(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월23일
(11) 등록번호 10-2698703
(24) 등록일자 2024년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 1/52 (2018.01) *H01Q 15/00* (2018.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 1/523 (2013.01)
H01Q 15/0086 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0022142
(22) 출원일자 2023년02월20일
심사청구일자 2023년02월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110107348 A*
KR1020120089726 A*
KR1020210085392 A*
KR102206670 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
이두진
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 55호관 421호(퇴촌동)
(74) 대리인
두호특허법인

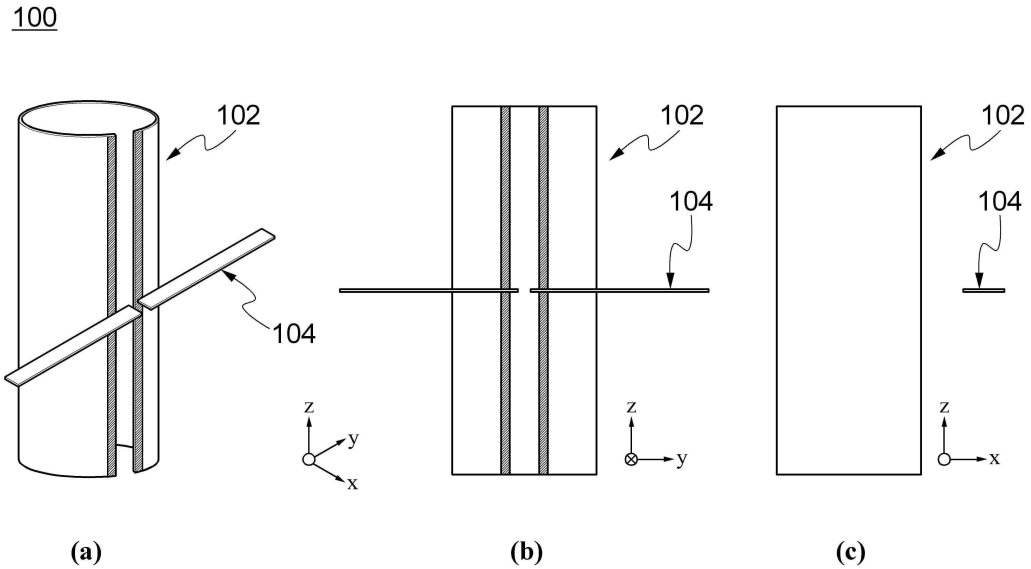
전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 구영회

(54) 발명의 명칭 **상보적 구조의 은폐 안테나 및 이를 구비하는 무선 장치**

(57) 요 약

은폐 안테나 및 이를 구비하는 무선 장치가 개시된다. 개시되는 일 실시예에 따른 은폐 안테나는, 제1 중심 주파수를 가지는 제1 안테나 및 제1 안테나와 인접하여 배치되고, 제1 안테나와 상보적(complementary) 구조를 가지도록 마련되며, 제1 중심 주파수와 다른 제2 중심 주파수를 가지고 제1 안테나와 동작 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련되는 제2 안테나를 포함하며, 제1 안테나 및 제2 안테나는 각각 상호 간 간섭을 방지하는 구조물을 포함한다.

대 표 도



명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 중심 주파수를 가지는 제1 안테나; 및

상기 제1 안테나와 인접하여 배치되고, 상기 제1 안테나와 상보적(complementary) 구조를 가지도록 마련되며, 상기 제1 중심 주파수와 다른 제2 중심 주파수를 가지고 상기 제1 안테나와 동작 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련되는 제2 안테나를 포함하며,

상기 제1 안테나 및 상기 제2 안테나는 각각 상호 간 간섭을 방지하는 구조물을 포함하고,

상기 제1 안테나는, 상기 제2 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시킬 수 있는 역 위상 필드(field)를 표면에 발생시키도록 마련되는 구조물을 포함 하여 상기 제2 안테나에 대해 자신을 은폐시키는 역할을 하고,

상기 제2 안테나는, 상기 제1 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란 전자파를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련되는 구조물을 포함하여 상기 제1 안테나에 대해 자신을 은폐시키는 역할을 하며,

상기 산란장은, 상기 제2 안테나의 동작 주파수 대역에 해당하는 주파수를 가지며 상기 제1 안테나의 방사체에 의해 산란되는 필드이고,

상기 산란 전자파는, 상기 제1 안테나의 동작 주파수 대역에 해당하는 주파수를 가지고 상기 제2 안테나의 방사체에 의해 산란되는 전자파인, 은폐 안테나.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 안테나는,

내부가 비어 있는 실린더 형태의 금속 부재 및 상기 금속 부재의 상단에서 하단까지 일정 폭을 가지고 마련되는 슬롯을 포함하는 제1 방사체; 및

상기 금속 부재의 표면에 마련되는 제1 메타 표면을 포함하는, 은폐 안테나.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제2 안테나는,

상기 슬롯과 상보적인 형상으로 마련되는 제2 방사체; 및

상기 제2 방사체의 표면에 형성되는 제2 메타 표면을 포함하는, 은폐 안테나.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 안테나와 상기 제2 안테나는,

$\lambda_0/15$의 거리 이내에 배치되고, 서로 수직하게 배치되는, 은폐 안테나.

λ_0 : 제1 안테나의 중심 주파수에 의한 파장과 제2 안테나의 중심 주파수에 의한 파장의 평균 파장

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 금속 부재는, 접지면의 역할을 하고,

상기 슬롯의 중심에 급전이 이루어지도록 마련되는, 은폐 안테나.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 제1 메타 표면은,

상기 금속 부재의 표면에서 상기 슬롯의 양측 테두리를 따라 각각 마련되는, 은폐 안테나.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 메타 표면은,

상기 제2 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시킬 수 있는 역위상 필드를 표면에 발생시키도록 마련되는, 은폐 안테나.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1 메타 표면은,

상기 금속 부재의 표면에 형성되는 제1 지지 부재 및 상기 제1 지지 부재 상에 형성되며 단위 패턴이 주기적으로 배열되는 제1 도전층을 포함하며,

상기 제1 메타 표면의 어드미턴스는,

상기 역위상 필드를 표면에 발생시키도록 상기 제1 지지 부재의 유전율, 상기 제1 지지 부재의 높이, 상기 제1 메타 표면의 폭, 및 상기 슬롯의 폭 중 하나 이상이 조절되는, 은폐 안테나.

청구항 10

청구항 4에 있어서,

상기 제2 메타 표면은,

상기 제1 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란 전자파를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련되는, 은폐 안테나.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제2 메타 표면은,

상기 제2 방사체의 표면에 형성되는 제2 지지 부재 및 상기 제2 지지 부재 상에 형성되며 단위 패턴이 주기적으로 배열되는 제2 도전층을 포함하며,

상기 제2 메타 표면의 임피던스는,

상기 역상 전류를 표면에 발생시키도록 상기 제2 지지 부재의 유전율, 상기 제2 지지 부재의 높이, 상기 제2 메타 표면의 폭, 및 상기 단위 패턴 간의 간격 중 하나 이상이 조절되는, 은폐 안테나.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

청구항 1, 청구항 3 내지 청구항 11 중 어느 하나의 항에 기재된 은폐 안테나가 탑재되는 무선 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예는 은폐 안테나 기술과 관련된다.

배 경 기 술

[0003] 최근, 전자 장비는 크기가 점차 소형화되면서 다양한 기능을 제공하기 위해 내부에 탑재되는 안테나의 개수는 증가되는 추세이다. 이 경우, 크기가 제한된 전자 장비 내에 복수 개의 안테나가 설치되게 되므로, 안테나 간의 간섭 문제가 발생하게 되고 이는 전자 장비의 통신 성능을 저하시키게 된다.

[0004] 특히, 동작 주파수 대역이 유사한 안테나들 간의 간섭 문제는 인접되는 안테나 사이의 거리에 따라 매우 큰 영향을 미쳐 안테나의 성능이 저하되는 문제점이 있다. 따라서, 안테나들이 밀집되는 환경에서 동작 주파수 대역이 유사한 안테나들 간의 간섭을 저감시킬 수 있는 방안이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1691868호(2017.01.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예는 상호 인접한 안테나들 간의 간섭을 최소화 할 수 있는 은폐 안테나 및 이를 구비한 무선 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 개시되는 일 실시예에 따른 은폐 안테나는, 제1 중심 주파수를 가지는 제1 안테나; 및 상기 제1 안테나와 인접하여 배치되고, 상기 제1 안테나와 상보적(complementary) 구조를 가지도록 마련되며, 상기 제1 중심 주파수와 다른 제2 중심 주파수를 가지고 상기 제1 안테나와 동작 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련되는 제2 안테나를 포함하며, 상기 제1 안테나 및 상기 제2 안테나는 각각 상호 간 간섭을 방지하는 구조물을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 제1 안테나는, 상기 제2 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시킬 수 있는 역 위상 필드를 표면에 발생시키도록 마련되고, 상기 제2 안테나는, 상기 제1 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란 전자파를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련될 수 있다.

[0011] 상기 제1 안테나는, 내부가 비어 있는 실린더 형태의 금속 부재 및 상기 금속 부재의 상단에서 하단까지 일정 폭을 가지고 마련되는 슬롯을 포함하는 제1 방사체; 및 상기 금속 부재의 표면에 마련되는 제1 메타 표면을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 제2 안테나는, 상기 슬롯과 상보적인 형상으로 마련되는 제2 방사체; 및 상기 제2 방사체의 표면에 형성되는 제2 메타 표면을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 제1 안테나와 상기 제2 안테나는, $\lambda_0/15$의 거리 이내에 배치되고, 서로 수직하게 배치될 수 있다. 여기서, λ_0 : 제1 안테나의 중심 주파수에 의한 파장과 제2 안테나의 중심 주파수에 의한 파장의 평균 파장이다.

[0014] 상기 금속 부재는, 접지면의 역할을 하고, 상기 슬롯의 중심에 급전이 이루어지도록 마련될 수 있다.

[0015] 상기 제1 메타 표면은, 상기 금속 부재의 표면에서 상기 슬롯의 양측 테두리를 따라 각각 마련될 수 있다.

[0016] 상기 제1 메타 표면은, 상기 제2 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시킬 수 있는 역위상 필드를 표면에 발생시키도록 마련될 수 있다.

[0017] 상기 제1 메타 표면은, 상기 금속 부재의 표면에 형성되는 제1 지지 부재 및 상기 제1 지지 부재 상에 형성되며 단위 패턴이 주기적으로 배열되는 제1 도전층을 포함하며, 상기 제1 메타 표면의 어드미턴스는, 상기 역위상 필드를 표면에 발생시키도록 상기 제1 지지 부재의 유전율, 상기 제1 지지 부재의 높이, 상기 제1 메타 표면의 폭, 및 상기 슬롯의 폭 중 하나 이상이 조절될 수 있다.

[0018] 상기 제2 메타 표면은, 상기 제1 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란 전자파를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련될 수 있다.

[0019] 상기 제2 메타 표면은, 상기 제2 방사체의 표면에 형성되는 제2 지지 부재 및 상기 제2 지지 부재 상에 형성되며 단위 패턴이 주기적으로 배열되는 제2 도전층을 포함하며, 상기 제2 메타 표면의 임피던스는, 상기 역상 전류를 표면에 발생시키도록 상기 제2 지지 부재의 유전율, 상기 제2 지지 부재의 높이, 상기 제2 메타 표면의 폭, 및 상기 단위 패턴 간의 간격 중 하나 이상이 조절될 수 있다.

[0020] 개시되는 다른 실시예에 따른 은폐 안테나는, 인접한 다른 안테나와 상호 간섭을 방지하도록 마련되고 상기 다른 안테나와 상보적 구조(complementary)를 가지는 은폐 안테나로서, 내부가 비어 있는 실린더 형태의 금속 부재; 상기 금속 부재의 상단에서 하단까지 일정 폭을 가지고 마련되는 슬롯; 및 상기 금속 부재의 표면에서 상기 슬롯과 인접하여 마련되는 메타 표면을 포함한다.

[0021] 상기 금속 부재는, 접지면의 역할을 하고, 상기 슬롯의 중심에 급전이 이루어지도록 마련될 수 있다.

[0022] 상기 메타 표면은, 상기 금속 부재의 표면에서 상기 슬롯의 양측 테두리를 따라 각각 마련될 수 있다.

[0023] 상기 메타 표면은, 상기 다른 안테나로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시킬 수 있는 역위상 필드를 표면

에 발생시키도록 마련될 수 있다.

[0024] 상기 메타 표면은, 상기 금속 부재의 표면에 형성되는 지지 부재 및 상기 지지 부재 상에 형성되며 단위 패턴이 주기적으로 배열되는 도전층을 포함하며, 상기 메타 표면의 어드미턴스는, 상기 역위상 필드를 표면에 발생시키도록 상기 지지 부재의 유전율, 상기 지지 부재의 높이, 상기 메타 표면의 폭, 및 상기 슬롯의 폭 중 하나 이상이 조절될 수 있다.

발명의 효과

[0026] 개시되는 실시예에 의하면, 무선 장치 내에서 서로 가깝게 배치되고 동작 주파수 대역이 일부 겹치는 제1 안테나 및 제2 안테나 간의 상호 커플링을 최소화하고, 그로 인해 간섭 없이 제1 안테나 및 제2 안테나 각각을 안정적으로 동작시킬 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나를 나타낸 도면

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제1 안테나를 나타낸 도면

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제2 안테나를 나타낸 도면

도 4는 본 발명의 일 실시예에서 제1 방사체 및 제2 방사체를 나타낸 도면

도 5는 본 발명의 일 실시예에서 제1 방사체 및 제2 방사체의 반사계수(S11)와 총 효율(Total Efficiency)을 나타낸 그래프

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 안테나에서 역위상 전기장을 발생시키기 위한 제1 메타표면의 어드미턴스를 산출하는 상태를 나타낸 도면

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 지지 부재의 유전율을 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 메타 표면의 폭을 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 지지 부재의 높이를 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제1 안테나와 제2 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제1 안테나와 제2 안테나의 전자기장 분포를 나타낸 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0030] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 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. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0031] 한편, 상측, 하측, 일측, 타측 등과 같은 방향성 용어는 개시된 도면들의 배향과 관련하여 사용된다. 본 발명의 실시예의 구성 요소는 다양한 배향으로 위치 설정될 수 있으므로, 방향성 용어는 예시를 목적으로 사용되는 것

이지 이를 제한하는 것은 아니다.

[0032] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나를 나타낸 도면이다. 도 1의 (a)는 은폐 안테나의 사시도이고, 도 1의 (b)는 은폐 안테나의 전면도이며, 도 1의 (c)는 은폐 안테나의 측면도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 은폐 안테나(cloaked antenna)(100)는 제1 안테나(102) 및 제2 안테나(104)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 상보적(complementary) 구조를 가지도록 마련될 수 있다.

[0036] 은폐 안테나(100)는 무선 장치에 탑재될 수 있다. 제1 안테나(102) 및 제2 안테나(104)는 무선 장치에서 서로 인접하여 배치될 수 있다. 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 가까운 거리에 서로 인접하여 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 $\lambda_0/15$의 거리 이내에 배치될 수 있다. 여기서, λ_0는 은폐 안테나(100)의 설계된 주파수의 파장일 수 있다. 일 실시예에서, λ_0는 제1 안테나(102)의 중심 주파수에 의한 파장과 제2 안테나(104)의 중심 주파수에 의한 파장의 평균 파장을 의미할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0037] 여기서는, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)가 서로 수직하게 배치되는 것으로 도시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 도 1에서는 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)의 편파 방향이 동일하도록 하기 위해 서로 수직하게 배치하였다. 그러나, 이에 한정되는 것은 아니며 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)의 편파가 교차하도록 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)가 평행하게 배치될 수도 있다.

[0038] 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 가까운 거리에 서로 인접하여 배치되는 관계로, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104) 간에 강한 상호 커플링(mutual coupling)이 발생할 수 있다.

[0039] 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 서로 중심 주파수는 상이하지만, 동작되는 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련될 수 있다. 즉, 제1 안테나(102)의 동작 주파수 대역은 제2 안테나(104)의 동작 주파수 대역과 일부 대역폭을 공유할 수 있다. 마찬가지로, 제2 안테나(104)의 동작 주파수 대역은 제1 안테나(102)의 동작 주파수 대역과 일부 대역폭을 공유할 수 있다. 즉, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 크기에 큰 차이가 없어 중심 주파수는 상이하지만 동작 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련될 수 있다.

[0040] 이와 같이, 무선 장치 내에서 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 서로 인접하여 배치되면서 동작 주파수 대역이 일부 겹치도록 마련되기 때문에, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104) 간에는 강한 상호 커플링이 발생되는 상황일 수 있다.

[0041] 여기서, 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)는 각각 상대방에 의한 산란장(scattering field) 또는 산란 전자파를 상쇄시키도록 마련될 수 있다. 예를 들어, 제1 안테나(102)는 제2 안테나(104)로부터 입사되는 파가 도달하면 입사된 파의 산란장을 상쇄시킬 수 있는 반대의 필드(field)(역위상의 전기장 또는 자기장)를 표면에 발생시키도록 마련되어 제2 안테나(104)에 대해 자신을 은폐(cloak) 시키는 역할을 하게 되며, 그로 인해 자신의 안테나 성능을 안정적으로 유지하게 된다.

[0042] 구체적으로, 제1 안테나(102)는 제2 안테나(104)의 중심 주파수를 가지는 파가 입사될 때, 제2 안테나(104)의 동작 주파수 대역에 해당하는 주파수를 가지며 제1 안테나(102)의 방사체에 의해 산란되는 필드(이하, 산란장으로 지칭할 수 있음)를 상쇄시킬 수 있는 역 위상을 가지는 필드(전기장 또는 자기장)를 표면에 발생시킬 수 있다.

[0043] 또한, 제2 안테나(104)는 제1 안테나(102)로부터 입사되는 전자파를상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련되어 제1 안테나(102)에 대해 자신을 은폐시키는 역할을 할 수 있고, 그로 인해 자신의 안테나 성능을 안정적으로 유지하게 된다.

[0044] 구체적으로, 제2 안테나(104)는 제1 안테나(102)의 중심 주파수를 가지는 파가 입사될 때, 제1 안테나(102)의 동작 주파수 대역에 해당하는 주파수를 가지며 제2 안테나(104)의 방사체에 의해 산란되는 전자파(이하, 산란 전자파로 지칭할 수 있음)를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시킬 수 있다.

[0045] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제1 안테나를 나타낸 도면이다. 도 2를 참조하면, 제1 안테나(102)는 제1 방사체(111) 및 제1 메타 표면(113)을 포함할 수 있다.

[0046] 제1 방사체(111)는 금속 부재(111a) 및 슬롯(111b)을 포함할 수 있다. 금속 부재(111a)는 내부가 비어 있는 실린더 형태로 마련될 수 있다. 금속 부재(111a)는 접지면의 역할을 할 수 있다. 즉, 후술하는 바와 같이, 슬롯(111b)이 제2 방사체(121)와 상보적인 구조로 이루어지고, 슬롯(111b)을 통해 전파가 방사될 때, 금속 부재(111a)는 접지면의 역할을 하게 된다.

[0047] 슬롯(111b)은 금속 부재(111a)의 일부가 제거되어 마련될 수 있다. 금속 부재(111a)에 형성되는 슬롯(111b)은 방사체의 역할을 할 수 있다. 즉, 제1 안테나(102)는 슬롯(111b)을 통해 전파가 방사되는 슬롯 안테나일 수 있다. 제1 방사체(111)는 슬롯(111b)을 통해 제1 안테나(102)의 설계된 주파수 대역에서 동작하도록 마련될 수 있다. 이때, 슬롯(111b)의 중심에 급전이 이루어질 수 있다.

[0048] 슬롯(111b)은 제2 안테나(104)와 상보적인 형상을 가지도록 마련될 수 있다. 일 실시예에서, 슬롯(111b)은 금속 부재(111a)의 높이 방향을 따라 마련될 수 있다. 슬롯(111b)은 금속 부재(111a)의 상단에서 하단까지 일정 폭으로 금속 부재(111a)가 제거되어 마련될 수 있다. 즉, 슬롯(111b)은 일정 폭을 가지는 개구의 형태로 마련되며, 금속 부재(111a)의 상단에서 하단에 이르기까지 마련될 수 있다.

[0049] 제1 메타 표면(113)은 제1 방사체(111)의 표면에 마련될 수 있다. 제1 메타 표면(113)은 제1 방사체(111)의 표면에서 슬롯(111b)의 테두리를 따라 마련될 수 있다. 이때, 제1 메타 표면(113)은 슬롯(111b)의 양측 테두리를 따라 각각 마련될 수 있다.

[0050] 여기서, 메타 표면(meta surface)은 메타 물질로 이루어지는 표면을 의미하며, 메타 물질은 일반적인 자연에서는 찾을 수 없는 특수한 전자기적 특성을 갖도록 인공적으로 설계된 물질 또는 전자기적 구조를 말한다. 메타 물질은 유전율(Permitivity) 및 투자율(Permeability) 중 하나 이상이 음수(negative)인 물질 또는 전자기적 구조를 의미할 수 있다.

[0051] 제1 메타 표면(113)은 제1 방사체(111)의 표면에 형성되는 제1 지지 부재 및 제1 지지 부재 상에 형성되는 제1 도전층을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 지지 부재는 제1 도전층을 지지하면서 제1 도전층과 제1 방사체(111) 간의 절연을 위한 것일 수 있다. 제1 도전층에는 제1 도전층의 일부가 제거되어 제1 지지 부재가 노출되도록 형성되는 단위 패턴이 주기적으로 배열될 수 있다.

[0052] 여기서, 단위 패턴은 사각 패턴, 삼각 패턴, 스트라이프 패턴, 육각 패턴, 및 원형 패턴 등 다양한 모양의 패턴이 될 수 있다. 단위 패턴은 다양한 모양으로 형성할 수 있으나, 단위 패턴을 통해 형성되는 전기적 특성은 은폐하려고 하는 물체(여기서는 제2 안테나(104))의 전기적 특성과 반대되는 특성을 가지도록 마련될 수 있다. 즉, 제1 메타 표면(113)의 리액턴스 성분을 은폐 대상체의 전기적 특성과 반대로 설계하여 전기장 및 자기장이 서로 상쇄되도록 할 수 있다.

[0053] 제1 메타 표면(113)은 제2 안테나(104)로부터 입사되어 기인하는 산란장을 상쇄시키도록 마련될 수 있다. 즉, 제2 안테나(104)로부터 횡전계(Transverse Electric: TE) 편파가 z축(높이 방향의 축)에 입사된다고 할 때, 제1 메타 표면(113)은 슬롯(111b)의 가장 자리 주변에 역전계(reverse E-field)를 유도하여 접선 자기장이 산란장의 반대 방향으로 생성되고, 그로 인해 산란장을 상쇄하여 제거할 수 있게 된다. 이는 다음 수학식 1을 통해 나타낼 수 있다.

[0054] (수학식 1)

[0055] $$\vec{H}_{meta} = Y_{meta} \cdot (\vec{E}_{meta}) = -\vec{H}_{scat}$$

[0056] $\vec{H}_{meta}$: 제1 메타 표면에 생성되는 자기장

[0057] Y_{meta} : 제1 메타 표면의 어드미턴스

[0058] $\vec{E}_{meta}$: 제1 메타 표면의 전기장

[0059] $\vec{H}_{scat}$: 제1 방사체로부터 산란되는 자기장

[0060] 여기서, $\vec{E}_{meta} = -\vec{E}_{scat}$ 이다. $\vec{E}_{scat}$ 는 제1 방사체로부터 산란되는 전기장일 수 있다. 이를 통해, 제1 안테나(10

2)는 제2 안테나(104)에 대해 은폐될 수 있다. 제1 메타 표면(113)에 의한 은폐 주파수는 제1 지지 부재의 유전율, 제1 지지 부재의 높이, 슬롯(111b)의 폭, 및 제1 메타 표면(113)의 폭 등에 의해 조절될 수 있다.

[0061] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나에서 제2 안테나를 나타낸 도면이다. 도 3을 참조하면, 제2 안테나(104)는 제2 방사체(121) 및 제2 메타 표면(123)을 포함할 수 있다.

[0062] 제2 방사체(121)는 전파를 방사하도록 마련된다. 제2 방사체(121)는 제2 안테나(104)의 설계된 주파수 대역에서 동작하도록 마련될 수 있다. 제2 방사체(121)는 도전성 재질로 이루어질 수 있다.

[0063] 또한, 제2 방사체(121)는 슬롯(111b)과 상보적인 형상으로 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 제2 방사체(121)는 평면 다이폴 형상으로 이루어질 수 있다. 이때, 제2 방사체(121)의 폭과 길이는 슬롯(111b)의 폭과 길이와 동일하게 마련될 수 있다. 즉, 평면 다이폴 형상의 제2 방사체(121)에 대한 상보적인 구조를 형성하기 위해, 제1 안테나(102)에서 금속 부재(111a)를 실린더 형상의 접지면으로 구성하고, 금속 부재(111a)에 제2 방사체(121)와 대응되는 형상의 슬롯(111b)을 마련한 것이다.

[0064] 제2 메타 표면(123)은 제2 방사체(121)의 표면에 마련될 수 있다. 일 실시예에서, 제2 메타 표면(123)은 제2 방사체(121)의 가장 자리를 따라 마련될 수 있다. 제2 메타 표면(123)은 제2 방사체(121)의 양측 가장 자리를 따라 각각 마련될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0065] 제2 메타 표면(123)은 제2 방사체(121)의 표면에 형성되는 제2 지지 부재 및 제2 지지 부재 상에 형성되는 제2 도전층을 포함할 수 있다. 여기서, 제2 지지 부재는 제2 도전층을 지지하면서 제2 도전층과 제2 방사체(121) 간의 절연을 위한 것일 수 있다. 제2 도전층에는 제2 도전층의 일부가 제거되어 제2 지지 부재가 노출되도록 형성되는 단위 패턴이 주기적으로 배열될 수 있다.

[0066] 여기서, 단위 패턴은 사각 패턴, 삼각 패턴, 스트라이프 패턴, 육각 패턴, 및 원형 패턴 등 다양한 모양의 패턴이 될 수 있다. 단위 패턴은 다양한 모양으로 형성할 수 있으나, 단위 패턴을 통해 형성되는 전기적 특성은 은폐하려고 하는 물체(여기서는 제1 안테나(102))의 전기적 특성과 반대되는 특성을 가지도록 마련될 수 있다. 즉, 제2 메타 표면(123)의 리액턴스 성분을 은폐 대상체의 전기적 특성과 반대로 설계하여 전기장 및 자기장이 서로 상쇄되도록 할 수 있다.

[0067] 제2 메타 표면(123)은 제1 안테나(102)로부터 입사되어 기인하는 산란 전자파를 상쇄시키도록 마련될 수 있다. 즉, 제1 안테나(102)로부터 횡자계(Transverse Magnetic: TM)파가 z축(높이 방향의 축)에 입사된다고 할 때, 제2 메타 표면(125)은 제1 안테나(102)와 간섭을 일으키는 주파수에 해당하는 산란 전자파(제2 방사체(121)에 의해 산란되는 전자파)를 상쇄시킬 수 있는 역상 전류를 표면에 발생시키도록 마련될 수 있다. 이는 하기 수학식 2를 통해 나타낼 수 있다.

[0068] (수학식 2)

[0069] $$\vec{E}_{meta} = Z_{meta} \cdot (\vec{J}_{meta}) = -\vec{E}_{scat}$$

[0070] $\vec{E}_{meta}$: 제2 메타 표면에서 생성되는 전기장

[0071] Z_{meta} : 제2 메타 표면의 임피던스

[0072] $\vec{J}_{meta}$: 제2 메타 표면의 전류 밀도

[0073] $\vec{E}_{scat}$: 제2 방사체로부터 산란되는 전기장

[0074] 여기서, $\vec{J}_{meta} = -\vec{J}_{scat}$ 이다. $\vec{J}_{scat}$ 는 제2 방사체로부터 산란되는 전류 밀도일 수 있다. 이를 통해, 제2 안테나(104)는 제1 안테나(102)에 대해 은폐될 수 있다. 제2 메타 표면(123)에 의한 은폐 주파수는 제2 지지 부재의 유전율, 제2 지지 부재의 높이, 및 제2 메타 표면(123)에서 단위 패턴 간 간격 등에 의해 조절될 수 있다.

[0076] 한편, 도 4는 본 발명의 일 실시예에서 제1 방사체(111) 및 제2 방사체(121)를 나타낸 도면이다. 즉, 도 4는 제1 메타 표면(113) 및 제2 메타 표면(123)이 형성되어 있지 않은 제1 방사체(111) 및 제2 방사체(121)를 나타낸 도면이다. 여기서, 제2 방사체(121)의 길이 L_d = 43㎜이고, 폭 W_d = 3.5㎜이다. 또한, 제1 방사체(111)의 슬롯(111b)의 길이 L_s 및 폭 W_s도 각각 43㎜, 3.5㎜이다.

[0077] 도 5는 본 발명의 일 실시예에서 제1 방사체(111) 및 제2 방사체(121)의 반사계수(S11)와 총 효율(Total Efficiency)을 나타낸 그래프이다. 도 5는 메타 표면 없이 제1 방사체(111) 및 제2 방사체(121)만 있는 경우(즉, 은폐되지 않은(Uncloaked) 상태)의 반사 계수와 총 효율을 나타낸 것이다.

[0078] 도 5를 참조하면, 은폐되지 않은 상태의 제1 방사체(111)는 3.3GHz에서 총 효율이 가장 높고, 은폐되지 않은 상태의 제2 방사체(121)는 3.1GHz에서 총 효율이 가장 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그리고, 제1 방사체(111)는 약 3.1 ~ 3.6GHz 대역에서도 반사 계수가 -10dB이하이어서 제2 방사체(121)의 동작 주파수 대역에 포함되는 것을 볼 수 있다. 또한, 제2 방사체(121)는 약 2.9 ~ 3.3 GHz 대역에서도 반사 계수가 -10dB이하이어서 제1 방사체(111)의 동작 주파수 대역에 포함되는 것을 볼 수 있다.

[0079] 이와 같이, 은폐되지 않은 상태의 제1 방사체(111)와 제2 방사체(121)는 서로 가까운 거리에 인접해 있으면서 동작 주파수 대역이 서로 겹치기 때문에, 강한 상호 커플링이 발생하게 된다. 따라서, 제1 방사체(111)에 제1 메타 표면(113)을 형성하고, 제2 방사체(121)에 제2 메타 표면(123)을 형성함으로써, 제1 방사체(111)와 제2 방사체(121) 간의 커플링을 최소화 시키게 된다.

[0080] 여기서, 제1 메타 표면(113)이 제1 산란장을 상쇄시키기 위한 역위상 전기장을 발생시키기 위해, 제1 지지 부재의 유전율, 제1 지지 부재의 높이, 제1 메타 표면(113)의 폭, 및 슬롯(111b)의 폭 중 하나 이상을 조절하여 제1 메타 표면(113)의 어드미턴스를 조절할 수 있다.

[0082] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 안테나에서 역위상 자기장을 발생시키기 위한 제1 메타표면의 어드미턴스를 산출하는 상태를 나타낸 도면이다. 도 6에서 E는 전기장, H는 자기장, , meta는 메타 표면을나타낸다.

[0083] 도 6을 참조하면, 제2 안테나(104)로부터 횡전계(Transverse Electric: TE) 편파가 z축(높이 방향의 축)에 입사된다고 할 때, 제1 메타 표면(113)은 슬롯(111b)의 가장 자리 주변에 역전계(reverse E-field)($-\vec{E}_{meta}$)를 유도하여 접선 자기장이 산란장($\vec{H}_{scat}$)의 반대 방향으로 생성되며, 그로 인해 산란장($\vec{H}_{scat}$)을 상쇄하여 제거할 수 있게 된다. 이는 위의 수학식 1($\vec{H}_{meta} = Y_{meta} \cdot (\vec{E}_{meta}) = -\vec{H}_{scat}$)에서 본 바와 같다.

[0084] 여기서, 제1 메타 표면(113)의 어드미턴스(Y_{meta})는 하기 수학식 3으로 나타낼 수 있다.

[0085] (수학식 3)

[0086] $$Y_{meta} = j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right), \text{ where } \omega = 2\pi\frac{c_0}{\lambda\sqrt{\varepsilon_r}}$$

[0087] L : 메타 표면의 총 인덕턴스

[0088] C : 메타 표면의 총 커패시턴스

[0089] c_0 : 공기 중에서 빛의 속도

[0090] λ : 안테나의 파장

[0091] ε_r : 지지 부재의 유전율

[0092] 이때, 메타 표면의 총 인덕턴스(L) 및 총 커패시턴스(C)는 메타 표면을 지지하는 지지부재의 유전율과 높이, 메타 표면의 폭, 및 슬롯의 폭 등에 의해 결정될 수 있다. 즉, 메타 표면을 지지하는 지지부재의 유전율과 높이, 메타 표면의 폭, 및 슬롯의 폭을 조절함으로써, 메타 표면에 입사되는 전자파에 대해 역위상 전기장을 발생하도록 메타 표면의 어드미턴스를 조절할 수 있게 된다. 지지부재의 유전율과 높이, 메타 표면의 폭, 및 슬롯의 폭 조절은 하나의 파라미터의 값을 변경할 때 다른 나머지 파라미터의 값은 고정한 상태에서 수행될 수 있다.

[0093] 한편, $Y_{meta.} = G_{meta} + jB_{meta}$ 으로 나타낼 수 있으며, G_{meta} 는 메타 표면의 컨덕턴스이고, B_{meta}는 메타 표면의 서셉턴스이다. 여기서, G_{meta} 는 메타 표면이 Lossless인 것을 가정하면 거의 0의 값을 가지게 된다. 이때, 역위상의 산란장을 유도하게 하는 성분은 B_{meta} 이 된다. 예를 들어, 은폐 대상이 유전체가 주 성분이라면 메타 표면은 리액턴스 성분이 양의 값을 갖도록 설계할 수 있으며, 은폐 대상이 금속이 주 성분이라면 메타 표면은 리액턴스 성분이 음의 값을 갖도록 설계할 수 있다.

[0094] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 지지 부재의 유전율을 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프이다. 여기서, 지지 부재의 유전율(ε_r)은 17에서 22까지 변경하였는데, 지지 부재의 유전율이 증가할수록 반사계수 및 총 효율이 점점 낮은 주파수로 이동하여 안테나의 은폐 주파수(cloaked frequency)가 낮아지는 것을 볼 수 있다.

[0095] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 메타 표면의 폭을 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프이다. 여기서, 메타 표면의 폭은 0.4mm에서 0.8mm로 0.1mm씩 증가시켰는데, 메타 표면의 폭이 증가할수록 반사계수 및 총 효율이 점점 낮은 주파수로 이동하여 안테나의 은폐 주파수가 낮아지는 것을 볼 수 있다.

[0096] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 메타 표면에서 지지 부재의 높이를 변화시킴에 따른 안테나의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프이다. 여기서, 지지 부재의 높이는 0.2mm에서 0.5mm로 0.1mm씩 증가시켰는데, 지지 부재의 높이가 증가할수록 반사계수 및 총 효율이 점점 낮은 주파수로 이동하여 안테나의 은폐 주파수가 낮아지는 것을 볼 수 있다.

[0098] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나(100)에서 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)의 반사계수와 총 효율을 나타낸 그래프이다. 제1 안테나(102)에는 제1 메타 표면(113)이 적용되었고, 제2 안테나(104)에는 제2 메타 표면(123)이 적용된 상태이다. 여기서, CGCSA는 제1 안테나(102)를 나타내고, CPDA는 제2 안테나(104)를 나타낸다.

[0099] 도 10을 참조하면, 은폐된 제1 안테나(102)는 약 3.3GHz에서 동작하지만, 제2 안테나(104)의 동작 주파수 대역인 3 ~ 3.2GHz에서는 반사계수가 -10dB 이상이고 총 효율도 굉장히 낮아져 안테나로 동작되지 않는 것을 볼 수 있다. 또한, 은폐된 제2 안테나(104)는 약 3.1GHz에서 동작하지만, 제1 안테나(102)의 동작 주파수 대역인 3.2 ~ 3.4GHz에서는 반사계수가 -10dB 이상이고 총 효율도 굉장히 낮아져 안테나로 동작되지 않는 것을 볼 수 있다.

[0101] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 은폐 안테나(100)에서 제1 안테나(102)와 제2 안테나(104)의 전자기장 분포를 나타낸 도면이다. 도 11의 (a)는 약 3.1GHz에서 제1 안테나(102)의 전자기장 분포를 나타낸 것이고, 도 11의 (b)는 약 3.25GHz에서 제1 안테나(102)의 전자기장 분포를 나타낸 것이며, 도 11의 (c)는 약 3.1GHz에서 제2 안테나(104)의 전자기장 분포를 나타낸 것이고, 도 11의 (d)는 약 3.25GHz에서 제2 안테나(104)의 전자기장 분포를 나타낸 것이다.

[0102] 도 11의 (b) 및 (c)를 참조하면, 제1 안테나(102) 및 제2 안테나(104)는 각각 자신의 중심 주파수인 약 3.25GHz 및 약 3.1GHz에서 강한 산란장으로 인해 전기장이 심하게 교란되는 것을 볼 수 있다.

[0103] 반면, 도 11의 (a) 및 (d)를 참조하면, 제1 안테나(102) 및 제2 안테나(104)는 각각 상대방의 동작 주파수 대역인 약 3.1GHz 및 약 3.25GHz에서 거의 균일하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

[0104] 즉, 제1 안테나(102)에 제2 안테나(104)로부터 전자파가 입사되는 경우, 입사된 전자파가 제1 방사체(111)에서 산란되는 필드가 제1 메타 표면(115)에서 발생되는 역위상 전기장에 의해 상쇄되기 때문에, 제2 안테나(104)의 동작 주파수 대역인 3.1GHz에서 제1 안테나(102)의 전자기장은 균일하게 나타나 외부에서 보면 투명 망토처럼 (은폐 된 것처럼) 보이게 된다.

[0105] 또한, 제2 안테나(104)에 제1 안테나(102)로부터 전자파가 입사되는 경우, 입사된 전자파가 제2 방사체(121)에서 산란되는 필드가 제2 메타 표면(125)에서 발생되는 역위상 전기장에 의해 상쇄되기 때문에, 제1 안테나(102)의 동작 주파수 대역인 3.25GHz에서 제2 안테나(104)의 전자기장은 균일하게 나타나 외부에서 보면 투명 망토처럼 보이게 된다.

[0107] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0109] 100 : 은폐 안테나

102 : 제1 안테나

104 : 제2 안테나

111 : 제1 방사체

111a : 금속 부재

111b : 슬롯

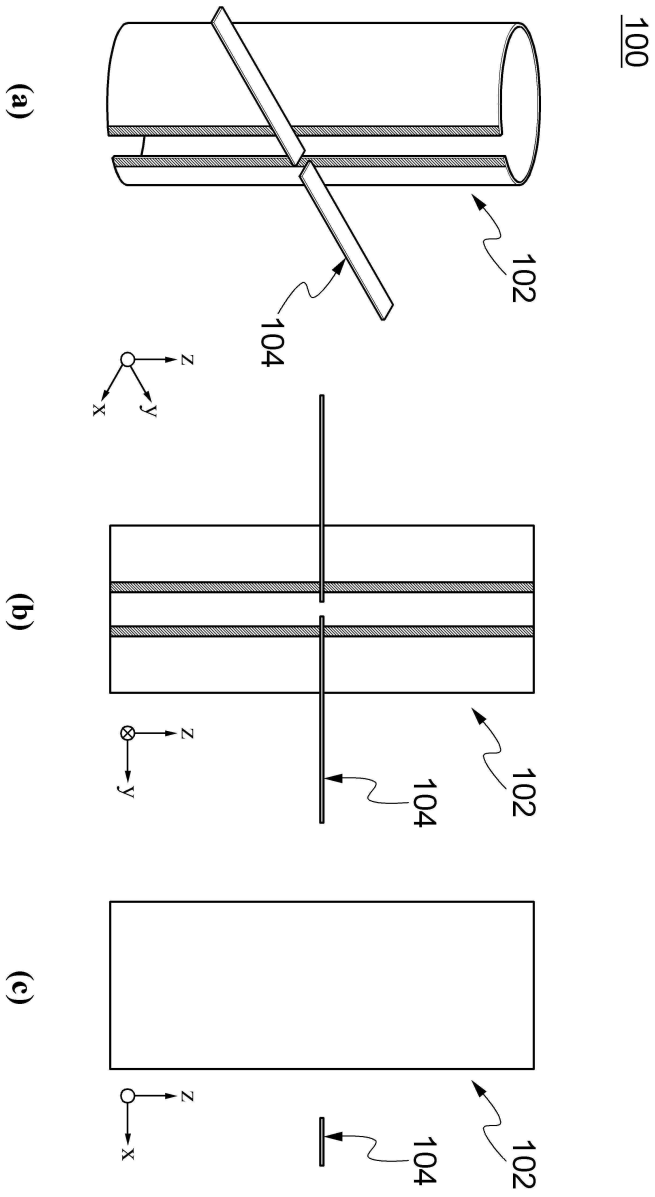
113 : 제1 메타 표면

121 : 제2 방사체

123 : 제2 메타 표면

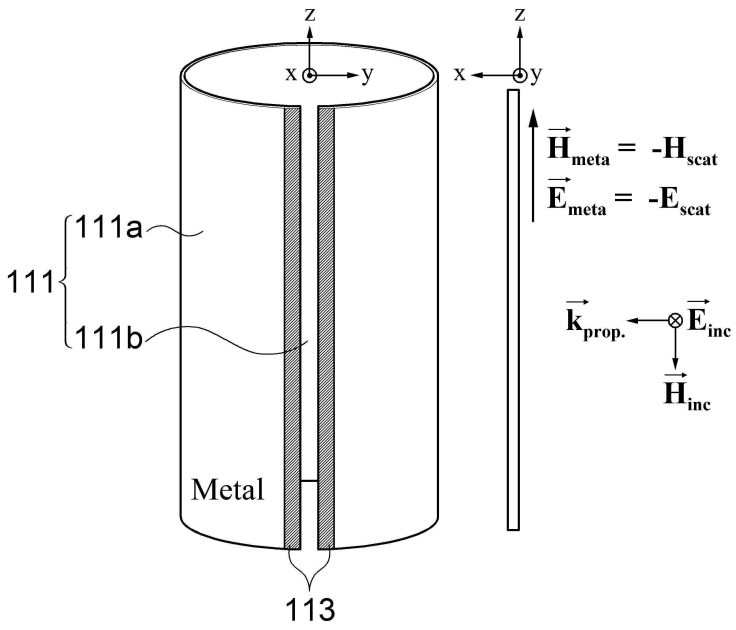
도면

도면1



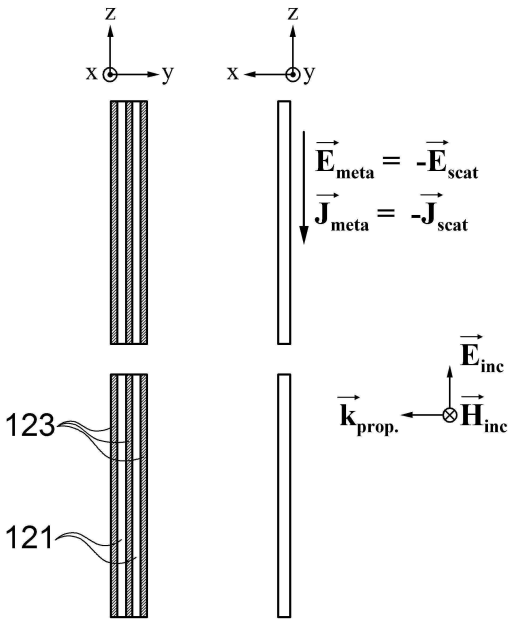
도면2

102

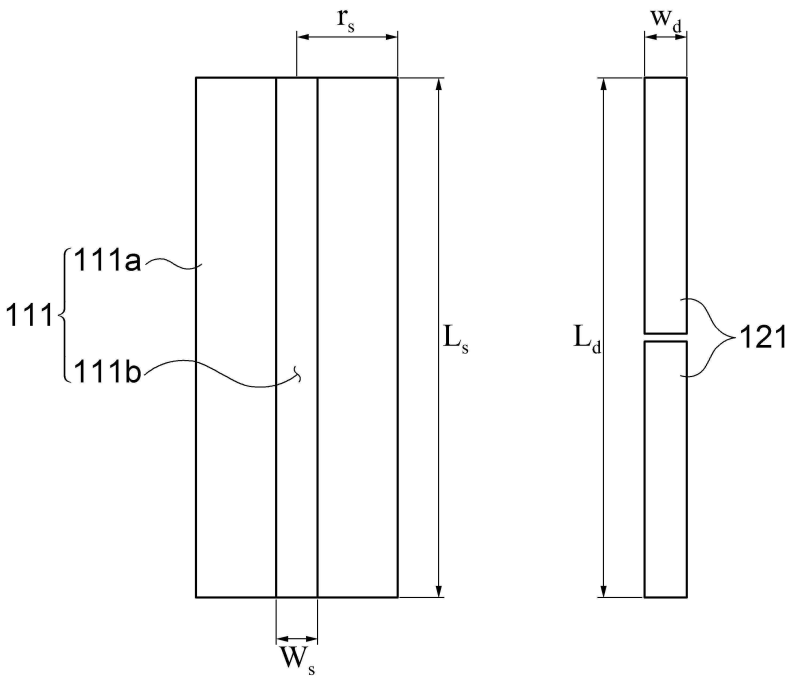


도면3

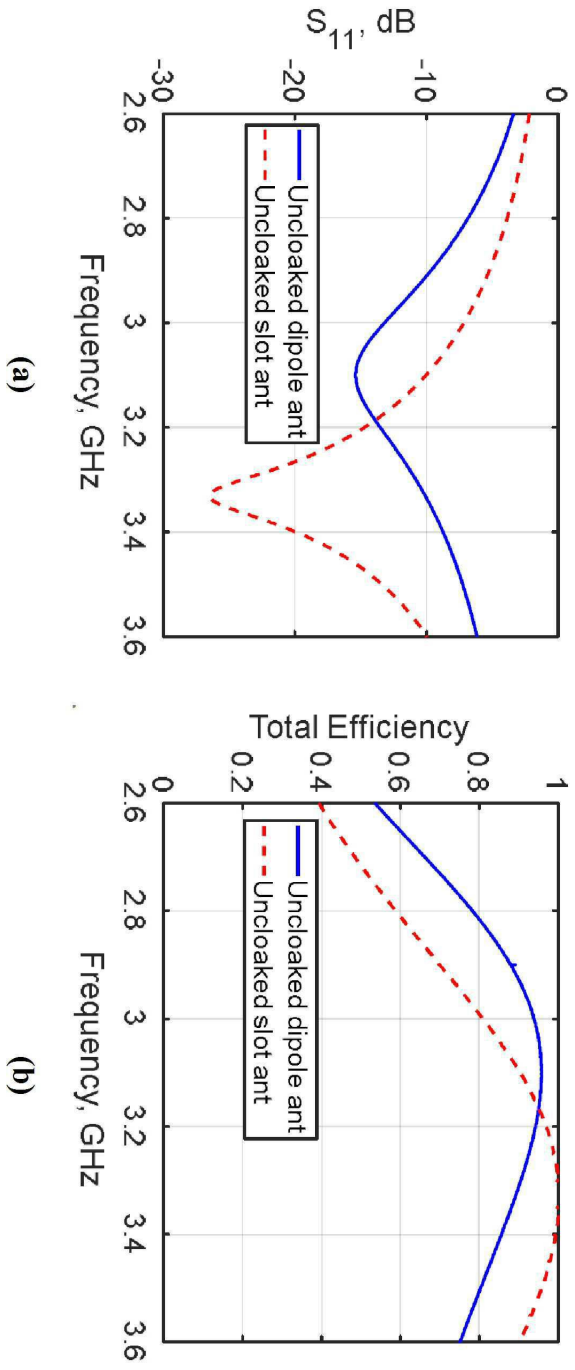
104



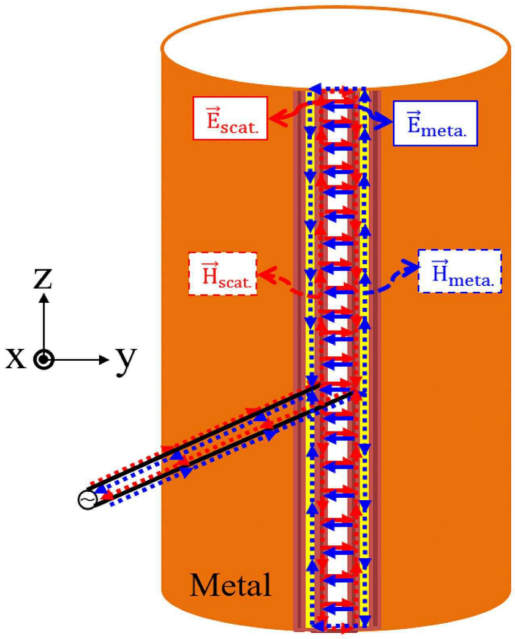
도면4



도면5


(a)
S11, dB
-30
-20
-10
0
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
Frequency, GHz
Uncloaked dipole ant
Uncloaked slot ant
(b)
Total Efficiency
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
Frequency, GHz
Uncloaked dipole ant
Uncloaked slot ant

도면6

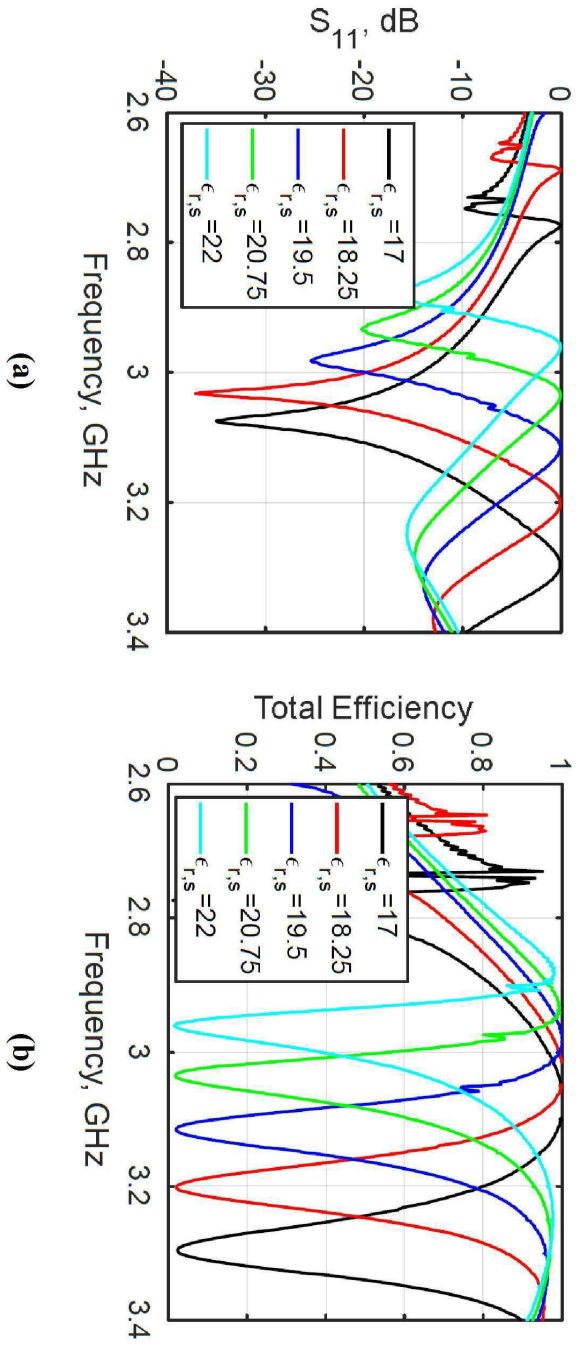


$$\vec{H}_{meta} = Y_{meta} \cdot (\vec{E}_{meta}) = -\vec{H}_{scat}$$

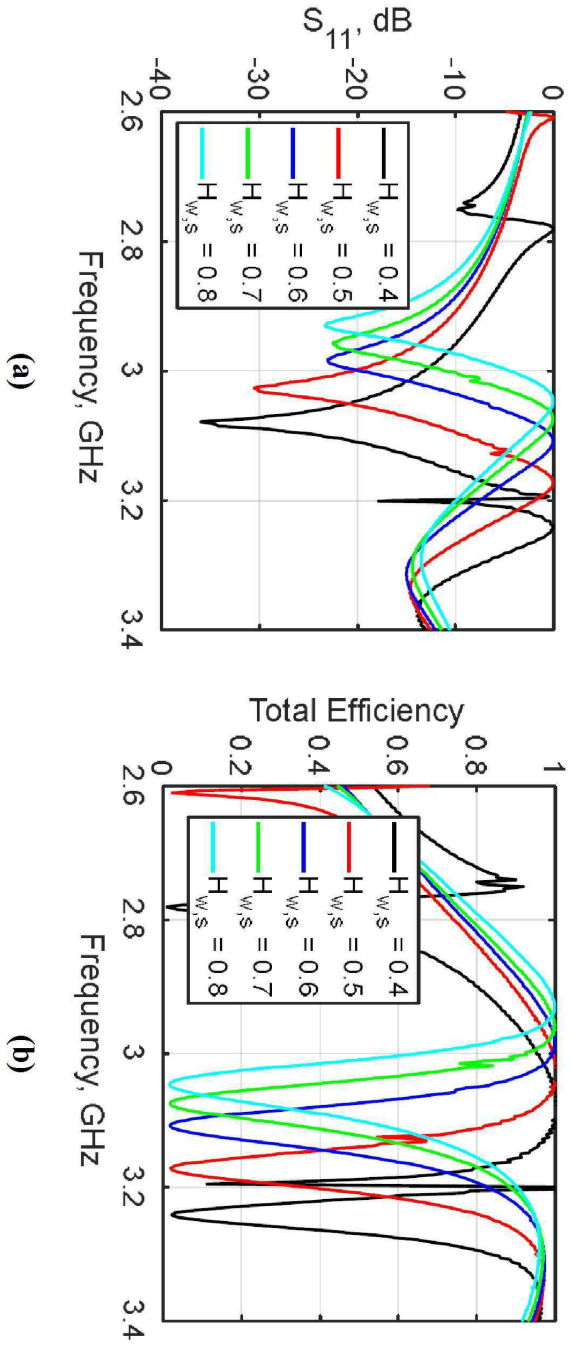
$$* Y_{meta} = f(L, C, \varepsilon_r)$$

$$= j\left(\omega L - \frac{1}{\omega c}\right), \text{where } \omega = 2\pi \frac{c_0}{\lambda\sqrt{\varepsilon_r}}$$

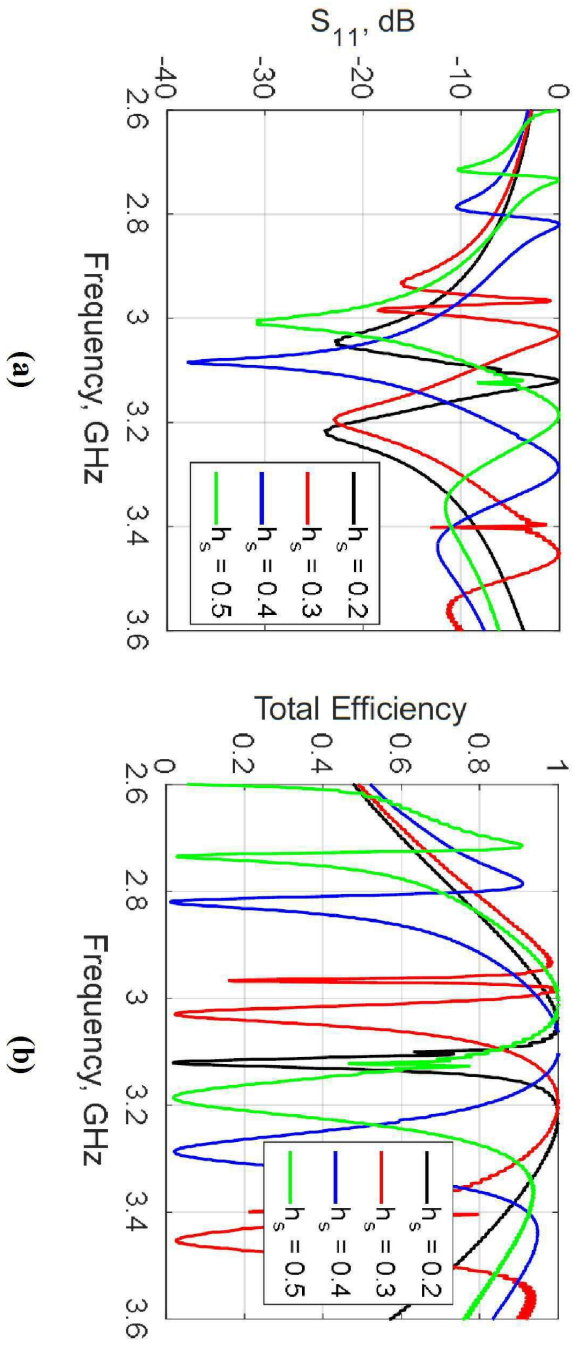
도면7


(a)
S11, dB
Frequency, GHz
εr,s=17
εr,s=18.25
εr,s=19.5
εr,s=20.75
εr,s=22
(b)
Total Efficiency
Frequency, GHz
εr,s=17
εr,s=18.25
εr,s=19.5
εr,s=20.75
εr,s=22

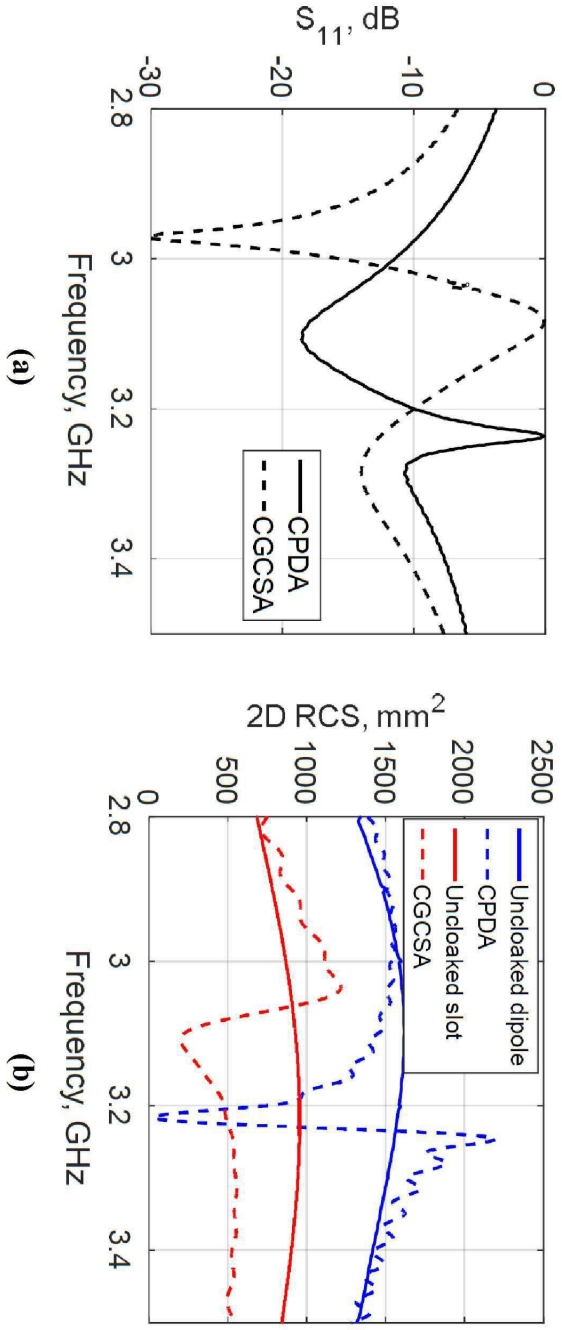
도면8


(a)
S11, dB
-40
-30
-20
-10
0
2.6
2.8
3
3.2
3.4
Frequency, GHz
Hw,s = 0.4
Hw,s = 0.5
Hw,s = 0.6
Hw,s = 0.7
Hw,s = 0.8
(b)
Total Efficiency
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
2.6
2.8
3
3.2
3.4
Frequency, GHz
Hw,s = 0.4
Hw,s = 0.5
Hw,s = 0.6
Hw,s = 0.7
Hw,s = 0.8

도면9


(a)
S11, dB
-40
-30
-20
-10
0
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
Frequency, GHz
hs = 0.2
hs = 0.3
hs = 0.4
hs = 0.5
(b)
Total Efficiency
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
Frequency, GHz
hs = 0.2
hs = 0.3
hs = 0.4
hs = 0.5

도면10


(a)
S11, dB
-30
-20
-10
0
2.8
3
3.2
3.4
Frequency, GHz
CPDA
CGCSA
(b)
2D RCS, mm2
0
500
1000
1500
2000
2500
2.8
3
3.2
3.4
Frequency, GHz
Uncloaked dipole
CPDA
Uncloaked slot
CGCSA

도면11

