(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0134079
(43) 공개일자 2012년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0058268
(22) 출원일자 2012년05월31일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020110051828 2011년05월31일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김기영
경기도 용인시 기흥구 공세동 벽산블루밍아파트 106동 304호
권상욱
경기도 성남시 분당구 분당동 장안타운건영아파트 113동 901호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인무한

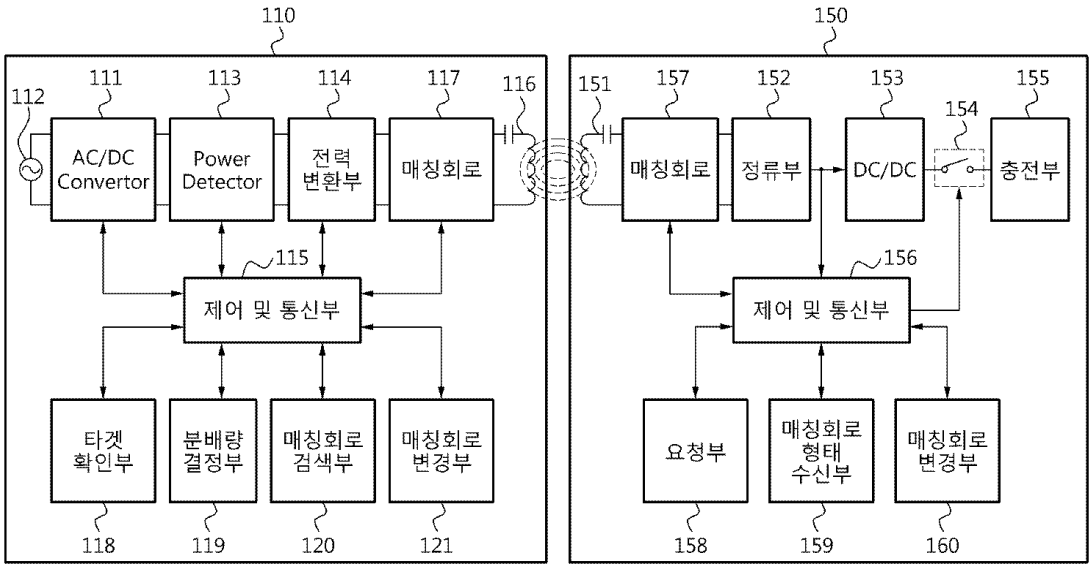
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **무전 전력 전송 시스템에서 무선 전력을 분배하는 장치 및 방법**

(57) 요 약

무전 전력 전송 시스템에서 무선 전력을 분배하는 장치 및 방법에 관한 것으로, 무선 전력 전송 시스템의 소스 장치는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 확인하고, 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 고려해서 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하고, 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태를 확인해서 매칭회로 형태에 대응하도록 소스 장치의 매칭회로를 변경함으로써 무선 전력을 분배량에 맞게 분배한다.

대 표 도



(72) 발명자

박윤권

경기도 동두천시 지행동 현진에버빌아파트 105동 1105호

유영호

경기도 용인시 기흥구 공세동 벽산블루밍아파트 105동 203호

박은석

경기도 수원시 영통구 영통동 청명마을4단지아파트 423동 1001호

홍영택

경기도 성남시 분당구 정자1동 상록마을우성아파트 324동 205호

윤창욱

경기도 용인시 수지구 성복동 강남빌리지 101동 1201호

김동조

경기도 용인시 수지구 상현동 삼성 쉐르빌 103동 801호

최진성

경기도 김포시 풍무동 신현대빌라 105동 301호

김남윤

서울특별시 용산구 이촌1동 한강대우아파트 102동 2102호

특허청구의 범위

청구항 1

타겟 장치들의 수를 확인하고, 상기 타겟 장치들의 상태를 확인하는 타겟 확인부;

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들의 상태를 고려해서 상기 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하는 분배량 결정부;

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 정보를 확인하는 매칭회로 검색부;

상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는 매칭회로 변경부; 및

상기 매칭회로 변경부의 제어에 따라 회로의 형태가 변경되고, 소스 공진기의 임피던스를 조정하는 매칭회로를 포함하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 타겟 장치들의 상태는,

디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나 임을 특징으로 하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 매칭회로 검색부는,

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 소스 장치의 매칭회로 형태와 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태들로 미리 구성된 테이블을 이용해서 확인하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 매칭회로 검색부는,

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인하고, 상기 타겟 장치들 각각으로 상기 타겟 장치들 각각에 대응하는 매칭회로 형태를 송신하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 타겟 확인부는,

상기 타겟 장치들의 수를 상기 타겟 장치들로부터 통신을 통해 전력공급을 요청받아서 확인하거나, 상기 타겟 장치를 감지하는 센서를 이용해서 확인하거나, 상기 무선 전력의 공급을 위한 공진특성을 이용해서 확인하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 매칭회로는,

매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함하고,

상기 매칭회로 변경부는,

상기 스위치 또는 가변 소자 중에서 적어도 하나를 변경해서 상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 매칭회로를 변경하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치.

청구항 7

소스 장치로 타겟 장치의 상태를 보고하는 요청부;

상기 소스 장치로부터 상기 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신하는 매칭회로 형태 수신부:

상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 타겟 장치의 매칭회로를 변경하는 매칭회로 변경부; 및

상기 매칭회로 변경부의 제어에 따라 회로의 형태가 변경되고, 소스 공진기의 임피던스를 조정하는 매칭회로를 포함하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배받는 타겟 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 요청부는,

상기 소스 장치로 전력공급을 요청하고, 상기 타겟 장치의 상태를 보고하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배받는 타겟 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 타겟 장치들의 상태는,

디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나 임을 특징으로 하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배받는 타겟 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 매칭회로는,

매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함하고,

상기 매칭회로 변경부는,

상기 스위치 또는 가변 소자 중에서 적어도 하나를 변경해서 상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 매칭회로를 변경하는

무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배받는 타겟 장치.

청구항 11

타겟 장치들의 수를 확인하는 단계:

상기 타겟 장치들의 상태를 확인하는 단계;

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들의 상태를 고려해서 상기 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하는 단계;

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태를 확인하는 단계;

상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는 단계; 및

무선 전력을 송신하는 단계를 포함하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 타겟 장치들의 상태는,

디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나 임을 특징으로 하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 소스 장치의 매칭회로 형태를 확인하는 단계는,

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 소스 장치의 매칭회로 형태와 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태들로 미리 구성된 테이블을 이용해서 확인하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 무선 전력을 송신하는 단계 이전에,

상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인하는 단계; 및

상기 타겟 장치들 각각으로 상기 타겟 장치들 각각에 대응하는 매칭회로 형태를 송신하는 단계를 포함하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 타겟 장치들의 수를 확인하는 단계는,

상기 타겟 장치들로부터 통신을 통해 전력공급을 요청받아서 확인하거나, 상기 타겟 장치를 감지하는 센서를 이용해서 확인하거나, 상기 무선 전력의 공급을 위한 공진특성을 이용해서 확인하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는 단계는,

상기 소스 장치의 매칭회로에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형

태에 대응하도록 상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는

무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법.

청구항 17

소스 장치로 타겟 장치의 상태를 보고하는 단계;

상기 소스 장치로부터 상기 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신하는 단계:

상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 타겟 장치의 매칭회로를 변경하는 단계; 및

상기 소스 장치로부터 무선 전력을 수신하는 단계를 포함하는

무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 타겟 장치의 상태를 보고하는 단계 이전에,

상기 소스 장치로 전력공급을 요청하는 단계를 더 포함하는

무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 타겟 장치들의 상태는,

디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나 임을 특징으로 하는

무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 타겟 장치의 매칭회로를 변경하는 단계는,

상기 타겟 장치의 매칭회로에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 타겟 장치의 매칭회로를 변경하는

무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 기술분야는 복수의 타겟 장치들에 무선으로 전력을 전송할 때, 분배량을 임의적으로 조절해서 전력을 전송하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 전력은, 마그네틱 커플링을 통해 무선 전력 전송 장치로부터 무선 전력 수신 장치로 전달되는 에너지를 의미한다. 따라서, 무선 전력 전송 시스템은, 전력을 무선으로 전송하는 소스 장치와 전력을 무선으로 수신하는 타겟 장치를 포함한다. 이때, 소스 장치는 무선 전력 전송 장치라 칭할 수 있다. 또한, 타겟 장치는 무선 전력 수신 장치라 칭할 수 있다.

[0003] 소스 장치는 소스 공진기(source resonator)를 구비하고, 타겟 장치는 타겟 공진기(target resonator)를 구비한다. 소스 공진기와 타겟 공진기 사이에 마그네틱 커플링 또는 공진 커플링이 형성될 수 있다. 무선 환경의 특성 상, 소스 공진기(source resonator) 및 타겟 공진기(target resonator) 사이의 거리가 시간에 따라 변할

가능성이 높고, 양 공진기의 매칭(matching) 조건 역시 변할 수 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004] 일 측면에 있어서, 타겟 장치들의 수를 확인하고, 상기 타겟 장치들의 상태를 확인하는 타겟 확인부; 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들의 상태를 고려해서 상기 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하는 분배량 결정부; 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 정보를 확인하는 매칭회로 검색부; 상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는 매칭회로 변경부; 및 상기 매칭회로 변경부의 제어에 따라 회로의 형태가 변경되고, 소스 공진기의 임피던스를 조정하는 매칭회로를 포함하는 무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배하는 소스 장치가 제공된다.

[0005] 이때, 상기 타겟 장치들의 상태는, 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나일 수 있다.

[0006] 여기서, 상기 매칭회로 검색부는, 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 소스 장치의 매칭회로 형태와 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태들로 미리 구성된 테이블을 이용해서 확인할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 매칭회로 검색부는, 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 상기 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인하고, 상기 타겟 장치들 각각으로 상기 타겟 장치들 각각에 대응하는 매칭회로 형태를 송신할 수 있다.

[0008] 한편, 상기 타겟 확인부는, 상기 타겟 장치들의 수를 상기 타겟 장치들로부터 통신을 통해 전력공급을 요청받아서 확인하거나, 상기 타겟 장치를 감지하는 센서를 이용해서 확인하거나, 상기 무선 전력의 공급을 위한 공진특성을 이용해서 확인할 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 매칭회로는, 매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 매칭회로 변경부는, 상기 스위치 또는 가변 소자 중에서 적어도 하나를 변경해서 상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 매칭회로를 변경할 수 있다.

[0011] 일 측면에 있어서, 소스 장치로 타겟 장치의 상태를 보고하는 요청부; 상기 소스 장치로부터 상기 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신하는 매칭회로 형태 수신부: 상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 타겟 장치의 매칭회로를 변경하는 매칭회로 변경부; 및 상기 매칭회로 변경부의 제어에 따라 회로의 형태가 변경되고, 소스 공진기의 임피던스를 조정하는 매칭회로를 포함하는 무선 전력 송신 시스템에서 무선 전력을 분배받는 타겟 장치가 제공된다.

[0012] 이때, 상기 요청부는, 상기 소스 장치로 전력공급을 요청하고, 상기 타겟 장치의 상태를 보고할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 타겟 장치들의 상태는, 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나 일 수 있다.

[0014] 한편, 상기 매칭회로는, 매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 매칭회로 변경부는, 상기 스위치 또는 가변 소자 중에서 적어도 하나를 변경해서 상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 매칭회로를 변경할 수 있다

[0016] 일 측면에 있어서, 타겟 장치들의 수를 확인하는 단계: 상기 타겟 장치들의 상태를 확인하는 단계; 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들의 상태를 고려해서 상기 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하는 단계; 상기 타겟 장치들의 수와 상기 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태를 확인하는 단계; 상기 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 소스 장치의 매칭회로를 변경하는 단계; 및 무선 전력을 송신하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법이 제공된다.

[0017] 일 측면에 있어서, 소스 장치로 타겟 장치의 상태를 보고하는 단계; 상기 소스 장치로부터 상기 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신하는 단계: 상기 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 상기 타겟 장치의 매칭회

로를 변경하는 단계; 및 상기 소스 장치로부터 무선 전력을 수신하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0018] 무선 전력 전송 시스템에서 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 확인하고, 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 고려해서 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정하고, 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태와 타겟 장치들의 매칭회로 형태들을 확인하고, 소스 장치와 타겟 장치들의 매칭회로를 대응하는 확인한 매칭회로 형태로 변경하는 무선 전력을 분배하는 방법에 관한 것으로, 타겟 장치들의 요구 전력에 따라 무선 전력을 타겟 장치들 각각의 요구에 맞게 분배해서 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 일실시 예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 나타낸다.

도 2는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 다수의 타겟 장치들로 무선전력을 분배하는 예를 나타내다.

도 3은 소스 장치와 타겟 장치의 매칭회로의 구성 예를 나타내다.

도 4는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 5는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 6은 소스 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타내다.

도 7은 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

도 8은 일실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 소스 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

도 9는 다른 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

도 10은 다른 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

도 11(a) 내지 도 16은 공진기들의 실시 예들을 나타낸다.

도 17은 도 11(a) 및 도 11(b)에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 등가 회로를 나타낸 도면이다.

도 18은 소스 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타낸다.

도 19는 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

도 20은 일실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 소스 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

도 21은 일 실시예에 따른 전기 자동차(electric vehicle) 충전 시스템을 나타낸다.

도 22 및 도 23은 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치 및 무선 전력 전송 장치가 탑재될 수 있는 어플리케이션들을 나타낸다.

도 24는 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 무선 전력 수신 장치의 구성 예를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 일측에 따른 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0021] 도 1은 일실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 나타낸다.

[0022] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 무선 전력 전송 시스템은 소스 장치(110) 및 타겟 장치(150)를 포함한다.

[0023] 소스 장치(110)는 AC/DC 컨버터(111), Power Detecter(113), 전력변환부(114), 제어 및 통신부(115), 소스 공진기(116), 매칭회로(117), 타겟 확인부(118), 분배량 결정부(119), 매칭회로 검색부(120) 및 매칭회로 변경부

(121)를 포함한다.

[0024] 타겟 장치(150)는 타겟 공진기(151), 정류부(152), DC/DC 컨버터(153), 스위치부(154), 충전부(155), 제어 및 통신부(156), 매칭회로(157), 요청부(158), 매칭회로 형태 수신부(159) 및 매칭회로 변경부(160)를 포함한다.

[0025] AC/DC 컨버터(111)는 Power Supply(112)로부터 출력되는 수십 Hz 대역의 AC 전압을 정류하여 DC 전압을 생성한다. AC/DC 컨버터(111)는 일정한 레벨의 DC 전압을 출력하거나, 제어 및 통신부(115)의 제어에 따라 DC 전압의 출력 레벨을 조정할 수 있다.

[0026] Power Detecter(113)는 AC/DC 컨버터(111)의 출력 전류 및 전압을 검출하고, 검출된 전류 및 전압에 대한 정보를 제어 및 통신부(115)로 전달한다. 또한, Power Detecter(113)는 전력변환부(114)의 입력 전류 및 전압을 검출할 수 도 있다.

[0027] 전력변환부(114)는 수 MHz ~ 수십 MHz 대역의 스위칭 펄스 신호에 의하여 일정한 레벨의 DC 전압를 AC 전압으로 변환함으로써 전력을 생성할 수 있다. 즉, 전력변환부(114)는 공진 주파수를 이용하여 직류 전압을 교류 전압으로 변환함으로써, 타겟 장치에서 사용되는 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 생성할 수 있다. 여기서, "통신용 전력"은 타겟 장치의 통신 모듈 및 프로세서를 활성화 시키기 위한 에너지를 의미한다. 상기 활성화 시키기 위한 에너지라는 의미에서 "통신용 전력"은 웨이크 업(wake-up)전력이라고 불리울 수 있다. "통신용 전력"은 CW(constant wave)의 형태로 일정 시간 동안 전송될 수 있다. "충전용 전력"은 타겟 장치와 연결된 또는 타겟 장치에 포함된 배터리를 충전 시키기 위한 에너지를 의미한다. "충전용 전력"은 소정 시간 동안 계속 전송될 수 있으며, "통신용 전력" 보다 높은 전력 레벨로 전송될 수 있다. 예를 들어, "통신용 전력"의 전력 레벨은 0.1~1Watt이고, "충전용 전력"의 전력 레벨은 1~20Watt일 수 있다.

[0028] 소스 공진기(116)는 전자기(electromagnetic) 에너지를 타겟 공진기(151)로 전달(transferring)한다. 즉, 소스 공진기(116)는 타겟 공진기(151)와의 마그네틱 커플링을 통해 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 타겟 장치(150)로 전달한다.

[0029] 매칭회로(117)는 복수의 커패시터들을 포함하고, 매칭회로 변경부(121)의 제어에 따라 매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함한다. 매칭회로(117)는 스위치의 온/오프와 가변 소자의 제어에 의해 소스 공진기의 임피던스를 조정한다. 매칭회로(117)는 Pi 정합(matching) 또는 T 정합(matching)회로를 포함할 수 있다.

[0030] 타겟 확인부(118)는 전력을 공급해야 할 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 확인한다. 이때, 타겟 장치의 상태는 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나일 수 있다.

[0031] 타겟 확인부(118)는 타겟 장치들의 수를 타겟 장치들로부터 통신을 통해 전력공급을 요청받아서 확인하거나, 타겟 장치를 감지하는 센서를 이용해서 확인하거나, 무선 전력의 공급을 위한 공진특성을 이용해서 확인할 수 있다.

[0032] 분배량 결정부(119)는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 고려해서 타겟 장치들 각각으로의 전력 분배량을 결정한다. 즉, 분배량 결정부(119)는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태에 따라서 아래 도 2와 같이 요구전력이 높은 타겟 장치에게 보다 많은 전력을 분배해 줄 수 있다.

[0033] 도 2는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 다수의 타겟 장치들로 무선전력을 분배하는 예를 나타내다.

[0034] 도 2를 참조하면, 소스 장치(210)는 타겟 장치들(220, 230, 240)에게 전력을 분배할 때 분배량을 다르게 설정할 수 있다. 전력의 분배는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태에 따라 결정될 수 있다.

[0035] 매칭회로 검색부(120)는 소스 장치는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태와 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인한다.

[0036] 매칭회로 검색부(120)는 소스 장치의 매칭회로 형태와 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태는 소스 장치의 전력 변환부(114)의 임피던스와 전력 변환부(114)에서 바라다본 인피던스가 가능한 유사해지는 형태로 선택된다. 이때, 전력 변환부(114)에서 바라다본 인피던스라 함은 무선 전력 시스템에서 전력 변환부(114)의 이후 단의 인피던스를 나타낸다.

[0037] 매칭회로 검색부(120)는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태와 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태들로 미리 구성된 테이블을 이용해서 소스 장치의 매칭회로 형태와 타

겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인할 수 있다.

[0038] 그리고, 매칭회로 검색부(120)는 타겟 장치들 각각으로 타겟 장치들 각각에 대응하는 매칭회로 형태를 송신할 수 있다.

[0039] 매칭회로 변경부(121)는 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 소스 장치의 매칭회로(117)를 변경한다. 매칭회로 변경부(121)는 소스 장치의 매칭회로(117)에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 소스 장치의 매칭회로(117)를 변경할 수 있다.

[0040] 제어 및 통신부(115)는 스위칭 펄스 신호의 주파수를 제어할 수 있다. 제어 및 통신부(115)의 제어에 의하여 스위칭 펄스 신호의 주파수가 결정될 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 전력변환부(114)를 제어함으로써, 타겟 장치(150)에 전송하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. 즉, 제어 및 통신부(115)는 인-밴드 통신"을 통해 상기 타겟 장치에 다양한 메시지를 전송할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(115)는 반사파를 검출하고, 반사파의 포락선을 통해 타겟 장치로부터 수신되는 신호를 복조할 수 있다.

[0041] 제어 및 통신부(115)는 다양한 방법을 통해, 인-밴드 통신을 수행하기 위한 변조 신호를 생성할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 스위칭 펄스 신호를 온/오프 함으로써, 변조신호를 생성할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(115)는 델타-시그마 변조를 수행하여, 변조신호를 생성할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 일정한 포락선을 가지는 펄스폭 변조신호를 생성할 수 있다.

[0042] 한편, 제어 및 통신부(115)는 공진 주파수가 아닌 별도의 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 도 있다. 제어 및 통신부(115)는 Zigbee, Bluetooth 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 제어 및 통신부(115)는 아웃-밴드 통신을 통해 타겟 장치(150)와 데이터를 송수신 할 수 있다.

[0043] 그리고, 제어 및 통신부(115)는 타겟 확인부(118), 분배량 결정부(119), 매칭회로 검색부(120) 및 매칭회로 변경부(121)의 기능을 수행할 수 있다. 제어 및 통신부(115), 타겟 확인부(118), 분배량 결정부(119), 매칭회로 검색부(120) 및 매칭회로 변경부(121)를 구분하여 도시한 것은 각 기능들을 구별하여 설명하기 위함이다. 따라서 제어 및 통신부(115)는 타겟 확인부(118), 분배량 결정부(119), 매칭회로 검색부(120) 및 매칭회로 변경부(121) 각각의 기능을 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(115)는 타겟 확인부(118), 분배량 결정부(119), 매칭회로 검색부(120) 및 매칭회로 변경부(121) 각각의 기능 중 일부를 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0044] 타겟 공진기(151)는 소스 공진기(116)로부터 전자기(electromagnetic) 에너지를 수신한다. 즉, 타겟 공진기(151)는 소스 공진기(116)와의 마그네틱 커플링을 통해 소스 장치(110)로부터 "통신용 전력" 또는 "충전용 전력"을 수신한다. 또한, 타겟 공진기(151)는 인-밴드 통신을 통해 상기 소스 장치로부터 다양한 메시지를 수신할 수 있다.

[0045] 정류부(152)는 교류 전압을 정류함으로써, DC 전압을 생성한다. 즉, 정류부(152)는 타겟 공진기(151)에 수신된 교류 전압을 정류한다.

[0046] DC/DC 컨버터(153)는 정류부(152)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 충전부(155)의 용량에 맞게 조정한다. 예를 들어, DC/DC 컨버터(153)는 정류부(152)에서 출력되는 DC 전압의 레벨을 3~10Volt로 조정할 수 있다.

[0047] 스위치부(154)는 제어 및 통신부(156)의 제어에 따라 온/오프 된다. 스위치부(154)가 오프되는 경우, 소스 장치(110)의 제어 및 통신부(115)는 반사파를 검출하게 된다. 즉, 스위치부(154)가 오프되는 경우, 소스 공진기(116)와 타겟 공진기(151) 사이의 마그네틱 커플링이 제거 될 수 있다.

[0048] 충전부(155)는 배터리를 포함할 수 있다. 충전부(155)는 DC/DC 컨버터(153)로부터 출력되는 DC 전압을 이용하여 배터리를 충전할 수 있다.

[0049] 매칭회로(157)는 복수의 커패시터 혹은 인덕터들을 포함하고, 매칭회로 변경부(160)의 제어에 따라 매칭회로의 형태를 변경할 수 있는 스위치 또는 가변 소자를 적어도 하나 포함한다. 매칭회로(157)는 스위치의 온/오프와 가변 소자의 제어에 의해 타겟 공진기의 임피던스를 조정한다. 매칭회로(157)는 Pi 정합(matching) 또는 T 정합(matching)회로를 포함할 수 있다.

[0050] 요청부(158)는 소스 장치(110)로 전력공급을 요청하고, 타겟 장치(150)의 상태를 보고한다. 이때, 타겟 장치의 상태는 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나일 수 있다.

[0051] 매칭회로 형태 수신부(159)는 소스 장치(110)로부터 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신한다.

[0052] 매칭회로 변경부(160)는 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 타겟 장치의 매칭회로(157)를 변경한다. 이때, 매칭회로 변경부(160)는 타겟 장치의 매칭회로(157)에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 타겟 장치의 매칭회로(157)를 변경할 수 있다.

[0053] 제어 및 통신부(156)는 공진 주파수를 이용하여 데이터를 송수신하는 인-밴드 통신을 수행할 수 있다. 이때, 제어 및 통신부(156)는 타겟 공진기(151)과 정류부(152) 사이의 신호를 검출하여 수신 신호를 복조하거나, 정류부(152)의 출력 신호를 검출하여 수신 신호를 복조할 수 있다. 즉, 제어 및 통신부(156)는 인-밴드 통신을 통해 수신된 메시지를 복조할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부는 타겟 공진기(151)의 임피던스를 조정함으로써, 소스 장치(110)에 전송하는 신호를 변조할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부는 스위치부(154)의 온/오프를 통해 소스 장치(110)에 전송하는 신호를 변조할 수 도 있다. 간단한 예로, 제어 및 통신부(156)는 타겟 공진기(151)의 임피던스를 증가 시킴으로써, 소스 장치(110)의 제어 및 통신부(115)에서 반사파가 검출되도록 할 수 있다. 반사파의 발생 여부에 따라, 소스 장치(110)의 제어 및 통신부(115)는 이진수 "0" 또는 "1"을 검출할 수 있다.

[0054] 한편, 제어 및 통신부(156)는 통신 채널을 이용하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 도 있다. 제어 및 통신부(156)는 Zigbee, Bluetooth 등의 통신 모듈을 포함할 수 있다. 제어 및 통신부(156)는 아웃-밴드 통신을 통해 소스 장치(110)와 데이터를 송수신 할 수 있다.

[0055] 그리고, 제어 및 통신부(156)는 요청부(158), 매칭회로 형태 수신부(159) 및 매칭회로 변경부(160)의 기능을 수행할 수 있다. 제어 및 통신부(156), 요청부(158), 매칭회로 형태 수신부(159) 및 매칭회로 변경부(160)를 구분하여 도시한 것은 각 기능들을 구별하여 설명하기 위함이다. 따라서 제어 및 통신부(156)는 요청부(158), 매칭회로 형태 수신부(159) 및 매칭회로 변경부(160) 각각의 기능을 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 제어 및 통신부(156)는 요청부(158), 매칭회로 형태 수신부(159) 및 매칭회로 변경부(160) 각각의 기능 중 일부를 수행하도록 구성된(configured) 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0056] 도 3은 소스 장치와 타겟 장치의 매칭회로의 구성 예를 나타내다.

[0057] 도 3에서 매칭회로(310, 320)은 소스 장치의 매칭회로이다.

[0058] 매칭회로(310)는 두개의 커패시터(311, 312)가 소스 공진기와 직렬로 연결되고, 스위치(316, 317)의 온/오프에 의해 제어되는 커패시터(313)와 인덕터(314)가 병렬로 연결되어 구성된다. 매칭회로(310)는 스위치(316, 317)의 온/오프를 통해 임피던스를 제어할 수 있다. 예를들어 타겟 장치가 하나일 경우 스위치(316, 317)는 모두 오프되고, 타겟 장치가 둘일 경우 스위치(316, 317)는 모두 온 될 수 있다.

[0059] 매칭회로(320)는 두개의 커패시터(321, 322)가 소스 공진기와 직렬로 연결되고, 가변 커패시터(323)와 가변 인덕터(324)가 병렬로 연결되어 구성된다. 이때, 매칭회로(320)는 가변 커패시터(323)와 가변 인덕터(324)를 가변해서 임피던스를 제어할 수 있다.

[0060] 도 3에서 매칭회로(330, 340)은 타겟 장치의 매칭회로이다.

[0061] 매칭회로(330)는 커패시터(331)가 소스 공진기와 직렬로 연결되고, 스위치(333)의 온/오프에 의해 제어되는 인덕터(332)가 병렬로 연결되어 구성된다. 매칭회로(330)는 스위치(333)의 온/오프를 통해 임피던스를 제어할 수 있다. 예를들어 소스 장치로부터 전력을 공급받는 타겟 장치가 하나일 경우 스위치(333)는 오프되고, 타겟 장치가 둘일 경우 스위치(333)는 온 될 수 있다.

[0062] 매칭회로(340)는 커패시터(341)가 소스 공진기와 직렬로 연결되고, 가변 인덕터(342)가 병렬로 연결되어 구성된다. 매칭회로(340)는 가변 인덕터(342)를 가변해서 임피던스를 제어할 수 있다.

[0063] 도 4는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 소스 장치에서 무선 전력을 분배하는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0064] 410단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들의 수를 확인한다.

[0065] 412단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들의 상태를 확인한다. 이때, 타겟 장치의 상태는 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나일 수 있다.

[0066] 414단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들의 상태를 고려해서 타겟 장치들 각각으로의 전력 분

배량을 결정한다.

[0067] 416단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태를 확인한다. 418단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태를 확인한다. 이때, 416단계와 418단계에서의 매칭회로 형태의 확인은 타겟 장치들의 수와 타겟 장치들 각각의 전력 분배량에 대응하는 소스 장치의 매칭회로 형태와 타겟 장치들 각각의 매칭회로 형태들로 미리 구성된 테이블을 이용해서 확인될 수 있다.

[0068] 420단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들 각각으로 타겟 장치들 각각에 대응하는 매칭회로 형태를 송신한다.

[0069] 422단계에서, 소스 장치는 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 소스 장치의 매칭회로를 변경한다. 이때, 소스 장치는 소스 장치의 매칭회로에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 확인한 소스 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 소스 장치의 매칭회로를 변경 한할 수 있다.

[0070] 424단계에서, 소스 장치는 타겟 장치들로 분배한 무선 전력을 송신한다.

[0071] 도 5는 일실시예에 따른 무선 전력 송신 시스템의 타겟 장치에서 무선 전력을 분배받는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0072] 510단계에서, 타겟 장치는 소스 장치로 전력공급을 요청한다.

[0073] 512단계에서, 타겟 장치는 소스 장치로 타겟 장치의 상태를 보고한다. 이때, 타겟 장치의 상태는 디바이스 종류, 요구 전력량 및 충전량 중 적어도 하나일 수 있다.

[0074] 514단계에서, 타겟 장치는 소스 장치로부터 타겟 장치의 매칭회로 형태를 수신한다.

[0075] 516단계에서, 타겟 장치는 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 타겟 장치의 매칭회로를 변경한다. 이때, 타겟 장치는 타겟 장치의 매칭회로에 포함된 스위치 또는 가변 소자를 이용해서 수신한 타겟 장치의 매칭회로 형태에 대응하도록 타겟 장치의 매칭회로를 변경할 수 있다.

[0076] 518단계에서, 타겟 장치는 소스 장치로부터 분배받은 무선 전력을 수신한다.

[0077] 도 6은 소스 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타내다.

[0078] 별도의 피더를 통해 소스 공진기가 전력을 공급받는 경우에는 피더에서 자기장이 발생하고, 소스 공진기에서도 자기장이 발생한다.

[0079] (a)를 참조하면, 피더(610)에서 입력 전류가 흐름에 따라 자기장(630)이 발생한다. 피더(610) 내부에서 자기장의 방향(631)과 외부에서 자기장의 방향(633)은 서로 반대 위상을 가진다. 피더(610)에서 발생하는 자기장(630)에 의해 소스 공진기(620)에서 유도 전류가 발생한다. 이때 유도 전류의 방향은 입력 전류의 방향과 반대이다.

[0080] 유도 전류에 의해 소스 공진기(620)에서 자기장(640)이 발생한다. 자기장의 방향은 소스 공진기(620)의 내부에서는 동일한 방향을 가진다. 따라서, 소스 공진기(620)에 의해 피더(610)의 내부에서 발생하는 자기장의 방향(641)과 피더(610)의 외부에서 발생하는 자기장의 방향(643)은 동일한 위상을 가진다.

[0081] 결과적으로 피더(610)에 의해서 발생하는 자기장과 소스 공진기(620)에서 발생하는 자기장을 합성하면, 피더(610)의 내부에서는 자기장의 세기가 약화되고, 피더(620)의 외부에서는 자기장의 세기가 강화된다. 따라서, 도 6과 같은 구조의 외부 피더(610)를 통해 소스 공진기(620)에 전력을 공급하는 경우에는 소스 공진기(620) 중심에서 자기장의 세기가 약하고, 외곽에서 자기장의 세기가 강하다. 소스 공진기(620) 상에서 자기장의 분포가 균일(uniform)하지 않은 경우, 입력 임피던스가 수시로 변화하므로 임피던스 매칭을 수행하는 것이 어렵다. 또한, 자기장의 세기가 강한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘되고, 자기장의 세기가 약한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘 되지 않으므로, 평균적으로 전력 전송 효율이 감소한다.

[0082] 타겟 공진기의 경우에도 소스 공진기의 경우와 유사하다. 소스 공진기(620)에 흐르는 전류는 피더(610)에 흐르는 입력 전류에 의해 유도된다. 타겟 공진기에 흐르는 전류는 소스 공진기(620)와 타겟 공진기 간의 마그네틱 커플링에 의해 유도된다. 타겟 공진기에 흐르는 전류는 자기장을 발생시키고, 타겟 공진기 내부에 위치한 피더에 유도 전류를 생성할 수 있다. 이 경우에도 피더 내부에서는 타겟 공진기에서 발생하는 자기장의 방향과 피더에서 발생하는 자기장의 방향이 서로 반대 위상이므로, 자기장의 세기가 약화된다.

[0083] (b)는 소스 공진기(650)와 피더(660)가 공통의 접지를 가진 무선 전력 전송 장치의 구조를 나타낸다. 소스 공

진기(650)는 캐패시터(651)를 포함할 수 있다. 피더(660)는 포트(661)를 통하여, RF 신호를 입력 받을 수 있다. 피더(660)에는 RF 신호가 입력되어, 입력 전류가 생성될 수 있다. 피더(660)에 흐르는 입력 전류는 자기장을 생성하고, 상기 자기장으로부터 소스 공진기(650)에 유도 전류가 유도된다. 또한, 소스 공진기(650)를 흐르는 유도 전류로부터 자기장이 발생한다. 이때, 피더(660)에 흐르는 입력 전류의 방향과 소스 공진기(650)에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가진다. 따라서, 소스 공진기(650)와 피더(660) 사이의 영역에서, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(671)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(673)은 동일한 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 강화된다. 반면에, 피더(660)의 내부에서는, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(681)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(683)은 반대 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 소스 공진기(650)의 중심에서는 자기장의 세기가 약해지고, 소스 공진기(650)의 외곽에서는 자기장의 세기가 강화될 수 있다.

[0084] 피더(660)는 피더(660) 내부의 면적을 조절하여, 입력 임피던스를 결정할 수 있다. 여기서 입력 임피던스는 피더(660)에서 소스 공진기(650)를 바라볼 때, 보이는 임피던스를 의미한다. 피더(660) 내부의 면적이 커지면 입력 임피던스는 증가하고, 내부의 면적이 작아지면 입력 임피던스는 감소한다. 그런데, 입력 임피던스가 감소하는 경우에도, 소스 공진기(650) 내부의 자기장 분포는 일정하지 않으므로, 타겟 장치의 위치에 따라 입력 임피던스 값이 일정하지 않다. 따라서, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하다. 입력 임피던스가 증가하는 경우에는 큰 입력 임피던스를 작은 출력 임피던스에 매칭시키기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다.

[0085] 타겟 공진기가 소스 공진기(650)와 같은 구성이고, 타겟 공진기의 피더가 피더(660)와 같은 구성인 경우에도 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다. 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 타겟 공진기의 피더에서 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가지기 때문이다.

[0086] 도 7은 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

[0087] (a)를 참조하면, 무선 전력 전송 장치는 소스 공진기(710) 및 피딩부(720)를 포함할 수 있다. 소스 공진기(710)는 캐패시터(711)를 포함할 수 있다. 피딩부(720)는 캐패시터(711)의 양단에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0088] (b)는 (a)의 구조를 좀 더 구체적으로 표시한 도면이다. 이때, 소스 공진기(710)는 제1 전송선로, 제1 도체(741), 제2 도체(742), 적어도 하나의 제1 캐패시터(750)를 포함할 수 있다.

[0089] 제1 캐패시터(750)는 제1 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(731)과 제2 신호 도체 부분(732) 사이에 위치에 직렬로 삽입되며, 그에 따라 전계(electric field)는 제1 캐패시터(750)에 갇히게 된다. 일반적으로, 전송 선로는 상부에 적어도 하나의 도체, 하부에 적어도 하나의 도체를 포함하며, 상부에 있는 도체를 통해서는 전류가 흐르며, 하부에 있는 도체는 전기적으로 그라운드 된다(grounded). 본 명세서에서는 제1 전송 선로의 상부에 있는 도체를 제1 신호 도체 부분(731)과 제2 신호 도체 부분(732)로 나누어 부르고, 제1 전송 선로의 하부에 있는 도체를 제1 그라운드 도체 부분(733)으로 부르기로 한다.

[0090] (b)에 도시된 바와 같이, 소스 공진기는 2 차원 구조의 형태를 갖는다. 제1 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(731) 및 제2 신호 도체 부분(732)을 포함하고, 하부에 제1 그라운드 도체 부분(733)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(731) 및 제2 신호 도체 부분(732)과 제1 그라운드 도체 부분(733)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(731) 및 제2 신호 도체 부분(732)을 통하여 흐른다.

[0091] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(731)의 한쪽 단은 제1 도체(741)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(750)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(732)의 한쪽 단은 제2 도체(742)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(750)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(731), 제2 신호 도체 부분(732) 및 제1 그라운드 도체 부분(733), 도체들(741, 742)은 서로 연결됨으로써, 소스 공진기는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함하며, '루프 구조를 갖는다고 함은' 전기적으로 닫혀 있다는 것을 의미한다.

[0092] 제1 캐패시터(750)는 전송 선로의 중단부에 삽입된다. 보다 구체적으로, 제1캐패시터(750)는 제1 신호 도체 부분(731) 및 제2 신호 도체 부분(732) 사이에 삽입된다. 이 때, 제1 캐패시터(750)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 캐패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.

[0093] 제1 캐패시터(750)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 소스 공진기는 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수

있다. 여기서, 메타물질이란 자연에서 발견될 수 없는 특별한 전기적 성질을 갖는 물질로서, 인공적으로 설계된 구조를 갖는다. 자연계에 존재하는 모든 물질들의 전자기 특성은 고유의 유전율 또는 투자율을 가지며, 대부분의 물질들은 양의 유전율 및 양의 투자율을 갖는다.

[0094] 대부분의 물질들에서 전계, 자계 및 포인팅 벡터에는 오른손 법칙이 적용되므로, 이러한 물질들을 RHM(Right Handed Material)이라고 한다. 그러나, 메타물질은 자연계에 존재하지 않는 유전율 또는 투자율을 가진 물질로서, 유전율 또는 투자율의 부호에 따라 ENG(epsilon negative) 물질, MNG(mu negative) 물질, DNG(double negative) 물질, NRI(negative refractive index) 물질, LH(left-handed) 물질 등으로 분류된다.

[0095] 이 때, 집중 소자로서 삽입된 제1 캐패시터(750)의 캐패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 소스 공진기는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 제1 캐패시터(750)의 캐패시턴스를 적절히 조절함으로써, 소스 공진기는 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 소스 공진기는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 아래에서 설명하겠지만, 제1 캐패시터(750)의 캐패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 소스 공진기가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 소스 공진기가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 소스 공진기가 대상 주파수에서 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 제1 캐패시터(750)의 캐패시턴스가 정해질 수 있다.

[0096] MNG 공진기는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기는 영번째 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. 즉, 아래에서 다시 설명하겠지만, MNG 공진기에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 제1 캐패시터(750)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.

[0097] 또한, 근접장(near field)에서 전계는 전송 선로에 삽입된 제1 캐패시터(750)에 집중되므로, 제1 캐패시터(750)로 인하여 근접 필드에서는 자기장(magnetic field)이 도미넌트(dominant)해진다. 그리고, MNG 공진기는 집중 소자의 제1 캐패시터(750)를 이용하여 높은 큐-팩터(Q-Factor)를 가질 수 있으므로, 전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있다. 참고로, 큐-팩터는 무선 전력 전송에 있어서 저항 손실(ohmic loss)의 정도 또는 저항(resistance)에 대한 리액턴스의 비를 나타내는데, 큐-팩터가 클수록 무선 전력 전송의 효율이 큰 것으로 이해될 수 있다.

[0098] 또한, (b)에 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0099] (b)를 참조하면, 피딩부(720)는 제2 전송선로, 제3 도체(771), 제4 도체(772), 제5 도체(781) 및 제6 도체(782)를 포함할 수 있다.

[0100] 제2 전송 선로는 상부에 제3 신호 도체 부분(761) 및 제4 신호 도체 부분(762)을 포함하고, 하부에 제2 그라운드 도체 부분(763)을 포함한다. 제3 신호 도체 부분(761) 및 제4 신호 도체 부분(762)과 제2 그라운드 도체 부분(763)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제3 신호 도체 부분(761) 및 제4 신호 도체 부분(762)을 통하여 흐른다.

[0101] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제3 신호 도체 부분(761)의 한쪽 단은 제3 도체(771)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제5 도체(781)와 연결된다. 그리고, 제4 신호 도체 부분(762)의 한쪽 단은 제4 도체(772)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제6 도체 (782)와 연결된다. 제5 도체(781)는 제1 신호 도체 부분(731)과 연결되고, 제6 도체(782)는 제2 신호 도체 부분(732)과 연결된다. 제5 도체(781)와 제6 도체(782)는 제1 캐패시터(750)의 양단에 병렬로 연결된다. 이때, 제5 도체(781) 및 제6 도체(782)는 RF신호를 입력받는 입력 포트로 사용될 수 있다.

[0102] 결국, 제3 신호 도체 부분(761), 제4 신호 도체 부분(762) 및 제2 그라운드 도체 부분(763), 제3 도체(771), 제4 도체(772), 제5 도체(781), 제6 도체(782) 및 소스 공진기(710)는 서로 연결됨으로써, 소스 공진기(710) 및 피딩부(720)는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함한다. 제5 도체(781) 또는 제6 도체(782)를 통하여 RF 신호가 입력되면, 입력 전류는 피딩부(720) 및 소스 공진기(710)에 흐르게 되고, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장에 의하여, 소스 공진기(710)에 유도 전류가 유도 된다. 피딩부(720)에서 흐르는 입력 전류의 방향과 소스 공진기(710)에서 흐르는 유도 전류의 방향이 동일하게 형성됨으로써, 소스 공진기(710)의 중앙에서는 자기장의 세기가 강화되고, 소스 공진기(710)의 외곽에서는 자기장의 세기가 약화된다. 입력 전류 및 유도 전류의 방향에 대해서는 도 8에서 좀

더 상세하게 설명한다.

[0103] 소스 공진기(710)와 피딩부(720) 사이 영역의 면적에 의해 입력 임피던스가 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크는 필요하지 않다. 매칭 네트워크가 사용되는 경우에도, 피딩부(720)의 크기를 조절함으로써, 입력 임피던스를 결정할 수 있기 때문에, 매칭 네트워크의 구조는 단순해질 수 있다. 단순한 매칭 네트워크 구조는 매칭 네트워크의 매칭 손실을 최소화한다.

[0104] 제2 전송 선로, 제3 도체(771), 제4 도체(772), 제5 도체(781), 제6 도체(782) 는 소스 공진기(710)와 동일한 구조를 형성할 수 있다. 즉, 소스 공진기(710)가 루프 구조인 경우에는 피딩부(720)도 루프 구조일 수 있다. 또한, 소스 공진기(710)가 원형 구조인 경우에는 피딩부(720)도 원형 구조일 수 있다.

[0105] 앞에서 설명한, 소스 공진기(710) 및 피딩부(720)의 구성은 타겟 공진기 및 타겟 공진기의 피딩부에도 동일하게 적용될 수 있다. 타겟 공진기의 피딩부가 앞에서 설명한 구성과 동일한 경우에, 피딩부는 피딩부의 크기를 조절함으로써, 타겟 공진기의 출력 임피던스와 피딩부의 입력 임피던스를 매칭시킬 수 있다. 따라서, 별도의 매칭 네트워크를 사용하지 않을 수 있다.

[0106] 도 8은 일실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 소스 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

[0107] 피딩은 무선 전력 전송 장치에서는 소스 공진기에 전력을 공급하는 것을 의미한다. 피딩은 무선 전력 수신 장치에서는 정류부에 AC 전력을 공급하는 것을 의미할 수 있다. (a)는 피딩부에서 흐르는 입력 전류의 방향 및 소스 공진기에서 유도되는 유도 전류의 방향을 나타낸다. 또한, (a)는 피딩부의 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향 및 소스 공진기의 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향을 나타낸다. (a)는 도 7의 소스 공진기(710) 및 피딩부(720)를 좀 더 간략하게 표현한 도면이다. (b)는 피딩부와 소스 공진기의 등가회로를 나타낸다.

[0108] (a)를 참조하면, 피딩부의 제5 도체 또는 제6 도체는 입력 포트(810)로 사용될 수 있다. 입력 포트(810)는 RF 신호를 입력 받는다. RF 신호는 전력 증폭기로부터 출력될 수 있다. 전력 증폭기는 타겟 장치의 필요에 따라 RF 신호의 진폭을 증감시킬 수 있다. 입력 포트(810)에서 입력된 RF 신호는 피딩부에 흐르는 입력 전류의 형태로 표시될 수 있다. 피딩부를 흐르는 입력 전류는 피딩부의 전송선로를 따라 시계방향으로 흐른다. 그런데, 피딩부의 제5 도체는 소스 공진기와 전기적으로 연결된다. 좀 더 구체적으로, 제5 도체는 소스 공진기의 제1 신호 도체 부분과 연결된다. 따라서 입력 전류는 피딩부 뿐만 아니라 소스 공진기에도 흐르게 된다. 소스 공진기에서 입력 전류는 반시계 방향으로 흐른다. 소스 공진기에 흐르는 입력 전류에 의하여 자기장이 발생하고, 상기 자기장에 의해 소스 공진기에 유도 전류가 생성된다. 유도 전류는 소스 공진기에서 시계방향으로 흐른다. 이때 유도 전류는 소스 공진기의 캐패시터에 에너지를 전달할 수 있다. 또한, 유도 전류에 의해 자기장이 발생한다. (a)에서 피딩부 및 소스 공진기에 흐르는 입력 전류는 실선으로 표시되고, 소스 공진기에 흐르는 유도 전류는 점선으로 표시되었다.

[0109] 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향은 오른나사의 법칙을 통해 알 수 있다. 피딩부 내부에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(821)과 소스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(823)은 서로 동일하다. 따라서, 피딩부 내부에서 자기장의 세기가 강화된다.

[0110] 또한, 피딩부와 소스 공진기 사이의 영역에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(833)과 소스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(831)은 서로 반대 위상이다. 따라서, 피딩부와 소스 공진기 사이의 영역에서, 자기장의 세기는 약화된다.

[0111] 루프 형태의 소스 공진기에서는 일반적으로 소스 공진기의 중심에서는 자기장의 세기가 약하고, 소스 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 강하다. 그런데 (a)를 참조하면, 피딩부가 소스 공진기의 캐패시터 양단에 전기적으로 연결됨으로써 소스 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일해 진다. 소스 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일하기 때문에, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부의 외부에서는 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 루프 형태의 소스 공진기의 중심에서는 피딩부로 인하여 자기장의 세기가 강화되고, 소스 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다. 그러므로 소스 공진기 내부에서는 전체적으로 자기장의 세기가 균일해질 수 있다. 또한, 소스 공진기에서 타겟 공진기로 전달되는 전력 전송의 효율은 소스 공진기에서 발생하는 자기장의 세기에 비례하므로, 소스 공진기의 중심에서 자기장의 세기가 강화됨에 따라 전력 전송 효율도 증가할 수 있다.

[0112] (b)를 참조하면, 피딩부(840) 및 소스 공진기(850)는 등가회로로 표현될 수 있다. 피딩부(840)에서 소스 공진기

측을 바라볼 때 보이는 입력 임피던스 Z_{in}은 다음의 수식과 같이 계산될 수 있다.

[0113] $$Z_{in} = \frac{(\omega M)^2}{Z}$$

[0114] 여기서, M은 피딩부(840)와 소스 공진기(850) 사이의 상호 인덕턴스를 의미하고, ω 는 피딩부(840)와 소스 공진기(850) 간의 공진 주파수를 의미하고, Z는 소스 공진기(850)에서 타겟 장치 측을 바라볼 때 보이는 임피던스를 의미한다. Z_{in}은 상호 인덕턴스 M에 비례한다. 따라서, 피딩부(840)와 소스 공진기(850) 사이에 상호 인덕턴스를 조절함으로써 Z_{in}을 제어할 수 있다. 상호 인덕턴스 M은 피딩부(840)와 소스 공진기(850) 사이 영역의 면적에 따라 조절될 수 있다. 피딩부(840)의 크기에 따라 피딩부(840)와 소스 공진기(850) 사이 영역의 면적이 조절될 수 있다. Z_{in}은 피딩부(840)의 크기에 따라 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 임피던스 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하지 않다.

[0115] 무선 전력 수신 장치에 포함된 타겟 공진기 및 피딩부도 위와 같은 자기장의 분포를 가질 수 있다. 타겟 공진기는 소스 공진기로부터 마그네틱 커플링을 통하여 무선 전력을 수신한다. 이때 수신되는 무선 전력을 통하여 타겟 공진기에서는 유도 전류가 생성될 수 있다. 타겟 공진기에서 유도 전류에 의해 발생한 자기장은 피딩부에 다시 유도 전류를 생성할 수 있다. 이때, (a)의 구조와 같이 타겟 공진기와 피딩부가 연결되면, 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 피딩부에서 흐르는 전류의 방향은 동일해진다. 따라서, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부와 타겟 공진기 사이의 영역에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다.

[0116] 도 9는 다른 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

[0117] 도 9를 참조하면, 영역(910)은 피딩부와 소스 공진기 사이의 영역을 나타낸다. 제어부(940)는 영역(910)의 면적을 조절하여 피딩부와 소스 공진기 사이의 상호 인덕턴스 M을 조절할 수 있다. 또한, 이를 통하여 제어부(940)는 입력 임피던스 Z_{in}의 값을 결정할 수 있다. 영역(910)의 면적의 조절은 피딩부의 크기를 제어함으로써 가능할 수 있다. 피딩부의 크기는 제4 신호 도체 부분과 제2 그라운드 도체 부분 사이의 거리(920)에 따라 결정될 수 있다. 또한, 피딩부의 크기는 제3 도체와 제4 도체 사이의 거리(930)에 따라 결정될 수 있다.

[0118] 영역(910)의 면적이 커지면 상호 인덕턴스 M 값이 커진다. 반대로 영역(910)의 면적이 작아지면 상호 인덕턴스 M 값이 작아진다. 제어부(940)는 입력 임피던스 Z_{in}의 값을 피딩부의 크기를 조절함으로써 결정할 수 있다. 입력 임피던스 Z_{in}의 값은 대략적으로 1옴(Ω)에서 3000옴까지 피딩부의 크기에 따라 조절될 수 있다. 따라서, 제어부(940)는 피딩부의 크기에 따라 입력 임피던스 Z_{in}을 전력 증폭기(Power Amplifier, PA)의 출력 임피던스에 매칭 시킬 수 있다. 제어부(940)는 전력 증폭기의 출력 임피던스와 입력 임피던스 Z_{in}의 임피던스 매칭을 수행하는데 별도의 매칭 네트워크를 사용할 필요가 없다. 예를 들면, 전력 증폭기의 출력 임피던스가 50옴인 경우에 제어부(940)는 피딩부의 크기를 조절하여 입력 임피던스 Z_{in}을 50옴에 맞출 수 있다. 또한, 제어부(940)는 매칭의 효율을 위해 매칭 네트워크를 사용하더라고, 매칭 네트워크의 구조를 단순화 시킴으로써 전력 전송 효율의 손실을 최소화할 수 있다.

[0119] 제어부(940)는 소스 공진기에 흐르는 유도 전류의 방향과 피딩부에 흐르는 입력 전류의 방향에 기초하여, 소스 공진기의 내부에서 발생하는 자기장의 분포를 균일(uniform)화할 수 있다. 피딩부와 소스 공진기는 캐패시터의 양단에 전기적으로 연결되어 있음으로 인하여, 소스 공진기에 입력 전류와 동일한 방향의 유도 전류가 생성된다. 제어부(940)는 소스 공진기의 자기장 분포에 따라 피딩부의 크기를 조절함으로써 자기장 세기가 약한 부분은 강화시키고, 강한 부분은 약화시켜, 자기장의 분포를 균일화할 수 있다. 제어부(940)는 피딩부 내부에서는 자기장을 강화시킬 수 있고, 소스 공진기와 피딩부 사이의 영역에서는 자기장을 약화시킬 수 있기 때문이다.

[0120] 소스 공진기 내부의 자기장의 분포가 균일해지면, 소스 공진기의 입력 임피던스 값이 일정해진다. 소스 공진기의 입력 임피던스 값이 일정하면, 소스 공진기 상에 타겟 장치가 자유롭게 위치한 경우에도, 무선 전력 전송 장치는 타겟 장치의 위치에 관계없이 전력 전송 효율을 감소시키지 않고 효과적으로 타겟 장치에 전력을 전송할 수 있다.

[0121] 무선 전력 수신 장치도 타겟 공진기, 피딩부 및 제어부를 포함할 수 있다. 제어부는 피딩부의 크기를 조절하여 타겟 공진기의 출력 임피던스를 제어할 수 있다. 제어부는 타겟 공진기와 피딩부 사이 영역의 면적을 조절함으

로써, 타겟 공진기의 출력 임피던스와 피딩부의 입력 임피던스를 매칭시킬 수 있다. 타겟 공진기의 출력 임피던스는 타겟 공진기에서 소스 공진기를 바라볼 때, 보이는 임피던스를 의미할 수 있다. 피딩부의 입력 임피던스는 피딩부에서 부하를 바라볼 때 보이는 임피던스를 의미할 수 있다.

[0122] 도 10은 다른 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

[0123] 도 10을 참조하면, 소스 공진기(1020, 1040)는 코일을 스파이럴(spiral) 형태로 n번 감은 스파이럴 공진기일 수 있다. 이때, 피딩부(1010)는 소스 공진기(1020)의 내부에 위치할 수 있다. 특히 피딩부(1010)는 스파이럴 형태로 감긴 가장 안쪽의 코일의 내부에 위치할 수 있다. 피딩부(1010)는 입력 포트(1011)를 포함할 수 있다. 입력 포트(1011)는 RF 신호를 입력 받고, 피딩부(1010)에 입력 전류가 흐르게 할 수 있다. 입력 전류는 소스 공진기(1010)에도 흐르게 되고, 이로부터 자기장이 발생하고, 상기 자기장으로부터 소스 공진기(1010)에 입력 전류와 동일한 방향의 유도 전류가 생성될 수 있다.

[0124] 소스 공진기(1020,740)는 코일을 스파이럴(spiral) 형태로 감기 시작하는 부분과 n번 감은 후 종료하는 부분 사이에 전기적으로 연결되는 캐패시터를 포함한다.

[0125] 피딩부(1030)는 소스 공진기(1040)의 외부에 위치할 수 있다. 특히 피딩부(1030)는 스파이럴 형태로 감긴 가장 바깥쪽의 코일의 외부에 위치할 수 있다. 피딩부(1030)는 입력 포트(1031)를 포함할 수 있다. 입력 포트(1031)는 RF 신호를 입력 받고, 피딩부(1030)에 입력 전류가 흐르게 할 수 있다. 입력 전류는 소스 공진기(1030)에도 흐르게 되고, 이로부터 자기장이 발생하고, 상기 자기장으로부터 소스 공진기(1030)에 입력 전류와 동일한 방향의 유도 전류가 생성될 수 있다.

[0126] 소스 공진기는 메타(meta) 공진기, 코일 공진기, 스파이럴 공진기 및 헬리컬(helical) 공진기 등 다양한 형태로 구현될 수 있다. 그리고 상기 소스 공진기에 유도 전류를 발생시키는 피딩부는 다양한 형태의 소스 공진기의 내부 또는 외부에 위치할 수 있다. 이때 피딩부는 소스 공진기에 포함된 캐패시터의 양단에 전기적으로 연결될 수 있다. 피딩부 중 캐패시터의 양단에 전기적으로 연결되는 부분들은 캐패시터를 통하여 직접적으로 입력 전류를 통과시킬 수 없다. 입력 전류는 피딩부 및 소스 공진기가 형성하는 루프를 통하여 흐를 수 있다.

[0127] 도 11(a) 내지 도 16은 공진기들의 실시 예들을 나타낸다. 무선 전력 전송 장치에 포함된 소스 공진기 및 무선 전력 수신 장치에 포함된 타겟 공진기는 도 11(a) 내지 도 16에서 설명되는 공진기의 구조로 구현될 수 있다.

[0128] 도 11(a) 및 도 11(b)는 일실시예에 따른 3 차원 구조의 공진기를 나타낸 도면이다.

[0129] 도 11(a)를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3 차원 구조의 공진기(1100)는 제1 신호 도체 부분(1111), 제2 신호 도체 부분(1112) 및 그라운드 도체 부분(1113)을 포함하는 전송 선로 및 캐패시터(1120)를 포함한다. 여기서 캐패시터(1120)는 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(1111)과 제2 신호 도체 부분(1112) 사이에 위치에 직렬로 삽입되고, 전계(electric field)는 캐패시터(1120)에 갇히게 된다.

[0130] 또한, 도 11(a)에 도시된 바와 같이 공진기(1100)는 3차원 구조의 형태를 갖는다. 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(1111) 및 제2 신호 도체 부분(1112)을 포함하고, 하부에 그라운드 도체 부분(1113)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(1111) 및 제2 신호 도체 부분(1112)과 그라운드 도체 부분(1113)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(1111) 및 제2 신호 도체 부분(1112)을 통하여 x 방향으로 흐르며, 이러한 전류로 인해 -y 방향으로 자계(magnetic field) H(w)가 발생한다. 물론, 도 11에 도시된 것과 다르게, +y 방향으로 자계(magnetic field) H(w)가 발생할 수 있다.

[0131] 또한, 도 11(a)에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(1111)의 한쪽 단은 도체(1142)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 캐패시터(1120)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(1112)의 한쪽 단은 도체(1141)와 접지되며, 다른 쪽 단은 캐패시터(1120)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(1111), 제2 신호 도체 부분(1112) 및 그라운드 도체 부분(1113), 도체들(1141, 1142)은 서로 연결됨으로써, 공진기(1100)는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함하며, '루프 구조를 갖는다고 함은' 전기적으로 닫혀 있다는 것을 의미한다.

[0132] 또한, 도 11(a)에 도시된 바와 같이 캐패시터(1120)는 제1 신호 도체 부분(1111) 및 제2 신호 도체 부분(1112) 사이에 삽입된다. 이 때, 캐패시터(1120)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 캐패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.

[0133] 도 11(a)에 도시된 바와 같이 캐패시터(1120)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 상기 공진기(1100)는 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있다. 집중 소자로서 삽입된 캐패시터(1120)의 커패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 공진기(1100)는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 캐패시터(1120)의 커패시턴스를 적절히 조절함으로써, 공진기(1100)는 특정 주파수 대역에서 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 본 발명의 일실시예에 따른 공진기(1100)는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 아래에서 설명하겠지만, 캐패시터(1120)의 커패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 공진기(1100)가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 공진기(1100)가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 공진기(1100)가 대상 주파수에서 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 캐패시터(1120)의 커패시턴스가 정해질 수 있다.

[0134] 도 11(a)에 도시된 MNG 공진기(1100)는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기(1100)는 영번째 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기(1100)의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. MNG 공진기(1100)에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 캐패시터(1120)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기(1100)의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.

[0135] 도 11(a)에 도시된 바와 같이 MNG 공진기(1100)를 참조하면, 근접 필드(near field)에서 전계는 전송 선로(1110)에 삽입된 캐패시터(1120)에 집중되므로, 캐패시터(1120)로 인하여 근접 필드에서는 자계(magnetic field)가 도미넌트(dominant)해진다. 특히, 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖는 MNG 공진기(1100)는 자계 다이폴(magnetic dipole)과 유사한 특성들을 가지므로, 근접 필드에서는 자계가 도미넌트하며, 캐패시터(1120)의 삽입으로 인해 발생하는 적은 양의 전계 또한 그 캐패시터(1120)에 집중되므로, 근접 필드에서는 자계가 더더욱 도미넌트해진다. MNG 공진기(1100)는 집중 소자의 캐패시터(1120)를 이용하여 높은 큐-팩터(Q-Factor)를 가질 수 있으므로, 전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0136] 또한, 도 11(a)에 도시된 MNG 공진기(1100)는 임피던스 매칭을 위한 매칭기(1130)를 포함할 수 있다. 이 때, 매칭기(1130)는 MNG 공진기(1100)의 자계의 강도를 적절히 조절 가능(tunable)하고, 매칭기(1130)에 의해 MNG 공진기(1100)의 임피던스는 결정된다. 그리고, 전류는 커넥터(1140)를 통하여 MNG 공진기(1100)로 유입되거나 MNG 공진기(1100)로부터 유출된다. 여기서, 커넥터(1140)는 그라운드 도체 부분(1113) 또는 매칭기(1130)와 연결될 수 있다.

[0137] 보다 구체적으로, 도 11(a)에 도시된 바와 같이, 매칭기(1130)는 공진기(1100)의 루프 구조로 인해 형성되는 루프의 내부에 위치할 수 있다. 매칭기(1130)는 물리적인 형태를 변경함으로써, 공진기(1100)의 임피던스를 조절할 수 있다. 특히, 매칭기(1130)는 그라운드 도체 부분(1113)으로부터 거리 h 만큼 떨어진 위치에 임피던스 매칭을 위한 도체 부분(1131)을 포함할 수 있으며, 공진기(1100)의 임피던스는 거리 h를 조절함으로써 변경될 수 있다.

[0138] 도 11(a)에 도시되지 아니하였지만, 매칭기(1130)를 제어할 수 있는 컨트롤러가 존재하는 경우, 매칭기(1130)는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 매칭기(1130)의 물리적 형태를 변경할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호에 따라 매칭기(1130)의 도체(1131)과 그라운드 도체 부분(1113) 사이의 거리 h가 증가하거나, 감소될 수 있으며, 그에 따라 매칭기(1130)의 물리적 형태가 변경됨으로써, 공진기(1100)의 임피던스는 조절될 수 있다. 매칭기(1130)의 도체(1131)과 그라운드 도체 부분(1113) 사이의 거리 h는 다양한 방식들로 조절될 수 있다. 즉, 첫째, 매칭기(1130)에는 여러 도체들이 포함될 수 있고, 그 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리 h가 조절될 수 있다. 둘째, 도체(1131)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리 h가 조절될 수 있다. 이러한 거리 h는 컨트롤러의 제어 신호에 따라 제어될 수 있으며, 컨트롤러는 다양한 팩터들을 고려하여 제어 신호를 생성할 수 있다.

[0139] 매칭기(1130)는 도 11(a)에 도시된 바와 같이, 도체 부분(1131)과 같은 수동 소자로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라서는 다이오드, 트랜지스터 등과 같은 능동 소자로 구현될 수 있다. 능동 소자가 매칭기(1130)에 포함되는 경우, 능동 소자는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 구동될 수 있으며, 그 제어 신호에 따라 공진기(1100)의 임피던스는 조절될 수 있다. 예를 들어, 매칭기(1130)에는 능동 소자의 일종인 다이오드가 포함될 수 있고, 다이오드가 'on' 상태에 있는지 또는 'off'' 상태에 있는지에 따라 공진기(1100)의 임피던스가 조절될 수 있다.

[0140] 또한, 도 11(a)에 명시적으로 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기(1100)를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될

수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0141] 또한, 도 11(b)에 도시된 공진기는 임피던스 매칭을 위한 매칭기(1150)를 포함할 수 있다. 이 때, 매칭기(1150)는 제3 신호 도체 부분(1151), 제4 신호 도체 부분(1152) 및 그라운드 도체 부분(1153)을 포함하는 전송선로, 제3 신호 도체 부분(1151)과 그라운드 도체 부분(1153)을 연결하는 도체(1154) 및 제4 신호 도체 부분(1152)과 그라운드 도체 부분(1153)을 연결하는 도체(1155)를 포함한다. 이때, 제3 신호 도체 부분(1151), 제4 신호 도체 부분(1152)은 공진기의 캐패시터 양단에 연결될 수 있다.

[0142] 또한, 도 11(b)에 도시된 바와 같이 제3 신호 도체 부분(1151)의 한쪽 단은 도체(1154)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 캐패시터의 한쪽 단에 연결된다. 그리고, 제4 신호 도체 부분(1152)의 한쪽 단은 도체(1155)와 접지되며, 다른 쪽 단은 캐패시터의 다른 쪽 단과 연결된다.

[0143] 결과적으로 매칭기(1150)와 공진기는 연결되고, 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 매칭기(1150)는 공진기의 자계의 강도를 적절히 조절 가능(tunable)하고, 매칭기(1150)에 의해 공진기의 임피던스는 결정된다. 그리고, 전류는 커넥터를 통하여 공진기로 유입되거나 공진기로부터 유출된다. 여기서, 커넥터는 매칭기(1150)와 연결될 수 있다. 보다 구체적으로, 커넥터는 제3 신호 도체 부분(1151) 또는 제4 신호 도체 부분(1152)에 연결될 수 있다. 커넥터를 통해 입력된 전류는 공진기에 유도 전류를 발생시킨다. 그 결과, 매칭기(1150) 내부에서는 공진기와 매칭기(1150) 간에 동일한 방향의 자기장이 발생하여, 자기장의 세기가 강화될 수 있다. 또한, 매칭기(1150) 외부에서는 공진기와 매칭기(1150) 간에 반대 방향의 자기장이 발생하여, 자기장의 세기가 약화될 수 있다.

[0144] 매칭기(1130)는 물리적인 형태를 변경함으로써, 공진기의 임피던스를 조절할 수 있다. 특히, 매칭기(1130)는 그라운드 도체 부분(1153)으로부터 거리 h 만큼 떨어진 위치에 임피던스 매칭을 위한 도체 부분(1151, 1152)을 포함할 수 있으며, 공진기의 임피던스는 거리 h를 조절함으로써 변경될 수 있다.

[0145] 도 11(b)에 도시되지 아니하였지만, 매칭기(1150)를 제어할 수 있는 컨트롤러가 존재하는 경우, 매칭기(1150)는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 매칭기(1150)의 물리적 형태를 변경할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호에 따라 매칭기(1150)의 도체 부분(1151, 1152)과 그라운드 도체 부분(1153) 사이의 거리 h가 증가하거나, 감소될 수 있으며, 그에 따라 매칭기(1150)의 물리적 형태가 변경됨으로써, 공진기의 임피던스는 조절될 수 있다. 매칭기(1150)의 도체 부분(1151, 1152)과 그라운드 도체 부분(1153) 사이의 거리 h는 다양한 방식들로 조절될 수 있다. 즉, 첫째, 매칭기(1150)에는 여러 도체들이 포함될 수 있고, 그 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리 h가 조절될 수 있다. 둘째, 도체 부분(1151, 1152)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리 h가 조절될 수 있다. 이러한 거리 h는 컨트롤러의 제어 신호에 따라 제어될 수 있으며, 컨트롤러는 다양한 팩터들을 고려하여 제어 신호를 생성할 수 있다. 또한, 제어 신호에 따라 매칭기(1150)의 도체(1154)와 도체(1155) 사이의 거리 w가 증가하거나, 감소될 수 있으며, 그에 따라 매칭기(1150)의 물리적 형태가 변경됨으로써, 공진기의 임피던스는 조절될 수 있다.

[0146] 도 12(a) 및 도 12(b)는 bulky type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0147] 도 12(a)를 참조하면, 제1 신호 도체 부분(1211)과 도체(1242)는 개별적으로 제작된 후, 서로 연결되는 것이 아니라 하나의 일체형으로 제작될 수 있다. 마찬가지로, 제2 신호 도체 부분(1212)과 도체(1241) 역시 하나의 일체형으로 제작될 수 있다.

[0148] 제2 신호 도체 부분(1212)과 도체(1241)가 개별적으로 제작된 후, 서로 연결되는 경우, 이음매(1250)로 인한 도체 손실이 있을 수 있다. 이 때, 본 발명의 실시예에 따르면, 제2 신호 도체 부분(1212)과 도체(1241)는 별도의 이음매 없이(seamless) 서로 연결되며, 도체(1241)와 그라운드 도체 부분(1213)도 별도의 이음매 없이 서로 연결될 수 있으며, 이음매로 인한 도체 손실을 줄일 수 있다. 결국, 제2 신호 도체 부분(1212)과 그라운드 도체 부분(1213)은 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 제작될 수 있다. 마찬가지로, 제1 신호 도체 부분(1211)과 그라운드 도체 부분(1213)은 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 제작될 수 있다.

[0149] 도 12(a)에 도시된 바와 같이, 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 둘 이상의 부분(partition)들을 서로 연결하는 유형을 'bulky type'이라고 부르기도 한다.

[0150] 도 12(a)에 도시된 바와 같이, 공진기(1200)는 매칭기(1230)를 포함할 수 있다. 또한, 도 12(b)에 도시된 바와 같이, 공진기(1200)는 공진기(1200)의 캐패시터와 일부 도체부분이 연결된 매칭기(1260)를 포함할 수 있다.

[0151] 도 13(a) 및 도 13(b)는 Hollow type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0152] 도 13(a)를 참조하면, Hollow type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기(1300)의 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각은 내부에 비어 있는 공간을 포함한다.

[0153] 주어진(given) 공진 주파수에서, 유효 전류는 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각의 모든 부분을 통해 흐르는 것이 아니라, 일부의 부분만을 통해 흐르는 것으로 모델링될 수 있다. 즉, 주어진 공진 주파수에서, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 두께(depth)가 각각의 skin depth보다 지나치게 두꺼운 것은 비효율적일 수 있다. 즉, 그것은 공진기(1300)의 무게 또는 공진기(1300)의 제작 비용을 증가시키는 원인이 될 수 있다.

[0154] 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면, 주어진 공진 주파수에서 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각의 skin depth를 기초로 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각의 두께를 적절히 정할 수 있다. 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각이 해당 skin depth보다 크면서도 적절한 두께를 갖는 경우, 공진기(1300)는 가벼워질 수 있으며, 공진기(1300)의 제작 비용 또한 감소될 수 있다.

[0155] 예를 들어, 도 13(a)에 도시된 바와 같이, 제2 신호 도체 부분(1312)의 두께는 d mm로 정해질 수 있고, d는

$$d = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$$

를 통해서 결정될 수 있다. 여기서, f는 주파수, μ는 투자율, σ는 도체 상수를 나타낸다. 특히, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 이 구리(copper)로서 5.8x10^7의 도전율(conductivity)을 갖는 경우에, 공진 주파수가 10kHz에 대해서는 skin depth가 약 0.6mm일 수 있으며, 공진 주파수가 100MHz에 대해서는 skin depth는 0.006mm일 수 있다.

[0156] 도 13(a)에 도시된 바와 같이, 공진기(1300)는 매칭기(1330)를 포함할 수 있다. 또한, 도 13(b)에 도시된 바와 같이, 공진기(1300)는 공진기(1300)의 캐패시터와 일부 도체부분이 연결된 매칭기(1350)를 포함할 수 있다.

[0157] 도 14(a) 및 도 14(b)는 parallel-sheet이 적용된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0158] 도 14(a)를 참조하면, parallel-sheet이 적용된 무선 전력 전송을 위한 공진기에 포함된 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412) 각각의 표면에는 parallel-sheet이 적용될 수 있다.

[0159] 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412)은 완벽한 도체(perfect conductor)가 아니므로, 저항 성분을 가질 수 있고, 그 저항 성분으로 인해 저항 손실(ohmic loss)가 발생할 수 있다. 이러한 저항 손실은 Q 팩터를 감소시키고, 커플링 효율을 감소시킬 수 있다.

[0160] 본 발명의 실시예에 따르면, 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412) 각각의 표면에 parallel-sheet을 적용함으로써, 저항 손실을 줄이고, Q 팩터 및 커플링 효율을 증가시킬 수 있다. 도 14의 부분(1470)을 참조하면, parallel-sheet이 적용되는 경우, 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412) 각각은 복수의 도체 라인들을 포함한다. 이 도체 라인들은 병렬적으로 배치되며, 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412) 각각의 끝 부분에서 접지(short)된다.

[0161] 제1 신호 도체 부분(1411), 제2 신호 도체 부분(1412) 각각의 표면에 parallel-sheet을 적용하는 경우, 도체 라인들이 병렬적으로 배치되므로, 도체 라인들이 갖는 저항 성분들의 합은 감소된다. 따라서, 저항 손실을 줄이고, Q 팩터 및 커플링 효율을 증가시킬 수 있다.

[0162] 도 14(a)에 도시된 바와 같이, 공진기(1400)는 매칭기(1340)를 포함할 수 있다. 또한, 도 14(b)에 도시된 바와 같이, 공진기(1400)는 공진기(1400)의 캐패시터와 일부 도체부분이 연결된 매칭기(1450)를 포함할 수 있다.

[0163] 도 15(a) 및 도 15(b)는 분산된 캐패시터를 포함하는 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0164] 도 15(a)를 참조하면, 무선 전력 전송을 위한 공진기에 포함되는 캐패시터(1520)는 분산된 캐패시터일 수 있다. 집중 소자로서의 캐패시터는 상대적으로 높은 등가 직렬 저항(Equivalent Series Resistance: ESR)을 가질 수 있다. 집중 소자로서의 캐패시터가 갖는 ESR을 줄이기 위한 여러 제안들이 있지만, 본 발명의 실시예는 분산 소자로서의 캐패시터(1520)를 사용함으로써, ESR을 줄일 수 있다. 참고로, ESR로 인한 손실은 Q 팩터 및 커플링 효율을 감소시킬 수 있다.

[0165] 분산 소자로서의 캐패시터(1520)는 도 15(a)에 도시된 바와 같이, 지그 재그 구조를 가질 수 있다. 즉, 분산 소자로서의 캐패시터(1520)는 지그 재그 구조의 도체 라인 및 유전체로 구현될 수 있다.

[0166] 뿐만 아니라, 도 15(a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예는 분산 소자로서의 캐패시터(1520)를 사용함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 복수 개의 집중 소자로서의 캐패시터들을 병렬적으로 사용함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다. 왜냐 하면, 집중 소자로서의 캐패시터들 각각이 갖는 저항 성분들은 병렬 연결을 통하여 작아지기 때문에, 병렬적으로 연결된 집중 소자로서의 캐패시터들의 유효 저항 또한 작아질 수 있으며, 따라서, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다. 예를 들어, 10pF의 캐패시터 하나를 사용하는 것을 1pF의 캐패시터들 10개를 사용하는 것으로 대체함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다.

[0167] 도 15(b)에 도시된 바와 같이, 공진기(1500)는 공진기(1500)의 캐패시터와 일부 도체부분이 연결된 매칭기(1530)를 포함할 수 있다.

[0168] 도 16은 2 차원 구조의 공진기 및 3 차원 구조의 공진기에서 사용되는 매칭기들의 예들을 나타낸 도면이다.

[0169] 도 16의 A는 매칭기를 포함하는 도 6에 도시된 2 차원 공진기의 일부를 나타내며, 도 16의 B는 매칭기를 포함하는 도 11에 도시된 3 차원 공진기의 일부를 나타낸다.

[0170] 도 16의 A를 참조하면, 매칭기는 도체(1631), 도체(1632) 및 도체(1633)을 포함하며, 도체(1632) 및 도체(1633)는 전송 선로의 제1 그라운드 도체 부분(1613) 및 도체(1631)와 연결된다. 매칭기는 도 6의 피더(660)에 대응한다. 도체(1631) 및 제1 그라운드 도체 부분(1613) 사이의 거리 h에 따라 2 차원 공진기의 임피던스는 결정되며, 도체(1631) 및 제1 그라운드 도체 부분(1613) 사이의 거리 h는 컨트롤러에 의해 제어된다. 도체(1631) 및 제1 그라운드 도체 부분(1613) 사이의 거리 h는 다양한 방식들로 조절될 수 있으며, 도체(1631)가 될 수 있는 여러 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리 h를 조절하는 방식, 도체(1631)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리 h를 조절하는 방식 등이 있을 수 있다.

[0171] 도 16의 B를 참조하면, 매칭기는 도체(1131), 도체(1132) 및 도체(1133)을 포함하며, 도체(1132) 및 도체(1133)는 전송 선로의 그라운드 도체 부분(1113) 및 도체(1131)와 연결된다. 도체(1131) 및 그라운드 도체 부분(1113) 사이의 거리 h에 따라 3 차원 공진기의 임피던스는 결정되며, 도체(1131) 및 그라운드 도체 부분(1113) 사이의 거리 h는 컨트롤러에 의해 제어된다. 2 차원 구조의 공진기에 포함되는 매칭기와 마찬가지로, 3 차원 구조의 공진기에 포함되는 매칭기에서도 도체(1131) 및 그라운드 도체 부분(1113) 사이의 거리 h는 다양한 방식들로 조절될 수 있다. 예를 들어, 도체(1131)가 될 수 있는 여러 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리 h를 조절하는 방식, 도체(1131)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리 h를 조절하는 방식 등이 있을 수 있다.

[0172] 도 16에 도시되지 아니하였지만, 매칭기는 능동 소자를 포함할 수 있으며, 능동 소자를 이용하여 공진기의 임피던스를 조절하는 방식은 상술한 바와 유사하다. 즉, 능동 소자를 이용하여 매칭기를 통해 흐르는 전류의 경로를 변경함으로써, 공진기의 임피던스는 조절될 수 있다.

[0173] 도 17은 도 11(a) 및 도 11(b)에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 등가 회로를 나타낸 도면이다.

[0174] 도 11(a) 및 도 11(b)에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기는 도 17에 도시된 등가 회로로 모델링될 수 있다. 도 17의 등가 회로에서 C_L은 도 11(a) 및 도 11(b)의 전송 선로의 중단부에 집중 소자의 형태로 삽입된 캐패시터를 나타낸다.

[0175] 이 때, 도 11(a) 및 도 11(b)에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기는 영번째 공진 특성을 갖는다. 즉, 전파 상수가 0인 경우, 무선 전력 전송을 위한 공진기는 ω_{MZR} 를 공진 주파수로 갖는다고 가정한다. 이 때, 공진

주파수 ω_{MZR} 는 하기 수학식 1과 같이 표현될 수 있다. 여기서, MZR은 Mu Zero Resonator를 의미한다.

[0176] [수학식 1]

[0177] $$\omega_{MZR} = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}}$$

[0178] 상기 수학식 1을 참조하면, 공진기의 공진 주파수 ω_{MZR} 는 L_R/C_L 에 의해 결정될 수 있고, 공진 주파수 ω_{MZR} 와 공진기의 물리적인 사이즈는 서로 독립적일 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 공진 주파수 ω_{MZR} 와 공진기의 물리적인 사이즈가 서로 독립적이므로, 공진기의 물리적인 사이즈는 충분히 작아질 수 있다.

[0179] 도 18은 소스 공진기 및 피더에서 자기장의 분포를 나타내다.

[0180] 별도의 피더를 통해 소스 공진기가 전력을 공급받는 경우에는 피더에서 자기장이 발생하고, 소스 공진기에서도 자기장이 발생한다.

[0181] (a)를 참조하면, 피더(1810)에서 입력 전류가 흐름에 따라 자기장(1830)이 발생한다. 피더(1810) 내부에서 자기장의 방향(1831)과 외부에서 자기장의 방향(1833)은 서로 반대 위상을 가진다. 피더(1810)에서 발생하는 자기장(1830)에 의해 소스 공진기(1820)에서 유도 전류가 발생한다. 이때 유도 전류의 방향은 입력 전류의 방향과 반대이다.

[0182] 유도 전류에 의해 소스 공진기(1820)에서 자기장(1840)이 발생한다. 자기장의 방향은 소스 공진기(1820)의 내부에서는 동일한 방향을 가진다. 따라서, 소스 공진기(1820)에 의해 피더(1810)의 내부에서 발생하는 자기장의 방향(1841)과 피더(1810)의 외부에서 발생하는 자기장의 방향(1843)은 동일한 위상을 가진다.

[0183] 결과적으로 피더(1810)에 의해서 발생하는 자기장과 소스 공진기(1820)에서 발생하는 자기장을 합성하면, 피더(1810)의 내부에서는 자기장의 세기가 약화되고, 피더(1820)의 외부에서는 자기장의 세기가 강화된다. 따라서, 도 18과 같은 구조의 외부 피더(1810)를 통해 소스 공진기(1820)에 전력을 공급하는 경우에는 소스 공진기(1820) 중심에서 자기장의 세기가 약하고, 외곽에서 자기장의 세기가 강하다. 소스 공진기(1820) 상에서 자기장의 분포가 균일(uniform)하지 않은 경우, 입력 임피던스가 수시로 변화하므로 임피던스 매칭을 수행하는 것이 어렵다. 또한, 자기장의 세기가 강한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘되고, 자기장의 세기가 약한 부분에서는 무선 전력 전송이 잘 되지 않으므로, 평균적으로 전력 전송 효율이 감소한다.

[0184] 타겟 공진기의 경우에도 소스 공진기의 경우와 유사하다. 소스 공진기(1820)에 흐르는 전류는 피더(1810)에 흐르는 입력 전류에 의해 유도된다. 타겟 공진기에 흐르는 전류는 소스 공진기(1820)와 타겟 공진기 간의 마그네틱 커플링에 의해 유도된다. 타겟 공진기에 흐르는 전류는 자기장을 발생시키고, 타겟 공진기 내부에 위치한 피더에 유도 전류를 생성할 수 있다. 이 경우에도 피더 내부에서는 타겟 공진기에서 발생하는 자기장의 방향과 피더에서 발생하는 자기장의 방향이 서로 반대 위상이므로, 자기장의 세기가 약화된다.

[0185] (b)는 소스 공진기(1850)와 피더(1860)가 공통의 접지를 가진 무선 전력 전송 장치의 구조를 나타낸다. 소스 공진기(1850)는 캐패시터(1851)를 포함할 수 있다. 피더(1860)는 포트(1861)를 통하여, RF 신호를 입력 받을 수 있다. 피더(1860)에는 RF 신호가 입력되어, 입력 전류가 생성될 수 있다. 피더(1860)에 흐르는 입력 전류는 자기장을 생성하고, 상기 자기장으로부터 소스 공진기(1850)에 유도 전류가 유도된다. 또한, 소스 공진기(1850)를 흐르는 유도 전류로부터 자기장이 발생한다. 이때, 피더(1860)에 흐르는 입력 전류의 방향과 소스 공진기(1850)에 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가진다. 따라서, 소스 공진기(1850)와 피더(1860) 사이의 영역에서, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(1871)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(1873)은 동일한 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 강화된다. 반면에, 피더(1860)의 내부에서는, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(1881)과 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향(1883)은 반대 위상을 가지므로, 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 소스 공진기(1850)의 중심에서는 자기장의 세기가 약해지고,

소스 공진기(1850)의 외곽에서는 자기장의 세기가 강화될 수 있다.

[0186] 피더(1860)는 피더(1860) 내부의 면적을 조절하여, 입력 임피던스를 결정할 수 있다. 여기서 입력 임피던스는 피더(1860)에서 소스 공진기(1850)를 바라볼 때, 보이는 임피던스를 의미한다. 피더(1860) 내부의 면적이 커지면 입력 임피던스는 증가하고, 내부의 면적이 작아지면 입력 임피던스는 감소한다. 그런데, 입력 임피던스가 감소하는 경우에도, 소스 공진기(1850) 내부의 자기장 분포는 일정하지 않으므로, 타겟 디바이스의 위치에 따라 입력 임피던스 값이 일정하지 않다. 따라서, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하다. 입력 임피던스가 증가하는 경우에는 큰 입력 임피던스를 작은 출력 임피던스에 매칭시키기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다.

[0187] 타겟 공진기가 소스 공진기(1850)와 같은 구성이고, 타겟 공진기의 피더가 피더(1860)와 같은 구성인 경우에도 별도의 매칭 네트워크가 필요할 수 있다. 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 타겟 공진기의 피더에서 흐르는 유도 전류의 방향은 서로 반대 위상을 가지기 때문이다.

[0188] 도 19은 일실시예에 따른 무선 전력 전송 장치를 나타낸 도면이다.

[0189] (a)를 참조하면, 무선 전력 전송 장치는 소스 공진기(1910) 및 피딩부(1920)를 포함할 수 있다. 소스 공진기(1910)는 캐패시터(1911)를 포함할 수 있다. 피딩부(1920)는 캐패시터(1911)의 양단에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0190] (b)는 (a)의 구조를 좀 더 구체적으로 표시한 도면이다. 이때, 소스 공진기(1910)는 제1 전송선로, 제1 도체(1941), 제2 도체(1942), 적어도 하나의 제1 캐패시터(1950)를 포함할 수 있다.

[0191] 제1 캐패시터(1950)는 제1 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(1931)과 제2 신호 도체 부분(1932) 사이에 위치에 직렬로 삽입되며, 그에 따라 전계(electric field)는 제1 캐패시터(1950)에 갇히게 된다. 일반적으로, 전송 선로는 상부에 적어도 하나의 도체, 하부에 적어도 하나의 도체를 포함하며, 상부에 있는 도체를 통해서는 전류가 흐르며, 하부에 있는 도체는 전기적으로 그라운드 된다(grounded). 본 명세서에서는 제1 전송 선로의 상부에 있는 도체를 제1 신호 도체 부분(1931)과 제2 신호 도체 부분(1932)로 나누어 부르고, 제1 전송 선로의 하부에 있는 도체를 제1 그라운드 도체 부분(1933)으로 부르기로 한다.

[0192] (b)에 도시된 바와 같이, 소스 공진기는 2 차원 구조의 형태를 갖는다. 제1 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(1931) 및 제2 신호 도체 부분(1932)을 포함하고, 하부에 제1 그라운드 도체 부분(1933)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(1931) 및 제2 신호 도체 부분(1932)과 제1 그라운드 도체 부분(1933)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(1931) 및 제2 신호 도체 부분(1932)을 통하여 흐른다.

[0193] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(1931)의 한쪽 단은 제1 도체(1941)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(1950)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(1932)의 한쪽 단은 제2 도체(1942)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제1 캐패시터(1950)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(1931), 제2 신호 도체 부분(1932) 및 제1 그라운드 도체 부분(1933), 도체들(1941, 1942)은 서로 연결됨으로써, 소스 공진기는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함하며, '루프 구조를 갖는다고 함은' 전기적으로 닫혀 있다는 것을 의미한다.

[0194] 제1 캐패시터(1950)는 전송 선로의 중단부에 삽입된다. 보다 구체적으로, 제1캐패시터(1950)는 제1 신호 도체 부분(1931) 및 제2 신호 도체 부분(1932) 사이에 삽입된다. 이 때, 제1 캐패시터(1950)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 캐패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.

[0195] 제1 캐패시터(1950)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 소스 공진기는 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있다. 여기서, 메타물질이란 자연에서 발견될 수 없는 특별한 전기적 성질을 갖는 물질로서, 인공적으로 설계된 구조를 갖는다. 자연계에 존재하는 모든 물질들의 전자기 특성은 고유의 유전율 또는 투자율을 가지며, 대부분의 물질들은 양의 유전율 및 양의 투자율을 갖는다.

[0196] 대부분의 물질들에서 전계, 자계 및 포인팅 벡터에는 오른손 법칙이 적용되므로, 이러한 물질들을 RHM(Right Handed Material)이라고 한다. 그러나, 메타물질은 자연계에 존재하지 않는 유전율 또는 투자율을 가진 물질로서, 유전율 또는 투자율의 부호에 따라 ENG(epsilon negative) 물질, MNG(mu negative) 물질, DNG(double negative) 물질, NRI(negative refractive index) 물질, LH(left-handed) 물질 등으로 분류된다.

[0197] 이 때, 집중 소자로서 삽입된 제1 캐패시터(1950)의 캐패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 소스 공진기는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 제1 캐패시터(1950)의 캐패시턴스를 적절히 조절함으로써, 소스 공진기는 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 소스 공진기는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 제1 캐패시터(1950)의 캐패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 소스 공진기가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 소스 공진기가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 소스 공진기가 대상 주파수에서 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 제1 캐패시터(1950)의 캐패시턴스가 정해질 수 있다.

[0198] MNG 공진기는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기는 영번째 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. 즉, 아래에서 다시 설명하겠지만, MNG 공진기에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 제1 캐패시터(1950)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.

[0199] 또한, 근접장(near field)에서 전계는 전송 선로에 삽입된 제1 캐패시터(1950)에 집중되므로, 제1 캐패시터(1950)로 인하여 근접 필드에서는 자기장(magnetic field)이 도미넌트(dominant)해진다. 그리고, MNG 공진기는 집중 소자의 제1 캐패시터(1950)를 이용하여 높은 큐-팩터(Q-Factor)를 가질 수 있으므로, 전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있다. 참고로, 큐-팩터는 무선 전력 전송에 있어서 저항 손실(ohmic loss)의 정도 또는 저항(resistance)에 대한 리액턴스의 비를 나타내는데, 큐-팩터가 클수록 무선 전력 전송의 효율이 큰 것으로 이해될 수 있다.

[0200] 또한, (b)에 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0201] (b)를 참조하면, 피딩부(1920)는 제2 전송선로, 제3 도체(1971), 제4 도체(1972), 제5 도체(1981) 및 제6 도체(1982)를 포함할 수 있다.

[0202] 제2 전송 선로는 상부에 제3 신호 도체 부분(1961) 및 제4 신호 도체 부분(1962)을 포함하고, 하부에 제2 그라운드 도체 부분(1963)을 포함한다. 제3 신호 도체 부분(1961) 및 제4 신호 도체 부분(1962)과 제2 그라운드 도체 부분(1963)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제3 신호 도체 부분(1961) 및 제4 신호 도체 부분(1962)을 통하여 흐른다.

[0203] 또한, (b)에 도시된 바와 같이 제3 신호 도체 부분(1961)의 한쪽 단은 제3 도체(1971)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 제5 도체(1981)와 연결된다. 그리고, 제4 신호 도체 부분(1962)의 한쪽 단은 제4 도체(1972)와 접지되며, 다른 쪽 단은 제6 도체 (1982)와 연결된다. 제5 도체(1981)는 제1 신호 도체 부분(1931)과 연결되고, 제6 도체 (1982)는 제2 신호 도체 부분(1932)과 연결된다. 제5 도체(1981)와 제6 도체(1982)는 제1 캐패시터(1950)의 양단에 병렬로 연결된다. 이때, 제5 도체(1981) 및 제6 도체(1982)는 RF신호를 입력받는 입력 포트로 사용될 수 있다.

[0204] 결국, 제3 신호 도체 부분(1961), 제4 신호 도체 부분(1962) 및 제2 그라운드 도체 부분(1963), 제3 도체(1971), 제4 도체(1972), 제5 도체(1981), 제6 도체(1982) 및 소스 공진기(1910)는 서로 연결됨으로써, 소스 공진기(1910) 및 피딩부(1920)는 전기적으로 닫혀 있는 루프 구조를 갖는다. 여기서, '루프 구조'는 원형 구조, 사각형과 같은 다각형의 구조 등을 모두 포함한다. 제5 도체(1981) 또는 제6 도체(1982)를 통하여 RF 신호가 입력되면, 입력 전류는 피딩부(1920) 및 소스 공진기(1910)에 흐르게 되고, 입력 전류에 의해 발생하는 자기장에 의하여, 소스 공진기(1910)에 유도 전류가 유도 된다. 피딩부(1920)에서 흐르는 입력 전류의 방향과 소스 공진기(1910)에서 흐르는 유도 전류의 방향이 동일하게 형성됨으로써, 소스 공진기(1910)의 중앙에서는 자기장의 세기가 강화되고, 소스 공진기(1910)의 외곽에서는 자기장의 세기가 약화된다. 입력 전류 및 유도 전류의 방향에 대해서는 도 20에서 좀 더 상세하게 설명한다.

[0205] 소스 공진기(1910)와 피딩부(1920) 사이 영역의 면적에 의해 입력 임피던스가 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 상기 입력 임피던스의 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크는 필요하지 않다. 매칭 네트워크가 사용되는 경우에도, 피딩부(1920)의 크기를 조절함으로써, 입력 임피던스를 결정할 수 있기 때문에, 매칭 네트워크의 구조는 단순해질 수 있다. 단순한 매칭 네트워크 구조는 매칭 네트워크의 매칭 손실을 최소화한다.

[0206] 제2 전송 선로, 제3 도체(1971), 제4 도체(1972), 제5 도체(1981), 제6 도체(1982) 는 소스 공진기(1910)와 동

일한 구조를 형성할 수 있다. 즉, 소스 공진기(1910)가 루프 구조인 경우에는 피딩부(1920)도 루프 구조일 수 있다. 또한, 소스 공진기(1910)가 원형 구조인 경우에는 피딩부(1920)도 원형 구조일 수 있다.

[0207] 앞에서 설명한, 소스 공진기(1910) 및 피딩부(1920)의 구성은 타겟 공진기 및 타겟 공진기의 피딩부에도 동일하게 적용될 수 있다. 타겟 공진기의 피딩부가 앞에서 설명한 구성과 동일한 경우에, 피딩부는 피딩부의 크기를 조절함으로써, 타겟 공진기의 출력 임피던스와 피딩부의 입력 임피던스를 매칭시킬 수 있다. 따라서, 별도의 매칭 네트워크를 사용하지 않을 수 있다.

[0208] 도 20는 일실시예에 따른 피딩부의 피딩에 따른 소스 공진기의 내부에서 자기장의 분포를 나타낸 도면이다.

[0209] 피딩은 무선 전력 전송 장치에서는 소스 공진기에 전력을 공급하는 것을 의미한다. 피딩은 무선 전력 수신 장치에서는 정류부에 AC 전력을 공급하는 것을 의미할 수 있다. (a)는 피딩부에서 흐르는 입력 전류의 방향 및 소스 공진기에서 유도되는 유도 전류의 방향을 나타낸다. 또한, (a)는 피딩부의 입력 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향 및 소스 공진기의 유도 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향을 나타낸다. (a)는 도 20의 소스 공진기(2010) 및 피딩부(2020)를 좀 더 간략하게 표현한 도면이다. (b)는 피딩부와 소스 공진기의 등가회로를 나타낸다.

[0210] (a)를 참조하면, 피딩부의 제5 도체 또는 제6 도체는 입력 포트(2010)로 사용될 수 있다. 입력 포트(2010)는 RF 신호를 입력 받는다. RF 신호는 전력 증폭기로부터 출력될 수 있다. 전력 증폭기는 타겟 디바이스의 필요에 따라 RF 신호의 진폭을 증감시킬 수 있다. 입력 포트(2010)에서 입력된 RF 신호는 피딩부에 흐르는 입력 전류의 형태로 표시될 수 있다. 피딩부를 흐르는 입력 전류는 피딩부의 전송선로를 따라 시계방향으로 흐른다. 그런데, 피딩부의 제5 도체는 소스 공진기와 전기적으로 연결된다. 좀 더 구체적으로, 제5 도체는 소스 공진기의 제1 신호 도체 부분과 연결된다. 따라서 입력 전류는 피딩부 뿐만 아니라 소스 공진기에도 흐르게 된다. 소스 공진기에서 입력 전류는 반시계 방향으로 흐른다. 소스 공진기에 흐르는 입력 전류에 의하여 자기장이 발생하고, 상기 자기장에 의해 소스 공진기에 유도 전류가 생성된다. 유도 전류는 소스 공진기에서 시계방향으로 흐른다. 이때 유도 전류는 소스 공진기의 캐패시터에 에너지를 전달할 수 있다. 또한, 유도 전류에 의해 자기장이 발생한다. (a)에서 피딩부 및 소스 공진기에 흐르는 입력 전류는 실선으로 표시되고, 소스 공진기에 흐르는 유도 전류는 점선으로 표시되었다.

[0211] 전류에 의해 발생하는 자기장의 방향은 오른나사의 법칙을 통해 알 수 있다. 피딩부 내부에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(2021)과 소스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(2023)은 서로 동일하다. 따라서, 피딩부 내부에서 자기장의 세기가 강화된다.

[0212] 또한, 피딩부와 소스 공진기 사이의 영역에서, 피딩부에 흐르는 입력 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(2033)과 소스 공진기에 흐르는 유도 전류에 의해 발생한 자기장의 방향(2031)은 서로 반대 위상이다. 따라서, 피딩부와 소스 공진기 사이의 영역에서, 자기장의 세기는 약화된다.

[0213] 루프 형태의 소스 공진기에서는 일반적으로 소스 공진기의 중심에서는 자기장의 세기가 약하고, 소스 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 강하다. 그런데 (a)를 참조하면, 피딩부가 소스 공진기의 캐패시터 양단에 전기적으로 연결됨으로써 소스 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일해 진다. 소스 공진기의 유도 전류의 방향과 피딩부의 입력 전류의 방향이 동일하기 때문에, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부의 외부에서는 자기장의 세기가 약화된다. 결과적으로 루프 형태의 소스 공진기의 중심에서는 피딩부로 인하여 자기장의 세기가 강화되고, 소스 공진기의 외곽부분에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다. 그러므로 소스 공진기 내부에서는 전체적으로 자기장의 세기가 균일해질 수 있다. 또한, 소스 공진기에서 타겟 공진기로 전달되는 전력 전송의 효율은 소스 공진기에서 발생하는 자기장의 세기에 비례하므로, 소스 공진기의 중심에서 자기장의 세기가 강화됨에 따라 전력 전송 효율도 증가할 수 있다.

[0214] (b)를 참조하면, 피딩부(2040) 및 소스 공진기(2050)는 등가회로로 표현될 수 있다. 피딩부(2040)에서 소스 공진기 측을 바라볼 때 보이는 입력 임피던스 Z_{in}은 다음의 수식과 같이 계산될 수 있다.

[0215] $$Z_{in} = \frac{(\omega M)^2}{Z}$$

[0216] 여기서, M은 피딩부(2040)와 소스 공진기(2050) 사이의 상호 인덕턴스를 의미하고, ω 는 피딩부(2040)와 소스 공진기(2050) 간의 공진 주파수를 의미하고, Z는 소스 공진기(2050)에서 타겟 디바이스 측을 바라볼 때 보이는 임피던스를 의미한다. Z_{in}은 상호 인덕턴스 M에 비례한다. 따라서, 피딩부(2040)와 소스 공진기(2050) 사이에

상호 인덕턴스를 조절함으로써 Z_{in}을 제어할 수 있다. 상호 인덕턴스 M은 피딩부(2040)와 소스 공진기(2050) 사이 영역의 면적에 따라 조절될 수 있다. 피딩부(2040)의 크기에 따라 피딩부(2040)와 소스 공진기(2050) 사이 영역의 면적이 조절될 수 있다. Z_{in}은 피딩부(2040)의 크기에 따라 결정될 수 있으므로, 전력 증폭기의 출력 임피던스와 임피던스 매칭을 수행하기 위해 별도의 매칭 네트워크가 필요하지 않다.

[0217] 무선 전력 수신 장치에 포함된 타겟 공진기 및 피딩부도 위와 같은 자기장의 분포를 가질 수 있다. 타겟 공진기는 소스 공진기로부터 마그네틱 커플링을 통하여 무선 전력을 수신한다. 이때 수신되는 무선 전력을 통하여 타겟 공진기에서는 유도 전류가 생성될 수 있다. 타겟 공진기에서 유도 전류에 의해 발생한 자기장은 피딩부에 다시 유도 전류를 생성할 수 있다. 이때, (a)의 구조와 같이 타겟 공진기와 피딩부가 연결되면, 타겟 공진기에서 흐르는 전류의 방향과 피딩부에서 흐르는 전류의 방향은 동일해진다. 따라서, 피딩부의 내부에서는 자기장의 세기가 강화되고, 피딩부와 타겟 공진기 사이의 영역에서는 자기장의 세기가 약화될 수 있다.

[0218] 도 21은 일 실시예에 따른 전기 자동차(electric vehicle) 충전 시스템을 나타낸다.

[0219] 도 21을 참조하면, 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 소스 시스템(2110), 소스 공진기(2120), 타겟 공진기(2130), 타겟 시스템(2140) 및 전기 자동차용 배터리(2150)을 포함한다.

[0220] 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 도 1의 무선 전력 전송 시스템과 유사한 구조를 가진다. 즉, 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 소스 시스템(2110) 및 소스 공진기(2120)로 구성되는 소스를 포함한다. 또한, 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 타겟 공진기(2130) 및 타겟 시스템(2140)로 구성되는 타겟을 포함한다.

[0221] 이때, 소스 시스템(2110)은 도 1의 소스(110)와 같이, AC/DC 컨버터, Power Detecter, 전력변환부, 제어 및 통신부를 포함할 수 있다. 이때, 타겟 시스템(2140)은 도 1의 타겟(120)과 같이, 정류부, DC/DC 컨버터, 스위치부, 충전부 및 제어 및 통신부를 포함할 수 있다.

[0222] 전기 자동차용 배터리(2150)는 타겟 시스템(2140)에 의해 충전 될 수 있다.

[0223] 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 수 KHz~수십 MHz의 공진 주파수를 사용할 수 있다.

[0224] 소스 시스템(2110)은 충전 차량의 종류, 배터리의 용량, 배터리의 충전 상태에 따라 전력을 생성하고, 생성된 전력을 타겟 시스템(2140)으로 공급할 수 있다.

[0225] 소스 시스템(2110)은 소스 공진기(2120) 및 타겟 공진기(2130)의 정렬(alignment)를 맞추기 위한 제어를 수행할 수 있다. 예를 들어, 소스 시스템(2110)의 제어부는 소스 공진기(2120)와 타겟 공진기(2130)의 alignment가 맞지 않은 경우, 타겟 시스템(2140)으로 메시지를 전송하여 alignment를 제어할 수 있다.

[0226] 이때, alignment가 맞지 않은 경우란, 타겟 공진기(2130)의 위치가 마그네틱 레조넌스(magnetic resonance)가 최대로 일어나기 위한 위치에 있지 않은 경우 일 수 있다. 즉, 차량이 정확하게 정차되지 않은 경우, 소스 시스템(2110)은 차량의 위치를 조정하도록 유도함으로써, 소스 공진기(2120)와 타겟 공진기(2130)의 alignment가 맞도록 유도할 수 있다.

[0227] 소스 시스템(2110)과 타겟 시스템(2140)은 통신을 통해, 차량의 식별자를 송수신할 수 있고, 각종 메시지를 주고 받을 수 있다.

[0228] 도 2 내지 도 20에서 설명된 내용들은 전기 자동차 충전 시스템(2100)에 적용될 수 있다. 다만, 전기 자동차 충전 시스템(2100)은 수 KHz~수십 MHz의 공진 주파수를 사용하고, 전기 자동차용 배터리(2150)를 충전하기 위해 수십 watt이상의 전력 전송을 수행할 수 있다.

[0229] 도 22 및 도 23은 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치 및 무선 전력 전송 장치가 탑재될 수 있는 어플리케이션들을 나타낸다.

[0230] 도 22을 참조하면, (a)는 패드(2210)와 모바일 단말(2220) 간의 무선 전력 충전을 나타내고, (b)는 패드들(2230, 2240)과 보청기들(2250, 2260) 간의 무선 전력 충전을 나타낸다.

[0231] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치는 패드(2210)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(2220)에 탑재될 수 있다. 이때, 패드(2210)는 하나의 모바일 단말(2220)을 충전할 수 있다.

[0232] 일 실시예에 따른 2개의 무선 전력 전송 장치는 제1 패드(2230) 및 제2 패드(2240) 각각에 탑재될 수 있다. 보

청기(2250)는 왼쪽 귀의 보청기를 나타내고, 보청기(2260)는 오른쪽 귀의 보청기를 나타낸다. 일 실시예에 따른 2개의 무선 전력 수신 장치는 보청기(2250) 및 보청기(2260) 각각에 탑재될 수 있다.

[0233] 도 23을 참조하면, (a)는 인체에 삽입된 전자기기(2310)와 모바일 단말(2320) 간의 무선 전력 충전을 나타내고, (b)는 보청기(2330)와 모바일 단말(2340) 간의 무선 전력 충전을 나타낸다.

[0234] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 및 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(2320)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 인체에 삽입된 전자기기(2310)에 탑재될 수 있다. 인체에 삽입된 전자기기(2310)는 모바일 단말(2320)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다.

[0235] 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 및 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 모바일 단말(2340)에 탑재될 수 있다. 일 실시예에 따른 무선 전력 수신 장치는 보청기(2330)에 탑재될 수 있다. 보청기(2330)는 모바일 단말(2340)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다. 보청기(2330)뿐만 아니라, 블루투스 이어폰과 같은 저전력 전자기기들도 모바일 단말(2340)로부터 전력을 수신하여 충전될 수 있다.

[0236] 도 24는 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 장치 무선 전력 수신 장치의 구성 예를 나타낸다.

[0237] 도 24에서 무선 전력 전송 장치(2410)는 도 22의 제1 패드(2230) 및 제2 패드(2240) 각각에 탑재재 될 수 있다. 또한, 도 24에서 무선 전력 전송 장치(2410)는 도 22의 모바일 단말(2240)에 탑재될 수 있다.

[0238] 도 24에서 무선 전력 수신 장치(2420)는 보청기(2250) 및 보청기(2260) 각각에 탑재될 수 있다.

[0239] 무선 전력 전송 장치(2410)는 도 1의 무선 전력 전송 장치(110)와 유사한 구성을 포함할 수 있다. 즉, 무선 전력 전송 장치(2410)는 마그네틱 커플링을 이용하여 전력을 전송하기 위한 구성을 포함할 수 있다.

[0240] 도 24에서 통신 및 트래킹부(2411)는 무선 전력 수신 장치(2420)와 통신을 수행하고, 무선 전력 전송 효율을 유지하기 위한 임피던스 제어 및 공진주파수 제어를 수행할 수 있다. 즉, 통신 및 트래킹부(2411)는 도 1의 114 및 115와 유사한 기능을 수행할 수 있다.

[0241] 무선 전력 수신 장치(2420)는 도 1의 무선 전력 수신 장치(120)와 유사한 구성을 포함할 수 있다. 즉, 무선 전력 수신 장치(2420)는 전력을 무선으로 수신하여 배터리를 충전하기 위한 구성을 포함한다. 무선 전력 수신 장치(2420)는 타겟 공진기, 정류기, DC/DC 컨버터, 충전 회로를 포함할 수 있다. 또한, 무선 전력 수신 장치(2420)는 통신 및 제어부(2423)를 포함할 수 있다.

[0242] 통신 및 제어부(2423)는 무선 전력 전송 장치(2410)와 통신을 수행하고, 과전압 및 과전류 보호를 위한 동작을 수행할 수 있다.

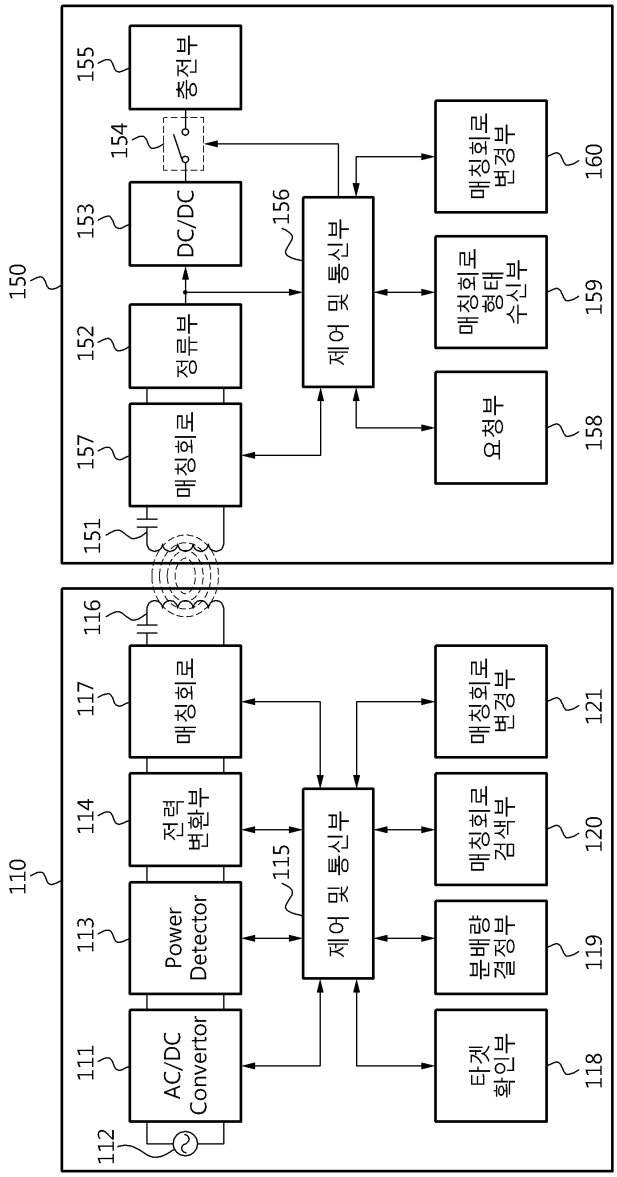
[0243] 무선 전력 수신 장치(2420)는 청각기기 회로(2421)를 포함할 수 있다. 청각기기 회로(2421)는 배터리에 의해 충전될 수 있다. 청각기기 회로(2421)는 마이크, 아날로그-디지털 변환기, 프로세서, 디지탈-아날로그 변환기 및 리시버를 포함할 수 있다. 즉, 청각기기 회로(2421)는 보청기와 동일한 구성을 포함할 수 있다.

[0244] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

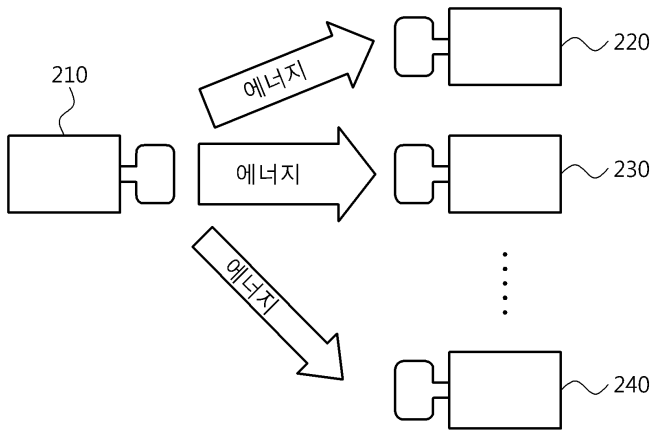
[0245] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

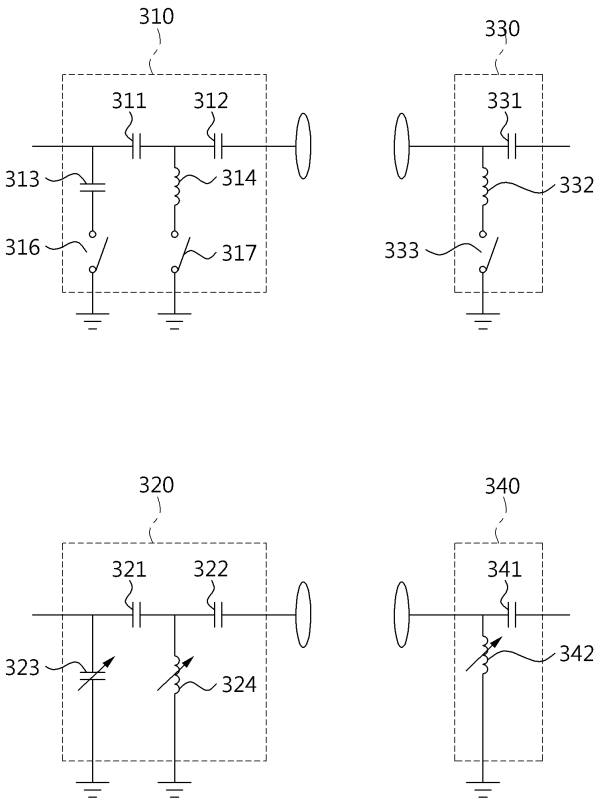
도면1


150
155
충전부
154
153
DC/DC
156
152
정류부
제어 및 통신부
157
매칭회로
151
매칭회로 변경부
160
매칭회로 형태 수신부
159
요청부
158
110
116
117
매칭회로
114
전력 변환부
115
113
Power Detector
111
AC/DC Convertor
112
매칭회로 변경부
121
매칭회로 검색부
120
분배량 결정부
119
타겟 확인부
118

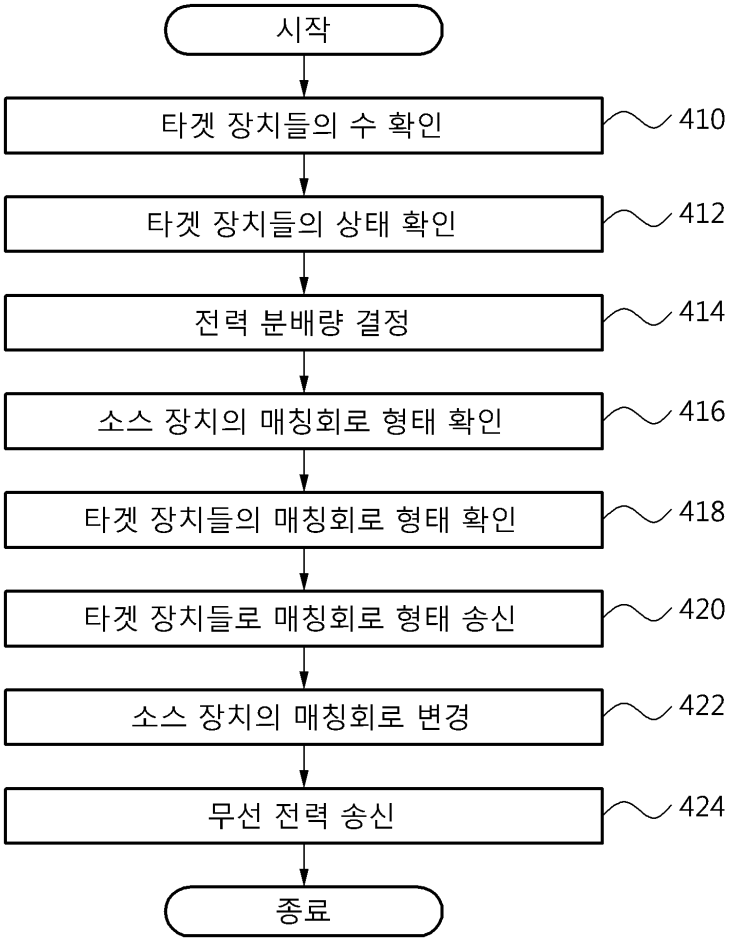
도면2


210
에너지
에너지
에너지
220
230
240

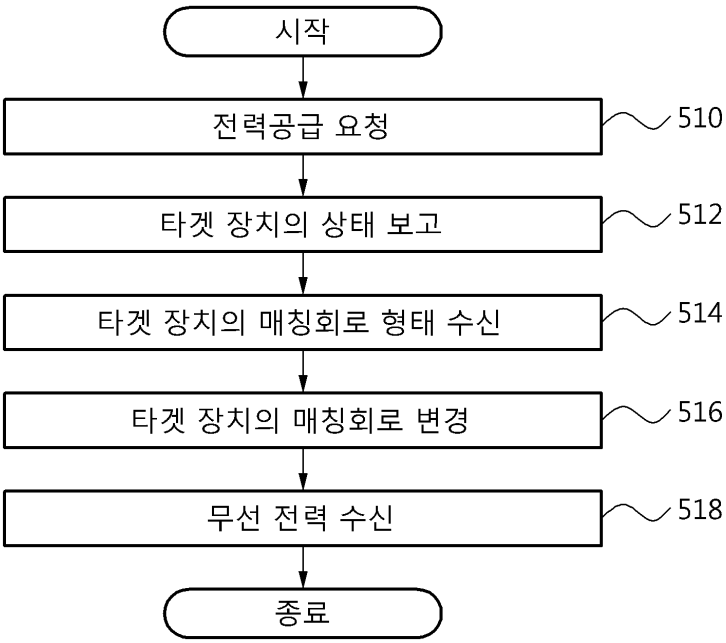
도면3


310
311
312
313
314
316
317
330
331
332
333
320
321
322
323
324
340
341
342

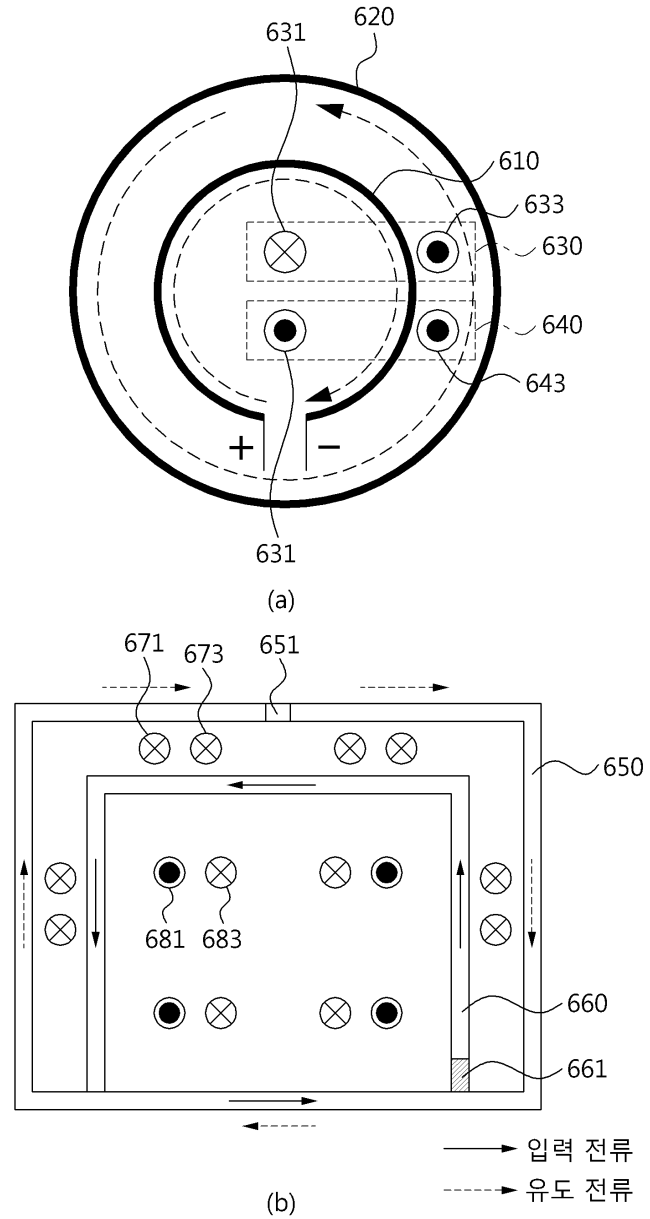
도면4


시작
타겟 장치들의 수 확인
410
타겟 장치들의 상태 확인
412
전력 분배량 결정
414
소스 장치의 매칭회로 형태 확인
416
타겟 장치들의 매칭회로 형태 확인
418
타겟 장치들로 매칭회로 형태 송신
420
소스 장치의 매칭회로 변경
422
무선 전력 송신
424
종료

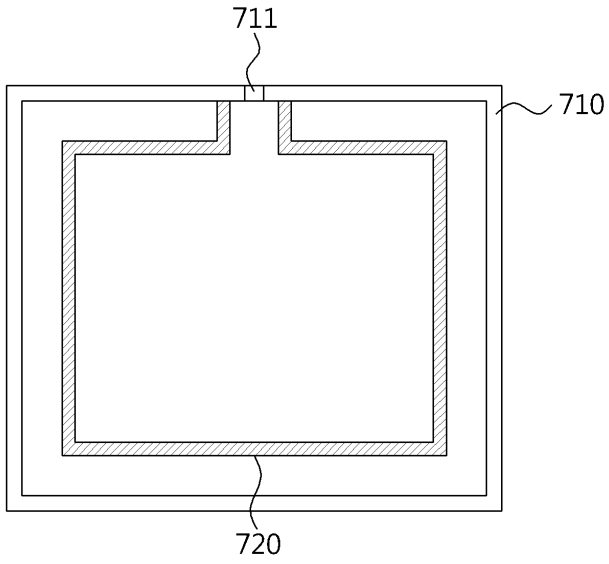
도면5


시작
전력공급 요청
510
타겟 장치의 상태 보고
512
타겟 장치의 매칭회로 형태 수신
514
타겟 장치의 매칭회로 변경
516
무선 전력 수신
518
종료

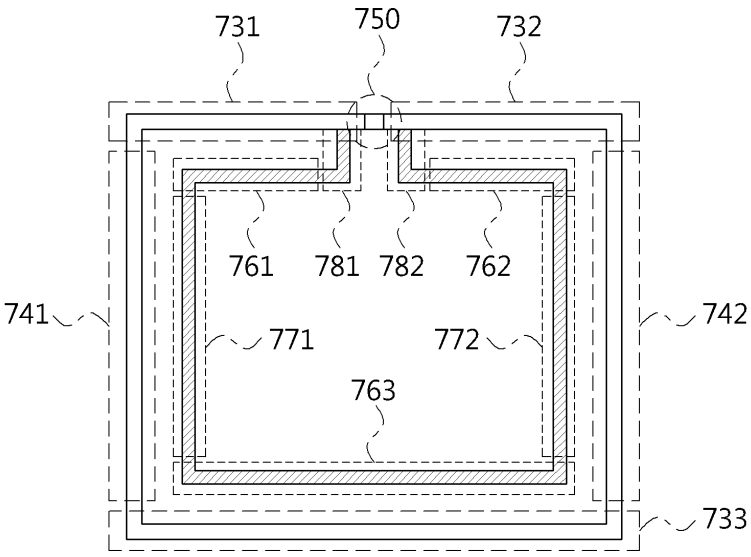
도면6


631
620
610
633
630
640
643
631
+
−
(a)
671
673
651
650
681
683
660
661
입력 전류
유도 전류
(b)

도면7

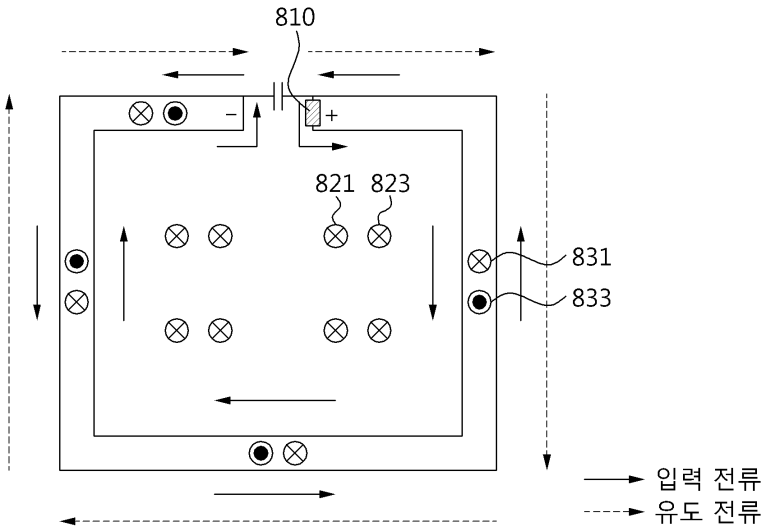


(a)

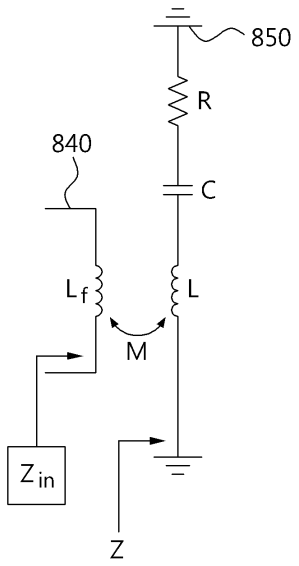


(b)

도면8

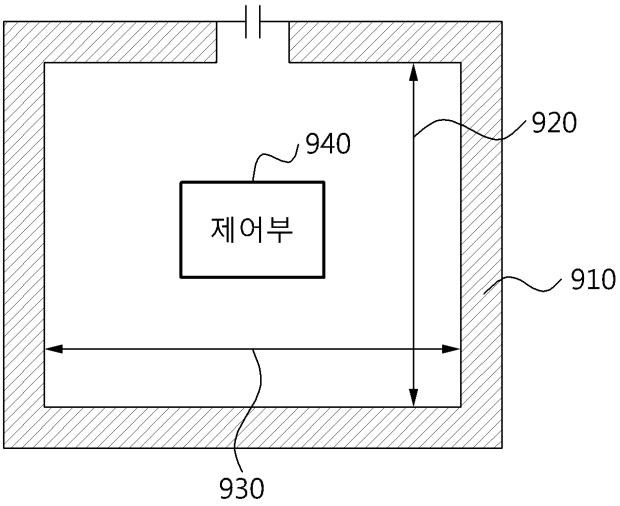


(a)

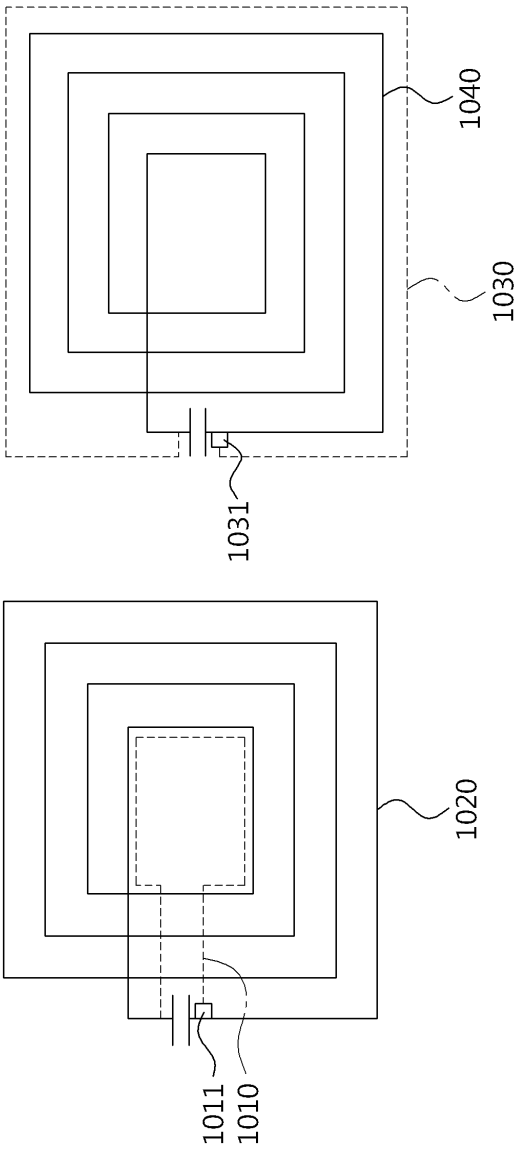


(b)

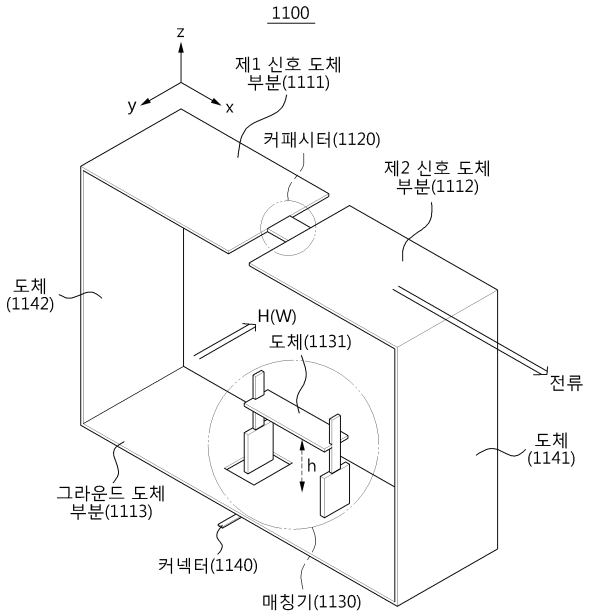
도면9



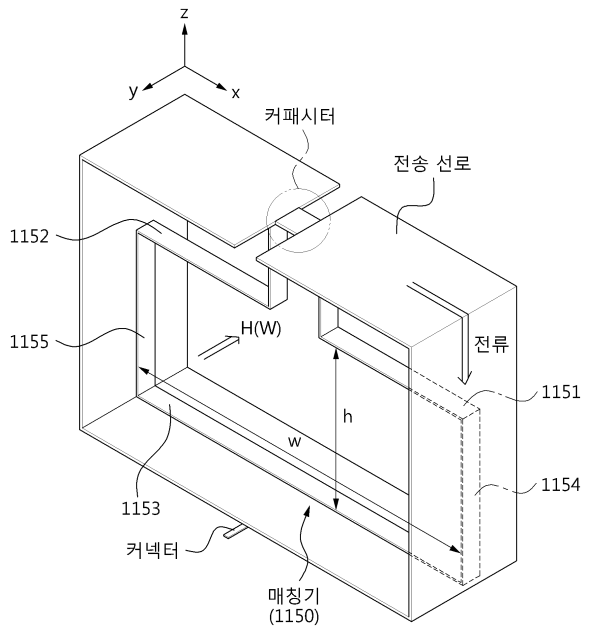
도면10



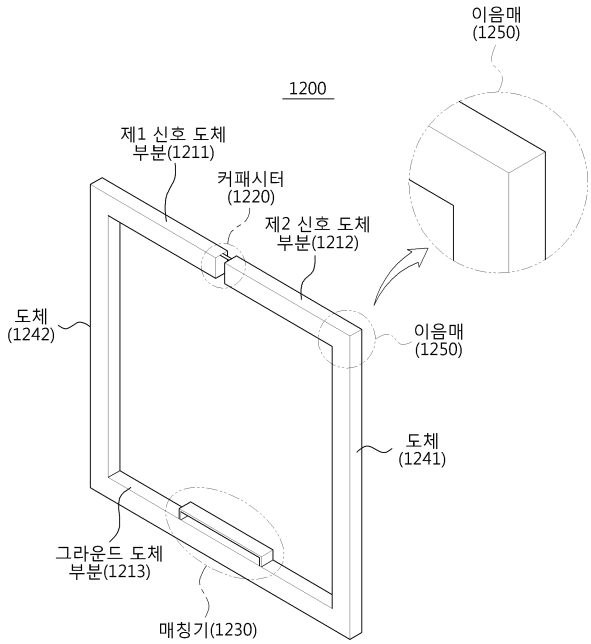
도면11a


1100
z
y
x
제1 신호 도체
부분(1111)
커패시터(1120)
제2 신호 도체
부분(1112)
도체
(1142)
H(W)
도체(1131)
전류
도체
(1141)
h
그라운드 도체
부분(1113)
커넥터(1140)
매칭기(1130)

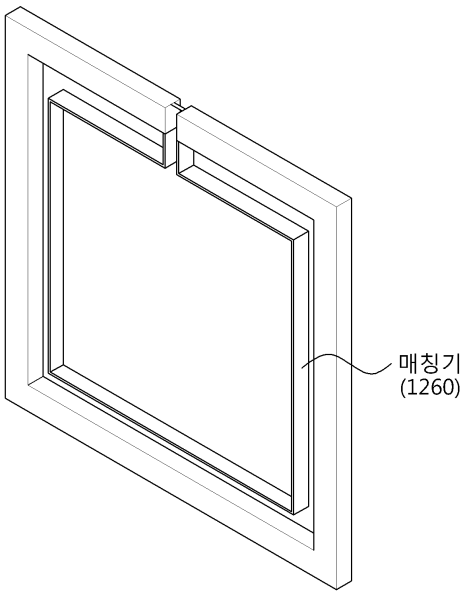
도면11b


z
y
x
커패시터
전송 선로
1152
1155
H(W)
전류
1151
h
w
1154
1153
커넥터
매칭기
(1150)

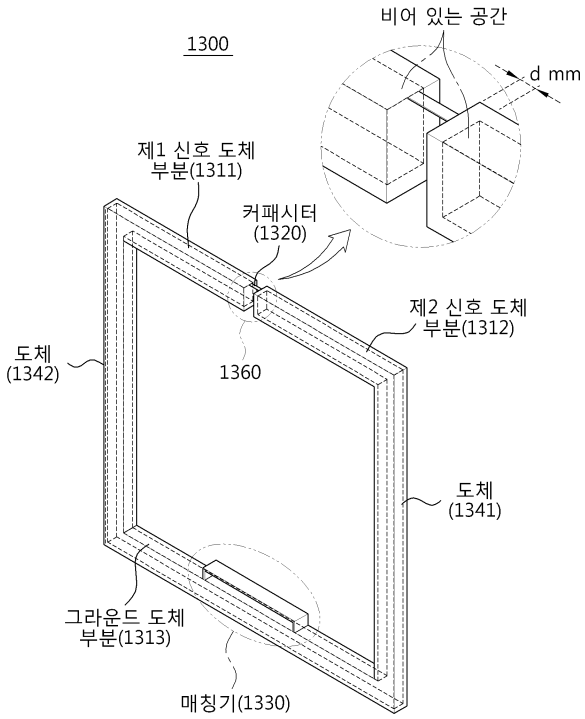
도면12a


이음매
(1250)
1200
제1 신호 도체
부분(1211)
커패시터
(1220)
제2 신호 도체
부분(1212)
도체
(1242)
이음매
(1250)
도체
(1241)
그라운드 도체
부분(1213)
매칭기(1230)

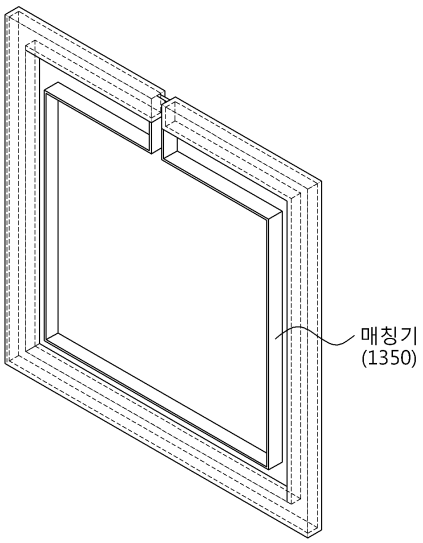
도면12b


매칭기
(1260)

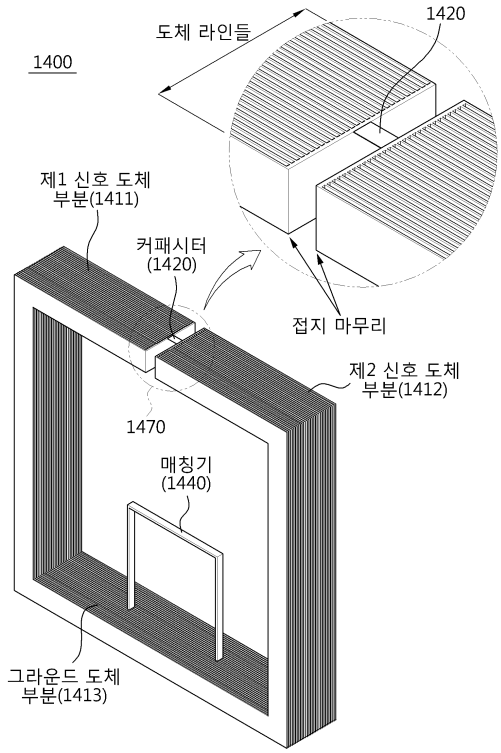
도면13a


1300
비어 있는 공간
d mm
제1 신호 도체 부분(1311)
커패시터 (1320)
제2 신호 도체 부분(1312)
도체 (1342)
1360
도체 (1341)
그라운드 도체 부분(1313)
매칭기(1330)

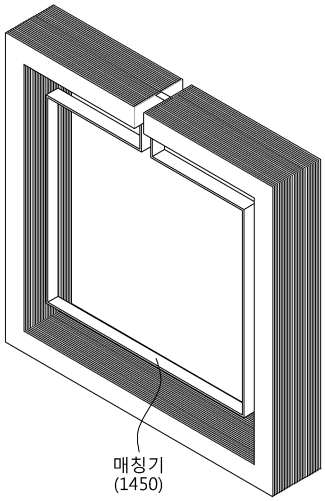
도면13b


매칭기 (1350)

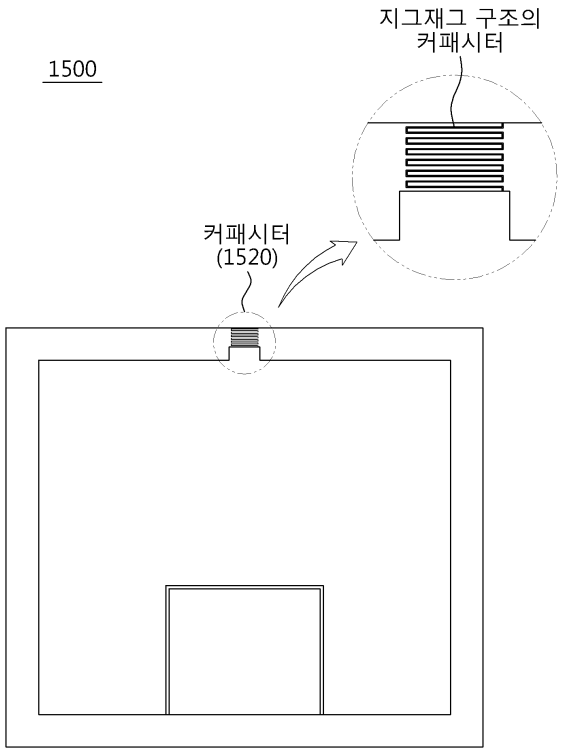
도면14a


1400
도체 라인들
1420
제1 신호 도체
부분(1411)
커패시터
(1420)
접지 마무리
제2 신호 도체
부분(1412)
1470
매칭기
(1440)
그라운드 도체
부분(1413)

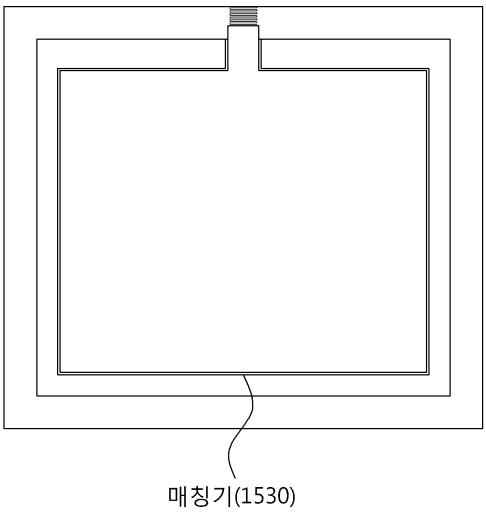
도면14b


매칭기
(1450)

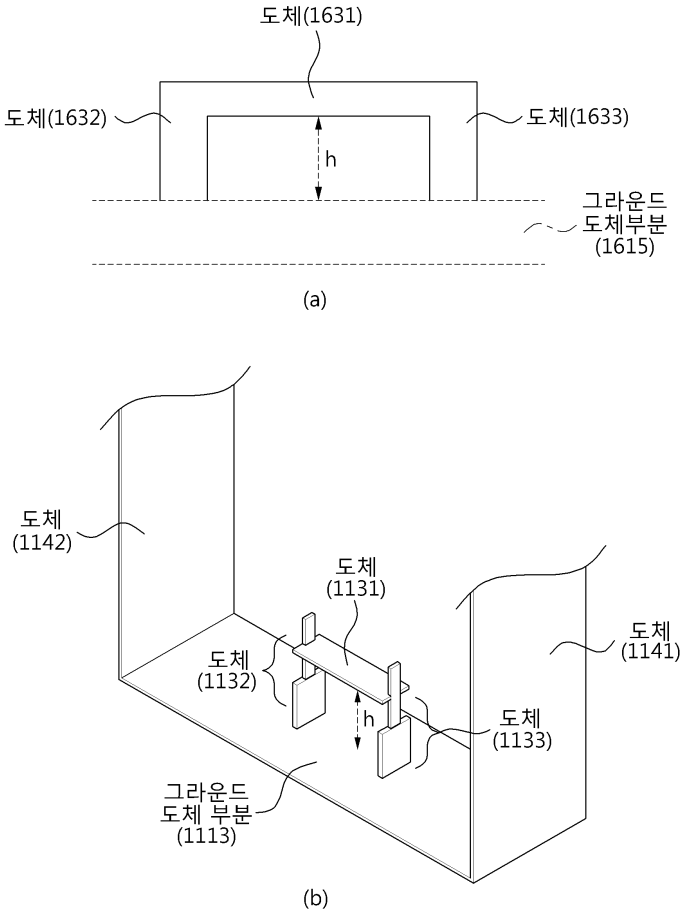
도면15a



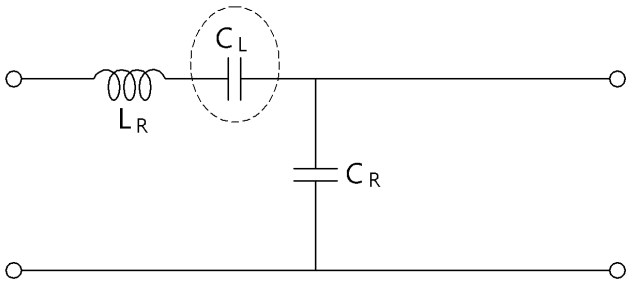
도면15b



도면16

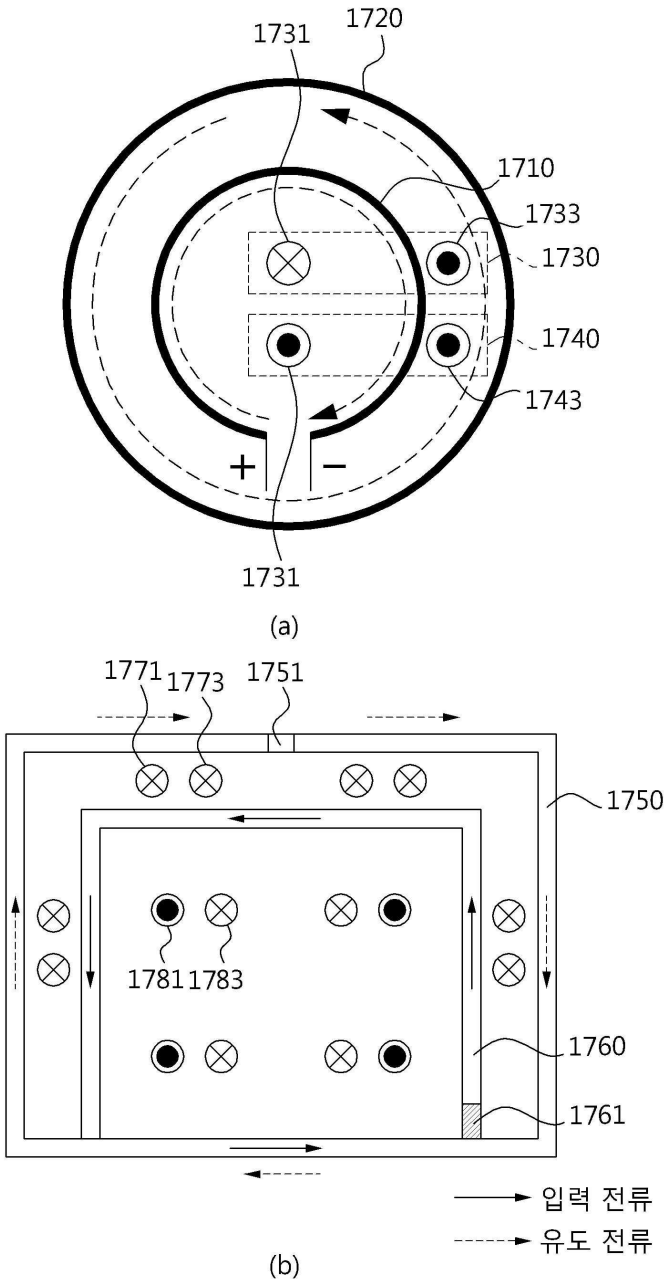


도면17

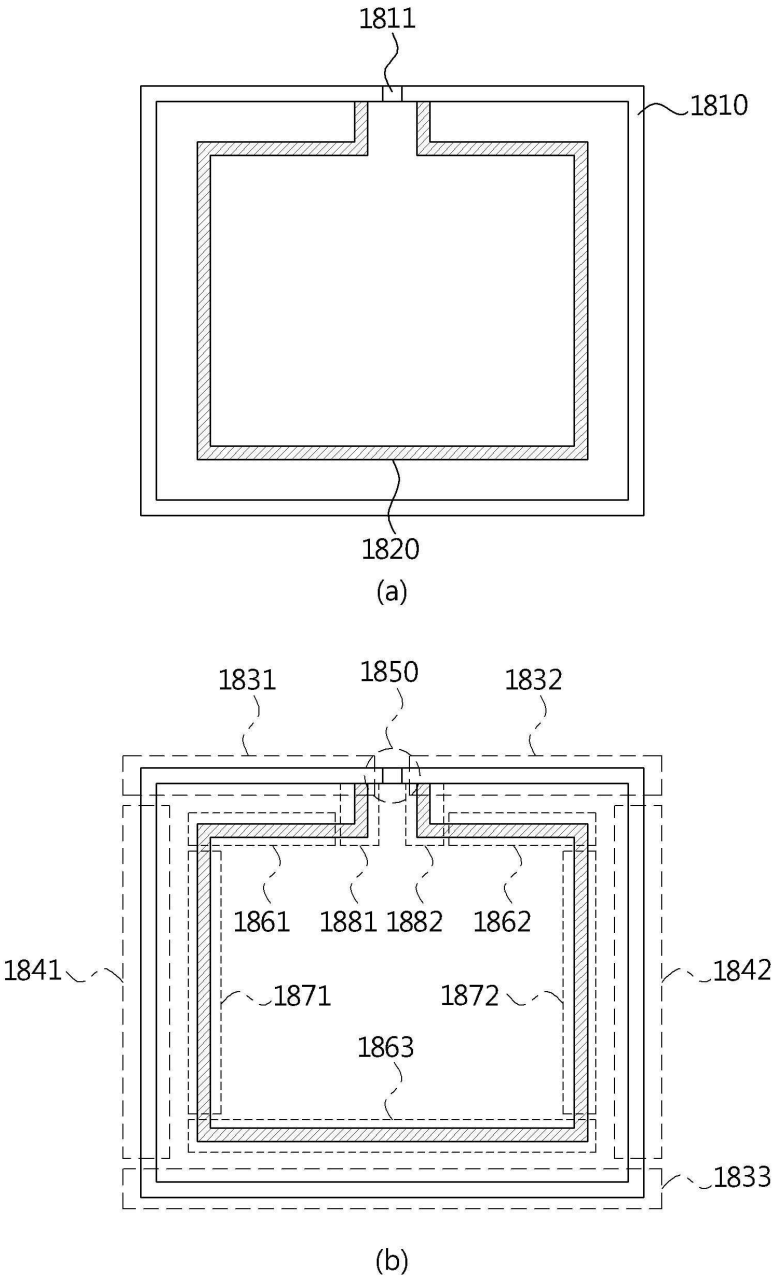


$$W_{MZR} = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}}$$

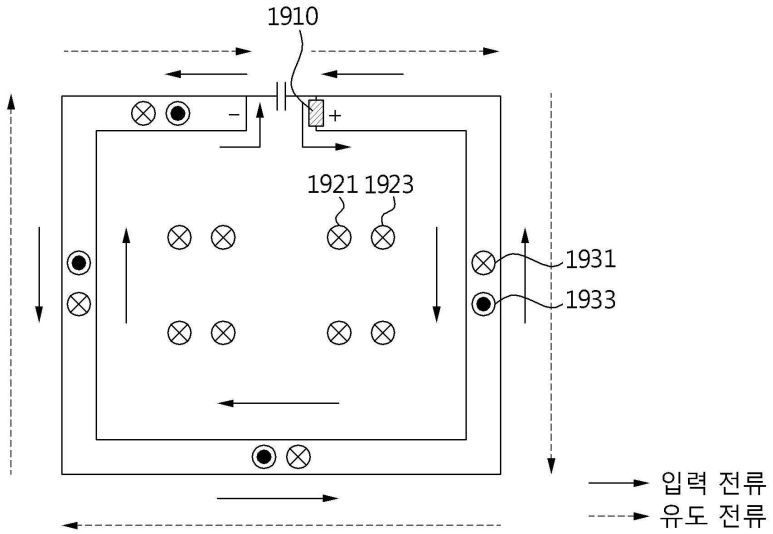
도면18


1731
1720
1710
1733
1730
1740
1743
+
−
1731
(a)
1771
1773
1751
1750
1781
1783
1760
1761
입력 전류
유도 전류
(b)

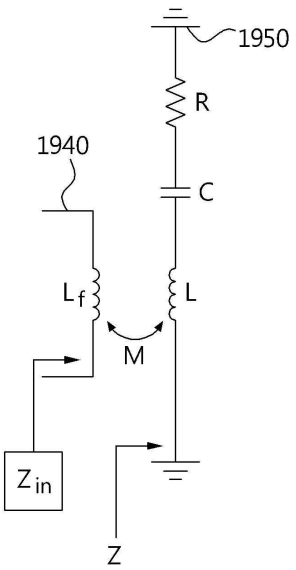
도면19


1811
1810
1820
(a)
1831
1850
1832
1861
1881
1882
1862
1841
1842
1871
1872
1863
1833
(b)

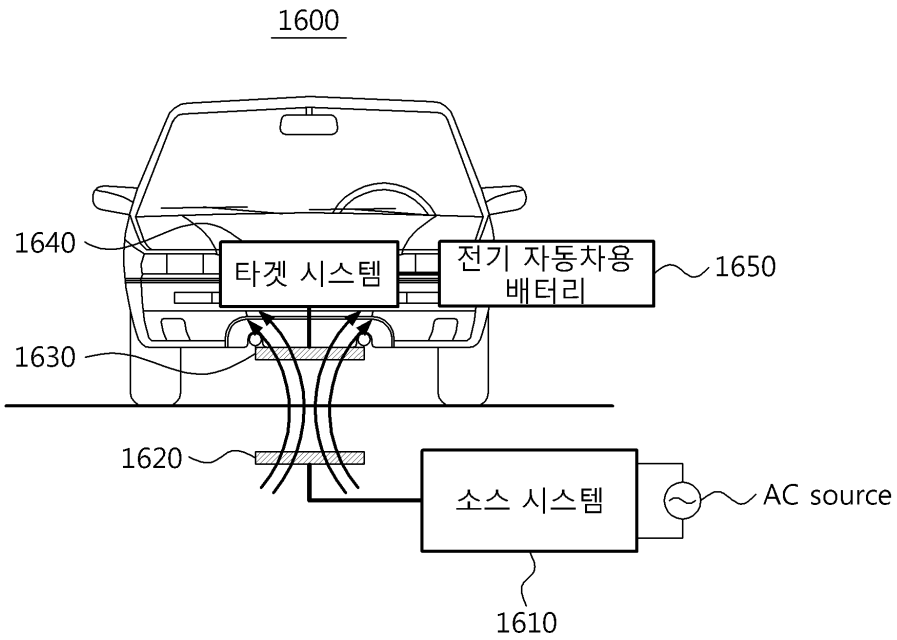
도면20



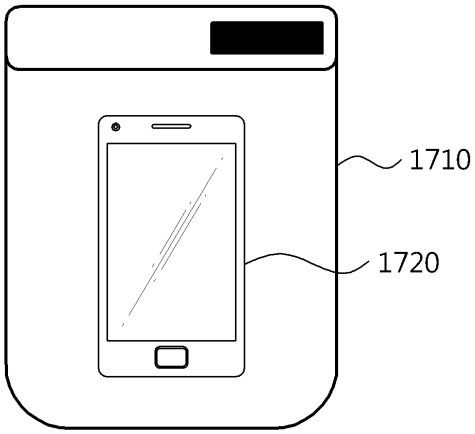
(a)



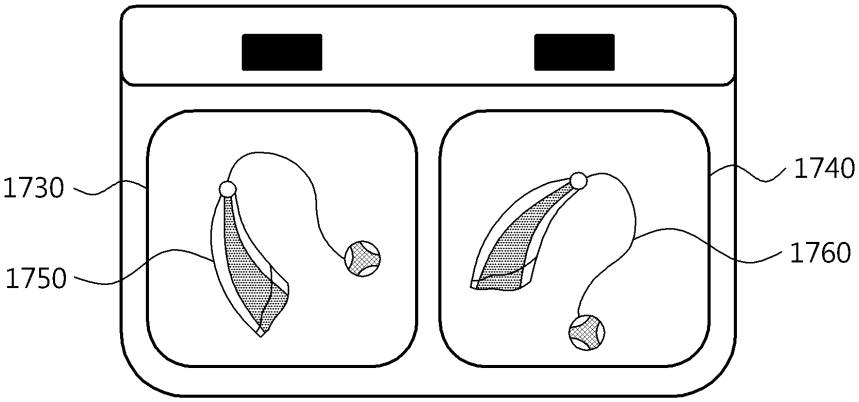
도면21


1600
1640
타겟 시스템
전기 자동차용 배터리
1650
1630
1620
소스 시스템
AC source
1610

도면22

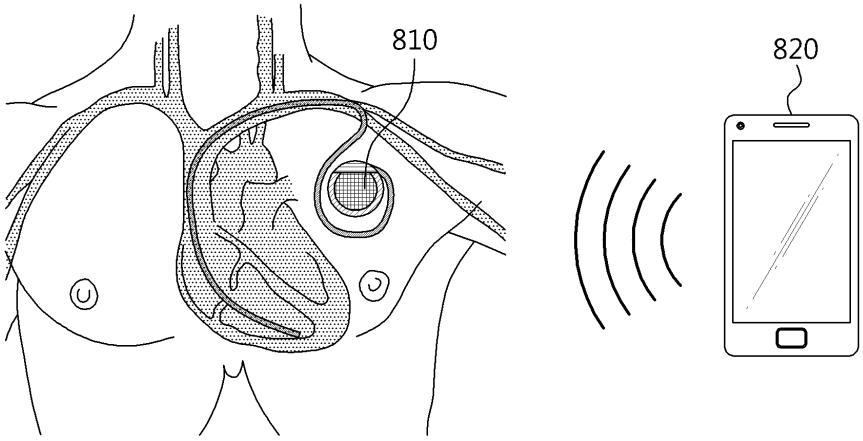


(a)

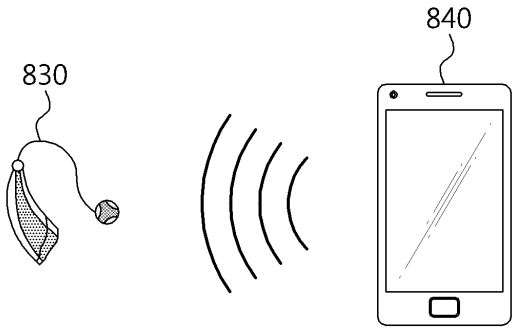


(b)

도면23

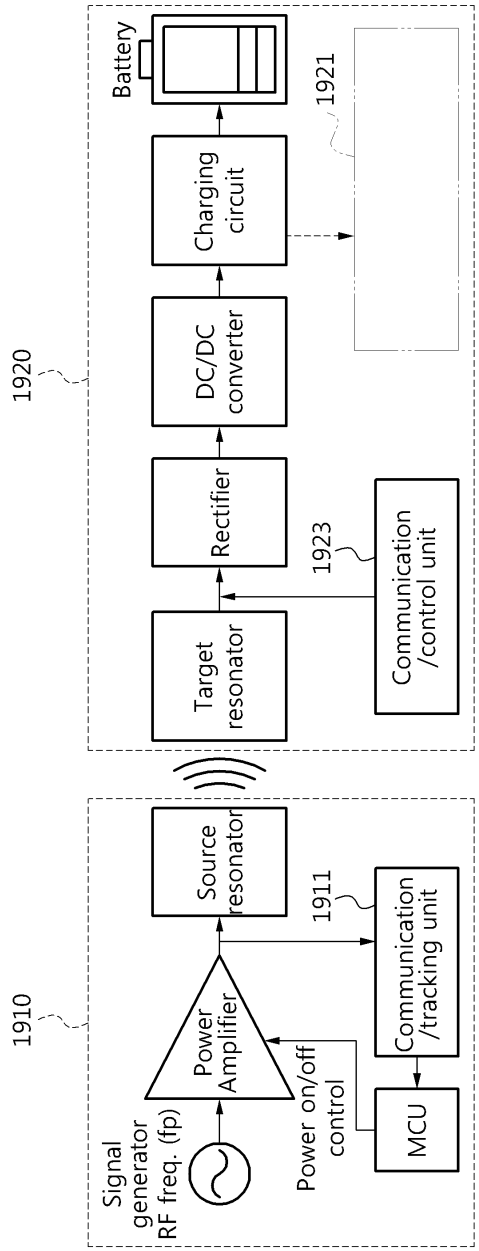


(a)



(b)

도면24


1910
Signal generator RF freq. (fp)
Power Amplifier
Power on/off control
Source resonator
1911
Communication /tracking unit
MCU
1920
Target resonator
Rectifier
DC/DC converter
Charging circuit
Battery
1921
1923
Communication /control unit