



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0070498
(43) 공개일자 2012년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01Q 1/38 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0132913

(22) 출원일자 2011년12월12일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

1020100131541 2010년12월21일 대한민국(KR)

기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지

도

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)

(72) 발명자

엄순영

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 211동 802호
(전민동, 엑스포아파트)

전순익

대전광역시 유성구 지족동 반석마을아파트
208-1401

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 신성

전체 청구항 수 : 총 10 항

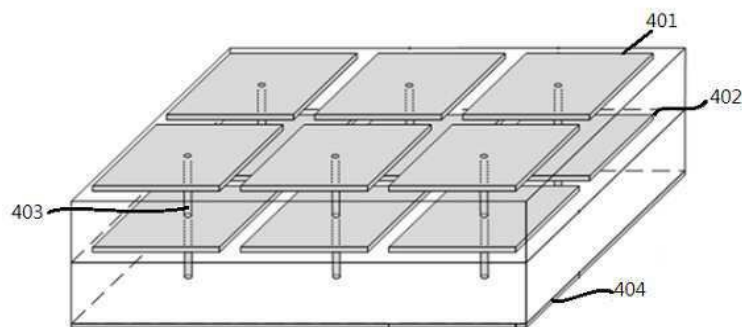
(54) 발명의 명칭 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나

(57) 요약

본 발명은 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나에 관한 것으로, 비균일 격자 구조를 가지는 격자 셀이 배열된 도전층을 복수 계층으로 구비한 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하고자 한다.

이를 위하여, 본 발명은, 인공 자기 도체에 있어서, 도전성을 가지는 접지층; 상기 접지층과 전기적으로 연결되고, 비균일한 패턴을 갖는 전기 용량성 격자 셀들이 배열된 복수의 도전층; 및 상기 접지층과 상기 복수의 도전층을 전기적으로 연결하기 위한 전기적 연결 수단을 포함하되, 상기 복수의 도전층으로 인한 다중공진에 따라 다중 주파수 대역에서 동작한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

정영배

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 205동 601호 (전민동, 엑스포아파트)

윤영중

서울특별시 강남구 압구정로 151, 신현대아파트 118-902 (압구정동)

윤지환

서울특별시 중구 다산로 32, 33동 202호 (신당동, 남산타운)

김은영

서울특별시 서대문구 신촌로11길 42, 103호 (창천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KI001673

부처명 방송통신위원회

연구사업명 정보통신산업원천기술개발사업

연구과제명 지능형 안테나 기술개발

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2007.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

인공 자기 도체에 있어서,

도전성을 가지는 접지층;

상기 접지층과 전기적으로 연결되고, 비균일한 패턴을 갖는 전기 용량성 격자 셀들이 배열된 복수의 도전층;
및

상기 접지층과 상기 복수의 도전층을 전기적으로 연결하기 위한 전기적 연결 수단을 포함하되,

상기 복수의 도전층으로 인한 다중공진에 따라 다중 주파수 대역에서 동작하는, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 도전층은, 제 1 도전층과 제 2 도전층의 두 개의 도전층을 포함하고,

상기 전기적 연결 수단은 비아(via)로 구현된, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 비아는,

개수와 배치 위치에 따라 다중공진 특성이 조절되는, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 도전층 또는 상기 제 2 도전층이, 패치 모양 또는 슬롯이 형성된 패치 형태로 이루어지고,

상기 비아가, 상기 제 1 및 제 2 도전층의 중심을 지나거나, 상기 제 1 도전층의 중심을 지나거나, 상기 제 1 및 제 2 도전층의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치되어 상기 제 1 및 제 2 도전층을 지나거나, 상기 제 2 도전층의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치되어 상기 제 2 도전층을 지나고 상기 제 1 도전층의 중심을 지나도록 하나가 배치되거나, 상기 제 1 도전층의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치되어 상기 제 1 도전층을 지나고 상기 제 2 도전층의 중심을 지나도록 하나가 배치된, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전기 용량성 격자 셀은,

각각의 크기 또는 모양 또는 간격이 비균일한 격자 구조를 가지는, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 전기 용량성 격자 셀은,

위치에 따라 반사 계수의 위상 값이 비균일하도록 배열된, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 전기 용량성 격자 셀은, 소정 개수의 그룹으로 그룹핑되고,

각 그룹 내에 있는 전기 용량성 격자 셀은 크기, 모양 및 간격이 균일하되, 서로 다른 그룹의 전기 용량성 격자 셀 간에는 크기 또는 모양 또는 간격이 비균일한 것을 특징으로 하는, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 전기 용량성 격자 셀을 그룹핑한 단위 구조에 따라 반사계수의 위상 값이 다르게 할당된, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 도전층 각각의 층 사이와 상기 복수의 도전층 중 최하위 층과 상기 접지층 사이의 공간마다 각각 유전체층을 더 포함하는, 다중공진 인공 자기 도체.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항의 다중공진 인공 자기 도체를 반사판으로 구비한, 안테나.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 비균일 격자 구조를 가지는 격자 셀이 배열된 도전층을 복수 계층으로 구비한 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인공 자기 도체(AMC : Artificial Magnetic Conductor)는 자연계에 일반적으로 존재하지 않는 현상을 나타내는 메타물질(metamaterial)의 하나로서, 기존 기술들의 물리적 한계를 극복할 수 있는 핵심 기술로서 주목받고 있다. 인공 자기 도체는 자연계에서 볼 수 있는 전도체(electric conductor)와 달리 인공적으로 특정 주파수 영역에서 자기 도체(magnetic conductor)의 특성을 지니는 표면을 가진 구조를 말한다.

[0003] 인공 자기 도체는 전기 전도체로 구성되어 있으며, 도체 표면에 돌기형의 구조를 가짐으로써 커패시턴스(capacitance) 성분과 인덕턴스(inductance) 성분을 발생시키게 된다. 이러한 커패시턴스 성분과 인덕턴스 성분들은 주파수의 함수로서, 특정 주파수 영역에서는 이 커패시턴스 성분과 인덕턴스 성분들에 의해 표면 임피던스가 매우 높아지는 특성을 나타내게 된다.

[0004] 일반적인 전도체의 경우에 표면 임피던스로는 '0' 값을 가지고 반사계수로는 '-1' 값을 가지게 되어 영상 전류가 역위상을 가지게 되나, 인공 자기 도체의 경우에는 표면 임피던스가 매우 큰 값을 가지고 반사계수가

'+1' 값을 가지게 되어 영상 전류가 동위상을 가지는 특성을 나타내게 된다. 또한, 인공 자기 도체는 높은 표면 임피던스로 인하여 표면파의 전파를 억제시키는 특성을 나타내게 된다.

- [0005] 도 1은 종래의 균일한 격자 구조를 가지는 인공 자기 도체의 구조를 나타내는 일예시도이다.
- [0006] 도 1에 도시된 바와 같이, 종래의 인공 자기 도체(1)는 접지층(10), 균일한 구조의 격자 셀을 포함하는 도체층(20), 및 비아(via, 30)를 포함한다.
- [0007] 도 2는 도 1에 도시된 인공 자기 도체의 반사계수 위상을 나타내는 도면이다.
- [0008] 도 2에서는 도 1에 도시된 인공 자기 도체의 격자 셀 간의 커패시턴스 성분과 인덕턴스 성분으로 인하여 발생하는 표면 임피던스의 변화에 따른 반사계수의 위상 변화를 나타내고 있다.
- [0009] 도 1과 도 2에 도시된 바와 같이, 종래의 인공 자기 도체는 균일한 격자 구조를 가지고 있으며, 각 주파수에서 모든 격자 셀들의 반사계수 위상은 도 2에 도시된 바와 같이 동일하고, 반사계수의 위상이 '0'이 되는 주파수에서 완벽한 자기 도체의 성질을 가지게 된다.
- [0010] 따라서 종래의 인공 자기 도체는 전자기파를 반사하는 데 있어 입사각과 반사각이 스넬(Snell)의 법칙을 따르고 있으며, 반사계수의 위상에 변화가 있을 뿐 반사파의 진행 방향이 변화하지 않는 특성을 지니고 있다.
- [0011] 도 3은 종래의 비균일 격자 구조를 가지는 인공 자기 도체의 배열 구조를 나타내는 일예시도이다.
- [0012] 도 3에 도시된 바와 같이, 종래의 비균일 격자 구조를 가지는 인공 자기 도체에서는, 인공 자기 도체를 구성하고 있는 각각의 격자 셀들의 크기를 비균일하게 조정함으로써 각 격자마다 고유의 반사계수 위상 값을 가지도록 하고, 이를 통해 반사파를 원하는 방향으로 진행시키며, 격자 위치에 따른 반사계수 위상을 조절함으로써 동위상면의 형상 또는 방향이 원하는 형태를 갖도록 반사파를 형성시킬 수 있다.
- [0013] 그러나 각 격자 셀의 단위 구조가 각각의 반사위상을 가지도록 개별적으로 설계하려면 단위 구조의 수가 늘어남에 따라 소요되는 설계 시간이 늘어나고, 설계 변수가 많아짐으로 설계 수정이 어렵다는 단점이 있다. 또한, 단일공진 구조를 사용함에 따라 하나의 주파수 대역에서만 상기와 같은 특징을 갖는 인공 자기 도체로 동작을 하게 되어 다중 주파수 대역에서 사용이 제한될 수밖에 없는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 전술한 바와 같이, 상기와 같은 종래 기술은 단위 구조의 수가 늘어남에 따라 설계 시간이 많이 소요되고, 설계 변수가 많아짐에 따라 설계 수정이 어려우며, 단일공진 구조를 사용함에 따라 다중 주파수 대역에서 사용할 수 없는 문제점이 있으며, 이러한 문제점을 해결하고자 하는 것이 본 발명의 과제이다.
- [0015] 따라서 본 발명은 다중 주파수 대역에서 동작하는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0016] 즉, 본 발명은, 비균일 격자 구조를 가지는 도전층을 다층으로 구비하여 다중공진 구조를 갖게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 동작하는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 그 목적이 있다.
- [0017] 또한, 본 발명은 설계의 복잡도를 줄일 수 있는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 다른 목적이 있다.
- [0018] 즉, 본 발명은, 본 발명은, 비균일한 격자 구조를 가지게 하여 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 각 격자에 따라 다르게 하여 반사파의 동위상면의 형태와 진행 방향을 원하는 형태로 조절하는 데 있어, 모든 격자 셀을 비균일하게 하지 않고, 격자 셀을 단위 그룹으로 묶어 단위 그룹에 따라 설계함으로써 설계의 복잡도를 줄일 수 있는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 다른 목적이 있다.

[0019] 또한, 본 발명은 반사파를 원하는 진행 방향 및 형태로 조절할 수 있는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 또 다른 목적이 있다.

[0020] 즉, 본 발명은, 격자 셀을 몇 개의 그룹으로 묶은 단위 구조에 따라 반사계수의 위상 값을 다르게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 반사파의 동위상면 형태를 조절하고 반사파의 진행 방향을 용이하게 조절할 수 있는 다중공진 인공 자기 도체 및 이를 구비한 안테나를 제공하는 데 또 다른 목적이 있다.

[0021] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시 예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치는, 인공 자기 도체에 있어서, 도전성을 가지는 접지층; 상기 접지층과 전기적으로 연결되고, 비균일한 패턴을 갖는 전기 용량성 격자 셀들이 배열된 복수의 도전층; 및 상기 접지층과 상기 복수의 도전층을 전기적으로 연결하기 위한 전기적 연결 수단을 포함하되, 상기 복수의 도전층으로 인한 다중공진에 따라 다중 주파수 대역에서 동작한다.

[0023] 또한, 상기 본 발명의 장치는, 상기 복수의 도전층 각각의 층 사이와 상기 복수의 도전층 중 최하위 층과 상기 접지층 사이의 공간마다 각각 유전체층을 더 포함한다.

[0024] 한편, 본 발명에 따른 다중공진 인공 자기 도체를 반사판으로 구비한 안테나를 제공한다.

발명의 효과

[0025] 상기와 같은 본 발명은, 비균일 격자 구조를 가지는 도전층을 다층으로 구비하여 다중공진 구조를 갖게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 동작하는 인공 자기 도체를 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0026] 또한, 본 발명은, 비균일한 격자 구조를 가지게 하여 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 각 격자에 따라 다르게 하여 반사파의 동위상면의 형태와 진행 방향을 원하는 형태로 조절하는 데 있어, 모든 격자 셀을 비균일하게 하지 않고, 격자 셀을 단위 그룹으로 묶어 단위 그룹에 따라 설계함으로써 설계의 복잡도를 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0027] 또한, 본 발명은, 격자 셀을 몇 개의 그룹으로 묶은 단위 구조에 따라 반사계수의 위상 값을 다르게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 반사파의 동위상면 형태를 조절하고 반사파의 진행 방향을 용이하게 조절할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 종래의 균일한 격자 구조를 가지는 인공 자기 도체의 구조를 나타내는 일예시도,
 도 2는 도 1에 도시된 인공 자기 도체의 반사계수 위상을 나타내는 도면,
 도 3은 종래의 비균일 격자 구조를 가지는 인공 자기 도체의 구조를 나타내는 일예시도,
 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 구조도,
 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체에 대한 등가 회로를 나타내는 도면,
 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 나타내는 도면,
 도 7a 내지 도 7f는 본 발명에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 다중공진 특성을 조절하는 다양한 실시 예를 나타내는 도면,

도 8은 도 7a 내지 도 7e에 따라 설계된 다중대역 인공 자기 도체의 동작 주파수를 나타내는 도면,

도 9는 도 7a 내지 도 7f에 따라 설계된 다중대역 인공 자기 도체의 반사계수 위상을 나타내는 도면,

도 10은 다중공진 인공 자기 도체를 비균일한 격자 구조로 배열하기 위해 몇 개의 그룹으로 묶어 각 단위 그룹에 할당되는 반사위상을 나타내는 도면,

도 11a는 도 10에 따라 설계된 비균일한 격자 셀을 가지는 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체 중 제 1 도전층을 나타내는 도면,

도 11b는 도 10에 따라 설계된 비균일한 격자 셀을 가지는 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체 중 제 2 도전층을 나타내는 도면,

도 12는 도 11a 및 도 11b에 따라 설계된 다중공진 인공 자기 도체를 다이폴 안테나로 이루어진 배열 안테나의 반사판으로 적용하였을 때 2.48 GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면,

도 13은 도 11a 및 도 11b에 따라 설계된 다중공진 인공 자기 도체를 다이폴 안테나로 이루어진 배열 안테나의 반사판으로 적용하였을 때 5.500 GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되어 있는 상세한 설명을 통하여 보다 명확해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다.

[0030] 그리고 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 또는 "구비"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함하거나 구비할 수 있는 것을 의미한다.

[0031] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 구조도이다.

[0032] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체는, 접지층(404), 제 1 도전층(401), 제 2 도전층(402) 및 비아(403)를 구비한다.

[0033] 즉, 본 발명에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체는, 도전성을 가지는 접지층(404)과, 상기 접지층(404)과 전기적으로 연결되며, 비균일한 패턴(비균일 격자 구조)을 갖는 전기 용량성 격자 셀들이 배열된 제 1 도전층(401)과 제 2 도전층(402), 및 상기 접지층(404)과 상기 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)을 전기적으로 연결하는 비아(전기적 연결 수단, 403)를 포함한다.

[0034] 이때, 도전성의 접지층(404)은 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)과 비아(403)를 통하여 전기적으로 연결 되도록 구현된다. 그리고 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)은 각각 전기 용량성 셀들이 배열된 격자 구조를 갖는다.

[0035] 여기서, 일 예로, 상기 각 도전층(401, 402)에 배열된 상기 전기 용량성 격자 셀은 그 각각의 크기 또는 모양 또는 간격이 비균일한 것이 바람직하다. 또한, 상기 각 도전층(401, 402)에 배열된 상기 전기 용량성 격자 셀은 그 위치에 따라 반사 계수의 위상 값이 비균일하도록 배열되는 것이 바람직하다. 이처럼, 비균일한 격자 구조를 가지게 하여 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 각 격자에 따라 다르게 함으로써, 반사파의 동위상면의 형태와 진행 방향을 원하는 형태로 조절할 수 있다. 그러나 이러한 방식은 설계가 복잡한 단점이 있다.

[0036] 다른 예로, 상기 각 도전층(401, 402)에 배열된 상기 전기 용량성 격자 셀은 몇 개의 그룹으로 그룹핑되고, 각 그룹 내에 있는 전기 용량성 격자 셀은 크기, 모양 및 간격이 균일하되, 서로 다른 그룹의 전기 용량성 격자 셀 간에는 크기 또는 모양 또는 간격이 비균일한 것이 바람직하다. 이처럼, 본 발명에서는 격자 셀을 몇 개의 그룹으로 묶은 단위 구조에 따라 반사계수의 위상 값을 다르게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 반사파의 동위상면 형태를 조절하고 반사파의 진행 방향을 용이하게 조절할 수 있다.

[0037] 그리고 비아(403)는 접지층(404)과 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)을 전기적으로 연결하는 전기적 통

로로서 도전성을 갖는다. 이때, 상기 비아(403)는 그 개수와 배치 위치를 다양하게 설계할 수 있다.

[0038] 한편, 전술한 일 실시 예에서는, 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)의 두 개의 도전층으로 이루어진 경우를 예로 들어 설명하였으나, 본 발명은 복수의 도전층으로 구현할 수도 있다. 이처럼, 본 발명에서는 비균일 격자 구조를 가지는 도전층을 다층으로 구비하여 다중공진 구조를 갖게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 동작하는 인공 자기 도체를 제공할 수 있다.

[0039] 또한, 상기 제 1 도전층(401)과 제 2 도전층(402)과 접지층(404) 사이의 두 공간에 특정 구성요소(예 : 유전체층)를 포함하지 않는 경우에는 공기층이 유전체의 역할을 수행하나, 다른 실시예로 상기 제 1 도전층(401)과 제 2 도전층(402)과 접지층(404) 사이의 두 공간에 각각 유전체층(제 1 유전체층, 제 2 유전체층)을 더 포함하여 구현할 수도 있다.

[0040] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체에 대한 등가 회로를 나타내는 도면이다.

[0041] 도 4에서 전술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체는 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)의 두 개의 도전층으로 이루어져 있으므로, 상/하부 형성되는 두 도전층의 이웃하는 격자 셀들간의 근접성으로 인해 발생하는 커패시턴스 성분(C_u , C_l)과 회로의 루프 구조로 인해 발생하는 인덕턴스 성분(L_u , L_l)을 각각 도 5에 도시된 바와 같은 등가 회로로 나타낼 수 있다.

[0042] 도 5에 도시된 바와 같은 두 도전층 각각의 커패시턴스 성분(C_u , C_l)과 인덕턴스 성분(L_u , L_l)에 의한 표면 임피던스(Z_s)는 하기의 <수학식 1>과 같이 표현된다.

수학식 1

$$Z_s = \frac{j\omega(L_l + L_u - \omega^2 L_l L_u C_l)}{1 - (\omega/\Delta)^2 + (\omega/\omega_\Delta)^4}$$

[0043]

[0044] 여기서, j 는 $\sqrt{-1}$ 이고, ω 는 각 주파수(angular frequency)를 의미하며, ω_Δ 와 Δ 는 각각 하기의 <수학식 2> 및 <수학식 3>과 같다.

수학식 2

$$\omega_\Delta = \frac{1}{\sqrt[4]{L_l L_u C_l C_u}}$$

[0045]

수학식 3

$$\Delta = \frac{1}{\sqrt{L_l C_l + L_l C_u + L_u C_u}}$$

[0046]

[0047] 한편, 제 1 도전층(401)과 제 2 도전층(402) 사이의 공간에 위치하는 제 1 유전체층의 유전체와, 제 2 도전층

(402)과 접지층(404) 사이의 공간에 위치하는 제 2 유전체층의 유전체의 비유전율을 각각 ε_{ru} , ε_{rl} 이라고 할 때, 제 1 유전체층(상층)과 제 2 유전체층(하층)의 격자 셀간의 간격에 따른 각 층의 커패시턴스 성분(C_u , C_l)은 각각 하기의 <수학식 4> 및 <수학식 5>와 같이 표현된다.

수학식 4

$$C_u = \frac{w_{xu}(1 + \varepsilon_{ru})\varepsilon_0}{\pi} \cosh^{-1} \left(\frac{p}{g_u} \right)$$

[0048]

여기서, w_{xu} 는 제 1 도전층(401)의 전기 용량성 셀의 폭을 의미하고, ε_0 는 자유공간의 유전율(8.85×10^{-12} [F/m])을 의미하며, p 는 전기 용량성 셀의 반복 주기를 의미하고, g_u 는 제 1 도전층(401)의 격자 사이의 거리를 나타낸다.

수학식 5

$$C_l = \frac{w_{xl}(\varepsilon_{ru} + \varepsilon_{rl})\varepsilon_0}{\pi} \cosh^{-1} \left(\frac{p}{g_l} \right)$$

[0050]

여기서, g_l 은 제 2 도전층(402)의 격자 사이의 거리를 나타낸다.

[0051]

한편, 제 1 유전체층(상층)과 제 2 유전체층(하층)의 유전체의 투자율을 각각 μ_u , μ_l 이라고 하였을 때, 제 1 유전체층(상층)과 제 2 유전체층(하층)의 인덕턴스 성분(L_u , L_l)은 각각 하기의 <수학식 6> 및 <수학식 7>로 표현할 수 있다.

수학식 6

$$L_u = \mu_u h_u$$

[0053]

여기서, h_u 는 제 1 유전체층(상층)의 두께를 의미한다.

[0054]

수학식 7

$$L_l = \mu_l h_l$$

[0055]

여기서, h_l 은 제 2 유전체층(하층)의 두께를 의미한다.

[0056]

- [0057] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 나타내는 도면이다.
- [0058] 도 6에서는 도 5에서 등가 회로로 표현한 것과 같이, 제 1 도전층(401)과 제 2 도전층(402)의 두 개의 도전층으로 인공 자기 도체를 구현함으로써 인하여 발생하는 다중공진 특성에 의하여 반사위상이 두 주파수에서 0도를 지남으로써, 두 주파수 대역에서 인공 자기 도체로 동작함을 나타내고 있다.
- [0059] 한편, 다중공진 인공 자기 도체를 이루고 있는 접지층(404)과 제 1 도전층(401) 및 제 2 도전층(402)을 전기적으로 연결하는 각 층의 비아(403)의 개수와 배치 위치를 조절(다양하게 설계)하여 다중공진 특성을 다양하게 얻을 수 있다.
- [0060] 도 7a 내지 도 7f는 본 발명에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체의 다중공진 특성을 조절하는 다양한 실시 예를 나타내는 도면이다.
- [0061] 도 7a는 이층 구조의 제 1 및 제 2 도전층(701)이 패치 모양으로 이루어지고, 비아(702)가 제 1 및 제 2 도전층(701)의 중심을 지나는 구조로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 이층 구조의 제 1 및 제 2 도전층(701)을 이루는 패치는 다양한 형태(모양)로 구현될 수 있다.
- [0062] 도 7b는 제 2 도전층(하부 도전층, 704)이 슬롯이 파여진 패치 형태를 가지고, 제 1 도전층(상부 도전층, 703)이 기존의 인공 자기 도체의 패치 모양으로 이루어지며, 비아(705)가 제 1 및 제 2 도전층(703, 704)의 중심을 지나는 구조로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 제 2 도전층(하부 도전층, 704)은 다양한 패치 형태 및 슬롯 형태로 구현될 수 있다.
- [0063] 도 7c는 제 1 도전층(상부 도전층, 706)이 슬롯이 파여진 패치 형태를 가지고, 제 2 도전층(하부 도전층, 707)이 기존의 인공 자기 도체의 패치 모양으로 이루어지며, 비아(705)가 제 1 도전층(706)의 중심을 지나는 구조로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 제 1 도전층(상부 도전층, 706)은 다양한 패치 형태 및 슬롯 형태로 구현될 수 있다.
- [0064] 도 7d는 이층 구조의 제 1 및 제 2 도전층(709, 710)이 기존의 인공 자기 도체의 패치 모양으로 이루어지고, 제 1 및 제 2 도전층(709, 710)을 지나는 비아(711)가 제 1 및 제 2 도전층(709, 710)의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치된 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 제 1 및 제 2 도전층(709, 710)을 지나는 비아(711)의 배치 위치와 개수는 다양하게 설계될 수 있다.
- [0065] 도 7e는 이층 구조의 제 1 및 제 2 도전층(712, 713)이 기존의 인공 자기 도체의 패치 모양으로 이루어지고, 제 2 도전층(713)을 지나는 비아(714)가 제 2 도전층(713)의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치되어 있고 제 1 도전층(712)의 중심을 지나는 하나의 비아(714)로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 제 2 도전층(713)을 지나는 비아(714)의 배치 위치와 개수는 다양하게 설계될 수 있다.
- [0066] 도 7f는 이층 구조의 제 1 및 제 2 도전층(715, 716)이 기존의 인공 자기 도체의 패치 모양으로 이루어지고, 제 1 도전층(715)을 지나는 비아(717)가 제 1 도전층(715)의 중심을 기준으로 좌우 대칭되게 복수 개가 배치되어 있고 제 2 도전층(716)의 중심을 지나는 하나의 비아로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체를 나타내고 있다. 이때, 제 1 도전층(715)을 지나는 비아(717)의 배치 위치와 개수는 다양하게 설계될 수 있다.
- [0067] 도 8은 도 7a 내지 도 7e에 따라 설계된 다중대역 인공 자기 도체의 동작 주파수를 나타내는 도면이다.
- [0068] 도 8에서는 다중공진 인공 자기 도체가 인공 자기 도체로 동작하는 다중 주파수 및 다중 주파수의 대역폭 등과 같은 주파수 특성을 나타내고 있다.
- [0069] 도 9는 도 7a 내지 도 7f에 따라 설계된 다중대역 인공 자기 도체의 반사계수 위상을 나타내는 도면이다.
- [0070] 여기서, 다층 구조로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체의 격자 구조를 비균일한 크기를 가지게 하여 인공 자기 도체의 반사계수의 위상을 각 격자에 따라 다르게 하여 반사파의 동위상면의 형태와 진행 방향을 원하는 형태로 조절할 수 있다.

- [0071] 그러나 상기와 같은 방법으로 설계하기 위해서는 다층 구조의 인공 자기 도체를 설계할 때 고려되어야 할 설계변수가 대폭 증가함으로 인해 설계가 한층 복잡해진다.

[0072] 이러한 문제를 극복하기 위해, 모든 격자 셀을 비균일하게 하지 않고, 격자 셀을 단위 그룹으로 묶어 단위 그룹에 따라 설계함으로써 설계의 복잡도를 줄일 수 있다.

[0073] 즉, 본 발명에서는 격자 셀을 몇 개의 그룹으로 묶은 단위 구조에 따라 반사계수의 위상 값을 다르게 함으로써, 다중 주파수 대역에서 반사파의 동위상면 형태를 조절하고 반사파의 진행 방향을 용이하게 조절할 수 있다.

[0074] 도 10은 다중공진 인공 자기 도체를 비균일한 격자 구조로 배열하기 위해 몇 개의 그룹(예 : 8개)으로 묶어 각 단위 그룹에 할당되는 반사위상을 나타내는 도면이다.

[0075] 도 10에서는 3개의 격자 셀을 한 개의 그룹으로 묶어 각 그룹에 속한 단위 구조가 해당 그룹 내의 평균 반사 위상 값을 가지도록 설계한 경우, 각 단위 그룹에 할당되는 반사위상을 나타내고 있다.

[0076] 도 11a는 도 10에 따라 설계된 비균일한 격자 셀을 가지는 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체 중 제 1 도전층(상부 도전층)을 나타내는 도면이고, 도 11b는 도 10에 따라 설계된 비균일한 격자 셀을 가지는 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체 중 제 2 도전층(하부 도전층)을 나타내는 도면이다.

[0077] 여기서, 이층 구조로 이루어진 다중공진 인공 자기 도체는 다중 주파수 대역에서 동작하고, 각 격자 셀은 서로 다른 크기를 가짐으로써 상이한 반사위상을 갖는다.

[0078] 한편, 일 예로, 전술한 도 10에서 각 단위 그룹에 할당된 반사위상에 따라 각각 2.440 GHz와 5.500 GHz의 두 주파수 대역에서 이층 구조의 다중공진 인공 자기 도체를 상기 도 11a와 도 11b와 같이 설계함으로써, 16개의 다이폴 안테나로 이루어진 배열 안테나의 반사판으로 사용할 수 있다. 이러한 안테나 구성은 당업자에게 당연하므로 별도의 도면 및 설명은 생략하기로 하고, 후술되는 도 12 및 도 13에서 그 방사 패턴을 살펴보기로 한다.

[0079] 도 12는 도 11a 및 도 11b에 따라 설계된 다중공진 인공 자기 도체를 다이폴 안테나(예 : 16개)로 이루어진 배열 안테나의 반사판으로 적용하였을 때 2.48 GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면이고, 도 13은 도 11a 및 도 11b에 따라 설계된 다중공진 인공 자기 도체를 다이폴 안테나(예 : 16개)로 이루어진 배열 안테나의 반사판으로 적용하였을 때 5.500 GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.

[0080] 도 12에서는 2.48 GHz에서 방사되는 전력이 0 도가 아닌 2.3도만큼 기울어져 방사됨을 확인할 수 있다. 그리고 도 13에서는 5.5 GHz에서 방사되는 전력이 5.5도만큼 기울어져 방사됨을 확인할 수 있다.

[0081] 전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 다층 구조의 다중공진 인공 자기 도체를 사용하면 다중 주파수 대역에서 인공 자기 도체로 동작하고, 단순화된 비균일 격자 구조를 사용하여 안테나의 방사 패턴이 기울어져 방사되도록 할 수 있다.

[0082] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시 예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 치환, 변형 및 변경이 가능하다.

[0083] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

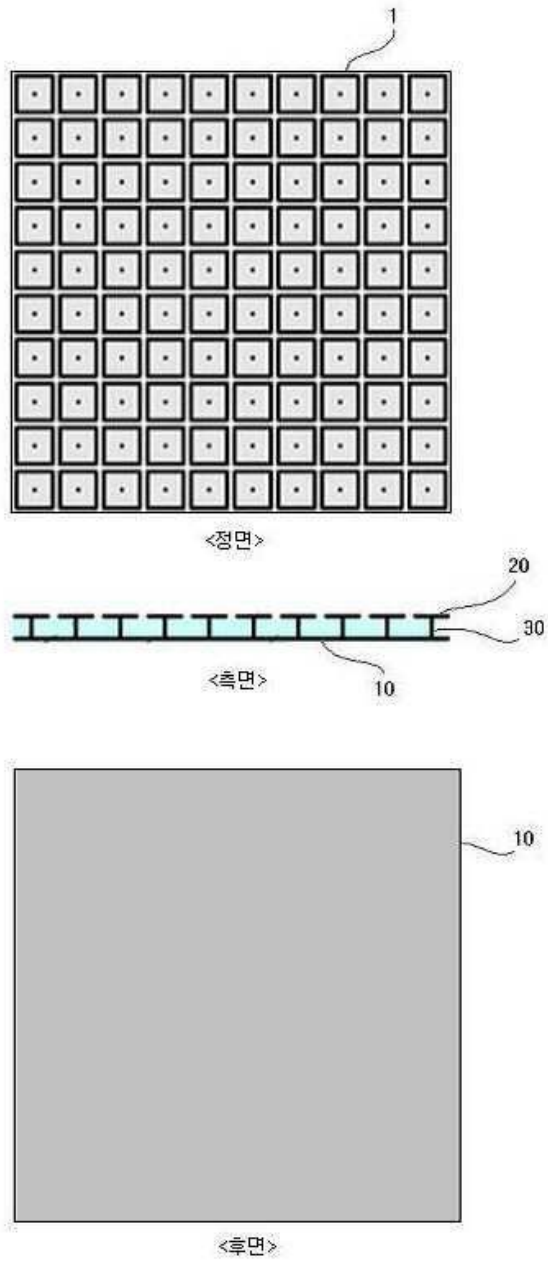
- [0084] 401 : 제 1 도전층 402 : 제 2 도전층

403 : 비아

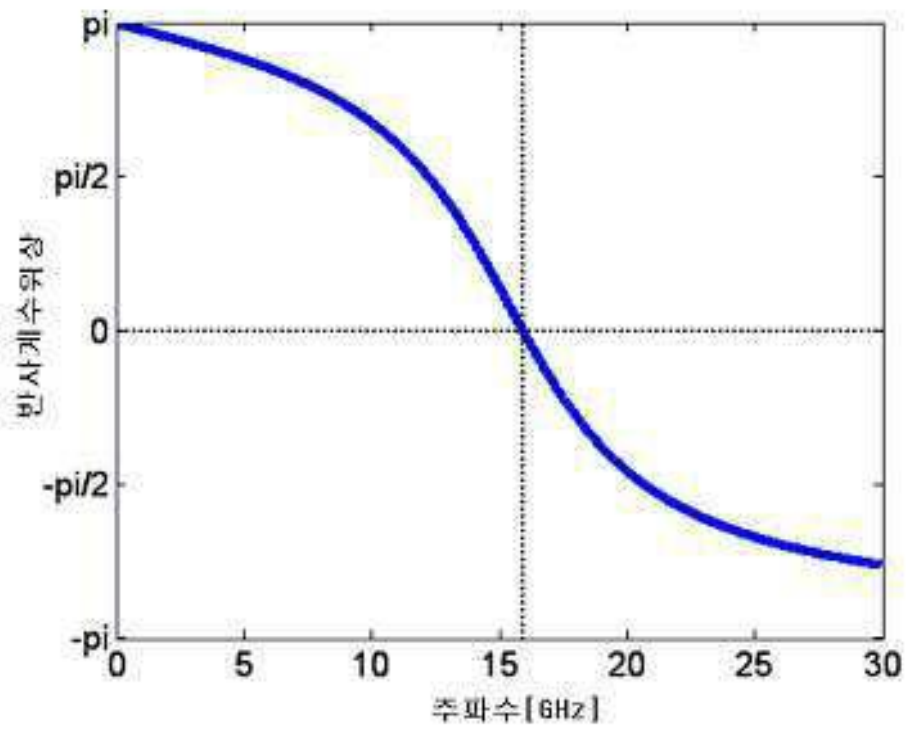
404 : 접지층

도면

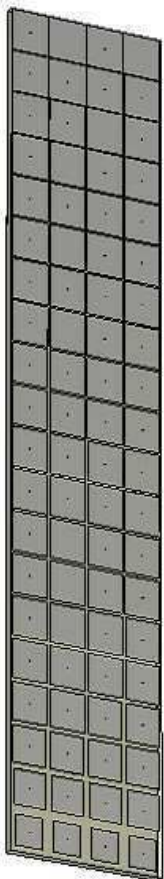
도면1



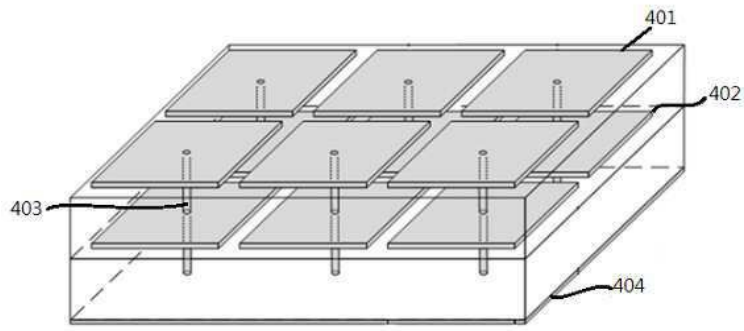
도면2



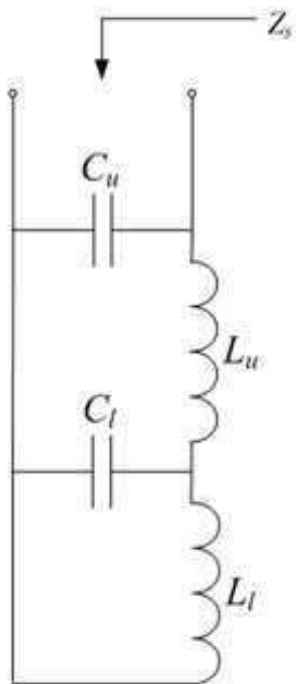
도면3



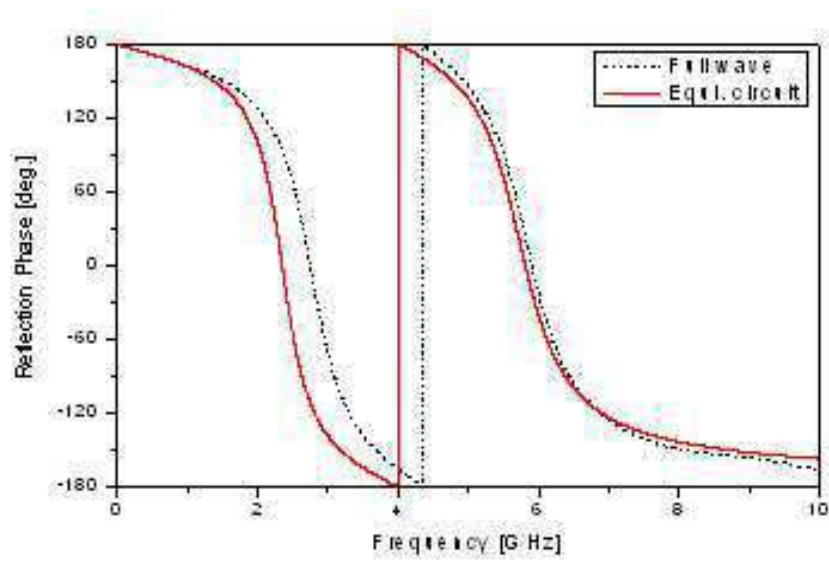
도면4



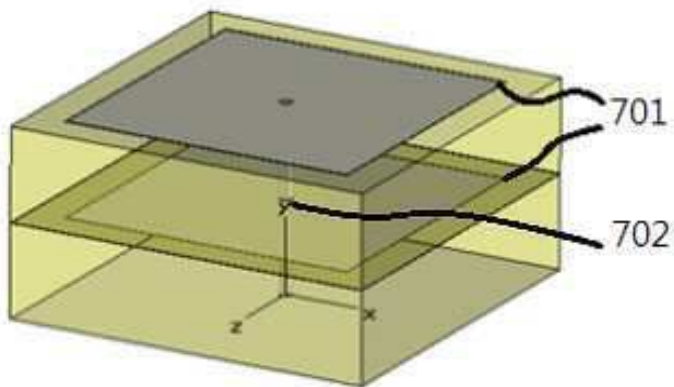
도면5



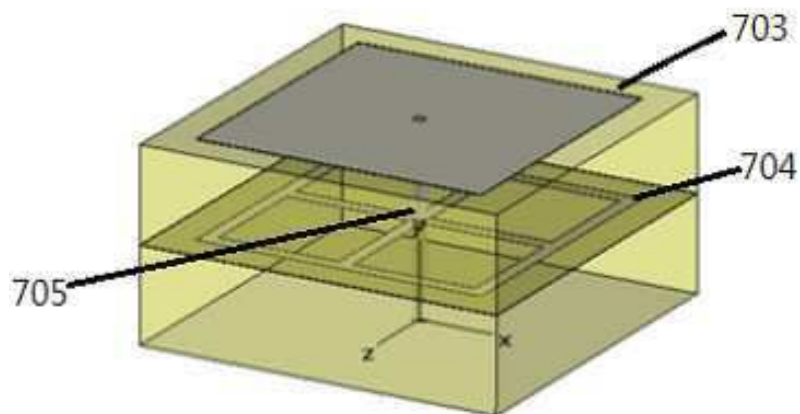
도면6



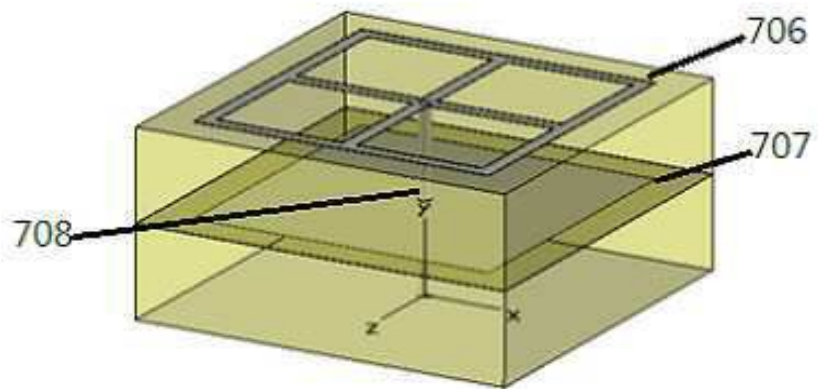
도면7a



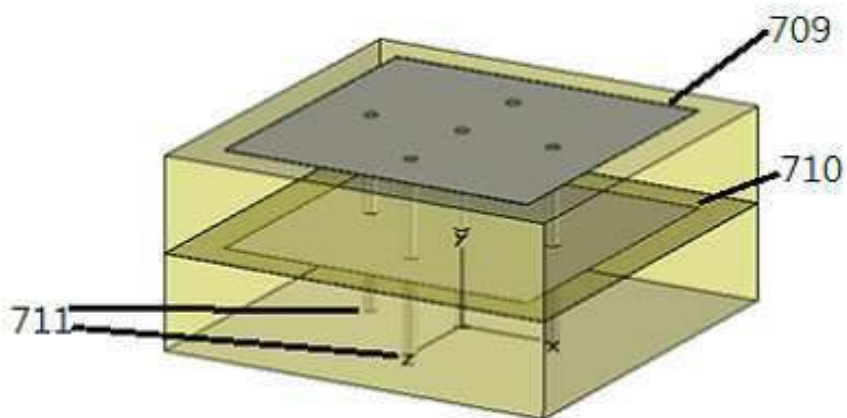
도면7b



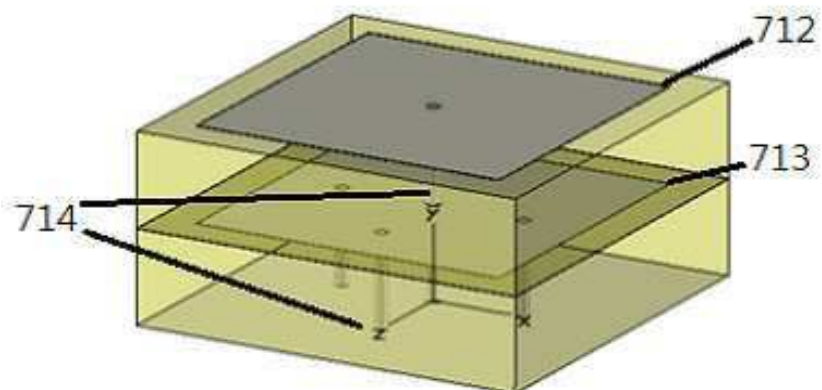
도면7c



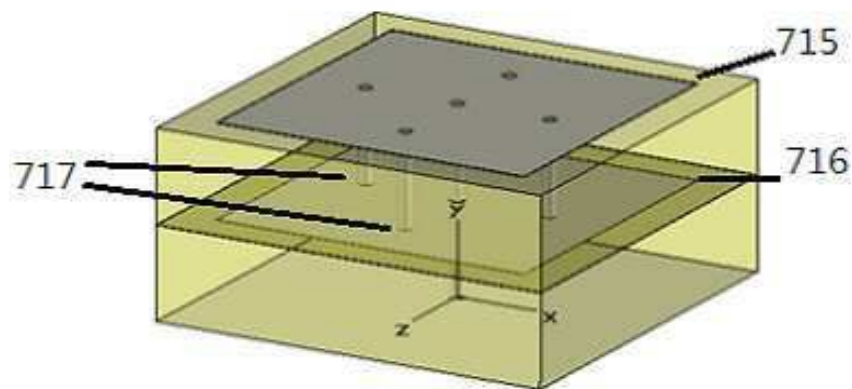
도면7d



도면7e



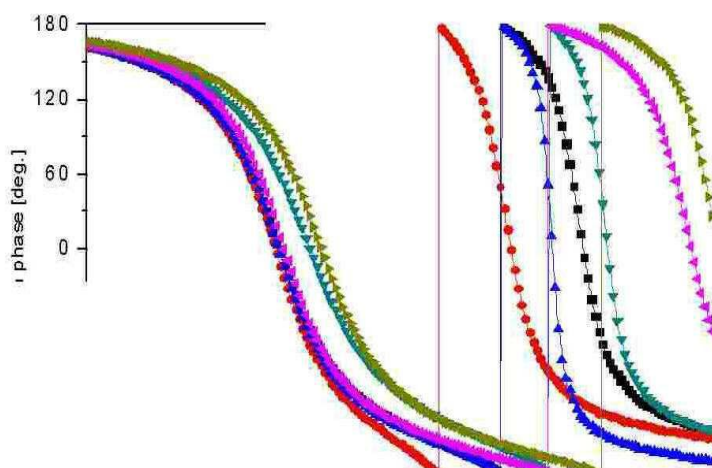
도면7f



도면8

	도 7a	도 7b	도 7c	도 7d	도 7d	도 7e
f_L [GHz]	2.835	2.800	2.835	3.129	2.884	3.241
BW_L [GHz]	0.903	0.826	0.868	1.036	0.84	0.938
FBW_L [%]	31.8	29.5	30.6	33.1	29.1	28.9
f_H [GHz]	5.740	5.054	5.446	5.978	6.776	7.030
BW_H [GHz]	0.427	0.490	0.175	0.308	0.600	0.492
FBW_H [%]	7.4	9.7	3.2	5.1	8.8	7.0

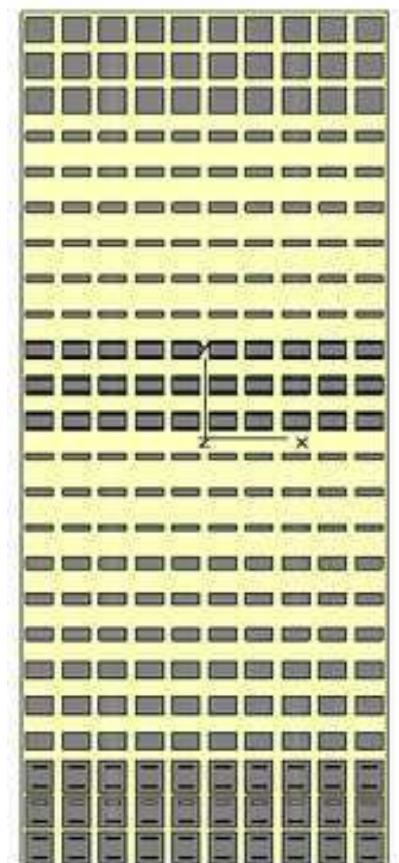
도면9



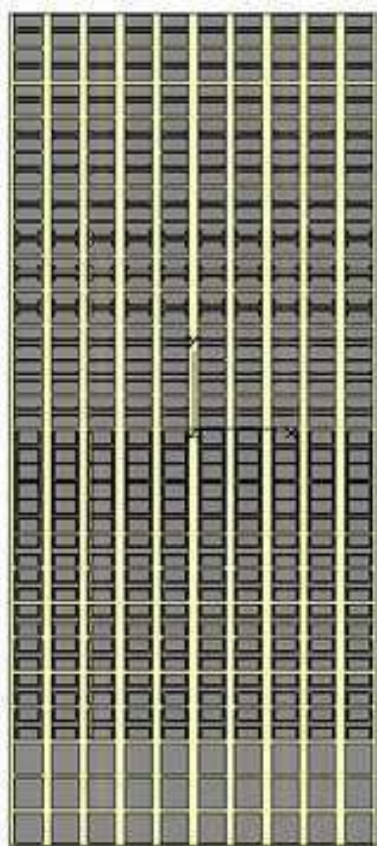
도면10

Cell No.	Low band (2.440 GHz)	High band (5.500 GHz)
1	-52.5	-147.0
2		
3		
4	-37.5	-105.0
5		
6		
7	-22.5	-63.0
8		
9		
10	-7.5	-21.0
11		
12		
13	7.5	21.0
14		
15		
16	22.5	63.0
17		
18		
19	37.5	105.0
20		
21		
22	52.5	147.0
23		
24		

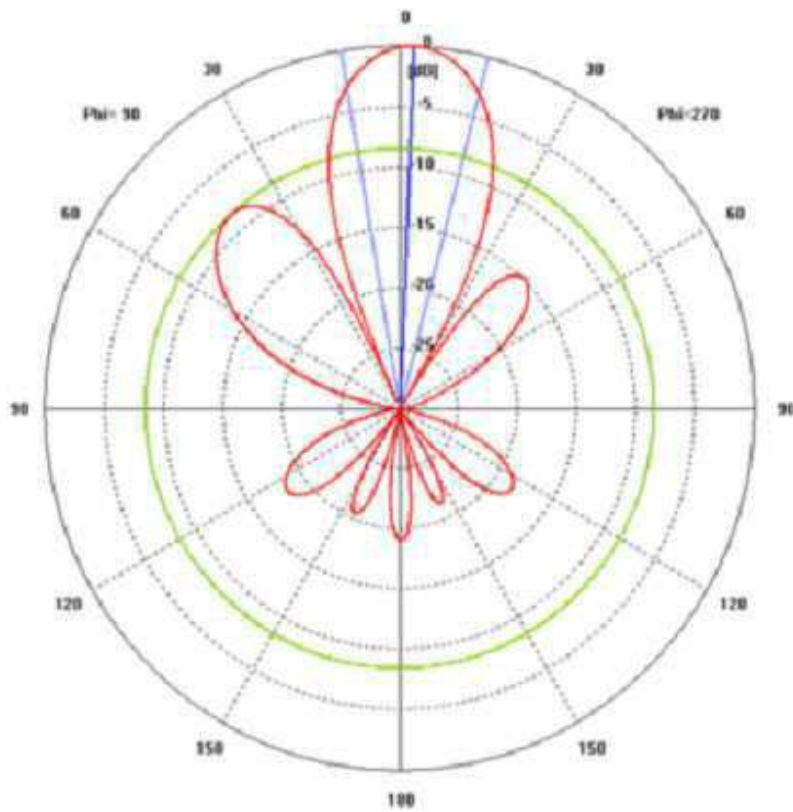
도면11a



도면11b



도면12



도면13

