



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0092480
(43) 공개일자 2023년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 5/10 (2018.01) H01Q 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 5/10 (2018.05)
H01Q 1/46 (2018.05)
(21) 출원번호 10-2021-0181907
(22) 출원일자 2021년12월17일
심사청구일자 2021년12월17일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이범선
경기도 용인시 기흥구 신촌로47번길 11, 307동 1602호(보정동, 신촌마을 포스홈타운2단지)
정준영
경기도 수원시 영통구 영일로 16-8, 302호 (영통동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

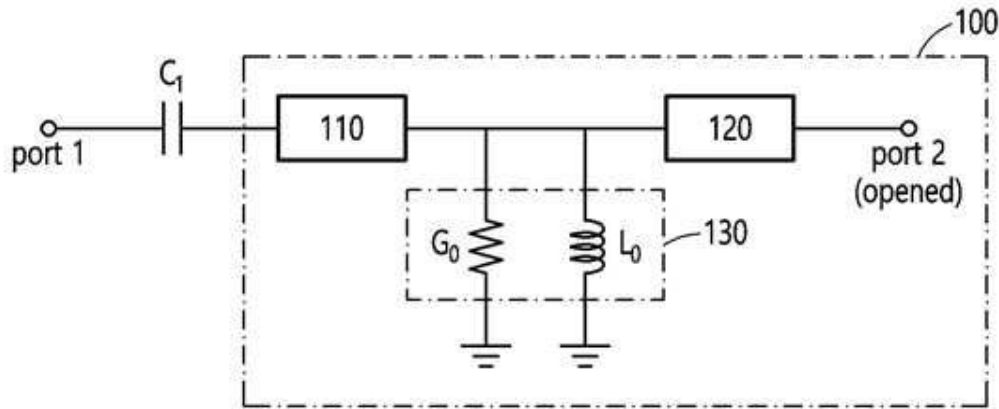
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 밀리미터파 대역용 영차 공진 안테나 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 밀리미터파 대역용 영차 공진 안테나 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 제1 전송선, 일측 단을 통해 상기 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결되는 제2 전송선 및 상기 제1 전송선, 상기 제2 전송선, 접지 라인과 연결되고, 사전에 설계된 크기의 방사 컨덕턴스 성분과 병렬 인덕턴스 성분을 갖는 병렬 소자를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

윤현상

경기도 용인시 기흥구 언남로29번서길 22, 302동
2호(언남동, 코팩테크노타운)

이순오

경기도 용인시 기흥구 덕영대로2077번길 33, 117동
2403호(영덕동, 용인기흥효성해링턴플레이스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125809
과제번호	2016-0-00291-006
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	(혁신법)정보통신기술인력양성/대학ICT연구센터육성지원
연구과제명	LOS/NLOS 환경에서 3차원 선택적 공간 무선전력전송 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전송선;

일측 단을 통해 상기 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결되는 제2 전송선 및

상기 제1 전송선, 상기 제2 전송선, 접지 라인과 연결되고, 사전에 설계된 크기의 방사 컨덕턴스 성분과 병렬 인덕턴스 성분을 갖는 병렬 소자

를 포함하는 영차 공진 안테나.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 전송선 및 상기 제2 전송선 각각은 원 전송선의 전기적 길이의 절반의 길이를 갖고, 상기 원 전송선의 특성 임피던스 성분을 갖도록 설계되는

영차 공진 안테나.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 전송선은 제1 포트와 상기 제1 전송선 사이에 구비되는 커플링 커패시터와 연결되는

영차 공진 안테나.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 커플링 커패시터는 상기 제1 포트와 연결되는 급전선과 상기 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기에 따라 커패시턴스 성분의 크기가 결정되는

영차 공진 안테나.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 커플링 커패시터의 커패시턴스 성분(C_1)은 하기 수식1을 통해 산출되는,

[수식1]

$$C_1 = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2}{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1) + \omega_1(Ld)[G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2]}$$

여기서, G_0 는 상기 방사 컨덕턴스 성분, Cd 는 원 전송선의 커패시턴스 성분, Ld 는 상기 원 전송선의 인덕턴스

성분, 주파수 ω_1 은 $\omega_0 - \frac{1}{2(Cd)}\sqrt{\frac{G_0}{Z_c} - G_0^2}$ ($\omega_1 < \omega_0$), ω_0 는 공진 주파수 성분, Z_c 는 상기 원 전송선의 특성 임피던스 성분인,

영차 공진 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 병렬 소자는 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현되는
영차 공진 안테나.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 쇼팅 핀은 지름의 크기가 조절되어, 상기 방사 컨덕턴스 성분과 상기 병렬 인덕턴스 성분이 사전에 설계된
크기로 제어되는
영차 공진 안테나.

청구항 8

제1항에 있어서,
집중(Lumped) 소자의 구비없이 밀리미터파 대역에서 동작하는
영차 공진 안테나.

청구항 9

제1 전송선 및 제2 전송선을 형성하는 단계;
상기 제1 전송선, 상기 제2 전송선 및 접지선과 연결되는 병렬 소자를 형성하되, 사전에 설정된 방사 컨덕턴스
성분의 크기와 병렬 인덕턴스 성분의 크기에 대응되는 크기를 갖는 상기 병렬 소자를 형성하는 단계 및
제1 포트에 연결된 급전선과 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기를 조절하여 사전에 설정된 크기의
커패시턴스 성분을 갖고 상기 제1 전송선과 연결되는 커플링 커패시터를 형성하는 단계
를 포함하는 영차 공진 안테나의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 제2 전송선은 일측 단을 통해 상기 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2
포트와 연결되는
영차 공진 안테나의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 병렬 소자를 형성하는 단계는,
쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현되는 상기 병렬 소자의 지름을 상기 방사 컨덕턴스 성분의 크기와 병렬 인덕턴스
성분의 크기에 대응되는 크기로 조절하는
영차 공진 안테나의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 영차 공진 안테나 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 밀리미터파 대역용 광대역 메타
영차 공진 안테나 및 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 현재 한국의 5G 이동통신 시장은 sub-6 GHz 대역의 안테나가 주류를 이루고 있으며, 5G 산업이 확대됨에 따라 대용량 데이터 전송을 위한 28GHz 대역의 밀리미터파(mmWave) 안테나의 입지가 커질 것으로 전망된다.
- [0003] 이에, 기존 밀리미터파 대역용 안테나는 메타 DNG(Double Negative) 구조를 사용하여 600 MHz 대역에서 설계가 쉽고 양산과 소형화에 집중 하였으나, 대역폭이 작으며, 이로 인해 제작 오차가 발생할 경우 안테나 특성이 변할 수 있다는 문제가 있다.
- [0004] 또한, 기존 간접 급전형 5G 대역용 광대역 안테나는 5G 밀리미터파 대역의 환경에서 넓은 주파수 대역과 높은 안테나 이득을 갖는다는 장점이 있으나, 커플링 급전을 사용해야 하기 때문에 2층 구조로 구현되어 제품 생산 시 기판의 두께가 두꺼워질 수 밖에 없다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1556019호, "밀리미터파 대역용 인쇄회로기판 일체형 영차 공진 안테나"
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-1524597호, "소형의 안테나 장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 밀리미터파 대역 전체를 포함하여 통신사의 구분없이 5G 밀리미터파 대역에서 적용이 가능하며, 이를 통해 범용성을 향상 시키고 소형 안테나로 인한 물리적인 제약 특성을 최소화할 수 있는 영차 공진 안테나 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.
- [0007] 또한, 본 발명은 보다 간단한 구조로 밀리미터파 대역용 안테나를 구현하여 대량 생산 시 생산 단가를 절감할 수 있는 영차 공진 안테나 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 제1 전송선, 일측 단을 통해 상기 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결되는 제2 전송선 및 상기 제1 전송선, 상기 제2 전송선, 접지 라인과 연결되고, 사전에 설계된 크기의 방사 컨덕턴스 성분과 병렬 인덕턴스 성분을 갖는 병렬 소자를 포함할 수 있다.
- [0009] 일측에 따르면, 제1 전송선 및 상기 제2 전송선 각각은 원 전송선의 전기적 길이의 절반의 길이를 갖고, 상기 원 전송선의 특성 임피던스 성분을 갖도록 설계될 수 있다.
- [0010] 일측에 따르면, 제1 전송선은 제1 포트와 상기 제1 전송선 사이에 구비되는 커플링 커패시터와 연결될 수 있다.
- [0011] 일측에 따르면, 커플링 커패시터는 상기 제1 포트와 연결되는 급전선과 상기 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기에 따라 커패시턴스 성분의 크기가 결정될 수 있다.
- [0012] 일측에 따르면, 커플링 커패시터의 커패시턴스 성분(C_1)은 하기 수식1을 통해 산출될 수 있다.

- [0013] [수식1]

$$C_1 = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2}{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1) + \omega_1(Ld)[G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2]}$$

- [0014]
- [0015] 여기서, G_0 는 상기 방사 컨덕턴스 성분, Cd 는 원 전송선의 커패시턴스 성분, Ld 는 상기 원 전송선의 인덕턴스 성분, 주파수 ω_1 은 [도 1]에서 공진주파수 성분, ω_0 는 [도 2c]에서 공진 주파수 성분, Z_c 는 상기 원 전송선의

특성 임피던스 성분을 의미한다.

- [0016] 일측에 따르면, 병렬 소자는 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현될 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 쇼팅 핀은 지름의 크기가 조절되어, 상기 방사 컨덕턴스 성분과 상기 병렬 인덕턴스 성분이 사전에 설계된 크기로 제어될 수 있다.
- [0018] 일측에 따르면, 영차 공진 안테나는 집중(Lumped) 소자의 구비없이 밀리미터파 대역에서 동작할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 제1 전송선 및 제2 전송선을 형성하는 단계와, 상기 제1 전송선, 상기 제2 전송선 및 접지선과 연결되는 병렬 소자를 형성하되, 사전에 설정된 방사 컨덕턴스 성분의 크기와 병렬 인덕턴스 성분의 크기에 대응되는 크기를 갖는 상기 병렬 소자를 형성하는 단계 및 제1 포트에 연결된 급전선과 상기 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기를 조절하여 사전에 설정된 크기의 커패시턴스 성분을 갖고 상기 제1 전송선과 연결되는 커플링 커패시터를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 일측에 따르면, 제2 전송선은 일측 단을 통해 상기 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결될 수 있다.
- [0021] 일측에 따르면, 병렬 소자를 형성하는 단계는 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현되는 상기 병렬 소자의 지름을 상기 방사 컨덕턴스 성분의 크기와 병렬 인덕턴스 성분의 크기에 대응되는 크기로 조절할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 일실시예에 따르면, 본 발명은 밀리미터파 대역 전체를 포함하여 통신사의 구분없이 5G 밀리미터파 대역에서 적용이 가능하며, 이를 통해 범용성을 향상 시키고 소형 안테나로 인한 물리적인 제약 특성을 최소화하는 영차 공진 안테나를 제공할 수 있다.
- [0023] 일실시예에 따르면, 본 발명은 기존 기술 대비 보다 간단한 구조로 구현되어, 대량 생산 시에 생산 단가를 절감할 수 있는 영차 공진 안테나를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일실시예에 따른 영차 공진 안테나를 설명하는 도면이다.
- 도 2a 내지 도 2e는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 설계 과정을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 구현 예시를 설명하는 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 시뮬레이션 결과를 설명하는 도면이다.
- 도 5는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0026] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0027] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들면 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0028] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있

다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들면 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

- [0029] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0032] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0034] 도 1은 일실시예에 따른 영차 공진 안테나를 설명하는 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나(100)는 밀리미터파 대역 전체를 포함하여 통신사의 구분없이 5G 밀리미터파 대역에서 적용이 가능하며, 이를 통해 범용성을 향상 시키고 소형 안테나로 인한 물리적인 제약 특성을 최소화할 수 있다.
- [0036] 또한, 영차 공진 안테나(100)는 기존 기술 대비 보다 간단한 구조로 구현되어, 대량 생산 시에 생산 단가를 절감할 수 있다.
- [0037] 이를 위해, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나(100)는 제1 전송선(110), 제2 전송선(120) 및 병렬 소자(130)를 포함할 수 있다.
- [0038] 구체적으로, 제2 전송선(120)은 일측 단을 통해 제1 전송선(110)과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트(port 2)와 연결될 수 있다.
- [0039] 또한, 병렬 소자(130)는 제1 전송선(110), 제2 전송선(120), 접지 라인과 연결되고 사전에 설계된 크기의 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)을 갖을 수 있다.
- [0040] 일측에 따르면, 제1 전송선(110) 및 제2 전송선(120) 각각은 원 전송선의 전기적 길이(kd)의 절반의 길이(즉, kd/2)를 갖고, 원 전송선의 특성 임피던스 성분(Z_0)을 갖도록 설계될 수 있다. 예를 들면, 원 전송선은 제1 포트(port)와 연결되는 급전선일 수 있다.
- [0041] 일측에 따르면, 제1 전송선(110)은 제1 포트(port 1)와 제1 전송선(110) 사이에 구비되는 커플링 커패시터(C_1)와 연결될 수 있다.
- [0042] 다시 말해, 영차 공진 안테나(100)는 제2 포트(port 2)가 개방되면 입력 임피던스가 매우 작아지기 때문에 임피던스 정합을 위해 커플링 커패시터(C_1)가 연결될 수 있다.
- [0043] 일측에 따르면, 커플링 커패시터(C_1)는 제1 포트(port 1)와 연결되는 급전선과 영차 공진 안테나(100) 사이에 형성된 갭(gap)의 크기에 따라 커패시턴스 성분의 크기가 결정될 수 있다.
- [0044] 즉, 커플링 커패시터(C_1)는 급전선과 영차 공진 안테나(100) 사이에 형성된 갭에 의해 형성될 수 있다. 일례로, 급전선과 제1 전송선(110) 및 제2 전송선(120)은 마이크로 스트립 구조로 구현될 수 있다. 다시 말해, 급전선과 제1 전송선(110) 및 제2 전송선(120)은 평판형 전송선로 일 수 있다.
- [0045] 예를 들면, 커플링 커패시터(C_1)는 커패시턴스 성분의 크기 값과 갭의 크기 간의 관계에 따른 정보를 데이터 테

이블과, 수식1을 통해 연산된 커패시턴스 성분의 크기에 기반한 연산을 통해 커패시턴스 성분의 크기에 대응되는 갭의 크기가 결정될 수 있다.

[0046] 일측에 따르면, 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스 성분은 하기 수식1을 통해 산출될 수 있다.

[0047] [수식1]

$$C_1 = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2}{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1) + \omega_1(Ld)[G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2]}$$

[0048]

[0049] 여기서, G_0 는 방사 컨덕턴스 성분, Cd 는 원 전송선의 커패시턴스 성분, Ld 는 원 전송선의 인덕턴스 성분, 주파수 ω_1 은 $\omega_0 - \frac{1}{2(Cd)}\sqrt{\frac{G_0}{Z_c} - G_0^2}$ ($\omega_1 < \omega_0$), ω_0 는 공진 주파수 성분, Z_c 는 원 전송선의 특성 임피던스 성분을 의미한다.

[0050] 다시 말해, 커플링 커패시터(C_1)는 수식1을 이용한 연산에 기초하여 커패시터 성분을 결정하고, 결정된 커패시터 성분의 구현을 위해 급전선과 영차 공진 안테나(100) 사이에 형성된 갭의 크기가 조절될 수 있다.

[0051] 일측에 따르면, 병렬 소자(130)는 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현될 수 있으며, 여기서 쇼팅 핀은 지름의 크기가 조절되어, 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)이 사전에 설계된 크기로 제어될 수 있다.

[0052] 구체적으로, 병렬 소자(130)는 쇼팅 핀의 지름의 크기가 커질수록 대역폭이 커질 수 있다. 이에 안테나의 대역폭 및 대역폭과 트레이드-오프(trade-off) 관계에 있는 안테나 이득을 복합적으로 고려하여 병렬 소자(130)의 지름의 크기가 결정될 수 있다.

[0053] 한편, 영차 공진 안테나(100)는 공정 과정에서 구현이 불가능한 물리적인 길이를 갖는 경우, 원 전송선의 특성 임피던스 성분(Z_c), 원 전송선의 전기적 길이(kd) 및 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스 성분의 크기를 유동적으로 설계하여 영차 공진 안테나(100)를 보다 용이하게 형성할 수 있다.

[0054] 또한, 영차 공진 안테나(100)는 집중(Lumped) 소자의 구비없이 밀리미터파 대역에서 동작할 수 있다.

[0055] 구체적으로, 밀리미터파 대역에서 집중 소자(집중 직렬 커패시터 및 집중 병렬 인덕턴스 등)의 크기는 파장에 비해 매우 크고 집중 소자가 사용되는 자리에서 발생하는 커패시턴스 및 인덕턴스로 인해 오차가 발생할 가능성이 높은 반면, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나(100)는 집중 소자를 사용하지 않아 해당 문제로 인한 설계 오류를 제거할 수 있다.

[0057] 도 2a 내지 도 2e는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 설계 과정을 설명하는 도면이다.

[0058] 도 2a 내지 도 2e를 참조하면, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 RLH-TL 메타 ENG(Epsilon Negative) 구조를 이용하여 8% 내지 10%의 넓은 비대역폭으로 한국 이동통신 3사의 5G 밀리미터파 전 대역에서 동작할 수 있다. 즉 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 한국의 5G 밀리미터파 대역 환경과 호환성이 좋아 다용도로 활용될 수 있다.

[0059] 또한, 영차 공진 안테나는 한국에서 적용 가능한 밀리미터파 대역을 모두 포함하여 필요 시에 다중 단위 셀(N-unit-cell) 구조로 안테나를 접합시켜 안테나 이득을 향상시킴과 동시에 모바일 기기에 사용될 수 있는 소형화된 구조로 확장성을 향상시킬 수 있다.

[0060] 구체적으로, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 제1 전송선, 제2 전송선 및 병렬 소자를 포함할 수 있고, 여기서 제2 전송선은 일측 단을 통해 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결될 수 있다.

[0061] 병렬 소자는 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현될 수 있으며, 여기서 쇼팅 핀은 지름의 크기가 조절되어, 영차 공진 안테나의 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)이 사전에 설계된 크기로 제어될 수 있다.

[0062] 한편, 영차 공진 안테나는 제1 포트와 제1 전송선 사이에 구비되는 커플링 커패시터와 연결될 수 있으며, 여기

서 커플링 커패시터는 제1 포트와 연결되는 급전선과 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기에 따라 커패시턴스 성분의 크기가 결정될 수 있다.

[0063] 즉, 커플링 커패시터는 급전선과 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭에 의해 형성될 수 있다. 일례로, 급전선과 제1 전송선 및 제2 전송선은 마이크로 스트립 구조로 구현될 수 있다. 다시 말해, 급전선과 제1 전송선 및 제2 전송선은 평판형 전송선로 일 수 있다.

[0064] 이하에서는, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 설계 과정에 대해 설명하기로 한다.

[0065] 우선, 가장 간단한 구조의 전송선인 평행 판 구조를 설명하는 도면부호 210에 따르면, 커패시턴스 성분은 두 평행 판 사이의 전압에 대한 총 전하의 비로 나타내어 지는데 여기서 기하학적 인자(geometrical factor; g)를 분리하면, 평행 판 사이의 전기장에 대한 평행판의 전하밀도의 비에 기하학적 인자(g)를 곱한 것으로 나타낼 수 있다.

[0066] 이때, 전하밀도는 두 평행 판 사이에 형성된 전속밀도와 같고 전속밀도는 유전율과 전기장의 곱으로 나타내어 지기 때문에 식 변형을 통해 커패시턴스 성분(C)는 유전율에 기하학적 인자(g)를 곱한 값으로 나타낼 수 있다.

[0067] 도면부호 210의 평행 판 구조에서 RH-TL의 특성 임피던스는 입력 전류에 대한 입력 전압비로 나타낼 수 있는데 이는 두 평행 판 사이 작용하는 자기장에 대한 전기장의 비에서 기하학적 인자(g)의 곱으로 결정될 수 있으며, 식을 변형하면 특성 임피던스는 평행 판 사이에서 형성된 커패시턴스에 대한 인덕턴스 비의 제곱근을 취한 것으로 나타낼 수 있으며, 이러한 과정을 정리하면 하기 수식2와 같이 표현될 수 있다.

[0068] [수식2]

$$C = \frac{Q [Coul/m]}{V [Volt]} = \frac{W[m] \rho_s [Coul/m^2]}{h[m] E [Volt/m]} = \frac{W[m] D [Coul/m^2]}{h[m] E [Volt/m]} = \epsilon \frac{W[m] E [Volt/m]}{hE [Volt]}$$

$$= \epsilon [F/m] \frac{W}{h} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{W}{h} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{g} \xrightarrow{if h=W} \epsilon [F/m] \implies C \frac{h}{W} = Cg$$

$$Z_{c,RH} = \frac{V^+}{I^+} = \frac{Eh}{HW} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{W} = \eta \frac{h}{W} \xrightarrow{if h=W (g=1)} \eta [\Omega]$$

$$\text{or } Z_{c,RH} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{h}{W} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon} \frac{h}{W}} = \sqrt{\frac{\mu g}{\epsilon}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

[0069]

[0070] 상술한 설명에서 기하학적 인자(g)는 평행판의 폭에 대한 높이의 비로 설명되었으나, 실제 마이크로스트립(microstrip)에서는 다르게 표현될 수 있다.

[0071] 일반적인 RH-TL 구조를 설명하는 도면부호 220에 따르면, 도면부호 210의 평행 판 구조와는 달리 마이크로스트립에서는 접지(GND) 쪽으로 전기장이 퍼지듯 형성되는데, 이러한 현상을 고려하여 도출되는 기하학적 인자(g)는 하기 수식3과 같이 표현될 수 있다.

[0072] [수식3]

$$\frac{W}{h} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & \frac{W}{h} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \frac{W}{h} > 2 \end{cases}$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

[0073]

[0074] 도면부호 220에서 접지 쪽으로 퍼져나가는 전기장은 기판 외부의 공기중에서의 전기장과 기판 내부에서 형성되는 전기장이 존재하며, 이런 이유로 기판의 유전율만으로 정확하게 특성이 규정되지 않아서 기판과 기판 외부를 통합해서 선로 폭과 유전체 높이, 유전율 등에 따라 등가적인 하나의 유효 유전율을 적용해야 그 값이 정확히

산출될 수 있다.

[0075] 다시 말해, 도면부호 220과, 같이 안테나가 동작할 때 마이크로스트립에 프링징 전계(fringing field)가 기관의 여유 공간을 충분히 확보해야 이론 식과의 오차를 줄일 수 있다.

[0076] 방사 저항과 방사 컨덕턴스를 구비하는 RLH-TL 단위 셀을 설명하는 도면부호 330에 따르면, RLH-TL 단위 셀은 길이가 d 이고 특성 임피던스가 Z_c 인 전송선에 양 끝에 집중 직렬 커패시터($2C_0$)와 이에 의한 방사 저항(R_0), 집중 병렬 인덕턴스(L_0)에 의한 방사 컨덕턴스(G_0)가 추가될 수 있다.

[0077] 여기서, 전송선의 직렬 임피던스(Z)는 방사 저항(R_0), 전송선의 직렬 인덕턴스 성분(L), 직렬 커패시터(C_0)의 합으로 나타낼 수 있는데, 이 과정에서 하기 수식4를 통해 유효 인덕턴스(effective inductance)(L_{eff})을 추출할 수 있다.

[0078] [수식4]

Total series impedance per unit length of the lossy RLH – TL

$$Z = R_0/d + j\omega L + \left(\frac{1}{j\omega C_0}\right)/d = R_0/d + j\omega\left(L - \frac{1}{\omega^2 C_0 d}\right) = j\omega L_{eff} = j\omega\mu_0\mu_{eff}g[\Omega/m]$$

[0079] where $L_{eff} = L - \frac{1}{\omega^2 C_0 d} - j\frac{R_0}{\omega d}$ [H/m] and $\mu_{eff} = \mu_{eff}' - \mu_{eff}''$

[0080] 또한, 전송선의 병렬 어드미턴스(Y)는 방사 컨덕턴스(G_0), 원 전송선의 병렬 커패시턴스 성분(C) 및 병렬 인덕턴스(L_0)의 합으로 나타낼 수 있는데, 이 과정에서 하기 수식5를 통해 유효 커패시턴스(effective capacitance)(C_{eff})을 추출할 수 있다.

[0081] [수식5]

Total parallel admittance per unit length of the lossy RLH – TL

$$Y = G_0/d + j\omega C + \left(\frac{1}{j\omega L_0}\right)/d = G_0/d + j\omega\left(C - \frac{1}{\omega^2 L_0 d}\right) = j\omega C_{eff} = j\omega\epsilon_0\epsilon_{eff}g[V/m]$$

[0082] where $C_{eff} = C - \frac{1}{\omega^2 L_0 d} - j\frac{G_0}{\omega d}$ [F/m] and $\epsilon_{eff} = \epsilon_{eff}' - \epsilon_{eff}''$

[0083] 도면부호 230과 같은 메타 단위 셀이 주기적으로 반복되었을 때의 메타 전송선의 특성 임피던스를 Bloch impedance(Z_B)라고 하는데, Z_B 는 하기 수식6과 같이 앞서 표현된 직렬 임피던스(Z)와 병렬 어드미턴스(Y)의 비에 따라 결정될 수 있다.

[0084] [수식6]

$$Z_B = \frac{V_n}{I_n} \longrightarrow Z_{c,RLH} = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{L_{eff}}{C_{eff}}} = \sqrt{\frac{L - \frac{1}{\omega^2 C_0 d} - j\frac{R_0}{\omega d}}{C - \frac{1}{\omega^2 L_0 d} - j\frac{G_0}{\omega d}}} [\Omega]$$

[0085]

[0086] 일실시에에 따른 ENG opened 메타 영차 공진 안테나의 등가회로를 설명하는 도면부호 240에 따르면, ENG 메타 영차 공진 안테나는 유효 커패시턴스(C_{eff})가 음수이고, 유효 인덕턴스(L_{eff})가 양수가 되도록 설계되어야 하며, 안테나의 종단이 개방(open)된 상태이기 때문에 직렬 성분으로는 전류가 흐르지 않아, 직렬 커패시터(C_0)에 의한 방사가 없도록 설계될 수 있다.

[0087] 또한, 공정 과정 측면에서도 직렬 커패시터(C_0)로 인해 발생하는 변수를 없애는 것이 유리하기 때문에 도면부호 250과 같이 직렬 커패시터(C_0) 및 방사 저항(R_0)은 설계 과정에서 배제할 수 있다.

[0088] 다만, 안테나의 종단을 개방 시켰기 때문에 안테나의 직렬 임피던스가 매우 작아지는데, 이때 포트와 안테나 사이의 임피던스 매칭을 위해 커플링 커패시터(C_1)이 구비될 수 있다.

[0089] 이때, 도면부호 250의 병렬 어드미턴스(Y) 구조를 수식으로 변형하여 안테나의 입력 임피던스(Z_{in})는 전송선의 임피던스(Z_c)와 같아져야 매칭 조건을 만족하며, 이때 입력 전송선은 포트와 연결되기 때문에 입력 전송선의 특성 임피던스(Z_c)는 포트와 같아야 매칭 조건을 만족할 수 있다.

[0090] 이 때의 안테나의 입력 임피던스(Z_{in})는 하기 수식7과 같이 표현될 수 있다.

[0091] [수식7]

$$\text{Using } Y = G_0 + j2(Cd)(\omega - \omega_0)$$

$$Z_{in} = \frac{1}{j\omega C_1} + j\omega(Ld) + \frac{1}{G_0 + j2(Cd)(\omega - \omega_0)} = -j\frac{1}{\omega C_1} + j\omega(Ld) + \frac{G_0 - j2(Cd)(\omega - \omega_0)}{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega - \omega_0)^2} = Z_c$$

[0092] for matching.

[0093] 수식7에서 좌/우변의 실수부가 서로 같다는 조건으로부터 하기 수식8과 같이 새로운 공진 주파수(ω_1)을 도출할 수 있다.

[0094] [수식8]

$$\frac{G_0}{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2} = Z_c \Rightarrow \frac{G_0}{Z_c} = G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2$$

$$\Rightarrow (\omega_0 - \omega_1)^2 = \frac{1}{4(Cd)^2} \left(\frac{G_0}{Z_c} - G_0^2 \right) \Rightarrow \omega_0 - \omega_1 = \frac{1}{2(Cd)} \sqrt{\frac{G_0}{Z_c} - G_0^2}$$

$$\Rightarrow \omega_1 = \omega_0 - \frac{1}{2(Cd)} \sqrt{\frac{G_0}{Z_c} - G_0^2} \quad (\omega_1 < \omega_0)$$

[0095]

[0096] 또한, 수식7의 좌/우변의 허수부가 서로 같다는 조건으로부터 하기 수식8과 같이 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스를 도출할 수 있다.

[0097] [수식9]

$$\frac{1}{\omega_1 C_1} - \omega_1(Ld) = \frac{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1)}{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2} \Rightarrow \frac{1}{\omega_1 C_1} = \frac{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1)}{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2} + \omega_1(Ld)$$

$$C_1 = \frac{1}{\omega_1} \cdot \frac{G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2}{2(Cd)(\omega_0 - \omega_1) + \omega_1(Ld)[G_0^2 + 4(Cd)^2(\omega_0 - \omega_1)^2]}$$

[0098]

[0100] 도 3은 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 구현 예시를 설명하는 도면이다.

[0101] 도 3을 참조하면, 도면부호 300에서 영차 공진 안테나는 5mm x 10 mm x 0.78 mm 사이즈의 TLP-5 기판($\epsilon_r = 2.2$)에서 설계될 수 있으며, 대역폭이 한국에서 적용 가능한 밀리미터파 대역(26.5 GHz 내지 28.9 GHz) 전체를 포함하기 때문에 통신사와 상관없이 범용성 있게 사용할 수 있으며, 양산을 고려하였을 때 모바일 기기와 같이 소형 안테나가 필요한 통신장치에 용이하게 적용될 수 있다.

[0102] 이러한 영차 공진 안테나는 제1 전송선, 제1 전송선과 개방된 포트와 연결되는 제2 전송선 및 제1 전송선, 제2 전송선, 접지 라인과 연결되고 사전에 설계된 크기의 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)을 갖는 병렬 소자를 포함할 수 있다.

- [0103] 예를 들면, 영차 공진 안테나는 가로(y축 방향) x 세로(x축 방향)의 길이가 1.1mm x 3 mm로 구현될 수 있으며, 제1 전송선과 제2 전송선 각각의 특성 임피던스(즉, 원 전송선의 특성 임피던스)는 40Ω, 원 전송선의 전기적 길이(kd)는 $\pi/3$, 제1 전송선과 제2 전송선 각각의 전기적 길이는 kd/2로 설계될 수 있다.
- [0104] 영차 공진 안테나는 전송선(즉, 급전선)과 안테나 사이의 갭을 통해 구현되는 커플링 커패시터(C_1)를 구현할 수 있으며, 일례로 전송선은 50Ω의 전송선이고, 전송선과 안테나 사이의 갭의 크기는 0.13mm로 설계될 수 있다.
- [0105] 한편, 영차 공진 안테나의 병렬 소자는 쇼팅 핀으로 구현될 수 있으며, 여기서 쇼팅 핀은 지름의 크기가 조절되어, 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)이 사전에 설계된 크기로 제어될 수 있다.
- [0106] 다시 말해, 영차 공진 안테나의 방사 컨덕턴스 성분(G_0)과 병렬 인덕턴스 성분(L_0)의 크기는 쇼팅 핀의 지름에 의해 결정될 수 있다.
- [0107] 한편, 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스 성분의 크기와, 병렬 인덕턴스 성분(L_0)의 크기는 상술한 수식1 내지 수식9를 통해 도출될 수 있다.
- [0108] 예를 들면, 타겟 주파수(f_1)가 27.5 GHz이고, 방사 컨덕턴스 성분(G_0)의 크기가 1/160Ω이라 가정했을 때, 설계 예시 주파수는 33.4GHz일 수 있으며, 원 전송선의 특성 임피던스가 40Ω, 원 전송선의 전기적 길이(kd)가 $\delta/3$ 이라 가정하였을 때 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스 성분의 크기는 0.053pF, 병렬 인덕턴스 성분(L_0)의 크기는 0.18 nH로 도출될 수 있다.
- [0109] 이에 따라, 전송선과 안테나 사이의 갭은 커플링 커패시터(C_1)의 커패시턴스 성분의 크기가 0.053pF가 근사하게 하는 간격으로 설계되고, 쇼팅 핀의 지름은 병렬 인덕턴스 성분(L_0)의 크기가 0.18 nH에 근사하게 하며 방사 컨덕턴스 성분(G_0)의 크기가 1/160Ω에 근사하게 하는 간격으로 설계될 수 있다.
- [0111] 도 4는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 시뮬레이션 결과를 설명하는 도면이다.
- [0112] 도 4를 참조하면, 도 4의 (a)는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 주파수에 따른 반사계수(Reflection Coefficient)의 변화를 시뮬레이션한 결과를 도시하고, 도 4의 (b)는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 빔 패턴의 시뮬레이션 결과를 도시한다.
- [0113] 도 4의 (a)에 따르면, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 27.5GHz의 중심 주파수에서 3GHz의 대역폭을 가지며 이는 10.9%의 비대역폭을 갖는다는 것을 의미한다. 즉, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 국내 통신 3사의 주파수 대역(26.5 GHz~28.9 GHz) 전체를 포함할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0114] 도 4의 (b)에 따르면, 일실시예에 따른 영차 공진 안테나는 $\Phi = 90^\circ$ 에서 옆쪽으로 치우치는 이상적인 빔 패턴이 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [0116] 도 5는 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법을 설명하는 도면이다.
- [0117] 다시 말해, 도 5는 도 1 내지 도 4를 통해 설명한 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법을 설명하는 도면으로, 이하에서 도 5를 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 4를 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0118] 도 5를 참조하면, 510 단계에서 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 제1 전송선 및 제2 전송선을 형성할 수 있다.
- [0119] 일측에 따르면, 제2 전송선은 일측 단을 통해 제1 전송선과 연결되고 타측 단을 통해 전기적으로 개방(open)된 제2 포트와 연결될 수 있다.
- [0120] 일측에 따르면, 제1 전송선 및 제2 전송선 각각은 원 전송선의 전기적 길이(kd)의 절반의 길이(즉, kd/2)를 갖고, 원 전송선의 특성 임피던스 성분(Z_c)을 갖도록 설계될 수 있다.
- [0121] 520 단계에서 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 제1 전송선, 제2 전송선 및 접지선과 연결되는

병렬 소자를 형성하되, 사전에 설정된 방사 컨덕턴스 성분의 크기와 병렬 인덕턴스 성분의 크기에 대응되는 크기를 갖는 병렬 소자를 형성할 수 있다.

[0122] 일측에 따르면, 520 단계에서 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 쇼팅 핀(shorting pin)으로 구현되는 병렬 소자의 지름을 방사 컨덕턴스 성분의 크기와 병렬 인덕턴스 성분의 크기에 대응되는 크기로 조절할 수 있다.

[0123] 구체적으로, 병렬 소자는 쇼팅 핀의 지름의 크기가 커질수록 대역폭이 커질 수 있다. 이에 따라, 520 단계에서 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 안테나의 대역폭 및 대역폭과 트레이드-오프(trade-off) 관계에 있는 안테나 이득을 복합적으로 고려하여 병렬 소자의 지름의 크기가 결정될 수 있다.

[0124] 530 단계에서 일실시예에 따른 영차 공진 안테나의 제조방법은 제1 포트에 연결된 급전선과 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭(gap)의 크기를 조절하여 사전에 설정된 크기의 커패시턴스 성분을 갖고 제1 전송선과 연결되는 커플링 커패시터를 형성할 수 있다.

[0125] 즉, 커플링 커패시터는 급전선과 영차 공진 안테나 사이에 형성된 갭에 의해 형성될 수 있다. 일례로, 급전선과 제1 전송선 및 제2 전송선은 마이크로 스트립 구조로 구현될 수 있다. 다시 말해, 급전선과 제1 전송선 및 제2 전송선은 평판형 전송선로 일 수 있다.

[0127] 결국, 본 발명을 이용하면, 밀리미터파 대역 전체를 포함하여 통신사의 구분없이 5G 밀리미터파 대역에서 적용이 가능하며, 이를 통해 범용성을 향상 시키고 소형 안테나로 인한 물리적인 제약 특성을 최소화하는 영차 공진 안테나를 제공할 수 있다.

[0128] 또한, 본 발명을 이용하면, 기존 기술 대비 보다 간단한 구조로 구현되어, 대량 생산 시에 생산 단가를 절감할 수 있는 영차 공진 안테나를 제공할 수 있다.

[0130] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들면, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 장치, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

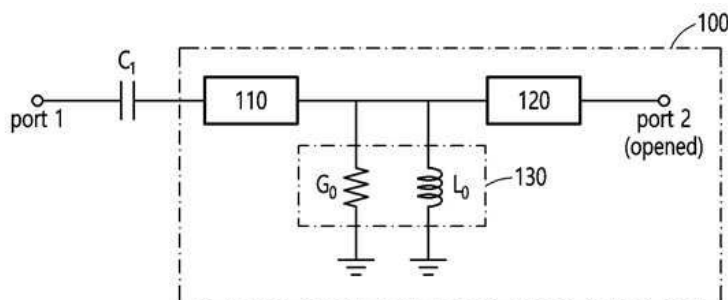
[0131] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

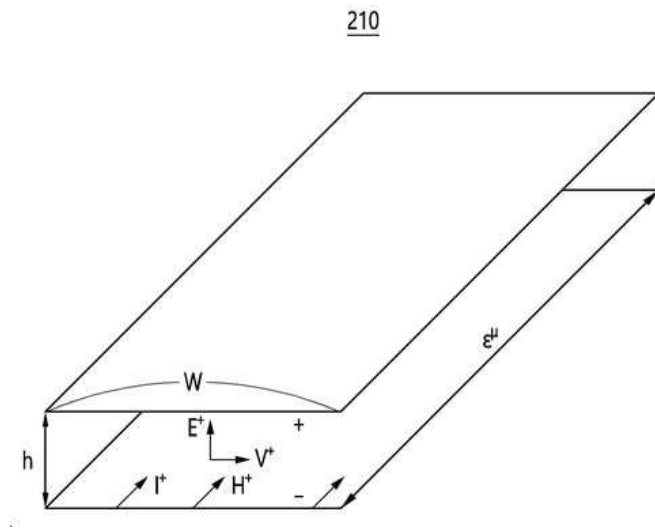
[0132] 100: 영차 공진 안테나 110: 제1 전송선
120: 제2 전송선 130: 병렬 소자

도면

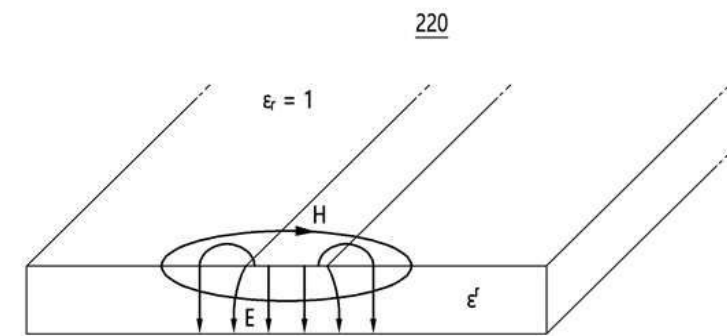
도면1



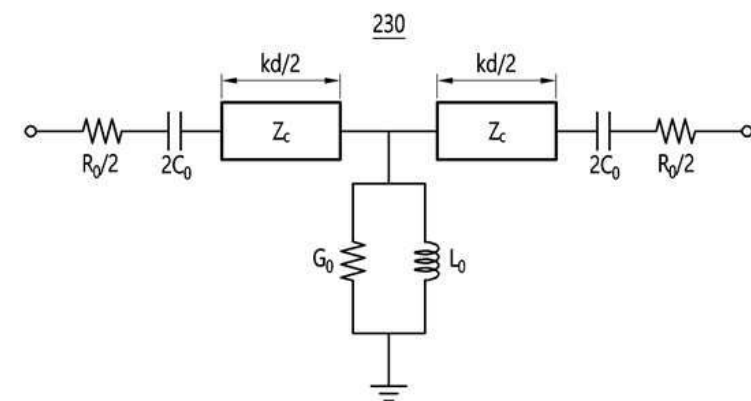
도면2a



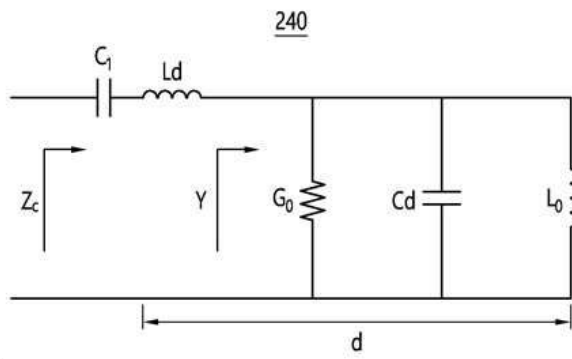
도면2b



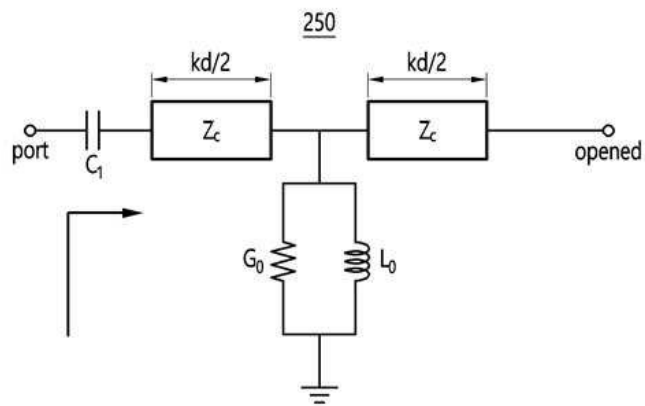
도면2c



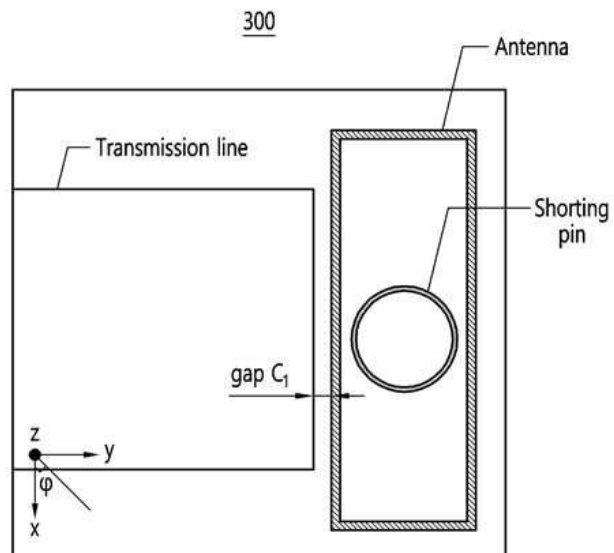
도면2d



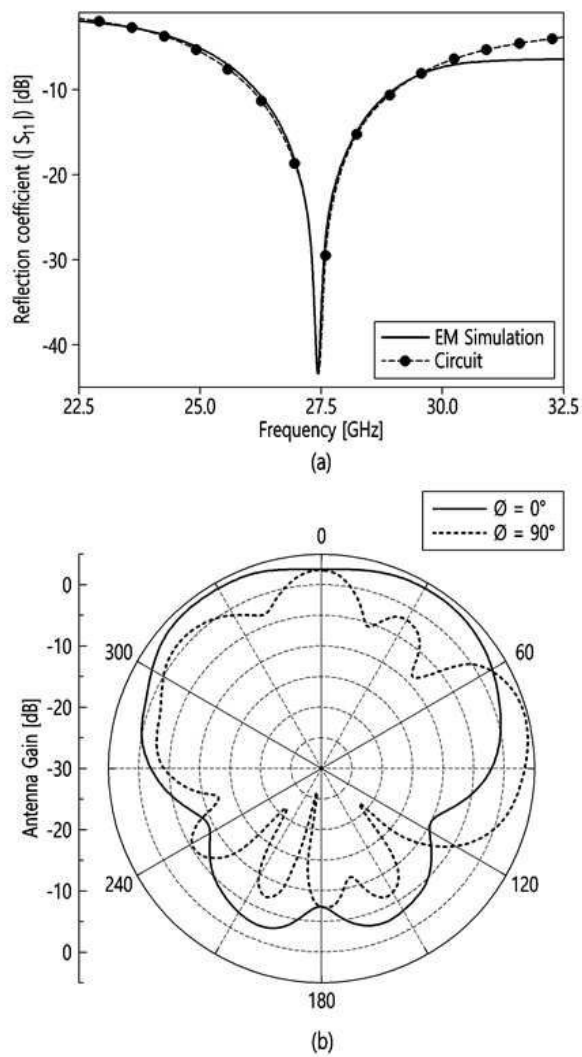
도면2e



도면3



도면4



도면5

