



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년02월26일  
 (11) 등록번호 10-1952247  
 (24) 등록일자 2019년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01Q 21/06* (2018.01) *H01Q 1/38* (2015.01)  
 (52) CPC특허분류  
*H01Q 21/06* (2018.05)  
*H01Q 1/38* (2018.05)  
 (21) 출원번호 10-2017-0152895  
 (22) 출원일자 2017년11월16일  
 심사청구일자 2017년11월16일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020020039695 A\*  
 KR1020060041826 A\*  
 KR1020150080926 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 홍익대학교 산학협력단  
 (72) 발명자  
 추호성  
 변강일  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 방영석, 강태훈, 나선균

전체 청구항 수 : 총 6 항

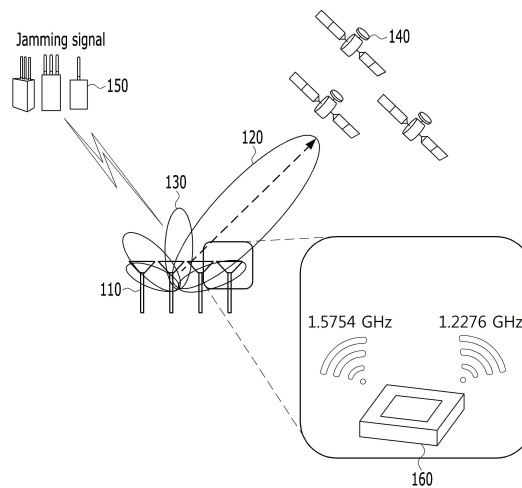
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 슈퍼스트레이트를 이용한 배열 안테나 장치 및 슈퍼스트레이트를 이용한 배열 안테나 튜닝 방법

**(57) 요약**

배열 안테나를 구성하는 개별 안테나 소자의 특성을 교정 또는 튜닝할 수 있는 방법이 개시된다. 개별 안테나 소자의 특성을 교정 또는 튜닝하여 그 성능을 향상시킴으로써, 좁은 공간에도 배열 안테나를 탑재하고 GPS 신호를 수신할 수 있다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자  
임태홍

이택기

공시예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

배열 안테나에 포함된 각 안테나 소자의 특성을 측정하여 측정값을 생성하는 단계;

상기 생성된 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서 상기 각 안테나 소자에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계; 및

상기 선택된 슈퍼스트레이트를 상기 대응되는 안테나 소자에 결합시키는 단계

를 포함하고,

상기 각 안테나 소자는 중심점이 일치하는 내부 링 및 외부 링으로 구성된 이중 링 안테나이고,

상기 슈퍼스트레이트는 상기 내부 링 내부의 공간에 삽입되는 제1 원기둥 및 상기 제1 원기둥 상부에 위치하는 제2 원기둥으로 구성된 형상인 배열 안테나 튜닝 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 원기둥의 반경은 상기 제2 원기둥의 반경보다 작은 배열 안테나 튜닝 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 각 안테나 소자에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계는,

상기 생성된 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 상기 각 안테나 소자의 중심 주파수가 쉬프트(shift)되어야 할 주파수 천이값을 산출하는 단계;

상기 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서, 상기 제2 원기둥의 높이가 상기 주파수 천이값에 대응하는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계

를 포함하는 배열 안테나 튜닝 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 각 안테나 소자는 제1 주파수 및 제2 주파수 대역에서 공진하고,

상기 슈퍼스트레이트가 상기 안테나 소자에 결합됨에 따라 상기 각 안테나 소자가 공진하는 제2 주파수 대역이 변경되는 배열 안테나 튜닝 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 주파수 대역은 상기 제2 주파수 대역보다 낮은 주파수 대역인 배열 안테나 튜닝 방법

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 각각의 안테나 소자들은 유전체 기관상의 중심점을 중심으로 원형으로 배열된 배열 안테나 튜닝 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 하기의 실시예들은 배열 안테나 장치에 관한 것으로, 구체적으로는 배열 안테나 장치를 디자인하고, 그 성능을 향상시키기 위해 튜닝하는 방법 및 상기 방법을 적용하여 제작된 배열 안테나에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] GPS(Global Positioning System)은 위성에서 보내는 신호를 이용하여 수신 장치의 현재 위치를 계산할 수 있는 시스템이다. GPS는 민간 영역 뿐만 아니라, 군사 영역에서도 미사일, 차량, 드론 등의 운용을 위해 널리 사용되고 있다.

[0003] 만약 GPS 신호를 교란할 수 있다면, 적의 미사일, 차량, 드론 등의 경로를 변경하거나, 공격을 회피할 수 있다. 따라서, GPS 신호는 해킹, 재밍의 주대상이다. 또한, GPS 신호는 수신 장치로부터 먼 거리에 위치한 위성으로부터 전송되므로, 그 세기가 약하며, 재밍, 교란 등에 매우 취약하다.

[0004] GPS 신호에 대한 재밍, 교란 등을 극복하기 위한 방법의 하나는, 배열 안테나를 이용하여 GPS 신호를 수신하는 것이다. 도 1은 배열 안테나를 이용하여 신호를 수신하는 개념을 설명하는 도면이다.

[0005] 배열 안테나(110)를 이용하면, GPS 신호를 전송하는 위성(140)의 방향으로는 큰 이득을 가지는 빔(120)을 형성하고, 해킹, 재밍을 위한 신호원(150)의 방향으로는 널(NULL, 130)을 형성하여 작은 이득을 줄 수 있다. 따라서, 해킹, 재밍의 영향을 최소화하고, GPS 신호만을 수신할 수 있다.

[0006] 배열 안테나는 여러 개의 안테나 소자를 결합하여 구성되는 것으로, 하나의 안테나 소자만을 사용하는 일반 안테나 보다 크기가 크다. 따라서, 미사일, 차량, 드론에 장착하기 위해서는 크기를 최소화해야 하는 문제점이 있다.

[0007] 그런데, GPS 신호의 경우 1.2276GHz 대역과 1.5754 GHz 대역의 두 대역에서 모두 전송되며, 정확한 동작을 위해서는 두개의 주파수 대역에서 전송되는 신호를 모두 수신해야 한다. 따라서, 배열 안테나(110)를 구성하는 안테나 소자(160)도 두개의 주파수 대역에서 전송되는 신호를 모두 수신해야 한다. 이를 위해 안테나 소자(160)의 구조는 다소 복잡하며, 복잡한 형상의 안테나 소자(160)들을 좁은 공간에 집적하는 것은 기술적으로 해결하기 어려운 기술적 과제로 생각되어 왔다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 하기 실시예들의 목적은 작은 크기를 가지며, 두 개의 주파수 대역에서 동작할 수 있는 배열 안테나 시스템을 제공하는 것이다.

[0009] 하기 실시예들의 목적은 배열 안테나를 구성하는 안테나 소자를 튜닝하여 배열 안테나 시스템의 성능을 향상시키는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 예시적 실시예에 따르면, 배열 안테나에 포함된 각 안테나 소자의 특성을 측정하여 측정값을 생성하는 단계, 상기 생성된 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서 상기 각 안테나 소자에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계 및 상기 선택된 슈퍼스트레이트를 상기 대응되는 안테나 소자에 결합시키는 단계를 포함하는 배열 안테나 튜닝 방법이 개시된다.

[0011] 여기서, 상기 각 안테나 소자는 중심점이 일치하는 내부 링 및 외부 링으로 구성된 이중 링 안테나일 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 슈퍼스트레이트는 상기 내부 링 내부의 공간에 삽입되는 제1 원기둥 및 상기 제1 원기둥 상부에

위치하는 제2 원기둥으로 구성된 형상일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제1 원기둥의 반경은 상기 제2 원기둥의 반경보다 작을 수 있다.

[0014] 여기서, 상기 각 안테나 소자에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계는, 상기 생성된 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 상기 각 안테나 소자의 중심 주파수가 쉬프트(shift)되어야 할 주파수 천이값을 산출하는 단계 및 상기 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서, 상기 제2 원기둥의 높이가 상기 주파수 천이값에 대응하는 슈퍼스트레이트를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 그리고, 상기 각 안테나 소자는 제1 주파수 및 제2 주파수 대역에서 공진하고, 상기 슈퍼스트레이트가 상기 안테나 소자에 결합됨에 따라 상기 각 안테나 소자가 공진하는 제2 주파수 대역이 변경될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 제1 주파수 대역은 상기 제2 주파수 대역보다 낮은 주파수 대역일 수 있다.

[0017] 여기서, 상기 각각의 안테나 소자들은 유전체 기관상의 중심점을 중심으로 원형으로 배열될 수 있다.

**발명의 효과**

[0018] 하기 실시예들에 따르면, 작은 크기를 가지며, 두 개의 주파수 대역에서 동작할 수 있는 배열 안테나 시스템을 제공할 수 있다.

[0019] 하기 실시예들에 따르면, 배열 안테나를 구성하는 안테나 소자를 튜닝하여 배열 안테나 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0020] 도 1은 배열 안테나를 이용하여 신호를 수신하는 개념을 설명하는 도면이다.

도 2는 이중 링 안테나를 이용하여 구성된 배열 안테나의 구조를 도시한 도면이다.

도 3은 배열 안테나를 구성하는 이중 링 안테나의 이중 주파수 비(dual-frequency ratio)를 도시한 그래프이다.

도 4는 배열 안테나를 구성하는 이중 링 안테나 간의 상호 결합(mutual coupling)을 도시한 도면이다.

도 5는 이중 링 안테나와 결합하는 슈퍼스트레이트의 예를 도시한 도면이다.

도 6은 슈퍼스트레이트가 안테나 소자와 결합하는 실시예를 도시한 도면이다.

도 7은 각각의 안테나 소자가 슈퍼스트레이트와 결합된 배열 안테나의 설계 변수를 설명한 도면이다.

도 8은 주파수에 따른 안테나 소자의 반사 계수와 주파수에 따른 전면 방향에서의 이득을 도시한 그래프이다.

도 9는 주파수에 따른 축비(axial ratio)와 슈퍼스트레이트의 높이에 따른 주파수 천이값을 도시한 도면이다.

도 10은 예시적 실시예에 따라 배열 안테나를 튜닝하는 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0021] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0022] 도 2의 (a)는 배열 안테나를 구성하는 개별 안테나 소자(이중 링 안테나)를 도시한 도면이고, 도 2의 (b)는 이중 링 안테나를 이용하여 구성된 배열 안테나의 구조를 도시한 도면이다.

[0023] 일측에 따르면, 두개의 주파수 대역으로 전송되는 GPS 신호를 수신하기 위하여 도 2의 (a)에 도시된 2개의 링으로 구성된 이중 링 안테나를 안테나 소자로 사용할 수 있다.

[0024] 도 2의 (a)에서, 위쪽의 도면은 이중 링 안테나를 위에서 바라본 도면이고, 아랫쪽의 도면은 이중 링 안테나를 옆에서 바라본 도면이다.

[0025] 도 2의 (a)에 도시된 이중 링 안테나는 중심점이 일치하는 내부 링(230)과 외부 링(220)으로 구성된다. 각각의 링들은 세라믹 재질의 유전체 기관 위에 금속 패치를 부착한 패치 안테나 형태로 구현될 수 있다. 이 경우에, 유전체 기관의 유전율은 10이고, 손실 탄젠트  $\tan \delta$  은 0.0035일 수 있다.

[0026] 내부링(230)은 피드 포인트(242)를 구비하는 칩 커플러(241)로부터 급전될 수 있다. 내부링(230)은 세라믹 유

전체 기판을 관통하는 급전선(251, 252)을 이용하여 급전될 수 있다.

- [0028] 도 2의 (b)는 이중 링 안테나를 이용하여 구성된 배열 안테나의 구조를 도시한 도면이다. 도 2의 (b)에서는 원형의 유전체 기판(260)위에 각 이중 링 안테나(271, 272, 273, 274, 275, 276, 277)들이 배치된 실시예가 도시되었으나, 사각형 또는 다른 형태의 유전체 기판을 사용하는 것도 가능하다.
- [0029] 각 이중 링 안테나(271, 272, 273, 274, 275, 276, 277)들은 배열 안테나의 중심점으로부터 제1 거리만큼 이격되어 원형으로 배열되며, 각각의 이중 링 안테나(271, 272, 273, 274, 275, 276, 277)들은 서로 제2 거리만큼 이격되어 위치한다.
- [0030] 도 2의 (b)에서는 7개의 이중 링 안테나(271, 272, 273, 274, 275, 276, 277)를 이용하여 배열 안테나를 구성한 실시예가 도시되었으나, 배열 안테나가 동작하는 주파수 대역, 배열 안테나의 빔포밍 성능 등에 따라 더 많은 개수의 이중 링 안테나 또는 더 적은 개수의 이중 링 안테나를 이용하여 배열 안테나를 구성할 수 있다.
- [0032] 도 2의 (a)에서, 링 사이의 간격(253) 및 각각의 링(220, 230)의 두께(221, 222, 231, 232) 및 중심원의 크기(254)들은 배열 안테나가 동작해야 하는 2개의 주파수 대역에 따라 결정될 수 있다.
- [0033] 특히, 링 사이의 간격(253)은 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비(dual frequency ratio)에 따라 결정된다. 이하 링 사이의 간격(253)에 대해서는 도 3을 참고하여 설명한다.
- [0035] 도 3은 배열 안테나를 구성하는 이중 링 안테나의 이중 주파수 비(dual-frequency ratio)를 도시한 그래프이다. 도 3의 가로축은 링 사이의 간격을 나타내며, 단위는 밀리미터(mm)이다. 도 3의 세로축은 이중 주파수 비를 나타낸다.
- [0036] 위에서 언급한 바와 같이, 링 사이의 간격(g, 253)은 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비(dual frequency ratio)에 따라 결정된다. 일반적으로 사용되는 GPS 시스템의 중심 주파수는 1.575.42 GHz, 1.227 GHz 이며, 이 경우 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 대략 1.25 정도이다.
- [0037] 도 3에 도시된, 링 사이의 간격(g, 253)과 중심 주파수 사이의 관계를 참조하면, 중심 주파수가 1.25인 환경에서 동작하도록 하려면 링 사이의 간격(g, 253)이 0.2mm가 되어야 한다. 실제로 배열 안테나를 제작, 운용하는 경우 링사이의 간격 0.2mm는 지나치게 작은 값이며 안테나 제작의 물리적인 한계에 근접한 값이다. 따라서, 실제 제작된 안테나의 중심 주파수의 비는 1.25 보다는 큰 값이 경우가 많으며 교정 또는 튜닝이 필요하다.
- [0039] 도 4는 배열 안테나를 구성하는 이중 링 안테나 간의 상호 결합(mutual coupling)을 도시한 도면이다.
- [0040] 배열 안테나를 소형화하기 위하여, 배열 안테나를 구성하는 안테나 소자(410, 420)들을 서로 인접하여 배치해야 한다. 인접한 안테나 소자들은 서로 직접적으로 연결되지는 않으나, 서로 영향을 받을 수 있다. 이를 상호 결합이라고 한다.
- [0041] 즉, 배열 안테나를 구성하는 안테나 소자(410, 420)간의 간격이 좁아지면, 상호 결합으로 인하여 안테나 소자(410, 420)간에는 가장적으로 커패시터(430) 또는 인덕터(440) 성분이 형성된다. 상호 결합으로 인하여 각 안테나 소자(410, 420)는 설계 당시 의도하였던 특성과는 다른 특성을 나타낸다. 예를 들어, 안테나 소자(410, 420)의 공진 주파수 대역의 중심 주파수가 설계 당시 의도하였던 주파수와 달라질 수 있다.
- [0042] 또한, 안테나 소자(410, 420)들로 구성된 배열 안테나도 설계 당시 의도하였던 특성과는 다른 특성을 나타내며, 배열 안테나의 성능도 의도하였던 성능에 미치지 못한다.
- [0044] 따라서, 도 3 및 도 4에서 설명한, 설계 당시 의도하였던 특성을 나타내도록 안테나 소자(410, 420)의 특성을 교정 또는 튜닝하는 기법이 필요하다.
- [0046] 도 5는 이중 링 안테나와 결합하는 슈퍼스트레이트의 예를 도시한 도면이다.
- [0047] 예시적 실시예에 따르면, 도 5에 도시된 슈퍼스트레이트들을 배열 안테나를 구성하는 안테나 소자인 이중 링 안테나에 삽입하여, 상호 결합 등으로 인하여 저하되는 이중 링 안테나의 특성을 교정하기 위하여 사용된다.
- [0048] 슈퍼스트레이트는 도 5에 도시된 바와 같이 두 개의 원기둥이 결합된 형태로 구성된다. 하부에 위치하는 제1 원기둥은 도 2의 (a)에 도시된 이중 링 안테나의 내부 링(230) 내부의 공간에 삽입된다. 제2 원기둥은 제1 원기둥의 상부에 위치하며, 제1 원기둥의 반경은 제2 원기둥의 반경보다 작은 형태일 수 있다.
- [0049] 도 5에서, 제1 원기둥의 높이는 이중 링 안테나가 패치된 유전체 기판의 높이와 동일할 수 있다. 또한, 제2 원기둥의 높이는 슈퍼스트레이트를 이용하여 교정하려는 안테나 소자(이중 링 안테나)의 특성에 따라서 달리 결정

될 수 있다.

- [0050] 일측에 따르면, 배열 안테나를 제작하고, 제작된 배열 안테나에 포함된 이중 링 안테나의 특성을 측정할 수 있다. 제2 원기둥의 높이가 서로 다른 여러 개의 슈퍼스트레이트들 중에서, 이중 링 안테나의 특성에 따라 어느 하나의 슈퍼스트레이트를 선택할 수 있다. 선택된 슈퍼스트레이트를 이중 링 안테나에 삽입하여 이중 링 안테나의 특성을 교정할 수 있다.
- [0051] 예를 들어, 제작된 이중 링 안테나의 중심 주파수가 설계 당시 원하던 중심 주파수와는 상이하여 중심 주파수를 변경해야 하는 경우, 중심 주파수가 쉬프트(shift)되어야 할 주파수 천이값에 따라서 슈퍼스트레이트를 선택할 수 있다. 이 경우에, 주파수 천이값이 작으면 제2 원기둥의 높이가 낮은 슈퍼스트레이트를 선택할 수 있고, 주파수 천이값이 크면 제2 원기둥의 높이가 높은 슈퍼스트레이트를 선택할 수 있다.
- [0052] 일측에 따르면 슈퍼스트레이트는 세라믹 재질로 구성될 수 있다.
- [0054] 도 6은 슈퍼스트레이트가 안테나 소자와 결합하는 실시예를 도시한 도면이다.
- [0055] 이중 링 안테나로 구현된 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)들은 유전체 기관상에 배치된다. 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)에 대응되는 슈퍼스트레이트들(631, 632, 633, 634, 635, 636, 637)들은 각 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)의 특성에 따라 선택된다.
- [0056] 선택된 슈퍼스트레이트들(631, 632, 633, 634, 635, 636, 637)들은 대응되는 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)과 결합하여 각 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)들의 특성을 교정할 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 각 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)이 이중 링 안테나인 경우에, 선택된 슈퍼스트레이트들(631, 632, 633, 634, 635, 636, 637)은 이중 링 안테나 내부에 삽입을 용이하게 하기 위한 원기둥 형상을 포함할 수 있다. 선택된 슈퍼스트레이트들(631, 632, 633, 634, 635, 636, 637)의 원기둥은 각 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)의 내부 링에 삽입되어 각 슈퍼스트레이트들(631, 632, 633, 634, 635, 636, 637)과 각 안테나 소자들(621, 622, 623, 624, 625, 626, 627)이 결합된다.
- [0059] 도 7은 각각의 안테나 소자가 슈퍼스트레이트와 결합된 배열 안테나의 설계 변수를 설명한 도면이다.
- [0060] 원형의 유전체 기관(710) 위에 이중 링 안테나로 구현된 안테나 소자들 및 안테나 소자와 결합된 슈퍼스트레이트가 위치한다.
- [0061] 배열 안테나의 중심점으로부터 각 이중 링 안테나의 중심점까지의 거리  $r_c$  (720)는 40 mm 이다, 이중 링 안테나 중에서, 내부 링의 두께  $w_1$  (731)는 7.3mm이고, 외부 링의 두께  $w_2$  (732)는 0.3mm이다. 링 사이의 간격  $g$  (733)는 0.3mm이다.
- [0062] 유전체 기관의 직경  $d_1$  (711)은 127mm이고, 슈퍼스트레이트의 상단 원기둥의 직경  $d_2$  (734)는 21.8mm이다.
- [0063] 유전체 기관의 두께  $h_1$  (741)은 10mm이고, 슈퍼스트레이트의 상단 원기둥의 높이 중 최대값  $h_2$  (742)는 4mm 이다.



[0064] 안테나 소자가 슈퍼스트레이트와 결합된 배열 안테나의 설계 변수를 정리하면 하기의 표와 같다.

Parameters	Values
$d_1$	127 mm
$d_2$	21.8 mm
$w_1$	7.3 mm
$w_2$	0.3 mm
$r_c$	40 mm
$g$	0.3 mm
$h_1$	10 mm
$h_2$	4 mm

[0065]

[0067] 도 8은 주파수에 따른 안테나 소자의 반사 계수와 주파수에 따른 전면 방향에서의 이득을 도시한 그래프이다.

[0068] 가로축은 주파수 대역을 나타내고, 세로축은 각각 반사 계수와 전면 방향에서의 이득을 나타낸다. 또한, 검은 색 실선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서의 측정값을 나타내고, 점선 또는 패선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입된 상태에서의 측정값을 나타낸다.

[0069] 왼쪽의 그래프를 참조하면, 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서 1.2276GHz에서의 반사계수는 -18.22dB, 1.5754GHz에서의 반사계수는 -12.22dB이다. 반면, 제2 원기둥의 높이가 3mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 반사계수는 -17.62dB, 1.5754GHz에서의 반사계수는 -11.01dB이다. 또한 제2 원기둥의 높이가 6mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 반사계수는 -17.32dB, 1.5754GHz에서의 반사계수는 -10.54dB이다. 마지막으로, 제2 원기둥의 높이가 9mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 반사계수는 -17.20dB, 1.5754GHz에서의 반사계수는 -10.66dB이다.

[0070] 오른쪽의 그래프를 참조하면, 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서 1.2276GHz에서 전면 방향에서의 이득은 -1.39dBi, 1.5754GHz에서 전면 방향에서의 이득은 0.10dBi이다. 반면, 제2 원기둥의 높이가 3mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서 전면 방향에서의 이득은 -1.59dBi, 1.5754GHz에서 전면 방향에서의 이득은 -0.09dBi이다. 또한 제2 원기둥의 높이가 6mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서 전면 방향에서의 이득은 -1.47dBi, 1.5754GHz에서 전면 방향에서의 이득은 0.15dBi이다. 마지막으로, 제2 원기둥의 높이가 9mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서 전면 방향에서의 이득은 -1.43dBi, 1.5754GHz에서 전면 방향에서의 이득은 0.40dBi이다.

[0071] 도 8에 도시된 그래프를 참조하면, 배열 안테나의 안테나 소자로 사용되는 이중 링 안테나에 슈퍼스트레이트를 삽입함으로써, 이중 링 안테나의 특성을 변경시킬 수 있으며, 충분한 특성 교정 효과를 보임을 알 수 있다.

[0073] 도 9는 슈퍼스트레이트의 높이에 따른 주파수에 따른 축비(axial ratio)와 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비를 도시한 도면이다.

[0074] 왼쪽의 그래프에서 가로축은 주파수 대역을 나타내고, 세로축은 축비를 나타낸다. 또한, 검은색 실선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서의 측정값을 나타내고, 점선 또는 패선으로 표시된 선은 슈퍼



스트레이트가 삽입된 상태에서의 측정값을 나타낸다.

- [0075] 왼쪽의 그래프를 참조하면, 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서 1.2276GHz에서의 측비는 0.103dB, 1.5754GHz에서의 반사계수는 4.194dB이다. 반면, 제2 원기둥의 높이가 3mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 측비는 0.094dB, 1.5754GHz에서의 측비는 4.051dB이다. 또한 제2 원기둥의 높이가 6mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 측비는 0.024dB, 1.5754GHz에서의 측비는 3.668dB이다. 마지막으로, 제2 원기둥의 높이가 9mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 1.2276GHz에서의 측비는 0.20dB, 1.5754GHz에서의 측비는 3.138dB이다.
- [0077] 오른쪽의 그래프에서 가로축은 주파수 대역을 나타내고, 세로축은 이중 링 안테나가 동작하는 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비를 나타낸다. 일반적으로 사용되는 GPS 시스템의 중심 주파수는 1.5754 GHz, 1.2276 GHz이며, 이 경우 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 대략 1.25 정도이다. 이중 링 안테나는 위에서 설명한 두 개의 주파수 대역에서 동작하도록 설계되지만, 실제로 제작된 경우 상호결합 등으로 인하여 설계 당시 목표했던 특성을 나타내지 못할 수 있다.
- [0078] 또한 오른쪽의 그래프에서, 검은색 실선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서의 측정값을 나타내고, 점선 또는 패선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입된 상태에서의 측정값을 나타낸다.
- [0079] 오른쪽의 그래프를 참조하면, 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 1.284이다. 반면, 제2 원기둥의 높이가 3mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 1.286이고, 제2 원기둥의 높이가 6mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 1.284이며, 제2 원기둥의 높이가 9mm인 슈퍼스트레이트가 삽입된 경우, 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 1.283이다.
- [0080] 도 9에 도시된 그래프를 참조하면, 배열 안테나의 안테나 소자로 사용되는 이중 링 안테나에 슈퍼스트레이트를 삽입함으로써, 이중 링 안테나의 특성을 변경시킬 수 있으며, 충분한 특성 교정 효과를 보임을 알 수 있다.
- [0082] 도 10은 슈퍼스트레이트의 높이에 따른 주파수 천이와 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비의 변화를 도시한 그래프이다.
- [0083] 왼쪽의 그래프에서 가로축은 주파수 대역을 나타내고, 세로축은 이득을 나타낸다. 또한, 검은색 실선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입되지 않은 상태에서의 측정값을 나타내고, 점선 또는 패선으로 표시된 선은 슈퍼스트레이트가 삽입된 상태에서의 측정값을 나타낸다.
- [0084] 도 10의 왼쪽의 그래프를 참조하면, 서로 다른 높이를 가진 슈퍼스트레이트가 삽입되는 경우, 낮은 주파수 대역의 중심 주파수는 거의 변화가 없으나, 높은 주파수 대역의 중심 주파수는 슈퍼스트레이트의 높이가 높아짐에 따라 조금씩 낮아지는 경향을 보인다.
- [0085] 도 10의 오른쪽의 그래프를 참조하면, 서로 다른 높이의 슈퍼스트레이트를 삽입함에 따라서 두 주파수 대역의 중심 주파수의 비는 낮아지는 추세를 보임을 알 수 있다.
- [0087] 도 10을 참조하면, 개별 안테나 소자의 특성에 따라 적절한 슈퍼 스트레이트를 삽입한다면, 개별 안테나 소자의 특성을 충분히 교정할 수 있음을 알 수 있다.
- [0089] 도 11은 예시적 실시예에 따라 배열 안테나를 튜닝하는 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.
- [0090] 단계(1110)에서는 복수의 안테나 소자를 포함하는 배열 안테나를 제작한다. 일측에 따르면, 배열 안테나에 포함된 안테나 소자는 중심점이 일치하는 내부 링 및 외부 링으로 구성된 이중 링 안테나고, 배열 안테나는 이중 링 안테나들이 유전체 기판상의 중심점을 중심으로 원형으로 배치된 형태일 수 있다.
- [0091] 단계(1120)에서, 배열 안테나 튜닝 장치는 배열 안테나에 포함된 안테나 소자의 특성을 측정하여 측정값을 생성한다. 일측에 따르면, 단계(1120)에서 측정되는 안테나 소자의 특성은 특정 주파수 대역에서의 이득의 크기, 공진 주파수, 공진 주파수 대역이 2개 이상인 경우 공진 주파수 대역의 비율 등일 수 있다.
- [0092] 단계(1130) 내지 단계(1140)에서, 배열 안테나 튜닝 장치는 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서 각 안테나 소자에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택한다.
- [0093] 먼저, 단계(1130)에서는 각 안테나 소자의 측정값에 따라서 각 안테나 소자의 중심 주파수가 쉬프트되어야 할 주파수 천이값을 산출할 수 있다. 배열 안테나에 포함된 안테나 소자들은 인접하여 배치된 다른 안테나 소자와

상호 결합될 수 있다. 또한, 이중 링 안테나 만으로는 개별 안테나 소자가 만족해야할 요구 사항 중에서 한 가지 이상을 만족시키기 어려운 경우도 있다. 즉, 단계(1130)에서는 실제 제작된 안테나 소자의 측정값을 고려하여 교정 또는 튜닝이 필요한 특성을 파악할 수 있다.

[0094] 일측에 따르면, 각 안테나 소자는 제1 주파수 대역 및 제2 주파수 대역에서 공진할 수 있다. 여기서, 제1 주파수 대역은 제2 주파수 대역보다 낮은 주파수 대역일 수 있다. 실제 제작한 개별 안테나 소자의 특성 중에서, 제2 주파수 대역의 중심 주파수가 설계 당시 원하던 값보다 높은 경우, 설계 당시 원하던 주파수와 측정된 중심 주파수와의 차이가 주파수 천이값으로 산출될 수 있다.

[0095] 또한, 단계(1140)에서는 각 안테나 소자의 주파수 천이값에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택한다.

[0096] 일측에 따르면, 슈퍼스트레이트들은 제1 원기둥과 제2 원기둥을 결합한 형태일 수 있다. 이 경우, 슈퍼스트레이트들의 제2 원기둥은 서로 다른 높이를 가질 수 있다. 단계(1140)에서는 복수의 슈퍼스트레이트들 중에서, 제2 원기둥의 높이가 주파수 천이값에 대응되는 슈퍼스트레이트를 선택할 수 있다.

[0097] 단계(1150)에서, 배열 안테나 튜닝 장치는 선택된 슈퍼스트레이트를 대응되는 안테나 소자에 결합시킨다. 슈퍼스트레이트가 안테나 소자에 결합됨에 따라 각 안테나 소자가 공진하는 제2 주파수 대역의 중심 주파수가 변경되어 설계 당시 원하던 주파수에 근접할 수 있다. 또한, 이 경우에, 제1 주파수 대역과 주파수 천이된 제2 주파수 대역의 중심 주파수의 비도 변경될 수 있다.

[0099] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0101] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 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.

[0102] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

### 부호의 설명

[0104] 110: 배열 안테나

120: 큰 이득을 가진 빔

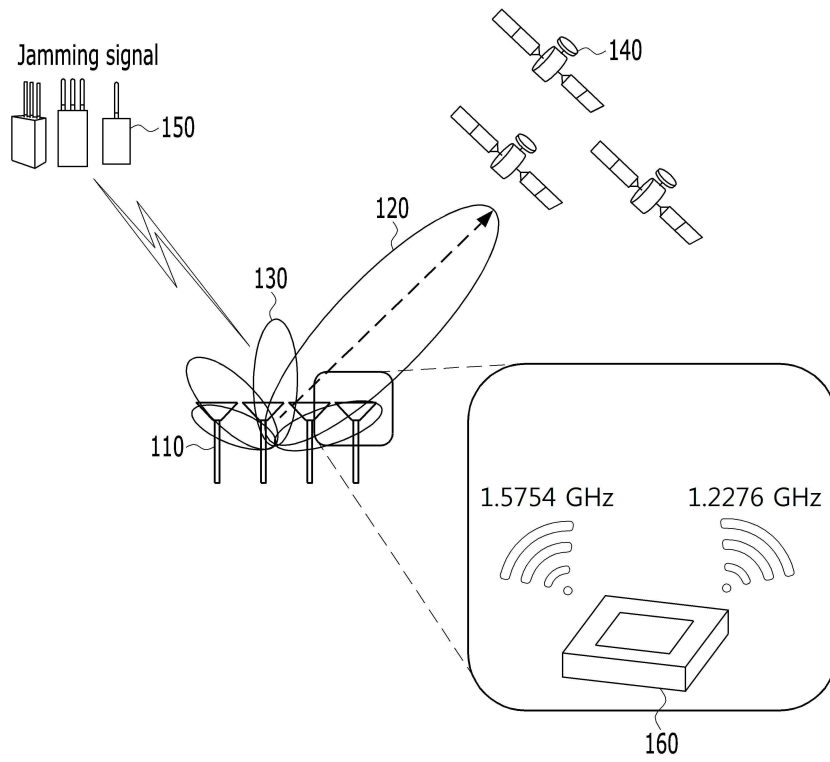
130: 널(Null)

140: GPS 신호를 전송하는 위성

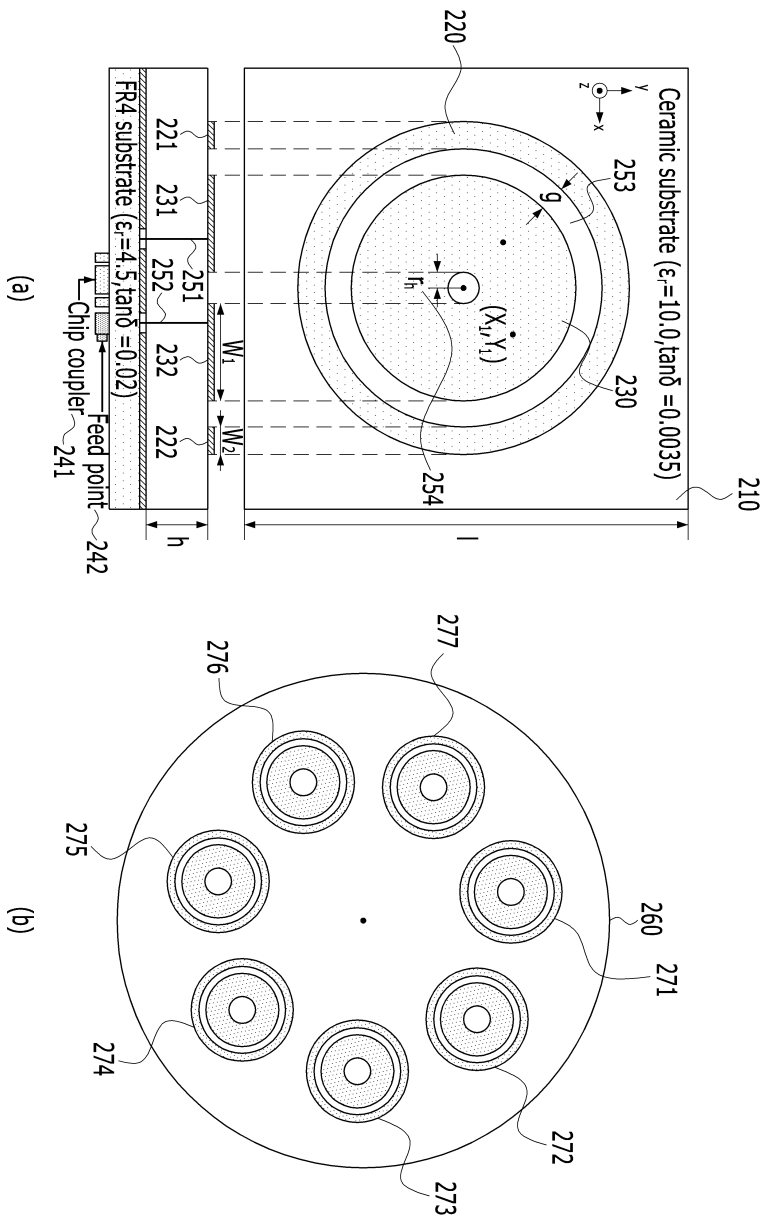
150: 해킹, 재밍을 위한 신호원

도면

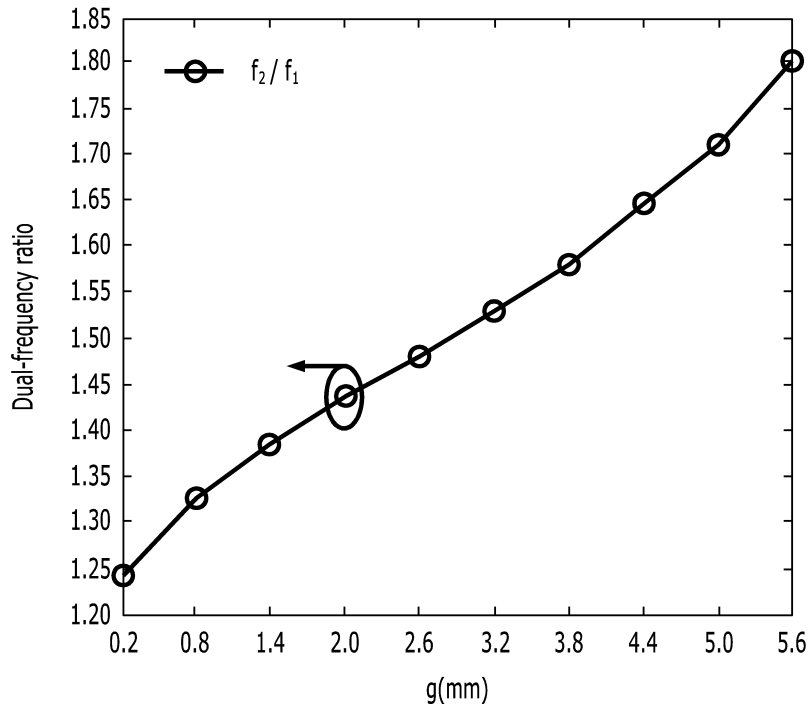
도면1



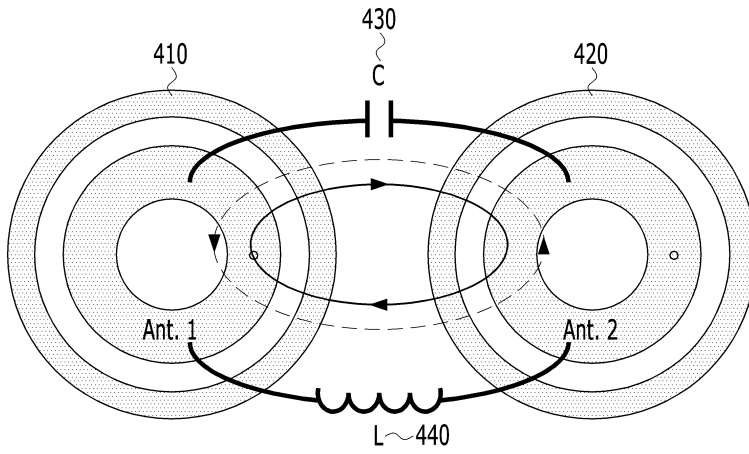
도면2



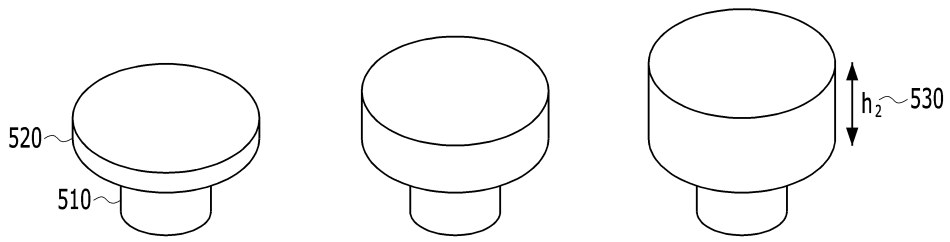
도면3



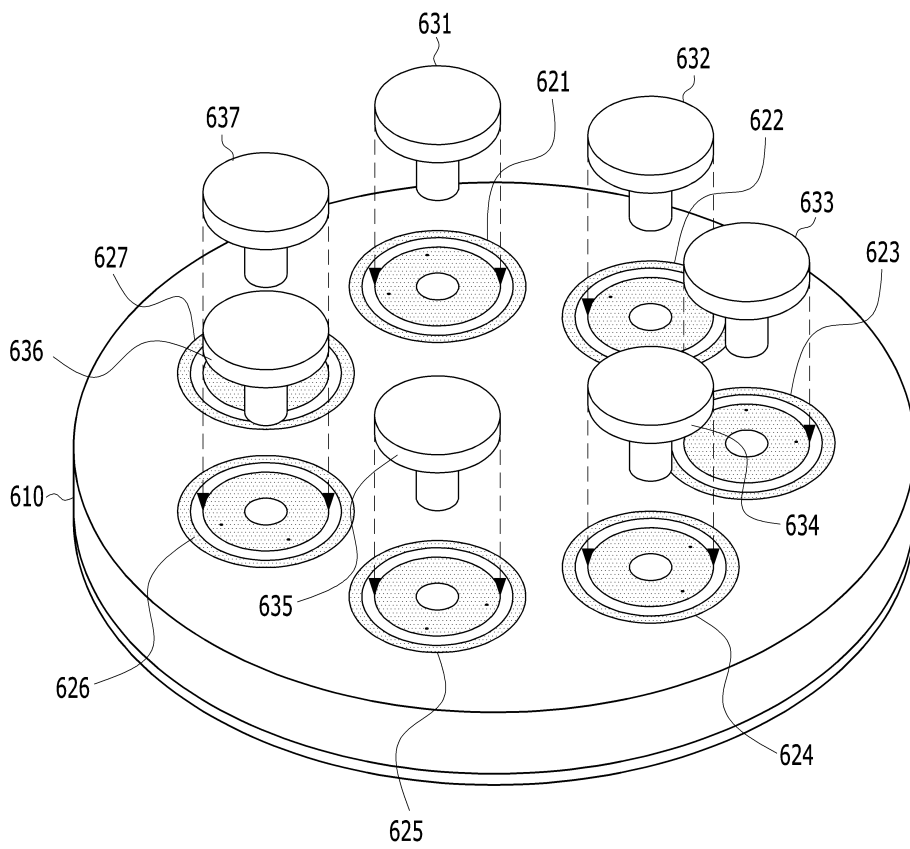
도면4



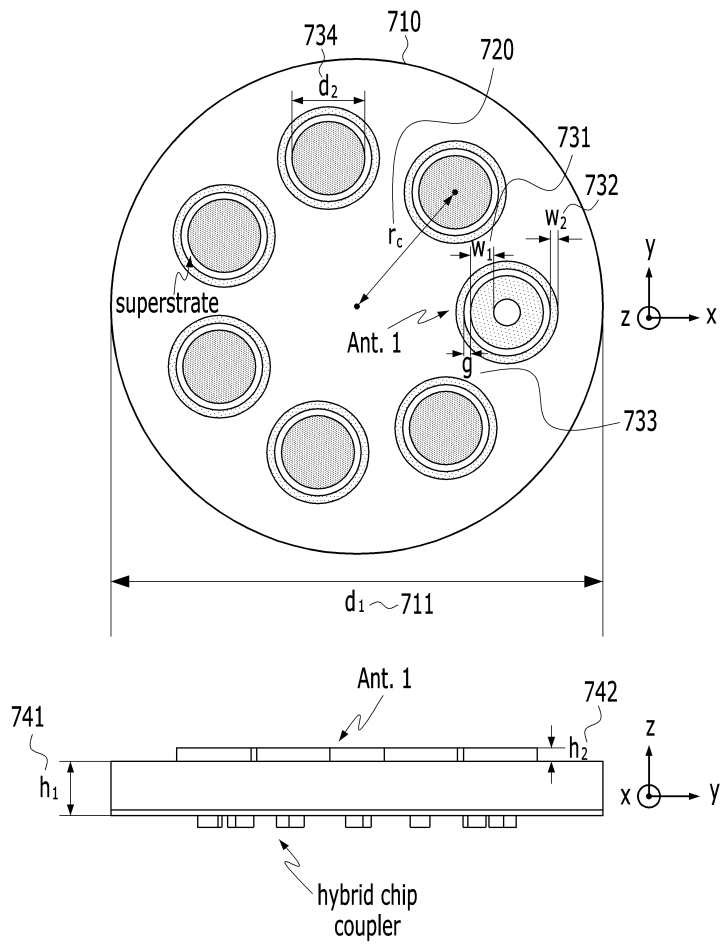
도면5



도면6

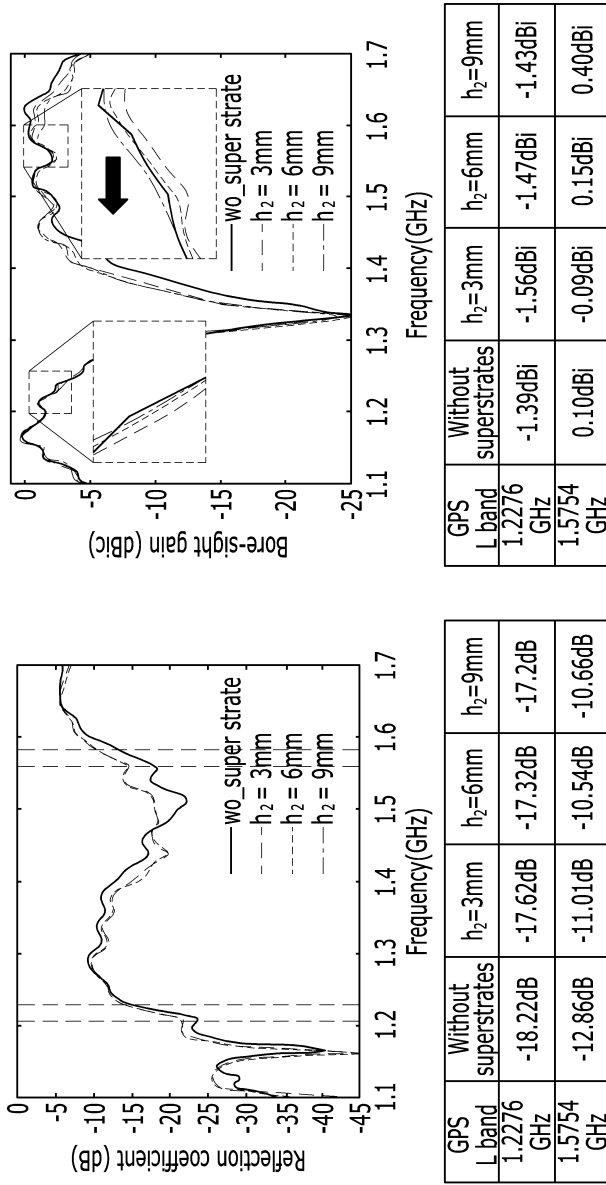


도면7

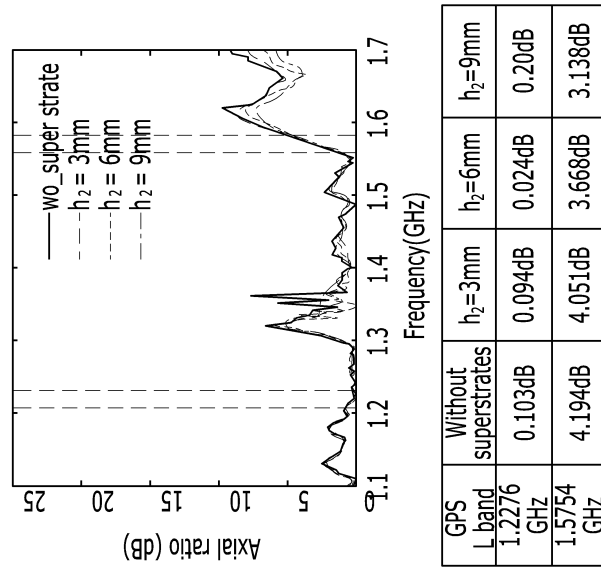
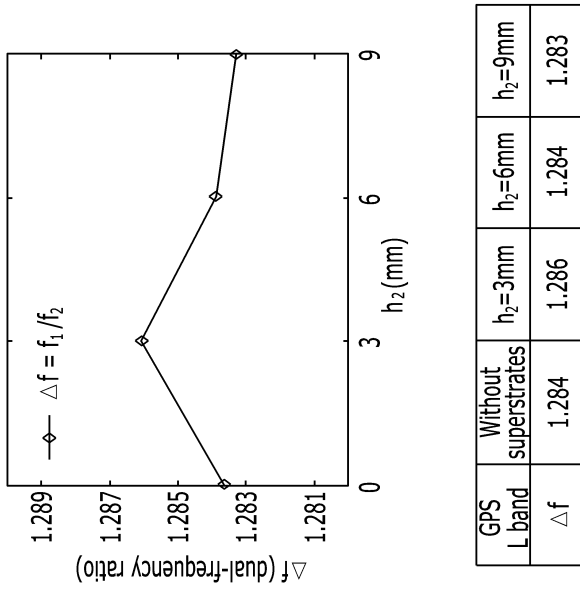




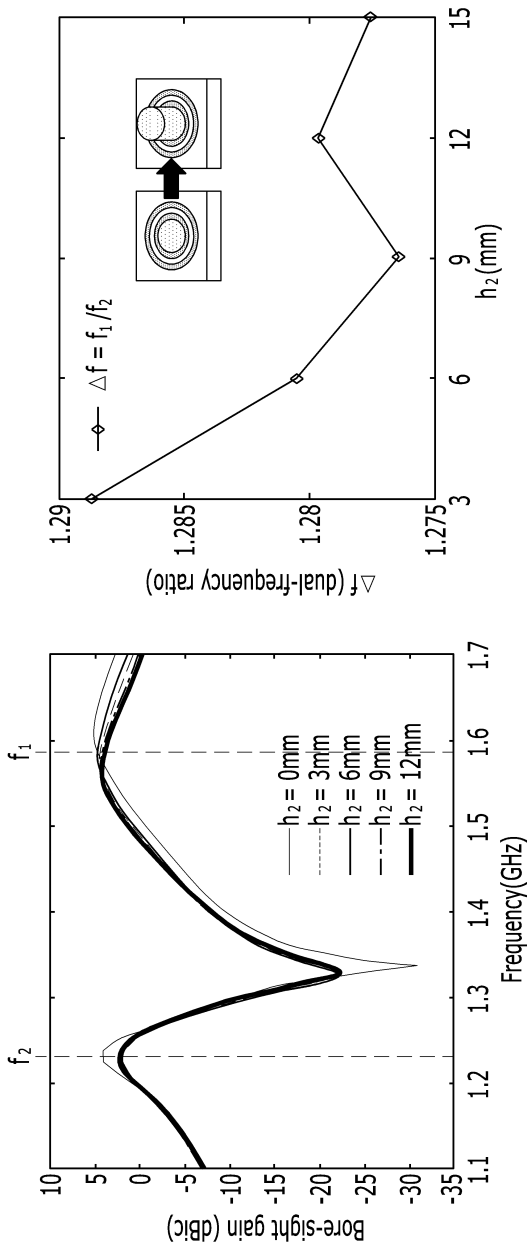
도면8



도면9



도면10



도면11

