



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년06월09일  
 (11) 등록번호 10-1745411  
 (24) 등록일자 2017년06월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H02J 5/00 (2016.01) H01F 27/42 (2006.01)  
 H02J 17/00 (2006.01) H03H 3/04 (2006.01)  
 H04B 5/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2011-7021310
- (22) 출원일자(국제) 2010년02월13일  
 심사청구일자 2015년02월12일
- (85) 번역문제출일자 2011년09월09일
- (65) 공개번호 10-2011-0127203
- (43) 공개일자 2011년11월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/024199
- (87) 국제공개번호 WO 2010/093997  
 국제공개일자 2010년08월19일
- (30) 우선권주장  
 12/567,716 2009년09월25일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌  
 W02009014125 A1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 위트리시티 코포레이션  
 미국, 매사추세츠 02472, 워터타운, 그로브 스트리트 149
- (72) 발명자  
 쿠어스, 안드레 비.  
 미국 매사추세츠 02467 체스트너트 힐 하몬드 폰드 파크웨이 250 아파트먼트 1203에스  
 홀 캐더린 엘.  
 미국 매사추세츠 01886 웨스트포드 그리핀 로드 21  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 송봉식, 정삼영

전체 청구항 수 : 총 18 항

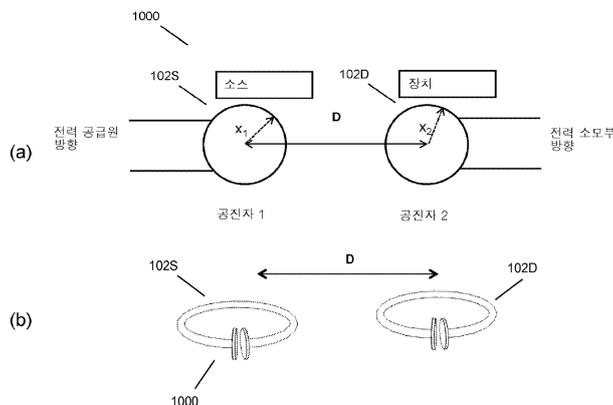
심사관 : 신희상

**(54) 발명의 명칭 손실성 환경에서의 무선 에너지 전달**

**(57) 요약**

전원에 결합되고 발진하는 자기장을 생성하도록 구성된 용량적으로 로딩된 전도성 루프를 구비하는 적어도 하나의 소스 자기 공진자(source magnetic resonator), 및 상기 소스 자기 공진자로부터 이격되고, 상기 발진하는 자기장을 전기 에너지로 변환시키도록 구성된 용량적으로 로딩된 전도성 루프를 구비하는 적어도 하나의 장치 자기 공진자를 포함하고, 적어도 하나의 상기 공진자는, 비손실성(non-lossy) 물질의 층으로 공진자를 둘러싸는 상기 공진자 주위의 차폐 영역(keep-out zone)을 구비하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템에 대한 개선된 구성이 본문에 기술된다.

**대표도**



(72) 발명자

**케슬러 모리스 피.**

미국 매사추세츠 01730 베드포드 행콕 스트리트 95

**솔자식 마린**

미국 매사추세츠 02478 벨몬트 웨스트런드 로드 44

**길러 에릭 알.**

미국 매사추세츠 02482 웰리슬리 벤비뉴 스트리트  
105

(30) 우선권주장

12/639,489 2009년12월16일 미국(US)

12/647,705 2009년12월28일 미국(US)

61/152,390 2009년02월13일 미국(US)

61/156,764 2009년03월02일 미국(US)

61/163,695 2009년03월26일 미국(US)

61/169,240 2009년04월14일 미국(US)

61/172,633 2009년04월24일 미국(US)

61/173,747 2009년04월29일 미국(US)

61/178,508 2009년05월15일 미국(US)

61/182,768 2009년06월01일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 전력 전달 시스템으로서,

복수의 상이한 크기의 유도성 소자를 포함하는 조정가능한 자기 공진자로서, 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 각각은 전력을 무선으로 전달하도록 구성되어 있는 상기 조정가능한 자기 공진자;

상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트를 선택적으로 활성화시킴으로써 상기 조정가능한 자기 공진자의 유효 크기를 조정하도록 구성된 제어 회로;

상기 조정가능한 자기 공진자와 분리된 추가적인 자기 공진자; 및

상기 조정가능한 자기 공진자 및 상기 추가적인 자기 공진자의 적어도 하나의 파라미터를 측정하도록 구성된 측정 회로;

를 포함하고,

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트의 각각의 소자가 상기 추가적인 자기 공진자에 대응하는 공진 주파수에서 자기장을 발생시키도록 상기 측정 회로에 의해 측정된 상기 적어도 하나의 파라미터에 기초하여 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트를 활성화하도록 구성되고;

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제2 서브세트의 각각의 소자의 공진 주파수를 상기 추가적인 자기 공진자에 대응하는 공진 주파수와 다른 주파수로 편이함으로써 상기 공진 주파수로부터 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제2 서브세트를 디튜닝(detuning)하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 조정가능한 자기 공진자와 상기 추가적인 자기 공진자 사이의 거리를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

#### 청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 조정가능한 자기 공진자와 상기 추가적인 자기 공진자 사이의 전력 전달 효율을 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

#### 청구항 6

제5 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 조정가능한 자기 공진자와 상기 추가적인 자기 공진자 사이의 전력 전달 효율을 최대화하기 위해 상기 조정가능한 자기 공진자의 유효 크기를 조정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 조정가능한 자기 공진자와 상기 추가적인 자기 공진자 사이의 통신 링크장치를 더 포함하고, 적어도 하나의 파라미터의 값은 상기 통신 링크장치를 이용하여 상기 공진자들 사이에서 교환되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 8**

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 조정가능한 자기 공진자의 입력 임피던스를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 9**

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 적어도 하나의 조정가능한 자기 공진자 및 상기 추가적인 자기 공진자를 포함하는 결합된 시스템의 임피던스를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 10**

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 제어 회로에서의 전압 측정치를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 11**

제1 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 파라미터는 상기 제어 회로에서의 전류 측정치를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 12**

제1 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 유도성 소자의 회로부(circuiting portions) 개방에 의해 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 부재들을 비활성화(de-activate) 하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 13**

제1 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 하나 이상의 부분들을 회로 단락(short circuiting) 시킴으로써 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 부재들을 비활성화하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 14**

제1 항에 있어서, 상기 추가적인 자기 공진자는 조정가능하고, 복수의 상이한 크기의 유도성 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달 시스템.

**청구항 15**

무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자로서,

전력을 무선으로 전달하도록 구성된 복수의 상이한 크기의 유도성 소자;

상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트를 선택적으로 활성화시킴으로써 상기 조정가능한 자기 공진자의 유효 크기를 조정하도록 구성된 제어 회로; 및

상기 조정가능한 자기 공진자의 적어도 하나의 전기 파라미터를 측정하도록 구성된 측정 회로;

를 포함하고,

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트의 각각의 소자가 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트에 의한 전력 전달에 대응하는 공진 주파수에서 자기장을 발생시키도록 상기 적어도 하나의 전기 파라미터에 기초하여 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 상기 제1 서브세트를 활성화하도록 구성되고;

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제2 서브세트의 각각의 소자의 공진 주파수를 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트에 의한 전력 전달에 대응하는 공진 주파수와 다른 주파수로 편이함으로써 상기 공진 주파수로부터 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제2 서브세트를 디튜닝(detuning)하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 16**

제15 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 전기 파라미터는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자 중 하나 이상의 특성 임피던스를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 17**

제15 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 전기 파라미터는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자 중 하나 이상에 대한 전압 및 전류를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 18**

제15 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 유도성 소자의 회로부 개방에 의해 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 부재들을 비활성화(de-activate) 하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 19**

제15 항에 있어서, 상기 제어 회로는 상기 자기 공진자와 제2 자기 공진자 사이의 결합 팩터를 최대화하도록 상기 자기 공진자의 유효 크기를 조정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 20**

무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자로서,

전력을 무선으로 전달하도록 구성된 복수의 유도성 소자;

상기 복수의 유도성 소자의 제1 서브세트를 선택적으로 활성화시킴으로써 상기 자기 공진자의 유효 크기를 조정하도록 구성된 제어 회로; 및

상기 조정가능한 자기 공진자의 적어도 하나의 전기 파라미터를 측정하도록 구성된 측정 회로;

를 포함하고,

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트의 각각의 소자가 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트에 의한 전력 전달에 대응하는 공진 주파수에서 자기장을 발생시키도록 상기 적어도 하나의 전기 파라미터에 기초하여 상기 복수의 유도성 소자의 제1 서브세트를 활성화하도록 구성되고;

상기 제어 회로는 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제2 서브세트의 각각의 소자의 공진 주파수를 상기 복수의 상이한 크기의 유도성 소자의 제1 서브세트에 의한 전력 전달에 대응하는 공진 주파수와 다른 주파수로 편이함으로써 상기 공진 주파수로부터 상기 복수의 유도성 소자의 제2 서브세트를 디튜닝(detuning)하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 무선 전력 전달용의 조정가능한 유효 크기의 자기 공진자.

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] **관련 출원들과의 상호 참조**

[0002] 본 출원은 다음에서 나열되는 미국 특허 출원을 기초로 우선권 주장하며, 각각의 미국 특허 출원들은 본원에서 참조로서 인용된다.

[0003] 미국 특허 출원 제12/567,716호(출원일: 2009년 9월 25일), 미국 특허 출원 제61/178,508호(2009년 5월 15일), 미국 특허 출원 제61/182,768호(출원일: 2009년 6월 1일), 미국 특허 출원 제61/156,764호(출원일: 2009년 3월 2일), 미국 특허 출원 제61/152,390호(출원일: 2009년 2월 13일), 미국 특허 출원 제61/163,695호(출원일: 2009년 3월 26일), 미국 특허 출원 제61/172,633호(출원일: 2009년 4월 24일), 미국 특허 출원 제61/169,240호(출원일: 2009년 4월 14일), 미국 특허 출원 제61/173,747호(출원일: 2009년 4월 29일), 미국 특허 출원 제12/639,489호(출원일: 2009년 12월 16일), 미국 특허 출원 제12/647,705호(출원일: 2009년 12월 28일).

[0004] **기술분야**

[0005] 본 발명은 무선 전력 전달이라고도 하는, 무선 에너지 전달에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0006] **관련 분야의 설명:**

[0007] 다양한 공지된 복사형(또는 원거리장) 기법, 또는 비복사형(또는 근거리장) 기법을 이용하여, 에너지 또는 전력이 무선으로 전달될 수 있다. 예를 들어, 저-지향성 안테나(가령, 라디오 통신 시스템 및 셀방식 통신 시스템과 가정용 컴퓨터 네트워크에서 사용되는 저-지향성 안테나)를 이용하는 복사형 무선 정보 전달이 무선 에너지 전달이라고 여겨질 수 있다. 그러나 이러한 유형의 복사형 전달은 매우 비효율적인데, 왜냐하면, 공급(또는 복사)되는 전력의 적은 부분만, 즉, 방향 내에 있고, 겹치는 부분만 수신기가 수집하기 때문이다. 대부분의 전력은 그 밖의 다른 모든 방향으로 복사되어 버리고, 자유 공간에서 소실된다. 데이터 송신의 경우, 이러한 비효율

적인 전력 전달은 받아 들일만 하지만, 전지 장치에 전력을 공급, 즉 충전하는 등의 일을 수행하기 위한 목적으로 유용한 양의 전기 에너지를 전달하기 위해서는 실용적이지 않다. 일부 복사형 에너지 전달 방식의 전달 효율을 개선하기 위한 한가지 방법은, 복사된 에너지를 가두고(confine), 바람직하게는 수신기 쪽으로 향하게 하기 위해 방향성 안테나를 이용하는 것이다. 그러나 이러한 지향성 복사 방식은 끊임없는 송수신선(line-of-sight)을 필요로 하며, 모바일 송신기 및/또는 수신기의 경우, 복잡한 추적(track) 및 조향(steering) 수단을 필요로 할 수 있다. 덧붙여, 많은 전력이 송전되는 중일 때, 이러한 방식은 빔을 가로지르거나 교차하는 물체나 사람을 위험하게 만들 수 있다. 종종, 유도 방식(induction), 또는 전통 유도 방식이라고 일컬어지는 공지된 비 복사형(또는 근거리장) 무선 에너지 전달 방식은 (의도적으로는) 전력을 복사하지 않으며, 주 코일(primary coil)을 통과하는 발진 전류를 이용하여, 발진하는 근거리 자기장(magnetic near-field)을 발생시킬 수 있으며, 상기 근거리 자기장은 가까운 곳에 위치하는 수신, 또는 보조 코일에 전류를 유도한다. 전통적인 유도 방식은 많은 양의 전력의 송전을 증명했으나, 단, 이러한 전력 송전은, 주 전력 공급 유닛과 보조 수신기 유닛 간 매우 작은 오프셋 허용 오차를 갖고, 매우 짧은 거리에서만 가능하다. 전기 변압기 및 그 인근의 충전기가, 이러한 알려진 짧은 거리의, 근거리장 에너지 전달 방식을 이용하는 장치의 예이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 따라서, 중간급의 거리 및 정렬 오프셋(alignment offset)을 통해, 유용한 양의 전기 전력을 전달할 수 있는 무선 전력 전달 방식이 요구된다. 이러한 무선 전력 전달 방식은, 전통적인 유도 방식을 이용하여 구현되는 것보다 더 긴 거리 및 정렬 오프셋에 걸쳐 유용한 에너지 전달이, 복사형 송전 방식에 내재되어 있는 제한과 위험 없이, 이뤄질 수 있게 해야 한다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 본원에서, 중간급의 거리 및 정렬 오프셋을 통해, 유용한 양의 전력을 전달할 수 있는 비복사형 또는 근거리장 무선 에너지 전달 방식이 기재된다. 본 발명의 기술은, 전력 서플라이(power supply)에서 전력 드레인(power drain)으로 전력을 전달하는 장수 발진 공진 모드(long-lived oscillatory resonant mode)와 결합된 전자기 공진자를 이용한다. 본원에서 기재된 특정 예시가 전자기 공진자와 관련된다 하더라도, 이 기술은 일반적이며, 다양한 공진자에게 적용될 수 있다. 전기장에 의해 저장되는 에너지가 구조물 내에 주로 가워지고(confine), 자기장에 의해 저장되는 에너지가 공진자를 둘러싸는 영역에 주로 가워지도록, 상기 공진자가 설계된다. 그 후, 에너지 교환은 주로, 공진하는 근거리 자기장에 의해 이뤄진다. 이러한 타입의 공진자는 자기 공진자라고 지칭될 수 있다. 자기장에 의해 저장된 에너지가 주로 구조물 내에 가워지고, 전기장에 의해 저장되는 에너지가 공진자 주변의 영역에 주로 가워지도록, 공진자가 설계되는 경우, 에너지 교환은 주로, 공진하는 근거리 전기장에 의해 수행된다. 이러한 타입의 공진자는 전기 공진자라고 지칭될 수 있다. 또한 둘 중 어느 타입의 공진자라도, 전자기 공진자라고도 일컬어질 수 있다. 두 가지 타입의 공진자 모두 본원에서 언급된다.

[0010] 본 발명에 따르는 공진자의 근거리장의 무지향성(omni-directional), 그러나 정지성(비-손실성) 속성에 의해, 다양한 방향 및 공진자 배향을 통해, 다양한 전자 장치를 충전, 또는 전력 공급, 또는 전력 공급과 충전을 동시에 하기에 적합한 중거리(mid-range distance)에 걸친 효율적인 무선 에너지 전달이 가능해진다. 따라서 시스템은, 전원에 연결되어 있는 제 1 공진자가 제 1 위치에 위치하고, 전기/전자 장치, 배터리, 전력 공급 또는 충전 회로 등으로 연결될 수 있는 제 2 공진자가 제 2 위치에 위치하며 제 1 공진자에서 제 2 공진자까지의 거리가 수 센티미터에서 수 미터 수준인 다양한 가능한 적용예를 가질 수 있다. 예를 들어, 유선 전기 그리드(electricity grid)로 연결되어 있는 제 1 공진자가 방의 천장에 위치하며, 장치(가령, 로봇, 차량, 컴퓨터, 통신 장치, 의료 장치 등)로 연결되어 있는 또 다른 공진자가 상기 방 안을 돌아다니며, 이들 장치들이 소스 공진자(source resonator)로부터 무선으로 전력을 끊임없이, 또는 간헐적으로 수신하는 경우가 있다. 이러한 일례로부터, 본원에서 기재되는 시스템과 방법이 중거리에 걸쳐 무선 전력을 제공할 수 있는 많은 경우를 떠올릴 수 있으며, 그 예로는, 소비자 가전 제품, 산업 적용예, 인프라구조 전력 및 조명, 수송 차량, 전자 게임, 군사 적용예 등이 있다.

[0011] 2개의 전자기 공진자 간의 에너지 교환은, 공진자들이 실질적으로 서로 동일한 주파수로 동조되고, 시스템에서 손실이 최소화될 때, 최적화될 수 있다. 무선 에너지 전달 시스템은, 공진자들 간 "결합 시간(coupling time)"이, 공진자들의 "손실-시간(loss-time)"보다 훨씬 짧도록 설계될 수 있다. 따라서 본 발명의 시스템과 방법은, 낮은 자체 손실 율(intrinsic-loss rate)을 갖는 고 Q-팩터(high-Q) 공진자를 이용할 수 있다.

덧붙이자면, 본 발명에서 기재된 시스템과 방법은 공진자의 특성 크기(characteristic size)보다 상당히 더 길게 뻗어 있는 근거리장을 갖는 서브과장 공진자(subwavelength resonator)를 이용함으로써, 에너지를 교환하는 공진자의 근거리장이 증거리에서 겹칠 수 있다. 이는, 이전에 실시된 적 없으며, 종래의 유도 설계와 상당히 차이나는 동작 방식이다.

[0012] 본원에서 기재된 하이-Q 자기 공진자 방식과 종래의 근거리 또는 인접 유도성 방식, 즉, 하이-Q 공진자를 이용하지 않는 종래의 방식의 차이를 파악하는 것이 중요하다. 결합 모드 이론(CMT:coupled mode theory)을 이용하여(가령, Waves and Fields in Optoelectronics, H.A. Haus, Prentic hall, 1984 참조), 하이-Q 공진자-결합 메커니즘에 의해, 중간 거리만큼 이격되어 있는 공진자들 간에, 종래의 유도성 방식에 의해 가능한 것보다 수십배 더 효율적인 전력 전달이 가능할 수 있다. 결합된 하이-Q 공진자들은 증거리에 걸친 효율적인 에너지 전달을 입증했으며, 근거리 에너지 전달 적용예에서는 효율과 오프셋 허용오차를 개선하였다.

[0013] 본원에서 기재되는 시스템 및 방법은, 강하게 결합된 하이-Q 공진자를 통한 근거리장 무선 에너지 전달을 제공할 수 있으며, 이때, 종래의 유도 기법을 이용하여 얻어지는 것보다 훨씬 더 긴 거리를 통해, 수 피코와트(picowatt)에서 수 킬로와트까지의 레벨의 전력을 전달할 수 있다. 강하게 결합된 공진자들의 다양한 일반적인 시스템(가령, 강하게 결합된 음향 공진자, 핵 공진자, 기계식 공진자 등의 시스템)에 대해 효율적인 에너지 전달이 실현될 수 있다. M.I.T. 연구원에 의해 기재된 "Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer", Annals of Physics, vol.323, Issue 1, p.34(2008) 및 "Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance", Science, vol.317, no.5834, p.83,(2007)를 참조하라. 본원에서, 10GHz 이하의 동작 주파수를 갖는 전자기 공진자 및 결합된 전자기 공진자들(더 특정하게, 결합된 자기 공진자들 및 결합된 전기 공진자들이라고 지칭됨)의 시스템이 기재된다.

[0014] 본원은 무선 송전 기술이라고도 지칭되는 무선 에너지 전달 기술을 기재하고 있다. 본원 전체에 걸쳐 나타나는, 무선 에너지 전달(wireless energy transfer), 무선 전력 전달(wireless power transfer), 무선 송전(wireless power transmission) 등의 용어는 서로 교환 가능하게 사용될 수 있다. 본원은, 소스, AC 또는 DC 소스, 배터리, 소스 공진자(source resonator), 전력 서플라이, 발전기, 솔라 패널(solar panel) 및 집열기(thermal collector) 등으로부터, 장치, 하나의 원격 장치, 복수의 원격 장치, 장치 공진자(device resonator), 공진자 등으로의 에너지 또는 전력을 공급하는 것에 관한 것이다. 무선 에너지 전달 시스템의 범위를 확장시키는 중간 공진자(intermediate resonator)가 기재될 수 있으며, 이는, 에너지를 건너뛰게(hop) 하거나, 상기 중간 공진자를 통해 에너지가 전파되게 하거나, 상기 중간 공진자에 에너지가 일시적으로 저장되게 하거나, 부분적으로 흡수되게 하거나, 그 밖의 다른 임의의 방식으로 소스 공진자로부터 다른 장치 및 중간 공진자의 임의의 결합으로의 에너지 전달이 증계될 수 있도록 함으로써, 이뤄지며, 이로써, 에너지 전달 망, 또는 스트링, 또는 확장된 경로가 실현될 수 있다. 장치 공진자는 소스 공진자로부터 에너지를 수신하여, 상기 에너지의 일부를, 장치 전력 공급 또는 충전 용인 전기 전력으로 변환하며, 이와 동시에, 수신된 에너지의 일부를 그 밖의 다른 장치 또는 이동형 장치 공진자에게 전달한다. 에너지가 무선으로 전달될 수 있는 거리를 상당히 확장시키면서, 에너지가 소스 공진자로부터 복수의 장치 공진자에게로 전달될 수 있다. 무선 전력 전달 시스템은 다양한 시스템 아키텍처와 공진자 설계를 이용하여 구현될 수 있다. 상기 시스템은 단일 전원 또는 복수의 전원을 포함할 수 있다. 상기 공진자는 전원 또는 장치 공진자이도록 설계되거나, 중계기(repeater)이도록 설계될 수 있다. 일부 경우, 공진자는 동시에 장치 공진자이자 소스 공진자일 수 있으며, 또는 소스 공진자로서 동작하다가 장치 공진자 또는 중계기로서 동작하도록 전환될 수 있다. 해당업체 종사자라면, 본 발명의 다양한 공진자 설계 및 기능에 의해, 다양한 시스템 아키텍처가 지원될 수 있음을 알 것이다.

[0015] 본원에서 기재된 무선 에너지 전달 시스템에서, 무선으로 공급되는 전력 또는 에너지를 이용하여, 원격 장치에 직접 전력 공급될 수 있다. 또는 에너지 저장 유닛이 무선으로 충전 또는 재-충전될 수 있는 경우 및/또는 단순히 무선 전력 전달 메커니즘이 장치의 주전원을 보조하는 경우, 장치가 에너지 저장 유닛(가령, 배터리, 슈퍼-커패시터(super-capacitor), 울트라-커패시터(ultra-capacitor) 등(또는 그 밖의 다른 종류의 전력 트레인))으로 연결될 수 있다. 상기 장치는 하이브리드 배터리/에너지 저장 장치(가령, 일체형 저장 커패시터를 갖는 배터리 등)에 의해 전력을 공급받을 수 있다. 덧붙이자면, 신규한 배터리 및 에너지 저장 장치가, 무선 전력 송전 시스템에 의해 가능해지는 기능적 개선을 이용하도록 설계될 수 있다.

[0016] 또 다른 전력 관리 시나리오는, 전력을 공급받는 장치가 꺼져 있거나, 아이들(idle) 상태에 있거나, 수면 모드 등에 있을 때, 배터리를 재-충전하거나 에너지 저장 유닛을 충전하기 위해 무선으로 공급된 전력을 이용하는 것을 포함한다. 배터리 또는 에너지 저장 유닛은, 높은(빠른) 속도 또는 낮은(느린) 속도로 충전 또는 재충전될 수 있다. 배터리 또는 에너지 저장 유닛은 세류 충전(trickle charge)되거나 부동 충전(float charge)될 수 있

다. 복수의 장치가 병렬로 동시에 충전되거나 전력 공급받을 수 있으며, 또는 하나 이상의 장치가 일정 주기의 시간 동안 전력을 수신하고, 그 후 또 다른 전력 전달이 또 다른 장치에게로 전환 되도록, 복수의 장치로의 전력 전달이 순차적으로 이뤄질 수 있다. 복수의 장치는, 하나 이상의 다른 장치와, 하나 이상의 전원으로부터의 전력을 동시에 공유하거나, 시간 다중화 방식으로, 또는 주파수 다중화 방식으로, 또는 공간 다중화 방식으로, 또는 배향 다중화 방식으로, 또는 시간, 주파수, 공간 및 배향의 임의의 조합적 다중화 방식으로, 공유할 수 있다. 복수의 장치는 서로 전력을 공유할 수 있으며, 이때, 하나 이상의 장치는, 지속적으로, 또는 간헐적으로, 또는 주기적으로, 또는 때때로, 또는 일시적으로 무선 전원으로서 동작하도록 재구성된다. 해당업계 종사자라면, 장치에 전력 공급 및/또는 충전하기 위한 다양한 방법이 있으며, 이러한 다양한 방법이 본 발명의 기술과 적용분야에 적용될 수 있음을 알 것이다.

[0017] 무선 에너지 전달은 다양한 가능한 적용예를 갖는데, 가령, 전원(유선 전기 그리드로 연결되어 있는 전원)은 방의 천장, 또는 바닥 아래, 또는 벽에 배치되며, 반면에, 장치(가령, 로봇, 차량, 컴퓨터, PDA 또는 이와 유사한 것)는 방 안에 위치하거나, 자유롭게 이동할 수 있다. 그 밖의 다른 적용예로는, 전기식 기관 차량(가령, 버스 및/또는 하이브리드 차) 및 의료용 장치(착용가능한 장치 또는 이식 가능한 장치)에 전력을 공급하거나 재충전하는 경우를 포함할 수 있다. 추가적인 예시적 적용예에서, 자율 전자장치(autonomous electronics)(가령, 랩톱, 셀-폰, 휴대용 음악 재생기, 가정용 로봇, GPS 항법 시스템, 디스플레이 등), 센서, 산업용 및 제조용 설비, 의료 장치 및 모니터, 가전제품 및 도구(가령, 등, 팬(fan), 드릴, 톱, 가열기, 디스플레이, 텔레비전, 탁상용 가전제품 등), 군사 장치, 발열 또는 발광 의류(heated or illuminated clothing), 통신 및 항법 기기(가령, 차량에 탑재된 기기), 방호 의류 및 방호구(가령, 헬멧, 방호복 및 조끼) 등에 전력을 공급하거나 이들을 재충전할 수 있으며, 물리적으로 고립된 장치(가령, 의료용 이식 장치, 또는 감춰지거나 매립되거나 이식되거나 내장된 센서나 태그)로 전력을 전달하거나, 옥상의 태양 패널과 실외 배포 패널 등 간에 전력을 전달할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 측면에서, 본 발명의 시스템은, 직류 전기 연결로 발전기에 연결되어 있으며  $Q_1$ -팩터( $Q_1$ )와 특성 크기( $X_1$ )를 갖는 소스 공진자(source resonator)와, 상기 소스 공진자로부터 거리(D)만큼 이격되어 있으며 직류 전기 연결로 부하(load)에 연결되어 있는  $Q_2$ -팩터( $Q_2$ )와 특성 크기( $X_2$ )를 갖는 제 2 공진자를 포함한다. 이때, 상기 소스 공진자와 제 2 공진자는 발전기로부터 부하로 전력을 전달하기 위해 상기 소스 공진자와 제 2 공진자 간에 에너지가 무선으로 교환하도록 결합되며,  $\sqrt{Q_1 Q_2} > 100$ 이다.

[0019]  $Q_1$ 은 100보다 클 수 있고,  $Q_2$ 는 100보다 작을 수 있다.  $Q_1$ 은 100보다 클 수 있고,  $Q_2$ 는 100보다 클 수 있다. 유용한 에너지 교환이 0에서 D까지의 동작 거리동안 유지관리될 수 있고, 여기서 D는  $x_1$ 과  $x_2$  중 더 작은 것 보다 더 크다. 소스 공진자와 제 2 공진자 중 적어도 하나는 제 1 네트워크의 커패시터에 연결된 전도성 물질로 된 적어도 하나의 턴의 코일이 될 수 있다. 제 1 네트워크의 커패시터는 적어도 하나의 가변 커패시터(tunable capacitor)를 포함할 수 있다. 소스 공진자를 발전기의 접지 단자에 직접 전기 연결하는 것과 제 2 공진자를 부하의 접지 단자에 직접 전기 연결하는 것 중 적어도 하나의 직접 전기 연결은 제 1 네트워크의 커패시터의 전기적 대칭 축 상의 포인트에서 이루어질 수 있다. 제 1 네트워크의 커패시터는 적어도 하나의 가변 버터플라이-형 커패시터를 포함하고, 여기서 접지 단자에 대한 직접 전기 연결은 적어도 하나의 가변 버터플라이-형 커패시터의 중심 단자에서 이루어진다. 소스 공진자를 발전기에 직접 전기 연결하는 것과 제 2 공진자를 부하에 직접 전기 연결하는 것 중 적어도 하나의 직접 전기 연결은 제 2 네트워크의 커패시터를 통해 이루어지고, 여기서 제 1 네트워크의 커패시터와 제 2 네트워크의 커패시터는 임피던스 매칭 네트워크를 형성한다. 임피던스 매칭 네트워크는 발전기의 구동 주파수에서 발전기 또는 부하의 특성 임피던스에 코일을 매칭시키도록 설계될 수 있다.

[0020] 제 1 네트워크의 커패시터와 제 2 네트워크의 커패시터 중 적어도 하나는 적어도 하나의 가변 커패시터를 포함한다. 제 1 네트워크의 커패시터와 제 2 네트워크의 커패시터는 발전기의 구동 주파수에서 임피던스 매칭 네트워크의 임피던스를 변화시키도록 조정가능하다. 제 1 네트워크의 커패시터와 제 2 네트워크의 커패시터는 발전기의 구동 주파수에서 코일을 발전기 또는 부하의 특성 임피던스에 매칭하도록 조정할 수 있다. 제 1 네트워크의 커패시터와 제 2 네트워크의 커패시터 중 적어도 하나는 적어도 하나의 가변 커패시터 전체의 전압을 감소시키는 적어도 하나의 고정 커패시터를 포함할 수 있다. 소스 공진자를 발전기에 직접 전기 연결하는 것과 제 2 공진자를 부하에 직접 전기 연결하는 것 중 적어도 하나의 직접 전기 연결은 공진 모드를 실질적으로 유지하도록 구성될 수 있다. 소스 공진자 및 제 2 공진자 중 적어도 하나는 가변 공진자가 될 수 있다. 소스 공진자는 발전기와 물리적으로 이격되고, 제 2 공진자는 부하와 물리적으로 분리될 수 있다. 제 2 공진자는 DC 전력을

부하에 전달하기 위해 전력 변환 회로에 결합될 수 있다. 제 2 공진자는 AC 전력을 부하에 전달하기 위해 전력 변환 회로에 결합될 수 있다. 제 2 공진자는 AC 및 DC 전력 모두를 부하에 전달하기 위해 전력 변환 회로에 결합될 수 있다. 제 2 공진자는 전력을 복수의 부하에 전달하기 위해 전력 변환 회로에 결합될 수 있다.

[0021] 또다른 측면에서, 본문에 개시된 시스템은,  $Q$ -팩터( $Q_1$ )와 특성 크기( $X_1$ )를 갖는 소스 공진자와, 상기 소스 공진자로부터 거리(D)만큼 이격되어 있으며  $Q$ -팩터( $Q_2$ )와 특성 크기( $X_2$ )를 갖는 제 2 공진자를 포함한다. 이때, 상기 소스 공진자와 제 2 공진자는 상기 소스 공진자와 제 2 공진자 간에 에너지가 무선으로 교환되도록 결합되며,  $\sqrt{Q_1 Q_2} > 100$  이고, 상기 공진자 중 적어도 하나는 저손실 탄젠트 물질로 인클로우징 된다.

[0022] 또다른 측면에서, 본문에 개시된 시스템은,  $Q$ -팩터( $Q_1$ )와 특성 크기( $X_1$ )를 갖는 소스 공진자와, 상기 소스 공진자로부터 거리(D)만큼 이격되어 있으며  $Q$ -팩터( $Q_2$ )와 특성 크기( $X_2$ )를 갖는 제 2 공진자를 포함한다. 이때, 상기 소스 공진자와 제 2 공진자는 상기 소스 공진자와 제 2 공진자 간에 에너지가 무선으로 교환되도록 결합되며,  $\sqrt{Q_1 Q_2} > 100$  이고, 상기 공진자 중 적어도 하나는 네트워크 커패시터에 결합되는 전도성 물질 복수의 턴으로 된 코일을 포함하고, 여기서, 복수의 턴은 공통 평면에 있고, 상기 공진자 중 적어도 하나의 특성 두께는 공진자 중 적어도 하나의 특성 크기보다 매우 적다.

[0023] 본원의 전체에 걸쳐, 특정 회로 구성요소(가령, 커패시터, 인덕터, 저항기, 다이오드, 스위치 등)를 회로 구성요소(또는 요소)로서 언급할 수 있다. 또한 이들 구성요소들의 직렬 및 병렬 조합을, 요소, 망, 토폴로지, 회로 등이라고 언급할 수 있다. 커패시터, 다이오드, 바랙터(varactor), 트랜지스터 및/또는 스위치의 조합을 조정 가능한 임피던스 망, 튜닝 망(tuning network), 매칭 망, 조정 요소 등으로서 기재할 수 있다. 또한 전체 물체에 걸쳐 분산된(또는 완전한 집중형(lumped)과 반대인, 부분적으로 분산된) 커패시턴스와 인덕턴스를 모두 갖는 물체를 "자기-공진하는(self-resonant)" 물체라고 언급할 수 있다. 해당업계 종사자라면, 회로 또는 망내의 다양한 구성요소를 조정하고 제어함으로써, 회로 또는 망의 성능을 조정할 수 있고, 일반적으로, 이러한 조정은 튜닝, 조정(adjusting), 매칭, 보상(correcting) 등이라고 일컬어질 수 있음을 알 것이다. 무선 전력 전달 시스템의 동작 포인트를 튜닝하거나 조정하는 그 밖의 다른 방법이 홀로 사용되거나, 튜닝 가능한 요소(가령, 인덕터 및 커패시터, 또는 인덕터 및 커패시터의 बैं크)를 조정하는 것에 추가하여, 사용될 수 있다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 본문에서 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 분야의 종사자에게 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 본문에서 참조로서 언급되는 출판물, 특허 출원, 특허 및 그 밖의 다른 참조 인용문들과, 본 명세서와의 상충은, 정의를 포함하여, 협의될 것이다.

[0025] 전술된 임의의 특징들은 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고 단독으로 또는 조합하여 사용될 수 있다. 본문에 개시된 시스템 및 방법의 그 외의 다른 특징, 목적, 및 장점이 하기의 상세한 설명과 도면으로부터 명확해질 것이다.

**발명의 효과**

[0026] 본 발명에 따르면, 유용한 양의 전력을 전달할 수 있는 비복사형 또는 근거리장 무선 에너지 전달 방식을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0027] 도 1(a) 및 도 1(b)은 거리(D)로 이격된 소스 공진자(1)와 장치 공진자(2)를 포함한 예시적인 무선 전력 시스템을 도시하는 도면.

도 2는 본문에 개시된 라벨링 콘벤션에 따라 라벨링된 예시적인 공진자를 도시하는 도면이며, 공진자(1)의 주변에는 이중 대상물 또는 추가 공진자가 없다.

도 3은 본문에 개시된 라벨링 콘벤션에 따라 라벨링된 "로딩(loading)" 대상물이 있는 예시적인 공진자를 도시하는 도면.

도 4는 본문에 개시된 라벨링 콘벤션에 따라 라벨링된 "퍼터빙(perturbing)" 대상물이 있는 예시적인 공진자를 도시하는 도면.

도 5는 스트롱 커플링 팩터( $U = \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} = k \sqrt{Q_s Q_d}$ )에 대한 효율성( $h$ )의 플롯을 도시하는 도면.

도 6(a)는 공진자의 일 실시예의 회로도를 도시하며, 6(b)는 용량적으로 로딩된 인덕터 루프 자기 공진자의 일 실시예를 도시하고, 6(c)는 분포된 커패시턴스와 인덕턴스를 갖는 자체-공진 코일을 도시하며, 6(d)는 본 발명의 예시적인 자기 공진자와 연계된 자기장 및 자기장의 단순화된 도면을 도시하고, 6(e)는 전기식 공진자의 일 실시예를 도시한다.

도 7은 MHz 주파수에서 무선 전력 전달에 대해 사용될 수 있는 예시적인 공진자의, 주파수의 함수로서, "퀄리티 팩터"(Q)(실선)의 플롯을 도시하며, 흡수성(Q)(점선)은 주파수에 따라 증가하는 반면 복사성(Q)(점선)은 주파수에 따라 감소되며, 이에 따라 전체(Q)는 특정 주파수에서 최고를 이룬다.

도 8은 특정의 크기, 두께 및 폭을 갖는 공진자 구조물을 도시하는 도면.

도 9(a) 및 도 9(b)는 예시적인 유도 루프 요소를 도시하는 도면.

도 10(a) 및 도 10(b)는 자기 공진자 구조물 내에 유한 요소를 구현하는데 이용되고, 인쇄회로기판 상에 형성된 트레이스 구조물의 2가지의 실시예를 도시하는 도면.

도 11(a)는 평면형 자기 공진자의 사시도이며, (b)는 다양한 기하학적 형상을 갖는 2개의 평면형 공진자의 사시도이고, (c)는 거리(D)로 이격된 2개의 평면형 자기 공진자의 사시도.

도 12는 평면형 자기 공진자의 실시예의 사시도.

도 13은 원형 공진자 코일을 갖는 평면형 자기 공진자 배열의 사시도.

도 14는 평면형 자기 공진자의 활성 영역의 사시도.

도 15는 테이블의 중심에서 소스가 소스 주위에 배치된 몇몇의 장치에 전력을 공급하며, 무선 전력 전달 시스템의 응용예를 도시하는 사시도.

도 16(a)는 중심에서 초크 부분 주위에 전류의 스퀘어 루프에 의해 구동되는 자기 재료 구조물과 구리의 3D 유한 요소 모델을 도시한다. 이 실시예에서, 구조물은 자기 재료의 층에 의해 덮여지고 자기 재료의 블록에 의해 연결된 구리와 같은 전도 재료로 제조된 2개의 박스를 포함할 수 있다. 이 실시예에서 2개의 전도 박스의 내측은 박스 외측에 생성된 AC 전자기 필드로부터 보호되고, AC 전자기 필드에 의해 부정적인 영향이 미칠 수 있는 공진자 또는 감응성 부품의 Q를 낮출 수 있는 손실 대상을 수용할 수 있다. 또한, 자기 재료 내에 낮은 자기 저항 경로를 수반하는 자기장 선을 유도하고, 이 구조물에 의해 생성된 산출된 자기장 유선이 도시된다. 도 16(b)는 산출된 자기장 유선에 의해 지시된 바와 같이 (a)에 도시된 2개의 동일한 구조물들 사이의 상호작용을 도시한다. 대칭으로 인해 산정된 복잡성이 감소됨에 따라, 시스템의 단지 절반만이 모델링된다(그러나 산정은 그 외의 다른 절반의 대칭 배열을 가정한다).

도 17은 투자성 재료를 가능한 포함하는, 구조물 주위에서 N회 감겨진 전도성 와이어를 포함하는 자기 공진자의 등가 회로를 도시한다. 자기 재료를 포함한 구조물 주위에 감겨진 전도성 루프를 이용하여 유도되고, 저항기는 시스템 내에서 손실 메커니즘을 나타낸다( $R_{\text{와이어}}$ 는 루프 내의 저항 손실이며,  $R_{\mu}$ 는 루프에 의해 둘러싸인 구조물의 등가 시리즈 저항을 나타낸다). 손실은 하이-Q 공진자를 구현함으로써 최소화될 수 있다.

도 18은 6.78 MHz 주파수의 외부 자기장에서 손실 유전성 재료로 구성된 디스크 아래와 위에 있는 2개의 고전도성 표면의 유한요소법(Finite Element Method)(FEM)을 도시한다. 자기장은 디스크와 전도 재료가 시뮬레이션된 환경에 유입되기 전 균일하였다. 이 시뮬레이션은 원통 좌표계에서 수행되었다. 이미지는  $r=0$  축 주위에서 방위적으로 대칭을 이룬다. 손실 유전성 디스크는  $\epsilon_r = 1$  과  $\sigma = 10 \text{ S/m}$  을 갖는다.

도 19는 손실 대상물이 이의 주변에서 고 전도성 표면에 의해 완전히 덮인 상태에서 자기 공진자를 도시하는 도면.

도 20은 손실 대상물이 이의 주변에서 고 전도성 표면에 의해 부분적으로 덮인 상태에서 자기 공진자를 도시하는 도면.

도 21은 손실 대상물이 이의 주변에서 고 전도성 표면의 상측에 배열되는 상태에서 자기 공진자를 도시하는 도면.

도 22는 완전한 무선 프로젝터를 도시하는 도면.

도 23은 루프 인덕터의 축을 따라서 그리고 원형 루프 인덕터의 직경을 포함한 선을 따라 전기장과 자기장의 세기를 도시하는 도면.

도 24는 가능한 공진자 구조물로부터 떨어진 인클로저의 코너(a)에 또는 자기 공진자 내에서 유도 요소에 의해 둘러싸인 표면의 중심(b)에 위치되며, 자기 공진자 및 이의 인클로저를 도시하는 도면.

도 25는 공진자의 주변으로 보내질 수 있지만 고-전도성 시트 위로 보내질 수 있는 손실 대상물과 고전도성 표면을 갖는 자기 공진자를 도시하는 도면.

도 26(a)는 z-축을 따라 초기에 균일하고 외부에 가해진 자기장(그레이 자속선)에 노출된 얇은 전도성(구리) 실린더 또는 디스크(20 cm의 직경과 2cm의 높이)의 축방향 대칭 FEM 시뮬레이션을 도시한다. 대칭축은  $r=0$ 이다. 자기 유선은  $z = -\infty$ 에서 기인된 것으로 도시되며, 여기서 자기 유선은 1cm의 간격으로  $r=3$  cm로부터  $r=10$  cm까지 이격된다. 축의 눈금은 미터이다. 도 26(b)는 변형되어진 전도성 실린더가 이의 외측 표면에서  $\mu_r=40$ 와 자기 재료(도시되지 않음)의 0.25 mm층을 포함하는 것을 제외하고 (a)에서 동일한 구조물과 외부에 가해진 장을 도시한다. 자기 유선은 (a)에서보다 상당히 덜 실린더로부터 편향된다.

도 27은 도 16에 도시된 시스템에 기초한 변형예의 축-대칭 도면을 도시한다. 손실 재료의 단지 한 표면이 구리 및 자기 재료의 층 구조물에 의해 덮여진다. 이 인덕터 루프는 도시된 바와 같이 손실 재료에 마주보는 구리 및 자기 재료 구조물의 측면에 배치된다.

도 28(a)은 하이-Q 유도 요소에 대한 간접 커플링을 포함하는 매칭 회로의 통상적 토폴로지를 도시한다.

도 28(b)은 전도체 루프 인덕터와 조절가능한 임피던스 네트워크를 포함한 자기 공진자의 블록 다이어그램을 도시한다. 이 공진자에 대한 물리적 전기 연결부가 터미널 연결부로 만들어질 수 있다.

도 28(c)은 하이-Q 유도 요소에 직접적으로 결합된 매칭 회로의 통상적인 토폴로지를 도시한다.

도 28(d)는 비대칭적으로 구동되고 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 대칭 매칭 회로의 통상적인 토폴로지를 도시한다.

도 29(a) 및 도 29(b)는 하이-Q 유도 요소에 트랜스포머-결합된(즉 간접적으로 또는 유도적으로) 매칭 회로의 2가지의 토폴로지를 도시한다. (c)에서 스미스 차트의 강조 부분은  $\omega L_2=1/\omega C_2$  인 경우 도 31(b)의 토폴로지에 의해 임의의 실제 임피던스( $Z_0$ )에 매칭될 수 있는 복합 임피던스(유도 요소의 L과 R로부터 기인됨)를 나타낸다.

도 30(a),(b),(c),(d),(e),(f)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 6가지의 토폴로지를 도시한다. 도 30(a),(b),(c)는 입력 터미널에서 공동-모드 신호로 구동되는 반면 도 30(d),(e),(f)에 도시된 토폴로지는 대칭이고 밸런스 드라이브(balanced drive)를 수신한다. 도 30(g)에서 스미스 차트의 강조 부분은 이러한 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스들을 나타낸다. 도 30(h),(i),(j),(k),(l),(m)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 6가지의 토폴로지를 도시한다.

도 31(a),(b),(c)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다. 이러한 토폴로지들은 언밸런스 드라이브를 수신하고, 캐패시터의 중심 부분에서 지면에 연결된다. 도 31(d)는 이 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스를 나타낸다. 도 31(e),(f),(g)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다.

도 32(a),(b),(c)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다. 이러한 토폴로지들은 언밸런스 드라이브를 수신하고, 인덕터 루프의 중심에서 텅핑에 의해 지면에 연결된다. 도 32(d)에서 스미스 차트의 강조 부분은 이 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스를 나타내고, 도 32(e),(f),(g)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 인덕터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다.

도 33(a),(b),(c),(d),(e),(f)는  $Z_0$ 로 병렬구성된 캐패시터를 포함하고, 고-(a),(b),(c),(d),(e),(f)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 6가지의 토폴로지를 도시한다. 도 33(a),(b),(c)에 도시된 토폴로지는 입력 터미널에서 공동-모드 신호로 구동되는 반면 도 33(d),(e),(f)에 도시된 토폴로지는 대칭이고 밸런스 드라이브를 수신한다. 도 33(g)에서 스미스 차트의 강조 부분은 이러한 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스들을 나타낸다. 도 33(h),(i),(j),(k),(l),(m)는  $Z_0$ 로 병렬구성된 인덕터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 6가지의 토폴로지를 도시한다.

도 32(a),(b),(c)는  $Z_0$ 로 병렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다. 이러한 토폴로지들은 언밸런스 드라이브를 수신하고, 캐패시터의 중심에서 지면에 연결된다. 도 32(d)에서 스미스 차트의 강조 부분은 이 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스를 나타낸다. 도 34(e),(f),(g)는  $Z_0$ 로 직렬구성된 인덕터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다.

도 35(a),(b),(c)는  $Z_0$ 로 병렬구성된 캐패시터를 포함하고, 하이-Q 유도 요소에 직접 결합된 매칭 회로의 3가지의 토폴로지를 도시한다. 이러한 토폴로지들은 언밸런스 드라이브를 수신하고, 인덕터 루프의 중심에서 탭핑에 의해 지면에 연결된다. 도 35(d),(e),(f)에서 스미스 차트의 강조 부분은 이 토폴로지에 의해 매칭될 수 있는 복합 임피던스를 나타낸다.

도 36(a),(b),(c),(d)는 가변 캐패시터 상에서 전압이 다소 감소되고, 비교적 미세한 튜닝 레졸루션을 갖는 전체적인 가변 캐패시턴스를 생성하도록 설계된 고정식 및 가변식 캐패시터의 네트워크의 4가지의 토폴로지를 도시한다.

도 37(a) 및 도 37(b)는 전체적인 가변 캐패시턴스를 생성하도록 설계된 가변식 인덕터와 고정식 캐패시터의 네트워크의 2가지의 토폴로지를 도시한다.

도 38은 무선 전력 전달 시스템의 블록 다이어그램.

도 39는 예시적인 무선 전력 전달 시스템의 블록 다이어그램.

도 40은 예시적인 무선 전력 전달 시스템의 소스의 블록 다이어그램.

도 41은 자기 공진자의 등가 회로도들을 도시한다. 캐패시터 심볼을 통한 슬래시(/)는 고정식이거나 또는 가변식일 수 있는 대표적인 캐패시터를 나타낸다. 포트 파라미터 측정 회로는 신호의 크기와 위상을 측정할 수 있고, 특성의 전기적 신호를 측정하도록 구성될 수 있다.

도 42는 조절가능한 임피던스 네트워크가 전압 제어식 캐패시터로 구현되는 자기 공진자의 회로도들을 도시한다. 이러한 설비는 프로그램가능하거나 또는 제어가능한 전압원 및/또는 컴퓨터 프로세서를 포함한 전기 회로에 의해 조절, 조정 또는 제어가능하다. 전압 제어식 캐패시터는 측정 분석 및 제어 알고리즘과 하드웨어에 의해 프로그래밍되고, 포트 파라미터 측정 회로에 의해 측정된 데이터에 응답하여 조절될 수 있다. 전압 제어식 캐패시터는 캐패시터의 스위치 뱅크(switched bank)일 수 있다.

도 43은 단부-대-단부 무선 전력 전달 시스템(end-to-end wireless power transmission system)을 도시한다. 이 실시예에서, 소스와 장치 모두는 포트 측정 회로와 프로세서를 포함한다. "커플러/스위치"가 라벨링된 박스는 포트 측정 회로가 방향성 커플러 또는 스위치에 의해 공진자에 연결될 수 있음을 의미하며, 이에 따라 전력 전달 기능과 부합하여 또는 이와는 개별적으로 소스 및 장치 공진자의 측정, 조절 및 제어가 가능하다.

도 44는 단부-대-단부 무선 전력 전달 시스템을 도시한다. 이 실시예에서, 단지 소스만이 포트 측정 회로와 프로세서를 포함한다. 이 경우, 장치 공진자 작동 특성들은 고정될 수 있거나 또는 프로세서에 의해 생성된 신호를 제어할 필요 없이 아날로그 제어 회로에 의해 조절될 수 있다.

도 45는 단부-대-단부 무선 전력 전달 시스템을 도시한다. 이 실시예에서, 소스와 장치 모두는 포트 측정 회로를 포함하지만 단지 소스만이 프로세서를 포함한다. 이 장치로부터의 데이터는 무선 통신 채널을 통해 전송되며, 상기 무선 통신 채널은 개별 안테나, 또는 소스 드라이브 신호의 일부 변조를 통해 이용될 수 있다.

도 46은 단부-대-단부 무선 전력 전달 시스템을 도시한다. 이 실시예에서, 단지 소스만이 포트 측정회로와 프로세서를 포함한다. 이 장치로부터의 데이터는 무선 통신 채널을 통해 전송되며, 상기 무선 통신 채널은 개별 안테나, 또는 소스 드라이브 신호의 일부 변조를 통해 수행될 수 있다.

도 47은 결합식 자기 공진자를 도시하며, 상기 공진자의 주파수와 임피던스는 프로세서 또는 컴퓨터를 사용하여 수행되는 알고리즘을 이용하여 자동적으로 조절될 수 있다.

도 48은 벡터 어레이를 도시한다.

도 49는 소스에 의해 무선 전력공급되거나 또는 충전되는 장치(랩톱 컴퓨터)를 도시하며, 소스와 장치 공진자는 물리적으로 분리되지만 소스와 장치에 전기적으로 연결된다.

도 50(a)은 무선 전력공급식 또는 충전식 랩톱 응용예를 도시하며, 여기서 장치 공진자는 랩톱 케이스 내에 있으며, 보이지 않는다.

도 50(b)는 무선 전력공급식 또는 충전식 랩톱 응용예를 도시하며, 여기서 공진자는 랩톱 베이스 아래에 있으며, 전기 케이블에 의해 랩톱 파워 인풋에 전기적으로 연결된다.

도 50(c)은 무선 전력공급식 또는 충전식 랩톱 응용예를 도시하며, 여기서 공진자는 랩톱 베이스에 부착된다.

도 50(d)는 무선 전력공급식 또는 충전식 랩톱 응용예를 도시하며, 여기서 공진자는 랩톱 디스플레이에 부착된다.

도 51은 무선 전력 전달 시의 루프탑 PV를 도시하는 도면이다.

도 52(a)는 층을 이룬 PCB의 4개 층에서의 개별 트레이스의 라우팅을 도시하는 도면이고, 및 52(b)는 개별 트레이스와 비아(via) 연결의 라우팅을 도시하는 3차원 사시도이다.

도 53(a)는 층을 통과하는 자신의 경로를 도시하도록 강조된 개별 트레이스 중 하나를 가진 레이어드된 PCB의 4개 층에서의 개별 트레이스를 라우팅하는 도면이고, 및 53(b)는 스트랜드드 트레이스에 대해 층을 통과하는 자신의 경로를 도시하도록 강조된 전도체의 트레이스 중 하나를 가진 전도체 트레이스 및 비아 연결의 라우팅을 도시하는 3차원 사시도이다.

도 54는 개별 트레이스의 교차하는 라우팅의 예를 도시하는 도면이다.

도 55는 PCB의 하나의 층에서의 개별 트레이스의 라우팅을 도시하는 도면이다.

도 56은 PCB의 전도체층 사이의 라우팅 방향을 도시하는 도면이다.

도 57은 서로에 대해 이웃하여 라우팅되는 2개의 스트랜드드 트레이스의 비아 공간의 공유를 도시하는 도면이다.

도 58(a)-(d)는 다양한 피치의 크기 및 가로세로 비를 가진 스트랜드드 트레이스의 단면의 도면이다.

도 59(a)는 간격 거리의 함수로서의 고정된 크기의 장치의 공진자 및 상이한 크기조정된 소스 공진자 사이의 무선 전력 전달 효율의 플롯이고, 및 59(b)는 플롯을 생성하는 데에 사용되는 공진자 구성의 도면이다.

도 60(a)는 측면 오프셋의 함수로서의 고정된 크기의 장치의 공진자 및 상이한 크기조정된 소스 공진자 사이의 무선 전력 전달 효율의 플롯이고, 및 60(b)는 플롯을 생성하는 데에 사용되는 공진자 구성의 도면이다.

도 61은 예시적인 시스템 실시예의 전도체 배치의 도면이다.

도 62는 예시적인 시스템 실시예의 또다른 전도체 배치의 도면이다.

도 63은 동일하게 크기조정된 공진자의 어레이를 구비하는 소스의 예시적인 시스템 실시예의 도면이다.

도 64는 다수 크기조정된 공진자의 어레이를 구비하는 소스의 예시적인 시스템 실시예의 도면이다.

도 65는 평면 공진자 구조를 가진 조정가능한 크기의 소스의 예시적인 실시예의 도면이다.

도 66(a)-(d)는 조정가능한 소스 크기에 대한 사용 시나리오를 도시하는 도면이다.

도 67(a-b)는 상이한 차폐 구역을 가진 공진자를 도시하는 도면이다.

도 68은 대칭한 차폐 구역을 가진 공진자를 도시하는 도면이다.

도 69는 비대칭한 차폐 구역을 가진 공진자를 도시하는 도면이다.

도 70은 무선 전력 전달의 애플리케이션을 도시하는 도면이다.

도 71(a-b)는 소스와 장치 사이의 측면 및 각도 정렬 중속성을 감소시키기 위해 사용되는 공진자 어레이의 도면이다.

도 72는 공진자 변위에 기인한 효율에 대한 공진자 방위의 효과를 도시한 플롯이다.

도 73(a-b)은 공진자 사이의 측면 및 각도의 오정렬을 도시하는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0028] 전술한 바와 같이, 본 발명은 파워 서플라이로부터 파워 드레인으로 무선으로 전력을 전달할 수 있는 길게 지속되는 진동 공진 모드에 따른 결합식 전자기 공진자에 관한 것이다. 그러나, 이러한 기술은 전자기 공진자로 한정되지 않지만 통상적이고, 다양한 공진자 및 공진 대상물에 적용될 수 있다. 따라서, 우선적으로 통상적인 기술에 대해 설명하고, 그 뒤 무선 에너지 전달을 위한 전자기 실시예를 공개하겠다.

[0029] **공진자**

[0030] 공진자는 적어도 두개 이상의 형태로 에너지를 저장할 수 있는 시스템으로 규정될 수 있고, 저장된 에너지는 두가지 형태 사이에서 발진한다. 공진은 공진 (모달) 주파수  $f$ 와 공진 (모달) 필드를 가진 특정 발진 모드를 가진다. 각도 공진 주파수  $\omega$ 는  $\omega=2\pi f$  로 규정될 수 있고, 공진 파장  $\lambda$ 는  $\lambda = c/f$ 로 규정될 수 있으며, 이때,  $c$ 는 광속, 공진 주기  $T$ 는  $T=1/f = 2\pi/\omega$  로 규정될 수 있다. 메커니즘 손실, 연결 메커니즘이나 외부 에너지 공급 또는 드레이닝 메커니즘이 없을 경우, 공진자에 저장되는 총 에너지  $W$ 는 고정된 값으로 머무를 것이고, 두 형태의 에너지가 발진할 것이며, 그 중 하나가 최대값일 때 다른 하나가 최소값이고, 하나가 최소값일 때 다른 하나는 최대값을 가질 것이다.

[0031] 외부로부터의 물질이나 물체가 없을 경우, 도 1에 도시되는 공진자(102)의 에너지는 진성적 손실에 의해 붕괴되거나 소실될 수 있다. 공진자 필드는 다음의 선형 방정식을 따른다.

$$\frac{da(t)}{dt} = -i(\omega - i\Gamma)a(t)$$

[0032] 변수  $a(t)$ 는 공진 필드 진폭이고, 공진자 내에 포함된 에너지가  $|a(t)|^2$ 으로 주어지도록 규정된다.  $\Gamma$ 는 (가령, 흡수 및 복사 손실로 인한) 진성 에너지 붕괴 또는 손실율이다.

[0034] 에너지 붕괴를 특성화하는 퀄리티 팩터 또는 Q-팩터, 또는, Q는 이러한 에너지 손실에 반비례한다. 이는  $Q=\omega *W/P$ 로 규정될 수 있고, 이때, P는 정상 상태에서 손실되는 시간-평균된 파워다. 즉, 높은 Q를 가진 공진자(102)는 비교적 낮은 진성 손실을 가지며, 비교적 긴 시간동안 에너지를 저장할 수 있다. 공진자가 그 진성 붕괴율  $2\Gamma$ 에서 에너지를 손실하기 때문에, 진성 Q라고도 불리는 그 퀄리티 팩터 Q는  $Q=\omega/2\Gamma$ 로 주어진다. 퀄리티 팩터는 e의 팩터만큼 붕괴에 이르기까지 공진자의 에너지를 흡수하는 발진 주기 T의 수를 또한 나타낸다.

[0035] 상술한 바와 같이, 진성 손실 메커니즘만으로 인한 퀄리티 팩터로 공진자의 퀄리티 팩터 또는 Q를 규정한다.  $Q_1$ 과 같은 첨자 인덱스는 Q가 언급하는 공진자를 나타낸다(이 경우에 공진자 1). 도 2는 본 규약에 따라 표시되는 전자기 공진자(102)를 도시한다. 이 도면에서, 공진자(1) 인근에 어떤 외부로부터의 물체나 추가적인 공진자들이 존재하지 않는다.

[0036] 제 1 공진자 인근의 외부 물체 및/또는 추가적인 공진자들은, 공진자와 물체, 또는 공진자와 다른 공진자 간의 거리, 물체나 다른 공진자의 물질 조성, 제 1 공진자의 구조, 제 1 공진자의 파워, 등과 같은 다양한 인자에 따라, 제 1 공진자를 교란시키거나 로딩하여 제 1 공진자의 Q를 교란시키거나 로딩한다. 의도하지 않은 외부 에너지 손실이나 공진자 인근의 외부 물질 및 물체에 대한 연결 메커니즘은 공진자의 Q를 "교란"(perturbing)시킨다고 언급될 수 있고, 소괄호 ( ) 내에 첨자로 표시될 수 있다. 무선 에너지 전송 시스템에서 그외 다른 공진자에 대한, 그리고 제너레이터 및 부하에 대한 연결을 통해 에너지 전송과 관련된 의도적인 외부 에너지 손실은 공진자의 Q를 "로딩"(loading)한다고 언급될 수 있으며, 중괄호 [ ] 내의 첨자로 표시될 수 있다.

[0037] 파워 제너레이터  $g$  또는 부하(302) 1에 연결되는 공진자(102)의 Q는 "로딩된 퀄리티 팩터" 또는 "로딩된 Q"로

불릴 수 있고, 도 3에 도시되는 바와 같이  $Q_{[g]}$ ,  $Q_{[l]}$ 로 표시될 수 있다. 일반적으로, 공진자(102)에 제너레이터 또는 부하(302)가 두개 이상 연결될 수 있다. 그러나, 우리는 이러한 제너레이터나 부하를 구분하여 나열하지 않고, 대신에, 'g'와 'l'을 이용하여 제너레이터 및 부하의 조합에 의해 나타나는 동등 회로 로딩을 언급한다. 일반적인 설명에서, 우리는 첨자 'l'을 이용하여, 공진자에 연결되는 제너레이터나 부하를 언급하게 된다.

[0038] 여기서의 설명 중 일부에서, 우리는 공진자에 연결되는 파워 제너레이터 또는 부하로 인한 "로딩 퀄리티 팩터"를  $\delta Q_{[l]}$ 로 규정하고, 이때,  $1/\delta Q_{[l]} \equiv 1/Q_{[l]} - 1/Q$ 가 성립한다. 제너레이터 또는 부하의 로딩 Q가 클수록, 로딩된 Q인  $\delta Q_{[l]}$ 가 작아서, 공진자의 언로딩된 Q로부터 벗어난다.

[0039] 에너지 전송 시스템의 일부분이라고 의도하지 않은 외부 물체(402) p가 존재할 때 공진자의 Q는 "교란된 Q"라고 불리며,  $Q_{(p)}$ 로 표시될 수 있다(도 4 참조). 일반적으로, 공진자(102)의 Q를 교란시키는 외부 물체들이 많이 존재할 수 있다. 예를 들어, p1, p2, 등으로 표시될 수 있고, 또는 한 세트의 외부 물체 {p}로 표시될 수 있다. 이렇거나 경우에 교란된 Q는  $Q_{(p1+p2+\dots)}$  또는  $Q_{(\{p\})}$ 로 표시될 수 있다. 예를 들어,  $Q_{1(\text{brick+wood})}$ 는 벽돌 한개, 목재 한조각이 존재할 때 무선 파워 교환 시스템에서 제 1 공진자의 교란되는 Q 팩터를 표시할 수 있고,  $Q_{2(\text{office})}$ 는 사무실 환경의 무선 파워 교환 시스템에서 제 2 공진자의 교란되는 Q 팩터를 표시할 수 있다.

[0040] 여기서의 설명 중 일부에서, 우리는 외부 물체 p로 인한 "교란 Q"를  $\delta Q_{(p)}$ 로 규정하고, 이때,  $1/\delta Q_{(p)} \equiv 1/Q_{(p)} - 1/Q$ 가 성립된다. 상술한 바와 같이, 교란 Q 팩터는 p1, p2, 등, 또는 한 세트의 외부 물체 {p}와 같은 복수의 외부 물체로 인한 것일 수 있다. 물체의 교란 Q,  $\delta Q_{(p)}$ 가 클수록, 교란되는 Q,  $Q_{(p)}$ 가 작아져서, 공진자의 교란되지 않은 Q로부터 벗어난다.

[0041] 여기서의 설명 중 일부에서, 우리는  $\Theta_{(p)} \equiv Q_{(p)} / Q$ 를 규정하고, 이를 외부 물체가 존재할 때 공진자의 "퀄리티 팩터 무감도" 또는 "Q-무감도"라 부른다.  $\Theta_{1(p)}$ 와 같은 첨자 인덱스는 교란된 그리고 교란되지 않은 퀄리티 팩터가 언급하고 있는 공진자를 표시한다. 즉,  $\Theta_{1(p)} \equiv Q_{1(p)} / Q_1$ 가 성립한다.

[0042] 팩터 Q는 교란된 팩터  $Q_{(p)}$ 와 구분하기 위해 필요에 따라 "교란되지 않은"이라 언급할 수 있고, 로딩된 팩터  $Q_{[l]}$ 과 구분하기 위해 필요에 따라 "언로딩된"이라 언급할 수 있다. 마찬가지로, 교란된 품질 팩터  $Q_{[p]}$ 는 로딩되어 교란된 팩터  $Q_{(p)[l]}$ 과 구분을 위해 "언로딩된"으로 언급될 수 있다.

[0043] **연결된 공진자들**

[0044] 근거리 필드에서의 임의의 부분을 통해 연결되는, 실질적으로 동일한 공진 주파수를 가진 공진자들은 상호작용할 수 있고 에너지를 교환할 수 있다. 이러한 에너지 교환을 이해, 설계, 최적화, 및 특성화시키는 데 사용될 수 있는 다양한 물리적 픽처 및 모델이 존재한다. 두 연결된 공진자들 간의 에너지 교환을 설명하고 모델링하는 한가지 기법은 연결 모드 이론(CMT: Coupled Mode Theory)를 이용하는 것이다.

[0045] 연결 모드 이론에서, 공진자 필드들은 다음과 같은 선형 방정식들을 따른다.

[0046] 
$$\frac{da_m(t)}{dt} = -i(\omega_m - i\Gamma_m)a_m(t) + i \sum_{n \neq m} \kappa_{mn}a_n(t)$$

[0047] 이때, 인덱스들은 서로 다른 공진자들을 표시하고,  $\kappa_{mn}$ 은 공진자들 간의 결합 계수를 나타낸다. 레시프로컬 시스템에서, 결합 계수들은 관계  $\kappa_{mn} = \kappa_{nm}$ 을 따른다. 본 명세서의 목적을 위해, 원거리 필드 복사 간섭 효과가 무시될 것이고 따라서, 결합 계수들이 실수인 것으로 간주될 것이다. 더욱이, 본 명세서에서의 시스템 성능의 모든 차후 연산에서 결합 계수들이 그 제곱값,  $\kappa_{mn}^2$ 으로만 나타나기 때문에 우리는  $\kappa_{mn}$ 을 이용하여 실수 결합 계수들의 절대값을 표시할 것이다.

[0048] 앞서 설명한 CMT로부터 결합 계수  $\kappa_{mn}$ 은 공진자  $m$ 과  $n$  사이에서 소위 연결 팩터  $k_{mn}$ 에,

$$k_{mn} = 2\kappa_{mn} / \sqrt{\omega_m \omega_n}$$
에 의해 관련된다. 우리는 "강-결합 팩터"  $U_{mn}$ 을, 다음과 같이 공진자  $m$ 과  $n$  사이에서 결합 및 손실율의 비로 규정한다.

$$U_{mn} = \kappa_{mn} / \sqrt{\Gamma_m \Gamma_n} = k_{mn} \sqrt{Q_m Q_n}$$

[0049]

[0050] 유사한 주파수 공진자  $n$  또는 추가적인 공진자들의 존재 하에 공진자  $m$ 의  $Q$  팩터는 연결되는 파워 발생 또는 소비 장치에 의해 로딩되는 공진자와 유사한 방식으로 공진자  $n$  또는 추가적인 공진자들에 의해 로딩될 수 있다. 공진자  $m$ 이 공진자  $n$ 에 의해 로딩될 수 있고 그 역도 가능하다는 점은 공진자들이 연결되는 서로 다른 기법이다.

[0051] 이러한 경우에 공진자들의 로딩된  $Q$ 는  $Q_{m[n]}$ 과  $Q_{n[m]}$ 으로 표시될 수 있다. 복수의 공진자 또는 로딩 공급원 또는 장치의 경우, 공진자의 총 로딩이 각각의 부하를 저항성 손실로 모델링함으로써, 그리고 적절한 병렬 및/또는 직렬 조합으로 추가하여 전체 동등 부하를 결정함으로써 결정될 수 있다.

[0052] 여기서의 설명 중 일부분에서, 우리는 공진자  $n$ 으로 인한 공진자  $m$ 의 "로딩  $Q$ "를  $\delta Q_{m[n]}$ 으로 규정하며, 이때,

$1/\delta Q_{m[n]} \equiv 1/Q_{m[n]} - 1/Q_m$  이 성립한다. 공진자  $n$ 은 공진자  $m$ 에 의해 또한 로딩되며, "로딩  $Q_n$ "은  $1/\delta Q_{n[m]} \equiv 1/Q_{n[m]} - 1/Q_n$  으로 주어진다.

[0053] 공진자들 중 하나 이상이 파워 제너레이터 또는 부하에 연결될 때, 선형 방정식 세트는 다음과 같이 변형된다.

$$\frac{da_m(t)}{dt} = -i(\omega_m - i\Gamma_m)a_m(t) + i \sum_{n \neq m} \kappa_{mn} a_n(t) - \kappa_m a_m(t) + \sqrt{2\kappa_m} s_{+m}(t)$$

$$s_{-m}(t) = \sqrt{2\kappa_m} a_m(t) - s_{+m}(t)$$

[0054]

[0055] 이때,  $s_{+m}(t)$  및  $s_{-m}(t)$ 는 각각 제너레이터로부터 공진자  $m$ 으로 유입되는 필드의 진폭과, 공진자  $m$ 으로부터 다시

제너레이터를 향해 또는 부하 내로 진행하는 필드의 진폭을 나타내며, 이들이 운반하는 파워가  $|s_{+m}(t)|^2$

및  $|s_{-m}(t)|^2$  으로 주어진다. 로딩 계수  $\kappa_m$ 은 공진자  $m$ 과 제너레이터, 또는 제너레이터에 연결된 부하 간에 에너지 교환 속도에 관련된다.

[0056] 상술한 CMT로부터 로딩 계수  $\kappa_m$ 은, 앞서 규정한 로딩 퀄리티 팩터  $\delta Q_{m[l]}$ 에 다음과 같이 관련된다.

$$\delta Q_{m[l]} = \omega_m / 2\kappa_m$$

[0057]

[0058] 우리는 "강-로딩 팩터"를 공진자  $m$ 의 로딩 및 손실율의 비로 다음과 같이 규정한다.

$$U_{m[l]} = \kappa_m / \Gamma_m = Q_m / \delta Q_{m[l]}$$

[0059]

[0060] 도 1(a)는 두개의 연결된 공진자(1000)의 예를 도시하는 것으로서, 제 1 공진자(102S)는 소스 공진자로 구성되고, 제 2 공진자(102D)는 장치 공진자로 구성된다. 에너지는 공진자들 간의 거리 D에 걸쳐 전송될 수 있다. 소스 공진자(102S)는 전력 공급원 또는 제너레이터(도시되지 않음)에 의해 구동될 수 있다. 전력 소비 트레인 또는 부하(가령, 부하 저항, 도시되지 않음)에 의해 장치 공진자(102D)로부터 일이 추출될 수 있다. 소스에 대해 첨자 s를, 장치에 대해 첨자 d를, 제너레이터에 대해 g를, 그리고 부하에 대해 l을 사용하며, 본 예에서는 두개의 공진자만이 존재하고  $K_{sd} = K_{ds}$ , 이기 때문에,  $K_{sd}$ ,  $k_{sd}$ , and  $U_{sd}$ , 에 대해 인덱스를 누락시키고 각각  $\kappa$ ,  $k$ ,  $U$ 로 표시할 수 있다.

[0061] 파워 제너레이터는 구동 각주파수  $\omega$  ( $\omega = 2\pi f$ )에 대응하는 일정 구동 주파수  $f$ 에서 소스 공진자를 연속적으로 구동할 수 있다.

[0062] 이러한 경우에, 제너레이터로부터 (소스 및 장치 공진자를 통해) 부하까지의 파워 전송의 효율  $\eta = |s_{-d}|^2 / |s_{+s}|^2$  은 다음의 조건 하에서 최대화된다. 소스 공진 주파수, 장치 공진 주파수, 및 제너레이터 구동 주파수가 일치하여야 한다. 즉,

[0063] 
$$\omega_s = \omega_d = \omega$$

[0064] 더욱이, 제너레이터  $\delta Q_{s[g]}$  로 인한 소스 제너레이터의 로딩 Q, 즉,  $\delta Q_{s[g]}$ 는 장치 제너레이터 및 부하로 인한 소스 제너레이터의 로딩된 Q, 즉,  $Q_{s[dl]}$ 와 일치하여야 하고, 역으로, 부하로 인한 장치 공진자의 로딩 Q, 즉,  $\delta Q_{d[l]}$ 는 소스 제너레이터 및 제너레이터로 인한 장치 공진자의 로딩된 Q, 즉,  $Q_{d[sg]}$ 와 일치하여야 한다. 즉,

[0065] 
$$\delta Q_{s[g]} = Q_{s[dl]} \text{ and } \delta Q_{d[l]} = Q_{d[sg]}$$

[0066] 이러한 방정식들은 제너레이터에 의한 소스 공진자의, 그리고, 부하에 의한 장치 공진자의 최적 로딩율을 다음과 같이 결정할 수 있다.

[0067] 
$$U_{d[l]} = \kappa_d / \Gamma_d = Q_d / \delta Q_{d[l]} = \sqrt{1+U^2} = \sqrt{1+(\kappa/\sqrt{\Gamma_s \Gamma_d})^2} = Q_s / \delta Q_{s[g]} = \kappa_s / \Gamma_s = U_{s[g]}$$

[0068] 위의 주파수 일치 및 Q 일치 조건들은 전기 공학에서 "임피던스 매칭"으로 알려져 있다.

[0069] 위 조건 하에서, 최대화된 효율은 소스 및 장치 공진자들 간의 강-연결 팩터  $U = \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} = k \sqrt{Q_s Q_d}$  만의 단조롭게 증가하는 함수이고 도 5에 도시되는 바와 같이 다음과 같이 주어진다.

[0070] 
$$\eta = U^2 / \left(1 + \sqrt{1+U^2}\right)^2$$

[0071] 결합 효율  $\eta$ 는  $U > 0.2$  일 때 1%보다 크고,  $U > 0.7$  일 때 10%보다 크며,  $U > 1$  일 때, 17%보다 크고,  $U > 3$  일 때, 52%보다 크며,  $U > 9$  일 때 80%보다 크고,  $U > 19$  일 때 90% 보다 크며,  $U > 45$ 일 때 95%보다 크다. 일부 애플리케이션에서,  $U > 1$ 인 동작 범위는 "강-결합" 영역으로 불릴 수 있다.

[0072] 특정 환경에서  $U = \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} = \left(2\kappa / \sqrt{\omega_s \omega_d}\right) \sqrt{Q_s Q_d}$  가 큰 것이 바람직한 경우, 하이-Q를 가진 공진자들이 사용될 수 있다. 각 공진자의 Q가 높을 수 있다. 공진자 Q의 기하 평균  $\sqrt{Q_s Q_d}$  역시 높을 수 있고, 또는, 기하 평균값만이 높을 수도 있다.

[0073] 결합 팩터  $k$ 는  $0 \leq k \leq 1$  범위의 값이고, 소스 및 장치 공진자의 공진 주파수에 독립적이며, 그 결합을 조정하는 필드의 물리적 붕괴 법칙과 그 상대적 기하 구조에 의해 주로 결정될 수 있다. 이와는 달리, 결합 계수

$\kappa = k\sqrt{\omega_s \omega_d} / 2$  는 공진 주파수들의 강-함수다. 공진자들의 공진 주파수는 낮은  $\Gamma$ 를 얻는 것에 비해 높은  $Q$ 를 얻도록 선택되는 것이 바람직하다. 왜냐하면, 이 두가지 목표가 개별적인 두개의 공진 주파수 영역에서 얻을 수 있기 때문이다.

[0074] 하이-Q 공진자는  $Q > 100$  인 공진자로 규정될 수 있다. 연결된 두개의 공진자들은, 각각의 공진자의  $Q$ 가 100보다 크고,  $Q_s > 100$ ,  $Q_d > 100$ 일 경우, 하이-Q 공진자들의 시스템으로 불릴 수 있다. 다른 실시예에서, 연결된 두개의 공

진자들은, 공진자  $Q$ 의 기하 평균이 100보다 클 때, 즉,  $\sqrt{Q_s Q_d} > 100$  일 때, 하이-Q 공진자의 시스템으로 불릴 수 있다.

[0075] 공진자들에 명칭이 부여되거나 번호가 부여될 수 있다. 공진자들이 소스 공진자, 장치 공진자, 제 1 공진자, 제 2 공진자, 리피터 공진자, 등으로 불릴 수 있다. 도 1에, 그리고 아래의 많은 예에서, 두개의 공진자가 도시되어 있으나, 다른 구현에는 세개 이상의 공진자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 단일한 소스 공진자(102S)가 복수의 장치 공진자(102D) 또는 복수의 장치에 에너지를 전송할 수 있다. 에너지는 제 1 장치로부터 제 2 장치로, 그후 제 2 장치로부터 제 3 장치로, 등등으로 전송될 수 있다. 복수의 소스가 에너지를 단일 장치에 전송할 수도 있고, 단일 장치 공진자에 연결된 복수의 장치에게로, 또는, 복수의 장치 공진자에 연결된 복수의 장치에게로 전송할 수도 있다. 공진자(102)는 대안으로, 또는 동시적으로, 소스 장치로 기능할 수 있고, 또는, 일 위치의 소스로부터 다른 위치의 장치까지 파워를 증계하는데 사용될 수도 있다. 무선 에너지 전송 시스템의 거리 범위를 연장하기 위해 중간 전자기 공진자(102)가 사용될 수 있다. 복수의 공진자(102)가 데이터 체인식으로 연결되어, 광범위한 소스 및 장치를 이용하여 연장된 거리에 대해 에너지를 교환할 수 있다. 높은 파워 레벨은 복수의 소스(102S) 사이에서 분리되어 복수의 장치로 전송된 후, 이격된 위치에서 재결합될 수 있다.

[0076] 단일 소스 및 단일 장치 공진자의 분석은, 복수의 소스 공진자 및/또는 복수의 장치 공진자 및/또는 복수의 중간 공진자로 연장될 수 있다. 이러한 분석에서, 결론은, 복수의 공진자들 중 적어도 일부분 또는 모두 간의 큰 값의 강-결합 팩터  $U_{mn}$ 이 무선 에너지 전송의 높은 시스템 효율을 위해 선호된다는 것이다. 또한, 구현에는 하이  $Q$ 를 가진 소스, 장치, 및 중간 공진자들을 이용할 수 있다. 각 공진자의  $Q$ 가 높을 수 있다.  $U_{mn}$ 이 큰 값을 가지

는 것이 바람직한, 공진자  $m$  및  $n$  쌍에 대한  $Q$ 의 기하 평균  $\sqrt{Q_m Q_n}$  역시 높을 수 있고, 또는 기하 평균만 높을 수도 있다.

[0077] 두 공진자의 강-결합 팩터가 각 공진자의 손실 메커니즘의 상대적 크기와, 두 공진자 간의 결합 메커니즘에 의해 결정될 수 있기 때문에, 이러한 메커니즘들 중 일부 또는 모두의 강도가, 위에서 설명한 바와 같이 공진자 인근의 외부 물체의 존재 하에서 교란될 수 있다.

[0078] 위 문단들로부터 규정된 규약들을 지속하여, 우리는 외부 물체 또는 물질이 없을 때 결합 팩터를  $k$ 로 나타낸다. 외부 물체  $p$ 의 존재 하에 결합 팩터를  $k_{(p)}$ 로 나타내고, 이를 교란된 결합 팩터 또는 교란된  $k$ 라고 부른다. 결합 팩터  $k$ 는 교란된 결합 팩터  $k_{(p)}$ 와의 구분을 위해 "교란되지 않은"이라고 불릴 수도 있다.

[0079] 우리는  $\delta k_{(p)} \equiv k_{(p)} - k$  를 규정하고, 이를 외부 물체  $p$ 로 인한 "결합 팩터에 대한 교란" 또는 " $k$ 에 대한 교란"이라 부른다.

[0080] 우리는  $\beta_{(p)} \equiv k_{(p)} / k$  를 규정하고, 이를 "결합 팩터 무감도" 또는 " $k$ -무감도"라 부른다.  $\beta_{12(p)}$ 와 같은 낮은 인덱스들은 교란된, 그리고 교란되지 않은 결합 팩터가 언급하는 공진자들을 표시한다. 즉,  $\beta_{12(p)} \equiv k_{12(p)} / k_{12}$ .

[0081] 마찬가지로, 우리는 외부 물체가 존재하지 않을 때 강-결합 팩터를  $U$ 를 규정한다. 우리는 외부 물체  $p$ 의 존재 하에 강-결합 팩터를  $U_{(p)}$ ,  $U_{(p)} = k_{(p)} \sqrt{Q_{1(p)} Q_{2(p)}}$  로 규정하고, "교란된 강-결합 팩터" 또는 "교란된  $U$ "라

부른다. 강-결합 팩터  $U$ 는 교란된 강-결합 팩터  $U_{(p)}$ 와 구분을 위해 "교란되지 않은"이라 불릴 수 있다. 강-결합 팩터  $U$ 는 교란된 강-결합 팩터  $U_{(p)}$ 와 구분을 위해 "교란되지 않은"이라 불릴 수 있다.

[0082] 우리는  $\delta U_{(p)} \equiv U_{(p)} - U$  를 규정하고, 외부 물체  $p$ 로 인한 "강-결합 팩터에 대한 교란", 또는 "U에 대한 교란"이라 부른다.

[0083] 우리는  $E_{(p)} \equiv U_{(p)}/U$  를 또한 규정하고, "강-결합 팩터 무감도" 또는 "U-무감도"라 부른다.  $E_{12(p)}$   
와 같은 낮은 인덱스들은 교란된 그리고 교란되지 않은 결합 팩터가 언급하는 공진자를 표시한다. 즉,  
 $E_{12(p)} \equiv U_{12(p)}/U_{12}$

[0084] 교란된 시스템에서의 에너지 교환 효율은 교란되지 않은 시스템의 효율을 제시하는 공식과 동일한 공식에 의해 제시될 수 있고, 이때, 강-결합 팩터, 결합 팩터, 및 퀄리티 팩터와 같은 모든 파라미터들이 교란된 동등 파라미터로 대체된다. 예를 들어, 하나의 소스 및 하나의 장치 레조네이터를 포함하는 무선 에너지 전송 시스템에서, 최적 효율은 다음과 같이 연산될 수 있다.

[0085] 
$$\eta_{(p)} = \left[ U_{(p)} / \left( 1 + \sqrt{1 + U_{(p)}^2} \right) \right]^2$$

[0086] 따라서, 외부 물체에 의해 교란되는 무선 에너지 교환 시스템에서, 복수의 공진자들 중 적어도 일부 또는 모두 중에서 큰 값을 가진 교란된 강-결합 팩터  $U_{m(p)}$ 는 무선 에너지 전송의 높은 시스템 효율을 위해 바람직할 수 있다. 소스, 장치, 및/또는 중간 공진자들이 높은  $Q_{(p)}$ 를 가질 수 있다.

[0087] 일부 외부 교란은 (결합 팩터 또는 퀄리티 팩터에 대한 큰 교란을 통해) 교란된 강-결합 팩터에 해롭다. 따라서, 시스템에 대한 외부 교란의 효과를 감소시키고 강-결합 팩터 무감도를 큰 값으로 유지시키는 기술이 사용될 수 있다.

[0088] **에너지 교환 효율**

[0089] 유용한 에너지 교환에서의 소위 "유용한" 에너지는 장치를 급전하거나 충전하기 위해 장치에 전달되어야 하는 에너지 또는 파워를 의미한다. 유용한 에너지 교환에 대응하는 전송 효율은 시스템이나 애플리케이션에 따라 좌우된다. 예를 들어, 킬로와트급 파워를 전달하는 하이 파워 차량 충전 애플리케이션들은, 에너지 전달 시스템의 다양한 구성요소들을 크게 가열시키지 않으면서, 차량 배터리의 재충전에 충분한 유용한 에너지 교환을 도출하는 유용한 양의 파워를 공급하기 위해 적어도 80% 이상의 효율을 가질 필요가 있다. 일부 소비자용 전자 장치의 경우, 유용한 에너지 교환은 10%보다 큰 에너지 전달 효율, 또는, 재충전형 배터리를 풀로 충전하여 오랜 시간 동안 구동할 수 있게 함에 있어 수용가능한 그외 다른 양의 에너지 전달 효율을 포함할 수 있다. 일부 무선 센서 애플리케이션의 경우, 센서로부터 상당한 거리에 위치한 단일 소스로부터 복수의 저출력 센서를 급전하기 위해 1% 보다 훨씬 작은 전달 효율이 적절할 수 있다. 다른 애플리케이션의 경우, 유선 파워 전달이 불가능하거나 실용적이지 않을 때, 유용한 에너지 교환을 위해 폭넓은 범위의 전달 효율이 수용가능하고, 이러한 애플리케이션에서 장치에 대해 유용한 파워를 공급한다고 말할 수 있다. 일반적으로, 작동 거리는 여기서 설명되는 원리에 따라 유용한 에너지 교환이 이루어지는 거리, 또는, 유용한 에너지 교환이 유지될 수 있는 거리를 의미한다.

[0090] 급전 또는 재충전 애플리케이션에서의 무선 에너지 전달을 위한 유용한 에너지 교환은 낭비되는 에너지 레벨, 열 소산, 및 관련 필드 강도가 허용가능 한도 내에 있는 한, 효율적이고, 매우 효율적이며, 또는 충분히 효율적일 수 있다. 허용가능 한도는 애플리케이션, 환경, 및 시스템 위치에 따라 좌우될 수 있다. 애플리케이션의 급전 또는 재충전을 위한 무선 에너지 전송은, 합리적인 비용 제한, 중량 제한, 크기 제한, 등을 위해 요망 시스템 성능을 얻을 수 있는 한, 효율적이고, 매우 효율적이며, 또는, 충분히 효율적일 수 있다. 효율적 에너지 전달은 하이-Q 시스템이 아닌 종래의 유도 기술을 이용하여 달성될 수 있는 것에 대해 상대적으로 결정될 수 있다. 그후, 에너지 전달은 유사한 거리 또는 정렬 오프셋에 대한 종래의 유도 기법에서 유사한 크기의 코일 구조물에 의해 전달될 수 있는 것에 비해 더 많은 에너지가 전달될 경우, 효율적이고, 매우 효율적이고, 또는 충분히 효율적이라고 규정될 수 있다.

- [0091] 특정 주파수 및 Q 일치 조건들이 에너지 전달 시스템의 효율을 최적화시킬 수 있음에도 불구하고, 유용한 에너지 교환의 충분히 효율적인 에너지 전달을 얻기 위해 이러한 조건들을 정확하게 충족시킬 필요는 없다. 효율적 에너지 교환은, 공진 주파수의 상대적 오프셋이  $1/Q_{m(p)}$ ,  $1/Q_{n(p)}$ , 및  $k_{m(p)}$ 보다 작은 한, 실현될 수 있다. Q 일치 조건은 효율적 에너지 교환을 위한 주파수 일치 조건보다 덜 중요할 수 있다. 제너레이터 및/또는 부하로 인한 공진자의 강-로딩 팩터  $U_{m(i)}$ 이 최적값으로부터 멀리 떨어져 있으면서도 여전히 충분히 효율적인 에너지 교환을 가지는 정도는, 특정 시스템에 따라 좌우된다. 제너레이터 및/또는 부하의 전부 또는 일부분이 Q-불일치되는 지, 등에 따라 좌우된다.
- [0092] 따라서, 공진자의 공진 주파수가 정확하게 일치하지 않을 수 있지만, 위 허용오차 내에서 부합될 수 있다. 제너레이터 및/또는 부하로 인한 공진자의 적어도 일부분의 강-로딩 팩터는 그들의 최적값에 정확하게 일치되지 않을 수 있다. 전압 레벨, 전류 레벨, 임피던스 값, 재료 파라미터, 등이 본 개시내용에서 설명되는 정확한 값에 있지 않을 수 있지만, 이러한 값들의 수용가능한 허용오차 범위 내에 있을 것이다. 시스템 최적화는 효율, Q, 주파수, 강-결합 팩터, 등의 고려사항에 추가하여, 비용, 크기, 중량, 복잡도, 등의 고려사항을 포함할 수 있다. 일부 시스템 설계 파라미터, 사양, 및 설계가, 다른 시스템 성능 파라미터, 사양, 및 설계를 최적화시키기 위해 최적값으로부터 멀리 떨어질 수 있다.
- [0093] 일부 애플리케이션에서, 시스템 파라미터들 중 적어도 일부분은, 예를 들어, 소스나 장치와 같은 구성요소들이 모바일 방식이거나 노화될 수 있기 때문에, 또는, 부하들이 가변적일 수 있기 때문에, 또는, 교란 또는 환경적 조건들이 변화하기 때문에, 등의 이유로, 시간에 따라 변할 수 있다. 이러한 경우에, 수용가능한 일치 조건들을 얻기 위해 시스템 파라미터들 중 적어도 일부분은 동적으로 조정가능, 즉, 튜닝가능할 필요가 있다. 모든 시스템 파라미터들은 대략적인 최적의 작동 조건을 얻기 위해 동적으로 조정가능하거나 튜닝가능할 수 있다. 그러나, 위에서의 설명에 근거하여, 일부 시스템 파라미터들이 가변적이지 않음에도 불구하고 충분히 효율적인 에너지 교환이 실현될 수 있다. 일부 예에서, 장치들 중 적어도 일부는 동적으로 조정가능하지 않을 수 있다. 일부 예에서, 소스 중 적어도 일부가 동적으로 조정되지 않을 수 있다. 일부 예에서, 시스템 파라미터들 중 어느 것도 동적으로 조정되지 않을 수 있다.
- [0094] **전자기 공진자**
- [0095] 에너지 교환에 사용되는 공진자는 전자기 공진자일 수 있다. 이러한 공진자에서, 진성 에너지 붕괴율  $\Gamma_m$ 은 공진자의 흡수 (또는 저항성) 손실과 복사 손실에 의해 제시된다.
- [0096] 공진자는, 전기장에 의해 저장되는 에너지가 구조물 내에 주로 국한되도록, 그리고, 자기장에 의해 저장되는 에너지가 공진자를 둘러싸는 영역 내에 주로 배열되도록 구성될 수 있다. 그후, 에너지 교환은 공진 근거리 자기장에 의해 주로 조정된다. 이러한 타입의 공진자들은 자기식 공진자라 불릴 수 있다.
- [0097] 공진자는, 자기장에 의해 저장되는 에너지가 구조물 내에 주로 국한되도록, 그리고, 전기장에 의해 저장되는 에너지가 공진자를 둘러싸는 영역 내에 주로 배열되도록 구성될 수 있다. 그후, 에너지 교환은 공진 근거리 전기장에 의해 주로 조정된다. 이러한 타입의 공진자들은 전기식 공진자라 불릴 수 있다.
- [0098] 공진자에 의해 저장되는 총 전기 및 자기 에너지가 같아야 하지만, 그 국부적인 값들은 약간 다를 수 있다. 일부 경우에, 공진자로부터 소정 거리에서, 평균 자기장 에너지에 대한 평균 전기장 에너지의 비는 공진자를 특성화시키는 데 사용될 수 있다.
- [0099] 전자기 공진자는 유도 요소, 분배형 인덕턴스, 또는 인덕턴스 L을 가진 인덕터들의 조합, 용량성 요소, 분배형 커패시턴스, 또는 커패시턴스 C를 가진 커패시터들의 조합을 포함할 수 있다. 전자기 공진자(102)의 최소 회로 모델이 도 6a에 도시된다. 공진자는 유도형 요소(108)와 용량성 요소(104)를 포함할 수 있다. 커패시터(104)에 저장되는 전기장 에너지와 같은 초기 에너지가 제공된 상태에서, 커패시터가 에너지를 인덕터(108)에 저장되는 자기장 에너지로 방전함에 따라 시스템이 발전할 것이고, 이러한 자기장 에너지는 다시 커패시터(104)에 저장되는 전기장 에너지로 다시 전달된다.
- [0100] 도 6b, 6c, 6d에 도시되는 공진자(102)는 자기식 공진자로 불릴 수 있다. 자기식 공진자는 조밀한 환경에서의 무선 에너지 전송 애플리케이션에 대해 선호될 수 있다. 왜냐하면, 동물, 식물, 및 사람을 포함하는 매질의 대부분의 물질이 비-자기적이어서(즉,  $\mu \approx 1$ ), 자기장과의 상호작용이 최소한에 불과하며, 이러한 상호작용은 자기장의 시변화로 인해 유도되는 에디 전류에 주로 기인하기 때문이다(이차적 효과). 이러한 특성은 안전 상의

이유로 중요하고, 시스템 성능을 변경시킬 수 있는 외부 환경 물체 및 물질과의 상호작용에 대한 가능성을 감소 시키기에 또한 중요하다.

[0101] 도 6d는 일례의 자기식 공진자(102B)와 연계된 전기장 및 자기장 라인들의 일부를 개략적으로 도시한다. 자기식 공진자(102B)는 전도체 루프의 단부에서 유도 요소(108) 및 용량성 요소(104)로 작용하는 전도체 루프를 포함할 수 있다. 이 도면은 공진자를 둘러싸는 영역의 에너지의 대부분이 자기장으로 저장되고, (커패시터 판들 사이의) 공진자의 에너지의 대부분이 전기장으로 저장됨을 보여준다. 프링징 필드(fringing field), 자유 전하, 및 시변화식 자기장으로 인해, 일부 자기장이 공진자 주위의 영역에 저장될 수 있으나, 자기식 공진자는 전기장을 가능한한 공진자 장치 내에 또는 공진자에 인접한 위치로 국한시키도록 설계될 수 있다.

[0102] 전자기 공진자(102)의 인덕터(108) 및 커패시터(104)는 벌크 회로 요소일 수 있고, 또는, 인덕턴스 및 커패시턴스가 분배되어 전도체들이 구조물 내에 형성, 정형, 또는 배치되는 방식으로부터 나타날 수 있다. 예를 들어, 인덕터(108)는 도 6b, 6c, 6d에 도시되는 바와 같이, 표면적을 둘러싸도록 전도체를 정형함으로써 실현될 수 있다. 이러한 타입의 공진자(102)는 "용량성으로 로딩되는 루프 인덕터"라고 불릴 수 있다. 우리는 이러한 "루프", 또는, "코일"이라는 용어를 이용하여 임의의 횡수로 임의의 형태 및 크기의 표면을 둘러싸는, 일반적으로 전도성 구조물(와이어, 튜브, 스트립, 등)을 표시할 수 있다. 도 6b에서, 둘러싸인 표면적은 원형이지만, 이 표면이 다양한 형태 및 크기 중 임의의 것을 가질 수 있고, 특정 시스템 성능 사양을 달성하도록 설계될 수 있다. 인덕턴스가 물리적 크기에 따라 어떻게 스케일링되는 지를 표시하기 위한 한가지 예로서, 원형 단일-턴 루프를 형성하도록 배열되는 소정 길이의 원형 전도체의 인덕턴스가 대략 다음과 같다.

$$L = \mu_0 x (\ln \frac{8x}{a} - 2)$$

[0104] 이때,  $\mu_0$  는 자유 고안의 투자율이고, x는 둘러싸인 원형 표면적의 반경이며, a는 인덕터 루프를 형성하는 데 사용되는 전도체의 반경이다. 더욱 정확한 루프 인덕턴스 값은 해석학적으로 또는 수치적으로 연산될 수 있다.

[0105] 둘러싸인 다른 표면 형태, 면적, 크기, 등을 형성하기 위해 배열되는, 그리고 임의의 턴수를 가진 다른 단면 전도체들의 인덕턴스는 해석학적으로, 또는 수치적으로 연산될 수 있고, 또는 측정을 통해 결정될 수 있다. 인덕턴스는 인덕터 요소, 분배형 인덕턴스, 네트워크, 어레이, 인덕터 및 인덕턴스의 직렬 및 병렬 조합, 등을 이용하여 실현될 수 있다. 인덕턴스는 고정된 값일 수도 있고 가변적인 값일 수도 있으며, 임피던스 매칭 및 공진 주파수 작동 조건을 변화시키는 데 사용될 수 있다.

[0106] 공진자 구조에 대해 요망 공진 주파수를 얻는데 요구되는 커패시턴스를 실현하는 방식에는 여러가지가 있다. 커패시터 판(110)들은 도 6b에 도시되는 바와 같이 형성되고 이용될 수 있으며, 또는, 도 6에 도시되는 바와 같이, 다-루프 전도체(114)의 인접 권선들 간에 커패시턴스가 분배되어 실현될 수 있다. 커패시턴스는 커패시터 요소, 분배형 커패시턴스, 네트워크, 어레이, 커패시턴스의 직렬 및 병렬 조합, 등을 이용하여 실현될 수 있다. 커패시턴스는 고정된 값일 수도 있고 가변적인 값일 수도 있으며, 임피던스 매칭 및 공진 주파수 작동 조건을 변화시키는 데 사용될 수 있다.

[0107] 전자기 공진자(102)의 인덕턴스 및 커패시턴스는 럼프형(lumped)일 수도 있고 분배형일 수도 있으며, 럼프형 및 분배형 인덕턴스 및 커패시턴스의 조합일 수도 있고, 전자기 공진자는 여기서 설명되는 다양한 요소, 기술, 효과들의 조합에 의해 실현될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0108] 전자기 공진자(102)는 저항기, 다이오드, 스위치, 증폭기, 다이오드, 트랜지스터, 변환기, 전도체, 커넥터 등과 같은 추가적인 회로 엘리먼트 뿐만 아니라, 인덕터, 인덕턴스, 커패시터, 커패시턴스를 포함할 수 있다.

[0109] **전자기 공진자의 공진 주파수**

[0110] 전자기 공진자(102)는 그 물리적 성질에 의해 결정되는 특징적, 자연적, 또는 공진적 주파수를 가질 수 있다. 이러한 공진 주파수는 공진자에 의해 저장되는 에너지가 공진자의 전기장에 의해 저장되는 에너지  $W_e = q^2/2C$  와 자기장에 의해 저장되는 에너지  $W_b = Li^2/2$  사이에서 발진하게 되는 주파수다. 이때, q는 커패시터 C 상의 전하이고, i는 인덕터 L을 통과하는 전류다. 시스템에 어떤 손실도 없을 경우, 에너지는 커패시터(104)의 전기장과 인덕터(108)의 자기장 사이에서 계속해서 교환될 것이다. 에너지가 교환되는 주파수는 공진자의 특징 주파수,

자연 주파수 또는 공진 주파수라 불리며, 다음과 같이  $\omega$ 로 주어진다.

$$\omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

[0111]

[0112]

공진자의 공진 주파수는 공진자의 인덕턴스 L, 및/또는 커패시턴스 C를 튜닝함으로써 변경될 수 있다. 공진자 주파수는 FCC에 의해 명시된 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 주파수에서 작동하도록 설계될 수 있다. 공진자 주파수는 특정 필드 리미트 사양, 특정 흡수율(SAR) 제한 사양, 전자기 호환(EMC) 사양, 전자기 간섭(EMI) 사양, 구성요소 크기, 비용, 또는 성능 사양, 등을 충족시키도록 선택될 수 있다.

[0113]

**전자기 공진자의 퀄리티 팩터**

[0114]

도 6에 도시되는 공진자(102)의 에너지는 흡수형 손실(오염 손실 또는 저항성 손실이라고도 함) 및/또는 복사형 손실을 포함하는 진성 손실에 의해 붕괴되거나 소실될 수 있다. 에너지 붕괴를 특성화시키는 공진자의 Q 팩터는 이러한 손실에 반비례한다. 흡수형 손실은 공진자 내 다른 요소, 구성요소, 커넥터, 등에 의해서, 그리고, 인덕터 형성에 사용되는 유한 전도도의 전도체에 의해 야기될 수 있다. 저-손실 물질로부터 형성되는 인덕터는 "하이-Q 유도 요소"로 불릴 수 있고, 손실이 적은 요소, 구성요소, 커넥터, 등은 "고-저항성(high-resistive) Q"를 가진다고 할 수 있다. 일반적으로, 공진자에 대한 총 흡수 손실은 공진자를 구성하는 다양한 요소 및 구성요소들에 대한 저항성 손실들의 적절한 직렬 및/또는 병렬 조합으로 연산될 수 있다. 즉, 어떤 상당한 복사형 또는 구성요소/연결 손실이 없을 경우, 공진자의 Q는 다음과 같이  $Q_{abs}$ 로 표시될 수 있다.

[0115]

$$Q_{abs} = \frac{\omega L}{R_{abs}}$$

[0116]

이때,  $\omega$ 는 공진 주파수, L은 공진자의 총 인덕턴스이며, 예를 들어, 인덕터 형성에 사용되는 전도체의 저항은  $R_{abs} = l\rho/A$ 로 표시될 수 있다. 이때, l은 와이어의 길이,  $\rho$ 는 전도체 물질의 전기저항, A는 전류가 흐르는 와이어의 단면적이다. 교류의 경우, 전류가 흐르는 단면적이 표피 효과로 인해 전도체의 물리적 단면적보다 작을 수 있다. 따라서, 하이-Q 자기식 공진자는 높은 전기전도도, 비교적 큰 표면적, 및/또는 특별 설계된 윤곽(가령, Litz 와이어)를 가진 전도체로 구성되어, 근접 효과를 최소화시키고 교류 저항을 감소시킬 수 있다.

[0117]

자기식 공진자는 높은 전도율의 와이어, 코팅된 와이어, Litz 와이어, 리본, 스트래핑 또는 판, 튜빙, 페인트, 젤, 트레이스, 등으로 구성되는 하이-Q 유도 요소를 포함할 수 있다. 자기식 공진자는 자체-공진형일 수도 있고, 또는, 커패시터, 인덕터, 스위치, 다이오드, 트랜지스터, 변압기, 등과 같은 외부 연결 요소들을 포함할 수도 있다. 자기식 공진자는 분배형 및 럼프형 커패시턴스 및 인덕턴스를 포함할 수 있다. 일반적으로, 공진자의 Q는 공진자의 모든 개별 구성요소들의 Q에 의해 결정될 것이다.

[0118]

Q가 인덕턴스 L에 비례하기 때문에, 공진자들은 다른 제약사항들 내에서 L을 증가시키도록 설계될 수 있다. 예를 들어, L을 증가시키기 위한 한가지 기법은, 전도체 턴수를 두번 이상으로 하여 공진자의 인덕터를 형성하는 것이다. 설계 기술 및 절충사항은 애플리케이션에 따라 좌우되고, 폭넓고 다양한 구조물, 전도체, 구성요소, 그리고 공진 주파수들이 하이-Q 자기식 공진자의 설계에서 선택될 수 있다.

[0119]

상당한 흡수 손실이 없을 경우, 공진자의 Q는 복사 손실에 의해 주로 결정될 수 있고,  $Q_{rad} = \omega L/R_{rad}$ 로 표시될 수 있다. 이때,  $R_{rad}$ 는 공진자의 복사 손실이고, 작동 주파수  $\omega$ 와 파장  $\lambda$ 에 대한 공진자의 크기에 따라 좌우될 수 있다. 상술한 자기식 공진자의 경우, 복사형 손실은  $R_{rad} \sim (x/\lambda)^4$ 으로 스케일링될 수 있고(자기 다이폴 복사의 특성), 이때, x는 도 6b에 도시되는 유도 요소의 반경과 같은, 공진자의 특성 크기이고,

$$\lambda = c/f$$

다. c는 광속, f는 상술한 바와 같다. 자기식 공진자의 크기는 작동 파장보다 훨씬 작아서, 복사형 손실이 매우 작을 수 있다. 이러한 구조물은 서브-파장 공진자라 불릴 수 있다. 복사는 비-복사형 무선 에너지 전송 시스템을 위한 손실 메커니즘일 수 있고, 설계는  $R_{rad}$ 를 감소 또는 최소화시키도록 선택될 수

있다. 하이- $Q_{rad}$ 가 비-복사형 무선 에너지 전송 기법에 대해 바람직할 수 있다.

[0120] 비-복사형 무선 에너지 전송을 위한 공진자 설계는 통신용, 또는 원거리 필드 에너지 전송 용으로 설계된 안테나와는 다르다는 것에 또한 주목하여야 한다. 특히, 용량성-로딩되는 전도성 루프는 (예를 들어, 셀 폰에서) 공진 안테나로 사용될 수 있지만, 이는 복사 Q가 작은 값이 되도록 의도적으로 설계되어 에너지 복사시 안테나가 효율적이 되게 하는 원거리장 영역에서 작동한다. 이러한 설계는 본 출원에서 개시되는 효율적인 근거리장 무선 에너지 전송 기술에 적합하지 않다.

[0121] 복사형 및 흡수형 손실을 모두 포함하는 공진자의 퀄리티 팩터는  $Q = \omega L / (R_{abs} + R_{rad})$  로 표시된다. 특정 공진자에 대해 최대의 Q값이 존재할 수 있고, 공진자들은 하이-Q 공진자를 달성하기 위해, 공진자의 크기, 공진자를 구성하는 데 사용되는 물질 및 요소, 동작 주파수, 연결 메커니즘, 등에 제공되는 특별한 고려사항들을 이용하여 설계될 수 있다. 도 7은 MHz 주파수 대역에서 무선 파워 전송에 사용될 수 있는 일례의 자기식 공진자의 Q의 변화를 나타낸다. 이 경우에 4 cm의 외경을 가진 구리 파이프로 만든 60 cm 직경을 가진 코일에 해당한다. 흡수형 Q(쇄선)(702)는 주파수에 따라 증가하고, 복사형 Q(점선)는 주파수에 따라 감소하여, 특정 주파수에서 전체 Q를 피크(708)에 도달하게 한다. 이러한 예시적 공진자의 Q는 넓은 주파수 범위에 걸쳐 100보다 크다. 자기 공진자는 일 범위의 주파수에 대해 하이-Q를 가지도록 설계될 수 있고, 시스템 동작 주파수는 이 범위 내의 임의의 주파수로 설정될 수 있다.

[0122] 공진자가 손실을 측면에서 설명되고 있으나, Q는 앞서 설명한 바와 같이, 진성 붕괴율  $2\Gamma$ 를 이용하여 규정될 수 있다. 진성 붕괴율은 연결되지 않은, 그리고 구동되지 않은 공진자가 에너지를 소실하는 속도다. 앞서 설명한 자기식 공진자의 경우, 진성 손실율은  $\Gamma = (R_{abs} + R_{rad}) / 2L$  로 표시될 수 있고, 공진자의 퀄리티 팩터 Q는  $Q = \omega / 2\Gamma$  로 주어진다.

[0123] 공진자가 명시되지 않을 경우, 특정 손실 메커니즘에만 관련된 퀄리티 팩터는  $Q_{mechanism}$ 으로 표시되고, 공진자가 명시되면(가령, 공진자 1),  $Q_{1,mechanism}$ 으로 표시된다. 예를 들어,  $Q_{1,rad}$ 는 복사형 손실에 관련된 공진자 1에 대한 퀄리티 팩터다.

[0124] **전자기 공진자 근거리장**

[0125] 여기서 개시되는 근거리장 무선 에너지 전송 시스템에 사용되는 하이-Q 전자기 공진자는 서브-파장 물체일 수 있다. 즉, 공진자의 물리적 크기는 공진 주파수에 대응하는 파장보다 훨씬 작다. 서브-파장 자기식 공진자는 근거리 자기장에 저장되는 공진자를 둘러싸는 영역에 대부분의 에너지를 가질 수 있고, 이러한 근거리 자기장은 공진자로부터 멀리 복사되지 않기 때문에 고정적 또는 비-진파형이라고 말할 수도 있다. 공진자를 둘러싸는 영역의 근거리장의 한도는 일반적으로 파장에 의해 설정되어, 이 한도는 서브-파장 공진자의 경우 공진자 자체를 훨씬 넘어 연장될 수 있다. 근거리장 거동으로부터 원거리장 거동까지 필드 거동이 변화하는 제한 표면을 "복사 가성"(radiation caustic)이라고 한다.

[0126] 근거리장의 강도는 공진자로부터 멀리 이동할수록 감소한다. 공진자 근거리장의 필드 강도가 공진자로부터 멀어지면서 붕괴되지만, 필드는 공진자 인근에 배치되는 물체와 여전히 상호작용할 수 있다. 필드가 상호작용하는 정도는 다양한 팩터들에 따라 좌우되며, 그 중 일부는 제어 및 설계될 수 있고, 그 중 일부는 그렇지 않을 수 있다. 여기서 설명되는 무선 에너지 전송 기법은, 연결되는 공진자들 간의 거리가, 일 공진자가 다른 공진자의 복사 가성 내에 있을 때 실현될 수 있다.

[0127] 전자기 공진자의 근거리장 프로파일은 다이폴 공진자 또는 발진기와 통상적으로 관련된 것들과 유사할 수 있다. 이러한 필드 프로파일은 전방향성으로 설명될 수 있다. 이는 물체로부터 멀어지는 모든 방향으로 필드의 크기가 0이 아님을 의미한다.

[0128] **전자기 공진자의 특성 크기**

[0129] 충분한 Q를 가진 공간적으로 이격된 및/또는 오프셋된 자기 공진자는, 공진자 구조물의 크기 및 형태가 서로 다름에도 불구하고, 종래 기술에서 나타났던 거리보다 훨씬 큰 거리에 걸쳐 효율적인 무선 에너지 전송을 구현할 수 있다. 이러한 공진자들은 더 짧은 범위의 거리에 대해 과거의 기술로 얻을 수 있었던 것보다 훨씬 효율적인 에너지 전송을 얻을 수 있도록 작동할 수도 있다. 우리는 이러한 공진자를 중간-범위 에너지 전송이 가능한 공

진자로 설명한다.

[0130] 중간-범위 거리는 전송에 관련된 가장 작은 공진자의 특성 크기보다 큰 거리로 규정될 수 있다. 이때, 이 거리는 제 1 공진자 구조의 중심으로부터 공간적으로 이격된 제 2 공진자 구조까지 측정된다. 이러한 정의에서, 2차원 공진자는, 유도 요소에 의해 둘러싸인 영역이 서로 교차하지 않을 때 공간적으로 분리되고, 3차원 공진자는, 그 볼륨이 겹쳐지지 않을 때 공간적으로 분리된다. 2차원 공진자는 2차원 공진자에 의해 둘러싸인 영역이 3차원 공진자의 볼륨 외측에 있을 때 3차원 공진자로부터 공간적으로 이격된다.

[0131] 도 8은 특성 크기를 표시한 공진자의 몇가지 예를 도시한다. 공진자(102)의 특성 크기(802)는 전기식 공진자의 용량성 요소를 형성하는 전도체의 길이와, 자기식 공진자의 유도 요소로 둘러싸이는 영역과 전도체의 크기 측면에서 규정될 수 있다. 그후, 공진자(102)의 특성 크기(802)  $x_{char}$ 은 자기식 또는 전기식 공진자의 유도형 또는 용량성 요소 주위로 끼워맞춰질 수 있는 최소 구의 반경과 동일할 수 있고, 공진자 구조의 중심은 구의 중심이다. 공진자(102)의 특징 두께(804)  $t_{char}$ 은 위치한 편평 표면으로부터 측정할 때, 자기식 또는 용량성 공진자의 유도형 또는 용량성 요소의 가장 높은 점의 가장 작은 가능 높이일 수 있다. 공진자(102)의 특징 폭(808)  $w_{char}$ 은 가장 작은 가능한 원의 반경일 수 있고, 상기 원은 자기식 또는 전기식 공진자의 유도형 또는 용량성 요소가 직선을 따라 이동하면서 통과할 수 있는 원이다. 예를 들어, 원통형 공진자의 특징 폭(808)은 실린더의 반경일 수 있다.

[0132] 본 발명의 무선 에너지 전송 기법에서, 에너지는 넓은 범위의 거리에 걸쳐 효율적으로 교환될 수 있으나, 이러한 기술은 서로 다른 물리적 크기, 구성요소, 및 배향을 가진 공진자들 사이에서 중간-범위 거리에 걸쳐 장치를 급전 또는 재충전하는 유용한 에너지를 교환하는 능력에 의해 차별화된다.  $k$ 가 이러한 상황에서 작을 수

있으나, 강-결합 및 효율적 에너지 전송은 하이-Q 공진자들을 이용하여 높은  $U = k\sqrt{Q_s Q_d}$  를 도출함으로써 실현될 수 있다. 즉, Q 증가는 유용한 에너지 전송 효율을 관리하기 위해  $k$ 의 감소를 적어도 부분적으로 극복하는 데 사용될 수 있다.

[0133] 단일 공진자의 근거리장이 전방향성이라고 설명되고 있으나, 두 공진자 간의 에너지 교환 효율은 공진자들의 상대적 위치 및 배향에 따라 좌우될 수 있다. 즉, 에너지 교환 효율은 공진자의 특정 상대적 배향에 대해 최대화될 수 있다. 보상되지 않은 두개의 공진자의 상대적 위치 및 배향에 대한 전송 효율의 감도는  $k$  또는  $\kappa$ 의 연산으로 캡처될 수 있다. 서로 오프셋되거나 서로 회전되는 공진자들 간에 결합이 달성될 수 있으나, 교환 효율은 세부적인 배치에 따라 좌우되고, 작동 중 구현되는 피드백, 튜닝, 및 보상 기술에 좌우된다.

[0134] **하이-Q 자기 공진자**

[0135] 서브-파장 용량성-로딩된 루프 자기식 공진자의 근거리장 범위에서 ( $x \ll \lambda$ ), 표피 깊이보다 큰 반경을 가진 N개의 턴수를 가진 와이어로 구성되는 원형 전도 루프 인덕터에 관련된 저항은, 대략 다음과 같다.

[0136] 
$$R_{abs} = \sqrt{\mu_o \rho \omega / 2} \cdot Nx / a \text{ and } R_{rad} = \pi / 6 \cdot \eta_o N^2 (\omega x / c)^4$$

[0137] 이때,  $\rho$ 는 전도체 물질의 전기저항이고,  $\eta_o \approx 120\pi \Omega$ 은 자유 공간의 임피던스다. 이러한 N-턴수의 루프에 대한 인덕턴스 L은 앞서 제시한 단일-턴 루프의 인덕턴스보다 대략  $N^2$ 배 크다. 이러한 공진자의 퀄리티 팩터

$Q = \omega L / (R_{abs} + R_{rad})$ 는 시스템 파라미터에 의해 결정되는 특정 주파수에서 가장 높다(도 4 참조). 앞서 설명한 바와 같이, 낮은 주파수에서 Q는 흡수형 손실에 의해 주로 결정되고, 높은 주파수에서 Q는 복사형 손실에 의해 주로 결정된다.

[0138] 위에서 제시한 공식들은 개략적인 것이고 구조물의 물리적 파라미터에 대한  $R_{abs}$ ,  $R_{rad}$ , L의 기능적 종속성을 설명하고자 의도한 것이다. 전도체를 따라 불균일한 전류/전하 분포와 같은, 엄격한 코지-스태틱(quasi-static) 한도로부터의 편차를 고려한 이러한 파라미터들의 더욱 정확한 수치 연산은, 공진자 구조의 정밀 설계를 위해 유용할 수 있다.

[0139] 흡수형 손실은 저-손실 전도체를 이용하여 유도형 요소들을 형성함으로써 최소화될 수 있다. 전도체의 손실은 전도성 튜빙, 스트래핑, 스트립, 기계가공된 물체, 판, 등과 같이 표면적이 큰 전도체들을 이용하여, 그리고,

앞서 설명한 주파수 스케일링된 거동이 서로 다를 수 있는, 낮은 근접도 손실을 가진 전도체, 임의의 단면을 가진 와이어, 브레이디드 와이어(braided wire), Litz 와이어와 같은 특별히 설계된 전도체를 이용함으로써, 그리고, 예를 들어, 고순도 구리 및 은과 같은 전기저항이 작은 재료를 이용함으로써 최소화될 수 있다. 더 높은 동작 주파수에서 전도체로 전도성 튜빙을 이용할 때의 한가지 장점은, 비슷한 직경의 고체 전도체에 비해 저렴하고 가벼우며, 대부분의 전류가 표피 효과로 인해 전도체의 외면을 따라 흐리기 때문에 유사한 저항을 가질 수 있다는 점이다.

[0140] 마이크로파 영역에서의 작동에 적절하고 구리 와이어 또는 구리 튜빙으로 만들어진 실현가능한 공진자 설계의 개략적인 추정치를 얻기 위해, 다양한 단면을 가진 구리 와이어( $\rho=1.69 \cdot 10^{-8} \Omega m$ )의 하나의 원형 유도 요소(N=1)로 구성되는 공진자에 대한 최적 Q 및 공진 주파수를 연산할 수 있다. 그후, 예를 들어, 셀폰에 적합한, 특성 크기  $x = 1 \text{ cm}$  및 전도체 직경  $a = 1 \text{ mm}$  인 유도 요소의 경우, 퀄리티 팩터는  $f = 380 \text{ MHz}$ 일 때  $Q = 1225$ 에서 피크를 나타낸다. 랩탑 또는 가정용 로봇에 대해 적절한 유도 요소 크기인  $x = 30 \text{ cm}$  및  $a = 2 \text{ cm}$ 인 경우,  $f = 17 \text{ MHz}$ 에서  $Q = 1103$ 이다. 예를 들어 천정에 배치할 수 있는 대형 광원 유도 요소의 경우( $x = 1\text{m}$ ,  $a = 4 \text{ mm}$ ),  $f = 5 \text{ MHz}$ 에서  $Q = 1315$  다. 다수의 실제적 예시들은  $Q \approx 1000-1500$  at  $\lambda/x \approx 50-80$ . 의 기대 퀄리티 팩터를 도출한다. 위에서 설명한 것보다 더 다양한 코일 형태, 크기, 재료, 및 동작 주파수의 측정은, 상용 재료를 이용하여 다양한 자기식 공진자 구조물에 대해 실현될 수 있다.

[0141] 상술한 바와 같이, 중심간 거리 D만큼 이격된 특성 크기  $x_1$  및  $x_2$ 의 두 공진자들 간의 에너지 전송율은  $\kappa$ 에 의해 주어질 수 있다. 지정된 파라미터가 어떻게 스케일링될 수 있는지의 예를 제시하기 위해, 위로부터 셀폰, 랩탑, 그리고 천정 공진자의 예를 세가지 거리( $D/x = 10, 8, 6$ )에 대해 고려해보자. 여기서 고려되는 예에서, 소스 및 장치 공진자들은 동일한 크기  $x_1=x_2$  및 형태를 가지며, 도 1b 에 도시되는 바와 같이 배향된다. 셀폰의 예에서,  $\omega/2\kappa = 3033, 1553, 655$  다. 랩탑의 예에서,  $\omega/2\kappa = 7131, 3651$ 이다. 천정 공진자의 예에서,  $\omega/2\kappa = 6481, 3318, 1400$ 이다. 유도 요소 Q가 피크에 있는 주파수에서 대응하는 연결-손실 비는 피크값을 나타내고, 세계의 유도형 요소 크기 및 앞서 설명한 거리에 대해  $\kappa/\Gamma = 0.4, 0.79, 1.97$ 과  $0.15, 0.3, 0.72$ 와,  $0.2, 0.4, 0.94$ 다. 서로 다른 크기의 유도 요소를 이용하는 예는  $x_1=1\text{m}$  인덕터(가령, 천정의 광원) 및  $x_2=30\text{cm}$  인덕터(가령, 마루 위의 가정용 로봇)가 서로 3m 거리(가령, 실내 높이)로 이격되어 있다. 본 예에서,  $f=6.4 \text{ MHz}$ 의 최적 동작 주파수에서 대략 14%의 효율에 대해, 강-결합 성능 지수는  $U = \kappa / \sqrt{\Gamma_1 \Gamma_2} = 0.88$ 이다. 여기서, 최적 시스템 동작 주파수는 개별 공진자 Q의 피크들 사이에 놓인다.

[0142] 유도형 요소들은 하이-Q 자기식 공진자에 사용되도록 형성될 수 있다. 우리는 일 표면을 둘러싸는 유도형 요소들 내에 형성되는 구리 전도체들에 근거하여 다양한 하이-Q 자기식 공진자들을 시전하였다. 유도형 요소들은 임의의 크기 또는 형태의 영역을 둘러싸는, 다양한 형태로 배열되는 다양한 전도체를 이용하여 형성될 수 있고, 단일 턴, 또는 복수 턴의 요소들일 수 있다. 일례의 유도형 요소(900A-B)의 도면이 도 9에 도시되어 있다. 이러한 유도형 요소는 원, 직사각형, 정사각형, 삼각형, 둥근 코너를 가진 형태, 특정 구조 또는 장치의 윤곽을 따르는 형태, 일 구조 또는 장치 내의 전용 공간을 따르거나 충전하거나 이용하는 형태, 등을 둘러싸도록 형성될 수 있다. 이러한 설계는 크기, 비용, 중량, 외양, 성능, 등에 대해 최적화될 수 있다.

[0143] 이러한 전도체들은 요망 크기, 형태, 턴수로 형성되거나 구부러질 수 있다. 그러나, 수작업으로 전도체 형태 및 크기를 정확하게 재현하는 것은 어려울 수 있다. 추가적으로, 유도형 요소들의 인접 코일 턴들의 전도체 세그먼트들 간의 중심간 간격을 균일하고 바람직하게 유지하는 것이 어려울 수 있다. 구조물의 자체 커패시턴스와, 근접 효과에 의해 유도되는 AC 저항 증가, 등을 결정함에 있어 정확하거나 균일한 간격이 중요할 수 있다.

[0144] 몰드는 하이-Q 공진자 설계를 위한 인덕터 요소들을 복제하는 데 사용될 수 있다. 추가적으로, 몰드들은 킱크, 버클, 또는 그외 잠재적으로 해로운 영향을 전도체에 생성하지 않으면서 임의의 종류의 형태로 전도체를 정확하게 정형하는데 사용될 수 있다. 몰드는 인덕터 요소들을 형성하는 데 사용될 수 있고, 그후 인덕터 요소들이 폼으로부터 제거될 수 있다. 제거되면, 이러한 유도 요소들이 하이-Q 자기식 공진자를 하우징할 수 있는 인클로저나 장치 내로 장착될 수 있다. 형성된 요소들이, 요소 형성에 사용되는 몰드에 머무를 수도 있다.

[0145] 몰드는 블록에서 그루브들을 전달 또는 형성하기 위한 임의의 공지 기술을 이용하거나 표준 CNC(컴퓨터 수치 제어) 루팅 또는 밀링 기술을 이용하여 형성될 수 있다. 몰드들은 기계가공 기술, 사출 성형 기술, 주조 기술, 용탕 주입 기술, 진공 기술, 열성형 기술, 제 위치 절단 기술, 압축 성형 기술, 등을 이용하여 형성될 수도 있다.

[0146] 형성된 요소는 몰드로부터 제거될 수도 있고 몰드에 머무를 수도 있다. 몰드 내의 유도형 요소가 바뀔 수 있다. 몰드는 달리고, 기계가공되고, 부착되고, 도장되며, 등등의 작업이 이루어진다. 몰드 및 전도체의 결합은 다른 하우스징, 구조, 또는 장치 내로 일체화될 수 있다. 몰드로 잘려지는 그루브들은 임의의 크기를 가질 수 있고, 전도성 튜빙, 와이어, 스트래핑, 스트립, 블록, 등을 요망 인덕터 형태 및 크기로 형성하도록 설계될 수 있다.

[0147] 자기식 공진자에 사용되는 유도형 요소들은 적어도 두개의 루프를 포함하고, 안쪽으로 또는 바깥쪽으로, 또는 위로, 또는 아래로, 또는 이들의 임의의 조합 방향으로 나선운동할 수 있다. 일반적으로, 자기식 공진자는 다양한 형태, 크기, 턴수,를 가질 수 있고, 다양한 전도 물질로 구성될 수 있다.

[0148] 자기식 공진자들은 자유롭게 직립할 수도 있고, 인클로저, 컨테이너, 슬리브, 또는 하우스징 내에 인클로징될 수 있다. 이러한 자기식 공진자들은 유도형 요소를 제작하는 데 사용되는 형태를 포함할 수 있다. 이러한 다양한 형태 및 인클로저들은 거의 임의의 종류의 물질로 구성될 수 있다. 테플론(Teflon), 렉솔라이트(REXOLITE), 스티렌, 등과 같은 저-손실 물질들이 일부 애플리케이션 용도로 선호될 수 있다. 이러한 인클로저들은 유도형 요소를 보호하는 고착품을 포함할 수 있다.

[0149] 자기식 공진자는 구리 튜빙 또는 구리 와이어의 자체-공진 코일로 구성될 수 있다. 자체 공진 전도성 와이어 코일로 구성되는 자기식 공진자는 반경  $x$ , 길이  $h$ , 턴수  $N$ 의 나선형 코일로 감긴, 길이  $l$ , 단면 반경  $a$ 의 와이어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 다음과 같은 특징적 관계가 성립될 수 있다.

[0150] 
$$N = \sqrt{l^2 - h^2} / 2\pi x$$

[0151]  $x$ 가 약 30cm,  $h$ 가 약 20 cm,  $a$ 가 약 3 mm,  $N$ 이 약 5.25인 자기식 공진자 구조가 구성될 수 있고, 작동 중 자기식 공진자에 연결된 전력 공급원이 약 10.6 MHz의 공진 주파수  $f$ 에서 공진자를 구동시킬 수 있다.  $x$ 가 약 30cm,  $h$ 가 약 20 cm,  $a$ 가 약 1 cm,  $N$ 이 약 4일 때, 공진자는 약 13.4 MHz의 주파수로 구성될 수 있다.  $x$ 가 약 10cm,  $h$ 가 약 3 cm,  $a$ 가 약 2 mm,  $N$ 이 약 6인 경우, 공진자는 약 21.4 MHz의 주파수로 구동될 수 있다.

[0152] 하이-Q 유도 요소들은 인쇄 회로 보드 트레이스를 이용하여 설계도리 수 있다. 인쇄 회로 보드 트레이스는 기계적으로 형성되는 유도 요소들에 비해 다양한 장점을 가질 수 있다. 가볍고, 정확하게 재현가능하고, 만들어진 인쇄 회로 보드 제작 기술을 용이하게 통합할 수 있으며, 주문 설계 방식의 전도체 트레이스들을 이용하여 AC 저항이 낮춰질 수 있고, 대량 생산을 통한 비용의 절감이 가능하다.

[0153] 하이-Q 유도 요소들은 FR-4(에폭시 E-글래스), 다기능 에폭시, 고성능 에폭시, 비스말라이미드트리아진/에폭시 (bismalaimide triazine/epoxy), 폴리이미드, 시아네이트 에스테르(Cyanate Ester), 폴리테트라플로로에틸렌 (Teflon), FR-2, FR-3, CEM-1, CEM-2, 로저스(Rogers), 레졸루트(Resolute), 등과 같은 임의의 PCB 물질 상에 표준 PCB 기술을 이용하여 제작될 수 있다. 전도체 트레이스들은 낮은 손실 탄젠트로 인쇄 회로 보드 물질 상에 형성될 수 있다.

[0154] 전도 트레이스들은 구리, 은, 금, 알루미늄, 니켈, 등으로 구성될 수 있고, 페인트, 잉크, 또는 다른 경화성 물질로 구성될 수 있다. 회로 보드는 가요성일 수 있고, 플렉스-회로일 수 있다. 전도 트레이스들은 화학적 증착, 에칭, 리소그래피, 스프레이 증착, 절단, 등에 의해 형성될 수 있다. 전도 트레이스들은 요망 패턴을 형성하도록 도포되어, 결정 및 구조물 성장 기술을 이용하여 형성될 수 있다.

[0155] 전도 트레이스들의 크기, 전도 트레이스들을 포함하는 층들의 수, 전도 트레이스의 위치, 크기, 형태, 전도 트레이스들을 상호연결하는 구조는, 공진자  $Q$ ,  $Q_{(p)}$ , 공진자 크기, 공진자 재료 및 제작 비용,  $U$ ,  $U_{(p)}$ , 등과 같은 시스템 사양을 달성하거나 최적화시키도록 설계될 수 있다.

[0156] 일례로서, 3-턴 하이-Q 유도 요소(1001A)가 도 10a에 도시되는 바와 같이 장방형 구리 트레이스 패턴을 이용하여 4-층 인쇄 회로 보드 상에서 제작되었다. 이러한 구리 트레이스는 검은색으로 도시되고, PCB는 흰색으로 도시된다. 구리 트레이스의 폭 및 두께는 각각, 대략 1 cm(400 mils) 및 43  $\mu$ m(1.7 mils)였다. 단일 층 상의 전도 트레이스의 턴 간의 에지-에지 간격은 약 0.75 cm(300 mils)였고, 각각의 보드층 두께는 대략 100  $\mu$ m(4 mils)였다. 도 10a에 도시되는 패턴이 보드의 각 층에서 반복되었고, 전도체들은 병렬로 연결되었다. 3-루프 구조의 외부 치수는 대략 30 cm x 20 cm였다. PCB 루프의 측정된 인덕턴스는 5.3  $\mu$  H였다. 이러한 인덕터 요소 및 튜닝가능 커패시터를 이용한 자기식 공진자는 6.78 MHz의 요망 공진 주파수에서 550의  $Q$ 를 나타냈다. 공진 주파수는 자기식 공진자의 인덕턴스 및 커패시턴스 값들을 변화시킴으로써 튜닝될 수 있었다.

- [0157] 다른 예로서, 2-턴 인덕터(1001B)가 도 10b에 도시되는 장방형 구리 트레이스 패턴을 이용하여 4-층 인쇄 회로 보드 상에서 제작되었다. 구리 트레이스는 검은색으로, PB는 흰색으로 도시된다. 본 예에서 구리 트레이스의 폭 및 높이는 대략 0.75 cm(300 mils) 및 43  $\mu\text{m}$ (1.7 mils)였다. 단일 층 상의 전도 트레이스의 턴 간의 에지-에지 간격은 약 0.635 cm(250 mils)였고, 각각의 보드층 두께는 대략 100  $\mu\text{m}$ (4 mils)였다. 도 10b에 도시되는 패턴이 보드의 각 층에서 반복되었고, 전도체들은 병렬로 연결되었다. 2-루프 구조의 외부 치수는 대략 7.62 cm x 26.7 cm 였다. PCB 루프의 측정된 인덕턴스는 1.3  $\mu\text{H}$ 였다. 대략 0.635 cm(250 mils)의 수직 이격으로 두 보드를 함께 적층시키고 두 보드를 직렬로 연결하여, 대략 3.4  $\mu\text{H}$ 의 인덕턴스를 가진 PCB 인덕터를 제조하였다. 이와 같이 적층된 인덕터 루프 및 튜닝가능 커패시터를 이용한 자기식 공진자는 6.78 MHz의 요망 공진 주파수에서 3900의 Q를 나타냈다. 공진 주파수는 자기식 공진자의 인덕턴스 및 커패시턴스 값들을 변화시킴으로써 튜닝될 수 있었다.
- [0158] 유도형 요소들은 폭넓은 범위의 투자율 및 손실 값들을 가진, 임의의 크기, 형태, 두께, 등의 자성 물질을 이용하여 형성될 수 있다. 이러한 자성 물질은 고체 블록일 수 있고, 중공 볼륨을 인클로징할 수 있으며, 타일식 또는 함께 적층되는 여러개의 소조각의 자성 물질로부터 형성될 수 있고, 고-전도성 물질로 만든 전도성 시트 또는 인클로저로 일체화될 수 있다. 와이어는 근거리 자기장을 발생시키기 위해 자성 물질 주위로 래핑될 수 있다. 복수의 와이어가 자성 물질 주위로 래핑되어, 병렬로, 또는 직렬로, 또는 스위치를 통해 결합되어, 주문형 방식의 근거리장 패턴을 형성할 수 있다.
- [0159] 자기식 공진자는 3F3 페라이트 물질의 19.2 cm x 10 cm x 5 mm 타일 블록 주위로 감긴 15-턴의 Litz 와이어를 포함할 수 있다. Litz 와이어는 요망 공진자 성능을 얻기 위해 임의의 방향으로 또는 방향들의 조합으로 페라이트 물질 주위로 감길 수 있다. 와이어의 턴 수, 턴 간 간격, 와이어 타입, 자성 물질의 크기 및 형태, 그리고 자성 물질의 타입은 서로 다른 애플리케이션 시나리오에 대해 변경되거나 최적화될 수 있는 모든 설계 파라미터에 해당한다.
- [0160] **자성 물질 구조를 이용한 하이-Q 자기식 공진자**
- [0161] 오픈 자기 회로를 형성하도록 조립되는 자성 물질들을 이용할 수 있다. 물론, 자기식 공진자 구조를 실현하기 위해 전체 구조의 크기 수준에 해당하는 에어 갭이 구성된다. 이러한 구조에서, 고-전도도 물질들은 자성 물질로 만들어진 구조 주위로 감겨서, 자기식 공진자의 유도형 요소를 형성하게 된다. 용량성 요소들이 고-전도도 물질에 연결될 수 있고, 그후, 앞서 설명한 바와 같이 공진 주파수가 결정된다. 이러한 자기 공진자들은 용량성-로딩되는 인덕터 루프 공진자들의 경우처럼, (2차원 공진자 구조의 평면에 대해 수직으로가 아니라) 2차원 공진자 구조의 평면에 다이폴 모멘트를 가진다.
- [0162] 단일한 평면형 공진자 구조의 도면이 도 11a에 도시된다. 평면형 공진자 구조는 페라이트같은 자성 물질의 코어(1121)로 구성되고, 코어(1121) 주위로 전도성 물질의 루프(1122)가 래핑된다. 이 구조는 파워를 공급하는 소스 공진자로, 그리고, 에너지를 캡처하는 장치 공진자로 사용될 수 있다. 소스로 사용될 때, 전도체의 단부들이 전력 공급원에 연결된다. 전도체 루프를 통과하는 교류 전류는 교류 자기장을 여자시킨다. 구조물이 전력 수신에 사용될 때, 전도체의 단부들은 파워 드레인 또는 부하에 연결될 수 있다. 자기장 변화는 코어 자성 물질 주위로 감긴 전도체의 루프에 기전력을 유도한다. 이러한 타입의 구조물에서 다이폴 모멘트는 구조물의 평면 내에 있고, 예를 들어, 도 11a의 구조물의 경우 Y축을 따라 지향된다. 실질적으로 동일한 평면(즉, 도 11의 X, Y 평면)에 배치될 때 이러한 두개의 구조물은 강-결합을 가진다. 도 11a의 구조물들은 공진자들이 Y축을 따라 동일 평면에 정렬될 때 가장 선호하는 배향을 가진다.
- [0163] 설명되는 평면형 공진자의 기하 구조 및 결합 배향은 일부 애플리케이션의 경우 선호될 수 있다. 평면형 또는 편평형 공진자 형태는 상대적으로 편평하고 평면형인 많은 전자 장치들 내로 통합되기 용이하다. 평면형 공진자들은 장치의 기하 구조 변경을 필요로하지 않으면서, 장치의 후방이나 측방에 통합될 수 있다. 많은 장치들의 편평한 형태로 인해, 표면에 배치될 때 장치의 자연스런 위치가, 이들이 배치될 표면에 가장 큰 크기가 평행하게 놓이도록 하는 것이다. 편평형 장치 내로 통합되는 평면형 공진자는 표면의 평면에 자연스럽게 평행하고, 편평형 표면 상에 배치되는 다른 장치의 공진자 또는 평면형 공진자에 비해 선호되는 결합 배향으로 놓인다.
- [0164] 상술한 바와 같이, 평면형 공진자의 기하 구조는 장치 내로 통합시키기 용이할 수 있다. 이러한 공진자들의 로우 프로파일은 공진자가 장치의 완전한 측부 내로, 또는 그 일부분으로 통합될 수 있게 한다. 장치의 전체 측부가 공진자에 의해 커버되기 때문에, 자속은 장치나 장치 회로의 일부분일 수 있는 손실형 물질에 의해 방해받지

않으면서, 공진자를 통과할 수 있다.

- [0165] 평면형 공진자 구조의 코어는 다양한 형태 및 두께의 구조일 수 있고, 최소 치수가 구조물의 최대 치수의 30%를 넘지 않도록, 평면형 또는 평면형일 수 있다. 코어는 복잡한 기하학적 형상을 가질 수 있으며, 오목부(indentation), 노치, 리지 및 등등을 가질 수 있다. 장치, 패키징, 패키지, 엔클로저, 커버, 스킨, 및 등등으로의 통합을 돕고, 방향설정 시 결합 의존도를 줄이기 위해 기하학적 보강부(geometric enhancement)가 이용될 수 있다. 코어 형상의 2가지의 예시적인 변형예가 도 11(b)에 도시된다. 예를 들어, 평면형 코어(1131)는 전도체 와인딩을 위한 오목부를 형성하기 위해 단부들이 구조물의 중간보다 실질적으로 넓도록 형태가 형성될 수 있다. 코어 재료는 가변 두께로 형성될 수 있으며, 단부들은 중간보다 넓고 두껍다. 코어 재료(1132)는 전도체 루프, 하우징, 패키징, 및 등등을 수용하기 위한 다양한 깊이, 폭, 및 형태의 임의의 개수의 노치 또는 컷아웃(1133)을 가질 수 있다.
- [0166] 코어의 형태와 치수는 이들이 통합되는 장치의 치수와 특성으로 추가로 지시될 수 있다. 코어 재료는 장치의 부품들의 틈을 허용하기 위해 비-대칭 노치 또는 컷아웃을 필요로 할 수 있거나 또는 장치의 윤곽에 따라 만곡될 수 있다. 코어 구조물은 자기 재료의 단일의 모노리식 피스일 수 있거나 또는 비교적 큰 구조물을 형성하기 위해 함께 배열된 복수의 타일, 블록, 또는 피스로 구성될 수 있다. 구조물의 다양한 층, 타일, 블록 또는 피스가 유사할 수 있거나 또는 상이한 재료로 형성될 수 있다. 구조물의 상이한 위치에서 상이한 투자율을 갖는 재료를 이용하는 것이 선호될 수 있다. 상이한 투자율을 갖는 코어 구조물은 자속을 안내하고, 결합을 향상시키며, 시스템의 활성 영역의 형태 또는 크기에 영향을 미치는데 유용할 수 있다.
- [0167] 평면형 공진자 구조물의 전도체는 코어 주위에 1회 이상 감겨질 수 있다. 특정의 환경에서, 적어도 3개의 루프를 감는 것이 선호될 수 있다. 전도체는 전도 와이어, 리츠 와이어(Litz wire), 전도 관(conducting tubing), 시트, 스트립, 겔, 잉크, 트레이스, 등등을 포함하는 임의의 우수한 전도체일 수 있다.
- [0168] 소스의 활성 영역의 크기, 형태 또는 치수는 자기장을 차단하거나, 차폐하거나 또는 안내하는 재료를 사용함에 따라 추가로 보강되거나, 개조되거나 또는 수정될 수 있다. 소스 주위에 비-대칭 활성 영역을 형성하기 위하여, 소스의 일 측면이 자기 쉴드로 덮여질 수 있으며, 이에 따라 특정 방향으로 자기장의 강도가 감소될 수 있다. 쉴드는 전도체 또는 전도체와 특정 방향으로 떨어져 자기장을 안내하기 위해 이용될 수 있는 자기 재료의 층 조합일 수 있다. 자기 재료 및 전도체의 층으로 구성된 구조물은 소스의 차폐 기능으로 인해 발생할 수 있는 에너지 손실을 줄이는데 이용될 수 있다.
- [0169] 복수의 평면형 공진자는 하나의 평면형 공진자 구조물에 통합되거나 또는 이와 조합될 수 있다. 전도체 또는 전도체들은 2개의 전도체에 의해 형성된 루프들이 동축을 이루지 않도록 코어 구조물 주위에 감겨질 수 있다. 2개의 전도체(1201, 1202)가 직각으로 평면형 직사각형 코어(1203) 주위에 감겨지는 이러한 구조물의 실시예가 도 12에 도시된다. 코어는 직사각형일 수 있거나 또는 몇몇의 신장부 또는 돌출부를 갖는 다양한 기하학적 형상을 가질 수 있다. 돌출부는 코어의 중량, 크기 또는 질량을 감소시키도록 전도체를 감싸는데 유용할 수 있거나 또는 공진자의 방향성 또는 모든-방향성을 향상시키는데 이용될 수 있다. 4개의 돌출부를 갖는 다수의 감겨진 평면형 공진자가 도 13에서 내측 구조물(1310)에 의해 도시되며, 4개의 전도체(1301, 1302, 1303, 1304)는 코어 주위에 감겨진다. 코어는 하나 이상의 전도체 루프를 갖는 신장부(1305, 1306, 1307, 1308)를 가질 수 있다. 단일의 전도체가 동축을 이루지 않는 루프를 형성하기 위해 코어 주위에 감겨질 수 있다. 예를 들어, 도 13의 4개의 전도체 루프는 단일의 전도체가 모든 동축 루프를 형성하기 위해 이용되는 2개의 전도체를 이용하거나 또는 전도체의 하나의 연속저적인 피스를 포함하도록 형성될 수 있다.
- [0170] 복수의 전도체 루프를 포함하는 공진자 주위에서의 불균일 또는 비대칭 필드 프로파일이 상이한 파라미터로 일부 전도체 루프를 구동시킴으로써 생성될 수 있다. 복수의 전도체 루프를 포함하는 소스 공진자의 일부 전도체 루프는 상이한 주파수, 전압, 전력 수준, 듀티 사이클(duty cycle) 및 등등을 갖는 파워 소스에 의해 구동될 수 있으며, 이들 모두는 각각의 전도체에 의해 생성된 자기장의 강도에 영향을 미치는데 이용될 수 있다.
- [0171] 평면형 공진자 구조물은 평평한 공진자 구조를 유지시키면서 위와 아래에 소스를 포함하고, 모든 방향의 활성 영역을 제공하기 위해 용량적으로-로딩된 인덕터 공진자 코일과 조합될 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 전도체의 루프 또는 루프들을 포함하는 추가 공진자 루프 코일(1309)이 평면형 공진자 구조물(1310)과 같이 공동 평면 내에 배치될 수 있다. 외측 공진자 코일은 실질적으로 소스 위와 아래에 활성 영역을 제공한다. 공진자 코일은 본원에 기술된 임의의 개수의 평면형 공진자 구조물과 배열에 따라 배열될 수 있다.
- [0172] 평면형 공진자 구조물은 투자성의 패키징 내에 둘러싸여질 수 있거나 또는 그 외의 다른 장치에 통합될 수

있다. 단일의 공동 평면 내에서 공진자의 평면형 프로파일은 평평한 장치 내에서 패키징 및 통합을 허용시킨다. 공진자의 응용예를 도시하는 도면이 도 14에 도시된다. 하나 이상의 전도체 루프 각각과 하나 이상의 평면형 공진자(1414)를 포함한 평평한 소스(1411)는 소스의 활성 영역(1417) 내에 배열되고 외측 평면형 공진자(1415, 1416)와 일체 구성된 장치(1412, 1413)로 전력을 전달할 수 있다. 이 장치는, 소스에 대한 장치의 배향을 고려하지 않고 소스의 활성 영역이 변화하지 않도록 복수의 평면형 공진자를 포함할 수 있다. 회전 오정렬에 대한 불변성(invariance)에 추가하여, 평평한 공진자를 포함하는 평평한 장치는 평면형 공진자가 여전히 소스의 평면 내에 있기 때문에 활성 영역에 실질적으로 영향을 미치지 않고 거꾸로 뒤집힐 수 있다.

[0173] 평면형 공진자 구조물을 이용하는 전력 전달 시스템의 가능한 이용을 도시하는 또 다른 도면이 도 15에 도시된다. 표면(1525)의 상측에 배치된 평면형 소스(1521)는 "전력공급 표면(energized surface)" 영역을 형성하는 실질적인 표면 영역을 덮는 활성 영역을 생성할 수 있다. 각각의 평면형 장치 공진자에 결합된 컴퓨터(1524), 모바일 핸드셋(1522) 및 그 외의 다른 전자기기(1523)와 같은 장치들이 표면 상측의 어느 곳일 수 있는 소스의 활성 영역 내에 배치 시 소스로부터 에너지를 받을 수 있다. 상이한 치수를 갖는 몇몇의 장치가, 엄격한 배치 또는 정렬 제약 없이 소스로부터 전력을 공급받거나 또는 충전하는 중에, 정상적으로 이용될 수 있으며, 활성 영역에 배치될 수 있다. 소스는 테이블, 카운터탑, 데스크, 캐비닛 및 이와 유사한 것의 표면 아래에 배치될 수 있어서 완전히 숨겨질 수 있고, 동시에 카운터탑, 데스크, 캐비닛 및 이와 유사한 것의 상측 표면에 전력이 공급될 수 있으며, 소스보다 상당히 큰 표면상에 활성 영역이 생성될 수 있다.

[0174] 소스는 충전 장치의 방향 또는 어떠한 장치가 충전되는지, 충전에 따른 예러 또는 문제점, 전력 수준, 충전 시간, 및 등등을 나타내기 위해 디스플레이, 또는 그 외의 다른 시각적, 청각적 또는 진동 인디케이터를 포함할 수 있다.

[0175] 소스 공진자와 회로는 임의의 개수의 그 외의 다른 장치에 통합될 수 있다. 소스는 시계, 키보드, 모니터, 사진틀, 및 등등과 같은 장치에 통합될 수 있다. 예를 들어, 평면형 공진자와 적절한 전력 및 제어 회로와 통합된 키보드가 컴퓨터 마우스, 웹캠, 모바일 핸드셋, 및 임의의 추가 데스크 공간을 점유하지 않는 이와 유사한 것과 같이 이용될 수 있다.

[0176] 판형 공진자(planar resonator) 구조가 이동형 장치(mobile device)의 맥락에서 기재되었지만, 해당업계 종사자라면, 자신의 물리적 크기를 넘어서까지 활성 영역(active area)을 갖는 무선 전력 전달용 평평한 판형 소스가 그 밖의 다른 소비자층 및 산업적 적용예를 가짐을 알 것이다. 구조 및 구성이, 전자 또는 전기 장치 및 전력 소스가 실질적으로 동일한 평면 및 정렬 기준에 위치하거나 배치되거나 조작되는 많은 경우에서 유용할 수 있다. 가능한 적용 시나리오들 중 일부는 벽, 바닥, 천장 또는 그 밖의 다른 임의의 실질적으로 평면인 표면에 위치하는 장치를 포함한다.

[0177] 평평한 소스 공진자는 액자 틀과 일체 구성되거나, 벽에 걸릴 수 있어서, 벽의 평면 내에 활성 영역을 제공할 수 있으며, 따라서 그 밖의 다른 전자 장치(가령, 디지털 사진 프레임, 텔레비전, 조명 등)가 상기 벽에 장착될 수 있으며, 도선(wire) 없이, 전력을 공급받을 수 있다. 판형 공진자는 바닥과 일체 구성되어, 장치가 배치되어 전력을 수신할 수 있는 에너지 공급된 바닥(energized floor) 또는 활성 영역을 도출할 수 있다. 오디오 스피커, 램프, 가열기 등이 활성 영역 내에 배치되어 전력을 무선으로 수신할 수 있다.

[0178] 판형 공진자는 전도체(conductor)로 연결되는 추가적인 구성요소를 가질 수 있다. 커패시터, 인덕터, 저항, 다이오드 등의 구성요소는 전도체로 연결되어, 공진 주파수를 조정, 또는 튜닝하기 위해, 그리고 공진자에 대해 임피던스 매칭하기 위해 사용될 수 있다.

[0179] 앞서 설명된 바 있고, 도 11(a)에서 도시되는 판형 공진자 구조물은, 가령, 100 이상의, 심지어는 1000이상의 퀄리티 팩터  $Q$ 를 갖도록 만들어질 수 있다. 에너지는, 도 11(c)에서 도시된 바와 같이, 공진자의 특성 크기보다 큰 거리에 걸쳐, 하나의 판형 공진자 구조물에서 또 다른 판형 공진자 구조물로, 무선으로, 전달될 수 있다.

[0180] \*자기 공진자의 유도성 요소와 유사한 속성을 갖는 구조물을 구현하기 위해, 자성 물질을 이용하는 것에 추가로, 바람직한 전도체와 자성 물질의 조합을 이용하여, 이러한 유도성 구조물을 구현하는 것이 가능할 수 있다. 도 16(a)는, 자성 물질의 하나 이상의 층에 의해 감싸지고, 자성 물질(1604)의 블록에 의해 연결되며, 고전 도율 물질로 만들어진 하나 이상의 외장(enclosure)(상기 외장의 내부는, 외부에서 발생된 AC 전자기장에 대해

차폐됨)을 포함할 수 있는 자기 공진자 구조(1602)를 도시한다.

[0181] 구조물은 물질의 고전도율 시트(high-conductivity sheet)를 포함할 수 있으며, 상기 시트의 한 쪽 측부가 자성 물질 층으로 덮인다. 층형 구조물(layered structure)은 전자 장치에 컨포멀(conformal)하게 도포됨으로써, 상기 장치의 일부분은 고전도율의 자성 물질 층으로 덮이면서, 쉽게 액세스될 필요가 없는 다른 부분(가령, 버튼이나 스크린)은 덮이지 않은 채로 남겨질 수 있다. 이를 대신하여, 또는 이에 추가로, 상기 구조물은 자성 물질의 층만 포함하거나, 자성 물질 층의 큰 조각만 포함할 수 있다. 따라서 광범위한 재설계를 거의, 또는 전혀 필요로 하지 않고, 기존의 기능과 간섭을 일으키지 않으면서, 자기 공진자가 기존 장치의 구성요소가 될 수 있다. 덧붙이자면, 바람직한 전도체 및/또는 자성 물질의 층은, 이들이 완성된 장치에 추가적인 중량이나 부피를 거의 추가하지 않을 정도로 충분히 얇게(약 1 밀리미터 이하) 만들어질 수 있다. 구조물에 감긴 전도체의 길이 부분에 인가되는 발진 전류(oscillating current)는, 도 16의 구조물의 중심에서 사각형으로 표시되는 바와 같이, 이 구조물과 연계된 전자기장을 여기시키도록 사용될 수 있다.

[0182] 구조물의 퀄리티 팩터(Quality factor of the structure)

[0183] 앞서 기재된 타입의 구조물은, 약 1000 이상의 퀄리티 팩터  $Q$ 를 갖도록 만들어질 수 있다. 이러한 하이- $Q$ 는, 자성 물질 내에 있는 자기 에너지 부분이 물체와 관련된 전체 자기 에너지에 비교할 때 작아서, 자성 물질의 손실이 높을 경우에도 가능하다. 전도성 물질과 자성 물질의 층들로 구성된 구조물에 있어서, 전도성 물질의 손실이, 앞서 기재된 바 있듯이, 자성 물질의 존재로 인해, 감소될 수 있다. 자성 물질 층의 두께가, 시스템의 최대 크기의 약 100분의 1이고(가령, 자성 물질이 약 1mm 두께를 가질 수 있는데, 구조물의 면적은 10cm×10cm인 경우), 상대적 투자율(permeability)이 약 1000인 구조물에서, 자성 물질 내에 내포되는 자기 에너지의 부분들, 물체 또는 공진자와 관련된 총 자기 에너지의 수백 분의 1로만 유지하는 것이 가능하다. 이를 입증하기 위해, 하나의 공간(volume)에 내포된 자기 에너지에 대한 수식은, ( $H$ 가 아니라)  $B$ 가 자성 물질-공기 경계부에서 유지되는 메인 장(main field)인 한(개자기 회로(open magnetic circuit)에서 일반적인 경우임) ,  

$$U_m = \int_V \mathbf{dr} \mathbf{B}(\mathbf{r})^2 / (2\mu_r \mu_0)$$
 이며, 하이- $\mu_r$  영역에 내포되는 자기 에너지의 부분은, 공기 중에 있을 때와 비교할 때, 상당히 감소될 수 있다.

[0184] 자성 물체 내 자기 에너지의 부분은  $frac$ 라고 표시되며, 물질의 손실 탄젠트(loss tangent)는  $tand\delta$ 이라고 하고, 자성 물질이 손실의 유일한 원인이라고 가정하면, 공진자의  $Q$ 는  $Q=1/(frac \times tand\delta)$ 이다. 따라서, 0.1만큼 높은 손실 탄젠트의 경우에서도, 이들 타입의 공진자 구조물에 대해 약 1000의  $Q$ 를 얻는 것이 가능하다.

[0185] 구조물이 자신을  $N$  회 감고 있는 권선에 의해 구동되는 경우,  $N$ 이 충분히 큰 숫자라면, 여기 인덕터 루프(excitation inductor loop)의 손실은 무시될 수 있다. 도 17은 이들 구조물에 대한 등가 회로(equivalent circuit)(1700)를 개략적으로 도시하며, 전도성 물질과 자성 물질로 구성된 구조물을 감고 있는 회선 수  $N$ 에 대한, 손실 메커니즘과 인덕턴스의 스케일링을 도시한다. (근접 효과를 최소화하도록 설계된 적정 권선, 또는 도선(가령, Litz 도선 등)을 이용함으로써) 근접 효과가 무시할만하다면, 루프 전도체의 도선에 의한 저항값(1702)이 루프의 길이에 따라 선형으로 비례하며, 이는 또 회선 수에 비례한다. 다른 한편, 이들 특수 구조물의 등가 저항(1708)과 등가 인덕턴스(1704) 모두, 구조물 내부의 자기장의 제곱에 비례한다. 이러한 자기장은  $N$ 에 비례하기 때문에, 등가 저항(1708)과 등가 인덕턴스(1704)가 모두  $N^2$ 에 비례한다. 따라서 충분히 큰  $N$ 에 대하여, 도선의 저항(1702)은 자성 구조물의 등가 저항(1708)보다 훨씬 작으며, 공진자의  $Q$ 는  $Q_{max} = \omega L_\mu / R_\mu$ 에 근사한다.

[0186] 도 16(a)는 구조물(1604)의 중심의 좁아지는 부분 주변의 전류의 사각 루프와 이 구조물에 의해 발생하는 자기장 스트림라인(1608)에 의해 구동되는 구리와 자성 물질 구조물(1602)을 도시한다. 이러한 예시적 구조물은 구리로 감싸지고, 그 후, 속성  $\mu'_r = 1,400$   $\mu''_r = 5$  및  $\sigma = 0.5 \text{ S/m}$ 을 갖는 2mm의 자성 물질 층으로 완전히 덮이는 2개의 20cm×8cm×2cm의 공동(hollow) 영역을 포함한다. 이들 2개의 평행육면체는 서로 4cm만큼 이격되어 있으며, 2cm×4cm×2cm의 동일한 자성 물질 블록에 의해 연결되어 있다. 이 블록의 중심을 여기 루프가 감고 있다. 300kHz의 주파수에서, 이 구조물은 890으로 계산된  $Q$ 를 가진다. 전도체와 자성 물질 구조물은, 특정 시

시스템 매개변수를 최적화하도록 성형될 수 있다. 예를 들어, 여기 루프에 의해 감싸지는 구조물의 크기가 작아서, 여기 루프의 저항을 감소시킬 수 있거나, 상기 구조물의 크기가 커서, 큰 자기장과 연계된 자성 물질에서의 손실을 완화시킬 수 있다. 자성 물질로 구성된 동일한 구조물과 연계된 자성 스트림라인 및  $\mathcal{Q}$ 는, 층 전도체 및 자성 물질 설계와 유사할 것이다.

[0187] 다른 물체와 상호작용하는 전자기 공진자

[0188] 전자기 공진자에 있어서, 내생(intrinsic)  $\mathcal{Q}$ 를 교란시키는 외생적(extrinsic) 손실 메커니즘은, 인근 외부 물체의 물질 내부의 흡수 손실과 인근 외부 물체로부터의 공진하는 장의 산란(scattering)과 관련된 복사 손실을 포함할 수 있다. 흡수 손실은, 관심 주파수 범위에 걸쳐, 0이 아닌(non-zero), 그러나 유한한 전도율  $\sigma$ (또는 이에 상응하는, 유전 투자율의 0이 아니고 유한한 허수 부분)을 가짐으로써, 전자기장이 물질을 투과하여 상기 물질에 전류를 유도할 수 있으며, 이로 인해서 저항성 손실을 통해 에너지를 소산시키는 물질과 연계될 수 있다. 어느 물체가 손실성 물질을 적어도 부분적으로 포함한다면 상기 물체를 손실성(lossy)이라고 기재될 수 있다.

[0189] 전도율  $\sigma$ 와 자기 투자율  $\mu$ 의 균질의 등방성 물질을 포함하는 물체를 고려하자. 이 물체 내부에서의 전자기장의 투과 깊이(penetration depth)는, 표피 깊이  $\delta = \sqrt{2/\omega\mu\sigma}$ 에 의해 주어진다. 물체 내부에서 소산되는 전력 (dissipated power)  $P_d$ 가, 
$$P_d = \int_V d\mathbf{r} \sigma |\mathbf{E}|^2 = \int_V d\mathbf{r} |\mathbf{J}|^2 / \sigma$$
로부터 결정될 수 있으며, 여기서, 옴의 법칙 (Ohm's Law),  $\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$  ( $\mathbf{E}$ 는 전기장이고  $\mathbf{J}$ 는 전류 밀도임)을 이용하였다.

[0190] 관심 주파수 범위에 걸쳐, 물체를 구성하는 물질의 전도율  $\sigma$ 은, 물질의 표피 깊이  $\delta$ 가 길게 여겨질 수 있도록 (즉,  $\delta$ 가 물체의 특성 크기(characteristic size)보다 길거나,  $\delta$ 가 물체의 손실성 부분의 특성 크기보다 길도록) 충분히 낮다면, 전자기장  $\mathbf{E}$  및  $\mathbf{H}$ (여기서  $\mathbf{H}$ 는 자기장임)가 물체를 실질적으로 투과할 수 있다.

그렇다면, 이들 유한한 값을 갖는 장이, 
$$P_d \sim \sigma V_{ol} \langle |\mathbf{E}|^2 \rangle$$
로서 스케일링되는 소산 전력을 야기할 수 있으며, 여기서  $V_{ol}$ 는 손실성인 물체의 체적이고,  $\langle |\mathbf{E}|^2 \rangle$ 는 전기장의 공간 평균의 제곱 값이다. 따라서 저전도율 한계에서, 소산 전력은 전도율에 비례하며, 비-전도성(순수 유전) 물질의 한계에서 0이 된다.

[0191] 관심 주파수 범위에 걸쳐, 물체를 구성하는 물질의 전도율  $\sigma$ 이, 물질의 표피 깊이가 짧은 것으로 여겨질 수 있기에 충분히 높다면, 전자기장  $\mathbf{E}$  및  $\mathbf{H}$ 은 물체를, 단지 짧은 거리만큼만 투과할 수 있다(즉, 전자기장은 물질의 "표피(skin)"에 가까이 머무른다. 여기서  $\delta$ 는 물체의 손실성 부분의 특성 두께보다 작다). 이 경우, 물질 내부에서 유도되는 전류는 물질 표면에, 대략 표피 깊이 내로, 집중될 수 있으며, 이 전류의 크기는, (입사 전자기장의 형태에 의해 결정되며, 주파수와 전도율에 무관하게, 전도체의 두께가 표피-깊이보다 훨씬 더 크다) 표면 전류 밀도  $K(x, y)$ (여기서,  $x$ 와  $y$ 는 표면을 매개변수화하는 좌표이다)와 표면으로 지수 감쇄하는 함수  $\exp(-z/\delta)/\delta$ (이때,  $z$ 는 표면에 수직인 좌표)의 곱에 의해 근사될 수 있다: 
$$J(x, y, z) = K(x, y) \exp(-z/\delta)/\delta$$
. 그 후, 소산 전력(dissipated power)  $P_d$ 이,

[0192] 
$$P_d = \int_V d\mathbf{r} |\mathbf{J}(\mathbf{r})|^2 / \sigma = \left( \int_S d\mathbf{x} d\mathbf{y} |K(\mathbf{x}, \mathbf{y})|^2 \right) \left( \int_0^\infty dz \exp(2z/\delta) / (\sigma \delta^2) \right) = \sqrt{\mu\omega / 8\sigma} \left( \int_S d\mathbf{x} d\mathbf{y} |K(\mathbf{x}, \mathbf{y})|^2 \right)$$
에 의해 추정될 수 있다.

[0193] 따라서 고전도율 한계에서, 소산 전력은 전도율의 제곱근에 반비례하며, 완전 전도성 물질의 한계에서 0이 된다.

[0194] 관심 주파수 범위에 걸쳐, 물체를 구성하는 물질의 전도율  $\sigma$ 이 유한인 경우, 물질의 표피 깊이  $\delta$ 는 물체를 약간 침투할 수 있으며, 물체의 크기와 전자기장의 강도에 따라, 상기 물체 내부에서, 임의의 전력량이 소산될 수

있다. 이 기제는 서로 다른 속성 및 전도율을 갖는 복수의 서로 다른 물질을 포함하는 물체(가령, 물체의 내부에서 전도율의 불규칙적 비균질 및 이방성 분포를 갖는 물체)의 일반적인 경우를 기재하도록 일반화될 수 있다.

[0195] 앞서 설명된 손실 메커니즘의 크기는 공진자 장에 대한 외부 물체의 위치와 배향뿐 아니라, 상기 외부 물체의 물질 구성에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 고전도율 물질이 공진자의 공진 주파수를 편이시킬 수 있으며, 상기 주파수를 그 밖의 다른 공진 물체로부터 디튜닝(detuning)할 수 있다. 가령, 공진자의 인덕턴스 및/또는 커패시턴스의 변화를 통해 공진자의 주파수를 수정하는 피드백 메커니즘을 공진자에게 적용함으로써, 이 주파수 편이값은 고정될 수 있다. 가변 커패시턴스 및 인덕턴스를 이용함으로써, 일부 경우에서, 공진자의 구성 요소들의 기하학적 형태의 변경에 의해, 이러한 변화는 실현될 수 있다. 이하에서 설명될 그 밖의 다른 신규한 튜닝 메커니즘이 또한 공진자 주파수를 변경하기 위해 사용될 수 있다.

[0196] 외부 손실이 높을 때, 교란되는  $Q$ 가 낮을 수 있으며, 이러한 외부 물체 및 물질 내부에서 공진자 에너지가 흡수되는 것을 제한하기 위한 조치가 취해진다. 소산 전력이 전기장 및 자기장의 강도에 따라 달라지기 때문에, 소스 공진자에서 더 짧은 희미한 공진자 장 테일(field tail)을 갖고 장치 공진자에서 더 긴 공진자 장 테일을 가짐으로써, 다른 물체가 존재하는 경우에 소스의 교란된  $Q$ 가 최적화될 수 있도록 하는(또는 장치의 교란된  $Q$ 가 최적화될 필요가 있을 경우에는, 그 반대로) 회상 결합이 얻어지도록 시스템을 설계함으로써, 시스템 성능을 최적화할 수 있다.

[0197] 많은 일반적인 외부 물질 및 물체(가령, 사람, 동물, 식물, 건물 등)이 저 전도율을 가질 수 있으며, 따라서 본 발명의 무선 에너지 전달 방식에는 거의 영향을 미치지 않을 수 있다. 본 발명의 자기 공진자 설계와 관련된 중요한 사실은, 전기장이 공진자 구조물 자체에 주로 가뒀질 수 있으며, 따라서 중거리(mid-range distance)에 걸쳐 무선 전력 교환을 제공하면서, 인간 안전을 위한 일반적으로 받아들여지는 가이드라인 내에서, 동작하는 것이 가능하다는 것이다.

[0198] **감소된 상호작용을 갖는 전자기 공진자**

[0199] 근거리장 무선 송신을 위한 관심 주파수 범위로는 10kHz 내지 100MHz가 있다. 이 주파수 범위에서, 다양한 일반적인 비금속 물질, 가령, 몇 가지 타입의 나무 및 플라스틱이 비교적 저전도율을 가질 수 있어서, 이들 물질 내부에서는 단지 작은 전력량만 소산될 수 있다. 덧붙여, 저손실 탄젠트,  $\tan \Delta$ 를 갖는 물질(이때,  $\tan \Delta = \epsilon'' / \epsilon'$ 이며,  $\epsilon''$  및  $\epsilon'$ 는 각각, 투자율의 허수부와 실수부)이 또한, 그들 내부에 소산되는 작은 전력량만 가질 수 있다. 비교적 고전도율을 갖는 금속 물질, 가령, 구리, 은, 금 등은 그들 내부에 소산되는 전력을 거의 갖지 않을 수 있는데, 왜냐하면, 앞서 말한대로, 전자기장이 이들 물질을 실질적으로 투과할 수 없기 때문이다. 이러한 초고전도율 물질 및 초저전도율 물질, 저손실 탄젠트 물질 및 물체는 자기 공진자의 손실에 거의 영향을 미치지 않을 수 있다.

[0200] 그러나 관심 주파수 범위에서, (일반적으로 비균질 및 이방성의) 적당한 전도율 및/또는 적당히 높은 손실 탄젠트를 가질 수 있으며, 비교적 높은 소산 손실을 가질 수 있는 임의의 전자 회로와 임의의 저전도율 금속과 같은 물질 및 물체가 존재한다. 비교적 많은 전력량이 그들 내부에서 소산될 수 있다. 이들 물질 및 물체는 충분한 에너지를 소산시켜서,  $Q(\omega)$ 를 상당한 크기만큼 감소시킬 수 있으며, "손실성 물체(lossy object)"라고 지칭될 수 있다.

[0201] 공진자의  $Q(\omega)$ 에 미치는 손실성 물질의 영향을 감소시키기 위한 하나의 방법은 고전도율 물질을 이용하여, 공진자 장이 손실성 물체를 피하도록 상기 공진자 장을 성형하는 것이다. 고전도율 물질을 이용하여, 전자기장이 손실성 물체의 인접부를 피하도록 상기 전자기장을 재단(tailor)하는 프로세스는, 고전도율 물질을 장을 편향시키거나 재-성형(reshape)하는 물질로서 시각화시킴으로써, 이해될 수 있다. 이 그림은 전도체의 두께가 표피-두께보다 더 큰 한 질적으로 올바른 것인데, 왜냐하면, 바람직한 전도체의 표면에서의 전자기장의 경계부 상태는, 전자기장을 전도체 표면에 거의 완벽하게 수직이도록, 그리고 자기장을 전도체 표면에 거의 접선을 이루도록 할 것이기 때문이다. 따라서 수직 자기장 또는 접선 전기장이 전도체 표면으로부터 "멀리 편향(deflected away)"될 것이다. 덧붙여, 장의 공급원과 전도성 표면의 상대적 위치에 따라서, 접선 자기장 또는 수직 전기장은, 자신의 하나의 축에서 및/또는 전도체 표면의 수직 위치에서, 크기가 감소될 수 있다.

- [0202] 예를 들어, 도 18은 주파수  $f = 6.78 \text{ MHz}$  의 초기에는 균일한 외부 자기장에서의, 손실성 유전 물질(1804) 위와 아래에 위치하는 2개의 고전도율 표면(1802)의 유한 요소 방법(FEM) 시뮬레이션을 도시한다. 시스템은  $r=0$  축을 중심으로 방위각 대칭적이다. 이 시뮬레이션에서, 약  $z = \pm 0.01\text{m}$ 에서 백색 선으로 나타나는 바와 같이, 손실성 유전 물질(1804)은, 2개의 전도체(1802) 사이에 끼워진다. 유전체 디스크 위와 아래에 전도성 표면이 없는 경우, (그려진 자기장 라인으로 표현되는) 자기장은 본질적으로 균일하게(직선이며  $z$ -축과 평행하게) 유지될 것이며, 이는 자기장이 손실성 유전체 물질을 직선으로 통과할 것임을 나타낸다. 이 경우, 손실성 유전체 디스크에서 전력이 소산될 것이다. 그러나 전도성 표면이 존재하는 경우, 이 시뮬레이션은 자기장이 재구성되는 것을 보여준다. 자기장은 전도체의 표면에 접하게 되며, 따라서 전도성 표면(1802) 주변에서 편향되고, 이로써, 전도체 표면 뒤에 위치하거나 전도체 표면 사이에 위치하는 손실성 유전체 물질(1804)에 소산될 수 있는 전력량이 최소화될 수 있다. 본원에서 사용될 때, 전기적 대칭 축이란, 에너지 교환 동안, 불변 또는 시변하는 전기장 또는 자기장의 대칭 중심인 임의의 축을 지칭할 수 있다.
- [0203] 유전체 디스크의 위에, 또는 아래에, 단 하나의 전도성 표면만 사용되는 경우에도 유사한 효과가 관찰된다. 유전체 디스크가 얇은 경우, 표면에서 전기장은 본질적으로 0이며, 연속이고 표면에 매끄럽게 가까워진다는 사실은, 전기장이 표면 근방 어느 곳에서도(즉, 유전체 디스크 내부) 매우 낮음을 의미한다. 공진자 장을 손실성 물체로부터 멀리 편향시키기 위한 단일 표면 구현에는, 손실성 물질 또는 물체의 양 측부를 모두 덮을 수 없는 경우(가령, LCD 스크린)에서 바람직할 수 있다. 수 표피-깊이 수준의 전도성 물질의 매우 얇은 표면이라도(순수 구리의 표피 깊이는  $6.78\text{MHz}$ 에서  $\sim 20\mu\text{m}$ 이고,  $250\text{kHz}$ 에서  $\sim 100\mu\text{m}$ ), 손실성 물질이 존재하는 환경에서 공진자의  $Q(p)$ 를 상당히 개선하기에 충분할 수 있다.
- [0204] 손실성 외부 물질 및 물체가 하이- $Q$  공진자가 일체 구성될 수 있는 장치의 부품일 수 있다. 다음에서 나열되는 여러 가지 기법에 의해, 이들 손실성 물질 및 물체로 소산되는 에너지가 감소될 수 있다:
- [0205] - 손실성 물질 및 물체를 공진자로부터 멀리 떨어뜨려 위치시키거나, 상기 공진자에 대한 특수 위치 및 배향으로 위치시키기,
- [0206] - 공진자의 인근에 위치하는 손실성 물질 및 물체를 부분적으로 또는 완전히 덮도록 고전도율 물질 또는 구조물 이용하기,
- [0207] - 손실성 물체를 완전히 덮고, 공진자 장이 손실성 물체를 피하도록 상기 공진자 장을 성형하도록 손실성 물체 주변에 고전도율의 패쇄 표면(가령, 시트(sheet)나 망(mesh))을 배치하기,
- [0208] - 고전도율 물질의 표면(가령, 시트나 망)을, 손실성 물체의 일부분(가령, 물체나 물질의 상부, 하부, 측부 등) 주위에만 배치하기,
- [0209] - 고전도율 물질의 하나의 표면(가령, 시트나 망)을 손실성 물체의 위, 또는 아래, 또는 하나의 측부에 배치하여 상기 손실성 물체의 위치에서의 장의 강도를 감소시키기.
- [0210] 도 19는 자기 공진자(102) 및 고전도율 물질의 디스크-형상의 표면(1802)을 형성하는 용량성 부하 루프 인덕터를 도시한다. 상기 루프 인덕터는 자신 내부에 위치하는 손실성 물체(1804)를 완전히 감싼다. 일부 손실성 물체는, 외부 환경과 통신 또는 연결될 수 있으며, 따라서 완전히 저자기적으로 고립될 수 없는 구성요소(가령 전자 회로 등)일 수 있다. 고전도율 물질로 부분적으로 덮인 손실성 물질은 여전히 외부 손실을 감소시킬 수 있으면서, 상기 손실성 물질 또는 물체가 적절하게 기능하도록 할 수 있다.
- [0211] 도 20은 공진자(102)와 고전도율 물질의 표면(1802)으로서 사용되는 용량성 부하 루프 인덕터를 도시하며, 상기 루프 인덕터는 자신의 내부에 위치하는 손실성 물체(1804)의 일부분만 감싼다.
- [0212] 고전도율 물질의 단일 표면을, 손실성 물체 또는 물질의 위에, 또는 아래에, 또는 측면 등에 위치시킴으로써, 외부 손실이 감소되지만 완전히 제거되지는 않을 수 있다. 도 21에 도시된 예시에서, 용량성 부하 루프 인덕터가 공진자(102)로서 사용되고 고전도율 물질의 표면(1802)이 손실성 물체(1804) 아래에 위치하는 인덕터 루프 내부에 배치되어, 상기 손실성 물체의 위치에서의 장의 강도를 감소시킬 수 있다. 비용, 중량, 조립 복잡도, 공기 흐름, 시각적 접근, 물리적 접근 등을 고려하여, 물질 또는 물체의 단 한 측면만 덮는 것이 바람직할 수 있다.
- [0213] 고전도율 물질의 단일 표면이, 양 측면을 모두 덮을 수 없는, 또는 덮지 않아야 하는 물체(가령, LCD 또는 플라

스마 스크린)를 피하기 위해 사용될 수 있다. 광학 투과성 전도체를 이용하여, 이러한 손실성 물체가 피해질 수 있다. 광학 투과성 전도체를 대신하여, 또는 이러한 광학 투과성 전도체와 함께, 고전도율이면서 광학적으로 불투명한 물질이 손실성 물체의 일부분 상에 배치될 수 있다. 단일-면을 덮는 구현예와 복수-면을 덮는 구현예 중 어느 것이 적합한지와 여기에 내재되는 설계 이해 상충 사항(design trade-off)은, 무선 에너지 전달 시나리오의 세부사항 및 손실성 물질 및 물체의 속성에 따라 달라진다.

[0214] 지금부터, 무선 에너지 전달 시스템에서 사용되는 일체형 자기 공진자의 Q-무감도(insensitivity)인  $\Theta^{(p)}$ 를 개선하기 위해 고전도율 표면을 이용하는 하나의 예를 기재하겠다. 도 22는 무선 프로젝터(2200)를 도시한다. 상기 무선 프로젝터는 장치 공진자(102C), 프로젝터(2202), 무선 네트워크/비디오 어댑터(2204) 및 전력 변환 회로(2208)를 포함할 수 있다. 상기 장치 공진자(102C)는 표면을 감싸도록 배열되는 3-회(three-turn) 전도체 루프와 커패시터 망(2210)을 포함할 수 있다. 전도체 루프는, 상기 장치 공진자(102C)가 자신의 동작 공진 주파수에서 하이-Q(가령 >100)를 갖도록 설계될 수 있다. 완전 무선 프로젝터(2200)에 일체 구성되지 전에, 이 장치 공진자(102C)는, 6.78MHz의 지정 동작 공진 주파수에서 약 477의 Q를 가진다. 일체 구성하고, 무선 네트워크/비디오 어댑터 카드(2204)를 공진자 루프 인덕터의 중심에 배치시킨 후, 공진자의  $Q^{(integrated)}$ 는 약 347까지로 감소되었다. Q에서  $Q^{(integrated)}$ 까지로의 감소 요인 중 일부는 무선 네트워크/비디오 어댑터 카드를 교란시킬 때의 손실이였다. 앞서 언급된 바와 같이, 자기 공진자(102C)와 연계된 전자기장이 무선 네트워크/비디오 어댑터 카드(2204) 내에 전류를 유도할 수 있으며, 이러한 전류는, 카드를 구성하는 손실성 물질의 저항성 손실에서 소산될 수 있다. 공진자의  $Q^{(integrated)}$ 는, 공진자 인근에 위치하는 물체 및 물질의 조성, 위치 및 배향에 따라 여러가지로 영향받을 수 있다.

[0215] 완전 무선 프로젝터의 예시에서, 얇은 구리 포켓으로, 네트워크/비디오 어댑터 카드를 덮음(접힌 구리 시트로, 통신 안테나는 제외하고, 무선 네트워크/비디오 어댑터 카드의 상부와 하부를 덮음)으로써, 자기 공진자의  $Q^{(integrated)}$ 가 거의 444인  $Q^{(integrated + copper\ pocket)}$ 까지로 개선됐다. 다시 말하자면, 구리 포켓을 이용하여 공진자 장을 손실성 물질로부터 멀리 편향시킴으로써, 외부 네트워크/비디오 어댑터 카드에 의해 초래되는 교란(perturbation) 때문인  $Q^{(integrated)}$ 의 감소의 대부분이 제거될 수 있다.

[0216] 또 하나의 완전 무선 프로젝트 예시에서, 네트워크/비디오 어댑터 카드 아래를 단일 구리 시트로 덮음으로써,  $Q^{(integrated + copper\ pocket)}$ 와 거의 동일한  $Q^{(integrated + copper\ sheet)}$ 가 제공되었다. 이 예에서, 공진자 장을 손실성 어댑터 카드로부터 멀리 편향시키도록 단일 고전도율 시트를 이용함으로써, 시스템의 높은 교란 Q가 유지될 수 있다.

[0217] 하이-Q 전자기 공진자를 포함하는 장치의 일부분인 손실성 물질 또는 물체를, 상기 공진자에 의해 발생하는 장이 비교적 약한 곳에, 위치 또는 배향시켜서, 이들 물체에 전력이 거의, 또는 전혀 소산될 수 없도록 하여, Q-무감도(insensitivity)인  $\Theta^{(p)}$ 가 클 수 있도록 하는 것이 바람직할 수 있다. 앞서 설명된 바와 같이, 서로 다른 전도율의 물질이 전기 대 자기장(electric versus magnetic field)에 서로 다르게 반응할 수 있다. 따라서 외부 무체의 전도율에 따라서, 위치 결정 기법(positioning technique)이 장(field)별로 특수화될 수 있다.

[0218] 도 23은 10MHz에서 공진하는, 원형 루프 인덕터의 직경을 포함하는 하나의 선을 따르는 전기장(2312)과 자기장(2314)의 크기와, 반경 30cm의 도선의 인덕터의 용량성 부하 원형 루프 인덕터에 대한 루프 인덕터의 축을 따르는 전기장(2318)과 자기장(2320)의 크기를 도시한다. 공진하는 근거리장의 진폭이 도선 가까이에서 그들의 최대치에 도달하고, 루프, 2312, 2314에서 멀어질수록 감소된다. 루프 인덕터(2318, 2320)의 평면에서, 장은 루프의 중심에서 국소 최대치에 도달한다. 따라서 장치의 유한 크기가 주어지면, 장은 장치의 극값에서 가장 약하거나, 장의 크기는 장치 내부의 어딘 가에서 국소 최저치를 가진다고 할 수 있다. 이러한 주장은 그 밖의 다른 임의의 타입의 전자기 공진자(102)와 임의의 타입의 장치에 대해서도 마찬가지이다. 도 24a 및 24b에 예시들이 도시되어 있다. 여기서 용량성 부하 인덕터 루프가 자기 공진자(102)를 형성하고, 외부 손실성 물체(1804)가, 전자기장이 최소 크기를 갖는 곳에 위치한다.

- [0219] 실험 예에서, 자기 공진자는 (등근 모서리를 갖는) 사각 표면을 감싸는 3-회 전도체 루프와 커패시터 네트워크를 이용하여 형성되었다. 공진자의  $Q$ 는 6.78MHz의 지정 동작 공진 주파수에서 약 619였다. 이러한 공진자의 교란된  $Q$ 는, 공진자에 대한 교란 물체(이 경우에는 포켓 프로젝터)의 위치에 따라 달라졌다. 교란을 일으키는 프로젝터가 인덕터 루프 내부에서, 인덕터 권선의 중심 또는 상부에 위치할 때,  $Q_{(projector)}$ 는 약 96이었으며, 이는, 교란을 일으키는 프로젝터가 공진자의 외부에 위치했을 때(이 경우,  $Q_{(projector)}$ 는 약 513)보다 낮은 값이다. 이러한 측정치는 인덕터 루프 내부의 장이 인덕터 외부의 장보다 클 수 있어서, 이러한 루프 인덕터 내부에 위치하는 손실성 물체가, 손실성 물체가 루프 인덕터 외부에 위치하는 경우보다, 더 낮은 교란  $Q$ 를 산출할 수 있다는 분석을 뒷받침한다. 공진자 설계와 물질 조성 및 손실성 물체의 배향에 따라서, 도 24b에 도시된 배열은, 도 24a에 도시된 배열에서보다, 더 높은 무감도(insensitivity)인  $\Theta_{(p)}$ 를 산출할 수 있다.
- [0220] 하이- $Q$  공진자가 장치 내부에 일체 구성될 수 있다. 고유전율, 고투자율, 또는 고전기전도율의 외부 물질 및 물체가, 상기 하이- $Q$  공진자가 일체 구성되는 장치의 일부분일 수 있다. 하이- $Q$  전자기 공진자 인근에 위치하는 이들 외부 물질 및 물체에 있어서, 공진자에 대한 이들의 크기, 위치 및 배향에 따라서, 공진자 장-프로파일(field profile)이, 공진자의 본래의 교란되지 않은 장-프로파일로부터 상당히 왜곡되거나 이탈될 수 있다. 외부 물체 및 물질이 무손실성(lossless)인 경우, 이러한 공진자의 교란되지 않은 장의 왜곡은  $Q$ 를 더 낮은  $Q_{(p)}$ 로 상당히 감소시킬 수 있다.
- [0221] 하이- $Q$  전자기 공진자를 포함하는 장치의 일부분인 고전도율 물체를, 이들 물체의 표면이 가능한 한, 교란되지 않은 공진자에 의해 생성된 전자기 라인에 수직이고, 상기 교란되지 않은 공진자에 의해 생성된 자기장 라인에 평행하도록 하는 배향으로, 배치시켜서, 공진 장 프로파일이 가능한 최소한으로 왜곡되도록 하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0222] 자기 공진자 루프의 평면에 수직으로 배치될 수 있는 다른 공유 물체는 스크린(LCD, 플라즈마 등), 배터리, 케이스, 커넥터, 복사형 안테나, 등을 포함한다. 공진자의  $Q$ -무감응성,  $\Theta_{(p)}$ 은 물체가 공진자 필드에 관하여 다른 방향으로 위치된 경우에 보다 커질 수 있다.
- [0223] 손실 무관 재료 및 물질(이는 하이- $Q$  공진자를 포함하는 통합형 장치의 일부가 아님)이 예컨대 장치의 사용 중에, 공진자의 근처에 위치되거나 이동될 수 있다. 특정한 환경에서 공진자 필드를 조정하기 위해 고 전도성 재료를 사용하여 손실 무관 물체가 이러한 재료 및 물체에 대한 전력 소비를 줄이기 위해 그리고  $Q$ -무감응성,  $\Theta_{(p)}$ 을 증가시키기 위해, 배치 또는 삽입될 수 있는 영역을 피하도록 하는 것이 효과적일 수 있다. 도 25에, 여기서 용량성-부하 루프 인덕터 및 커패시터가 공진자(102)로 사용되고, 고-전도성 재료(1802)의 표면이 인덕터 루프의 상부에 배치되어 공진자 상부 영역에서 필드의 세기를 감소시키는 예가 도시되며, 여기서 손실 무관 물체(1804)가 배치 또는 삽입될 수 있다.
- [0224] 필드의 재형성을 위해 공진자 근처로 보내진 고-전도성 표면은 또한  $Q_{(cond. surface)} < Q$ 로 이어질 수 있다는 것에 주의한다. 교란되는  $Q$ 에서의 감소는 전도체의 표면에서 필드 바운더리 조건과의 매칭과 연관된 에너지 소비에 기인할 수 있다. 따라서, 고-전도성 표면이 무관 손실 물체 내부의 소비에 기인한 무관 손실을 줄이는 데 사용될 수 있고, 일부의 경우에, 특히 전자기장을 현저히 재형성함으로써 이것이 획득되는 경우에, 필드가 손실 물체를 피하도록 이러한 고-전도성 표면을 사용하는 것은 원하는 결과  $Q_{(p + cond. surface)} > Q_{(p)}$  보다는  $Q_{(p + cond. surface)} < Q_{(p)}$ 를 효과적으로 발생할 수 있다.
- [0225] 진술한 것과 같이, 손실 유도 물체의 존재시, 자기 공진자의 교란하는 퀄리티 팩터가, 자기 공진자와 연관된 전자기장이 손실 유도 물체를 피하도록 재형성되는 경우에 개선될 수 있다. 교란 공진자 필드의 재형성을 위한 또 다른 방법은 손실 유도 물체를 완전히 또는 부분적으로 둘러싸거나 덮도록 고 투자율 재료를 사용하고, 이로써

손실 유도 물체와 자기장의 상호작용을 줄이는 것이다.

[0226] 자기장 차폐법이 이전에, 예를 들면, 일렉트로다이나믹스 3판(잭슨, pp. 201-203)에 개시되었다. 거기에, 자기 투과성 재료의 구형 셸이 외부 자기장으로부터 내부를 차폐하도록 설명된다. 예를 들어, 내부 반지름 a, 외부

반지름 b 및 상대 투자율  $\mu_r$ 의 셸이 초기에 균일한 자기장  $H_0$ 에 배치되면, 이후에 셸 내부의 필드가 일정한

크기,  $9\mu_r H_0 / [(2\mu_r + 1)(\mu_r + 2) - 2(a/b)^3 (\mu_r - 1)^2]$  를 가질 것이며, 이는

$9H_0 / 2\mu_r (1 - (a/b)^3)$  if  $\mu_r \gg 1$  이 되는 경향이 있다. 이러한 결과는, 셸이 매우 얇은 경우에,

자기 투자율이 충분히 높다고 가정하면, 입사 자기장(입사 자기장이 필수적인 것은 아님)이 셸 내부에서 크게 감쇄할 수 있다는 것을 보여준다. 소정의 환경에서, 부분적으로 또는 전체적으로 손실 재료 및 물체에 대한 고 투자율 재료를 사용하여 이들이 공진자 자기장을 피하고 이러한 재료 및 물체에서 전력이 거의 또는 전혀 손실

되지 않도록 하는 것이 효과적일 수 있다. 이러한 접근법에서, Q-무감응성,  $\Theta(p)$  은 재료 및 물체가 덮이지 않는 경우에 보다 커질 수 있고, 가능한 1 보다 크다.

[0227] 전기 및 자기장 양자를 손실 유도 물체로부터 보호하는 것이 바람직할 수 있다. 전술한 것과 같이, 이러한 방식으로 필드를 형성하는 한가지 방법은 손실 유도 물체를 완전히 또는 부분적으로 둘러싸거나 덮기 위해 고-전도성 표면을 사용하는 것이다. 자기 투과성 재료의 층(또한, 자기 재료라고도 함, 무시할 수 없는 자기 투자율을 가지는 임의의 재료 또는 메타-재료)이 고-전도성 표면 상에 또는 주위에 배치될 수 있다. 자기 재료의 추가 층이 편향된 자기장이 이어지도록 저 자기저항 경로(자유 공간에 비하여)를 선사할 수 있고, 부분적으로 입사 자속으로부터 그 하부의 전기 전도체를 차폐할 수 있다. 이러한 배치는 고-전도성 표면 내의 유도 전류에 기인한 손실을 줄일 수 있다. 일부 환경에서, 자기 재료에 의해 선사된 저 자기저항 경로가 구조물의 교란하는 Q를 개선할 수 있다.

[0228] 도 26a는 z-축을 따라 초기에 균일한, 외부 인가 자기장(그레이 자속 라인)에 노출된 박형 전도성 2604(구리) 디스크(20cm의 지름, 2cm의 높이)를 도시한다. 대칭 축이 r=0에 위치한다. 도시된 자기 스트림라인은

$Z = -\infty$  에서 유래하며, 여기서 이들은 r=3에서 r=10까지 1cm 간격으로 이격된다. 예를 들어, 이러한 전도성 실린더가 도 19에 도시된 것과 같은 무선 에너지 전달 시스템 내의 자기 공진자에 의해 경계가 정해진 영역 내에서 손실-유도 물체를 둘러싸는 것으로 가정한다.

[0229] 이러한 고-전도성 밀봉재는 손실 물체의 교란 Q를 증가시킬 수 있고, 따라서 시스템의 전체 교란 Q를 증가시킬 수 있으나, 교란 Q는 전도성 표면에서 유도된 손실 및 전자기장의 프로파일에 대한 변화 때문에, 비교란 Q보다 여전히 작을 수 있다. 고-전도성 밀봉재와 연관된 비교란 Q의 감소는 고-전도성 밀봉재의 외부 표면 또는 표면들을 따라 자기 재료의 층을 포함함으로써 적어도 부분적으로 회복될 수 있다. 도 26b는 도 26a로부터의 박형 전도성 2604A (구리) 디스크(20 cm의 지름 2cm의 높이)의 축상 대칭 FEM 시뮬레이션을 도시하나, 이는 고-전도성 밀봉재의 외부 표면에 직접 배치된 자기 재료의 추가 층을 가진다. 자기 재료의 존재가 자기장에 대한 저 자기저항 경로를 제공하고, 이로써 적어도 부분적으로 하부 전도체를 보호하며 전도체 내의 유도된 에디 전류에 기인한 손실을 줄인다는 것에 주의한다.

[0230] 도 27은 도 26(여기서 손실 재료(2708) 모두가 고 전도성 표면(2706)에 의해 덮이는 것은 아님)에 도시된 시스템에 대한 변동(축-대칭 관찰 시점)을 도시한다. 소정의 환경에서, 가령, 비용, 중량, 조립 복잡성, 공기 흐름, 시각적 접근, 물리적 접근, 등에 기인하여, 재료 또는 물체의 단 하나의 측면만을 덮는 것이 유용할 수 있다. 도 27에 도시된 예시적인 배치에서, 손실 재료(2708)의 하나의 표면만이 덮이고, 고 전도성 표면의 반대 측면에 공진자 인덕터 루프가 배치된다.

[0231] 수학적 모델이 사용되어 자기 공진자에 의해 경계가 정해진 영역 내에 배치된 2 센티미터 높이의 실린더형 디스크와 같은 모양의 구리로 만들어진 고 전도성 밀봉재를 시뮬레이션한다. 여기서 자기 공진자의 유도성 소자는 단일-권선 루프이며, 루프 반지름 r=11cm 이고 권선 반지름 a=1mm이다. 인가된 6,78MHz 전자기장에 대한 시뮬레

이션은 고 전도성 밀봉재의 교란되는 질리티 팩터,  $\delta Q_{(enclosure)}$ , 가 1,870이다. 고 전도성 밀봉재가 실제 상

대 투자율  $\mu'_r = 40$  과, 가상 상대 투자율  $\mu''_r = 10^{-2}$  을 가지는 자기 재료의 0.25cm 두께의 층을 포함하도록

변경되면, 시뮬레이션은  $\delta Q_{(enclosure+magnetic\ material)} = 5,060$  으로 교란되는 퀄리티 팩터가 증가하는 것을 보여준다.

[0232] 자기 재료(2702)의 박막의 부가에 기인한 성능 개선은 고 전도성 밀봉재가 공진자의 루프 인덕터(2704)에 의해 경계가 정해진 영역의 큰 부분을 채우는 경우에, 더 현격해 진다. 위의 예에서, 인덕터 루프(2704)의 반지름이 감소하여 고 전도성 밀봉재의 표면으로부터 단 3mm 떨어진 경우에, 밀봉재의 외부 주위의 자기 재료(2702)의 박막을 부가함으로써, 교란 퀄리티 팩터가 670(전도성 밀봉재 만)에서 2,730(자기 재료의 박막을 포함하는 전도성 밀봉재)으로 개선될 수 있다.

[0233] 공진자 구조물은 예컨대, 공진자가 전형적으로 손실을 유도하는 재료에 매우 인접한 경우에도, 높은 효과를 나타내는 차폐, 또는 분포된 커패시터를 사용하여 매우 한정된 전기장을 가지도록 디자인될 수 있다.

[0234] 커플링된 전자기 공진자

[0235] 두 개의 공진자 사이의 에너지 효율은 강한-커플링 피겨-오브-메리트,

$U = \kappa / \sqrt{\Gamma_s \Gamma_d} = (2\kappa / \sqrt{\omega_s \omega_d}) \sqrt{Q_s Q_d}$  에 의해 결정될 수 있다. 자기 공진자 구현예에서, 두 공진자

사이의 커플링 팩터는 공진자들, L1 및 L2 각각의 유도성 소자의 인덕턴스 및,  $\kappa_{12} = \omega M / 2\sqrt{L_1 L_2}$  에

의한, 이들 사이의 상호 인덕턴스, M에 관련될 수 있다. 이러한 식은 전기-다ipoles 커플링을 통해 무시할 수 있는 커플링이 존재하는 것을 가정한다. 인덕터 루프가 N번 감긴 원형 전도성 루프에 의해 형성되고, 거리 D 만큼 이격되며, 도 1(b)d 도시된 것과 같이 배향되는, 용량성-부하 인덕터 루프 공진자에 관하여, 상호 인덕턴스는

$M = \pi / 4 \cdot \mu_0 N_1 N_2 (x_1 x_2)^2 / D^3$  where  $x_1$  이고, 여기서  $x_1, N_1$  및  $x_2, N_2$ 는 각각 제 1 및

제 2 공진자의 전도체 루프의 권선의 특징적 크기 및 수이다. 이는 쿼시-스테틱 결과이고, 따라서 공진자의 사이즈가 파장보다 훨씬 작고, 공진자의 거리가 파장보다 훨씬 작다는 것이 주의한다. 그러나, 또한 이들의 거리는 이들의 사이즈 적어도 수배이다. 쿼시-스테틱 제한에서 그리고 중간-범위 거리에서 동작하는 이러한 원형 공

$$k = 2\kappa / \sqrt{\omega_1 \omega_2} \sim (\sqrt{x_1 x_2} / D)^3$$

진자에 관하여, 전술한 것과 같이, 이다. 중간-범위 거리에서 공진자 사이의 강한 커플링(큰 U)은 중간-범위 거리에서 작은 k를 보상하기에 충분히 크다.

[0236] 전자기 공진자에 대하여, 두 개의 공진자가 전도성 부분을 포함하는 경우에, 커플링 메커니즘은 서로에 대해 발생된 전기 및 자기장에 기인한 하나의 공진자 상에 전류가 유도되는 것일 수 있다. 커플링 팩터는 제 2 공진자의 하이-Q 유도성 소자의 밀폐 영역을 가로지르는 하나의 공진자 내의 하이-Q 유도성 소자로부터 생성된 자기장의 자속에 비례할 수 있다.

[0237] 유도성 상호작용을 가진 커플링된 전자기 공진자

[0238] 전술한 것과 같이, 고 전도성 재료 표면이 공진자 필드를 형성하는데 사용되어 공진자 근처의 손실 물체, p를

피하고, 이로써 공진자의 고 Q-무감응성,  $\Theta(p + cond. surface)$  을 유지하고, 총 무관 손실을 줄인다. 그러나, 이러한 표면은 또한, 교란된 커플링 팩터, k(p)보다 작고 공진자에 관한 고 전도성 재료의 사이즈, 위치 및

배향에 의존하는 공진자들 사이의, 교란된 커플링 팩터,  $k(p + cond. surface)$  로 이어질 수 있다. 예를 들어,

고 전도성 재료가 평면에 그리고 무선 에너지 전달 시스템 내의 자기 공진자 중 적어도 하나의 유도성 소자에 의해 경계가 정해진 영역 내에 배치되는 경우에, 커플링을 중재하는 공진자 영역을 통과하는 일부 자속이 차단되고, k가 감소할 수 있다.

[0239] 도 19의 예를 다시 고려한다. 고 전도성 디스크 밀봉재의 부재시, 외부 자속의 소정 량이 루프의 경계 영역을 가로지를 수 있다. 고 전도성 디스크 밀봉재의 존재시, 이러한 자속의 일부가 편향 또는 차단될 수 있고, 루프

의 영역을 가로질러 더 길어질 수 있으며, 따라서 교란된 커플링 팩터  $k_{12}(p + cond. surfaces)$  가 더 작아진다. 그러나 편향된 자기장 라인은 고 전도성 표면의 에지를 밀접하게 뒤따르고, 디스크의 경계를 정하는 루프를 통과하는 자속의 감소는 루프의 영역에 대한 디스크의 표면 영역의 비율보다 작을 수 있다.

[0240] 고 전도성 재료 구조물을, 단독으로 또는 자기 재료와 결합하여 교란된 윌리터 팩터, 교란된 커플링 팩터 또는 교란된 효율성을 최적화하기 위해 사용할 수 있다.

[0241] 도 21의 예를 고려한다. 손실 물체가 용량성-부하 인덕터 루프 공진자의 크기와 동일한 크기를 가지는 것으로 한다. 따라서 이의 영역 A 2102를 채운다. 고 전도성 표면(1802)은 손실 객체(1804) 하부에 배치될 수 있다. 이는 두 개의 커플링된 공진자(1, 2)의 시스템에 공진자(1)이며, 전도성 표면의 영역  $A_s$  2104가 증가함에 따라,  $U_{12}$ 와 비교하여  $U_{12}(object+cond. surface)$ 가 어떻게 정해지는지를 고려해 본다. 손실 물체(1804) 하부의 전도성 표면이

없는 경우에, k-무감응성  $\beta_{12}(object)$ , 은 약 1이고, Q-무감응성  $\Theta_{1}(object)$  은 매우 작다. 따라서 U-무감응성  $\Xi_{12}(object)$  <sup>1</sup>이 작을 수 있다.

[0242] 손실 물체 하부의 고 전도성 표면이 인덕터 루프 공진자  $(A_s=A)$ 의 전체 영역을 덮는 경우에,  $k_{12}(object + cond. surface)$  는 제로에 접근한다. 왜냐하면 자속이 인덕터 루프를 통과하는 것이 거의 허용되지 않기 때문이다. 따라서  $U_{12}(object + cond. surface)$  가 제로에 접근할 수 있다. 고 전도성 표면의 중간 크기에 관하여, 표면적 손실의 억제 및 관련 Q-무감응성,  $\Theta_{1}(object + cond. surface)$ 이  $\Theta_{1}(object)$ 에 비하여 충분히 클 수 있고, 커플링의 감소가 현저하고 관련 k-무감응성,  $\beta_{12}(object + cond. surface)$ 이  $\beta_{12}(object)$ 보다 훨씬 작지 않을 수 있기 때문에, 총  $U_{12}(object + cond. surface)$  가  $U_{12}(object)$ 와 비교하여 증가할 수 있다. 무선 에너지 전달 시스템 내에서 고 전도성 표면을 거친 무관 손실 물체의 회피의 최적 정도는 시스템 구성 및 응용의 세부사항에 의존할 수 있다.

[0243] 고 전도성 재료를 사용하여, 시스템에 대한 하이 교란 Q를 획득하기 위한 하나의 가능성 있는 방법으로서, 하이-Q 공진자의 근처에서 손실 유도 물체를 완전히 또는 부분적으로, 둘러싸거나 덮는다. 그러나 양호한 전도체를 단독으로 사용하여 물체를 덮는 것은, 전술한 것과 같이 공진자의 커플링의 줄일 수 있고, 이로써 무선 전력 전달의 효율을 줄인다. 전도성 표면의 영역이 자기 공진자의 영역에 접근함에 따라, 예를 들면, 교란 커플링 팩터,  $k(p)$ 가 제로에 근접하고, 유효 무선 전력 전달과 양립할 수 없는 전도성 표면을 사용할 수 있다.

[0244] 투과성 재료의 추가 층이 편향된 자기장이 뒤따르게 하는 저 자기저항 경로(자유 공간에 비하여)를 제공하며, 입사 자속으로부터 이의 하부의 전기 전도체를 부분적으로 차폐할 수 있다. 일부 환경 하에서, 자기 재료에 의해 제공된 저 자기저항 경로는 이 공진자의 다른 공진자에 대한 전자기 커플링을 향상시킬 수 있다. 전도성 재료를 공진자 필드를 조정하여 이들이 하이-Q 자기 공진자 내 및 주의 손실 물체를 피하도록 하기 위해 사용하는 것과 연관된 교란 커플링 팩터의 감소는 전도성 재료의 외부 표면 또는 표면들을 따라 자기 재료의 층을 포함함으로써 적어도 부분적으로 복구될 수 있다. 자기 재료는 초기 교란 값에 비하여 교란 커플링 팩터를 증가시킬 수 있다.

[0245] 도 26의 시뮬레이션 결과는 입사 자기장이 겹쳐진 자기 재료 및 전도성 구조물에 의해 전도성 구조물 단독에 의한 것보다 덜 편향될 수 있다는 것을 보여주는 것에 주의한다. 도 26(a) 및 26(b)에 도시된 디스크의 반지름보다 조금 더 큰 반지름을 가지는 자기 공진자 루프가 디스크의 경계를 정하는 경우에, 보다 많은 자속 라인이 도 26(a)에서 보다 도 26(b)에 도시된 경우에서 캡처될 수 있다는 것이 명확하며, 따라서,  $k(disk)$ 는 도 26(b)에 도시된 경우에 대해 더 커질 것이다. 따라서, 전도성 재료 상의 자기 재료의 층을 포함하는 것은 전체 시스템 성능을 향상시킬 수 있다. 시스템 분석은 공진자에 부분적으로, 전체적으로 또는 최소한도로 이러한 재료가 통

합되어야 하는지 여부를 결정하기 위해 수행될 수 있다.

[0246] 전술한 것과 같이, 도 27은 전도체 및/또는 자기 재료 구조물에 의해 손실 재료(2708) 모두가 덮이지 않을 때, 사용하기에 적합한 겹쳐진 전도체(2706) 및 자기재료(2702) 구조물을 나타낸다. 20cm의 지름 및 2cm의 높이를 가지며, 11센티미터의 인덕터 루프 반지름 및 와이어 지름  $a=1\text{mm}$ 를 가지는 공진자에 의해 경계가 정해진, 구리 전도체 디스크에 관하여, 구리 실린더에 대해 계산된 교란 Q가 1,870이라는 것이 먼저 도시되었다. 공진자 및 전도성 디스크 헬이 균일한 자기장에 배치되는 경우에(인덕터 루프의 대칭 축을 따라 정렬됨), 구리 전도체가 0.34의 관련 커플링 팩터 무감응성을 가지는 것을 계산한다. 비교를 위해, 동일한 배치, 그러나, 0.25cm 두께의, 실제 상대 투자율이  $\mu'_r = 40$ 이며, 가상 상대 투자율이  $\mu''_r = 10^{-2}$ 인 자기 재료 층을 모델링한다. 전술한 것과 동일한 모델 및 파라미터를 사용하여, 커플링 팩터 무감응성이 전도체의 표면에 자기 재료를 부가함으로써 0.64로 개선되었다는 것을 알 수 있다.

[0247] 자기 재료는 무선 에너지 전달 시스템에서 커플링을 증가시키기 위해 자기 공진자에 의해 경계가 정해진 영역 내부에 자기 재료를 배치할 수 있다. 초기 균일한 자기장에 배치된 상대 투자율,  $\mu_r$ 을 가지는 자기 재료의 중심형 구를 고려한다. 이러한 예에서, 자기 재료에 의해 제공된 저 자기저항 경로가 자기장을 구의 볼륨 내에 집중되도록 할 수 있다. 구의 이큐에이터에 의해 경계가 정해진 영역을 통과하는 자속이  $3\mu_r/(\mu_r + 2)$ 의 팩터 만큼, 자기 재료의 부가에 의해 강화된다.  $\mu_r \gg 1$ 인 경우에, 이러한 강화 팩터는 3에 가까워질 수 있다.

[0248] 또한, 자기 공진자 내의 유도성 소자에 의해 경계가 정해진 자기 구를 포함하는 시스템의 다이폴 모멘트가 동일한 팩터에 의해 강화된 자기 다이폴을 가지는 것을 증명할 수 있다. 따라서, 높은 투자율을 가지는 자기 구는 공진자의 다이폴 자기 커플링을 실제로 세 배가 되게 한다. 내부 반지름 a 및 외부 반지름 b를 가지는 자기 재료의 구형 헬을 사용하는 경우에, 이러한 헬이 고 전도성 재료로 만들어진 블록 또는 밀봉체의 상부에 존재하는 경우에도, 커플링의 이러한 증가의 대부분을 유지하는 것이 가능하다. 이러한 경우에, 이큐에이터를 통과하는 자속의 강화는 다음과 같다.

$$\frac{3\mu_r \left(1 - \left(\frac{a}{b}\right)^3\right)}{\mu_r \left(1 - \left(\frac{a}{b}\right)^3\right) + 2 \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{b}\right)^3\right)}$$

[0249]

[0250]  $\mu_r=1,000$ 이고  $(a/b)=0.99$ 이면, 이러한 강화 팩터는 여전히 2.73이고, 따라서 자기 재료의 박막을 이용하는 경우에도 커플링을 현저히 향상시키는 것이 가능하다.

[0251] 전술한 것과 같이, 자기 공진자를 실현하기 위해 자기 재료 함유 구조물이 사용될 수 있다. 도 16(a)는 구리 및 자기 재료 구조물(1600)의 삼차원 모델을 도시하며, 이는 중심에서 쇼크 포인트 주위로 전류의 스쿼어 루프에 의해 구동된다. 도 16(b)는, 도 16(a)에 도시된 것과 동일한 속성을 가지는 두 개의 동일한 구조물(1600A-B) 사이에 자기장 스트림라인에 의해 표시된 상호작용을 도시한다. 대칭성 때문에, 그리고 계산상 복잡성을 감소시키기 위해, 시스템의 1/2 만이 모델화된다. 두 물체 사이의 상대적인 배향을 고정하고 이들의 중심-대-중심 거리를 변경하면(도시된 이미지는 50센티미터의 상대적 간격을 가짐), 300kHz에서, 구조물 사이의 간격이 30센티미터에서 60센티미터로 변함에 따라, 커플링 효율이 87%에서 55%로 변한다는 것을 알 수 있다. 1600 A-B로 도시된 예시적 구조물은 각각, 자기 재료의 4cm x 4cm x 2cm 블록과 결합되고, 동일한 자기 재료 ( $\mu_r=1,400+j5$ )을 가지는 것으로 가정함)의 2mm 층으로 전체가 덮인 두 개의 20cm x 80cm x 2cm의 구리로 만들어진 평행 6면체를 포함한다. 드라이빙 루프에서의 저항성 손실은 무시된다. 각각의 구조물은 815의

계산된 Q를 가진다.

[0252] 전자기 공진자 및 임피던스 매칭

[0253] 저-손실 유도성 소자에 대한 임피던스 매칭 아키텍처

[0254] 본 발명의 목적을 위한, 유도성 소자는 임의의 전도성 재료의 임의의 코일 또는 루프 구조물('루프')일 수 있으며, 자기 재료로 만들어진 (갭을 가지거나 가지지 않는) 코어를 포함하거나 포함하지 않고, 또한 다른 시스템에 대해 임의의 다른 비접촉 방식으로 또는 유도성 커플링될 수 있다. 소자는, 루프의 임피던스와 임의의 잠재적으로 연결된 시스템의 소위 "반사" 임피던스를 모두 가지는 소자의 임피던스가 양의 리액턴스 X와 저항 R을 가지기 때문에, 유도성이다.

[0255] 유도성 소자가 연결될 수 있는 외부 회로, 가령 구동 회로 또는 구동 부하 또는 송신 라인이 고려된다. 외부 회로(예, 구동 회로)는 유도성 소자로 전력을 전달할 수 있고 유도성 소자는 외부 회로(예, 구동 부하)로 전력을 전달할 수 있다. 원하는 주파수에서 유도성 소자 및 외부 회로 사이에 전달된 전력의 효율성 및 양은 외부 회로의 속성에 관한 유도성 소자의 임피던스에 의존할 수 있다. 임피던스-매칭 네트워크 및 외부 회로 제어 기술이 외부 회로 및 유도성 소자 사이의, 원하는 주파수, f에서의 전력 전달을 조절하는데 사용될 수 있다.

[0256] 외부 회로는 클래스 A, B, C, D, DE, E, F 등의 증폭기를 형성하도록 구성된 구동 회로일 수 있고, 특정한 임피

던스  $Z_o^*$  를 가지는 공진 네트워크를 구동할 때, 최대 효율(즉, 구동 회로 내에 최소 손실을 가짐)에서 전력을 전달할 수 있다. 여기서,  $Z_o$ 는 복소수일 수 있고 \*는 켈레 복소수를 나타낸다. 외부 회로는 클래스 A, B, C, D,

DE, E, F 등의 정류기를 형성하도록 구성된 구동 부하일 수 있으며, 특정한 임피던스  $Z_o^*$  를 가지는 공진 네트워크에 의해 구동될 때, 최대 효율(즉, 구동 부하 내에 최소 손실을 가짐)에서 전력을 전달할 수 있다. 여기서,  $Z_o$ 는 복소수일 수 일 수 있다. 외부 회로는 특성 임피던스,  $Z_o$ 를 가지는 송신 라인일 수 있고, 임피던스

$Z_o^*$  에 연결될 때, 최대 효율(즉 재료 반사를 가짐)에서 전력을 교환할 수 있다. 외부 회로의 특성 임피던스  $Z_o$ 를 임피던스의 켈레 복소수라 칭하고, 이는 최대 효율에서 전력 교환을 위해 연결될 수 있다.

[0257] 전형적으로, 유도성 소자의 임피던스,  $R+jk$ 는  $Z_o^*$  와 매우 다르다. 예를 들면, 유도성 소자가 저 손실(하이 X/R), 저항 R을 가지는 경우에, 외부 회로의 특성 임피던스  $Z_o$ 의 실수부보다 훨씬 작을 수 있다. 나아가, 유도성 소자는 자체적으로 공진 네트워크가 아닐 수 있다. 유도성 소자에 연결된 임피던스-매칭 네트워크는 공진 네트워크를 생성하는 것이 일반적이며, 이의 임피던스가 조절될 수 있다.

[0258] 따라서, 임피던스-매칭 네트워크는 외부 회로 및 유도성 소자(임의의 연결된 시스템의 반사 임피던스를 포함) 사이에 전달된 전력의 효율을 최소화하도록 디자인될 수 있다. 전달된 전력의 효율성은 임피던스-매칭 네트워크와 유도성 소자의 조합을, 원하는 주파수에서 외부 회로(또는 송신 라인)의 특성 임피던스와 매칭함으로써 최대 화될 수 있다.

[0259] 임피던스-매칭 네트워크는 외부 회로와 유도성 소자(임의 연결된 시스템의 반사 임피던스 포함) 사이의 특정한 전력 양을 전달하도록 디자인될 수 있다. 전달된 전력은 원하는 주파수에서, 외부 회로(또는 송신 라인)의 임피던스에 대한 임피던스-매칭 네트워크와 유도성 소자의 조합의 임피던스의 복소수 비를 조절함으로써 결정될 수 있다.

[0260] 유도성 소자에 연결된 임피던스-매칭 네트워크가 자기 공진자를 생성할 수 있다. 강하게 커플링된 자기 공진자를 사용하는 무선 전력 송신과 같은 일부 응용예에 관하여, 하이 Q는 공진자에 관해 바람직할 수 있다. 따라서, 유도성 소자는 저 손실(하이 X/R)을 가지도록 선택될 수 있다.

[0261] 매칭 회로는 공진자 내부의 손실의 추가 소스를 포함하는 것이 전형적이기 때문에, 매칭 회로의 컴포넌트는 또한 저 손실을 가지도록 선택될 수 있다. 나아가, 고-전력 응용예에서 및/또는 하이 공진자 Q에 기인하여, 대량의 전류가 공진자 회로의 일부에 흐를 수 있고 높은 전압이 공진자 내의 일부 회로 소자 양단에 존재할 수 있다. 이러한 전류 및 전압은 특정한 회로 소자에 대해 특정한 허용량을 초과할 수 있고, 특정한 컴포넌트가 견디기에 너무 높을 수 있다. 일부의 경우에, 예를 들면, 소정의 응용예에 대한 하이-Q 및 고전력 공진자 디자인을 실현하는데 충분한 사이즈, 비용 및 성능(손실 및 전류/전압-등급) 사양을 가지는 튜닝형 커패시터와 같은

컴포넌트를 찾거나 구현하기가 어려울 수 있다. 자기 공진자에 대해 하이 Q를 보전할 수 있고, 동시에 저 손실 및/또는 고 전류/전압-등급을 위해 컴포넌트 필요조건을 줄이는 매칭 회로 디자인, 방법, 구현에 및 테크닉을 개시한다.

- [0262] 매칭 회로의 요소의 일부에 대한 손실 및 전류-등급 필요조건을 최소화하는 매칭-회로 토폴로지가 디자인될 수 있다. 임피던스  $Z_0$ 에 대해 저-손실 유도성 소자를 매칭하는 회로의 토폴로지는, 이의 컴포넌트 중 일부가 외부 회로와 직렬로 위치하여 관련 하이-Q 공진자 외부에 놓이도록 선택될 수 있다. 이러한 컴포넌트에 대한 낮은 직렬적 손실 또는 고 전류-등급에 대한 필요조건이 감소될 수 있다. 회로 소자에 대한 낮은 직렬적 손실 및/또는 고 전류-등급 필요조건을 완화하는 것은 소자가 가변형일 필요가 있고 큰 전압-등급 및/또는 낮은 병렬적 손실을 가질 필요가 있는 경우에 특히 유용할 수 있다.
- [0263] 저-손실 유도성 소자를 외부 특성 임피던스  $Z_0$ 에 매칭하는 회로의 토폴로지가 관련 공진 모드의 필드 패턴 및 이에 따른 하이 Q 가 외부 임피던스에 대해 공진자의 커플링 시 보전되도록 선택될 수 있다. 그 밖에 원하는 공진 모드에 대한 유효하지 않는 커플링이 발생할 수 있으며(잠재적으로 다른 원치 않는 공진 모드와의 커플링 때문에), 결과적으로 공진자 Q 의 효율성 저하를 일으킨다.
- [0264] 저-손실 유도성 소자 또는 외부 회로가 변형을 나타내는 응용에 관하여, 매칭 회로는 외부 회로 임피던스  $Z_0$ 에 대해 원하는 주파수  $f$ 에서 유도성 소자를 매칭시키기 위해 동적으로 조절될 것이 필요하다. 원하는 주파수  $f$ 에서, 임피던스 레벨  $Z_0$ 의 실수 및 허수 부분 모두를 매칭 및 제어하는 전형적으로 두 개의 튜닝 물체가 존재하기 때문에, 매칭 회로 내의 두 개의 가변 소자가 존재할 수 있다. 유도성 소자에 관해, 매칭 회로는 적어도 하나의 가변 전도성 소자를 포함 필요성이 있다.
- [0265] 저-손실 유도성 소자가 두 개의 가변 커패시터, 또는 가변 커패시터의 두 개의 네트워크를 사용하는 토폴로지에 의해 매칭될 수 있다. 가변 커패시터는 예를 들어, 가령, 전원 또는 부하의 접지 또는 기타 리드에 연결하기 위한 중심 단자, 및 적어도 하나의 다른 단자(조정가능한 버터플라이-타입 커패시터의 커패시턴스가 변경 또는 조절됨)를 가지는 조정가능한 버터플라이-타입 커패시터이거나 사용자-구성형, 가변 커패시터를 가지는 임의의 기타 커패시터일 수 있다.
- [0266] 저-손실 유도성 소자는 가변 커패시터(들) 중 하나 또는 이들의 네트워크 및 가변 인덕터(들) 중 하나 또는 이들의 네트워크를 사용하는 토폴로지에 의해 매칭될 수 있다.
- [0267] 저-손실 유도성 소자는 가변 커패시터(들) 중 하나 또는 이들의 네트워크, 및 가변 상호 인덕턴스(들) 중 하나 또는 이들의 네트워크를 사용하는 토폴로지에 의해 매칭될 수 있으며, 외부 회로 또는 기타 시스템으로 유도성 소자를 변환기-커플링한다.
- [0268] 일부의 경우에, 하이-Q, 고-전력, 및 잠재적인 고속, 조정형 공진자 디자인을 실현하는데 충분한 사이즈, 비용 및 성능 사양을 가지는 조정형 림프 소자를 발견 또는 구현하는 것이 어려울 수 있다. 가변 유도성 소자와 외부 회로를 매칭하는 회로의 토폴로지가 가변성의 일부가, 외부 회로의 트랜지스터, 다이오드, 스위치 등에 인가된 구동 신호의 주파수, 진폭, 위상, 파형, 듀티 사이클 등을 변경함으로써 외부 회로에 할당되도록 디자인될 수 있다.
- [0269] 공진 주파수에 유도성 소자의 저항, R 및 인덕턴스 L의 변경은 부분적으로만 보상되거나 전체적으로 보상될 수 있다. 적합한 시스템 성능이 따라서 다른 시스템 컴포넌트 또는 사양으로 디자인된 허용치에 만큼 보전될 수 있다. 소수의 조정형 컴포넌트 또는 사용 가능성이 적은 조정형 컴포넌트를 사용하여 구현된 부분적인 조절되기에 충분할 수 있다.
- [0270] 매칭 회로 아키텍처는 고 전력 조건하에 임피던스 매칭 회로의 원하는 가변성을 얻을 수 있도록 디자인 될 수 있으며, 조정형 소자에 대한 동시에 전압/전류 등급 필요조건을 최소화하고, 정밀한(즉, 보다 세밀한, 높은 분해능을 가진) 전체 조정능력을 성취할 수 있다. 유도성 소자를 임피던스,  $Z_0$ 와 매칭하는 회로의 토폴로지가 고 정 및 가변 소자의 적절한 조합 및 배치를 포함하여, 가변 컴포넌트에 대한 전압/전류 필요조건이 감소되고 원하는 조정 범위가 정밀한 조정 분해능을 가지고 커버될 수 있다. 전압/전류 필요조건은 가변형이 아닌 컴포넌트에 대해 감소될 수 있다.
- [0271] 개시된 임피던스 매칭 아키텍처 및 테크닉이 다음을 획득하는데 사용될 수 있다:
- [0272] - 전력 구동 발전기로부터, 소스 저-손실 유도성 소자(및 이들에 무선으로 연결된 임의 다른 시스템)로 전달된 전력을 최대화하거나, 이들 사이의 임피던스 미스매칭을 최소화함

- [0273] - 전력 구동 부하로, 디바이스 저-손실 유도성 소자(및 이들에 무선으로 연결된 임의 다른 시스템)으로부터 전달된 전력을 최대화하거나, 이들 사이의 임피던스 미스매칭을 최소화함
- [0274] - 전력 구동 발전기로부터, 소스 저-손실 유도성 소자(및 이들에 무선으로 연결된 임의 다른 시스템)로 제어된 양의 전력을 전달하거나, 이들 사이의 소정의 임피던스 관계를 획득함
- [0275] - 전력 구동 발전기로, 디바이스 저-손실 유도성 소자(및 이들에 무선으로 연결된 임의 다른 시스템)로부터 제어된 양의 전력을 전달하거나, 이들 사이의 소정의 임피던스 관계를 획득함.
- [0276] 모드 프로파일(하이-Q)의 보전을 위한 토폴로지
- [0277] 공진자 구조물이 발전기 또는 부하에 무선으로(간접적으로) 또는 하드-와이어 연결(직접적으로) 연결되도록 디자인될 수 있다.
- [0278] 일반적인 간접 연결 매칭 토폴로지(가령 도 28(a)의 블록도에 의해 도시된 것)를 고려한다. 유도성 소자(2802), (R, L)이라 지칭되며, 인덕터에 관한 회로 심볼에 의해 표현되는 유도성 소자(2802)가 본 명세서에 또는 본 명세서에 제공된 참조문헌에 설명된 유도성 소자들 중 임의의 것일 수 있으며, 여기서 임피던스-매칭 회로(2402)는 파트 A 및 B를 포함하거나 이들로 구성된다. B는 임피던스 2804를 무선 연결(유도성 또는 용량성 커플링 매커니즘)을 통해 회로(A 및 유도성 요소(A+(R,L))의 조합)의 나머지에 연결하는 매칭 회로의 일부일 수 있다.
- [0279] A 및 유도성 소자(2802)의 조합은 공진자(102)를 형성할 수 있고, 이는 격리 시, 관련 전류 및 전하 분포를 가지고, 하이-Q 공진자 전자기 모드를 지원한다. 외부 회로  $Z_0$  및 B와 공진자 A+(R,L) 사이의 유선 연결의 부재는 하이-Q 공진자 전자기 모드 및 이의 전류/전하 분포가, 무선 커플링의 정도가 너무 크지 않는 한, 이의 기생(비-격리) 프로파일을 형태를 취할 수 있다는 것을 보장할 수 있다. 즉, 전자기 모드, 전류/전하 분포 및 이에 따른 공진자의 하이-Q가 간접적 커플링된 매칭 토폴로지를 사용하여 자동으로 유지될 수 있다.
- [0280] 이러한 매칭 토폴로지는, 유도성 커플링이 외부 회로 및 인덕터 루프 사이에 사용되는 경우에, 간접적 커플링, 변환기-커플링, 또는 유도성-커플링으로 지칭될 수 있다. 이러한 유형의 커플링 시나리오가 참조된 사이언스 논문에 설명된 중간-범위 거리에 대해 무선 에너지 연결의 논증시 전구에 소스 공진자 및 디바이스 공진자로 공급된 전원을 커플링하는데 사용되었다.
- [0281] 다음으로 유도성 소자가 유도성 소자 및 임의의 간접적 커플링된 시스템을 포함하는 예를 고려한다. 이 경우에, 전술한 것과 같이, 다시 외부 회로 또는 커플링된 시스템과 공진자 사이의 유선 연결의 결여 때문에, 커플링된 시스템은 간접 커플링의 너무-많지 않은 정도의 양호한 근사를 이용하여, 공진자 전자기 모드 프로파일 및 공진자의 전류/전하 분포에 영향을 주지 않을 수 있다. 따라서, 간접-커플링된 매칭 회로는 이하에 정의된 것과 같이, 다른 시스템으로 무선-커플링된 유도성 소자에 관하여서와 마찬가지로, 공진자의 일부로서 임의의 일반적인 유도성 소자에 관하여 동일하게 잘 동작할 수 있다. 이러한 개시내용 전체에 걸쳐, 매칭 토폴로지는 이러한 유형의 범용 유도성 소자, 즉, 임의의 추가 시스템이 저-손실 유도성 소자에 간접적으로 커플링될 수 있는 경우에, 대한 매칭 토폴로지로 지칭하고, 공진자 전자기 모드 프로파일 및 공진자의 전류/전하 분포에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0282] 위의 논의에 근거하여, 임의의 수의 커플링된 소스 공진자, 디바이스 공진자 및 중간 공진자의 무선 전력 송신 시스템에서, 공진자들 사이의 무선 자기(유도성) 커플링이 전자기 모드 프로파일 및 공진자들 각각의 전류/전하 분포 영향을 주지 않는다. 따라서, 이들 공진자가 하이 (로딩되지 않은 및 교란되지 않은) Q를 가질 때, 이들의 (로딩되지 않은 및 교란되지 않은) Q는 무선 커플링의 존재시 보전될 수 있다. (공진자의 로딩되지 않은 Q가 다른 공진자에 대한 무선 커플링의 존재시에 감소될 수 있으나, 로딩되지 않은 Q를 보전하는데 관심을 가질 수 있고, 이는 손실 메커니즘에만 관련되고 커플링/로딩 메커니즘에는 관련되지 않는다는 것에 주의한다.)
- [0283] 도 28(b)에 도시된 것과 같은 매칭 토폴로지를 고려한다. 도 28(b)에 도시된 커패시터는 커패시터 회로 또는 네트워크를 나타낼 수 있다. 도시된 커패시터는 소스 및 디바이스 공진자의 주파수 및/또는 임피던스를 조절하기 위해, 공진자(102)를 형성하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 공진자(102)는 임피던스  $Z_0$ 에 "터미널 연결부"(2808)이라 지칭된 포트를 사용하여 직접 커플링될 수 있다. 도 28(c)는 일반화된 직접적인 커플링 매칭 토폴로지를 도시하며, 여기서 임피던스-매칭 회로(2602)는 A, B 및 C 부분을 포함하거나 구성된다. A, B 및 C 부분 내의 회로 소자는 임피던스 매칭 2402 (및 주파수 튜닝) 토폴로지의 일부와 마찬가지로, 공진자(102)의 일부로 간주될 수 있다. B 및 C는 임피던스  $Z_0$  2804(또는 네트워크 단자)를 회로의 나머지에(A 및 유도성 소자) 단일 와이어 연결을 통해 각각 연결하는 매칭 회로(2402)의 일부일 수 있다. B 및 C가 엠프티(단락-회로)일 수 있

다는 것에 주의한다. 회로 부분 B 및 C(즉 이들의 단일 와이어 연결)를 불연속 또는 개방하는 경우에, A 및 유도성 소자(R, L)의 조합은 공진자를 형성할 수 있다.

[0284] 하이-Q 공진자 전자기 모드는 유도성 소자를 따른 전압 분포의 프로파일이 노드, 즉 전압이 제로인 지점을 가지는 것일 수 있다. 하나의 노드는 유도성 소자의 길이의 중심(가령 유도성 소자를 형성하는데 사용되는 전도체의 중심)(자기 재료를 가지거나 가지지 않음)에 근접할 수 있고, 적어도 하나의 다른 노드가 A 내에 존재할 수 있다. 전압 분포는 전압 노드에 관하여 유도성 소자를 따라 거의 비-대칭일 수 있다. 하이-Q는 매칭 토폴로지(A, B, C) 및/E는 단자 전압(V1, V2)을 이러한 하이-Q 공진자 전자기 모드 분포가 유도성 소자에서 거의 보전될 수 있도록, 디자인함으로써 유지될 수 있다. 하이-Q 공진자 전자기 모드 분포는 유도성 소자의 전압 노드(거의 중심에 위치함)를 보전함으로써 유도성 소자에서 거의 보전될 수 있다. 이러한 디자인 목표를 달성하기 위한 예가 본 명세서에 제공된다.

[0285] A, B 및 C는 부정형(즉 임의의 특별한 대칭성을 가지지 않음)일 수 있고, V1 및 V2는 유도성 소자 양단 전압이 대칭적(중심 인덕티브의 전압 노드)이도록 선택될 수 있다. 이러한 결과는 단순 매칭 회로 그러나 잠재적으로 복잡한 단자 전압을 사용하여 얻어질 수 있다. 왜냐하면 토폴로지-의존 공통-모드 신호 (V1+V2)/2가 양 단자에서 필요할 수 있기 때문이다.

[0286] 공진자의 모든 전압 노드를 연결하는 '축'을 고려하자, 여기서 다시 하나의 노드가 유도성 소자 및 A 내의 다른 소자의 길의 중심에 근접한다. (축이 실제로 전기-회로 토폴로지 내의 포인트 세트(전압 노드들)이고, 실제 물리적 구조의 선형 축에 대응할 필요는 없다는 것에 주의한다. 축은 물리적 구조가 대칭성을 가지는 경우에 물리적 축에 정렬될 수 있다. 두 포인트 각각 및 축 상 포인트 사이에 보이는 임피던스, 즉 공진자의 전압-노드 포인트가 동일한 경우에, 공진자의 두 포인트가 축에 대해 전기적으로 대칭형이다.

[0287] B 및 C가 동일할 수 있고 (C=B), 두 단자가, 도 28(d)에 도시된 것과 같이, 반대 전압(V2=-V1)으로 구동되며,

$$A + (R, L)$$

위에 정의된 축에 관해 전기적으로 대칭형인 공진자( )의 임의의 두 포인트에 연결될 수 있다. 두 개의 전기적으로 대칭인 공진자(102)의 포인트는 인덕터 루프 상의 두 개의 전기적으로 대칭인 포인트일 수 있다. 두 개의 전기적으로 대칭인 공진자의 포인트는 A 내부의 전기적으로 대칭인 포인트일 수 있다. 두 개의 전기적으로 대칭인 포인트가( 동일한 부분 B 및 C가 각각 연결됨) A 내부에 존재하는 경우에, A는 이러한 전기적-대칭 포인트가 회로 내의 연결 포인트로서 접속될 수 있도록 디자인 될 필요가 있다. 이러한 토폴로지는 '밸런스드 드라이브(균형 구동)' 토폴로지라 할 수 있다. 이러한 밸런스드 드라이브 예는 접지 라인 상에 존재하는 임의의 공통-모드 신호가 외부 회로 또는 전력 네트워크에서의 교란에 기인하여 자동으로 거절( 그리고 공진자에 도달하지 않음)되는 이점을 가진다. 일부 밸런스드 드라이브 예에서, 이러한 토폴로지는 다른 토폴로지보다 더 많은 컴포넌트를 필요로 한다.

[0288] \*다른 예에서, C는 단락-회로, 접지(v=0)에 연결될 대응 단자 및 공진자의 전기 대칭(제로-전압) 축 상의 임의의 포인트가 되도록 선택될 수 있으며 및, 도 28(e)에 도시된 것과 같이, B가 전기 대칭 축 상이 아닌 공진자의 임의의 다른 포인트에 연결되도록 선택될 수 있다. 전기 대칭 축 상의 접지-연결 포인트는 유도성 소자 상의 전압 노드일 수 있고, 전도체 길의 중심에 근접할 수 있다. 전기 대칭 축 상의 접지-연결 포인트가 회로 A의 내부에 존재할 수 있다. 전기 대칭 축 상의 접지-연결 포인트가 A의 내부에 존재하는 경우에, A는 전기적 접속 가능한 즉 연결이 가능한 저기 대칭 축 상의 이러한 하나의 포인트를 포함하도록 디자인 될 필요가 있다.

[0289] 이러한 토폴로지는 "언밸런스드 드라이브(불균형 구동)" 토폴로지라 할 수 있다. 유도성 소자를 따른 전자기 모드 거의 비-대칭인 전압 분포가, 공진자 정확히 대칭적으로 구동되지 않는 경우에, 거의 보전될 수 있다. 이유는 하이 Q 및 큰 관련 R-대-Zo 미스매칭이, 공진자 (A + (R, L)) 내부를 흐르는 훨씬 큰 전류에 비하여, 작은 전류가 B 및 접지를 통과하는 것이 필요하기 때문이다. 이러한 시나리오에서, 공진자 모드에 대한 교란이 약해지고 전압 노드의 위치가 유도성 소자의 거의 중심 위치에 위치할 수 있다. 이러한 언밸런스드 드라이브 예는 이들이 간단한 매칭 회로를 사용하여 획득될 수 있고, V1 단자에서 구동 전압에 대한 제약사항이 없다는 장점을 가질 수 있다. 일부 언밸런스-구동 예에서, 접지 단자에 나타날 수 있는 공통 모드 신호들을 감소시키도록 추가적인 설계가 요구될 수 있다.

[0290] 도 28c에 도시되는 부분 A, B, C를 일반적으로 포함하는 직접 연결된 임피던스 매칭 회로는, 회로의 와이어 및

구성요소들이 유도 요소 및/또는 공진자의 전자기 모드의 전기장 및 자기장 프로파일을 교란시키지 않고, 따라서, 하이 공진자 Q를 보존할 수 있도록 설계될 수 있다. 회로의 와이어 및 금속 구성요소들은 전자기 모드의 전기장 라인에 수직이도록 배향될 수 있다. 회로의 와이어 및 구성요소들은 전자기 모드의 전기장 및 자기장이 약한 영역에 배치될 수 있다.

[0291] **요소들의 저-직렬-손실 및 고-전류-정격 요건의 완화를 위한 구조**

[0292] 저-손실 유도형 요소의 작은 저항 R을 외부 회로의 더 큰 특징 임피던스  $Z_0$ 에 매칭시키는 데 사용되는 매칭 회로

가 손실이 없다고 간주될 수 있을 경우,  $I_{Z_0}^2 Z_0 = I_R^2 R \leftrightarrow I_{Z_0} / I_R = \sqrt{R / Z_0}$  이고, 단자에 흐르는 전류는 유도형 요소를 통과하는 전류보다 훨씬 작다. 따라서, 단자들과 직렬로 직접 연결되는 요소(가령, 도 28c에 도시되는 직접 연결된 B, C)는 높은 전류를 운반하지 못할 수 있다. 그 후, 매칭 회로가 손실형 요소를 가질 경우, 단자들과 직렬로 연결된 요소들에 존재하는 저항성 손실은 공진자의 하이-Q의 상당한 감소를 도출하지 못할 수 있다. 즉, 이러한 직렬 요소들에서의 저항성 손실은,  $Z_0$ 로부터 유도형 요소까지, 또는 그 역방향으로 파워 전송의 효율을 크게 감소시키지 못할 수 있다. 따라서, 저-직렬-손실 및/또는 고-전류 정격에 대한 엄격한 요건들이 이러한 구성요소들에 대해 필요치 않을 수 있다. 일반적으로, 이와 같이 완화된 요건들은, 하이-Q 및 하이-파워 임피던스 매칭 및 공진자 구조로 설계될 수 있는 구성요소들의 선택 폭을 넓힐 수 있다. 이와 같이 완화된 요건들은 하이-Q 및 하이-파워 임피던스 매칭 회로에 사용될 수 있는 다양한 가변적 및/또는 고압 및/또는 저-병렬-손실 구성요소들을 확장시키는데 특히 도움이 될 수 있다.

[0293] **요소의 저-병렬-손실 및 고압 정격 요건의 완화를 위한 구조**

[0294] 상술한 바와 같이, 저-손실 유도형 요소의 작은 저항 R을 외부 회로의 더 큰 특징 임피던스  $Z_0$ 에 매칭시키는 데 사용되는 매칭 회로가 손실이 없을 경우, 앞서의 분석을 이용하여, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0295]  $|V_{Z_0} / V_{load}| = |I_{Z_0} Z_0 / I_R (R + jX)| \approx \sqrt{R / Z_0} \cdot Z_0 / X = \sqrt{Z_0 / R} (X / R)$

[0296] 그리고, 저-손실(하이-X/R) 유도형 요소의 경우, 단자들 간의 전압은 유도 요소들 간의 전압보다 일반적으로 훨씬 작다. 따라서, 단자에 직접 평행하게 연결되는 요소들은 고압에 견딜 필요가 없을 수 있다. 그 후, 매칭 회로가 손실형 요소들을 가질 경우, 단자에 병렬 연결된 요소들에 존재하는 저항성 손실이 공진자의 하이-Q의 실질적 감소를 이끌지 않을 수 있다. 즉, 이와 같은 병렬 요소들의 저항성 손실이  $Z_0$ 로부터 유도형 요소까지 또는 그 역방향으로 파워 전송의 효율을 크게 감소시키지 않을 수 있다. 따라서, 저-병렬-손실 및/또는 고압 정격에 대한 엄격한 요건들이 이러한 구성요소들에 대해 필요치 않을 수 있다. 일반적으로, 이와 같이 완화된 요건들은, 하이-Q 및 하이-파워 임피던스 매칭 및 공진자 구조로 설계될 수 있는 구성요소들의 선택 폭을 넓힐 수 있다. 이와 같이 완화된 요건들은 하이-Q 및 하이-파워 임피던스 매칭 및 공진자 회로에 사용될 수 있는 다양한 가변적 및/또는 고-전류 및/또는 저-직렬-손실 구성요소들을 확장시키는데 특히 도움이 될 수 있다.

[0297] 위의 설계 원리는 다양한 요소들에 대한 전류 및 전압을 서로 다르게 감소시킬 수 있다. 왜냐하면, 이들은  $Z_0$ 와 직렬로 연결된 네트워크들의 이용(가령, 직렬 연결된 B 또는 C)이나  $Z_0$ 에 병렬로 연결된 네트워크들의 이용을 다양하게 제시하기 때문이다. 주어진 애플리케이션에 대해 선호되는 구조는, 저-직렬-손실/고-전류-정격 또는 저-병렬-손실/고-전압-정격 요소들의 가용도에 따라 좌우될 수 있다.

[0298] **가변 요소들에 대한 고-정격 요건의 완화 및 정밀 튜닝가능성의 도출을 위한 고정 및 가변 요소들의 조합**

[0299] **회로 구조**

[0300] 만족스런 저-손실 및 고-전압 또는 전류 정격을 가진 다양한 회로 요소들은 비싸고 확보가 어렵다. 본 공개 내용에서, 적당한 전압 및 전류 정격을 가지면서 회로 내 가변 요소들에 대한 전압 및 전류 정격 요건들을 완화시키도록 큰 전압 또는 전류가 회로 내 고정 요소에 할당될 수 있는, 고정 및 가변 요소들의 조합을 포함할 수 있는 임피던스 매칭 구조를 설명한다.

[0301] 가변 회로 요소들은 주어진 임피던스-매칭 애플리케이션에 의해 요구되는 것보다 큰 튜닝 범위를 가질 수 있고, 이러한 경우에, 이러한 큰 튜닝 범위의 요소들만을 이용하여 정밀 튜닝 분해능을 얻는 것이 어려울 수 있다. 본 공개 내용에서, 우리는 동일한 가변 요소들을 이용하여 더 정밀한 튜닝 분해능이 달성될 수 있도록, 고정 요소들과 가변 요소들의 조합을 포함하는 임피던스-매칭 구조를 설명한다.

[0302] 따라서, 고정 요소 및 가변 요소들의 조합을 이용하는 구조는 동시에 두가지의 장점을 가져올 수 있다. 즉, 회로의 민감한 튜닝 구성요소들 간의 전압 또는 전류 감소와, 더 정밀한 튜닝 분해능을 얻을 수 있다. 달성가능한 최대 튜닝 범위는 회로 설계에서 튜닝가능한 구성요소들 간의 전압 또는 전류의 최대 감소에 관계될 수 있다.

[0303] **요소 구조(ELEMENT TOPOLOGIES)**

[0304] 단일 가변 회로-요소(상술한 요소들의 네트워크에 대한 반대 개념임)는 직렬 또는 병렬로 연결되는 고정 및 가변 구성요소들의 조합을 이용하여 가변 구성요소들의 정격 요건들의 감소와 더 정밀한 튜닝 분해능을 얻을 수 있게 하는 구조에 의해 구현될 수 있다. 이는 아래의 수식에 의해 수학적으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} &\text{If } x_{|total|} = x_{|fixed|} + x_{|variable|}, \\ &\text{then } \Delta x_{|total|} / x_{|total|} = \Delta x_{|variable|} / (x_{|fixed|} + x_{|variable|}) \\ &\text{and } X_{variable} / X_{total} = X_{variable} / (X_{fixed} + X_{variable}) \end{aligned}$$

[0305]

[0306] 이때,  $x_{|subscript|}$  는 임의의 요소 값(가령, 커패시턴스, 인덕턴스)이고, X는 전압 또는 전류, "+부호"는 요소들의 적절한 조합(직렬-추가 또는 병렬-추가)을 표시한다.  $x_{|subscript|}$  에서의 첨자 포맷은 원형 유도 요소(가령, x, x<sub>1</sub>, 등)에 의해 인클로징되는 영역의 반경과 구분을 위해 선택된다.

[0307] 더욱이, 특정 타입의 가변 전기 요소를 구현함에 있어 다른 타입의 가변 요소를 이용함으로써, 다른 타입의 가변 요소가 다른 고정 요소들과 적절히 조합될 경우, 이러한 원리가 사용될 수 있다.

[0308] 요컨대, 고정 및 가변 요소들의 요구되는 개수, 배치, 타입, 값들을 결정하는 구조 최적화 알고리즘을 적용할 수 있고, 이러한 요구되는 튜닝가능 범위는 최적화 제약사항으로, 그리고, 가변 요소에 대한 전류 및/또는 전압의 최소화는 최적화 목적으로 한다.

[0309] **예**

[0310] 다음의 기법에서, 우리는 저-손실 유도형 요소에 대한 공진자 설계 및 임피던스 매칭에 대해 서로 다른 특정 구조 구현예를 보여준다. 추가적으로, 우리는 앞서 설명한 원칙 중 어느 것이 사용되는지와, 매칭을 달성하는 데 사용될 수 있는 가변 요소들의 값을 부여하는 방정식과, 매칭될 수 있는 복소 임피던스들의 범위(부등식 및 스미스-차트 설명을 모두 이용)를 각각의 구조에 대해 표시한다. 이러한 예에서, 우리는 Z<sub>0</sub>가 실수 값이지만, 0이 아닌 허수부를 가진 특정 임피던스로의 확장이 직관적이며, 매칭 네트워크의 구성요소들의 요건 값들의 작은 조정만을 제시한다고 가정한다. 우리는 첨자 n이 Z<sub>0</sub>(에 의한 나눗셈)에 대한 정규화(normalization)를 양으로 제시한다는 규약을 이용할 것이다.

[0311] 도 29는 변압기에 연결되는 임피던스 매칭 회로의 두가지 예를 제시하며, 두개의 튜닝가능 요소들이 하나의 커패시터와, 두 유도형 요소들 간의 상호 인덕턴스다. 도 29a에서 X<sub>2</sub>=ωL<sub>2</sub>, 도 29b에서 X<sub>2</sub> = ωL<sub>2</sub>-1/WC<sub>2</sub>, X = ωL로 규정할 경우, 튜닝가능 요소들의 요건 값들은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \omega C_1 &= \frac{1}{X + RX_{2n}} \\ \omega M &= \sqrt{Z_o R(1 + X_{2n}^2)} \end{aligned}$$

[0312]

[0313] 도 29b의 구조에서, 특히 직관적인 설계는 X<sub>2</sub>=0을 선택하는 것일 수 있다. 이러한 경우에, 이 구조는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스에 매칭될 수 있다.

$$R_n > 0, X_n > 0$$

[0314]

[0315] 이는 도 29c의 스미스 차트 상에서 굵은 실선으로 인클로징된 영역에 의해 도시된다.

[0316] 미리 골라논 고정값 M이 주어졌을 때, 우리는 대신에 튜닝가능한 C<sub>2</sub> 로 상기 매칭 구조를 이용할 수도 있다.

[0317] 도 30은 직접 연결된 임피던스 매칭 회로의 여섯개의 예(a-f)(두개의 튜닝가능 요소는 커패시터)와, 직접 연결된 임피던스 매칭 회로의 여섯개의 예(h-m)(두개의 튜닝 가능 요소는 하나의 커패시터와 하나의 인덕터)를 도시한다. 도 30a,b,c,h,i,j의 구조의 경우, 유도형 요소의 중심에서 공진자의 전압 노드를 보존하기 위해 두개의 단자에서 공통 모드 신호(따라서 높은 Q)가 요구될 수 있다. 이러한 예들은 도 28에 도시되는 일반 구조의 구현으로 설명될 수 있다. 여기서 사용되는 커패시터들의 네트워크는 일반적으로 하나 이상의 커패시터를 포함하는 임의의 회로 구조를 의미하는 것이며, 또다른 의미가 명백하게 제시되지 않는 한, 커패시터, 또는 그외 다른 동등 또는 서로 다른 회로 구조를 이용하여 여기서 구체적으로 제시되는 회로들 중 임의의 것을 제한없이 포함한다.

[0318] 도 30a,d,h,k에 대해  $Z=R+j\omega L$ , 도 30b,e,i,l에 대해  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$ , 도 30c,f,j,m에 대해  $Z=(R+j\omega L)\|(1/j\omega C_3)$  를 각각 규정하고, 이때, 심벌 “||” 는 “~의 병렬 조합”을 의미하며, 따라서,  $R \equiv \text{Re}\{Z\}$ ,  $X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이 성립한다. 그후, 도 30a-f에 대해 튜닝가능 요소들의 요건 값들은 다음과 같이 주어질 수 있다.

$$\omega C_1 = \frac{X - \sqrt{X^2 R_n - R^2(1 - R_n)}}{X^2 + R^2}$$

$$\omega C_2 = \frac{R_n \omega C_1}{1 - X \omega C_1 - R_n}$$

[0319] 그리고 이 구조는 아래의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭시킬 수 있다.

[0320]

$$R_n \leq 1, X_n \geq \sqrt{R_n(1 - R_n)}$$

[0321] 이는 도 30g의 스미스 차트 상에 굵은 실선으로 인클로징되는 영역에 의해 도시된다. 도 30h-m의 경우, 튜닝가능 요소들의 요건 값들은 다음과 같이 주어질 수 있다.

[0322]

$$\omega C_1 = \frac{X + \sqrt{X^2 R_n - R^2(1 - R_n)}}{X^2 + R^2},$$

$$\omega L_2 = -\frac{1 - X \omega C_1 - R_n}{R_n \omega C_1}.$$

[0323] 도 31은 2개의 튜닝가능한 요소가 캐패시터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(a)-(c)를 도시하며, 2개의 튜닝가능한 요소가 하나의 캐패시터와 하나의 인덕터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(e)-(g)를 도시한다. 도 31(a),(b),(c),(d),(e),(f),(g)의 토폴로지의 경우, 그라운드 터미널은 2개의 균등값 캐패시터(2C<sub>1</sub>)들 사이(즉 주요 공진자의 대칭 축)에 연결되어 공진자의 전압 노드는 유도 요소의 중심, 이에 따라 하이-Q에서 보존된다. 이러한 실시예는 도 28(e)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다.

[0324] 도 31(a),(e)의 경우  $Z=R+j\omega L$ , 도 31(b),(f)의 경우  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$  및 도 31(c),(g)의 경우  $Z=(R+j\omega L)\|(1/j\omega C_3)$  으로 각각 정의되며, 그 뒤  $R \equiv \text{Re}\{Z\}$ ,  $X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이다. 그 뒤, 도 31(a)-(c)의 경우, 튜닝가능한 요소의 필요 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{X - \frac{1}{2}\sqrt{X^2 R_n - R^2(4 - R_n)}}{X^2 + R^2},$$

$$\omega C_2 = \frac{R_n \omega C_1}{1 - X \omega C_1 - \frac{R_n}{2}},$$

[0326]

[0327] 이러한 토폴로지는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭할 수 있다.

$$R_n \leq 1, \quad X_n \geq \sqrt{\frac{R_n}{1 - R_n}}(2 - R_n)$$

[0328]

[0329] 이는 도 31(d)의 스미스 차트(Smith Chart)에서 굵은 선에 의해 둘러싸인 영역에 의해 도시된다. 도 31(e)-(g)의 경우, 튜닝가능한 요소의 필요한 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{X + \frac{1}{2}\sqrt{X^2 R_n - R^2(4 - R_n)}}{X^2 + R^2},$$

$$\omega L_2 = -\frac{1 - X \omega C_1 - \frac{R_n}{2}}{R_n \omega C_1}.$$

[0330]

[0331] 도 32은 2개의 튜닝가능한 요소가 캐패시터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(a)-(c)를 도시하며, 2개의 튜닝가능한 요소가 하나의 캐패시터와 하나의 인덕터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(e)-(g)를 도시한다. 도 32(a), (b), (c), (d), (e), (f), (g)의 토폴로지의 경우, 그라운드 터미널은 유도 요소의 중심에 연결되어 공진자의 전압 노드가 이 지점, 즉 하이-Q에서 보존된다. 이러한 실시예는 도 28(e)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다.

[0332]

도 32(a)의 경우  $Z=R+j\omega L$ , 도 32(b)의 경우  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$  및 도 32(c)의 경우  $Z=(R+j\omega L)\|(1/j\omega C_3)$  로 각각 정의되며, 그 뒤  $R \equiv \text{Re}\{Z\}$ ,  $X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이다. 그 뒤, 도 32(a)-(c)의 경우, 튜닝가능한 요소의 필요 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{X - \sqrt{\frac{X^2 R_n - 2R^2(2 - R_n)}{4 - R_n}}}{X^2 + R^2},$$

$$\omega C_2 = \frac{R_n \omega C_1}{1 - X \omega C_1 - \frac{R_n}{2} + \frac{R_n X \omega C_1}{2(1+k)}},$$

[0333]

[0334] 여기서,  $k$  는  $M' = -kL'$  :으로 정의되고, L'는 인덕터 루프의 각각의 절반부의 인덕턴스이며, M'는 2개의 절반부들 사이의 상호 인덕턴스이며, 이러한 토폴로지는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭할 수 있다.

$$R_n \leq 2, \quad X_n \geq \sqrt{2R_n(2 - R_n)}$$

[0335]

[0336] 이는 도 32(d)의 스미스 차트에서 굵은 선에 의해 둘러싸인 영역에 의해 도시된다. 도 32(e)-(g)의 경우, 튜닝 가능한 요소의 필요한 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{X + \sqrt{\frac{X^2 R_n - 2R^2(2 - R_n)}{4 - R_n}}}{X^2 + R^2},$$

[0337]

[0338] 도 30, 31, 32의 회로에서, 캐패시터( $C_2$ ) 또는 인덕터( $L_2$ )(또는 2개의 캐패시터( $2C_2$ ) 또는 2개의 인덕터( $L_2/2$ ))는 터미널과 직렬로 구성되며, 큰 전류를 견디거나 또는 작은 직렬-손실(series-loss)을 가질 필요가 없다.

[0339]

도 33은 2개의 튜닝가능한 요소가 캐패시터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 6가지의 실시예(a)-(f)를 도시하며, 2개의 튜닝가능한 요소가 하나의 캐패시터와 하나의 인덕터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 6가지의 실시예(h)-(m)를 도시한다. 도 33(a), (b), (c), (h), (i), (j)의 토폴로지의 경우, 공동-모드 신호는 유도 요소의 중심, 이에 따라 하이-Q에서 공진자의 전압 노드를 보존시키기 위해 2개의 터미널에서 필요할 수 있다. 이러한 실시예는, B와 C가 단락-회로(short-circuit)이고 A는 밸런싱되지 않는, 도 28(c)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다. 도 33(a), (b), (c), (h), (i), (j)의 대칭 토폴로지의 경우, 2개의 터미널이 유도 요소의 중심, 이에 따라 하이-Q에서 공진자의 전압 노드를 보존시키기 위해 비-대칭으로(밸런스 드라이브) 구동될 필요가 있다. 이러한 실시예는, B와 C가 단락-회로이고 A는 밸런싱되는, 도 28(d)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다.

[0340]

도 33(a), (d), (h), (k)의 경우  $Z=R+j\omega L$  이고, 도 33(b), (e), (i), (l)의 경우  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$

이며, 도 33(c), (f), (j), (m)의 경우  $Z=(R+j\omega L) \parallel (1/j\omega C_3)$  으로 각각 정의되고, 그 뒤

$R \equiv \text{Re}\{Z\}$ ,  $X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이다. 그 뒤, 도 33(a)-(f)의 경우 튜닝가능한 요소의 필요한 값들이 하기와 같이 주어질 수 있다.

$$\omega C_1 = \frac{1}{X - Z_o \sqrt{R_n(1-R_n)}},$$

$$\omega C_2 = \frac{1}{Z_o} \sqrt{\frac{1}{R_n} - 1},$$

[0341] \*

[0342] 이러한 토폴로지는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭할 수 있다

$$R_n \leq 1, X_n \geq \sqrt{R_n(1-R_n)}$$

[0343]

[0344] 이는 도 33(g)의 스미스 차트에서 굵은 선에 의해 둘러싸인 영역에 의해 도시된다. 도 35(h)-(m)의 경우, 튜닝 가능한 요소의 필요한 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{1}{X + Z_o \sqrt{R_n(1-R_n)}},$$

$$\omega L_2 = \frac{Z_o}{\sqrt{\frac{1}{R_n} - 1}}.$$

[0345]

[0346] 도 34는 2개의 튜닝가능한 요소가 캐패시터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(a)-(c)를 도시하며, 2개의 튜닝가능한 요소가 하나의 캐패시터와 하나의 인덕터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예(e)-(g)를 도시한다. 도 34(a), (b), (c), (d), (e), (f), (g)의 토폴로지의 경우, 그라운드 터미널은 유도 요소의 중심, 이에 따라 하이-Q에서 공진자의 전압 노드를 보존하기 위해 2개의 등-가 캐패시터(2C<sub>2</sub>)들 사이에(즉 주요 공진자의 대칭 축) 연결된다. 이러한 실시예는 도 28(e)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다.

[0347] 도 34(a), (e)의 경우  $Z=R+j\omega L$  이고, 도 34(b), (f)의 경우  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$  이며, 도 34(c), (g)의 경우  $Z=(R+j\omega L) \parallel (1/j\omega C_3)$  으로 각각 정의되고, 그 뒤  $R \equiv \text{Re}\{Z\}$ ,  $X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이다. 그 뒤, 도 34(a)-(c)의 경우 튜닝가능한 요소의 필요한 값들이 하기와 같이 주어질 수 있다.

$$\omega C_1 = \frac{1}{X - Z_o \sqrt{\frac{1-R_n}{R_n}(2-R_n)}},$$

$$\omega C_2 = \frac{1}{2Z_o} \sqrt{\frac{1}{R_n} - 1},$$

[0348]

[0349] 이러한 토폴로지는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭할 수 있다.

$$R_n \leq 1, X_n \geq \sqrt{\frac{R_n}{1-R_n}}(2-R_n)$$

[0350]

[0351] 이는 도 34(d)의 스미스 차트에서 굵은 선에 의해 둘러싸인 영역에 의해 도시된다. 도 34(e)-(g)의 경우, 튜닝 가능한 요소의 필요한 값은 다음과 같이 주어질 수 있다:

$$\omega C_1 = \frac{1}{X + Z_o \sqrt{\frac{1-R_n}{R_n}}(2-R_n)},$$

$$\omega L_2 = \frac{2Z_o}{\sqrt{\frac{1}{R_n}-1}}.$$

[0352]

[0353] 도 34는 2개의 튜닝가능한 요소가 캐패시터인 직접 결합된 임피던스-매칭 회로의 3가지의 실시예를 도시한다. 도 35의 토폴로지의 경우, 그라운드 터미널은 지점, 이에 따라 하이-Q에서 공진자의 전압 노드를 보존하기 위해 유도 요소의 중심에 연결될 수 있다. 이러한 실시예는 도 28(e)에 도시된 통상적인 토폴로지의 실시로서 기술될 수 있다.

[0354] 도 35(a)의 경우  $Z=R+j\omega L$  이고, 도 35(b)의 경우  $Z=R+j\omega L+1/j\omega C_3$  이며, 도 35(c)의 경우  $Z=(R+j\omega L) \parallel (1/j\omega C_3)$  으로 각각 정의되고, 그 뒤  $R \equiv \text{Re}\{Z\}, X \equiv \text{Im}\{Z\}$  이다. 그 뒤, 튜닝가능한 요소의 필요한 값들이 하기와 같이 주어질 수 있다.

$$\omega C_1 = \frac{2}{X(1+a) - \sqrt{Z_o R(4-R_n)(1+a^2)}},$$

$$\omega C_2 = \frac{2}{X(1+a) + \sqrt{Z_o R(4-R_n)(1+a^2)}}$$

[0355]

$$a = \frac{R}{2Z_o - R} \cdot \frac{k}{1+k}$$

[0356] 여기서, 이고,  $k$ 는  $M' = -kL'$  으로 정의되며,  $L'$ 는 유도 요소의 각각의 절반부의 인덕턴스이고,  $M'$ 은 2개의 절반부 사이의 상호 인덕턴스이다. 이러한 토폴로지는 다음의 부등식을 만족시키는 임피던스를 매칭할 수 있다.

$$R_n \leq 2 \& \frac{2}{\gamma} \leq R_n \leq 4$$

[0357]

$$X_n \geq \sqrt{\frac{R_n(4-R_n)(2-R_n)}{2-\gamma R_n}}$$

[0358]

$$\gamma = \frac{1-6k+k^2}{1+2k+k^2} \leq 1$$

[0359]

여기서  $\gamma$  이고,

[0360]

이는 도 35(d)의 경우  $k=0$ 이고, 도 35(e)의 경우  $k=0.05$ 이며, 도 35(f)의 경우  $k=1$ 로 도시된 스미스 차트에서 굵은 선에 의해 둘러싸인 영역에 의해 도시된다.

[0361]

도 33, 34, 35의 회로에서, 캐패시터( $C_2$ ) 또는 인덕터( $L_2$ )(또는 2개의 캐패시터( $2C_2$ )들 중 하나 또는 2개의 인덕터( $2L_2$ )들 중 하나)는 터미널과 병렬구성되며, 이에 따라 큰 전압-정격을 가질 필요가 없다. 2개의 캐패시터( $2C_2$ ) 또는 인덕터( $2L_2$ )의 경우, 이 모든 경우는 높은 전압-정격을 가질 필요가 없으며, 이는 이를 통해 대략 동일한 전류가 흐르고 이에 따라 이를 가로질러 대략 동일한 전압이 가해지기 때문이다.

[0362]

도 30-35의 토폴로지의 경우, 캐패시터( $C_3$ )가 사용되며, 캐패시터( $C_3$ )를 사용함에 따라 주파수와 임피던스가 비교적 미세하게 튜닝될 수 있다. 도 30-35의 토폴로지의 경우, 유도 요소와 직렬구성된 고정식 캐패시터( $C_3$ )를 이용함에 따라 상당한 분율의 고 유도-요소 전압이 고정식 캐패시터( $C_3$ )를 가로지를 것이며, 이에 따라 잠재적으로 일부가 가변될 수 있는 임피던스 매칭 회로의 그 외의 다른 요소에 대한 전압 정격 조건이 완화될 수 있다. 적절한 고정식 및 튜닝가능한 부품들의 이용가능성, 비용 및 개별 사항에 의존하여 이러한 토폴로지가 선호되거나 선호되지 않을 수 있다.

[0363]

상기 모든 실시예에서, 공동 터미널이 없는 한 쌍의 균등-값 가변 캐패시터(equal-value variable capacitor)는 집단을 이루는 유형의 캐패시터 또는 편향된 다이오드 또는 벡터의 어레이 또는 그룹을 이용하여 구성될 있으며, 앙상블(ensemble)로서의 값들을 튜닝함으로써 제어될 수 있다. 공동 터미널을 포함하는 한 쌍의 균등-값 가변 캐패시터는 튜닝가능한 버터플라이-유형 캐패시터 또는 그 외의 튜닝가능하거나 가변식 캐패시터 또는 편향된 다이오드 또는 벡터의 그룹 또는 어레이를 이용하여 구성될 수 있으며, 앙상블로서의 캐패시턴스를 튜닝함으로써 제어될 수 있다.

[0364]

임피던스 매칭 네트워크의 선택시에 고려될 수 있는 또 다른 기준은 선호되는 작동 주파수와는 상이한 주파수에 대한 네트워크의 응답이다. 예를 들어 스위칭 정류기의 반사된 신호 또는 스위칭 증폭기의 구동 신호와 같이, 유도 요소가 결합되는 외부 회로 내에 생성된 신호는 선호되는 주파수에서 단색성이지는(monochromatic) 않지만 선호되는 주파수와는 주기적일 수 있다. 이러한 일부 경우, 유도 요소에 유입되는 비교적 높은-차수의 하모닉의 크기를 저지하는 것이 선호될 수 있다(예를 들어, 이 요소로부터의 하모닉의 복사를 감소시키기 위해). 그 뒤, 임피던스 매칭 네트워크의 선택은 유도 요소에 유입되는 이러한 하모닉의 크기를 충분히 저지하는 것일 수 있다.

[0365]

임피던스 매칭 네트워크는, 외부 주기적 신호가 전압-소스 신호(직렬 공진 부하를 포함한 클래스-D 증폭기의 구동 신호와 같이)와 같이 거동할 수 있는 신호일 때, 기본적인 하모닉보다 큰 주파수에서 외부 회로에 의해 나타내지는 임피던스가 크도록 형성될 수 있으며, 이에 따라 비교적 높은 주파수에서 비교적 작은 전류가 유도 요소를 통해 유동한다. 도 30-35의 토폴로지들 간에, 그 뒤 인덕터( $L_2$ )를 이용하는 것이 선호될 수 있으며, 이는 이 인덕터는 높은 주파수에서 높은 임피던스를 나타내기 때문이다.

[0366]

임피던스 매칭 네트워크는, 외부 주기적 신호가 전류-소스 신호와 같이 거동할 수 있는 신호일 때, 기본적인 하모닉보다 큰 주파수에서 외부 회로에 의해 나타내지는 임피던스가 작도록 형성될 수 있으며, 이에 따라 비교적 높은 주파수에서 비교적 작은 전압이 유도 요소를 통해 유도된다. 도 30-35의 토폴로지들 간에, 그 뒤 캐패시터( $C_2$ )를 이용하는 것이 선호될 수 있으며, 이는 이 캐패시터가 높은 주파수에서 낮은 임피던스를 나타내기 때문이다.

다.

- [0367] 도 36은 하나의 가변식 캐패시터 및 나머지의 고정식 캐패시터의 네트워크를 이용한 가변 캐패시턴스의 4가지의 실시예를 도시한다. 이러한 네트워크 토폴로지를 이용함으로써, 전체 캐패시턴스가 미세하게 튜닝될 수 있다. 게다가, 도 36(a), (b), (c)의 토폴로지는 가변 캐패시터를 가로지르는 전압을 감소시키기 위해 이용될 수 있으며, 이는 대부분의 전압이 고정식 캐패시터를 가로질러 할당될 수 있기 때문이다.
- [0368] 도 37은 하나의 가변식 캐패시터와 고정식 캐패시터의 네트워크를 이용한 가변 캐패시턴스의 2가지의 실시예를 도시한다. 특히, 이러한 네트워크는 가변 리액턴스를 위해 제공될 수 있으며, 관심 주파수에서 가변식 인덕터에 대한 값들은 효과적인 가변 캐패시턴스일 수 있는 각각의 네트워크가 네트 네거티브 가변 리액턴스(net negative variable reactance)에 각각 대응하도록 사용될 수 있다.
- [0369] 튜닝가능한 캐패시터와 튜닝가능한 인덕터와 같은 튜닝가능한 요소는 기계적으로 튜닝가능하고, 전기적으로 튜닝가능하며, 열적으로 튜닝가능하고 및 이와 유사할 수 있다. 튜닝가능한 요소는 가변 캐패시터 또는 인덕터, 벡터, 다이오드, 쇼트키 다이오드(Schottky diode), 역-편향 PN 다이오드(reverse-biased PN diode), 벡터 어레이, 다이오드 어레이, 쇼트키 다이오드 어레이 및 이와 유사한 것일 수 있다. 다이오드는 Si 다이오드, GaN 다이오드, SiC 다이오드 및 이와 유사한 것일 수 있다. GaN 및 SiC 다이오드는 높은 전력 응용에 특히 매력적이다. 튜닝가능한 요소는 전기적으로 스위칭된 캐패시터 뱅크, 전기적으로 스위칭되고 기계적으로 튜닝가능한 캐패시터 뱅크, 전기적으로 스위칭된 벡터-어레이 뱅크, 전기적으로 스위칭되고 트랜스포머 결합된 인덕터 뱅크, 및 이와 유사한 것일 수 있다. 튜닝가능한 요소는 상기 나열된 요소들의 조합일 수 있다.
- [0370] 전술한 바와 같이, 결합된 하이-Q 자기 공진자들 간의 전력 전달의 효율은 공진자의 공진 주파수가 어떻게 근접하게 매칭되고, 이의 임피던스가 시스템 내에서 파워 서플라이와 전력 소비자에게 어떻게 적절하게 매칭될 수 있는지에 의해 영향을 받을 수 있다. 시스템 내의 외부 대상물 또는 그 외의 다른 공진자의 상태 위치와 이러한 상태 위치의 변화를 포함하는 다양한 외부 팩터로 인하여, 하이-Q 자기 공진자의 공진 주파수 및/또는 입력 임피던스가 변화할 수 있으며, 튜닝가능한 임피던스 네트워크는 다양한 작동 시나리오 또는 환경에서 충분한 수준의 전력 전달을 유지시키기 위해 필요할 수 있다.
- [0371] 제시된 캐패시터의 캐패시턴스 값들은 자기 공진자의 임피던스 및/또는 공진 주파수를 조절하기 위해 조절될 수 있다. 캐패시터는 전기적, 기계적, 열적 또는 그 외의 다른 방식으로 조절될 수 있다. 이러한 캐패시터는 피드백 신호에 응답하여 수동 또는 자동으로 조절될 수 있다. 이 캐패시터는 파워 서플라이와 전력 소비자들 사이에 특정의 전력 전달 효율 또는 그 외의 다른 작동 특성을 구현하기 위해 조절될 수 있다.
- [0372] 공진자 내에서 유도 요소와 인덕터의 인덕턴스 값들은 자기 공진자의 주파수 및/또는 임피던스를 조절하기 위해 조절될 수 있다. 임피던스는 튜닝가능한 캐패시터, 인덕터 및 스위치와 같은 조절가능한 부품을 포함하는 결합된 회로를 이용하여 조절될 수 있다. 임피던스는 트랜스포머 결합된 튜닝 회로를 이용하여 조절될 수 있다. 임피던스는 유도 요소 내에서 전도체의 상이한 부분들을 스위칭 인 및 아웃하고 및/또는 강자성 튜닝 및/또는 뮤 튜닝을 이용하고, 및 이와 유사한 것에 의해 조절될 수 있다.
- [0373] 공진자의 공진 주파수는 비교적 낮거나 높은 주파수로 조절될 수 있거나 또는 비교적 낮거나 높은 주파수를 변화시킬 수 있다. 공진자의 입력 임피던스는 비교적 낮거나 또는 높은 임피던스 값으로 조절될 수 있거나 또는 이러한 값들을 변화시킬 수 있다. 소스에 의해 전달되고 및/또는 장치에 의해 수신된 전력의 크기는 비교적 높거나 또는 낮은 수준의 전력으로 조절될 수 있거나 또는 이러한 전력을 변화시킬 수 있다. 소스에 전달되고 및/또는 장치 공진자로부터 장치에 의해 수신된 전력의 양은 비교적 높거나 또는 낮은 수준의 전력으로 조절될 수 있거나 또는 이러한 전력을 변화시킬 수 있다. 공진자 입력 임피던스, 공진 주파수, 및 전력 수준은 시스템 내의 전력 소비자 또는 소비자들에 의존하여 그리고 공진자의 주변에 있는 대상물 또는 물질에 의존하여 조절될 수 있다. 공진자 입력 임피던스, 공진 주파수, 및 전력 수준은 자동 또는 수동으로 조절될 수 있고, 알고리즘 또는 제어 신호의 피드백에 응답하여 조절될 수 있다.
- [0374] 회로 요소들은 물리 전기적 접촉에 의해 공진자에 직접적으로 연결될 수 있으며, 예를 들어 터미널 커넥터 및/또는 유도 요소를 형성하는 전도체의 단부에 직접 연결될 수 있다. 회로 요소들은 다양한 전기적 부품, 커넥터 또는 연결 기술을 이용하여 부착되건, 전도체에 근접하게 배치되거나, 이에 조여지거나, 접촉되거나, 크림핑되거나, 용접되거나 또는 납땜될 수 있다. 전력 공급 및 전력 소비자는 직접적으로 또는 간접적으로 또는 유도적으로 자기 공진자에 연결될 수 있다. 전기적 신호가 터미널 연결부를 통해 공진자에 제공되거나 또는 공진자로부터 얻어질 수 있다.

- [0375] 본원에 개시된 원리의 실제적 이용 시, 본원에 언급된 등식으로 계산된 값들로부터의 실제 부품(캐패시터, 인덕터, 저항기 및 등등)들의 값, 대칭 또는 비-대칭 또는 이와 다르게 제안된 값들로부터의 실제 신호(전압, 전류, 등등)들의 값 및 대칭 또는 이와 다르게 제안된 위치로부터의 지점들의 실제 기하학적 위치(유도 요소의 중심에 인접한 그라운드 터미널의 연결부의 지점 또는 "축" 지점 및 등등과 같은)의 값들에 대한 연계된 허용오차 또는 허용가능한 편차가 있음은 당업자에게 자명하다.
- [0376] 실시예들
- [0377] 시스템 블록 다이어그램
- [0378] *중간 범위의 간격에서 무선 전력공급 또는 충전할 수 있는 무선 전력 전달* 시스템용 하이-Q 공진자의 실시예가 개시된다. 하이-Q 공진자 무선 전력 전달 시스템도 또한 시스템 내에서 임의의 소스 공진자와 크기, 형태, 조성, 배열, 및 등등이 상이한 자기 공진자를 포함한 무선 전력공급 또는 충전 장치일 수 있다.
- [0379] 도 1(a)(b)는 2개의 예시적인 2-공진자 시스템의 도면을 도시한다. 이러한 예시적인 시스템 각각은 단일의 소스 공진자(102S 또는 104S)와 단일의 장치 공진자(102D 또는 104D)를 갖는다. 도 38은 강조된 몇몇의 특징부를 갖는 시스템의 블록 다이어그램을 도시한다. 무선 전력공급식 또는 충전식 장치(2310)는, DC 또는 AC 또는 모든 AC와 DC 전력이 전달되는 장치(2308) 또는 장치들과 더불어, 장치 공진자(102D), 장치 전력 및 제어 회로(2304), 및 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 시스템용 에너지 또는 파워 소스는 소스 파워 및 제어 회로(2302), 소스 공진자(102S) 및 이와 유사한 것을 포함할 수 있다. 장치 공진자(102D) 및 전력 및 제어 회로(2304)로부터 전력을 받는 장치(2308) 또는 장치들은 전술한 바와 같은 임의의 종류의 장치(2308) 또는 장치들일 수 있다. 장치 공진자(102D)와 회로(2304)는 장치/장치들의 배터리를 충전하거나, 장치/장치들에 직접적으로 전력을 공급하거나 또는 소스 공진자(102S)의 주변에 있을 때 이들 모두를 수행하는데 이용될 수 있는 장치/장치들(2308)에 전력을 전달한다.
- [0380] 소스 및 장치 공진자는 수 미터 분리될 수 있거나 또는 서로 상당히 근접하게 배열될 수 있거나 또는 이들 간의 임의의 간격으로 이격될 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 횡방향 또는 축방향으로 서로 오프셋 설정될 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 직접적으로 정렬될 수 있거나(횡방향 오프셋 없이) 또는 수 미터 오프셋 설정될 수 있거나 또는 이들 간의 임의의 것일 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 유도 요소에 의해 둘러싸인 표면 영역들이 서로 대략적으로 평행하도록 방향설정될 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 유도 요소에 의해 둘러싸인 표면 영역들이 서로 대략적으로 수직하도록 방향설정될 수 있거나 또는 임의의 상대 각도(0° 내지 360°)로 방향설정될 수 있다.
- [0381] 소스 및 장치 공진자는 자유롭게 서 있을 수 있거나 또는 엔클로저, 용기, 슬리브 또는 하우징 내에서 둘러싸여 질 수 있다. 이러한 다양한 엔클로저는 임의의 종류의 재료로 구성될 수 있다. 테프론, REXOLITE, 스티렌 및 이와 유사한 것과 같은 저손실 탄젠트 재료(low loss tangent material)가 몇몇 응용예에서 선호될 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 파워 서플라이 및 전력 소비자 내에 일체구성될 수 있다. 예를 들어, 소스 및 장치 공진자는 키보드, 컴퓨터 마우스, 디스플레이, 휴대폰, 등등에 일체구성될 수 있으며, 이에 따라 소스 및 장치 공진자는 이러한 장치들의 외부에서 보이지 않을 수 있다. 소스 및 장치 공진자는 시스템 내에서 파워 서플라이 및 전력 소비자로부터 이격될 수 있으며, 표준 또는 커스텀 와이어(custom wire), 케이블, 커넥터 또는 플러그에 의해 연결될 수 있다.
- [0382] 소스(102S)는 다수의 DC 또는 AC 전압, 컴퓨터의 USB 포트를 포함하는 파워 소스 또는 파워소스로부터 전력을 공급받을 수 있다. 이 소스(102S)는 전기 그리드, 벽 플러그, 배터리, 파워 서플라이(power supply), 엔진, 태양전지, 발전기, 또 다른 소스 공진자(source resonator) 등으로부터 전력을 공급받을 수 있다. 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 파워 소스로부터 소스 전자장치를 분리시키기 위한 회로와 구성요소들을 포함할 수 있으며, 이에 따라 리플렉트된 전력(reflected power) 또는 시그널들은 소스 인풋 터미널을 통해 커플링 아웃(coupled out)되지 않는다. 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 PFC(power factor correction circuit)를 포함할 수 있으며, 재정, 회계, 제어 및 이와 유사한 기능을 모니터링하기 위해 전력사용량을 모니터링하도록 구성될 수 있다.
- [0383] 이 시스템들은 양방향으로(bidirectional) 작동될 수 있다. 이는 즉, 장치 공진자(device resonator) 내에서 생성되거나 또는 저장된 전력 또는 에너지가 전기 그리드, 배터리, 및 임의의 종류의 에너지 저장 유닛 등을 포함하는 파워 소스로 다시 공급될 수 있음을 의미한다. 이 소스 파워 및 제어 회로는 PFC를 포함할 수 있으며 양방향 에너지 흐름을 위해 재정, 회계, 제어 및 이와 유사한 기능을 모니터링하기 위해 전력사용량을 모니터링하

도록 구성될 수 있다. 무선 에너지 전달 시스템들은 자동차-그리드(vehicle-to-grid; V2G) 분야에 사용할 수 있거나 또는 촉진시킬 수 있다.

[0384] 상기 소스 및 장치는 에너지 교환의 효율성과 소스 및 장치 공진자의 작동에 영향을 미칠 수 있는 환경 상태, 동요요인, 및 장착 상태들을 변경시키기 위해 작동 포인트(operating point)들이 조절되어 상쇄하는 튜닝 성능(tuning capability)을 가질 수 있다. 이러한 튜닝 성능들은 다수의 소스들로부터 다수의 장치, 다수의 시스템, 다수의 리피터(repeater) 또는 릴레이(relay) 등으로 전력 전달량을 멀티플렉싱(multiplex) 하도록 사용될 수 있다. 상기 튜닝 성능은 수동으로 제어되거나 또는 자동으로 제어될 수 있으며 연속적으로, 주기적으로, 단속적으로(intermittently) 또는 미리 정해진 시간 또는 간격으로 수행될 수 있다.

[0385] 상기 장치 공진자와 장치 전력 및 제어 회로는, 예를 들어, 배터리 격실(battery compartment), 또는 장치 커버 또는 슬리브, 또는 마더보드(mother board)와 같은 장치의 어느 한 일부분에 일체로 구성될 수 있으며 표준형 재충전식 배터리 또는 그 외의 다른 에너지 저장 유닛에 일체로 구성될 수 있다. 상기 장치 공진자는 장치 필드 재형성자(device field reshaper)를 포함할 수 있는데, 이 장치 필드 재형성자는 장치 전력 및 제어 전자장치들과 장치 공진자 소자들의 임의의 조합을 전력 전송을 위해 사용되는 전자기장으로부터 보호할 수 있으며 장치 전력 및 제어 전자장치들 뿐만 아니라 손실이 많은(lossy) 장치 공진자 소자로부터 멀리 떨어지도록 공진자 필드(resonator field)를 리플렉트시킬 수 있다. 자성 재료(magnetic material) 및/또는 고-전도성 필드 재형성자(high-conductivity field reshaper)가 공진자의 동요 퀄리티 팩터(perturbed quality factor; Q)를 증가시키고 소스 및 장치 공진자의 동요 커플링 팩터(perturbed coupling factor)를 증가시키도록 사용될 수 있다.

[0386] 상기 소스 공진자와 소스 파워 및 제어 회로는 임의의 타입의 가구, 구조물, 매트(mat), 러그(rug), 픽처 프레임(디지털 픽처 프레임, 전자 프레임을 포함), 플러그-인 모듈, 전자 장치, 차량 등에 일체로 구성될 수 있다. 이 소스 공진자는 장치 필드 재형성자를 포함할 수 있는데, 이 장치 필드 재형성자는 장치 전력 및 제어 전자장치들과 장치 공진자 소자들의 임의의 조합을 전력 전송을 위해 사용되는 전자기장으로부터 보호할 수 있으며 장치 전력 및 제어 전자장치들 뿐만 아니라 손실이 많은 장치 공진자 소자로부터 멀리 떨어지도록 공진자 필드를 리플렉트시킬 수 있다. 자성 재료 및/또는 고-전도성 필드 재형성자가 공진자의 동요 퀄리티 팩터(Q)를 증가시키고 소스 및 장치 공진자의 동요 커플링 팩터를 증가시키도록 사용될 수 있다.

[0387] 무선 전력 장치의 예에 있는 서브시스템(subsystem)들의 블록 다이어그램이 도 39에 도시된다. 상기 전력 및 제어 회로는 장치 공진자(102D)로부터 교류전력을 변형시켜 이 전력을 장치에 전력을 공급하거나 또는 하전시키기에(charge) 적합한 안정적인 직류전력으로 변환시키도록 설계될 수 있다. 상기 전력 및 제어 회로는 한 주파수에서 장치 공진자로부터 교류전력을, 장치에 전력을 공급하거나 또는 하전시키기에 적합한 다른 주파수에서 교류전력으로 변환시키도록 설계될 수 있다. 상기 전력 및 제어 회로는 임피던스 매칭 회로(impedance matching circuitry, 2402D), 정류 회로(rectification circuitry, 2404), 전압 차단 회로(voltage limiting circuitry)(도시되지 않음), 교류 차단 회로(current limiting circuitry)(도시되지 않음), AC-to-DC 컨버터(2408) 회로, DC-to-DC 컨버터(2408) 회로, DC-to-AC 컨버터(2408) 회로, AC-to-AC 컨버터(2408) 회로, 배터리 충전 제어 회로(battery charge control circuitry)(도시되지 않음) 등을 포함하거나 또는 구성될 수 있다.

[0388] 임피던스 매칭(2402D) 네트워크는 원하는 주파수에서 장치 전력 및 제어 회로(2304)와 장치 공진자(102D) 사이에서 전달되는 전력을 극대화시키도록 설계될 수 있다. 공진자의 하이-Q가 보존되도록 임피던스 매칭 소자들이 선택되고 연결될 수 있다. 작동 상태들에 따라, 임피던스 매칭 회로(2402D)는 소스로부터 장치로 전달된 전력, 소스로부터 장치 공진자로 전달된 전력, 장치 공진자와 장치 전력 및 제어 회로 사이의 전력 등으로 튜닝시킬 수 있거나 또는 변경시킬 수 있다. 전력, 전류 및 전압 시그널들은 장치 회로 및 피드백 알고리즘 회로에 있는 임의의 지점(point)에서 모니터링될 수 있으며, 이 기술들도 원하는 시그널 레벨 및 시스템 오퍼레이션을 구현하기 위해 구성요소들을 제어하도록 사용될 수 있다. 상기 피드백 알고리즘은 아날로그 또는 디지털 회로 기술을 이용하여 구현될 수 있으며 상기 회로들은 마이크로프로세서, 디지털 시그널 프로세서, 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이(field programmable gate array processor) 등을 포함할 수 있다.

[0389] 도 39의 세 번째 블록은 교류전압을 장치 공진자로부터 DC 전압으로 정류할 수 있는 정류기 회로(rectifier circuit, 2404)를 도시한다. 이 형상에서, 정류기(2404)의 아웃풋(output)은 전압 클램프 회로(voltage clamp circuit)로 들어가는 인풋(input)일 수 있다. 상기 전압 클램프 회로(도시되지 않음)는 상기 인풋에서 최대 전압을 DC-to-DC 컨버터(2408D) 또는 DC-to-AC 컨버터(2408D)로 제한할 수 있다. 일반적으로, 큰 인풋 전압 다이내믹 레인지(dynamic range)를 가진 DC-to-DC/AC 컨버터를 사용하여 상기 장치에 적절한 전력이 전달되는 동안 장치 위치와 작동에 있어서 커다란 변동사항들이 허용될 수 있는 것이 바람직할 것이다. 예를 들어, 장치의 부

하 특성(load characteristics)들과 전력 인풋이 변경될 때 정류기의 아웃풋에 있는 전력 레벨은 요동치고 높은 레벨에 도달할 수 있다. 상기 장치가 서로 다른 태스크를 수행할 때 상기 장치는 가변적인 전력 요구량(varying power demand)을 가질 수 있다. 이렇게 가변적인 전력 요구량은 부하 특성들이 변경될 때 정류기의 아웃풋에서 높은 전압을 야기시킬 수 있다. 이와 유사하게, 상기 장치와 장치 공진자가 소스에 근접하게 되거나 소스로부터 멀어질 때, 장치 공진자에 전달된 전력은 바뀌어서 정류기의 아웃풋에 있는 전력 레벨을 변하게 할 수 있다. 전압 클램프 회로는 정류기 회로로부터 나온 전압 아웃풋이 DC-to-DC/AC 컨버터의 작동 범위 내에 있는 미리 정해진 값을 초과하는 것을 방지할 수 있다. 상기 전압 클램프 회로는 무선 에너지 전달 시스템의 범위와 작동 모드(operating mode)에서 연장(extend)되도록 사용될 수 있다.

[0390] 상기 장치의 전력 및 제어 회로의 그 다음 블록은 안정적인 DC 아웃풋 전압을 생성할 수 있는 DC-to-DC 컨버터(2408D)이다. DC-to-DC 컨버터는 부스트 컨버터(boost converter), 벡 컨버터(buck converter), 부스트-벡 컨버터(boost-buck converter), SEPIC(single ended primary inductance converter), 또는 특정 분야의 요구조건들에 꼭 맞는 그 외의 다른 임의의 DC-DC 토폴로지(topology)일 수 있다. 상기 장치가 AC 전력을 필요로 하면, DC-to-DC 컨버터가 DC-to-DC 컨버터를 대체할 수 있거나, 또는 DC-to-DC 컨버터 뒤에 DC-to-AC 컨버터가 올 수 있다. 상기 장치가 재충전식 배터리를 포함하면, 상기 장치 전력 및 제어 회로의 최종 블록은 배터리 전력공급식 장치들에서 배터리의 유지와 충전을 조절할 수 있는 배터리 충전 제어 유닛일 수 있다.

[0391] 상기 장치 전력 및 제어 회로(2304)는 마이크로컨트롤러, 디지털 시그널 프로세서, 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이 프로세서, 마이크로프로세서, 또는 그 외의 다른 임의의 타입의 프로세서와 같은 프로세서(2410D)를 포함할 수 있다. 상기 프로세서는 장치 공진자와 전력 및 제어 회로의 작동 포인트와 상태(state)를 판독하거나 또는 탐지하도록 사용될 수 있다. 상기 프로세서는 회로, 소자, 구성요소, 서브시스템 및 공진자의 작동 포인트를 조절하고 해석하기(interpret) 위한 알고리즘을 실행할 수 있다. 상기 프로세서는 무선 전력공급식 장치의 임피던스 매칭, 공진자, DC-to-DC 컨버터, DC-to-AC 컨버터, 배터리 충전 유닛, 정류기 등을 조절하도록 사용될 수 있다.

[0392] 상기 프로세서는 그 외의 다른 장치 또는 소스들에 대한 무선 또는 유선 데이터 통신 링크장치를 가질 수 있으며 시스템의 작동 포인트를 조절하도록 사용될 수 있는 데이터를 전송할 수 있거나 또는 수신할 수 있다. 단일, 또는 주파수 레인지를 초과하는 전력, 전압 및 전류 시그널들의 임의의 조합이 상기 장치 회로에 있는 임의의 지점에서 모니터링될 수 있다. 이 시그널들은 아날로그 또는 디지털 또는 조합된 아날로그 및 디지털 기술을 이용하여 모니터링될 수 있다. 이렇게 모니터링된 시그널들은 피드백 루프(feedback loop)에서 사용될 수 있거나 또는 다양한 공지 방법들로 유저(user)에게 보고될 수 있거나 또는 저장될 수 있으며 추후에 검색될 수 있다. 이러한 시그널들은 유저에게 시스템 장애(system failure)를 알리고, 성능을 표시하거나, 또는 오디오, 비디오, 진동 등의 피드백을 시스템의 유저에게 제공하도록 사용될 수 있다.

[0393] 도 40은 단일 또는 복수의 장치들에 전력을 공급하도록 구성된 대표적인 무선 전력 전달 시스템의 소스 파워 및 제어 회로(2302)의 구성요소들을 도시하고 있다. 상기 대표 시스템의 소스 파워 및 제어 회로(2303)는 가정용 전기 아웃렛(home electrical outlet)과 같은 AC 전압 소스(2502), 배터리, 컴퓨터 USB 포트, 태양전지와 같은 DC 전압 소스, 또 다른 무선 파워 소스 등으로부터 전력을 공급받을 수 있다. 이 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 소스 공진자(102S)를 10 kHz 초과 100 MHz 미만의 주파수를 가진 교류전류로 구동(drive)시킬 수 있다. 이 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 상기 소스 공진자(102S)를 10 GHz 미만의 주파수를 가진 교류전류로 구동시킬 수 있다. 상기 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 DC-to-DC 컨버터(2408S), AC-to-DC 컨버터(2408S), 또는 AC-to-DC 컨버터(2408S)와 DC-to-DC(2408S) 컨버터 둘 모두, 오실레이터(2508), 전력 증폭기(power amplifier), 임피던스 매칭 네트워크(2402S) 등을 포함할 수 있다.

[0394] 소스 파워 및 제어 회로(2302)는 다수의 AC 또는 DC 전압 소스(2502)들로부터 전력을 공급받을 수 있으며 회로 구성요소들을 위해 필요한 전압 레벨 뿐만 아니라 소스 공진자를 구동시키도록 사용될 수 있는 전력 증폭기를 위한 DC 전압을 제공하기 위해 AC-to-DC 및 DC-to-DC 컨버터(2408S)를 포함할 수 있다. DC 전압은 조절될 수 있으며 전력 증폭기의 아웃풋 전력 레벨을 제어하도록 사용될 수 있다. 이 소스는 PFC(power factor correction circuitry)을 포함할 수 있다.

[0395] 상기 오실레이터(2508) 아웃풋은 소스 공진자(102S)를 구동시키는 전력 증폭기(2504)에 대한 인풋으로서 사용될 수 있다. 오실레이터 주파수(oscillator frequency)는 튜닝가능할 수 있으며 오실레이터 시그널의 진폭(amplitude)은 전력 증폭기로부터 아웃풋 전력 레벨을 조절하기 위해 어떤 한 수단으로서 변경될 수 있다. 주파수, 진폭, 페이스(phase), 파형(waveform), 및 오실레이터 시그널의 작업 주기(duty cycle)는 아날로그 회로,

디지털 회로, 또는 아날로그 및 디지털 회로의 조합으로 제어될 수 있다. 제어 회로는 마이크로프로세서, 디지털 시그널 프로세서, 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이 프로세서 등과 같은 프로세서(2410S)를 포함할 수 있다.

[0396] 소스 및 장치 공진자의 임피던스 매칭 블록(2402)은 전력 및 제어 회로와 소스 및 장치 공진자를 튜닝하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 이러한 회로의 튜닝은 시스템 내의 장치와 소스 사이의 거리에서 외부 물체 또는 변경사항들로 인해 장치 공진자 또는 소스의 퀄리티 팩터(Q)의 동요(perturbation)를 위해 조절될 수 있다. 또한 이러한 회로들의 튜닝은, 작동 환경을 감지하고, 하나 이상의 장치들로의 전력 흐름을 제어하며, 무선 전력 네트워크로의 전력을 제어하고, 안전하지 못하거나 또는 장애 모드 상태들이 감지되었을 때 전력을 줄이도록 사용될 수 있다.

[0397] 전력, 전압 및 전류 시그널들의 임의의 조합은 소스 회로에 있는 임의의 지점에서 모니터링될 수 있다. 이러한 시그널들은 아날로그 또는 디지털 또는 조합된 아날로그 및 디지털 기술들을 이용하여 모니터링될 수 있다. 이렇게 모니터링된 시그널들은 피드백 회로에서 사용될 수 있거나 또는 다양한 공지 방법들로 유저에게 보고될 수 있거나 또는 저장될 수 있으며 추후에 검색될 수 있다. 이러한 시그널들은 유저에게 시스템 장애를 알리고, 안전 임계제한점을 초과할 때 이를 유저에게 알려주며, 성능을 표시하거나, 또는 오디오, 비디오, 진동 등의 피드백을 시스템의 유저에게 제공하도록 사용될 수 있다.

[0398] 상기 소스 파워 및 제어 회로는 프로세서를 포함할 수 있다. 이 프로세서는 소스 공진자와 전력 및 제어 회로의 작동 포인트 또는 상태를 관측하도록 사용될 수 있다. 상기 프로세서는 회로, 소자, 구성요소, 서브시스템 및 공진자의 작동 포인트를 조절하고 해석하기(interpret) 위한 알고리즘을 실행할 수 있다. 상기 프로세서는 소스의 임피던스 매칭, 공진자, DC-to-DC 컨버터, AC-to-DC 컨버터, 오실레이터, 소스의 전력 증폭기 등을 조절하도록 사용될 수 있다. 상기 시스템의 조절가능한 구성요소들과 프로세서는 주파수 및/또는 시간 전력 전달 멀티플렉싱 스킴(scheme)을 실행하도록 사용될 수 있다. 상기 프로세서는 그 외의 다른 장치들과 소스들에 대한 무선 또는 유선 데이터 통신 링크장치를 가질 수 있으며 시스템의 작동 포인트를 조절하도록 사용될 수 있는 데이터를 전송할 수 있거나 또는 수신할 수 있다.

[0399] 상세하고 특정의 디자인들이 상기 블록 다이어그램에 도시되어 있지만, 당업자에게는, 대표적인 시스템의 사상 내에서, 빌딩 블록 및 구성요소들의 다수의 상이한 재배열과 변형예들이 가능하다는 것이 자명할 것이다. 예시적인 목적으로 회로의 분할이 개략적으로 설명되어 있으며, 당업자에게는, 각 블록의 구성요소들이 더 작은 블록들로 추가로 분할될 수 있거나 또는 통합 혹은 공유될 수 있음이 자명할 것이다. 이와 균등한 예에서, 전력 및 제어 회로는 개별적인 불연속 구성요소 또는 이보다 큰 집적 회로로 구성될 수 있다. 예를 들어, 정류기 회로는 불연속 다이오드로 구성될 수 있거나, 또는 단일 칩(chip) 위에서 집적된 다이오드를 사용할 수 있다. 그 외의 다른 다수의 회로와 집적 장치들은 전력 또는 크기 또는 비용 또는 분야와 같은 설계 기준에 따라 디자인이 대체될 수 있다. 상기 전력 및 제어 회로의 전체 또는 소스 또는 장치 회로의 임의의 일부는 한 칩 위에 집적될 수 있다.

[0400] 소스 및/또는 장치의 임피던스 매칭 네트워크는 커패시터(capacitor) 또는 커패시터의 네트워크, 인덕터(inductor) 또는 인덕터의 네트워크, 또는 커패시터, 인덕터, 다이오드, 스위치, 레지스터(resistor)의 임의의 조합 등을 포함할 수 있다. 임피던스 매칭 네트워크의 구성요소들은 조절될 수 있으며 변경가능하고 시스템의 작동 포인트와 효율성에 영향을 끼치도록 제어될 수 있다. 공진자의 연결 지점을 제어하고, 자성 재료의 투과성(permeability)을 조절하며, 바이어스 필드(bias field)를 제어하고, 여자 주파수(excitation frequency)를 조절함으로써, 상기 임피던스 매칭이 실행될 수 있다. 상기 임피던스 매칭은 버랙터(varactor), 버랙터 어레이, 스위치된 소자, 커패시터 뱅크(capacitor bank), 스위치되고 튜닝된 소자, 리버스 바이어스 다이오드(reverse bias diode), 에어 갭 커패시터(air gap capacitor), 압축 커패시터(compression capacitor), BZT 전기튜닝식 커패시터, MEMS-튜닝 커패시터, 전압가변식 유전체(voltage variable dielectrics), 트랜스포머 커플링 튜닝 회로(transformer coupled tuning circuit) 등의 임의의 개수 또는 이들의 조합을 포함하거나 혹은 사용할 수 있다. 가변 구성요소들은 기계적으로 튜닝될 수 있고, 열적 튜닝될 수 있으며, 전기적으로 튜닝될 수 있고, 피에조일렉트릭 방식 등으로 튜닝될 수 있다. 임피던스 매칭 소자들은 실리콘 장치, 갈륨 니트라이드 장치, 실리콘 카바이드 장치 등일 수 있다. 이 소자들은 고전류, 고전압, 고전력, 또는 임의의 조합의 전류, 전압 및 전력을 견디도록 선택될 수 있다. 상기 소자들은 하이-Q 소자가 되도록 선택될 수 있다.

[0401] 소스의 매칭 및 튜닝 계산은 상기 장치에 전력을 공급하는 USB 포트를 통해 외부 장치에서 수행될 수 있다. 이 장치는 컴퓨터, PDA 또는 그 외의 다른 연산 플랫폼일 수 있다.

- [0402] 시연 시스템(demonstration system)에는 무선 전력공급/재충전식인 다수의 소비자용 전자 장치들에 커플링되고 장치 공진자에 커플링된 소스 공진자를 사용하는데, 상기 다수의 소비자용 전자 장치들에는 랩 탑, DVD 플레이어, 프로젝터, 휴대폰, 디스플레이, 텔레비전, 프로젝터, 디지털 픽처 프레임, 라이트(light), TV/DVD 플레이어, 휴대용 뮤직 플레이어, 서킷 브레이커(circuit breaker), 휴대용 공구(hand-held tool), 개인용 디지털 보조장치, 외부 배터리 충전기, 마우스, 키보드, 카메라, 액티브 부하(active load) 등이 포함되지만 이들에만 제한되지는 않는다. 다양한 장치들이 단일의 장치 공진자로부터 동시에 전력을 공급받을 수 있다. 장치 공진자들은 소스 공진자들과 같이 동시에 작동될 수 있다. 상기 장치 공진자에 공급된 전력은 목표 장치 공진자로 전달되기 전에 또 다른 공진자들을 통과할 수 있다.
- [0403] 모니터링, 피드백 및 제어
- [0404] 소위, 포트 파라미터 측정 회로(port parameter measurement circuitry)가 시스템 내에 있는 특정 전력, 전압, 및 전류, 시그널들을 측정하거나 또는 모니터링 할 수 있으며, 프로세서 또는 제어 회로들은 이 측정값들에 따라 작동 파라미터들 또는 특정 세팅을 조절할 수 있다. 이 포트 파라미터 측정값들, 전류 시그널과 전압 크기(magnitude) 및 페이스, 및 전력 시그널 크기 외에도, 시스템 전반에 걸쳐 시스템 성능을 측정하거나 또는 모니터링하기 위해 접근될 수 있다(accessed). 본 명세서에서 언급되는 측정된 시그널(measured signal)들은 포트 파라미터 시그널, 뿐만 아니라 전압 시그널, 전류 시그널, 전력 시그널 등의 임의의 조합일 수 있다. 이러한 파라미터들은 아날로그 또는 디지털 시그널을 사용하여 측정될 수 있고, 샘플링되고 처리될 수 있으며, 다수의 공지된 아날로그 및 디지털 프로세싱 기술을 이용하여 디지털화되거나 또는 변환될 수 있다. 측정된 시그널 또는 모니터링된 시그널은 시스템 및/또는 공진자의 작동상태를 제어하기 위해 피드백 회로 또는 시스템에서 사용될 수 있다. 일반적으로, 상기 모니터링된 시그널 또는 측정된 시그널들은 레퍼런스 시그널(reference signal), 또는 포트 파라미터 측정값 또는 시그널로서 언급되는데, 종종 예러 시그널, 모니터 시그널, 피드백 시그널 등으로서도 언급되기도 한다. 여기서는, 전압 제어식 커패시터를 구동시키도록 사용된 전압과 같은 회로 소자(circuit element)들을 제어하도록 사용되는 시그널들은 컨트롤 시그널(control signal)들로서 언급된다.
- [0405] 몇몇 경우에서, 회로 소자들은 소스 및 장치 공진자를 위해 특정 또는 미리 정해진 임피던스 값을 구현하도록 조절될 수 있다. 그 외의 다른 경우, 임피던스는 장치 공진자가 파워 컨슈머(power consumer) 또는 컨슈머에 연결될 때 소스 및 장치 공진자를 위한 원하는 임피던스 값을 구현하도록 조절될 수 있다. 그 외의 다른 경우에서, 상기 임피던스는 공진주파수(resonant frequency)에서의 변화 또는 소스 및/또는 장치 공진자의 운동(movement)으로 인해 임피던스 또는 전력 레벨 변화, 또는 공진자 주변의 환경에서의 변화(상호작용하는 재료 또는 물체의 운동과 같이)를 완화시키도록 조절될 수 있다. 그 외의 다른 경우에서, 소스 및 장치 공진자의 임피던스는 상이한 임피던스 값들로 조절될 수 있다.
- [0406] 커플링된 공진자(coupled resonator)들은 서로 다른 재료들로 제조될 수 있으며 상이한 회로, 구성요소 및 구조 디자인을 포함할 수 있거나 또는 동일할 수도 있다. 상기 커플링된 공진자들은 성능 모니터링 및 측정 회로, 시그널 프로세싱 및 제어 회로 또는 측정 및 제어 회로의 조합을 포함할 수 있다. 몇몇 또는 모든 하이-Q 자성 공진자(magnetic resonator)들은 튜닝가능한 임피던스 회로를 포함할 수 있다. 몇몇 또는 모든 하이-Q 자성 공진자들은 자동적으로 제어된 튜닝가능한 임피던스 회로를 포함할 수 있다.
- [0407] 도 41은 공진자의 특정 파라미터들을 측정하도록 구성된 포트 파라미터 측정 회로(3802)를 가진 자성 공진자를 도시하고 있다. 상기 포트 파라미터 측정 회로는 구성(structure)의 인풋 임피던스, 또는 리플렉트된 전력을 측정할 수 있다. 포트 파라미터 측정 회로들은 소스 및/또는 장치 공진자 디자인 내에 포함될 수 있으며 S-파라미터(스캐터링 파라미터), Z-파라미터(임피던스 파라미터), Y-파라미터(어드미턴스 파라미터), T-파라미터(트랜스미션 파라미터), H-파라미터(하이브리드 파라미터), ABCD-파라미터(체인, 케스캐이드 또는 트랜스미션 파라미터) 등과 같은 두 개의 포트 회로 파라미터들을 측정하도록 사용될 수 있다. 이 파라미터들은 다양한 타입의 시그널들이 가해질 때 선형 전기 네트워크(linear electrical network)의 전기적 행태(electrical behavior)를 기술하도록 사용될 수 있다.
- [0408] 상이한 작동 시나리오 또는 커플링 시나리오 하에서 전기 네트워크를 특정짓기 위하여 서로 다른 파라미터들이 사용될 수 있다. 예를 들어, S-파라미터는 매칭 부하(matched load) 또는 비매칭 부하(unmatched load)를 측정하도록 사용될 수 있다. 이에 추가하여, 소스 및 장치 자체 내에 있으며 및/또는 자성 공진자 내에 있는 전류 시그널과 전압의 크기와 페이스는 시스템 성능 정보를 산출하기 위해 다양한 지점에서 모니터링될 수 있다. 이 정보는 광(light), 리드-아웃(read-out), 비프(beep), 노이즈, 진동 등과 같은 유저 인터페이스에 의해 시스템의 유저에게 제공될 수 있거나, 혹은 디지털 시그널로서 제공될 수 있거나, 혹은 시스템의 자동제어에서 사용되

고 시스템 내에서 프로세서에 제공될 수 있다. 이 정보는 로그될 수 있고(logged), 저장될 수 있으며, 상위 레벨 모니터링 및 제어 시스템에 의해 사용될 수 있다.

- [0409] 도 42는 자성 공진자의 회로 다이어그램을 도시하고 있는데, 여기서 튜닝가능한 임피던스 네트워크는 전압 제어식 커패시터(3902) 또는 커패시터 네트워크를 사용하여 구현될 수 있다. 이러한 구현은 프로그래밍가능 전압 소스(3908) 등과 같은 컴퓨터 프로세서 및/또는 전기 회로에 의해 조절되고, 튜닝되거나 또는 제어될 수 있다. 예를 들어, 전압 제어식 커패시터는 측정 분석 및 컨트롤 알고리즘 서브시스템(3904)에 의해 처리되고 포트 파라미터 측정 회로(3802)에 의해 획득된 데이터에 대응하여 조절될 수 있다. 레퍼런스 시그널들은 포트 파라미터 측정 회로로부터 유도될 수 있거나(derived) 또는 원하는 시스템 작동 포인트로부터의 편차 정도(deviation degree)를 측정하도록 설계된 그 외의 다른 모니터링 회로로부터 유도될 수 있다. 측정된 레퍼런스 시그널들은, 시스템 내에서 하나 또는 몇몇 지점에서, 단일 주파수 또는 복수의 주파수에서, 전압, 전류, 콤플렉스-임피던스(complex-impedance), 리플렉션 계수(reflection coefficient), 전력 레벨 등을 포함할 수 있다.
- [0410] 레퍼런스 시그널들은 튜닝가능한 임피던스 매칭 네트워크 내에서 다양한 구성요소들의 값들을 변경시키기 위해 컨트롤 시그널들을 생성할 수 있는, 측정 분석 및 컨트롤 알고리즘 서브시스템 모듈에 공급될 수 있다. 이 컨트롤 시그널들은 전력 공급장치/발생기 및 전력 드레인/부하 사이에서 원하는 전력 교환을 구현하기 위해 장치에 의해 제공된 전력 레벨, 또는 소스에 의해 공급된 전력 레벨, 또는 자성 공진자의 인풋 임피던스 및/또는 공진 주파수를 변경시킬 수 있다.
- [0411] 자성 공진자의 임피던스 및/또는 주파수를 조절하기 위해 조절 알고리즘이 사용될 수 있다. 이 알고리즘은 시스템을 원하는 작동 포인트 또는 포인트들을 향해 이동하도록 시스템의 가변 또는 튜닝가능한 소자들을 제어하는 편차에 관한 아웃풋 보정(output correction) 또는 컨트롤 시그널들을 위한 원하는 작동 포인트로부터 편차 정도에 관한 레퍼런스 시그널에서 선택할 수 있다. 공진자가 무선 전력 트랜스미션 시스템에서 전력을 교환하는 동안 자성 공진자를 위한 레퍼런스 시그널들이 얻어질 수 있거나, 또는 이 레퍼런스 시그널들은 시스템 작동 동안 회로로부터 스위치 아웃(switch out)될 수 있다. 시스템에 대한 보정은, 연속적으로, 주기적으로, 임계 교차점(threshold crossing)에 따라, 디지털 방식으로, 아날로그 방법들을 사용하여 등과 같이 제공되거나 또는 수행될 수 있다.
- [0412] 도 43은 엔드-투-엔드(end-to-end) 무선 전력 트랜스미션 시스템을 도시하고 있다. 소스 및 장치 둘 다 포트 측정 회로(3802)와 프로세서(2410)를 포함할 수 있다. "커플러/스위치"로 표시된 박스(4002)는 포트 측정 회로(3802)가 커플러 또는 스위치의 방향에 의해 공진자(102)에 연결될 수 있으며, 소스 및 장치 공진자를 측정하고 조절하고 제어할 수 있게 하여, 이와 관련되거나 또는 이와는 다른 전력 전달 기능을 수행할 수 있게 하는 것을 가리킨다.
- [0413] 포트 파라미터 측정 및/또는 프로세싱 회로는 시스템 내에서 몇몇 공진자, 임의의 공진자, 또는 모든 공진자들과 배열될 수 있다(reside). 이 포트 파라미터 측정 회로는 전력 전달 시그널의 일부분들을 이용할 수 있거나 또는 소스/장치 공진자 반응(즉 시스템 내에서 두 포트들 간의 전달 및 리플렉션)을 측정하기 위해 주파수 범위를 초과하여 여자 시그널(excitation signal)을 이용할 수 있으며, 진폭 및/또는 페이즈 정보를 포함할 수 있다. 이러한 측정들은 스위프트(swept) 단일 주파수 시그널 또는 다중-주파수 시그널(multi-frequency signal)을 사용하여 구현될 수 있다. 무선 전력 전달 시스템과 공진자를 모니터링하고 측정하도록 사용된 시그널들은 디지털-아날로그 컨버터(Digital to Analog converter; DACs), 아날로그-디지털 컨버터(Analog to Digital converter; ADCs), 증폭기, 시그널 생성 칩, 패시브 구성요소(passive component) 등을 포함하는 표준형 인풋/아웃풋(I/O) 회로와 프로세서 또는 프로세서들에 의해 생성될 수 있다. 이러한 측정들은 네트워크 분석기(network analyzer)와 같은 테스트 기기를 이용하거나 또는 맞춤형 회로(customized circuitry)를 사용하여 구현될 수 있다. 상기 측정된 레퍼런스 시그널들은 ADC에 의해 디지털화될 수 있으며 컴퓨터, 마이크로프로세서, DSP 칩, ASIC 등에서 구동되는 맞춤형 알고리즘을 이용하여 처리될 수 있다. 상기 측정된 레퍼런스 시그널들은 아날로그 컨트롤 루프에서 처리될 수 있다.
- [0414] 상기 측정 회로는 S-파라미터, Y-파라미터, Z-파라미터, H-파라미터, G-파라미터, T-파라미터, ABCD-파라미터 등과 같은, 임의의 두 개의 포트 파라미터 세트를 측정할 수 있다. 측정 회로들은 드라이브 및 공진자 회로 내의 다양한 지점들에 있는 전류와 전압 시그널들과, 시스템의 맞은편 단부에 있는 즉 장치를 향해 소스 공진자 매칭 네트워크(도 43에서 "포트 1"을 가리킴)를 바라보는 소스 및 장치 공진자들의 어드미턴스 및/또는 임피던스를 특징짓도록 사용될 수 있다.
- [0415] 상기 장치는 관련 시그널 및/또는 포트 파라미터를 측정하고, 측정 데이터를 해석하며, 매칭 네트워크를 조절하

여 소스의 액션(action)에 상관없이, 커플링된 시스템 내로 바라보는 임피던스를 최적화시킬 수 있다. 상기 소스는 관련 포트 파라미터를 측정하고, 측정 데이터를 해석하며, 매칭 네트워크를 조절하여 장치의 액션(action)에 상관없이, 커플링된 시스템 내로 바라보는 임피던스를 최적화시킬 수 있다.

- [0416] 도 43은, 무선 전력전송 시스템내부의 소스와 장치를 도시한 블록선도이다. 상기 시스템은, 연결된 시스템내에서 성능을 최적화하기 위해 소스와 장치 공진자들 중 한 개 또는 양쪽내에서 튜닝/매칭(tuning/matching) 네트워크를 능동적으로 조정하는 제어 알고리즘을 수행하도록 구성된다. 포트 측정회로(3802S)는 소스내부의 신호들을 측정하고 상기 신호들을 프로세서(2410)에 전송한다. 프로세서(2410)는, 성능최적화 또는 안정화 알고리즘내에서 측정신호들을 이용하고 상기 알고리즘을 기초하여 제어신호들을 발생시킨다. 제어신호는, 공진자내부의 전력 및 장치들에 대한 연결과 같은 소스의 작동특성을 조정하기 위해 튜닝/임피던스 매칭 회로(2420S)내부의 가변 회로요소들에 적용될 수 있다. 제어회로들은, 공급을 차단 또는 연결하고, 전력레벨을 증감시키고 공급 신호들을 조절하기 위해 전력공급 또는 제네레이터에 제공될 수 있다.
- [0417] 소스와 장치사이에 교환되는 전력은, 다양한 요인들에 의존한다. 상기 요인들은, 소스와 장치가 가지는 유효 임피던스, 소스와 장치가 가지는 Q's, 소스와 장치가 가지는 공진 주파수, 소스와 장치사이의 거리, 소스와 장치 주변의 재료와 대상물 들의 상호작용 등을 포함할 수 있다. 포트측정회로와 처리 알고리즘은, 다이나믹하고 안정된 상태의 작동조건으로 전력전달을 최대화하기 위해 공진자 파라미터들을 조정하고, 전력전달을 일정하게 유지하며, 전력전달을 제어가능하게 조정하기 위해 함께 작동할 수 있다.
- [0418] 시스템 실시 중 상기 소스와 장치들의 일부, 전부가 포트측정회로(3802S)와 프로세서(2410) 능력을 포함하거나 포함하지 못할 수 있다. 도 44는, 단지 소스(102S)가 포트측정회로(3802)와 프로세서(2410S)를포함하는 엔드 대 엔드(end to end) 무선전력전송 시스템을 도시한다. 이 경우, 장치 공진자(102D) 작동특성은, 프로세서에 의해 발생하는 제어회로신호를 필요로하지 않고 아날로그 제어회로에 의해 조정되거나 고정될 수 있다.
- [0419] 도 45는, 엔드 대 엔드(end to end) 무선전력전송 시스템을 도시한다. 소스와 장치는 포트측정회로(3802)를 포함하지만, 도 45의 시스템내에서 단지 소스가 프로세서(2410S)를포함한다. 상기 소스와 장치는 서로 전달상태에 있고, 일부 시스템 파라미터의 조정은, 예를 들어, 소스와 장치사이의 무선전송회로(4202)를 통해 무선으로 전송되는 제어신호들에 응답할 수 있다. 상기 무선전송회로(4202)는, 무선전력전송채널(4208)로부터 분리되거나 동일할 수 있다. 즉, 전력교환을 위해 이용되는 공진자(102)는 정보를 교환하기 위해 이용될 수 있다. 일부 경우에, 정보는 부품, 소스 또는 장치 회로를 조정하고 포트파라미터 또는 다른 모니터링 장비에 따라 상기 변경을 감지하여 교체될 수 있다.
- [0420] 단지 소스가 프로세서(2410)를 포함하는 실시예들은, 소스가 모든 튜닝 및 조정 "결정"을 처리하고 제어신호를 다시 장치로 단지 전송하는 다중 장치 시스템에 유리할 수 있다. 상기 실시예는 장치내부의 프로세서가 요구하는 기능에 관한 요구를 제거하거나 감소시키기 때문에, 상대적으로 작게 장치를 구성할 수 있다. 각각의 장치에서 각 포트 측정으로부터 설정된 전체 데이터의 일부분은 분석을 위해 소스 마이크로프로세서로 전송되고, 제어 명령이 상기 장치들로 전송될 수 있다. 상기 전송은 무선전송이다.
- [0421] 도 46은, 엔드 대 엔드(end to end) 무선전력전송 시스템을 도시한다. 상기 예에서, 단지 소스가 포트측정회로(3802)와 프로세서(2410S)를포함한다. 상기 소스와 장치는 예를 들어, 무선전송회로(4202)를 통해 서로 전송될 수 있고, 일부시스템 파라미터의 조정은 상기 소스와 장치사에서 무선으로 전송되는 제어신호에 응답한다.
- [0422] 도 47은, 연결된 전자기 공진자(102)를 도시하고, 공진자의 주파수와 임피던스는 프로세서 또는 컴퓨터를 이용하여 자동으로 조정될 수 있다. 상기 소스와 장치의 공진주파수 튜닝 및 연속적인 임피던스 조정은, 도 47에서 C1, C2 및 C3로 도시된 커패시터 네트워크내에 포함된 역 바이어스 다이오드, 쇼트키 다이오드 및/또는 바랙터 소자에 의해 구성될 수 있다. 여기서 설명되고 도시되며 구성되는 회로 토폴로지는, 예이고 자동 시스템 튜닝 및 제어에 관한 언급을 제한하지 않는다. 다른 회로 토폴로지는, 본 공개내용에서 설명된 측정 및 제어 아키텍처와 이용될 수 있다.
- [0423] 장치와 소스의 임피던스와 공진주파수는, 네트워크 분석기(4402A-B) 또는 설명된 다른 수단에 의해 측정될 수 있고, 랩뷰(Lab View)(4404)와 같은 제어기에 의해 구성될 수 있다. 측정 회로 또는 장비는, 피드백 알고리즘을 구성하고 프로그램가능한 직류 전압원에 의해 주파수와 임피던스를 능동적으로 제어하는 컴퓨터 또는 프로세서에 데이터를 출력할수 있다.
- [0424] 배열에서, 튜닝가능한 커패시턴스를 실현하기 위해 이용되는 역 바이어스 다이오드(쇼트키, 반도체 정크션(junction) 등)가 매우 적은 직류를 이끌어 내고 큰 직렬 전력 저항을 가진 증폭기에 의해 역방향 바이어스될

수 있다. 상기 구성에 의해 자기 공진자내에서 매우 높은 Q를 유지하면서 공진자회로내에 제어가능한 회로소자에 직류제어신호들이 직접 제공될 수 있다.

- [0425] C2 바이어싱 신호들은, 요구되는 직류 바이어싱 전압들이 상이하든 도 47에 도시된 것처럼 직류 차단 커패시터(DC blocking capacitor)를가진 C1 및/또는 C3 바이어싱 신호들로부터 분리될 수 있다. 바이어싱 증폭기들의 전력은, 바이어싱 증폭기로부터 RF 전압을 분리시키고 비-기초(non- fundamental) RF 전압이 공진자내부로 유입되는 것을 차단하기 위해 회로접지로 바이패스된다. 인덕턴스 소자가 직류에서 단락회로로서 작동하기 때문에, 일부 커패시터들을 위한 역방향 바이어스 전압들은 인덕턴스 소자를 통해 공진자내부로 제공될 수 있다.
- [0426] 포트 파라미터 측정회로는, 공진주파수, 입력 임피던스, 공진자에 의해 포착되거나 저장된 에너지 또는 소스에 의해 전달되거나 장치부하로 전달되는 전력을 자동으로 조정하기 위해 이용되는 피드백 또는 제어 시스템의 일부로서 (요구되는 ADC 들 및 DAC들을 포함한) 프로세서와 신호들을 교환할 수 있다. 프로세서는 또한, 제어신호를 자기 공진자에 부착되거나 자기 공진자내에 위치한 튜닝 또는 조정 회로에 제공할 수 있다.
- [0427] 튜닝가능한 커패시터로서 바랙터(varactor)들 또는 다이오드를 이용할 때, 고정된 커패시터들을 튜닝/매칭 회로내에서 높은 역바이어스 전압에서 작동하는 튜닝가능한 커패시터들과 병렬 및 직렬로 배열하는 것이 유리할 수 있다. 상기 배열은, 튜닝가능한 커패시터내에서 작동전압을 최적화하여 회로내부의 개선 및 시스템 안정성 및 전력처리능력을 개선한다.
- [0428] 바랙터 또는 다른 역 바이어스 다이오드들은, 전압제어 커패시터로서 이용될 수 있다. 상대적으로 높은 전압 컴플라이언스 또는 서로 다른 커패시턴스가 요구될 때, 단일 바랙터 소자보다는 바랙터들의 배열이 이용될 수 있다. 바랙터들이 직렬 및 병렬로 연결된  $N \times M$  배열로 구성되고 배열내에서 개별 바랙터보다는 서로 다른 특성을 가진 단일 2 터미널 소자로서 처리될 수 있다. 예를 들어, 각 행의 부품들이 병렬로 연결되고 각 열의 부품들이 직렬로 연결되는 동일 바랙터들의  $N \times M$  배열은, 배열의 모든 단일 바랙터와 동일한 커패시턴스를 가지지만 배열의 단일 바랙터의 전압 컴플라이언스의 N배인 전압 컴플라이언스를 가진 2 터미널 장치로서 이용될수 있다. 배열내부의 개별 바랙터들이 가지는 파라미터의 가변성(variability)와 차이에 따라, 저항, 인덕터 등으로 구성된 추가 바이어싱 회로들이 필요할 수 있다. 자기 공진자 적용예들에 적합할 수 있는 언바이어스(unbias)된 바랙터(4502)들의  $4 \times 4$  배열이 도 48에 개략도시된다.
- [0429] 튜닝가능한 (바랙터/다이오드/커패시터) 소자들과 병렬 및/또는 직렬로 배열된 고정된 밸류(value) 커패시터(들)의 세심한 선택에 의해 시스템 성능이 추가로 개선될 수 있다. 회로 내부 또는 외부로 스위칭되는 다수의 고정 커패시터들은, 시험, 개발 및 작동하는 무선 전력전달 시스템에서 부딪칠 수 있는 공진자 Q's, 임피던스, 공진주파수, 전력레벨, 커플링 강도 등의 변화를 보상할 수 있다. 스위칭된 커패시터 뱅크(bank) 및 다른 스위칭된 소자 뱅크들은, 시스템 설계에서 요구되는 작동주파수와 임피던스 값으로 수렴을 보장하기 위해 이용될 수 있다.
- [0430] 분리되고 연결된 자기 공진자를 위한 예시적인 제어 알고리즘이, 도 47에 도시된 회로와 시스템소자들을 위해 설명된다. 한 개의 제어 알고리즘은 우선, 각각의 소스와 장치 공진자 루프들을 "분리(in isolation)"상태로 조정하고, 즉 시스템내부의 다른 공진자들을 상기 시스템으로부터 "단락(shorted out)"시키거나 "제거"될 수 있다. 실제로, 공진자를 예를 들어, C1 및/또는 C3를 최대화하여 훨씬 더 낮은 주파수에서 공진시켜서 공진자가 단락될 수 있다. 상기 단계는 효과적으로 공진자들사이의 커플링을 감소시켜서 특수 주파수와 임피던스에서 시스템을 단일 공진자로 감소시킨다.
- [0431] 자기공진자를 분리상태로 튜닝하는 작업은, 포트 파라미터 측정회로에 의해 측정된 값들이 미리 정해지거나 계산되거나 측정된 상대적인 값들에 있을 때까지, 튜닝 및 매칭 회로내에서 튜닝가능한 소자들을 변화시키는 작업을 포함한다. 포트 파라미터 측정회로에 의해 측정된 값에 대한 목표값(desired value)들은, 목표 매칭 임피던스, 주파수, 강한 커플링 파라미터 등에 기초하여 선택될 수 있다. 하기 예시적인 알고리즘을 위해, 포트 파라미터 측정회로는 주파수 범위에 걸쳐서 S- 파라미터를 측정한다. 공진자의 특징을 결정하기 위해 이용되는 주파수 범위는, 구해진 시스템 성능 정보와 계산/측정 속도사이의 보상일 수 있다. 하기 설명의 알고리즘을 위해 주파수 범위는 작동 공진주파수의 대략 +/- 20%일 수 있다.
- [0432] 분리된 각각의 공진자는 다음과 같이 튜닝될 수 있다. 우선, 공진자를 조정하지 않고 단락시킨다. 다음에 특징이 결정되고 조정되는 공진자내에서 C1, C2 및 C3를 최소화한다. 대부분의 경우, C1, C2 및 C3와 병렬로 배열되고 고정된 회로소자들이 존재하여, 이 단계는 커패시터를 영으로 감소시키지 않는다. 다음에 공진자 임피던스가 상기 측정 주파수 범위내의 모든 주파수에서 "목표(target)" 리얼 임피던스와 매칭될 때까지 C2를 증가시키는

시작한다. 초기의 "목표" 임피던스는 커플링된 시스템을 위한 예상 작동 임피던스보다 작다.

- [0433] C2는, 측정범위내의 주파수를 위해 초기의 "목표" 임피던스가 형성될 때까지 조정될 수 있다. 다음에, C1 및/또는 C3는, 상기 루프가 목표 작동주파수에서 공진될 때까지 조정될 수 있다.
- [0434] 상기 알고리즘에 따라 각각의 공진기가 조정될 수 있다. 각각의 공진자를 분리상태로 튜닝한 후에, 커플링된 시스템내에서 무선 전송 전력을 위한 공진 주파수 및/또는 입력 임피던스를 최적화하기 위해 제 2 피드백 알고리즘이 제공될 수 있다.
- [0435] 커플링된 시스템내 각 공진자내에서 C 및/또는 C2 및/또는 C3에 대한 원하는 조정은, 도 43에 도시된 "포트(들)"의 하나 및/또는 양쪽으로부터 입력 임피던스의 실수와 허수부분(real and imaginary part)들의 값을 측정하고 처리하여 결정될 수 있다. 커플링된 공진자들을 위해, 한 개의 공진자의 입력 임피던스를 변화시키면, 다른 공진자의 입력임피던스가 변화될 수 있다. 제어 및 트래킹 알고리즘은, 한 개의 포트를 포트에서의 측정값에 기초하여 원하는 작동위치로 조정하고 다음에, 다른 한개의 포트를 다른 포트에서의 측정값에 기초하여 조정할 수 있다. 상기 단계들은, 양쪽 측부들이 원하는 작동위치로 수렴할 때까지 반복될 수 있다.
- [0436] S 파라미터들은 소스와 장치 포트들에서 측정되고 뒤따르는 일련의 측정값들과 조정값들이 제공될 수 있다. 하기 설명에서,  $Z_0$ 는 입력임피던스이고 목표 임피던스이다. 일부 경우, 상기  $Z_0$ 는 50 옴이거나 50 옴에 근사하다.  $Z_1$  및  $Z_2$ 는  $Z_0$ 와 동일한 값이거나  $Z_0$ 와 상이한 중간 임피던스 값이다.  $Re\{\text{값}\}$ 은 값의 실수부분이고  $Im\{\text{값}\}$ 은 값의 허수부분을 의미한다.
- [0437] 커플링된 두 개의 공진자들이 가지는 입력 임피던스와 공진 주파수를 조정하기 위해 이용될 수 있는 알고리즘은 다음과 같다.
- [0438] 1) 상기 설명과 같이 각각의 공진자를 "분리"상태로 조정한다.
- [0439] 2)  $\omega_0$ 에서  $Re\{S_{11}\}=(Z_1+\epsilon_{Re})$ 일 때까지 C1/C3를 다음과 같이 조정한다.
- [0440] 만약  $Re\{S_{11@ \omega_0}\}>(Z_1+\epsilon_{Re})$  이면, C1/C3를 감소시킨다.  $Re\{S_{11@ \omega_0}\}<(Z_1+\epsilon_{Re})$  이면, C1/C3를 증가시킨다.
- [0441] 3)  $\omega_0$ 에서  $Im\{S_{11}\}=(+\epsilon_{Im})$  일때까지 소스 C2를 다음과 같이 조정한다
- [0442] 만약  $Im\{S_{11@ \omega_0}\}>\epsilon_{Im}$  이면, C2를 감소시킨다.  $Im\{S_{11@ \omega_0}\}<-\epsilon_{Im}$  이면, C2를 증가시킨다.
- [0443] 4)  $\omega_0$ 에서  $Re\{S_{22}\}=(Z_2+\epsilon_{Re})$ 일 때까지 장치 C1/C3를 다음과 같이 조정한다.
- [0444] 만약  $Re\{S_{22@ \omega_0}\}>(Z_2+\epsilon_{Re})$  이면, C1/C3를 감소시킨다.  $Re\{S_{22@ \omega_0}\}<(Z_2-\epsilon_{Re})$  이면, C1/C3를 증가시킨다.
- [0445] 5)  $\omega_0$ 에서  $Im\{S_{22}\}=0$  일때까지 장치C2를 다음과 같이 조정한다
- [0446] 만약  $Im\{S_{22@ \omega_0}\}>\epsilon_{Im}$  이면, C2를 감소시킨다.  $Im\{S_{22@ \omega_0}\}<-\epsilon_{Im}$  이면, C2를 증가시킨다.
- [0447]  $Z_0$ 가 원하는 매칭 임피던스이고  $\omega_0$ 가 원하는 작동 주파수일 때, 양쪽의  $Re\{S_{11}\}$ ,  $Im\{S_{11}\}$ 와  $Re\{S_{22}\}$ ,  $Im\{S_{22}\}$ 가  $\omega_0$ 에서  $((Z_0+\epsilon_{Re}), (+\epsilon_{Im}))$ 일 때까지 단계 1 내지 4를 반복하여 작동시스템을 구했다. 여기서  $\epsilon_{Im}$ 은  $\omega_0$ 에서 0의 목표값으로부터 허수부분의 최대편차이고,  $\epsilon_{Re}$ 는  $Z_0$ 의 원하는 값으로부터 실수부분의 최대편차를 나타낸다.  $\epsilon_{Re}$ 와  $\epsilon_{Im}$ 은 단계들의 갯수를 시스템성능(효율)의 잠재적인 비용에 수렴하여 감소시키거나 증가시키기 위해 조정될 수 있다. 단계 1 내지 4는, (예를 들어, 처음에 소스 허수부분을 조정하고 다음에 소스 실수부분을 조정하거나 처음에 장치 실수부분을 조정하고 다음에 장치 허수부분을 조정하여) 상기와 다른 다양한 방법들 및 시퀀스로 수행될 수 있다.중간 임피던스( $Z_1$ ,  $Z_2$ )들은 수렴(convergence)을 위해 요구되는 단계 수를 감소시키기 위해 단계 1 내지 4 동안 조정될 수 있다. 원하는 또는 목표 임피던스 값은 복잡(complex)하고 시간에 따라 또는 서로 다른 작동계획화에 변화될 수 있다.
- [0448] 단계 1 내지 4가 순서대로, 조합하여 여러 번에 걸쳐서 수행될 수 있다. 상기 알고리즘을 설명하면서 단계들 또는 상기 실시예에 대한 변형은, 당업자들에게 이해될 수 있다. 임피던스 또는 어드미턴스(admittance)가 동일한 결과를 유도하도록 선형 회로를 분석하기 위해 선택적으로 이용될 수 있는 동일한 방법에 따라 상기

알고리즘은, 모든 동등한 선형 네트워크 포트 파라미터 측정값들( 즉 Z 파라미터, Y- 파라미터, T- 파라미터, H-파라미터, ABCD-파라미터 등) 또는 상기 다른 모니터 신호들과 함께 수행될 수 있다.

- [0449] 소스와 장치 공진자들사이에 상호 인덕턴스 M(커플링)의 변화에 기인한 "부하가 있는" 저항, Rs 및 Rd의 변화에 따라 공진자들은 다시 튜닝될 수 있다. 유도 소자 자체가 가지는 인덕턴스의 변화 Ls 및 Ld는, 앞서 설명한 것과 같이, 외부 물체들의 유입에 의해 야기되고 또는 보상을 요구할 수 있다. 상기 변화는, 상기 조정 알고리즘에 의해 감소될 수 있다.
- [0450] 포트 파라미터 측정 회로를 소스 공진자와 튜닝/조정회로에 연결시키기 위해 방향성 커플러(directional coupler) 또는 스위치가 이용될 수 있다. 자기 공진자가 무선 전력전송시스템내에서 전력을 최소화하거나 시스템 작동시 회로의 스위칭이 꺼질 때 포트 파라미터 측정 회로는 자기 공진자의 특성(properties)을 측정할 수 있다. 상기 포트 파라미터 측정 회로는 일부 시스템작동 파라미터의 변화에 응답하거나 시작(start-up) 또는 일부 구간들에서 자기 공진자의 튜닝가능한 일부 소자들을 제어할 수 있다.
- [0451] 무선 전력 전송시스템은, 소스 및 장치 공진자가 가지는 임피던스 및/또는 공진주파수를 변화시키거나 튜닝하기 위한 회로를 포함할 수 있다. 튜닝회로가 소스와 장치 공진자내에 도시되지만, 대신에 회로가 단지 소스 또는 장치 공진자내에 포함되거나 회로가 단지 일부 소스 및/또는 장치 공진자들내에 포함될 수 있다. 또한, 우리가 상기 회로를 공진자의 공진 주파수 및/또는 임피던스를 "튜닝"하는 것으로 언급할 때, 튜닝작업은 구조의 임피던스 또는 커패시턴스와 같은 다양한 전기적 파라미터들이 변화하고 있는 것을 의미한다. 일부 경우에서, 상기 파라미터들은 정해진 특정 값을 구하기 위해 변화하고, 다른 경우에서 상기 파라미터들은 현재 변화하고 있는 목표 성능값을 최적화하거나 제어 알고리즘에 응답하여 변화할 수 있다. 일부 경우에서, 파라미터들은, 환경 또는 영역 등의 다른 소스 또는 장치들이 가지는 온도의 함수로서 변화한다.
- [0452] 적용예
- [0453] 열거된 각 적용예를 위해, 무선 전력전송을 가능하도록 이용되는 공진자 구조들이 공급되거나 출력되는 대상물들과 일체로 구성되거나 연결될 수 있는 다양한 방법들이 존재하는 것을 당업자들이 이해한다. 상기 공진자는 상기 소스 및 장치 대상물들로부터 물리적으로 분리될 수 있다. 상기 공진자는, 예를 들어, 와이어 또는 케이블과 직접적인 전기연결 또는 전통적인 유도 기술을 이용하여 대상물로부터 전력을 공급하거나 제거할 수 있다. 전기적 연결이, 대상물에서 공진자 전력으로부터 교류 또는 직류 전력 입력 포트까지 형성될 수 있다. 전기적 연결이 대상물의 출력전력 포트로부터 공진자 입력까지 형성될 수 있다.
- [0454] 도 49를 참고할 때, 도면에서 랩탑 컴퓨터인 장치(4900)로부터 물리적으로 분리된 전력공급 및 장치 공진자(4902) 및 전력공급으로부터 물리적으로 분리된 소스 공진자(4904)가 도시된다. 전력은 소스 공진자로 공급되고 전력이 전기적 연결에 의해 장치 공진자로부터 직접 구해될 수 있다. 당업자들은 참고자료로부터, 상기 공진자들이 가지는 형상, 크기, 재료조성, 배열, 위치 및 방향이 제한없는 예에 의해 제공되고, 상기 모든 파라미터들의 폭넓은 변화가 다양한 적용예들을 위한 공개기술에 의해 지원될 수 있는 것을 안다.
- [0455] 제한없이 랩탑의 예를 가지고 계속하면, 장치 공진자는 전력을 제공하거나 충전하고 있는 장치에 물리적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 도 50a 및 도 50b에 도시된 것과 같이, 장치 공진자(5002)가 장치(5000)의 하우징에 일체구성되거나 아답터(adapter)에 의해 부착될 수 있다. 상기 공진자(5002)는 장치상에서 보일 수 있거나(도 50b 내지 50d) 보이지 않을 수 있다(도 50a). 공진자는 장치에 고정되거나 장치내부로 일체구성되거나 장치내부로 플러그 인(plugged in)될 수 있다.
- [0456] 소스 공진자는, 시스템으로 전력을 공급하는 소스에 물리적으로 연결될 수 있다. 소스와 장치 공진자들에 관한 상기 설명과 같이, 공진자들이 전력 공급에 부착되거나 연결되거나 일체구성되는 다양한 방법이 존재한다. 당업자는, 공진자가 무선 전력전송 시스템내에 일체구성되는 다양한 방법이 존재하며, 소와 자치들이 유사하거나 상이한 일체화기술을 이용하는 것을 안다.
- [0457] 제한없이 랩탑 컴퓨터의 예를 가지고 계속하면, 랩탑 컴퓨터는 무선 전력 전송시스템에 의해 전력이 공급되거나 충전되거나 재충전될 수 있다. 소스 공진자가 무선 전력을 공급하기 위해 이용되고 장치 공진자가 무선 전력을 포착하기 위해 이용될 수 있다. 장치 공진자(5002)는 도 50d에 도시된 것처럼 스크린(디스플레이)의 변부 및/또는 도 50c에 도시된 것처럼 랩탑의 기저부에 일체구성될 수 있다. 상기 소스 공진자는 랩탑의 기저부에 일체구성되고 장치 공진자가 스크린의 변부에 일체구성될 수 있다. 상기 공진자들은 전력원 및/또는 랩탑에 고정될 수 있다. 상기 소스 및 장치 공진자들은 랩탑과 전력원으로부터 물리적으로 분리되고 케이블에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 소스 및 장치 공진자는 랩탑과 전력원으로부터 물리적으로 분리될 수 있고 종래기술의 유도

기술에 의해 전기적으로 연결될 수 있다. 당업자는, 상기 예가 랩탑으로 무선전력 전송하는 것에 관련되며, 상기 적용예를 위한 방법과 시스템들은 다른 전기적 또는 전자적 장치들과 적합하게 이용될 수 있는 것을 안다. 소스 공진자는 소스의 외부에 위치하고 전력을 장치 공진자로 공급하며 차례로 전력을 장치로 제공하거나 소스 공진자는 소스에 연결되고 전력을 장치 공진자에 공급하여 차례로 전력을 장치의 일부분에 공급하거나 소스 공진자가 소스의 내측에 위치하여 전력을 장치 공진자에 공급하여 차례로 전력을 장치의 일부분에 공급하거나 이들의 조합일 수 있다.

[0458] 일부 시스템에서, 소스, 또는 소스 공진자는 이동가능하거나 또는 활성화되고, 소스 또는 소스 공진자를 추적하고, 그를 따르고, 그에 부착할 수 있다. 이동가능한 장치에 대해, 바람직하게는 전력 전달 효율을 최대화시키기 위해 소스 공진자와 장치 공진자 사이의 정렬을 유지할 수 있다. 장치가 이동할 때, 소스 또는 소스 공진자가 장치 또는 장치 공진자의 위치를 추적하여 최적 또는 개선된 정렬을 보장하기 위해 자신의 위치를 조정할 수 있다. 소스에 의한 장치 추적은 자동이다. 소스는 장치의 위치를 판정하는 센서와 액추에이터, 모터, 자석 등과 같이 자신의 위치를 조정하는 수단을 포함한다. 소스는 전력 효율, 자기장, 장치에 의해 생성된 신호, 광학 인식 등에 의해 장치의 위치를 감지할 수 있다. 일부 실시예에서, 소스는 부분적으로 장치에 부착할 수 있다. 소스와 장치는 소스와 장치를 함께 부착시키는 자석을 포함할 수 있다. 자기 부착은 테이블과 같은 지지 구조물을 통해 기능할 수 있다. 자기 부착은 그것이 이동할 때 자유롭게 이동가능한 소스가 장치를 따라가도록 하면서 지지 구조물을 통해 소스에 부착한다. 예를 들면, 랩탑의 예를 계속들면, 자유롭게 이동가능한 구조물에 장착된 소스는 테이블 표면, 탁, 상자, 등과 같은 지지 구조물 아래에 장착될 수 있다. 테이블 표면의 탑상에 배치된 자석 부착으로, 랩탑은 상기 지지 구조물 아래의 소스를 끌어 당겨 적절한 정렬을 가져온다. 추가로, 장치 공진자를 가진 랩탑이 이동할 때, 또는 지지 구조물의 탑위를 미끄러질 때, 자유롭게 이동가능한 소스와 소스 공진자는 액티브한 이동 매커니즘을 필요로 하지 않으면서 소스와 장치 사이의 자기적 인력에 의해 랩탑의 장치 공진자를 따라간다. 일부 실시예에서, 액티브 및 패시브 이동 매커니즘의 조합이 사용되어, 예를 들면, 소스를 이동시켜 장치와 최초의 정렬을 하도록하여, 자기적 부착 수단이 때 장치를 수동적으로 따라가도록 한다.

[0459] 여기서 공개되는 시스템 또는 방법은, 제한없이 전화, 휴대 전화, 무선전화, 스마트 폰, PDA, 오디오 장치들, 뮤직 플레이어, MP3 플레이어, 라디오, 휴대용 라디오 및 플레이어들, 무선 헤드폰, 무선 헤드셋, 컴퓨터, 랩탑 컴퓨터, 무선 키보드, 무선 마우스, 텔레비전, 디스플레이, 평면 스크린 디스플레이, 컴퓨터 디스플레이, 가구에 설치된 디스플레이, 디지털 픽처 프레임, 전자 책(예를 들어, 킨들(Kindle), 전자 잉크 책(e-ink book), 잡지 등), (또한 콘트롤러, 게임 콘트롤러, 커맨더(commander), 클릭어(clicker) 등 및 텔레비전, 비디오 게임기, 디스플레이, 컴퓨터, 오디오 비주얼 장비(audio visual equipment), 라이트 등과 같은 다수의 전자장치들의 원격제어를 위한) 원격제어 유니트, 조명장치, 냉각장치, 공기순환장치, 정화장치, 개인용 듣기 보조구(hearing aid)들, 동력공구, 안전시스템, 경고장치, 벨(bell), 플래시 조명(flashes lights) 사이렌, 센서, 확성기, 전자 자물쇠(electronic lock), 전자 키패드, 광 스위치들, 다른 전기 스위치 등과 같은 전기 또는 전자 장치에 전력을 제공할 수 있다. 여기서, 전자 자물쇠라는 용어는, 기계식 키 자물쇠 대신에 도어상에 설치되고 (예를 들어, 전자식 콤보 키(combo-key), 자기 카드, RFID 카드 등) 전자적으로 작동하는 도어 자물쇠를 나타내기 위해 이용된다. 상기 자물쇠는 종종 배터리로 작동되어 배터리수명이 다될 때 작동을 멈출 수 있는 위험이 있고 사용자를 외부로부터 들어오지 못하게 한다. 이것은 배터리가 충전되거나 상기 무선 전력전송시스템에 의해 완전히 교체되어 회피될 수 있다.

[0460] 여기서, 라이트 스위치라는 용어는, (예를 들어, 천장의 중에서 라이트 고정체(light fixture)와 같은) 방의 다른 부분에서 장치를 끄고 켜며 (예를 들어, 방의 벽과 같은) 방의 다른 부분에 위치한 모든 스위치를 의미한다. 상기 스위치를 직접 연결하여 설치하기 위해, 장치로부터 스위치까지 와이어를 배열해야 한다. 일단 스위치가 특정위치에 설치되면, 이동하는 것은 매우 어려워진다. 선택적으로, "무선 스위치(wireless switch)"를 고려할 때, "무선"은 (온/오프) 스위칭 명령이 무선으로 전송되는 것을 의미하고, 전통적으로 상기 스위치는 작동을 위한 배터리를 요구한다. 다수의 배터리들이 주기적으로 교체되어야 하기 때문에, 일반적으로, 주택주위에 너무 많은 배터리가 작동하는 것은 비실용적이다. 따라서, 무선으로 전송되는 스위치가 무선으로 전력이 공급된다면, 더 편리하다. 예를 들어, 이미 배터리에 의해 전력이 공급되는 무선 도어 벨들이 존재하고, 배터리가 주기적으로 교체되어야 한다. 원격 도어벨 버튼은 완전히 무선으로 구성될 수 있고, 배터리를 교체할 필요없다. 여기서 '코드레스(corless)' 또는 '무선(wireless)' 또는 '전송무선(communication wireless)'의 용어는, 무선 전화를 위한 기지국, 무선 키보드를 위한 컴퓨터 등과 같은 다른 전기적 부품과 장치사이에 코드레스 또는 무선 전송이 존재하는 것을 의미하기 위해 이용된다. 당업자는, 전기적 또는 전자적 장치가 무선 전송 시설을 포함하고 상기 시스템과 방법은 장치에 무선 전력전송을 추가하기 위해 이용될 수 있는 것을 이해한다. 전기적 또는 전자적 장치에 대한 전력이 외부 또는 내부의 소스 공진자로부터 전달되거나 장치 또는 장치의 일부분에 전달될

수 있다. 무선 전력 전송은 소스 공진자 주변으로 들어가는 장치의 배터리를 교체 및/또는 충전할 필요를 상당히 감소시키고 따라서 고장시간(downtime), 비용, 종종 배터리와 관련된 처리 문제를 감소시킨다.

[0461]

상기 시스템과 방법은, 유선 전력공급 또는 배터리를 요구하지 않고도 전력을 조명기(lights)에 제공할 수 있다. 즉, 상기 시스템과 방법은 전력 소스에 유선연결 없이도 전력을 공급하고, 예를 들어, 1/4미터, 일미터, 3미터 등의 거리를 가로질러 중간 범위의 거리를 가로질러 방사되지 않고(non-radiatively) 에너지를 공급한다. 여기서 이용되는 '광(light)'은 예를 들어, 백열 광 전구, 형광 광전구 램프, 할로겐 램프, 가스방출 램프, 형광 램프, 네온 램프, 고강도 방출램프, 나트륨 증기 램프, 수은증기 램프, 전자광 램프(electroluminescent lamp), 발광 다이오드(LED) 램프 등과 같은 광원 자체를 가리키거나, 예를 들어, 테이블 램프, 바닥 램프, 천장 램프, 트랙 조명, 요홈구조의 라이트 고정체(recessed light fixture) 등과 같은 광고정체의 일부분으로서 라이트를 가리키거나, 예를 들어, 라이트/천장 팬 고정체 및 조명된 그림 프레임 등과 같은 다른 기능과 일체구성된 라이트 고정체를 가리킨다. 따라서, 상기 시스템과 방법은, 예를 들어, 전기적 와이어링의 설치를 최소화하여 광(light) 또는 라이트를 설치하기 위한 복잡성을 감소시키고 사용자가 라이트를 유선 전력공급원에 대한 걱정을 최소화하며 라이트를 배열하거나 장착할 수 있다. 예를 들어, 라이트는 소스 공진자의 근접한 영역에 배열되고, 소스 공진자는 상기 라이트의 위치에 대해 다수의 서로 다른 위치들, 예를 들어, 방의 바닥(방위에 다락이 존재할 때 및 천장 라이트의 경우와 같이), 옆방의 벽, 방아래의 천장, 방내부의 부품 또는 상기 방의 하부구조체 등에 장착된다. 예를 들어, 라이트/천장 팬 조합은, 종종 마스터 침실내에 설치되고, 마스터 침실은 종종 그 위에 다락을 가진다. 이 경우, 사용자는 간단히 라이트/천장 팬 조합을 천장에 장착하고 (가정용 유선 교류전원에 플러그 인된) 공급원 코일을 장착된 고정체위의 다락내에 배열하여 더욱 용이하게 라이트/천장 팬 조합을 마스터 침실내에 설치할 수 있다. 또 다른 예에서, 라이트는, 예를 들어 플러드 라이트(flood light) 또는 보안등과 같은 외부 라이트 및 상기 구조체내부에 장착된 소스 공진자일 수 있다. 집을 빌려쓰는 사용자들이 라이트와 다른 전기부품들을 새로운 전기 와이어링을 설치하지 않고도 장착할 수 있기 때문에, 상기 라이트 설치방법은, 주택임대인들에게 특히 유리하다. 상기 라이트를 위한 제어는, 근접 필드(near-field) 전송 또는 종래기술의 무선 전송방법에 의해 전송될 수 있다.

[0462]

장치부품이 종래기술의 전기부품 또는 고정체가 되도록, 상기 시스템과 방법은 소스 공진자로부터 장치부품내부로 설치되거나 장치 부품외부에 설치되는 장치 공진자로 전력을 공급할 수 있다. 예를 들어, 천장램프는 고정체 내부에 일체구성된 장치 공진자와 개장되거나 설계되고 천장램프는 종래기술의 유선 고정체이거나 장치 공진자를 가진 별도의 전기시설내부로 플러그 연결될 수 있다. 예를 들어, 전기 시설은, (예를 들어, 단락과 같은) 방의 바닥에 배열되고 장치공진자로부터 전력을 공급받는 종래기술의 다수 아울렛을 포함한 소스 공진자로부터 무선 전력을 수용하기 위한 장치공진자를 가지도록 설계된 무선 연결박스(junction box)일 수 있다. 천장에 장착된 무선 연결박스는 천장에 위치한 종래기술의 유선 전기부품( 예를 들어, 천장 라이트, 트랙 라이팅, 천장 팬)에 전력을 공급할 수 있다. 따라서, 천장램프는 건물의 하부구조를 통해 전선을 펼치지 않고도 천장에 장착될 수 있다. 종래기술의 아울렛 연결박스에 대한 상기 형태의 장치 공진자는, 건물의 내부 또는 외부에 대해 설계되고 휴대가능하게 제조되며 차량에서 이용되는 것을 포함한 복수 개의 적용예들에서 이용될 수 있다. 무선 전력은 예를 들어, 목재, 벽 보드, 절연체, 유리, 벽돌, 석재, 콘크리트 등과 같은 흔한 건축재료를 통해 전달될 수 있다. 감소된 설치비용, 재구성가능성, 증가된 적용 유연성의 장점은 사용자에게, 종래기술의 유선 설치물보다 상당한 장점이 된다. 종래기술의 아울렛 연결박스를 위한 장치 공진자는 장치 공진자로부터, 라인 전압(line voltage)로 전력을 효과적으로 전달하기 위해 요구되는 특정 주파수들을 변환하는 전력 공급 전자장치들, 고주파 AC를 이용가능한 전압과 주파수(AC 및/또는 DC)로 변환하는 전력포착 전자장치들, 상기 포착장치와 전력출력을 동기화하며 일정하고 안전하며 최대효율의 전력전달 등을 보장하는 제어장치와 같은 종래기술의 아울렛들로 전력을 용이하게 전달하기 위한 복수 개의 전기부품들을 포함할 수 있다.

[0463]

상기 방법 및 시스템은, 수분이 존재하고, 거칠며 제어되는 환경 예를 들어, 비에 노출되고 외부에 위치하며 수영장(pool)/샤우나/샤워(shower), 해상 적용물, 밀봉상태인 부품들, 폭발방지된 방, 외부 도로표지판, (예를 들어, 폭발증기 또는 곡물 보관탱크(silo) 또는 베이커리(bakery)와 같이 공수상태의 유기물(airbone organics)과 같은) 폭발 환경에 있는 거친 산업환경 등에서 작동하는 라이트 또는 전기부품들에 대해 장점을 가진다. 예를 들어, 수영장의 물높이아래에 설치된 라이트는 일반적으로, 와이어 업(wire up)하기 곤란하고 외부 와이어가 필요하지만 물로 밀봉되어야 한다. 그러나, 외부 와이어가 불필요하기 때문에, 상기 원리를 이용하는 수영장 라이트는 더욱 용이하게 방수될 수 있다. 또 다른 예에서, 폭발 증기를 포함한 폭발방지 실은 밀봉되어야 할 뿐만 아니라 (스파크를 발생시킬 수 있는) 모든 전기접촉 콘택트를 밀봉해야 한다. 다시 상기 원리들은, 상기 적용예를 위한 밀봉된 전기부품들을 편리하게 제공할 수 있다.

[0464] 상기 시스템과 방법은, 예를 들어, 원격 조정되는 게임 컨트롤러와 같은 게임 컨트롤러 적용에 전력을 공급할 수 있다. 상기 게임 컨트롤러는 종래기술에 의해 오직 배터리에 의해 전력을 공급받고, 게임 컨트롤러의 이용과 전력 프로파일(profile)은 잦은 배터리, 배터리팩, 재충전가능한 배터리들 등의 교체를 야기하며, 확장된 게임 플레이를 하는 동안 일관된 사용을 위해서 바람직하지 못하다. 장치 공진자는 게임 컨트롤러에 배열되고, 소스 공진자는 전력 소스에 연결되며 근접하게 배열될 수 있다. 또한, 게임 컨트롤러내부의 장치 공진자는 배터리없이 게임 컨트롤러 전자장치들에 직접 전력을 공급하고, 전력을 배터리, 배터리 팩, 재충전가능한 배터리 등에 공급하며, 다음에 게임 컨트롤러 전자장치 등에 전력을 공급한다. 게임 컨트롤러는 다수의 배터리 팩들을 이용하고, 각각의 배터리팩은 장치공진자를 가지며 따라서 게임 컨트롤러내부로 플러그인되는지 여부와 상관없이 소스공진자와 근접한 위치에 있는 동안 계속해서 재충전될 수 있다. 소스공진자는 '연장 코드'내부로 일체구성되는 소스 공진자내부와 같이 연장시설 형태의 교류전력으로 존재하고, 벽 AC내부로 플러그인되거나 메인 게임 컨트롤러 시설내부로 플러그인되거나 게임기 의자내부의 배터리팩에 의해 전력이 공급되 등의 게임을 위한 메인 게임 컨트롤러 시설내에 배열되고, 게임 컨트롤러 시설과 소스 공진자는 교류 '주택'용 전원으로부터 전력이 공급된다. 소스 공진자가 상기 구조물내에 배열되고 설치될 수 있다.

[0465] 상기 시스템과 방법은 장치 공진자를 다른 배터리 팩들과 서로 교체될 수 있는 배터리팩과 같은 배터리팩내부로 일체구성된다. 예를 들어, 일부 휴대가능한 장치들은 사용자가 다수의 교체가능한 배터리팩들을 가져야하거나 사용자가 예를 들어, 동력공구, 휴대용 라이트, 원격제어 차량 등과 같이 작업을 계속하기 위해 추가의 배터리팩을 요구하고 소스 공진자의 범위로부터 벗어난 장치를 작동시키도록 빠른 속도로 전기에너지를 소모한다. 상기 원리의 이용은, 범위내에서 사용하는 동안 장치 공진자가 배터리팩을 재충전하는 방법을 제공할 뿐만 아니라 소스 공진자의 범위내에서 현재 이용되지 않는 배터리 팩을 재충전하기 위한 방법을 제공할 수 있다. 상기 방법에 의해, 배터리팩은 사용한 배터리팩의 충전이 바닥났을 때 사용할 준비가 된다. 예를 들어, 소스 공진자로부터 직접 전력공급되는 것을 통해 실현될 수 있는 것보다 현재 요건이 더 엄격한 무선 전력공급을 가지고 사용자가 작업할 수 있다. 이 경우, 상기 시스템과 방법이 범위내에서 사용중인 배터리팩에 충전전력을 제공하더라도, 전력사용은 재충전 속도를 초과하기 때문에, 배터리팩은 바닥날 수 있다. 또한, 사용자는 장치를 사용하는 동안 범위내에 있거나 범위를 벗어나 있거나 범위를 완전히 벗어나게 될 수 있다. 그러나, 사용자는 사용하지 않을 때 충전된 배터리팩을 소스 공진자 근처에 배열할 수 있고, 배터리팩은 사용하기 충분하게 충전되어 있다. 또 다른 예에서 사용자는 소스 공진자근처로부터 떨어져 동력공구를 가지고 작업하지만 보조적인 배터리팩을 소스 공진자근처 예를 들어, 휴대용 소스 공진자를 가진 방 또는 연장 코드 소스 공진자 또는 사용자의 차량 또는 사용자의 공구박스 등에서 충전하도록 놓아둔다. 상기 방법에 의해 사용자는 앞으로 사용할 배터리팩에 플러그인할 것을 기억하거나 시간을 확보해야하는 걱정을 할 필요없게 된다. 사용자는 단지 사용한 배터리팩을 충전된 배터리팩으로 교체하고 재충전을 위해 소스 공진자 근처에 사용한 배터리팩을 배열한다. 장치 공진자가 공지된 배터리형태 팩터들과 콤팩트들을 가진 용기내부에 설치되고 종래기술의 화학 배터리를 공지된 장치와 적용에서 교체한다. 예를 들어, 장치공진자들은 AA 배터리 AAA 배터리, D 배터리, 9V 배터리, 랩탑 배터리, 휴대폰 배터리 등에 상응하는 기계적 크기를 가진 용기내부에 설치될 수 있다. 상기 용기들은, 시간 또는 거리와 관련하여 전하를 저장하고 연장된 작업을 제공하는 장치 공진자이외에 상대적으로 작은 "버튼 배터리"를 포함한다. 버튼 배터리이외에 또는 버튼 배터리를 대신하여 다른 에너지 저장장치들이 장치 공진자와 관련 전력변환 회로에 일체구성될 수 있다. 상기 새로운 엔지 팩들은 종래기술의 배터리에 의해 공급되는 것과 같은 유사한 전압 및 전류레벨을 제공하지만, 장치 공진자, 전력변환전자장치들, 소형 배터리 등으로 구성될 수 있다. 상기 새로운 에너지 팩은 더욱 용이하게 재충전되고 무선 전력 영역내에 있을 때 종래기술의 배터리보다 오랜동안 이용될 수 있다. 또한 상기 에너지 팩은 종래기술의 팩보다 가볍고 사용하고 보관하기에 안전하며 더 넓은 범위의 온도와 습도에서 작동하며 처리시 환경에 덜 위험하다. 상기 설명과 같이, 상기 에너지팩은 상기 무선 전력영역내에서 이용될 때 제품수명을 지나 이용될 수 있다.

[0466] 상기 시스템과 방법은 랩탑 스크린의 경우에서처럼 시각적 디스플레이에 전력을 제공하고 텔레비전, 컴퓨터 모니터, 데스크톱 모니터, 랩탑 디스플레이, 디지털 포토 프레임, 전자 북, (전화, PDA, 게임 네비게이션 장치, DVD 플레이어와 같은) 모바일 장치 디스플레이 등과 같은 오늘날 전기 및 전자 부품들에서 이용되는 다양한 디스플레이들을 포함하기 위해 이용될 수 있다. 상기 무선 전력전송시스템을 통해 전력이 공급되는 디스플레이들은 또한, (예를 들어, 오디오 장치, 가정용 가전제품, 차량 디스플레이, 오락용 장치, 금전등록기, 원격제어기와 같은 전자부품들 또는 가구 또는 건물 하부구조 또는 차량 또는 (예를 들어, 차량, 건물, 의류, 간판, 교통수단의 표면과 같은) 대상물의 표면 등에 설치(embedded)된 디스플레이를 포함할 수 있다. 상기 디스플레이는 광고 간판과 같이 상당히 크거나 상기 스마트 카드와 같이 작은 공진 장치들을 가지고 매우 작게 구성될 수 있다. 상기 원리를 이용하여 전력이 공급되는 디스플레이는 또한 복수 개의 이미징 기술 즉 액정 표시장치(LCD),

박막 트랜지스터 LCD, 패시브(passive) LCD, 음극관(CRT), 플라즈마 디스플레이, 프로젝터 디스플레이(예를 들어, LCD, DLP, LCOS), 표면전도 전자 방출 디스플레이(SED), 유기발광 다이오드(OLED) 등일 수 있다. 소스 코일 구조는, 상기 무선 연장 코드로부터 예를 들어, 건물 전력, 차량전력과 같은 일차 전력소스에 부착되는 것, (예를 들어, 컴퓨터 기저부, TV를 위한 케이블 박스와 같은) 전자부품의 기저와 같은 부품 전력에 부착되거나, 중간 릴레이 소스 코일 등에 부착되는 것을 포함한다. 예를 들어, 벽에 디지털 디스플레이를 거는 작업은, 예를 들어, 무선 또는 휴대용 메모리 장치를 통해 정보를 입력하는 디지털 포토 프레임의 경우와 같이 매우 매력적인 일이지만, 보기 싫은 전력 코드가 필요하여 미적으로 바람직하지 못하다. 그러나 상기 장치 코일을 디지털 포토 프레임내에 설치 예를 들어, 프레임 부분내에 둘러싸일 때 디지털 포토 프레임은 전선없이 걸릴 수 있다. 소스 공진자는 다음에 예를 들어, 열방내에서 벽의 다른 측면과 같이 디지털 포토 프레임 근처에 배열되고 상기 무선 연장 코드 또는 방을 위한 중앙 소스 공진자로부터 직접 종래기술의 전력 아울렛내부로 플러그인될 수 있다.

[0467] 상기 시스템과 방법은, 전자장치 시설의 서로 다른 부분들사이에 무선 전력전송을 제공한다. 제한없이 랩탑 컴퓨터의 예를 가지고 계속하면, 랩탑 컴퓨터의 스크린은 랩탑의 기저부로부터 전력을 요구한다. 이 경우에, 전력은 종래기술에 따라, 직접적인 전기연결부를 통해 랩탑의 기저부로부터 스크린과 기저부사이의 힌지연결된 랩탑 부분위에서 스크린까지 경유한다. 유선연결이 이용될 때, 유선연결은 닳거나 파손되는 경향이 있을 때, 랩탑 컴퓨터의 설계기능은 요구되는 직접 전기연결에 의해 제한되고, 랩탑 컴퓨터의 설계미학은 요구되는 직접 전기연결부 등에 의해 제한될 수 있다. 그러나, 무선 연결은 기저부와 스크린사이에 형성된다. 이 경우, 장치 공진자는 디스플레이에 전력을 공급하는 스크린 부분에 배열되고 기저부는 제 2 장치 공진자 또는 종래기술의 유선연결, 또는 공진자-배터리- 직접전기 연결부 등에 의해 전력이 공급될 수 있다. 이것은, 물리적인 유선연결부의 제거에 기인하여 전력 연결부의 신뢰성을 향상시키고 설계자가 힌지와 관련한 물리적인 와이어의 부재를 고려하여 랩탑의 힌지 부분의 기능 및/또는 미적 설계를 개선시킬 수 있게 한다. 다시 랩탑 컴퓨터는 상기 원리가 전기 또는 전자장치의 설계를 개선시키는 방법을 설명하기 위해 이용된 것이며 본 발명을 제한하지 않는다. 예를 들어, 별도의 물리적 부분들을 가진 다수의 다른 전기장치들은, 예를 들어, 열음 생성기를 포함한 도어에서 전기적 기능을 가진 냉장고, 센서 시스템, 라이트 등, 차량의 도어내에 부품과 차량 전력시스템 등과 같은 상기 시스템과 방법으로부터 유리해진다. 당업자는 전기 및 전자 장치의 범위를 너머 광범위하게, 외부의 소스 공진자로부터 장치 공진자를 거쳐 장치 또는 외부 또는 내부의 소스 공진자로부터 장치 공진자를 거쳐 장치의 일부에 전력을 공급하는 능력을 이해한다.

[0468] 상기 시스템과 방법은, 충전된 장치와 충전안 된 장치와 같이 장치들사이에 전력을 공유하기 위해 제공될 수 있다. 예를 들어, 충전된 장치는 근처의 장치에 대하여 소스와 같이 작동하고 정해진 양의 에너지를 전송하고 에너지 양 또는 요구되고 승인 양의 에너지로 다이얼(dial)된다. 예를 들어, 사용자는 설치된 소스 및 장치 공진자들을 통해 전력을 전송하고 수용할 수 있는 휴대폰 및 디지털 카메라를 가질 수 있고, 휴대폰과 같은 장치는 매우 낮은 충전상태에 있다. 사용자는 다음에, 전하를 디지털 카메라로부터 휴대폰으로 전달할 수 있다. 상기 장치에서 소스 및 장치 공진자는 전송과 수용을 위해 동일한 물리적 공진자를 이용하고 별도의 소스와 장치 공진자를 이용하며 한 개의 장치는 수용하고 전송하도록 설계되는 반면에, 다른 한 개의 장치는 단지 수용하도록 설계되고 한 개의 장치는 단지 전송하도록 설계되며 다른 한 개의 장치는 수용한다.

[0469] 장치의 배터리가 완전히 방전되는 것을 방지하기 위해, 장치는 수용장치에게 주어진 전력소스 양을 구체화하는 세팅을 가질 수 있다. 예를 들어, 외부장치에게 이용될 수 있는 전력양을 제한하고 배터리 전원이 임계값이하로 떨어질 때 전력전송을 차단하는 능력을 가지는 것이 유리할 수 있다.

[0470] 상기 시스템과 방법은 전기 시설과 관련하여 근처의 전기 또는 전자 부품들로전달하는 무선 전력을 제공할 수 있고, 소스 공진자는 전기시설내에 위치하고 장치 공진자는 전자부품내에 위치한다. 소스 공진자는 또한, 전기 시설의 (예를 들어, USB 인터페이스, PC 카드 인터페이스와 같은) 만능 인터페이스, 보조 전기 아울렛, 만능 부착 포인트 등을 통해 전기시설에 연결, 플러그인 부착될 수 있다. 예를 들어, 소스 공진자는 컴퓨터의 USB 인터페이스내부로 연결되는 것처럼 컴퓨터에 연결되는 일부 대상물, 패드 등내부로 일체구성되거나 데스크상의 컴퓨터 구조내에 배열될 수 있다. 상기 대상물, 패드 등내에 설치되고 USB 인터페이스를 통해 전력공급되는 소스 공진자의 예에서, 소스 공진자는 다른 전자 장치내부로 일체구성될 필요없이 사용자의 데스크 톱에 용이하게 부착되어, 다음에 편리하게 무선 에너지 영역을 제공하며, 상기 영역주위에서 복수 개의 전기 및/또는 전자장치들이 전력공급된다. 상기 전기시설은 컴퓨터, 라이트 구조체, 소스 공진자 전기시설 등일 수 있고, 컴퓨터 키보드, 컴퓨터 마우스, 팩스 머신, 프린터, 스피커 시스템휴대전화, 오디오, 인터콤, 뮤직 플레이어, PDA, 라이트, 전기식 연필깎기, 팬 디지털 사진 프레임, 계산기, 전자식 게임 등과 같은 근처의 부품들은 컴퓨터 주변기기, 들

러싸는 전자 부품들, 하부구조 장치들 동일수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템은 무선 키보드와 무선 마우스를 이용하는 일체형 소스 공진자를 가진 전기시설일 수 있고, 무선이라는 용어는 각 장치와 컴퓨터사이 무선 전송시설이 있고 각 장치는 아직 별도의 배터리 전원을 포함해야하는 것을 의미한다. 그 결과, 배터리들은 주기적으로 교체되어야 하고, 대형회사에서 배터리교체를 위한 지원 인원, 배터리 비용 및 배터리의 적절한 처리에 관한 부담을 가진다.

[0471] 선택적으로, 상기 시스템과 방법은 컴퓨터의 본체로부터 키보드와 마우스에 대한 전원 및 팩스, 프린터 스피커 시스템 등과 같은 다른 주변 부품들을 포함하여 각각의 상기 주변장치까지 무선 전력전송을 제공할 수 있다. 전기시설내부로 일체화되는 소스 공진자는 다수의 주변장치들, 사용자 장치 등으로 무선 전력전송을 공급하여, 소스 공진자가 일체구성된 전기시설의 근접영역에서 장치를 위한 배터리의 교체 및/또는 충전을 위한 요구를 상당히 감소시킨다. 전기시설은 또한 전기시설과 무선전력 공급장치사이에서 전력전달을 조정하기 위해 튜닝 또는 오토튜닝 소프트웨어, 알고리즘, 시설 등을 제공한다. 예를 들어, 전기시설은 사용자의 데스크톱의 컴퓨터일 수 있고, 소스 공진자는 (예를 들어, USB 연결부와 같은) 컴퓨터내부로 플러그인되거나 컴퓨터내부로 일체구성되며, 컴퓨터는 (예를 들어, 컴퓨터를 작동시키는 소프트웨어를 통해) 튜닝 알고리즘을 제공하기 위한 시설을 제공한다.

[0472] 상기 시스템과 방법은, 시설 하부 부품과 함께 근처의 전기 또는 전자 부품에 무선 전력 전달을 제공하고, 소스 공진자는 시설 하부부품내에 위치하거나 장착되며, 장치 공진자는 전자부품내에 위치한다. 예를 들어, 시설하부 부품은 가구, 고정벽, 이동식 벽 또는 파티션, 천장, 바닥의 일부분 및 (예를 들어, 표면하부/상부, 테이블 상부 또는 테이블 다리에 일체구성되는 측부와 같은) 테이블 또는 데스크내부로 일체구성되거나 부착되는 소스 공진자, (예를 들어, 데스크상에 배열되고 데스크아래에 배열되는) 바닥상에 배열된 매트(mat), (차량내부의 장치 및/또는 차량을 충전과 같은) 주차장 바닥에 매트, (예를 들어, 차량이 주차되는 포스트 상에) 주차장/차고, (원격제어를 위한) 텔레비전, (예를 들어, 무선 키보드, 무선 마우스, 휴대폰과 같은) 컴퓨터 모니터, (예를 들어, 전기 블랭크, 의학장치, 개인용 헬스 관리기 등과 같은) 의자, 그림, 사무용 가구, 일반적인 가전제품 동일 수 있다. 예를 들어, 시설하부부품은, 사무실 큐비클(cubical)내에 라이팅 고정체이고, 소스 공진자와 라이트고정체내부의 라이트는 직접 시설의 유선 전력에 연결된다. 그러나, 소스 공진자가 라이팅 고정체내에 제공될 때, 장치 공진자와 연결되거나 일체구성되는 근처의 전기 또는 전자부품들을 위한 추가의 유선연결은 불필요하다. 또한, 상기 장치 공진자를 가진 장치용 배터리를 교체할 필요가 감소될 수 있다.

[0473] 전기시설내부의 소스 공진자, 시설하부 부품 등과 같은 중앙위치로부터 전기 및 전자제품으로 전력을 공급하기 위해 상기 시스템과 방법의 이용은, 주변 작업영역의 전기 와이어링 하부구조를 최소화한다. 예를 들어, 기업사무실 공간에서, 전형적으로 유선연결에 의해 전력공급되어야 하는 다수의 전기 및 전자 장치들이 존재한다. 상기 시스템과 방법을 이용할 때, 다량의 와이어가 제거되고 시설비를 절감시키며 전기 와이어링을 가진 사무실 벽과 관련한 물리적 제한을 감소시키고, 전력 아울렛과 전력 스트립(strip)의 요구를 최소화시킨다. 상기 시스템과 방법은, 설치, 재설치(예를 들어, 사무실 공간의 재구성) 및 관리 등과 관련한 전기적 하부구조의 감소를 통해 비용을 절약한다. 또 다른 실시예에서, 상기 원리는 방의 중앙에서 전기적인 아울렛의 무선 배열을 허용한다. 소스는 아울렛의 원하는 위치에서 바닥의 위치아래에 지하실 천장에 배열될 수 있다. 장치 공진자는 바로 위에서 방의 바닥상에 배열된다. 새로운 라이팅 구조체( 예를 들어, 천장의 중앙에서 카메라, 센서 등과 같이 상기 문제를 위한 다른 전기장치가 사실상 동일한 이유로 더 용이하다.)

[0474] 또 다른 실시예에서, 상기 실시예와 방법은 벽을 통해 전력을 공급한다. 예를 들어, 벽에서 방내부의 전기 아울렛을 가고 옆방에 아울렛을 가지만 전기공에게 전화하고 벽을 천공하거나 벽을 통해 와이어를 당기는 등의 작업을 가정한다. 다음에, 소스 공진자가 방내부의 벽에 위치하고, 장치 공진자 아울렛/픽업 이 벽의 다른 한쪽 측벽에 위치할 수 있다. 이것은 평면 스크린 TV 또는 스테레오 시스템 등에 전력공급한다( 예를 들어, 거실내부의 벽을 기어올라가는 보기 싫은 와이어를 원하지 않고, 옆방의 벽을 올라가는 유사한 와이어는 싫어하지 않고, 예를 들어, 보관실 또는 벽장 또는 벽을 따라 배열된 와이어의 모습을 차단하는 가구를 가진 방). 상기 시스템과 방법은 상기 외측벽에 관을 설치하거나 천공하지않고 가정 또는 건물외부에서 실내소스로부터 다양한 전기장치까지 전력을 전달하기 위해 이용된다. 이 경우, 장치는 벽과 측부를 관통하는 천공구멍과 관련한 미적 또는 구조적 손상 또는 위험없이 건물외측에서 무선으로 장치에 전력공급될 수 있다. 또한, 상기 시스템과 방법은 배열 센서를 제공하여, 외부 장치 공진자 장착 전기부품을 위해 내부 소스 공진자를 용이하게 배열하게 한다. 예를 들어, 홈 주인은 무선 장치 공진자를 포함하는 가정외부에 보안 라이트를 배열하고 가정에 소스 공진자를 적합하고 최적상태로 배열할 필요를 가진다. 소스와 장치 공진자들사이에서 작동하는 배열센서는, 배열이 양호할 때를 표시, 시각적 표시, 음향표시, 디스플레이 표시 등과 같이 하여 상기 배열을 양호하게 한다. 또 다른 실시예

에서, 유사한 방법에 의해, 상기 시스템과 방법은 예를 들어, 라디오 전송기 및 리시버, 솔라 패널 등과 같이 건물 또는 집의 지붕에 장비를 설치하게 한다. 솔라패널의 경우 소스 공진자는 패널과 관련되고, 전력은 지붕을 천공하지 않고도 무선으로 건물내부의 분배패널로 전송될 수 있다. 상기 시스템과 방법은 차량, 수상 운반선, 비행기, 열차 등과 같이 천공구멍없이 (예를 들어, 지붕을 통해) 차량의 벽들을 가로질러 전기 또는 전자부품의 장착을 허용한다. 상기 방법에 의해 차량의 벽은 천공구멍없이 유지되어, 차량의 가치를 유지하며 방수상태를 유지하고 와이어 경로가 불필요하게 된다. 예를 들어, 경찰차량의 지붕에 사이렌 또는 라이트를 장착하는 것은, 추후 차량의 거래를 감소시키지만 상기 장치에 의하면 라이트, 경적 사이렌 등이 천공구멍없이 지붕에 부착될 수 있다.

[0475] 상기 시스템과 방법은, 광전압(PV)으로부터 전력의 무선 전달을 위해 이용될 수 있다. 무선 전력 전달능력을 가진 PV 패널은, 간단히 설치, 더욱 유연하고 신뢰성있고 기후대비되는 설계를 포함한 여러 가지 장점을 가진다. PV 패널로부터 차량, 주택, 장치 등으로 와이어없는 전력 전달을 위해 이용될 수 있다. 솔라 PV 패널은 무선 전력을 수용할 수 있는 장치에 PV 패널이 직접 전력을 공급할 수 있는 무선 소스 공진자를 가질 수 있다. 상기 PV 패널에 의해 포착된 에너지는, 예를 들어, 솔라 PV 패널은 건물의 지붕아래에서 또는 차량내부의 장치로 직접 무선으로 전달될 수 있다. 공진자를 가진 장치는 무선으로 상기 PV 패널로부터 전력을 무선으로 수용할 수 있다. PV 패널로부터 무선전력전달은, 외부PV 패널과 내부 전기시스템사이에서 어떠한 접촉없이도 종래기술의 장치의 전통적인 전력 분배 및 전력공급을 허용하며, 주택, 차량 등의 와이어 전기시스템에 연결된 공진자로 에너지를 전달하기 위해 이용될 수 있다.

[0476] 무선 전력 전달부는 루프탑 PV 패널의 설치를 상당히 단순화시키는데, 이는 전력이 패널로부터 가정 내의 캡처 공진자로 무선으로 전달될 수 있어서 모든 외부 와이어링, 커넥터, 및 전선과 이 구조물의 지붕과 벽을 통과하는 임의의 홀이 없어지기 때문이다. 솔라 셀과 함께 사용되는 무선 전력 전달부는 지붕의 위험성을 줄일 수 있는 장점을 가질 수 있는데, 이는 패널, 스트링, 및 정션 박스를 상호연결시키기 위해 지붕에서 전기기술자가 작업을 할 필요가 없기 때문이다. 무선 전력 전달부와 일체 구성된 솔라 패널의 설치는 덜 숙련된 기술이 필요할 수 있는데, 이는 비교적 적은 전기적 접촉이 이루어질 필요가 있기 때문이다. 장소 특정 설계가 무선 전력 전달부에 덜 필요로 할 수 있는데, 이는 각각의 솔라 PV 패널을 개별적으로 최적화시키고 배치시킬 수 있는 능력이 설치자에게 부여되고, 고가의 엔지니어링 및 패널 레이아웃 서비스에 대한 필요성이 상당히 줄어들기 때문이다. 모든 패널에 대한 솔라 부하를 주의 깊게 밸런싱할 필요가 없으며, 특수화된 DC 와이어링 레이아웃과 상호연결부가 필요 없다.

[0477] PV 패널들의 루프탑 또는 벽 설치를 위해, 캡처 공진자가 지붕의 하측에 장착될 수 있거나 또는 바닥 또는 솔라 PV 패널 내의 임의의 그 외의 다른 용이하게 접근가능한 내측 공간에 장착될 수 있다. 가능한 통상적인 루프탑 PV 패널 설치를 보여주는 도면이 51에 도시된다. 다양한 PV 솔라 수집기는 무선 전력 캡처 코일이 지붕 아래의 건물 내에 장착된 상태로 지붕의 상측에 장착될 수 있다. PV 패널 내의 공진자 코일은 이의 에너지를 지붕을 통해 무선 캡처 코일로 무선으로 전달할 수 있다. PV 셀로부터 캡처된 에너지는 전기 및 전자 장치에 전력을 공급하기 위해 집의 전기 시스템에 결합되고 수집될 수 있거나 또는 필요한 것보다 큰 전력이 생성될 때 파워 그리드에 결합될 수 있다. 에너지는 빌딩의 지붕 또는 벽을 관통하는 홀 또는 와이어를 필요로 하지 않고 PV 셀로부터 캡처된다. 각각의 PV 패널은 차량 또는 빌딩의 내측에서 대응하는 공진자에 결합되는 공진자를 가질 수 있다. 다수의 패널이 서로 간에 무선 전력 전달을 이용할 수 있으며, 이에 따라 전력은 집의 차량 내부에서 공진자에 결합된 지정된 패널 또는 패널 쌍으로 전력을 전달되고 수집된다. 패널들은 패널에서 패널로 전력을 전달할 수 있는 그 외의 다른 유사 패널 내에 위치된 공진자에 결합될 수 있는 패널 주위 또는 패널 측면에 무선 전력 공진자를 가질 수 있다. 추가 버스 또는 연결 구조물이 차량 또는 빌딩 내에서 하나 이상의 공진자에 전력을 전달하고 차량 또는 빌딩의 외측에서 다수의 패널로부터 전력을 무선 커플링하기 위해 제공될 수 있다.

[0478] 예를 들어, 도 51에 도시된 바와 같이, 소스 공진자(5102)는 빌딩의 지붕(5104)의 상측에 장착된 PV 셀(5100)에 결합될 수 있다. 대응하는 캡처 공진자(5106)가 빌딩 내에 배치된다. 그 뒤, PV 셀에 의해 캡처된 솔라 에너지는 빌딩을 관통하는 홀과 연결부를 가질 필요 없이 빌딩 내측의 장치 공진자(5106)에 대해 외측에 있는 소스 공진자(5102)들 사이에서 전달될 수 있다.

[0479] 무선 전력 전달부를 갖는 각각의 솔라 PV 패널은 이의 자체적인 인버터를 가질 수 있으며, 상기 인버터는 단일의 패널 "성장에 따른 비용 지불" 시스템 확장부를 포함하는 단일의 설치 시 패널 크기와 유형의 혼함을 지원하고, 각각의 패널의 전력 생산 효율을 각각 최적화함으로써 솔라 시스템의 경제성을 상당히 향상시킨다. 설치 비용의 감소로 인해 단일의 패널을 설치하는데 경제적일 수 있다. 이에 따라 시스템의 단일 고정점이 제거되고,

다수의 패널의 주의 깊은 배치 및 배향과 패널 스트링 설계의 필요성이 제거된다.

- [0480] PV 솔라 패널 내의 무선 전력 전달부는 보다 솔라 배치 시나리오(solar deployment scenario)를 가능하게 하는데, 이는 웨더-실드 솔라 PV 패널(weather-sealed solar PV panel)이 자동차 지붕과 선박 테크와 같은 밀봉된 표면을 통해 와이어링하기 위한 홀을 뚫을 필요가 없고, 패널이 고정된 위치에 설치되는 필요성이 제거되기 때문이다. 무선 전력 전달부를 이용하여 PV 패널은 일시적으로 펼쳐질 수 있으며, 그 뒤 주변 구조물에 대해 영구적 변형이 이루어지는 상태로 유지할 필요 없이 이동되고 제거될 수 있다. 이 패널은 햇빛이 잘 드는 날에는 정원에 배치할 수 있으며, 태양을 따라 이동될 수 있거나 또는 예들 들어 세척 또는 보관을 위해 실내에 들여나질 수 있다. 뒷뜰(backyard) 또는 모바일 솔라 PV 응용예의 경우, 무선 에너지 캡처 장치를 갖는 신장 코드(extension cord)가 지면에 설치되거나 또는 솔라 유닛 근처에 배치될 수 있다. 캡처 신장 코드는 전기적으로 절연되고 요소로부터 완벽히 밀봉될 수 있으며, 이에 따라 임의의 실내 또는 실외 환경에서 사용될 수 있다.
- [0481] 무선 전력 전달부를 이용하여 와이어 또는 외부 연결부가 필요하지 않을 수 있고, PV 솔라 패널은 완벽히 웨더 실드될 수 있다(weather sealed). 솔라 PV 전력 생성 및 전달 회로 내에서 전기 부품의 내구성과 수명이 상당히 향상될 수 있으며, 이는 웨더-실드 엔클로저가 UV 복사선, 습도, 날씨, 등등으로부터 부품들을 보호할 수 있기 때문이다. 무선 전력 전달부 및 웨더-실드 엔클로저를 이용함에 따라 보다 저렴한 부품을 이용할 수 있으며, 이는 부품들이 외부 요소와 날씨 요소에 직접적으로 노출되지 않고 PV 패널의 비용이 줄어들 수 있기 때문이다.
- [0482] 빌딩 또는 차량 내에서 PV 패널들과 캡처 공진자들 간의 전력 전달은 양방향일 수 있다. 에너지는 패널이 이러한 특성의 임무를 수행하기에 충분한 에너지를 갖지 못할 때 전력을 제공하기 위해 하우스 그리드(house grid)로부터 PV 패널로 전달될 수 있다. 역 전력 유동(reverse power flow)이 태양 에너지에 대해 보다 선호되는 위치에 패널들을 위치시키는 파워 모터 또는 패널로부터 눈을 녹이기 위해 이용될 수 있다. 눈을 녹거나 패널이 재위치 설정되고 PV 패널이 자체 에너지를 생성할 수 있을 때, 전력 전달의 방향은 PV 패널로부터 빌딩, 차량 또는 장치로 전력을 정상적으로 전달하도록 복귀될 수 있다.
- [0483] 무선 전력 전달부를 갖는 PV 패널은 무선 수집기로 효과적으로 전력을 전달하고 이를 극대화하기 위해 설비에 오토-튜닝(auto-tuning)을 포함할 수 있다. 다양한 설비 내에서 PV 패널들과 무선 전력 수집기 간의 거리의 변경 또는 지붕 재료의 변경은 무선 전력 전달부의 공진자의 특성을 교란시키거나 또는 이의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 설비의 복잡성을 줄이기 위해, 무선 전력 전달 부품들은 재료 또는 거리로 인한 임의의 영향을 상쇄시키기 위해 이의 작동 지점을 자동적으로 조절하는 튜닝 기능을 포함할 수 있다. 주파수, 임피던스, 캐패시턴스, 인덕턴스, 듀티 사이클, 전압 수준 및 등등이 효과적이고 안전한 전력 전달을 보장하기 위해 조절될 수 있다.
- [0484] 본원에 기술된 시스템과 방법은, 무선 전력 신장 코드의 사용과 같이, 무선 전력 구역에 대한 통상적인 전기적 아웃렛의 확장 또는 일시적으로 무선 전력 구역을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 예를 들어, 무선 전력 신장 코드는 통상적인 전력 아웃렛에 연결되는 플러그, 통상적인 전력 신장 코드 내의 긴 와이어 및 그 외의 다른 단부(예를 들어, 신장부의 통상적인 소켓 단부 대신에 또는 이에 추가하여) 상의 공진 소스 코일과 같이 구성될 수 있다. 또한, 무선 신장 코드는 무선 신장 코드를 따라 복수의 위치에 소스 공진자가 있도록 구성될 수 있다. 그 뒤, 이러한 형상은 편리한 파워 아웃렛이 없는 위치(예를 들어, 아웃렛이 없는 리빙 룸 내의 위치)에 무선 전력을 공급하고, 와이어 파워 기본 설비가 없는(예를 들어, 건설 현장) 위치로 임시적인 무선 전력을 공급하며, 아웃렛이 없는 정원(예를 들어, 통상적인 전기 코드가 절단되는 것을 줄이기 위해 무선으로 전력이 공급되는 잔디 손질 설비에 대해 또는 파티를 위해)에 무선 전력을 공급하고, 및 이와 유사한 것과 같이 무선 전력 공급 장치가 있는 임의의 신장 코드를 대체할 수 있다. 또한, 무선 신장 코드는 드롭(drop)의 주위에 무선 전력 구역을 제공하기 위한 구조물 또는 벽 내에 드롭으로서 이용될 수 있다. 예를 들어, 무선 신장 코드는 통상적인 전기 와이어링 및 아웃렛을 설치할 필요 없이 무선 전력 구역을 제공하기 위하여 새롭거나 개선된 룸의 공간 내에 형성될 수 있다.
- [0485] 본원에 기술된 시스템과 방법은 차량, 로봇, 기계식 장치, 윈드 터빈의 움직이는 부분 또는 회전하는 조립체, 또는 로봇 팔, 건설 차량, 이동식 플랫폼 및 등등과 같은 이동하는 부분을 갖는 임의의 그 외의 다른 타입의 구조물 또는 회전하는 장치들 간에 전력을 제공하기 위해 이용될 수 있다. 전통적으로, 이러한 시스템 내의 전력은 예를 들어 슬립 링 또는 로터리 조인트에 의해 제공되어져 왔다. 본원에 기술된 바와 같이 무선 전력 전달부를 이용함에 따라 설계 단순성, 내구성, 이러한 장치들의 수명이 상당히 개선될 수 있는데, 이는 전력이 시간이 지남에 따라 마모될 수 있는 임의의 물리적 연결부 또는 접촉 지점이 없이 상당한 거리에 걸쳐서 전달될 수 있기 때문이다. 특히, 소스 및 장치 코일의 선호되는 동축 및 평행 정렬에 따라 무선 전력 전달부는 2개의 코일의

상대적인 회전 움직임에 의해 상당히 변경되지 않는다.

- [0486] 본원에 기술된 시스템 및 방법은 일련의 소스-장치-소스-장치 공진자를 제공함으로써 단일의 소스 공진자의 범위를 초과하여 전력 요구량을 확장시키는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 전기적 파워를 갖지 않는 현존하는 분리된 차고를 고려할 때, 소유자는 새로운 파워 서비스를 설치하기를 원한다. 그러나, 소유자는 모든 차고에 걸쳐 와이어를 설치하는 것을 원치 않거나 또는 구조물 전체에 대해 전기적 아웃렛을 와이어링하기 위해 벽을 부수기를 원치 않는다. 이 경우, 소유자는 새로운 파워 서비스에 소스 공진자를 연결하는 것을 선택할 수 있으며, 이에 따라 무선 전력이 차고의 후방을 통해 장치 공진자 아웃렛에 공급될 수 있다. 그 뒤, 소유자는 차고의 전방에서 무선 전력을 장치 공진자 아웃렛에 공급하기 위해 장치-소스 '릴레이'를 설치할 수 있다. 즉, 파워 릴레이는 1차 소스 공진자로부터 무선 전력을 수신할 수 있으며, 그 뒤 허용가능한 전력을 제 2 소스 공진자에 공급하여 전력은 차고 전방에 있는 제 2 세트의 장치 공진자에게 공급된다. 이러한 형상은 공급된 무선 전력의 유효 범위를 넓히기 위해 재차 반복될 수 있다.
- [0487] 다중 공진자가 에너지 블로킹 물질 주변 전력 필요를 확장하도록 사용될 수 있다. 가령, 소스 공진자를 컴퓨터 또는 컴퓨터 모니터내로 통합시켜 상기 공진자가 주변에 놓인 그리고 특히 키보드, 컴퓨터 마우스, 전화 등과 같이 모니터 또는 키보드 정면에 있는 장치들에게 전력을 공급하도록 함이 바람직하다. 심미감, 공간 조화 등의 이유로 인해, 상기 소스 공진자를 위해 사용될 수 있는 에너지 소스는 상기 모니터 또는 컴퓨터 뒤에 위치하거나 연결될 수 밖에 없다.
- [0488] 컴퓨터 또는 모니터의 많은 디자인에서, 금속 컴포넌트 및 금속을 포함하는 회로가 디자인 및 패키징에서 사용되며, 이는 상기 모니터 또는 컴퓨터 뒤에 있는 소스 모니터로부터 상기 모니터 또는 컴퓨터 정면으로 파워를 전달하는 것을 막는다.
- [0489] 추가의 리피터 공진자가 모니터 또는 컴퓨터의 베이스 또는 받침대내로 통합될 수 있으며, 이는 컴퓨터 또는 모니터 뒤에서 상기 소스 공진자에 결합되고, 그리고 상기 모니터 또는 컴퓨터 정면 공간으로 전력 전달을 허용하도록 한다. 상기 모니터 또는 컴퓨터의 베이스 또는 받침대내로 통합된 중간 공진자는 추가의 파워 소스를 필요로 하지 않는다. 이는 상기 소스 공진자로부터 전력을 캡처하고 전력을 상기 모니터 또는 컴퓨터의 블로킹 또는 전력 차폐 금속 컴포넌트 주변 정면으로 전력을 전달한다.
- [0490] 본 명세서에서 설명된 시스템 및 방법은 자동차, 사무실, 가정, 룬, 빌딩, 외부 구조물과 같은 공간 구조적 부분내로 내장되거나, 위에 놓이거나, 매달리도록 하거나, 일체로 통합될 수 있다.
- [0491] 가령, 하나 또는 둘 이상의 소스가 벽, 천정 또는 천정 패널, 바닥, 디바이더, 출입구, 계단벽, 격실, 도로 표면, 사이드워크, 램프, 웬스, 외부 구조물 등 내에 내장되거나, 그 위에 설치되거나, 매달리거나, 일체로 통합될 수 있다.
- [0492] 하나 또는 둘 이상의 소스가 가령, 침대, 책상, 의자, 융단, 거울, 클록, 디스플레이, 텔레비전, 전자 장치, 테이블, 가구, 예술품, 인클로저, 격실, 천정 패널, 바닥, 또는 문 패널, 대시보드, 트렁크, 바퀴 벽, 포스트, 비임, 지지부와 같은 한 구조물 내에 또는 그 주변에 있는 물체내로 내장될 수 있다. 가령, 소스 공진자는 사용자 차량의 대시보드내로 일체로 통합될 수 있으며, 한 장치 공진자가 장치된 또는 이에 연결된 어떠한 장치에도 상기 대시보드 소스 공진자로부터 전력을 공급받을 수 있도록 한다. 이 같이 하여, 자동차내로 통합된 또는 자동차 내로 설치된 장치들은 차량내에 있는 동안 일정하게 충전되거나 전력을 공급받게 될 수 있다.
- [0493] 상기 시스템 및 방법은 보우트, 자동차, 트럭, 버스, 기차, 비행기, 인공위성 등과 같은 차량의 벽을 통해 전력을 제공할 수 있다. 가령, 사용자는 차량의 바깥에 있는 전자 장치로 전력을 제공하기위해 차량의 벽을 통해 구멍을 낼 것을 원하지 않을 것이다.
- [0494] 소스 공진자는 차량 안쪽에 위치하며, 장치 공진자가 차량 바깥(가령 윈도우, 벽 또는 구조의 반대 측)에 위치할 수 있을 것이다. 이 같은 경우, 사용자는 상기 차량으로 외부 장치의 배치, 위치 정함 및 부착을 적합하게 하는 데 (상기 장치로 전기적 연결을 공급하거나 경로를 배치하지 않고) 매우 훌륭한 융통성을 달성할 수 있을 것이다.
- [0495] 또한, 전기 파워가 무선으로 공급되는 때, 상기 외부 장치는 밀폐되어서 방수가 되도록 하며, 전자 장치가 날씨(가령 비)에 노출되거나, 또는 물에 잠기는 때에도 안전할 수 있도록 한다. 유사한 기술이 하이브리드 차량, 네비게이션 및 통신 장비, 건설 장비, 원격 제어 또는 로봇 장비 등과 같이 전도체 노출로 인해 전기적 위험이 있는 장치들로 전력을 공급하거나 충전하는 것과 같은 다양한 응용에서 사용될 수 있다.

- [0496] 상기 시스템 및 방법은 반도체 성장 및 처리, 재료 코팅 시스템, 수족관 위험 물질 처리 시스템 등과 같은 곳에서 사용된 것과 같은, 진공 챔버 또는 다른 폐쇄된 공간의 벽을 통해 전력을 제공할 수 있다. 전력은 트랜스레이션 단계, 로봇 아암, 회전 단계, 조작 및 수집 장치, 청소 장치 등으로 제공될 수 있다.
- [0497] 상기 시스템 및 방법은 믹서, 커피 메이커, 토스터, 토스터 오븐, 그릴, 그리들, 전자 스킨릿, 전자 포트, 전자 냄비, 와플 메이커, 블렌더, 음식 처리기, 병 포트, 워밍 트레이, 유도 쿡톱, 등, 컴퓨터, 디스플레이 등을 포함하는 주방 조리대 전기 장치와 같은, 주방 환경에 무선 전력을 제공할 수 있다. 이 같은 기술은 장치의 이동성 그리고/또는 위치정합 융통성을 개선시킬 수 있으며, 상기 주방 조리대에 퍼져있는 전력 코드 수를 줄일 수 있고, 상기 장치의 세척 가능성을 개선할 수 있다.
- [0498] 가령, 전자 스킨릿은 전통적으로 세척하기 위해 물에 잠기는 것 그리고 외부 전기 연결(가령, 코드 또는 제거 가능 코드를 위한 소켓)을 포함하기 때문에 물에 잠기지 않는 것과 같은 분리된 부분들을 갖는다. 그러나, 장치 공진자가 상기 장치내로 통합되는 경우, 모든 전기적 연결은 밀폐될 수 있으며, 따라서 전체 장치가 세척을 위해 물에 잠겨질 수 있다. 또한, 외부 코드가 없기 때문에 전기 벽 콘센트에 대한 필요를 제거하고, 그리고 파워 코드가 카운터에 위치할 필요가 없으며, 전기 철관(그리들)의 위치가 이용 가능한 전기 벽 콘센트의 위치로 제한 될 필요가 없게 되었다.
- [0499] 본 명세서에서의 시스템 및 방법은 고정된 전기 장치, 개인 컴퓨터, 인터컴 시스템, 보안 시스템, 가정용 로봇, 전등, 원격 제어 유닛, 텔레비전, 무선 전화 등과 같은 전기 장치가 소스 공진자에 근접하여 있지 않기 때문에 장치 공진자가 장치된 장치로 연속적으로 전력공급/충전을 제공할 수 있도록 한다. 가령, 가정 로봇(가령 ROOMBA)는 무선 파워를 통해서 전력을 공급받거나 충전될 수 있으며, 따라서 재충전하지 않고도 오래 사용이 가능하다.
- [0500] 이와 같이 하여,가정용 로봇 전력 공급 디자인이 무선 파워의 이 같은 연속 전력 공급을 이용하여 변경될 수 있으며, 충전지를 사용할 필요없이 소스 공진자로부터의 파워를 사용하고, 소스 공진자로부터의 파워를 사용하여 로봇 충전지를 재 충전하며, 소스 공진자로부터의 파워를 사용하여 로봇 충전지를 트리클 충전하고, 소스 공진자로부터의 파워를 사용하여 용량성 에너지 저장 유닛을 충전하도록 할 수 있다. 본 명세서에서 설명된 장치의 어느 것 또는 모든 것에 상기 전력 공급 및 전력 회로의 유사한 최적화가 가능하며, 디자인되고, 그리고 실현될 수 있다.
- [0501] 본 발명 시스템 및 방법은 전기적으로 가열된 블랭킷, 가열 패드/패치로 무선 파워를 제공할 수 있다. 이들 전기적으로 가열된 장치들은 다양한 실내 또는 실외 사용에 적용될 수 있다. 가령, 경비원, 경찰관, 건설 인부 등과 같이 실외에서 작업하는 사람들에게 공급된 손과 발의 워머(warmers)가 인근 차량, 빌딩, 유틸리티 폴, 교통 전등, 포터블 파워 유닛 등과 연결되거나 내장된 소스 공진자로부터 원격으로 전력을 공급받을 수 있다.
- [0502] 본 발명 시스템 및 방법은 정보 장치가 소스 공진자를 포함하는 정보 소스 가까이에 있는 때 장치 공진자를 포함하고 전력을 공급받는 포터블 정보 장치로 전력을 공급하도록 사용될 수 있다. 가령, 상기 정보 장치는 사용자 포켓, 지갑, 차량, 자전거로 운반되는 카드(가령, 크레딧 카드, 스마트 카드, 전자 카드 등)일 수 있다.
- [0503] 상기 포터블 정보 장치는 전자 논리장치, 전자 처리기, 메모리, 디스플레이, LCD 디스플레이, LED, RFID 태그 등을 포함하는 포터블 정보 장치로 정보를 전송하게 되는 정보 소스 가까이 있게 되는 때 전력을 공급받게된다. 가령, 상기 포터블 정보 장치는 디스플레이가 있는 크레딧 카드일 수 있으며, 상기 디스플레이는 정보 소스 가까이에 있는 때 "켜지고", 사용자에게 "다음에 코카 콜라를 사는 때 50% 디스카운트 받을 수 있는 쿠폰을 수신하였습니다."와 같은 정보를 제공하게 된다.
- [0504] 상기 정보 장치는 다음에 구매시 사용될 수 있는 쿠폰 또는 디스카운트 정보와 같은 정보를 저장할 수 있다. 포터블 정보 장치는 작업, 캘린더 약속, 할 일 리스트, 경보 및 리마인더 등을 포함하도록 사용자에 의해 프로그램 될 수 있다. 상기 정보 장치는 최근 가격 정보를 수신하고 그리고 사용자에게 이전에 선택된 또는 지정된 항목에 대한 가격과 위치에 대하여 정보를 알리도록 한다.
- [0505] 본 발명 시스템 및 방법은 무선 전력 전송을 제공하여, 주변 센서, 보안 센서, 농업 센서, 가정용 전기 기구 센서, 음식 부패 센서, 파워 센서 등과 같은 센서 내 충전지에 직접 전력을 공급하거나 재 충전하도록 하는 것이다. 이때 상기 센서는 구조물 내부, 구조물 외부에 장착되거나, 땅에 묻거나, 벽내에 설치될 수 있다.
- [0506] 가령, 이 같은 가능성은 상기 충전지를 물리적으로 대체하기 위해 오래된 센서를 파내거나, 오래된 센서는 전력이 소모되었거나 더이상 동작하지 않으므로 새로운 센서로 대체해야 하는 필요를 제거하도록 한다. 이들 센서들

은 포터블 센서 소스 공진자 충전 유닛을 사용하여 주기적으로 충전될 수 있다.

- [0507] 가령, 파워 소스가 장착된 소스 공진자를 지닌 트럭(예를들면 ~kW 전력을 제공한다고 하자)이 수분 내에 한 ~mW 센서로 충분한 전력을 제공하여, 1년 이상의 기간동안 센서의 동작 시간을 연장하도록 할 수 있다. 또한 짐 박 장치(보안 카메라), 벽 다른 측, 도어의 전자 로크 등과 같은 소스 공진자 가까이 있으며, 유선으로 이들에게 연결하는 것이 곤란한 장소에 있는 장소에 있는 파워 센서와 같이, 센서들이 직접 전력을 공급받을 수 있다. 또 다른 예에서, 유선 전력 연결로 전력을 공급받아야 할 필요가 있는 센서들이 본 발명 시스템 및 방법을 통해 전력을 공급받을 수 있다.
- [0508] 가령, 접지 고장 인터럽터 차단기가 서비스 패널 내로 설치되기 위해 한 장치 내에서 잔류 전류 및 과 전류 보호를 결합한다. 그러나, 상기 센서는 종래기술의 경우 독립적으로 유선연결되어 전력을 공급받으며, 그리고 이는 설치를 복잡하게 한다. 그러나, 본 발명이나 시스템 및 방법에 따라, 상기 센서는 장치 공진자로 전력을 공급받으며, 단일 소스 공진자가 상기 서비스 패널 내에 제공되고, 따라서 상기 서비스 패널 내 설치 및 배선 구조를 간소화한다.
- [0509] 또한, 상기 단일 소스 공진자는 서비스 패널을 관통하여, 추가의 인근 서비스 패널로, 등등과 같이, 서비스 패널내에 장착된 소스 공진자 어느 한 측에 장착된 장치 공진자로 전력을 공급할 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법은 무선 전력을 전자 스위치보드, 분배 보드, 회로 차단기, 변압기, 백업 충전지, 화재 경보 제어 패널 등과 같은 곳에 있는, 전기 패널, 전기 립, 전력 분배 등에 연결된 전기 컴포넌트로 무선 전력을 공급하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법을 통해서, 전기 분배 및 보호 컴포넌트 및 시스템을 설치, 유지 및 보수하는 것이 용이하게 된다.
- [0510] 또 다른 실시 예에서, 충전지에 의해 전력이 공급된 센서는 무선 전력이 공급되어 충전지를 주기적으로 또는 계속적으로 재충전하거나 트리플 충전하도록 하므로, 충전지를 변경할 필요없이 계속해서 사용이 가능하다. 이 같은 응용에서, 낮은 레벨의 전력이라 하더라도 충전지 내 전하를 적절히 재충전하거나 유지시킬 수 있으며, 이들의 수명과 사용성을 충분히 연장하도록 한다. 어떤 경우에는, 상기 충전지 수명이 이것이 전력을 공급하는 장치의 수명보다도 길게 연장되므로, "영구 사용" 가능한 충전지를 가능하게 한다.
- [0511] 본 발명 시스템 및 방법은 신체에 이식된 의료 장치 충전지를 충전하는 데 사용될 수 있다. 예를 들면, 인공 심장, 페이스메이커, 심장 펌프, 인슐린 펌프, 신경 또는 지압/침술 포인트 자극을 위한 신체 이식된 코일등이 그 예이다. 가령, 유선은 감염의 가능성이 있으며, 환자에게 불쾌하므로 환자에게 유선의 연결을 하는 것은 바람직하지 않다. 본 발명 시스템 및 방법은 소스가 있는 침대 또는 병원 벽 또는 천장으로부터 환자내에 있는 의료 장치로 충전하거나 전력을 공급하도록 사용될 수 있다.
- [0512] 이 같은 의료 장치는 환자에게 부착하고, 관독하며, 사용하고 그리고 모니터링하기가 용이하다. 본 발명의 시스템 및 방법은 환자 및 환자의 침대 또는 침대 사이드에 유선을 부착시킬 필요를 완화하고, 환자가 의료 장치를 우발적으로 차단시킬 위험없이 침대로부터 그리고 침대 주변에서 이동하는 것을 편리하게 한다.
- [0513] 가령, 펄스, 혈압, 당등을 측정하기 위해 이들을 모니터링하는 멀티플 센서를 갖는 환자가 이들을 유용하게 이용할 수 있다. 충전지를 사용하는 의료 및 모니터링 장치의 경우, 상기 충전지는 가령 일주일에 한번씩 자주 교체되어야 할 필요가 있다. 이는 충전지를 대체할 것을 잊은 경우 위험을 일으키게 하는데, 충전지가 완전히 소모되었거나, 충전지 커버 및 격실을 적절하게 세척하지 않음으로 인한 감염을 주의 하지 않은 결과이다.
- [0514] 본 발명의 시스템 및 방법은 의료 장치 신체 이식 과정의 위험과 복잡성을 줄인다. 오늘날, 심실 보조 장치, 페이스메이커, 세동 제거기(defibrillators)와 같은 많은 신체 이식 의료 장치가 이들 장치의 형태 인수(form factor)로 인해 외과적 신체 이식을 필요로 하며, 이는 그 같은 장치에 일체로 통합된 장수명의 충전지 크기 및 형태에 의해 크게 영향을 받게된다.
- [0515] 한 특징에 따라, 충전지를 재 충전하기 위한 비 침술적인 방법이 알려져 있으며, 이에 따라 충전지 크기가 크게 줄어들도록 하고, 전체 장치는 카테터를 통하여 신체 이식될 수 있다. 카테터 신체 이식 장치는 일체로된 캡처 또는 장치 코일을 포함한다. 카테터 신체 이식 캡처 또는 장치 코일은 신체 이식후에 내부적으로 유선 연결될 수 있도록 디자인된다.
- [0516] 상기 캡처 또는 장치 코일은 둥글게 말린 플렉시블 코일(가령, 두개의 두루마리와 같이 둥글게 말리며, 스프레더 수단을 통해 쉽게 신체 내부에서 펼쳐질 수 있는)로서 카테터를 통하여 배치될 수 있다. 파워 소스 코일이 상기 소스를 적절한 위치에 위치시키도록 잘 짜여진 베스트(조끼)에 착용될 수 있으며, 의자 쿠션 또는 침대 쿠

선에 위치하여 질 수 있고, 침대 또는 가구에 일체로 통합되어 질 수 있기도 하다.

- [0517] 본 발명의 시스템 및 방법은 환자로 하여금 '센서 베스트(조끼)', 센서 패치 등을 갖도록 할 수 있는 데, 이 같은 장치는 다수의 의료 센서 가운데 한 센서 그리고 그 것이 소스 공진자 가까이에 있는 때 전력을 공급받거나 충전될 수 있도록 한다. 전통적으로, 이 같은 종류의 의료 모니터링 장비는 충전지를 요구하였으며, 따라서 베스트(조끼), 패치 등이 무겁고 비 실용적이도록 만들었다.
- [0518] 그러나 본 발명에서 설명된 원리를 사용함으로써, 충전지(또는 가벼운 재충전 가능 충전지)가 필요하지 않으며, 따라서 특히 그와 같은 의료 장치가 접촉체에 의해, 스트랩이 없이, 고정되는 경우, 충전지가 없거나 매우 가벼운 충전지가 필요하므로 훨씬 편리하고 실용적이도록 한다. 의료 장비는 스트로크, 심장 병을 예견(가령 발병하기 수분 전에)할 목적으로 원격하여 센서 데이터를 관독할 수 있다.
- [0519] 환자의 가정에 있는 의료 장비로부터 원격한 위치에서 베스트(조끼)가 사람에게 의해 사용되는 때, 상기 베스트(조끼)(vest)는 핸드폰 또는 통신 장비와 일체로 되어, 사고 또는 의료 사고의 경우 앰블런스를 부르도록 할 수 있다. 본 발명 시스템 및 방법은 상기 베스트가 노년에 의해 사용되어야 하는 때 특히 가치가 있는데, 종래의 비-무선 재충전 기술(가령 충전지를 교체하고, 야간에 플러그를 꽂고 하는)은 필요하지 않다. 본 발명의 시스템 및 방법은 또한 충전지를 대체하거나 충전하는 데 어려움이 있거나, 보조 장치에 의지하며 이들 장치에 신뢰할 수 있는 전력을 공급해야 하는 장애인을 돕는데 사용되는 또는 장애인에 의해 사용되는 장치를 충전하는 데 사용될 수 있기도 하다.
- [0520] 본 발명의 시스템 및 방법은 인공 수족을 충전하고 전력을 공급하기 위해 사용될 수 있다. 인공 수족은 팔, 다리, 손, 그리고 발과 같은 수족의 기능을 대체한다는 점에서 매우 유용하다. 그러나 전기가 공급되어야 하는 인공 수족은 상당한 충전지로 이동될 수 있는 (10-20W), 상당한 전력을 필요로 한다.
- [0521] 그와 같은 경우, 절단 수술을 받은 사람은 수명이 길지 않은 가벼운 충전지와 수명이 길지만 지니기가 매우 곤란한 무거운 충전지 사이에서 선택의 기로에 있게된다. 그러나 본 발명의 시스템 및 방법은 인공 수족이 장치 공진자로 전원을 공급받을 수 있도록 하며, 이때 상기 소스 공진자는 사용자가 지닐 수 있기도 하고 보다 용이하게 중량을 지지할 수 있는 신체의 일부분(가령, 허리 주위 벨트와 같이)에 부착되거나 사용자가 상기 장치가 충전되거나 전력을 공급받을 수 있는 충분한 시간을 보낼 수 있는 외부 위치(가령 책상, 자동차, 침대 등)에 위치하여 질 수 있다.
- [0522] 본 발명의 시스템 및 방법은 노년/노약/병약자를 위해 그리고 산업용 및 군사용 응용에서 사용되는 것과 같은, 전기적으로 전력을 공급받는 엑소-스켈레톤(exo-skeletons)에 전력을 공급하고 충전하기 위해 사용될 수 있다. 전기적 전력을 공급받는 엑소-스켈레톤은 사람에게 "세기"에 있어서 10-20배의 증가를 제공하며, 사람이 많은 피로없이 반복해서 물리적으로 강한 작업을 수행할 수 있도록 한다.
- [0523] 그러나, 엑소-스켈레톤은 일정 사용 시나리오하에서 100W 이상의 전력을 필요로 하며, 따라서 충전지에 의해 전력을 공급받는 동작이 30분 또는 그 이하로 제한된다. 이 같은 무선 파워의 전달은 엑소-스켈레톤 사용자에게 엑소-스켈레톤의 구조적인 이동에 전력을 공급하고 그리고 그 같은 구조에 분산된 다양한 모니터와 센서들에 전력을 공급하기 위해 연속된 전력의 공급을 제공할 수 있다.
- [0524] 가령, 내장된 장치 공진자(들)이 있는 엑소-스켈레톤은 로컬 소스 공진자로부터 전력을 공급받는다. 산업용 엑소-스켈레톤의 경우, 상기 소스 공진자는 장비의 벽 내에 위치할 수 있다. 군사용 엑소-스켈레톤의 경우, 상기 소스 공진자는 무장 차량에 장치될 수 있다. 노년을 돌보는 사람을 보조하기 위해 사용된 엑소-스켈레톤의 경우, 상기 소스 공진자(들)은 사람의 가정 룸에 설치되거나 위치하여 질 수 있다.
- [0525] 본 발명의 시스템 및 방법은 산소 시스템, 환기 장치, 세동 제거기, 의료 펌프, 모니터, 및 앰블런스 또는 이동 의료 장치에서의 장비와 같은 포터블 의료 장비에 전력을 공급하고/충전하기위해 사용될 수 있다. 환자를 사고 장소에서 병원으로 이송할 수 있기 때문에, 또는 환자를 이들의 침대에서 다른 룸 또는 장소로 이동할 수 있기 때문에, 그리고 이들이 부착된 모든 장비들이 항상 전력을 공급받을 수 있도록 하기 때문에, 환자의 건강과 결국 복지에 커다란 이익을 가져다 준다.
- [0526] 충전지가 소모되거나 환자가 이송되거나 이동하는 때 의료 장치가 플러그를 뽑도록 하기 때문에 의료 장치가 작동을 멈추기 때문에 발생하는 위험과 문제를 이해 할 것이다. 가령, 자동차 사고의 장소에서 긴급 의료 팀이 현장에서 환자의 긴급 처치에 포터블 의료 장비를 사용할 필요가 있다. 이 같은 포터블 의료 장비는 적절히 유지되어서, 긴급 처치 동안 이 같은 장비로 전력을 공급하도록 충분한 전지 수명이 유지되도록 한다.

- [0527] 그러나, 이 같은 장비가 적절히 유지 되지 않아서 충전지가 완전히 충전되지 않도록 되고, 어떤 경우에는 필요한 장비가 제 1 응답자에게 이용될 수 없도록 되는 경우가 자주 발생된다. 그러나 본 발명의 시스템 및 방법은 충전지 및 파워 팩의 충전이 자동으로 제공되고 사람의 간섭이 필요하지 않도록, 포터블 의료 장비( 그리고 환자에게 관련된 센서 입력)로 무선 파워를 제공한다. 이 같은 시스템은 또한 이들의 치료에서 사용된 많은 의료 모니터 및 장치에 부착된 다양한 파워 코드에 의해 방해받지 않기 때문에 환자의 이동성을 개선하도록 한다.
- [0528] 본 발명의 시스템 및 방법은 개인 청각 보조장치에 전력을 공급하고/충전하도록 사용될 수 있다. 개인 청각 보조장치는 사람의 귀에 맞도록 작고 경량일 필요가 있다. 이 같은 크기와 무게의 한계가 사용될 수 있는 충전지의 크기를 제한한다. 마찬가지로, 상기 장치의 크기와 무게의 제한은 컴포넌트의 섬세함으로 인해 충전지 대체를 곤란하게 한다.
- [0529] 상기 장치의 크기 및 위생학은 충전지를 재충전함을 허용하기 위해 추가의 충전 포트를 통합하는 것을 곤란하게 한다. 본 발명의 시스템 및 방법은 청각 보조장치내로 일체로 통합될 수 있으며, 필요한 충전지 크기를 줄이도록 하며, 이는 더욱 더 작은 청각 보조장치를 만들 수 있도록 한다. 본 명세서에서 소개된 원리를 사용하여, 청각 보조장치의 충전지는 외부의 연결 또는 충전 포트를 필요하지 않고 재충전될 수 있다.
- [0530] 충전 및 장치 회로 그리고 작은 재 충전 전지가 종래의 청각 보조장치 형태 팩터(form factor) 내로 일체로 통합될 수 있으며, 기존의 청각 보조장치 내로 새로운 부품을 다는 것을 허용한다. 상기 청각 보조장치는 사용되는 동안 그리고 사람이 착용하고 있는 동안 재 충전될 수 있다. 상기 청각이 그와 같은 구조에서 위치하는 때, 상기 에너지 소스는 패트 또는 컵 허용 재충전 내로 일체로 통합될 수 있다.
- [0531] 상기 청각이 그와 같은 구조에서 위치하는 때, 상기 충전 소스는 청각 보조장치 드라이어 박스내로 일체로 통합될 수 있으며, 청각 보조장치가 건조되고 살균되는 동안 무선 재충전될 수 있도록 한다. 상기 소스 및 장치 공진자는 상기 장치를 가열하도록 사용될 수 있으며, 추가의 가열 요소 필요를 줄이거나 없애도록 한다. 충전지 또는 AC 어댑터에 의해 전력을 공급된 포터블 충전 케이스가 저장 및 충전 스테이션으로서 사용될 수 있다.
- [0532] 상기 설명된 의료 시스템을 위한 소스 공진자는 의료 장비의 일부 또는 모두의 메인 바디내에 위치할 수 있으며, 장치 공진자는 환자의 센서 및 장치에 있게된다; 상기 소스 공진자는 앰블런스에 있을 수 있으며, 장치 공진자는 환자의 센서 및 일부 또는 모든 장비의 메인 바디에 있게된다; 일차적인 소스 공진자는 의료 장비가 앰블런스에 있는동안 무선 파워를 장치 공진자로 전달하기 위해 앰블런스에 있으며, 그리고 상기 장비가 앰블런스로부터 떨어져 있는 때 제 2 장치 공진자가 환자의 센서에 있게된다. 본 발명 시스템 및 방법은 의료인이 한 위치로부터 다른 한 위치로 환자를 용이하게 이송하는 것을 크게 개선하도록 하며, 파워 와이어(power wires) 및 수작업으로 연결된 충전지를 충전시키거나 대체시킬 필요를 줄이도록 한다.
- [0533] 본 발명 시스템 및 방법은 탱크, 무장 캐리어, 이동 헬터 등과 같은 군용 차량 또는 장비 내에 위치한 장치를 충전하는 데 사용될 수 있다. 가령, "액션" 또는 미션이 있을 후에 군인이 차량 내로 돌아 올때, 이들은 이들의 전자 장치들을 다시 충전하기 시작한다. 이들의 전자 장치들에 장치 공진자가 장치된다면, 그리고 차량의 안쪽에 소스 공진자가 있다면, (가령, 좌석 내 또는 차량의 천정에), 이들 장치들은 즉시 충전을 시작할 것이다. 사실, 동일한 차라이 차량 바깥에 서있거나 차량 옆에서 걷는 군인/로봇(가령 iRobot 로부터의 팩봇)에 전력을 제공할 수 있을 것이다.
- [0534] 이 같은 능력은 다른 사람과의 우발적인 충전지-교체를 최소로 하는 데 유용하다(이는 군인들이 이들 자신의 충전지만을 신뢰하기 때문에 매우 중요한 사안이다); 공격시 차량으로부터 더욱 신속하게 탈출하는 것을 가능하게 한다; 탱크 내 랩탑 또는 다른 전자 장치에 전력을 공급하거나 충전할 수 있도록 한다; 탱크 내에 너무 많은 도선이 존재하는 것은 "문제" 발생시에 신속하게 이동할 수 능력을 줄인다는 점에서 위험을 내포하며 가시성을 줄이도록 한다. 본 발명 시스템 및 방법은 군사 환경에서 포터블 파워 장비에 전력을 공급하는 것과 관련하여 상당한 개선을 제공한다.
- [0535] 본 발명 시스템 및 방법은 골프 카트 또는 다른 종류의 카트, 모든-지형 차량, 전자 자전거, 스쿠터, 자동차, 잔디 깎는 기계, 밭깎 및 건설/조경 등에 사용되는 다른 차량과 같은 이동 차량에 무선 파워링 또는 충전 능력을 제공할 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법은 미니-헬리콥터, 공중 원격 조정 무인기, 원격 제어 비행기, 원격 제어 보트, 원격 조정 또는 로봇트 로버(rover), 원격 조정 또는 로봇트 잔디 깎기 또는 장비, 폭탄 탐지 로봇트, 등등과 같은 소형 이동 차량에 무선 파워링을 제공하며 충전 능력을 제공한다.
- [0536] 가령, 군용 차량 위를 비행하는 미니-헬리콥터는 관찰 대상을 증가시키도록 하며, 표준 충전지의 경우 수 분동

안 비행할 수 있다. 이들 미니-헬리콥터에 장치 공진자가 장치된다면, 그리고 제어 차량이 소스 공진자를 갖고 있다면, 상기 미니-헬리콥터는 무한히 비행할 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법은 소형 이동 차량에서 사용하기 위해 충전지를 재충전하거나 대체하기 위한 효과적인 대안을 제공한다.

- [0537] 또한 본 발명의 시스템 및 방법은 마이크로전자기계 시스템(MEMS), 나노-로봇 등등과 같은 더욱 작은 장치에도 전력을 제공하고/충전할 수 있다. 또한, 본 발명 시스템 및 방법은 이동 차량 또는 비행 차량내에 소스 장치를 설치하여, 그와 같은 장치가 장치 공진자가 장치된 이동 차량 근접하여 자동으로 위치하도록 된 인-필드 또는 인-필드 재 충전기로서 사용될 수 있도록 한다.
- [0538] 본 발명 시스템 및 방법은 군사용 캠프, 오일 드릴링 설치, 원격 필름잉 위치 등과 같은, 일시적인 장비를 위한 파워 네트워크를 제공하도록 사용될 수 있다. 이때 파워 제너레이터를 위해 전기 파워가 필요하며, 상기 일시적인 장비 주변에서 파워 케이블이 사용된다. 파워를 필요로 하는 일시적인 장비를 설치하기 위해 필요한 많은 경우가 있다.
- [0539] 본 발명의 시스템 및 방법은 이들 장비들을 신속하게 설치하고 해체하기 위한 보다 효율적인 방법을 가능하게 하며, 파워를 공급하기 위해 이들 장비 전체에서 사용되어야 하는 전선의 수를 줄이도록 한다. 가령, 특수 군사가 한 지역으로 이동하는 때, 이들은 텐트를 세우고 캠프 주위로 많은 전선을 끌어 당겨서 필요한 전기를 제공할 수 있도록 한다.
- [0540] 그러나, 본 발명 시스템 및 방법은 파워 공급 장치와 소스 공진자가 준비된 군사 차량이 캠프의 중앙에 주차하도록 할 수 있고 모든 파워를 인근 텐트로 제공하도록 할 수 있으며, 이때 장치 공진자가 텐트 내로 일체로 될 수 있거나, 아니면 각 텐트 또는 지역과 관련 장비에 일체로 될 수 있기도 하다.
- [0541] 일련의 소스-장치-소스-장치 공진자가 사용되어 파워를 보다 멀리 떨어진 텐트로 확장하도록 할 수 있다. 즉, 차량에 근접하여 있는 텐트가 다음에 파워를 이들 뒤에 있는 떨어져 있는 텐트로 제공할 수 있다. 본 발명의 시스템 및 방법은 일시적인 장비가 설치되고 해체되는 데 효율에 있어서 상당한 개선을 제공하고, 따라서 관련 장비의 이동성을 개선한다.
- [0542] 본 발명 시스템 및 방법은 전선을 대체시키고, 새로운 장비를 설치하며, 차량 내로 들어온 장치에 전력을 공급하고, 차량(가령, 전통적인 가스 파워 엔진, 하이브리드 자동차, 전자 자동차, 등등) 충전지를 충전하며, 차량의 내부 또는 외부에 장착된 장치에 전력을 공급하고, 차량에 근접한 장치들에 전력을 공급하는 등과 같이 차량에서 사용될 수 있다. 가령, 본 발명의 시스템 및 방법은 차량 전체에서 분산되어 있는 조명, 팬 및 센서에 전력을 공급하도록 사용될 수 있다.
- [0543] 일례로서 전형적인 자동차가 차량과 관련된 전기 도선 50kg을 가지고 있다면, 본 발명 시스템 및 방법은 상당한 양의 이 같은 배선을 제거할 수 있다. 비행기 또는 인공위성과 같은 훨씬 그 크기가 크고 더욱 중량에 민감한 차량의 경우에는 차량 전체에서 사용되어야 하는 케이블의 수를 줄이도록 함으로써 훨씬 이익을 볼 수 있다.
- [0544] 본 발명의 시스템 및 방법은 전기적인 하니스(장비)에 대한 필요 없이 전자 및 전기 장치를 갖는 차량의 제거가 능한 또는 보충적인 부분들을 수용할 수 있도록 한다. 가령, 모터 사이클은 사이클리스트가 장 거리 여행을 하는 때 일시적인 트렁크 공간으로 작용하는 제거가능 사이드 박스를 가질 수 있다. 이들 사이드 박스들은 외부 조명, 내부 조명, 센서, 오토 장치 등등을 갖는다. 만약 본 발명의 시스템 및 방법에 따른 장치가 없다면, 전기적 연결과 하니스(장비)를 필요로 할 것이다.
- [0545] 차량 내 무선 파워 전송 시스템은 자동차에서 사용된 하나 또는 둘 이상의 이동 장치를 충전하고 전력을 공급하도록 한다: 이동 전화 전화 전화 핸드셋, 블루투스 핸드셋, 블루투스 핸드 프리 스피커 폰, GPS, MP3 플레이어, FM을 통해 자동차 스트레오를 통해서 MP3 오디오를 스트리밍하기위한 무선 오디오 송수신기, 블루투스 등등. 상기 차량 내 무선 파워 소스는 대시 상에 있는 충전 패드, 그렇지 않으면 바닥에 장착된 충전 패드, 또는 시트와 중앙 콘솔 사이에 있는 충전 패드, 컵 홀더 또는 대시 상에 있는 충전 "컵" 또는 리셉터클 등을 포함하는, 여러 가능한 구성 중 어느 한 구성으로 배치된 소스 공진자를 사용할 수 있다.
- [0546] 무선 파워 전송 소스는 상기 공급 충전지가 차량 파워가 온(on)인 때 마다 충전되도록, 재충전가능 충전지 시스템을 사용할 수 있으며, 차량이 오프인때는 무선 파워가 파워를 공급 충전지로부터 파워를 드로(draw)할 수 있으며 차량에 아직 존재하는 이동 장치로 무선으로 충전하거나 파워를 계속 공급할 수 있도록 한다.
- [0547] 미래의 플러그-인 전자 자동차, 하이브리드 자동차 등은 충전될 필요가 있으며, 사용자는 이들이 집에 있거나 충전 스테이션으로 가는 때 전원에 플러그를 꽂을 필요가 있다. 단한번의 하루 밤 재충전하는 경우, 사용자는

다음 날 50 마일을 이동할 수 있다. 따라서, 하이브리드 자동차의 경우에는, 사용자가 대부분 하루에 50 마일 이하로 이동한다면, 이들은 대부분은 전기로 이동할 수 있다. 그러나, 이들이 밤에 자동차를 플러그하는 것을 기억할 필요가 없다면 유익할 것이다.

- [0548] 즉, 간단히 차고로 이동할 수 있으며, 자동차가 알아서 충전할 수 있다면 좋을 것이다. 이 같은 목적을 위해, 소스 공진자는 차고 바닥에 또는 차고 측벽에 설치되는 것이 좋을 것이며, 그리고 장치 공진자는 자동차 바닥 (또는 측벽)내에 설치되는 것이 좋을 것이다. 수 kW의 전송도 하루 밤에 자동차를 재충전하는 데 충분할 것이다. 차량 내 장치 공진자는 자장 특성을 측정하여 고정 공진 소스에 맞는 차량 내 (또는 다른 유사 장치) 정렬을 돕도록 피드백을 제공하도록 한다.
- [0549] 차량은 이 같은 위치 피드백을 사용하여, 자동으로 그 자신의 위치를 정하도록 하여 최적의 정렬을 달성하도록 하며, 따라서 파워 전송 효율을 가장 적합하게 한다. 또 다른 방법은 위치 피드백을 사용하여 제대로 위치하는 때 LED의 조명을 높이고, 잡음을 제공하는 등의 방법을 사용하여 조작자가 차량 또는 장치를 적절히 위치시키도록 한다. 전송되는 파워의 양이 사용중인 필드 볼륨 내로 진입하는 사람 또는 동물에 안전 위험이 따르는 때는, 상기 소스 또는 수신자 장치에는 이 같은 이용중인 필드 볼륨 내로의 진입을 감지 할 수 있는 조명 커튼 또는 다른 외부 장치가 장치되어, 소스 장치를 차단하고 조작자에게 경고할 수 있다.
- [0550] 또한, 상기 소스 장치는 자체-감지 능력이 장치되어, 그 기대된 파워 전송 속도가 진입자에 의해 간섭을 받았는 지를 검사하도록 하며, 상기 소스 장치를 차단한 경우 조작자에게 경고하도록 한다. 힌지 도어 또는 팽창성 있는 블레이더 차폐와 같은 물리적인 또는 기계적인 구조가 물리적 장벽으로 사용되어, 원하지 않은 진입을 막도록 할 수 있다. 광학적, 자기적, 용량적, 유도적 등과 같은 센서가 사용되어 소스와 장치 공진자 사이 외부 구조 또는 간섭을 검사하도록 할 수 있다. 상기 소스 공진자의 형상은 물이나 파편 축적을 막도록 형상이 정해질 수 있다. 상기 소스 공진자는 큰 형상의 인클로주어로 놓여지며 혹은 각이진 탑이 있는 인클로주어를 갖아서, 물과 파편이 굴러 떨어질 수 있도록 된다. 상기 시스템의 소스는 차량의 충전지 파워 또는 그 자신의 충전지 파워를 사용하여 파워 전송을 개시하기 위해 상기 소스로 그 존재를 알리도록 한다.
- [0551] 상기 소스 공진자는 내장된 또는 걸려있는 포스트에, 벽에, 스탠드에 장착되어, 전기 차량의 범퍼, 후드, 바디 패널 등에 장착된 장치 공진자로 결합될 수 있도록 한다. 소스 공진자는 방석, 패드, 벨로우, 스프링이 장착된 인클로주어 등과 같은 유연한 인클로주어 내로 내장되거나 인클로주어 되어, 전기 차량이 자동차에 손상을 주지 않고 소스 코일을 포함하는 구조와 접촉할 수 있도록 한다. 상기 소스를 포함하는 구조는 대상물이 상기 소스와 장치 공진자 사이에 오게 되는 것을 막을 수 있다. 무선 파워 전달이 상대적으로 상기 소스와 장치 코일 사이의 오정렬에 무감각하기 때문에, 다양한 유연한 소스 구조 및 주차 과정이 이 같은 응용에 적합할 수 있다.
- [0552] 본 발명 시스템 및 방법은 전기, 하이브리드 또는 연소 엔진 차량의 충전지를 트리플 충전하도록 사용될 수 있다. 차량은 충전지 파워를 유지시키고 다시 채우기 위해 작은 양의 파워를 필요로 한다. 상기 파워는 소스로부터 정면 그릴, 천정, 바닥, 또는 차량의 다른 부분내에 통합될 수 있는 장치 공진자로 무선 전송될 수 있다. 상기 장치 공진자는 레디에이터를 통해 공기 흐름을 막지 않도록 차량의 정면 또는 그릴 주변 로고 형상내로 맞춰 지도록 디자인된다. 상기 장치 또는 소스 공진자는 상기 공진자가 차량으로부터 스노우 또는 아이스를 녹이도록 사용될 수 있는 가열 요소로서 사용되도록 하는 추가의 동작 모드를 가질 수 있다.
- [0553] 전기 차량 또는 하이브리드 차량은 멀티플 장치 공진자를 필요로 할 수 있으며, 쉽게 차량이 소스 공진자에 근접할 수 있도록 하며(가령, 장치 공진자의 숫자가 많을 수록, 차량이 다양한 충전 스테이션에 연결될 수 있다), 일정 시간동안 전달될 수 있는 파워 양을 증가시키도록 하고(가령, 허용가능 레벨로의 충전 전류로 인해 로컬 가열을 유지시키기 위해 추가의 장치 공진자가 요구된다), 차량이 충전 스테이션에 자동 주차/도킹하는 데 도움이 이 되도록 한다.
- [0554] 가령, 차량은 최적의 충전 조건(즉, 충전 스테이션의 소스 공진자에 대한 차량 장치 공진자 최적의 위치가 더욱 높은 파워 전달 효율을 제공한다)을 위해 차량의 주차시 운전자 또는 자동 파킹/도킹 장비로의 안내를 제공하는 피드백 시스템을 갖는 멀티플 공진자(또는 단일 공진자)를 갖는다. 자동 파킹/도킹 장비는 차량이 얼마나 잘 커플되었는 가를 기초로 차량의 자동 파킹을 허용하도록 한다.
- [0555] 상기 파워 전송 시스템은 장치 및 차량의 주변 장치로 전력을 공급하도록 사용된다. 주변 장치로의 전력 전달은 차량이 충전중인 동안, 또는 충전중이 아닌동안 제공되며, 혹은 파워가 충전을 필요로 하지 않는 종래의 차량으로 전달 될 수 있다. 가령, 파워는 차량이 주차되어 있는 동안 무선으로 종래의 비-전기 자동차로 전송되어 에어컨디셔닝, 냉장고 유닛, 가열기, 전등 등에 전력을 공급하도록 할 수 있으며, 정비 주차장 또는 적재 도크에

서 엔진이 가동되는 것을 피하도록 할 수 있는 데, 이는 배기 가스가 축적되는 것을 피하기 위해 중요한 것이다.

- [0556] 파워는 가령 선상의 엔진 또는 파워 소스의 사용을 피하기 위해, 전동, 주변 장치, 승객 장치 등에 전력을 공급함을 허용하기 위해 주차되어 있는 동안 버스로 무선 전송된다. 파워는 선상의 엔진 또는 파워 소스를 사용해야 할 필요없이 타르머크에 정착되거나 파워 계측 기계, 기후 제어, 디-아이싱 장비 등으로의 행거에서 비행기로 무선 전송된다.
- [0557] 차량에서 무선 파워 전송은 그리드(V2G)로의 차량 간섭을 가능하게 하도록 사용될 수 있다. 그리드로의 차량은 전기 차량 그리고 플러그-인 하이브리드 차량(PHEV)사용을 기초로 하며, 이들은 에너지 저장 분산 장치이며, 전기 그리드가 사용되지 않을 때 밤에 충전되고, 그리고 낮에 발생하는 피크 요구 에피소드 중에 그리드 내로 다시 방전될 수 있다. 차량 및 각 기반 시설에서 상기 무선 파워 전송 시스템 양방향 에너지 흐름을 가능하게 하도록 실시 될 수 있으며,
- [0558] 에너지가 플러그 연결 필요 없이 차량으로부터 그리드로 다시 흐를 수 있도록 한다. 공장, 사무소, 주차장 등에 주차된 거대한 차량들은 "스마트 그리드에 의해 "피킹 파워 용량"으로 볼 수 있다. 차량에서 무선 파워 전송은 그와 같은 V2G 비전을 실현할 수 있도록 한다. 차량을 상기 그리드에 연결하는 처리를 간단하게 함으로써(즉, 무선 충전 가능 주차 장소에 간단히 주차시킴으로써), 상기 그리드가 이들의 파워를 열 필요가 있는 때 이일정수의 차량이 "디스패치어블(dispatchable)"하게 되도록 할 것이다.
- [0559] 무선 충전하지 않는다면, 전기 및 PHEV 소유자는 집에서 이들의 차량을 충전하며, 그리고 이들을 종래의 주차 장소에서 주차할 것이다. 만약 충전을 필요로 하지 않는다면, 누가 직장에서 이들의 차량을 플러그하기를 원하겠는가. 3 kW를 무선 충전할 수 있는 무선 충전 충전 시스템의 경우, 저렴한 비용으로 부하 발생 용량 전달 밤에 발생된 에너지를 사용하여, 100,000 차량이 300 메가와트를 상기 그리드로 다시 제공할 수 있을 것이다. 이는 합리적인 무선 셀프 충전 PHEV 인간공학인 것이며, 전기 차량은 이를 실용적인 V2G 에너지 소스로 만든다.
- [0560] 본 발명의 시스템 및 방법은 공기압을 측정하기 위해 타이어 내 센서와 같은 차량에서의 센서에 전력을 공급하기 위해, 또는 핸드폰, GPS 장치, 항법 장치, 게임 플레이어, 오디오, 또는 비디오 플레이어, DVD 플레이어, 무선 라우터, 통신 장비, 절도 방지 장치, 레이더 장치 등과 같은 차량 내 주변 장치를 동작시키기 위해, 사용될 수 있다.
- [0561] 가령, 본원 명세서에서 소스 공진자는 자동차의 메인 격실내에 설치되어, 자동차의 메인 격실 내측 및 외측 모두에 위치하는 다양한 장치로 전력을 공급하도록 한다. 차량이 모터사이클인 때, 본원 발명 장치는 시이트와 같은 모터사이클 몸체 내로 일체로 통합되며, 장치 공진자는 통신, 엔터테인먼트, 신호전송 등을 위해 사용자의 헬멧 내에 제공될 수 있으며, 혹은 장치 공진자는 안전을 위해 다른 운전자에게 신호를 디스플레이 하기 위해 사용자의 채킷 내에 제공될 수 있다.
- [0562] 본 발명의 시스템 및 방법은 도로, 트레인, 비행기, 선박 등과 같은 운반 기반 시설과 관련하여 사용될 수 있기도 하다. 가령, 소스 공진자는 도로, 주차장, 레일-라인 등에 설치될 수 있다. 소스 공진자는 교통 라이트, 사인 등내에 설치될 수 있다. 가령, 소스 공진자가 도로에 설치되고, 장치 공진자가 차량 내에 설치되는 때, 차량에는 이들이 도로를 따라 이동하는 동안 전력이 공급되며 혹은 이들이 주차장 또는 도로 한 번에 주차되는 때 전력이 공급된다.
- [0563] 본 발명의 시스템 및 방법은 차량이 도로 네트워크, 또는 도로 네트워크 일부를 횡단하는동안 전력을 공급받거나 충전되도록 차량 내 전기 시스템을 위한 효과적인 방법을 제공할 수 있다. 이와 같은 방법으로, 본 발명의 시스템 및 방법은 자치적인 차량, 자동 안내 차량 등에 대한 전력 공급/충전에 기여한다. 본 발명 시스템 및 방법은 교통 신호등 또는 사인, 고속도로 램프, 또는 주차장에서 차량들이 정지해 있는 위치에서, 차량으로 전력을 제공할 수 있도록 한다.
- [0564] 본 발명의 시스템 및 방법은 파워링 동작기계를 위한 공장, 파워링/충전 로봇, 로봇 아암에 대한 파워링 또는 충전 무선 센서, 파워링/충전 툴 등과 같은 산업용 환경에서 사용될 수 있다. 가령, 본 발명의 시스템 및 방법을 사용하여, 로봇 아암에 있는 장치로 파워를 공급하는 것은 로봇 아암의 조인트에서 직접적인 전선 연결을 제거하도록 한다. 이와 같이 하여, 그와 같은 직접적인 전선 연결을 피할 수 있으며,로봇에 대한 신뢰도가 증가될 수 있다.
- [0565] 이와 같이 하여, 장치 공진자는 로봇의 아암에 있을 수 있고, 소스 공진자는 상기 로봇은 서비스를 제공하는 산업용 장비에 통합되어 있는 로봇 가까이 중앙 위치에서 로봇 베이스에 있을 수 있다. 본 발명의 시스

템 및 방법의 사용은 상업 장비 내에서 파워 분산에 연결되어 있어야 할 배선을 제거하도록 하며, 따라서 장비의 전체 신뢰도를 유익하게 한다.

- [0566] 본 발명에 따른 시스템 및 방법은 드릴링, 마이닝, 디깅 등과 같은 지하 공간 응용에 사용될 수 있다. 가령, 드릴링, 굴착과 관련된 전기적 컴포넌트 및 센서는 본 발명 시스템 및 방법을 사용하여, 디깅 수단, 드릴링 비트 등과 연결된 케이블을 제거하도록 한다.
- [0567] 또 다른 예에서, 본 발명 시스템 및 방법은 장비를 위한 파워 요구가 높으며 거리가 멀리 떨어지고, 그러나 관련된 필드에 종사하는 인부가 없는, 채광 응용에서 굴착 장비에 전력을 공급하도록 사용될 수 있다. 가령, 굴착 영역은 장치 공진자 파워 디깅 장비를 가지며, 이같은 장비는 높은 파워 요구를 갖고 소스 공진자로부터 상대적으로 멀리서 채굴 작업을 할 수 있다. 결과적으로 소스 공진자는 이들 요구를 만족시키기 위해 높은 필드 세기를 제공할 필요가 있으나, 인부들은 이들 높은 세기 필드로부터 충분히 멀리 떨어져 있다. 이 같은 높은 파워, 인부 부족 시나리오는 다수의 산업 응용에 적용될 수 있다.
- [0568] 본 발명에 따른 시스템 및 방법은 파워 전달이 아니라, 또는 파워-전달에 추가하여, 인접-필드 비-복사성 공진 기법을 사용할 수 있다. 가령, 정보가 인접-필드 비-복사성 공진 기술에 의해 전달되는 정보는 도청되지 않을 수 있으며, 따라서 종래의 무선 통신 기법과 비교하여 증가된 레벨의 보안을 제공할 수 있다.
- [0569] 또한, 인접-필드 비-복사성 공진 기술에 의해 전달된 정보는 상기 EM 복사성 스펙트럼을 간섭할 수 있으며, 따라서 EM 간섭의 소스일 수 없고, 이에의해 확장된 주파수 범위에서 그리고 규정에 의해 정해진 제한 내에서 통신을 허용한다. 통신 서비스는 원격하며, 접근가능하지 않은 또는 원격 센서들 사이, 장치 또는 차량의 섹션들 사이, 터널 내, 동굴 및 우물(예를 들면, 오일 채광 우물, 다른 드릴 장소)내, 그리고 수면아래나 지하 장치 등과 같이 도달하기 어려운 위치로 제공된다. 통신 서비스는 자기장이 전기장 보다 적은 손실을 경험하는 장소에 제공된다.
- [0570] 본 발명의 장치 및 방법은 무선 파워 전송 시스템 내 소스와 장치 사이 파워 및 통신 신호의 동시 전송을 가능하게 하며, 혹은 다른 시간 주기 또는 다른 주파수에 파워 및 통신 신호의 전송을 전송을 가능하게 한다. 공진자의 성능 특징은 에너지 또는 정보 전달 범위 또는 효율을 지원하거나 제한하도록 변경될 수 있다.
- [0571] 상기 공진자 성능 특징은 가령 정보 전달의 범위를 줄임으로써 보안을 개선하도록 제어될 수 있다. 공진자의 상기 성능 특징은 연속적으로, 주기적으로, 또는 정해진, 계산된 또는 자동으로 조정된 알고리즘에 따라 변해질 수 있다. 가령, 본 발명의 시스템 및 방법에 의해 가능하게 된 파워 및 정보 전달은 시간 또는 주파수 멀티플렉스 방식으로 제공될 수 있다. 소스 그리고 장치는 튜닝, 변경, 가변, 디터링 등에 의해 서로 신호를 보내며, 공진자 임피던스가 탐지될 수 있는 다른 공진자의 반사된 임피던스에 영향을 준다. 본 명세서에서 설명된 바와 같이 전송된 정보는 장치 식별, 장치 파워 요구, 핸드셰이킹 프로토콜 등과 관련된 정보를 포함한다.
- [0572] 상기 소스 및 장치는 파워 네트워크 내 다른 소스 및/또는 장치에 대한 위치 및 위치 정보를 감지하고, 전송하며, 처리하고 사용한다. 소스 및 장치는 상승, 기울기, 위도 및 경도와 같은 정보를 캡처하고 사용하며, 이들은 소스 및 장치내에 만들어지거나 소스 또는 장치 연결하는 컴포넌트 일부 일 수 있는 다양한 센서 및 소스들로부터 온다.
- [0573] 위치 및 방향 정보는 위성 위치 센서(GPS), 콤팩스, 가속도계, 압력 센서, 대기 바로미터 센서, 와이파이 또는 셀룰러 네트워크 신호를 사용하는 위치 시스템과 같은 소스를 포함할 수 있다. 상기 소스 및 장치는 위치 및 위치 정보를 사용하여 인근 무선 파워 전송 소스를 발견하도록 한다.
- [0574] 소스가 중앙 스테이션 또는 그 위치를 식별하는 데이터베이스와 통신한다. 한 장치가 중앙 스테이션 또는 데이터베이스로부터 또는 로컬 방송으로부터 소스 위치 정보를 얻으며, 사용자 또는 작업자를 가시적, 진동적, 또는 가청 신호 도움을 갖는 소스로 안내한다. 소스 및 장치는 통신 네트워크 내, 센서 네트워크 내, 항법 네트워크 내 또는 결합된 기능성 네트워크 내에서의 노드(node)들일 수 있다.
- [0575] 위치 및 위치 정보는 또한 파워 전달을 최적화하거나 조정하도록 사용될 수 있다. 소스 및 장치의 상대적 위치에 대한 추가의 정보가 사용되어 자기장 방향 및 공진자 정령을 최적화하도록 할 수 있다. 가속도계 및 자기 센서 등으로부터 얻어 질 수 있는 장치 및 소스의 방향이 사용되어, 상기 자장 플럭스는 장치 회로에 의해 차단되지 않도록 공진자의 방향 그리고 자장의 가장 바람직한 방향을 식별하도록 할 수 있다.
- [0576] 이와 같은 정보로 가장 바람직한 방향을 갖는 소스, 또는 소스들의 комбина이션이 사용될 수 있다. 마찬가지로, 위치 및 방위 정보가 사용되어 피드백을 장치의 사용자 또는 조작자에게 제공하도록 하며, 파워 전송 효율을 최

대로 하고, 손실을 최소로 하기 위해 바람직한 방위 또는 위치로 장치를 위치시키도록 한다.

- [0577] 상기 소스 및 장치는 파워 미터링 및 측정 회로 및 능력을 포함한다. 상기 파워 미터링이 사용되어 얼마나 많은 파워가 한 장치로 전달될 수 있는가를 트랙하도록 하며 혹은 얼마나 많은 파워가 한 소스에 의해 전송되는가를 트랙하도록 한다. 상기 파워 미터링 및 파워 사용 정보가 비용을 바탕으로 하여 청구 목적을 위해 파워 전달 장치에서 사용된다.
- [0578] 파워 미터링이 또한 사용되어 파워 전달 정책을 가능하게 하며 파워가 특정 기준에 따라 멀티플 장치로 분사되도록 한다. 가령, 파워 미터링이 사용되어 이들이 수신한 파워 양을 기초로 그리고 파워 전달 우선순위가 파워 전달이 최소 파워를 수신한 것들로 정해지도록 하여 장치들을 분류하도록 한다. 파워 미터링이 사용되어 "보장된 파워" 및 "최고 노력 파워"와 같은 순위 전달 서비스를 제공하도록 할 수 있으며, 이들은 각각 다른 등급으로 비용이 청구된다. 파워 미터링은 계급 제도 파워 전달 구조를 정하고 강제하도록 사용되며, 우선순위 장치가 일정 환경에서 보다 많은 파워를 명령하고 수신하도록 또는 시나리오를 사용할 수 있도록 한다.
- [0579] 파워 미터링은 파워 전달 효율을 최적화하게 하고 흡수 및 복사 손실을 최소로 하도록 사용된다. 장치에 의해 수신된 파워와 관련된 정보가 바람직하지 않은 동작 환경 또는 주파수를 식별하기 위해 소스의 파워 출력에 대한 정보와 관련된 소스에 의해 사용될 수 있다. 가령, 소스가 전송 손실이 허용할 수 없을 정도로 큰 것인지를 결정하기 위해 상기 장치에 의해 수신되었던 파워의 양과 전송한 파워 양을 비교할 수 있다.
- [0580] 많은 전송 손실은 소스로부터 파워를 수신한 권한이 없는 장치로부터 기인될 수 있으며, 소스 및 다른 장치들이 공진 주파수로의 주파수 호핑(hopping) 또는 다른 방어적 조치를 개시하여, 권한이 없는 사용을 막도록 한다. 커다란 전송 손실은 가령 흡수 손실에 기인할 수 있으며, 상기 장치 및 소스가 그와 같은 손실을 최소로 하기 위해 공진 주파수를 교대로 하도록 조정될 수 있다. 큰 전송 손실은 또한 원하지 않은 또는 알려지지 않은 물체 또는 재료들의 존재를 나타낼 수 있으며, 상기 소스가 원격 장치를 파워링을 재개하는 때인, 상기 소스가 상기 원하지 않은 또는 알려지지 않은 대상이 제거되거나 식별될 때까지, 파워 레벨을 오프시킨다.
- [0581] 상기 소스 및 장치는 인증 능력을 포함한다. 인증은 양립가능한 소스 및 장치가 파워를 전송하고 수신할 수 있도록 사용된다. 인증이 사용되어 특정 생산자를 가지는 그리고 다른 생산자들로부터의 클론 또는 장치 및 소스들은 갖지 않는 인증 장치만이 보장하도록 하며, 특정 예약 또는 계획의 일부인 장치만이 한 소스로부터 파워를 수신할 수 있다.
- [0582] 인증은 암호 요구를 기초로 하며, 프로토콜에 응답하거나 특정 장치의 동요에 대한 고유한 신호를 기초로하여 사용될 수 있도록 하며, 물리적으로 언클론이불한 기능에 유사한 특성을 기초로 인증되도록 한다. 인증은 로컬 통신과의 각 소스와 장치 사이에서 지역적으로 수행될 수 있으며, 혹은 제3자 인증 방법으로 사용되고, 이때 소스와 장치가 중앙 기관과의 통신으로 인증하게된다.
- [0583] 상기 소스 및 장치는 주파수 호핑 기술을 사용하여 권한이 없는 무선 파워소스의 사용을 막도록 한다. 상기 소스는 파워 전달의 공진 주파수를 계속해서 조정하거나 변경한다. 주파수의 변경은 무작위 또는 예정된 알려진 방법으로, 재생가능하게 수행되며, 또는 권한이 있지만 예측하기 어려운 장치와 통신하여 수행된다. 주파수 호핑 등급 및 사용된 다양한 주파수 수는 권한이 없는 사용이 곤란하고 불가능 하도록 충분히 크고 빈번할 수 있다. 주파수 호핑은 임피던스 네트워크를 조정하고, 구동 회로의 어느것도 튜닝하고, 멀티플 공진 주파수에 튜닝되거나 튜닝할 수 있는 다수의 공진자를 사용하여 실시 될 수 있다.
- [0584] 상기 소스는 준비단계 모드라면, 혹은 소스 공진자가 외부 물체에 의해 디튜닝되거나 방해된다면, 사용자 식별 능력을 가져서 한 장치 공진자에 결합되었는지에 대한 상태를 보여주도록 하며 파워를 전송한다. 상기 통지 능력은 가시적이며, 가청적이고, 그리고 진동적인 방법을 포함한다. 이 같은 통지는 세계의 칼라 전등으로서, 각 상태에 하나씩이며, 선택적으로 스피커가 동작 에러의 경우 통지를 제공하도록 한다. 선택적으로, 상기 통지 능력은 소스의 상태를 보여주는 상호 작용 디스플레이를 포함하며 선택적으로 에러 또는 식별된 문제를 고정하거나 해결할 것인지에 대한 지시를 제공한다.
- [0585] 또 다른 예로서, 무선 파워 전달은 전자 폭발 기폭제의 안전을개선하도록 사용될 수 있다. 폭발 장치는 전자 기폭제, 전기 기폭제, 또는 충격 튜브 기폭제로 기폭된다. 상기 전자 기폭제는 저장된 전기 에너지를 사용하여(대개 콘텐서 내에) 점화기 충전을 활성화하도록 하며, 낮은 에너지 트리거 신호가 무선으로 또는 전도적을 전송된다.
- [0586] 상기 전자 기폭제는 높은 에너지 전도 트리거 신호를 사용하여, 점화기 충전을 활성화하기 위해 필요한 신호와 에너지 모두를 제공하도록 한다. 충격 튜브는 제너레이터로부터 점화기 충전으로 폭발성 재료 코팅된 공동 튜브

를 통하여 제어된 폭팔을 보낸다. 전자 및 전기 기폭제와 관련된 안전 문제가 있으며, 이는 스트레이 전자기 에너지가 의도하지 않은 활성화를 발생시키기 때문이다. 급격하게 공진하는 자기 커플링을 통한 무선 파워 전달은 그 같은 시스템의 안전을 개선시킬 수 있다.

[0587] 본 명세서에서 공개된 무선 전달 방법을 사용하여, 부부적으로 저장된 에너지를 갖지 않는 전자 기폭 시스템을 만들 수 있으며, 따라서 의도되지 않은 활성화 위험을 줄이게 된다. 무선 파워 소스는 상기 기폭제 인접하여 위치한다(수 미터 내에) 상기 기폭제에는 공진 캡처 코일이 장치될 수 있다. 상기 활성화 에너지는 상기 무선 파워 소스가 트리거된 때 전달될 수 있다.

[0588] 상기 무선 파워 소스의 트리거링은 일정 수의 메카니즘에 의해 개시될 수 있다: 무선, 자기 근접 장 무선, 전도성 신호 발생, 초음파, 레이저 광선. 공진 자기 커플링을 기초로 하는 무선 파워 전달은 또한 바위, 흙, 콘크리트, 물, 그리고 다른 밀도 높은 재료와 같은 재료를 통해 파워를 전달할 수 있는 이점을 갖는다. 매우 좁은 대역응답과 독점 주파수에 정확하게 튜닝된, 수신기 및 소스와 같은 매우 높은 Q 코일 사용이 상기 기폭제 회로가 스트레이 EMI를 확실하게 캡처할 수 있도록 하며 및 의도적이지 않은 활성을 피할 수 있도록 한다.

[0589] 무선 파워 장치의 공진자는 상기 장치의 외부 또는 바깥에 있을 수 있으며, 상기 장치의 충전지에 연결될 수 있다. 상기 장치의 충전지는 적절한 수정을 포함하도록 정정될 수 있으며, 회로를 조정하여 장치 공진자의 교류 전류를 수신하도록 한다. 이는 더욱 큰 외부 코일을 갖는 구성을 가능하게 할 수 있으며, 키보드 또는 마우스 또는 디지털 카메라의 충전지 도에내에 만들어 질 수 있으며, 혹은 리본 케리블을 갖는 충전지/변환기로 다시 연결된 장치에 부착되는 더욱 큰 코일내에도 만들어 질 수 있다. 상기 충전지 도어는 수정되어 외부 코일로부터 충전지/컨버터로 상호 연결을 제공하도록 한다(이는 충전지 도어 접촉을 터치할 수 있는 노출된 접촉을 필요로 할 것이다).

[0590] **스트랜드드 인쇄 회로 보드 트레이스**

[0591] 상술한 섹션에 기술된 바와 같이, 자기 공진자에서의 하이-Q 유도 엘리먼트는 리츠 와이어 전도체로 형성될 수 있다. 리츠 와이어는 더 얇은 개별 와이어가 임의의 현저한 길이 동안 더 큰 번들 내에서 동일한 반지름 방향의 위치를 점유하지 않도록 하기 위해 더 얇고 절연된 와이어를 특수하게 설계된 패턴으로 직조한 번들이다. 직조 패턴과 다수의 더 작은 직경의 와이어를 이용하는 것은 표피 깊이를 효과적으로 증가시키고, 주파수 영역 동안 와이어의 AC 저항을 감소시킨다.

[0592] 자기 공진자에서의 하이-Q 유도 엘리먼트는 또한 인쇄 회로 보드(PCB) 트레이스로 만들어질 수 있다. 인쇄 회로 보드 트레이스는 정확한 재현성, 용이한 집적화, 및 비용 효과적인 대량 생산을 포함하는 다양한 매력적인 특성을 가질 수 있다. 본 섹션에서, 직조 패턴 내에서 고정된 위치를 유지하지 못하고, 표준 제조 기술을 이용하여 제조될 수 있는 다중 보드 층 상에 잠재적으로 분산되는 다수의 더 협소한 절연 트레이스를 구비한 저 AC 저항 스트랜드드 PCB 트레이스를 개시한다. 이러한 스트랜드드 트레이스의 AC 저항은 직조 패턴이 인쇄되고 상호연결된 보드 층의 수뿐 아니라 설계된 직조 패턴에서의 더 협소한 개별 트레이스의 수, 크기, 및 상대적 거리에 의해 정해질 수 있다. 개별 트레이스 절연은 공기, 회로 보드 물질, 코팅, 가요성 시트, 경화 물질, 등에 의해 제공된다.

[0593] 실시예에서, PCB 제조용 스트랜드드 트레이스 직조 패턴은 높은 개별 트레이스의 밀도를 달성할 뿐만 아니라 용이하게 재현가능하고 확장-축소시에도 난조가 생기지않을 수 있도록(scalable) 설계될 수 있다. 달성 가능한 트레이스 밀도는 개별 트레이스의 좁은폭, 직조 패턴의 지오메트리, 및 예를 들면 직조 패턴에서의 "비아"와 같은 다른, 잠재적으로 더 큰 구조물 또는 피처를 통합할 필요성에 의해 결정될 수 있다. 실시예에서, PCB의 다수 층 사이에 개별 트레이스를 연결하도록 사용되는 모든 비아 또는 쓰루홀을 제공하는 방법 및 설계가 바람직하게는 다중 트레이스 직조 패턴의 외부 주변부 상에 배치될 수 있다. 비아의 외부 배치는, 정상적으로 더 큰 피처의 크기조정된 비아가 직조 패턴 자체 내에서 사용되지 않고, 잠재적으로 패턴의 균일성과 직조의 밀도를 분열시키기 때문에, 조밀하고 균일한 개별 트레이스 배치와 밀도뿐 아니라 패턴의 용이한 스케일링과 모사를 가능하게 한다.

[0594] 본 섹션의 설명에서 사용된 바와 같이, '스트랜드드 트레이스'라는 용어는 다수의 더 작거나 더 협소한 개별 트레이스, 트레이스 세그먼트, 또는 와이어의 그룹으로부터 형성된 전도체를 의미한다. 본 섹션에서, 동일한 크기의 고체 전도체 트레이스가 가지는 것보다 더 낮은 AC 저항을 가지는 스트랜드드 트레이스를 형성하기 위해 다층 PCB 상에 개별 트레이스를 라우팅하는 기술이 기술된다.

- [0595] 층을 이룬 PCB 보드 상의 개별 트레이스의 브레이딩은 그것이 PCB의 다양한 층 전체에서 그리고 그를 관통하여 파동을 이루도록 특정한 패턴으로 스트랜드드 트레이스의 각각의 개별 트레이스를 라우팅함으로써 달성될 수 있다. 개별 트레이스의 직조 패턴은 스트랜드드 트레이스에서의 모든 개별 트레이스들이 실질적으로 동일한 임피던스를 가지도록 설계될 수 있다. 즉, 스트랜드드 트레이스에 인가되는 교류는 개별 트레이스의 각각에서 실질적으로 동일한 크기로 흐른다. 전류가 스트랜드 전체에 균일하게 배포되기 때문에, AC 저항이 감소될 수 있다. 스트랜드드 전도체는 특정 AC 주파수에 대해 최소화된 저항을 위해 최적으로 설계될 수 있다는 것에 유의하라. 실시예에서, 개별 트레이스의 수 및 크기, PCB 층의 수, 연결 복잡도, 보드 공간 등과 같은 시스템 트레이드-오프가 최적 직조 패턴과 설계를 판정하는데에 고려될 수 있다.
- [0596] 본 섹션에서, 특정한 수의 층으로 가지고 층을 이룬 PCB 보드를 활용하는 예를 논의한다. 본 예시에서의 특정한 수의 층은 본 방법과 설계를 명료화하기 위해 사용되는 것이지, 한정으로서 간주되어서는 안된다. 상기 방법이 설계는 더 많은 층 또는 더 적은 층을 가진 PCB로 확장 및 스케일링 될 수 있다.
- [0597] 본 섹션에서, 특정한 층을 이룬 PCB 기술 또는 구현을 언급하는 예시를 논의하고 기술한다. 본문에 기술된 모든 기술, 방법, 알고리즘, 및 구현은 일반적인 것이고, 가요성 회로 보드 등을 포함하는 층을 이룬 폭넓은 범위의 인쇄 회로 보드 기술 및 구현에 적용가능하다.
- [0598] 스트랜드드 트레이스를 형성하기 위한 개별 트레이스를 라우팅하는 방법은 PCB의 상이한 층들 상의 개별 트레이스 또는 트레이스의 세그먼트를 라우팅하고 그 결과인 스트랜드드 트레이스 내의 각각의 개별 트레이스 또는 세그먼트의 상대적 위치를 변화시키는 것을 포함한다. 스트랜드드 트레이스의 각각의 개별 트레이스는 각각의 PCB 층 상에서의 자신의 위치를 변경시키거나 또는 개별 트레이스는 상이한 PCB 층상의 패턴 내에서 2개 이상의 위치 사이에서 교반하여 있다. 스트랜드드 트레이스의 각각의 개별 트레이스는 층을 이룬 PCB의 다양한 층 모두를 관통하여 파동을 이루는 것이 바람직하다.
- [0599] 층을 이룬 PCB 기술에서, 트레이스는 비아 또는 관통-홀로 상이한 전도체 또는 PCB 층을 통과하여 라우팅될 수 있다. 비아의 크기는 개별 트레이스의 가능한 최소 크기, 개별 트레이스 사이의 최소 공간, 또는 관심 주파수에서의 AC 전류의 표피 깊이 보다 더 크다. 실시예에서, 설계된 직조 패턴과 라우팅 방법은 비아를 스트랜드드 트레이스나 직조 패턴의 외부 에지 또는 외부에 배치함으로써 실시될 수 있다. 실시예에서, 개별 트레이스 및 트레이스 공간에 대해 제조상 제약이 주어지면 가능한 근접하게 개별 트레이스를 패킹하고 하이-Q 유도 엘리먼트에 적합한 AC 저항 값을 달성하는 것이 가능하다.
- [0600] PCB 상에 스트랜드드 트레이스를 형성하는 방법 및 설계는 PCB의 각각의 층들 사이의 특정한 라우팅 및 각각의 층들 상의 개별 전도체 트레이스의 특정한 라우팅을 포함할 수 있다.
- [0601] 라우팅 방법과 설계는 도 52에 도시된 예로 도시되고 기술되며, 이는 본 방법과 설계의 주된 특성 중 일부를 나타낸다. 도 52는 4개의 층의 인쇄 회로 보드의 각각의 층 상에 형성될 수 있는 개별 트레이스를 위한 예시적인 직조 패턴을 도시한다. 개별 트레이스를 보드의 4개 층 전체에 연결하면 7개의 개별 트레이스를 구비하는 스트랜드드 트레이스를 형성할 수 있다. 이러한 7개의 개별 트레이스들은 도시된 패턴으로 배치되고, 원하는 길이의 스트랜드드 트레이스로 반복될 수 있다. 각각의 층 상의 개별 트레이스는 도 52(a)에서의 검은 선으로 도시되고, 비아는 트레이스의 어느 한 측면 상의 검은 점들에 의해 표시된다. 도 52(a)는 명료화를 위해 나란히 있는 전도체의 개별 층들을 도시한다. PCB에서, 4개의 층이 적층되어, 다른 것의 상부에 층이 있고, PCB의 절연체 층에 의해 분리된다. 스트랜드드 전도체의 측면들 상의 비아는 모든 층을 관통(또는 지나서)하여 공유된다. 본 예시적인 실시예에 대해, 도 52의 제 1 바닥의 비아(5201)는 층들이 서로의 상부 위에 적층될 때 동일한 비아가 된다. 각각의 비아의 바로 다음의 2개의 번호는 그 비아에 의해 연결된 개별 트레이스를 가진 층을 나타낸다. 예를 들면, 4-1로 라벨이 붙어있는 제 1 바닥 비아(5201)는 4번째 전도성 층 상의 개별 트레이스 세그먼트들과 그 비아에 연결된 제 1 도전성 층을 연결한다.
- [0602] 도 52b는 도 52(a)의 패턴의 동일한 3차원 등각투영도를 도시한다. 각각의 층 상의 개별 트레이스는 검은 선으로 도시되고, 층들 사이의 비아에 의해 이루어진 연결은 점선 및 쇄선으로 도시된다. 본 예시에서의 패턴의 4개 층은 서로의 상부 위에 적층된다. 각각의 층위의 개별 트레이스 사이의 거리뿐 아니라 층들의 공간 및 크기는 도면의 명료화를 개선하기 위해 강조된 것이다. 비아는 2개의 층들 사이의 개별 트레이스 세그먼트를 연결한다. 본 예시에서, 각각의 층으로부터의 모든 개별 트레이스 세그먼트는 스트랜드드 트레이스의 폭을 횡단하고 인접 층에 대해 비아로 라우팅된다.
- [0603] 스트랜드드 트레이스는 직조 패턴의 양측 면 상에서 비아의 옆에 측면에 위치할 수 있다. 각각의 PCB 층상에,

개별 트레이스는 유효한 스트랜드드 트레이스의 폭을 횡단할 수 있다. 각각의 개별 트레이스 세그먼트는 스트랜드드 트레이스의 하나의 측면 상의 비아로부터 스트랜드드 트레이스의 다른 측면 상의 비아로 라우팅될 수 있다. 각각의 PCB 층상에서, 각각의 라우팅된 개별 트레이스는 그 개별 트레이스를 또다른 PCB 층상의 개별 트레이스로 연결하는 비아로부터 라우팅될 수 있다. 개별 트레이스는 그것들이 유효한 스트랜드드 트레이스의 폭을 횡단하고 또는 스트랜드드 트레이스의 축에 대해 일정 거리를 관통하는 방식으로 라우팅될 수 있다. 스트랜드드 트레이스의 축은 스트랜드드 트레이스의 길이를 따라 나 있는 가상 라인이고, 스트랜드드 트레이스의 측면에 있는 비아의 열에 평행하다. 예시적인 스트랜드드 트레이스의 축은 도 52(a)에서 화살표(5203)로 도시된다.

[0604] 실시예에서, 각각의 개별 트레이스는 스트랜드드 트레이스의 축에 대해 실질적으로 대각선 방향으로 유효하게 라우팅 될 수 있다. PCB의 각각의 전도성 층에서, 개별 트레이스는 실질적으로 동일한 방향으로 라우팅될 수 있다. 도 52(a) 및 52(b)의 예시적인 실시예에서, 층(1)의 모든 개별 트레이스는 스트랜드드 트레이스의 하나의 측면 상의 비아로부터 다른 측면 상의 비아로 실질적으로 대각선 방향으로 라우팅될 수 있다. 비아에서, 개별 트레이스는 PCB의 또다른 층으로 라우팅될 수 있다. 특정한 층으로부터의 모든 개별 트레이스는, 비아에서의 유사한, 상이한, 변형된, 역으로 된 등의 직조 패턴을 가진, 또다른 층으로 라우팅될 수 있다. 다음의 층에서, 개별 트레이스는 예를 들면 스트랜드드 트레이스의 하나의 측면 상의 비아로부터 스트랜드드 트레이스의 다른 측면 상의 비아로 실질적으로 대각선 패턴으로 다시 라우팅될 수 있고, 다른 층들 상에서도 동일하다. 이러한 패턴은 개별 트레이스들이 PCB의 전도층의 모두 또는 일부를 횡단할 때까지 계속되고, 그후에 개별 트레이스들은 시작하는 전도층 또는 중간 전도층으로 리턴할 수 있다. 개별 트레이스는 직조 패턴, PCB에서의 전도층의 수, 스트랜드드 트레이스의 원하는 길이, 등에 따라, 임의의 수의 사이클 동안 이러한 방식으로 파동형을 나타낸다. 실시예에서, 스트랜드드 트레이스의 엔드 포인트는, 다른 회로 엘리먼트나 전도체에 대한 용이한 연결을 위해 그것들이 액세스가능하도록 PCB의 탑 및/또는 바닥 층에 배치되도록 설계될 수 있다.

[0605] 실시예에서, 각각의 연속한 전도체 층 상에, 개별 트레이스들이 스트랜드드 트레이스의 축에 대해 실질적으로 대각선 방향으로 라우팅될 수 있다. 실시예에서, 각각의 후속한 전도체 층 상에서, 개별 전도체 트레이스들이 선행한 전도체 층의 그것에 대해 실질적으로 직교하는 방향으로 라우팅될 수 있다. 이러한 패턴은 도 52(a) 및 52(b)에서 볼 수 있다. 층(1)에서의 개별 트레이스는 도면에서 좌측에서 우측으로 스트랜드드 트레이스를 횡단시키는 실질적으로 대각선 방향으로 라우팅된다. 후속한 층, 층(2)에서, 개별 트레이스는 층(1)의 전도체 트레이스에 실질적으로 직교하는 실질적으로 대각선 방향으로 라우팅되고, 스트랜드드 트레이스의 좌측에서 우측으로 라우팅된다.

[0606] 다양한 전도체 층을 관통하는 하나의 개별 전도체의 라우팅 또는 경로는 도 53(a)에서 보다 용이하게 식별될 수 있고, 여기서 개별 트레이스의 하나의 경로가 검은 점선으로 강조된다. 층(4)와 층(1)을 연결하는 바닥 비아(5201)으로 시작하여, 개별 트레이스는 스트랜드드 트레이스의 좌측에서 층(1)과 층(2)를 연결하는 우측 상의 비아로 라우팅된다. 본 예시적인 실시예에서, 층(1) 상의 모든 개별 트레이스는 층(4) 및 층(1)을 연결하는 비아로부터 층(1) 및 층(2)를 연결하는 비아로 라우팅된다. 개별 트레이스는 비아에 의해 층(2)으로 라우팅되고, 층(2) 및 층(3)을 연결하는 비아로 층(2)에서 우측에서 좌측으로 라우팅된다. 층(2) 상에서, 개별 트레이스는 층(3)과 층(4)을 연결하는 비아로 라우팅된다. 층(4) 상에서, 개별 트레이스는 층(4)와 층(1)을 연결하는 비아로 라우팅되고, 개별 트레이스를 다시 제 1 층으로 가져간다. 패턴은 스트랜드드 트레이스의 특정 길이에 필요한 만큼 다수 회 반복될 수 있다.

[0607] 하나의 예시적인 실시예의 전도체 층을 관통하는 하나의 개별 전도체 트레이스의 라우팅 또는 경로의 등각투영도가 도 53(b)에 도시된다. 개별 트레이스 중 하나의 경로는 두꺼운 검은 선에 의해 강조된다. 개별 트레이스는 스트랜드드 트레이스의 하나의 측면 상의 하나의 비아로부터 스트랜드드 트레이스의 다른 측면 상의 비아로 각각의 층 상의 스트랜드드 트레이스의 폭을 횡단한다. 개별 트레이스는 비아에 의해 다른 층으로 라우팅된다. 4개의 층 모두를 횡단시킨 후에, 개별 트레이스는 시작 층으로 리턴하고 패턴이 계속된다.

[0608] 도 52 및 53에 도시된 예시적인 라우팅 패턴은 직조 패턴을 형성하는 개별 트레이스에서 90°의 각도를 특징으로 하고, 개별 트레이스에 대한 직선으로 둘러싸인 라우팅 패턴에 기초하지만, 다양한 다른 직조 및 라우팅 패턴이 사용될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 다른 직조 및 라우팅 패턴이 스트랜드드 트레이스의 축에 대해 실질적으로 대각선 방향을 따라서 있는 개별 트레이스 패턴을 제공할 수 있다. 예를 들면, 개별 트레이스는 트레이스 사이에서의 겹을 감소시키는 것을 돕기 위해 더 작은 각도(45°와 같은)로 구부러질 수 있다. 일부 실시예에서, 각각의 개별 트레이스를 2개의 비아 사이에서 직접 연결된 기울어진 직선으로 만드는 것이 이로울 수 있다. 다른 실시예에서, 스트랜드드 트레이스가 회로 보드를 따라서 있는 직선 경로를 따르지 않고, 예를 들면 일정한 방향으로의 턴이나 루프가 아닐때, 다양한 곡선의 개별 트레이스가 사용될 수 있다. 개별 트레이스에

대한 다수의 대안의 예시적인 대각선 직조 및 라우팅 패턴이 도 54에 도시되지만, 다수의 다른 패턴이 도출될 수 있다. 일부 애플리케이션에서, 대각선 라우팅 방법 중 일부가 바람직할 수 있다. 예를 들면, 도 54(a)에 도시된 라우팅에 대해, 그것이 인접한 개별 트레이스 사이에서 일정한 공간을 유지하는 동안 가장 짧은 전체 전도체 길이를 가져올 수 있기 때문에, 개별 트레이스는 바람직하게는 직선이 된다. 실시예에서, PCB에서의 전도체 층의 일부 또는 모두 사이에서 직조 패턴이 상이할 수 있다. 도 52에 도시된 예시적인 스트랜드드 트레이스에 대해, 짝수 층 상의 직조 패턴은 홀수 층 상의 직조 패턴과는 상이하다. 도 52에 도시된 예시적인 스트랜드드 트레이스에서, 개별 트레이스는 짝수층에서 오직 3개의 비아의 거리만큼 라우팅되는 반면, 홀수 층에서의 스트랜드드 트레이스의 축의 방향으로 4개의 비아의 거리로 라우팅된다.

[0609] 도 52에 예시된 바와 같이, 본 발명의 안은 개별 트레이스의 어레이 또는 그룹의 어느 한 측면 상의 비아에 집중한다. 따라서, 비아(트레이스와 트레이스 사이의 갭 보다 더 큰 최소 피처 크기를 가지는)는 개별 트레이스 내의 또는 개별 트레이스 사이에서의 공간을 차지하지 않는다. 비아의 이러한 배치는 트레이스의 더 높은 전체 밀도와 그에 따른 단면적당 더 낮은 AC 저항을 가져올 수 있다.

[0610] 상술한 예시적인 라우팅되는 구조는 다양한 수의 개별 트레이스 뿐만 아니라 층을 이룬 PCB의 다양한 수의 전도성 층을 포함하는 스트랜드드 트레이스에 대해 일반화될 수 있다. 라우팅 방법의 일반적인 특성은 전도체 층의 수를 나타내는 정수 N, 스트랜드드 트레이스를 보충하는 개별 전도체 트레이스의 수를 나타내는 정수 M으로 특징지어진다.

[0611] 본문에 개시된 설계 및 방법에 대해, 짝수의 전도체 층을 구비하는 것이 바람직하다. 일부 특정한 직조 및 라우팅 패턴에 대해, 2개 층 상의 트레이스를 연결하는 비아가 사용될 수 있다. N 전도체 층을 가진 스트랜드드 트레이스는 각각의 비아가 오직 2개의 층만을 연결한다면 상이한 층들을 연결하는 N 형 비아를 구비해야 한다. 각각의 유형의 비아는 그것이 연결하는 층에 의해 구별 또는 구분된다. 각각의 비아가 2개의 층만을 연결한다면, PCB 보드의 N 층 모두를 횡단하는 개별 전도체에 대해, 스트랜드드 트레이스에 N 형 비아가 배치되어야 한다. 바람직하게는, 고정된 반복된 순서로 배치된, 스트랜드드 트레이스의 어느 한측면 상에 N/2 형 비아가 배치될 수 있다. 도 52에 도시된 예시적인 패턴에서, 4개 유형의 비아중, 층(4)과 층(1) 및, 층(2)와 층(3)을 연결하는 2개 유형의 비아가, 스트랜드드 트레이스의 하나의 측면 상에만 배치되는 반면, 층(1)과 층(2) 및 층(3)과 층(4)를 연결하는 다른 2개 유형의 비아가 스트랜드드 트레이스의 다른 측면 상에 배치된다. 각각의 층 위에, 개별 트레이스는 바람직하게는 그것이 적어도 N/2 비아와 등가인 거리의 변위를 가지도록 스트랜드드 트레이스의 축에 대해 실질적으로 대각선 방향으로 라우팅될 수 있다. 층 위의 모든 개별 전도성 트레이스는 스트랜드드 트레이스의 축에서 동일한 변위를 가질 수 있다.

[0612] 스트랜드드 트레이스를 만드는 개별 트레이스의 수는 적어도 부분적으로 층 변위에 의해 정해지며, 때때로 PCB의 모든 전도체 층을 지난후에 개별 트레이스가 만드는 경유하는 비아의 수에 의해 특징지어질 수 있다. 모든 층들을 횡단한 후에, 변위가 D 비아라면, 스트랜드드 트레이스는 D/(N/2) 개별 트레이스로 구성될 수 있다. 이러한 관계식은 도 53에서의 예시에서 볼 수 있다. 점선에 의해 표시되는 개별 트레이스는 전체 도전체 층들을 통과하여 횡단한 후에 스트랜드드 트레이스 축을 따라서 14개의 비아와 동일한 거리에 배치된다. 예시는 N=4인 층을 가지기 때문에, 스트랜드드 전도체를 만드는 개별 전도체의 총 수는  $M=14/2=7$ 이다.

[0613] 스트랜드드 트레이스는 가닥(trand)에 포함되는 개별 트레이스의 수를 고려함으로써 최적화 될 수 있다. 개별 트레이스의 수가 더 클 수록, 각각의 개별 트레이스는 표면/인접 효과를 감소시킬 때 직조 패턴의 유효성을 감소시키는 임의의 하나의 층 위에 더 오래 있게 된다.

[0614] 개별 트레이스의 수 및 전도체 층의 수가 적절하게 선택된다면, 각각의 개별 트레이스가 스트랜드드 전도체의 축을 따라 각각의 층에서 동일한 거리에 배치되는것을 보장하는 것이 가능하다. 이러한 것이 발생할 충분한 조건은 그것이 N에 의해 나누어지도록  $M(N/2)$ 를 선택하고  $(M/2) \bmod (N/2)$  및  $N/2$ 가 서로소(co-prime)가 되도록 M을 선택하는 것이고, 여기서 "mod"는 모듈로 연산이다.

[0615] 도 55는 제시된 방법의 직조된 개별 트레이스의 부분적 패턴의 또다른 예를 도시한다. 도면은 10개의 층의 스트랜드드 트레이스 설계중 제 1 층의 개별 트레이스를 도시한다. 10개 층의 스트랜드드 트레이스는 136개의 개별 전도체로 구성된다. 스트랜드드 트레이스의 파라미터는 스트랜드드 전도체의 10개 층 모두에서의 완벽한 대칭을 허용한다. 각각의 전도체 층 패턴은 이전 층의 변환된 미러 이미지가 될 수 있다. 즉, 홀수 층 상의 트레이스의 패턴은 개별 트레이스 세그먼트의 단부가 정확한 비아로 연결되는 방식으로 변환된 제 1 층과 동일한 패턴이 될 수 있다. 짝수 층에 대한 패턴은 이러한 예시에 대한 대칭 및 유사한 변환의 반사에 의해 복구될 수 있다.

[0616] 도 56은 다층 PCB의 전도층을 나타내는 단면도이다. 각각의 층 상의 개별 트레이스 세그먼트(도시되지 않음), 및 그것들이 통전하는 전류는 우선적으로 페이지로 흐르지만, 그것들은, 도면에서 수평 화살표에 의해 지시된 바와 같이, 각각의 층을 따라서 추가적인 측면 통로의 배치를 가진다. 이러한 수평 배치는 각각의 트레이스로 하여금 주어진 층 상의 직조 패턴의 하나의 측면으로부터 직조 패턴의 대향하는 측면으로 이동하도록 할 수 있다. 개별 트레이스 세그먼트가 특정한 층 상의 직조 패턴의 에지에 도달하면, 그것은 비아(수직 화살표에 의해 표시됨)에 의해 보드의 다음 층 상의 또다른 트레이스 세그먼트로 연결되고 대향하는 방향으로 직조 패턴을 가로질러 되돌아간다. 이러한 패턴은 각각의 개별 트레이스가 직조 패턴의 단면을 따라 각각의 위치에서 대략 동일한 회수를 보내도록 그 자신을 반복한다. 대안으로, 개별 트레이스는 순차적이지 않은 방식으로 층들 사이에서 라우팅될 수 있다. 층들의 오더의 순열이 사용될 수 있다. 각각의 개별 트레이스가 트레이스의 가닥에서의 층과 동일한 오더 또는 순열을 따르는 것이 바람직하다. 패턴은 바닥층 상의 트레이스 세그먼트를 탑 층 상의 트레이스 세그먼트에 연결하거나, 또는 상술한 교차 순열(alternate permutation)을 따라서 트레이스를 위아래로 라우팅함으로써 연속될 수 있다는 것에 유의하라.

[0617] 바람직하게는, PCB 상에서 스트랜드드 트레이스를 이루는 개별 트레이스의 단면 크기는 충분히 작고(바람직하게는 표피 깊이  $\delta = \sqrt{2 / \omega \mu_r \mu_0 \sigma}$  보다 더 작다), 그것들은 절연된 개별 트레이스 또는 세그먼트의 손실에 비해 자신의 이웃하는 층 상의 하나의 개별 트레이스 또는 세그먼트에 의해 유도된 손실을 작게 한다(표피 깊이보다 더 작은 개별 트레이스에 대해 직류(DC) 손실에 근접한). 가닥을 브레이딩하는 것은 모든 가닥이 실질적으로 동일한 임피던스를 가질 수 있도록 하여, 동일한 전압이 번들링된 가닥 전체에 인가된다면(즉, 가닥이 병렬로 작동되면(driven)), 가닥들이 개별적으로 실질적으로 동일한 전류를 통전할 수 있도록 하는 것을 보장하는 것을 돕는다. AC 전류가 가닥 전체에 균일하게 분포되기 때문에, AC 저항은 더 최소화 될 수 있다.

[0618] 상기 도면에서와 같이, 유한요소 해석 시뮬레이션이 250kHz로 구동되어, 정방형 단면의 개별 구리 트레이스로 만들어진 스트랜드드 트레이스 상에서 실시된다. 시뮬레이션은 개별 전도체의 상이한 크기 뿐 아니라 가변 가로세로비를 가진 스트랜드드 트레이스에 대해 수행된다. 회색으로 개별 트레이스의 단면을 도시하는, 스트랜드드 트레이스의 단면이 도 58에 도시된다. 이러한 주파수에서, 순수 구리의 표피 깊이는 ~131 $\mu$ m이다. 단면(5801)에서 152 $\mu$ m x 152 $\mu$ m(하나의 표피 깊이보다 조금 더 큰)인 개별 트레이스를 8개 층의 정방형 어레이로 배치하여 층을 따라서 그리고 그 층들 사이에 있는 가장 인접한 트레이스 사이의 갭이 도 58(a)에서 처럼 76 $\mu$ m이 되도록 한다면, 도 52에서의 패턴과 유사하게 브레이딩된 스트랜드드 트레이스 전도체의 미터당 저항은 18.7m $\Omega$ /m가 될 수 있다는 것을 알 수 있고, 이는 본 구조의 길이 당 DC 저항인 11.4m $\Omega$ /m 보다 64% 더 높은 것이다. 반대로, 트레이스가 브레이딩 되지 않았다면, 또는 스트랜드드 트레이스의 축에 모두 병렬이라면, 본 구조의 길이 당 저항은 31.2m $\Omega$ /m이고, DC 값의 거의 3배이다.

[0619] 스트랜드드 트레이스의 개별 트레이스의 단면을 76 $\mu$ m x 76 $\mu$ m으로 하고, 그것들을 트레이스 사이의 갭이 도 58(b)에서 처럼 38 $\mu$ m이 되도록(전체 단면이 따라서 이전의 예시와 기본적으로 변하지 않도록) 16개 층의 정방형 어레이로 배치한다면, 브레이딩된 구조의 AC 저항은 13.2m $\Omega$ /m로서, DC 값보다 약 16% 더 높게 된다는 것을 알 수 있다.

[0620] 트레이스의 단면 크기가 표피 깊이보다 매우 더 작게 될 수 없는 경우(예를 들면, 제조시 제한 때문에), 근접도 손실은 개별 트레이스의 가로 세로비를 증가시킴으로써 감소될 수 있다. 본 문맥에서의 가로 세로비는 스트랜드드 트레이스를 이루는 전도성 및 절연성 층의 스택의 두께에 의해 나누어지는 단일한 트레이스 상의 스트랜드드 전도체의 유효 폭이다. 일부 경우에, 스트랜드드 트레이스의 두께는 대략적으로 PCB의 두께에 의해 주어진다. 시뮬레이션은, 상술한 152 $\mu$ m x 152 $\mu$ m 트레이스의 가닥의 가로 세로비가 도 58(c)에 도시된 바와 같이 각각의 층 상에 2배 만큼의 트레이스 세그먼트가 있지만, 절반 만큼의 층들이 있도록 변화된다면, 250kHz에서의 AC 저항은 18.7m $\Omega$ /m에서 16.0m $\Omega$ /m으로 감소될 수 있다는 것을 보여준다. 76 $\mu$ m x 76 $\mu$ m 트레이스를 가진 구조에 대해, 도 58(d)에 도시된 바와 같이 다시 개별 전도체의 수를 동일하게 유지하지만, 2개의 팩터로 구조의 두께를 감소시키면 AC 저항을 13.2m $\Omega$ /m에서 12.6m $\Omega$ /m으로 감소시킨다. 두 경우 모두에서 길이당 DC 저항은 11.4m $\Omega$ /m이다. 실시예에서, 스트랜드드 트레이스의 바람직한 가로세로비는 애플리케이션에 따른다. 실시예에서, 다양한 팩터가 특정한 하이-Q 유도 엘리먼트 설계를 위한 최선의 직조 패턴을 판정하는 데에 고려될 수 있다.

[0621] 제시된 접근 방식의 효익은 스트랜드드 트레이스에 사용되는 비아가 보드를 완벽하게 관통할 수 있다는 것이다. 즉, 특정한 비아나 매립 비아가 필요없다. 보드를 완전히 관통하는 비아를 이용하면, 제조 프로세스를 단순화시킬 수 있다. 예를 들면, 다수의 보드는 함께 적층되고 동시에 관통될 수 있다. PCB의 수개의 연속적인 층들만을 관통하는 부분적인 비아 또는 비아는 일반적으로 개별 층들을 조립하기 전에 관통할 것을 필요로한다. 유

사하게, 매립 비아 또는 PCB의 일부 내부 층들을 연결 또는 관통하는 비아는 제조하는 동안 PCB의 외부층들을 조립하기 전에 관통하고 준비할 것을 필요로 한다.

[0622] 본문에 기술된 방법 및 설계의 또다른 효익은 직조 패턴의 외부 에지에서의 비아의 위치가 다스 턴 또는 더 높은 밀도의 스트랜드드 트레이스 패턴 사이에서 더 작은 간격을 허용할 수 있다는 것이다. 2개의 스트랜드드 트레이스가 PCB 상에서 서로에 근접하여 지날때, 또는 스트랜드드 트레이스의 상이한 섹션들이 PCB 상에서 서로에 근접하여 지나도록 단일한 스트랜드드 트레이스가 형성되고, 패터닝되고, 접히고, 터닝되고 및/또는 라우팅 될 때, 이들 트레이스 사이의 간격은 인접한 비아를 재사용하거나 그 사이에 공간을 남김으로써 감소될 수 있다. 예를 들면, 도 57은 동일한 열의 비아를 공유하는 2개의 스트랜드드 트레이스(5701, 5702)를 가진 PCB의 탑 층을 도시하고, 명료화를 위해, 여기서 우측의 스트랜드드 트레이스(5702)의 비아가 백색으로 채워진 원으로서 도시되는 반면, 좌측의 스트랜드드 트레이스(5701)의 비아는 검은 원으로 도시된다. 2개의 스트랜드드 트레이스(5701, 5702) 사이의 비아(5703)는 모두 동일한 열에 있고, 2개의 스트랜드드 트레이스 사이에 실질적으로 공간이 없다. 개별적으로 횡단 또는 관통하지 않는 매립 또는 블라인드 비아를 사용하여, PCB의 전체 두께 또는 모든 층이 서로의 탑 상에 적층되고 개별 전도체 트레이스의 라우팅의 밀도는 상기 비아 사이의 공간이 인접한 스트랜드드 트레이스이 비아를 수용하기 위해 증가될 필요가 없기 때문에 더 증가될 수 있다.

[0623] 당업자는 본 발명의 취지 내에서 도시된 예시에 대해 다수의 변형과 변경이 이루어질 수 있다는 것이 명확할 것이다. 예를 들면, PCB를 관통하는 관통 비아가 본 방법에 사용될 수 있더라도, 블라인드 비아 또는 매립 비아가 또한 사용될 수 있다. 또다른 것의 탑 상에 적층되는 하나 이상의 비아를 가지는 것이 가능하며, 하나의 비아의 위치는 스트랜드드 트레이스에서의 전도체 트레이스의 밀도를 증가시키기 위해 사용될 수 있는 2개 이상의 세트의 전도체 층을 함께 연결하기 위해 사용될 수 있다. 유사하게, 예시들이 함께 2개의 보드(전도체) 층만을 연결하는 비아를 사용할지라도, 라우팅 방법은 각각의 전도체 트레이스가 다층 상에서 동시에 라우팅되도록 변형될 수 있다. 제시된 방법의 취지에서의 다른 변형은 개별 전도체 트레이스를 하나의 비아로부터 다수의 비아로 라우팅하고, 다수의 비아로부터 각각의 층 상의 하나의 비아로 라우팅하고, 다수의 전도체 트레이스를 하나의 비아로부터 각각의 전도체 층 상의 또다른 비아로 라우팅하도록 이용하는 것, 또는 그의 조합을 포함한다.

[0624] 일부 실시예에서, 트레이스가 모두 실질적으로 동일한 임피던스를 제공하는 것을 보장하도록 층들 사이에서 전도체 트레이스를 오정렬하는 것이 효익이 있다.

[0625] 스트랜드드 트레이스는, 다수의 상이한 종류의 세트의 애플리케이션에서 유용하고, 전통적인 브레이딩된 리츠 와이어를 일반적으로 이용하는 임의의 애플리케이션에서 대용으로 기능할 수 있다. 스트랜드드 트레이스는 전통적인 유도 기반 전력 전달 시스템 또는 근거리 장 자기 공진 전력 전달 시스템과 같은 자기장 전력 전달 시스템에서 사용될 수 있는 코일을 생성하기 위해 다양한 형상 및 크기의 루프 또는 루프들에서 라우팅될 수 있다. 스트랜드드 트레이스가 공진자의 일부로서 사용될 수 있는 일부 실시예와 애플리케이션에서, 트레이스 크기, 가로세로비, 라우팅 패턴, 등이 공진자의 Q를 최대화시키기 위해 선택 및 최적화 될 수 있다. 실시예에서, 하이-Q 공진자의 공진 주파수가 특정한 직조 패턴 및/또는 스트랜드드 트레이스 설계를 이용하기 위해 선택될 수 있다.

[0626] 실시예에서, PCB 스트랜드드 트레이스 루프는, 자기 물질의 코어가 중심이 된 루프를 생성하도록 루프의 중간에 배치될 수 있도록 라우팅될 수 있다. PCB는 코어를 수용하기 위해 다수의 컷아웃, 채널, 포켓, 마운트 또는 구멍을 구비할 수 있다.

[0627] 실시예에서, 스트랜드드 트레이스의 PCB는 다른 전자장치 또는 전자 컴포넌트를 전달 또는 집적하기 위해 더 사용될 수 있다. 스트랜드드 트레이스에 의해 형성된 공진자에 전력을 공급하거나 구동시키기 위한 전자장치는 트레이스와 동일한 PCB 상에 배치될 수 있다.

[0628] **조정가능한 소스 크기**

[0629] 무선 전력 전달 방법의 효율은 소스와 장치 사이의 간격에 따라 감소된다. 소스와 장치 공진자 사이의 특정한 간격에서의 무선 전력 전달 효율은 조정가능한 크기를 가진 소스로 개선될 수 있다. 본 발명자는 고정된 간격에서의 무선 전력 전달의 효율은 소스와 장치 공진자의 상대적인 크기를 조정함으로써 최적화될 수 있다는 것을 밝혀내었다. 장치 공진자의 고정된 크기와 지오메트리에 대해, 소스 공진자는 특정한 간격, 위치, 및/또는 방향에서 무선 전력 전달의 효율을 최적화하도록 크기조정될 수 있다. 소스 및 장치 공진자가 서로에 대해 근접할 때 전력 전달 효율은, 공진자의 특성 크기 또는 유효 크기가 유사할 때, 최적화 될 수 있다. 더 큰 간격에

서, 전력 전달 효율은 장치 공진자에 대한 소스 공진자의 유효 크기를 증가시킴으로써 최적화될 수 있다. 소스는, 전력 전달 효율을 최적화하거나 또는 특정한 원하는 전력 전달 효율을 달성하기 위해, 장치가 소스에 보다 근접하거나 또는 그로부터 이격될 때, 소스 공진자 크기를 변경하거나 조정하도록 구성될 수 있다.

[0630] 본 섹션의 예시에서, 소스만이 조정가능한 크기를 가지는 무선 전력 전달 시스템 및 방법을 기술한다. 상기 장치는 또한 조정가능한 크기를 가질 수 있고 다수의 동일한 효익을 달성할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 일부 시스템에서, 소스와 장치 모두는 조정가능한 크기이고, 또는 다른 시스템에서, 소스 만이, 또는 장치만이 조정가능한 크기가 될 수 있다. 소스만이 조정가능한 크기인 시스템은 특정한 상황에서 보다 실용적이 될 수 있다. 다수의 실제 설계에서, 장치 크기는 장치 공진자가 집적되어야 하는 장치의 물리적 크기, 비용, 중량, 등에 의해, 고정 또는 한정될 수 있고, 이는 조정가능한 크기의 장치 공진자를 비실용적으로 만들거나 또는 구현하기 보다 어렵게 만든다. 그러나, 본문에 설명된 기술이 조정가능한 크기의 장치, 조정가능한 크기의 소스, 또는 그 모두로 사용될 수 있다는 것이 당업자에게는 명확할 것이다.

[0631] 본 섹션에서, 공진자의 "물리적 크기"가 아닌 공진자의 "유효 크기"라고 할 수 있다. 공진자의 물리적 크기는 공진자의 특성 크기(예를 들면, 유효하게 2-D 공진자를 포함하는 것보다 더 작은 원의 반경)에 의해 크기가 정해질 수 있다. 유효 크기는 공진자 구조에서 전류-전달 유도 엘리먼트에 의해 외접된 표면 영역의 크기 또는 정도를 가리킨다. 유도 엘리먼트가 예를 들면 스위치의 집합에 의해 서로 연결된, 반경들이 감소하는 일련의 중심 루프를 포함하는 경우, 공진자의 물리적 크기는 구조에서의 최대 루프의 반경에 의해 주어지는 반면, 공진자의 유효 크기는 인덕터로 "스위칭 되고" 전류를 전달하는 가장 큰 루프의 반경에 의해 정해진다.

[0632] 일부 실시예에서, 공진자의 유효 크기는 예를 들면 공진자를 포함하는 전도체의 일부에 에너지가 공급될 때 공진자의 물리적 크기보다 더 작을 수 있다. 유사하게, 공진자의 유효 크기는 공진자의 물리적 크기보다 더 클 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 하나의 실시예에서 하기에 기술된 바와 같이, 주어진 물리적 크기를 가진 다수의 개별 공진자가 공진자 어레이, 그리드, 다수-엘리먼트의 패턴 등을 생성하도록 배치될 때, 공진자 어레이의 유효 크기는 임의의 개별 공진자의 물리적 크기보다 더 클 수 있다.

[0633] 무선 전력 전달 효율과 소스-장치 공진자 간격 사이의 관계가 도 59(a)에 도시된다. 도 59(a)에서의 플롯은 소스(5902)와 장치(5901)의 용량적으로 로딩된 전도체 루프 공진자가 축(5903) 상(중심을 두고)에 있고, 서로에 대해 평행한 도 59(b)에 도시된 구성에 대한 무선 전력 전달 효율을 도시한다. 고정된 크기 5cm x 5cm의 장치 공진자(5901)와 3개의 상이한 크기의 소스 공진자(5902), 5cm x 5cm, 10cm x 10cm, 20cm x 20cm에 대한 플롯이 간격(5906)의 범위에 대해 도시된다. 상이한 간격에서의 무선 전력 전달의 효율은 소스 및 장치 공진자의 상대적 크기에 따른다는 것에 유의하라. 즉, 최상의 효율의 무선 전력 전달을 가져오는 소스 공진자의 크기는 소스 공진자와 장치 공진자 사이의 상이한 거리에 대해 상이할 수 있다. 예를 들면, 도 59(a)에서의 플롯에 의해 캡처된 구성에 대해, 더 작은 거리에서, 소스 및 장치 공진자가 실질적으로 동일하게 크기조정될 때 효율이 최고가 된다. 더 큰 거리에 대해, 소스 공진자가 실질적으로 장치 공진자보다 더 클때 무선 전력 전달의 효율이 최고가 된다.

[0634] 발명자들은 소스 및 장치 공진자 사이에서의 거리가 변화되는 무선 전력 전달 시스템에 대해, 다양한 유효 공진자 크기를 가지도록 구성될 수 있는 소스에 대해 효익이 있다는 것을 밝혀내었다. 장치가 소스에 더 근접하거나 또는 그로부터 이격될 때, 소스 공진자는 전력 전달 효율을 최적화하기 위한 또는 원하는 전달 효율의 범위에서 동작하기 위한 자신의 유효 공진자 크기를 변화시킬 수 있다. 이러한 유효 공진자 크기의 조정은 수동 또는 자동이 될 수 있고, 전체 시스템 제어, 추적, 운영, 안정화 및 최적화 아키텍처의 일부가 될 수 있다.

[0635] 조정가능한 소스 크기를 가진 무선 전력 전달 시스템은 또한 소스에 의해 전력이 공급될 수 있는 모든 장치가 유사하게 크기조정된 장치 공진자를 가지지않을때에 효익이 있을 수 있다. 소스와 장치 사이의 고정된 거리에서, 2개의 상이한 크기의 장치 공진자를 가진 장치는 상이하게 크기 조정된 소스 공진자에 대해 최대의 전달 효율을 구현할 수 있다. 그런다음, 충전 프로토콜 및 장치 전력 요구조건 및 계층에 따라, 소스는 바람직하게 장치 중 하나, 장치의 클래스, 모든 장치 등을 충전하거나 전력 공급하기 위해 자신의 크기를 변경할 수 있다.

[0636] 추가로, 조정가능한 크기의 소스로부터의 추가적인 효익은 단일한 소스가 동시에 다수 장치에 전력 공급하기 위해 요구될 수 있을 때 얻어진다. 장치가 더 많은 전력을 필요로 할 때, 소스 공진자에 의해 경계지어진 공간 위치 또는 영역, 또는 소스 공진자의 활동 영역은 변화할 필요가 있다. 예를 들면, 다수 장치가 일정한 영역에 배치되지만, 서로에 대해 분리된다면, 소스는 모든 다수 장치를 포함하는 더 큰 영역에 전력을 공급하기 위해 확대될 필요가 있다. 전력을 필요로하는 장치의 수가 변하거나, 그의 공간 분포 및 위치가 소스에 대해 변화할 때, 조정가능한 크기의 소스는 소스 주변의 자기장의 특성 및 공간 분포를 변화시키기 위해 자신의 크기를 변화

시킬 수 있다. 예를 들면, 소스가 단일 장치에 전력을 전달하기 위해 필요할 때, 적절한 공간 분포의 자기장을 가진 상대적으로 더 작은 소스 크기가 원하는 무선 전력 전달 효율을 달성하기 위해 사용될 수 있다. 다수 장치에 전력을 전달하기 위해 소스가 필요할 때, 상이한 공간 분포의 자기장을 가진 더 큰 크기 소스 또는 소스가, 상기 장치가 소스 주위의 다수 위치에 있을 수 있기 때문에 효익을 가질 수 있다. 전력 변화, 또는 그의 분포 또는 전력 요구사항의 변화를 필요로 하는 장치의 수 만큼, 조정가능한 크기의 소스가 자신의 동작 파라미터 및 규격을 조정, 최대화, 최적화, 초과, 또는 만족시키기 위해 자신의 크기를 변화시킬 수 있다.

[0637] 조정가능한 소스 크기의 또다른 가능한 효익은 소스에 대한 장치의 위치의 불확실성 또는 가변성에 연관된 전력 전달 비효율을 감소시키는데에 있다. 예를 들면, 소스에 대한 특정한 측방향 변위를 가진 장치는 전력 전달 효율 감소를 경험할 수 있다. 도 60(a)에서의 플롯은 소스(6002)와 장치(6001)가 용량적으로 로딩된 전도체 루프 공진자가 서로 평행하지만 자신들의 중심축(6006, 6005) 사이에서 측방향 오프셋(6008)을 가지는 도 60(b)에 도시된 구성에 대한 무선 전력 전달 효율을 도시한다. 도 60(a)에서의 플롯은 평행 방향의 5cm x 5cm 소스 공진자(6002)(볼드선) 또는 20cm x 20cm 소스 공진자(6002)(점선)으로부터 2cm(6008)만큼 분리된 5cm x 5cm 장치 공진자(6001)에 대한 전력 전달 효율을 도시한다. 5cm x 5cm 소스 공진자로부터(장치 공진자의 중심으로부터 소스 공진자의 중심까지) 약 5cm의 측방향 오프셋(6007)에서, 전력 전달 효율에서의 "데드 스팟"이 있다는 것에 유의하라. 즉, 전달 효율은 특정한 소스-장치 오프셋에서 최소화되거나 0에 접근한다. 도 60(a)에서의 쇄선은 동일한 거리 및 동일한 측방향 오프셋 이지만 20cm x 20cm로 조정되는 소스 크기를 가지는 동일한 장치에 대한 무선 전력 전달 효율이 90% 이상이 될 수 있다는 것을 도시한다. 5cm x 5cm에서 20cm x 20cm까지의 소스 크기 조정은 "데드 스팟"의 위치를 약 5cm의 측방향 오프셋을 10cm 이상의 측방향 오프셋으로 이동시킨다. 본 예시에서, 소스 크기 조정은 무선 전력 전달 효율을 거의 0에서 90% 이상으로 증가시킨다. 20cm x 20cm 소스는 2개의 공진자가 축상에, 또는 중심에, 또는 약 2-3cm 이하만큼 측방향으로 오프셋되어 있을 때 5cm x 5cm 장치 공진자에 비해 덜 효율적인 전력전달을 한다. 실시예에서, 소스 크기 변화는 데드 스팟을 충전 또는 그에 전력을 공급하거나, 또는 전력 효율 최소화, 장치에 대해 더 큰 위치 유연성을 허용하거나 및/또는 장치에 대한 더 높은 커플링 효율을 허용하는 위치를 이동하는데에 사용될 수 있다.

[0638] 일부 실시예에서, 조정가능한 크기를 가진 소스는 선택적으로 전원 또는 전력 및 제어 회로에 의해 선택적으로 구동된 다양한 크기의 공진자 बैं크로서 구현될 수 있다. 미리정해진 요구조건, 모니터링, 감지 또는 피드백 신호, 통신 등으로부터의 정보로부터 연산된 요구조건에 기초하여, 근사값으로 크기조정된 소스 공진자가 전원 및/또는 전력 및 제어 회로에 의해 구동될 수 있고, 그 크기는 요구조건 또는 소스와 장치 공진자 변화 사이에서의 거리에 따라 조정될 수 있다. 상이하게 크기조정된 공진자의 बैं크의 가능한 배치는 3개의 상이하게 크기조정된 공진자 बैं크를 도시한 도 61에 도시된다. 도 61의 예시에서, 3개의 공진자(6101, 6102, 6103)가 중심이 같게 배치되고 전력 및 제어 회로(6104)에 결합된다. 공진자 बैं크는 다른 구성과 배치를 가질 수 있다. 상이한 공진자는 도 62에서처럼 나란히, 어레이 및 기타 형태로 배치될 수 있다.

[0639] 다수 크기의 공진자 बैं크에서의 각각의 공진자는 자신의 전력 및 제어 회로를 구비하고, 또는 그것들 각각은 스위칭되거나, 스위치, 릴레이, 트랜지스터 등에 의해 하나 이상의 전력 및 제어 회로에 선택적으로 연결될 수 있다. 일부 시스템에서, 각각의 공진자는 유도하여 전력 및 제어 회로에 결합될 수 있다. 다른 시스템에서, 각각의 공진자는 전자 컴포넌트의 추가적인 네트워크를 통해 전력 및 제어 회로에 결합될 수 있다. 추가적인 회로(6201, 6202, 6203)를 가진 3개 공진자 구성이 도 62에 도시된다. 일부 시스템에서, 추가적인 회로(6201, 6202, 6203)가 각각의 공진자(6101, 6102, 6103), 및 전력 제어 회로(6204) 사이의 임피던스 매칭을 위해 사용될 수 있다. 일부 시스템에서, 각각의 공진자와 그의 각각의 추가적인 회로가 전력 및 제어 회로에서 볼수 있는 바와 같이 동일한 유효 임피던스를 가지도록 하는 것에 이점이 있다. 일부 실시예에서, 각각의 공진자 및 추가적인 임피던스 매칭 네트워크의 유효 임피던스는 전원 또는 전력 및 제어 회로의 특성 임피던스에 매칭될 수 있다. 모든 공진자에 대해 동일한 유효 임피던스는 공진자 बैं크에서의 공진자 사이의 스위칭을 보다 용이하고, 보다 효율적이고, 또는 보다 빠르게 하고, 전력 및 제어 회로에서 튜닝 또는 튜닝가능한 컴포넌트를 덜 필요로 하게 한다.

[0640] 다중-크기조정된 공진자 बैं크를 가진 시스템의 일부 실시예에서, 추가적인 회로(6201, 6202, 6203)는, 전력 및 제어 회로에 의해 구동 또는 전력공급되지 않을때 공진자를 디세이블, 비활성화, 또는 디튜닝하는 추가적인 트랜지스터, 스위치, 릴레이, 등을 포함할 수 있다. 시스템의 일부 실시예에서, 소스의 공진자 बैं크에서의 모든 공진자가 동시에 전력을 공급받고 구동되는 것은 아니다. 이러한 시스템의 실시예에서, 소스의 전력공급되지 않은 공진자에 의한 에너지 흡수에 기인한 전력 전달에서의 에너지 손실을 감소시키기 위해 비활성 공진자를 디세이블 또는 디튜닝시키는 것이 바람직할 수 있다. 소스의 전력공급되지 않은 공진자는 공진자 전도체의 오픈 순

회(circuiting), 불통(disrupting), 접지, 또는 절단에 의해 다른 공진자의 공진 주파수로부터 비활성화 또는 디튜닝될 수 있다. 트랜지스터, 스위치, 릴레이등은 공진자의 전도체 부분에서의 전기 경로를 선택적으로 개방 또는 폐쇄하는 데에 사용될 수 있다. 전력공급되지 않은 공진자는 유사하게 스위치, 트랜지스터, 릴레이등을 가진 공진자에 대해 커패시턴스 또는 인덕턴스를 제거 또는 부가함으로써 디튜닝 또는 비활성화될 수 있다. 일부 실시예에서, 개별 공진자의 고유 상태는 시스템 동작 주파수로부터 디튜닝되고 그것이 बैं크에서 활성화될 때 적절하게 공진자를 튜닝하도록 구동 신호로부터의 신호 또는 전력을 이용할 수 있다.

[0641] 다중 크기조정된 공진자 बैं크를 가진 소스의 시스템의 일부 실시예에서, 다수 공진자는 하나 이상의 전력 및 제어 회로에 의해 동시에 구동될 수 있다. 시스템의 일부 실시예에서, 전력 공급된 공진자는 무선 전력 전달을 확장 또는 지시하기 위해 위상이 다르게 구동될 수 있다. 위상에 맞게 또는 위상이 다르게 또는 상대적위상 또는 위상으로 구동되는 다수 공진자의 발진하는 자기장 사이의 보강 및 상쇄 간섭이 자기 에너지가 집중된 특정한 "핫스팟" 또는 영역을 생성하도록 사용될 수 있다. 실시예에서, 이들 핫스팟의 위치는 가변적이며, 그 주변에서 이동하는 장치에 대한 원하는 무선 전력 전달 효율을 달성하고, 또는 상이한 위치, 방향 등에서 장치 어드레싱하도록 주변에서 이동될 수 있다. 실시예에서, 다중-크기조정된 소스 공진자는 전력 분포 및/또는 공유 알고리즘 및/또는 프로토콜을 구현하도록 조정될 수 있다.

[0642] 다중-크기조정된 공진자의 बैं크의 일부 실시예에서, 공진자는 모두 자신의 크기의 차이에도 불구하고 실질적으로 유사한 파라미터 및 특성을 가질 수 있다. 예를 들면, 공진자는 모두 유사한 임피던스, 공진 주파수, 퀄리티 팩터, 와이어 게이지, 권선 공간, 턴의 수, 전력 레벨 등을 가질 수 있다. 공진자의 속성 및 특성은 자신의 값의 20% 이내가 될 수 있다.

[0643] 다중-크기조정된 공진자의 다른 실시예에서, 공진자는 각각의 공진자의 크기에 대해 맞춰지거나 최적화되는 상이한 파라미터와 특성을 가진다. 예를 들면, 일부 실시예에서, 더 큰 공진자에 대한 전도체의 턴의 수는 최소 공진자에 대해서 보다 더 적다, 유사하게, 더 큰 공진자가 공진자로부터 일정한 거리에 있는 장치에 전력을 공급하도록 의도되기 때문에, 큰 공진자의 로딩되지 않은 임피던스는 거리에서 차이에 기인한 각각의 공진자에 대한 유효 로딩에서의 차이를 보상하기 위해 공진자에 보다 근접한 장치에 전력을 공급하는 것을 의도하는 작은 공진자와는 상이할 수 있다. 다른 실시예에서, 공진자는 상이한 또는 가변 Q의 것들을 가졌고, 그것들은 상이한 형상과 두께를 구비하고, 그것들은 상이한 유도성 및 용량성 엘리먼트와 상이한 전도성 물질로 구성될 수 있다. 실시예에서, 가변 소스는 특정 애플리케이션을 위해 설계된 커스텀이다.

[0644] 다른 실시예에서, 조정가능한 크기를 가진 소스는 유사하게 크기조정된 공진자의 어레이 또는 그리드로서 구현될 수 있다. 어레이의 전력 및 제어 회로는 공진자의 유효 크기를 변화시키기 위해 하나 이상의 공진자를 선택적으로 구동시킬 수 있다. 예를 들면, 공진자의 그리드의 가능한 구성이 도 63에 도시된다. 유사하게 크기조정된 공진자(6301)의 그리드는 그리드로 배치되고 하나 이상의 전력 및 제어 회로(도시되지 않음)에 결합된다. 공진자(6301) 어레이 중 각각은 개별적으로 전력이 공급될 수 있고 임의의 수의 공진자가 동시에 전력공급될 수 있다. 어레이에서, 공진자의 유효 크기는 전력 공급된 공진자의 수, 위치 및 구동 특성(예를 들면, 구동 신호 위상, 위상 오프셋, 진폭, 등)을 제어함으로써 변화될 수 있다. 예를 들면, 도 63의 공진자 어레이에 대해, 공진자의 유효 크기는 어느 어레이의 개별 공진자가 전력 공급되는 지를 변경함으로써 제어될 수 있다. 공진자는 개별 공진자 중 하나의 크기와 동일한 유효 공진자 크기(6304)를 가져오는 공진자 중 하나에만 전력을 공급할 수 있다. 대안으로, 대략 개별 공진자의 각각의 크기의 2배가 될 수 있는 유효 공진자 크기(6303)를 생성하는 어레이의 상부 좌측 부분에서의 4개의 개별 공진자가 동시에 에너지가 공급된다. 또한 개별 공진자 각각의 물리적 크기보다 약 3배 더 큰 유효 공진자 크기(6302)를 가져오는 모든 공진자가 동시에 에너지가 공급된다.

[0645] 실시예에서, 개별 공진자의 어레이의 크기는 임의의 크기로 크기조정될 수 있다. 더 큰 실시예에서, 비용, 배선 제한, 등에 기인하여 모든 개별 공진자에 대한 전력 및 제어 회로를 가지는 것은 비실용적일 수 있다. 크로스-스위치의 스위칭 바는 전력 및 제어 회로가 거의 필요없는 임의의 개별 공진자에 연결하기 위해 사용될 수 있다.

[0646] 개별 공진자의 어레이의 실시예에서, 개별 에너지 공급된 공진자의 패턴이 변형 또는 최적화될 수 있다. 유효 공진자의 형상은 장방형, 삼각형, 정방형, 원형, 또는 임의의 형상이 될 수 있다.

[0647] 공진자 어레이의 실시예에서, 어느 공진자가 에너지를 공급받을지는 장치 공진자와 소스 공진자 사이의 간격 또는 거리, 측방향 오프셋, 방향 등에 따른다. 구동되는 공진자의 수는 예를 들면 장치 공진자와 소스 공진자 사이의 거리 및/또는 방향, 장치 공진자의 수, 자신들의 다양한 전력 요구조건, 등에 따른다. 어레이 또는 그리드에서의 에너지 공급된 공진자의 위치는 소스에 대한 장치의 측방향 위치에 따라 정해질 수 있다. 예를 들면,

방 또는 데스크의 표면을 덮는 더 작은 개별 공진자의 큰 어레이에서, 에너지가 공급되는 공진자의 수는 장치와 플로어 또는 데스크 변화 사이의 거리만큼 변화한다. 유사하게, 장치가 방 또는 데스크의 주변으로 이동될 때, 어레이에서 에너지가 공급된 공진자의 위치가 변화한다.

[0648] 또다른 실시예에서, 조정가능한 크기의 소스 공진자는 다중-크기조정된 공진자의 어레이로 구현될 수 있다. 다수의 작은 동일하게 크기조정된 공진자가 작은 공진자의 작은 조립체를 만들기 위해 배치될 수 있다. 작은 어레이는 더 큰 조립체를 만들기 위해 더 크게 크기조정된 공진자에 의해 둘러싸여 질 수 있다. 더 큰 조립체 자체는 어레이 등으로 그 자체가 배치되는 더 큰 어레이를 둘러싸는 짝수의 더 큰 공진자를 가진 더 큰 어레이를 형성하는 어레이로 배치될 수 있다. 이러한 배치에서, 소스 공진자는 어레이 전체에 분산된 다양한 물리적 크기의 공진자를 포함한다. 공진자 배치의 예시적인 다이어그램이 도 64에 도시된다. 더 작은 공진자(6401)는 2 x 2 어레이로 배치되고 짝수의 더 큰 물리적 크기(6403)를 가진 또다른 공진자에 의해 둘러싸여져 공진자 조립체를 형성할 수 있다. 공진자의 그 조립체는 2 x 2 어레이로 배치되어 짝수의 더 큰 물리적 크기(6403)를 가진 공진자로 둘러싸여진다. 더 큰 어레이를 만들기 위해 패턴이 반복될 수 있다. 각각의 공진자 또는 공진자 조립체가 반복되는 횟수가 설정 및 최적화될 수 있고, 대칭이 되거나 대칭이 아닐수 있다. 도 64의 예시에서, 각각의 공진자 및 조립체는 2x2 어레이로 반복되지만, 기타 디멘션의 어레이가 적합할 수도 있다. 어레이는 원형, 정방형, 장방형, 삼각형, 다이아몬드형 등 또는 임의의 크기 및 형상의 조합이 될 수 있다는 것에 유의하라. 어레이에서 다중-크기조정된 공진자를 사용하면 다중 공진자가 에너지가 공급되어 더 큰 유효 공진자를 가져올 필요가 없다는 효익을 가진다. 이러한 특징은 소스의 전력 및 제어 회로를 단순화 시킬수 있다.

[0649] 실시예에서, 조정가능한 소스 크기는 용량적으로 로딩된 전도체로 싸여진 자기 물질의 코어를 가진 평면 또는 코어 공진자를 이용하여 구현되며, 이의 예시는 도 11, 12, 및 13에 도시되고 본문에 기술된다. 하나의 실시예에서, 도 65(a)에 도시된 바와 같이, 조정가능한 소스는 자기 물질(6501)의 코어와 복수의 전도체(6502, 6503, 및 6504)로 구현되고, 상이한 전도체의 루프가 오버랩하지 않도록 코어 주위로 둘러싸여진다. 공진자의 유효 크기는 상이한 다수의 전도체에 에너지를 공급함으로써 공진자의 유효 크기가 변화 또는 조정될 수 있다. 더 큰 유효 공진자는 다수의 인접한 전도체가 동시에 구동 또는 에너지 공급될 때 구현될 수 있다.

[0650] 자기 물질(6505)의 코어가 복수의 오버래핑 전도체(6506, 6507, 및 6508)로 둘러싸여지는 코어 공진자를 가진 조정가능한 크기의 소스의 또다른 실시예는 도 65(b)에 도시된다. 전도체는 각각이 자기 코어(6505) 전체에서 상이한 거리로 뻗어있도록 둘러싸여진다. 예를 들면, 도 65(b)에서의 공진자에 대해, 전도체(6508)는 코어(6505)의 가장 짧은 거리 또는 그 일부를 덮는 반면, 전도체(6507, 6506)는 각각 더 긴 거리를 덮는다. 공진자의 유효 크기는 상이한 전도체에 에너지를 공급함으로써 조정될 수 있고, 가장 작은 유효 크기는 자기 코어의 가장 작은 거리를 덮는 전도체에 에너지 공급될 때 발생하고, 가장 큰 유효 크기는 코어의 가장 큰 거리를 덮는 전도체에 에너지 공급될 때 발생한다. 전도체 각각은 유사한 인덕턴스, 임피던스, 커패시턴스, 등을 달성하도록 싸여질 수 있다. 전도체는 모두 전도체의 다수 루프 사이의 밀도 또는 공간을 변화시킴으로써 변형되는 커버링 거리를 가지는 동일한 길이가 될 수 있다. 일부 실시예에서, 각각의 전도체는 동일한 공간을 가지고 둘러싸여져서 각각의 권선에 대해 상이한 길이의 전도체를 필요로한다. 다른 실시예에서, 전도체와 각각의 전도체의 포장(wrapping)의 수는 일정하지 않게 또는 포장 공간, 게이지, 크기 등을 변화시키면서 더 최적화될 수 있다.

[0651] 다수 자기 코어(6509, 6510, 6511)가 갭이 조정되거나, 접촉하지 않고, 복수의 전도체(6512, 6513, 6514)로 둘러싸여지는 코어 공진자를 가진 조정가능한 크기의 소스의 또다른 실시예가 도 65(c)에 도시된다. 자기 코어(6509, 6510, 6511) 각각은 갭(6515, 6516)을 가지고 분리되고, 전도체는 각각의 자기 코어 주위에서 둘러싸여져, 갭을 지나서 인접한 자기 코어 주위로 뻗어있다. 도 65(c)에서의 전도체(6513)와 같은 2개의 자기 코어 사이의 갭을 연결하지 않는 전도체가 일부 실시예에서 사용될 수 있다. 공진자의 유효 크기는 코어 주위에 둘러싸인 상이한 수의 전도체에 동시에 에너지를 공급함으로써 조정될 수 있다. 자기 코어 사이의 갭 주위에 둘러싸여진 전도체는 공진자의 유효 크기를 확장하는 자기장을 하나의 코어로부터 다른 코어로 가이딩하면서 에너지가 공급된다.

[0652] 당업자가 이해하듯이, 도 65에 도시된 방법 및 설계가 다수 디멘션에서 가변 크기를 가지는 조정가능한 크기의 공진자를 이네이블하게 하는 다양한 형상 및 돌출부를 가지는 평면 공진자 및 자기 코어로 확장될 수 있다. 예를 들면, 다수 공진자는 도 13에서와 같이 형성된 코어의 확장부 주위로 둘러싸여져서, 2개 이상 디멘션에서 가변 크기를 가지는 조정가능한 크기의 공진자를 이네이블하게 한다.

[0653] 실시예에서, 조정가능한 크기의 소스 공진자는 주변 환경에서의 장치 또는 물체의 구성에 대해 가장 유효한 소

스 크기를 판정하기 위한 제어 및 피드백 시스템, 회로, 알고리즘, 및 아키텍처를 포함할 수 있다. 제어 및 피드백 시스템은 가장 효율적인 소스 크기를 판정하기 위한 다양한 센서, 통신 채널, 측정치, 등을 이용할 수 있다. 실시예에서, 센서, 측정 회로, 통신 채널 등으로부터의 데이터는 적절한 소스 크기를 선택하는 다양한 알고리즘에 의해 처리될 수 있다.

[0654] 실시예에서, 소스 및 장치는 블루투스, 와이파이, 근접 필드 통신, 또는 가장 적절한 또는 가장 효율적인 소스 크기의 선택을 허용하는 정보를 통신하기 위해 사용될 수 있는 자기장의 변조와 같은 무선 통신 채널을 포함할 수 있다. 예를 들면, 장치는 수신된 전력, 전류 또는 전압을 소스로 통신하고, 이는 전력 전달의 효율을 판정하기 위해 소스에 의해 사용될 수 있다. 장치는 소스와 장치 사이의 간격 거리를 연산하고 소스의 적절한 크기를 판정하는데 사용될 수 있는 자신의 위치 또는 상대적 위치를 통신할 수 있다.

[0655] 실시예에서, 소스는 적절한 소스 크기를 판정하기 위해 공진자의 파라미터 또는 전력 전달 특성을 측정할 수 있다. 소스는 다양한 공진자의 파라미터 또는 소스의 소스 공진자의 다양한 구성을 판정하기 위해 임의의 수의 전기 또는 전자 센서를 채용할 수 있다. 소스는 각각의 구성, 공진자의 임피던스, 저항, 공진 주파수, 전류 및 전압 등의 크기 및 위상 또는 소스 크기를 모니터링한다. 이들 파라미터 또는 파라미터에서의 변화는 가장 효과적인 소스 크기를 판정하기 위해 소스에 의해 사용될 수 있다. 예를 들면, 자신의 로딩되지 않은 상태와 현재 상태 사이에서의 가장 큰 임피던스 차이를 나타내는 소스의 구성이 시스템 상태에 대해 가장 적합하거나 가장 효율적이다.

[0656] 소스의 동작 파라미터 및 크기는, 장치 또는 시스템의 오퍼레이터에 의한 요청에 대한 응답과 같이, 연속하여, 주기적으로, 또는 요청에 따라 변화된다. 장치는 특정한 시간 간격 동안, 또는 장치에서의 전력 또는 전압이 임계값 이하로 떨어질때 가장 적절한 소스 크기를 찾기 위해 소스에 요청하거나 프롬프트한다.

[0657] 도 66은, 무선 전력 전달 시스템이 하나의 가능한 시스템 실시예에서 장치 공진자(6602)의 다수의 구성 및 방향에서의 동작 동안 2개의 상이한 크기조정된 공진자(6601, 6605)를 구비한 조정가능한 소스 크기(6604)를 이용하는 가능한 방식을 도시한다. 작은 공진자(6602)를 가진 장치가 근접하게 정렬될 때, 소스(6604)는 도 66(a)에 도시된 바와 같이 더 작은 공진자(6605)에 에너지를 공급한다. 작은 공진자(6602)를 가진 장치가 정렬되고 더 이격되어 배치될 때, 소스(6604)는 도 66(b)에 도시된 바와 같이 더 큰 공진자(6601)에 에너지를 공급한다. 작은 공진자(6602)를 가진 장치가 오정렬될 때, 소스(6604)는 도 66(c)에 도시된 바와 같이 더 큰 공진자(6602)에 에너지를 공급한다. 마지막으로, 큰 공진자(6602)를 가진 장치가 제공될 때, 소스(6604)는 전력 전달 효율을 최대화하기 위해 도 66(d)에 도시된 바와 같이 더 큰 공진자(6601)에 에너지를 공급한다.

[0658] 실시예에서, 적절한 소스 크기를 판정하는 알고리즘이 소스에 연결된, 소스의 일부이거나, 또는 소스와 통신하는 프로세서, 게이트웨이, 또는 ASIC 상에서 실행될 수 있다. 실시예에서, 알고리즘을 가능한 소스 구성 또는 크기의 모두 또는 서브셋에 순차적으로 에너지를 공급하고, 구성들의 동작 특성을 측정하고, 및 가장 바람직한 특성을 가진 소스 크기를 선택할 수 있다.

[0659] **침지형 공진자(Immersed Resonators)로 무선 전력 전달**

[0660] 실시예에서, 무선 전력 전달 시스템은 하나, 두개, 또는 그 이상의 공진자가 액체, 슬러리, 머드, 얼음, 소금 수용액, 등에 침지되고, 손실성 및/또는 전기 전도성인 물질에 의해 둘러싸여지거나 물질들에 내장될 때, 동작하도록 설계될 수 있다. 실시예에서, 전력은 수중, 지하, 스트림에서, 포장재료 내, 시멘트 내, 슬러리 내, 머드 내, 혼합 물질의 내, 임의의 유형의 액체 또는 점성 물질의 풀 내, 우물, 가스 우물, 유정 등과 같은 우물내에 있는 하나 이상의 공진자 사이에서 무선으로 전달될 수 있다.

[0661] 실시예에서, 무선 전력 전달 시스템의 소스 및/또는 장치 공진자는, 바람직한 교란된(perturbed) Q를 달성하도록 공진자를 둘러싸는 영역에 있을 수 있는 손실성 또는 전도성 재료, 또는 물체, 특히 공진자에 가장 근접한 물질과 영역에서의 전기장의 크기를 감소시키도록 설계될 수 있다. 실시예에서, 자기 공진자의 전도성 루프와 전기 컴포넌트에 대한 특정한 디멘션과 위치를 가진 인클로우저가 인클로우저가 없는 구현에 비해 교란된 Q를 개선하도록 사용될 수 있다. 이러한 인클로우저는 전기장 강도가 상대적으로 높고 손실 또는 전도성 물질이 배치되는 위치들 사이에 공간을 제공함으로써 침지된 공진자 애플리케이션에서 더 높은 교란 Q 공진자를 지지한다. 예를 들면, 공진자가 물, 소금물, 기름, 가스 또는 기타 손실성 물질에 침지되는 애플리케이션에서, 손실성 재료와 공진자의 전기 컴포넌트 사이에 최소의 간격 거리를 보장하도록 자기 공진자를 패키징하는 것이 효익이 있다.

- [0662] 공진자의 패키징, 구조, 물질 등은 자기 공진자에서 전도성 루프로부터의 공간 또는 "이격(keep away)" 구역을 제공하도록 설계될 수 있다. 일부 실시예에서, 이격 구역은 공진자 주위에서 밀리미터 미만이 될 수 있다. 다른 실시예에서, 이격 구역은 공진자 주위에서 1cm 미만 또는 10cm 미만이 될 수 있다. 실시예에서, 이격 구역의 크기는 전달된 전력의 레벨, 주변 물질의 손실율, 공진자의 동작 주파수, 공진자의 크기, 등에 따른다. 실시예에서, 이격 구역의 크기는 애플리케이션의 물리적 제약에 의해 제한되고, 이격 구역은 이격 구역의 외부에 있는 손실성 물질에 기인하여 공진자의 교란 Q가 공진자의 교란되지 않은 Q의 적어도 50%가 되도록 설계될 수 있다. 실시예에서, 이격 구역은 공진자의 교란된 Q가 교란되지 않은 Q의 1% 이상이 되도록 설계될 수 있다.
- [0663] 실시예에서, 공진자 주위의 이격 구역은 공진자를 둘러싸고 또한 공진자의 전력 및 제어 회로를 둘러싸는 패키징에 의해 제공될 수 있다. 바람직하게는 패키징은 특정한 플라스틱, 조성물, 플라스틱 조성물, Teflon, Rexolite, ABS, 세라믹, 돌 등과 같은 비손실성 물질로 구축될 수 있다. 공진자와 회로가 이러한 패키징에 싸여지거나, 패키징이 패키징 내부의 이격 구역을 채우는 또다른 비손실성 물질을 외부 장벽을 제공한다. 대안으로, 패키징 내부의 이격 구역은 진공, 공기, 가스, 모래 등을 포함한다. 실시예에서, 이격 구역은 공진자 또는 회로의 컴포넌트에 의해 제공된다. 실시예에서, 공진자 및 회로의 엘리먼트는 일부 애플리케이션에 대해 충분한 이격 구역을 제공하거나, 또는 공진자 컴포넌트가 고유하게 충분히 큰 이격 구역에 제공하도록 선택될 수 있다. 예를 들면, 일부 애플리케이션에서, 공진자 전도체 상의 전기 절연은 적절한 이격 구역을 제공하고, 추가적인 간격을 필요로 하지 않는다. 공진자 주위의 이격 구역(6710)을 제공하는 패키징(6702)을 가진 공진자(6704)의 다이어그램이 도 67에 도시된다. 공진자(6704)는 도 67(a)에 도시된 바와 같이 간격과 이격 구역을 제공하는 인클로우저(6702)에 의해 완벽하게 둘러싸여질 수 있다. 다른 실시예에서, 패키징(6702)은 도 67(b)에 도시된 바와 같이 공진자의 내외부 에지 주위에 이격 구역을 제공하도록 공진자(6704)의 형상을 둘러싸고 따른다.
- [0664] 도 68에 도시된, 예시적인 실시예에서, 저항  $\rho = 0.2 \Omega\text{-m}$ 를 가진 매체(6808)에서 침지되고 더 긴 디멘션 중 하나를 따라 감겨진 1cm 만큼 균일하게 이격된 전도체의 10(6806) 턴에 의해 100kHz에서 여기된 자기 물질(6804)의 15cm x 15cm x 5cm 슬래브가 이격 구역을 추가하는 효과를 도시하도록 유한요소 분석으로 모델링된다. 더이상 이격 구역이 없을때, 손실성 매체에 의한 교란 Q는 66이다. 자기 물질의 각각의 면으로부터 1cm 떨어진 평행 6면체와 같은 형상의 이격 구역(6802)의 추가로, 교란 Q가 86까지 증가된다. 자기 물질(6804)과 이격 구역(6802)의 에지 사이의 가장 짧은 거리가 2.5cm까지 증가될 때, 교란 Q는 119가 되도록 연산되고, 이러한 거리가 10cm 까지 증가될 때, 교란 Q는 318로 개선된다.
- [0665] 실시예에서, 이격 구역은 공진자 주위의 균일한 이격 구역에 대해 제공되지 않지만, 균일하지 않고 예를 들면 커패시터에 근접한 또는 전도체 권선에 근접하거나 공진자의 코너에 근접한 더 큰 외부 전기장을 가지는 공진자의 면적이 더 크거나 두꺼울 수 있다. 이는 상기 예시를 확장함으로써 도시되고, 전기장이 구조의 자기 모멘트를 횡단하는 방향을 따라서 있는 가장 크다는 사실을 이용한다. 도 69에 도시된 바와 같이, 공진자의 자기 모멘트를 따라서 있는 이격 구역이 10cm에서 1cm까지 감소되는 반면 모든 다른 방향을 따라서 있는 이격 구역이 10cm에서 유지된다면, 교란 Q가 318에서 255로 감소되는 반면, 공진자와 이격 구역(6802)에 의해 채워진 체적은 이격 구역이 공진자 주위 모두에서 10cm인 경우에 비해 51% 이상 까지 감소된다.
- [0666] 실시예에서, 무선 전력 전달 시스템의 공진 주파수가 시스템의 교란 Q를 개선하도록 선택될 수 있다. 예를 들면, 예시적인 공진자의 진성 Q가 더 높은 주파수에서 개선할지라도, 교란 Q는 더 높은 주파수에서 감소될 수 있다. 따라서, 예시적인 실시예에서, 최대화된 진성 Q에 대응하는 주파수보다 더 낮은 동작 주파수를 선택하는 것이 바람직할 수 있다. 실시예에서, 동작 주파수는 최적 Q-주파수보다 더 2-10배 더 낮게 되도록 선택될 수 있다. 다른 실시예에서, 동작 주파수는 최적 Q 주파수보다 10-100배 더 낮게 되도록 선택될 수 있다. 다른 실시예에서, 동작 주파수는 최적 Q주파수보다 100-10,000배 더 낮게 되도록 선택될 수 있다. 실시예에서, 동작 주파수는 100kHz와 500kHz 사이가 될 수 있다. 다른 실시예에서, 동작 주파수는 10kHz와 100kHz 사이가 될 수 있도록 선택될 수 있다. 다른 실시예에서, 동작 주파수는 500kHz와 30MHz 사이가 될 수 있다.
- [0667] 예시적인 실시예에서, 공진자의 효과와 교란된 Q에 인클로우저 설계를 도시하도록 15cm의 루프 반경, 100kHz의 공진 주파수를 가지고, 저항  $\rho = 0.2 \Omega\text{-m}$ 을 가진 유체에 의해 둘러싸여있는 용량적으로 로딩된 전도성 루프 공진자가 모델링된다. 모델링된 실시예는 도 67(a)에 도시된다. 용량적으로 로딩된 전도성 루프(6704)가 공기(6708)로 채워진 상자(6702)에 인클로우징된다. 도 67(a)에서의 전도성 루프 또는 코일(6704)의 외부 에지와 인클로우저(6702)의 외부 에지 사이의 공간은 이격 구역이다. 이러한 공간(6708)은 공기로 채워지고, 그것은

채워진 인클로저 물질 자체에 의해 채워지고, 및/또는 그것은 바람직하게는 플라스틱, 조성물, 플라스틱 조성물, 세라믹, 돌, 공기, 가스, 모래 등과 같은 비손실성 물질에 의해 채워질 수 있다. 실시예에서, 그것이 공진자의 Q를 교란하지 않는 인클로저 물질용 손실 탄젠트는 충분히 낮을 수 있다. 실시예에서, 공진자가 주변 물질에 직접 침지될 때, 그것이 교란된 Q에 대해 인클로저된 공진자의 교란된 Q를 개선하는 물질의 손실 탄젠트는 충분히 낮을 수 있다.

[0668] 도 67(a)에 도시된 예시적인 시스템에 대해, 공진자 코일의 턴의 수가 증가할 때 공진자의 진성 Q가 증가한다. 그러나, 공진자의 교란된 Q가 턴의 수가 증가할 때 감소된다. 교란된 Q는 코일(6704)의 에지와 인클로저(6702)의 에지 사이에서의 이격 구역(6710)의 크기를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 본 예시적인 실시예에서, 4개 턴의 공진자의 교란된 Q는, 1cm 보다 더 큰 이격 구역에 대해, 2개의 팩터 이상에 의해 개선되고, 공간이 약 2.5cm를 초과할 때 자신의 진성 Q에 도달한다. 따라서, 1cm 이상의 이격 구역을 가진 인클로저는 소스 및 장치 공진자가 손실성 물질에 침지될 때 또는 손실성 물질에 인접할 때 조차 효율적인 무선 전력 전달을 할 수 있다.

[0669] 공진자 중 적어도 하나가 공기가 아닌 일부 물질에 침지되는 무선 전력 전달을 위한 일부 애플리케이션은 현재 직접 와이어링된 솔루션을 이용하여 이네이블될 수 있다. 예를 들면, 전기 와이어는 폰드의 바닥을 따라서 지나고, 빌딩 물질을 관통하고, 우물 샤프트 아래로, 보트의 외피 등을 관통하여 이어질 수 있다. 그러나, 배선의 상이한 세그먼트 전체의 전기 연속성을 제공하도록 사용될 수 있는 커넥터와 이러한 배선은, 고장나는 경향이 있고, 그것들이 고장날 때 대체하기에 고비용 및/또는 어렵다. 추가로, 그것들은, 설치 프로세스에서의 위치 및 회전 불확실성 때문에 및 프로세스가 공진자를 지지하는 구조의 무결성을 해결하기 때문에 설치하기에 어렵거나 불가능할 수 있다. 무선 전력 전달은, 그것이 에너지원과 에너지 소모 장치 또는 연결 사이의 겹을 사용하여, 이러한 배선 또는 연결이 압력을 받고 위험하며, 고장의 위험이 있는 위치에서의 배선 또는 전기 커넥터에 대한 필요성을 제거하기 때문에 이러한 애플리케이션에서 이점을 가질 수 있다.

[0670] 도 70은 수면하의 센서 애플리케이션을 위한 무선 전력 전달 시스템의 예시적인 실시예를 도시한다. 본 예시에서, 무선 전원(7008)은 수면하의 센서(7010)에 전체적으로 근접하게 소스 공진자(7008)를 가이딩하도록 사용될 뿐만 아니라 원격 발전기로부터 소스로 전력을 공급하도록 사용되는 배선을 하우징할 수 있는 튜브(7002)를 둘러싸는 환형 하우징(7004)으로 하우징된다. 이러한 튜브(7002)는 스틸, 플라스틱, 고무, 금속 등을 포함하는 다양한 물질로 이루어질 수 있고, 다양한 전자 컴포넌트, 강 부재, 튜브, 밸브, 도관 등을 포함할 수 있다. 소스(7008)는 센서(7010)에 결합될 수 있는 장치 공진자(7012)에 무선으로 전력을 전달하기 위해 사용될 수 있다. 실시예에서, 다수 센서는 상이한 위치 및 깊이에서 배치되고 무선 전원(7008)은 동시에 또는 한번에 하나씩 다수 센서를 처리하도록 유연하게 배치될 수 있다.

[0671] 도 71은 용량적으로 로딩된 전도성 루프 소스 공진자의 2개의 예시적인 실시예를 도시하고, 하나는 회전가능하게 대칭적 인클로저(7004)에 배치된, 자기 물질(도 71(b))을 포함한다. 도 71(b)에 도시된 실시예에서, 자기 물질(7108)의 코어 주위에서 싸여진 전도체 루프(7106)의 방향에 따라, 공진자는 z축(즉, 공진자(7104))으로서 본문에 정의된, 튜브에 대해 평행하거나, 또는 x축 또는 y축(즉, 공진자(7104 및 7110))에 평행하게 정렬되는 쌍극자 모멘트를 가질 수 있다. 예시적인 실시예에서, 최고 에너지 전달 효율은, 유사하게 크기조정된 소스 및 장치 공진자가 z방향 쌍극자 모멘트를 가지고 공진자가 정렬될 때, 구현될 수 있다. 그러나, 본 쌍극자 방향에 대해, 더 큰 오프셋으로 회복 및 고장나기 전에, 도 72에 도시된 바와 같이, 효율은 이러한 공진자의 상대적으로 작은 병진방향 오정렬로 변할 수 있다. 공진자 모두가 y축 방향이 될 때, 최대 커플링 효율은 z방향 쌍극자에 대해 많지 않지만, 공진자가 상대적으로 멀리 이격될 때 전달 효율만 0가지 간다. 직교방향으로 둘러싼 용량적으로 로딩된 전도성 루프를 포함하고, 도 12에 도시된 바와 같이 z축 및 y축 방향 모두의 쌍극자를 가지는 것으로 모델링될 수 있는 공진자는 동작 시나리오의 범위에 대해 최고 전달 효율을 제공할 수 있다. 실시예에서, 직교 루프는 동시에 사용될 수 있거나, 선택자 또는 스위치는 최적 성능을 달성하기 위해 y방향 및 z방향 쌍극자 공진자 사이에서 선택하도록 선택될 수 있다. 상이한 시스템 고려사항은 어느 유형의 공진자가 소스 공진자와 장치 공진자에 의해 포함되는지에 영향을 준다는 것에 유의하라.

[0672] 소스 또는 장치 공진자가 설치, 배치, 또는 활성화될 때, 장치 공진자에 대해 소스 공진자의 오프셋 및 회전에 있어서 불확실성이 있다. 예시적인 위치 및 회전 불확실성이 도 73(a) 및 73(b)에 도시된다. 소스(7008) 및 장치(7012) 공진자는 도 73(a)에 도시된 바와 같은 회전 오정렬, 도 73(b)에 도시된 바와 같은 축방향 또는 수직 방향 오정렬을 가진다. 단일 공진자 설계에 대해, 공진자의 오정렬은 전력 전달의 효율을 감소시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 소스 및 장치 공진자 크기 및 물질, 및 자신들의 물리적 크기에 대한 쌍극자 모멘트의

정렬은 충분히 효율적인 에너지 전달이 구현된 위치 및 회전 오정렬의 범위를 최대화하도록 선택될 수 있다.

[0673] 다른 실시예에서, 위치 및 회전적 불확실성에 연관된 잠재적 효율 감소가 수용될 수 없다. 이러한 실시예에서, 다수의 소스 공진자가 하우징에 통합되고, 이들 소스 공진자중 적어도 하나가 적절한 성능을 제공하도록 장치 공진자에 대해 충분히 근접하게 배치되는 가능성을 증가시킨다. 이러한 소스 어레이의 예시적인 구현이 도 71에서 도시된다. 공진자가 하우징 주변의 모든 다수의 각도로 배치되도록 환형 하우징(7004)에 원형 형태로 배치되어, 회전 불확실성에 관계없이, 적어도 하나의 소스 및 장치는 부분적인 정렬을 가지도록 한다. 추가로, 공진자의 다수 원형 배치는 공진자 어레이의 수직 높이를 증가시키도록 조합될 수 있다. 소스의 수직 길이의 증가는 수직 방향 오정렬(z축을 따라서)을 허용하는 시스템 기능을 증가 시킬수 있다. 실시예에서, 수평 방향 오정렬(y축을 따라서)을 허용하는 시스템의 기능을 증가시키도록 환상형 하우징의 외부 반경이 증가될 수 있다. 다양한 소스 공진자 설계 및 어레이 패턴은 이러한 개념을 구현하도록 사용될 수 있다는 것을 유의하라. 본문에 도시된 어레이 패턴은 어떠한 방식으로 건 한정을 의미하지 않는다. 어레이는 용량적으로 로딩된 루프 공진자를 포함할 수 있다(도 71(a)). 어레이는 평면 공진자를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 자기 물질의 코어 주변에서 싸여진 전도체를 구비하는 평면 공진자가 사용될 수 있다. 평면 공진자의 어레이에서, 일부 공진자 중 전도체는 도 71(b)에서 도시된 바와 같이 상이한 공진자에 대해 직교방향으로 싸여질 수 있다.

[0674] 추가로, 공진자를 하우징하는 인클로저는 임의의 형상 및 크기가 될 수 있고, 특정한 애플리케이션이 될 수 있다. 일부 애플리케이션에서, 인클로저는 큐브, 장방형 상자, 별브, 볼, 원통, 시트 등과 같은 형상이 될 수 있고, 공동, 솔리드가 되거나 또는, 자신의 중심에 상이한 물질들을 포함할 수 있다. 실시예에서, 주 하우징과 어레이 설계 고려사항은 하우징 강도, 크기, 외향, 조정성 확보(steerability), 제어가능성, 물, 바람 또는 육지의 저항 등이 될 수 있다.

[0675] 실시예에서, 다중 소스 공진자는 소스 공진자 어레이가 설치 또는 배치된 후에, 하나만 또는 소수의 소스 공진자가 무선 전력 전달을 달성하기 위해 에너지가 공급될 수 있도록 스위치를 통해 연결될 수 있다. 본문에 논의된 시스템 모니터링 및 제어 기능은 어느 소스 공진자에 에너지가 공급되고 무선 전력 전달 시스템에 포함될 수 있는지를 판정하기 위해 사용될 수 있다. 실시예에서, 사용되지 않은 공진자의 Q는 이들 공진자와 에너지가 공급된 공진자 사이의 상호작용을 최소화하도록 망가지거나 감소될 수 있다. 공진자 Q's는 원격 제어가능한 스위치, 퓨즈, 연결 등에 의해 변경될 수 있다.

[0676] 소스 공진자에 대해 상술된 설계는 또한 장치 공진자를 위한 것이 될 수 있다는 것에 유의하라.

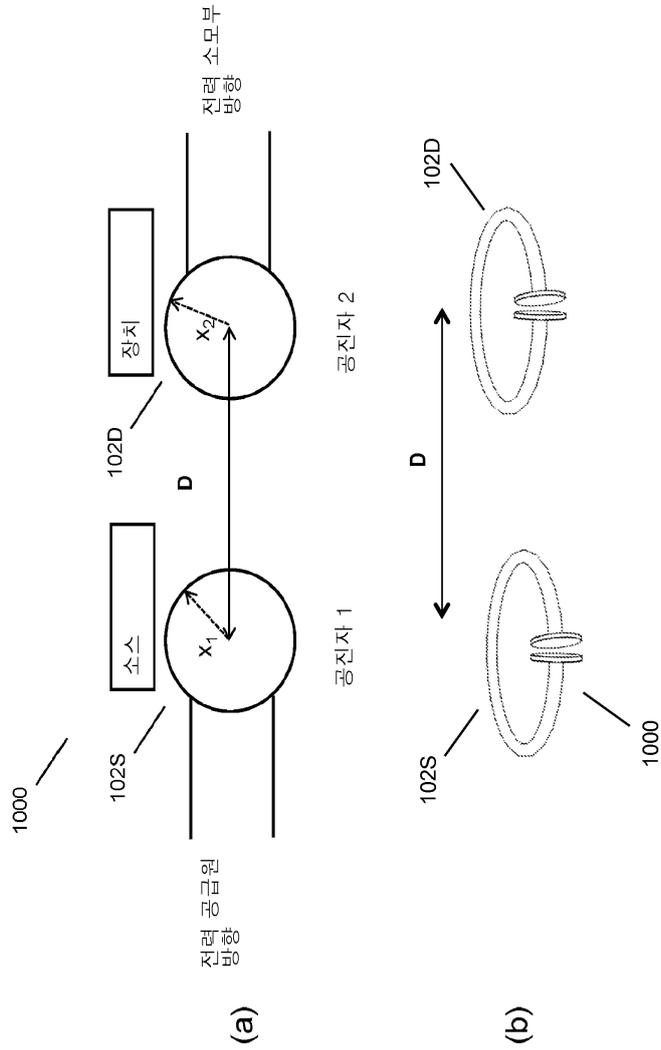
[0677] 실시예에서, 무선 전력 전달을 위한 다양한 공진자 설계가 선택될 수 있다. 예시적인 우물 드릴링 애플리케이션에서, 소스 및 장치 공진자는 공기 코어 또는 도 68에 도시된 바와 같은 자기 물질을 구비하는 코어를 가진 용량적으로 로딩된 전도성 루프를 구비할 수 있다. 공진자는 스틸 또는 금속 튜브, 구조, 설비, 케이스 등의 효과를 감소시키기 위해 공진자 필드를 재방향설정 및/또는 가이드하는 전도성 표면을 포함할 수 있다. 전도성 표면과 자기 물질은, 우물의 중심 위로 지나가는 원형 튜브 및 케이스와 일치하도록 외부로 구부러지는 것과 같이, 특정한 우물 구조의 형태를 따르도록 형성될 수 있다. 실시예에서, 금속 또는 스틸로 만들어진 구조와 가장 근접한 자기 물질의 표면은 더 손실성있는 구조상의 와상 전류에 의한 손실을 감소시키기 위해 도 높은 전도성 물질의 층을 구비할 수 있다. 전도성 물질의 형상과 크기는 자기 물질에 대해 동일할 수 있고, 또는 그것들은 상이할 수 있다. 실시예에서, 전도성 층은 자기 물질의 표면 또는 인클로저의 내부 표면 또는 상기 인클로저에 대해 만들어진 피처에 정합한다. 실시예에서, 전도성 층은 자기 물질에 부착되거나 그로부터 분리된다. 실시예에서, 공진자 필드를 손실성 재료 또는 구조에 대해 이격하여 지향시키도록 및/또는 전력 전달 시스템에서 다른 공진자를 향해 공진자 필드를 지향 또는 가이드하도록 사용될 수 있다. 실시예에서, 도 11-14 및 16에 도시된 바와 같은 자기 물질을 주위로 둘러싼 용량적으로 로딩된 전도성 루프가 우물에서의 주된 보링 구멍(borehole)으로부터 측방향 보링 구멍으로 전력을 전달하도록 선택될 수 있다.

[0678] 침지된 공진자 애플리케이션에 대한 무선 전달 시스템은 본문에 기술된 바와 같은, 공진자, 인클로저, 어레이, 전자장치, 모니터링 및 제어 방법의 임의의 조합을 포함할 수 있다는 것에 유의하라. 실시예에서, 장치 공진자는 또한 어레이로 설치될 수 있고, 가용한 공진자의 서브셋이 무선 전력 전달 시스템을 위해 선택된다.

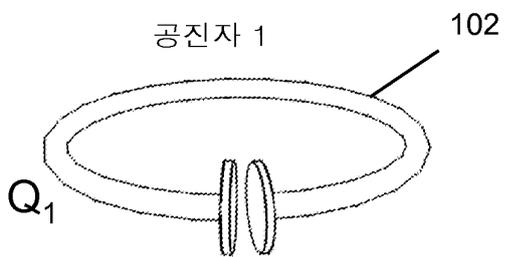
[0679] 본 발명은 바람직한 실시예에 관련하여 설명되었으나, 다른 실시가 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한도에서 가능하고, 이는 법에 의해 허용된 최광의 의미로 해석되어야 한다. 본 명세서에서 참고로 인용된 내용은 본 명세서의 일부로서 사용된다.

도면

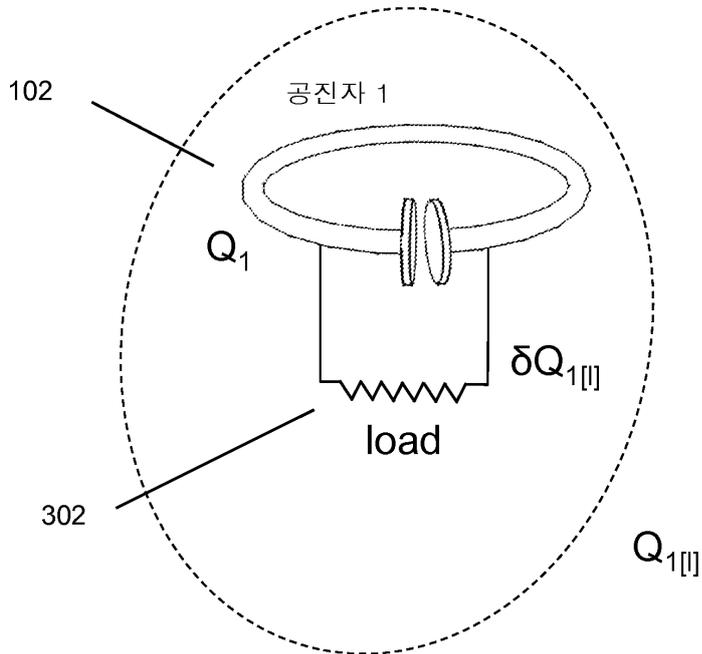
도면1



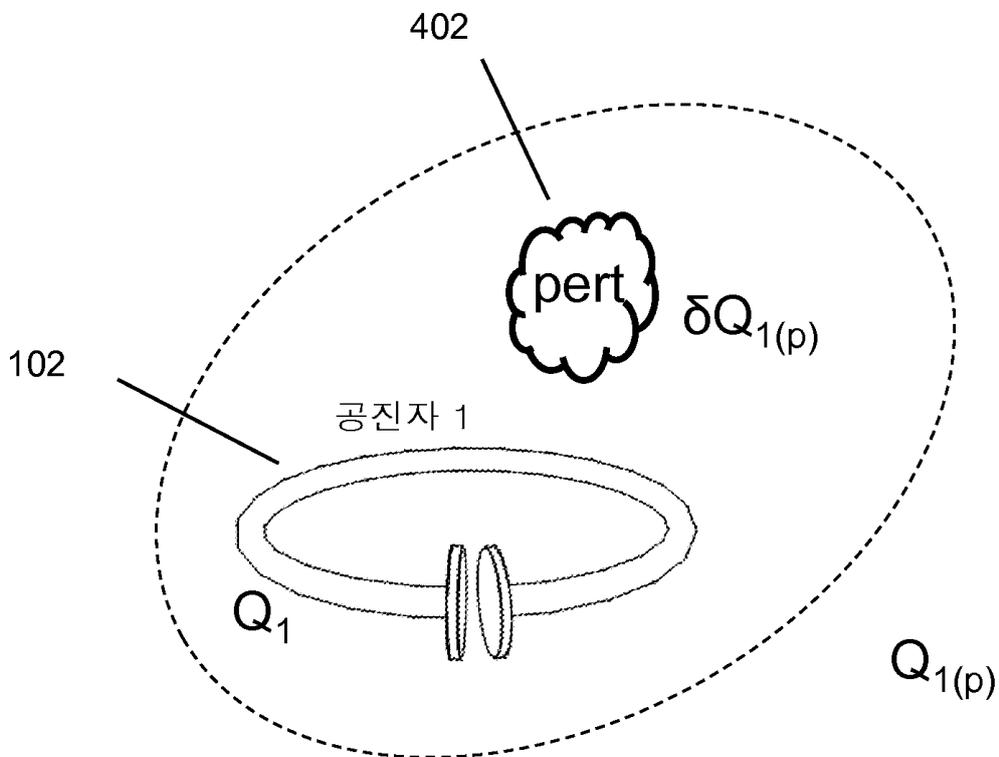
도면2



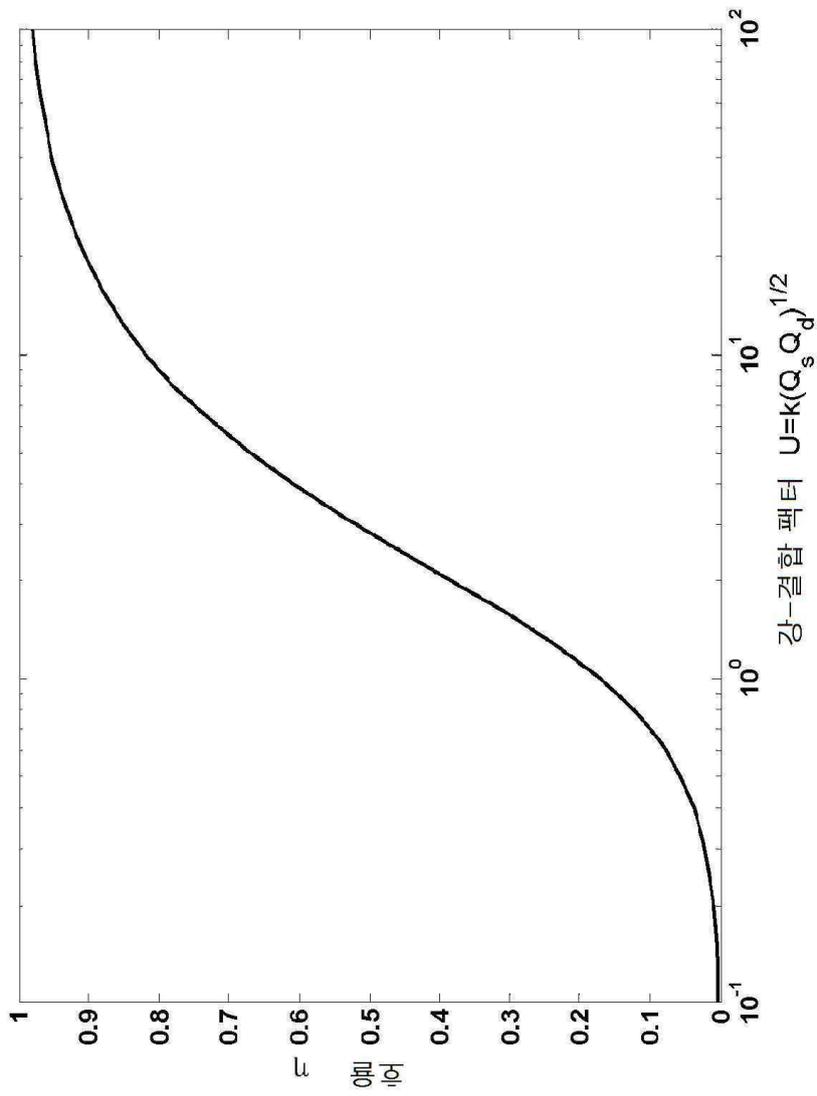
도면3



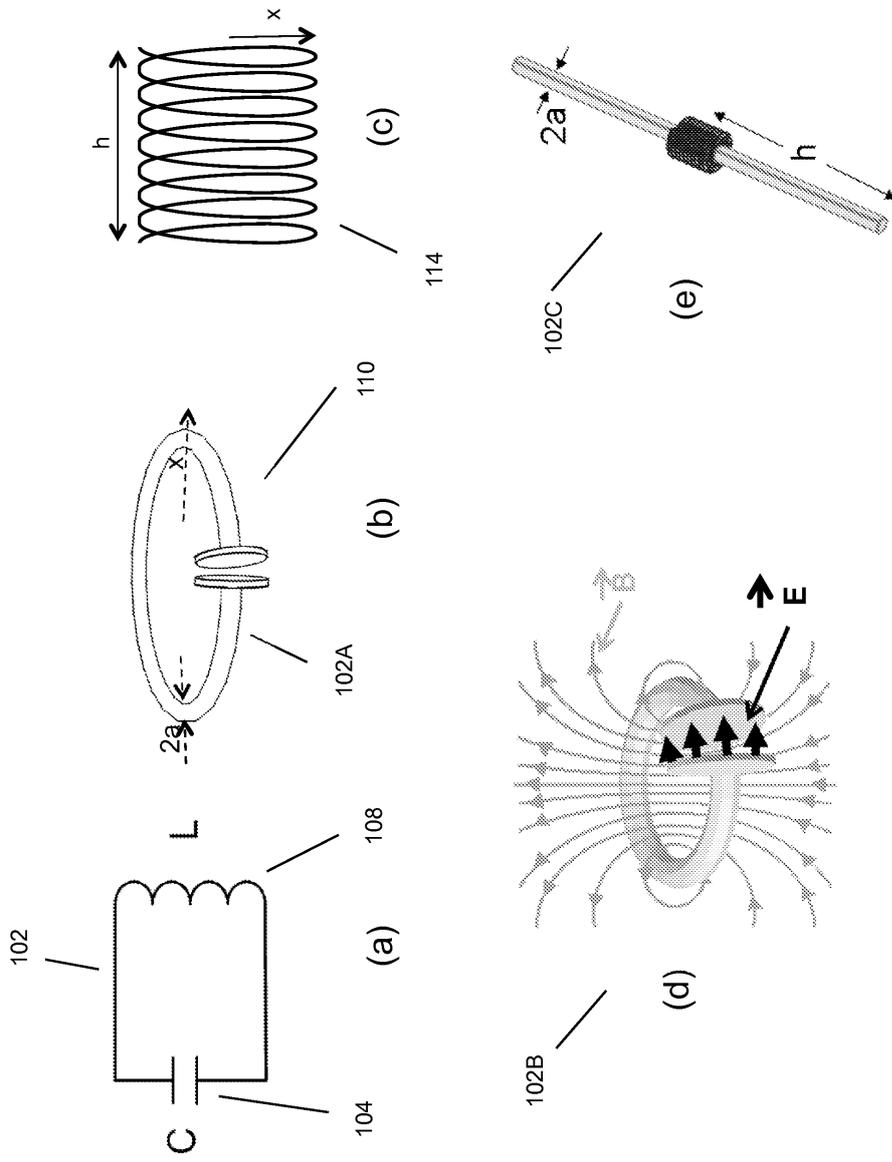
도면4



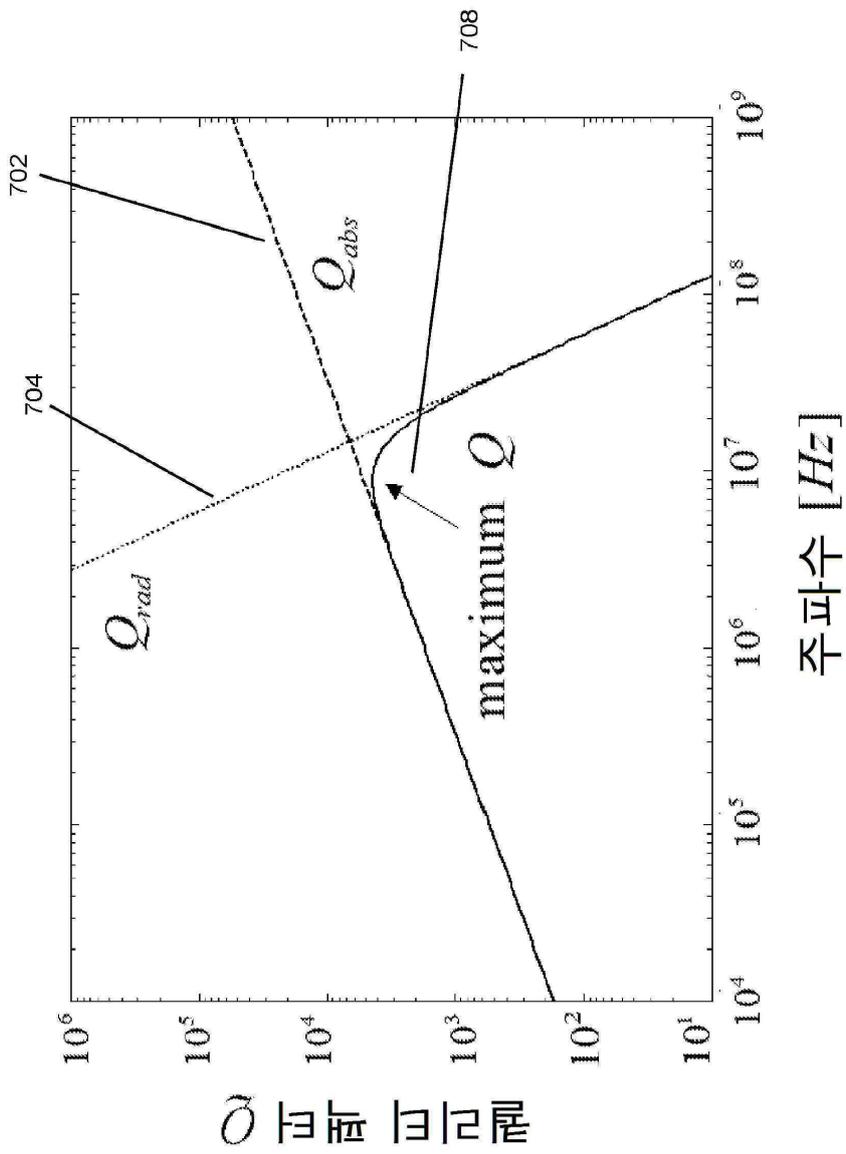
도면5



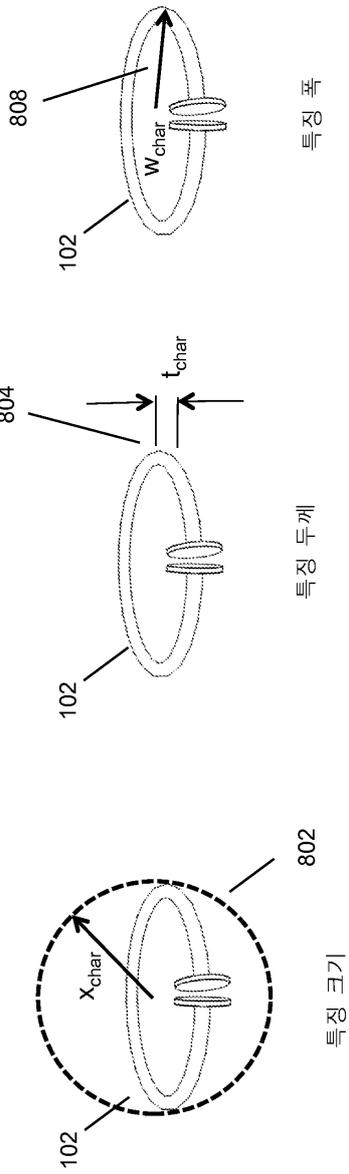
도면6



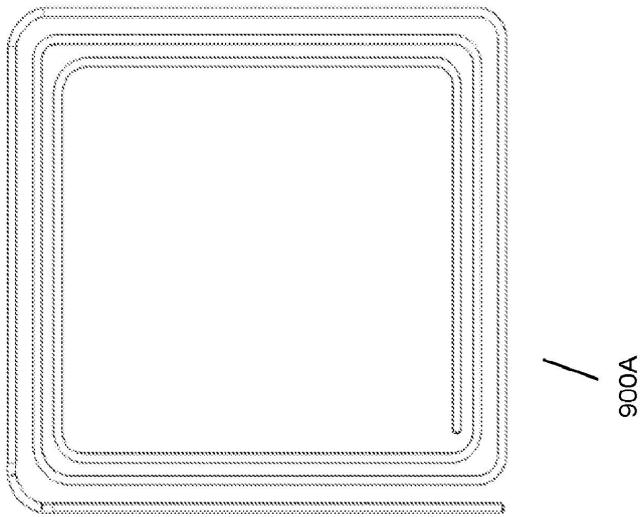
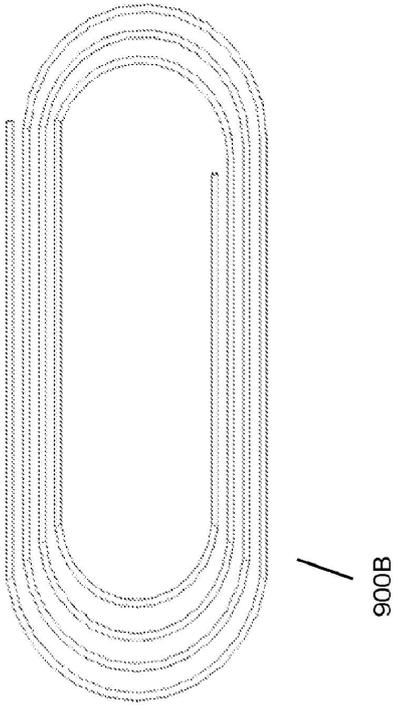
도면7



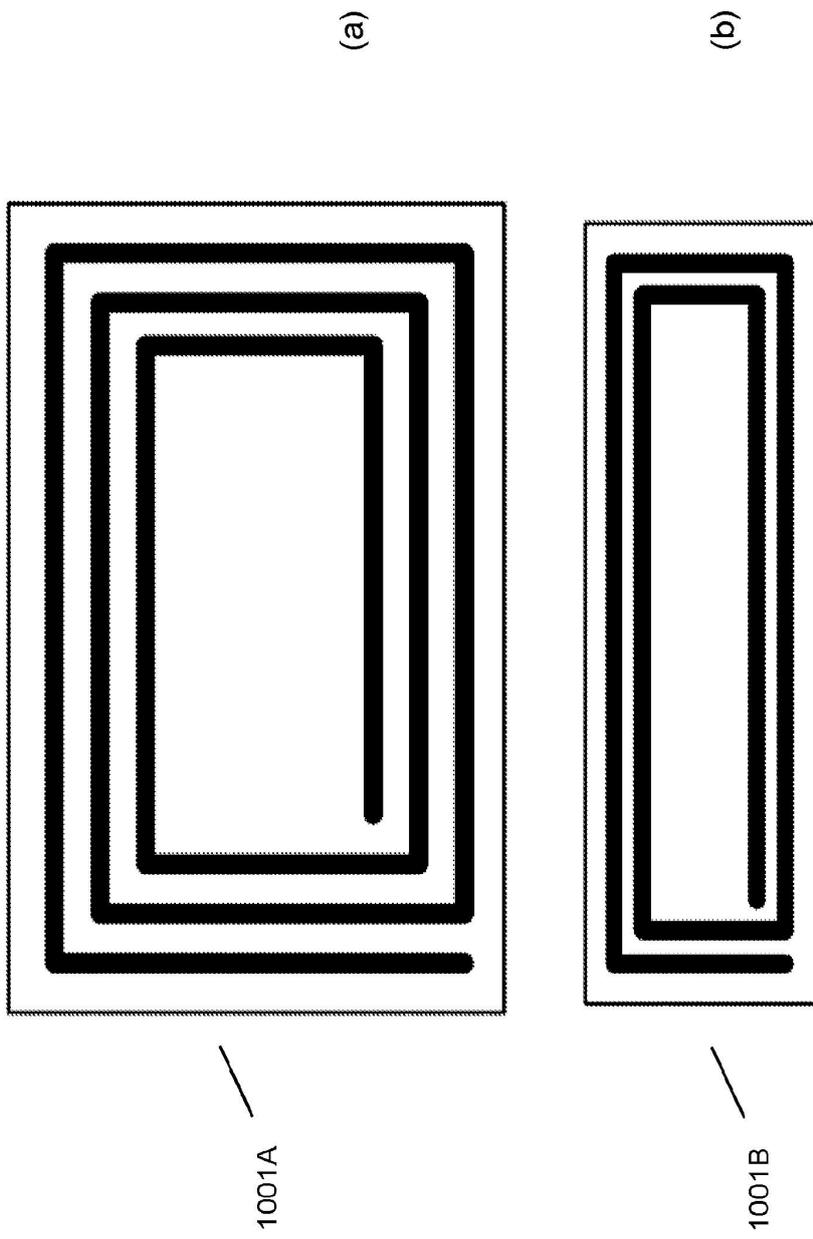
도면8



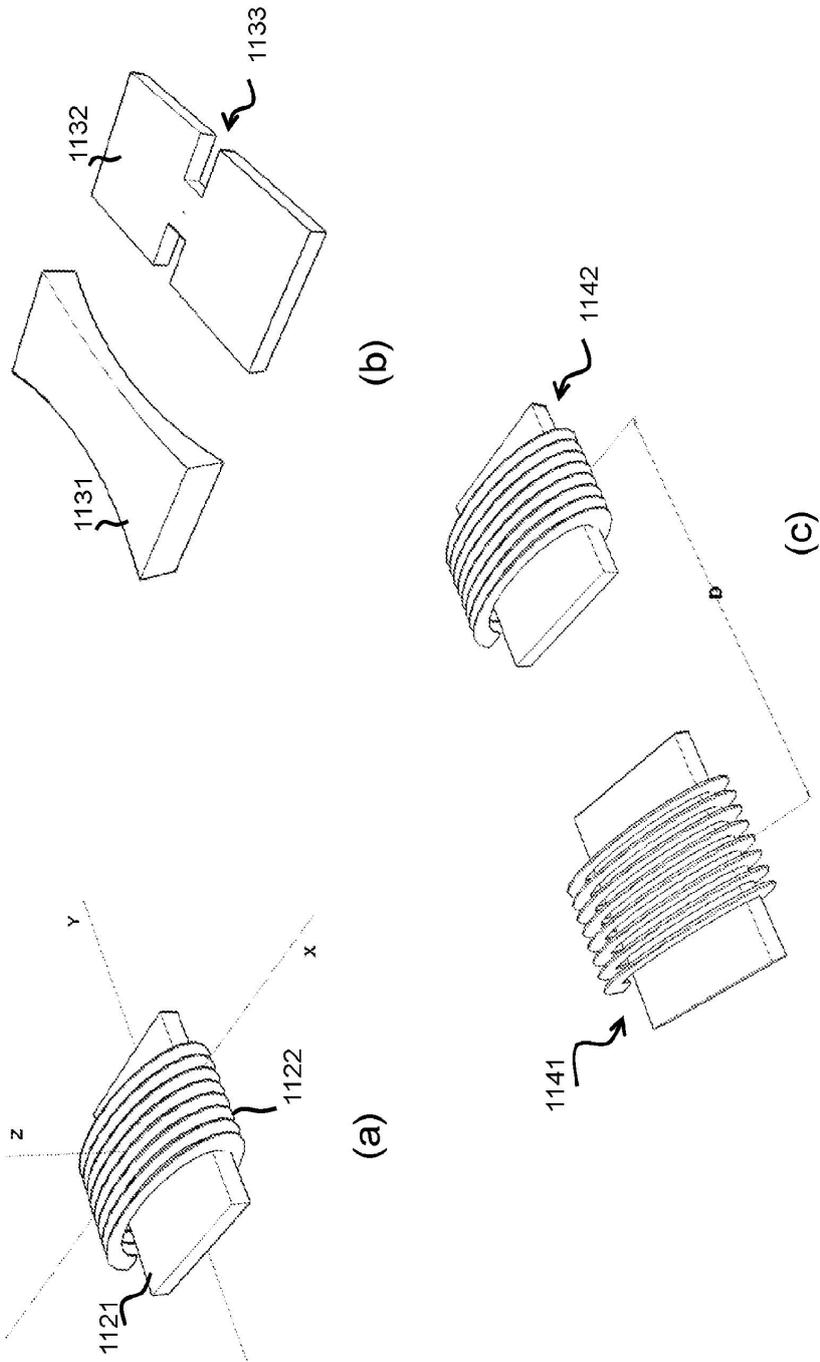
도면9



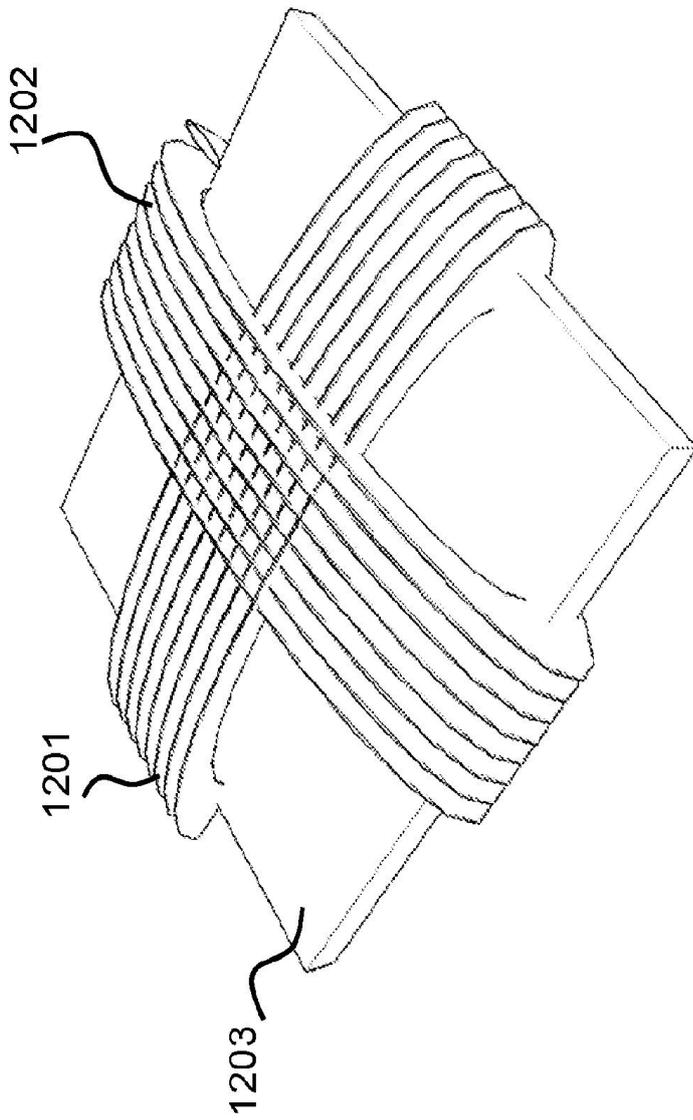
도면10



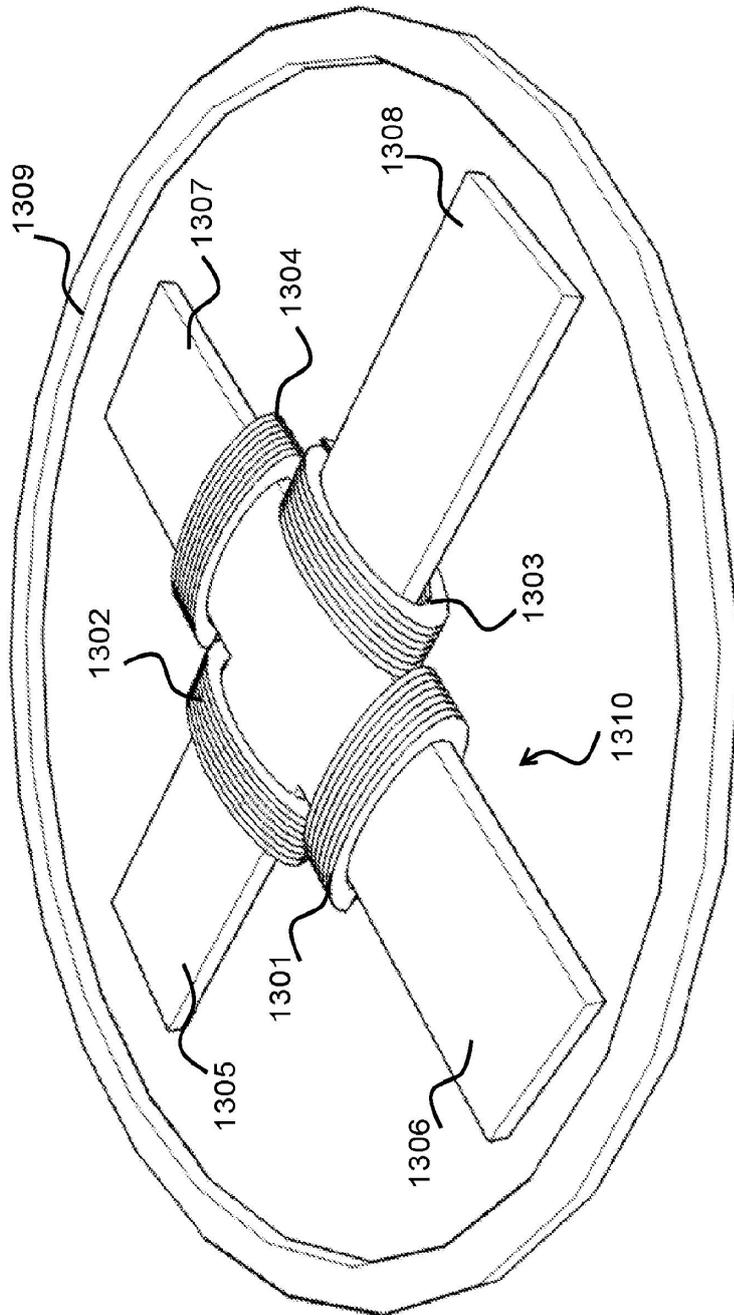
도면11



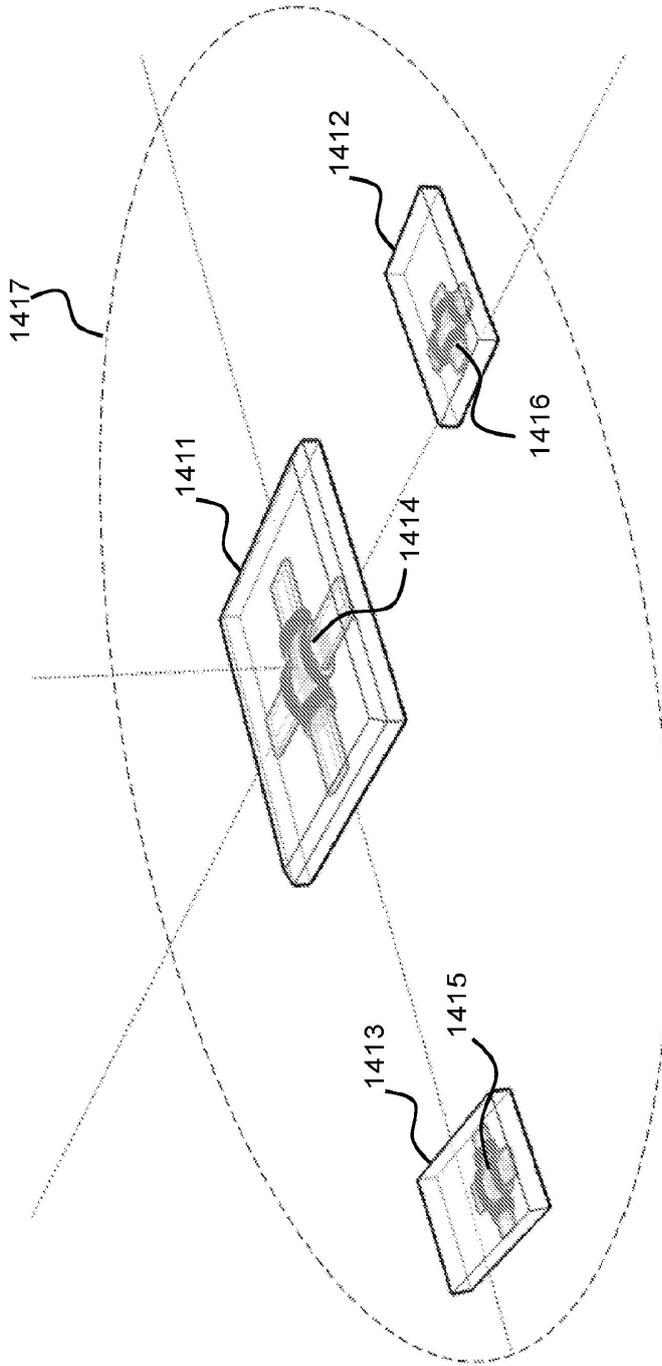
도면12



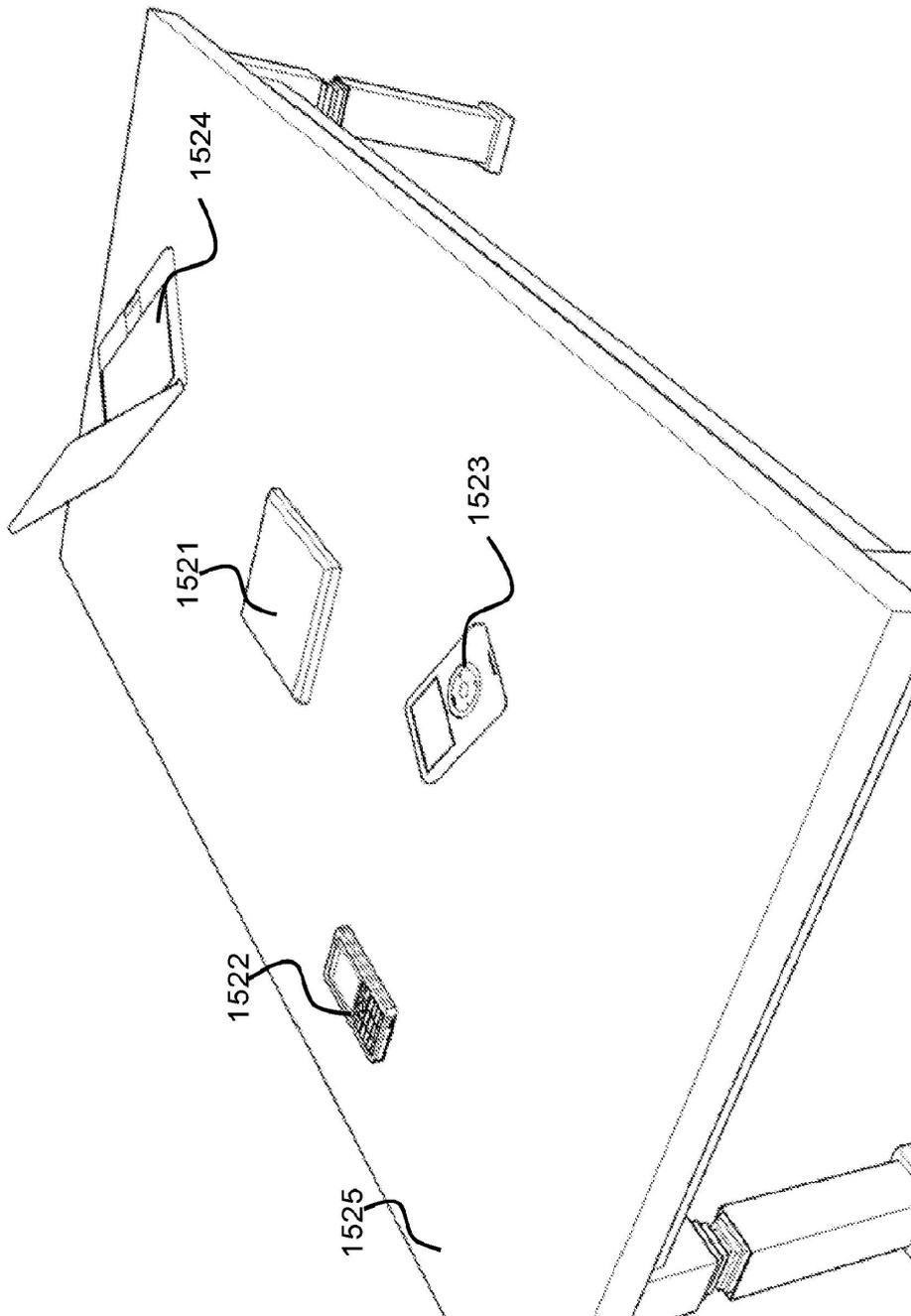
도면13



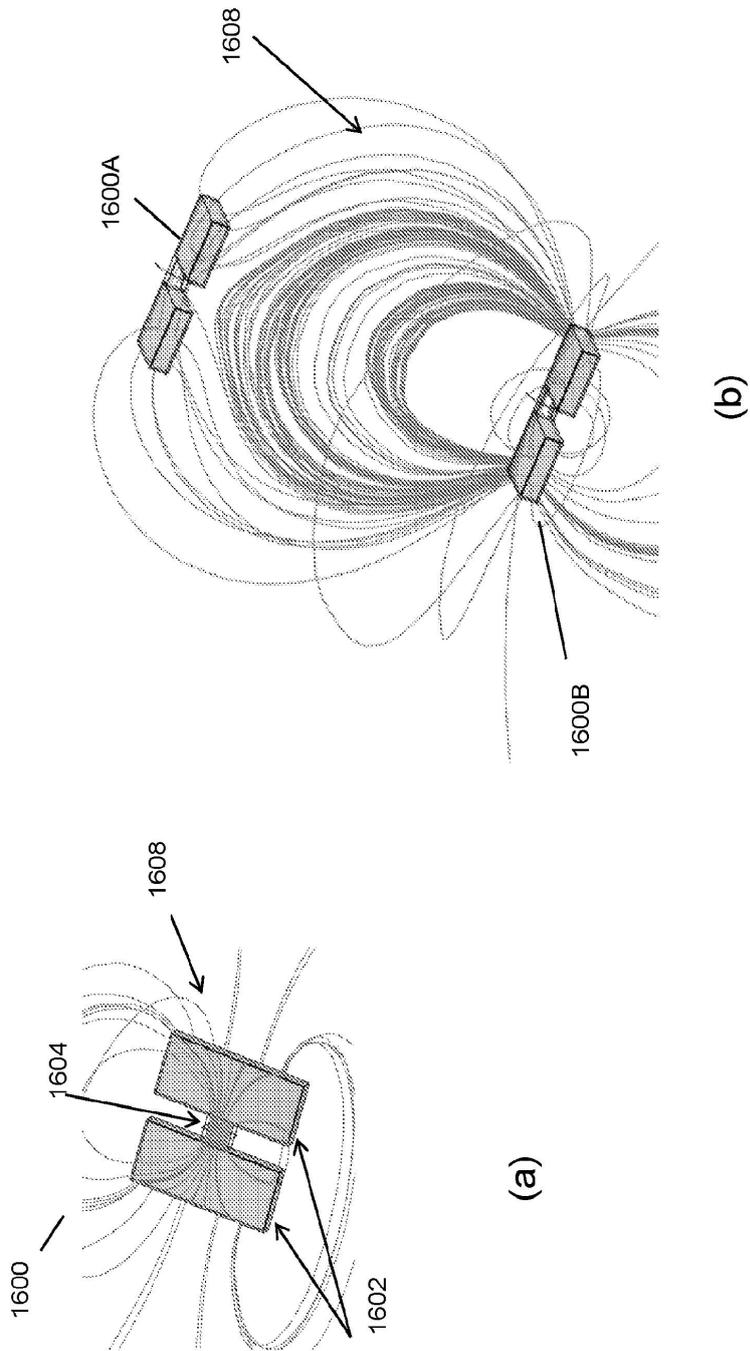
도면14



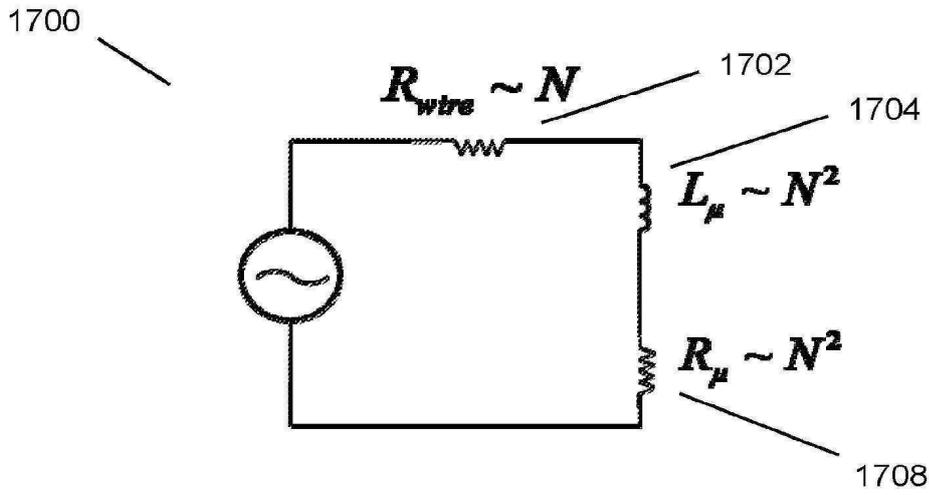
도면15



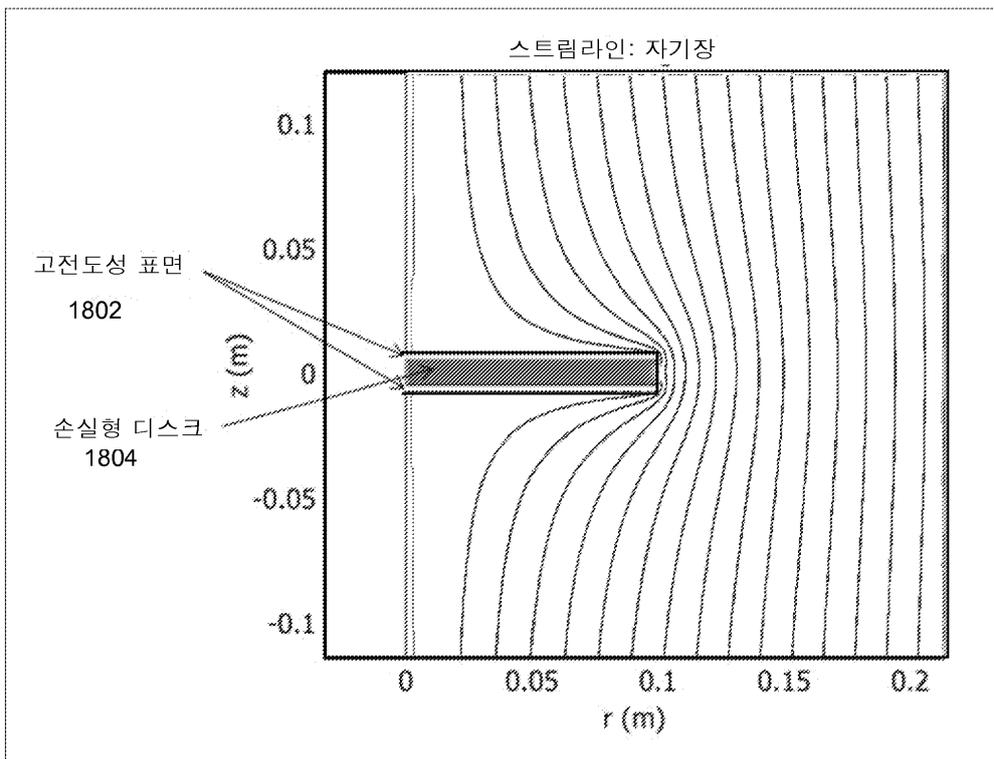
도면16



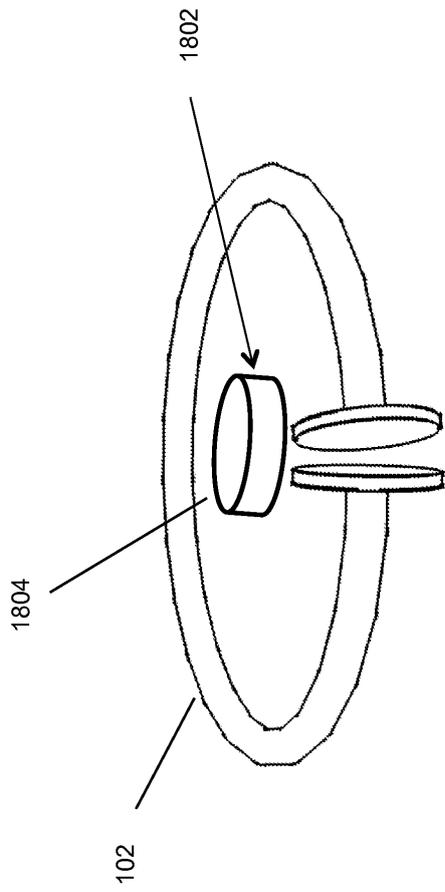
도면17



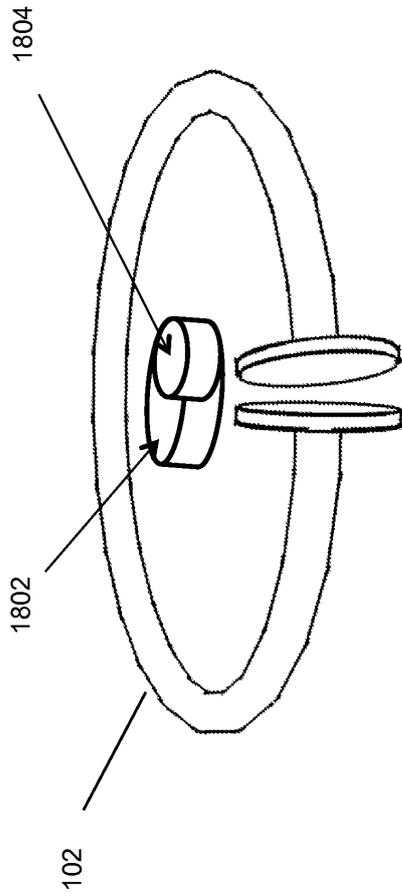
도면18



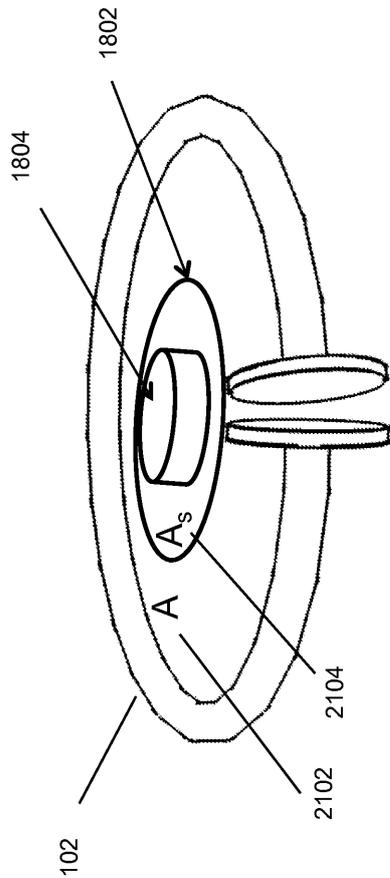
도면19



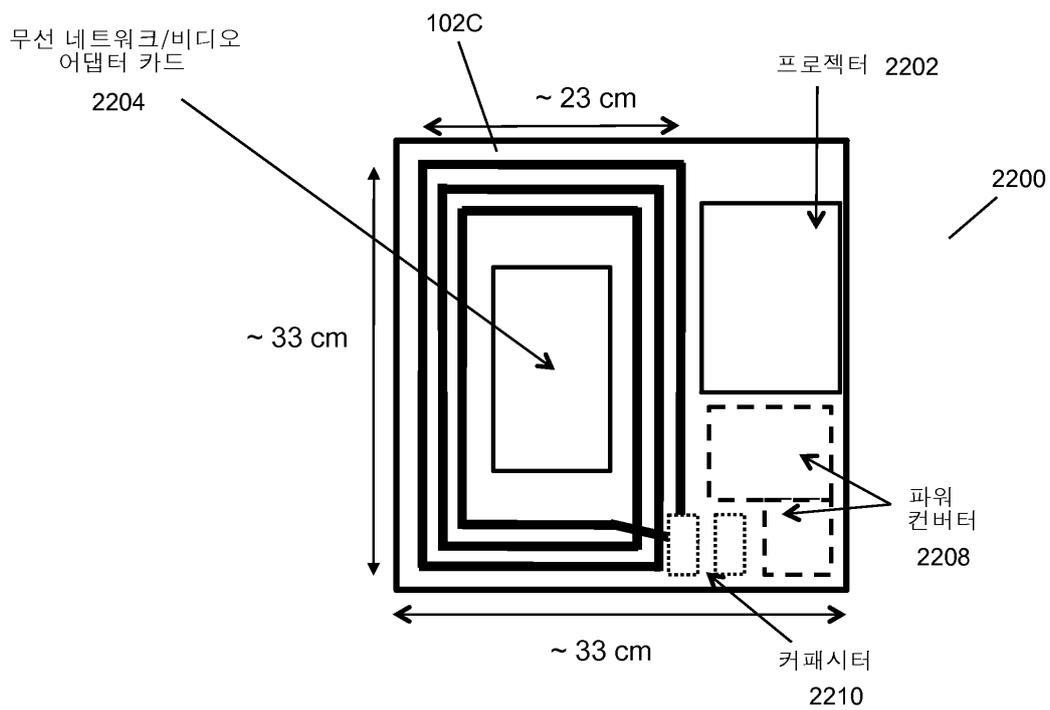
도면20



도면21

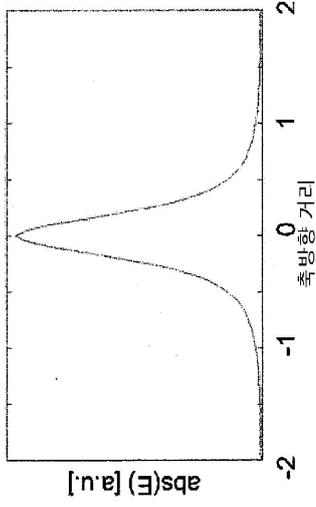


도면22

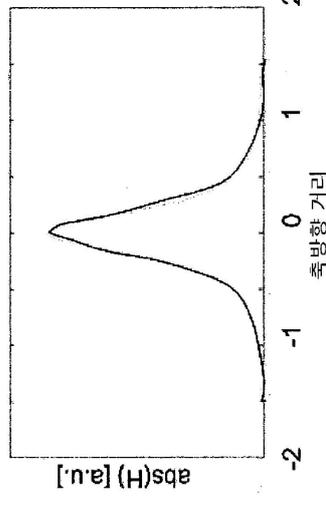


도면23

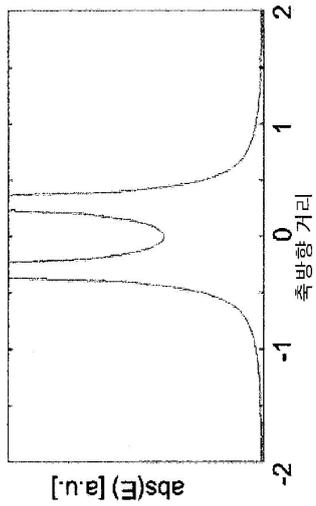
2318



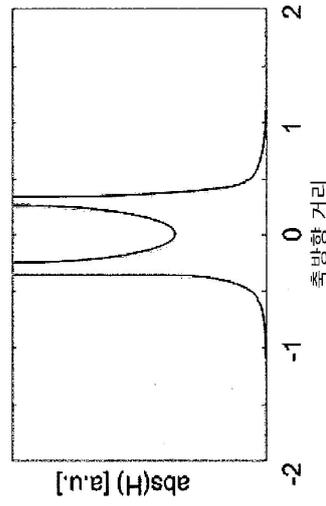
2320



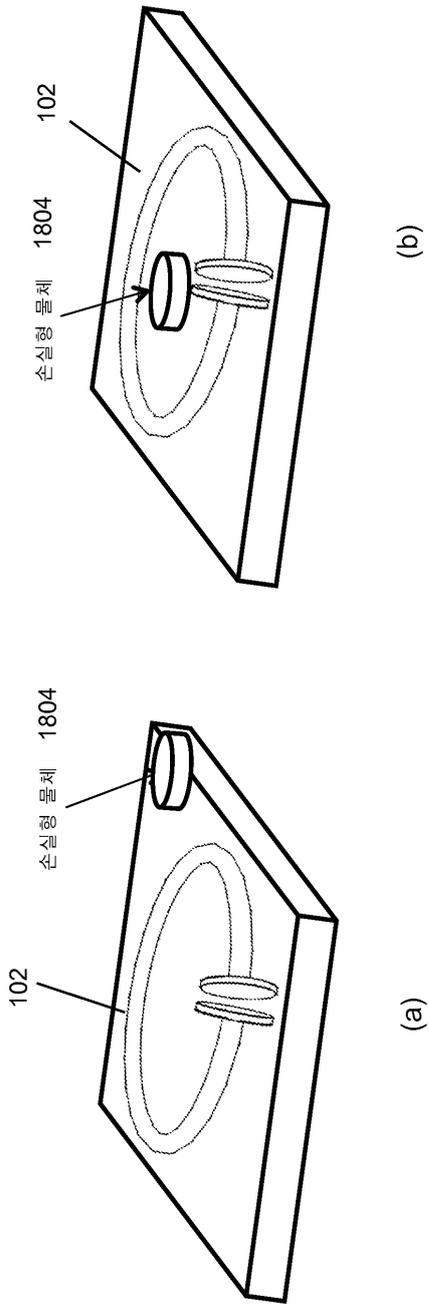
2312



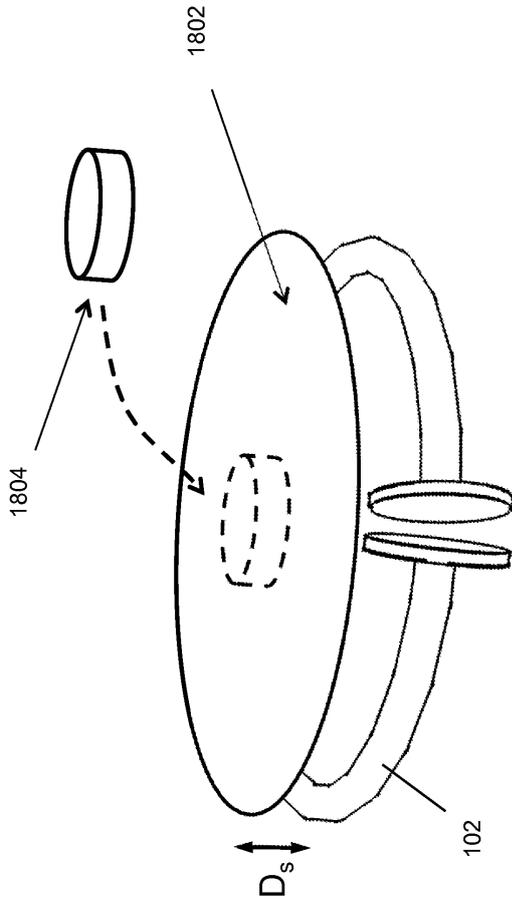
2314



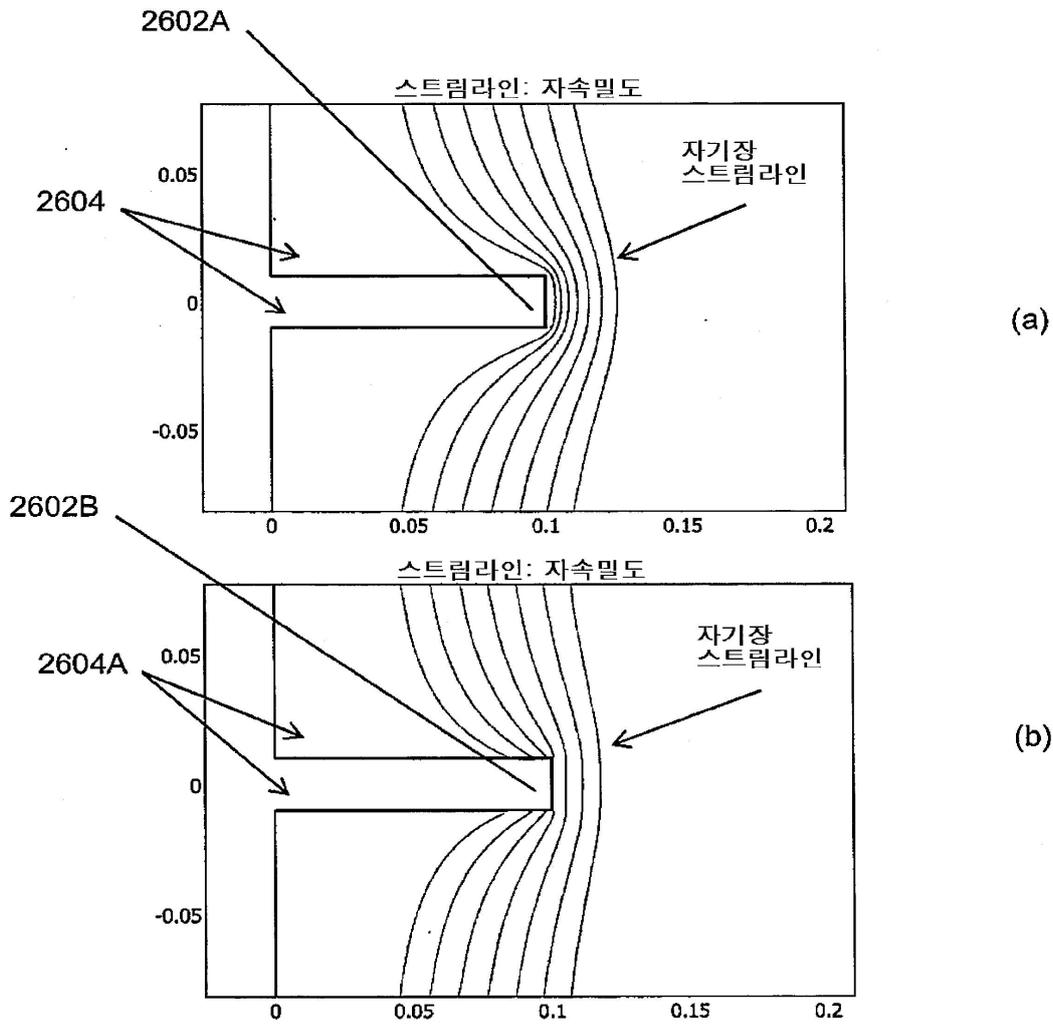
도면24



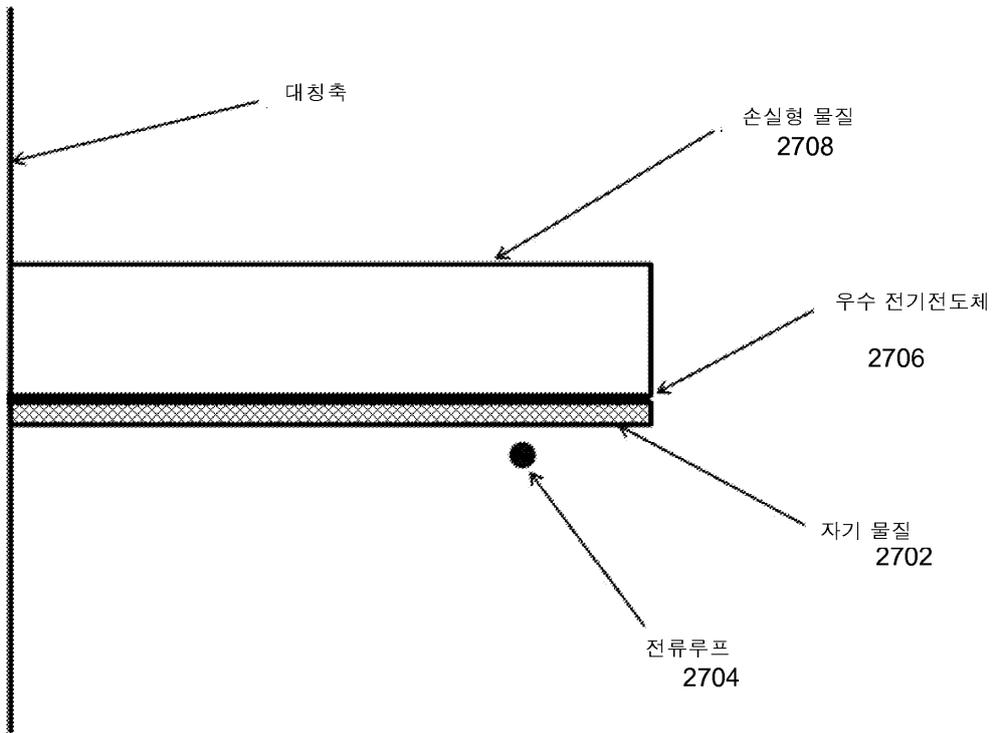
도면25



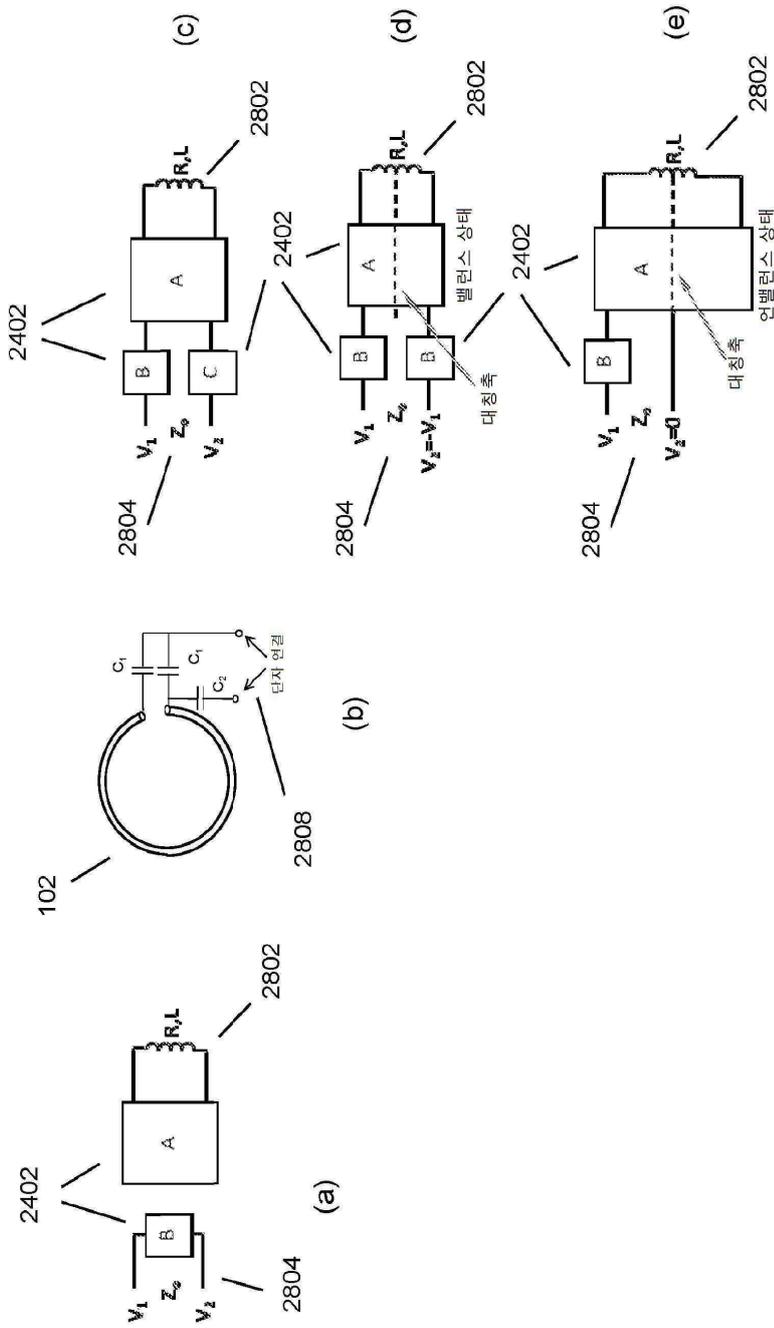
도면26



도면27



도면28



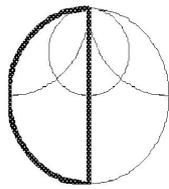
도면29



(a)

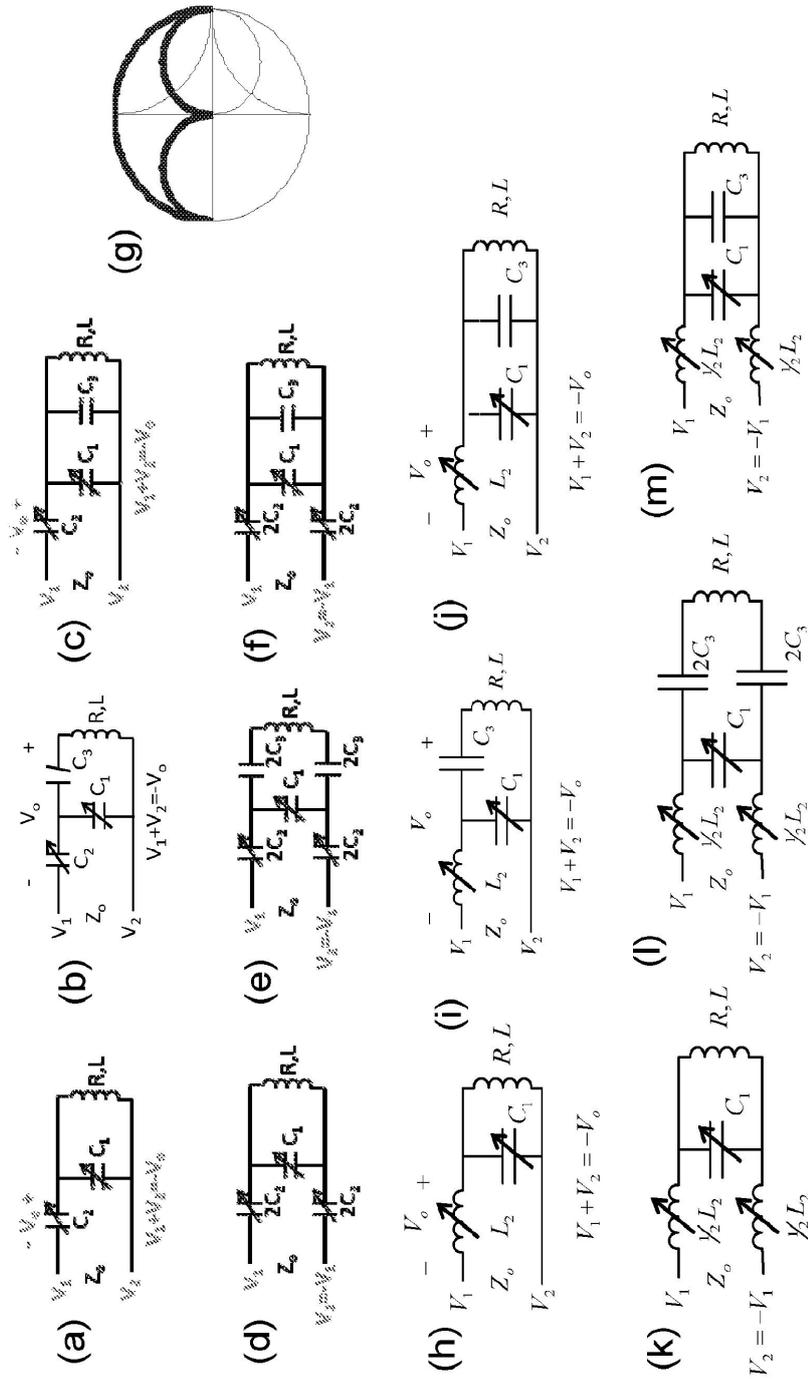


(b)

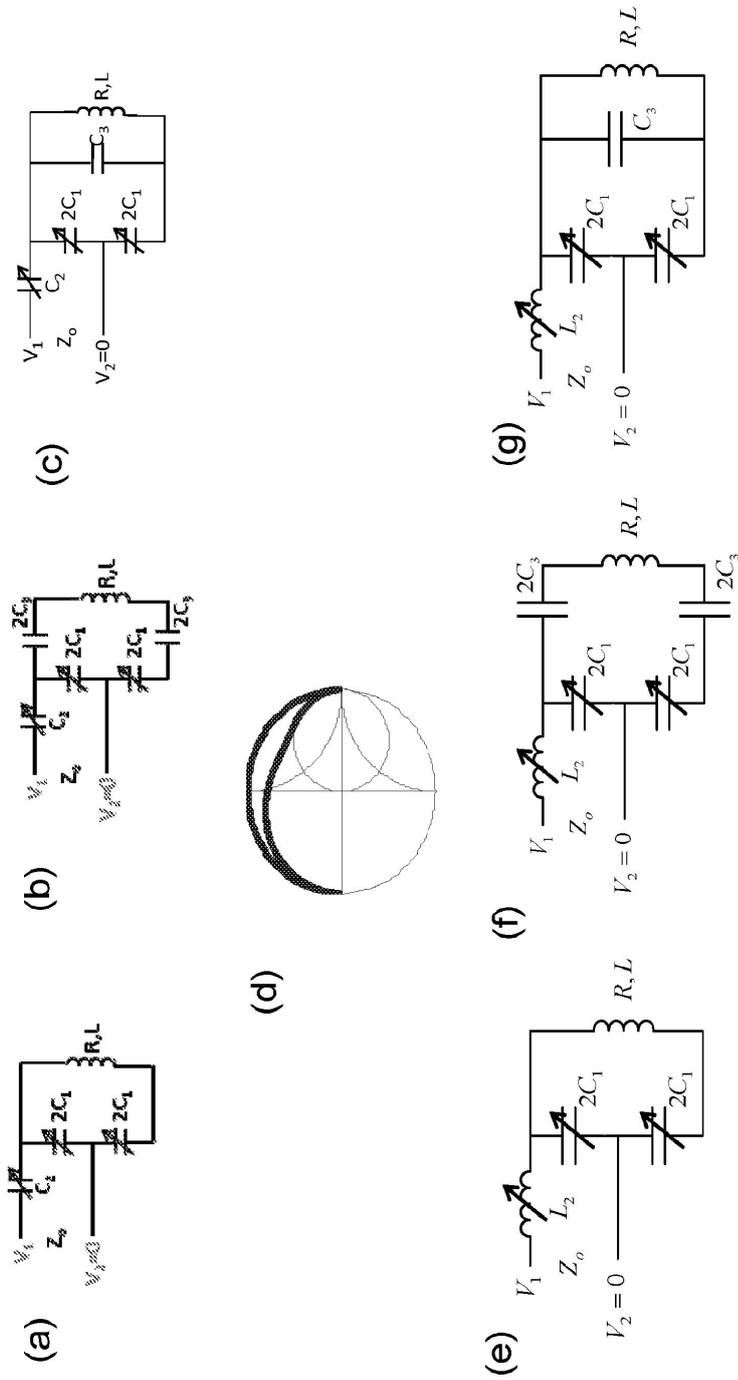


(c)

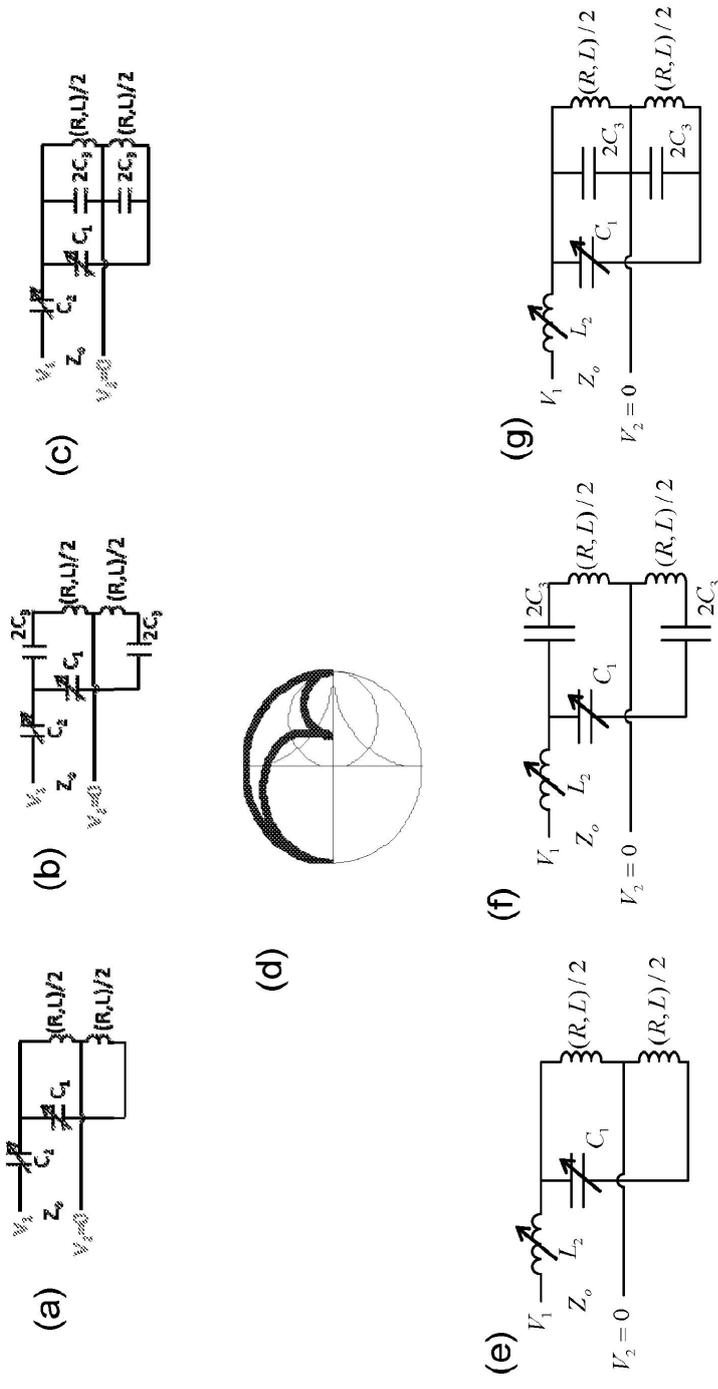
도면30



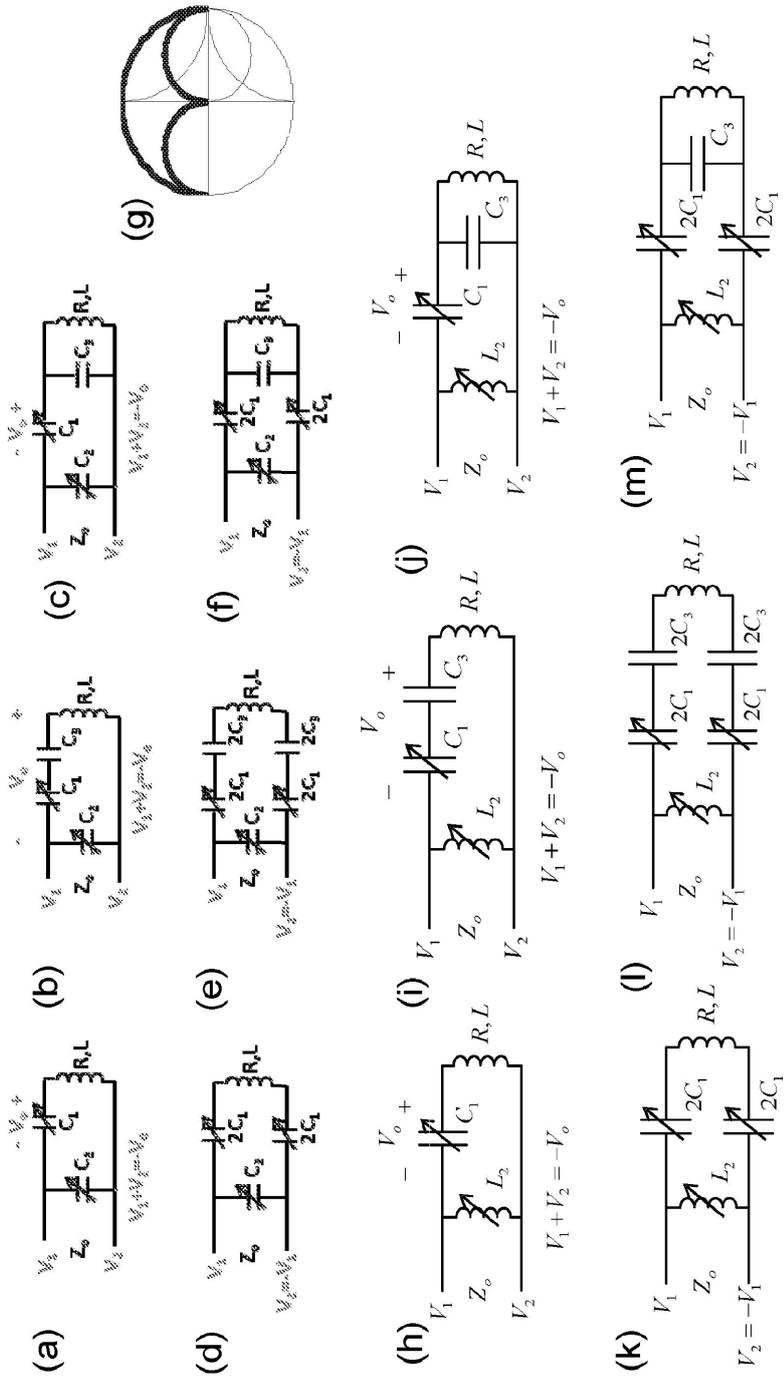
도면31



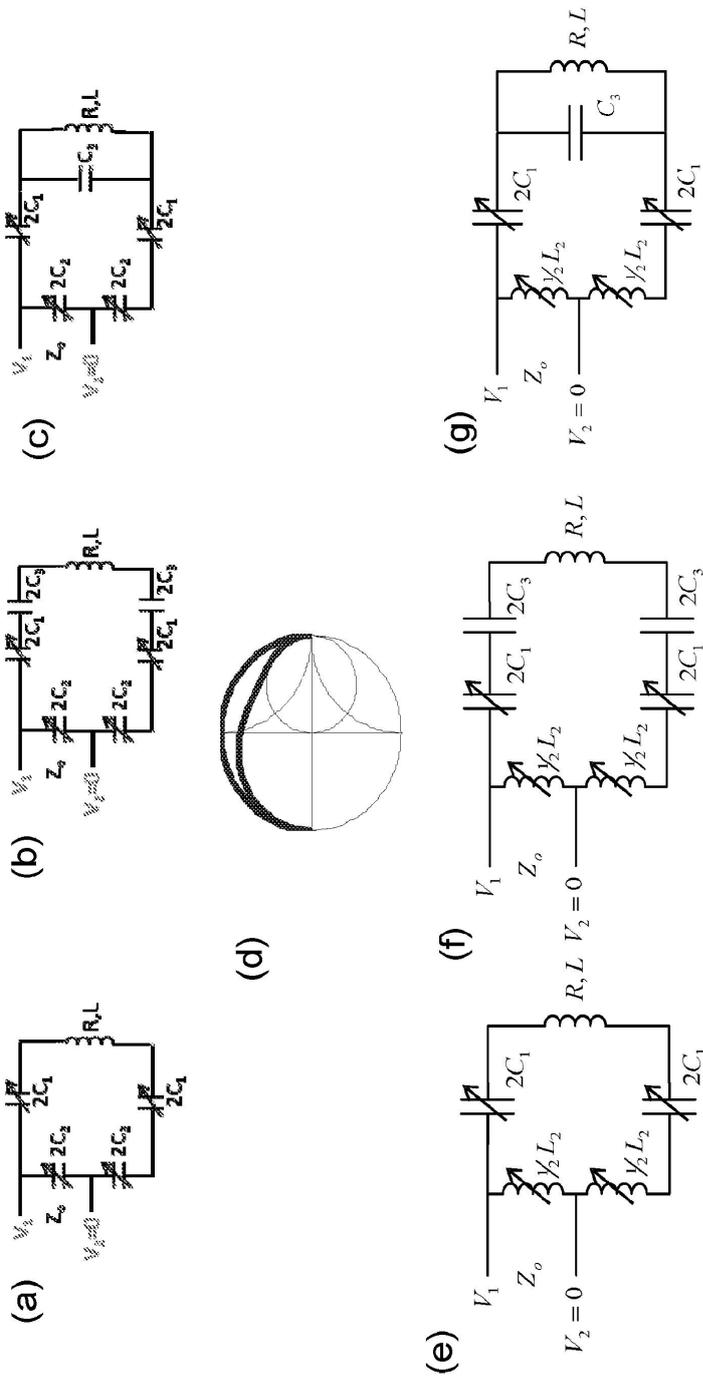
도면32



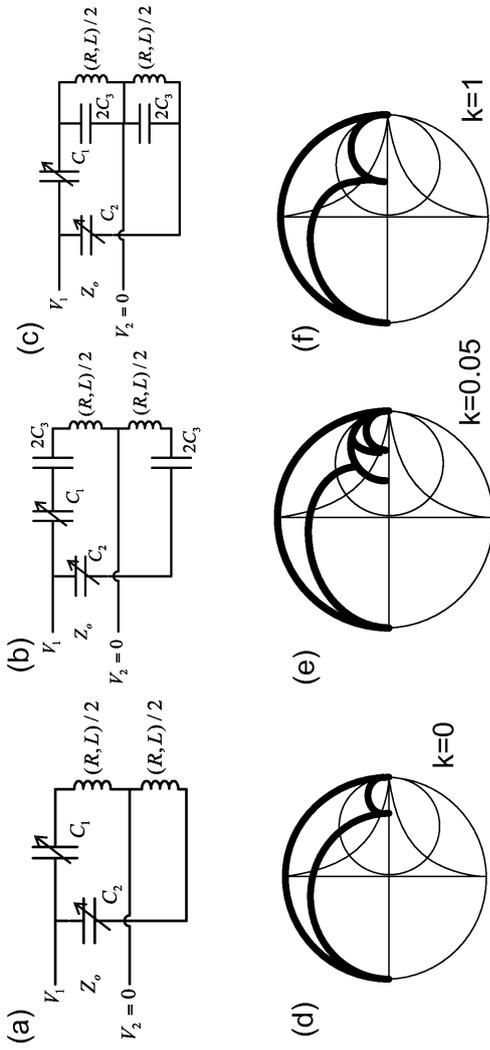
도면33



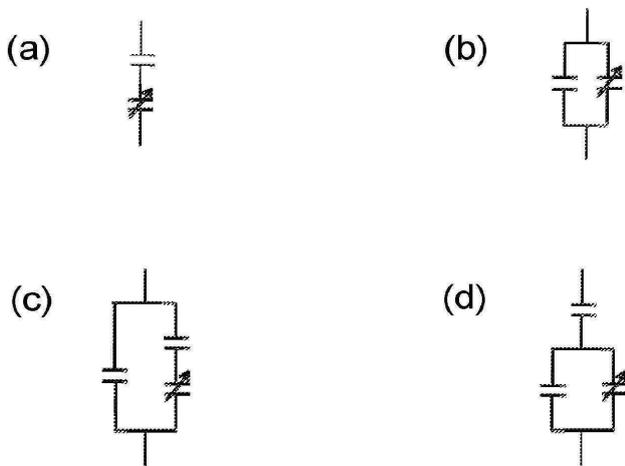
도면34



도면35



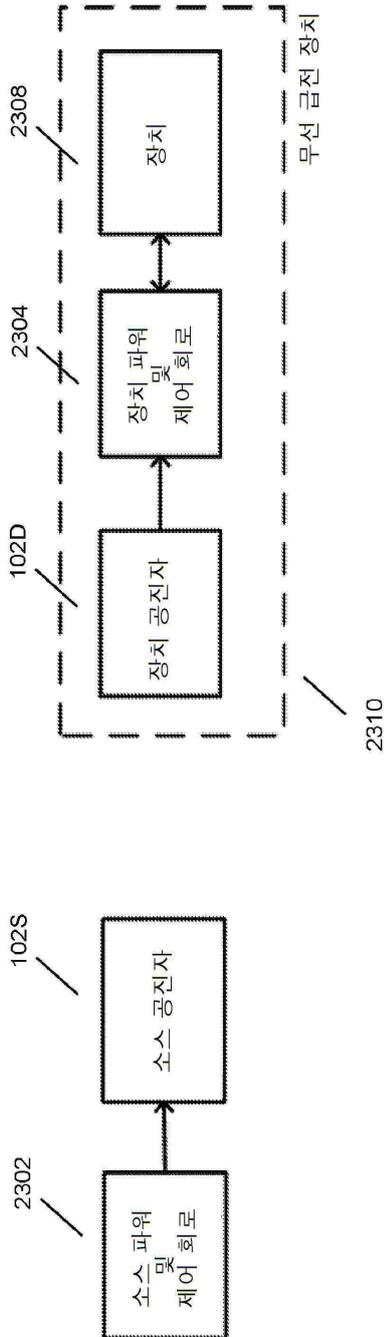
도면36



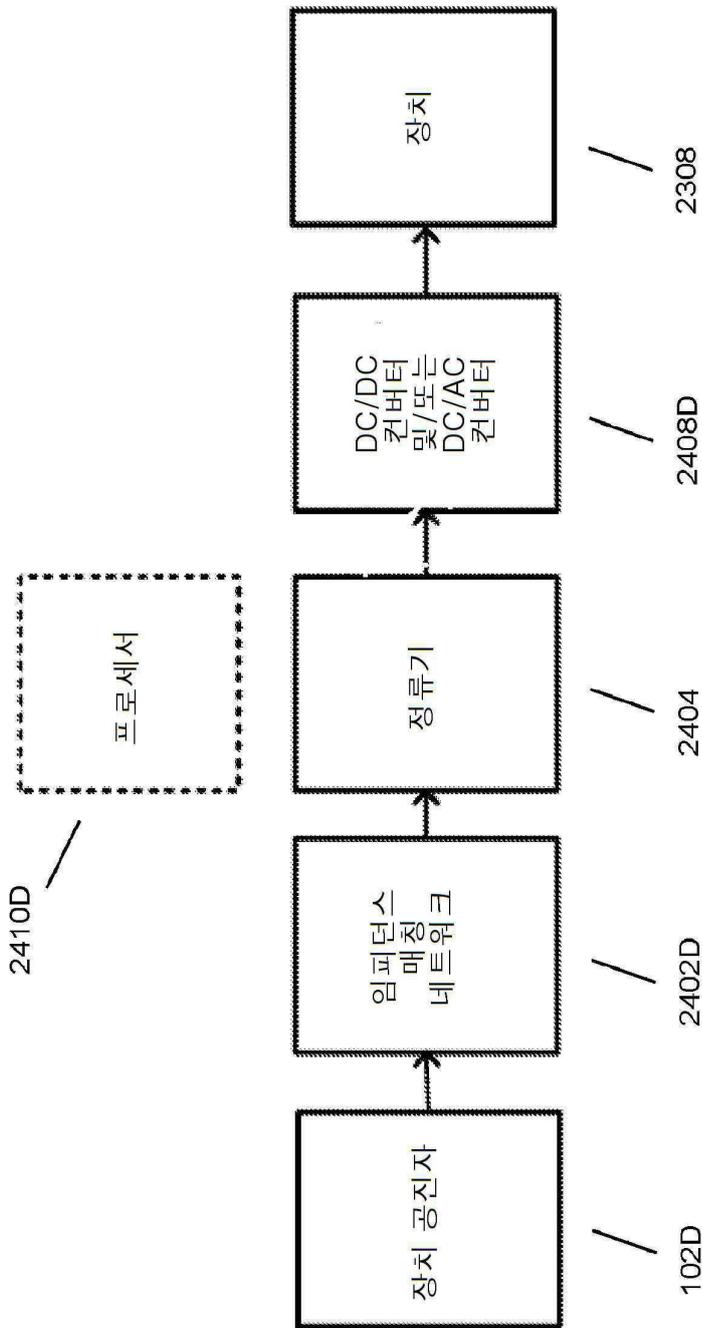
도면37



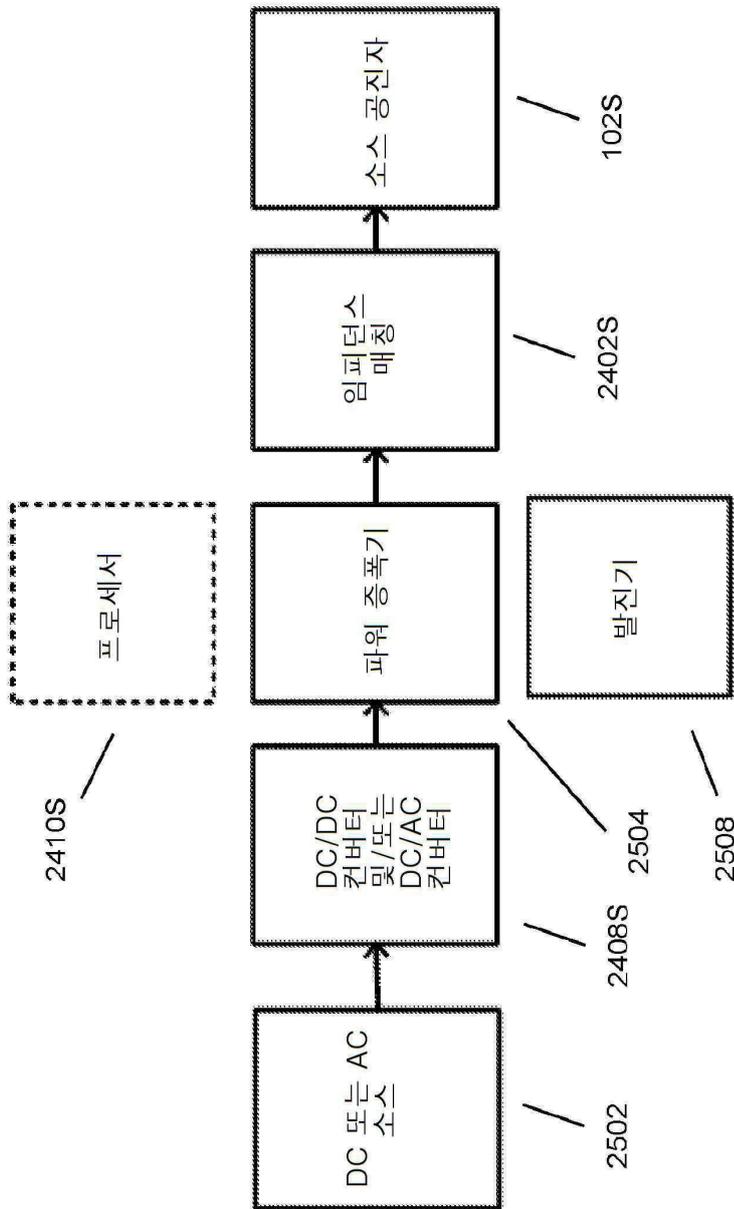
도면38



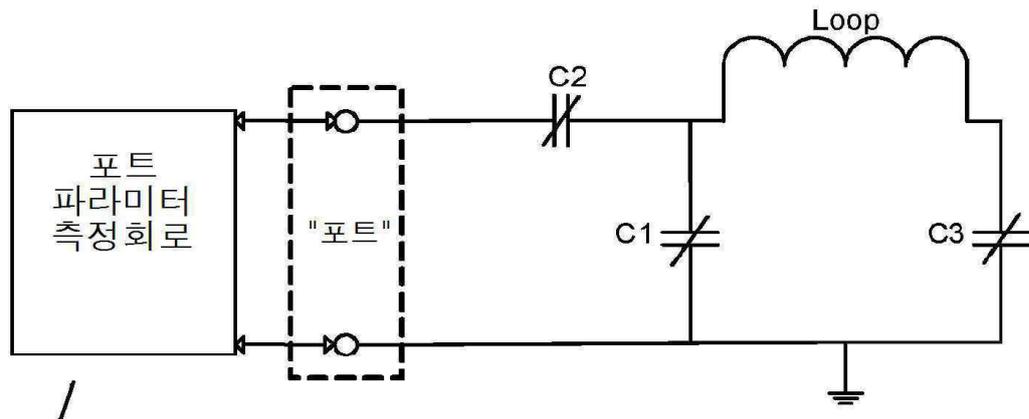
도면39



도면40

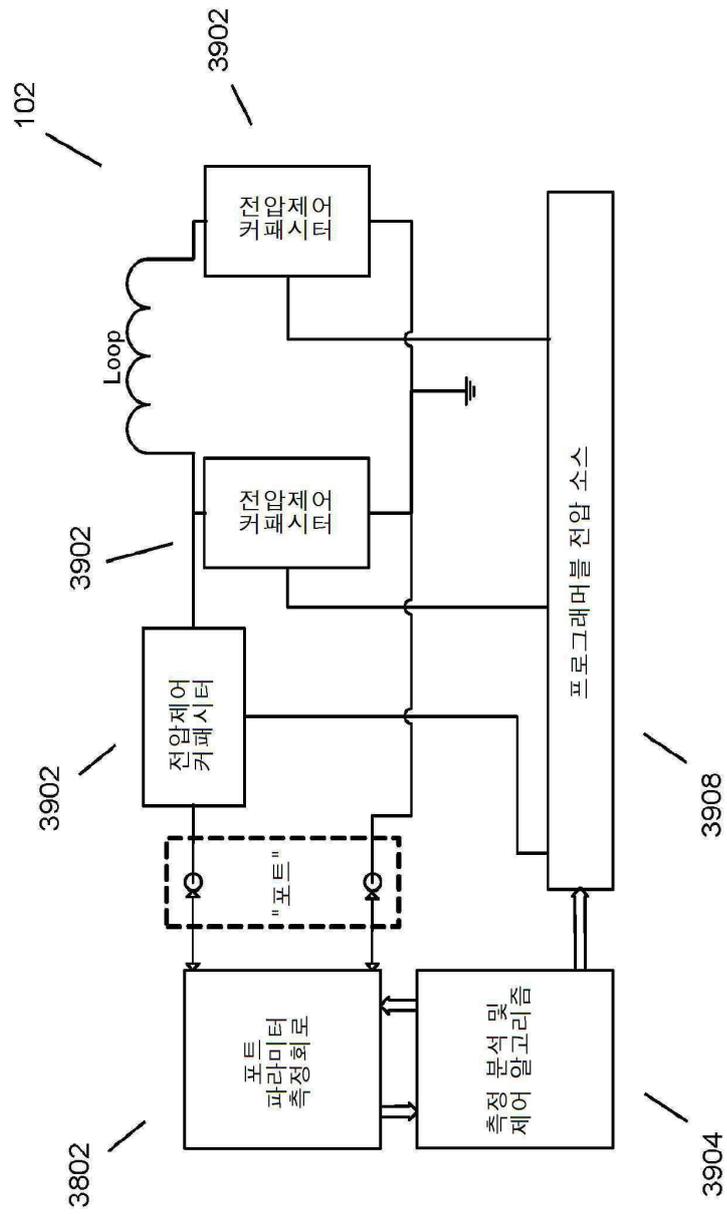


도면41

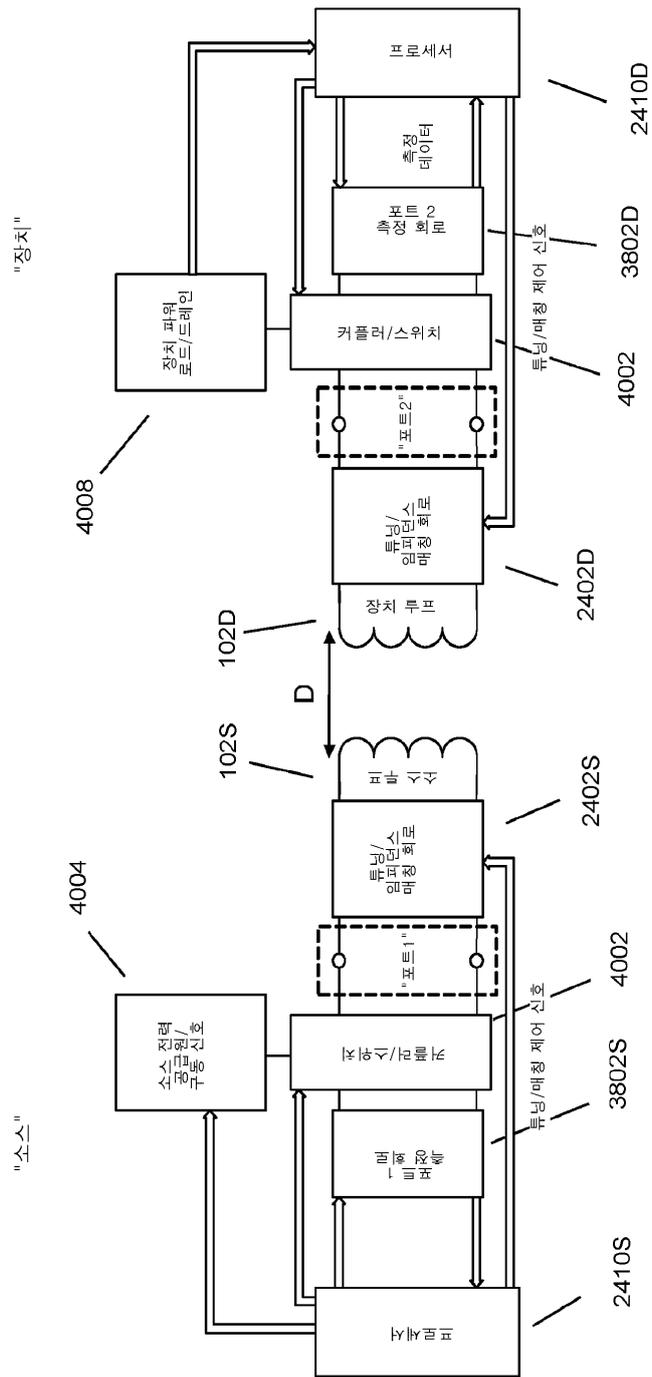


3802

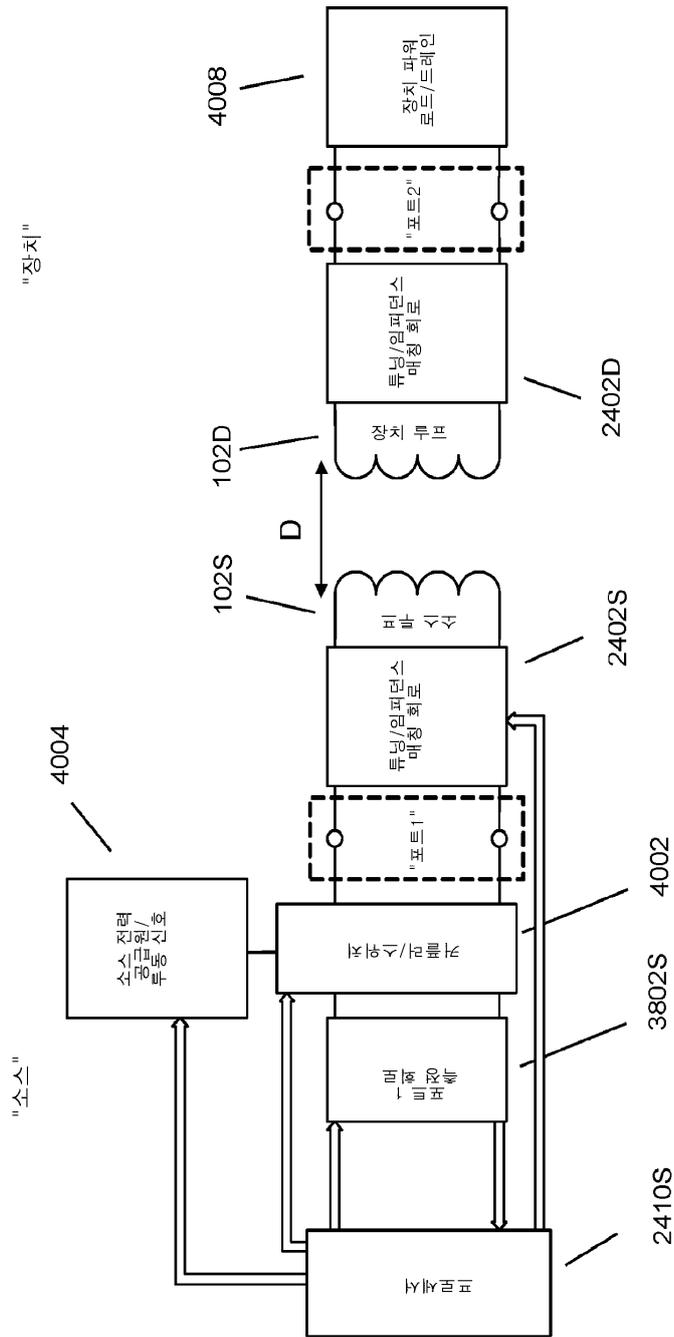
도면42



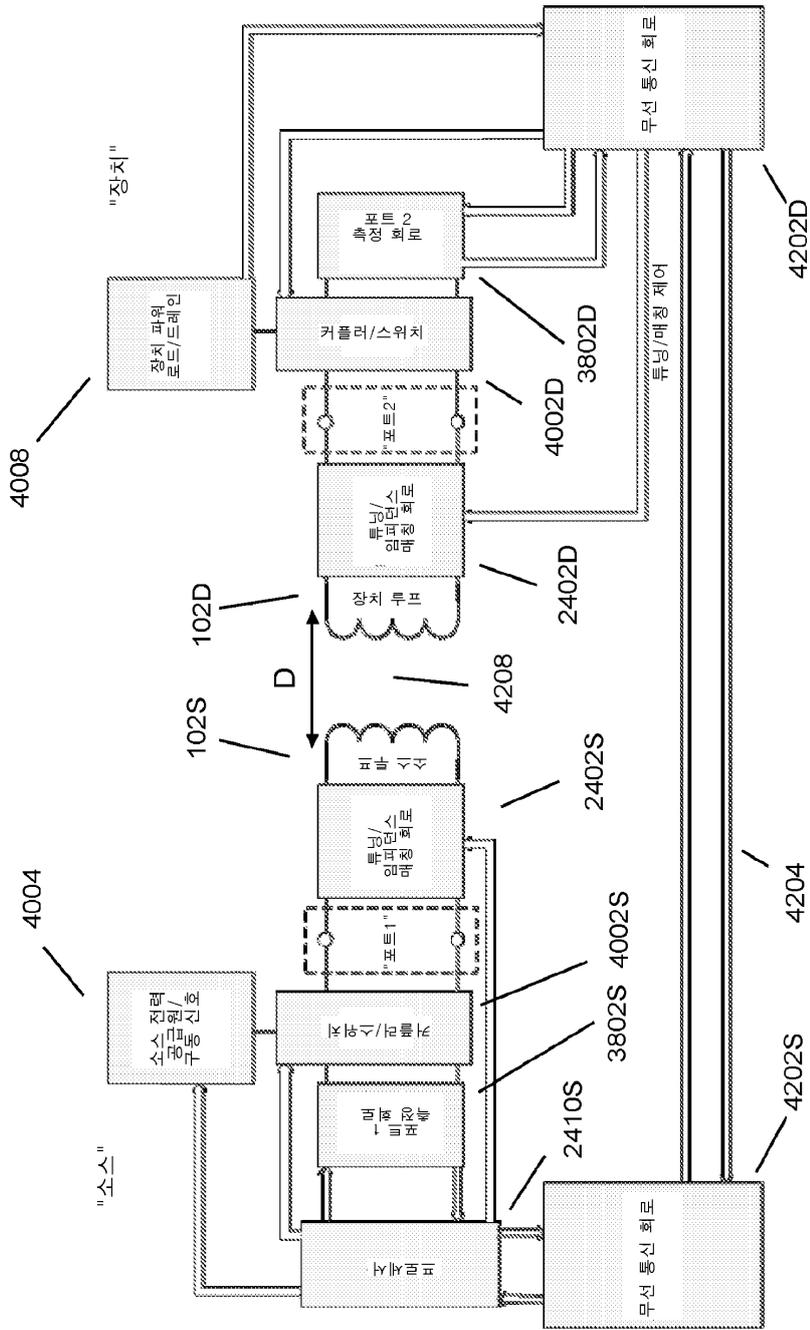
도면43



도면44

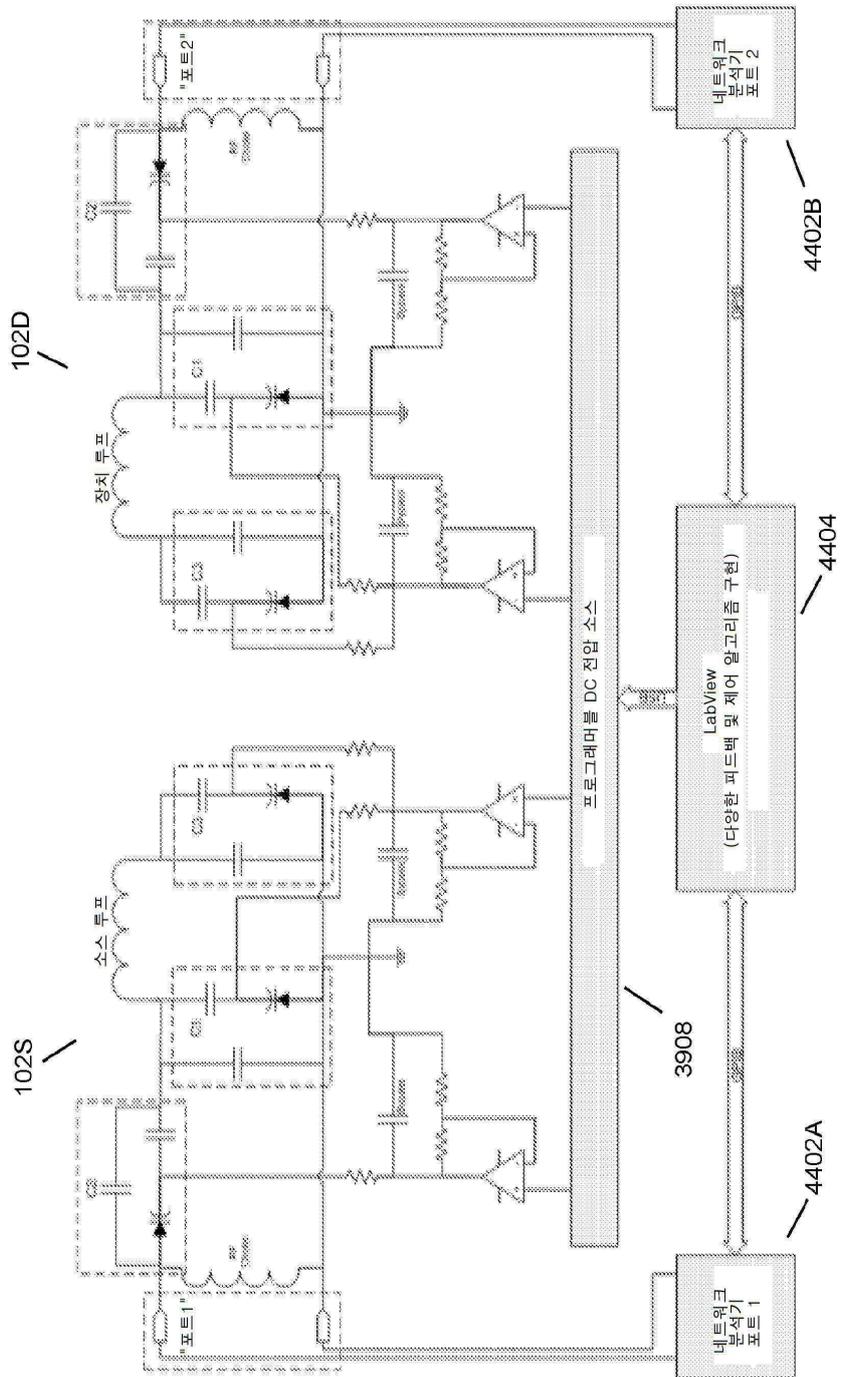


도면45



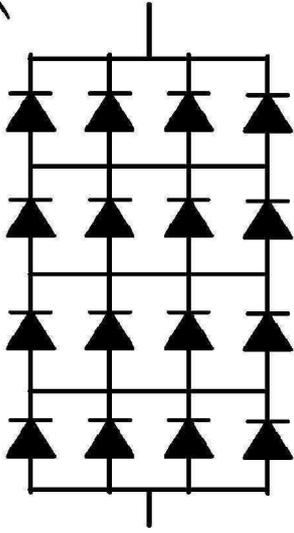


도면47

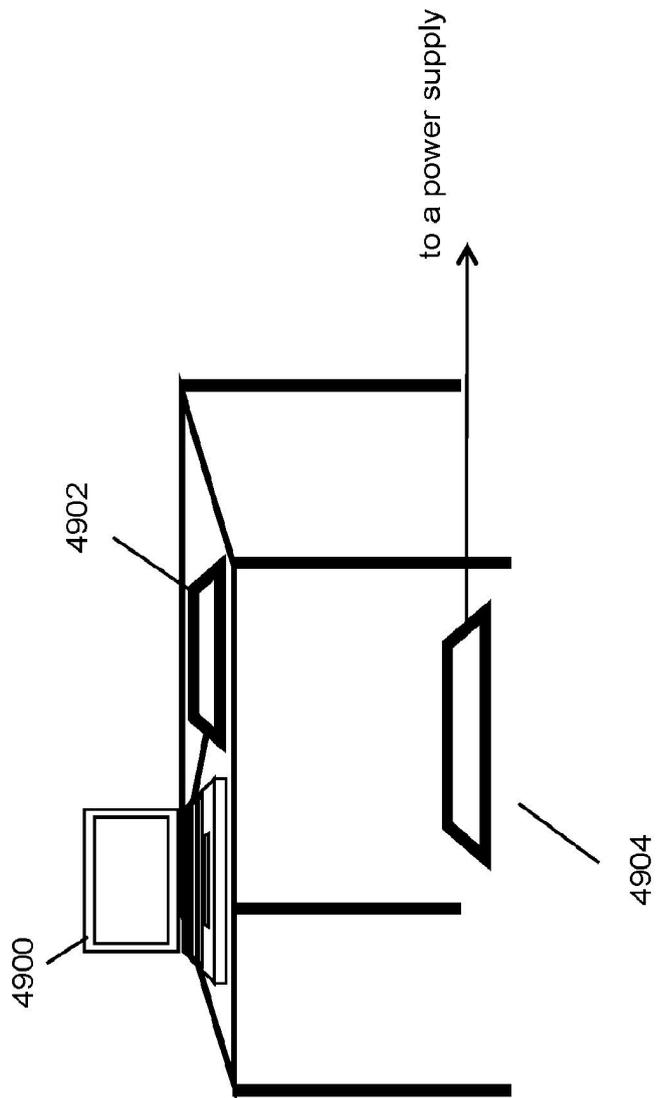


도면48

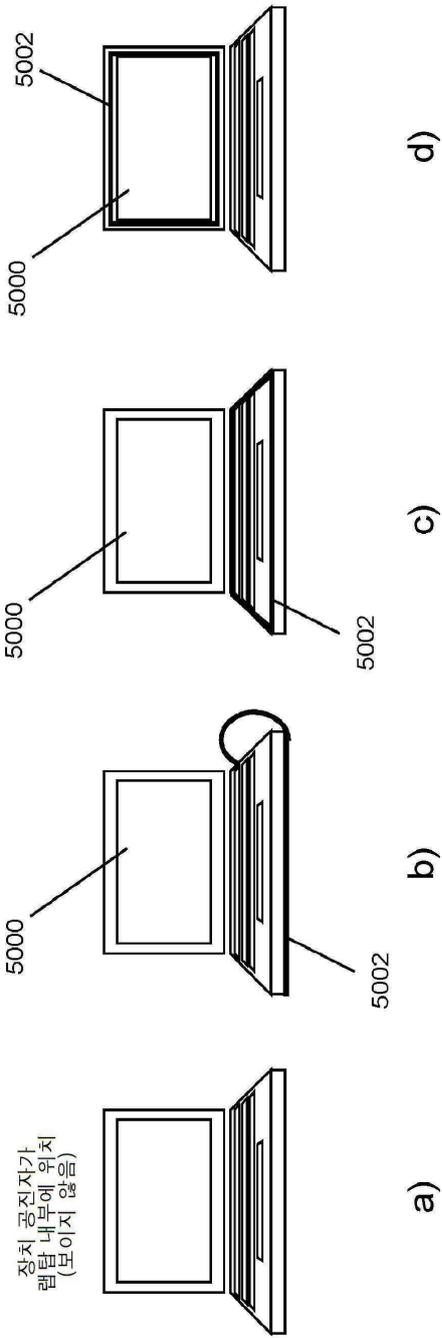
4502



도면49

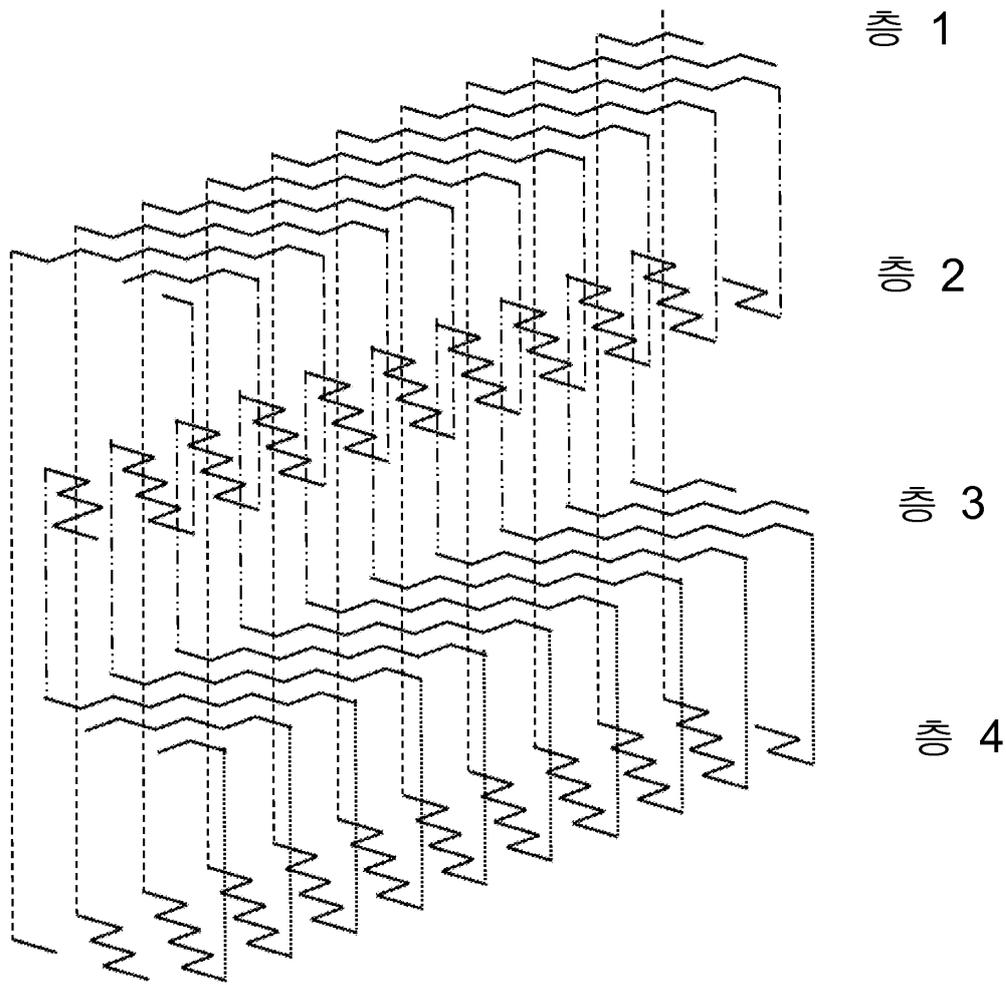


도면50

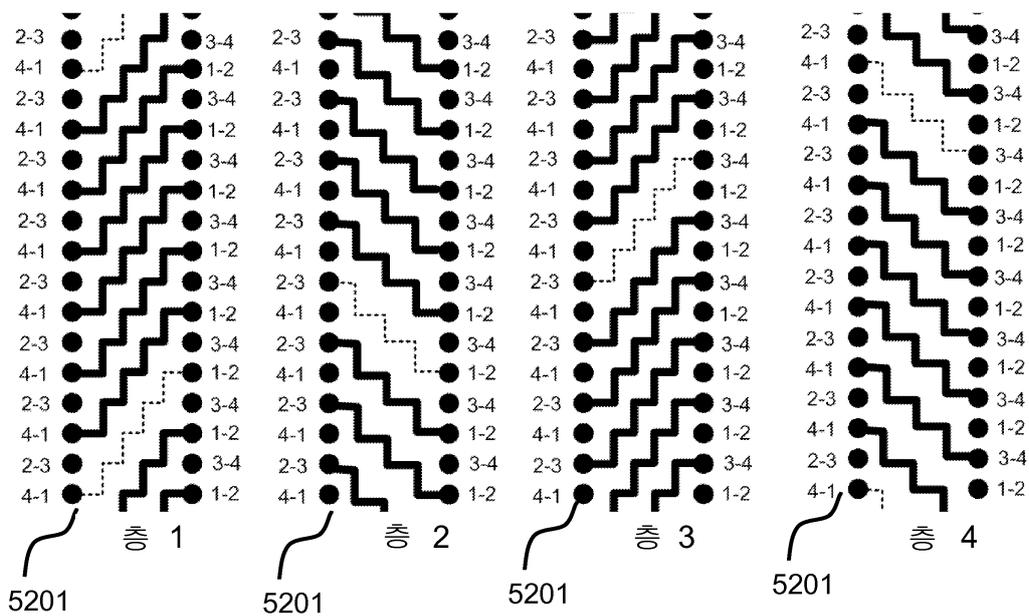




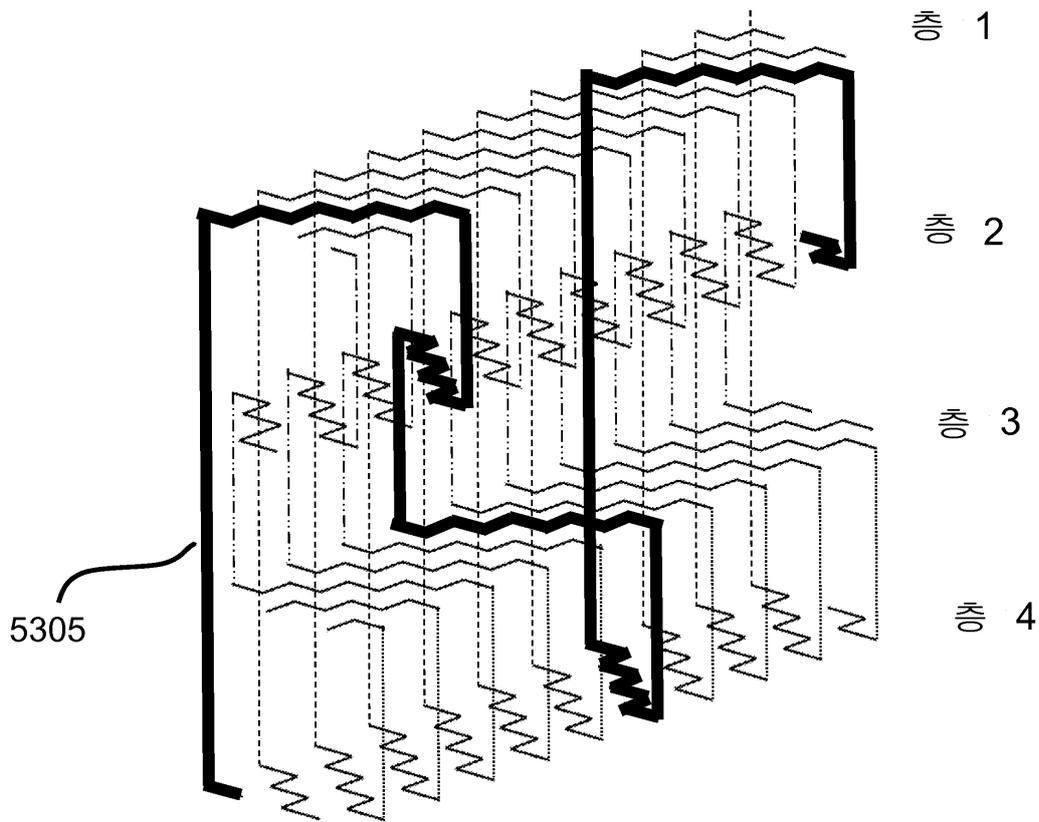
도면52b



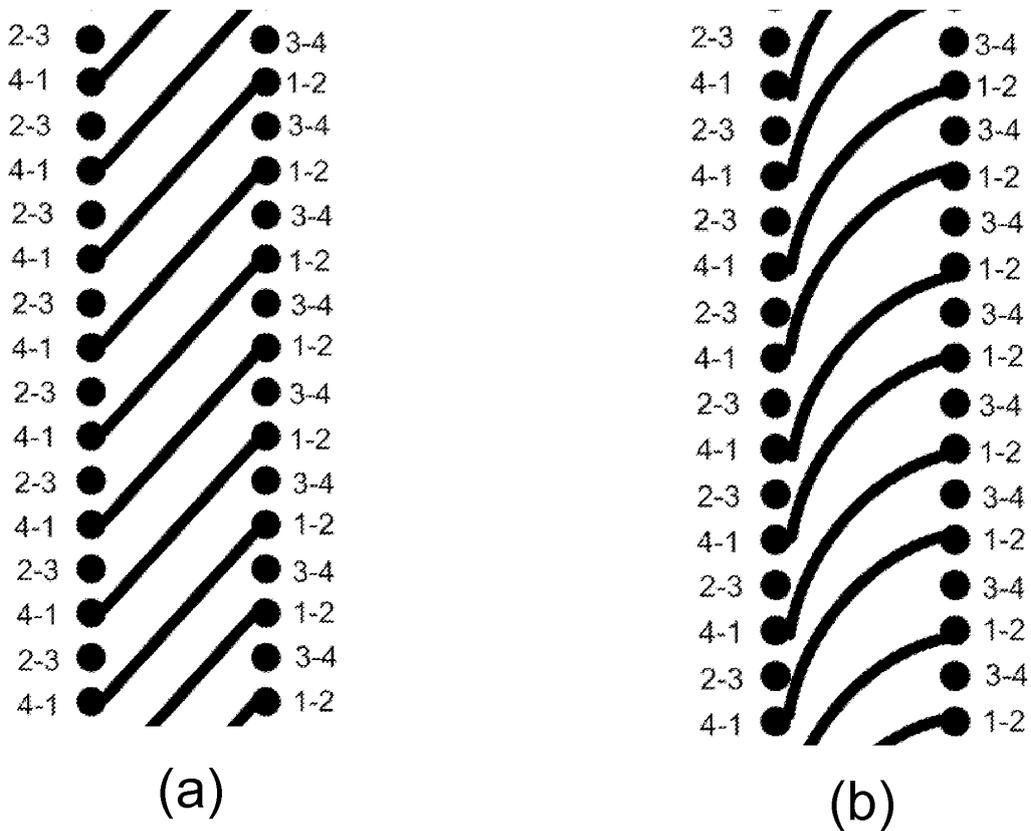
도면53a



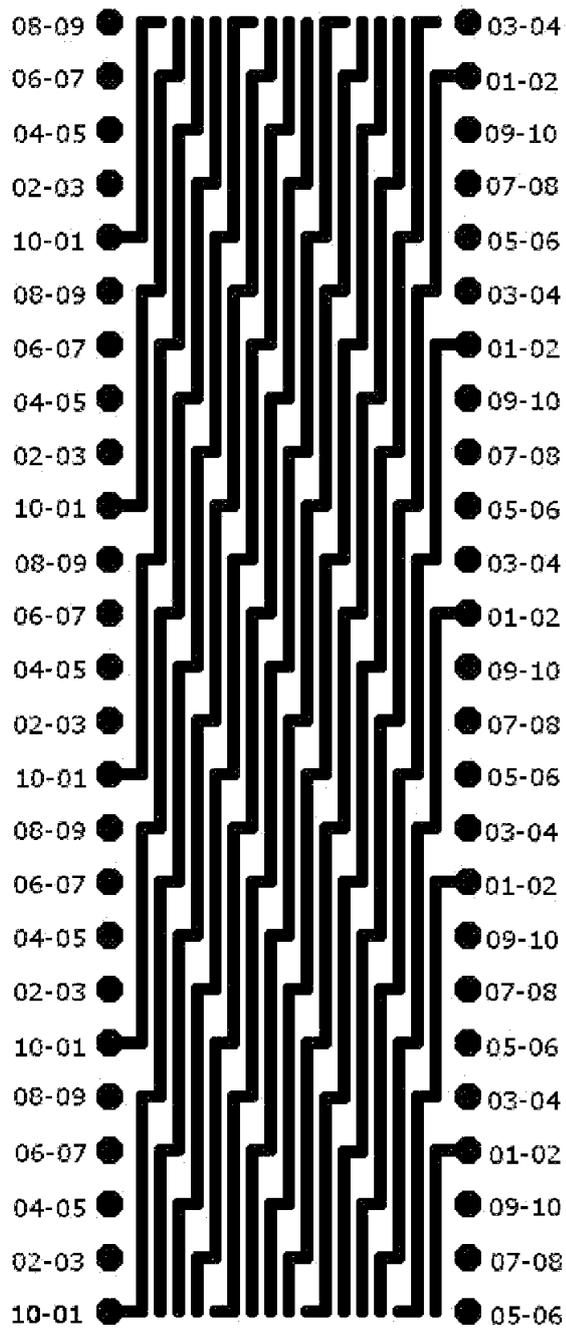
도면53b



도면54



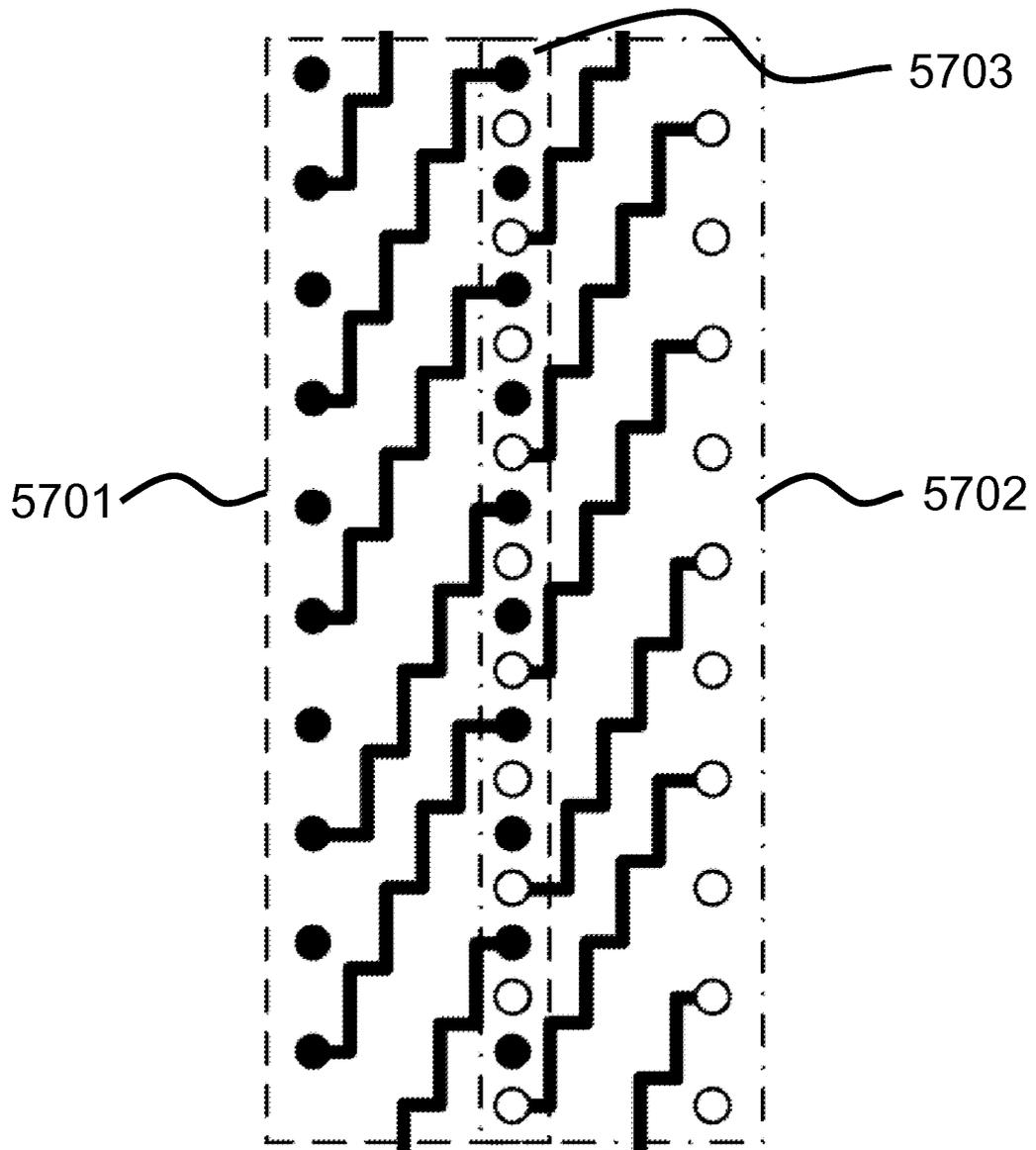
도면55



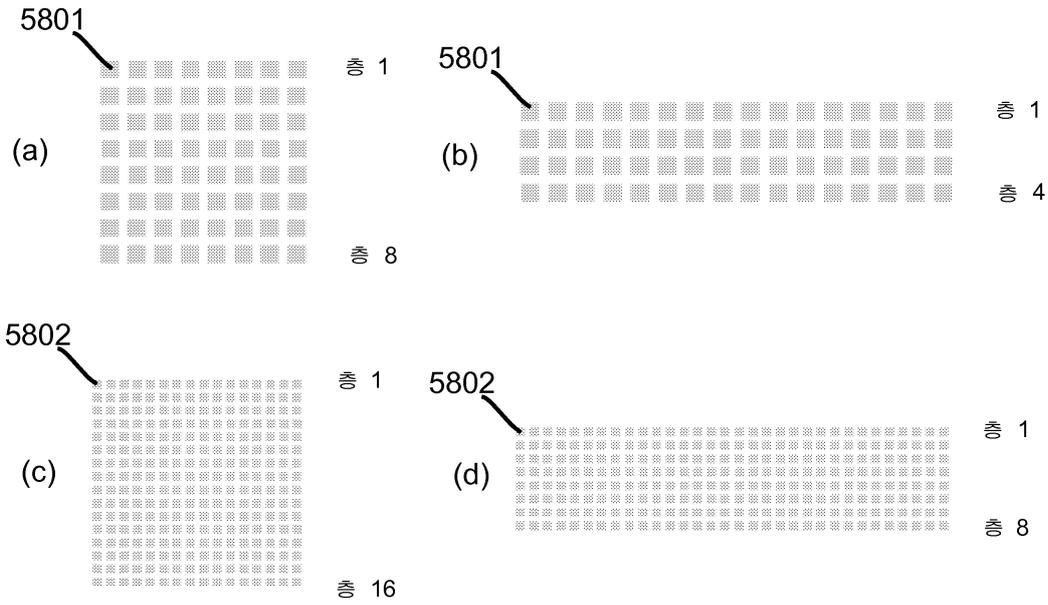
도면56



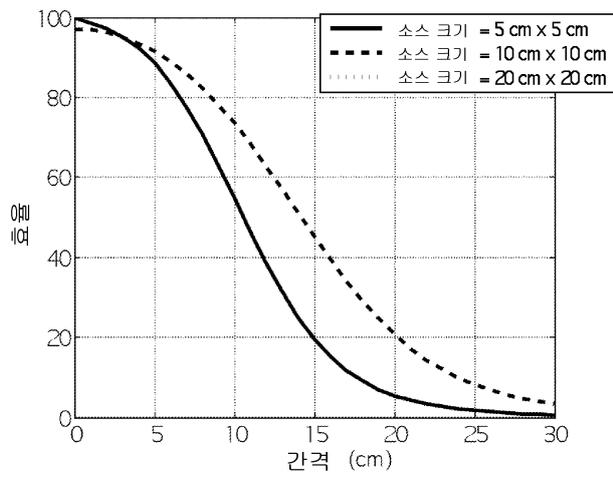
도면57



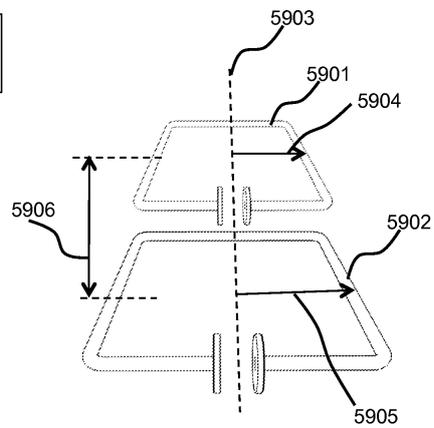
도면58



도면59

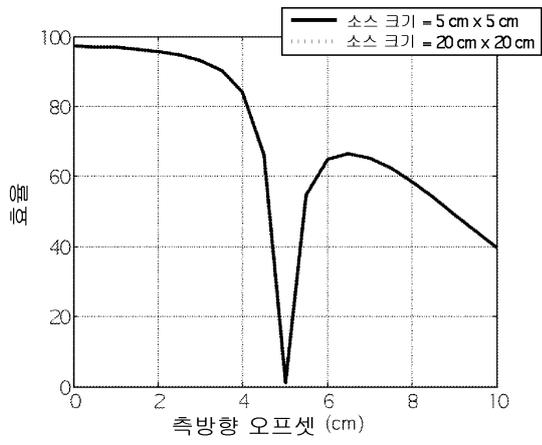


(a)

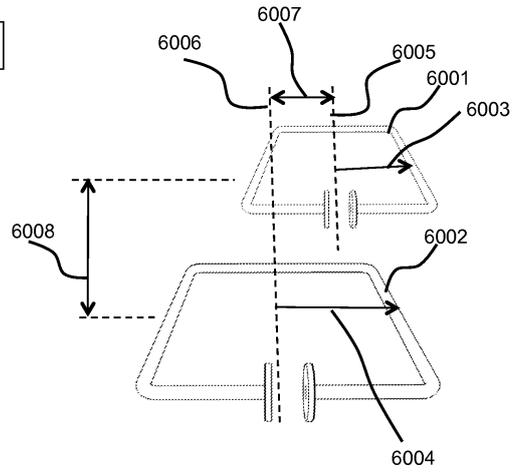


(b)

도면60

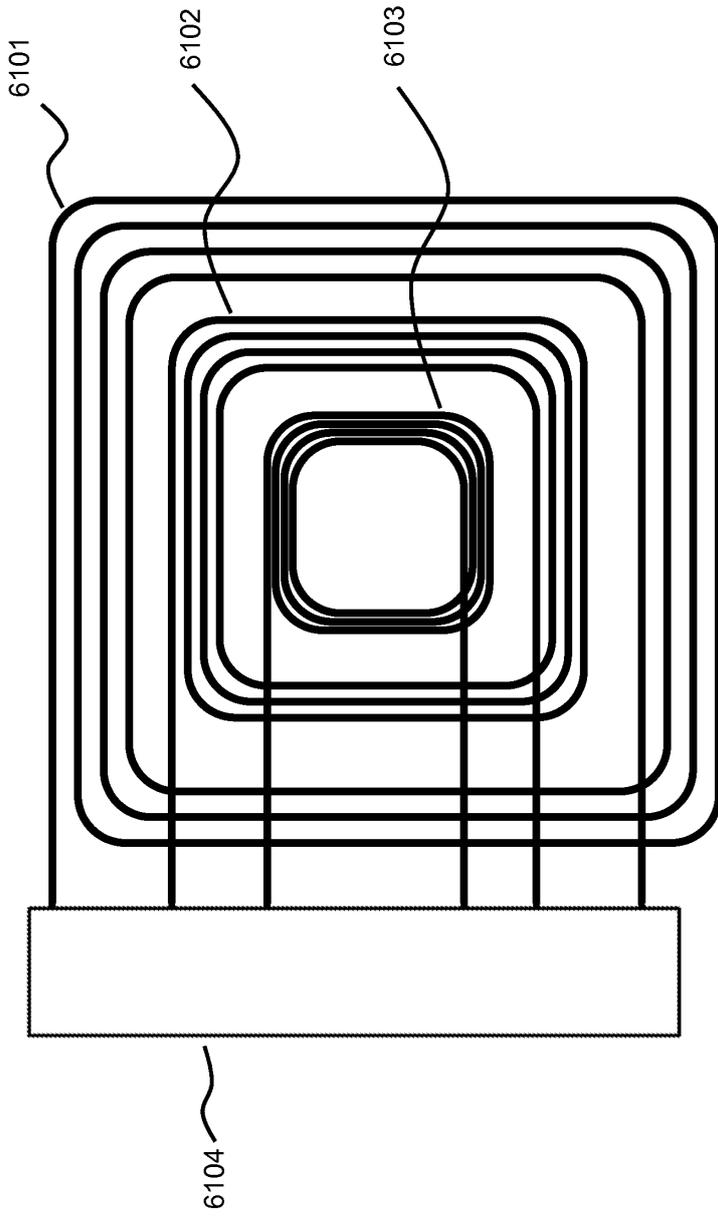


(a)

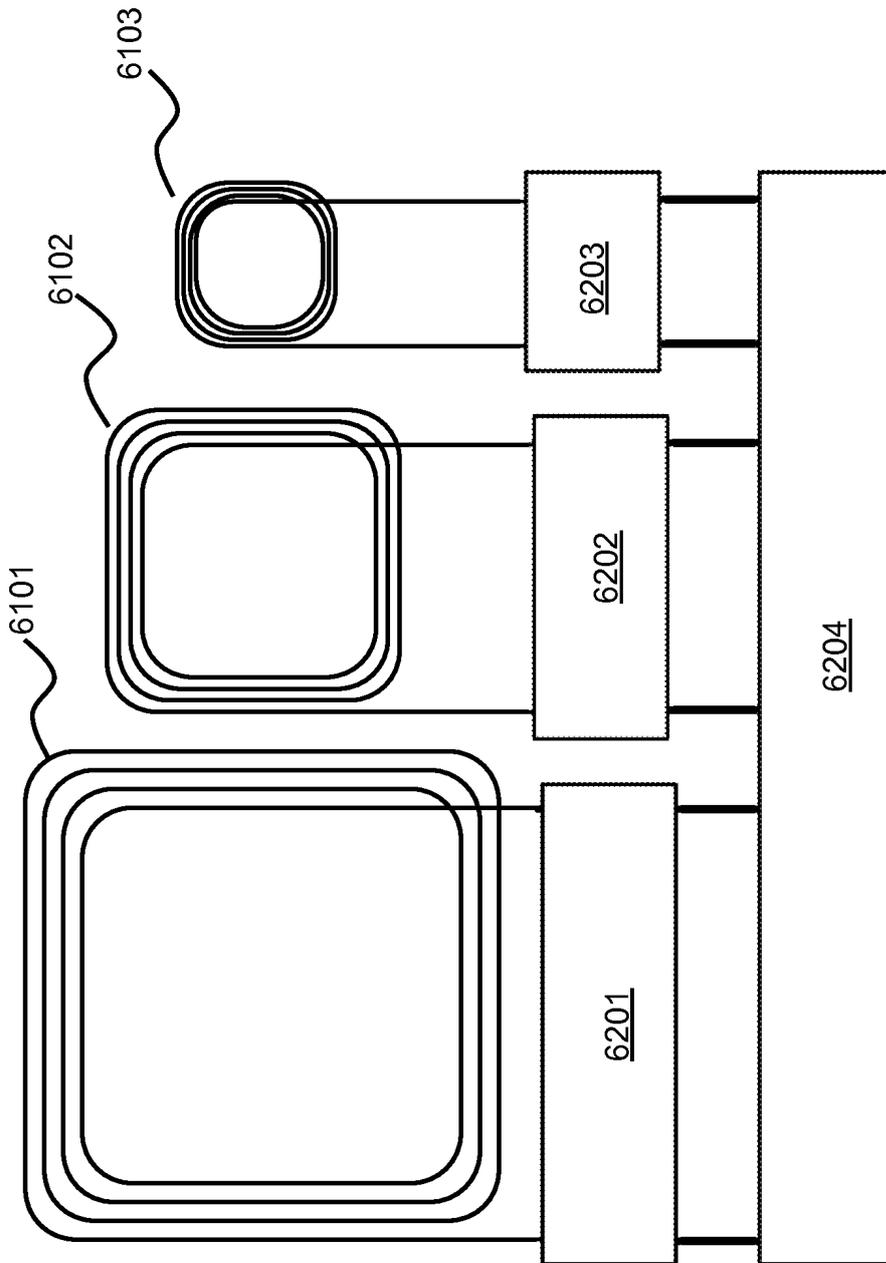


(b)

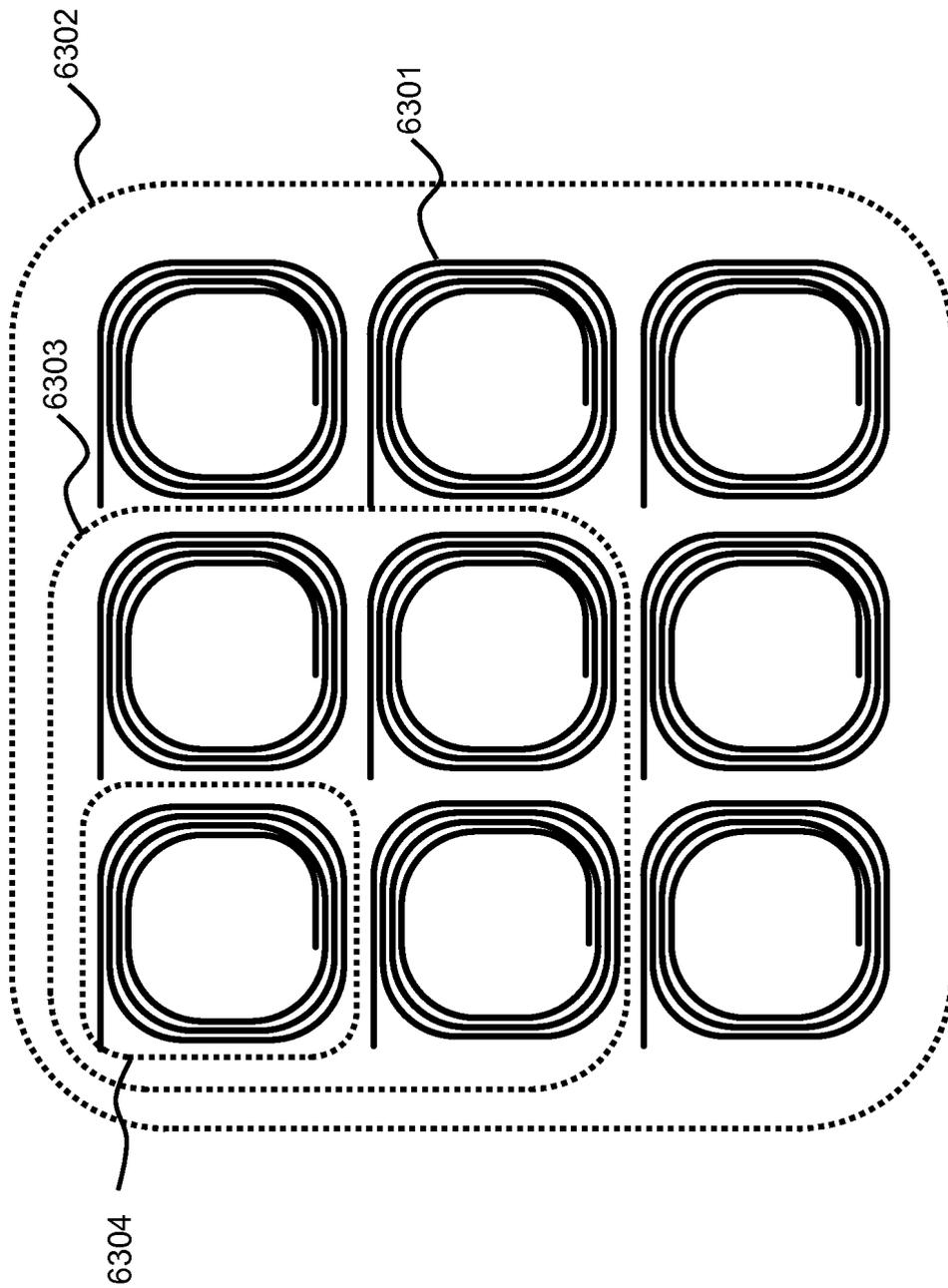
도면61



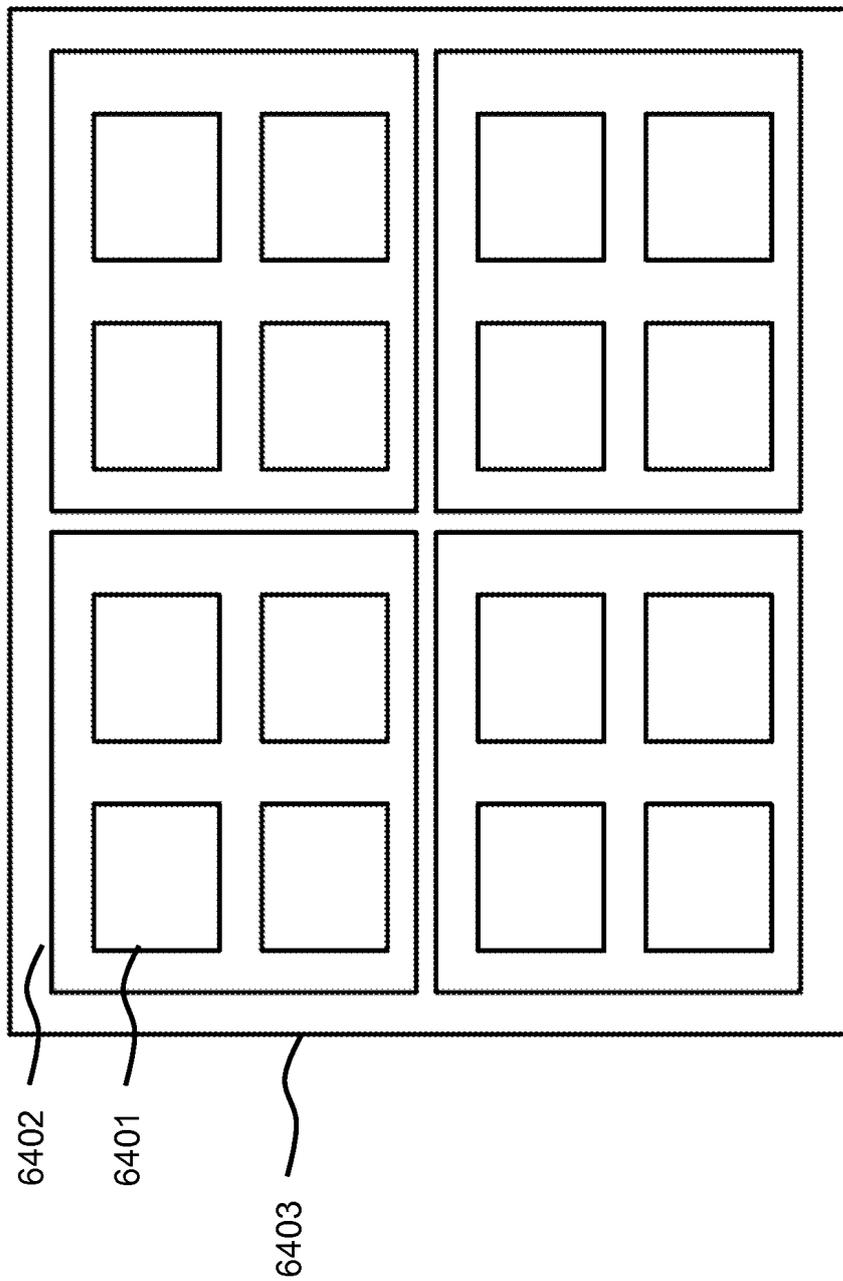
도면62



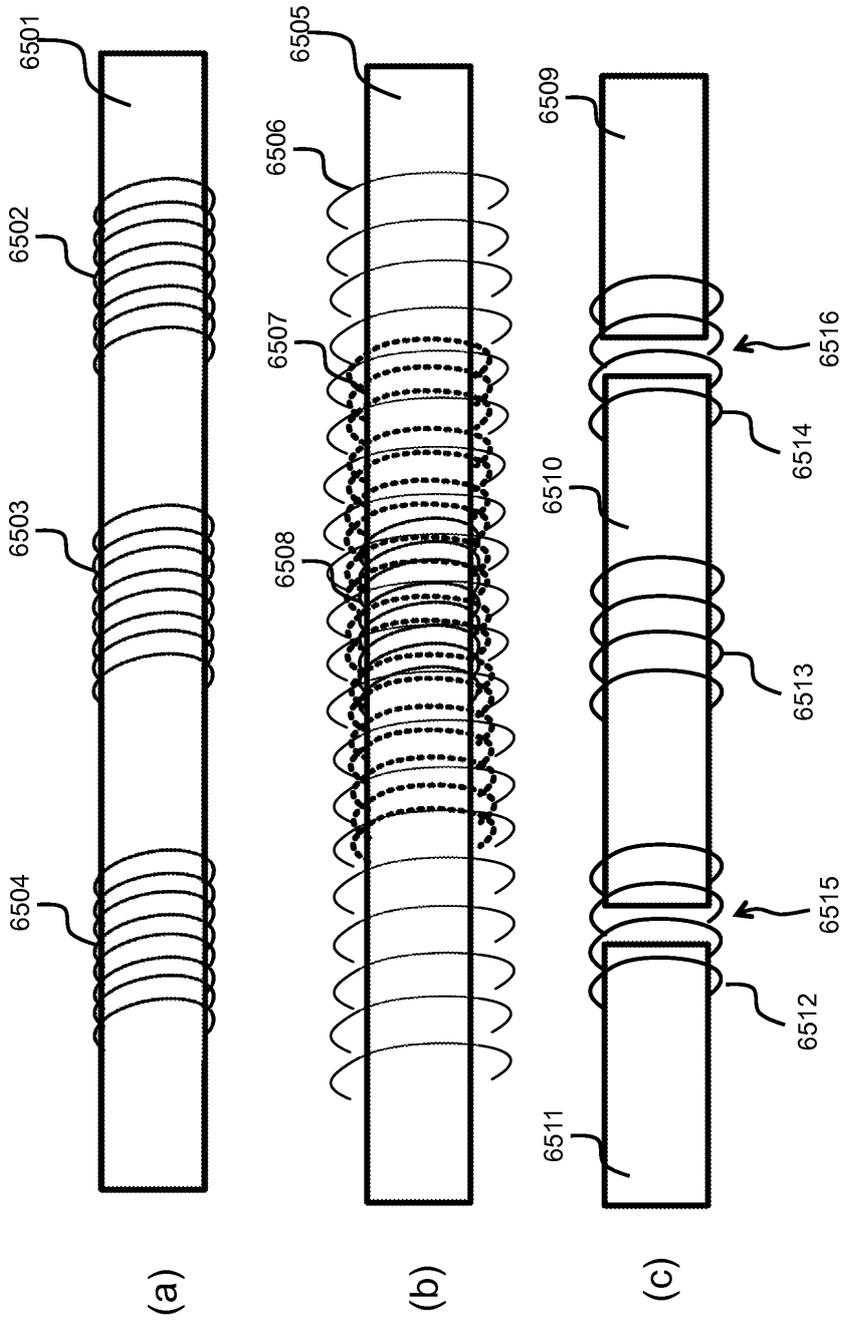
도면63



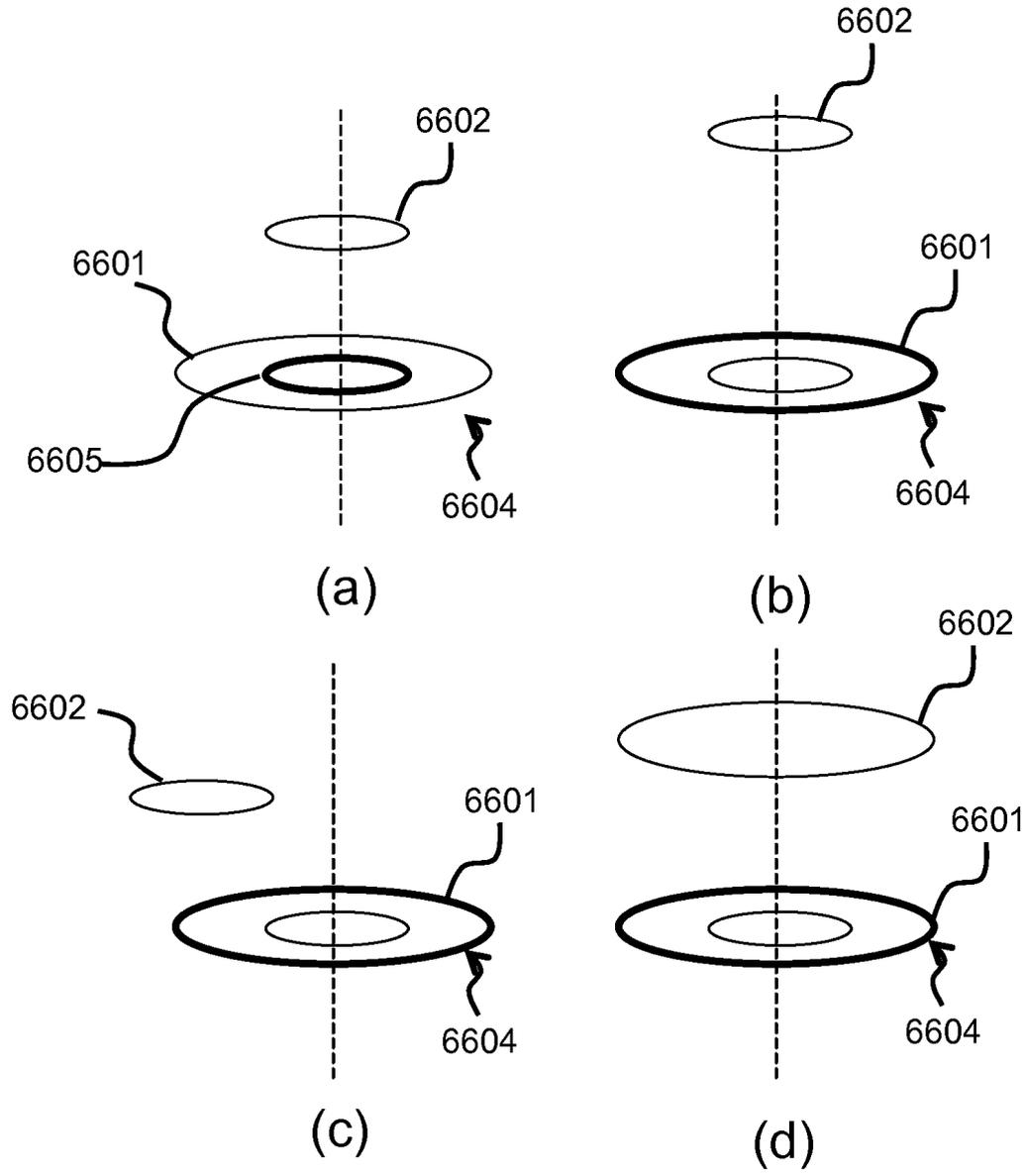
도면64



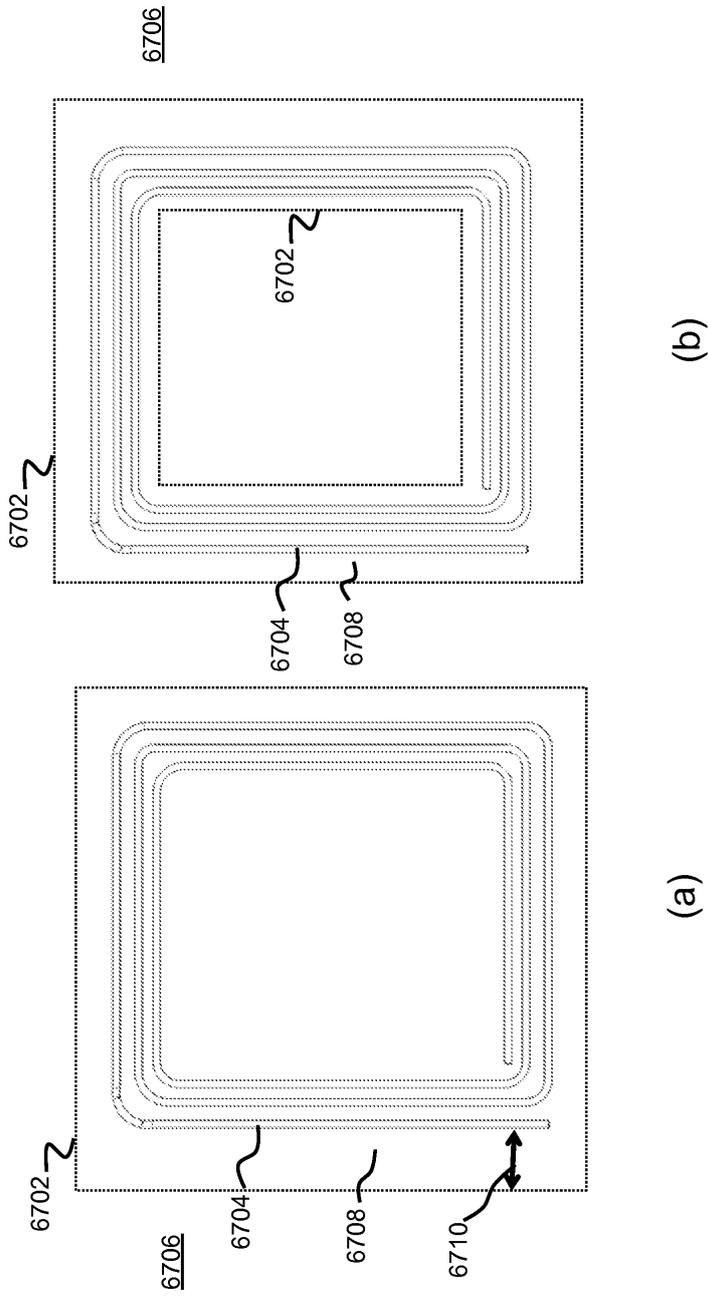
도면65



도면66



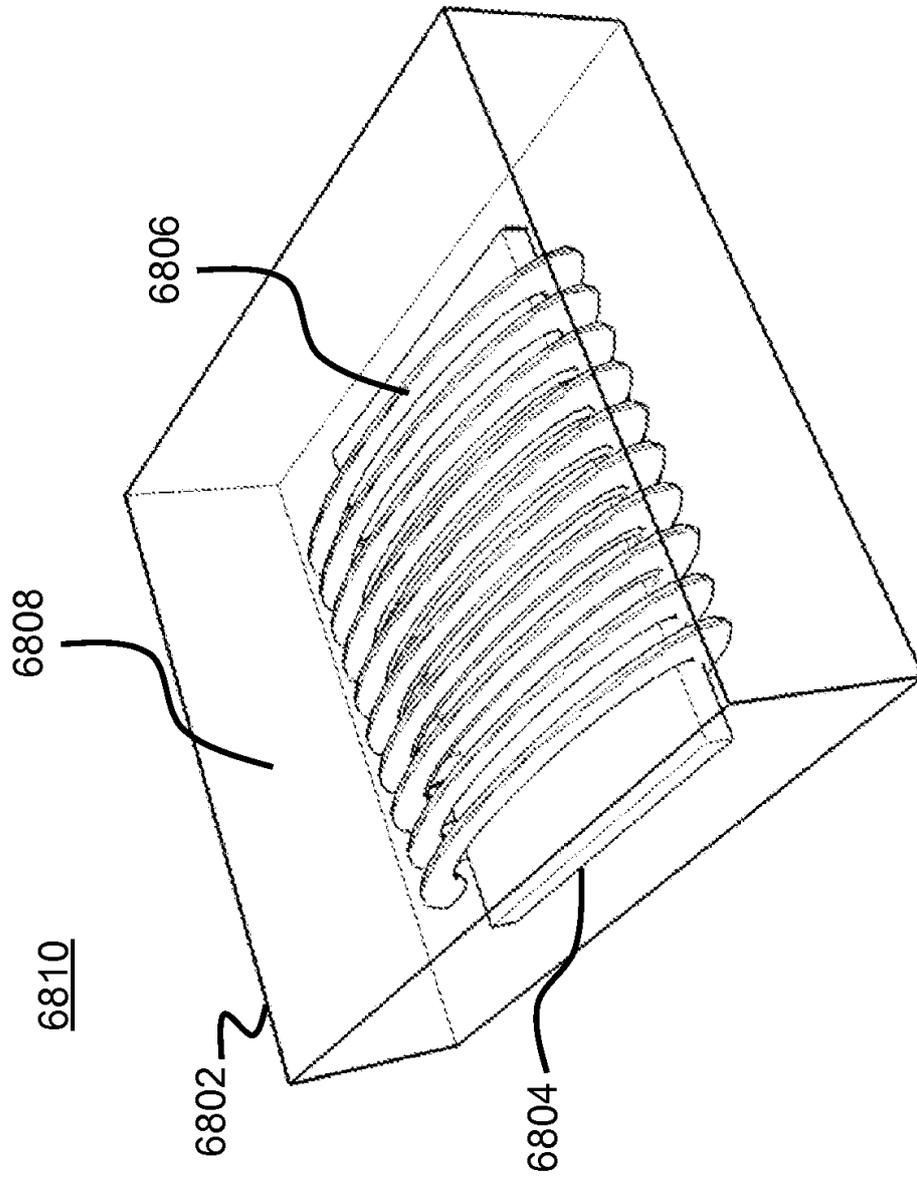
도면67



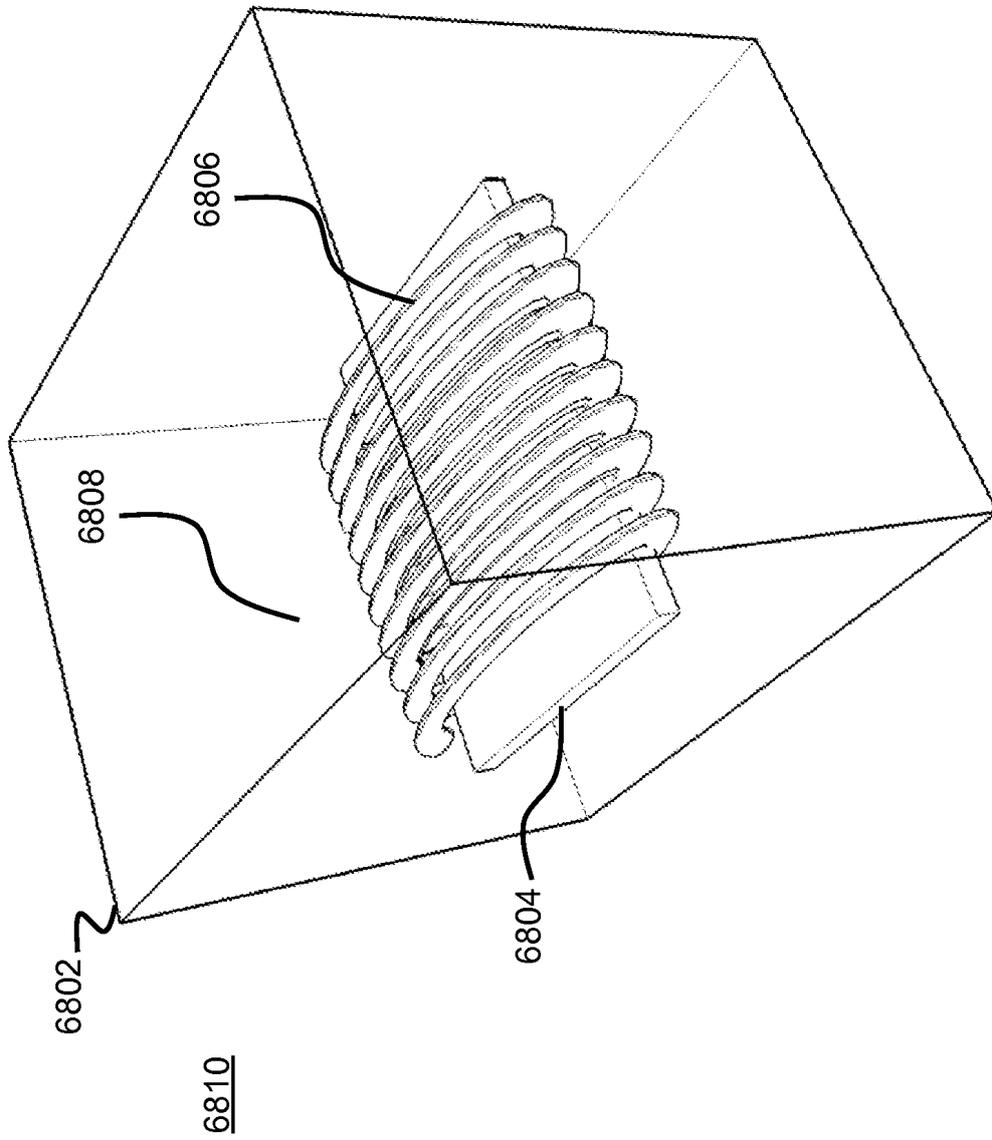
(a)

(b)

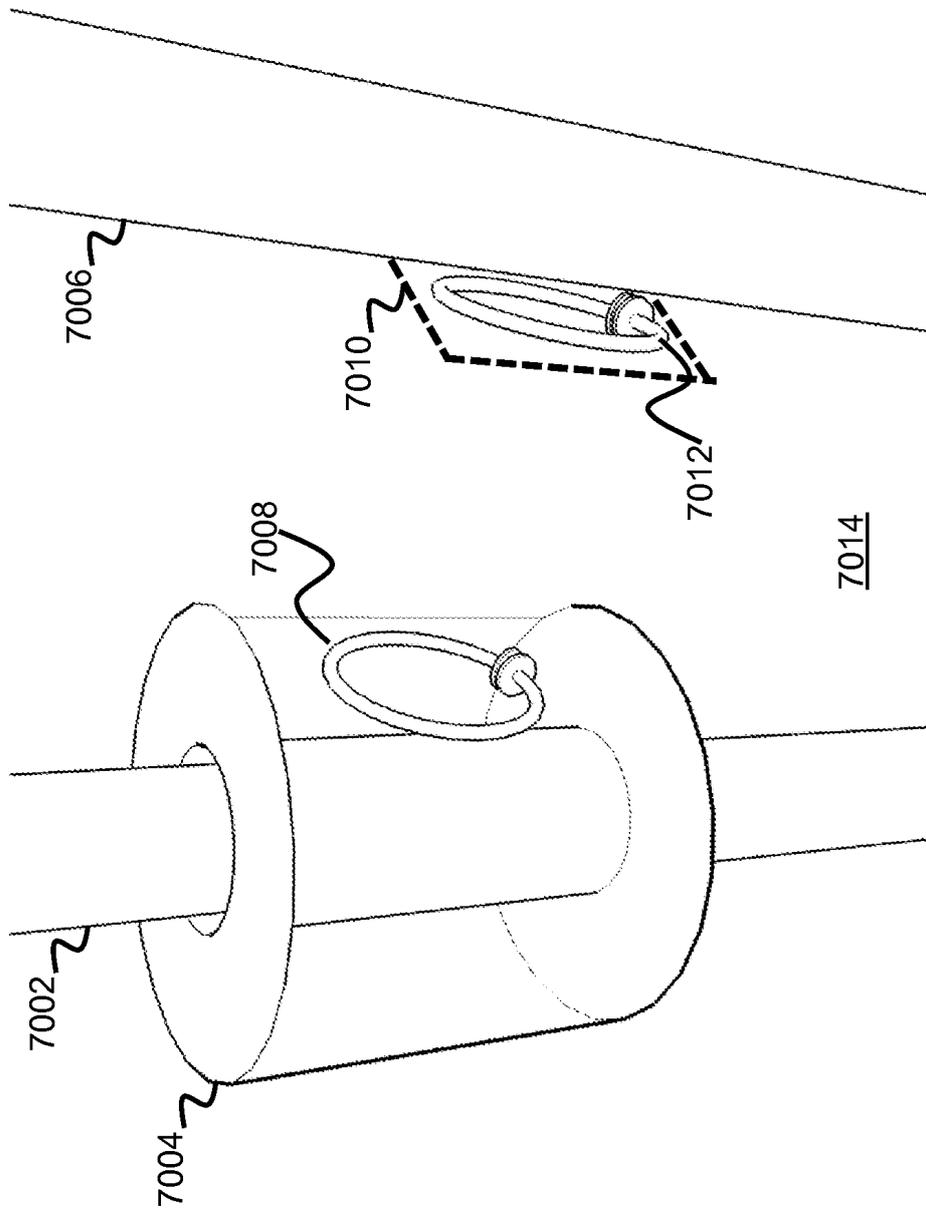
도면68



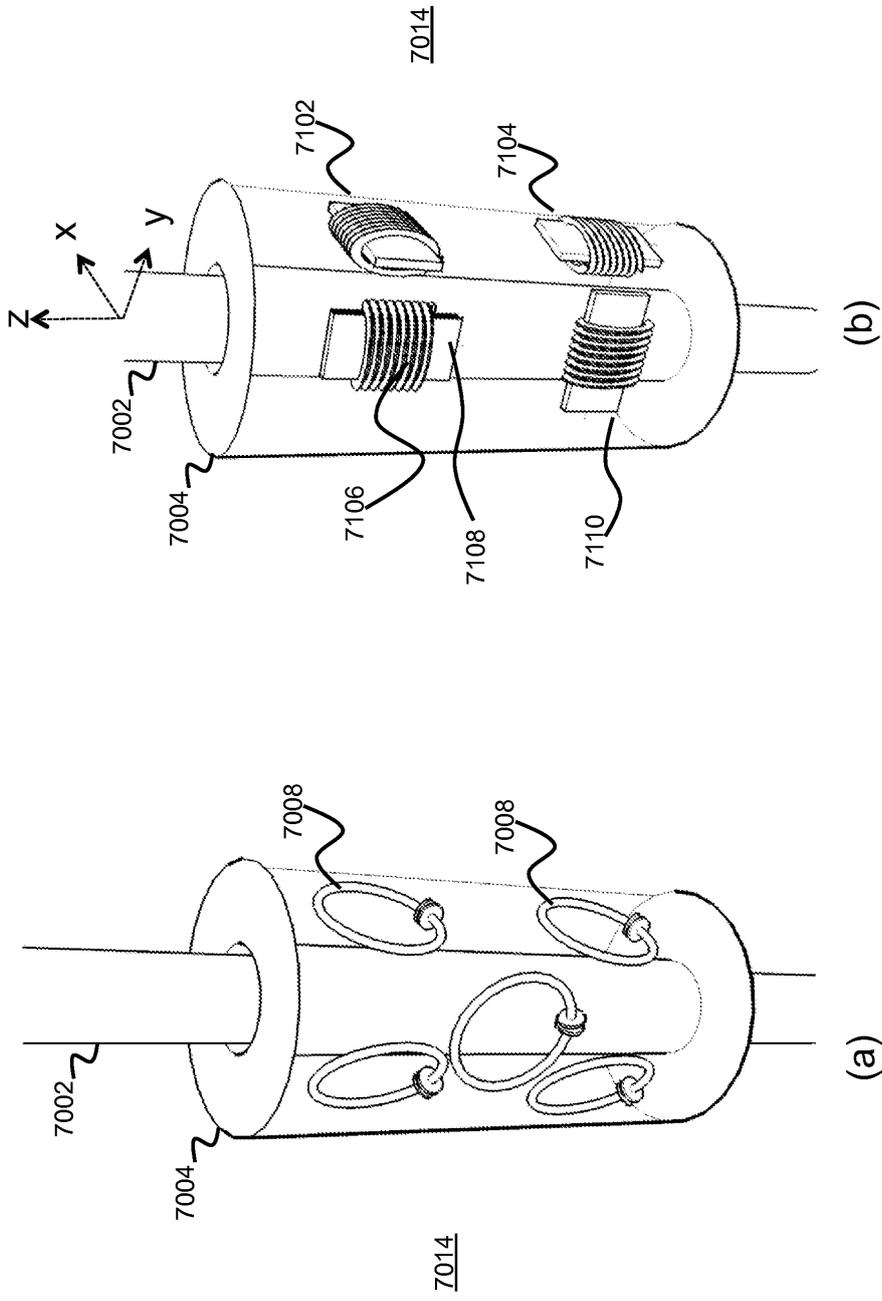
도면69



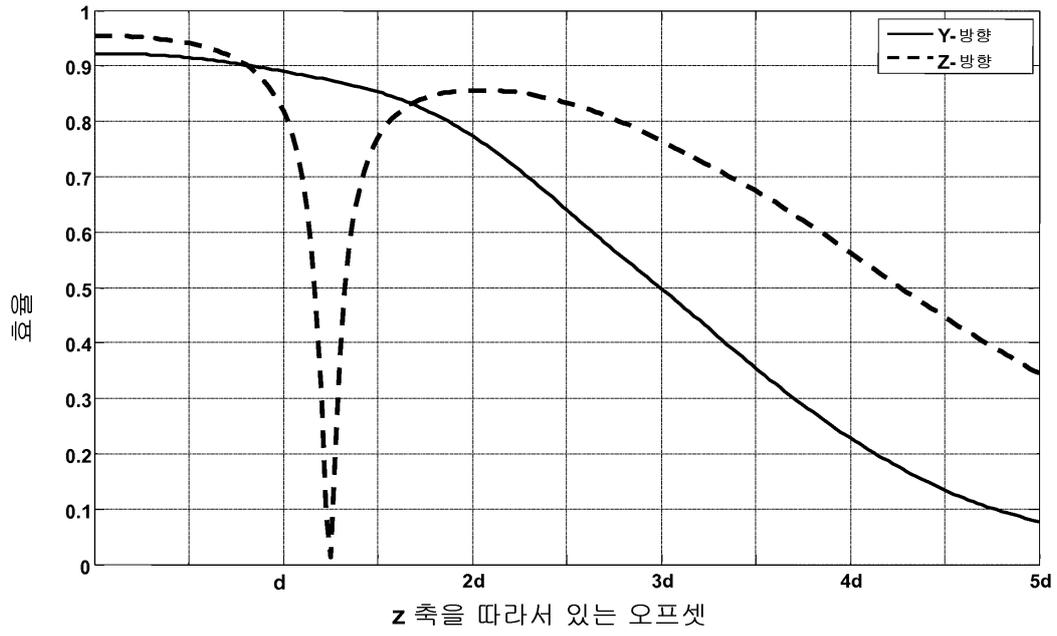
도면70



도면71



도면72



도면73

