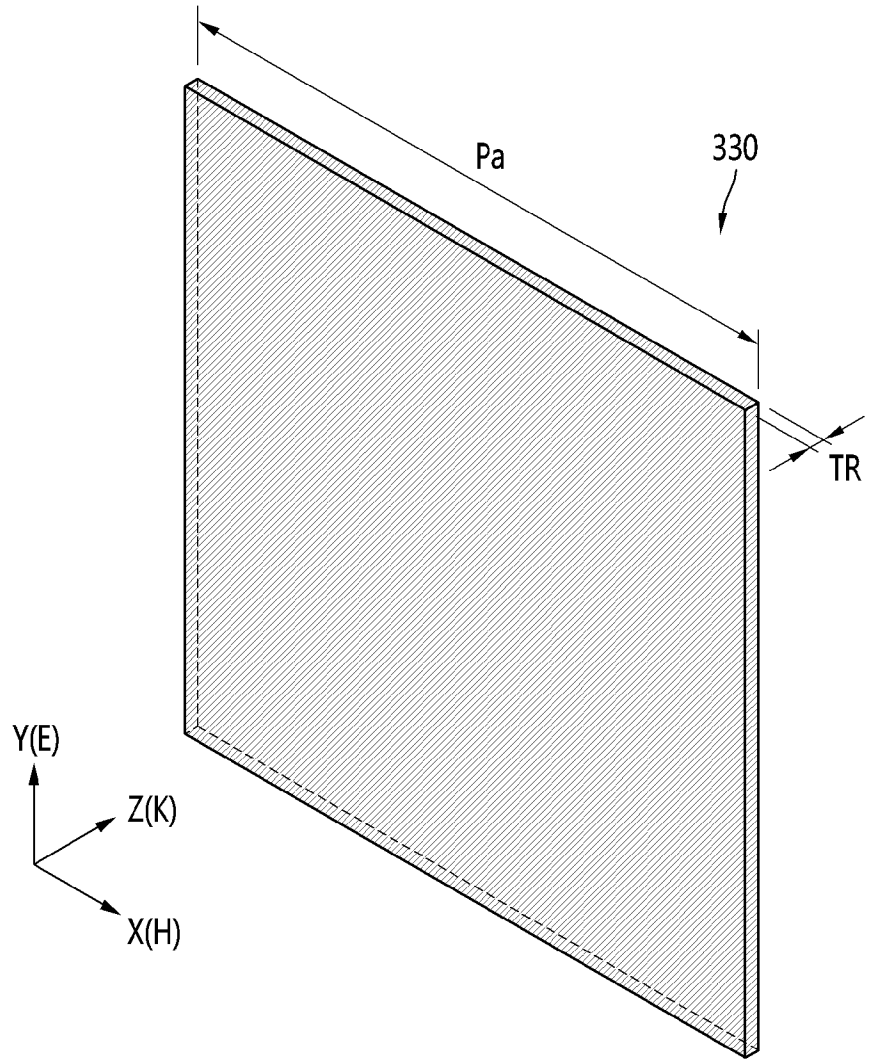
[도3b]



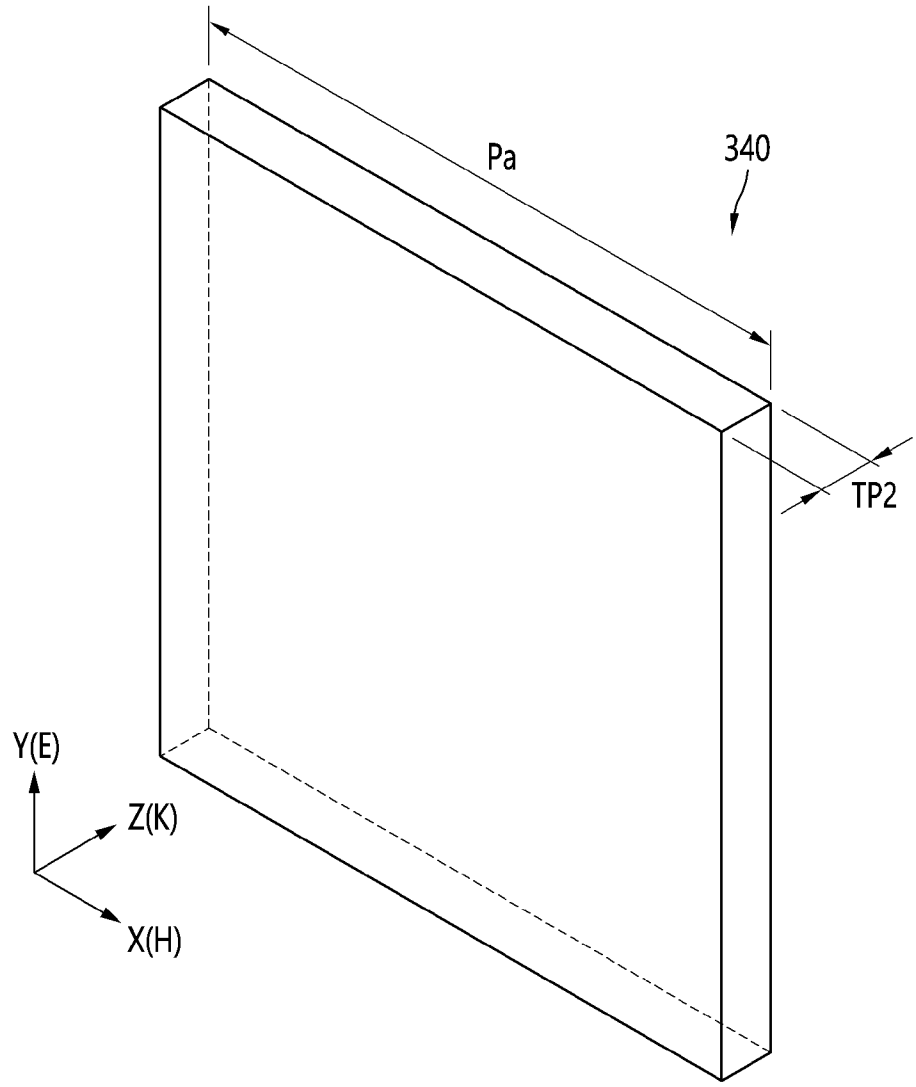
[도3c]



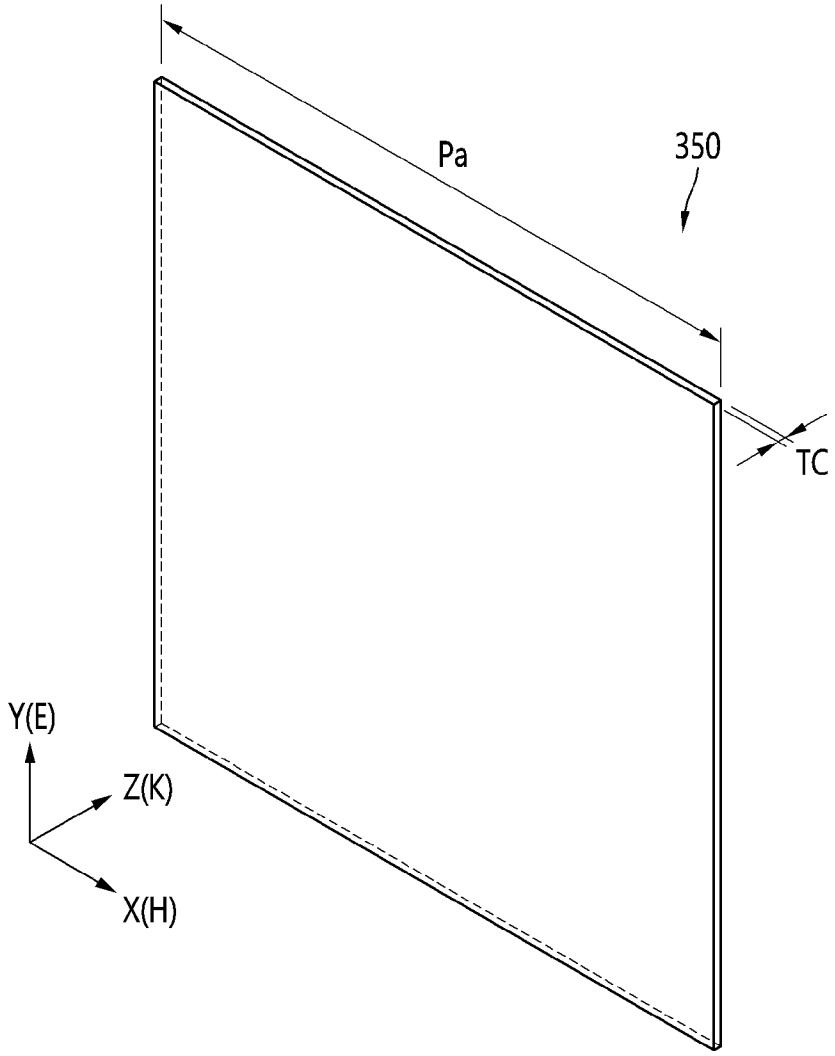
[도3d]



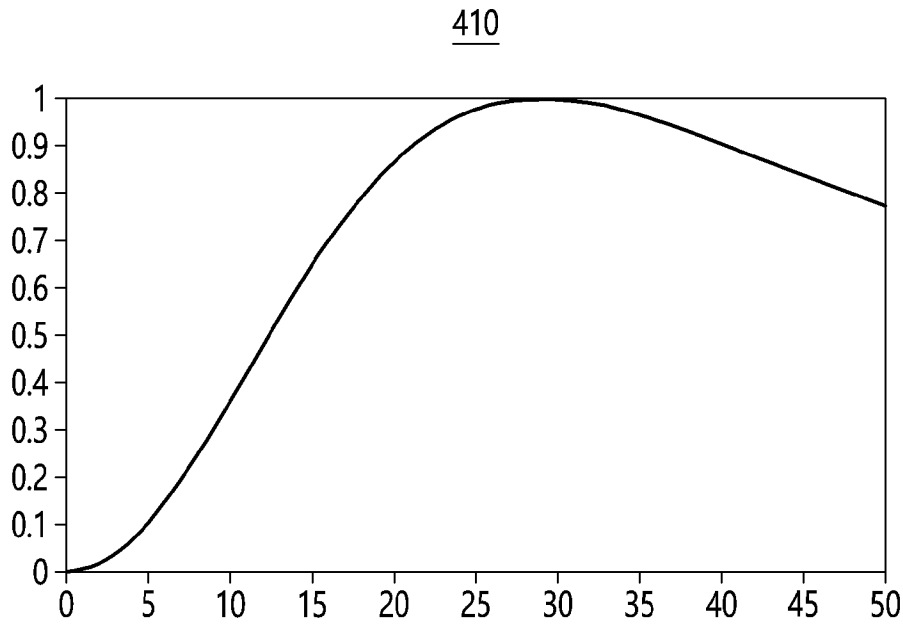
[도3e]



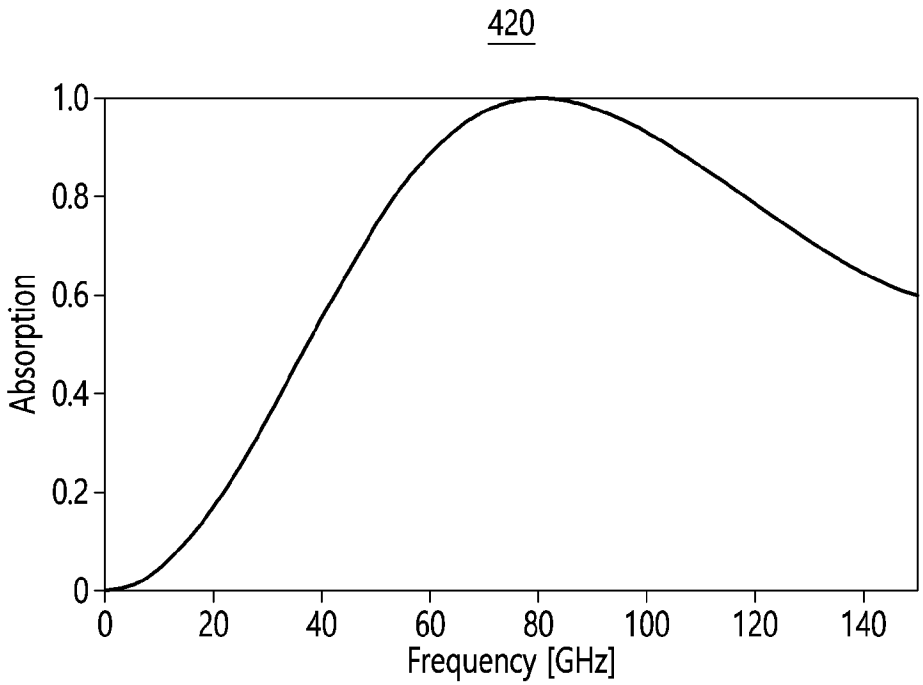
[도3f]


Pa
350
TC
Y(E)
Z(K)
X(H)

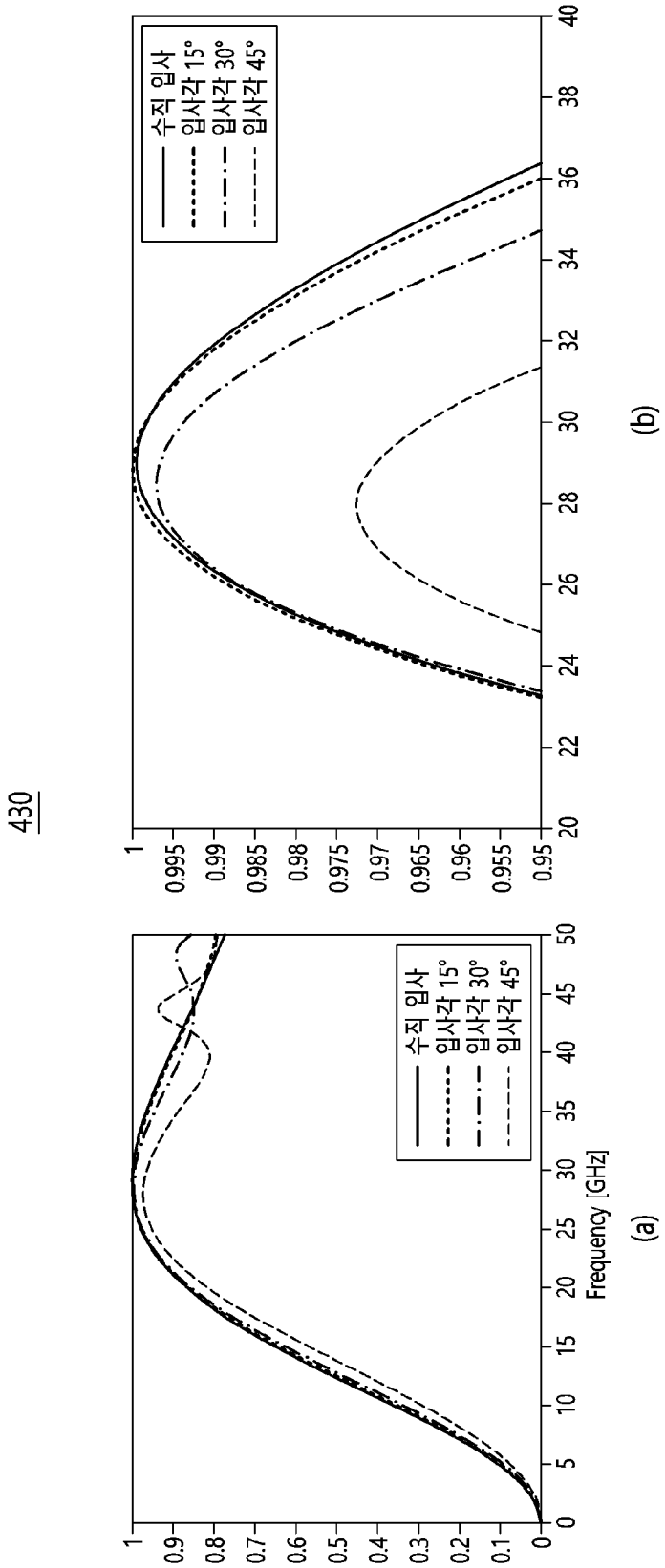
[도4a]


410
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

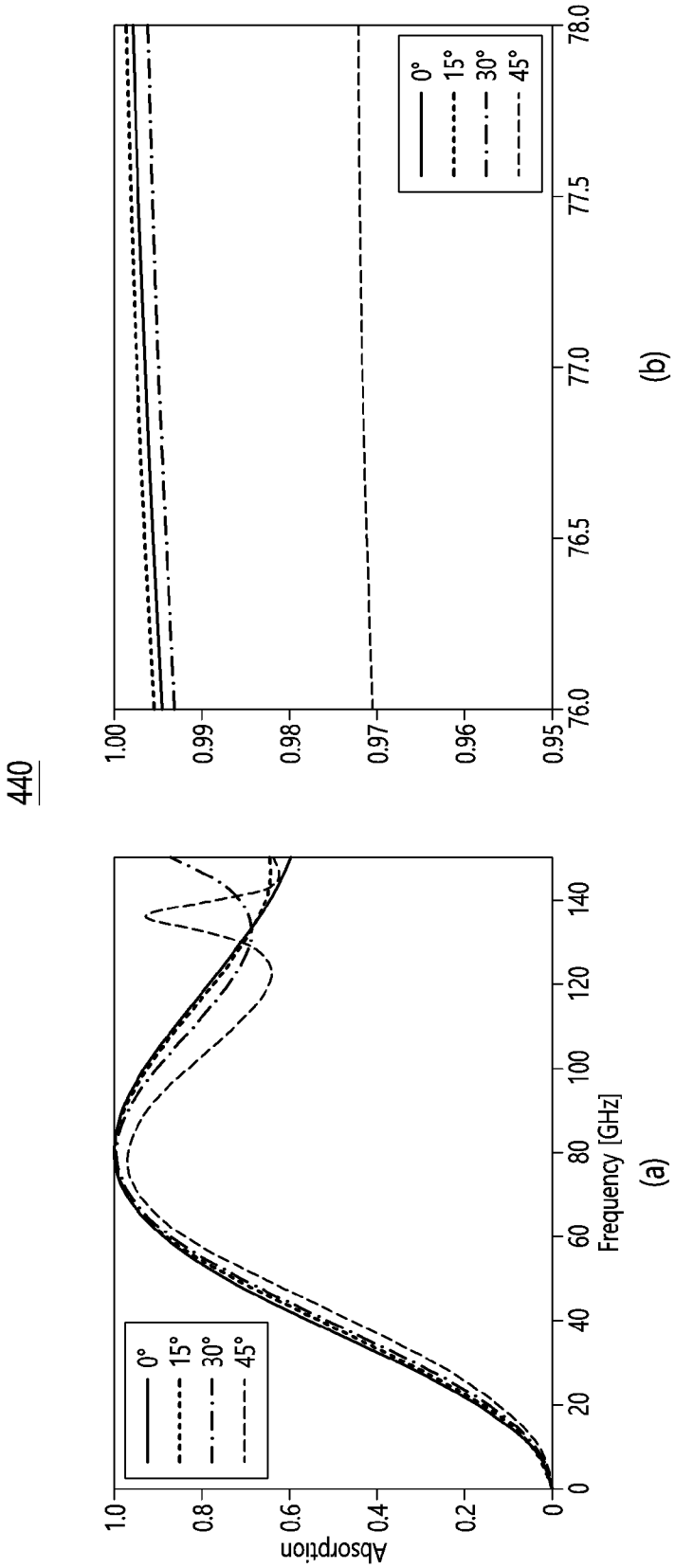
[도4b]


420
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Absorption
0
20
40
60
80
100
120
140
Frequency [GHz]

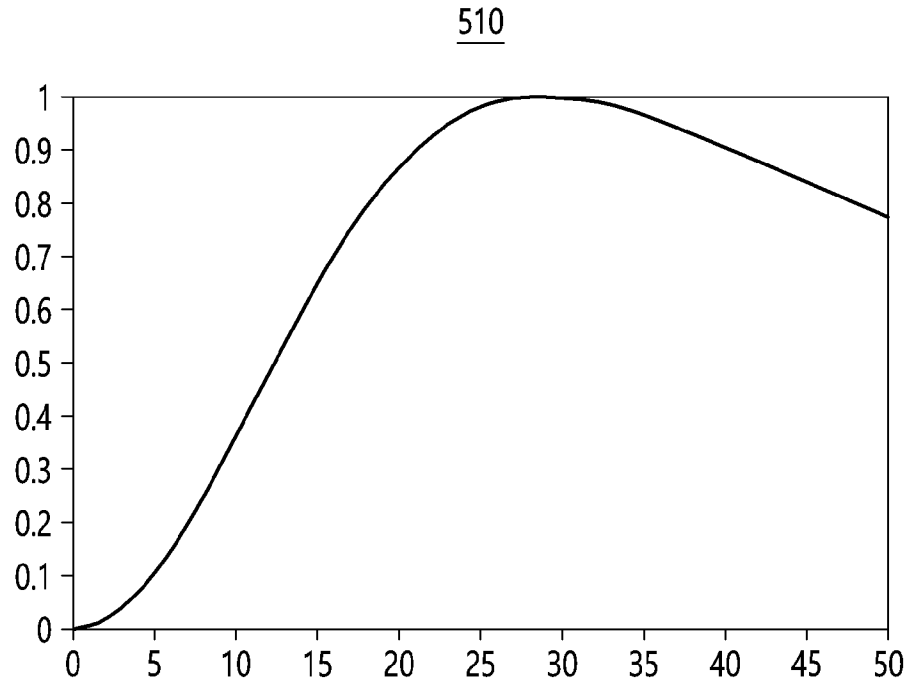
[도4c]



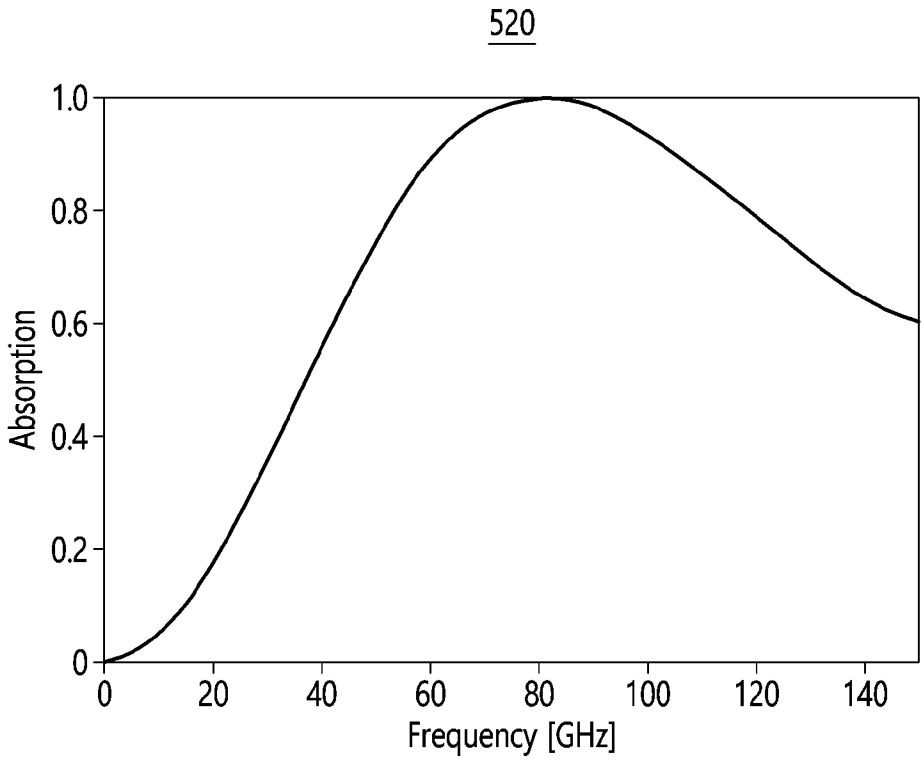
[도4d]



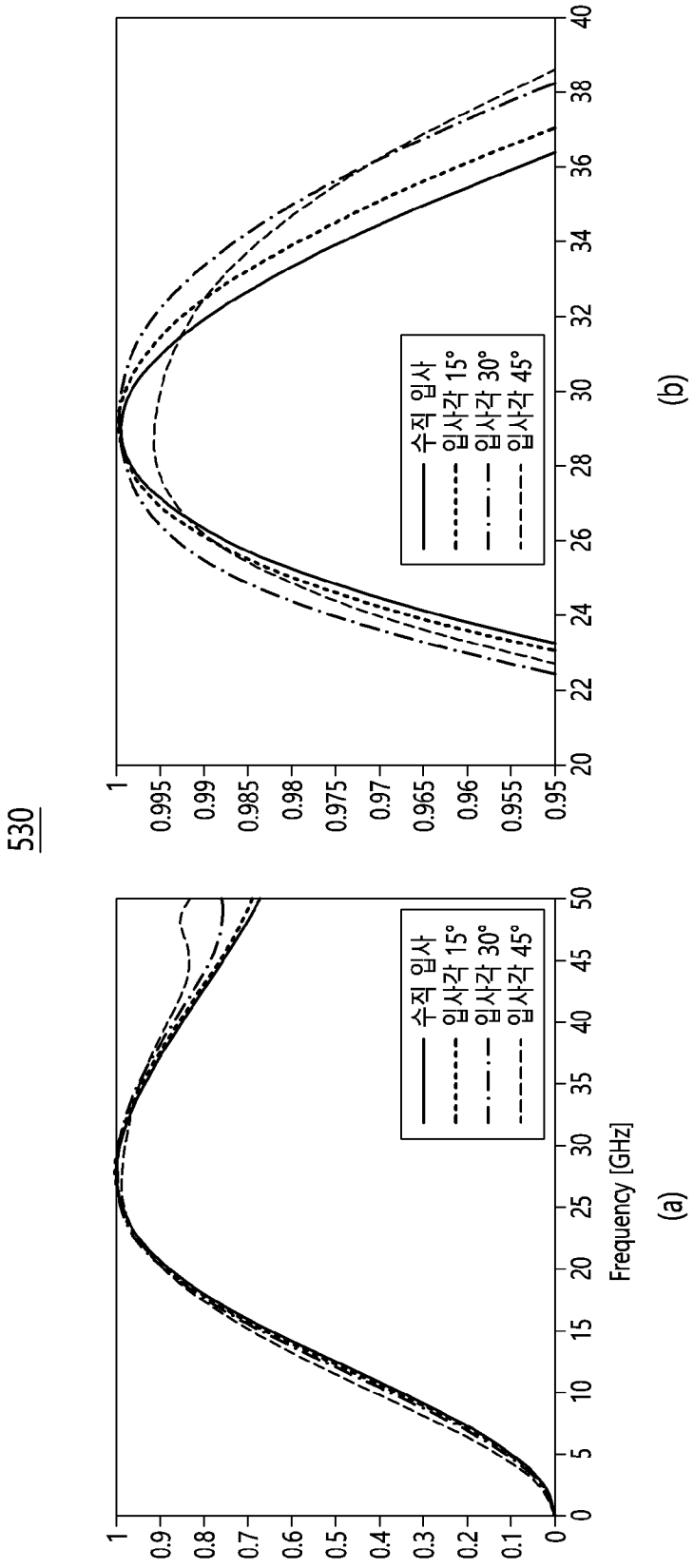
[도5a]


510
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

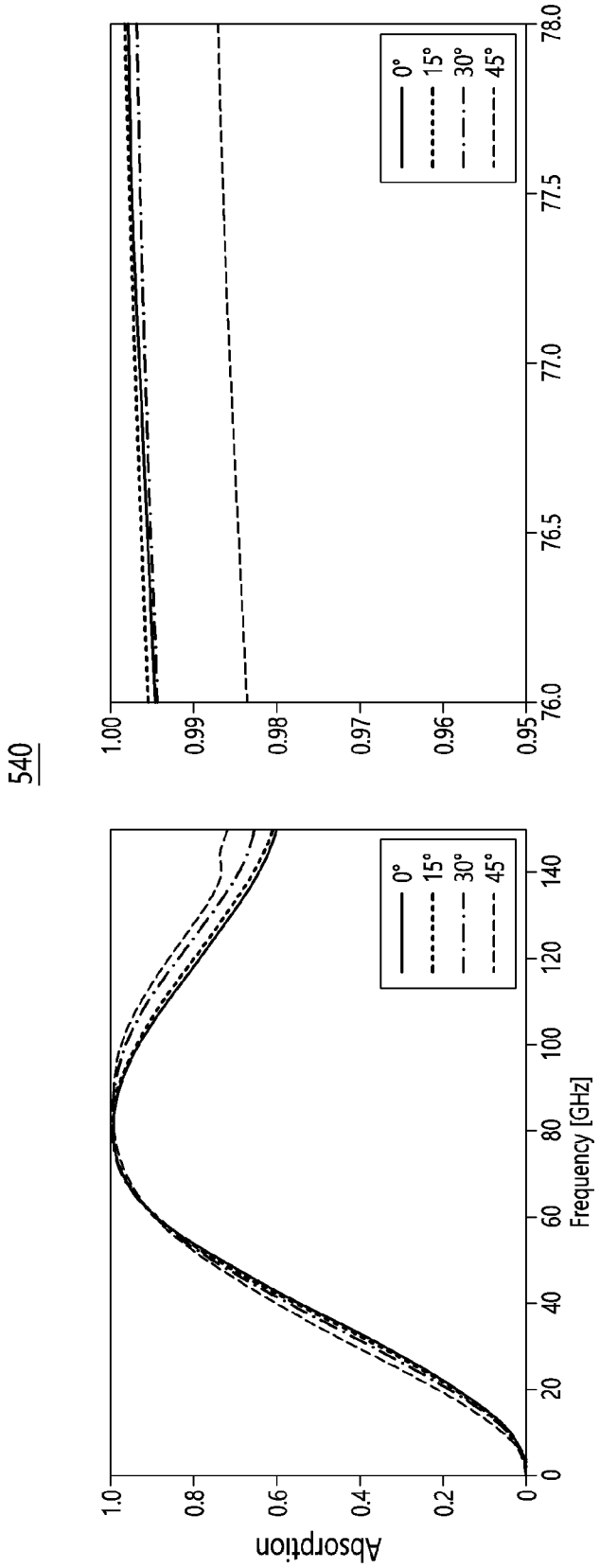
[도5b]


520
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Absorption
0
20
40
60
80
100
120
140
Frequency [GHz]

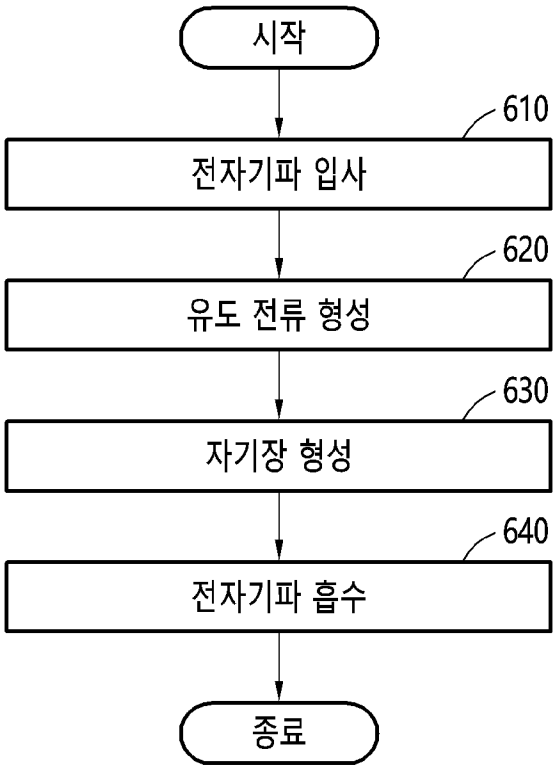
[도5c]



[도5d]


540
Absorption
Frequency [GHz]
0°
15°
30°
45°
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
20
40
60
80
100
120
140
1.00
0.99
0.98
0.97
0.96
0.95
76.0
76.5
77.0
77.5
78.0

[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2023/020500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01Q 17/00(2006.01)i; **H01Q 15/00**(2006.01)i; **H01Q 1/38**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01Q 17/00(2006.01); H01Q 1/24(2006.01); H01Q 1/36(2006.01); H01Q 1/38(2006.01); H01Q 15/00(2006.01); H05K 9/00(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 메타물질(meta material), 흡수(absorption), 저항체층(resistance layer), 금속층(metal layer)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1109530 B1 (MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY, INC.) 09 February 2012 (2012-02-09) See paragraphs [0031]-[0325] and figures 6-7.	1-15
Y	CN 106450795 A (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY) 22 February 2017 (2017-02-22) See paragraphs [0019]-[0027], claims 1 and 4 and figures 1-2(c).	1-8,10
Y	CN 104485515 A (WUHAN ENGINEERING SCIENCE & TECHNOLOGY INSTITUTE) 01 April 2015 (2015-04-01) See paragraph [0015], claim 1 and figure 1.	9-15
A	KR 10-2016-0101290 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 25 August 2016 (2016-08-25) See paragraph [0050], claim 1 and figures 1-4e.	1-15

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
19 March 2024	**19 March 2024**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2010-0046579 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 07 May 2010 (2010-05-07) See claims 1-16 and figures 1a-8.	1-15
PX	KR 10-2023-0103929 A (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 07 July 2023 (2023-07-07) See claims 1-16 and figures 1-20.	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2023/020500

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-1109530 B1	09 February 2012	CN 1922948 A	28 February 2007
		CN 1922948 B	22 June 2011
		EP 1720396 A1	08 November 2006
		EP 1720396 A4	26 December 2007
		JP 2005-277373 A	06 October 2005
		JP 2006-179671 A	06 July 2006
		JP 4375227 B2	02 December 2009
		JP 4461974 B2	12 May 2010
		KR 10-2007-0000483 A	02 January 2007
		US 2008-0212304 A1	04 September 2008
		US 7864095 B2	04 January 2011
		WO 2005-084097 A1	09 September 2005
CN 106450795 A	22 February 2017	CN 106450795 B	05 April 2019
CN 104485515 A	01 April 2015	None	
KR 10-2016-0101290 A	25 August 2016	KR 10-2302165 B1	16 September 2021
		US 2016-0241690 A1	18 August 2016
		US 9960860 B2	01 May 2018
KR 10-2010-0046579 A	07 May 2010	KR 10-0994129 B1	15 November 2010
		KR 10-2010-0083759 A	22 July 2010
		US 2011-0199273 A1	18 August 2011
		WO 2010-050666 A1	06 May 2010
KR 10-2023-0103929 A	07 July 2023	WO 2023-128267 A1	06 July 2023

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2023/020500

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01Q 17/00(2006.01)i; **H01Q 15/00**(2006.01)i; **H01Q 1/38**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01Q 17/00(2006.01); H01Q 1/24(2006.01); H01Q 1/36(2006.01); H01Q 1/38(2006.01); H01Q 15/00(2006.01); H05K 9/00(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 메타물질(meta material), 흡수(absorption), 저항체층(resistance layer), 금속층(metal layer)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1109530 B1 (미츠비시 가스 가가쿠 가부시키가이샤) 2012.02.09 단락 [0031]-[0325] 및 도면 6-7	1-15
Y	CN 106450795 A (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY) 2017.02.22 단락 [0019]-[0027], 청구항 1, 4 및 도면 1-2(c)	1-8,10
Y	CN 104485515 A (WUHAN ENGINEERING SCIENCE & TECHNOLOGY INSTITUTE) 2015.04.01 단락 [0015], 청구항 1 및 도면 1	9-15
A	KR 10-2016-0101290 A (한국전자통신연구원) 2016.08.25 단락 [0050], 청구항 1 및 도면 1-4e	1-15
A	KR 10-2010-0046579 A (한국전자통신연구원) 2010.05.07 청구항 1-16 및 도면 1a-8	1-15
PX	KR 10-2023-0103929 A (한양대학교 산학협력단) 2023.07.07 청구항 1-16 및 도면 1-20	1-8

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2024년03월19일(19.03.2024)	**2024년03월19일(19.03.2024)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관
대한민국 특허청 **(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)**	이강하
팩스 번호 **+82-42-481-8578**	전화번호 **+82-42-481-5003**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2023/020500

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1109530 B1	2012/02/09	CN 1922948 A	2007/02/28
		CN 1922948 B	2011/06/22
		EP 1720396 A1	2006/11/08
		EP 1720396 A4	2007/12/26
		JP 2005-277373 A	2005/10/06
		JP 2006-179671 A	2006/07/06
		JP 4375227 B2	2009/12/02
		JP 4461974 B2	2010/05/12
		KR 10-2007-0000483 A	2007/01/02
		US 2008-0212304 A1	2008/09/04
		US 7864095 B2	2011/01/04
		WO 2005-084097 A1	2005/09/09
CN 106450795 A	2017/02/22	CN 106450795 B	2019/04/05
CN 104485515 A	2015/04/01	없음	
KR 10-2016-0101290 A	2016/08/25	KR 10-2302165 B1	2021/09/16
		US 2016-0241690 A1	2016/08/18
		US 9960860 B2	2018/05/01
KR 10-2010-0046579 A	2010/05/07	KR 10-0994129 B1	2010/11/15
		KR 10-2010-0083759 A	2010/07/22
		US 2011-0199273 A1	2011/08/18
		WO 2010-050666 A1	2010/05/06
KR 10-2023-0103929 A	2023/07/07	WO 2023-128267 A1	2023/07/06