



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월24일
 (11) 등록번호 10-1891562
 (24) 등록일자 2018년08월20일

- | | |
|--|--------------------------|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 7/00 (2018.01) H01Q 21/06 (2018.01)
H01Q 9/04 (2018.01) | (73) 특허권자
홍익대학교 산학협력단 |
| (52) CPC특허분류
H01Q 7/00 (2018.05)
H01Q 21/06 (2018.05) | (72) 발명자
추호성 |
| (21) 출원번호 10-2017-0038314 | |
| (22) 출원일자 2017년03월27일
심사청구일자 2017년03월27일 | 변강일 |
| (56) 선행기술조사문헌
KR1020140134452 A*
(뒷면에 계속) | 강명창 |
| | (74) 대리인
김영재 |

전체 청구항 수 : 총 6 항

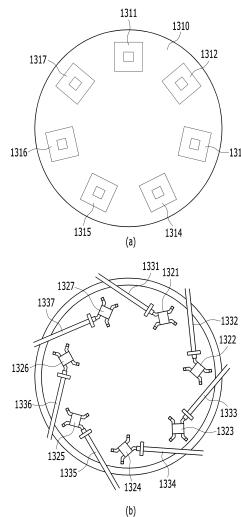
심사관 : 나병윤

(54) 발명의 명칭 **이중대역 루프 안테나를 이용한 배열 안테나**

(57) 요약

이중 대역에서 동작하는 루프 안테나가 개시된다. 개시된 루프 안테나는 제1 주파수 대역에서 동작하는 제1 루프 안테나 및 제2 주파수 대역에서 동작하는 제2 루프 안테나를 포함한다. 제1 루프 안테나와 제2 루프 안테나는 각각 세라믹 기판 위에 인쇄 기법을 이용하여 형성되며, 각 루프 안테나의 중심점은 각각의 세라믹 기판에 모두 수직인 직선상에 위치한다.

대표도 - 도13



(52) CPC특허분류
 H01Q 9/0407 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
 KR1020070102369 A*
 KR1020090130922 A
 KR1020030044171 A
 KR100820140 B1
 JP2001060823 A
 KR101679281 B1
 KR101014352 B1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 1345235464
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공학학술연구기반구축
 연구과제명 메타물질전자소자연구센터
 기여율 1/2
 주관기관 홍익대학교
 연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 201401860003
 부처명 미래창조과학부, 산업통상자원부, 방위사업청
 연구관리전문기관 국방과학연구소 민군협력진흥원
 연구사업명 민군겸용기술개발사업
 연구과제명 유전/자성 소재와 메타구조/능동정합소자를 이용한 항재밍 GPS 배열안테나 소형화 기술 개발
 기여율 1/2
 주관기관 홍익대학교
 연구기간 2014.12.18 ~ 2017.12.17

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 안테나 소자들이 원형으로 배열된 배열 안테나에 있어서,

상기 복수의 안테나 소자들은 각각,

평면 형태의 제1 세라믹 기판 및 상기 제1 세라믹 기판 위에 인쇄된 루프 형태의 제1 루프 안테나를 포함하는 제1 안테나부; 및

상기 제1 안테나부 위에 적층된 평면 형태의 제2 세라믹 기판 및 상기 제2 세라믹 기판 위에 인쇄된 루프 형태의 제2 루프 안테나를 포함하는 제2 안테나부

를 포함하고,

상기 동일한 안테나 소자들에 포함된 상기 제1 루프 안테나와 상기 제2 루프 안테나의 중심점은 상기 제1 세라믹 기판 및 상기 제2 세라믹 기판에 수직인 직선상에 위치하고,

상기 각 안테나 소자들의 제1 세라믹 기판 및 제2 세라믹 기판은 공유되고,

하기 수학적 식 1에 따라서 상기 안테나 소자의 주파수에 따른 리액턴스 민감도가 산출되고,

상기 안테나 소자의 주파수에 따른 리액턴스 민감도는 상기 배열 안테나의 성능을 평가하기 위하여 사용되는 배열 안테나.

[수학적 식 1]

$$FSR = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta X}{\Delta f} \right| = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{X\left(f + \frac{\Delta f}{2}\right) - X\left(f - \frac{\Delta f}{2}\right)}{\Delta f} \right|$$

Δf 는 주파수의 변화량이고, ΔX 는 리액턴스의 변화량이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각각의 제1 루프 안테나에 직접 연결되는 2개의 포트

을 더 포함하고,

상기 각각의 제1 루프 안테나들은 상기 2개의 포트들을 통해 직접 급전되는 배열 안테나.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2 루프 안테나들은 상기 동일한 안테나 소자들에 포함된 제1 루프 안테나와의 전계 커플링 및 자기 커플링을 이용하여 간접 급전되는 배열 안테나.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 각각의 포트는 상기 제1 루프 안테나의 중심점을 기준으로 90도 이격되어 배치된 배열 안테나.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 루프 안테나 또는 제2 루프 안테나는 원형 또는 다각형인 배열 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 루프 안테나 및 상기 제2 루프 안테나의 내측 크기는 상기 배열 안테나의 공진 주파수에 따라 결정되는 배열 안테나.

청구항 7

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 하기의 실시예들은 이중대역에서 동작하는 배열 안테나에 관한 것으로, 구체적으로는 저대역 루프 패치 안테나와 고대역 루프 패치 안테나를 상하단으로 적층시킨 이중대역 루프 안테나를 이용한 배열 안테나에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로스트립 패치 안테나는 지향성 패턴을 제어하기 용이하며, 이중 대역 특성을 제어하기 용이하므로 CRPA(Controlled Reception Pattern Antenna) 어레이의 개별 소자로 널리 사용되고 있다. 또한, 고 유전성 기판을 채택하면 낮은 프로파일 특성을 보이므로, 소형화 가능하다. 따라서, 최근의 무선통신 시스템의 크기 제한을 극복하기 위해 더욱 널리 사용되고 있다.

[0003] 그러나, 마이크로스트립 패치 안테나의 임피던스 정합 및 방사 특성은 좁은 정합 대역폭으로 인하여 주파수 변동에 민감하다. 주파수 변동에 민감하면 다른 안테나와의 상호 결합 효과에 의해 고유한 주파수 응답 특성이 변경되므로, 특히 소형 안테나의 방사 특성이 저하된다.

[0004] 따라서, 안테나 소자가 소형인 경우에도 이들 안테나 소자를 결합하여 배열 안테나를 구성하는 것은 여전히 어려운 기술적인 과제로 분류되어 왔다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 하기의 실시예들의 목적은 배열 루프 안테나에서, 두개의 동작 주파수 대역간 성능 오차를 최소화하는 것이다.

[0006] 하기의 실시예들의 목적은 복수의 안테나 소자들을 포함하는 배열 안테나 시스템에서 각 안테나 소자간의 성능 공차를 최소화하고 양산성을 높이는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 예시적 실시예에 따르면, 복수의 안테나 소자들이 원형으로 배열된 배열 안테나에 있어서, 상기 복수의 안테나 소자들은 각각, 평면 형태의 제1 세라믹 기판 및 상기 제1 세라믹 기판 위에 인쇄된 루프 형태의 제1 루프 안테나를 포함하는 제1 안테나부 및 상기 제1 안테나부 위에 적층된 평면 형태의 제2 세라믹 기판 및 상기 제2 세라믹 기판 위에 인쇄된 루프 형태의 제2 루프 안테나를 포함하는 제2 안테나부를 포함하고, 상기 동일한 안테나 소자들에 포함된 상기 제1 루프 안테나와 상기 제2 루프 안테나의 중심점은 상기 제1 세라믹 기판 및 상기 제2 세라믹 기판에 수직인 직선상에 위치하고, 상기 각 안테나 소자들의 제1 세라믹 기판 및 제2 세라믹 기판은 공

유되는 배열 안테나.

[0008] 여기서, 상기 각각의 제1 루프 안테나에 직접 연결되는 2개의 포트들 더 포함하고, 상기 각각의 제1 루프 안테나들은 상기 2개의 포트들을 통해 직접 급전될 수 있다.

[0009] 그리고, 상기 제2 루프 안테나들은 상기 동일한 안테나 소자들에 포함된 제1 루프 안테나와의 전계 커플링 및 자계 커플링을 이용하여 간접 급전될 수 있다.

[0010] 또한, 상기 각각의 포트는 상기 제1 루프 안테나의 중심점을 기준으로 90도 이격되어 배치될 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 제1 루프 안테나 또는 제2 루프 안테나는 원형 또는 다각형일 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 제1 루프 안테나 및 상기 제2 루프 안테나의 내측 크기는 상기 배열 안테나의 공진 주파수에 따라 결정될 수 있다.

[0013] 또한, 하기 수학적 식 1에 따라서 상기 안테나 소자의 주파수에 따른 리액턴스 민감도가 산출되고, 상기 안테나 소자의 주파수에 따른 리액턴스 민감도는 상기 배열 안테나의 성능을 평가하기 위하여 사용될 수 있다.

[0015] [수학적 식 1]

$$FSR = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta X}{\Delta f} \right| = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{X\left(f + \frac{\Delta f}{2}\right) - X\left(f - \frac{\Delta f}{2}\right)}{\Delta f} \right|$$

[0017]

Δf 는 주파수의 변화량이고, ΔX 는 리액턴스의 변화량이다.

[0019]

발명의 효과

[0020] 하기의 실시예들에 따르면, 두 개의 동작 주파수 대역간 성능 오차를 최소화한 배열 안테나를 제공할 수 있다.

[0021] 하기의 실시예들에 따르면, 복수의 안테나 소자들을 포함하는 배열 안테나 시스템에서 각 안테나 소자간의 성능 공차를 최소화하고 양산성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 구조를 도시한 도면이다.

도 2는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나를 상하단에서 살펴본 도면이다.

도 3은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 반사 계수를 도시한 도면이다.

도 4는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 이득을 도시한 도면이다.

도 5는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 축비(axial ratio)를 도시한 도면이다.

도 6은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 제1 주파수 대역에서의 빔 패턴을 도시한 도면이다.

도 7은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 제2 주파수 대역에서의 빔 패턴을 도시한 도면이다.

도 8은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 H 필드 왜곡을 도시한 도면이다.

도 9는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 등가회로 및 주파수에 따른 입력 임피던스를 도시한 도면이다.

도 10은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 리액턴스 및 리액턴스의 주파수 민감도를 도시한 도면이다.

도 11은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나에서, 서로 다른 루프 폭에 따른 이득을 도시한 도면이다.
 도 12는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나에서 급전 방법에 따른 리액턴스의 주파수 민감도를 도시한 도면이다.
 도 13은 또 다른 예시적 실시예에 따라 복수의 안테나 소자를 이용하여 구성된 배열 안테나를 도시한 도면이다.
 도 14는 도 13에 포함된 안테나 소자의 주파수에 따른 이득을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0024] 도 1의 (a)는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 구조를 도시한 도면이다.
- [0025] 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나는 제1 세라믹 기판(110)과 제1 루프 안테나(120)로 구성된 제1 안테나부 및 제2 세라믹 기판(130)과 제2 루프 안테나(140)로 구성된 제2 안테나부를 포함한다. 여기서, 제1 세라믹 기판(110)과 제2 세라믹 기판(130)은 높은 유전율을 가질 수 있다.
- [0026] 제1 세라믹 기판(110)과 제2 세라믹 기판(130)은 평판 평태로 구성된다. 도 1에서는 제1 세라믹 기판(110)과 제2 세라믹 기판(130)이 모두 원형인 실시예가 도시되었으나, 다른 평태의 평면이어도 무방하다. 여기서, 제1 세라믹 기판(110)과 제2 세라믹 기판(130)의 크기(151)가 d 이다.
- [0027] 제1 루프 안테나(120)는 제1 세라믹 기판(110)의 위에 형성되는 패치 안테나일 수 있다. 일측에 따르면, 제1 루프 안테나(120)는 인쇄 기법을 이용하여 제1 세라믹 기판(110) 위에 형성될 수 있다. 또한, 도 1에서 제1 루프 안테나(120)는 사각형 형태로 도시되었으나, 원형 또는 다른 다각형 형태도 가능하다.
- [0028] 또한, 제2 루프 안테나(140)는 제2 세라믹 기판(130)의 위에 형성되는 패치 안테나일 수 있다. 일측에 따르면, 제2 루프 안테나(140)는 인쇄 기법을 이용하여 제2 세라믹 기판(130) 위에 형성될 수 있다. 도 1에서 제2 루프 안테나(140)는 사각형 형태로 도시되었으나, 원형 또는 다른 다각형 형태도 가능하다.
- [0029] 여기서, 제1 루프 안테나(120)의 중심점과 제2 루프 안테나(140)의 중심점은 제1 세라믹 기판(110) 및 제2 세라믹 기판(130)에 수직한 직선상에 위치할 수 있다. 즉, 각 루프 안테나의 중심점(120, 140)은 각각의 세라믹 기판(110, 130)에 모두 수직한 직선상에 위치한다.
- [0031] 일측에 따르면, 제1 루프 안테나(120)는 GPS 신호의 L_1 대역에서 동작하고, 제2 루프 안테나(140)는 GPS 신호의 L_2 대역에서 동작할 수 있다.
- [0032] 도 1의 (a)에서, 제1 루프 안테나(120)의 외곽 길이(152)가 l_1 이고, 제2 루프 안테나(140)의 외곽 길이(153)가 l_2 이다.
- [0034] 도 1의 (b)는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나를 측면에서 관찰한 것이다. 도 1의 (b)에서, 제1 세라믹 기판(160)의 높이는 h_1 , 제2 세라믹 기판(170)의 높이는 h_2 이고, 제1 루프 안테나(161, 162)의 폭은 w_1 , 제2 루프 안테나(171, 172)의 폭은 w_2 이다.
- [0036] 도 1의 (a)에서, 제1 루프 안테나(120)는 제1 루프 안테나(120)에 직접 연결되는 2개의 포트(121, 122)를 이용하여 직접 급전될 수 있다. 이 경우에, 제1 루프 안테나(120)의 중심점으로부터 각 포트(121, 122)까지의 거리는 l_f 이다.
- [0037] 하이브리드 칩 커플러(182)는 2개의 포트(121, 122, 183)에 급전되는 전력을 공급한다. 일측에 따르면, 2개의 포트(121, 122, 183)는 제1 루프 안테나(120)의 중심점을 기준으로 90도 이격되어 배치될 수 있다.

- [0038] 도 1의 (b)에서 각 루프 안테나의 중심점에는 50-옴의 종단 저항(181, 50 Ohm Termination)이 배치될 수 있다.
- [0040] 제2 루프 안테나(140)는 제1 루프 안테나(120)와 제2 루프 안테나(140)간의 전계 커플링 및 자계 커플링을 이용하여 간접 급전된다.
- [0042] 도 1에 도시된 실시예에 따르면, 제1 루프 안테나(120, 161, 162)와 제2 루프 안테나(140, 171, 172)의 폭과 수직 배치를 변경하여 전계 커플링 및 자계 커플링의 세기를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제1 루프 안테나(120, 161, 162)의 폭인 w_1 과 제2 루프 안테나(140, 171, 172)의 폭인 w_2 가 일정 정도 이상으로 구속 (constrained)될때 강한 전계 커플링이 형성된다. 또한 제2 세라믹 기판(130, 170)의 높이 h_2 가 제1 세라믹 기판(110, 160)의 높이 h_1 보다 작게 유지될때 자계 커플링의 강도가 증가한다.
- [0044] 제1 루프 안테나(120)의 외곽 길이(152) l_1 과, 제2 루프 안테나(140)의 외곽 길이(153) l_2 는 각 루프 안테나(120, 140)의 동작 주파수에 반비례하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 각 루프 안테나(120, 140)의 외곽 길이 l_1 , l_2 는 각 루프 안테나(120, 140)의 동작 주파수 대역에서의 파장길이일 수 있다.
- [0046] 도 1에 도시된 이중 대역 루프 안테나는 GPS 신호의 L_1 , L_2 대역에서 동작할 수 있다. 이 경우, 두 개의 루프 안테나(120, 140)의 전계 커플링의 강도를 극대화하기 위해서는 제1 루프 안테나(120)의 폭 w_1 과 제2 루프 안테나(140)의 폭인 w_2 는 큰 값을 가져야 하며, 보다 밀접한 자계 커플링을 위해서는 두 개의 루프 안테나(120, 140)가 근접해야 하므로 제2 세라믹 기판(130)은 매우 얇아야 하고, 제1 세라믹 기판(110)보다 더 얇아야 한다.
- [0048] 아래의 표 1은 도 1에 도시된 이중 대역 루프 안테나가 GPS 신호의 L_1 , L_2 대역에서 동작하는 경우 최적의 설계 파라미터를 도시한 것이다.

[0050] [표 1]

Parameter	Value
d	127 mm
h_1	8 mm
h_2	4 mm
l_1	19.2 mm
l_2	18.4 mm
l_f	6.3 mm
w_1	5.5 mm
w_2	6.7 mm

- [0051]
- [0053] 도 2는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나를 상하단에서 살펴본 도면이다.

- [0054] 도 2의 (a)는 이중 대역 루프 안테나를 상단에서 살펴본 도면이다.
- [0055] 도 2에 도시된 이중 대역 루프 안테나는 세라믹 분말을 접착 및 소결하여 세라믹 기판(210)을 형성하였고, 구리 증착(deposition) 메커니즘을 사용하여 루프 안테나(220)를 세라믹 기판(210) 위에 인쇄하였다.
- [0057] 도 2의 (b)는 이중 대역 루프 안테나를 하단에서 살펴본 도면이다.
- [0058] 이중 대역 루프 안테나의 하단에는 하이브리드 칩 커플러(235), 전력 수신 단자 (234), 복수의 포트(231, 232) 및 50-옴의 종단 저항(233, 50 Ohm Termination)이 노출된다.
- [0059] 전력 수신 단자(234)는 하이브리드 칩 커플러(235)에 공급되는 전력이 수신되는 단자이다.
- [0060] 하이브리드 칩 커플러(235)는 광대역 원형편파를 도출하기 위한 90도 위상차 급전을 수행한다.
- [0061] 복수의 포트(231, 232)는 제1 루프 안테나에 전력을 공급하기 위하여 사용되며, 포트에 연결된 각각의 급전 핀은 제1 루프 안테나의 중심점을 기준으로 90도 이격하여 배치된다.
- [0063] 도 3은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 반사 계수를 도시한 도면이다.
- [0064] 도 3의 가로축은 주파수를 나타내고, 세로축은 반사계수의 값을 나타낸다. 또한 도 3에서 점선은 반사계수의 시뮬레이션 값을 나타내고, 실선은 실제 제작된 이중 대역 루프 안테나를 사용하여 실측된 값을 나타낸다.
- [0065] 도 3을 참고하면, 점선으로 표현된 시뮬레이션 값은 1.5754 GHz 및 1.2276 GHz에서 -29.5 dB 및 -26.9 dB의 값을 각각 가진다. 실선으로 표현된 실측값은 35.0 dB (1.5754 GHz)와 29.4 dB (1.2276 GHz)이며 시뮬레이션 된 데이터와 잘 일치하는 것으로 판단된다.
- [0067] 도 4는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 이득을 도시한 도면이다.
- [0068] 도 4의 가로축은 주파수를 나타내고, 세로축은 이득의 값을 나타낸다. 또한 도 4에서 점선은 이득의 시뮬레이션 값을 나타내고, '+' 는 완전 무반사 챔버에서 실측된 값이다. 또한, 반 무향실(semi-anechoic chamber)에서 측정된 값은 실선으로 표시된다.
- [0069] 측정된 값들은 1.5754 GHz에서 1.5dBic이고, 1.2276 GHz에서 4.7dBic이다. 주파수의 영향을 받지 않기 때문에 이득은 1.17GHz에서 1.6GHz까지 두 공진 주파수 사이에서 0dBic 보다 크다.
- [0071] 도 5는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 축비(axial ratio)를 도시한 도면이다.
- [0072] 도 5의 가로축은 주파수를 나타내고, 세로축은 축비의 값을 나타낸다. 또한 도 5에서 점선은 축비의 시뮬레이션 값을 나타내고, 실선은 실제 제작된 이중 대역 루프 안테나를 사용하여 실측된 값을 나타낸다.
- [0073] 1.5754 GHz 및 1.2276 GHz에서의 축비의 값은 각각 0.5 dB 및 0.8 dB이다. 제안된 이중 대역 루프 안테나는 넓은 주파수 범위에서 3 dB 이하의 축비 값을 유지하므로 해당 이중 대역 루프 안테나를 이용하여 크기가 작은 배열 안테나를 제작한 경우, 왜곡된 편광 특성으로 인한 이득 감소를 방지할 수 있다.
- [0075] 도 6은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 제1 주파수 대역에서의 빔 패턴을 도시한 도면이다.
- [0076] 도 6의 (a)는 z-x 평면상의 빔패턴을 도시한 도면이다. 점선은 시뮬레이션된 빔 패턴을 도시한 것이고, 실선은 실측된 빔패턴을 도시한 것이다. 동작 주파수는 1.5754 GHz로 가정하였다.
- [0077] z-x 평면상에서, 반전력빔폭(HPBW, Half Power Beam Width)은 75.1도이며, 최대 이득은 4.8도에서 1.7dBic로 관찰된다.
- [0078] 도 6의 (b)는 z-y 평면상의 빔패턴을 도시한 도면이다. 점선은 시뮬레이션된 빔 패턴을 도시한 것이고, 실선은 실측된 빔패턴을 도시한 것이다. 동작 주파수는 1.5754 GHz로 가정하였다.
- [0079] z-y 평면상에서, 반전력빔폭은 68.7도이며, 최대 이득은 4.6도에서 1.6dBic로 관찰된다.
- [0081] 도 7은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 제2 주파수 대역에서의 빔 패턴을 도시한 도면이다.
- [0082] 도 7의 (a)는 z-x 평면상의 빔패턴을 도시한 도면이다. 점선은 시뮬레이션된 빔 패턴을 도시한 것이고, 실선은 실측된 빔패턴을 도시한 것이다. 동작 주파수는 1.2276 GHz로 가정하였다.
- [0083] z-x 평면상에서, 반전력빔폭(HPBW, Half Power Beam Width)은 102.8도이며, 최대 이득은 4.8도에서 4.7dBic로 관찰된다.

- [0084] 도 7의 (b)는 z-y 평면상의 빔패턴을 도시한 도면이다. 점선은 시뮬레이션된 빔 패턴을 도시한 것이고, 실선은 실측된 빔패턴을 도시한 것이다. 동작 주파수는 1.2276 GHz로 가정하였다.
- [0085] z-y 평면상에서, 반전력빔폭은 109.8도이며, 최대 이득은 0도에서 4.7dBic로 관찰된다.
- [0087] 도 6, 7에 도시된 빔 패턴을 참고하면, 제안된 이중 대역 루프 안테나는 시뮬레이션 값과 실측값이 대략적으로 일치하는 것으로 보이며, 심각한 패턴 왜곡은 나타나지 않는 것으로 판단된다.
- [0089] 도 8은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 H 필드 왜곡을 도시한 도면이다.
- [0090] 도 8은 $x=-3\text{mm}$ 인 평면을 수직으로 잘라 $-20\text{mm} \leq y \leq 20\text{mm}$ 이고, $0\text{mm} \leq z \leq 30\text{mm}$ 인 y-z 평면의 121 x 81개의 지점에서 H 필드를 관찰한 것을 도시한 것이다.
- [0091] 도 8의 (a)를 참고하면, 동작 주파수가 1.5754GHz인 경우 이중 대역 루프 안테나의 상단에 위치하는 제2 루프 안테나는 이중 대역 루프 안테나의 하단에 위치하는 제1 루프 안테나에 의해 생성된 EM 필드에 의해 여기된다. 두 개의 루프는 높은 유전율을 가지는 세라믹 기판을 통해 강하게 연결된다.
- [0092] 도 8의 (b)를 참고하면, 동작 주파수가 1.2276GHz인 경우 강한 자기장이 이중 대역 루프 안테나의 하단에 위치하는 제1 루프 안테나와 접지 사이에만 존재한다. 이것은 제1 루프 안테나가 GPS의 L2 대역에서 지배적인 방사 요소로 동작함을 의미한다.
- [0094] 도 9는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 등가회로 및 주파수에 따른 입력 임피던스를 도시한 도면이다.
- [0095] 도 9의 (a)는 이중 대역 루프 안테나의 동작을 분석하기 위하여 개발된 등가 회로 모델을 도시한 도면이다. 도시된 회로는 출력 포트 1의 임피던스를 설명하고, 출력 포트2로 표시된 다른 포트는 50 옴 임피던스로 종단 처리된다. 제1 루프 안테나는 R_{L2} , L_{L2} , C_{L2} 의 병렬 회로로 표현되며, 인덕턴스 L_F 는 하이브리드 칩 커플러의 출력 포트 1에 연결된 급전 핀(복수의 포트(231, 232) 참조)를 모델링한 것이다.
- [0096] R_P , L_P , C_P 로 구성된 또 다른 병렬 회로는 2GHz 이상의 높은 주파수 대역에서 기생 공진을 설명하기 위해 삽입된다. 제2 루프 안테나는 R_{L1} , L_{L1} , C_{L1} 를 이용하여 모델링된다. 제1 루프 안테나와 제2 루프 안테나 간의 결합은 커플링 캐패시턴스 C_c 와 상호 인덕턴스 k 로 모델링된다.
- [0097] 여기서, 커플링 캐패시턴스 C_c 와 상호 인덕턴스 k 의 값은 제2 세라믹 기판의 두께 h_2 및 제1 루프 안테나의 폭 w_1 , 제2 루프 안테나의 폭 w_2 에 의해서 결정될 수 있다.
- [0098] [표 1]에 기재된 파라미터에 따른 이중 대역 루프 안테나는 하기 [표 2]에 시도된 파라미터에 따른 등가 회로로 모델링 될 수 있다.

[0100] [표 2]

Parameter	Value
L_F	6.2 nH
R_{L1}	500 Ω
L_{L1}	1.7 nH
C_{L1}	6.5 pF
R_{L2}	300 Ω
L_{L2}	1.5 nH
C_{L2}	11 pF
R_P	400 Ω
L_P	1.3 nH
C_P	5.6 pF
C_c	0.2 pF
k	0.2

[0101]

[0103] 도 9의 (b)는 등가 회로 모델을 이용하여 산출된 입력 임피던스를 EM 시뮬레이션을 이용하여 산출된 입력 임피던스와 비교한 것이다. 도 9의 (b)참고하면, 등가 회로 모델을 이용하여 산출된 입력 임피던스는 이중 대역 루프 안테나를 EM 시뮬레이션하여 산출된 입력 임피던와 유사하며, 이는 제안된 전자기 결합 피드의 작동 원리가 커플링 캐패시턴스 C_c 와 상호 인덕턴스 k 에 의해 잘 설명된다는 것을 보여준다.

[0105] 도 10은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나의 주파수에 따른 리액턴스 및 리액턴스의 주파수 민감도를 도시한 도면이다. 여기서, 파선은 도 9의 등가 회로에서, 커플링 캐패시턴스 C_c 가 제거되어 상호 인덕턴스 k 만이 공진 주파수와 일치하도록 변경되는 회로를 이용하여 산출된다. 점선은 상호 인덕턴스 k 의 값이 0일 때의 응답을 나타내며, 커플링 캐패시턴스 C_c 의 값은 동일한 공진점(resonance point)을 유지하도록 조정된다.

[0106] 여기서, 리액턴스의 주파수 민감도(FSR: Frequency Sensitivity of Reactance)는 리액턴스 곡선의 민감도를 평가하기 위하여 아래 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있다.

[0108] [수학적 식 1]

$$FSR = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{\Delta X}{\Delta f} \right| = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \left| \frac{X\left(f + \frac{\Delta f}{2}\right) - X\left(f - \frac{\Delta f}{2}\right)}{\Delta f} \right|$$

[0110]

[0112] 여기서, Δf 는 주파수의 변화량이고, ΔX 는 리액턴스의 변화량이다. FSR은 리액턴스 곡선의 기울기를 나타내며, 작은 FSR 값은 강한 상호 결합 효과가 있는 경우에도 주파수 변화에 따라 리액턴스의 변화가 작다는 것을 의미한다.

[0113] 도 10의 (b)를 참고하면, 제안된 급전 메커니즘은 평균 1 Ω /MHz 의 작은 FSR을 보인다. 그러나, 파선과 점

선은 각각 $3.9 \Omega/\text{MHz}$, $10 \Omega/\text{MHz}$ 의 비교적 큰 FSR을 보인다. 따라서, 전계 커플링 및 자계 커플링 강도의 비율은 주파수에 민감하지 않은 리액턴스 변화를 유지하기 위한 중요한 설계 변수로서, 신중하게 고려해야 한다.

- [0115] 도 11은 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나에서, 서로 다른 루프 폭에 따른 이득을 도시한 도면이다.
- [0116] 도 11의 (a)에서, w_1 의 값은 4.9mm로부터 7.3mm까지 0.6mm씩 증가한다.
- [0117] 또한, 도 11의 (b)에서, w_2 의 값은 4.3mm로부터 6.7mm까지 0.4mm씩 증가한다.
- [0118] 예시적 실시예에 따르면, 제1 루프 안테나의 길이 및 제2 루프 안테나의 길이를 더한 전체 길이가 하나의 유효 파장으로 유지되기 때문에, 하부에 위치한 제1 루프 안테나의 공진은 스트립 폭에 영향을 받지 않는다, 대조적으로, 상부에 위치한 제2 루프 안테나의 공진은 전기 결합의 강도가 w_1 및 w_2 의 값에 변경되기 때문에 고 주파수 대역으로 이동한다.
- [0120] 도 12는 예시적 실시예에 따른 이중 대역 루프 안테나에서 급전 방법에 따른 리액턴스의 주파수 민감도를 도시한 도면이다.
- [0121] 도 12에서, 실선으로 표시된 제안된 이중 대역 루프 안테나는 1.1GHz 부터 1.6GHz까지의 대역에서 $1.2 \Omega/\text{MHz}$ 의 낮은 FSR을 유지한다. 그러나, 평균 FSR은 $8.0 \Omega/\text{MHz}$ 으로 증가한다. 두 개의 비아핀이 상단에 위치하는 제2 루프 안테나에 연결되면, FSR의 피크 값은 1.34GHz에서 $185.5 \Omega/\text{MHz}$ 에 달한다.
- [0122] 따라서, 비아핀의 연결 지점은 리액턴스의 변화를 방지하여 FSR을 낮추는 중요한 설계 변수이다.
- [0124] 도 13은 또 다른 예시적 실시예에 따라 복수의 안테나 소자를 이용하여 구성된 배열 안테나를 도시한 도면이다.
- [0125] 도 13의 (a)는 구성된 배열 안테나를 상단 방향에서 관찰한 것이고, 도 13의 (b)는 구성된 배열 안테나를 하단 방향에서 관찰한 것이다.
- [0126] 도 13에 도시된 배열 안테나는 도 1 내지 도 12에서 설명된 이중 대역 루프 안테나를 개별적인 안테나 소자로 하여 7개의 안테나 소자를 원형으로 배열하여 구성된 것이다.
- [0127] 도 13에 도시된 배열 안테나는 직경 127mm의 원형 세라믹 기판에 배열되며, 안테나 소자간 간격은 39.9mm(1.227GHz에서 파장의 0.16배)이다.
- [0129] 도 14는 도 13에 포함된 안테나 소자의 주파수에 따른 이득을 도시한 도면이다.
- [0130] 도 14를 참고하면, 공진주파수인 1.575GHz와 1.227GHz에서의 배열 안테나의 이득은 모두 -2.5dBic이다. 또한, 두 공진주파수 대역 사이의 최소 이득은 1.353GHz에서 -5.8dBic로 관찰된다.
- [0131] 1.2GHz에서 1.6GHz까지의 게인 편차는 4.8dB로 크게 감소했으며 이는 기존의 직사각형 패치 어레이에 비해 현저히 개선된 것이다.
- [0133] 이상 살펴본 결과 제안된 이중 대역 루프 안테나 및 이중 대역 루프 안테나에서 이용하는 급전 방법은 두 개의 공진 주파수 대역 사이에서 이득 감소를 방지하며, 극히 작은 배열 안테나를 구성하는 경우 효과적이다.
- [0135] 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.

[0136]

[0137]

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.

[0138]

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

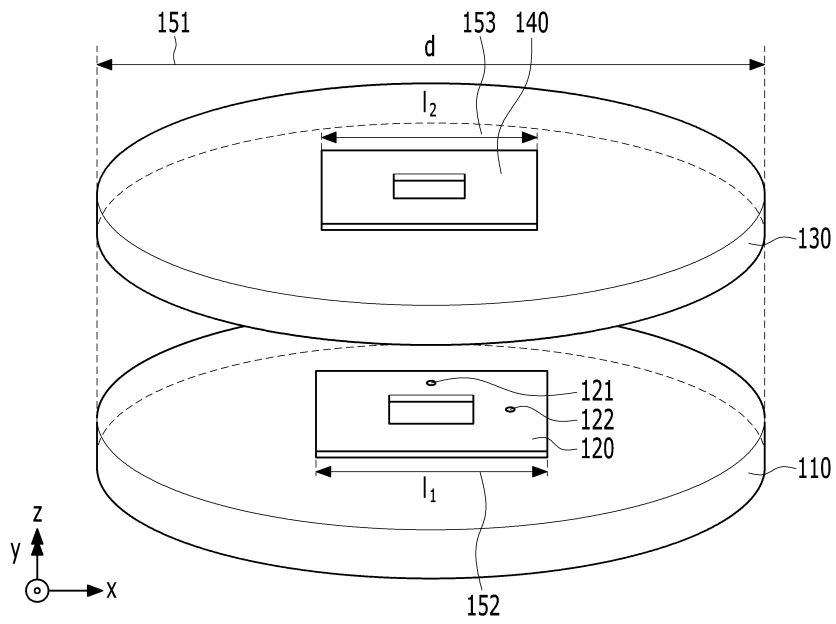
부호의 설명

[0140]

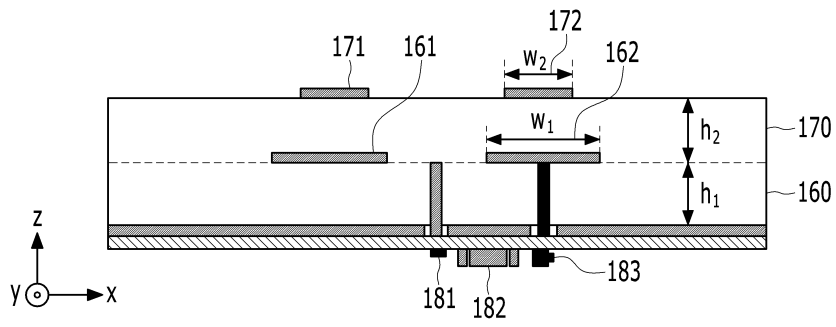
- 110: 제1 세라믹 기판
- 120: 제1 루프 안테나
- 121, 122: 급전 포트
- 130: 제2 세라믹 기판
- 140: 제2 루프 안테나

도면

도면1

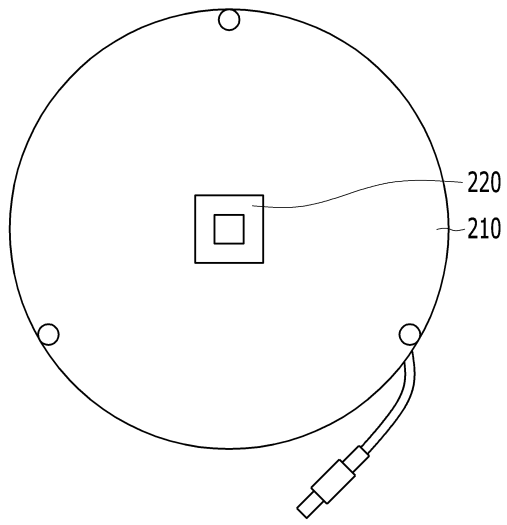


(a)

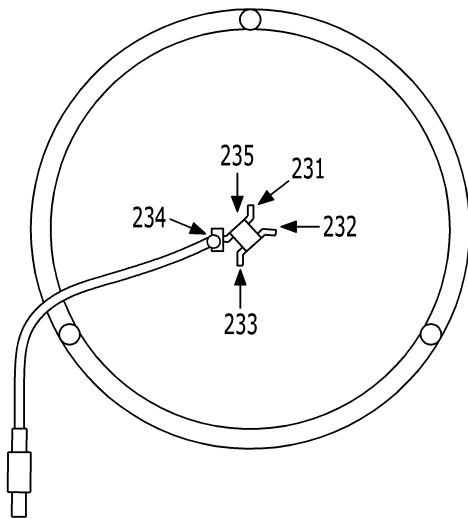


(b)

도면2

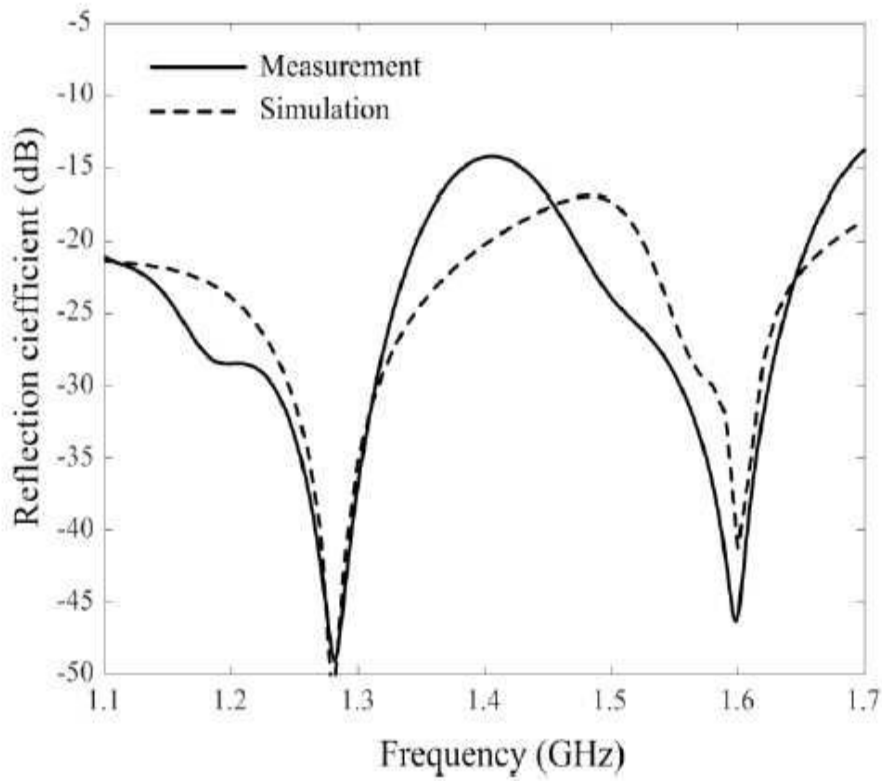


(a)

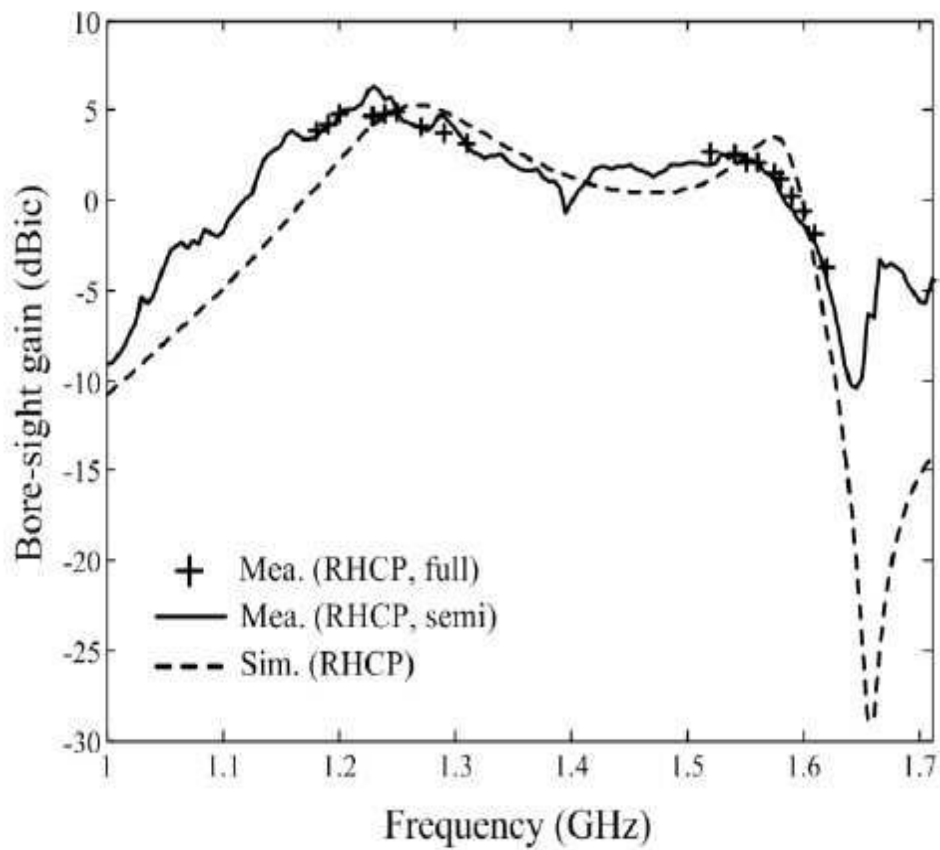


(b)

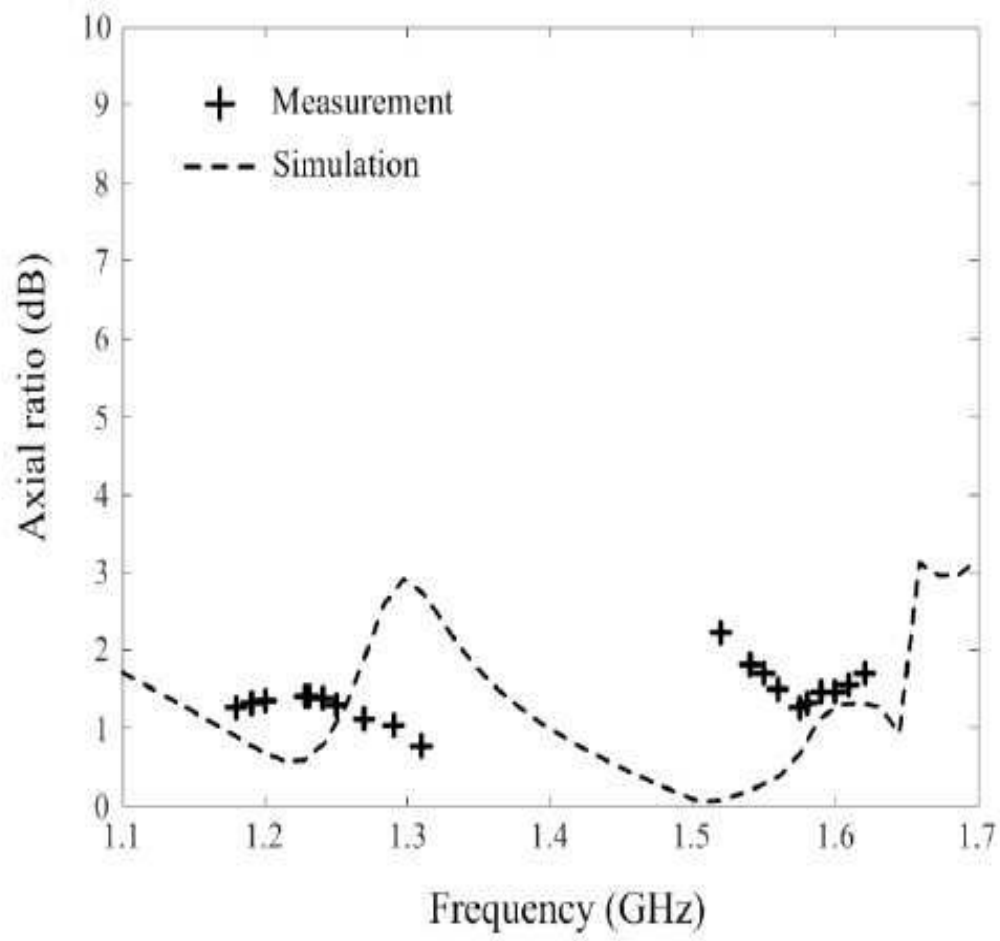
도면3



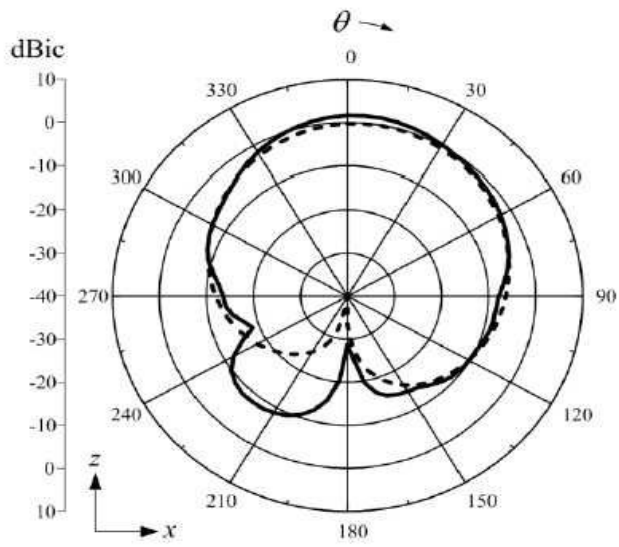
도면4



도면5



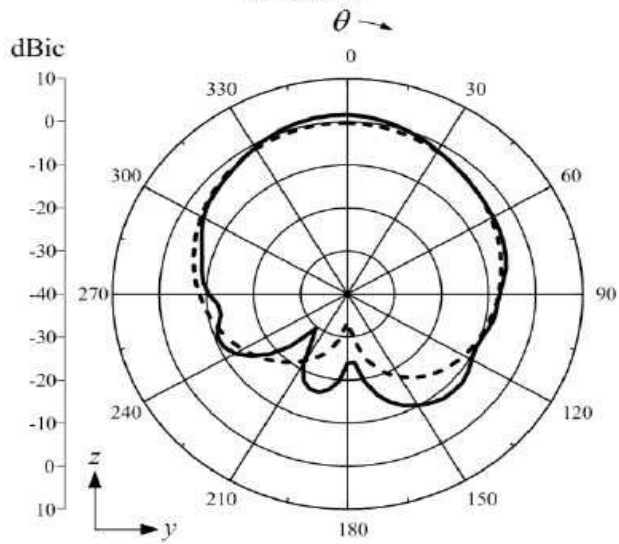
도면6



— Measurement

- - - Simulation

(a) z-x plane

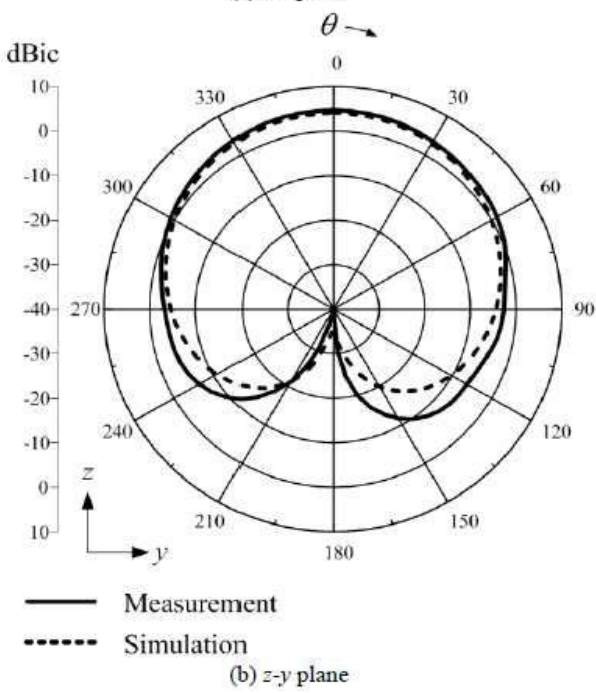
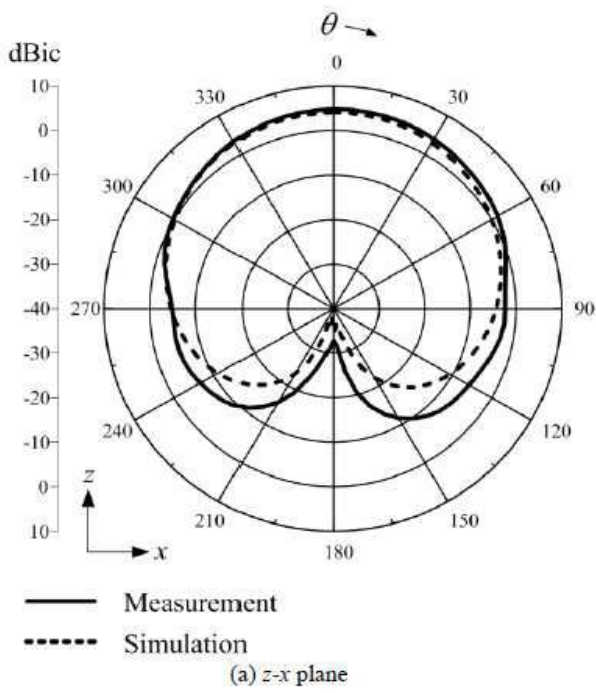


— Measurement

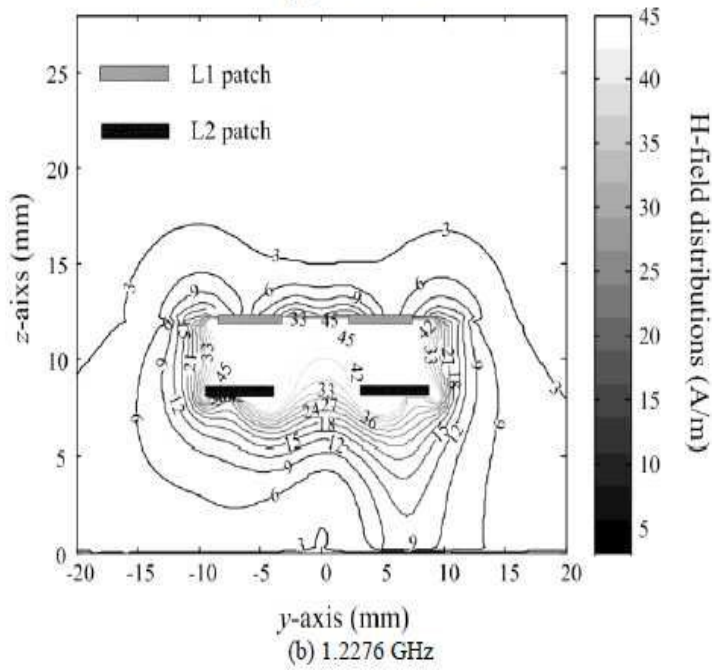
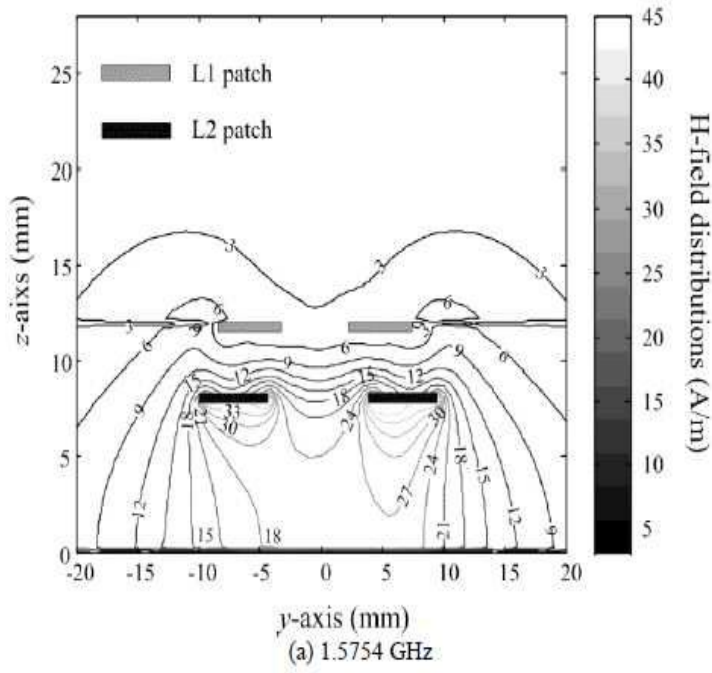
- - - Simulation

(b) z-y plane

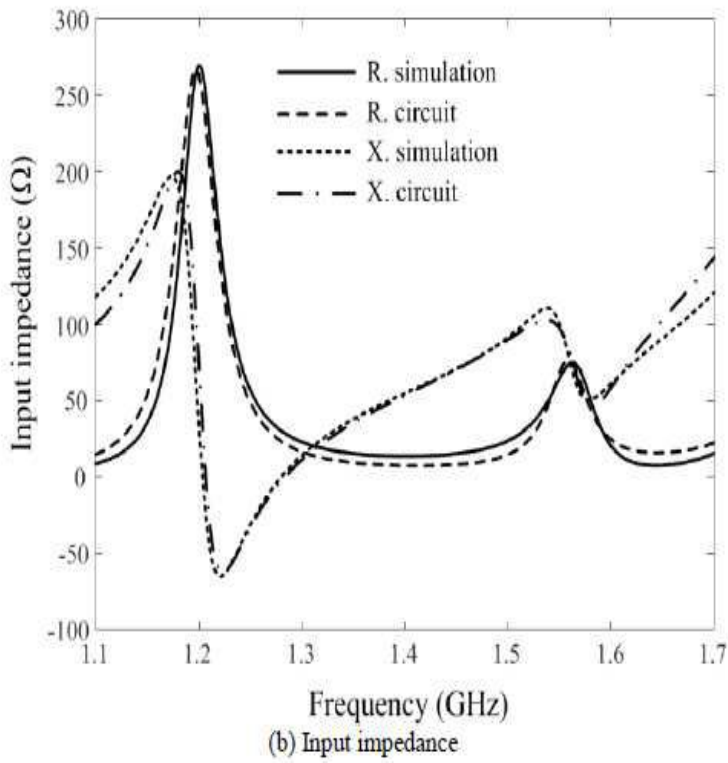
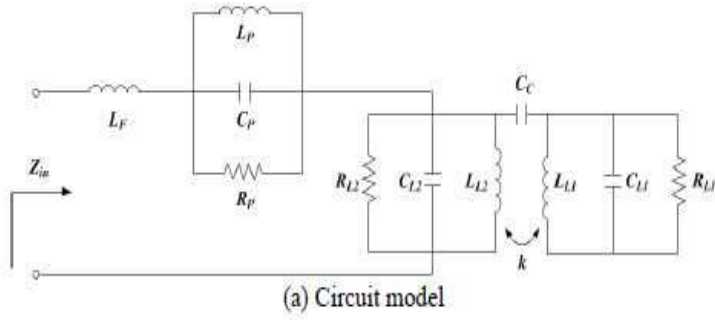
도면7



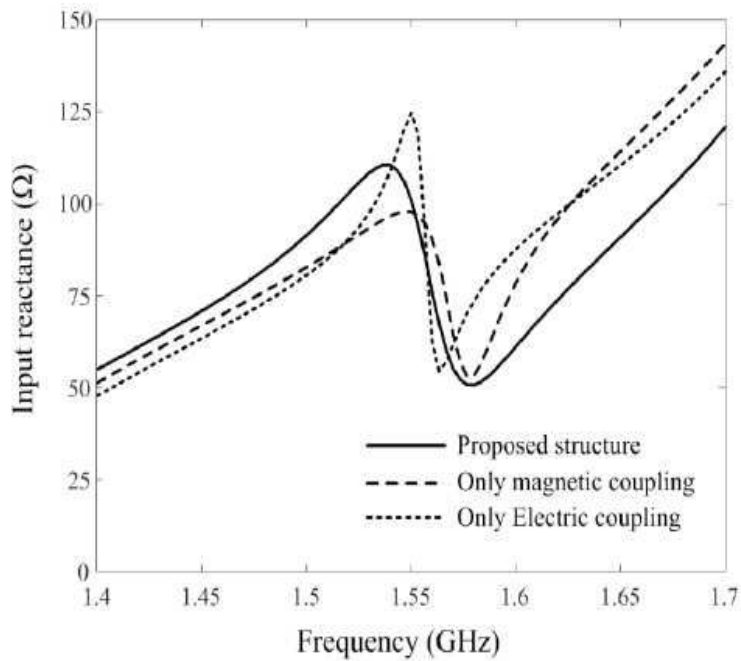
도면8



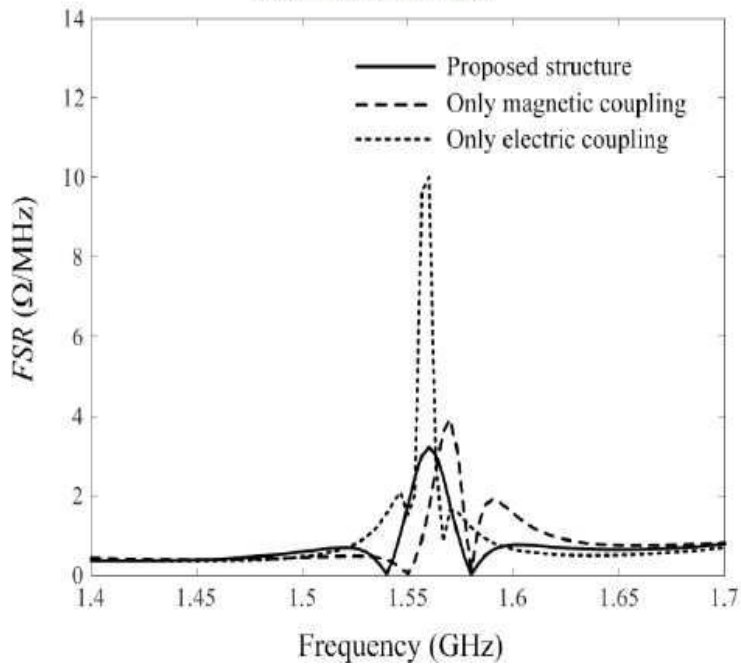
도면9



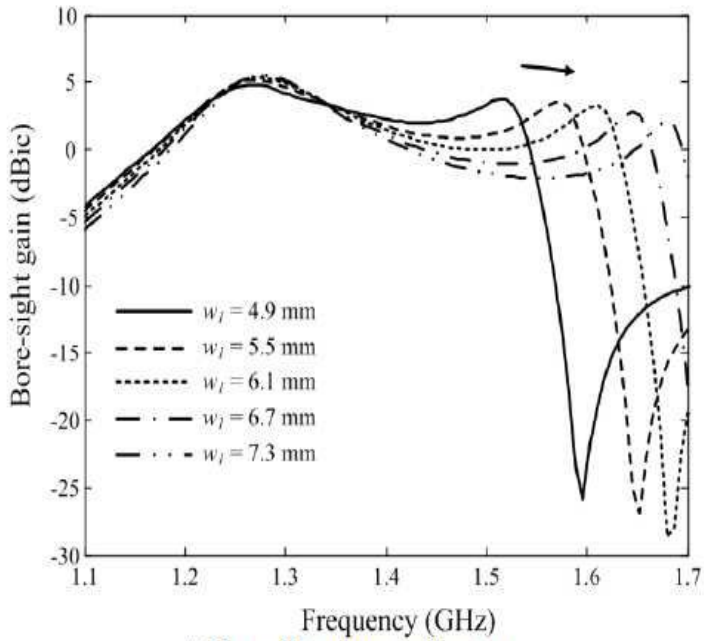
도면10



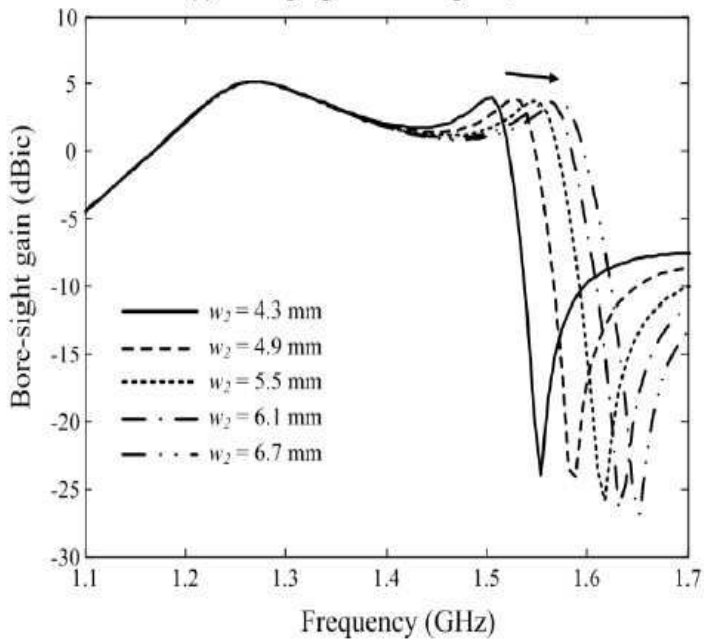
(a) Reactance variations



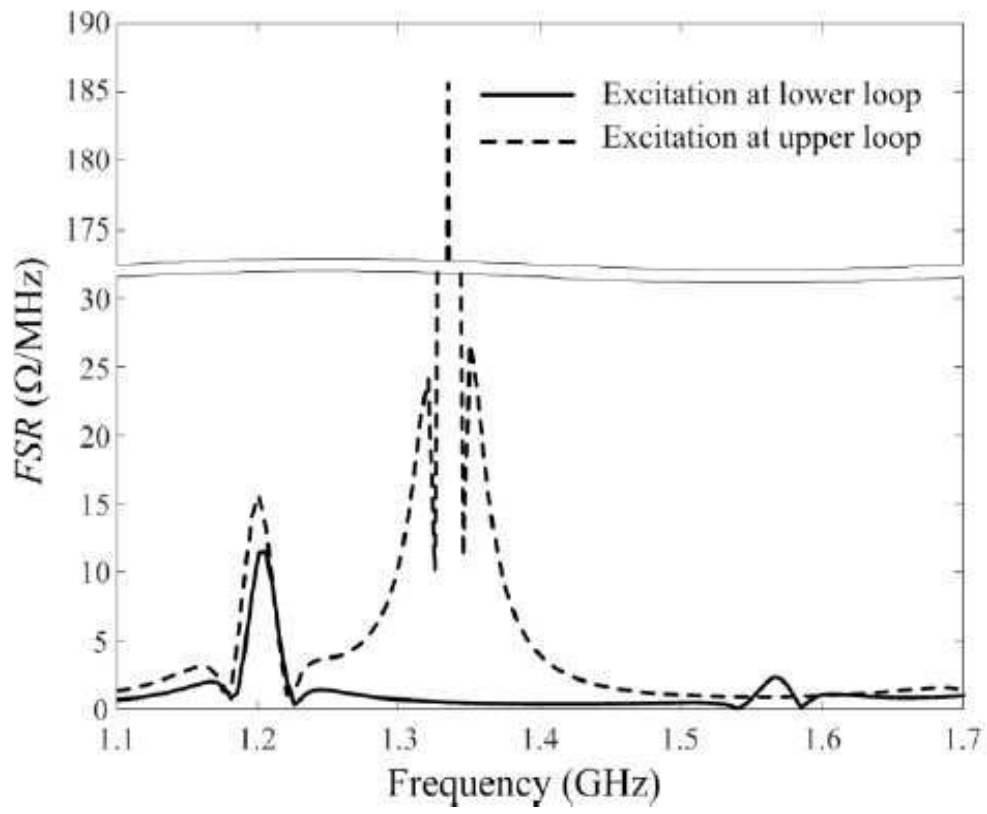
도면11



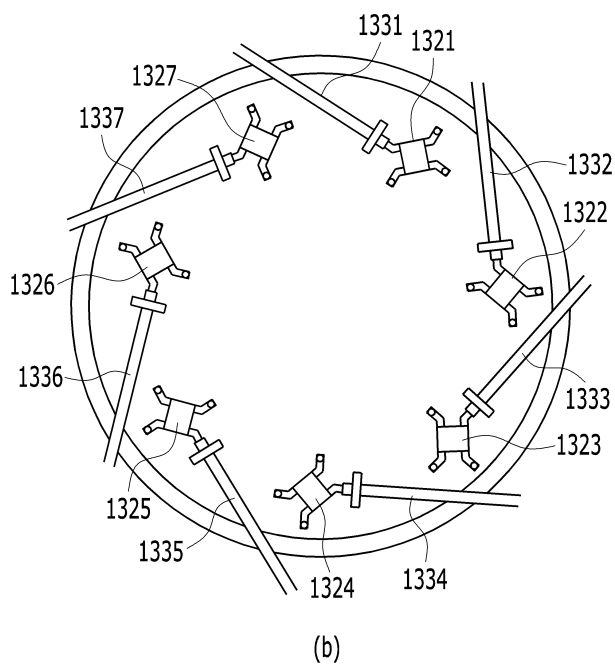
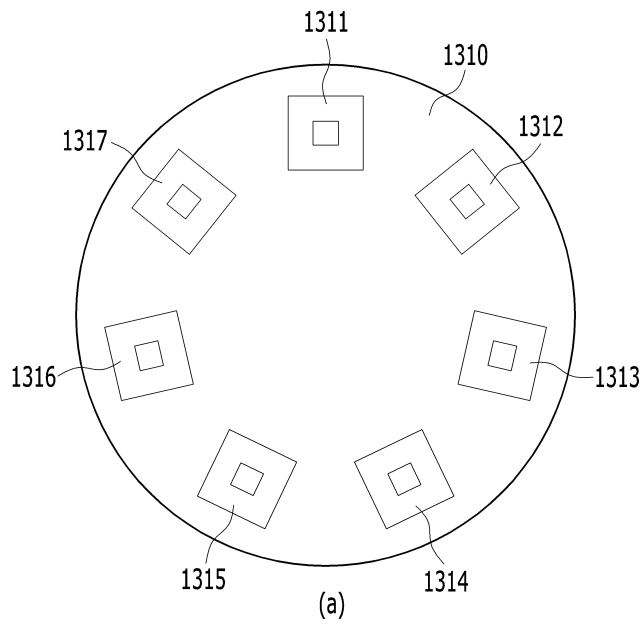
(a) Bore-sight gains according to w_1



도면12



도면13



도면14

