(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월17일
(11) 등록번호 10-1727489
(24) 등록일자 2017년04월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 9/04 (2006.01) *H01Q 1/38* (2015.01)
H01Q 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 9/0407 (2013.01)
H01Q 1/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0021675
(22) 출원일자 2016년02월24일
심사청구일자 2016년02월24일
(30) 우선권주장
1020150186738 2015년12월24일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120035273 A
KR1020100051136 A

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
강승택
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 **직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나**

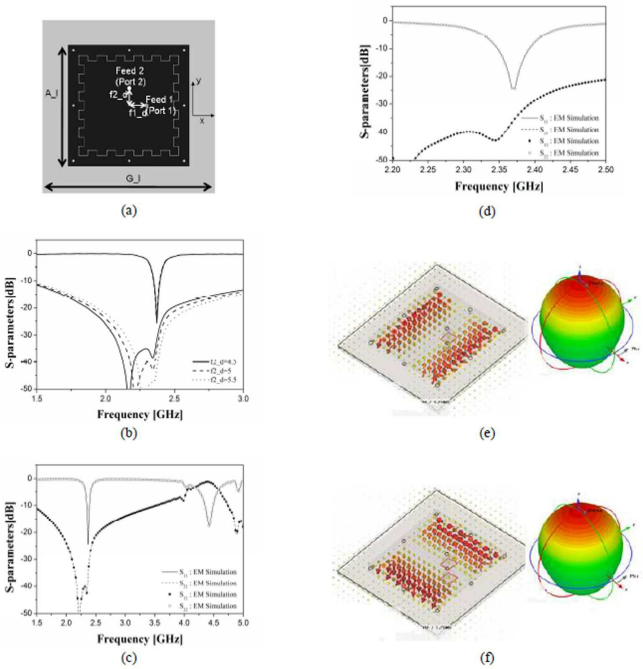
(57) 요 약

본 발명은 음의 공진(negative resonance) 및 이중 편파(dual polarization)를 가진 새로운 형태의 완전 인쇄된(fully-printed) 마이크로스트립 안테나에 관한 것이다.

방사체(radiator)는 다중 기판 대신에 단층 기판 상에 인쇄된다. 상기 음의 공진 특성은 단락 링(shorted-

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



ring)을 가진 패치에 용량성으로(capacitively) 결합(coupling)하면서 둘러싸인 형태의(circumferentially) 인터락 갭(interlock gap)의 CRLH(composite right- and left- handed) 구조의 결과이다. 본 발명에 따른 안테나는 동축의(coaxial) 급전부(feeds)를 가지는 하나의 몸체에서 두 직교하는 선형 편파를 생성함으로써 이중 편파 특성을 가진다.

본 발명에 따른 안테나는 full-wave EM field 시뮬레이션을 이용하여 제작된 안테나 시험체(prototype)의 측정 결과와 비교하면서 설계한다. 본 발명에 따른 안테나는, 29dB 편파 격리도(isolation)을 갖는 20MHz 이상의 대역폭의 다운링크 채널의 중간 주파수로서의 음의 공진 모드에서 5dBi 이득 및 78% 효율을 나타내었다.

(52) CPC특허분류
H01Q 1/46 (2013.01)
H01Q 15/24 (2013.01)
H01Q 9/0435 (2013.01)
H01Q 9/065 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판;

상기 기판의 상부에 설치되며, CRLH(Composite Right- and Left- Handed) 구조를 포함하는 방사체;

상기 방사체의 하부에 설치되는 동축형 제1 급전부;

상기 제1 급전부와 소정의 거리 이격되어 상기 방사체의 하부에 설치되는 동축형 제2 급전부;를 포함하되,

상기 CRLH 구조는, 인터락 갭(interlock gap)을 포함하는 요철 모양이 반복되는 면으로 둘러싸인 구조로서 상기 방사체와 용량성으로(capacitively) 결합되는 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기판은, 단층(1-layer) 기판인 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 방사체 및 CRLH 구조는, 각각 정방형이며,

상기 CRLH 구조가 상기 방사체 상부 표면에 포함되는 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 인터락 갭은, 설계에 따라 정해지며 0.8mm 내지 2mm인 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 방사체는, 각 면의 중앙 및 모서리에 각각의 via를 포함하는 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 급전부 및 제2 급전부는, 상기 방사체의 중심으로부터 서로 직각을 이루어 이격되고,

상기 제1 급전부 및 제2 급전부에 의하여 생성되는 각각의 편파는 서로 직교하는 것을 특징으로 하는 직교 편파

된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 방사체의 중심으로부터 상기 제1 급전부 및 제2 급전부의 이격 거리는, 설계에 따라 정해지며 각각 5㎜인 것을 특징으로 하는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 CRLH 패치 안테나에 관한 것으로서, 직교 편파(orthgonally polarizations) 및 음의 공진(negative resonance) 특성을 가지는 안테나에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 무선통신 시스템에 발전에서 안테나는 없어서는 안될 중요한 구성이다. RF 신호를 송수신함에 있어서, 안테나는 전체 통신의 품질을 결정짓는 중요한 요소이다. 다양한 종류의 안테나 중에서 마이크로스트립(microstrip) 구조의 안테나는 단극의(monopole) 안테나와 함께 제작 비용이 저렴하여 널리 이용된다. 마이크로스트립 패치 안테나가 처음에 반파장 공진으로 인한 브로드사이드(broadside) 방사 패턴으로 소개된 이래로, 그 기본 구조는 대역, 빔 패턴, 이득, 극성, 손쉬운 설치 등을 충족시키기 위하여 사각형 형태에서 삼각형 또는 원의 형태로, 슬롯 또는 부하, 다중 적층, 동축의 급전부, 라인 연결에서 틈 결합(apeture coupling)에 이르기까지 수많은 변화를 겪어왔다.

[0004] 통신 채널, 편파, 방사각도, 물리적 크기 등에서의 수요를 충족시키기 위하여 다중 대역, 특정 편파, 방향(direction), 소형화 및 경량화를 달성하기 위한 수많은 방법들이 개발되고 있다. 이러한 기술들은 무선 통신 산업분야에서의 수요와 이슈에 의해 최근에는 그룹화되는 경향이 있다. 예를 들어, 핸드셋(handset) 장치를 위한 내장 안테나 분야에서 기판 상의 방사체는 다중 밴드를 위하여 단일 공진 path 이상의 것을 가져야만 하고, 소형화를 위해 구불구불(mendering)한 구조 등으로 제작되어야 한다. 다른 예로, 송수신기 간의 무선 연결에서 다양한 기능을 발전시키기 위하여 안테나 구조가 다중 편파(multiple polarizations) 특성을 가질 것이 요구된다. 한편, 이러한 편파 특성을 가지면서도 그 크기가 커지는 것은 바람직하지 않으므로 복수개의 독립된 방사체 구조로 형성되어서는 안되고, 단일의 몸체(body)로 제작되어야 한다. 안테나의 크기를 최소화하기 위하여 이러한 두 가지 시도가 있다. 그러나, 그러한 노력에도 불구하고 효과는 미미했고, 안테나의 크기를 줄이는데는 제약이 있었다. 왜냐하면, 그것들은 흥미있는 주파수 대역에서 반파장 공진(half-wavelength resonance)에 의존하기 때문이다.

[0005] 최근 몇년 동안, 메타물질 및 그것들의 변형된 구조가 안테나의 기능 향상과 소형화에 대한 해결책으로써 이용되어 왔다. 그 중에서 CRLH(Composite Right- and Left-Handed) 기반의 구조는 비선형 분산 곡선(non-linear dispersive curve)에 기인하는 LH(Left-Handed)의 위상 앞섬(lead)과 RH(Right-Handed)의 위상 지연(delay)의 합의 결과로 인해 발생하는 0차 공진(Zeroth Order Resonance, ZOR) 및 음의 공진(Negative Resonance) 특성을 갖는다. 상기 음의 공진 및 ZOR은 안테나 소형화의 핵심 열쇠이다. 종래에는 이러한 목적달성을 위해 버섯모양 배열(Array of Mushroom), CSRR(Complimentary Split Ring Resonator) 등이 이용되었다. 그러나 이러한 메타물질을 이용한 안테나는 단일 편파(one polarization)만을 가진다.

[0006] 안테나가 RH 반파장 공진 또는 메타물질 공진을 갖기 위해서는 중계기, 위성통신, 기지국(base-station) 안테나의 구성 등에 적용될 때, 이중 편파(dual-polarization) 특성을 가질 것이 요구될 것이다. 소형화에 대한 요구를 충족시키기 위한 이중 편파 특성을 가지는 안테나를 설계하기 위해서는 단일의 방사체에서 두 개의 서로 다른 편파가 생성되어야 한다. 종래 이중 편파된 마이크로스트립 패치 안테나에 관한 몇몇 기술들이 있으나, 대부분 다층 구조(multilayers)를 이용한 것이었고, 이는 안테나의 부피가 커지게 되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 안테나의 방사체는 다층 기판(multi-layers) 대신에 단층 기판(1-layer) 상에서 제작되며, 음의 공진(negative resonance) 특성을 갖도록 하기 위하여 단락 링(shorted-ring)을 가진 패치에 용량성으로 결합(coupling)하면서 둘러싸인 형태의(circumferentially) 인터락 갭(interlock gap)의 CRLH(composite right- and left- handed) 구조를 이용하고, 이중 편파(dual polarization) 특성을 갖도록 하기 위하여 동축의 급전부(coaxial feeds)를 가지는 단일의 몸체에서 직교하는 두 선형 편파를 생성시키는 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나에 있어서,

[0011] 기판; 상기 기판의 상부에 설치되며, CRLH(Composite Right- and Left- Handed) 구조를 포함하는 방사체; 상기 방사체의 하부에 설치되는 제1 급전부; 상기 제1 급전부와 동축(coaxial)으로 상기 방사체의 하부에 설치되는 제2 급전부;를 포함하되, 상기 CRLH 구조는, 인터락 갭(interlock gap)을 포함하는 요철 모양이 반복되는 면으로 둘러싸인 구조로서 상기 방사체와 용량성으로(capacitively) 결합될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 기판은, 단층(1-layer) 기판일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 방사체 및 CRLH 구조는, 각각 정방형이며, 상기 CRLH 구조가 상기 방사체 상부 표면에 포함될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 인터락 갭은, 2㎜일 수 있다.

[0015] 또한, 상기 방사체는, 각 면의 중앙 및 모서리에 8개의 via를 포함하고, 각 via의 반지름은 0.5㎜일 수 있다.

[0016] 또한, 상기 제1 급전부 및 제2 급전부는, 상기 방사체의 중심으로부터 서로 직각을 이루어 이격되고, 상기 제1 급전부 및 제2 급전부에 의하여 생성되는 각각의 편파는 서로 직교할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 방사체의 중심으로부터 상기 제1 급전부 및 제2 급전부의 이격 거리는 각각 5㎜일 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 하나의 동축의 급전부를 갖는 단일 몸체를 이용함으로써, 종래의 다층 구조(multi-layers)를 이용하여 각각의 층에 급전부를 설치하던 것에 비하여 소형화가 가능하다.

[0020] 단락 링(shorted-ring)을 가진 패치에 용량성으로(capacitively) 결합(coupling)하면서 둘러싸인 형태의(circumferentially) 인터락 갭(interlock gap)의 CRLH(composite right- and left- handed) 구조에 의한 음의 공진 및, 동축의(coaxial) 급전부(feeds)를 가지는 하나의 몸체에서 두 직교하는 선형 편파를 이용하여 고성능 고효율의 안테나 제작이 가능하다.

[0021] 본 발명에 따른 안테나는, 29dB 편파 격리도(isolation)을 갖는 20MHz 이상의 대역폭의 다운링크 채널의 중간 주파수의 음의 공진 모드에서 5dBi 이득 및 78% 효율을 나타내었다.

도면의 간단한 설명

[0023] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

도 1은 단일 편파 CRLH 패치 안테나를 도시한 것이다.

도 2는 단일 편파 CRLH 패치 안테나의 매개변수, -1st 공진 및 ZOR 현상을 도시한 것이다.

도 3은 이중 편파 CRLH 패치 안테나에 관련 측정값을 도시한 것이다.

도 4는 제작된 이중 편파 CRLH 패치 안테나 및 관련 측정값을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 첨부된 도면을 기초로 상세히 설명하고자 한다.

[0025] 이하의 실시예는 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0026] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시 예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0027] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0029] 이하에서는, 본 발명에 따른 직교 편파된 음의 공진 CRLH 패치 안테나의 예시적인 실시 형태들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0031] **-음의 공진 모드 특성을 갖는 CRLH 안테나**

[0032] 도 1은 단일 편파 CRLH 패치 안테나를 도시한 것이다. 보다 구체적으로, 도 1(a)는 안테나의 Top-view이고, 도 1(b)는 안테나의 Side-view이다.

[0033] 도 1의 마이크로스트립 안테나는 음의 공진 및 ZOR(Zeroth Order Resonance) 특성을 갖도록 하기 위한 것으로서 단락 링(shorted-ring)을 가진 패치에 용량성으로(capacitively) 결합(coupling)하면서 둘러싸인 형태의(circumferentially) 인터락 갭(interlock gap)에 의한 CRLH(composite right- and left- handed) 구조이다. 도 1(a) 및 (b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 안테나는 낮은 프로파일(low-profile) 구조를 위하여 동축의 급전부(coaxial feed)와 단층 기판(1-layer)을 갖는다. 단일 또는 이중 편파 특성을 위한 급전선 및 다층 구조를 가진 안테나에 기초한 전통적인 반파장과 달리, 본 발명에 따른 안테나의 -1st 공진 모드는 선형(linear) 편파와 브로드사이드(broadside) 방사 패턴을 생성하기 위해 선택될 것이다. 비록 ZOR은 본 발명의 목적과는 무관한 단극의(monopole) 방사 패턴을 생성하지만, 그것은 설계과정에서 필요하다. 왜냐하면, 본 발명에 따른 CRLH 안테나에서 -1st 공진은 ZOR을 수반하기 때문이다. 더 작은 크기 및 낮은 프로파일(low-profile)의 이점을 가지는 기지국(base-station) 구성요소 등에 적용 가능한 안테나를 제작하기 위하여, 1.7GHz 내지 2.5GHz 범위의 밴드 중의 하나를 위해 방사체의 부피는 5 x 5 x 1 cm^3 이하로 설정한다. 40MHz 이상의 대역폭의 2.37GHz 밴드에서는 3dBi 이상의 이득과 70% 이상의 효율을 가지게 된다. 이것은 -1st 공진 모드는 2.37GHz에서 생성되어야 함을 의미한다. 본 발명에 따른 안테나 설계는 ZOR과 양의 공진이 완화되는 기회비용으로 음의 공진에서의 저이득, 저효율 문제를 극복하기 위하여 다음의 매개변수 연구를 통해 수행된다.

[0034] 도 2는 단일 편파 CRLH 패치 안테나의 매개변수, -1st 공진 및 ZOR 현상을 도시한 것이다. 보다 구체적으로, 도 2(a)는 i_l의 변화에 따른 S_{11}을 도시한 것이다. 도 2(c)는 8 vias에서 finger의 수가 변함에 따른 S_{11}을 도시한 것이다. 도 2(d) 및 도 2(e)는 타겟 밴드(target band)에 따른 S_{11}을 도시한 것이다. 도 2(f)는 ZOR에서의 E-field 및 단극의(monopole) 빔 패턴을 도시한 것이다. 도 2(g)는 -1st 공진 모드에서의 E-field 및 브로드사이드(broadside) 빔 패턴을 도시한 것이다.

[0035] 도 2에서의 각각의 매개변수 스윕(sweep)은 음의 공진 및 ZOR을 생성하기 위하여 커패시터 및 인덕터를 포함하는 등가 CRLH 회로를 위하여 수행되는 구조(중앙 패치로부터 0.35pF의 CR 및 31.80nH의 LR, 용량성 갭(gap)에 의한 0.06pF의 CL, 단락 링(shorted ring)에 의한 11.5nH의 LL)로부터 기초한다. 상기 갭(gap)은 둘러싸는 형태(circumferentially)의 대칭 인터락(interlocked) 구조이다(4면 각각에 finger의 n_f 쌍이 있고, 각 finger의 길이는 i_l임). 이것은 소형화 및 직교 편파 간의 균형을 위한 것이고, 1.85GHz에서 음의 공진 특성을 갖도록 하기 위해 Er=2.2인 기판 상에 3.5 x 3.5 x 0.317 cm^3의 관통형 구조(vias of the structure)로 형성된다. 도 2(a)에서는 n_f=3이고, i_l은 0.8mm에서 2mm로 변화되고 CL은 증가함에 따라, 음의 공진 주파수 및 ZOR 주파

수는 아래쪽으로 변화하고, 이러한 경향은 n_f가 3에서 5로 변화되고 4 vias 및 i_l=2인 도 2(b)의 경우에도 동일하게 발생한다. 도 2(c)에서, 다른 매개변수 스윕(sweep)은 n_f가 3에서 5로 변화되고 i_l=2mm 및 8 vias인 경우에 나타나는 음의 공진 특성의 변화양상이 본 발명의 목적 달성을 위하여 가장 바람직하다. 그러므로, n_f=5, i_l=2mm, r_w=1.8mm, v_dia=0.5mm인 8 vias의 조건에서 측정된 도 2(d) 및 (e)에서 볼 수 있는 바와 같이, 중심 주파수 및 대역폭은 각각 2.37GHz 및 40MHz로 결정하였다. 도 2(f)에서는 상기 구조에서의 인페이즈 전기장(in-phase E-field)을 및 단극의(monopolar) far-필드 패턴을 가지는 ZOR 특성이 개시되고, 그 아래에 도 2(g)에서는 브로드사이드(broadside) 빔 패턴 및 $+1^{st}$ 공진과 같은 전기장 특성을 갖는 소형화된 안테나의 음의 공진 모드 특성이 개시되어 있다. 상기 안테나는 3.9dBi 이상의 이득, 75% 이상의 효율 및 선형 편파 특성을 갖는다.

[0036] 본 발명에 따른 방법에서의 안테나 크기 축소의 효과가 주기적인 단위 셀을 포함하는 ZOR 안테나에서의 단위 셀의 그것과는 같지 않고, 본 발명에 따른 음의 공진 구조는 RH 반파장 보다 작지 않지만 이득과 이중 편파 특성을 발생시키기 위해 필요한 정도의 크기이다. 단일 편파는 도 2에서의 직교 좌표계의 x축과 일치한다.

[0038] **-1st 공진 특성을 갖는 이중 편파 안테나**

[0039] 이하, 이중 편파 특성을 갖는 음의 공진 CRLH 마이크로스트립 안테나를 설계하고 그 특성을 측정한다. 먼저, 설계는 EM 필드 시뮬레이터에 의하여 수행된다.

[0040] 도 3은 이중 편파 CRLH 패치 안테나 및 관련 측정값을 도시한 것이다. 보다 구체적으로, 도 3(a)는 3차원 구조의 Top-view이다. 도 3(b)는 f2_d와 -1st 공진 모드의 관계를 도시한 것이다. 도 3(c) 및 도 4(d)는 -1st 공진 모드에서 S_{11} 및 S_{21}를 도시한 것이다. 도 3(e) 및 도 3(f)는 각각 x축 편파를 위한 제1 급전부 및 y축 편파를 위한 제2 급전부에서의 여기(excitation)를 도시한 것이다(E-field and beam pattern).

[0041] 앞서 살펴본 음의 공진 안테나가 직교 편파 특성을 갖도록 하기 위하여, 그 구조는 도 3(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, 두 개의 급전부(feeds)가 필요하다. 제1 급전부(포트 1) 및 제2 급전부(포트 2)는 각각 x축 방향 및 y축 방향의 편파를 생성한다. 도 3(b)의 테스트에 따르면, 두 급전부는 안테나의 중앙으로부터 5mm 떨어진 오프셋 포인트에 위치되어야 한다. S_{11} 및 S_{22}는 각각 제1 급전부 및 제2 급전부의 반사 손실(return loss)로 정의한다. 편파 간의 격리도(isolation)는 S_{21} 및 S_{12}로 정의한다. 도 3(c) 및 (d)에서 -1st 공진 모드 주파수는 제1 급전부 및 제2 급전부 모두에서 -10dB보다 낮은 $|S_{11}|$ 및 $|S_{22}|$를 갖는다. 또한, 상기 직교 편파는 30dB 이상의 격리도(isolation)를 갖는다. 상기 안테나가 제1 급전부에서 급전될 때는, 도 3(e)에서 볼 수 있는 바와 같이, LH 반파장 필드는 x축을 따라 생성되고, x축 방향의 편파로 3dBi 이상의 이득 및 75% 이상의 효율이 획득될 수 있다. 도 3(f)에서는, 제2 급전부에 의하여 y축 방향에서의 거울 효과(mirror effect)를 확인할 수 있다.

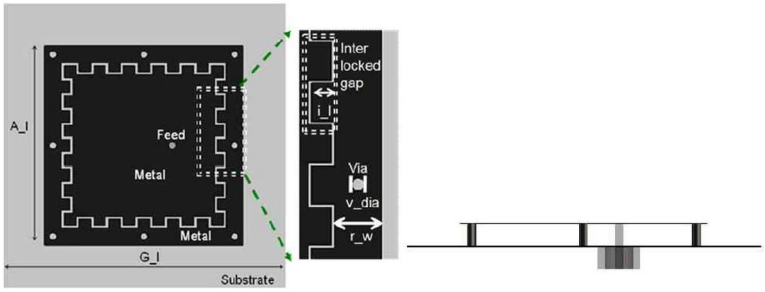
[0043] 도 4는 제작된 이중 편파 CRLH 패치 안테나 및 관련 측정값을 도시한 것이다. 보다 구체적으로, 도 4(a)는 제작된 안테나의 전면부 및 후면부 사진이다. 도 4(b) 및 도 4(c)는 -1st 공진 모드에서의 S_{11} 및 S_{21}를 도시한 것이다. 도 4(d) 및 도 4(e)는 각각 x축 편파 생성을 위한 제1 급전부 및 y축 편파 생성을 위한 제2 급전부에서의 여기(excitation)를 도시한 것이다(E-field and beam pattern).

[0044] 도 4(a)는 제작된 이중 편파 음의 공진 안테나의 사진이다. 제작을 위해서, 제1 급전부 및 제2 급전부 제작에 이용되는 SMA 커넥터는 기판의 뒷면에 부착되고, Taconic TLY-5가 단층 기판(Er=2.2 및 두께 0.317cm)으로 이용된다. 도 4(b) 및 (c)에서 볼 수 있는 바와 같이, 제작된 안테나는 -10dB 이하의 반사 손실(return loss)과 25dB 이상의 편파 격리도(isolation) 특성을 보이고, 이는 도 3에서의 시뮬레이션과 거의 같은 결과이나, 음의 공진 특성은 0.5GHz만큼 상승하고, 대역폭은 35MHz까지 넓어지는 차이점이 있다. 이는 납땜, 정밀한 정렬 실패, 재료 자체의 에러 등 기술 결함에 의한 것이다. 그러나, 비록 EM 필드 시뮬레이션 결과와는 약간의 차이가 있으나, 안테나의 주파수 밴드는 1.7GHz에서 2.5GHz의 다운링크 채널(downlink channel)에 적용될 수 있다. 이 안테나의 방사 특성(radiation characteristic)은 -1st 음의 공진 주파수에서 측정되고, 상기 -1st 음의 공진 주파수는 제1 급전부 및 제2 급전부에서 각각 2.37GHz 및 2.36GHz이다. 상기 안테나의 최대 이득 및 효율은 각각 4dBi(5dBi) 이상 및 75%(78%) 이상으로 달성될 수 있다. 상기 방사 패턴은 x축 방향의 편파(도 4(d)) 및 y축 방향의 편파(도 4(e))를 위한 설계로써 브로드사이드(broadside) 특성을 갖는다. 이것은 단층 구조를 가지는 음의 공진 CRLH 안테나의 단일 몸체로부터의 이중 편파를 나타낸다.

[0046] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

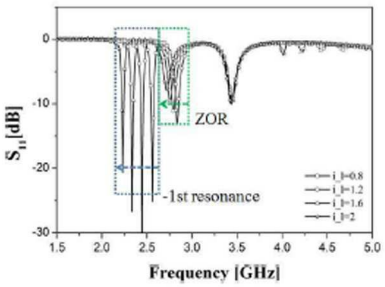
도면

도면1

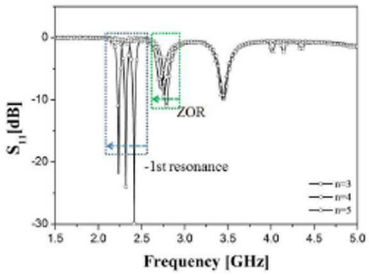


(a) (b)

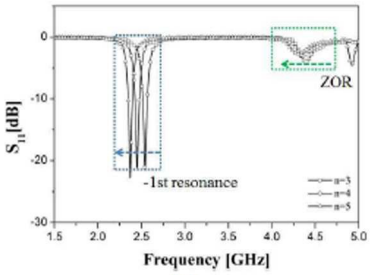
도면2


ZOR
-1st resonance
Frequency [GHz]

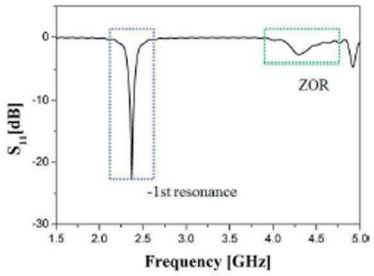
(a)


ZOR
-1st resonance
Frequency [GHz]

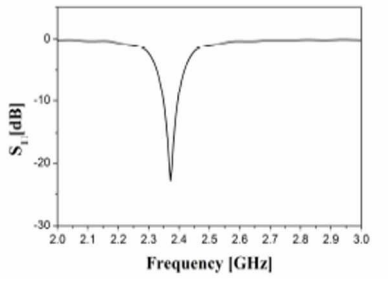
(b)


ZOR
-1st resonance
Frequency [GHz]

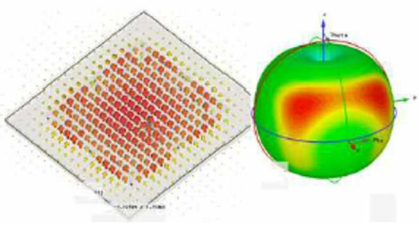
(c)


ZOR
-1st resonance
Frequency [GHz]

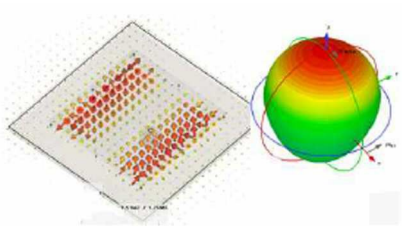
(d)


Frequency [GHz]

(e)

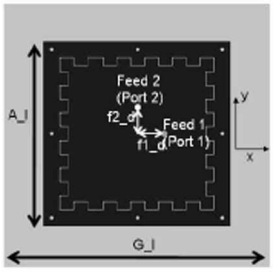


(f)

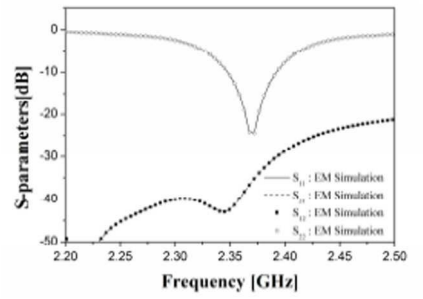


(f)

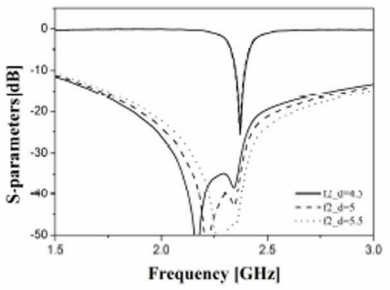
도면3


Feed 2
(Port 2)
f2_d
Feed 1
(Port 1)
f1_d
A_l
G_l
y
x

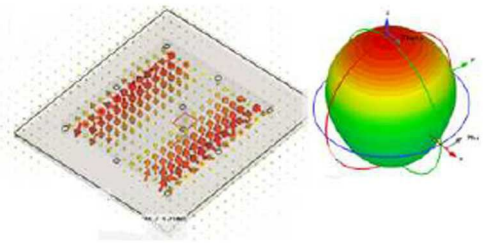
(a)


S-parameters[dB]
Frequency [GHz]
0
-10
-20
-30
-40
-50
2.20
2.25
2.30
2.35
2.40
2.45
2.50
S11 : EM Simulation
S21 : EM Simulation
S12 : EM Simulation
S22 : EM Simulation

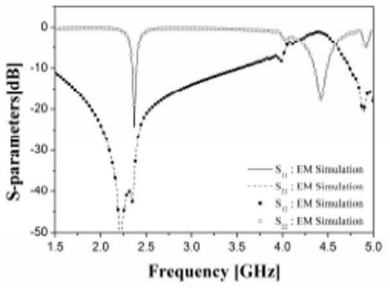
(d)


S-parameters[dB]
Frequency [GHz]
0
-10
-20
-30
-40
-50
1.5
2.0
2.5
3.0
f2_d=4.5
f2_d=5
f2_d=5.5

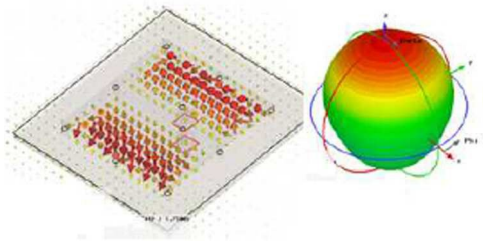
(b)



(e)

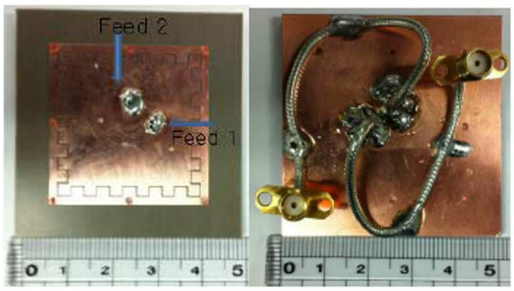

S-parameters[dB]
Frequency [GHz]
0
-10
-20
-30
-40
-50
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
S11 : EM Simulation
S21 : EM Simulation
S12 : EM Simulation
S22 : EM Simulation

(c)

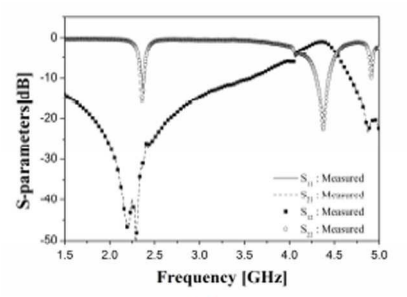


(f)

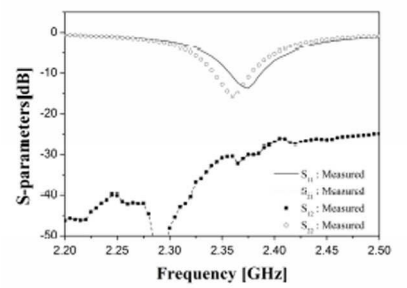
도면4


Feed 2
Feed 1

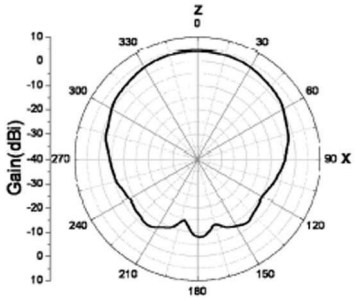
(a)


S-parameters[dB]
Frequency [GHz]
S_{11} : Measured
S_{21} : Measured
S_{11} : Measured
S_{21} : Measured

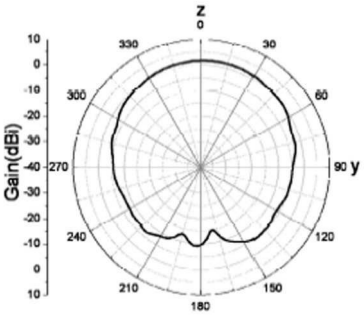
(b)


S-parameters[dB]
Frequency [GHz]
S_{11} : Measured
S_{21} : Measured
S_{11} : Measured
S_{21} : Measured

(c)


Z
Gain(dBi)
90 X

(d)


Z
Gain(dBi)
90 y

(e)