



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0071366
(43) 공개일자 2017년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01) H02J 5/00 (2016.01)
H02J 7/02 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02J 17/00 (2013.01)
H02J 5/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0179602
(22) 출원일자 2015년12월15일
심사청구일자 2015년12월15일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
최광석
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 53 한신아파트
112-1603
(74) 대리인
김전수

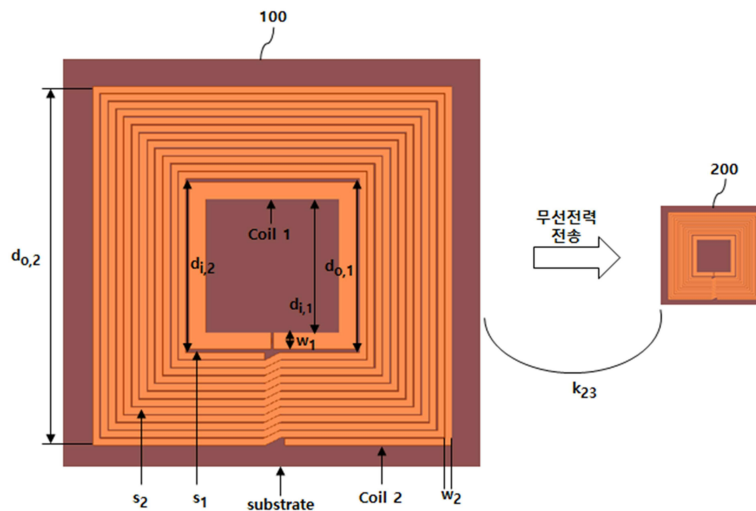
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 평면 자기 결합 공명 무선 전력 전송 장치 및 방법에 관한 것으로, 무선 전력을 송신하는 무선전력 송신기의 드라이버 코일 및 프라이머리 코일의 하나의 평면상에 배치하고, 상기 무선 전력을 수신하는 무선전력 수신기의 부하 코일과 세컨더리 코일을 하나의 평면상에 배치하여 강하게 결합되게 함으로써, 전력전송 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 무선전력 전송 시스템의 부피를 줄이고, 오정렬이 발생한 경우에도 향상된 성능을 제공하는 무선전력 전송 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H02J 7/025 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711026879

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 상황인지 임베디드 IoT 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2015.03.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

드라이버 코일; 및

프라이머리 코일;을 포함하는 무선전력 송신기를 포함하며,

상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일은 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 2

세컨더리 코일; 및

부하 코일을 포함하는 무선전력 수신기를 포함하며,

상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 드라이버 코일은, 외부에서 인가된 전원을 제공받아 프라이머리 코일과 자기 결합되며,

상기 프라이머리 코일은 무선전력 수신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 송신하는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 세컨더리 코일은, 무선전력 송신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 수신하며, 상기 수신한 전력은 부하 코일과 자기 결합되어, 부하에 전력을 전달하는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 5

드라이버 코일과 프라이머리 코일을 포함하는 무선전력 송신기; 및

세컨더리 코일과 부하 코일을 포함하는 무선전력 수신기;를 포함하며,

상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 각각 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기 사이의 결합계수는,

$$k_{23} = 148.2 \times \left(\frac{1}{R^2 + \left(\frac{d_{o,2}}{2} \times \frac{d_{o,3}}{2} \right)} \right)^{12} - 0.0002857$$

인 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

여기서 R은 무선전력 송신기와 무선전력 수신기 간의 거리이고, $d_{o,2}$ 와 $d_{o,3}$ 는 각각 상기 프라이머리 코일의 외부 직경과 상기 세컨더리 코일의 외부직경을 나타냄.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 드라이버 코일, 프라이머리 코일, 세컨더리 코일 및 부하 코일은,

Parameters	d_i	d_o	w	s	N	Q	k
드라이브 코일	24 mm	65 mm	4 mm	150 μ m	1	2.55	$k_{12} = 0.32$
프라이머리 코일			1.2 mm	150 μ m	12	313	$k_{23} = 0.11$
세컨더리 코일	10 mm	20 mm	200 μ m	150 μ m	10	97.7	$k_{34} = 0.34$
부하 코일			1.8 mm	150 μ m	1	0.84	

에 기재된 파라미터(여기서 d_i 는 각 코일의 내부직경(inner diameter), d_o 는 각 코일의 외부직경(outer diameter), w 는 각 코일의 트레이스 폭(trace width), s 는 각 코일의 트레이스 간격(trace spacing), N 은 각 코일의 턴 수, Q 는 각 코일의 Q-팩터, k 는 각 코일 간의 결합계수를 나타냄)로 구성되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지며,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기간의 공진주파수는 13.5MHz인 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

청구항 10

드라이버 코일을 구성하는 단계; 및

상기 드라이버 코일의 외부에 프라이머리 코일을 구성하는 단계;를 포함하는 무선전력 송신기를 구성하는 단계를 포함하며,

상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일은 하나의 기판위의 동일한 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면

자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 11

부하 코일을 구성하는 단계; 및

상기 부하 코일의 외부에 세컨더리 코일을 구성하는 단계;를 포함하는 무선전력 수신기를 구성하는 단계;를 포함하며,

상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 하나의 기판위의 동일한 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 드라이버 코일은, 외부에서 인가된 전원을 제공받아 프라이머리 코일과 자기 결합되며,

상기 프라이머리 코일은 무선전력 송신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 송신하는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 세컨더리 코일은, 무선전력 송신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 수신하며,

상기 수신한 전력은 부하 코일과 자기 결합되어, 부하에 전력을 전달하는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 14

드라이버 코일과 프라이머리 코일을 포함하는 무선전력 송신기를 구성하는 단계; 및

세컨더리 코일과 부하 코일을 포함하는 무선전력 수신기를 구성하는 단계;를 포함하며,

상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 각각 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기 사이의 결합계수는,

$$k_{23} = 148.2 \times \left(\frac{1}{R^2 + \left(\frac{d_{o,2}}{2} \times \frac{d_{o,3}}{2} \right)} \right)^{12} - 0.0002857$$

인 것을 특징으로 하는 평면 자기결

합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

여기서 R은 무선전력 송신기와 무선전력 수신기 간의 거리이고, $d_{o,2}$ 와 $d_{o,3}$ 는 각각 상기 프라이머리 코일의 외부 직경과 상기 세컨더리 코일의 외부직경을 나타냄.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 드라이버 코일, 프라이머리 코일, 세컨더리 코일 및 부하 코일은,

Parameters	d_i	d_o	w	s	N	Q	k
드라이브 코일	24 mm	65 mm	4 mm	150 μ m	1	2.55	$k_{12} = 0.32$
프라이머리 코일			1.2 mm	150 μ m	12	313	$k_{23} = 0.11$
세컨더리 코일	10 mm	20 mm	200 μ m	150 μ m	10	97.7	$k_{34} = 0.34$
부하 코일			1.8 mm	150 μ m	1	0.84	

에 기재된 파라미터(여기서 d_i 는 각 코일의 내부직경(inner diameter), d_o 는 각 코일의 외부직경(outer diameter), w 는 각 코일의 트레이스 폭(trace width), s 는 각 코일의 트레이스 간격(trace spacing), N 은 각 코일의 턴 수, Q 는 각 코일의 Q-팩터, k 는 각 코일 간의 결합계수를 나타냄)로 구성되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

청구항 18

청구항 15에 있어서,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지며,

상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기간의 공진주파수는 13.5MHz인 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 드라이버 코일과 공진기를 하나의 평면상에 배치하여 강하게 결합되도록 구성한 무선전력 송신기와, 공진기와 부하 코일을 하나의 평면상에 배치하여 강하게 결합되도록 구성한 무선전력 수신기를 제안하여, 전력 전송 효율을 높일 뿐만 아니라 무선전력 전송 시스템의 부피를 줄이고, 오정렬 조건하에서도 향상된 성능을 가지는 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 IT기술의 발전과 최첨단 의료 기술의 비약적인 발전으로 인해 바이오 메디컬 기술이 급격하게 발전하고 있다.

[0003] 특히 바이오 메디컬 기술의 한 분야로서, 체내 이식형 의료기기의 기술을 포함하는 융합 의료 기술이 급속도로 발전하고 있으며, 이로 인해 심장 박동 장치, 인슐린 펌프 또는 진단용 의료 센서 등을 포함한 다양한 체내 이식형 의료 기기의 사용이 증가하고 있다.

[0004] 체내 이식형 의료 기기를 기반으로 하는 융합형 의료 기술은 환자의 체내에 이식된 다양한 의료 센서를 통해 장 소나 시간에 구애 받지 않고 환자의 상태를 실시간으로 모니터링하여 환자의 상태를 진단하고 진단 상태에 따라 최적의 의료 서비스를 제공함으로써, 상기 환자에게 편의를 제공하는 장점이 있다.

- [0005] 한편 상기 체내 이식형 의료기기를 동작시키고 운용하기 위해서는, 상기 체내 이식형 의료기기에 수 마이크로와트에서 수십 밀리와트의 전력을 안전하게 공급하기 위한 전력 공급 시스템이 필요하다.
- [0006] 종래의 전력 공급 시스템은 상기 체내 이식형 의료기기에 배터리를 자체적으로 구비하여 전력을 공급하는 시스템이 대부분이었다.
- [0007] 그러나 상기 체내 이식형 의료기기에 장착되는 배터리는 상기 의료 기기에 대한 크기의 90%이상을 차지하기 때문에 상기 의료 기기의 크기를 증가시킬 뿐만 아니라 상기 체내 이식형 의료기기를 이식하는 사용자에게 거부감 및 불편함을 야기시킬 수 있는 단점이 있다.
- [0008] 또한 상기 배터리를 이용한 종래의 전력 공급 시스템은 1회 완전 방전 후 전지 기능을 상실하는 1차 전지를 적용하여 상기 사용자의 체내에 이식하므로 상기 이식 후, 상기 배터리의 기능을 지속적으로 모니터링하여야 하며 일정 기간 이내에 외과적 수술을 통해 새로운 배터리를 이식해야 하는 단점이 있다.
- [0009] 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 무선으로 전력을 전송하는 무선전력 전송 시스템(wireless power transfer system)이 개발되어 사용되고 있다.
- [0010] 무선전력 전송 시스템은 생체 외부에서 전력을 전송하는 송신기와 상기 생체 내부에서 전력을 수신하여 내부 배터리에 충전하거나 상기 의료기기에 전력을 공급하는 수신기를 포함하여 구성된다.
- [0011] 또한 기존의 무선전력 전송 시스템은 상기 송신기와 상기 수신기를 구성하는 코일(Coil)간의 유도성 결합(Inductive Coupling)을 통해 전력을 공급하는 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템의 구조로 되어 있다. 또한 상기 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템은 상기 송신기의 프라이머리 코일(primary coil)과 상기 수신기의 세컨더리 코일(secondary coil)로 지칭되는 2-코일로 구성된다("Jow, U.M., Ghovanloo, M.: 'esign and optimization of printed spiral coils for efficient transcutaneous inductive power transmission' IEEE Trans. Biomedical Circuits and Systems., 2007, 1, (3), pp. 193??202, doi: 10.1109/TBCAS.2007.913130." 참고).
- [0012] 또한 상기 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템은 언제 어디서나 상기 송신기를 통해 상기 수신기에 전력을 공급하고, 충전할 수 있도록 하며, 이를 통해 반영구적으로 상기 의료기기를 동작시킴으로써, 상기 의료 서비스를 지속적으로 제공할 수 있도록 하는 장점이 있다.
- [0013] 또한 상기 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템의 효율은 상기 코일간의 결합도와 상기 각 코일의 퀄리티-팩터(quality factor, 이하 Q-팩터라 칭함)의 함수에 의해 결정된다.
- [0014] 그러나 상기 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템은 상기 코일간의 낮은 결합도와 낮은 Q-팩터로 인해 전력 전송 효율이 매우 낮은 단점이 있다("RamRakhyani, A.K., Mirabbasi, S., Mu Chiao.: 'esign and optimization of resonance-based efficient wireless power delivery systems for biomedical implants' IEEE Trans. Biomedical Circuits and Systems., 2011, 5, (1), pp. 48??3, doi: 10.1109/TBCAS.2010.2072782.").
- [0015] 따라서 본 발명에서는 종래의 기술과는 달리 4개의 코일을 기반으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 시스템을 제공함으로써, 전력 전송 효율을 현저하게 높이고, 무선전력 송신기를 구성하는 드라이버 코일과 프라이머리 코일을 동일 평면상에 배치할 뿐만 아니라 무선전력 송신기를 구성하는 세컨더리 코일과 부하 코일 역시 동일 평면상에 배치하여 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 시스템의 부피를 줄임과 동시에 오정렬 조건에서도 향상된 성능을 제공하는 무선전력 전송 시스템을 제공하고자 한다.
- [0016] 다음으로 본 발명의 기술 분야에 존재하는 선행기술에 대하여 간단하게 설명하고, 이어서 본 발명이 상기 선행 기술에 비해서 차별적으로 이루고자 하는 기술적 사항에 대해서 기술하고자 한다.
- [0017] 먼저 한국공개특허 제2015-0122739호(2015.11.02.)는 무선전력 전송 장치, 무선전력 전송 장치의 공급전력 제어 방법 및 무선전력 전송 장치의 제조 방법에 관한 것으로 무선전력 전송을 수행하는 급전 장치 및 수전 장치에 설치된 코일 사이의 결합 계수를 조정함으로써, 입력 임피던스 값을 설정하고, 이를 통해 공급되는 전력을 제어할 수 있는 무선전력 전송 장치, 무선전력 전송 장치의 공급전력 제어 방법 및 무선전력 전송 장치의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0018] 상기 선행기술은 4-코일에 기반하여 무선으로 전력을 송신하는 점에서 본 발명과 일부분 유사하나, 송신부 또는 수신부를 구성하는 코일들을 각각 따로 구성함으로써 무선 전력 전송 장치의 크기가 커지고, 오정렬에 의해 무

선 전력 전송의 효율이 떨어질 수 있는 문제점이 있다.

[0019] 반면에 본 발명은 무선전력 송신기를 구성하는 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 무선전력 수신기를 구성하는 세컨더리 코일과 부하 코일을 각각 하나의 동일 평면상에 배치함으로써, 오정렬 조건하에서도 향상된 성능을 제공하고 무선전력 시스템의 전반적인 크기를 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0020] 또한 한국공개특허 제2015-0132056호(2015.11.25.)는 공진주파수 가변방식 무선전력 전송 장치 및 그 방법에 관한 것으로 무선전력 전송 장치가 수전장치와 통신을 수행하여 수전장치가 WPC 방식 또는 PMA 방식인지의 여부를 확인하고, 또한 PMA 방식일 경우에 그 TYPE의 종류를 확인한 후 공진주파수를 조절함으로써, 전력신호를 무선으로 전송하는 공진주파수 가변방식 무선전력 전송 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

[0021] 상기 선행기술은 공진주파수를 이용하여 무선으로 전력을 송신하는 점에서 본 발명과 일부분 유사하나, 반면에 본 발명은 인체 조직의 내부에 위치하는 이식형 의료기기를 고려하여 설계하고, 무선전력을 송신하는 무선전력 송신기의 구성 코일과 무선전력을 수신하는 무선전력 수신기의 구성 코일을 각각 동일 평면상의 기관위에 배치함으로써, 무선전력 전송 시스템의 크기를 최소화하여 이식되는 의료기기를 통해 사용자가 느낄 수 있는 거부감 및 불편함을 최소화할 수 있는 기술적 특징에 대해서는 기재하거나 시사하고 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0022] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작 된 것으로서, 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템을 구성하는 무선전력 송신기와 무선전력 수신기 내에 위치하는 각각의 코일들을 동일 평면상에 배치하여 상기 무선전력 전송 시스템의 전체적인 크기를 최소화함으로써, 무선전력을 송신 받아 구동하는 전자기기(예: 체내 이식형 의료 기기)의 크기를 소형화할 수 있는 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0023] 또한 본 발명은 상기 배치를 통해 상기 무선전력 송신기의 드라이버 코일과 프라이머리 코일간의 거리 및 상기 무선전력 수신기의 세컨더리 코일과 부하 코일간의 거리를 최소화하여 높은 결합계수를 가질 수 있도록 함으로써, 무선전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있는 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0024] 또한 본 발명은 하나의 기관위에 상기 무선전력 송신기를 구성하는 드라이버 코일과 프라이머리 코일을 동일 평면상에 배치하고, 상기 무선전력 수신기를 구성하는 세컨더리 코일과 부하 코일 역시 동일 평면상에 배치함으로써, 오정렬 조건하에서도 성능을 향상시킬 수 있는 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템은 드라이버 코일 및 프라이머리 코일을 포함하는 무선전력 송신기를 포함하며, 상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일은 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템은 세컨더리 코일 및 부하 코일을 포함하는 무선전력 수신기를 포함하며, 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한 상기 드라이버 코일은, 외부에서 인가된 전원을 제공받아 프라이머리 코일과 자기 결합되며, 상기 프라이머리 코일은 무선전력 수신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 송신하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한 상기 세컨더리 코일은, 상기 무선전력 송신기와 자기결합 공명을 통해서 무선으로 전력을 수신하며, 상기 수신한 전력은 부하 코일과 자기 결합되어, 부하에 전력을 전달하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 또한 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템은 드라이버 코일과 프라이머리 코일을 포함하는 무선전력 송신기 및 세컨더리 코일과 부하 코일을 포함하는 무선전력 수신기를 포함하며, 상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 각각 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 또한 상기 무선전력 송신기와 상기 무선전력 수신기 사이의 결합계수는,

$$k_{23} = 148.2 \times \left(\frac{1}{R^2 + \left(\frac{d_{o,2}}{2} \times \frac{d_{o,3}}{2} \right)} \right)^{12} - 0.0002857$$

인 것을 특징으로 한다.

여기서 R은 무선전력 송신기와 무선전력 수신기 간의 거리이고, $d_{o,2}$ 와 $d_{o,3}$ 는 각각 상기 프라이머리 코일의 외부 직경과 상기 세컨더리 코일의 외부직경을 나타냄.

또한 상기 드라이버 코일, 프라이머리 코일, 세컨더리 코일 및 부하 코일은 [표 1]에 기재된 파라미터로 구성되는 것을 특징으로 하는 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템.

[표 1]

Parameters	d_i	d_o	w	s	N	Q	k
드라이브 코일	24 mm	65 mm	4 mm	150 μ m	1	2.55	$k_{12} = 0.32$
프라이머리 코일			1.2 mm	150 μ m	12	313	$k_{23} = 0.11$
세컨더리 코일	10 mm	20 mm	200 μ m	150 μ m	10	97.7	$k_{34} = 0.34$
부하 코일			1.8 mm	150 μ m	1	0.84	

여기서 d_i 는 각 코일의 내부직경(inner diameter), d_o 는 각 코일의 외부직경(outer diameter), w는 각 코일의 트레이스 폭(trace width), s는 각 코일의 트레이스 간격(trace spacing), N은 각 코일의 턴 수, Q는 각 코일의 Q-팩터, k는 각 코일 간의 결합계수를 나타냄.

또한 상기 무선 전력 송신기와 상기 무선 전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지는 것을 특징으로 한다.

또한 상기 무선 전력 송신기와 상기 무선 전력 수신기는 각각 65mm 및 20mm의 크기를 가지며, 상기 무선 전력 송신기와 상기 무선 전력 수신기 간의 공진주파수는 13.5MHz인 것을 특징으로 한다.

아울러 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법은 드라이버 코일을 구성하는 단계 및 상기 드라이버 코일의 외부에 프라이머리 코일을 구성하는 단계를 포함하는 무선 전력 송신기를 구성하는 단계를 포함하며, 상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일은 하나의 기판위의 동일한 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

또한 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법은 부하 코일을 구성하는 단계 및 상기 부하 코일의 외부에 세컨더리 코일을 구성하는 단계를 포함하는 무선 전력 수신기를 구성하는 단계를 포함하며, 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 하나의 기판위의 동일한 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

또한 드라이버 코일과 프라이머리 코일을 포함하는 무선 전력 송신기를 구성하는 단계 및 세컨더리 코일과 부하 코일을 포함하는 무선 전력 수신기를 구성하는 단계를 포함하며, 상기 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 상기 세컨더리 코일과 부하 코일은 각각 하나의 평면상에 배치되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

본 발명은 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템을 구성하는 무선전력 송신기와 무선전력 수신기를 각각 구성하는 각각의 코일들을 동일 평면상에 배치함으로써, 상기 무선전력 전송 시스템의 전체적인 크기를 최소화할 수 있는 효과가 있다.

[0043] 또한 본 발명은 상기 배치를 통해 상기 무선전력 송신기의 드라이버 코일과 프라이머리 코일간의 거리 및 상기 무선전력 수신기의 세컨더리 코일과 부하 코일간의 거리를 최소화하여 높은 결합계수를 가질 수 있도록 함으로써, 무선전력 전송의 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0044] 또한 본 발명은 하나의 기판위에 상기 무선전력 송신기를 구성하는 드라이버 코일과 프라이머리 코일을 동일한 평면상에 배치하고, 상기 무선전력 수신기를 구성하는 세컨더리 코일과 부하 코일 역시 동일한 평면상에 배치함으로써, 오정렬 조건하에서도 성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 전기적 모델을 도시한 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 있어서, 무선전력 송신기와 무선전력 수신기의 기하학적 구조를 나타낸 예시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 있어서, 코일간의 거리에 따른 결합계수의 변화량과 코일간 거리 변화량 및 Q-팩터의 변화량에 따른 전력 전송 효율의 변화량을 시뮬레이션한 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선전력 송신기 및 무선전력 수신기를 실제 제작한 모습과 무선전력 전송의 효율을 측정하는 모습을 나타낸 예시도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일간의 거리에 따라 무선전력 전송의 효율을 시뮬레이션한 예시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 스위프에 따라 무선전력 전송의 효율을 시뮬레이션한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인체 조직의 모델과 에어 매체, 인체 조직 매체 및 공진주파수에 따라 무선전력 전송에 대한 효율을 나타낸 예시도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법에 대한 절차를 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 전기적인 모델을 도시한 예시도이다.

[0048] 우선 배터리를 이용하여 전력을 공급하던 종래의 방법에 대한 문제점을 해결하기 위해 개발된 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템은 소스 코일과 부하 코일 간의 낮은 결합도와 낮은 Q-팩터로 인해 전력전송 효율이 매우 낮은 문제점이 있다.

[0049] 또한 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템에 있어서, 상기 낮은 전력전송 효율을 극복하기 위해 사이즈가 큰 송수신 코일을 사용할 경우에는 최대의 전력을 전달할 수 있으나, 무선전력 전송 시스템의 크기가 커지는 문제점이 있다. 이로 인해 상기 무선전력 전송 시스템을 장착한 이식형 의료기기의 크기 역시 커질 수밖에 없으며, 사용자의 인체 내에 이식될 경우, 상기 사용자는 거부감과 상당한 불편함을 느낄 수 있다.

[0050] 또한 기존의 2-코일 기반의 무선전력 전송 시스템에 있어서, 상기 낮은 전력전송 효율을 극복하기 위해 상기 무선전력을 전송하는 송신부의 출력을 높이면 발열현상등과 같이 인체에 해를 끼치게 되는 환경적 요인이 발생할 가능성을 항상 내포하고 있는 문제점이 있다.

[0051] 또한 기존의 4-코일 기반의 무선전력 전송 시스템은 전력을 송신하기 위한 송신부의 내부 구성 코일을 각각 따로 설계하여 구성하고, 상기 전력력을 수신하기 위한 수신부의 내부 구성 코일 또한 각각 따로 설계하여 구성하기 때문에 상기 무선전력 전송 시스템의 크기가 커질 수밖에 없으며, 또한 각 코일간의 오정렬 문제가 발생하는 경우에는 무선 전력 전송의 효율이 낮아질 수 있는 문제점이 있다.

[0052] 이에 따라 본 발명인 바이오메디컬 임플란트를 위한 4-코일 기반의 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템

및 이의 제조 방법은 무선전력 송신기를 구성하는 드라이버 코일과 프라이머리 코일 및 무선전력 수신기를 구성하는 세컨더리 코일과 부하 코일을 각각 하나의 동일 평면상에 배치하여 서로 강하게 결합되도록 함으로써, 상기 무선전력 전송 시스템의 크기를 최소화하고, 오정렬 조건 하에서도 높은 성능을 유지할 수 있는 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

- [0053] 또한 본 발명은 비교 분석을 통해 결합계수, Q-팩터, 전력전송 효율 및 특정 크기에 대한 제한 등을 포함하는 주요 파라미터들을 산출하여 적용함으로써, 무선전력 전송 효율이 높은 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.
- [0054] 도 1에 도시한 바와 같이 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템(10)을 구성하는 전기적 모델은 전력을 무선으로 전송하는 무선전력 송신기(100) 및 상기 전송한 전력을 수신하는 무선전력 수신기(200)를 포함하여 구성된다.
- [0055] 또한 상기 무선전력 송신기(100)는 프라이머리 코일(120)에 전력을 제공하는 드라이버 코일(110) 및 상기 제공받은 전력을 자기결합 공명을 통해 상기 무선전력 수신기(200)로 전력을 전송하는 프라이머리 코일(120)로 구성된다.
- [0056] 또한 상기 드라이버 코일(110)은 외부에서 인가된 전원을 제공받아 상기 프라이머리 코일(120)과의 자기결합을 통해 상기 프라이머리 코일(120)로 전력을 제공한다.
- [0057] 또한 상기 무선전력 송신기(100)의 드라이버 코일(110)로부터 프라이머리 코일(120)을 통해 상기 무선전력 수신기(200)의 세컨더리 코일로 전달된 전력은 부하 코일로 전달되어 부하저항을 거쳐 전기에너지로 전달된다.
- [0058] 또한 상기 무선전력 수신기(200)는 상기 자기결합 공명을 통해 상기 무선전력 송신기(100)로부터 전력을 수신하는 세컨더리 코일(210) 및 상기 수신한 전력을 사용하여 상기 무선전력 수신기(200)와 연결된 이식형 의료 기기를 구동할 수 있도록 하는 부하 코일(220)을 포함하여 구성된다.
- [0059] 또한 도 1에 도시한 바와 같이 상기 드라이버 코일(110)의 E는 상기 드라이버 코일에 인가된 전압 소스의 진폭을 나타내며, 각 코일의 R, L 및 C는 각 해당 코일의 유효저항(effective Resistance), 인덕턴스(inductance) 및 해당 코일의 정전용량(capacitance)을 나타낸다.
- [0060] 또한 도 1에 도시한 k_{12} , k_{23} 및 k_{34} 는 각 코일 간의 결합계수를 나타내며 상기 결합계수와 Q-팩터의 함수에 의해 높은 전력전송 효율을 나타낼 수 있다.
- [0061] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 있어서, 무선전력 송신기와 무선전력 수신기의 기하학적 구조를 나타낸 예시도이다.
- [0062] 도 2에 도시한 바와 같이, 상기 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200)는 각각 하나의 기판위에 구성되며, 상기 드라이버 코일(110)과 상기 프라이머리 코일(120) 및 상기 부하 코일(220)과 상기 세컨더리 코일(210)은 각 기판의 위치에 상응하는 동일한 평면에 인쇄된다.(즉, 동일한 구조를 가짐), 즉, 상기 무선전력 송신기(100)를 구성하는 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120) 및 상기 무선전력 수신기(200)를 구성하는 세컨더리 코일(210) 및 부하 코일(220)은 각각의 기판위에 동일한 평면에 위치된다.
- [0063] 또한 상기 무선전력 송신기(100)의 드라이버 코일(110)은 상기 기판의 내부에 위치하며 상기 프라이머리 코일(120)은 상기 드라이버 코일(110)을 외부에서 둘러싼 형태로 위치하며, 상기 드라이버 코일(110)과 상기 프라이머리 코일(120)은 자기결합을 통해 강하게 결합된다.
- [0064] 또한 상기 무선전력 수신기(200)의 부하 코일(220)은 상기 기판의 내부에 위치하며 상기 세컨더리 코일(210)은 상기 부하 코일(220)을 외부에서 둘러싼 형태로 위치하며, 상기 세컨더리 코일(210)과 상기 부하 코일(220)은 자기결합을 통해 강하게 결합된다.
- [0065] 이는, 무선전력 전송 시스템(10)의 전력전송 효율을 향상시킴과 동시에 상기 무선전력 전송 시스템(10)의 크기를 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0066] 다음으로 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)는 동일한 구조를 가지므로 상기 도 2에 도시한 무선전력 송신기(100)의 참조부호를 설명함과 동시에 상기 참조부호에 상응하는 무선전력 수신기(100)의 구조도 동시에 설명하도록 한다.
- [0067] 또한 도 1에 도시한 것과 같이 상기 기판의 안쪽에 위치하는 Coil 1은 상기 무선전력 송신기(100)의 드라이버

코일(110)을 나타내며, 상기 무선전력 수신기(200)의 경우에는 부하 코일(Coil 4, 220)을 나타낸다.

[0068] 또한 상기 기관의 바깥쪽에 위치하는 Coil 2는 상기 무선전력 송신기(100)의 프라이머리 코일(110)을 나타내며, 상기 무선전력 수신기(200)의 경우에는 세컨더리 코일(Coil 3, 210)을 나타낸다.

[0069] 이에 따라 본 발명에서 상기 무선전력 송신기(100)는 상기 드라이버 코일(110) 및 프라이머리 코일(120)을 포함하여 구성되며 그 크기는 65mm이다. 또한 상기 무선전력 수신기(200)는 상기 부하 코일(220) 및 세컨더리 코일(210)을 포함하여 구성되며 그 크기는 20mm이다.

[0070] 또한 w_1 및 w_2 는 상기 무선전력 송신기(100)의 상기 드라이버 코일(110)에 대한 트레이스 폭(trace width) 및 프라이머리 코일(120)에 대한 트레이스 폭을 각각 나타내며, 상기 무선전력 수신기(200)의 경우에는 상기 부하 코일(220)에 대한 트레이스 폭과 상기 세컨더리 코일(210)에 대한 각각의 트레이스 폭을 나타낸다.

[0071] 또한 상기 s_1 및 s_2 는 상기 드라이버 코일(110)의 트레이스 간격(trace spacing) 및 프라이머리 코일(120)의 트레이스 간격을 각각 나타내며, 상기 무선전력 수신기(200)의 경우에는 상기 부하 코일(220)에 대한 트레이스 간격과 상기 세컨더리 코일(210)에 대한 트레이스 간격을 각각 나타낸다.

[0072] 또한 본 발명은 상기 코일들의 크기를 최소화하고, 무선전력 전송 효율을 향상시키기 위해 상기 프라이머리 코일(110)과 세컨더리 코일(210)의 결합계수(k_{23})를 고려하여 설계되었으며, 상기 결합계수(k_{23})은 다음의 [수학식 1]에 의해 산출된다.

[0073] [수학식 1]

$$k_{23} = 148.2 \times \left(\frac{1}{R^2 + \left(\frac{d_{o,2}}{2} \times \frac{d_{o,3}}{2} \right)} \right)^{1.2} - 0.0002857$$

[0074]

[0075] 여기서 상기 R은 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)간의 거리를 나타내며, 상기 $d_{o,2}$ 와 $d_{o,3}$ 는 상기 프라이머리 코일(120)의 외부직경과 상기 세컨더리 코일(210)의 외부직경을 각각 나타낸다.

[0076] 한편 기존의 2-코일 기반 무선전력 전송 시스템에 있어서, 송신부 코일과 수신부 코일의 Q-팩터는 소스와 부하의 저항(예: ~50Ω)에 의해 크게 제한되기 때문에 무선전력 전송 효율은 주로 결합계수(k)의 함수로 계산된다. 또한 상기 결합계수(k)는 상기 송/수신부 코일의 거리에 따라 달라진다. 즉, 상기 2-코일 기반 무선전력 전송 시스템의 무선전력 전송 효율은 상기 송신부와 수신부의 코일 간의 거리가 멀어질수록 상기 결합계수(k)는 낮아지고 이에 따라 상기 무선전력 전송 효율은 급격하게 떨어진다.

[0077] 따라서 효율적인 전력전송을 실현하기 위해 본 발명에서는 드라이버 코일(Coil1), 프라이머리 코일(Coil2), 세컨더리 코일(Coil 3) 및 부하 코일(Coil 4)을 포함한 4개의 코일로 구성하며, 상기 도 1에 도시한 바와 같이 회로 이론(Circuit Theoty)를 적용함으로써, 다음의 [수학식 2]에 의해 전력전송 효율을 도출할 수 있다.

[0078] [수학식 2]

$$\eta = \frac{k_{12}^2 Q_1 Q_2 \times k_{23}^2 Q_2 Q_3 \times k_{34}^2 Q_3 Q_4}{\left[(1 + k_{12}^2 Q_1 Q_2)(1 + k_{34}^2 Q_3 Q_4) + k_{23}^2 Q_2 Q_3 \right] \left[1 + k_{23}^2 Q_2 Q_3 + k_{34}^2 Q_3 Q_4 \right]} \times \frac{Q_4}{Q_L}$$

[0079]

[0080] 여기서 η 는 전력전송 효율을 나타내며 k 및 Q는 결합계수 및 해당 코일에서의 Q-팩터를 각각 나타낸다.

[0081] 한편 본 발명은 상기 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120)을 동일한 평면상에 위치시키며, 또한 상기 세컨더리 코일(210)과 부하 코일(220) 역시 동일한 평면상에 위치시킨다. 이에 따라 상기 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120)간의 거리 및 상기 세컨더리 코일(210)과 부하 코일(220)간의 거리는 0에 근사하게 된다. 그러므로 상기 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120)간의 결합계수 및 상기 세컨더리 코일(210)과 부하

코일(220)간의 결합계수는 상기 [수학식 1]과 같이 동일한 계산 방법에 의해 최대값으로 근사하게 된다(즉, 거리가 0인 경우 최대값이 됨).

[0082] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 이의 제조 방법에 있어서, 코일간의 거리에 따른 결합계수의 변화량과 코일간 거리 변화량 및 Q-팩터의 변화량에 따른 전력 전송 효율의 변화량을 시뮬레이션한 예시도이다.

[0083] 도 3의 (a)는 상기 무선전력 송신기(100)의 프라이머리 코일(120)과 상기 무선전력 수신기(200)의 세컨더리 코일(210)간의 거리에 따른 결합계수의 변화량을 나타낸 예시도이고, 도 3의 (b)는 상기 프라이머리 코일(120)과 상기 세컨더리 코일(210)간의 거리 및 상기 프라이머리 코일의 Q-팩터의 변화량에 따른 전력전송 효율을 시뮬레이션하여 도시한 예시도이다.

[0084] 도 3의 (a)에 도시한 바와 같이 상기 프라이머리 코일(120)과 상기 세컨더리 코일(210)간의 결합계수(k_{23})는 상기 코일간의 거리가 가까우면 가까울수록 높아지는 것을 알 수 있다.

[0085] 한편 상술한 바와 같이 본 발명에서 제공하는 기하학적 구조로 인하여 상기 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120)간의 거리 및 상기 세컨더리 코일(210)과 상기 부하 코일(220)간의 거리는 0으로 근사하게 되며 이에 따라 상기 [수학식 1]과 동일한 방법으로 계산하면 상기 드라이버 코일(110)과 프라이머리 코일(120)의 최대 결합계수($k_{12} = 0.5$) 및 상기 세컨더리 코일(210)과 부하 코일(220)의 최대 결합계수($k_{34} = 0.45$)를 산출할 수 있다.

[0086] 또한 상기 드라이버 코일(110)의 낮은 Q-팩터(Q_1)와 상기 부하 코일(220)의 낮은 Q-팩터(Q_4)를 각각 $Q_1 = 4$ 및 $Q_2 = 1.4$ 로 가정하여, 상기 부하 코일(220)의 부하 레지스터(R_L)가 100Ω 의 값을 가질 때, 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200) 사이의 거리가 10mm인 경우, 상기 프라이머리 코일(110)의 Q-팩터(Q_2)와 상기 세컨더리 코일(210)의 Q-팩터(Q_3)가 각각 $Q_2 = 226$ 및, $Q_3 = 120$ 을 가질 때 최고 전력전송 효율 $\eta = 84\%$ 로 계산되는 것을 알 수 있다.

[0087] 또한 상기 부하 레지스터의 Q-팩터를 포함하는 부하 코일의 Q-팩터(Q_{4L})는 다음의 [수학식 3]으로 나타낼 수 있다.

[0088] [수학식 3]

$$Q_{4L} = (Q_4 + Q_L) / (Q_4 \cdot Q_L)$$

[0089]

[0090] 여기서 상기 Q_4 는 상기 부하 코일(220)의 Q-팩터를 나타내며, 상기 Q_L 은 상기 부하 레지스터의 Q-팩터를 나타낸다.

[0091] 또한 본 발명에서 상기 무선전력 전송 효율을 최대화 시키기 위해 상기 가정을 이용하여 반복적인 처리 과정을 통해 다음의 [표 1]과 같이 상기 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200)를 구성하는 코일들의 파라미터를 측정하였다.

[0092] [표 1]

Parameters	d_i	d_o	w	s	N	Q	k
드라이브 코일	24 mm	65 mm	4 mm	150 μ m	1	2.55	$k_{12} = 0.32$
프라이머리 코일			1.2 mm	150 μ m	12	313	$k_{23} = 0.11$
세컨더리 코일	10 mm	20 mm	200 μ m	150 μ m	10	97.7	
부하 코일			1.8 mm	150 μ m	1	0.84	$k_{34} = 0.34$

[0093]

[0094] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선전력 송신기 및 무선전력 수신기를 실제 제작한 모습과 무선전력 전송

의 효율을 측정하는 모습을 나타낸 예시도이다.

- [0095] 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이 본 발명인 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템(10)은 1.6mm 두께의 FR4 기판 상에 제작되며, 설계에 적용된 파라미터는 상기 [표 1]에 나타나 있다.
- [0096] 한편 상기 [표 1]을 참조하여 상기 무선전력 송신기(100) 및 무선전력 수신기(200)에 적용된 파라미터는 각 코일의 내부직경(d_i), 외부직경(d_o), 트레이스 폭(w), 턴(회전)의 수(N), 트레이스 간격(s), Q-팩터 및 결합계수(k)를 포함하여 구성된다.
- [0097] 또한 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템(10)은 상기 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200)간의 거리 10mm와 공명주파수 13.56MHz에서 최적화되어 운영될 수 있도록 설계된다.
- [0098] 도 4의 (b)는 무선전력 전송 효율을 측정하기 위한 장치를 도시하고 있으며, 도 1에 도시한 회로와 상기 무선전력 전송 효율을 검증하기 위해 함수 생성기(Function Generator)와 오실로스코프(Oscilloscope)를 사용하였다.
- [0099] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일간의 거리에 따라 무선전력 전송의 효율을 시뮬레이션한 예시도이다.
- [0100] 도 5에 도시한 바와 같이 동일한 공명 주파수 하에서 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)의 거리를 다르게 하여 측정한 전력전송 효율과 시뮬레이션한 결과는 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)간의 거리가 가까우면 가까울수록 높은 전력전송 효율을 나타낸다.
- [0101] 한편 상기 시뮬레이션은 MATLAB와 HFSS를 이용하여 시뮬레이션하였으며, 상기 MATLAB는 수치해석, 행렬연산, 신호처리 및 간편한 그래픽 기능을 통합하여 고성능의 수치 계산을 수행하고, 그 결과를 가시화하여 보여주는 프로그램이며, 상기 HFSS는 고주파수 분석을 위한 3D전파 전자기장 시뮬레이션 기능을 제공하는 프로그램이다.
- [0102] 또한 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)간의 거리 10mm에서 상기 MATLAB에 의해 시뮬레이션된 전력전송 효율은 84%, 상기 HFSS에 의해 시뮬레이션된 전력전송 효율은 81.66%로 나타났으며, 실제 측정된 전력전송 효율은 79.8%로 나타났다.
- [0103] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 스위프에 따라 무선전력 전송의 효율을 시뮬레이션한 예시도이다.
- [0104] 도 6에 도시한 바와 같이 주파수의 스위프에 따라 전력전송 효율이 달라짐을 알 수 있다.
- [0105] 본 발명에서는 상기 주파수를 200KHz에서 30MHz사이의 주파수를 스위프하여 무선전력 전송 효율을 측정하였으며, 도 6에 도시한 바와 같이 시뮬레이션 결과와 실제 측정된 결과 모두 13.5MHz의 주파수에서 최대 무선전력 전송 효율을 보이고 있다.
- [0106] 한편 상기 13.5MHz는 사람의 인체 조직에 아무런 영향을 미치지 않은 주파수 범위에 속하며, 이에 따라 본 발명인 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템(10)은 이식형 의료기기와 연동하여, 사람의 인체에 아무런 영향을 주지 않으면서도 최고의 무선전력 전송 효율을 제공할 수 있다.
- [0107] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 인체 조직의 모델과 에어 매체, 인체 조직 매체 및 공진주파수에 따라 무선전력 전송에 대한 효율을 나타낸 예시도이다.
- [0108] 한편 사용자의 인체 내부에 이식되는 이식형 의료기기에 장착되어 상기 이식형 의료기기에 전력을 공급하는 상기 무선전력 수신기(200)는 사용자의 인체 조직 외부에 위치하는 상기 무선전력 송신기(100)로부터 무선으로 전송된 전력을 수신 받는다.
- [0109] 도 7의 (a)에 도시한 바와 같이 사용자의 인체 조직은 피부 조직(skin), 지방 조직(fat) 및 근육 조직(muscle)을 포함한 3계층으로 구성되어 있다.
- [0110] 또한 13.56MHz의 주파수에서 피부 조직(skin issue)의 전도도(ϵ_r)와 상대 유전율(σ)은 각각 $\epsilon_r = 0.38S/m$ 과 $\sigma = 177.13$ 이다.
- [0111] 또한 지방 조직(fat issue)의 경우 전도도와 상대 유전율은 $\epsilon_r = 0.30S/m$ 과 $\sigma = 11.83$ 이고, 근육 조직(muscle issue)의 전도도와 상대 유전율은 $\epsilon_r = 0.62S/m$ 과 $\sigma = 183.44$ 이다.
- [0112] 도 7의 (b)는 상기 10mm의 거리에서 무선으로 전송되는 전력이 통과되는 매체를 달리하여 전력전송 효율을 측정한 예시도이다.
- [0113] 도 7의 (b)에 도시한 바와 같이 상기 매체가 공기 중(air medium)인 경우에는 81.66%의 전력전송 효율을 나타내

며, 반면에 상기 매체가 인체 조직(human issue medium)인 경우에는 55.1%의 전력전송 효율을 나타낸다.

- [0114] 즉, 본 발명은 상기 인체 조직의 3계층에 의한 전력전송의 방해에도 불구하고 종래의 기술과는 달리 높은 전력 전송 효율을 나타내고 있으며, 상기 프라이머리 코일(120)과 세컨더리 코일(210)의 높은 Q-팩터를 적용한 경우에는 78.8%의 전력전송 효율을 나타낸다.
- [0115] 또한 본 발명은 기존의 전력전송 시스템과는 달리 인체 조직 매체를 고려하여 설계되어 졌으며, 인체 조직 매체를 통한 무선전력 전송뿐만 아니라 상기 무선전력 전송을 필요로 하는 다양한 분야에서 적용되어 사용될 수 있다.
- [0116] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템의 제조 방법에 대한 절차를 나타낸 흐름도이다.
- [0117] 도 8에 도시한 바와 같이 상기 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템(10)의 제조 방법은 우선, 제1 FR4 기판 위에 드라이버 코일(110)을 구성한다(S110).
- [0118] 또한 상기 드라이버 코일(110)은 상기 기판의 내부에 위치하며, 외부로부터 인가된 전원을 제공받는다.
- [0119] 다음으로 구성된 드라이버 코일(110)의 외부에 프라이머리 코일(120)을 구성하여, 상기 드라이버 코일(110)과 상기 프라이머리 코일(120)을 포함하는 무선전력 송신기를 구성한다(S120).
- [0120] 또한 상기 프라이머리 코일(120)은 상기 드라이버 코일(110)과 동일 한 평면위에 위치하며, 자기결합을 통해 강하게 결합된다.
- [0121] 또한 상기 결합은 상기 프라이머리 코일(120)과 상기 드라이버 코일(110)간의 거리를 0에 근사되도록 하며, 이는 상기 코일간의 결합계수를 최대로 가질 수 있도록 하여 전력 송신의 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0122] 다음으로 제2 FR4 기판 위에 부하 코일(220)을 구성한다(S130).
- [0123] 또한 상기 부하 코일(220)은 상기 기판의 내부에 위치하며, 상기 무선전력 송신기(100)로부터 전송되는 전력을 부하에 제공한다.
- [0124] 다음으로 구성된 부하 코일(220)의 외부에 세컨더리 코일(210)을 구성하여, 상기 부하 코일(220)과 상기 세컨더리 코일(210)을 포함하는 무선전력 수신기를 구성한다(S120).
- [0125] 또한 상기 세컨더리 코일(210)은 상기 부하 코일(220)과 동일한 평면위에 위치하며, 자기결합을 통해 강하게 결합된다.
- [0126] 또한 상기 결합은 상기 세컨더리 코일(210)과 상기 부하 코일(220)간의 거리를 0에 근사되도록 하며, 이는 상기 코일간의 결합계수를 최대로 가질 수 있도록 하여 전력 송신의 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0127] 또한 구성된 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200) 사이의 결합계수는 상기 [수학식 1]에 의해 계산된 값으로 설정되며, 상기 결합계수는 상기 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200)간의 거리를 10mm로 설정하여 계산된다.
- [0128] 또한 상기 무선전력 송신기(100) 및 상기 무선전력 수신기(200)를 구성하는 각각의 코일은 상기 [표 1]의 파라미터로 설정되어 구성되며, 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)는 각각 65mm와 20mm의 크기로 구성된다.
- [0129] 또한 상기 무선전력 송신기(100)는 상기 무선전력 수신기(200)와 자기결합 공명을 통해 무선으로 전력을 전송하며, 상기 무선전력 수신기(200)는 상기 수신한 전력을 부하에 전달하여, 상기 무선전력 수신기(200)와 연동된 전자기가 지속적으로 구동될 수 있도록 한다.
- [0130] 또한 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200) 사이의 자기결합 공명을 위해 사용되는 공진 주파수는 13.5MHz이다.
- [0131] 한편 상기 무선전력 송신기(100)와 상기 무선전력 수신기(200)간의 구성은 순차적으로 구성되거나 임의의 순서로 구성될 수 있다.
- [0132] 이상에서 설명하였듯이 본 발명인 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템 및 방법은 생물 의학 응용프로그램을 위한 컴팩트한 구조를 갖추고 있으며, 13.56 MHz의 공진 주파수에 대해 무선전력 송신기(100)와 무선전력 수신기(200) 사이의 10mm 간격에 있어서 79% 이상의 무선전력 전송 효율을 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0133] 상기에서는 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 위주로 상술하였으나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니며 본 발명의 각 구성요소는 동일한 목적 및 효과의 달성을 위하여 본 발명의 기술적 범위 내에서 변경 또는 수정될 수 있을 것이다.

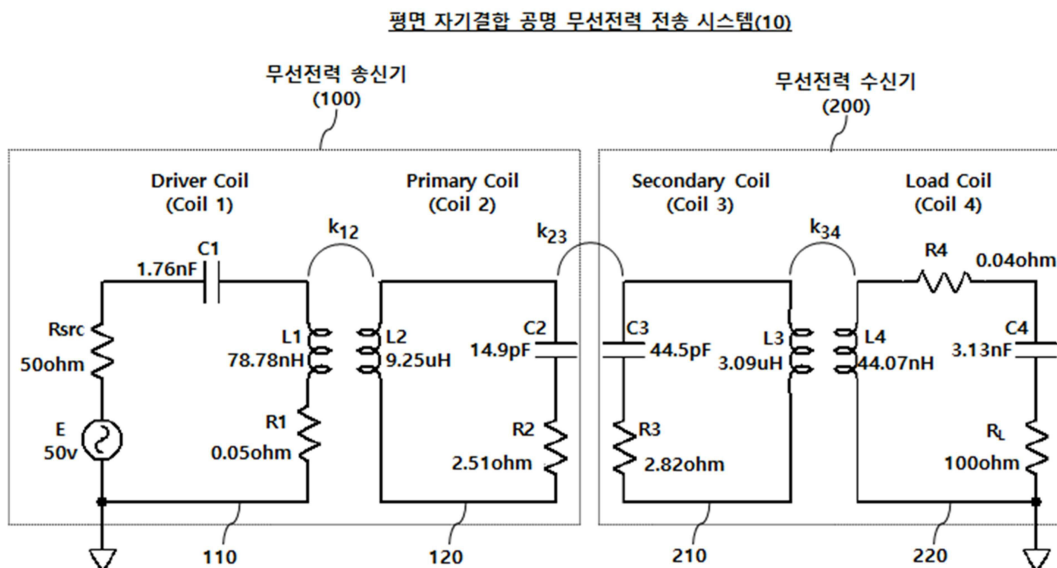
[0134] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

부호의 설명

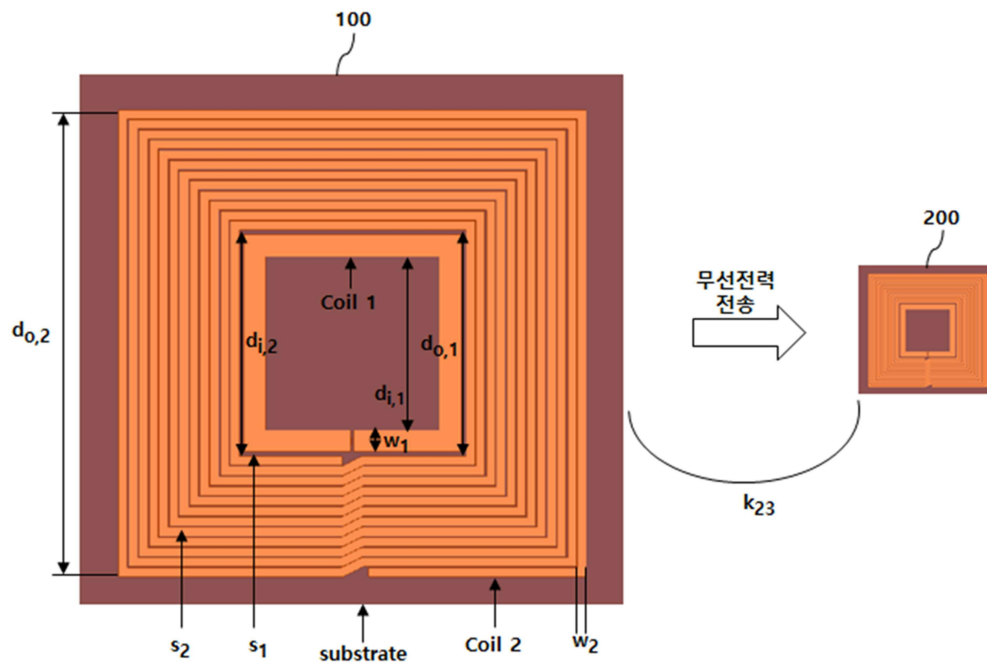
- [0135] 10 : 평면 자기결합 공명 무선전력 전송 시스템
 100 : 무선전력 송신기 110 : 드라이버 코일
 120 : 프라이머리 코일 200 : 무선전력 수신기
 210 : 세컨더리 코일 220 : 부하 코일

도면

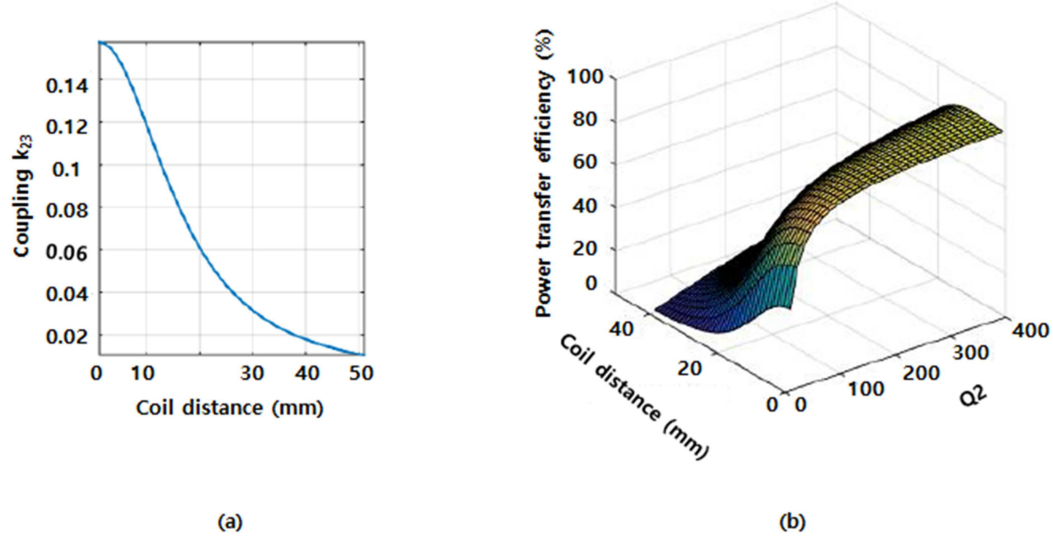
도면1



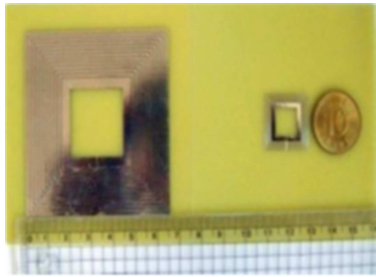
도면2



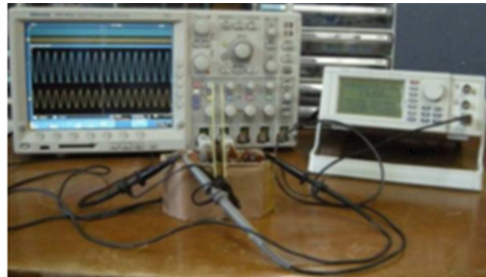
도면3



도면4

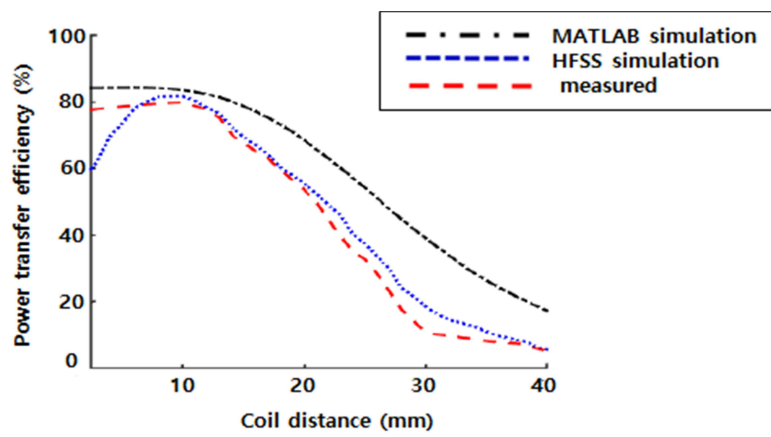


(a)

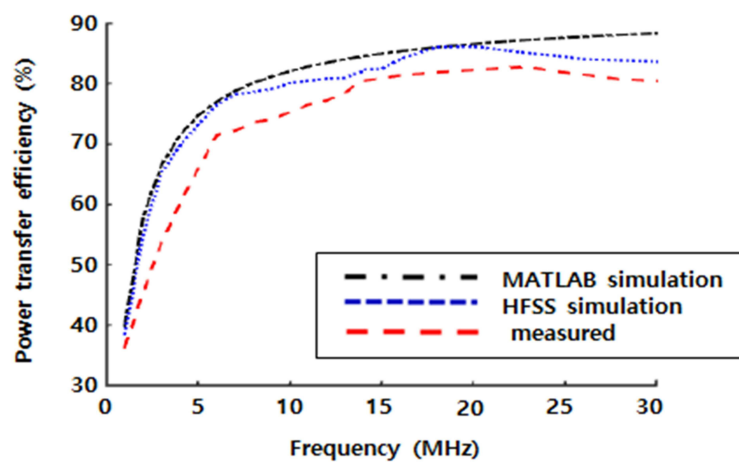


(b)

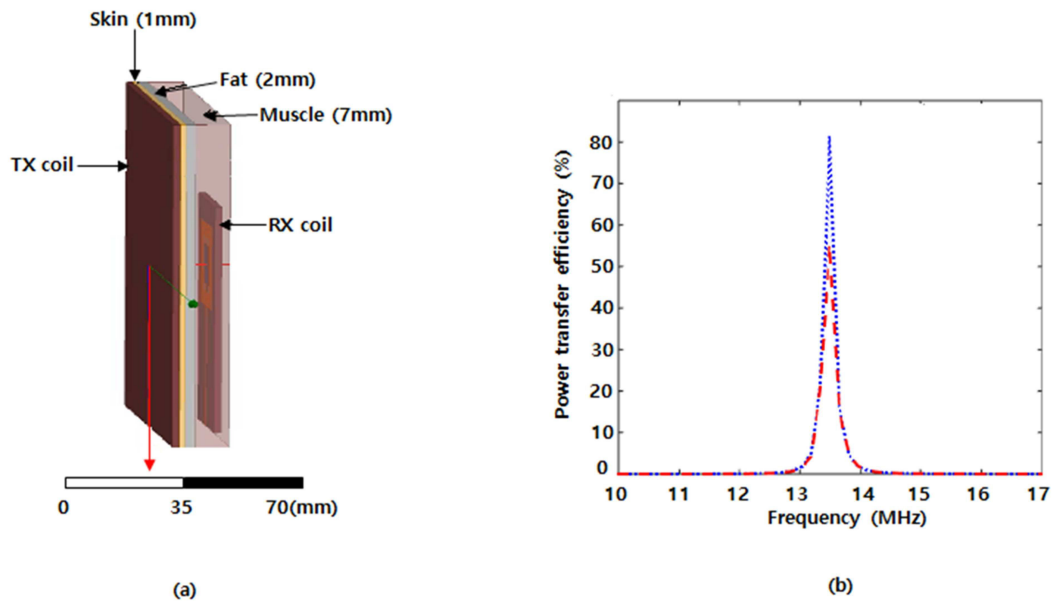
도면5



도면6



도면7



도면8

