(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0160045
(43) 공개일자 2024년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01Q 9/40* (2006.01) *H01Q 1/46* (2006.01)
*H01Q 3/26* (2006.01) *H01Q 5/378* (2015.01)
(52) CPC특허분류
*H01Q 9/40* (2013.01)
*H01Q 1/46* (2018.05)
(21) 출원번호 10-2024-0148431(분할)
(22) 출원일자 2024년10월28일
심사청구일자 2024년10월28일
(62) 원출원 특허 10-2022-0060021
원출원일자 2022년05월17일
심사청구일자 2022년05월17일

(71) 출원인
**국립한밭대학교 산학협력단**
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
**정영배**
대전광역시 서구 둔산북로 215 가람아파트 1동 1106호
(74) 대리인
**특허법인 플러스**

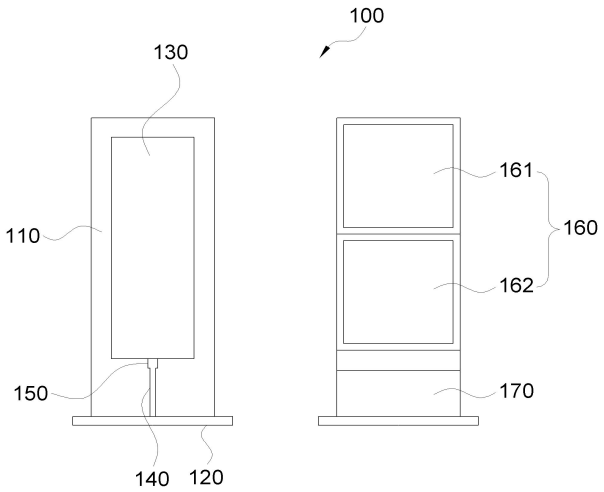
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **광대역 모노폴 안테나 및 이를 포함하는 정보 기기**

## (57) 요 약

본 발명은 모노폴 안테나에 관한 것으로, 보다 상세히는 광대역 모노폴 안테나에 관한 것이며, 길이방향으로 연장된 적어도 하나의 기판, 상기 기판의 일단과 결합되어 상기 기판을 수직으로 고정하는 부재인 베이스부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 전파를 송신하는 방사부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 베이스부 사이에 위치하며, 상기 방사부와 연결되어 전자기 신호를 공급하는 급전부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 급전부 사이에 위치하며, 임피던스를 정합하는 정합부, 상기 기판의 타면에 배치되고, 소정의 주파수 대역을 통과시키는 복수개의 공진기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

*대 표 도* - 도2



(52) CPC특허분류
*H01Q 3/2664* (2013.01)
*H01Q 5/378* (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1345356233 |
| 과제번호 | 2021RIS-004 |
| 부처명 | 교육부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단 |
| 연구사업명 | 지자체대학협력기반지역혁신사업 |
| 연구과제명 | (대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | (대전세종충남지역혁신플랫폼)충남대학교 |
| 연구기간 | 2022.05.01 ~ 2023.03.31 |

# *명 세 서*

## *청구범위*

### 청구항 1

길이방향으로 연장된 적어도 하나의 기판;

상기 기판의 일단과 결합되어 상기 기판을 수직으로 고정하는 부재인 베이스부;

상기 기판의 일면에 배치되고, 전파를 송신하는 방사부;

상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 베이스부 사이에 위치하며, 상기 방사부와 연결되어 상기 방사부에 전자기 신호를 공급하는 급전부;

상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 급전부 사이에 위치하며, 임피던스를 정합하는 정합부; 및

상기 기판의 타면에 배치되고, 소정의 주파수 대역을 통과시키는 복수의 공진기;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 공진기는,

상기 기판의 길이 방향을 따라 나란하게 배치된 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공진기는,

사각형상인 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기판의 타면에 배치되되, 상기 공진기와 상기 베이스부 사이에 구비되며, 상기 기판의 일면에 배치된 상기 급전부의 위치와 대응되는 위치에 배치되는 그라운드 플레이트인 제 1 그라운드부;를 더 포함하고,

상기 베이스부는,

그라운드 플레이트인 제 2 그라운드부를 포함하며,

상기 제 2 그라운드부는 상기 제 1 그라운드부에 수직방향으로 배치되는 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

두 개의 상기 기판인 제 1 기판과 제 2 기판을 포함하고,

상기 제 1 기판과 상기 제 2 기판은 서로 수직으로 배치된 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 방사부의 적어도 일부의 앞 또는 뒤를 감싸고, 소정 면적의 금속판으로 형성된 보조 방사부;를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 보조 방사부는,

상기 기판의 타단에 결합되는 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

**청구항 8**

제6항에 있어서,

상기 보조 방사부는,

ㄷ-자 형상을 갖는 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

**청구항 9**

제6항에 있어서,

상기 보조 방사부는,

상기 방사부의 앞에 위치한 상기 금속판과 상기 방사부의 뒤에 위치한 상기 금속판의 길이가 다른 것

을 특징으로 하는 광대역 모노폴 안테나.

**청구항 10**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항을 포함한 광대역 모노폴 안테나를 포함하는 정보 기기.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 모노폴 안테나에 관한 것으로, 보다 상세히는 광대역 모노폴 안테나에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0002] 안테나는 다이폴 안테나와 모노폴 안테나가 있다. 다이폴 안테나는 안테나의 길이가 2분의 1 파장인 도선의 중앙부에서 급전하여 안테나의 중앙을 기준으로 상하 또는 좌우의 선상 전위 분포 및 극성이 항상 대칭이 되어 다이폴과 같이 작용하는 안테나이다. 반면, 모노폴 안테나는 다이폴 안테나의 절반으로 동작하는 수직의 직선상, 또는 나선상 도체를 갖는 안테나를 의미한다. 일반적으로, 무선 통신을 위한 단말기에는 모노폴 안테나가 많이 사용된다. 그 이유는 모노폴 안테나는 다이폴 안테나와 같은 전 방향성 방사 패턴을 갖고, 전기적 길이는 다이폴 안테나와 비교해 절반으로 줄일 수 있기 때문이다. 또한, 모노폴 안테나를 구현하기 위해서는 방사체와 영상이론을 구현하기 위한 접지면이 필요한데, 무선 통신 단말기의 회로 보드를 영상이론을 위한 접지면으로 사용할 수 있기 때문이다.

[0003] 도 1은 종래 모노폴 안테나를 도시한 것이다.

[0004] 도 1에 도시된 바와 같이, 종래 모노폴 안테나는 일면에 급전선, 정합부, 방사부를 포함하며, 타면에는 상기 급전선을 통하여 상기 방사부로 안정적인 전자기 신호를 공급하기 위한 그라운드를 포함한다.

[0005] 종래 모노폴 안테나는 수평방향(H-plane)의 방사패턴이 원이 아닌 왜곡된 형상을 갖는다. 이는 수평방향으로 방사하는 신호전력의 세기에 차이가 발생함을 의미하며, 수신의 경우 수신 전력의 세기에 차이가 발생함을 의미한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 특허공보 제10-2018-0119072호("안테나 구조체 및 이를 포함하는 디스플레이 장치". 공고일 2020.04.16.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명에 의한 광대역 모노폴 안테나의 목적은, 모노폴 안테나의 광대역 및 고이득 특성과 함께, 수평방향으로 균일한 전방향 방사패턴을 구현할 수 있는 안테나를 제공함에 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 다양한 실시예에 의한 광대역 모노폴 안테나는, 길이방향으로 연장된 적어도 하나의 기판, 상기 기판의 일단과 결합되어 상기 기판을 수직으로 고정하는 부재인 베이스부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 전파를 송신하는 방사부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 베이스부 사이에 위치하며, 상기 방사부와 연결되어 전자기 신호를 공급하는 급전부, 상기 기판의 일면에 배치되고, 상기 방사부와 상기 급전부 사이에 위치하며, 임피던스를 정합하는 정합부, 상기 기판의 타면에 배치되고, 소정의 주파수 대역을 통과시키는 복수개의 공진기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 상기 복수개의 공진기는 상기 기판의 길이 방향을 따라 나란하게 배치된 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 복수개의 공진기는 사각형상인 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 기판의 타면에 배치되되, 상기 공진기와 상기 베이스부 사이에 구비되며, 상기 기판의 일면에 배치된 상기 급전부의 위치와 대응되는 위치에 배치되는 그라운드 플레이트인 제 1 그라운드부를 더 포함하고, 상기 베이스부는 그라운드 플레이트인 제 2 그라운드부를 포함하며, 상기 제 2 그라운드부는 상기 제 1 그라운드부에 수직방향으로 배치되된 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 두 개의 상기 기판인 제 1 기판과 제 2 기판을 포함하고, 상기 제 1 기판과 상기 제 2 기판은 서로 수직으로 배치된 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 방사부의 적어도 일부의 앞 또는 뒤를 감싸고, 소정 면적의 금속판으로 형성된 보조 방사부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 보조 방사부는 상기 기판의 타단에 결합되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 보조 방사부는 ㄷ-자 형상을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 보조 방사부는 상기 방사부의 앞에 위치한 상기 금속판과 상기 방사부의 뒤에 위치한 상기 금속판의 길이가 다른 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명의 다양한 실시예에 의한 광대역 모노폴 안테나를 포함하는 정보 기기는 상기 기재된 해결 수단 중 하나를 포함한 광대역 모노폴 안테나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

[0018] 상기한 바와 같은 본 발명의 다양한 실시예에 의한 광대역 모노폴 안테나에 의하면, 모노폴 안테나의 타면에 배치되는 공진기를 통해 소정 주파수 대역에서 고이득 특성을 갖을 수 있으며, 반사손실 특성에서도 광대역 특성을 구현할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 또한, 상기 공진기와 함께 모노폴 안테나의 타면에 추가로 배치되는 그라운드를 통해 원에 가까운 균일한 방사 패턴을 구현할 수 있는 효과가 있는 것이다.

[0020] 또한, 모노폴 안테나의 방사부에 배치되는 보조 방사부를 통해 고이득 특성을 갖을 수 있으며, 주파수 특성의 최적화에 영향을 줄 수 있는 것이다.

## 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 종래 모노폴 안테나를 도시한 개략도이고,

도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 복수개의 공진기를 갖는 모노폴 안테나를 도시한 개략도이며,

도 3은 주파수 선택기(공진기)의 설계 결과를 도시한 그래프이고,

도 4는 본 발명의 일실시예에 의한 복수개의 공진기 구조를 갖는 모노폴 안테나의 고이득 특성과 종래 모노폴 안테나의 이득을 비교하여 도시한 그래프이며,

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 의한 복수개의 공진기와 X-자형 그라운드 구조를 갖는 모노폴 안테나를 도시한 개략도이고,

도 6은 본 발명의 다양한 실시예에 의한 모노폴 안테나 구조의 광대역 특성을 종래 모노폴 안테나와 비교하여 도시한 그래프이며,

도 7은 본 발명의 다양한 실시예에 의한 모노폴 안테나 구조의 방사패턴 특성을 종래 모노폴 안테나와 비교하여 도시한 그래프이고,

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 의한 보조 방사부를 포함한 모노폴 안테나를 도시한 개략도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 다양한 실시예에 의한 광대역 모노폴 안테나 및 이를 포함하는 정보 기기에 관하여 상세히 설명한다.

[0023] 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 복수개의 공진기(160)를 갖는 모노폴 안테나(100)를 도시한 개략도이며, 도 2의 왼측 도면은 모노폴 안테나(100)의 일면이고, 우측 도면은 타면이다.

[0024] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 복수개의 공진기(160)를 갖는 모노폴 안테나(100)는, 기판(110), 베이스부(120), 방사부(130), 급전부(140), 정합부(150), 복수개의 공진기(160)를 포함한다. 또한, 상기 복수개의 공진기(160)를 갖는 모노폴 안테나(100)는 제 1 그라운드부(170)를 더 포함할 수도 있다.

[0025] 기판(110)은 길이방향으로 연장된 적어도 하나의 기판을 포함한다.

[0026] 베이스부(120)는 상기 기판(110)의 일단과 결합되며, 상기 기판(110)을 수직으로 고정하는 부재이다.

[0027] 방사부(130)는 상기 기판(110)의 일면에 배치되며, 전파를 송신한다.

[0028] 급전부(140)는 상기 기판(110)의 일면에 배치되며, 상기 방사부(130)와 상기 베이스부(120) 사이에 위치하고, 상기 방사부(130)와 연결되어 전자기 신호를 공급한다.

[0029] 정합부(150)는 상기 기판(110)의 일면에 배치되며, 상기 방사부(130)와 상기 급전부(140) 사이에 위치하고, 임피던스를 정합한다.

[0030] 복수개의 공진기(160)는 상기 기판(110)의 타면에 배치되고, 소정의 주파수 대역을 통과시킨다.

[0031] 제 1 그라운드부(170)는 상기 기판(110)의 타면에 배치되되, 상기 복수개의 공진기(160)와 상기 베이스부(120) 사이에 구비되고, 상기 기판(110)의 일면에 배치된 상기 급전부(140) 위치와 대응되는 위치에 배치되는 그라운드 플레이트이다.

[0032] 구체적으로, 상기 복수개의 공진기(160)는 상기 기판(110)의 길이 방향을 따라 나란하게 배치될 수 있으며, 상기 복수개의 공진기(160)는 사각형상일 수 있다. 다만, 상기 복수개의 공진기(160)의 형상과 개수는 안테나의 구조에 따라 변경할 수 있으며, 본 발명의 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이다.

[0033] 도 2에 도시된 바와 같이 상기 기판(110)의 타면에 배치된 복수개의 공진기(160)는 목적하는 소정의 주파수 대역을 통과하도록 주파수 선택기(Frequency Selective Surface)의 동작 원리로 설계될 수 있다.

[0034] 도 3은 상기 주파수 선택기의 설계 결과를 도시한 그래프이다.

[0035] 도 3에 기재된 S-Parameters는 RF에서 널리 사용되는 회로의 결과값을 의미하는 것으로, 주파수분포상에서 입력전압대 출력전압의 비를 의미한다. 예를 들어 S21이라고 하면, 1번 포트에서 입력한 전압과 2번 포트에서 출력된 전압의 비율을 의미한다. 즉, 상기 1번 포트로 입력된 전력이 상기 2번 포트로 얼마나 출력되는가를 나타내는 수치이다. 그래프에 도시된 S21을 보면 S-Parameters 값이 1.8GHz 부근에서 크게 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 해당 주파수에서 입력전압이 반사되지 않고, 최대한 외부로 방출된다는 것을 의미한다.

[0036] 도 4는 본 발명의 일실시예에 의한 복수개의 공진기 구조를 갖는 모노폴 안테나(100)의 고이득 특성과 종래 모노폴 안테나(10)의 이득을 비교하여 도시한 그래프이다.

[0037] 도 4에 도시된 그래프를 보면, 상기 복수개의 공진기(160)를 배치하여, 종래의 안테나(10) 구조(Conventional)에 비하여 목적하는 주파수 대역(1.8GHz 부근)에서 1dB 내외의 고이득 특성을 갖는 것(with FSS)을 확인할 수 있다.

[0038] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 의한 복수개의 공진기(160)와 X-자형 그라운드 구조를 갖는 모노폴 안테나를 도시한 개략도이다. 도 5의 왼측 도면은 제 1 그라운드부(170)를 도시한 것이고, 가운데 도면은 복수개의 공진기(160)와 X-자형 그라운드 구조를 갖는 모노폴 안테나를 도시한 것이며, 우측 도면은 복수개의 공진기(160)와 X-자형 그라운드 구조를 갖는 모노폴 안테나의 일면측에서 봤을 때의 구조를 도시한 것이다.

[0039] 도 5에 도시된 바와 같이, 복수개의 공진기(160)를 포함하는 모노폴 안테나는 제 2 그라운드부(171)를 더 포함할 수 있다. 구체적으로, 상기 베이스부(120)는 그라운드 플레이트인 제 2 그라운드부(171)를 포함하며, 상기 제 2 그라운드부(171)는 상기 제 1 그라운드부(170)에 수직방향으로 배치(X-자형 그라운드 구조)될 수 있다.

[0040] 도 6은 본 발명의 다양한 실시예에 의한 모노폴 안테나 구조의 광대역 특성을 종래 모노폴 안테나(10)와 비교하여 도시한 그래프이다.

[0041] 도 6에 도시된 바와 같이, 복수개의 공진기(160)를 포함하는 모노폴 안테나(with FSS only)는 종래 모노폴 안테나(Conventional)(10)에 비해 반사손실(Return loss) 특성에서 광대역 특성을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 또한, 복수개의 공진기(160)와 상기 X-자형 그라운드 구조를 포함하는 모노폴 안테나의 경우(with FSS and cross ground)에도, 종래의 모노폴 안테나(Conventional)(10) 대비 광대역 특성을 구현할 수 있다. 또한, 종래 대비 고이득 특성을 구현할 수 있다.

[0042] 도 7은 본 발명의 다양한 실시예에 의한 모노폴 안테나(100) 구조의 방사패턴 특성을 종래 모노폴 안테나와 비교하여 도시한 그래프이다.

[0043] 도 7에 도시된 바와 같이, 종래의 모노폴 안테나(10)(Conventional)는 수평방향(H-plane)의 방사패턴이 원이 아닌 왜곡된 형상을 갖는다. 왜곡은 수평방향으로 방사하는 신호전력의 세기에 차이가 발생함을 의미한다.(수신의 경우, 수신전력의 세기가 달라진다.) 상기 복수개의 공진기(160)를 구비한 모노폴 안테나의 경우(FSS

only)에도, 수평방향 방사패턴의 왜곡이 그대로 유지된다. 하지만, X-자형 그라운드 구조를 적용(Both FSS and cross-ground)한 경우, 원에 가까운 균일한 방사패턴을 구현할 수 있음을 알 수 있다.

[0044] 따라서 본 발명의 복수개의 공진기(160)와 X-자형 그라운드 구조를 갖는 모노폴 안테나를 통해 종래 모노폴 안테나 대비 고이득 특성과 광대역 특성을 구현할 수 있으며, 수평방향의 방사패턴의 왜곡을 해결할 수 있다.

[0045] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 의한 보조 방사부(131)를 포함한 모노폴 안테나를 도시한 개략도이다.

[0046] 도 8에 도시된 바와 같이, 보조 방사부(131)를 포함한 모노폴 안테나는 복수개의 기판(110)을 포함할 수 있다. 구체적으로, 제 1 기판(111)과 제 2 기판(112)을 포함할 수 있으며, 상기 제 1 기판(111)과 상기 제 2기판(112)은 서로 수직으로 배치될 수 있다. 또한, 상기 보조 방사부(131)는 제 1 기판(111) 및 상기 제 2 기판(112)에 배치된 상기 방사부(130)의 적어도 일부의 앞 또는 뒤를 감싸며, 소정 면적의 금속판으로 형성될 수 있고, 상기 제 1 기판(111) 및 상기 제 2 기판(112)의 타단에 결합될 수 있다. 또한, 상기 보조 방사부(131)는 상기 방사부(130)의 상기 앞과 상기 뒤의 적어도 일부를 감싸여, ㄷ-자 형상을 가질 수 있다. 상기 ㄷ-자 형상은 상기 앞의 금속판과 상기 뒤의 금속판의 길이가 상기 베이스부(120) 방향으로 일치하여 면적이 서로 같은 것을 의미한다. 또한, 상기 보조 방사부(131)는 상기 방사부(130)의 앞에 위치한 상기 금속판과 상기 방사부(130)의 뒤에 위치한 상기 금속판의 길이가 상기 베이스부(120) 방향으로 달라 면적이 서로 다를 수도 있다.

[0047] 상기 보조 방사부(131)는 안테나의 기생패치(stack patch)와 같은 역할을 수행하여, 모노폴 안테나의 지향성 개선을 통한 고이득 특성과 함께 주파수 특성의 최적화에 영향을 줄 수 있다.

[0048] 상기와 같이 설명한 본 발명의 모노폴 안테나(100)는 광대역에서 운용되는 다양한 무선통신 환경에 적용될 수 있으며, 다양한 정보 기기에 탑재될 수 있다. 따라서, 기존대비 고이득 특성을 통해 통신시스템의 성능을 개선할 수 있으며, 수평방향으로 균일한 전방향 방사패턴을 구현함으로써 통신하는 모든 방향에 대해 고른 통신서비스를 제공할 수 있다.

[0049] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

## *부호의 설명*

[0050] 10 : 모노폴 안테나 (종래 기술)

100 : 모노폴 안테나 (본 발명)

110 : 기판

111 : 제 1 기판

112 : 제 2 기판

120 : 베이스부

130 : 방사부

131 : 보조 방사부

140 : 급전부

150 : 정합부

160 : 복수개의 공진기

161 : 제 1 공진기

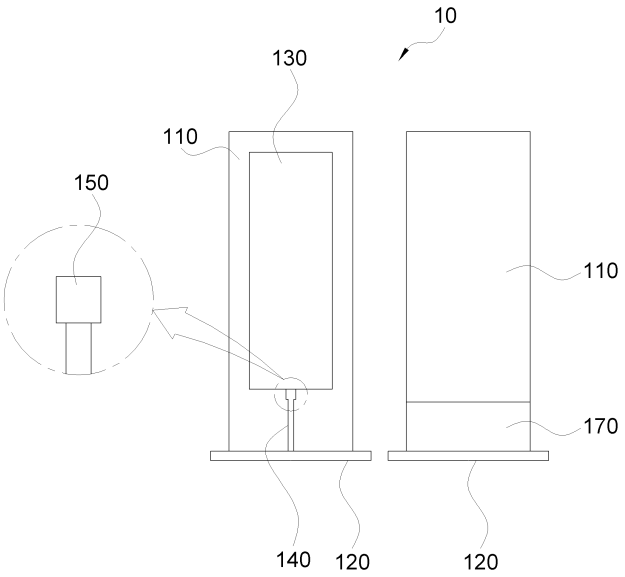
162 : 제 2 공진기

170 : 제 1 그라운드부

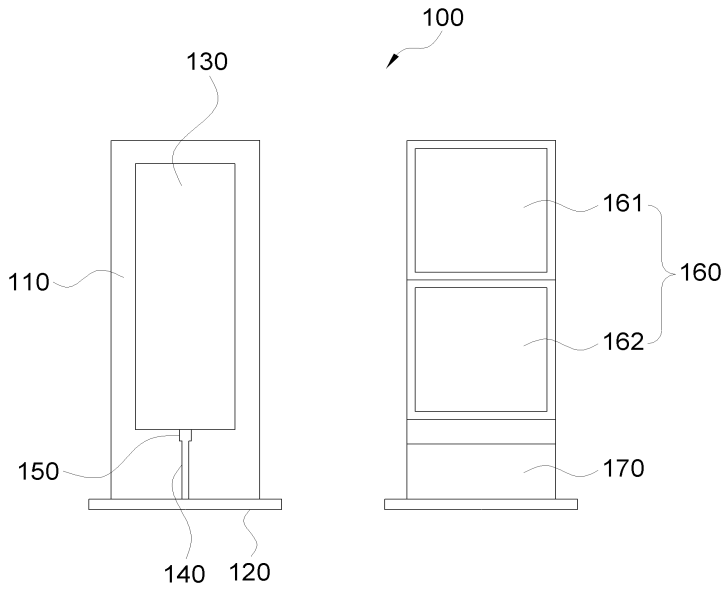
171 : 제 2 그라운드부

## 도면

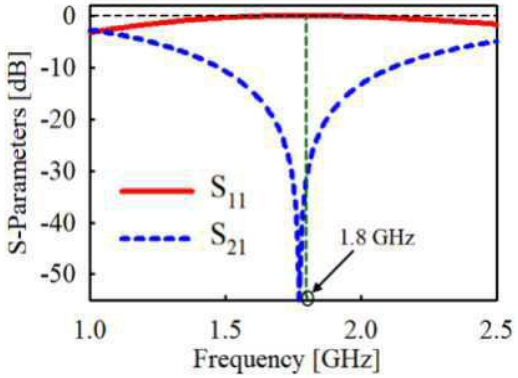
### 도면1


10
130
110
150
110
170
140
120
120

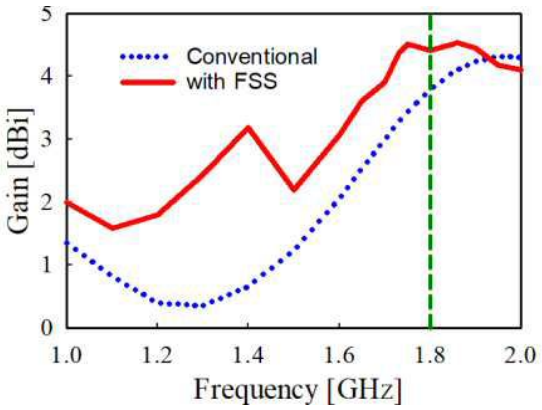
### 도면2


100
130
161
160
110
162
150
170
140
120

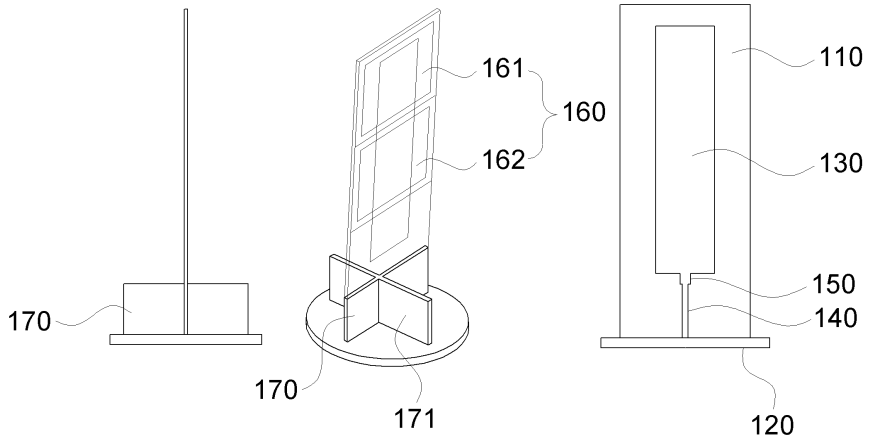
도면3


S-Parameters [dB]
0
-10
-20
-30
-40
-50
S11
S21
1.8 GHz
1.0
1.5
2.0
2.5
Frequency [GHz]

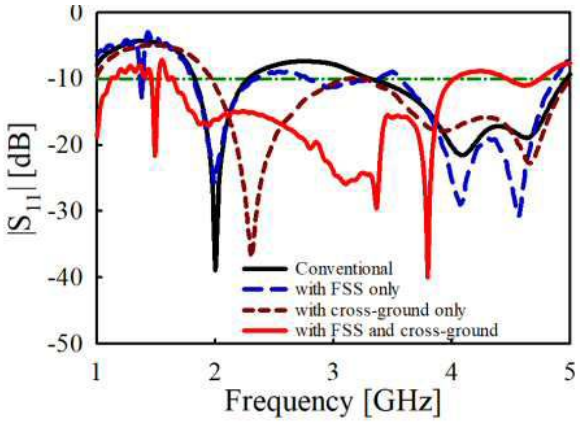
도면4


Gain [dBi]
5
4
3
2
1
0
Conventional
with FSS
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
Frequency [GHz]

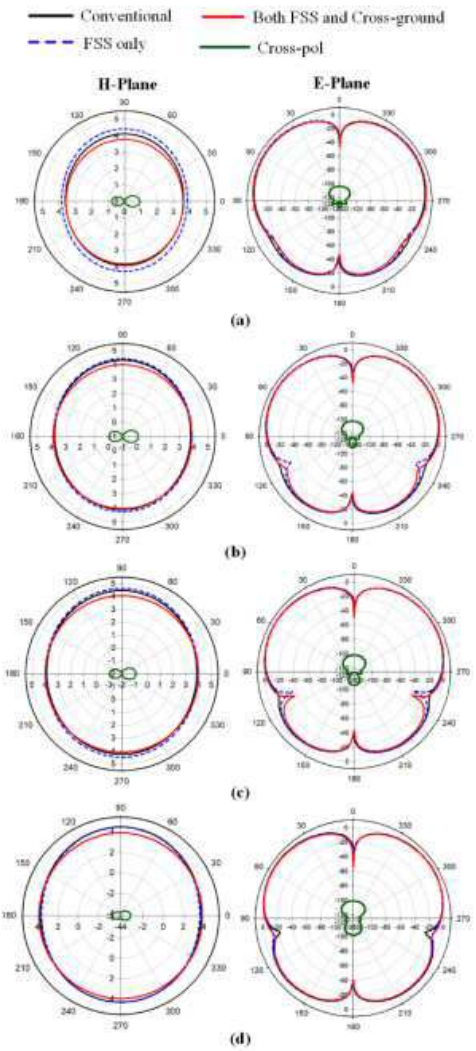
도면5


161
160
162
110
130
150
140
170
170
171
120

도면6


0
-10
-20
-30
-40
-50
|S11| [dB]
1
2
3
4
5
Frequency [GHz]
Conventional
with FSS only
with cross-ground only
with FSS and cross-ground

도면7


Conventional
FSS only
Both FSS and Cross-ground
Cross-pol
H-Plane
E-Plane
(a)
(b)
(c)
(d)

도면8

