



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월13일  
(11) 등록번호 10-1726195  
(24) 등록일자 2017년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02J 7/02 (2016.01) G01R 17/10 (2006.01)  
H02J 17/00 (2006.01) H02J 5/00 (2016.01)  
(21) 출원번호 10-2010-0082235  
(22) 출원일자 2010년08월25일  
심사청구일자 2015년08월19일  
(65) 공개번호 10-2012-0019090  
(43) 공개일자 2012년03월06일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2010119515 A\*  
W02009140220 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
(72) 발명자  
김남윤  
서울특별시 용산구 이촌로 181, 102동 2102호 (이  
촌동, 한강대우아파트)  
권상욱  
경기도 성남시 분당구 장안로25번길 28, 113동  
901호 (분당동, 건영아파트)  
(74) 대리인  
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 18 항

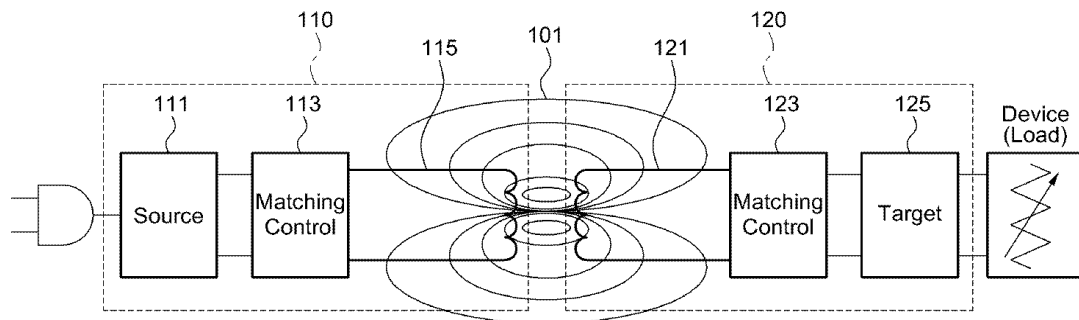
심사관 : 신희상

(54) 발명의 명칭 공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치 및 방법

(57) 요약

공진 전력 전달 시스템에 관한 것으로서, 공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스의 트래킹에 관한 것이다. 일 측면에 있어서, 공진 임피던스 트래킹 장치는 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 연결된 부하(load)의 임피던스 및 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 부하 감지부와, 상기 공진 전력에 대응하는 반사신호를 검출하는 타겟 반사 신호 검출부와, 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 타겟 임피던스 트래킹부 및 상기 부하의 임피던스 변화 또는 상기 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 타겟 제어부를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

**박은석**

경기도 수원시 영통구 청명로 100, 청명마을4단지  
아파트 423동 1001호 (영통동)

**홍영택**

경기도 수원시 장안구 정자동 상록마을우성아파트  
324동 205호

**유영호**

경기도 용인시 기흥구 고매로43번길 32-2, 벽산블  
루밍아파트 105동 203호 (공세동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

소스 장치에 의해 전송되는 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 연결된 부하(load)의 임피던스 및 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 부하 감지부;

상기 공진 전력에 대응하는 반사신호를 검출하는 타겟 반사 신호 검출부;

공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 타겟 임피던스 트래킹부;

상기 부하의 임피던스 변화 또는 상기 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 타겟 제어부; 및

상기 소스 장치가 소스 공진기의 공진 주파수를 제어하도록, 상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 상기 소스 장치로 전송하는 통신부

를 포함하는, 공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 부하 감지부는,

상기 부하에 걸리는 전압 및 상기 부하로 흐르는 전류량을 감지함으로써, 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 타겟 반사 신호 검출부는,

커플러를 통해 상기 반사 신호를 검출하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 타겟 임피던스 트래킹부는,

복수의 커패시터들 및 스위치를 포함하고, 상기 복수의 커패시터들을 순차적으로 스위칭함으로써 상기 공진 주파수의 결정 요소를 조정하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 타겟 제어부는,

상기 부하의 임피던스의 변화량을 획득하고, 상기 임피던스의 변화량을 고려하여 상기 스위치의 스위칭 방향을 결정하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 6

소스 장치에서 타겟 장치로 전송되는 공진 전력에 대응하는 반사 신호를 검출하는 소스 반사 신호 검출부;

상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출하는 타겟 감지부;

공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 소스 임피던스 트래킹부;

상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화 또는 상기 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 따라서 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 소스 제어부; 및

상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 상기 타겟 장치로부터 수신하고, 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하기 위해 상기 부하의 임피던스의 변화량을 상기 소스 제어부에 공급하는 통신부

를 포함하는, 공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 소스 반사 신호 검출부는,

커플러를 통해 상기 반사 신호를 검출하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 타겟 감지부는,

상기 타겟 장치로 전송되는 공진 전력의 전력량 및 상기 반사 신호에 기초하여 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 감지하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 9

제6항에 있어서,

소스 임피던스 트래킹부는,

복수의 커패시터들 및 스위치를 포함하고, 상기 복수의 커패시터들을 순차적으로 스위칭함으로써 상기 공진 주파수의 결정 요소를 조정하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 소스 제어부는,

상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량을 획득하고, 상기 임피던스의 변화량을 고려하여 상기 스위치의 스위칭 방향을 결정하는,

공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스 트래킹 장치.

## 청구항 11

공진 전력 전달 시스템에서 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법에 있어서,

소스 장치에 의해 전송되는 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 연결된 부하(load)의 임피던스 및 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 단계;

상기 임피던스의 변화의 검출여부 및 상기 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계;

상기 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 단계; 및

상기 소스 장치가 상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 이용하여 소스 공진기의 공진 주파수를 제어하도록, 상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 상기 소스 장치로 전송하는 단계

를 포함하는, 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

## 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 단계는,

상기 부하에 걸리는 전압 및 상기 부하로 흐르는 전류량을 감지함으로써, 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는,

타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

## 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계는,

상기 임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제어 신호에 기초하여 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 단계를 포함하는,

타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

## 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 공진 주파수의 결정 요소는 타겟 공진기의 커패시터 성분이고, 상기 제어 신호는 상기 커패시터 성분의 순차적인 증가 또는 감소에 대한 정보임을 특징으로하는,

타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

## 청구항 15

공진 전력 전달 시스템에서 소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법에 있어서,

공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출하는 단계;

상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화의 검출 여부 및 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계; 및

상기 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 단계; 및

상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 이용하여 소스 공진기의 공진 주파수를 제어하도록, 상기 타겟 장치에서 검출된 부하의 임피던스의 변화량을 상기 타겟 장치로부터 수신하는 단계

를 포함하는, 소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

## 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화는 상기 타겟 장치로 전송되는 공진 전력의 전력량 및 상기 반사 신호에

기초하여 검출되는,

소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

#### 청구항 17

제15항에 있어서,

상기 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계는,

상기 임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제어 신호에 기초하여 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 단계를 포함하는,

소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

#### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 공진 주파수의 결정 요소는 소스 공진기의 커패시터 성분이고, 상기 제어 신호는 상기 커패시터 성분의 순차적인 증가 또는 감소에 대한 정보임을 특징으로하는,

소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 기술분야는 공진 전력 전달 시스템에 관한 것으로서, 공진 전력 전달 시스템에서 공진 임피던스의 트래킹에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 공진 전력은 전자기 에너지를 의미한다. 공진 전력 전달 시스템은 무선 전력 전송 시스템의 일종으로서, 공진 전력을 전송하는 소스 장치와 공진 전력을 수신하는 타겟 장치를 포함한다. 공진 전력은 소스 장치로부터 타겟 장치로 무선으로 전달된다.

[0003] 무선 환경의 특성 상, 전원 공진기(source resonator) 및 대상 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, 공진 임피던스 트래킹 장치는 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 연결된 부하(load)의 임피던스 및 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 부하 감지부와, 상기 공진 전력에 대응하는 반사신호를 검출하는 타겟 반사 신호 검출부와, 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 타겟 임피던스 트래킹부 및 상기 부하의 임피던스 변화 또는 상기 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 타겟 제어부를 포함한다.

[0005] 다른 일 측면에 있어서, 공진 임피던스 트래킹 장치는 타겟 장치로 전송되는 공진 전력에 대응하는 반사 신호를 검출하는 소스 반사 신호 검출부와, 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출하는 타겟 감지부와, 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 소스 임피던스 트래킹부 및 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화 또는 상기 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 따라서 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 소스 제어부를 포함한다.

[0006] 일 측면에 있어서, 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법은 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 연결된 부하(load)의 임피던스 및 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출하는 단계와, 상기 임피던스의 변화의 검출여부 및 상기 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계 및 상기 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 단계를 포함한다.

[0007] 일 측면에 있어서, 소스 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법은 공진 전력을 수신하는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출하는 단계와, 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화의 검출 여부 및 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행하는 단계 및 상기 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0008] 무선 전력 전송에 있어서, 소비 전력 변화, 공진(resonance) 커플링 조건 변화, 임피던스 변화, 공진기간의 위치 변화 등에 의해 발생하는 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 임피던스 변화를 제어할 수 있다.

[0009] 무선 전력 전송에 있어서, 소비 전력 변화, 공진(resonance) 커플링 조건 변화, 임피던스 변화, 공진기간의 위치 변화 등에 의해 발생하는 전력 손실을 줄일 수 있다.

[0010] 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 임피던스 변화를 제어함으로써, 정 전압 및 정 전류의 제어가 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 예시적인 실시 예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 나타낸다.

도 2는 일 실시 예에 따른 공진 전력 전송 시스템을 나타낸다.

도 3은 일 실시 예에 따른 소스 장치의 구성을 나타낸다.

도 4는 일 실시 예에 따른 타겟 장치의 구성을 나타낸다.

도 5는 스위칭 펄스 신호의 예를 나타낸다.

도 6은 스위칭 펄스 신호의 듀티율(duty rate)을 나타낸다.

도 7은 소스 장치가 고정된 상태에서 타겟 장치가 공진 임피던스 트래킹을 수행하는 예를 나타낸다.

도 8은 소스 장치가 고정된 상태에서 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다.

도 9는 부하의 변화에 따라 소스 장치가 공진 임피던스 트래킹을 수행하는 예를 나타낸다.

도 10은 부하의 변화에 따라 소스 장치에서 수행되는 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다.

도 11은 부하의 변화에 따른 소스 장치와 타겟 장치 사이의 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다.

도 12는 공진 임피던스 트래킹 방법의 일 예를 나타낸다.

도 13 내지 도 19는 공진기 구조에 대한 다양한 예를 나타낸다.

도 20은 도 13에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 등가 회로를 나타낸 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0013] 도 1은 예시적인 실시 예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 나타낸다.

[0014] 도 1의 예에서, 무선 전력 전송 시스템을 통해 전송되는 무선 전력은 공진 전력(resonance power)이라 가정한다.

[0015] 도 1을 참조하면, 무선 전력 전송 시스템은 소스와 타겟으로 구성되는 소스-타겟 구조이다. 즉, 무선 전력 전송 시스템은 소스에 해당하는 공진 전력 전송 장치(110)와 타겟에 해당하는 공진 전력 수신 장치(120)를 포함한다.

[0016] 도 1을 참조하면, 무선 전력 전송 시스템은 소스 장치와 타겟 장치로 구성되는 소스-타겟 구조이다. 즉, 무선 전력 전송 시스템은 소스 장치에 해당하는 공진 전력 전송 장치(110)와 타겟 장치에 해당하는 공진 전력 수신 장치(120)를 포함한다.

[0017] 공진 전력 전송 장치(110)는 외부의 전압 공급기로부터 에너지를 수신하여 공진 전력을 발생시키는 소스부(111)

및 소스 공진기(115)를 포함한다. 또한, 공진 전력 전송 장치(110)는 공진주파수 또는 임피던스 매칭을 수행하는 매칭 제어부(Matching control)(113)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

- [0018] 소스부(111)는 외부의 전압 공급기로부터 에너지를 수신하여 공진 전력을 발생시킨다. 소스부(111)는 외부 장치로부터 입력되는 교류 신호의 신호 레벨을 원하는 레벨로 조정하기 위한 AC-AC Converter, AC-AC Converter로부터 출력되는 교류 신호를 정류함으로써 일정 레벨의 DC 전압을 출력하는 AC-DC Converter, AC-DC Converter에서 출력되는 DC 전압을 고속 스위칭함으로써 수 MHz ~ 수십MHz 대역의 AC 신호를 생성하는 DC-AC Inverter를 포함할 수 있다.
- [0019] 매칭 제어부(Matching control)(113)는 소스 공진기(115)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth) 또는 소스 공진기(115)의 임피던스 매칭 주파수를 설정한다. 매칭 제어부(Matching control)(113)는 소스 공진 대역폭 설정부(도시되지 않음) 또는 소스 매칭 주파수 설정부(도시되지 않음) 중 적어도 하나를 포함한다. 소스 공진 대역폭 설정부는 소스 공진기(115)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)을 설정한다. 소스 매칭 주파수 설정부는 소스 공진기(115)의 임피던스 매칭 주파수를 설정한다. 이때, 소스 공진기의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth) 또는 소스 공진기의 임피던스 매칭 주파수 설정에 따라서 소스 공진기(115)의 Q-factor가 결정될 수 있다.
- [0020] 소스 공진기(115)는 전자기(electromagnetic) 에너지를 타겟 공진기로 전달(transferring)한다. 즉, 소스 공진기(115)는 타겟 공진기(121)와의 마그네틱 커플링(101)을 통해 공진 전력을 타겟 장치(120)로 전달한다. 이때, 소스 공진기(115)는 설정된 공진 대역폭 내에서 공진한다.
- [0021] 공진 전력 수신 장치(120)는 타겟 공진기(121), 공진주파수 또는 임피던스 매칭을 수행하는 Matching control부(123) 및 수신된 공진 전력을 부하로 전달하기 위한 타겟부(125)를 포함한다.
- [0022] 타겟 공진기(121)는 소스 공진기(115)로부터 전자기(electromagnetic) 에너지를 수신한다. 이때, 타겟 공진기(121)는 설정된 공진 대역폭 내에서 공진한다.
- [0023] Matching control부(123)는 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth) 또는 타겟 공진기(121)의 임피던스 매칭 주파수 중 적어도 하나를 설정한다. Matching control부(123)는 타겟 공진 대역폭 설정부(도시되지 않음) 또는 타겟 매칭 주파수 설정부(도시되지 않음) 중 적어도 하나를 포함한다. 타겟 공진 대역폭 설정부는 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth)을 설정한다. 타겟 매칭 주파수 설정부는 타겟 공진기(121)의 임피던스 매칭 주파수를 설정한다. 이때, 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth) 또는 타겟 공진기(121)의 임피던스 매칭 주파수 설정에 따라서 타겟 공진기(121)의 Q-factor가 결정될 수 있다.
- [0024] 타겟부(125)는 수신된 공진 전력을 부하로 전달한다. 이때, 타겟부(125)는 소스 공진기(115)로부터 타겟 공진기(121)로 수신되는 AC 신호를 정류하여 DC 신호를 생성하는 AC-DC Converter와, DC 신호의 신호 레벨을 조정함으로써 정격 전압을 디바이스(device) 또는 부하(load)로 공급하는 DC-DC Converter를 포함할 수 있다.
- [0025] 소스 공진기(115) 및 타겟 공진기(121)는 헬릭스(helix) 코일 구조의 공진기 또는 스파이럴(spiral) 코일 구조의 공진기, 또는 meta-structured 공진기로 구성될 수 있다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 큐-팩터의 제어 과정은, 소스 공진기(115)의 공진 대역폭(Resonance Bandwidth) 및 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭을 설정하고, 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 사이의 마그네틱 커플링을 통해 전자기(electromagnetic) 에너지를 상기 소스 공진기(115)로부터 상기 타겟 공진기(121)로 전달(transferring)하는 것을 포함한다. 이때, 소스 공진기(115)의 공진 대역폭은 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭 보다 넓거나 좁게 설정될 수 있다. 즉, 소스 공진기(115)의 공진 대역폭이 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭 보다 넓거나 좁게 설정됨으로써, 소스 공진기의 BW-factor와 상기 타겟 공진기의 BW-factor는 서로 불평형(unbalance) 관계가 유지된다.
- [0027] 공진 방식의 무선 전력 전송에서, 공진 대역폭은 중요한 factor이다. 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 사이의 거리 변화, 공진 임피던스의 변화, 임피던스 미스 매칭, 반사 신호 등을 모두 고려한 Q-factor를  $Q_t$ 라 할 때,  $Q_t$ 는 수학적 1과 같이 공진 대역폭과 반비례 관계를 갖는다.
- [0028] [수학식 1]



$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Qt}$$

$$= \Gamma_{S,D} + \frac{1}{BW_S} + \frac{1}{BW_D}$$

[0029]

[0030] 수학식 1에서,  $f_0$ 는 중심주파수,  $\Delta f$ 는 대역폭,  $\Gamma_{S,D}$ 는 공진기 사이의 반사 손실,  $BW_S$ 는 소스 공진기(115)의 공진 대역폭,  $BW_D$ 는 타겟 공진기(121)의 공진 대역폭을 나타낸다. 본 명세서에서 BW-factor는  $1/BW_S$  또는  $1/BW_D$ 를 의미한다.

[0031] 한편, 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 간의 거리가 달라지거나, 둘 중 하나의 위치가 변하는 등의 외부 영향에 의하여, 소스 공진기(115)와 타겟 공진기(121) 간의 임피던스 미스 매칭이 발생할 수 있다. 임피던스 미스 매칭은 전력 전달의 효율을 감소시키는 직접적인 원인이 될 수 있다. 매칭 제어부(Matching control)(113)는 전송신호의 일부가 반사되어 돌아오는 반사파를 감지함으로써, 임피던스 미스 매칭이 발생한 것으로 판단하고, 임피던스 매칭을 수행할 수 있다. 또한, 매칭 제어부(Matching control)(113)는 반사파의 파형 분석을 통해 공진 포인트를 검출함으로써, 공진 주파수를 변경할 수 있다. 여기서, 매칭 제어부(Matching control)(113)는 반사파의 파형에서 진폭(amplitude)이 최소인 주파수를 공진 주파수로 결정할 수 있다.

[0032] 도 1의 예에서, 소스 공진기(115) 및/또는 타겟 공진기(121)는 도 13 내지 도 18의 구조를 가질 수 있다.

[0033] 도 2는 일 실시 예에 따른 공진 전력 전송 시스템을 나타낸다.

[0034] 도 2를 참조하면, 공진 전력 전송 시스템의 소스 장치는 AC/DC 컨버터(210), DC/AC 인버터 및 소스 공진부(230)를 포함한다. 또한, 공진 전력 전송 시스템의 타겟 장치는 타겟 공진부(240), AC/DC 컨버터(250)를 포함한다. 도 2의 예에서, 부하(260)는 타겟 장치에 포함된 구성이거나, 외부 장치일 수 있다.

[0035] 도 2를 참조하면, 부하(260)의 임피던스  $Z_L$ 의 변화에 대한 임피던스 매칭 및 타겟 장치에서 바라본 소스 장치의 임피던스의 변화에 대한 임피던스 매칭은 B 지점에서 수행될 수 있다. 또한, DC/AC 인버터(220)와 소스 공진부(230) 사이의 임피던스 변화에 대한 임피던스 매칭은 A 지점에서 수행될 수 있다. 여기서, 임피던스 매칭은 후술하는 임피던스 트래킹을 통해 수행될 수 있다. 이하, 소스 장치 및 타겟 장치의 구체적인 구성을 통해, 소스 장치에서의 임피던스 트래킹, 타겟 장치에서의 임피던스 트래킹 및 소스 장치-타겟 장치 사이의 임피던스 트래킹에 대하여 상세히 설명한다.

[0036] 한편, 공진 임피던스를 트래킹하기 위한 공진 임피던스 트래킹 장치는 소스 장치 및 타겟 장치 각각에 구비되거나, 소스 장치 또는 타겟 장치 중 어느 하나에 구비될 수 있다. 여기서, 공진 임피던스(resonance impedance)란, 공진기가 공진 주파수를 가질 때의 임피던스 값을 의미한다.

[0037] 도 3은 일 실시 예에 따른 소스 장치의 구성을 나타낸다.

[0038] 도 3을 참조하면, 소스 장치(300)는 전압 제어부(310), AC/DC 인버터(320), 스위칭 제어부(330), 소스 제어부(340), 타겟 감지부(350), 소스 반사 신호 검출부(360), 소스 공진부(390)를 포함한다.

[0039] 전압 제어부(310)는 제1 주파수의 AC 신호를 입력 받아, 일정 레벨의 DC 전압을 출력한다. 여기서, 제1 주파수는 예를 들어, 수십 Hz 대역일 수 있다. 여기서, 제1 주파수의 AC 신호는 고속 스위칭 소자를 이용하는 고속 스위칭 방식에 의하여 생성되거나, 또는 오실레이터를 이용하는 발진 방식에 의하여 생성될 수 있다. 전압 제어부(310)는 트랜스(311), 정류부(313) 및 정전압 제어부(315)를 포함할 수 있다.

[0040] 트랜스(311)는 외부 장치로부터 입력되는 AC 신호의 신호 레벨을 원하는 레벨로 조정한다.

[0041] 정류부(313)는 트랜스(311)로부터 출력되는 AC 신호를 정류함으로써, DC 신호를 출력한다.

[0042] 정전압 제어부(315)는 소스 제어부(340)의 제어에 따라서, 일정 레벨의 DC 전압을 출력한다. 정전압 제어부

(315)는 일정 레벨의 DC 전압을 출력하기 위한 안정화 회로를 포함하여 구성될 수 있다. 정전압 제어부(315)에서 출력되는 DC 전압의 전압 레벨은, 타겟 장치에서 필요한 전력량 및 공진 전력의 출력량 제어에 따라서 결정될 수 있다.

[0043] AC/DC 인버터(320)는 전압 제어부(310)에서 출력되는 DC 신호를 AC 신호로 변환함으로써 공진 전력을 생성한다. 즉, AC/DC 인버터(320)는 제2 주파수의 스위칭 펄스 신호에 의하여 정전압 제어부(315)에서 출력되는 일정 레벨의 DC 전압을 AC 전압으로 변환한다. AC/DC 인버터(320)는 고속 스위칭을 위한 스위칭 소자를 포함할 수 있다. 이때, 스위칭 소자는 스위칭 펄스 신호가 "high"일 때 On되고, 스위칭 펄스 신호가 "Low"일 때 off되도록 구성될 수 있다.

[0044] 스위칭 제어부(330)는 스위칭 펄스 신호를 생성하고, 생성된 스위칭 펄스 신호를 AC/DC 인버터(320)로 제공한다. 이때, 스위칭 펄스 신호는 고속 스위칭 방식 또는 발진(oscillation) 방식에 의하여 생성될 수 있다. 고속 스위칭 방식은 고속 스위칭 소자, 예를 들어 전계효과트랜지스터(FET)를 이용하여 구현될 수 있다. 발진 방식은 오실레이터에 의하여 구현될 수 있다. 즉, 스위칭 제어부(330)는 오실레이터를 더 포함할 수 있다. 여기서, 오실레이터는 소정의 발진 주파수를 갖는 AC 신호를 출력한다. 스위칭 제어부(330)에서 출력되는 스위칭 펄스 신호는 제2 주파수를 가진다. 스위칭 펄스 신호는 도 5에 도시된 바와 같이 구형파(square wave)일 수 있다. 또한, 스위칭 펄스 신호는 사인파(sine wave)일 수 있다. 스위칭 제어부(330)는 스위칭 펄스 신호의 듀티율(duty rate)을 도 6에 도시된 바와 같이 50:50으로 제어할 수 있다. 여기서, 제2 주파수는 예를 들어, 수 MHz ~ 수십MHz 대역일 수 있다. 스위칭 펄스 신호의 듀티율(duty rate)은 50:50을 기준으로, 10%의 마진을 갖도록 설정될 수 있다. 즉, 스위칭 제어부(330)는 스위칭 펄스 신호의 듀티율(duty rate)을 40~60%로 제어할 수 있다.

[0045] 소스 제어부(340)는 소스 장치의 전반적인 동작, 임피던스 매칭 및 공진 임피던스 트래킹을 제어하도록 구성될 수 있다. 따라서, 소스 제어부(340)는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 소스 제어부(340)에 구비되는 적어도 하나의 프로세서는 공진 임피던스 트래킹을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0046] 소스 제어부(340)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화 또는 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 따라서 공진 임피던스의 트래킹을 제어한다. 이때, '공진 임피던스의 트래킹'은 소스 임피던스 트래킹부(370)에서 수행되는 임피던스의 조정 과정이다. 소스 제어부(340)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량을 획득하고, 상기 임피던스의 변화량을 고려하여 소스 임피던스 트래킹부(370)를 제어할 수 있다. 이때, 타겟 장치에 대한 임피던스는 도 2의 A 지점에서 B 지점을 바라볼 때의 임피던스를 의미한다. 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화는 타겟 감지부(350)로부터 소스 제어부(340)로 제공될 수 있다.

[0047] 타겟 감지부(350)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출한다. 타겟 감지부(350)는 외부 전원으로부터 전압제어부(310)로 입력되는 AC 전력량, 소스 공진부(380)의 출력 전력량, 타겟 장치로 전송되는 공진 전력에 대응하는 반사 전력의 크기 등을 고려하여 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출할 수 있다. 예를 들어, 타겟 감지부(350)는 타겟 장치로 전송되는 공진 전력의 전력량 및 반사 전력의 비를 이용하여 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 감지할 수 있다.

[0048] 한편, 공진 전력 전송에 있어서, 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 임피던스를 고려한 전압 관계식은 [수학식 1]과 같이 정의될 수 있다.

[0049] [수학식 1]

$$V_{\max} = |V_i| + |V_r| = |V_i| * (1 + |\Gamma|)$$

$$V_{\min} = |V_i| - |V_r| = |V_i| * (1 - |\Gamma|)$$

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{|V_i| * (1 + |\Gamma|)}{|V_i| * (1 - |\Gamma|)} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

[0050]

[0051] 수학식 1에서,  $V_i$ 는 소스측의 출력 전압,  $V_r$ 은 임피던스 미스 매칭으로 인한 반사 전압을 의미한다. 또한, 수학식 1에서 반사 계수  $\Gamma$ 는 수학식 2와 같이 정의될 수 있다.

[0052] [수학식 2]

$$\text{Reflection coefficient } (\Gamma) = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o}$$

[0053]

[0054] 소스 반사 신호 검출부(360)는 타겟 장치로 전송하는 공진 전력에 대응하는 반사 신호를 검출한다. 소스 반사 신호 검출부(360)는 반사 신호를 커플링하기 위한 커플러를 포함할 수 있다. 즉, 소스 반사 신호 검출부(360)는 커플러를 통해 반사 신호를 검출할 수 있다. 일 측면에 있어서, 소스 제어부(360)는 소스 반사 신호 검출부(360)를 통해 반사 신호가 검출되지 않으면 공진 임피던스 트래킹을 종료하도록 스위치(379)를 제어할 수 있다. 또한, 소스 제어부(360)는 소스 반사 신호 검출부(360)를 통해 반사 신호가 검출되면 공진 임피던스 트래킹을 계속 수행하도록 스위치(379)를 제어할 수 있다.

[0055] 소스 공진부(390)는 소스 임피던스 트래킹부(370) 및 소스 공진기(380)를 포함한다.

[0056] 소스 임피던스 트래킹부(370)는 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행한다. 공진 주파수의 결정 요소는 [수학식 3]과 같이 정의되는 공진 주파수의 C값을 의미한다. C값은 공진기의 커패시터 성분이다.

[0057] [수학식 3]

$$\text{resonance frequency} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

[0058]

[0059] 수학식 3에서, L은 공진기의 인덕턴스 값이다.

[0060] '공진 임피던스의 트래킹'란 공진기의 C값을 트래킹 또는 조정함으로써, 임피던스 매칭을 수행하는 것이다. 공진기의 C 값은 결국 공진 주파수의 C값과 동일한 의미이다. 소스 임피던스 트래킹부(370)는 공진기의 C값을 트래킹 하기 위한 가변 커패시터 또는 복수의 커패시터들(371, 373, 375)을 포함할 수 있다. 소스 임피던스 트래킹부(370)는 스위치(379)를 더 포함할 수 있다. 스위치(379)는 소스 제어부(340)로부터 입력되는 제어신호에 따라 복수의 커패시터들(371, 373, 375)을 순차적으로 스위칭함으로써, 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정할 수 있다. 즉, 소스 제어부(340)는 타겟 감지부(350)로부터 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량을 획득하고, 임피던스의 변화량을 고려하여 스위치(379)의 스위칭 방향을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호는 C값이 순차적으로 작아 지는 방향으로 스위치(379)를 스위칭하거나, C값이 순차적으로 커 지는 방향으로 스위치(379)를 스위칭하기 위한 신호일 수 있다.

[0061] 도 3에 도시되지 않았지만, 소스 장치(300)는 통신부를 더 포함할 수 있다. 통신부는 공진 주파수를 통해 타겟 장치와 데이터를 송수신하는 인-밴드 통신 및 데이터 통신을 위해 할당된 주파수를 통해 타겟 장치와 데이터를 송수신하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 있다. 일 측면에 있어서, 통신부는 타겟 장치에서 감지되는 부하의 임피던스 변화량을 수신하여 소스 제어부(340)로 제공할 수 있다. 소스 제어부(340)는 부하의 임피던스 변화량을 이용하여 소스 임피던스 트래킹부(370)를 제어할 수도 있다.

[0062] 도 4는 일 실시 예에 따른 타겟 장치의 구성을 나타낸다.

[0063] 도 4를 참조하면, 타겟 장치(400)는 타겟 공진부(450), AC/DC 컨버터(470), DC/DC 컨버터(480), 부하 감지부(410), 타겟 반사 신호 검출부(420) 및 타겟 제어부(440)를 포함한다. 도 4의 예에서, 부하(401)는 타겟 장치(400)에 포함된 구성이거나, 외부 장치일 수 있다.

[0064] 타겟 공진부(450)는 소스 공진부(390)와 유사하게 구성된다. 즉, 타겟 공진부(450)는 타겟 공진기(460) 및 타겟 임피던스 트래킹부(430)를 포함한다.

[0065] 타겟 임피던스 트래킹부(430)는 공진 주파수의 결정 요소(factor)를 조정하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행한다. 타겟 임피던스 트래킹부(430)에서 수행되는 공진 임피던스의 트래킹은 도 2의 B 지점에서의 임피던스 조정 과정이다. 타겟 임피던스 트래킹부(430)에서 수행되는 공진 임피던스 트래킹은 소스 임피던스 트래킹부(370)에서 수행되는 것과 동일한 방식으로 수행될 수 있다. 소스 임피던스 트래킹부(370)와 마찬가지로, 타겟 임피던스

스 트래킹부(430)는 복수의 커패시터들(431, 433, 435) 및 스위치(437)를 포함할 수 있다.

[0066] AC/DC 컨버터(470)는 AC 전압을 DC 전압으로 변환한다. 즉, AC/DC 컨버터(470)는 AC 신호인 공진 전력을 DC 전력으로 변환할 수 있다.

[0067] DC/DC 컨버터(480)는 DC 전압의 신호 레벨을 조정함으로써 정격 전압을 부하(401)로 공급한다.

[0068] 부하 감지부(410)는 공진 전력을 수신하는 타겟 장치(400)에 연결된 부하(401)의 임피던스 및 부하(401)의 임피던스의 변화를 검출한다. 이때, 부하 감지부(410)는 부하(401)에 걸리는 전압 및 상기 부하(401)로 흐르는 전류량을 감지함으로써, 상기 부하의 임피던스의 변화를 검출할 수 있다.

[0069] 타겟 반사 신호 검출부(420)는 수신되는 공진 전력에 대응하는 반사신호를 검출한다. 타겟 반사 신호 검출부(420)는 반사 신호를 커플링하기 위한 커플러를 포함할 수 있다. 즉, 타겟 반사 신호 검출부(420)는 커플러를 통해 반사 신호를 검출할 수 있다. 일 측면에 있어서, 타겟 제어부(440)는 타겟 반사 신호 검출부(420)를 통해 반사 신호가 검출되지 않으면 공진 임피던스 트래킹을 종료하도록 스위치(437)를 제어할 수 있다. 또한, 타겟 제어부(440)는 타겟 반사 신호 검출부(420)를 통해 반사 신호가 검출되면 공진 임피던스 트래킹을 계속 수행하도록 스위치(437)를 제어할 수 있다. 반사 신호가 발생하는 원인은 여러 가지가 있을 수 있다. 예를 들어, 부하(401)의 소모 전력이 변하는 경우에도 부하의 임피던스가 변할 수 있다.

[0070] 타겟 제어부(440)는 타겟 장치(400)의 전반적인 동작, 임피던스 매칭 및 공진 임피던스 트래킹을 제어하도록 구성될 수 있다. 따라서, 타겟 제어부(440)는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 타겟 제어부(440)에 구비되는 적어도 하나의 프로세서는 공진 임피던스 트래킹을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0071] 타겟 제어부(440)는 부하(401)의 임피던스 변화 또는 반사 신호 중 적어도 어느 하나의 검출 여부에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 제어할 수 있다. 타겟 제어부(440)는 부하의 임피던스의 변화량을 획득하고, 상기 임피던스의 변화량을 고려하여 타겟 임피던스 트래킹부(430)를 제어할 수 있다. 타겟 제어부(440)는 부하의 임피던스의 변화량에 따라서 스위치(437)의 스위칭 방향을 제어할 수 있다. 예를 들어, 타겟 제어부(440)는 타겟 공진기(460)의 C값이 순차적으로 작아 지는 방향으로 스위치(437)를 제어할 수 있다.

[0072] 도 4에 도시되지 않았지만, 타겟 장치(400)는 통신부를 더 포함할 수 있다. 통신부는 공진 주파수를 통해 소스 장치와 데이터를 송수신하는 인-밴드 통신 및 데이터 통신을 위해 할당된 주파수를 통해 소스 장치와 데이터를 송수신하는 아웃-밴드 통신을 수행할 수 있다. 일 측면에 있어서, 통신부는 타겟 장치에서 감지되는 부하의 임피던스 변화량을 소스 장치로 전송할 수 있다.

[0073] 도 7은 소스 장치가 고정된 상태에서 타겟 장치가 공진 임피던스 트래킹을 수행하는 예를 나타낸다.

[0074] 도 7은 소스 장치의 임피던스  $Z_0$ 와 부하의 임피던스  $Z_L$ 을 등가적으로 표현한 것이다. 도 7에서,  $\Gamma(S11)_{Target}$ 는 소스 장치에 대한 타겟 장치의 반사 임피던스 또는 반사 전력을 의미한다.

[0075] 공진 전력 전송 시스템에서 효율  $U$ 는 [수학식 4]와 같이 정의될 수 있다.

[0076] [수학식 4]

$$U = \frac{\kappa}{\sqrt{\Gamma_S \Gamma_D}} = \frac{\omega_0 M}{\sqrt{R_S R_D}} = \frac{\sqrt{Q_S Q_D}}{Q_\kappa}$$

[0077]

[0078] 여기서,  $\kappa$ 는 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 에너지 커플링에 대한 결합 계수,  $\Gamma_S$ 는 소스 공진기에서의 반사 임피던스,  $\Gamma_D$ 는 타겟 공진기에서의 반사 임피던스,  $\omega_0$ 는 공진 주파수,  $M$ 은 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 상호 인덕턴스,  $R_S$ 는 소스 공진기의 임피던스,  $R_D$ 는 타겟 공진기의 임피던스,  $Q_S$ 는 소스 공진기의 Q-factor,  $Q_D$ 는 타겟 공진기의 Q-factor,  $Q_\kappa$ 는 소스 공진기와 타겟 공진기 사이의 에너지 커플링에 대한 Q-factor이다.

수학식 4를 참조하면, 공진 임피던스가 변하는 경우  $\Gamma_S$  또는  $\Gamma_D$ 의 보정을 통해 전체효율  $U$ 를 유지할 수 있다.



- [0079] 도 8은 소스 장치가 고정된 상태에서 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다. 도 8에 도시된 방법은 타겟 장치(400)에 의하여 수행될 수 있다.
- [0080] 도 8을 참조하면, 타겟 장치(400)는 810단계에서 소스 장치로부터 공진 전력을 수신한다. 810 단계에서 수신되는 공진 전력은, 타겟 제어부(440)를 웨이크-업(wake-up) 시킬 수 있는 정도의 작은 전력량을 가질 수 있다.
- [0081] 820단계에서 타겟 장치(400)는 수신된 공진 전력을 이용하여 타겟 제어부(440)를 웨이크 업 또는 활성화시킨다.
- [0082] 830 단계에서 타겟 장치(400)는 공진 전력의 수신 상태를 체크한다. 예를 들어, 타겟 장치(400)는 수신되는 공진 전력의 양이 일정한지, 수신 상태가 불안정한지 등을 체크할 수 있다.
- [0083] 타겟 장치(400)는 840 단계에서 부하(load)의 임피던스를 검출하고, 850 단계에서 부하의 임피던스의 변화를 검출한다. 즉, 850 단계에서 타겟 장치(400)는 부하의 임피던스의 변화가 검출되는지 여부를 판단하고, 부하의 임피던스의 변화가 검출되는 경우 860단계에서 공진 임피던스의 트래킹을 수행한다.
- [0084] 860단계에서 타겟 장치(400)는 임피던스의 변화의 검출여부 및 상기 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행한다. 임피던스의 변화량은 부하에 걸리는 전압 및 상기 부하로 흐르는 전류량을 감지함으로써 검출할 수 있다.
- [0085] 870단계에서 타겟 장치(400)는 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어한다. 즉, 타겟 장치(400)는 반사 신호가 검출되면, 860 단계로 되돌아가서, 공진 임피던스의 트래킹을 계속 수행하도록 타겟 임피던스 트래킹부(430)를 제어한다. 또한, 타겟 장치(400)는 반사 신호가 검출되지 않으면, 830 단계로 되돌아 가거나 공진 임피던스 트래킹 방법을 종료할 수 있다.
- [0086] 한편, 870단계는 부하의 임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호를 생성하는 것과, 제어 신호에 기초하여 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 것을 포함할 수 있다. '임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호'는 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 순서일 수 있다. 공진 주파수의 결정 요소는 타겟 공진기의 커패시터 성분일 수 있다. 상기 제어 신호는 상기 커패시터 성분의 순차적인 증가 또는 감소에 대한 정보일 수 있다.
- [0087] 도 9는 부하의 변화에 따라 소스 장치가 공진 임피던스 트래킹을 수행하는 예를 나타낸다.
- [0088] 도 9는 도 7과 같이 소스 장치의 임피던스  $Z_0$ 와 부하의 임피던스  $Z_L$ 을 등가적으로 표현한 것이다. 도 9에서  $\Gamma(S11)_{Source}$ 는 타겟 장치에 대한 소스 장치의 반사 임피던스 또는 반사 전력을 의미한다. 소스 장치로 입력되는 AC 전력, 공진 전력으로 변환할 때 생기는 전력변환 손실 및  $\Gamma(S11)_{Source}$ 를 검출하면, 소스 장치는  $Z_L$ 을 알 수 있다. 소스 장치는  $Z_L$ 의 변화를 검출함으로써 공진 임피던스 트래킹을 수행할 수 있다.
- [0089] 도 10은 부하의 변화에 따라 소스 장치에서 수행되는 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다. 도 10에 도시된 방법은 소스 장치(300)에 의하여 수행될 수 있다.
- [0090] 도 10을 참조하면, 소스 장치(300)는 1010 단계에서 외부장치로부터 입력되는 입력 교류 전력을 측정한다.
- [0091] 1020 단계에서 소스 장치(300)는 타겟 장치의 부하를 감지한다. 여기서, 타겟 장치의 부하를 감지한다는 것은, 도 9에서 타겟 장치에 대한 임피던스  $Z_L$ 의 크기를 감지하는 것을 의미한다.
- [0092] 1030 단계에서 소스 장치(300)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화를 검출한다. 즉, 1030 단계에서 소스 장치(300)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화가 검출되는지 여부를 판단하고, 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화가 검출되는 경우 1040 단계에서 공진 임피던스 트래킹을 수행한다.
- [0093] 1040 단계에서 소스 장치(300)는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화의 검출 여부 및 상기 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량에 기초하여 공진 임피던스의 트래킹을 수행한다. 여기서, 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화는 상기 타겟 장치로 전송되는 공진 전력의 전력량 및 상기 반사 신호에 기초하여 검출될 수 있다.

- [0094] 1050 단계에서 소스 장치(300)는 공진 전력에 대응하는 반사 신호의 검출 여부에 기초하여 상기 공진 임피던스의 트래킹을 제어한다. 즉, 소스 장치(300)는 반사 신호가 검출되면, 1040 단계로 되돌아가서, 공진 임피던스의 트래킹을 계속 수행하도록 소스 임피던스 트래킹부(370)를 제어한다. 또한, 소스 장치(300)는 반사 신호가 검출되지 않으면, 1010 단계로 되돌아 가거나 공진 임피던스 트래킹 방법을 종료할 수 있다.
- [0095] 한편, 1050 단계는 타겟 장치에 대한 임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호를 생성하는 것과, 제어 신호에 기초하여 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 것을 포함할 수 있다. '임피던스의 변화량에 관련된 제어 신호'는 공진 주파수의 결정 요소를 순차적으로 변경하는 순서일 수 있다. 공진 주파수의 결정 요소는 타겟 공진기의 커패시터 성분일 수 있다. 상기 제어 신호는 상기 커패시터 성분의 순차적인 증가 또는 감소에 대한 정보일 수 있다.
- [0096] 도 11은 부하의 변화에 따른 소스 장치와 타겟 장치 사이의 공진 임피던스 트래킹 방법을 나타낸다.
- [0097] 소스 장치는 타겟 장치의 연결이 감지되는 경우, 먼저 타겟 장치에 대한 부하의 크기  $Z_L$ 를 알 필요가 있다. 소스 장치는  $Z_L$ 를 알기 위하여 1110 단계에서 Wake-Up Power를 타겟 장치로 전송한다. 여기서, Wake-Up Power란 타겟 장치에 구비된 프로세서 등이 활성화 될 수 있는 정도의 작은 전력량을 갖는 Power이다.
- [0098] 타겟 장치는 Wake-Up Power에 의하여 턴온 되면, 1120 단계에서 부하 감지를 수행한다. 부하 감지는 부하의 임피던스의 크기 및 부하의 임피던스의 변화를 감지하는 것이다. 1130 단계에서 타겟 장치는 공진 임피던스 트래킹을 수행한다. 공진 임피던스 트래킹이 완료되면, 타겟 장치는 소스 장치로 공진 임피던스 트래킹이 완료 되었다는 Report를 전송할 수 있다.
- [0099] 타겟 장치의 공진 임피던스 트래킹이 완료되면, 1150 단계에서 소스 장치는 공진 임피던스 트래킹을 수행한다. 소스 장치에서 공진 임피던스 트래킹이 완료되면, 1160 단계에서 임피던스 매칭된 공진 전력이 소스 장치로부터 타겟 장치로 전송된다.
- [0100] 도 12는 공진 임피던스 트래킹 방법의 일 예를 나타낸다.
- [0101] 도 12에 도시된 예는, 소스 장치에 구비된 공진 임피던스 트래킹 장치에 의하여 수행될 수 있다. 또한, 도 12에 도시된 예는 타겟 장치에 구비된 공진 임피던스 트래킹 장치에 의하여 수행될 수 있다. 아래의 설명에서는 도 12에 도시된 예가 타겟 장치에 구비된 공진 임피던스 트래킹 장치에 의하여 수행되는 것으로 가정한다.
- [0102] 도 12를 참조하면, 제어신호는 스위치의 스위칭 방향에 대한 정보 일 수 있다. 또한, 제어신호는 특정 커패시터에 대하여 On/Off를 제어하는 신호일 수 있다.
- [0103] 도 12의 예에서, 복수의 커패시터들(1201, 1203, 1205) 각각은 주파수 옵션에 대응하는 서로 다른 C값을 갖도록 설계될 수 있다. 도 12의 예에서 복수의 커패시터들(1201, 1203, 1205) 각각의 C값은 1201 1203, 1205이라 가정한다.
- [0104] 일 예로 "Reference 임피던스 주파수" F2를 현재의 공진 주파수라 가정한다. 타겟 장치에 연결된 부하의 변화 또는 소모 전력이 변하면 임피던스 미스 매칭이 발생될 수 있다. 타겟 제어부는 부하의 변화를 감지하면 공진 임피던스 트래킹을 위한 제어 신호를 생성한다. 이때, 타겟 제어부는 공진 임피던스 트래킹이 High Band로 진행되어야 하는지, 또는 Low Band로 수행되어야 하는지를 결정한다. 공진 임피던스 트래킹이 High Band 방향으로 진행되는 경우, 스위치의 스위칭은 F2에서 F4로 순차적으로 진행될 수 있다. 즉, 타겟 제어부는 부하의 임피던스가 변하여 공진 주파수를 High Band 방향으로 조정할 필요가 있는 경우, F2에서 F4 방향으로 스위칭 되도록 스위치를 제어할 수 있다.
- [0105] 한편, 소스 공진기 및/또는 타겟 공진기는 헬릭스(helix) 코일 구조의 공진기, 또는 스파이럴(spiral) 코일 구조의 공진기, 또는 meta-structured 공진기로 구성될 수 있다.
- [0106] 이미 잘 알려진 내용들이지만, 이해의 편의를 위하여 관련 용어들을 기술한다. 모든 물질들은 고유의 투자율( $\mu$ ) 및 유전율( $\epsilon$ )을 갖는다. 투자율은 해당 물질에서 주어진 자계(magnetic field)에 대해 발생하는 자기력선속밀도(magnetic flux density)와 진공 중에서 그 자계에 대해 발생하는 자기력선속밀도의 비를

의미한다. 그리고, 유전율은 해당 물질에서 주어진 전계(electric field)에 대해 발생하는 전기력선속밀도(electric flux density)와 진공 중에서 그 전계에 대해 발생하는 전기력선속밀도의 비를 의미한다. 투자율 및 유전율은 주어진 주파수 또는 파장에서 해당 물질의 전파 상수를 결정하며, 투자율 및 유전율에 따라 그 물질의 전자기 특성이 결정된다. 특히, 자연계에 존재하지 않는 유전율 또는 투자율을 가지며, 인공적으로 설계된 물질을 메타 물질이라고 하며, 메타 물질은 매우 큰 파장(wavelength) 또는 매우 낮은 주파수 영역에서도 쉽게(즉, 물질의 사이즈가 많이 변하지 않더라도) 공진 상태에 놓일 수 있다.

[0107] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 2 차원 구조의 공진기를 나타낸 도면이다.

[0108] 도 13을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 2 차원 구조의 공진기는 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 및 그라운드 도체 부분(1313)을 포함하는 전송 선로, 커패시터(1320), 매칭기(1330) 및 도체들(1341, 1342)을 포함한다.

[0109] 도 13에 도시된 바와 같이, 커패시터(1320)는 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(1311)과 제2 신호 도체 부분(1312) 사이에 위치에 직렬로 삽입되며, 그에 따라 전계(electric field)는 커패시터(1320)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 그라운드된다(grounded). 본 명세서에서는 전송 선로의 상부에 있는 도체를 제1 신호 도체 부분(1311)과 제2 신호 도체 부분(1312)로 나누어 부르고, 전송 선로의 하부에 있는 도체를 그라운드 도체 부분(1313)으로 부르기로 한다.

[0110] 도 13에 도시된 바와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 공진기(1300)는 2 차원 구조의 형태를 갖는다. 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)을 포함하고, 하부에 그라운드 도체 부분(1313)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)과 그라운드 도체 부분(1313)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)을 통하여 흐른다.

[0111] 또한, 도 13에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(1311)의 한쪽 단은 도체(1342)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 커패시터(1320)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(1312)의 한쪽 단은 도체(1341)와 접지되며, 다른 쪽 단은 커패시터(1320)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 및 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342)은 서로 연결됨으로써, 공진기(1300)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.

[0112] 커패시터(1320)는 전송 선로의 중단부에 삽입된다. 보다 구체적으로, 커패시터(1320)는 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312) 사이에 삽입된다. 이 때, 커패시터(1320)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 커패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.

[0113] 커패시터(1320)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 상기 공진기(1300)는 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 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.

[0114] 이 때, 집중 소자로서 삽입된 커패시터(1320)의 커패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 상기 공진기(1300)는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 커패시터(1320)의 커패시턴스를 적절히 조절함으로써, 공진기는 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 본 발명의 일실시예에 따른 공진기(1300)는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 아래에서 설명하겠지만, 커패시터(1320)의 커패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 공진기(1300)가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 상기 공진기(1300)가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 상기 공진기(1300)가 대상 주파수에서 영번재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 커패시터(1320)의 커패시턴스가 정해질 수 있다.

- [0115] 상기 MNG 공진기(1300)는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영번째 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기(1300)는 영번째 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기(1300)의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. 즉, 아래에서 다시 설명하겠지만, MNG 공진기(1300)에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 커패시터(1320)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기(1300)의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.
- [0116] 또한, 근접 필드(near field)에서 전계는 전송 선로에 삽입된 커패시터(1320)에 집중되므로, 커패시터(1320)로 인하여 근접 필드에서는 자계(magnetic field)가 도미넌트(dominant)해진다. 그리고, MNG 공진기(1300)는 집중 소자의 커패시터(1320)을 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.
- [0117] 또한, MNG 공진기(1300)는 임피던스 매칭을 위한 매칭기(1330)를 포함할 수 있다. 이 때, 매칭기(1330)는 MNG 공진기(1300)의 자계의 강도를 적절히 조절 가능(tunable)하고, 매칭기(1330)에 의해 MNG 공진기(1300)의 임피던스는 결정된다. 그리고, 전류는 커넥터(1340)를 통하여 MNG 공진기(1300)로 유입되거나 MNG 공진기(1300)로부터 유출될 수 있다. 여기서, 커넥터(1340)는 그라운드 도체 부분(1313) 또는 매칭기(1330)와 연결될 수 있다. 다만, 커넥터(1340)와 그라운드 도체 부분(1313) 또는 매칭기(1330) 사이에는 물리적인 연결이 형성될 수도 있고, 커넥터(1340)와 그라운드 도체 부분(1313) 또는 매칭기(1330) 사이의 물리적인 연결 없이 커플링을 통하여 전력이 전달될 수도 있다.
- [0118] 보다 구체적으로, 도 13에 도시된 바와 같이, 매칭기(1330)는 공진기(1300)의 루프 구조로 인해 형성되는 루프의 내부에 위치할 수 있다. 매칭기(1330)는 물리적인 형태를 변경함으로써, 공진기(1300)의 임피던스를 조절할 수 있다. 특히, 매칭기(1330)는 그라운드 도체 부분(1313)으로부터 거리 h 만큼 떨어진 위치에 임피던스 매칭을 위한 도체(1331)를 포함할 수 있으며, 공진기(1300)의 임피던스는 거리 h를 조절함으로써 변경될 수 있다.
- [0119] 도 13에 도시되지 아니하였지만, 매칭기(1330)를 제어할 수 있는 컨트롤러가 존재하는 경우, 매칭기(1330)는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 매칭기(1330)의 물리적 형태를 변경할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호에 따라 매칭기(1330)의 도체(1331)와 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리 h가 증가하거나, 감소될 수 있으며, 그에 따라 매칭기(1330)의 물리적 형태가 변경됨으로써, 공진기(1300)의 임피던스는 조절될 수 있다. 컨트롤러는 다양한 팩터들을 고려하여 제어 신호를 생성할 수 있으며, 이에 대해서는 아래에서 설명한다.
- [0120] 매칭기(1330)는 도 13에 도시된 바와 같이, 도체 부분(1331)과 같은 수동 소자로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라서는 다이오드, 트랜지스터 등과 같은 능동 소자로 구현될 수 있다. 능동 소자가 매칭기(1330)에 포함되는 경우, 능동 소자는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 구동될 수 있으며, 그 제어 신호에 따라 공진기(1300)의 임피던스는 조절될 수 있다. 예를 들어, 매칭기(1330)에는 능동 소자의 일종인 다이오드가 포함될 수 있고, 다이오드가 'on' 상태에 있는지 또는 'off' 상태에 있는지에 따라 공진기(1300)의 임피던스가 조절될 수 있다.
- [0121] 또한, 도 13에 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기(1300)를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.
- [0122] 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 3 차원 구조의 공진기를 나타낸 도면이다.
- [0123] 도 14를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 3 차원 구조의 공진기(1300)는 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 및 그라운드 도체 부분(1313)을 포함하는 전송 선로 및 커패시터(1320)를 포함한다. 여기서 커패시터(1320)는 전송 선로에서 제1 신호 도체 부분(1311)과 제2 신호 도체 부분(1312) 사이에 위치에 직렬로 삽입되고, 전계(electric field)는 커패시터(1320)에 갇히게 된다.
- [0124] 또한, 도 14에 도시된 바와 같이 공진기(1300)는 3차원 구조의 형태를 갖는다. 전송 선로는 상부에 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)을 포함하고, 하부에 그라운드 도체 부분(1313)을 포함한다. 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)과 그라운드 도체 부분(1313)은 서로 마주보게 배치된다. 전류는 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312)을 통하여 x 방향으로 흐르며, 이러한 전류로 인해 -y 방향으로 자계(magnetic field) H(w)가 발생한다. 물론, 도 14에 도시된 것과 다르게, +y 방향으로 자계



(magnetic field)  $H(w)$ 가 발생할 수 있다.

- [0125] 또한, 도 14에 도시된 바와 같이 제1 신호 도체 부분(1311)의 한쪽 단은 도체(1342)와 접지(short)되고, 다른 쪽 단은 커패시터(1320)와 연결된다. 그리고, 제2 신호 도체 부분(1312)의 한쪽 단은 도체(1341)와 접지되며, 다른 쪽 단은 커패시터(1320)와 연결된다. 결국, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 및 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342)은 서로 연결됨으로써, 공진기(1300)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.
- [0126] 또한, 도 14에 도시된 바와 같이 커패시터(1320)는 제1 신호 도체 부분(1311) 및 제2 신호 도체 부분(1312) 사이에 삽입된다. 이 때, 커패시터(1320)는 집중 소자(lumped element) 및 분산 소자(distributed element) 등의 형태를 가질 수 있다. 특히, 분산 소자의 형태를 갖는 분산된 커패시터는 지그재그 형태의 도체 라인들과 그 도체 라인들 사이에 존재하는 높은 유전율을 갖는 유전체를 포함할 수 있다.
- [0127] 도 14에 도시된 바와 같이 커패시터(1320)가 전송 선로에 삽입됨에 따라 상기 공진기(1300)는 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있다. 집중 소자로서 삽입된 커패시터(1320)의 커패시턴스가 적절히 정해지는 경우, 상기 공진기(1300)는 메타물질의 특성을 가질 수 있다. 특히, 커패시터(1320)의 커패시턴스를 적절히 조절함으로써, 공진기(1300)는 특정 주파수 대역에서 음의 투자율을 가질 수 있으므로, 본 발명의 일실시예에 따른 공진기(1300)는 MNG 공진기로 불려질 수 있다. 아래에서 설명하겠지만, 커패시터(1320)의 커패시턴스를 정하는 전제(criterion)들은 다양할 수 있다. 공진기(1300)가 메타물질(metamaterial)의 특성을 가질 수 있도록 하는 전제(criterion), 상기 공진기(1300)가 대상 주파수에서 음의 투자율을 갖도록 하는 전제 또는 상기 공진기(1300)가 대상 주파수에서 영변재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖도록 하는 전제 등이 있을 수 있고, 상술한 전제들 중 적어도 하나의 전제 아래에서 커패시터(1320)의 커패시턴스가 정해질 수 있다.
- [0128] 도 14에 도시된 상기 MNG 공진기(1300)는 전파 상수(propagation constant)가 0일 때의 주파수를 공진 주파수로 갖는 영변재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 가질 수 있다. MNG 공진기(1300)는 영변재 공진 특성을 가질 수 있으므로, 공진 주파수는 MNG 공진기(1300)의 물리적인 사이즈에 대해 독립적일 수 있다. MNG 공진기(1300)에서 공진 주파수를 변경하기 위해서는 커패시터(1320)를 적절히 설계하는 것으로 충분하므로, MNG 공진기(1300)의 물리적인 사이즈를 변경하지 않을 수 있다.
- [0129] 도 14에 도시된 바와 같이 MNG 공진기(1300)를 참조하면, 근접 필드(near field)에서 전계는 전송 선로(1310)에 삽입된 커패시터(1320)에 집중되므로, 커패시터(1320)로 인하여 근접 필드에서는 자계(magnetic field)가 도미넌트(dominant)해진다. 특히, 영변재 공진(Zeroth-Order Resonance) 특성을 갖는 MNG 공진기(1300)는 자계 다이폴(magnetic dipole)과 유사한 특성들을 가지므로, 근접 필드에서는 자계가 도미넌트하며, 커패시터(1320)의 삽입으로 인해 발생하는 적은 양의 전계 또한 그 커패시터(1320)에 집중되므로, 근접 필드에서는 자계가 더 더욱 도미넌트해진다. MNG 공진기(1300)는 집중 소자의 커패시터(1320)를 이용하여 높은 큐-팩터(Q-Factor)를 가질 수 있으므로, 전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0130] 또한, 도 14에 도시된 MNG 공진기(1300)는 임피던스 매칭을 위한 매칭기(1330)를 포함할 수 있다. 이 때, 매칭기(1330)는 MNG 공진기(1300)의 자계의 강도를 적절히 조절 가능(tunable)하고, 매칭기(1330)에 의해 MNG 공진기(1300)의 임피던스는 결정된다. 그리고, 전류는 커넥터(1340)를 통하여 MNG 공진기(1300)로 유입되거나 MNG 공진기(1300)로부터 유출된다. 여기서, 커넥터(1340)는 그라운드 도체 부분(1313) 또는 매칭기(1330)와 연결될 수 있다.
- [0131] 보다 구체적으로, 도 14에 도시된 바와 같이, 매칭기(1330)는 공진기(1300)의 루프 구조로 인해 형성되는 루프의 내부에 위치할 수 있다. 매칭기(1330)는 물리적인 형태를 변경함으로써, 공진기(1300)의 임피던스를 조절할 수 있다. 특히, 매칭기(1330)는 그라운드 도체 부분(1313)으로부터 거리  $h$  만큼 떨어진 위치에 임피던스 매칭을 위한 도체 부분(1331)을 포함할 수 있으며, 공진기(1300)의 임피던스는 거리  $h$ 를 조절함으로써 변경될 수 있다.
- [0132] 도 14에 도시되지 아니하였지만, 매칭기(1330)를 제어할 수 있는 컨트롤러가 존재하는 경우, 매칭기(1330)는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 매칭기(1330)의 물리적 형태를 변경할 수 있다. 예를 들어, 제어 신호에 따라 매칭기(1330)의 도체(1331)과 그라운드 도체 부분(1330) 사이의 거리  $h$ 가 증가하거나, 감소될 수 있으며, 그에 따라 매칭기(1330)의 물리적 형태가 변경됨으로써, 공진기(1300)의 임피던스는 조절될 수 있다. 매칭기(1330)의 도체(1331)과 그라운드 도체 부분(1330) 사이의 거리  $h$ 는 다양한 방식으로 조절될 수 있다. 즉,

첫째, 매칭기(1330)에는 여러 도체들이 포함될 수 있고, 그 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리  $h$ 가 조절될 수 있다. 둘째, 도체(1331)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리  $h$ 가 조절될 수 있다. 이러한 거리  $h$ 는 컨트롤러의 제어 신호에 따라 제어될 수 있으며, 컨트롤러는 다양한 팩터들을 고려하여 제어 신호를 생성할 수 있다. 컨트롤러가 제어 신호를 생성하는 것에 대해서는 아래에서 설명한다.

[0133] 매칭기(1330)는 도 14에 도시된 바와 같이, 도체 부분(1331)과 같은 수동 소자로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라서는 다이오드, 트랜지스터 등과 같은 능동 소자로 구현될 수 있다. 능동 소자가 매칭기(1330)에 포함되는 경우, 능동 소자는 컨트롤러에 의해 생성되는 제어 신호에 따라 구동될 수 있으며, 그 제어 신호에 따라 공진기(1300)의 임피던스는 조절될 수 있다. 예를 들어, 매칭기(1330)에는 능동 소자의 일종인 다이오드가 포함될 수 있고, 다이오드가 'on' 상태에 있는지 또는 'off' 상태에 있는지에 따라 공진기(1300)의 임피던스가 조절될 수 있다.

[0134] 또한, 도 14에 명시적으로 도시되지 아니하였으나, MNG 공진기(1300)를 관통하는 마그네틱 코어가 더 포함될 수 있다. 이러한 마그네틱 코어는 전력 전송 거리를 증가시키는 기능을 수행할 수 있다.

[0135] 도 15는 bulky type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0136] 도 15를 참조하면, 제1 신호 도체 부분(1311)과 도체(1342)는 개별적으로 제작된 후, 서로 연결되는 것이 아니라 하나의 일체형으로 제작될 수 있다. 마찬가지로, 제2 신호 도체 부분(1312)과 도체(1341) 역시 하나의 일체형으로 제작될 수 있다.

[0137] 제2 신호 도체 부분(1312)과 도체(1341)가 개별적으로 제작된 후, 서로 연결되는 경우, 이음매(1350)로 인한 도체 손실이 있을 수 있다. 이 때, 본 발명의 실시예에 따르면, 제2 신호 도체 부분(1312)과 도체(1341)는 별도의 이음매 없이(seamless) 서로 연결되며, 도체(1341)와 그라운드 도체 부분(1313)도 별도의 이음매 없이 서로 연결될 수 있으며, 이음매로 인한 도체 손실을 줄일 수 있다. 결국, 제2 신호 도체 부분(1312)과 그라운드 도체 부분(1313)는 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 제작될 수 있다. 마찬가지로, 제1 신호 도체 부분(1311)과 그라운드 도체 부분(1313)는 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 제작될 수 있다.

[0138] 도 15에 도시된 바와 같이, 별도의 이음매 없이 하나의 일체형으로서 둘 이상의 부분(partition)들을 서로 연결하는 유형을 'bulky type'이라고 부르기도 한다.

[0139] 도 16는 Hollow type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.

[0140] 도 16를 참조하면, Hollow type으로 설계된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312), 그라운드 도체 부분(1313), 도체들(1341, 1342) 각각은 내부에 비어 있는 공간을 포함한다.

[0141] 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.

[0142] 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.

[0143] 예를 들어, 도 16에 도시된 바와 같이, 제2 신호 도체 부분(1312)의 두께는  $d_m$ 로 정해질 수 있고,  $d$ 는

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

를 통해서 결정될 수 있다. 여기서,  $f$ 는 주파수,  $\mu$ 는 투자율,  $\sigma$ 는 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  $5.8 \times 10^7$ 의 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.

- [0144] 도 17는 parallel-sheet이 적용된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.
- [0145] 도 17를 참조하면, parallel-sheet이 적용된 무선 전력 전송을 위한 공진기에 포함된 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 각각의 표면에는 parallel-sheet이 적용될 수 있다.
- [0146] 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312)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 Q팩터를 감소시키고, 커플링 효율을 감소시킬 수 있다.
- [0147] 본 발명의 실시예에 따르면, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 각각의 표면에 parallel-sheet을 적용함으로써, 저항 손실을 줄이고, Q팩터 및 커플링 효율을 증가시킬 수 있다. 도 17의 부분(1370)을 참조하면, parallel-sheet이 적용되는 경우, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 각각은 복수의 도체 라인들을 포함한다. 이 도체 라인들은 병렬적으로 배치되며, 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 각각의 끝 부분에서 접지(short)된다.
- [0148] 제1 신호 도체 부분(1311), 제2 신호 도체 부분(1312) 각각의 표면에 parallel-sheet을 적용하는 경우, 도체 라인들이 병렬적으로 배치되므로, 도체 라인들이 갖는 저항 성분들의 합은 감소된다. 따라서, 저항 손실을 줄이고, Q팩터 및 커플링 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0149] 도 18는 분산된 커패시터를 포함하는 무선 전력 전송을 위한 공진기의 예를 나타낸 도면이다.
- [0150] 도 18를 참조하면, 무선 전력 전송을 위한 공진기에 포함되는 커패시터(1320)는 분산된 커패시터일 수 있다. 집중 소자로서의 커패시터는 상대적으로 높은 등가 직렬 저항(Equivalent Series Resistance: ESR)을 가질 수 있다. 집중 소자로서의 커패시터가 갖는 ESR을 줄이기 위한 여러 제안들이 있지만, 본 발명의 실시예는 분산 소자로서의 커패시터(1320)를 사용함으로써, ESR을 줄일 수 있다. 참고로, ESR로 인한 손실은 Q팩터 및 커플링 효율을 감소시킬 수 있다.
- [0151] 분산 소자로서의 커패시터(1320)는 도 18에 도시된 바와 같이, 지그 재그 구조를 가질 수 있다. 즉, 분산 소자로서의 커패시터(1320)는 지그 재그 구조의 도체 라인 및 유전체로 구현될 수 있다.
- [0152] 뿐만 아니라, 도 18에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예는 분산 소자로서의 커패시터(1320)를 사용함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 복수 개의 집중 소자로서의 커패시터들을 병렬적으로 사용함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다. 왜냐 하면, 집중 소자로서의 커패시터들 각각이 갖는 저항 성분들은 병렬 연결을 통하여 작아지기 때문에, 병렬적으로 연결된 집중 소자로서의 커패시터들의 유효 저항 또한 작아질 수 있으며, 따라서, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다. 예를 들어, 10pF의 커패시터 하나를 사용하는 것을 1pF의 커패시터들 10개를 사용하는 것으로 대체함으로써, ESR로 인한 손실을 줄일 수 있다.
- [0153] 도 19는 2 차원 구조의 공진기 및 3 차원 구조의 공진기에서 사용되는 매칭기들의 예들을 나타낸 도면이다.
- [0154] 도 19의 A는 매칭기를 포함하는 도 13에 도시된 2 차원 공진기의 일부를 나타내며, 도 19의 B는 매칭기를 포함하는 도 14에 도시된 3 차원 공진기의 일부를 나타낸다.
- [0155] 도 19의 A를 참조하면, 매칭기는 도체(1331), 도체(1332) 및 도체(1333)을 포함하며, 도체(1332) 및 도체(1333)는 전송 선로의 그라운드 도체 부분(1313) 및 도체(1331)와 연결된다. 도체(1331) 및 그라운드 도체 부

분(1313) 사이의 거리  $h$ 에 따라 2 차원 공진기의 임피던스는 결정되며, 도체(1331) 및 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리  $h$ 는 컨트롤러에 의해 제어된다. 도체(1331) 및 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리  $h$ 는 다양한 방식으로 조절될 수 있으며, 도체(1331)가 될 수 있는 여러 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리  $h$ 를 조절하는 방식, 도체(1331)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리  $h$ 를 조절하는 방식 등이 있을 수 있다.

[0156] 도 19의 B를 참조하면, 매칭기는 도체(1331), 도체(1332) 및 도체(1333)을 포함하며, 도체(1332) 및 도체(1333)는 전송 선로의 그라운드 도체 부분(1313) 및 도체(1331)와 연결된다. 도체(1331) 및 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리  $h$ 에 따라 3 차원 공진기의 임피던스는 결정되며, 도체(1331) 및 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리  $h$ 는 컨트롤러에 의해 제어된다. 2 차원 구조의 공진기에 포함되는 매칭기와 마찬가지로, 3 차원 구조의 공진기에 포함되는 매칭기에서도 도체(1331) 및 그라운드 도체 부분(1313) 사이의 거리  $h$ 는 다양한 방식으로 조절될 수 있다. 예를 들어, 도체(1331)가 될 수 있는 여러 도체들 중 어느 하나를 적응적으로 활성화함으로써 거리  $h$ 를 조절하는 방식, 도체(1331)의 물리적인 위치를 상하로 조절함으로써, 거리  $h$ 를 조절하는 방식 등이 있을 수 있다.

[0157] 도 19에 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 임피던스가 조절될 수 있다.

[0158] 도 20은 도 13에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기의 등가 회로를 나타낸 도면이다.

[0159] 도 13에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기는 도 20에 도시된 등가 회로로 모델링될 수 있다. 도 20의 등가 회로에서  $C_L$ 은 도 2의 전송 선로의 중단부에 집중 소자의 형태로 삽입된 커패시터를 나타낸다.

[0160] 이 때, 도 13에 도시된 무선 전력 전송을 위한 공진기는 영변제 공진 특성을 갖는다. 즉, 전파 상수가 0인 경우, 무선 전력 전송을 위한 공진기는  $\omega_{MZR}$ 를 공진 주파수로 갖는다고 가정한다. 이 때, 공진 주파수  $\omega_{MZR}$ 는 하기 수학식 1과 같이 표현될 수 있다. 여기서, MZR은 Mu Zero Resonator를 의미한다.

[0161] [수학식 1]

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

[0162]

[0163] 상기 수학식 1을 참조하면, 공진기의 공진 주파수  $\omega_{MZR}$ 는  $L_R/C_L$ 에 의해 결정될 수 있고, 공진 주파수  $\omega_{MZR}$ 와 공진기의 물리적인 사이즈는 서로 독립적일 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 공진 주파수  $\omega_{MZR}$ 와 공진기의 물리적인 사이즈가 서로 독립적이므로, 공진기의 물리적인 사이즈는 충분히 작아질 수 있다.

[0164] 한편, 도 13에 명시적으로 도시되지는 않았지만 커패시터(1420)는 도 3의 소스 임피던스 트래킹부(370) 또는 도 4의 타겟 임피던스 트래킹부(430)에 연결될 수 있다. 예를 들어, 커패시터(1420)는 커패시터(431)과 병렬로 연결될 수 있다. 즉, 소스 임피던스 트래킹부(370) 또는 도 4의 타겟 임피던스 트래킹부(430)는 공진기(1300)의  $C_L$ 값을 조정할 수 있는 다양한 형태로 커패시터(1420)에 연결될 수 있다.

[0165] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되

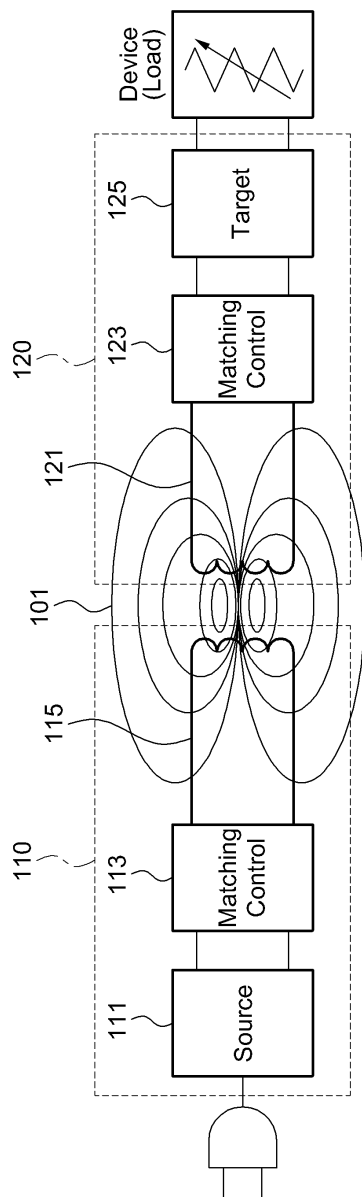
어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0166] 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.

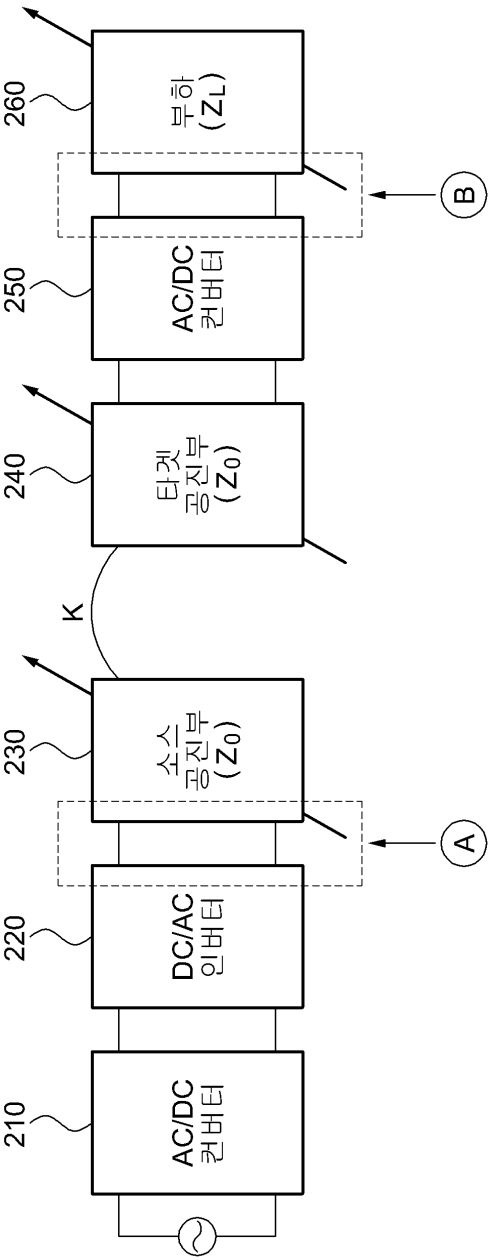
[0167] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 도면

### 도면1

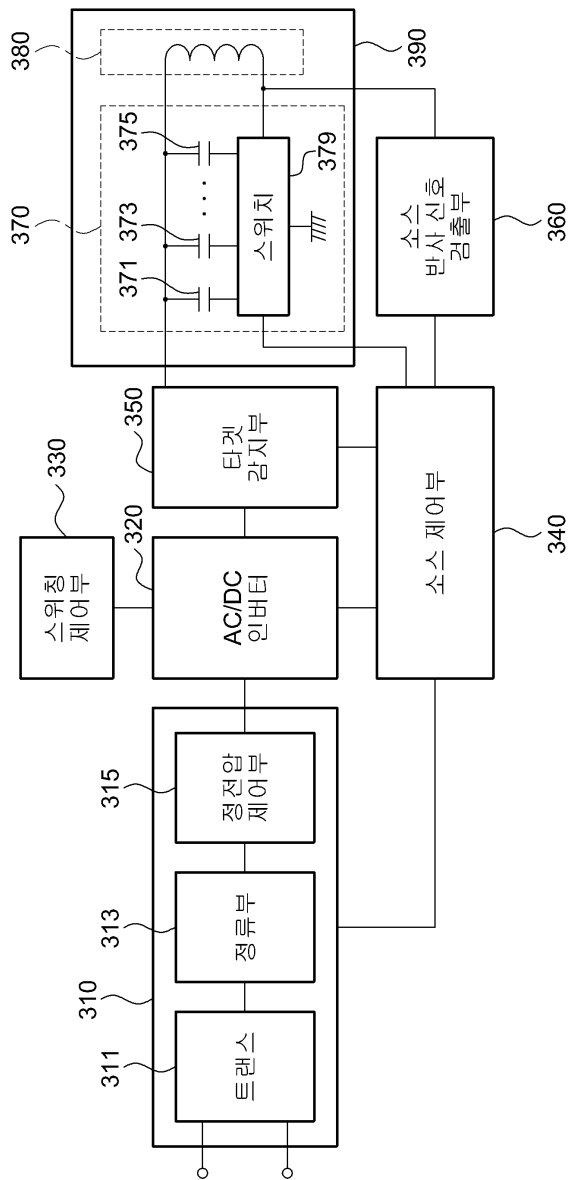


도면2

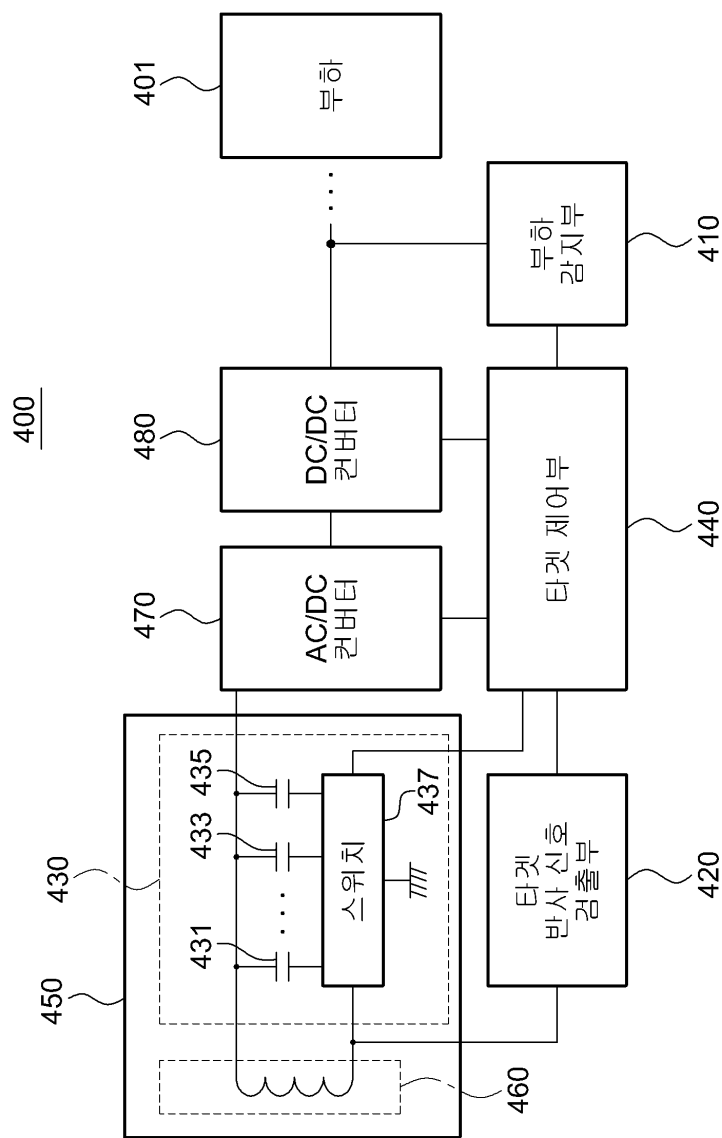


도면3

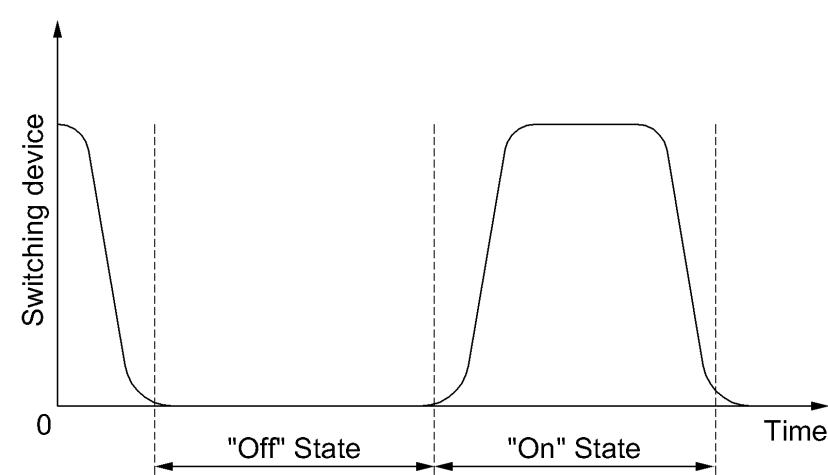
300



도면4

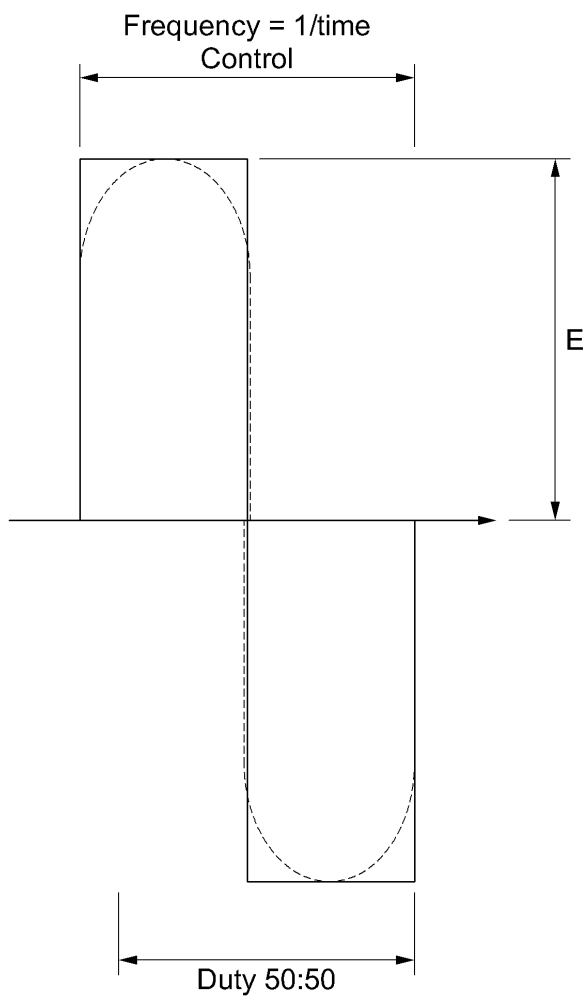


도면5

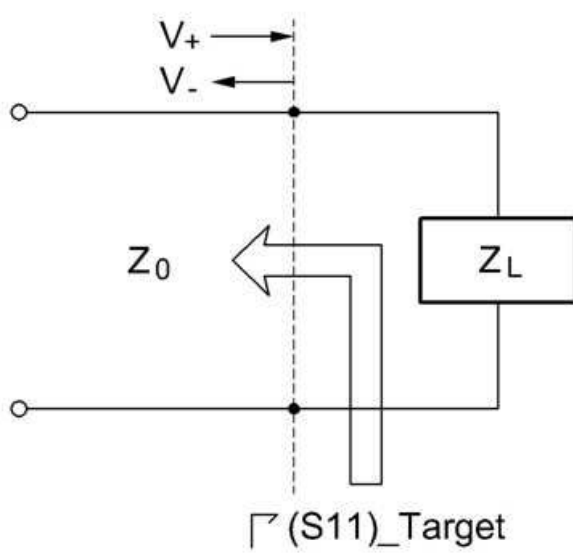




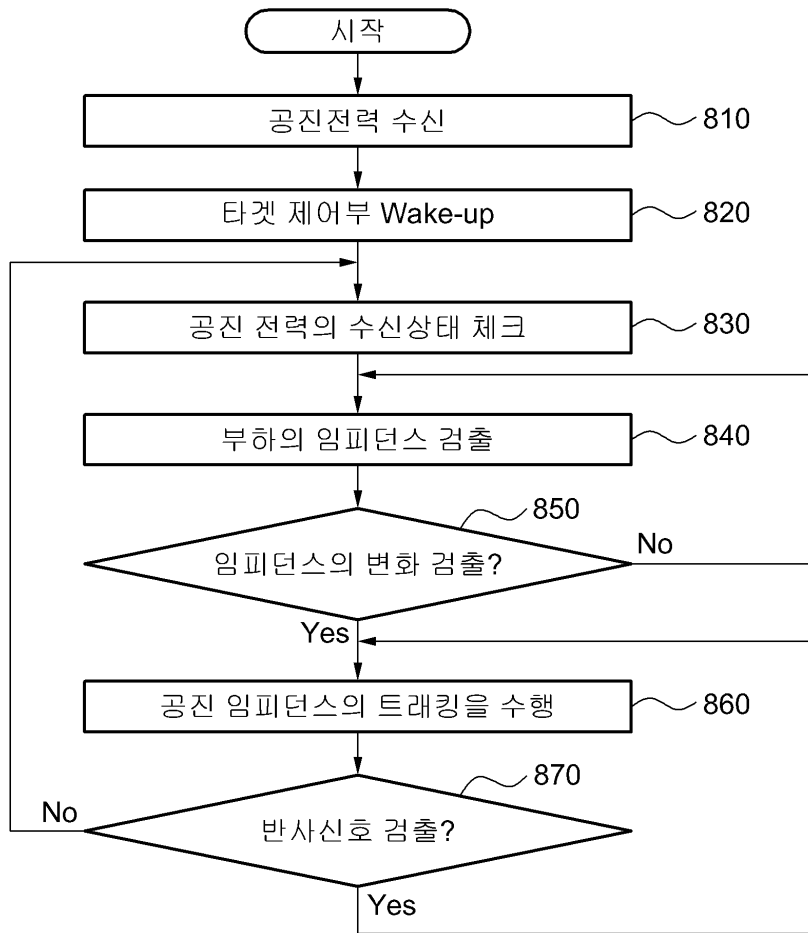
도면6



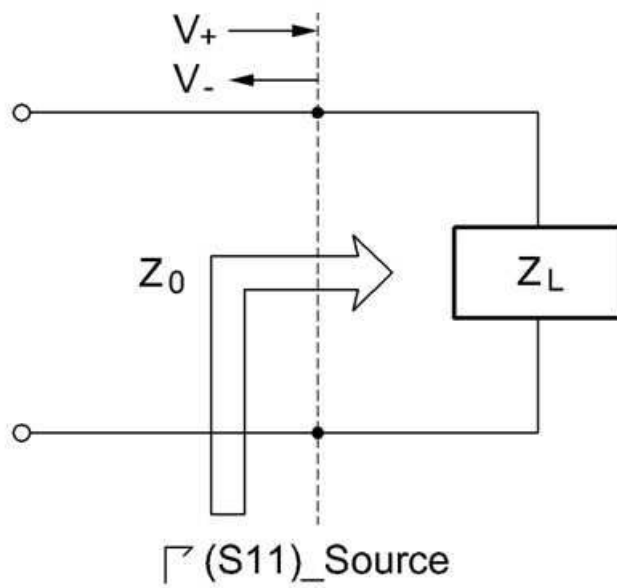
도면7



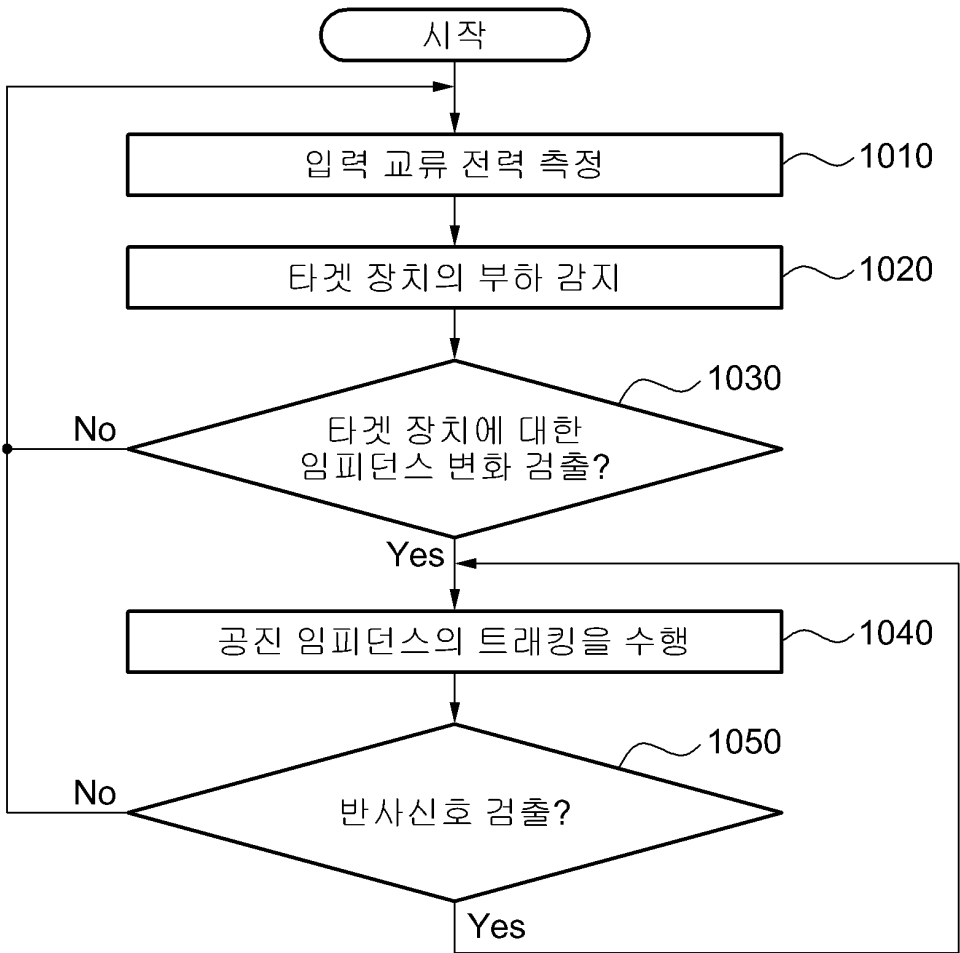
도면8



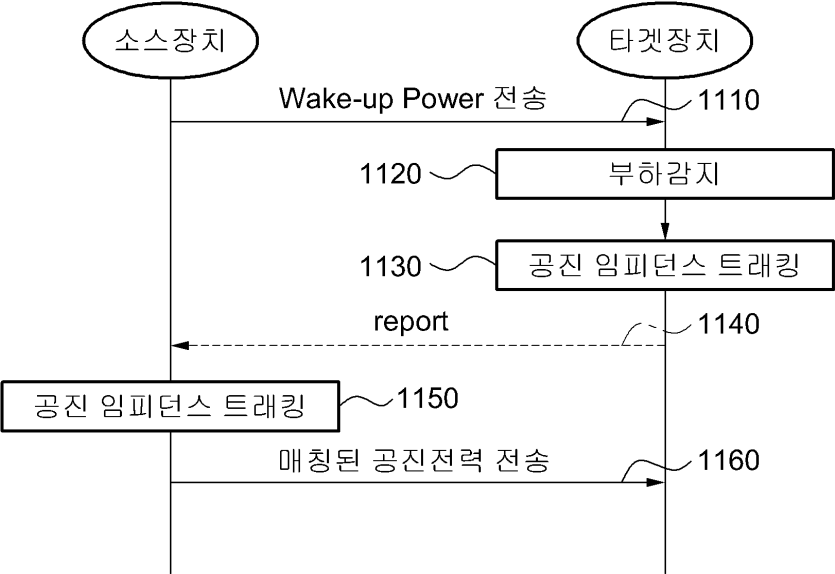
도면9



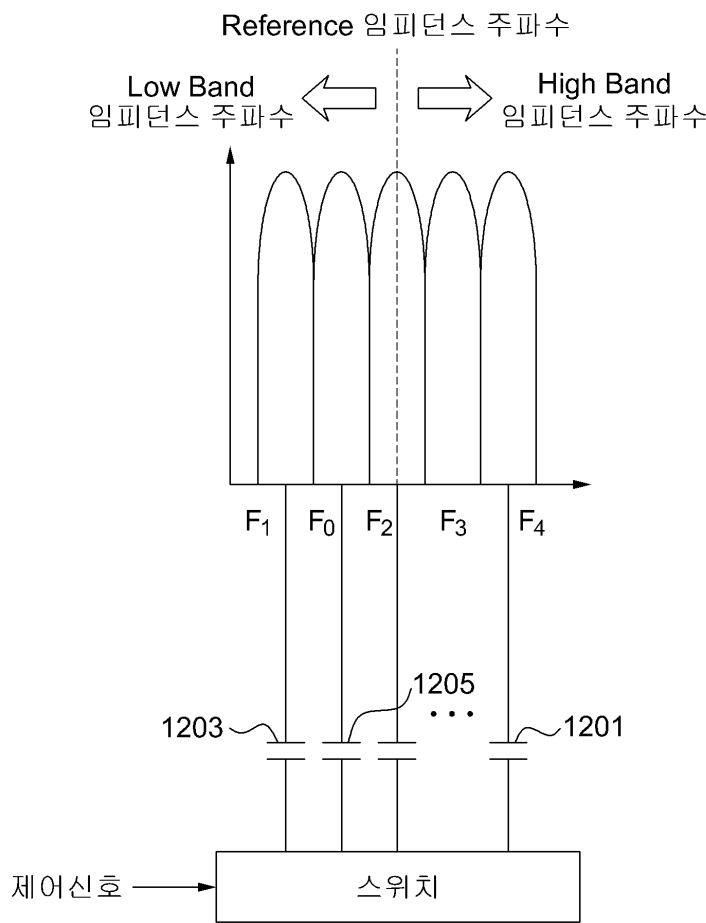
도면10



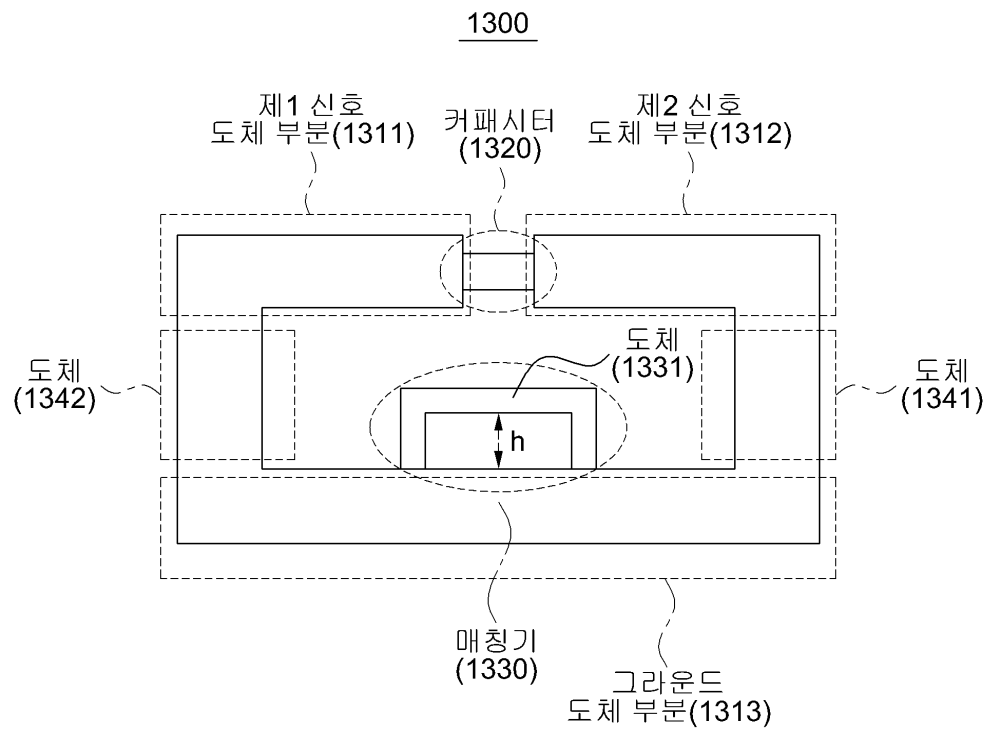
도면11



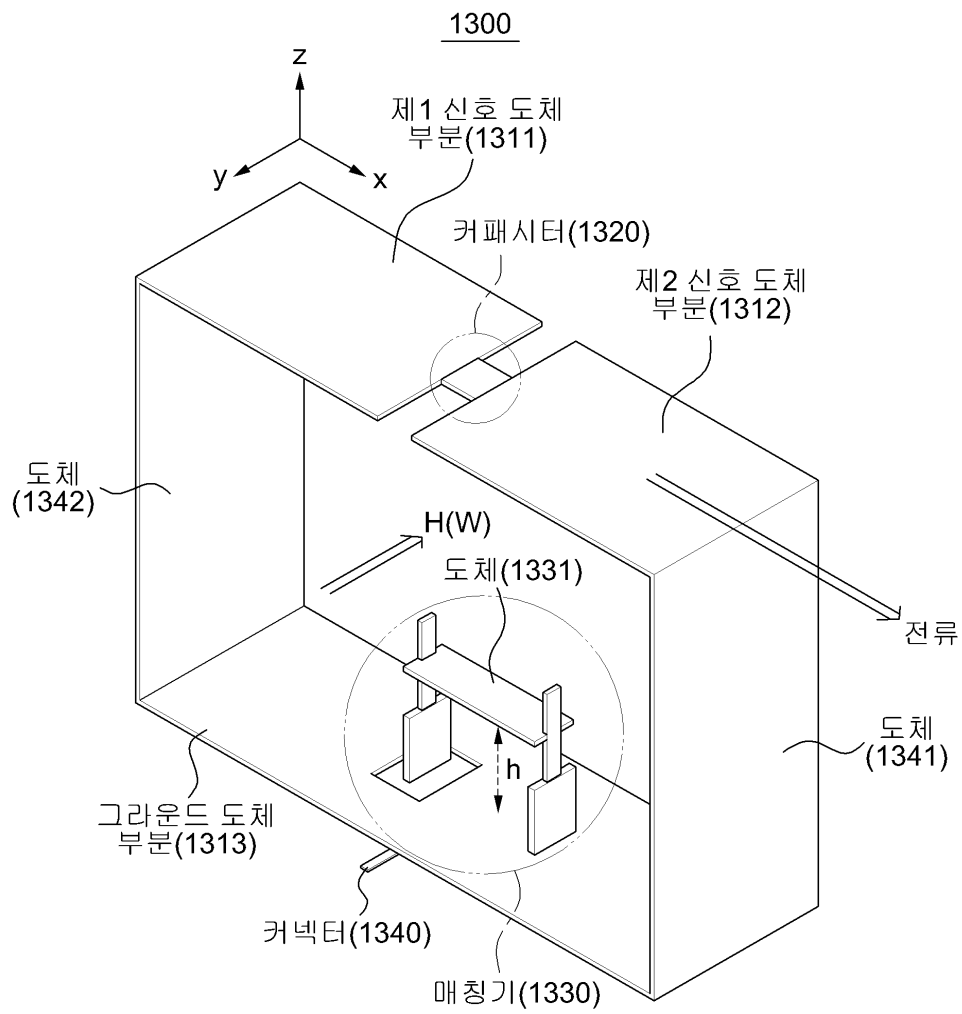
도면12



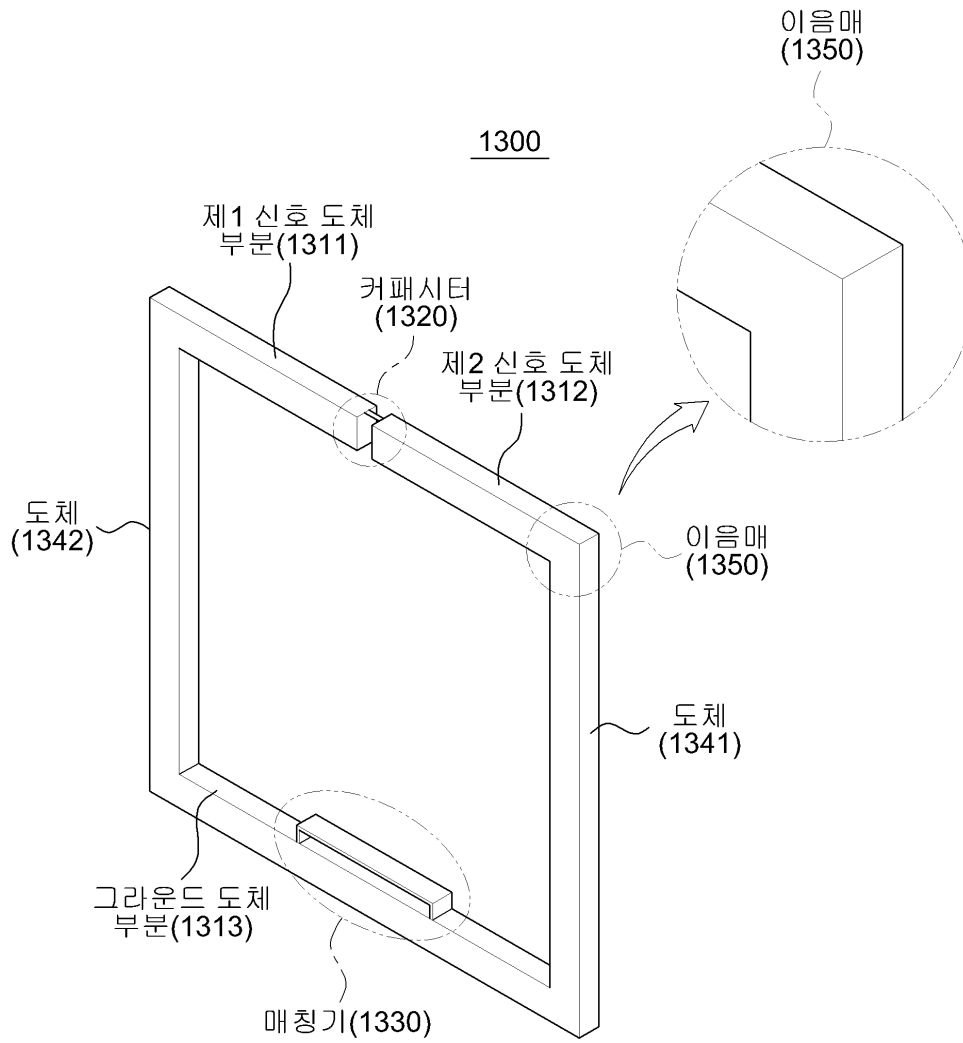
도면13



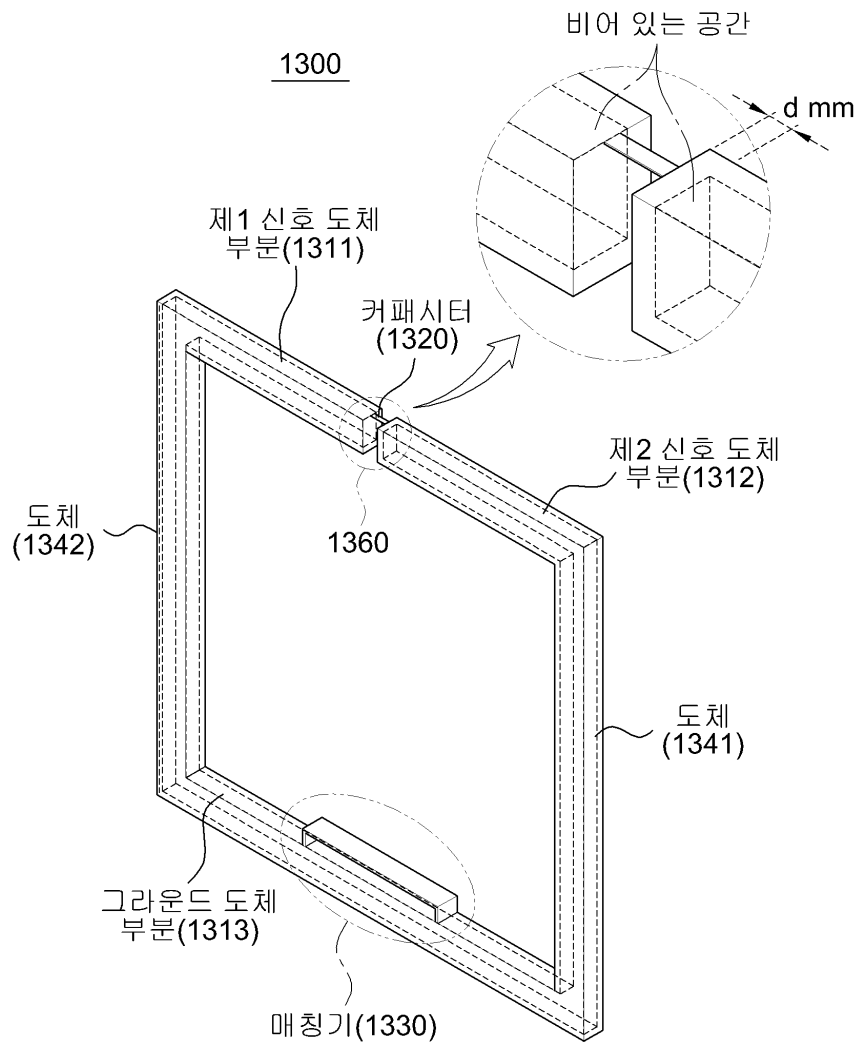
도면14



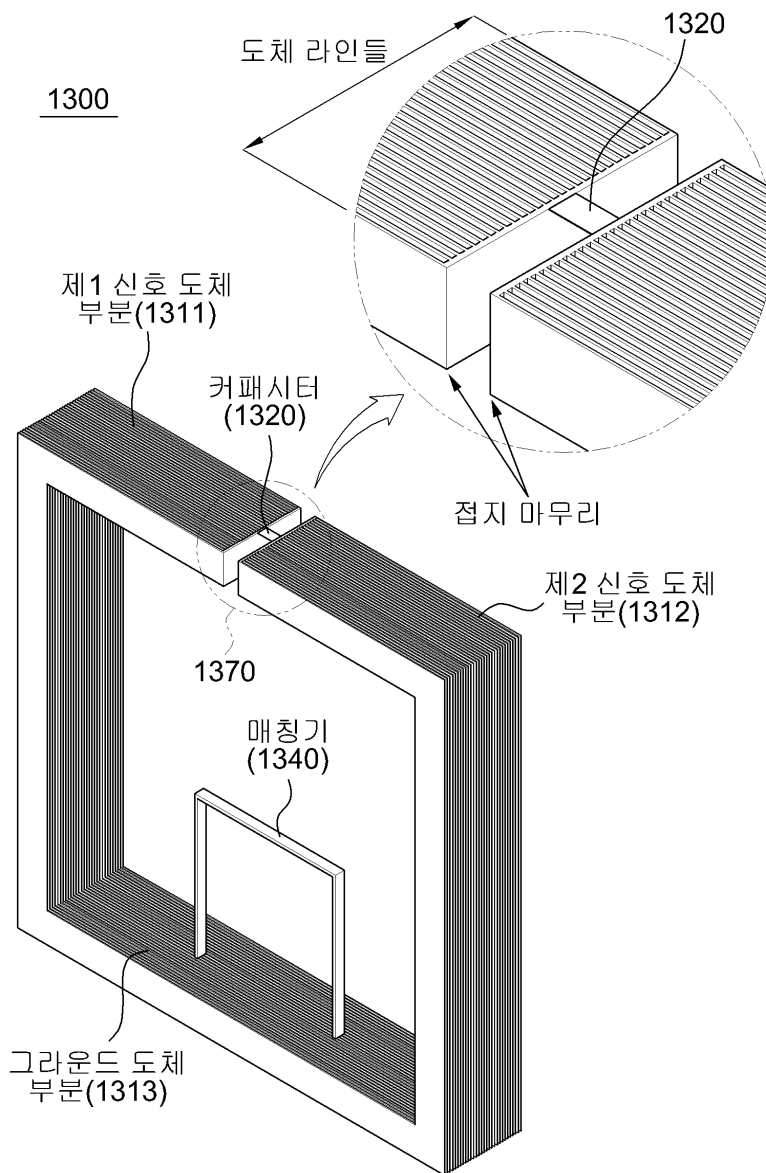
도면15



도면16

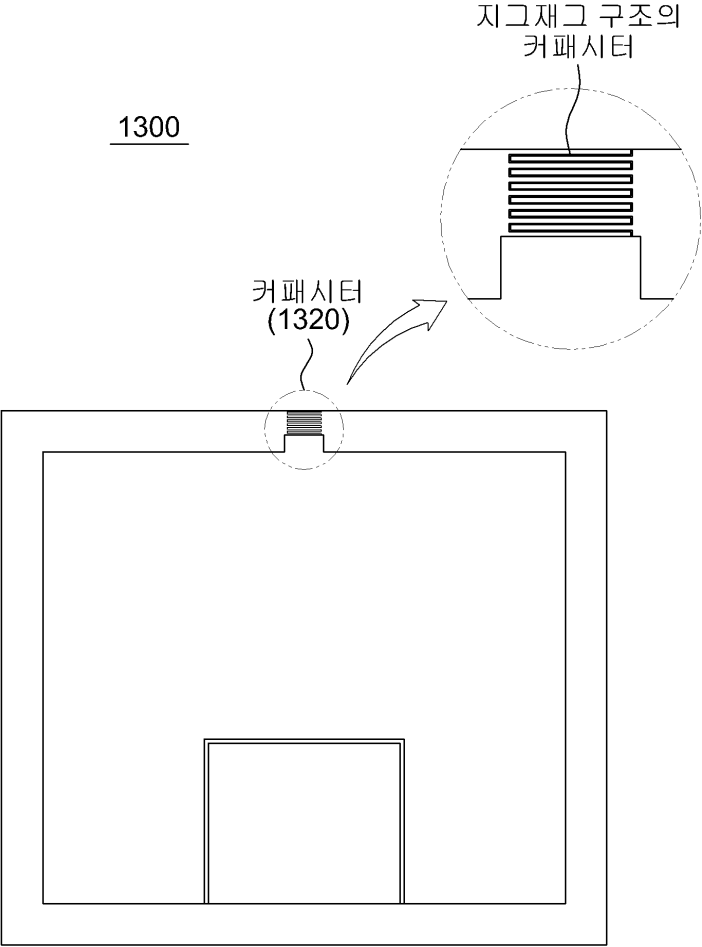


도면17

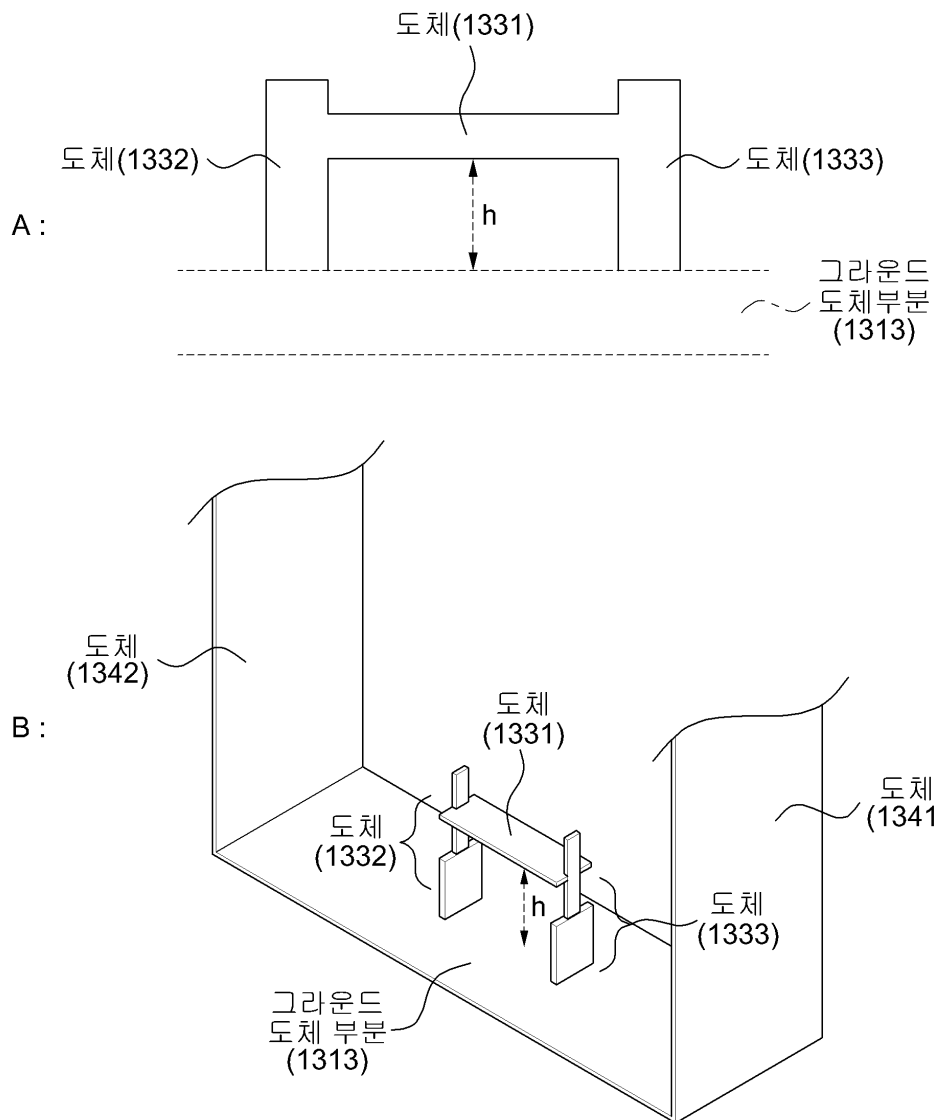




도면18



도면19



도면20

