



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월18일
(11) 등록번호 10-2533885
(24) 등록일자 2023년05월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 1/52 (2018.01) H01Q 13/08 (2006.01)
H01Q 21/06 (2018.01) H01Q 21/24 (2018.01)
- (52) CPC특허분류
H01Q 1/52 (2018.05)
H01Q 13/08 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7038424
- (22) 출원일자(국제) 2020년05월14일
심사청구일자 2021년11월24일
- (85) 번역문제출일자 2021년11월24일
- (65) 공개번호 10-2022-0002478
- (43) 공개일자 2022년01월06일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/019205
- (87) 국제공개번호 WO 2020/241271
국제공개일자 2020년12월03일
- (30) 우선권주장
JP-P-2019-102041 2019년05월31일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2016180720 A*
KR1020140112446 A*
US6496158 B1
KR101921182 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
가부시킴가이샤 무라타 세이사쿠쇼
일본국 교토후 나가오카쿄시 히가시코타리 1초메 10반 1고
- (72) 발명자
아라이, 고평
일본 6178555 교토후 나가오카쿄시 히가시코타리 1초메 10-1 가부시킴가이샤 무라타 세이사쿠쇼 내
- (74) 대리인
양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 12 항

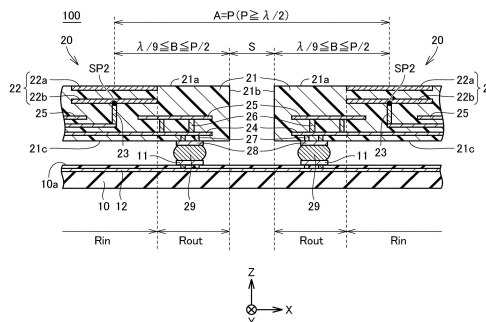
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 서브 어레이 안테나, 어레이 안테나, 안테나 모듈 및 통신 장치

(57) 요약

안테나 모듈(100)은 메인 기관(10)과 복수의 서브 어레이 안테나(20)를 포함한다. 각 서브 어레이 안테나(20)는 서브 기관(21)과 복수의 안테나 소자(22)를 구비한다. 각 안테나 소자(22)는, 서브 기관(21)의 상면(21a)에 배치되는 무급전 소자(22a)와, 서브 기관(21)의 상면(21a)과 하면(21c) 사이의 층에 배치되는 급전 소자(22b)를 포함한다. 자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때, 서브 기관(21)의 단부면(21b)에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자(22)의 면중심과 단부면(21b)의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 각 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서 서로 인접하는 2개의 안테나 소자(22)의 중심끼리의 거리(P)의 절반 이하이다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01Q 21/06 (2018.05)

H01Q 21/24 (2018.05)

명세서

청구범위

청구항 1

기관과,

평판상의 복수의 안테나 소자를 구비하고,

상기 기관은,

제1면과,

상기 제1면과 대향하는 제2면과,

상기 제1면 및 상기 제2면을 접속하는 단부면과,

상기 제2면에 배치되는 접지 단자와,

상기 복수의 안테나 소자가 배치되는 층과 상기 제2면의 사이에 형성되고, 상기 접지 단자에 접속되는 접지 전극 및 비아를 갖고,

상기 복수의 안테나 소자는 상기 제1면에, 또는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 층에, 상기 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치되고,

자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때,

서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리는 $\lambda/2$ 이상이며,

상기 복수의 안테나 소자 중 상기 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 상기 단부면의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하이고,

상기 접지 전극 및 상기 비아의 적어도 일부는, 상기 외측 안테나 소자와 상기 단부면 사이의 영역인 외측 영역에 배치되는, 서브 어레이 안테나.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 접지 전극은 상기 단부면에 노출되어 있지 않은, 서브 어레이 안테나.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 접지 단자는 상기 외측 영역보다도 상기 기관의 내측 영역에 배치되는, 서브 어레이 안테나.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 기관의 상기 제2면은 수직으로 몰드되어 있는, 서브 어레이 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 기관 및 상기 복수의 안테나 소자의 각각은 대략 직사각형상으로 형성되고,

상기 복수의 안테나 소자의 각각은, 제1 방향을 편파 방향으로 하는 전파와, 상기 제1 방향과 다른 제2 방향을 편파 방향으로 하는 전파를 방사하도록 구성되고,

상기 단부면은, 상기 제1 방향에 수직인 제1 단부면과, 상기 제2 방향에 수직인 제2 단부면을 포함하고,

상기 제1 단부면에 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심과 상기 제1 단부면의 거리, 및 상기 제2 단부면에 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심과 상기 제2 단부면의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하인, 서브 어레이 안테나.

청구항 7

제1항 및 제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 서브 어레이 안테나가 메인 기판 상에 배열되어 배치되는 어레이 안테나이며,

서로 인접하는 2개의 상기 서브 어레이 안테나의 상기 외측 안테나 소자이며 서로 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심끼리의 거리가, 각 상기 서브 어레이 안테나 내에 있어서 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리와 동일한, 어레이 안테나.

청구항 8

기판과,

평판상의 복수의 안테나 소자를 구비하고,

상기 기판은,

제1면과,

상기 제1면과 대향하는 제2면과,

상기 제1면보다도 상기 제2면측으로 오목해진 홈부를 갖고,

상기 복수의 안테나 소자는 상기 제1면에, 또는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 층에, 상기 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치되고,

자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때,

서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리는 $\lambda/2$ 이상이며,

상기 복수의 안테나 소자 중 상기 홈부에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자의 중심과 상기 홈부의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하인, 어레이 안테나.

청구항 9

제1항 및 제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 서브 어레이 안테나와,

상기 복수의 안테나 소자에 고주파 신호를 공급하도록 구성된 급전 회로를 구비하는, 안테나 모듈.

청구항 10

제9항에 기재된 안테나 모듈을 탑재한, 통신 장치.

청구항 11

기판과,

평판상의 복수의 안테나 소자를 구비하고,

상기 기판은,

제1면과,

상기 제1면과 대향하는 제2면과,

상기 제1면 및 상기 제2면을 접속하는 단부면과,

상기 제2면에 배치되는 접지 단자와,

상기 복수의 안테나 소자가 배치되는 층과 상기 제2면의 사이에 형성되고, 상기 접지 단자에 접속되는 접지 전극 및 비아를 갖고,

상기 복수의 안테나 소자는 상기 제1면에, 또는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 층에, 상기 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치되고,

서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리를 P로 할 때,

상기 복수의 안테나 소자 중 상기 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 상기 단부면의 거리는, P의 9분의 2 이상, 또한 P의 절반 이하이고,

상기 접지 전극 및 상기 비아의 적어도 일부는, 상기 외측 안테나 소자와 상기 단부면 사이의 영역인 외측 영역에 배치되는, 서브 어레이 안테나.

청구항 12

기판과,

평판상의 복수의 안테나 소자를 구비하고,

상기 기판은,

제1면과,

상기 제1면과 대향하는 제2면과,

상기 제1면 및 상기 제2면을 접속하는 단부면을 갖고,

상기 복수의 안테나 소자는 상기 제1면에, 또는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 층에, 상기 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치되고,

서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리를 P로 할 때,

상기 복수의 안테나 소자 중 상기 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 상기 단부면의 거리는, P의 9분의 2 이상, 또한 P의 절반 이하이고,

상기 기판 및 상기 복수의 안테나 소자의 각각은 대략 직사각형상으로 형성되고,

상기 복수의 안테나 소자의 각각은, 제1 방향을 편파 방향으로 하는 전파와, 상기 제1 방향과 다른 제2 방향을 편파 방향으로 하는 전파를 방사하도록 구성되고,

상기 단부면은, 상기 제1 방향에 수직인 제1 단부면과, 상기 제2 방향에 수직인 제2 단부면을 포함하고,

자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때,

상기 제1 단부면에 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심과 상기 제1 단부면의 거리, 및 상기 제2 단부면에 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심과 상기 제2 단부면의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하인, 서브 어레이 안테나.

청구항 13

서브 어레이 안테나가 메인 기판 상에 배열되어 배치되는 어레이 안테나로서,

상기 서브 어레이 안테나는

기판과,

평판상의 복수의 안테나 소자를 구비하고,

상기 기판은,

제1면과,

상기 제1면과 대향하는 제2면과,

상기 제1면 및 상기 제2면을 접속하는 단부면을 갖고,

상기 복수의 안테나 소자는 상기 제1면에, 또는 상기 제1면과 상기 제2면 사이의 층에, 상기 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치되고,

서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리를 P로 할 때,

상기 복수의 안테나 소자 중 상기 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 상기 단부면의 거리는, P의 9분의 2 이상, 또한 P의 절반 이하이고,

서로 인접하는 2개의 상기 서브 어레이 안테나의 상기 외측 안테나 소자이며 서로 인접하는 상기 외측 안테나 소자의 중심끼리의 거리가, 각 상기 서브 어레이 안테나 내에 있어서 서로 인접하는 2개의 상기 안테나 소자의 중심끼리의 거리와 동일한, 어레이 안테나.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 안테나 모듈 및 그것을 탑재한 통신 장치에 관한 것이며, 보다 특정적으로는, 어레이 안테나의 특성을 향상시키는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일본 특허 공개 제2016-213927호 공보에는, 다수의 안테나 소자가 하나의 기관에 배열된 어레이 안테나가 개시되어 있다

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2016-213927호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 일본 특허 공개 제2016-213927호 공보에 개시된 어레이 안테나에서는, 다수의 안테나 소자를 하나의 기관에 직접 배열하기 때문에, 각 안테나 소자를 실장하는 기관이 대형화되는 경향이 있다. 그 때문에, 각 안테나 소자를 실장하는 기관이 휘기 쉬워지거나, 각 안테나 소자를 기관에 실장하기 위한 설비가 대형화되거나 하는 것이 염려된다.

[0005] 그의 대책으로서, 다수의 안테나 소자를 복수의 서브 기관(서브 어레이 안테나)에 분할하여 배열하고, 복수의 서브 어레이 안테나를 메인 기관 상에 배열하는 것이 상정된다. 그러나, 이러한 어레이 안테나에 있어서는, 안테나 소자와 서브 기관의 단부면의 거리 관계에 따라서는, 안테나 소자 단체의 특성이 열화되거나, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨이 높아지거나 하는 것이 염려된다.

[0006] 또한, 다른 대책으로서, 다수의 안테나 소자가 배열된 하나의 기관에, 휨을 흡입하기 위한 홈부(슬릿)를 마련하는 것도 상정된다. 그러나, 이러한 어레이 안테나에 있어서도, 안테나 소자와 홈부의 거리 관계에 따라서는, 안테나 소자 단체의 특성이 열화되거나, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨이 높아지거나 하는 것이 염려된다.

[0007] 본 개시는 이와 같은 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이며, 그 목적은, 복수의 서브 어레이 안테나를 배열하여 어레이 안테나로 하는 경우에 있어서, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제하는 것이다.

[0008] 또한, 본 개시의 다른 목적은, 홈부가 마련된 기관에 복수의 안테나 소자가 배열되어 형성되는 어레이 안테나에 있어서, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시에 의한 서브 어레이 안테나는 기관과, 평판상의 복수의 안테나 소자를 구비한다. 기관은 제1면과, 제1

면과 대향하는 제2면과, 제1면 및 제2면을 접속하는 단부면을 갖는다. 복수의 안테나 소자는 제1면에, 또는 제1면과 제2면 사이의 층에, 제1면을 따라 등간격으로 배열하여 배치된다. 자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때, 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리는 $\lambda/2$ 이상이다. 복수의 안테나 소자 중 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 단부면의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하이다.

[0010] 상기 서브 어레이 안테나에 있어서는, 외측 안테나 소자의 중심과 서브 기관의 단부면의 거리가 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하이다. 이에 의해, 복수의 서브 어레이 안테나를 배열하여 어레이 안테나로 하는 경우에 있어서, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.

[0011] 본 개시에 의한 어레이 안테나는 기관과, 평판상의 복수의 안테나 소자를 구비한다. 기관은 제1면과, 제1면과 대향하는 제2면과, 제1면보다도 제2면측으로 오목해진 홈부를 갖는다. 복수의 안테나 소자는 제1면에, 또는 제1면과 제2면 사이의 층에, 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치된다. 자유 공간에 있어서의 전파의 파장을 λ 로 할 때, 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리는 $\lambda/2$ 이상이다. 복수의 안테나 소자 중 홈부에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자의 중심과 홈부의 거리는 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하이다.

[0012] 상기 어레이 안테나에 있어서는, 홈부에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자의 중심과 홈부의 거리가 $\lambda/9$ 이상, 또한 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리의 절반 이하이다. 이에 의해, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.

[0013] 본 개시에 의한 다른 서브 어레이 안테나는 기관과, 평판상의 복수의 안테나 소자를 구비한다. 기관은 제1면과, 제1면과 대향하는 제2면과, 제1면 및 제2면을 접속하는 단부면을 갖는다. 복수의 안테나 소자는 제1면에, 또는 제1면과 제2면 사이의 층에, 제1면을 따라 등간격으로 배열되어 배치된다. 서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리를 P로 할 때, 복수의 안테나 소자 중 단부면에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자인 외측 안테나 소자의 중심과 단부면의 거리는, P의 9분의 2 이상, 또한 P의 절반 이하이다.

[0014] 상기 서브 어레이 안테나에 있어서는, 외측 안테나 소자의 중심과 서브 기관의 단부면의 거리가 P(서로 인접하는 2개의 안테나 소자의 중심끼리의 거리)의 $\lambda/9$ 이상, 또한 P의 절반 이하이다. 이에 의해, 복수의 서브 어레이 안테나를 배열하여 어레이 안테나로 하는 경우에 있어서, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 개시에 의하면, 안테나 소자 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 통신 장치의 블록도의 일례이다.
- 도 2는 안테나 모듈의 평면도이다.
- 도 3은 서브 어레이 안테나의 평면도(그 1)이다.
- 도 4는 서브 어레이 안테나에 있어서의 서브 기관의 부분 확대도이다.
- 도 5는 안테나 모듈의 단면도(그 1)이다.
- 도 6은 공진 주파수 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 방사 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 아이솔레이션 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면(그 1)이다.
- 도 9는 안테나 모듈의 단면도(그 2)이다.
- 도 10은 아이솔레이션 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면(그 2)이다.
- 도 11은 안테나 모듈의 단면도(그 3)이다.

도 12는 안테나 모듈의 단면도(그 4)이다.

도 13은 안테나 모듈의 단면도(그 5)이다.

도 14는 서브 어레이 안테나의 평면도(그 2)이다.

도 15는 도 3에 나타내는 각 안테나 소자로부터 방사되는, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.

도 16은 도 3에 나타내는 각 안테나 소자로부터 방사되는, Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.

도 17은 도 14에 나타내는 각 안테나 소자로부터 방사되는, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.

도 18은 도 14에 나타내는 각 안테나 소자로부터 방사되는, Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 개시의 실시 형태에 대하여, 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다. 또한, 도면 중 동일 또는 상당 부분에는 동일 부호를 붙여서 그 설명은 반복하지 않는다.

[0018] (통신 장치의 기본 구성)

[0019] 도 1은, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)이 적용되는 통신 장치(1)의 블록도의 일례이다. 통신 장치(1)는 예를 들어 휴대 전화, 스마트폰 혹은 태블릿 등의 휴대 단말기나, 통신 기능을 구비한 퍼스널 컴퓨터 등이다. 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 사용되는 전파의 주파수 대역의 일례는, 예를 들어 28GHz, 39GHz 및 60GHz 등을 중심 주파수로 하는 밀리미터파대의 전파이지만, 상기 이외의 주파수 대역의 전파에 대해서도 적용 가능하다.

[0020] 도 1을 참조하여, 통신 장치(1)는 안테나 모듈(100)과, 기저 대역 신호 처리 회로를 구성하는 BBIC(200)를 구비한다. 안테나 모듈(100)은 급전 회로의 일례인 RFIC(110)와, 복수의 서브 어레이 안테나(20)와, 필터 장치(130)를 구비한다. 서브 어레이 안테나(20)는 복수의 평판상의 안테나 소자(방사 전극)(22)를 포함한다. 통신 장치(1)는, BBIC(200)로부터 안테나 모듈(100)에 전달된 신호를 고주파 신호로 업컨버트하여 안테나 소자(22)로부터 방사함과 함께, 안테나 소자(22)에서 수신한 고주파 신호를 다운컨버트하여 BBIC(200)에서 신호를 처리한다.

[0021] 또한, 도 1에 있어서는, 설명을 용이하게 하기 위해서, 하나의 서브 어레이 안테나(20)만 나타내지고, 마찬가지로의 구성을 갖는 다른 서브 어레이 안테나(20)에 대하여는 생략되어 있다. 또한, 도 1에서는, 설명을 용이하게 하기 위해서, 서브 어레이 안테나(20)에 포함되는 복수의 안테나 소자(22) 중, 4개의 안테나 소자(22)(22A 내지 22D)에 대응하는 구성만 나타내지고, 마찬가지로의 구성을 갖는 다른 안테나 소자(22)에 대응하는 구성에 대하여는 생략되어 있다. 또한, 도 1에 있어서는, 서브 어레이 안테나(20)가, 복수의 안테나 소자(22)가 이차원의 어레이상으로 배치된 이차원 어레이인 예가 나타내어져 있지만, 서브 어레이 안테나(20)는, 복수의 안테나 소자(22)가 일렬로 배치된 일차원 어레이여도 된다.

[0022] 또한, 본 실시 형태에 의한 서브 어레이 안테나(20)는, 각 안테나 소자(22)로부터 서로 다른 편파 방향을 갖는 2개의 전파를 방사하는 것이 가능한, 소위 듀얼 편파 타입의 안테나 장치이다. 그 때문에, 각 안테나 소자(22)에는, RFIC(110)로부터, 제1 편파용의 고주파 신호 및 제2 편파용의 고주파 신호가 공급된다. 또한, 서브 어레이 안테나(20)는 듀얼 편파 타입의 안테나 장치인 것에 한정되지 않고, 싱글 편파 타입의 안테나 장치여도 된다.

[0023] RFIC(110)는 스위치(111A 내지 111H, 113A 내지 113H, 117A, 117B)와, 파워 증폭기(112AT 내지 112HT)와, 로우 노이즈 증폭기(112AR 내지 112HR)와, 감쇠기(114A 내지 114H)와, 이상기(115A 내지 115H)와, 신호 합성/분파기(116A, 116B)와, 믹서(118A, 118B)와, 증폭 회로(119A, 119B)를 구비한다. 이 중, 스위치(111A 내지 111D, 113A 내지 113D, 117A), 파워 증폭기(112AT 내지 112DT), 로우 노이즈 증폭기(112AR 내지 112DR), 감쇠기(114A 내지 114D), 이상기(115A 내지 115D), 신호 합성/분파기(116A), 믹서(118A) 및 증폭 회로(119A)의 구성이, 제1 편파용의 고주파 신호를 위한 회로이다. 또한, 스위치(111E 내지 111H, 113E 내지 113H, 117B), 파워 증폭기

(112ET 내지 112HT), 로우 노이즈 증폭기(112ER 내지 112HR), 감쇠기(114E 내지 114H), 이상기(115E 내지 115H), 신호 합성/분파기(116B), 믹서(118B) 및 증폭 회로(119B)의 구성이, 제2 편파용의 고주파 신호를 위한 회로이다.

- [0024] 고주파 신호를 송신하는 경우에는, 스위치(111A 내지 111H, 113A 내지 113H)가 파워 증폭기(112AT 내지 112HT)측으로 전환됨과 함께, 스위치(117A, 117B)가 증폭 회로(119A, 119B)의 송신측 증폭기에 접속된다. 고주파 신호를 수신하는 경우에는, 스위치(111A 내지 111H, 113A 내지 113H)가 로우 노이즈 증폭기(112AR 내지 112HR)측으로 전환됨과 함께, 스위치(117A, 117B)가 증폭 회로(119A, 119B)의 수신측 증폭기에 접속된다.
- [0025] 필터 장치(130)는 필터 장치(130A 내지 130H)를 포함한다. 또한, 이하의 설명에 있어서는, 필터 장치(130A 내지 130H)를 포괄하여 「필터 장치(130)」라고 칭하는 경우가 있다. 필터 장치(130A 내지 130H)는 RFIC(110)에 있어서의 스위치(111A 내지 111H)에 각각 접속된다. 후술하는 바와 같이, 필터 장치(130A 내지 130H)의 각각은 특정한 주파수 대역의 고주파 신호를 감쇠시키는 기능을 갖는다.
- [0026] BBIC(200)로부터 전달된 신호는 증폭 회로(119A, 119B)에서 증폭되고, 믹서(118A, 118B)에서 업컨버트된다. 업컨버트된 고주파 신호인 송신 신호는 신호 합성/분파기(116A, 116B)에서 4분파되고, 대응하는 신호 경로를 통과하여, 각각 다른 급전 소자(121)에 급전된다.
- [0027] 스위치(111A, 111E)로부터의 고주파 신호는, 필터 장치(130A, 130E)를 각각 경유하여 급전 소자(121A)에 공급된다. 마찬가지로, 스위치(111B, 111F)로부터의 고주파 신호는, 필터 장치(130B, 130F)를 각각 경유하여 급전 소자(121B)에 공급된다. 스위치(111C, 111G)로부터의 고주파 신호는, 필터 장치(130C, 130G)를 각각 경유하여 급전 소자(121C)에 공급된다. 스위치(111D, 111H)로부터의 고주파 신호는, 필터 장치(130D, 130H)를 각각 경유하여 급전 소자(121D)에 공급된다.
- [0028] 각 신호 경로에 배치된 이상기(115A 내지 115H)의 이상도가 개별로 조정됨으로써, 안테나 장치(120)의 지향성을 조정할 수 있다.
- [0029] 각 급전 소자(121)에서 수신된 고주파 신호인 수신 신호는, 필터 장치(130)를 통해 RFIC(110)에 전달되고, 각각 다른 4개의 신호 경로를 경유하여 신호 합성/분파기(116A, 116B)에 있어서 합파된다. 합파된 수신 신호는 믹서(118A, 118B)에서 다운컨버트되고, 증폭 회로(119A, 119B)에서 증폭되어 BBIC(200)에 전달된다.
- [0030] RFIC(110)는, 예를 들어 상기 회로 구성을 포함하는 1칩의 집적 회로 부품으로서 형성된다. 혹은, RFIC(110)에 있어서의 각 급전 소자(121)에 대응하는 기기(스위치, 파워 증폭기, 로우 노이즈 증폭기, 감쇠기, 이상기)에 대하여는, 대응하는 급전 소자(121)마다 1칩의 집적 회로 부품으로서 형성되어도 된다.
- [0031] (안테나 모듈의 구성)
- [0032] 도 2는, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)의 평면도이다. 또한, 이하에서는, 도 2에 나타내는 평면의 법선 방향을 「Z축 방향」, Z축 방향에 수직이고 또한 서로 수직인 방향을 각각 「X축 방향」 및 「Y축 방향」이라고도 칭한다. 또한, 이하에서는, 각 도면에 있어서의 Z축의 정방향을 상면측, 부방향을 하면측으로 하여 설명한다.
- [0033] 안테나 모듈(100)은 RFIC(110) 및 복수의 서브 어레이 안테나(20)에 더하여, 메인 기관(10)을 포함한다. 도 2에 나타내는 예에서는, 메인 기관(10)의 상면(10a)에, 4개의 서브 어레이 안테나(20)가 2×2의 이차원상으로 배열되어 있다.
- [0034] 각 서브 어레이 안테나(20)는 서브 기관(21)과 복수의 안테나 소자(22)를 포함한다. 도 2에 나타내는 예에서는, 서브 기관(21)의 상면(21a)에, 16개의 안테나 소자(22)가 4×4의 이차원상으로 배열되어 있다.
- [0035] 이와 같이, 16개의 안테나 소자(22)를 서브 기관(21) 상에 배열한 서브 어레이 안테나(20)를 메인 기관(10) 상에 4개 배열함으로써, 함께 64개의 안테나 소자가 8×8의 이차원상으로 배열된 안테나 모듈(100)이 형성된다. 바꿔 말하면, 안테나 모듈(100)은 64개의 안테나 소자가 4개의 서브 기관(21)에 분할하여 실장된, 어레이 안테나이다.
- [0036] 각 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서, 안테나 소자(22)는 서브 기관(21)의 상면(21a)에, X축 방향 및 Y축 방향으로 등간격으로 배열되어 배치된다. 각 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서, X축 방향 및 Y축 방향으로 서로 인접하는 2개의 안테나 소자(22)의 면중심(대각선의 교점)끼리의 거리(이하 「안테나 소자간 거리 P」라고도 함)는, 모두 $\lambda/2$ 이상의 값으로 설정된다. 「 λ 」는 자유 공간에 있어서의 전파의 파장이다.

- [0037] 메인 기관(10), 서브 기관(21) 및 안테나 소자(22)는, Z축 방향으로부터 평면에서 보았을 경우에 있어서, 모두 대략 직사각형상으로 형성된다. 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20)의 서브 기관(21)끼리의 사이에는, 공간 S가 형성된다.
- [0038] 서브 기관(21)의 단부면(21b)에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자(22)를 「외측 안테나 소자」라고 정의할 때, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20)의 외측 안테나 소자의 면중심끼리의 거리(이하, 간단히 「외측 안테나 소자간 거리 A」라고도 함)는, 각 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서 서로 인접하는 2개의 안테나 소자(22)의 면중심끼리의 거리인 「안테나 소자간 거리 P」와 동일한 값으로 설정되어 있다. 즉, 안테나 모듈(10)에 있어서는, 모든 안테나 소자(22)가 X축 방향 및 Y축 방향으로 $\lambda/2$ 이상의 간격으로 등피치로 배열된다.
- [0039] 도 3은, 서브 어레이 안테나(20)의 평면도이다. 상술한 바와 같이, 서브 기관(21)의 상면(21a)에는, 16개의 안테나 소자(22)가 4×4의 이차원상으로 배열되어 있다. 또한, 안테나 소자간 거리 P는 $\lambda/2$ 이상의 값으로 설정된다.
- [0040] 복수의 안테나 소자(22) 중, 서브 기관(21)의 단부면(21b)에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자(22)가, 상술한 「외측 안테나 소자」이다. 본 실시 형태에 있어서는, 외측 안테나 소자의 면중심 C와 단부면(21b)의 거리(이하 「기관 단부 거리 B」라고도 함)는, $\lambda/9$ 이상 또한 P/2 이하의 값으로 설정되어 있다.
- [0041] 여기서, 안테나 소자간 거리 P는 $\lambda/2$ 이상의 값이며 「 $\lambda \leq 2P$ 」의 관계가 성립하기 때문에, 기관 단부 거리 B는 $2P/9$ 이상 또한 P/2 이하의 값으로 바꾸어 말할 수 있다. 즉, 기관 단부 거리 B는 안테나 소자간 거리 P의 9분의 2 이상, 또한 안테나 소자간 거리 P의 절반 이하이다.
- [0042] 또한, 이하에서는, 서브 어레이 안테나(20)를 Z축 방향으로부터 평면에서 보았을 경우에 있어서, 외측 안테나 소자와 단부면(21b) 사이의 영역(도 3에 일점 쇄선으로 나타내는 프레임선 L1보다도 외측의 영역)을 「외측 영역 Rout」라고도 기재하고, 외측 영역 Rout보다도 내측의 영역(프레임선 L1보다도 내측의 영역)을 「내측 영역 Rin」이라고도 기재한다.
- [0043] 도 4는, 서브 어레이 안테나(20)에 있어서의 서브 기관(21)의 부분 확대도이다. 상술한 바와 같이, 서브 어레이 안테나(20)는 소위 듀얼 편파 타입의 안테나 장치이다. 그 때문에, 각 안테나 소자(22)에는, 2개의 급전점 SP1, SP2가 마련된다.
- [0044] 급전점 SP1은 안테나 소자(22)의 면중심 C로부터, 도 4의 X축의 정방향으로 오프셋한 위치에 배치되어 있다. 급전점 SP1에는, RFIC(110)로부터 제1 편파용의 고주파 신호가 공급된다. 이에 의해, 안테나 소자(22)로부터는, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파가 방사된다.
- [0045] 급전점 SP2는 안테나 소자(22)의 면중심 C로부터, 도 4의 Y축의 부방향으로 오프셋한 위치에 배치되어 있다. 급전점 SP2에는, RFIC(110)로부터 제2 편파용의 고주파 신호가 공급된다. 이에 의해, 안테나 소자(22)로부터는, Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파가 방사된다.
- [0046] 서브 기관(21)은 상술한 바와 같이 대략 직사각형상으로 형성되어 있고, X축 방향에 수직인 단부면(21b)(이하 「X 단부면(21bx)」이라고도 함)과, Y축 방향에 수직인 단부면(21b)(이하 「Y 단부면(21by)」이라고도 함)을 포함한다.
- [0047] 외측 안테나 소자의 면중심 C와 X 단부면(21bx)의 거리 Bx, 및 외측 안테나 소자의 면중심 C와 Y 단부면(21by)의 거리 By는, 모두 $\lambda/9$ 이상 또한 P/2 이하의 값으로 설정된다.
- [0048] 또한, 서브 어레이 안테나(20)가 싱글 편파 타입의 안테나 장치인 경우에는, 예를 들어 급전점 SP2를 생략하고 급전점 SP1만으로 할 수 있다. 또한, 예를 들어 급전점 SP1만으로 하는 경우, 외측 안테나 소자의 면중심 C와 X 단부면(21bx)의 거리 Bx는 $\lambda/9$ 이상의 값으로 설정되지만, 외측 안테나 소자의 면중심 C와 Y 단부면(21by)의 거리 By는, 반드시 $\lambda/9$ 이상의 값이 아니어도 된다.
- [0049] 도 5는, 안테나 모듈(100)의 도 2에 있어서의 V-V 단면도이다. 안테나 모듈(100)은 상술한 바와 같이, 메인 기관(10)과, 메인 기관(10)의 상면(10a)에 배치되는 복수의 서브 어레이 안테나(20)를 포함한다. 메인 기관(10)은 접지 단자(11)와 접지 전극(12)을 포함한다. 접지 단자(11)는 메인 기관(10)의 상면(10a)에 배치되고, 비아를 통해 접지 전극(12)에 접속된다.
- [0050] 각 서브 어레이 안테나(20)는 서브 기관(21)과 안테나 소자(22)를 포함한다. 또한, 도 5에 나타내어지는 안테나 소자(22)는, 각 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서 서브 기관(21)의 단부면(21b)에 인접하는 위치에 배치

되는 「외측 안테나 소자」이다.

- [0051] 서브 기판(21)은 예를 들어 저온 동시 소성 세라믹스(LTCC: Low Temperature Co-fired Ceramics) 다층 기판, 에폭시, 폴리이미드 등의 수지로 구성되는 수지층을 복수 적층하여 형성된 다층 수지 기판, 더 낮은 유전율을 갖는 액정 폴리머(Liquid Crystal Polymer: LCP)로 구성되는 수지층을 복수 적층하여 형성된 다층 수지 기판, 불소계 수지로 구성되는 수지층을 복수 적층하여 형성된 다층 수지 기판, 혹은 LTCC 이외의 세라믹스 다층 기판이다. 또한, 서브 기판(21)은 다층 기판에 한정되지 않고 단층 구조의 기판이어도 된다. 메인 기판(10)도 서브 기판(21)과 마찬가지로의 조성 및 층 구조로 할 수 있다.
- [0052] 또한, 서브 기판(21)을 다층 수지 기판으로 하고, 메인 기판(10)을 저온 동시 소성 세라믹스(LTCC) 기판으로 해도 된다. 일반적으로 안테나 바로 아래의 필터의 삽입 손실은, 송신 전력(EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power)이나 수신 감도와 상관없이 있고, 무선기의 성능 향상을 위해, 가능한 한 저손실인 것이 요구된다. 동시에, 필터에는, 통과 영역 근방에서의 감쇠 성능도 필요하다. 이 때문에 필터의 Q값을 높일 필요가 있다. 필터의 Q값을 높이기 위해서는, 기판 두께를 증가시키는 것이 유효한 방법이다. 밀리미터파 필터는, 유전율이 높은 기재를 사용하면 소형화할 수 있는 장점이 있다. 이러한 관점에서, 메인 기판(10)을 LTCC 기판으로 하는 것이 우위에 있다. 한편, 패치 안테나에 있어서도, 대역 확보를 위해서는 기판 두께가 필요하지만, 유전율이 낮은 쪽이 대역 확보, 이득 향상에 유리하다. 즉, 필터와 안테나는 기재에 요구되는 특성이 다르므로, 필터와 안테나를 동일한 기재 내에서 구성하면, 어느 쪽인가의 성능에 제약이 발생한다. 또한, LTCC 기판의 경우, 제조상 가능한 기판 두께에 한계가 있기 때문에, 동일 기재로 구성하는 경우, 필터 및 안테나의 양쪽에 두께 한계가 발생하고, 필터 및 안테나의 양쪽의 설계에 제약이 발생한다. 이상을 감안하여, 안테나 소자(22)가 배치되는 서브 기판(21)과 필터 장치(130)가 배치되는 메인 기판(10)을 별도의 기재로 구성하는, 구체적으로는 상술한 바와 같이, 서브 기판(21)을 다층 수지 기판으로 하고, 메인 기판(10)을 저온 동시 소성 세라믹스(LTCC) 기판으로 해도 된다.
- [0053] 서브 기판(21)은 상면(21a)과, 상면(21a)과 대향하는 하면(21c)과, 상면(21a) 및 하면(21c)을 접속하는 단부면(21b)을 갖는다. 또한, 서브 기판(21)은 급전 배선(23)과, 접지 전극(24, 25)과, 비아(26, 27)와, 접지 단자(28)를 포함한다.
- [0054] 급전 배선(23)은 안테나 소자(22)의 급전점 SP2에 접속된다. 급전 배선(23)은, X축 방향 및 Y축 방향으로 연장되는 층 내에 배치된 배선 패턴과, Z축 방향으로 연장되는 비아로 형성된다. RFIC(110)로부터의 고주파 신호는 급전 배선(23)을 통해 급전점 SP2에 전달된다. 또한, 도 5에는 나타내어져 있지 않지만, 서브 기판(21)에는, 안테나 소자(22)의 급전점 SP1(도 4 참조)에 고주파 신호를 전달하기 위한 급전 배선도 마련된다.
- [0055] 접지 단자(28)는 서브 기판(21)의 하면(21c)에 배치된다. 서브 어레이 안테나(20)가 메인 기판(10)에 실장된 상태에 있어서, 접지 단자(28)는 땀납 범프(29)를 통해, 메인 기판(10)의 접지 단자(11)에 접속된다. 접지 단자(28) 및 땀납 범프(29)는 외측 영역 Rout에 배치된다.
- [0056] 접지 전극(24)은 비아(27)를 통해 접지 단자(28)에 접속된다. 접지 전극(25)은 접지 전극(24)보다도 상면(21a)측의 층에 배치되고, 비아(26)를 통해 접지 전극(24)에 접속된다. 접지 전극(24, 25) 및 비아(26, 27)는, 안테나 소자(22)가 배치되는 층과 하면(21c) 사이의 층에 형성된다. 또한, 서브 기판(21)이 상부 기판과 하부 기판이 겹쳐진 다층 기판인 경우, 상부 기판에 안테나 소자(22)가 배치되고, 하부 기판에 접지 전극(24, 25) 및 비아(26, 27)가 배치되어 있어도 된다.
- [0057] 접지 전극(24, 25)은 내측 영역 Rin으로부터 외측 영역 Rout까지 연장되어 있다. 즉, 접지 전극(24, 25)의 일부는 외측 영역 Rout에 배치된다. 단, 접지 전극(24, 25)의 외측 단부는 단부면(21b)에는 달해 있지 않다. 즉, 접지 전극(24, 25)은 단부면(21b)에는 노출되어 있지 않다.
- [0058] 접지 전극(24)과 접지 전극(25)을 접속하는 비아(26), 및 접지 전극(24)과 접지 단자(28)를 접속하는 비아(27)는, 모두 외측 영역 Rout에 배치되어 있다. 또한, 비아(26, 27)의 일부가 내측 영역 Rin에 배치되어도 된다.
- [0059] 안테나 소자(22)는 무급전 소자(22a)와 급전 소자(22b)를 포함한다. 무급전 소자(22a)는 서브 기판(21)의 상면(21a)에 배치되고, 급전 소자(22b)는 상면(21a)과 하면(21c) 사이의 층에 상면(21a)을 따라서 배치된다. 도 2에 나타내는 예에서는, 급전 소자(22b) 및 무급전 소자(22a)로서, 거의 동일한 사이즈의 전극이 사용된다. 이와 같은 구성은, 방사할 수 있는 주파수 대역은 하나이지만, 무급전 소자(22a)에 의해 주파수 대역폭을 확대할 수 있어, 복수의 주파수 대역에 대응하는 것도 가능해진다.
- [0060] 또한, 안테나 소자(22)는 급전 소자(22b)만을 구비하는 것이어도 된다. 이 경우, 급전 소자(22b)는 도 5에 나

타내는 바와 같이 상면(21a)과 하면(21c) 사이의 층에 배치되어도 되고, 상면(21a)에 배치되어도 된다.

- [0061] 또한, 도 5에 있어서, 안테나 소자, 전극, 배선 패턴 및 비아 등을 구성하는 도체는, 알루미늄(Al), 구리(Cu), 금(Au), 은(Ag) 및 이들의 합금을 주성분으로 하는 금속으로 형성된다.
- [0062] 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 있어서는, 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서, 접지 전극(24, 25)의 일부 및 비아(26, 27)가 외측 영역 Rout에 배치되어 있다. 이에 의해, 서브 어레이 안테나(20) 내에서의 접지가 강화되어, 외측 안테나 소자의 특성이 열화되기 어려워진다.
- [0063] 또한, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 있어서는, 도 2 및 도 5에 도시한 바와 같이, 각 서브 어레이 안테나(20)에 있어서, 기관 단부 거리 B가 $\lambda/9$ 이상의 값으로 설정되어 있다. 이에 의해, 외측 안테나 소자에 대하여 외측 영역 Rout에 있어서의 접지 전극(24, 25)의 면적을 확보할 수 있어, 외측 안테나 소자의 특성이 열화되는 것을 억제할 수 있다.
- [0064] 도 6은, 외측 안테나 소자의 공진 주파수 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 6에 있어서, 횡축은 기관 단부 거리 B를 파장 λ 로 나눈 값(=B/ λ)을 나타내고, 종축은 설계값(목적값)에 대한 공진 주파수의 어긋남의 비율을 나타낸다. 또한, 일반적으로 설계값에 대한 공진 주파수의 어긋남의 비율의 허용값은 2퍼센트 정도이다. 또한, 도 6에 있어서, 기관 단부 거리 B는 외측 안테나 소자의 면중심 C와, 편파 방향에 수직인 단부면(21b)(편파 방향이 X축 방향인 경우에는 X 단부면(21bx), 편파 방향이 Y축 방향인 경우에는 Y 단부면(21by))의 거리이다.
- [0065] 도 6에 나타내는 바와 같이, B/ λ 가 0.13 미만이면, 공진 주파수의 어긋남의 비율이 1보다도 서서히 커지고, B/ λ 가 0.11(거의 1/9)이 되면, 공진 주파수의 어긋남의 비율이 허용값의 2퍼센트에 달한다. 이러한 실험 결과를 근거로 하여, 본 실시 형태에 있어서는, 기관 단부 거리 B를 $\lambda/9$ 이상의 값으로 설정하고 있다. 이에 의해, 외측 안테나 소자의 공진 주파수의 어긋남의 비율을 허용값의 2퍼센트 미만으로 억제할 수 있다.
- [0066] 또한, 본 실시 형태에 있어서는, 외측 안테나 소자의 면중심 C와 X 단부면(21bx)의 거리 Bx, 및 외측 안테나 소자의 면중심 C와 Y 단부면(21by)의 거리 By는, 모두 $\lambda/9$ 이상의 값으로 설정된다(상술한 도 4 참조). 그 때문에, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파, 및 Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 양쪽에 대하여, 공진 주파수의 어긋남을 허용값 미만으로 억제할 수 있다.
- [0067] 또한, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 있어서는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 다수의 안테나 소자(2)가 복수의 서브 어레이 안테나(20)에 분할하여 실장되어 형성된다. 그리고, 각 서브 어레이 안테나(20)에 있어서는, 기관 단부 거리 B가 P/2 이하의 값으로 설정된다. 이에 의해, 복수의 서브 어레이 안테나(20)를 배열하여 안테나 모듈(100)로 할 때, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20)의 서브 기관(21)끼리가 간섭하지 않고, 외측 안테나 소자간 거리 A를, 안테나 소자간 거리 P와 동일한 값으로 설정할 수 있다. 이에 의해, 안테나 모듈(100)에 있어서, 모든 안테나 소자(22)를 $\lambda/2$ 이상의 간격(안테나 소자간 거리 P)으로 등피치로 배열할 수 있다.
- [0068] 도 7은, 외측 안테나 소자간 거리 A를 안테나 소자간 거리 P와 동일한 값으로 설정한 경우(본 개시)와, 외측 안테나 소자간 거리 A를 안테나 소자간 거리 P보다도 큰 값으로 설정한 경우(비교예)의, 방사 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 7에 있어서, 횡축은 Z축 방향에 대한 각도를 나타내고, 종축에는 계인을 나타낸다. 또한, 도 7에 있어서, A=P인 경우(본 개시)의 시뮬레이션 결과가 실선으로 나타내어지고, A>P인 경우(비교예)의 시뮬레이션 결과가 일점 쇄선으로 나타내진다.
- [0069] 도 7로부터 이해할 수 있는 바와 같이, A=P인 경우의 계인(실선)은 A>P인 경우의 계인(일점 쇄선)에 비해, 특히 Z축 방향에 대한 각도의 크기가 60°를 초과하는 범위의 계인이 작아져 있다. 따라서, A=P로 함으로써, 사이드 로브를 억제할 수 있다. 즉, 가령 기관 단부 거리 B가 P/2보다도 큰 값이면, 서로 인접하는 서브 기관(21)끼리가 간섭하여 외측 안테나 소자간 거리 A가 안테나 소자간 거리 P보다도 커져서 안테나 모듈(100) 전체에서의 사이드 로브 레벨이 악화되는 것이 염려되지만, 본 실시 형태에 있어서는 그러한 악화를 억제할 수 있다.
- [0070] 또한, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 있어서는, 서로 인접하는 서브 기관(21)끼리가 접하지 않고, 서브 기관(21)보다도 실효 유전율이 낮은 공간 S가 형성되어 있다. 이에 의해, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20) 사이의 아이슬레이션을 확보하기 쉽게 할 수 있다. 또한, 서로 인접하는 서브 기관(21)끼리의 사이에 공간 S가 형성되어 서브 기관(21)끼리가 접하지 않음으로써, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파, 및 Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 양쪽에 대하여, 빔의 변동을 억제할 수 있다.

- [0071] 또한, 본 실시 형태에 관한 안테나 모듈(100)에 있어서는, 서브 어레이 안테나(20) 내에 있어서, 접지 전극(24, 25)의 외측의 단부면(21b)에는 노출되어 있지 않다. 이에 의해, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20) 사이의 아이솔레이션을 보다 적절하게 확보할 수 있다.
- [0072] 도 8은, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20) 사이의 아이솔레이션 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 8은, 주파수에 대한 아이솔레이션의 변화를 나타내는 그래프이며, 횡축에는 주파수가 나타내지고, 종축에는 아이솔레이션이 나타내진다. 또한, 종축은 하측일수록, 아이솔레이션이 높은 것을 나타낸다.
- [0073] 도 8에 있어서, 접지 전극(24, 25)이 단부면(21b)에 노출되지 않은 경우(본 개시)의 시뮬레이션 결과가 실선으로 나타내어지고, 접지 전극(24, 25)이 단부면(21b)에 노출되어 있는 경우(비교예)의 시뮬레이션 결과가 일점 쇄선으로 나타내진다. 도 8에 있어서는, 안테나 모듈(100)에 있어서, 28GHz를 중심 주파수로 하는 주파수 대역이 사용되는 것을 상정하고 있다.
- [0074] 도 8에 나타내는 시뮬레이션 결과로부터, 안테나 모듈(100)의 주파수의 사용 대역에 있어서, 접지 전극(24, 25)이 단부면(21b)에 노출되지 않은 경우(실선)는, 접지 전극(24, 25)이 단부면(21b)에 노출되어 있는 경우(일점 쇄선)에 비해, 아이솔레이션이 큰 것을 이해할 수 있다. 즉, 실시 형태와 같은 구성을 사용함으로써 아이솔레이션을 보다 적절하게 확보할 수 있다.
- [0075] 이상과 같이, 본 실시 형태에 의한 서브 어레이 안테나(20)에 있어서는, 외측 안테나 소자의 면중심과 단부면(21b)의 거리인 「기관 단부 거리 B」가, $\lambda/9$ 이상 또한 $P/2$ 이하의 값으로 설정되어 있다. 이에 의해, 외측 안테나 소자에 대하여 외측 영역 Rout에 있어서의 접지 전극(24, 25)의 면적을 확보하면서, 외측 안테나 소자간 거리 A를 안테나 소자간 거리 P와 동일값으로 하여 모든 안테나 소자(22)를 등피치로 배열할 수 있다. 그 결과, 복수의 서브 어레이 안테나(20)를 배열하여 어레이 안테나로 하는 경우에 있어서, 안테나 소자(22) 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.
- [0076] <변형예 1>
- [0077] 상술한 실시 형태에 있어서는, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)가 외측 영역 Rout에 배치되는 예에 대하여 설명하였다. 그러나, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 내측 영역 Rin에 배치하도록 변형해도 된다.
- [0078] 도 9는, 변형예 1에 의한 안테나 모듈(100A)의 단면도이다. 도 9에 나타내는 안테나 모듈(100A)의 단면도는, 상술한 도 5에 나타내는 안테나 모듈(100)의 단면도에 대하여, 서브 어레이 안테나(20)를 서브 어레이 안테나(20A)로 변경한 것이다. 서브 어레이 안테나(20A)는, 상술한 서브 어레이 안테나(20)에 대하여 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)의 위치를 변경한 것이다. 그 외의 구조에 대하여는, 상술한 안테나 모듈(100)과 동일하기 때문에, 여기서의 상세한 설명은 반복하지 않는다.
- [0079] 서브 어레이 안테나(20A)에 있어서는, 접지 단자(28)가 내측 영역 Rin에 배치된다. 이에 수반하여, 뿔납 범프(29)도 내측 영역 Rin에 배치된다. 이와 같이, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 내측 영역 Rin에 배치함으로써, 서로 인접하는 한쪽의 서브 어레이 안테나(20A)의 접지 단자(28)로부터 다른 쪽의 서브 어레이 안테나(20A)의 접지 단자(28)까지의 경로를 보다 길게 할 수 있다. 그 때문에, 서로 인접하는 한쪽의 서브 어레이 안테나(20A)의 접지 전극(24)으로부터 서로의 접지 단자(28)를 통해 다른 쪽의 서브 어레이 안테나(20A)의 접지 전극(24)에 이르기까지의 경로를 보다 길게 할 수 있다. 이에 의해, 한쪽의 서브 어레이 안테나(20A)로부터 서로의 접지 단자(28)를 통해 다른 쪽의 서브 어레이 안테나(20A)로 돌아들어가는 전류를 작게 할 수 있다. 그 결과, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20A)간의 아이솔레이션을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0080] 도 10은, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20A)간의 아이솔레이션 특성의 시뮬레이션 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 10은, 상술한 도 8과 마찬가지로, 주파수에 대한 아이솔레이션의 변화를 나타내는 그래프이며, 횡축에는 주파수가 나타내지고, 종축에는 아이솔레이션이 나타내진다. 종축은 하측일수록, 아이솔레이션이 높은 것을 나타낸다.
- [0081] 도 10에 있어서, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 내측 영역 Rin에 배치하는 경우(본 변형예 1)의 시뮬레이션 결과가 실선으로 나타내어지고, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 외측 영역 Rout에 배치하는 경우의 시뮬레이션 결과가 일점 쇄선으로 나타내진다. 또한, 도 10에 있어서도, 도 8과 마찬가지로, 안테나 모듈(100A)에 있어서, 28GHz를 중심 주파수로 하는 주파수 대역이 사용되는 것을 상정하고 있다.
- [0082] 도 10에 나타내는 시뮬레이션 결과로부터, 안테나 모듈(100A)의 주파수의 사용 대역에 있어서, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 내측 영역 Rin에 배치하는 경우(실선)는, 접지 단자(28) 및 뿔납 범프(29)를 외측 영역

Rout에 배치하는 경우(일점 쇄선)에 비해, 아이솔레이션이 높은 것을 이해할 수 있다. 즉, 본 변형예 1과 같은 구성을 사용함으로써, 아이솔레이션을 보다 향상시킬 수 있다.

- [0083] <변형예 2>
- [0084] 상술한 실시 형태에 있어서는, 서브 기관(21)의 하면(21c)이 노출되어 있는 예에 대하여 설명하였다. 그러나, 서브 기관(21)의 하면(21c)을 수지로 몰드하도록 해도 된다.
- [0085] 도 11은, 변형예 2에 의한 안테나 모듈(100B)의 단면도이다. 도 11에 나타내는 안테나 모듈(100B)의 단면도는, 상술한 도 5에 나타내는 안테나 모듈(100)의 단면도에 대하여 서브 어레이 안테나(20)를 서브 어레이 안테나(20B)로 변경한 것이다. 서브 어레이 안테나(20B)는, 상술한 서브 어레이 안테나(20)에 대하여 접지 단자(28)를 접지 단자(28B)로 변경함과 함께, 서브 기관(21)의 하면(21c) 전체를 밀봉 수지 M으로 몰드한 것이다. 그 외의 구조에 대하여는, 상술한 안테나 모듈(100)과 동일하기 때문에, 여기서의 상세한 설명은 반복하지 않는다.
- [0086] 밀봉 수지 M은 Z축 방향으로 두께를 갖고 있다. 접지 단자(28B)는 밀봉 수지 M을 관통하는 상태에서 Z축 방향으로 연장된다. 접지 단자(28B)의 한쪽의 단부는 밀봉 수지 M의 상면(서브 기관(21)의 하면(21c))에 있어서 비아(27)에 접속되고, 접지 단자(28B)의 다른 쪽의 단부는 댄납 범프(29)를 통해 메인 기관(10)의 접지 전극(12)에 접속된다. 또한, 밀봉 수지 M의 하면과 메인 기관(10)의 상면(10a)의 사이에는, 댄납 범프(29)의 두께에 상당하는 공간이 형성된다.
- [0087] 이와 같이, 서브 기관(21)의 하면(21c)이 Z축 방향으로 두께를 갖는 밀봉 수지 M으로 몰드됨으로써, 서로 인접하는 한쪽의 서브 어레이 안테나(20B)의 접지 전극(24)으로부터 서로의 접지 단자(28B)를 통해 다른 쪽의 서브 어레이 안테나(20B)의 접지 전극(24)에 이르기까지의 경로를 보다 길게 한다. 그 때문에, 서로 인접하는 한쪽의 서브 어레이 안테나(20A)로부터 서로의 접지 단자(28B)를 통해 다른 쪽의 서브 어레이 안테나(20A)로 돌아올 여가는 전류를 작게 할 수 있다. 그 결과, 서로 인접하는 서브 어레이 안테나(20B)간의 아이솔레이션을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0088] <변형예 3>
- [0089] 상술한 실시 형태에 있어서는, 서브 기관(21)의 하면(21c)과 메인 기관(10)의 상면(10a)의 사이에 공간이 형성되는 예에 대하여 설명하였다. 그러나, 서브 기관(21)의 하면(21c)과 메인 기관(10)의 상면(10a)의 사이를 수지로 몰드하도록 해도 된다.
- [0090] 도 12는, 변형예 3에 의한 안테나 모듈(100C)의 단면도이다. 도 12에 나타내는 안테나 모듈(100C)의 단면도는, 상술한 도 5에 나타내는 안테나 모듈(100)의 단면도에 대하여 밀봉 수지 M1을 추가한 것이다. 그 외의 구조에 대하여는, 상술한 안테나 모듈(100)과 동일하기 때문에, 여기서의 상세한 설명은 반복하지 않는다.
- [0091] 밀봉 수지 M1은 서브 기관(21)의 하면(21c)과 메인 기관(10)의 상면(10a)의 사이에 충전된다. 또한, 도 12에는, 서로 인접하는 서브 기관(21)끼리의 공간 S의 일부에도, 밀봉 수지 M1이 충전되어 있는 예가 나타내어져 있다.
- [0092] 이와 같이, 서브 기관(21)의 하면(21c)과 메인 기관(10)의 상면(10a)의 사이가 밀봉 수지 M1로 몰드되어도 된다.
- [0093] <변형예 4>
- [0094] 상술한 실시 형태에 있어서는, 다수의 안테나 소자(22)가 실장되는 기관이, 복수의 서브 기관(21)으로 분할되는 예에 대하여 설명하였다. 그러나, 다수의 안테나 소자(22)가 실장되는 기관은, 반드시 분할되어 있는 것에 한정되지 않고, 하나의 기관으로 해도 된다.
- [0095] 도 13은, 변형예 4에 의한 안테나 모듈(100D)의 단면도이다. 도 13에 나타내는 안테나 모듈(100D)의 단면도는, 상술한 도 5에 나타내는 안테나 모듈(100)의 단면도에 나타내는 공간 S의 하면측의 부분을 연결시킴으로써 복수의 서브 기관(21)을 하나의 서브 기관(21D)으로 변경하면서, 상술한 도 5에 나타내는 공간 S에 상당하는 부분에 홈부(슬릿)(G)를 형성한 것이다. 그 외의 구조에 대하여는, 상술한 안테나 모듈(100)과 동일하다.
- [0096] 즉, 안테나 모듈(100D)은 하나의 서브 기관(21D)과, 평판상의 복수의 안테나 소자(22)를 구비한다. 서브 기관(21D)은 상면(21a)과, 상면(21a)과 대향하는 하면(21c)과, 상면(21a)보다도 하면(21c)측으로 오목해진 홈부(G)를 갖는다. 복수의 안테나 소자(22) 중 홈부(G)에 인접하는 위치에 배치되는 안테나 소자의 면중심과 홈부(G)의 거리 Bg가, $\lambda/9$ 이상 또한 $P/2$ 이하이다.

- [0097] 이러한 안테나 모듈(100D)에 있어서도, 상술한 실시 형태와 마찬가지로, 안테나 소자(22) 단체의 특성을 열화시키지 않고, 어레이 안테나 전체에서의 사이드 로브 레벨을 억제할 수 있다.
- [0098] 또한, 서브 기관(21D)에 있어서는, 열 등에 의한 서브 기관(21D)의 변형을 흡부(G)에 있어서 흡수할 수 있다. 그 때문에, 서브 기관(21D)이 대형화되어도, 서브 기관(21D)의 휨을 억제할 수 있다.
- [0099] <변형예 5>
- [0100] 상술한 실시 형태에 있어서는 각 서브 기관(21)에 16개의 안테나 소자(22)를 4×4의 이차원상으로 배열하는 예에 대하여 설명하였지만, 각 서브 기관에 있어서의 안테나 소자(22)의 수 및 배열은 이것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 각 서브 기관에 2개의 안테나 소자(22)를 1×2의 일차원상으로 배열하게 해도 된다. 각 서브 기관당 안테나 소자(22)의 개수를 적게 하여 서로 인접하는 서브 기관끼리의 사이에 보다 많은 공간(공기층)을 형성함으로써, 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는 빔의 변동을 한층 억제할 수 있다.
- [0101] 도 14는, 본 변형예 5에 의한 서브 어레이 안테나(20E)의 평면도이다. 각 서브 어레이 안테나(20E)에 있어서는, 직사각형상의 서브 기관(21E)의 상면에, 2개의 안테나 소자(22)가 1×2의 일차원상으로 배열되어 있다. 이러한 서브 기관(21E)이 메인 기관 상에 4×2의 이차원상으로 8개 배열된다. 인접하는 서브 기관(21E)끼리의 사이에는 공간(공기층)이 형성된다. 이와 같이, 16개의 안테나 소자(22)를 하나의 서브 기관에 통합하여 배열하는 것이 아니라, 8개의 서브 기관(21E)에 나누어 배열함으로써, 상술한 도 3에 나타내는 서브 어레이 안테나(20)와 마찬가지로 16개의 안테나 소자(22)를 4×4의 이차원상으로 배열하면서, 인접하는 서브 기관(21E)끼리의 사이에 보다 많은 공간을 형성하여 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는 빔의 변동을 한층 억제할 수 있다.
- [0102] 또한, 도 14에 있어서, 16개의 안테나 소자(22)에 각각 부여된 1 내지 16까지의 번호는, 각 안테나 소자(22)의 배치를 나타낸다.
- [0103] 본원 발명자들은, 상술한 도 3에 나타내는 경우(16개의 안테나 소자(22)가 하나의 서브 기관(21)에 통합하여 배치되는 경우)와, 도 14에 나타내는 경우(16개의 안테나 소자(22)가 8개의 서브 기관(21E)에 나누어 배치되는 경우)의 각각에 있어서, 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는 전파의 특성을 시뮬레이션에 의해 확인하였다.
- [0104] 도 15는, 도 3에 나타내는 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다. 도 16은, 도 3에 나타내는 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는, Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.
- [0105] 도 17은, 도 14에 나타내는 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는, X축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다. 도 18은, 도 14에 나타내는 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는, Y축 방향을 편파 방향으로 하는 전파의 특성을 나타내는 도면이다.
- [0106] 또한, 도 15 내지 도 18에 있어서, 횡축은 Z축 방향을 0도로 하였을 때의 전파 방사 각도를 나타내고, 종축은 전파의 계인을 나타낸다. 또한, 도 15 내지 도 18에 나타내어지는 특성 곡선에 부여된 수치는, 상술한 도 14에 나타내는 각 안테나 소자(22)의 배치에 대응하고 있다. 즉, 예를 들어 도 16 및 도 17에 있어서 「16」이 부여된 일점 쇄선으로 나타내는 곡선은, 도 14에 있어서 「16」이라고 부여된 위치에 배치되는 안테나 소자(22)로부터 방사되는 전파의 특성을 나타낸다.
- [0107] 도 15, 도 16에 나타내는 시뮬레이션 결과로부터, 도 3에 나타내는 경우(16개의 안테나 소자(22)가 하나의 서브 기관(21)에 통합하여 배치되는 경우)에는, 각 안테나 소자(22)로부터 방사되는 전파의 계인의 변동이 비교적 큰 것을 이해할 수 있다. 이에 비해, 도 17, 도 18에 나타내는 시뮬레이션 결과로부터, 도 14에 나타내는 경우(16개의 안테나 소자(22)가 8개의 서브 기관(21E)에 나누어 배치되는 경우)에는, 도 3에 나타내는 경우에 비해, 전파의 방사 각도의 변동을 거의 동등하게 하면서, 전파의 계인의 변동을 억제할 수 있는 것을 이해할 수 있다.
- [0108] 금회 개시된 실시 형태는 모든 점에서 예시이며 제한적인 것은 아니라고 생각되어야 한다. 본 개시의 범위는 상기한 실시 형태의 설명이 아니라 청구범위에 의해 나타내지고, 청구범위와 균등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경이 포함될 것이 의도된다.

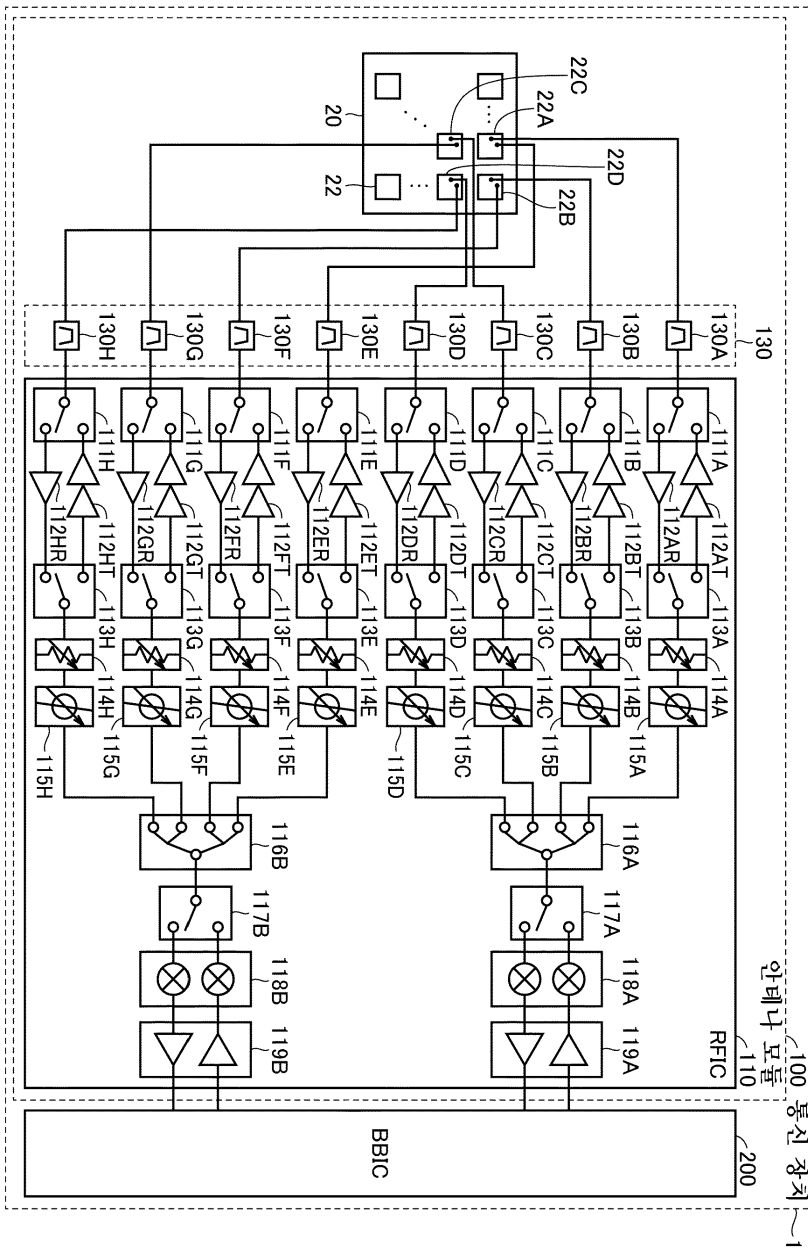
부호의 설명

- [0109] 1: 통신 장치
- 10: 메인 기관

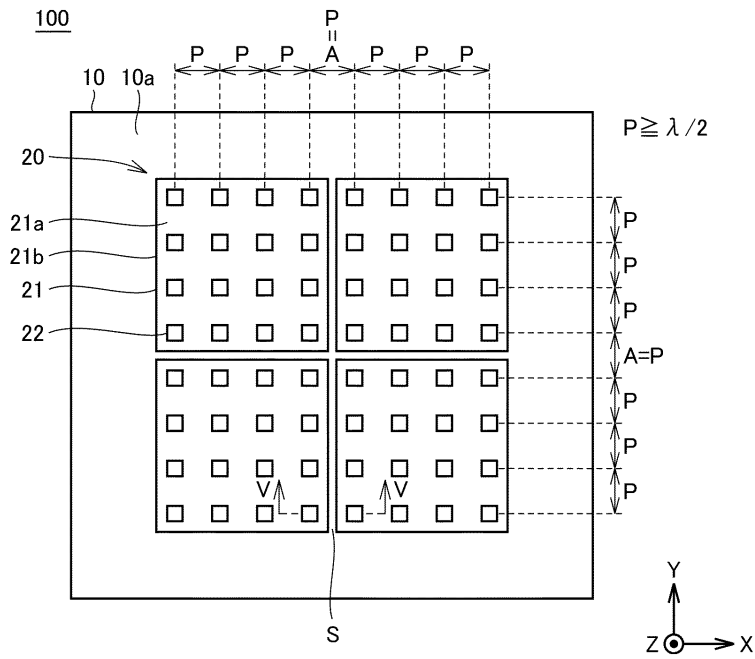
10a, 21a: 상면
11, 28, 28B: 접지 단자
12, 24, 25: 접지 전극
20, 20A, 20B, 20E: 서브 어레이 안테나
21, 21D, 21E: 서브 기관
21b: 단부면
21c: 하면
22: 안테나 소자
22a: 무급전 소자
22b: 급전 소자
23: 급전 배선
26, 27: 비아
29: 뿔납 범프
100, 100A, 100B, 100C, 100D: 안테나 모듈
111A 내지 111H, 113A 내지 113H, 117A, 117B: 스위치
112AR 내지 112DR: 로우 노이즈 증폭기
112AT 내지 112HT: 파워 증폭기
114A 내지 114H: 감쇠기
115A 내지 115H: 이상기
116A, 116B: 신호 합성/분파기
118A, 118B: 믹서
119A, 119B: 증폭 회로
130, 130A 내지 130H: 필터 장치
SP1, SP2: 급전접

도면

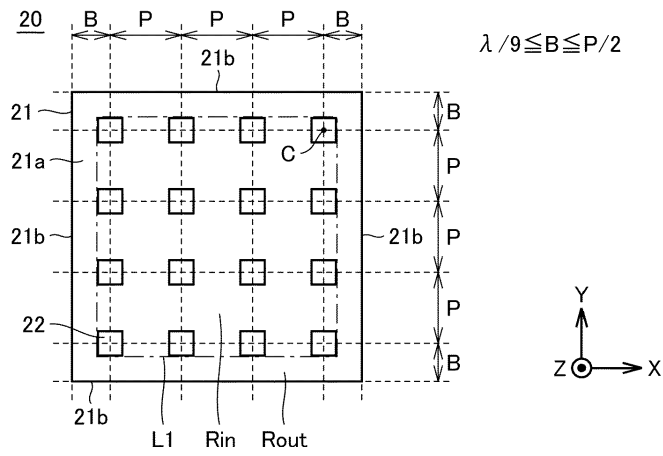
도면1



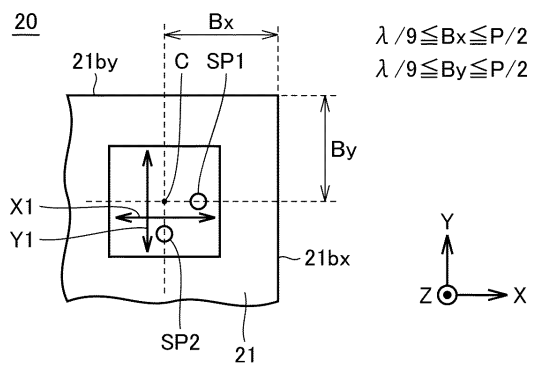
도면2



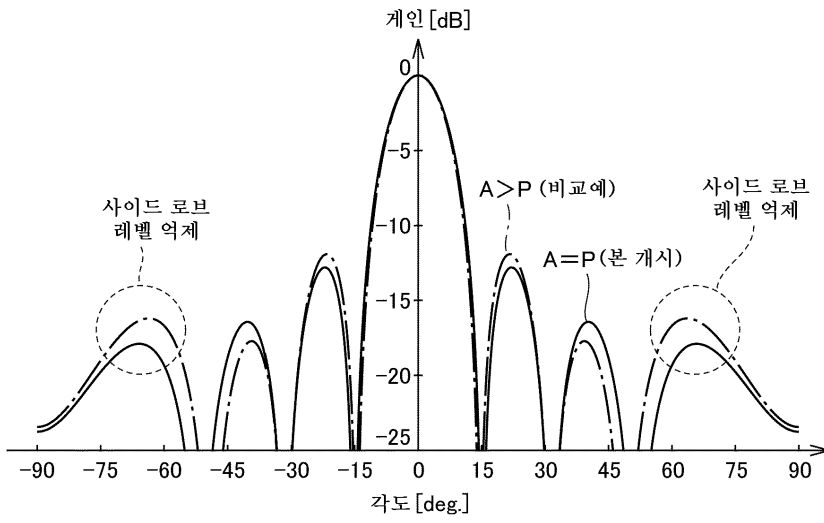
도면3



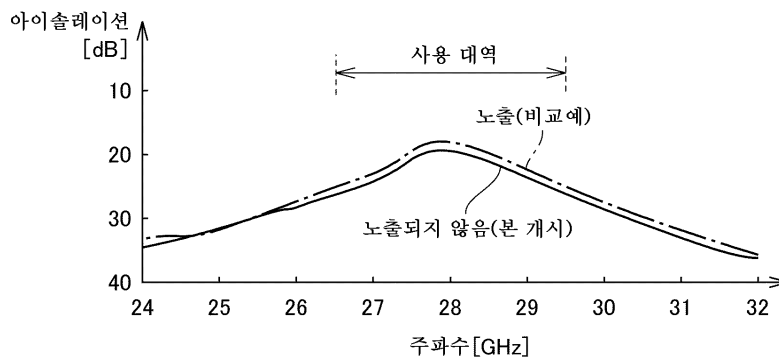
도면4



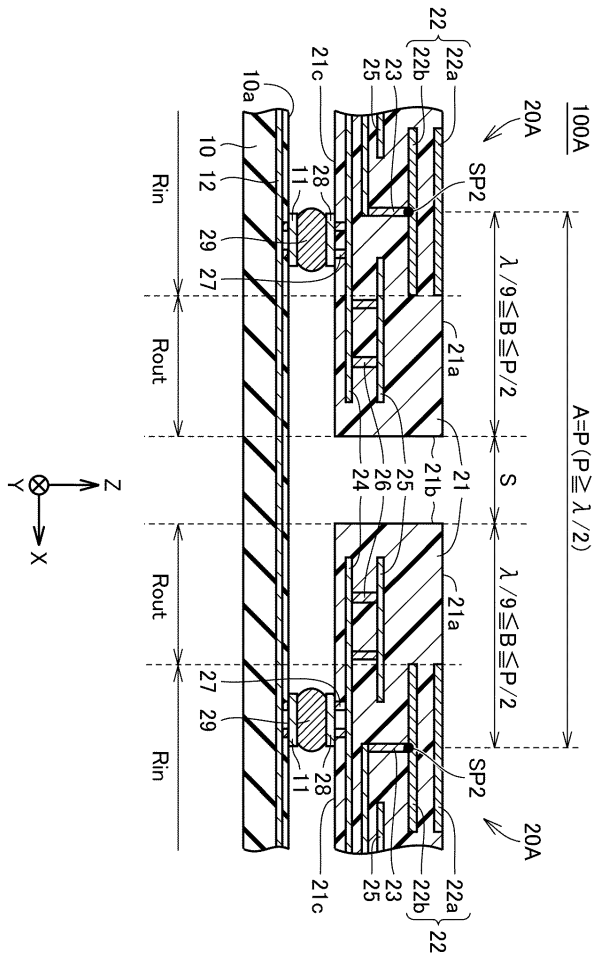
도면7



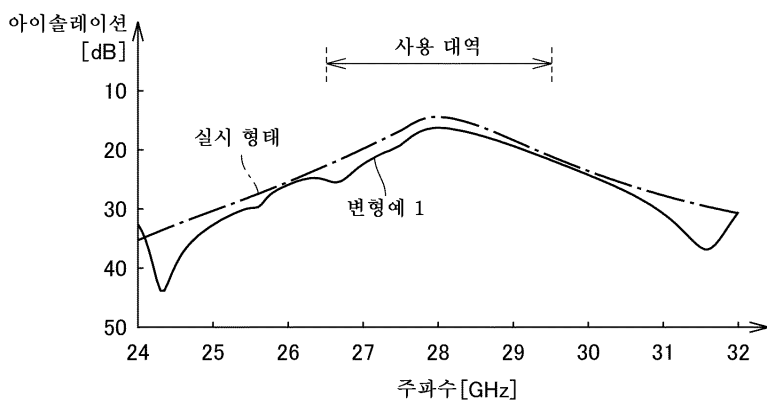
도면8



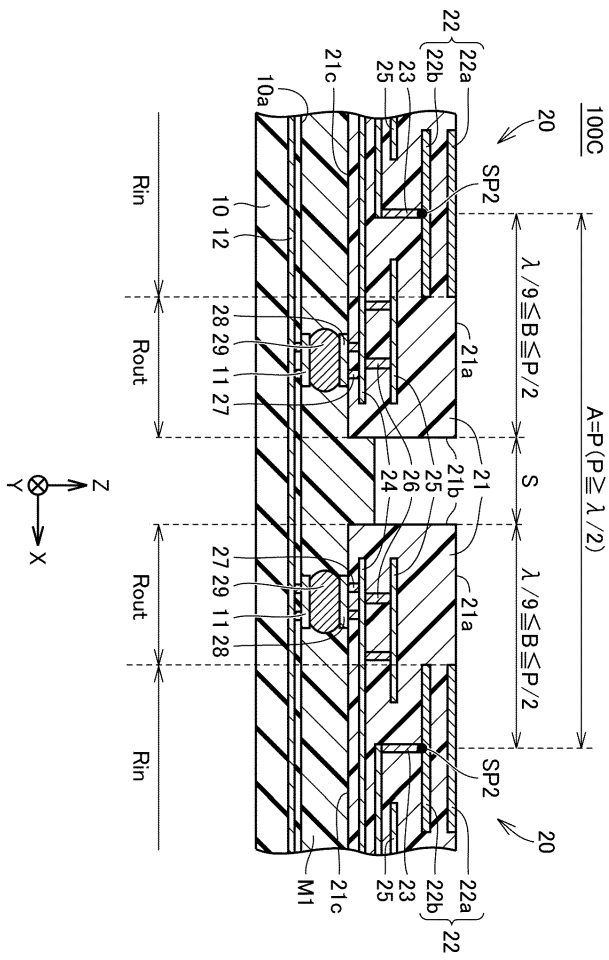
도면9



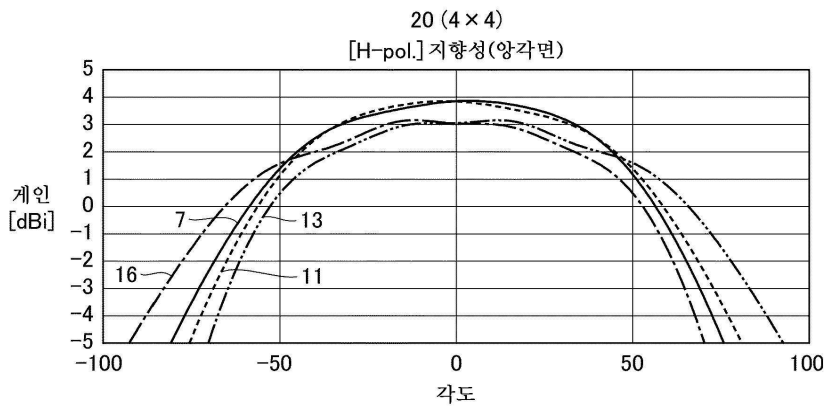
도면10



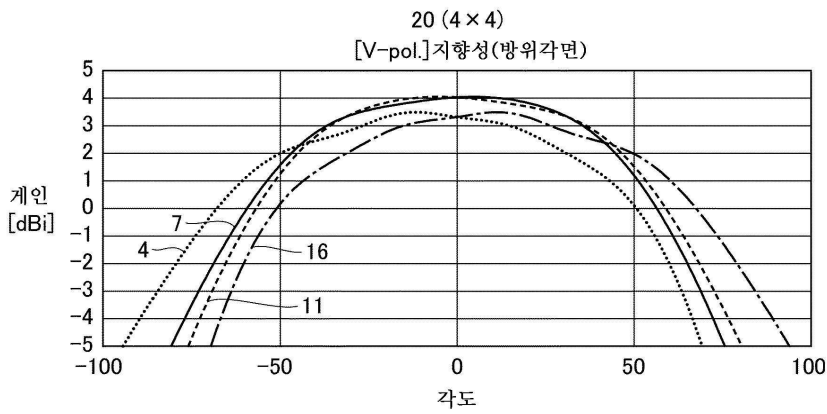
도면12



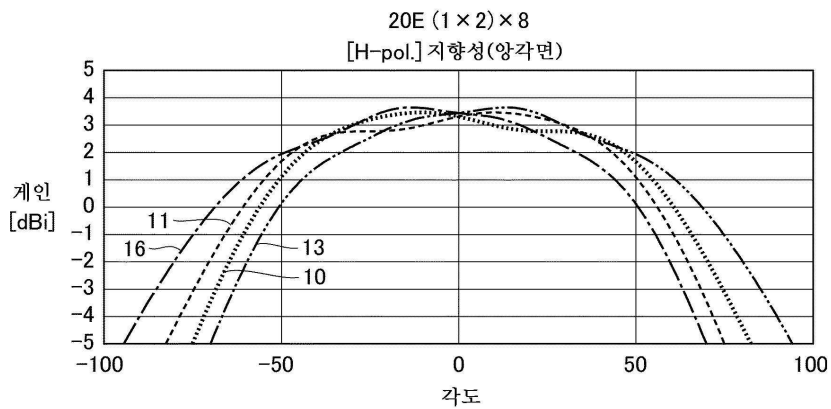
도면15



도면16



도면17



도면18

