



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0003101
(43) 공개일자 2018년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 11/10 (2006.01) H01Q 21/06 (2006.01)
H01Q 5/25 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 11/10 (2013.01)
H01Q 21/062 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0082501
(22) 출원일자 2016년06월30일
심사청구일자 2016년06월30일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
정영배
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 503동 903호(전민동, 엑스포아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 7 항

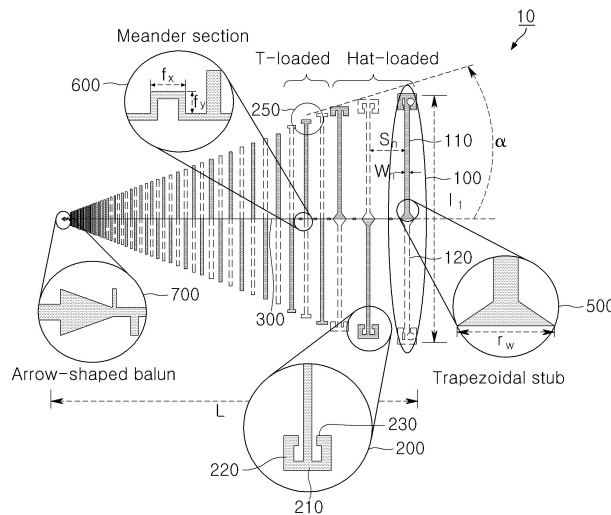
(54) 발명의 명칭 소형 광대역 대수 주기 다이폴 안테나

(57) 요약

본 발명은 대수 주기 안테나에 관한 것으로서, 구체적으로 개선된 상부 부하 구조를 가지는 다이폴 방사소자를 포함하여 대수 주기 다이폴 배열 안테나를 구성함으로써, 크기를 효과적으로 줄일 수 있고, 나아가 저주파 대역에서의 주파수 특성도 개선할 수 있는 소형 광대역 대수 주기 다이폴 배열 안테나에 관한 것이다.

본 발명은 복수의 다이폴 방사소자를 포함하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나로서, 제1 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기(branch)되는 제1 브랜치 라인과, 상기 제1 브랜치 라인의 양 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자의 타측 종단 방향으로 벤딩(bending)되는 제2 브랜치 라인을 포함하는 제1 상부 부하(top-loading) 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나를 구현하는 효과를 갖는다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01Q 5/25 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C02993360100432736

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 한국산학연합회

연구사업명 산학연합력기술개발사업(도약기술개발사업)

연구과제명 모바일 기기를 위한 고용량 배터리가 내장된 자기유도방식 무선충전시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 다이폴 방사소자를 포함하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나에 있어서,

제1 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기(branch)되는 제1 브랜치 라인과,

상기 제1 브랜치 라인의 양 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자의 타측 종단 방향으로 벤딩(bending)되는 제2 브랜치 라인을 포함하는 제1 상부 부하(top-loading) 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 상부 부하 구조는,

상기 제2 브랜치 라인의 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자 방향으로 벤딩(bending)되는 제3 브랜치 라인을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 다이폴 방사소자는,

기관 상면의 제1 급전선에서 분기되는 제1 모노폴 방사소자와,

기관 하면의 제2 급전선에서 분기되는 제2 모노폴 방사소자를 포함하며,

상기 제1 상부 부하 구조는 상기 제1 모노폴 방사소자 및 제2 모노폴 방사소자의 양측 종단에 대칭적으로 구비되는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 모노폴 방사소자의 제1 급전선에 대한 연결 부위 및 상기 제2 모노폴 방사소자의 제2 급전선에 대한 연결 부위에는 사다리꼴 저항 스템브(trapezoidal resistive stub)가 구비되는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 5

제1항에 있어서,

제2 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기되는 브랜치 라인을 포함하는 제2 상부 부하 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 다이폴 방사소자를 급전하는 급전선은 미앤더(meander) 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 다이폴 방사소자를 급전하는 급전선은 화살촉-형상 발룬(arrow-shape balun) 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대수 주기 안테나에 관한 것으로서, 구체적으로 개선된 상부 부하 구조를 가지는 다이폴 방사소자를 포함하여 대수 주기 다이폴 배열 안테나를 구성함으로써, 크기를 효과적으로 줄일 수 있고, 나아가 저주파 대역에서의 주파수 특성도 개선할 수 있는 소형 광대역 대수 주기 다이폴 배열 안테나에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 대수 주기 안테나는 다이폴 방사소자를 일정한 비율로 정렬한 것으로, 인접한 방사소자의 길이나 간격의 비율이 일정하며, 사용 주파수 대역 내에서 거의 일정한 주파수 특성이 있는 광대역 안테나이다.

[0003] 이러한 대수 주기 안테나는 광대역 특성 등의 장점으로 디지털 방송 신호 수신, 이동통신 기지국과 같이 하나의 이용 목적에 복수의 주파수 대역이 필요한 곳에 빈번하게 이용되고 있다.

[0004] 특히, 대수 주기 다이폴 배열(log-periodic dipole array, LPDA) 안테나는 넓은 주파수 대역에서 상대적으로 균일한 입력 임피던스와, VSWR 및 방사 특성을 가지게 되며, 이에 따라 다양한 무선 통신 시스템에 적용이 용이하다.

[0005] 통상적으로 평면 LDPA 안테나는 낮은 높이, 컴팩트한 크기, 가벼운 무게, 낮은 가격, 높은 이득 등의 특성으로 인하여 EMC 시스템에서 폭넓게 사용되고 있으며, 이와 관련하여 다양한 기법들이 평면 LDPA 안테나의 특성을 개선하기 위하여 시도되어 왔다. 특히, 평면 LDPA 안테나는 복수의 다이폴을 주기적으로 배열하는 구조로 인하여 그 크기가 커질 수 있어, 이를 개선하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

[0006] 예를 들어, J. Yeo 등에 의한 "Miniaturized LPDA Antenna for Portable Direction Finding Applications" 논문(ETRI Journal, vol. 34, 2102)에서는 보우-타이(bow-tie) 방사소자를 적용하여 LDPA 안테나를 구성함으로써 안테나를 소형화하는 구조를 제시하였다. 그러나, 이러한 경우 LPDA 안테나의 래터럴(lateral) 사이즈(폭)는 줄일 수 있으나, 상기 보우-타이 방사소자의 특성에 의하여 안테나의 붐(boom) 사이즈(길이)는 크게 증가하는 문제가 따르게 된다.

[0007] 나아가, 안테나의 크기를 줄이기 위하여 LPDA 안테나의 구조를 변경하는 경우 안테나의 주파수 대역폭 등 안테나 특성이 나빠질 수 있으므로, 안테나의 크기를 줄이면서도 안테나 특성의 악화를 억제할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

[0008] 이에 따라, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나의 크기를 효과적으로 줄일 수 있으면서도, 대역폭 등 안테나 특성의 악화를 억제할 수 있는 방안이 요구되고 있으나, 아직 이에 대한 적절한 해결책이 제시되지 못하고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2012-0138916호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나의 크기를 효과적으로 줄일 수 있으면서도, 대역폭 등 안테나 특성의 악화를 억제할 수 있는 대수 주기 다이폴 배열 안테나(LPDA)를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 측면에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나는, 복수의 다이폴 방사소자를 포함하는 대수 주기 다이폴 배열 안테나로서, 제1 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기(branch)되는 제1 브랜치 라인과, 상기 제1 브랜치 라인의 양 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자의 타측 종단 방향으로 벤딩(bending)되는 제2 브랜치 라인을 포함하는 제1 상부 부하(top-loading) 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 이때, 상기 제1 상부 부하 구조는, 상기 제2 브랜치 라인의 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자 방향으로 벤딩(bending)되는 제3 브랜치 라인을 더 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제1 다이폴 방사소자는, 기판 상면의 제1 급전선에서 분기되는 제1 모노폴 방사소자와, 기판 하면의 제2 급전선에서 분기되는 제2 모노폴 방사소자를 포함하며, 상기 제1 상부 부하 구조는 상기 제1 모노폴 방사소자 및 제2 모노폴 방사소자의 양측 종단에 대칭적으로 구비될 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 제1 모노폴 방사소자의 제1 급전선에 대한 연결 부위 및 상기 제2 모노폴 방사소자의 제2 급전선에 대한 연결 부위에는 사다리꼴 저항 스템브(trapezoidal resistive stub)가 구비될 수 있다.
- [0015] 또한, 제2 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기되는 브랜치 라인을 포함하는 제2 상부 부하 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 하나 이상의 다이폴 방사소자를 급전하는 급전선은 미앤더(meander) 구조를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 하나 이상의 다이폴 방사소자를 급전하는 급전선은 화살촉-형상 발룬(arrow-shape balun) 구조를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따르면, 개선된 상부 부하 구조를 가지는 다이폴 방사소자를 포함하여 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나를 구성함으로써, 안테나의 크기를 효과적으로 줄일 수 있고, 나아가 저주파 대역에서의 주파수 특성도 개선할 수 있는 소형 광대역 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나를 구현하는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 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 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 기본 구조에 대한 예시도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 구조도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 상부 부하 구조를 설명하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 부하 구조를 가지는 다이폴의 반사계수 시뮬레이션 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선의 미앤더 구조에 대한 등가 회로이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 미앤더 구조의 치수 변경에 따른 입력 임피던스 및 반사 계수 시뮬레이션 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 사다리꼴 스템브(trapezoidal stub)의 치수 변경에 따른 임피던스 및 반사 계수 시뮬레이션 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 제작 샘플의 사진이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 입력 반사 계수 및 이득의 시뮬레이션 결과치와 측정치 그래프이다.
- 도 11a, 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열 안테나의 주파수별 방사 패턴의 시뮬레이션 결과치와 측정치 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 첨부된 도면을 기초로 상세히 설명하고자 한다.
- [0021] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0022] 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.
- [0023] 이하 본 발명의 일 실시예에 따른 저주파 대역 특성이 개선된 소형 대수 주기 다이폴 배열(Log-Periodic Dipole Array, LPDA) 안테나의 예시적인 실시 형태들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0024] 먼저, 도 1에서는 EMC 분야 등에서 사용되는 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나의 일반적인 구조를 예시하고 있다. 위와 같은 안테나 구조는 주파수 무관 구조라고 할 수 있으며, 이는 주로 전체 구조가 주파수와 무관한 스케일링 팩터(scaling factor) τ 에 의하여 규정될 수 있기 때문이다. 상기 스케일링 팩터 τ 는 하나의 방사소자와 이웃하는 방사소자 중 가장 긴 방사소자의 길이 비율로 정의될 수 있으며, 이로부터 여러 설계 파라미터들을 산출할 수 있게 된다. 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이 가장 긴 l_1 의 길이를 가지는 방사소자는 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나의 최저 한계 주파수(lower frequency limit)의 반파장(half-wavelength)에서 공진하며, 또한 가장 짧은 방사소자는 최고 한계 주파수(upper frequency limit)를 결정하게 된다. 방사소자 간의 이격거리, 각 방사소자의 폭, 다이폴에서 폴 간의 간격 및 방사소자 꼭지점각(apex angle)은 도 1에 도시된 바와 같이 각각 S_n , W_n , g_n 및 α 로 약칭하였다.
- [0025] 도 2에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 구조를 예시하고 있다.
- [0026] 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)는 Hat형상의 제1 상부 부하(top-loading) 구조(200)를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자(100)를 포함하여 될 수 있다.
- [0027] 도 2상기 제1 상부 부하(top-loading) 구조(200)를 보다 구체적으로 살펴보면, 상기 제1 상부 부하(top-loading) 구조(200)는 제1 다이폴 방사소자(100)의 일측 종단에서 양측으로 분기(branch)되는 제1 브랜치 라인(210)과, 상기 제1 브랜치 라인(210)의 양 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자(100)의 타측 종단 방향으로 벤딩(bending)되는 제2 브랜치 라인(220)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0028] 나아가, 상기 제1 상부 부하 구조(200)는 상기 제2 브랜치 라인(220)의 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자(100) 방향으로 벤딩(bending)되는 제3 브랜치 라인(230)을 더 포함하여 구성될 수도 있다.
- [0029] 도 3에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 상부 부하 구조(200)를 설명하기 위한 도면이 도시되어 있다.
- [0030] 먼저, 도 3(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 제1 상부 부하 구조(200)는 제1 다이폴 방사소자(100)의 일측 종단에서 양측으로 분기(branch)되는 제1 브랜치 라인(210)과, 상기 제1 브랜치 라인(210)의 양 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자(100)의 타측 종단 방향으로 벤딩(bending)되는 제2 브랜치 라인(220)을 포함하여 목뿔자형상의 구조를 가질 수 있다.
- [0031] 이때, 도 3(a)을 참조하여 살펴보면, 상기 'ㄷ'자 형상의 제1 상부 부하 구조(200)는 일반적인 'T'자 형태의 부하구조에 비하여, 제1 브랜치 라인(210)의 길이, 제1 다이폴 방사소자(100) 및 제1 브랜치 라인(210) 사이의 이격거리를 조절하여, 등가 저항(R_1), 인덕턴스(L_1) 및 커패시턴스(C_1)를 제어함으로써 목적하는 주파수에서 공진 현상을 유도할 수 있다는 전기적 특징을 갖는다.
- [0032] 나아가, 이러한 특징을 통하여 상기 제1 다이폴 방사소자(100)의 형상을 인위적으로 변형하였을 때 발생하는 임피던스 변화 (특히, 허수저항)에 따른 급전선(300)과 제1 다이폴 방사소자(100) 간의 임피던스 정합을 손쉽게 이룰 수 있다는 장점을 가질 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 상부 부하 구조(200)는 도 3(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 제2 브랜치 라인(220)의 종단에서 상기 제1 다이폴 방사소자(100) 방향으로 벤딩(bending)되는 제3 브랜치 라인(230)

을 더 포함하는 형상의 구조를 가질 수 있다.

- [0034] 도 3(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 제1 상부 부하 구조(200)는 도 3(a)의 경우와 대비할 때 제3 브랜치 라인(230)이 추가됨으로서, 제3 브랜치 라인(230) 종단과 제 1 다이폴 방사소자(100) 사이에 부가적인 커패시턴스(C_3) 성분이 더 생성될 수 있으며, 이에 따라 급전선(300)과 제1 다이폴 방사소자(100) 간의 임피던스 정합을 매우 용이하게 이룰 수 있다는 장점을 가질 수 있다.
- [0035] 상기 도 3에 도시된 제1 상부 부하 구조(200)에서는 일반적인 다이폴 방사소자의 종단 구조를 변형하였을 때 적용될 수 될 수 있는 일반적인 등가회로 구조를 적용하였으며, 보다 세부적인 구조의 변형에 따라 상기 도 3의 등가회로는 추가적으로 변경될 수도 있다.
- [0036] 상기 제1 상부 부하 구조(200)가 적용됨에 따라, 상기 제1 다이폴 방사소자(100)의 길이는 동일한 공진 주파수에 대하여 크게 줄어들 수 있고, 특히 저주파 대역에 대응하는 길이가 긴 다이폴 방사소자의 길이를 효과적으로 줄일 수 있게 되어, 상기 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)를 효과적으로 소형화할 수 있게 된다.
- [0037] 즉, 복수의 다이폴 방사소자 중 가장 길이가 긴 하나 또는 둘 이상의 다이폴 방사소자에 상기 제1 상부 부하 구조(200)를 부가함으로써, 상기 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)를 효과적으로 소형화할 수 있다.
- [0038] 또한, 상기 제1 상부 부하 구조(200)가 적용됨으로써, 상기 급전선(300)과 제1 다이폴 방사소자(100) 간의 임피던스 정합도 보다 용이하게 이루어질 수 있게 된다.
- [0039] 나아가, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 제1 다이폴 방사소자(100)는 기판(400) 상면의 제1 급전선(310)에서 분기되는 제1 모노폴 방사소자(110)와, 기판(400) 하면의 제2 급전선(320)에서 분기되는 제2 모노폴 방사소자(120)를 포함하여 구성될 수 있는 바, 이때 상기 제1 상부 부하 구조(200)는 상기 제1 모노폴 방사소자(110) 및 제2 모노폴 방사소자(120)의 양측 종단에 대칭적으로 구비되도록 할 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 제1 다이폴 방사소자(100)와 다른 제2 다이폴 방사소자의 일측 종단에서 양측으로 분기되는 브랜치 라인을 포함하는 제2 상부 부하 구조를 구비하는 하나 이상의 다이폴 방사소자를 더 포함하여 상기 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)를 더욱 소형화할 수도 있다.
- [0041] 그런데, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 소형화를 위하여 상기한 바와 같이 제1 상부 부하 구조(200)를 적용하는 경우 저주파 대역에서 품질 계수(Q-factor)가 증가하면서 저주파 대역에서의 임피던스 대역폭(impedance bandwidth)이 줄어드는 문제가 나타날 수 있다.
- [0042] 이에 대하여, 본 발명의 일 실시예로서 급전선에 미앤더(meander) 구조(600)를 추가하거나, 상기 제1 모노폴 방사소자(110)의 제1 급전선(310)에 대한 연결 부위 및 상기 제2 모노폴 방사소자(120)의 제2 급전선(320)에 대한 연결 부위에 사다리꼴 저항 스템브(trapezoidal resistive stub)(500)를 적용하여 임피던스를 매칭 특성을 개선함으로써, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 저주파 대역에서 대역폭 특성을 개선할 수 있게 된다.
- [0043] 나아가, 본 발명의 일 실시예로서 밸런스드 전송선(balanced transmission line) 구조를 구현하기 위하여, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 급전부에 화살촉-형상 발룬(700)이 추가될 수도 있다.
- [0044] 아래에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 구체적인 설계, 구현 및 측정 과정과 결과를 순차적으로 설명한다.
- [0045] 먼저, 0.55 ~ 9GHz 의 주파수 대역에 대한 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)가 설계되었다. 도 2에서 실선으로 표시된 부분은 기판(400)의 상면에 위치하며, 점선으로 표시된 부분은 기판(400)의 하면에 위치하게 된다. 덧붙여, 도 2에서 가장 긴 다이폴 방사소자에 있는 원형 홀은 레이돔(radome)을 고정시키기 위한 스크류홀이다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 설계 과정은 먼저 자유 공간에서의 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 대한 이론적인 목표 성능을 고려하여 표 1에 나열되어 있는 스케일링 팩터(scaling factor) τ 와 스페이싱 팩터(spacing factor) σ 를 선택하는 데서 시작될 수 있다.

표 1

[0047] 방향성(Directivity) [dBi]	스케일링 팩터 (Scaling factor) τ	스페이싱 팩터 (Spacing factor) σ
7	0.782	0.138

7.5	0.824	0.146
8	0.865	0.157
8.5	0.892	0.165
9	0.918	0.169
9.5	0.935	0.174
10	0.943	0.179
10.5	0.957	0.182
11	0.964	0.185

[0048] 예를 들어, 초기 안테나 디자인 값으로서 지향성(directivity)이 9.5dBi인 경우에 대하여 스케일링 팩터 $\tau = 0.935$, 스페이싱 팩터 $\sigma = 0.174$ 가 선택되었다. 이에 따라, 다이폴 방사소자의 개수 N은 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 경우 48개로 산출될 수 있다(예를 들어, C.A. Balanis, "Frequency Independent Antennas," in Antenna Theory analysis and design, 2005, pp.631-633 등 참조). 다음으로, 최저 한계 주파수(lower frequency limit) 0.55GHz의 반파장 길이에서 공진하는 최장 다이폴 방사소자의 길이 l_1 이 결정될 수 있다. 이어서, 나머지 방사소자들의 길이(l_n)와 폭(W_n) 및 간격(S_n)은 아래의 수학적 식 1을 이용하여 구할 수 있으며, 이에 따라 l/w 는 27.5가 된다.

[0049] [수학적 식 1]

$$\frac{1}{\tau} = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{S_{n+1}}{S_n} = \frac{W_{n+1}}{W_n}$$

[0050]

[0051] 덧붙여, 고주파 대역에서의 방사 효율을 개선하기 위하여 두개의 다이폴 방사소자가 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 급전부 방향으로 추가되었다(이에 따라, 다이폴 방사소자의 총 개수는 50개가 되었다).

[0052] 이어지는 단계에서는 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 크기를 소형화하게 된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)는 기판(400)의 상부와 하부에 인쇄되어 공면 배열(coplanar array)를 형성하는 방사소자들을 포함하여 구성된다. 자유 공간에서 가장 긴 방사소자의 길이가 l_{fs} 일 때, 본 발명에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에서의 가장 긴 방사소자의 길이 l_1 은 다음의 수학적 식 2에 의하여 조정(scaling)되어 산출될 수 있다.

[0053] [수학적 식 2]

$$l_1 = \frac{l_{fs}}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

[0054]

[0055] 이때, ϵ_{eff} 는 기판의 효과 유전율(effective permittivity)이며, 이는 아래의 수학적 식 3으로 표현될 수 있다.

[0056] [수학적 식 3]

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1.0}{2} + \frac{\epsilon_r - 1.0}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} + 0.04 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right]$$

[0057]

[0058] 여기서, W와 h는 각각 도 4에 도시된 바와 같이, 급전선(300)의 폭과 기판(400)의 두께를 나타낸다.

[0059] 방사소자 간의 간격은 스페이싱 팩터 σ 가 0.06일 때 최적화되었다. 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 대하여 선택된 스페이싱 팩터 σ 값은 다소 통상적이지 않지만 매우 실용적인 값으로서, 종래 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)와 비교할 때 안테나의 붐(boom) 사이즈(길이)를 거의 20% 가까이 줄일 수 있었다.

[0060] 또한, 본 발명의 일 실시예로서, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이 햇(Hat) 및 티(T) 형상의 두 종류의 변형된 상부 부하(top-loading) 구조가 다이폴 방사소자에 적용되어, 0.55GHz에서 공진하는 최장 다이폴 방사소자의 길이를 193.5mm로 단축시켰고, 이에 따라 안테나의 래터럴(lateral) 사이즈(폭)가 종래 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)와 비교할 때 약 27% 정도 감소되었다. 최장 상부 부하 다이폴 방사소자(longest top-loaded dipole element)는 약 0.5GHz에서 공진 주파수를 형성하며, 이에 따라 활동 영역(active region)이 더 넓어지게 되었다.

[0061] 그러나, 제1 상부 부하 구조(200)를 사용하여 최장 방사소자의 물리적 길이를 감소시키는 경우 임피던스 대역폭이 안테나의 동작 주파수 대역 중 저주파 대역에서 좁아지는 경향이 있다. 이는 도 5를 참조하여 0.6GHz에서 동작하는 상부 부하가 적용된 방사소자와 통상적인 방사소자의 반사계수에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴 보더라도 확인할 수 있다. 즉, 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 통상적인 다이폴의 임피던스 대역폭($S_{11} < -10\text{dB}$)이 제1 상부 부하 구조(200)가 적용된 다이폴의 경우보다 넓은 것을 알 수 있으며, 이때 대역폭의 축소는 약 3% 수준이었다.

[0062] 이에 따라, 제1 상부 부하 구조(200)가 적용된 다이폴은 보다 높은 품질 계수(Q-factor)를 가지는 반면 대역폭은 줄어들 수 있으며, 이는 저주파 대역에서의 임피던스의 불일치에 따른 것이라고 판단된다.

[0063] 본 발명의 일 실시예로서, 안테나 동작 주파수 범위의 저주파 대역에서 임피던스 대역폭을 개선하기 위하여, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이 상부 부하가 적용된 방사소자 사이의 급전선을 간헐적으로 구불이는 미앤더(meander) 구조(600)를 적용하였다.

[0064] 급전선의 미앤더(meander) 구조(600)는 도 6에 도시된 등가 회로로 표현될 수 있다. 도 6에서 캐패시터 C_1 은 주로 미앤더(meander) 영역의 구불어짐 구조에 의한 자기-캐패시턴스(self-capacitance)에 기인하는 유효 캐패시턴스(effective capacitance)를 나타내고, 인덕터 L_1 은 미앤더(meander) 영역의 자기-인덕턴스(self-inductance)에 기인하는 유효 인덕턴스(effective inductance)를 나타내며, r_1 은 방사소자에서의 방사 저항(radiation resistance)을 나타낸다. 이때, 도 6에서 급전선의 입력 포트에서 바라본 입력 임피던스 Z_{in} 은 아래의 수학적 식 4로 표현될 수 있다.

[0065] [수학적 식 4]

$$Z_{in} = \frac{1}{\frac{1}{(j\omega L_1 + r_1)} + j\omega C_1}$$

[0066]

[0067] 도 7(a)에서 볼 수 있는 바와 같이 미앤더(meander) 라인의 길이 f_x 및 폭 f_y 을 다양한 값으로 변화시키면서 입력 임피던스를 변화시켜 저주파 대역에서의 임피던스 매칭 성능을 개선할 수 있었다. 미앤더(meander) 라인의 f_x 및 f_y 값이 변화함에 따라 다양한 캐패시턴스 및 인덕턴스 값이 생성되어 방사소자의 방사 저항에 더하여졌고, 이에 따라 입력 단자에서의 임피던스가 조절될 수 있었음을 알 수 있다. 따라서, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 입력 단자에서 바라본 임피던스는 방사소자의 종단(terminal)에서 바라본 임피던스와 일치하여 신호의 반사를 최소화하고 우수한 임피던스 매칭 성능을 구현할 수 있게 된다.

[0068] 도 7에서는 미앤더(meander) 구조(600)에서 f_x 및 f_y 수치의 변화에 따른 0.5GHz ~ 1.0GHz 대역에서의 반사 계수 및 입력 임피던스의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 도 7(b)를 보면 $f_x = 1.0\text{mm}$, $f_y = 0.5\text{mm}$ 일 때 전체 주파수 대역에서 -10dB 이하의 값을 보여 최적의 임피던스 매칭 특성을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다.

[0069] 나아가, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 사다리꼴 저항 스텐브(trapezoidal resistive stub)(500)가 상부 부하가 적용된 방사소자 및 미앤더(meander) 구조(600)를 포함하는 급전선(300)의 연결 부위에 추가되어, 스텐브의 폭 r_w 의 변화를 통해 입력 임피던스를 조절하였다. r_w 가 변화함에 따라 방사소자의 방사 저항 r_1 이 변화하였고, 이에 따라 도 8에서 볼 수 있는 바와 같이 입력 임피던스가 조절되면서 대역폭이 개선될 수 있었다. 도 8(a)에서는 r_w 가 증가함에 따라 입력 임피던스가 50옴에 근사한 값을 가지게 되는 것을 볼 수 있으며, 이에 따

라 저주파 대역에서의 임피던스 매칭 성능이 개선될 수 있었다. 그러나, r_w 가 증가함에 따라 입력 반사 계수에서의 영향이 줄어든다는 것을 확인할 수 있고, 이는 사다리꼴 저항 스텐브(trapezoidal resistive stub)(500)의 임피던스 성능 개선이 다소 제한적일 수 있음을 의미한다. 특히, 본 발명의 일 실시예로서, 미앤더(meander) 구조(600)와 사다리꼴 저항 스텐브(trapezoidal resistive stub)(500)를 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 동시에 적용함으로써 임피던스 특성을 효과적으로 개선할 수 있었다.

[0070] 또한, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 밸런스드 전송선(balanced transmission line) 구조를 구현하기 위하여, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 급전부에 화살촉-형상 발룬(700)이 추가되었다. 상기 발룬의 개념은 마이크로스트립 전송선에서 임피던스 매칭을 위하여 사용될 수 있는 클로펜슈테인 마이크로스트립 테이퍼드 라인(Klopfenstein microstrip tapered line)을 기반으로 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 적용할 수 있도록 수정되었다. 특히, 상기 발룬 구조는 전송선에서 동축선 전송 모드(마이크로스트립 전송선에서의 quasi-TEM)에서 밸런스드 라인 전송 모드(full TEM)로 점진적으로 변환하기 위하여 적용되었으며, 이에 따라 밸런스드 전송선이 언밸런스드 동축선에 용이하게 연결될 수 있게 된다.

[0071] 도 9에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 제작 샘플의 사진을 보여주고 있다. 도 9에서 평면 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)는 282mm x 194mm x 0.508mm(L x W x H)의 Rogers R04003 기판($\epsilon_r=3.55$ and $\tan \delta=0.0027$)(400)을 사용하여 제작되었다. 제작된 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)는 50개의 방사소자 및 이에 연결되는 급전선(300) 및 입력 단자로 동작하는 발룬(700)을 포함하여 구성되었으며, 0.508mm 두께의 기판 상하면에 인쇄되어 제작되었다. 동축선 및 발룬을 거쳐 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)를 급전할 수 있으며, 이때 도 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 동축선은 급전선(300)의 하부를 따라 솔더링(soldering)될 수 있으며, 내부 도체(inner conductor)는 급전선(300) 종단의 홀(hole)을 통해 급전선의 상부로 연결될 수 있다.

[0072] 제작된 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)는 레이돔(radome)을 장착하거나 제거한 상태에서 측정되었다. 본 발명의 일 실시예에 따라 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10) 제작에 적용된 최적 설계 파라미터는 아래의 표 2에 기재된 바와 같다.

표 2

D[dBi]	τ	σ	α [°]	N	l_1 [mm]
9.5	0.935	0.06	13.58	50	193.5

[0074] 이어서, 제작된 평면 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 대하여 방사 패턴, 입력 반사 계수 및 이득이 측정되어 분석되었다.

[0075] 도 10에서는 제작된 평면 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)에 대한 입력 반사 계수 및 이득의 시뮬레이션 결과치 및 측정치를 비교하여 도시하고 있다. 도 10(a)에 도시된 바와 같이, 입력 반사 계수의 측정치는 다소 의아하게도 시뮬레이션 결과치보다 대체로 우수한 결과를 나타내고 있다. 즉, 도 10(a)를 살펴보면, 입력 반사 계수의 시뮬레이션 결과 그래프는 0.55~8.5GHz 주파수 범위에서 -10dB 이하의 값을 보여주는 반면, 입력 반사 계수의 측정치 그래프는 0.4 ~ 9.7GHz 주파수 범위에서 -10dB 이하의 값을 보여준다.

[0076] 상기와 같은 넓은 임피던스 대역폭 특성(특히 저주파 대역을 포함하여)은 안테나 구조에 임피던스 매칭을 위하여 미앤더(meander) 구조(600) 및 사다리꼴 저항 스텐브(trapezoidal resistive stub)(500)의 적용에 따른 것이라고 할 수 있다.

[0077] 보다 구체적으로 저주파 대역에서의 제1 다이폴 방사소자(100)의 길이를 줄이기 위하여 제1 상부 부하 구조(200)를 적용하는 경우, 저주파 대역에서 품질 계수(Q-factor)가 증가하면서 임피던스 대역폭(impedance bandwidth)이 줄어들 수 있는 바, 상기 미앤더(meander) 구조(600) 및 사다리꼴 저항 스텐브(trapezoidal resistive stub)(500)를 적용함으로써 효과적으로 저주파 대역을 포함한 임피던스 매칭 특성을 개선하고 대역폭 특성을 개선할 수 있게 된다.

[0078] 도 11a 및 도 11b에서는 제작된 평면 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 E-평면 및 H-평면에 대한 0.55GHz, 0.8GHz, 0.95GHz, 3.5GHz, 5GHz 및 9GHz에서의 방사 패턴 측정치 및 시뮬레이션 결과치를 도시하고 있으며, 전체 주파수 대역에 대하여 방사 패턴 측정치가 시뮬레이션 결과치와 잘 일치한다는 점을 확인할 수 있다. 또한, 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 방사 패턴 측정치를 볼 때, 레이돔을 장착하는 경우 2.48

~ 7.89 dBi 범위의 이득을 가지는 바, 레이돔을 장착하지 않는 경우의 -1.20 ~ 7.94dBi보다 높은 이득을 가진다는 것을 알 수 있다. 레이돔을 장착하는 경우 이득이 높아지는 것은 주로 레이돔에 의한 방향성(directionality)의 증가에 기인한다고 할 수 있다. 따라서, 방사 패턴 성능의 개선을 주로 레이돔에 의한 방향성의 증가에 따른 것이며, 이는 도 10(b)의 안테나 이득에 대한 그래프를 보더라도 확인할 수 있다.

[0079] 본 발명의 일 실시예로서, 잔향 챔버(reverberation chamber)에서의 소스 안테나 등으로 사용될 수 있는, 0.55GHz ~ 9GHz 주파수 대역에서 동작하는 고이득 소형 평면 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)가 설계되고 제작되었다. 통상의 표준 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)와 대비할 때, 안테나의 길이 및 폭은 각각 약 27% 및 20% 를 줄일 수 있었다. 상부 부하(top-loading) 구조 및 매우 작은 스페이싱 팩터가 사용되어 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 크기를 효과적으로 줄일 수 있었다. 또한, 미앤더(meander) 구조(600) 및 사다리꼴 저항 스템브(trapezoidal resistive stub)(500)가 함께 적용되어 저주파 대역에서의 임피던스 매칭 특성을 효과적으로 개선할 수 있었고, 이에 따라 대수 주기 다이폴 배열(LPDA) 안테나(10)의 임피던스 대역폭 성능을 개선할 수 있었다.

[0080] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0081] 10 : 대수 주기 다이폴 배열 안테나

100 : 제1 다이폴 방사소자

110 : 제1 모노폴 방사소자

120 : 제2 모노폴 방사소자

200 : 제1 상부 부하 구조

210 : 제1 브랜치 라인

220 : 제2 브랜치 라인

230 : 제3 브랜치 라인

250 : 제2 상부 부하 구조

300 : 급전선

310 : 제1 급전선

320 : 제2 급전선

400 : 기판

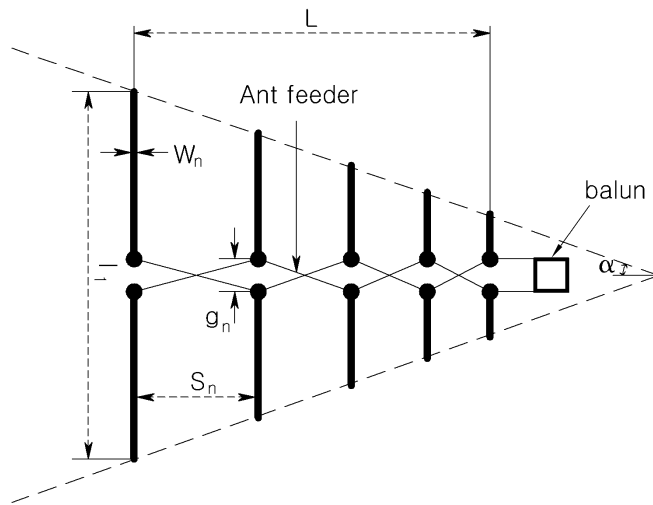
500 : 사다리꼴 저항 스템브

600 : 미앤더 구조

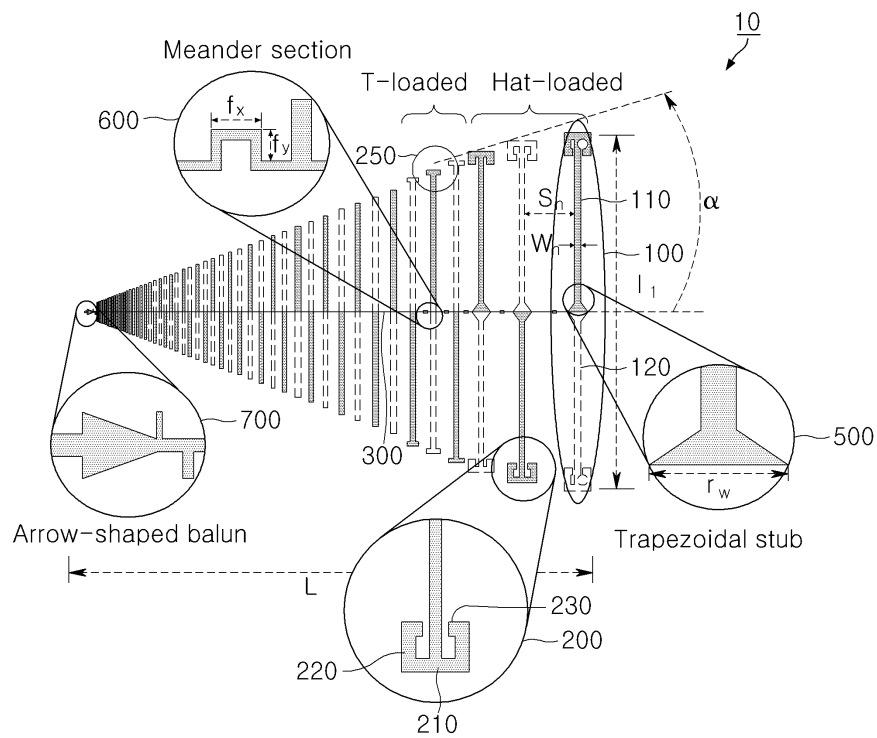
700 : 화살촉-형상 발룬

도면

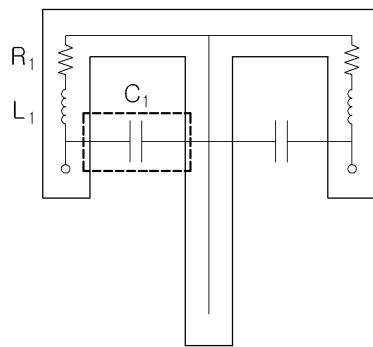
도면1



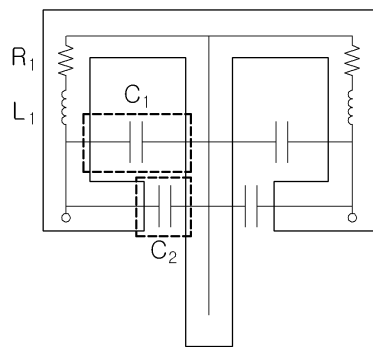
도면2



도면3

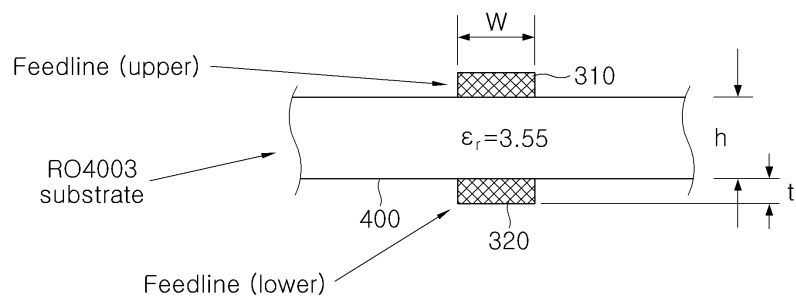


(a)

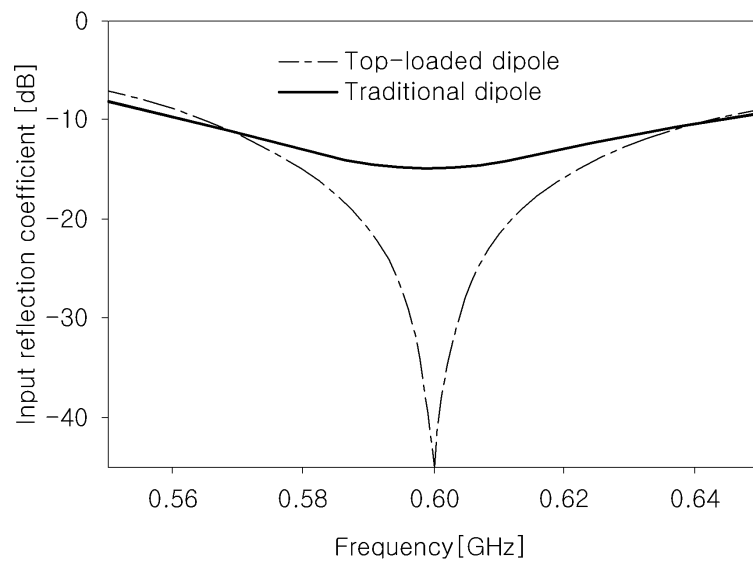


(b)

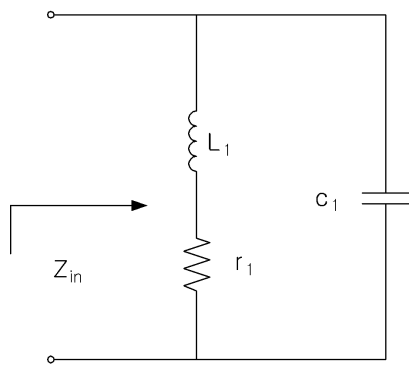
도면4



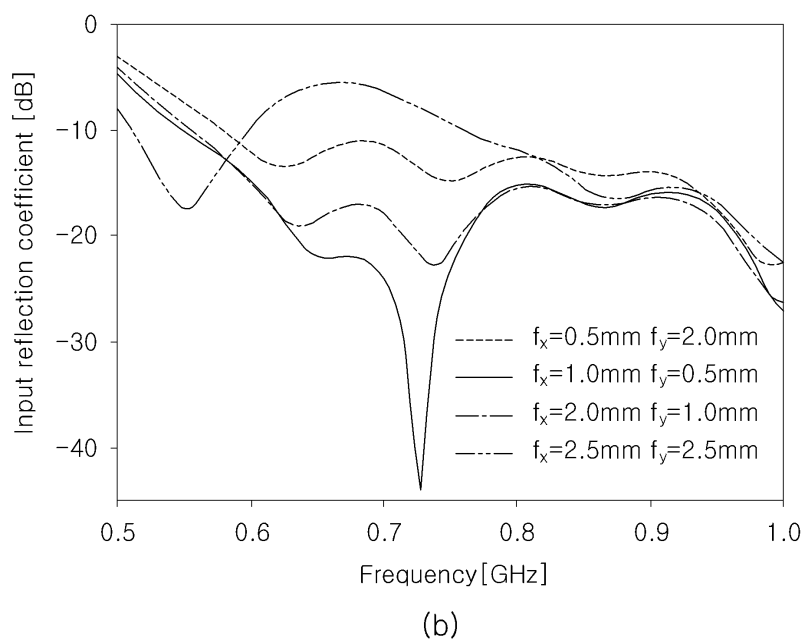
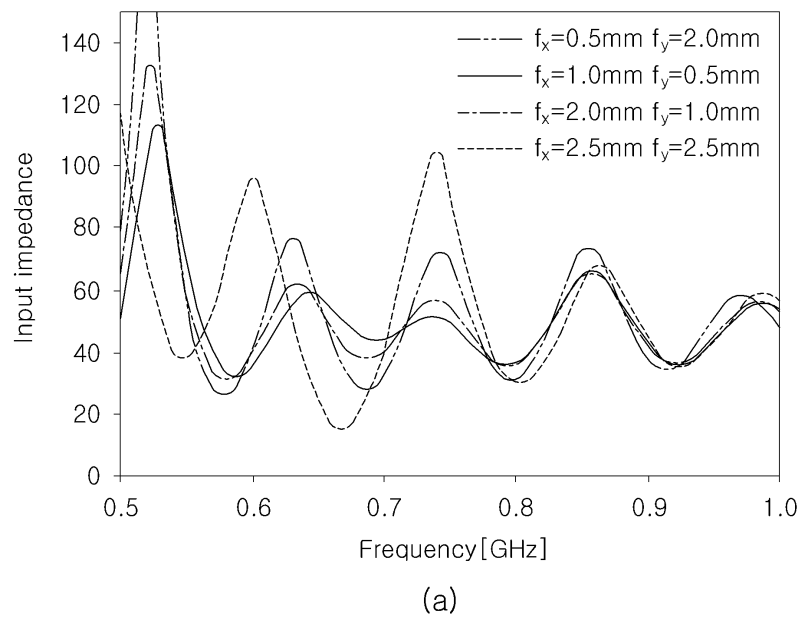
도면5



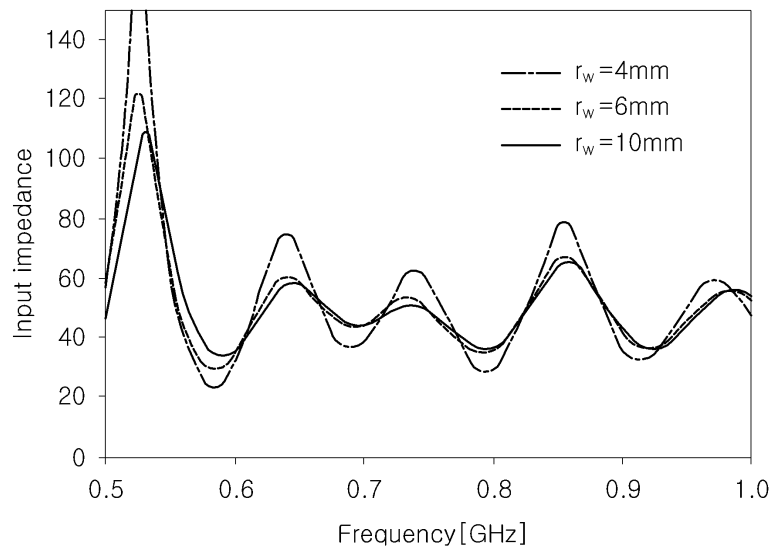
도면6



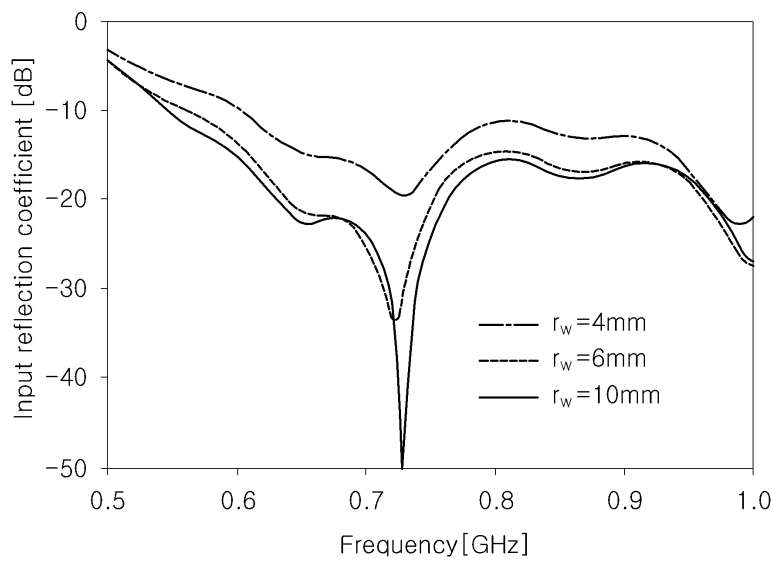
도면7



도면8

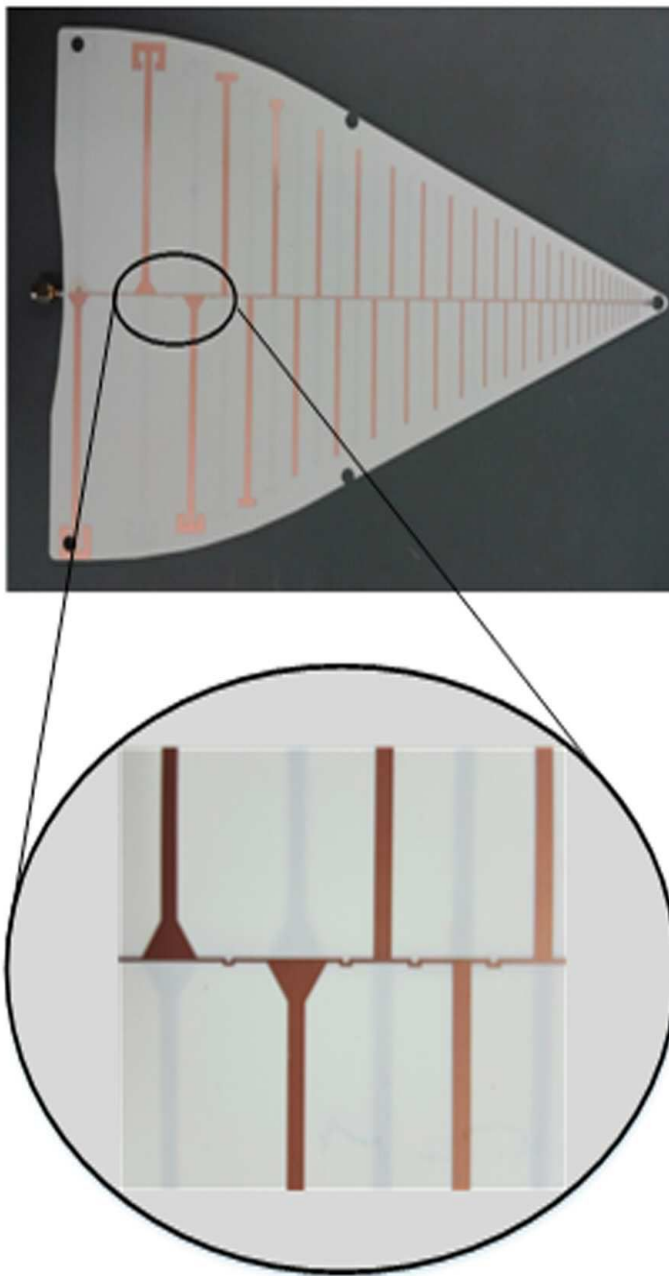


(a)

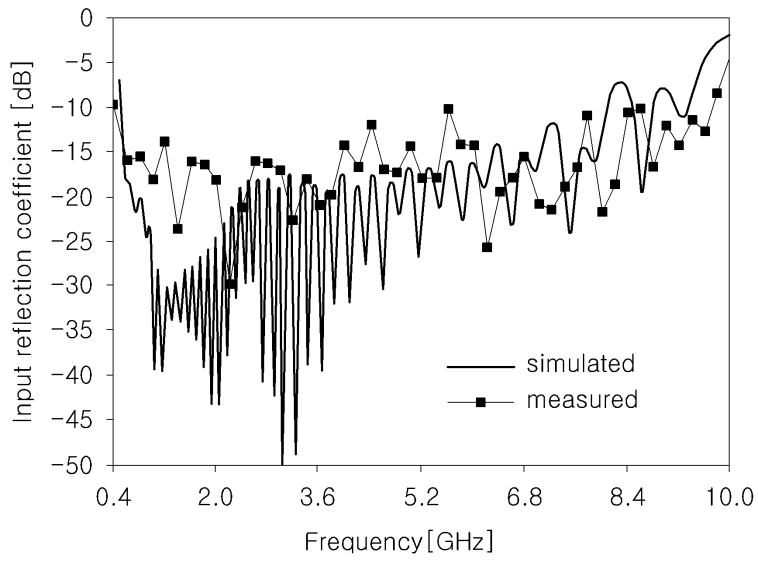


(b)

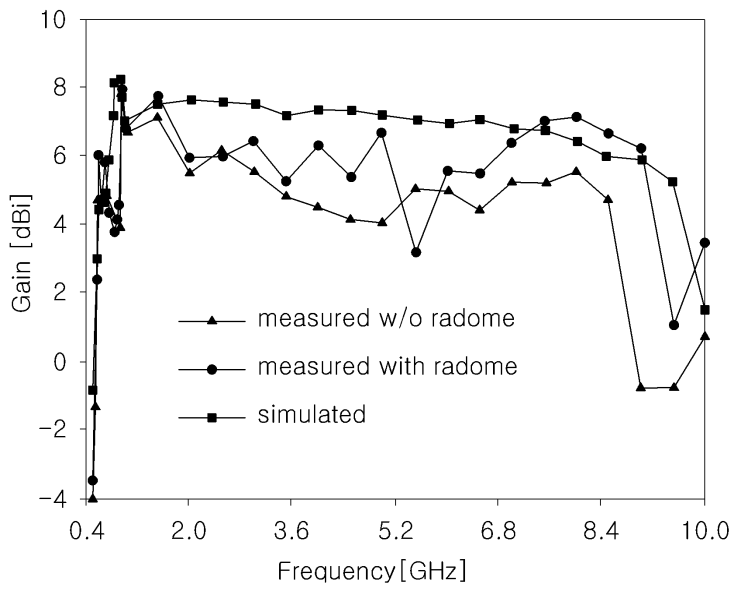
도면9



도면10

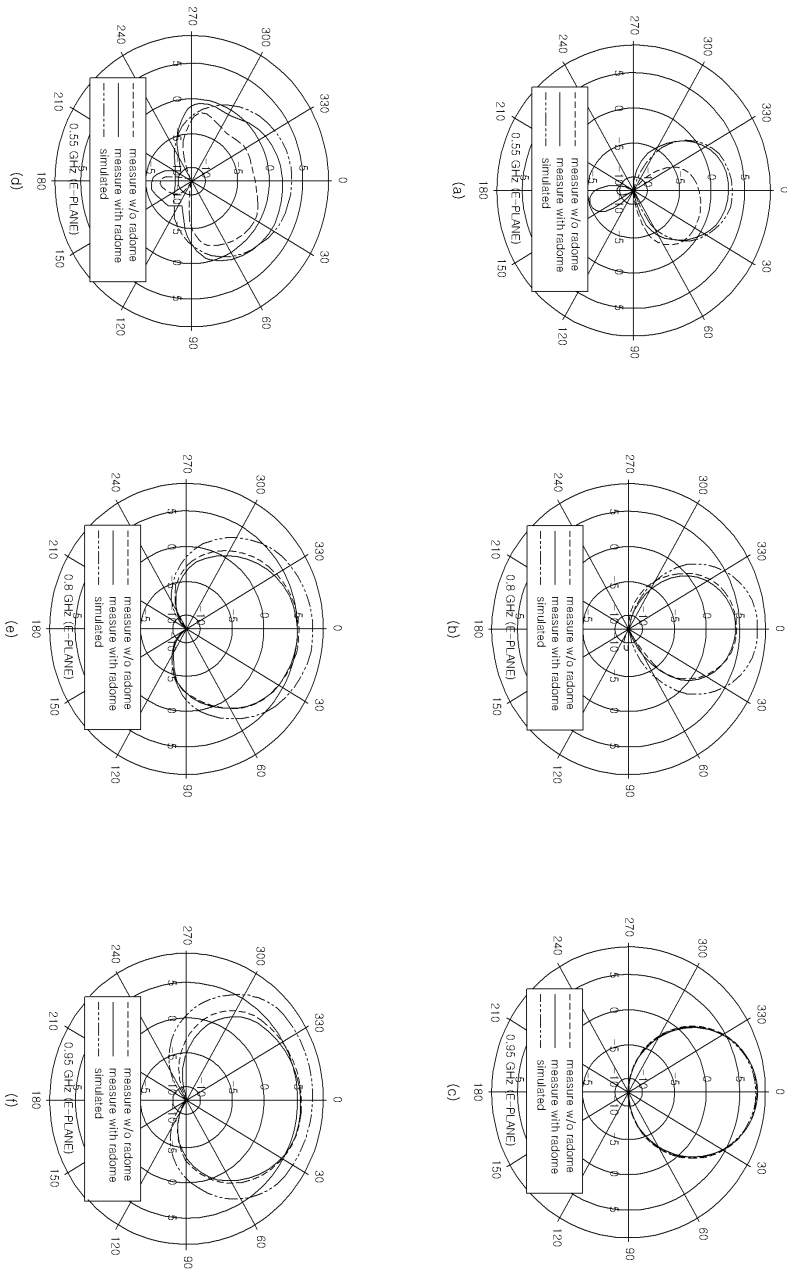


(a)



(b)

도면11a



도면11b

