



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월05일
(11) 등록번호 10-2440191
(24) 등록일자 2022년08월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 9/04 (2018.01) H01Q 1/38 (2015.01)
H01Q 9/28 (2018.01)
- (52) CPC특허분류
H01Q 9/0421 (2013.01)
H01Q 1/38 (2018.05)
- (21) 출원번호 10-2019-7031174
- (22) 출원일자(국제) 2018년04월03일
심사청구일자 2021년01월25일
- (85) 번역문제출일자 2019년10월22일
- (65) 공개번호 10-2019-0128077
- (43) 공개일자 2019년11월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/025939
- (87) 국제공개번호 WO 2018/187362
국제공개일자 2018년10월11일
- (30) 우선권주장
62/481,821 2017년04월05일 미국(US)
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
JP08321716 X2*
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
라이텐, 인코포레이티드
미국 95134-2303 캘리포니아주 샌호세 베이트크 드라이브 145
- (72) 발명자
스토웰, 마이클 더블유.
미국 94086 캘리포니아 쉐니베일 키퍼 로드 933 스위트 비
- (74) 대리인
이시용

전체 청구항 수 : 총 17 항

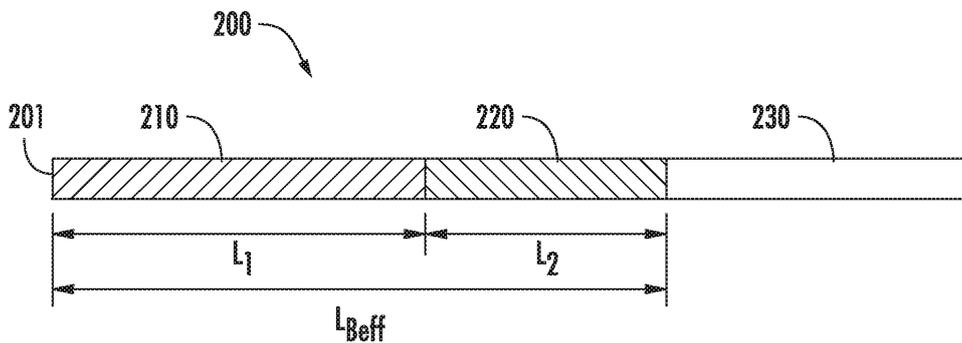
심사관 : 나병윤

(54) 발명의 명칭 주파수 선택 요소를 갖는 안테나

(57) 요약

안테나 시스템은 기관 및 기관 상의 안테나를 가지며, 이때 안테나는 복수의 레그 요소를 갖는다. 복수의 레그 요소는 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 상기 복수의 레그 요소 중 적어도 하나는 상기 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 가능 또는 선택 해제 가능하고, 선택되는 레그 요소들은 안테나 경로 길이가 상기 공진 주파수에 상응하게 만든다. 일부 실시예들에서, 상기 안테나들은 에너지 하비스터들이다.

대표도 - 도2b



(52) CPC특허분류
H01Q 9/285 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020140031046 A*
JP08321716 A
US20160181868 A1
JP2013190904 A
KR1020080078149 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(30) 우선권주장
62/482,806 2017년04월07일 미국(US)
62/508,295 2017년05월18일 미국(US)
15/944,482 2018년04월03일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

안테나 시스템으로서,

기관;

상기 기관 상에 배치되는 제1 전도성 잉크를 포함하고 상기 제1 전도성 잉크의 제1 자재 속성에 적어도 부분적으로 기초하는 제1 공진 주파수 임계치를 갖는 제1 안테나 요소; 및

상기 제1 안테나 요소에 결합되며, 상기 기관 상에 배치되는 제2 전도성 잉크를 포함하고 상기 제2 전도성 잉크의 제2 자재 속성에 적어도 부분적으로 기초하는, 상기 제1 공진 주파수 임계치와 상이한 제2 공진 주파수 임계치를 갖는 제2 안테나 요소를 포함하되,

상기 제1 안테나 요소는 상기 제1 공진 주파수 임계치보다 큰 주파수들에서 불활성이도록 구성되며; 그리고

상기 제2 안테나 요소는 상기 제2 공진 주파수 임계치보다 큰 주파수들에서 불활성이도록 구성된, 안테나 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 안테나 요소는 상기 제1 전도성 잉크의 상기 제1 자재 속성에 적어도 부분적으로 기초하는 제1 전기 임피던스를 포함하며; 그리고

상기 제2 안테나 요소는 상기 제2 전도성 잉크의 상기 제2 자재 속성에 적어도 부분적으로 기초하는 제2 전기 임피던스를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 제1 안테나 요소는 상기 제1 공진 주파수 임계치보다 큰 신호 주파수들에 응답하여 불활성이도록 구성되며, 그리고 상기 제2 안테나 요소는 상기 제2 공진 주파수 임계치보다 큰 신호 주파수들에 응답하여 불활성이도록 구성된, 안테나 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 안테나 시스템의 안테나 길이는 상기 제1 공진 주파수 임계치 또는 상기 제2 공진 주파수 임계치보다 큰 신호 주파수들을 수신할 때 짧아지도록 구성된, 안테나 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제1 자재 속성 및 상기 제2 자재 속성 각각은 투자율, 유전율 또는 전도도 중 적어도 하나를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 기관은 제1 층, 제2 층 및 상기 제1 층과 상기 제2 층 사이에 배치되는 중간 층을 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 제1 안테나 요소 및 상기 제2 안테나 요소는 상기 제1 층 상에 배치되는, 안테나 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 제2 층 상에 배치되는 접지면을 더 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 제1 안테나 요소와 상기 제2 안테나 요소 사이에 배치되는 유전체 요소를 더 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 제1 전도성 잉크 및 상기 제2 전도성 잉크는 탄소계 전도성 잉크인, 안테나 시스템.

청구항 11

안테나 시스템으로서,

기관; 및

각각 상기 기관 상에 배치되는 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 안테나 경로를 형성하도록 구성된 복수의 제1 안테나 요소를 포함하는 안테나를 포함하되,

상기 제1 안테나 요소들 중 적어도 하나는 상기 전도성 잉크의 자재 속성에 기초하는 제1 공진 주파수 임계치를 가지며; 그리고

상기 복수의 제1 안테나 요소에 의해 형성되는 상기 연속적인 안테나 경로는 상기 제1 공진 주파수 임계치에 적어도 부분적으로 기초하는, 안테나 시스템.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 전도성 잉크의 상기 자재 속성은 투자율, 유전율 또는 전도도 중 적어도 하나를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 13

청구항 11에 있어서, 상기 안테나 경로는 상기 제1 공진 주파수 임계치보다 큰 신호 주파수들을 수신할 때 짧아지도록 구성된, 안테나 시스템.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 전도성 잉크의 상기 자재 속성에 기초하는 제2 공진 주파수 임계치를 갖는 제2 안테나 요소를 더 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 15

안테나 시스템으로서,

기관 상에 배치되는 제1 전도성 잉크를 포함하고 제1 공진 주파수 임계치를 갖도록 구성된 제1 안테나 요소;

상기 제1 안테나 요소에 결합되며, 상기 기관 상에 배치되는 제2 전도성 잉크를 포함하고 상기 제1 공진 주파수 임계치와 상이한 제2 공진 주파수 임계치를 갖도록 구성된 제2 안테나 요소; 및

상기 제1 안테나 요소 및 상기 제2 안테나 요소에 결합되는 전자 회로

를 포함하고,

상기 전자 회로는:

상기 제1 공진 주파수 임계치보다 큰 주파수를 갖는 신호를 수신하는 것에 응답하여 하나 이상의 다른 안테나 요소에 상기 제1 안테나 요소를 단락시킴으로써 상기 제1 안테나 요소를 불활성화하고; 그리고

상기 제2 공진 주파수 임계치보다 큰 주파수를 갖는 신호를 수신하는 것에 응답하여 상기 하나 이상의 다른 안테나 요소에 상기 제2 안테나 요소를 단락시킴으로써 상기 제2 안테나 요소를 불활성화하도록 구성되는,

안테나 시스템.

청구항 16

청구항 15에 있어서, 상기 제1 공진 주파수 임계치는 상기 제1 전도성 잉크의 자재 속성에 기초하고, 상기 제2 공진 주파수 임계치는 상기 제2 전도성 잉크의 자재 속성에 기초하는, 안테나 시스템.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 상기 제1 전도성 잉크의 자재 속성 및 상기 제2 전도성 잉크의 자재 속성 각각은 투자율, 유전율 또는 전도도 중 적어도 하나를 포함하는, 안테나 시스템.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들

[0002] 본 출원은 2018년 4월 3일에 출원된 "Antenna With Frequency-Selective Elements(주파수 선택 요소를 갖는 안테나)"라는 명칭의 미국 정규 특허 출원 제15/944,482호에 대한 우선권을 주장하며; 이는: 1) 2017년 4월 5일에 출원된 "Power Management in Energy Harvesting(에너지 하베스팅에 있어서의 전력 관리)"라는 명칭의 미국 가 특허 출원 제62/481,821호; 2) 2017년 4월 7일에 출원된 "Dynamic Energy Harvesting Power Architecture(동적 에너지 하베스팅 전력 아키텍처)"라는 명칭의 미국 가 특허 출원 제62/482,806호; 및 3) 2017년 5월 18일에 출원된 "Carbon-Based Antenna(탄소계 안테나)"라는 명칭의 미국 가 특허 출원 제62/508,295호의 우선권을 주장하며; 이 모두는 이에 의해 모든 목적으로 참고로 통합된다.

배경 기술

[0003] 무선 장치들은 데이터 추적 및 이동 통신이 광범위한 제품 및 실무에 편입됨에 따라 사회의 필수 부분이 되었다. 예를 들어, 무선 주파수 식별(RFID) 시스템들이 운송되는 제품들, 중계 지점들을 통과하는 차량들, 창고 또는 조립 라인에서의 재고 그리고 심지어 이식 또는 착용되는 RFID 추적기들을 통한 동물 및 사람과 같은 객체들을 추적 및 식별하는 데 통용된다. 사물 인터넷(IoT, Internet of Things)은 무선 장치들이 사용되는 또 다른 영역으로서, 네트워크 장치들이 함께 연결되어 서로 정보를 통신한다. IoT 응용 분야의 예들로는 스마트 가전들, 스마트 홈, 음성 제어 보조기들, 웨어러블 기술들 및 이블테면 보안, 에너지 및 환경 모니터링 시스템들이 포함된다.

[0004] 많은 응용 분야가 이들 무선 전자 장치가 매우 작고 휴대형일 것을 요구함에 따라, 장치들이 전력을 공급받을 수 있는 방식을 제한하기 때문에, 에너지 하베스팅(EH, energy harvesting)이 종종 장치들에 대한 추가 에너지 원으로서 이용된다. 에너지 하베스팅은 일반적으로 에너지를 의도하여, 자연적으로 또는 부산물 또는 부작용으로 방사하거나 브로드캐스팅하는 다양한 에너지원으로부터 에너지 하베스팅 구성요소 또는 장치에 의해 에너지가 유도되는 프로세스이다. 하베스팅될 수 있는 에너지의 유형들로는 특히 전자기(EM) 에너지, 태양 에너지, 열 에너지, 풍력 에너지, 염분 구배 및 운동 에너지가 포함된다. 예를 들어, 동작하는 연소 기관 주변 영역에서 온도 구배가 발생한다. 도시 지역에는 라디오 및 텔레비전 브로드캐스팅으로 인해 환경에 많은 양의 EM 에너지가 있다. 따라서, 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들은 이들 유형의 에너지원으로부터의 에너지 레벨이 매우 가변적이거나 신뢰할 수 없을지라도, 이들 지역 또는 환경에 또는 근처에 이들 에너지원의 존재를 이용하기 위해 배치될 수 있다. 예를 들어, 휴대폰, 와이파이 네트워크 및 텔레비전과 같은 EM원들에서 라디오 주파수(RF) 에

너지를 획득하기 위해서는 안테나들이 사용될 수 있다. 에너지 하베스팅은 일반적으로 전용 고정 배선 송전선들을 통해 제공되는, 이를테면 전력 공급 회사에 의해 전력망을 통해 특정 고객들에게 제공되는(각각이 에너지원에 대해 추가되는 전력 부하이다) 에너지의 직접 공급과 구별된다.

[0005] 일부 상황에서, 하베스팅에 이용 가능한 에너지는 수신 장치에 전력을 공급할 목적으로 임의의 특정 고객 또는 수신기로 전송되도록 의도되지 않은 배경, 주변 또는 소기된 에너지로도 알려져 있다. 배경 또는 주변 에너지의 일례는 많은 유형의 전기 장치 또는 전송선의 피할 수 없는 부작용 또는 부산물로 방출되는 자연적인 EM 방사이다. 그에 반해, 지상, 공중 또는 위성 라디오 송신기들로부터의 라디오 주파수 브로드캐스트들은 텔레 통신 목적들로 수신기에 의해 사용되도록 의도될 수 있지만, 그러한 라디오 주파수 에너지(EM 방사선) 또한 의도되지 않은 에너지 하베스팅 목적들로 사용될 수 있다. 이들 "의도하지 않은" 상황에서, 에너지 하베스팅 회로는 에너지 지원에 대해 추가 전력 부하 없이, 이용 가능할 때는 언제든지 또는 이용 가능할 어디서든 주변 에너지를 간단히 인터셉트한다. 그 외 다른 상황들에서는, EM 방사를 브로드캐스팅 또는 비밍하기 위해 전용 무선 EM 에너지 송신기가 제공될 수 있으며 이때 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들에 의한 의도적인 하베스팅 또는 획득을 위해 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들이 존재함으로써, 특정 전기 장치들에 "의도적인" 무선 송전 시스템을 제공하는 것으로 알려져 있다. 그러나, 에너지 하베스팅 회로 또는 장치의 관점에서, EM 에너지 송신기로부터의 의도적인 EM 방사는 의도적인 상황이 보다 신뢰할 수 있는 에너지원을 초래할 수 있다는 점을 제외하고는 주변 (의도하지 않은) 에너지와 동일하거나 유사하다. 의도적으로 의도하지 않고 송신되는 에너지 모두 에너지 하베스팅에 사용될 수 있다.

[0006] 하베스팅된 에너지는 일반적으로 이를테면 웨어러블 전자 장치들 및 무선 센서 장치들 또는 네트워크들 중 일부 유형에 사용되는, 소형의, 통상적으로 무선, 통상적으로 자동인 전자 회로들, 구성요소들 또는 장치들에 의해 사용을 위해 획득되거나 장치 사용을 위해 축적된다. 따라서, 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들은 통상적으로 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들에 전기적으로 연결되거나, 그것들과 통합되거나 또는 그와 연관된 저에너지 전자 회로들 또는 장치들에 매우 적은 양의 전력을 제공한다. 이들 에너지 하베스팅 회로는 EHV들이 전체 장치에 충분한 전력을 제공하지 않거나 일관된 전력을 제공하지 않기 때문에, 통상적으로 장치 상의 배터리에 대한 보충 전원이다.

[0007] 안테나들이 에너지를 효율적으로 하베스팅할 수 있는 역량에서 중요한 역할을 한다. 무선 및 IoT 장치들에서의 통신뿐만 아니라 에너지 하베스팅을 위한 안테나의 개발은 크기를 최소화하고, 효율을 증가시키며, 다중 대역 주파수들을 획득하며 그리고 상이한 안테나 자체들을 조사하는 연구들을 수반했다. 안테나들은 모바일 장치들을 위한 하우스징들 및 이식형 장치들 안에 그리고 스마트 카드들 및 포장 상에 통합되었다. RFID 안테나들은 종종 작은 크기의 필-앤-스틱 라벨들(peel-and-stick labels)과 같이, 포장 또는 디스플레이들을 위한 라벨들의 표면들 상에 부착된다. 일부 안테나는 실크 스크리닝, 플렉소 그래픽 또는 잉크젯과 같은 인쇄로 제작되었다. 탄소계 및 중합체 기반 잉크들도 사용되었지만, 은 잉크가 전기 전도성 구성요소들에 가장 통용되는 잉크이다. 무선 장치들이 점점 더 보급됨에 따라, 보다 효율적이고 비용 효율적인 안테나들이 계속 요구되고 있다.

발명의 내용

[0008] 일부 실시 예에서, 안테나 시스템은 기관 및 기관 상의 안테나를 가지며, 이때 안테나는 복수의 레그 요소를 갖는다. 상기 복수의 레그 요소는 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 상기 복수의 레그 요소 중 적어도 하나는 상기 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 가능 또는 선택 해제 가능하고, 선택되는 레그 요소들은 안테나 경로 길이가 상기 공진 주파수에 상응하게 만든다.

[0009] 일부 실시 예에서, 에너지 하베스팅 시스템은 안테나 시스템 및 전자 회로를 포함한다. 상기 안테나 시스템은 기관 및 상기 기관 상의 안테나를 포함한다. 상기 안테나는 복수의 레그 요소를 가지며, 이때 상기 복수의 레그 요소는 탄소계 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 상기 복수의 레그 요소의 각각은 상기 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 가능 또는 선택 해제 가능하다. 선택되는 레그 요소들은 안테나 경로 길이가 상기 공진 주파수에 상응하게 만든다. 상기 전자 회로는 상기 복수의 레그 요소의 각각에의 연결부들을 가지며, 이때 상기 전자 회로는 상기 복수의 레그 요소에서 제2 레그 요소에 상기 제1 레그 요소를 단락시킴으로써 상기 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소를 능동적으로 선택 해제하도록 구성된다.

[0010] 일부 실시 예에서, 안테나 시스템은 기관 및 상기 기관 상의 안테나를 포함한다. 상기 안테나는 복수의 레그 요소를 포함하며, 상기 복수의 레그 요소는 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 상기 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소는 수신된 주파수 및 상기 제1 레그 요소의 제1 전기 임피던스에 의존적인 제1 공진 주파수 임계치를 갖는다. 상기 제1 전기 임피던스는 투자율, 유전율 및 전도도로 이루어진 균으로부터 선택되는

자재 속성에 기초한다. 상기 제1 레그 요소는 안테나 경로 길이를 변경함으로써 상기 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 해제 가능하며, 상기 제1 레그 요소는 상기 수신된 주파수가 제1 상기 주파수 임계치를 초과할 때 불활성화됨으로써 상기 안테나 경로 길이에서 수동적으로 선택 해제된다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1a 및 도 1b는 해당 기술분야에 알려져 있는 안테나 편파를 설명하는 도해들이다.
- 도 2a 및 도 2b는 일부 실시 예에 따른, 주파수 선택 요소들을 갖는 안테나들의 측단면도들이다.
- 도 3a 및 도 3b는 일부 실시 예에 따른, 안테나의 레그 요소들을 선택 또는 선택 해제하도록 조정하는 자재들의 사용을 도시하는 측단면도들이다.
- 도 4는 일부 실시 예에 따른, 자재들이 조정되는 레그 요소들을 갖는 평판 역F 안테나의 사시도이다.
- 도 5는 일부 실시 예에 따른, 디지털로 조정되는 레그 요소들을 갖는 평판 역F 안테나의 사시도이다.
- 도 6a 내지 도 6c는 일부 실시 예에 따른, 안테나들 및 디지털로 조정되는 레그 요소들에 대한 S-파라미터 그래프들을 도시한다.
- 도 7은 일부 실시 예에 따른, 공진 주파수들의 커스터마이제이션을 도시하는 S-파라미터 그래프이다.
- 도 8a 및 도 8b는 일부 실시 예에 따른, 유전체가 인쇄될 수 있는 마이크로스트립 안테나의 평면도 및 측단면도를 도시한다.
- 도 9는 일부 실시 예에 따른, 평판 역F 안테나 및 안테나 이득 응답을 도시한다.
- 도 10은 일부 실시 예에 따른, 파형 안테나(sinuous antenna) 및 안테나 이득 응답을 도시한다.
- 도 11a 내지 도 11c는 일부 실시 예에 따른, 상자 상에 인쇄된 평판 안테나를 도시한다.
- 도 12a 및 도 12b는 일부 실시 예에 따른, 3차원 기관으로 통합되는 접힌 역F 안테나의 사시도 및 측단면도들을 도시한다.
- 도 13은 일부 실시 예에 따른, L-슬롯 이중 대역 평판 역F 안테나의 사시도이다.
- 도 14는 일부 실시 예에 따른, 인쇄 미앤더드 역F 안테나(printed meandered inverted-F antenna)의 사시도이다.
- 도 15는 일부 실시 예에 따른, 다른 평판 역F 안테나의 사시도를 도시한다.
- 도 16은 일부 실시 예에 따른, 직사각형 전자기 결합 패치 안테나의 사시도이다.
- 도 17은 일부 실시 예에 따른, 인쇄 주파수 선택 안테나를 제조하기 위한 방법의 개략도를 도시한다.
- 도 18은 일부 실시 예에 따른, 인쇄 주파수 선택 안테나를 제조하기 위한 방법의 흐름도이다.
- 도 19는 해당 기술분야에 알려져 있는 다양한 페이퍼 기관 상에 인쇄되는 전도성 자재들에 대한 전지 저항의 그래프이다.
- 도 20은 일부 실시 예에 따른, 주파수 선택 안테나 레그 요소들을 선택 및 선택 해제하기 위한 전자 회로의 블록도이다.
- 도 21은 일부 실시 예에 따른, 상이한 안테나 구성들에 대한 주파수 응답의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 개시는 다수의 레그 요소를 갖는 인쇄 안테나들을 설명하며, 이때 레그 요소들은 목적하는 주파수에 대해 활성이도록 개별적으로 선택 가능하거나 선택 해제 가능하다. 안테나의 상이한 부분들을 이용함으로써, 안테나 경로 길이-즉, 활성인 소정의 안테나 패턴의 부분들-이 특정 주파수에 대한 에너지가 하베스팅되도록 조절될 수 있다. 즉, 본 안테나들은 동적으로 변경 가능한 공진 주파수를 가지며, 이때 안테나 요소들은 경로 길이를 변경하기 위해 스위치 인 및 아웃된다. 본 안테나 시스템들은 많은 주파수를 볼 수 있는 광대역 안테나들로서 작용하며, 이때 시스템은 어느 주파수가 가장 우세 전원인지를 찾고 최대 주파수 수신을 위해 안테나 시스템의 구성 요소들 및 요소들을 변경한다.

[0013] 일부 실시 예에서, 레그 요소들의 선택은 레그 요소가 더 이상 응답하지 않을 공진 주파수 임계치를 초과하는

특정 전기 임피던스를 갖도록 각 레그 요소를 조정함으로써 수동적으로 발생한다. 전기 임피던스의 조정은 레그 요소들을 인쇄하는 데 사용되는 자재를 조절함으로써, 이를테면 상이한 전자기 투자율, 유전율 및/또는 전도도를 갖는 잉크를 사용하여, 이루어질 수 있다. 레그 요소들을 제조하는 데 사용되는 자재의 유형 또한 안테나의 주파수 응답 특성들에 영향을 미치기 위해 달라질 수 있다. 안테나가 주파수를 수신할 때, 수신된 주파수가 해당 특정 레그 요소의 공진 주파수 임계치 미만일 경우 레그 요소는 활성일 것이고, 수신된 주파수가 임계치를 초과할 경우 불활성일 것이다. 그에 따라 소정의 시간에 활성 레그 요소들의 총 경로 길이는 안테나의 전체 공진 주파수를 변경한다.

- [0014] 그 외 다른 실시 예들에서, 레그 요소들의 선택은 레그 요소들을 함께 단락시키는 전자 스위칭함으로써, 레그 요소를 선택 해제하고 안테나 경로 길이를 줄임으로써 능동적으로 발생한다. 전자 스위칭은 안테나의 레그 요소들에 결합되는, 마이크로 프로세서와 같은, 전자 회로에 의해 이루어진다.
- [0015] 일부 실시 예에서, 레그 요소들의 조정 가능한 공진 주파수들은 안테나 요소들의 기하학적 구조에 의해, 이를테면 테이퍼된 세그먼트들을 사용함으로써, 얻어질 수 있다.
- [0016] 일부 실시 예에서, 전체 안테나의 커패시턴스를 조절하기 위해 안테나의 레그 요소들 사이에 유전체가 또한 인쇄될 수 있다. 일부 실시 예에서, 본 안테나들은 2차원 평판 설계들로서 구성될 수 있다. 평판 안테나들은 운송상자와 같이, 기판으로 만들어지는 객체의 하나 이상의 면 위에 연장될 수 있다.
- [0017] 추가 실시 예들에서, 안테나들 자체는 기판 내에 통합되는 3차원(3D) 기하학적 구조를 갖는다. 3D 안테나들은 기판의 구성요소들 상에 인쇄되는 다수의 도체를 가지며, 이때 구성요소들은 기판을 형성하도록 함께 이어지고 적층된다. 본 3D 안테나들은 고유하게 기판 자재의 3D 특징들, 이를테면 골판지의 다층 구성 및 굽이진 층 자체의 3D 특징들을 이용한다. 3D 안테나들의 실시 예들은 2차원(평판) 설계들보다 안테나의 표면적을 늘일 수 있다. 더 큰 표면적은 하베스팅될 수 있는 에너지량을 증가시키고/거나 통신을 위한 송수신을 개선한다. 3D 안테나들은 또한 선택 가능한 레그 요소들을 통해 안테나의 경로 길이를 변경함으로써 다양한 주파수에서 동작하도록 조절될 수 있다.
- [0018] 본 실시 예들의 안테나들은 페이퍼 기반 자재를 이를테면 라벨들, 카드들 및 포장 이를테면 판지; 또는 페이퍼가 아닌 자재들 이를테면 유리 또는 플라스틱을 비롯한, 다양한 기판 상에 인쇄될 수 있다. 본 안테나들은 금속들 및 탄소계 잉크와 같은 임의의 전도성 자재를 사용하여 인쇄될 수 있다. 탄소 잉크는 그래핀 및 탄소 나노-어니언 또는 이들의 혼합물들과 같은 구조의 탄소들을 함유할 수 있다.
- [0019] 본 실시 예들의 속성들은 본유의 유연한 안테나 기술, 향상된 RFID 범위 및 유연성을 포함한다. 본 안테나 시스템들의 응용 분야는 다음을 포함한다: 인사 원격 측정 배치 또는 의복; 그룹별 에너지 하베스팅 및 통신; 자동 및 스윙 데이터 원격 측정 및 데이터 수집; 핸즈 오프 운송 거래; 항만 당국을 포함하는 재고 관리; 위치 및 내부 내용물 제어; 부패하기 쉬운 물질들의 온도, 습도, 충격 등의 모니터링; 그리고 내부 제품 또는 연결된 회로의 에너지 하베스팅 전력 주행 또는 충전.
- [0020] 실시 예들이 주로 다이폴 안테나의 면에서 설명될 것이지만, 개념은 어레이 안테나들 및 슬롯 안테나들을 비롯한 임의의 유형의 안테나들에 적용된다. 통상적으로 300 MHz 내지 24 GHz에서 사용되는 슬롯 안테나들은 그것들이 그것들이 장착될 어느 표면에서든 제외될 수 있고 거의 무지향성인 방사 패턴들을 갖기 때문에(다이폴 안테나와 유사하게) 인기가 있다. 슬롯 안테나의 편파는 선형이다. 슬롯 크기, 형상 및 그것 뒤에 있는 것(공동)이 성능을 조정하기 위해 사용될 수 있는 설계 변수들을 제공한다. 안테나의 방향성을 증가시키기 위해, 하나의 솔루션은 반사기를 사용하는 것이다. 예를 들어, 와이어 안테나(예를 들어, 반파 다이폴 안테나)로 시작하여, 방사를 순방향으로 지향시키기 위해 그것 뒤에 전도성 시트가 배치될 수 있다. 방향성을 추가로 증가시키기 위해, 코너 반사기가 사용될 수 있다. 마이크로스트립 또는 패치 안테나들은 그것들이 회로 기판 상에 직접 인쇄될 수 있기 때문에 점점 더 유용해지고 있다.
- [0021] 실시 예들은 주로 에너지 하베스팅에 관해 설명될 것이며, 이때 안테나는 에너지를 흡수함으로써 에너지 하베스터이다. 그러나, 개념은 또한 이에 제한되지는 않지만, 디지털, 아날로그, 음성 및 텔레비전 신호들과 같은 모든 유형의 데이터의 송수신에 적용된다.
- [0022] 통상적인 안테나들
- [0023] 먼저 무선 2차원(2D) 평판 안테나의 수신을 향상시키기 위한 설계 요인들이 설명될 것이다. 안테나 설계에서의 하나의 고려 사항은 안테나 이득이다. 간단히 말해서, 더 높은 이득의 안테나가 안테나로부터 수신되는 전력을 증가시킨다. 안테나들이 최장 도달, 고이득 안테나 설계들을 갖는다는 것을 보장하는 것이 요구된다(예를 들어,

9 dBi 이상). 요컨대, 이득이 높을수록 안테나의 범위가 높아지고, 그 반대로도 그렇다. 다른 고려 사항은 크기 및 배향이다. 배향에 대해, 임의의 안테나로부터의 최상의 범위는 안테나가 완전히 소스를 향하거나 소스에 대하여 적절하게 배향된다는 것을 보장함으로써 얻어진다. 크기와 관련하여, 작은 엄지 안테나들은 범위들이 짧고, 큰 안테나들은 더 긴 범위들을 가질 것이라는 것이 일반 규칙이다. 수동 RFID 안테나들은 안테나 범위가 수 인치에서 50 피트를 넘어서까지 다양할 수 있다. 더 큰 안테나들이 더 작은 안테나들보다 더 멀리 브로드캐스팅할 것이기 때문에, 일반적으로 안테나가 클수록 안테나의 범위도 길어진다.

[0024] 안테나 편파는 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같이, 2D(평판) 안테나 설계에서의 다른 고려 사항이다. 편파는 안테나가 생성하고 있는 전기장의 유형을 지칭한다. 도 1a에 도시된 선형 편파는 일면을 따르는 방사를 지칭한다. 도 1b에 도시된 원형 편파는 방사되는 전력을 두 개의 축을 가로질러 분기시킨 다음 전자기장을 "스피닝 (spin)"시켜 가능한 많은 평면을 커버하는 안테나들을 지칭한다. 안테나들이 소스 편파와 정렬될 경우 흡수가 향상되며, 이때 선형 편파 안테나들이 원형 편파 안테나들보다 더 많이 수신할 것이다. 또한, 선형 안테나들에 대해서는 전력이 하나보다 많은 축을 가로질러 분기되지 않기 때문에, 선형 안테나의 전자기장은 비교할만한 이득을 갖는 원형 안테나의 전자기장보다 더 멀리 연장될 것이며, 그에 따라 안테나 소스와 정렬될 때 안테나 범위를 더 길게 한다. 안테나들이 소스의 편파와 정렬되지 않을 경우라면, 원형 편파 안테나들이 선형 편파 안테나들보다 더 멀리 연장되는 전자기장을 가질 것이다.

[0025] 2D 안테나 설계에서 저항이 또 다른 고려 사항이며, 이때 도체 저항이 증가되면 안테나 수신을 감소시킨다. 포장의 제조와 같이, 자재 제조 라인들로 완전히 통합될 수 있는 RFID 기술을 이루기 위해 산업에서 인쇄 안테나들이 고려되었다. 그러나, 인쇄 안테나들이 갖는 단점은 그것들의 방사 효율이 그것들의 구리 대응물들과 비교하여 감소된다는 점인데, 이는 그것들의 인쇄된 트레이스들의 벌크 전도도가 고체 금속들보다 낮기 때문이다. 인쇄 안테나들의 주요 단점은 고체 금속들로 안테나들을 제조하는 것과 비교할 때 그것들의 전도도가 제한된다는 점이다. 도체 두께가 증가함에 따라 오옴 손실이 감소된다는 것이 도체 및 전도도에 대한 기본 법칙들이다. 인쇄된 잉크 트레이스들이 균일하지 않더라도, 또한 인쇄된 트레이스들에 유사한 거동이 적용될 것이다. 소정의 길이 및 폭을 갖고 특정 잉크 두께로 인쇄되는 송전선은 길이에 비례하고 트레이스 폭 및 두께에 반비례하는 전체 저항을 갖는다. 오옴 손실은 임피던스 부정합에 의해 유발되는 것보다 방사 효율 손실에 훨씬 더 심한 원인이 된다. 이는 다음 식에 의해 표현된다:

[0026]
$$\text{CONDUCTOR} \propto \text{MISMATCH} \cdot \text{OHMIC} \quad (\text{식 } 1)$$

[0027] 원격 측정 수요가 성장하고 무선 전자 장치들의 특징부들이 발전됨에 따라, 가동 전력 증가가 요구된다. 기존 안테나들과 동일한 비용으로 개선된 대규모 안테나들이 요구된다.

[0028] 원격 측정 및 IoT 응용 분야에 대해, 이를테면 주변 환경에서 이용 가능한 다양한 주파수를 하베스팅할 수 있는 것과 같은, 에너지 하베스팅의 그 외 다른 양태들의 개선이 또한 요구된다. 몇몇 종래 다중 대역 안테나 시스템들은 안테나와 임피던스 정합을 이루기 위해 정류 회로들을 이용한다. 그 외 다른 알려져 있는 안테나 설계는 각각 특정 주파수에 대해 설계된 다수의 안테나를 포함하며, 이때 회로는 상이한 안테나들 사이에서 스위칭된다. 다른 알려져 있는 안테나의 유형은 프랙털 패턴(fractal pattern)을 이용하는 프랙털 광대역 안테나이다. 프랙털 패턴은 프랙털 설계 내에서 이용 가능한 다양한 경로 길이에 기인하여 다수의 주파수가 동시에 수신될 수 있게 한다. 그러나, 이러한 프랙털 안테나들이 광대역이더라도, 그것들의 각각의 개별적인 주파수의 수신은 신호 전류가 한꺼번에 다수의 주파수에 퍼지기 때문에 열악하다.

[0029] 주파수 선택 레그 요소들을 갖는 안테나

[0030] 본 실시 예들의 안테나들은 안테나의 공진 주파수가 조절될 수 있도록 변형 가능한 안테나 경로 길이를 갖는 단일 안테나를 수반한다. 예를 들어, 공진 주파수는 주변 환경에서 어느 주파수가 해당 시간에 가장 강한 신호를 갖는지에 따라 동적으로 변경될 수 있다. 그에 따라, 본 안테나들은 하베스팅에서 전력 최적화를 가능하게 한다.

[0031] 본 안테나들은 연속적인 경로를 형성하는 복수의 레그 요소를 가지며, 이때 하나 이상의 레그 요소가 선택 해제될 수 있다-즉, 안테나의 동작 동안 목적하는 공진 주파수에서 불활성이다. 안테나는 예를 들어, 동시에 많은 주파수를 수신하는 프랙털 안테나들과 대조적으로, 단지 특정 공진 주파수의 에너지만을 모은다. 단지 하나의 주파수가 하베스팅되기 때문에, 안테나는 고효율로 수행된다. 상이한 주파수가 에너지 하베스팅의 타겟으로 요구될 경우, 이를테면 하베스팅되었던 제1 신호가 더 이상 이용 가능하지 않으나 제2 신호의 세기가 증가했을 경우, 안테나는 제2 신호의 주파수에 상응하는 상이한 안테나 경로 길이를 갖도록 조절될 수 있다.

[0032] 일반적으로, 안테나의 길이는 그것이 설계된 공진 주파수의 파장에 상응하도록 설정된다. 예를 들어, 표준 다이폴 안테나는 각각이 타겟 공진 주파수의 1/4 파장의 길이를 갖는 두 개의 로드를 갖는다. 다이폴 안테나의 전체 길이는 1/2 파장이며, 이는 로드들에 전압 및 전류의 정재파를 야기한다. 정재파는 안테나의 급전점으로부터의 전류가 1/4 파장 안테나 밑으로 이동하고, 도체(즉, 안테나 로드)의 중단들로부터 반사되며, 안테나 로드를 따라 다시 급전점으로 이동함에 따라 총 360도 위상 변화에 의해 야기된다. 파장(λ)(미터)은 다음 식에 의해 주파수(MHz)와 관련된다:

[0033]
$$\lambda = 300 / f$$
 (식 2)

[0034] 그에 따라, 더 높은 주파수가 수신될수록, 안테나 길이는 짧아진다. 본 실시 예들은 인쇄 레그 요소들에 의해 가능하게 되는 선택 가능한 안테나 요소들을 갖는 이러한 원리를 이용한다.

[0035] 도 2a 및 도 2b는 주파수 선택 요소들의 개념을 설명하는 안테나들의 측단면도들이다. 도 2a 및 도 2b에서 안테나(200)는 함께 예를 들어, 다이폴 안테나의 하나의 아암으로서의 역할을 할 수 있는 다수의 레그 요소(210, 220 및 230)를 갖는다. 본 개시에서 레그 요소들은 레그 세그먼트들로도 지칭될 수 있다는 것에 주의한다. 다이폴 안테나의 제2 아암을 형성하기 위해, 접지면(도시되지 않음)이 레그 세그먼트(210)의 끝에 있는 중단(201)에 연결된다. 레그 세그먼트(210)는 길이(L_1)를 갖고, 레그 세그먼트(220)는 길이(L_2)를 가지며, 레그 세그먼트(230)는 길이(L_3)를 갖는다. 본 실시 예에서 길이들(L_1 , L_2 및 L_3)은 서로 모두 상이한 것으로 도시되어 있지만, 그 외 다른 실시 예들에서 길이들은 모두 동일할 수 있거나 동일한 그리고 상이한 길이들의 조합일 수도 있다. 또한, 안테나(200)가 선형인 것으로 도시되어 있지만, 안테나(200)는 이에 제한되지는 않지만 곡선형, 나선형 또는 각진 굴곡들을 갖는 것과 같은 임의의 형상일 수도 있다.

[0036] 도 2a에서, 레그 요소들(210, 220 및 230) 모두는 안테나 경로 길이가 $L_{Aeff} = L_1 + L_2 + L_3$ 이도록 활성이다. 도 2b에서, 요소(230)는 선택 해제되었으며, 그에 따라 안테나 경로 길이는 L_{Aeff} 보다 더 짧은 $L_{Beff} = L_1 + L_2$ 로 줄어들게 된다. 식 2에 따라 주파수가 파장과 반비례 관계에 있고 $L_{Aeff} > L_{Beff}$ 이기 때문에, 모든 요소가 활성인 도 2a의 모드에서 동작하는 안테나는 레그 요소(230)가 불활성인 도 2b의 모드에서 동일한 안테나보다 더 낮은 주파수에서 공진할 것이다. 그에 따라, 도 2a 및 도 2b는 아암 내 하나 이상의 레그 요소의 상이한 조합들을 이용함으로써 안테나 아암의 활성 길이를 달리하는 것이 안테나의 공진 주파수를 시프트시킨다는 것을 실증한다.

[0037] 본원에 개시되는 임의의 실시 예들에서, 개념은 주파수 응답을 추가로 커스터마이징하기 위해 안테나 요소의 치수들을 조정하는 것과 조합하여 이용될 수 있다. 예를 들어, 레그 요소의 폭이 그것의 길이를 따라 테이퍼질 수 있다.

[0038] 본 실시 예들은 기관 및 기관 상의 안테나를 가지며, 이때 안테나는 복수의 레그 요소를 갖는 안테나 시스템을 개시한다. 복수의 레그 요소는 전도성 잉크(즉, 전도성 자재로 인쇄되는)를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 복수의 레그 요소 중 적어도 하나는 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 가능 또는 선택 해제 가능하고, 선택되는 레그 요소들은 안테나 경로 길이가 공진 주파수에 상응하게 만든다. 공진 주파수는 복수의 레그 요소에서의 선택 해제된 레그 요소가 불활성인 것에 기인하여 안테나 경로 길이를 줄임으로써 변경될 수 있다. 일부 실시 예에서, 전도성 잉크는 탄소계이고, 기관을 페이퍼를 포함한다. 일부 실시예들에서, 안테나는 에너지 하비스터이다.

[0039] 주파수 선택 자재들의 조정

[0040] 일부 실시 예에서, 레그 요소들은 레그 요소들의 자재들을 조정함으로써 선택되거나 선택 해제되며, 이는 레그 요소들의 전기 임피던스 그리고 그 결과 레그 요소들의 주파수 응답에 영향을 미친다.

[0041] 임피던스는 교류가 소자를 통해 흐르는 것이 얼마나 어려운지 기술한다. 주파수 영역에서, 임피던스는 안테나가 인덕터로서 거동하는 것에 기인하여 실수 성분 및 허수 성분을 갖는 복소수이다. 허수 성분은 유도성 리액턴스 성분(X_L)이며, 이는 다음과 같이 안테나의 주파수(f)와 인덕턴스(L)에 기초한다:

[0042]
$$X_L = 2 \pi f L$$
 (식 3)

[0043] 수신된 주파수가 증가할 때, 리액턴스 또한 증가하여, 특정 주파수 임계치에서 요소가 더 이상 활성화되지 않게

될 것이다(요소의 임피던스가 예를 들어, 100 오옴을 초과할 때). 인덕턴스(L)는 자재의 전기 임피던스(Z)에 의해 영향을 받으며, 여기서 Z는 다음 관계에 의해 투자율(μ) 및 유전율(ϵ)의 자재 속성들과 관련된다:

$$Z = \frac{\sqrt{\mu' + j\mu''}}{\sqrt{\epsilon' + j\epsilon''}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad , \text{(식 4)}$$

[0044]

그에 따라, 안테나의 자재 속성들을 조정하면 전기 임피던스(Z)가 변경되며, 이는 인덕턴스(L)에 영향을 미치고, 그 결과 리액턴스(X_L)에 영향을 미친다.

[0045]

[0046]

본 실시 예들은 상이한 인덕턴스들을 갖는 레그 요소들이 상이한 주파수 응답들을 가질 것이라는 것을 유일하게 인식한다. 즉, 높은 인덕턴스(L)(전기 임피던스 Z에 기초하는)를 갖는 안테나 요소는 더 낮은 인덕턴스를 갖는 다른 안테나 요소보다 더 낮은 주파수에서 특정 리액턴스에 도달할 것이다. 식 3에서, 임피던스는 고주파에 비해 저주파(예를 들어, 20 MHz 내지 100 GHz)에서 낮다. 더 높은 임피던스 레그 요소들보다 더 낮은 임피던스를 갖는 안테나 레그 요소들이 활성화될 것이고 목적하는 주파수에 대한 공진에 맞게 안테나의 경로 길이를 늘이는데 이용된다(식 2에 따라). 주파수가 증가할 때, 요소의 임피던스가 증가하고 특정 공진 주파수 임계치에서 불활성-즉, 무시-되어 안테나의 경로 길이를 효과적으로 줄여, 공진 주파수를 변경한다. 주파수 응답에 기초하는 레그 요소들의 선택 또는 선택 해제 는 전자 제어 필요 없이 자재 자체의 성질에 기인하여 수동적으로 발생한다. 이 새로운 주파수 선택 자재들 조정 개념은 능동 소자들에 의해 만들어지는 안테나 경로 길이를 조정함으로써, 안테나의 최적의 공진 조정에 영향을 미치기 위해 사용되며, 일부 실시 예에서, 안테나의 응답 또한 안테나 자재의 전기 전도도(σ)에 의해 영향을 받을 수 있다.

[0047]

본 실시 예들은 특정 공진 주파수 임계치를 야기하기 위해 특정 전기 임피던스를 갖는 각각의 레그 요소를 설계하기 위해 투자율, 유전율 및 전도도의 이들 자재 속성을 이용한다. 다시 말해, 안테나 자재들의 조정은 에너지 하베스팅 및 송전 성능을 최대화하도록 광대역 안테나 요소들을 만드는 데 사용된다. 결과적인 "메타-안테나"는 기관에 맞을 수 있는 안테나 길이들의 물리적 한계들에 의해서만 제한되는 것으로, 메가 헤르츠 내지 기가 헤르츠 범위 내와 같은 다양한 주파수로 작은 증분으로 미세 조정될 수 있다. 레그 요소들의 주파수 응답을 안테나의 자재로 설계함으로써, 안테나는 고유하게 수동적으로 선택 가능하거나 선택 해제 가능한 레그 요소들을 갖는다. 즉, 안테나의 경로 길이를 변경하기 위해 마이크로 프로세서와 같은 전자 회로가 필요하지 않다. 대신, 특정 레그 요소들이 설계된 특정 주파수들에서 자연적으로 턴 온 또는 오프될 것이다.

[0048]

도 3a 및 도 3b는 안테나의 레그 요소들을 선택 또는 선택 해제하도록 조정하는 자재들을 사용하는 실시 예들을 도시하는 측면면도들이다. 도 2a 및 도 2b의 안테나(200)와 유사하게, 도 3a 및 도 3b의 안테나(300)는 다수의 레그 세그먼트(310, 320 및 330)를 갖는다. 레그 세그먼트들(310, 320 및 330)은 안테나의 하나의 아암을 형성할 수 있는 한편, 제2 아암(예를 들어, 접지면)은 종단(301), 레그 세그먼트(310)의 끝에 연결된다. 레그 세그먼트(310)는 길이(L_1) 및 투자율(μ_1)을 갖고, 레그 세그먼트(320)는 길이(L_2) 및 투자율(μ_2)을 가지며, 레그 세그먼트(330)는 길이(L_3) 및 투자율(μ_3)을 갖는다. 본 실시 예에서 길이들(L_1 , L_2 및 L_3)은 서로 모두 상이한 것으로 도시되어 있지만, 그 외 다른 실시 예들에서 길이들은 모두 동일할 수 있거나 동일한 그리고 상이한 길이들의 조합일 수도 있다. 또한, 안테나(300)가 선형인 것으로 도시되어 있지만, 이에 제한되지는 않지만 곡선형, 나선형 또는 각이진 것과 같은 그 외 다른 형상들이 사용될 수도 있다.

[0049]

안테나(300)의 길이에 따른 투자율은 투자율이 접지면(끝(301)에서)에서 멀어지며 증가하는 것으로 등급화되어, μ_1 이 μ_2 보다 작으며 μ_2 가 μ_3 보다 작다. 투자율은 전기 임피던스에 비례하며, 이는 인덕턴스 그리고 그 결과 주파수 응답에 영향을 미치기 때문에, 레그 요소들(330 그리고 그 다음 320)은 주파수가 증가됨에 따라 선택 해제되어, 결과적으로 안테나(300)의 경로 길이를 줄인다. 다시 말해, 각각의 레그 요소(320 및 330)에 대해, 레그 요소(320 또는 330)의 주파수 응답이 레그 요소(320 또는 330)가 활성이고 안테나(300)에 기여하기에 충분한 레벨에서 레그 요소(320 또는 330)가 전도하지 못하게 하는 상응하는 공진 주파수 임계치가 존재한다. 그에 따라, 레그 요소(330)의 공진 주파수 임계치를 초과하지만 레그 요소(320)의 공진 주파수 임계치 미만인 수신된 주파수에서, 레그 요소(330)는 그 결과적인 임피던스의 높은 레벨로 인해 비활성화됨으로써 선택 해제되고, 레그 요소(320)는 그 결과적인 임피던스의 더 낮은 레벨로 인해 활성화됨으로써 선택된다. 또한, 수신된 주파수가 레그 요소(320)의 공진 주파수 임계치보다 훨씬 더 높은 레벨에 있다면, 레그 요소(320)는 또한 그 결과적인 임피던스의 높은 레벨로 인해 비활성화됨으로써 선택 해제될 것이다.

[0050] 예를 들어, 도 3a에서, EM 신호의 수신된 주파수는 모든 레그 요소(310, 320 및 330)의 결과적인 임피던스들이 충분히 낮아서, 모든 레그 요소(310, 320 및 330)가 활성화되도록 충분히 낮다. 즉, 도 3a에서 수신된 주파수는 레그 요소들(310, 320 및 330)의 공진 주파수 임계치들 미만이다. 그 결과, 안테나 경로 길이는 $L_{Aeff} = L_1 + L_2 + L_3$ 이고 안테나는 $1/4$ 파장 L_{Aeff} 에 상응하는 공진 주파수를 갖는다. 도 3b는 수신된 주파수가 도 3a에서보다 더 높은, 레그 요소(330)의 결과적인 임피던스가 레그 요소가 너무 높아 안테나(300)에 기여하지 않을 정도로 충분히 높은 상황을 나타낸다. 그에 따라, 수신된 주파수가 레그 요소(330)의 공진 주파수 임계치보다 더 높은 도 3b에서, 레그 요소(330)는 불활성이다. 안테나 경로 길이는 L_{Aeff} 보다 더 짧은 $L_{Beff} = L_1 + L_2$ 만으로 줄어들게 된다. 도 3b의 안테나는 도 3a의 공진 주파수보다 더 높은 공진 주파수를 가질 것이다.

[0051] 도 3a 및 도 3b는 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소가 수신된 주파수 및 제1 레그 요소의 제1 전기 임피던스에 의존적인 제1 공진 주파수 임계치를 갖는 안테나 실시 예들을 실증한다. 제1 레그 요소는 수신된 주파수가 제1 상기 주파수 임계치를 초과할 때 불활성화됨으로써 안테나 경로 길이에서 수동적으로 선택 해제된다. 일부 실시 예에서, 복수의 레그 요소에서의 제2 레그 요소는 수신된 주파수에 의존적인 제2 공진 주파수 임계치를 갖고, 제2 공진 주파수 임계치는 제1 공진 주파수 임계치보다 높으며; 그리고 제2 레그 요소는 수신된 주파수가 제2 공진 주파수 임계치 미만일 때 공진함으로써 수동적으로 선택된다. 제2 레그 요소는 수신된 주파수가 제2 공진 주파수 임계치를 초과할 때 제1 레그 요소에 추가하여 수동적으로 선택 해제되어, 안테나 경로 길이를 줄일 수 있다. 일부 실시 예에서, 제1 공진 주파수 임계치는 제1 레그 요소의 제1 전기 임피던스에 기초하고, 제2 공진 주파수 임계치는 제2 레그 요소의 제2 전기 임피던스에 기초하며, 제2 전기 임피던스는 제1 전기 임피던스와 자재 속성의 차이로 인해 상이하며; 그리고 자재 속성은 투자율, 유전율 및 전도도로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0052] 일부 실시 예에서, 안테나 시스템은 기관 및 기관 상의 안테나를 포함한다. 안테나는 복수의 레그 요소를 포함하며, 복수의 레그 요소는 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소는 수신된 주파수 및 제1 레그 요소의 제1 전기 임피던스에 의존적인 제1 공진 주파수 임계치를 갖는다. 제1 전기 임피던스는 투자율, 유전율 및 전도도로 이루어진 군으로부터 선택되는 자재 속성에 기초한다. 제1 레그 요소는 안테나 경로 길이를 변경함으로써 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 해제 가능하며, 제1 레그 요소는 수신된 주파수가 제1 주파수 임계치를 초과할 때 불활성화됨으로써 상 안테나 경로 길이에서 수동적으로 선택 해제된다. 특정 실시 예들에서, 복수의 레그 요소에서의 제2 레그 요소는 수신된 주파수 및 상기 제2 레그 요소의 제2 전기 임피던스에 의존적인 제2 공진 주파수 임계치를 갖고; 제2 공진 주파수 임계치는 제1 레그 요소와 비교하여 자재 속성의 차이로 인해 제1 공진 주파수 임계치보다 높으며; 그리고 제2 레그 요소는 수신된 주파수가 제2 공진 주파수 임계치 미만일 때 공진함으로써 수동적으로 선택된다.

[0053] 도 4는 표준 평판 역F 안테나(PIFA) 설계에서 자재들의 조정 개념을 구현하는 안테나(400)의 사시도이다. 안테나 (400)의 실시 예는 접지면(405) 및 안테나(400)의 세그먼트들인 복수의 레그 요소(401)를 갖는다. 레그 요소들(401)은 제1 레그 요소(410) 및 제2 레그 요소(420)를 포함한다. 제1 레그 요소(410)는 투자율(μ_1)을 갖고 제2 레그 세그먼트(420)는 투자율(μ_2)을 가지며, 여기서 $\mu_1 > \mu_2$ 이다. 레그 요소(410)의 임피던스가 너무 높기 때문에, 레그 요소(410)는 그것의 공진 주파수 임계치보다 높은 수신된 높은 주파수에서, 점선 박스(415)로 표시된 바와 같이, 이용 가능하지 않을 것이다. 다시 말해, 충분히 높은 주파수에서 레그 요소(410)는 응답하지 않을 것이고 레그 요소들(410 및 420) 사이의 접합부에서 전류가 반향을 일으킬 것이다. 그에 따라 "F" 형상의 경로를 따르는 안테나 경로 길이가 짧아져, 공진 주파수를 증가시킨다. 훨씬 더 높은 주파수들에서, 레그 요소(420)는 또한 임피던스가 너무 높아서, 전류가 흐르는 안테나 경로 길이가 더 짧아지므로 이용 불가능하게 될 것이다. 즉, 점선 박스들(415 및 425)의 영역들은 선택 해제되어 공진 주파수를 증가시킬 것이다.

[0054] 안테나의 길이를 따라 자재 속성들을 변경할 수 있는 능력은 안테나를 인쇄함으로써 고유하게 가능해진다. 인쇄는 예를 들어, 잉크젯, 플렉소그래픽 또는 실크 스크리닝 방법들에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시 예에서, 자재의 전도도는 안테나를 따라 달라진다. 탄소계 잉크를 사용하는 일례에서, 탄소 동소체의 유형(예를 들어, 그래핀, 탄소 나노-어니언 등)이 레그 요소들 간에 달라질 수 있거나, 동소체의 전도도가 달라질 수 있다(예를 들어, 저밀도의 그래핀이 밀도가 더 높은 그래핀보다 더 낮은 전도도를 가짐). 일부 실시 예에서, 자재들의 투자율은 레그 요소들의 주파수 임계치들에 영향을 주도록 변경될 수 있다. 예를 들어, 강자성 자재들(예를 들어, 산화철)이 저주파수들(예를 들어, 500 kHz-500 MHz)에 사용될 수 있거나, 상자성 자재들(예를 들어, 규화철)이 고주파수들(예를 들어, 500 kHz-5 GHz)에 사용될 수 있거나, 또는 반-강자성 자재들이 사용될 수 있다. 일부 실시 예에서, 레그 요소들의 목적하는 임피던스 값들을 달성하도록 유전율은 단독으로 또는 전도도 및 투자율과

함께 조정될 수 있다.

- [0055] 통상적으로, 종래의 안테나 요소들은 특정 공진 주파수에 영향을 주기 위해 연관 전도도를 갖는 단일 유형의 자재로 제조된다. 그에 반해, 본 실시 예들에서의 안테나 자재들은 인쇄되며, 여기서 인쇄 잉크는 단일 안테나의 서브 섹션들 내 가변 속성들로 커스터마이징되어 해당 공진 주파수에 대해 활성인 안테나의 경로 길이를 변경함으로써 공진 주파수에 영향을 줄 수 있다. 레그들의 투자율, 유전율 및/또는 전도도의 변경에 의해 자재 속성들의 커스터마이징이 이루어질 수 있다. 이러한 안테나 자재들의 조정은, 향상된 에너지 송수신의 경우, 안테나 및/또는 정합 네트워크의 요소들에 대한 추가 변경을 초래하지 않을 수 있다.
- [0056] 주파수 선택 디지털 조정
- [0057] 상이한 주파수들에 응답하도록 안테나 자재들을 조정함으로써 경로 길이를 변경하는 것 외에도, 일부 실시 예에서, 안테나의 경로 길이는 레그 요소들을 전자적으로 선택하거나 선택 해제함으로써 변경될 수 있다. 도 5는 도 4와 유사한 PIFA 설계의 안테나(500)를 도시하며, 여기서 안테나 (500)는 하나의 안테나 아암 역할을 하는 접지면(505) 및 제2 안테나 조준 역할을 하는 복수의 레그 요소(501)를 갖는다. 복수의 레그 요소(501)는 제1 레그 요소(510), 제2 레그 요소(520) 및 제3 레그 요소(530)를 포함한다. 레그 요소들(510, 520 및 530)은 레그 요소들(510 및 520) 사이 간극(560) 및 레그 요소들(520 및 530) 사이 간극(561)과 같이, 그것들 사이에 간극을 갖는 구불구불한 패턴을 형성하는 평행 세그먼트들이다. 배선들(515, 525 및 535)은 레그 요소들 간 접합부들에서, 각각 레그 요소들(510, 520 및 530)의 종단들에 연결된다. 배선들(515, 525 및 535)은 마이크로 프로세서와 같은 전자 회로(550)에 전기적으로 결합되는 도선들이다. 본 개시의 "조정 회로" 섹션에서 설명되는 전자 회로(550)는 레그 요소들을 함께 단락시켜 그것들을 선택 해제할 수 있다. 예를 들어, 배선들(515 및 525)은 레그 요소(510)가 레그 요소(520)로 단락되어, 레그 요소(510)의 존재를 효과적으로 제거(즉, 선택 해제)하도록 전자 회로에 의해 브릿징될 수 있다.
- [0058] 도 6a 내지 도 6c는 안테나(500)가 공진하는 주파수를 변경하기 위해 레그 요소들이 어떻게 선택 해제될 수 있는지를 도시한다. S- 파라미터(S₁₁, 1) 그래프들은 레그 요소들의 상이한 조합들에 대해 도시되어 있다. 도 6a에서는, 전체 안테나(500)가 사용되며, 여기서는 모든 레그 요소(501)가 선택되고 활성화된다. 도 6a에서 공진 주파수는 2.42 GHz이다. 도 6b에서는, 레그 요소(510)가 블랭크 영역(517)으로 표시된 바와 같이 기능적으로 제거되었다. 레그 요소(510)의 이러한 선택 해제는 전자 회로(550)를 사용하여 배선들(515 및 525)을 함께 브릿징함에 따라, 레그 요소(510)를 레그 요소(520)로 단락시킴으로써 이루어진다. 도 6b에서의 결과적인 안테나 경로 길이는 도 6a의 전체 안테나보다 작고, 그 결과 중심 주파수는 2.475 GHz로 높게 시프트된다. 도 6c에서는, 레그 요소들(510 및 520)이 블랭크 영역들(517 및 527)로 표시된 바와 같이 제거되었다. 레그 요소들(510, 520)은 배선들(515, 525 및 535)을 함께 브릿징함에 따라, 레그 요소들(510, 520 및 530)을 서로 단락시킴으로써 선택 해제되었다. 도 6c의 안테나 경로 길이가 도 6a 또는 도 6b보다 훨씬 더 짧음에도 불구하고, 주파수가 예상했던 바대로 증가하지 않지만, F형 설계에서 평행 레그 요소들의 제거(예를 들어, 간극들(560 및 561)로 인한 커패시턴스 효과의 제거)로 인한 커패시턴스 감소로 인해 2.34 GHz로 더 낮게 시프트된다. 그에 따라, 전체 안테나의 기하학적 구조(예를 들어, 구불구불한 형, 나선형, 선형)는 목적하는 공진 주파수에 맞게 안테나를 조정하기 위해 선택 가능한 레그 요소들 조합하여 사용될 수 있는 커패시턴스 효과를 낼 수 있다고 볼 수 있다.
- [0059] 도 5 및 도 6a 내지 도 6c는 안테나 시스템이 복수의 레그 요소의 각각에의 연결부들을 갖는 전자 회로를 갖는 실시 예들을 나타낸다. 이때 전자 회로는 복수의 레그 요소에서 제2 레그 요소에 제1 레그 요소를 단락시킴으로써 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소를 능동적으로 선택 해제하도록 구성된다.
- [0060] 일부 실시 예에서, 에너지 하베스팅 시스템은 안테나 시스템 및 전자 회로를 포함한다. 안테나 시스템은 기관 및 기관 상의 안테나를 포함한다. 안테나는 복수의 레그 요소를 가지며, 이때 상기 복수의 레그 요소는 탄소계 전도성 잉크를 포함하고 연속적인 경로를 형성한다. 복수의 레그 요소의 각각은 안테나의 공진 주파수를 변경하도록 개별적으로 선택 가능 또는 선택 해제 가능하고, 선택되는 레그 요소들은 안테나 경로 길이가 공진 주파수에 상응하게 만든다. 전자 회로는 복수의 레그 요소의 각각에의 연결부들을 가지며, 이때 전자 회로는 복수의 레그 요소에서 제2 레그 요소에 제1 레그 요소를 단락시킴으로써 복수의 레그 요소에서의 제1 레그 요소를 능동적으로 선택 해제하도록 구성된다.
- [0061] 일부 실시 예에서, 전자 회로는 주변 환경에서 복수의 이용 가능한 주파수를 식별하고 복수의 이용 가능한 주파수의 전력 레벨들에 기초하여 공진 주파수를 설정하는 식별 회로; 및 복수의 레그 요소에서 레그 요소들을 선택 또는 선택 해제함으로써, 안테나 경로 길이를 공진 주파수에 상응하도록 조절하기 위해 연결부들과 통신하는 스위칭 회로를 포함한다. 특정 실시 예들에서, 식별 회로는 공진 주파수를 복수의 이용 가능한 주파수에서 최고

전력 레벨을 갖는 주파수로 설정하는 마이크로 프로세서를 포함한다.

[0062] 일부 실시 예에서, 자재들의 속성 및 전자 스위칭 실시 예들이 조합하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 4에서 상이한 투자율의 레그 요소들이 또한 도 5의 도선들을 가질 수도 있다. 이 방법들을 조합하면 구현될 수 있는 공진 주파수 응답 변화들을 훨씬 더 많이 커스터마이징할 수 있다. 이는 예를 들어, 도 7의 S-파라미터 그래프(700)에 의해 도시된다. 곡선들은 상이한 길이들의 선형 안테나에 대한 S(1,1) 응답들을 나타내며, 여기서 곡선(710)은 단위 길이가 1, 곡선(720)은 단위 길이가 2, 곡선(730)은 단위 길이가 3, 곡선(740)은 단위 길이가 0.75, 그리고 곡선(750)은 단위 길이가 0.5인 경우이다. 볼 수 있는 바와 같이, 공진 주파수 피크들은 상이한 안테나 길이들로 인해 서로에 관해 시프트된다. 곡선(715)은 곡선(710)의 하나의 공진 피크에 대해, 전기 스위칭과 조합하여 자재들의 조정 사용을 도시한다. 즉, 디지털 조정이 자재들의 조정과 조합될 때 곡선(710)의 좁은 공진 피크들은 넓어지게 된다. 다시 말해, 전자적으로 요소들을 선택 해제함으로써 만들어지는 안테나 길이는 여전히 특정 공진 주파수 응답을 야기할 것이지만, 자재들의 조정이 함께 사용될 때 이들 공진 주파수 주위에서 더 넓은 대역 응답을 갖는다. 볼 수 있는 바와 같이, 본 안테나들은 특정 주파수들 주위 공명 주파수 범위를 비롯하여, 특정 주파수들에서 동작하도록 공식화된 공진기들로서의 역할을 할 수 있다.

[0063] 커패시턴스 조정

[0064] 추가 실시 예들에서, 안테나의 커패시턴스를 변경하기 위해 유전체가 안테나 구조 및/또는 기판 내에 인쇄될 수 있다. 예를 들어, 복수의 레그 요소에서의 두 개의 레그 요소 사이에 인쇄 유전체 요소가 이용될 수 있다. 이러한 커패시턴스 조정 개념은 도 8a 및 도 8b에 도시된 마이크로 스트립 안테나(800)에 의해 실증되며, 여기서 도 8a는 평면도이고 도 8b는 측단면도이다. 패치 안테나(810)는 마이크로 스트립 전송선(820)에 의해 급전을 받으며, 이들은 둘 다 기판(830)의 표면에 장착된다. 기판(830)의 반대면에는 접지면(840)이 장착된다. 패치 안테나(810), 마이크로 스트립 전송선(820) 및 접지면(840)은 고전도도의 금속(종래 안테나들에서 통상적으로 구리)으로 만들어진다. 패치 안테나(810)는 길이(L) 및 폭(W)의 치수들을 갖는다. 기판(830)은 유전율(ϵ_r)을 갖는 두께(h)의 유전체 회로판이다. 안테나(810) 및 전송선(820)에 의해 형성되는 접지면(840) 또는 마이크로 스트립의 두께는 매우 중요하지는 않다. 통상적으로, 높이(h)는 동작 파장보다 훨씬 더 작지만, 파장의 0.025(파장의 1/40)보다 훨씬 더 작아서는 안 되며 그렇지 않으면 안테나 효율이 저하될 것이다.

[0065] 패치 안테나(810)의 동작 주파수는 길이(L)에 의해 결정된다. 중심 주파수(f_c)(즉, 공진 주파수)는 대략 다음과 같이 주어진다:

$$f_c \approx \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r \epsilon_0 \mu_0}} \quad (식 5)$$

[0067] 그에 따라, 안테나(800)의 공진 주파수는 기판(830)의 유전율에 영향을 받는다. 도 8b의 실시 예에서, 유전체 층(850)은 기판(830)의 전면(및/또는 후면) 상에 인쇄되어 기판(830)의 총 유전율을 변경할 수 있다. 그 외 다른 실시 예들에서는, 골판지 구조와 같은 기판(830)이 층층이 쌓일 수 있으며, 이때 골판지의 임의의 외면들 상에 그리고/또는 골판지의 중간 층 내에(예를 들어, 골이 진 층 상에) 유전체 요소가 인쇄될 수 있다. 인쇄 유전체의 이용은 자재 속성들 및 치수들을 미세 조정하여 커패시턴스 그리고 궁극적으로 안테나의 주파수 응답 조절을 가능하게 할 수 있다.

[0068] 일부 실시 예에서, 인쇄 유전체 요소는 레그 요소들 사이에 이용되어 안테나의 주파수 응답을 커스터마이징할 수 있다. 예를 들어, 도 5로 되돌아가면, 간극(560) 및/또는 간극(561)이 인쇄 유전체 잉크를 사용하여 생성될 수 있다. 레그 요소들 간에 특정한 커패시턴스를 생성하기 위해 잉크의 속성들이 커스터마이징될 수 있다. 인쇄 유전체의 치수들은 또한 인쇄 공정에 의해 제어될 수도 있다.

[0069] 기판들 상의 2D 안테나들

[0070] 이제 상술한 주파수 선택 속성들이 기판들 상에 인쇄된 안테나들로 구현될 수 있는 안테나 설계들의 예들이 제공될 것이다. 먼저 평판(2D) 안테나들이 설명될 것이다.

[0071] 도 9는 도 4 및 도 5와 관련하여 전술된 PIFA 설계로서 구성된 안테나(900)를 도시한다. 이러한 다이폴 설계에서 PIFA 안테나(900)는 하나의 도체로서의 역할을 하는 F형 안테나(901), 그리고 다른 도체로서의 역할을 하는 접지면(905)을 갖는다. 안테나(900)에 대한 예시적인 안테나 이득 응답(910)(dBi 단위)은 2.443 GHz의

Bluetooth[®] 주파수로 모델링되어, 모든 방향에서 균일한 방사 패턴을 나타낸다. 다시 말해, 안테나 이득 응답(910)은 이러한 안테나(900)가 실질적으로 임의의 방향으로부터 방출하거나 수신할 수 있는 수신 또는 송신용 방향성을 갖는다는 것을 실증한다.

[0072] 도 10은 직교 평면 아암들(1001 및 1002)의 2개의 동일한 쌍을 갖는 파형 안테나(sinuous antenna)(1000)를 도시한다. 각각의 아암(1001 및 1002)은 본 개시의 자재들의 조정, 전자식 스위칭 및/또는 캐패시턴스 조정 실시예들에서 설명된 바와 같이 선택 가능한 레그 요소들로 구성될 수 있다. 각각의 아암(1001 및 1002)의 예지들은 로그 회전 반경 주기로 각 섹터(θ)의 이등분선(1005)을 너머 앞뒤로 왔다 갔다 하는 파형 곡선들이다. 각각의 아암(1001 및 1002)은 이등분선(1005) 양측 상의 교번하는 일련의 기하학적으로 유사한 세일이다. 섹터 각도(θ)는 인접한 아암들의 세일들이 교차 배치되지만 접촉하지는 않게 180도 이상에 근접할 수 있다. 각 아암의 기하학적 구조는 두 각도, 로그 주기 증식 상수 및 내부 및 외부 반경들(DuHamel 및 Filipovic & Cencich에 의해 공지된 기술에 설명됨)로 전체가 지정된다. 고성능 파형 안테나들은 동작 주파수 대역 이상에서 안정적인 방사 패턴들 및 임피던스를 얻기 위해 일반적으로 자가 보완적이고 팽팽한 긴장 상태로 있다. 응답(1010 및 1020)은 응답(1010)에서 공진 주파수 2.75 GHz의 안테나 그리고 응답(1020)에서 공진 주파수 5 GHz의 두 가지 설계로 도시되어 있다.

[0073] 도 11a 내지 도 11c는 운송 박스와 같은 객체(1120)의 두 개의 인접한 측면(1122 및 1124) 상에 인쇄된 평면 안테나(1110)를 도시한다. 안테나(1110)의 두 개의 안테나 아암(1101 및 1105)(즉, 도체)은 예를 들어, PIFA 설계의 접지면 및 F형 요소일 수 있다. 도 11b 및 도 11c는 요소(1101)의 길이가 목적하는 공진 주파수마다 변경될 수 있고(예를 들어, 도 7의 그래프에서와 같이), 이때 이러한 실시 예에서 안테나 요소(아암)(1001)의 경로 길이가 도 11c에서보다 도 11b에서 더 짧은 것을 도시한다. 안테나 경로 길이의 변경은 안테나 아암(1101) 내에서 레그 요소들을 선택 해제함으로써 이루어질 수 있다.

[0074] PIFA 및 파형 안테나 기하학적 구조들이 알려져 있지만, 도 9 및 도 10은 본 실시 예의 주파수 선택 안테나 설계들이 단순한 것에서 복잡한 것까지 광범위한 기하학적 구조에 적용될 수 있음을 도시한다. 본 안테나들은 인쇄되기 때문에, 종래 안테나들보다 훨씬 더 복잡한 기하학적 구조들이 이루어질 수 있다. 도 11a 내지 도 11c는 본 개시의 안테나들이 3D 방식으로 구성되어, 이를테면 편파를 개선시킬 수 있음을 실증한다.

[0075] 기관들 상의 3D 안테나들

[0076] 본 주파수 선택 인쇄 안테나들은 또한 전자기장 수신을 위해 기관들의 표면들 및 중간 층들 상에 전기적 활성 층화로서 안테나 구성요소들을 통합함으로써 3D 구조들로서 구현될 수 있다. 종래 안테나들의 수신을 증가시키기 위해, 본 실시 예들에서는 안테나들의 크기, 수 및 차원성이 개선된다. 본원에서의 일부 실시 예는 골판지와 같은 포장 면에서 기관들을 설명할 것이지만, 페이퍼, 유리 및 플라스틱을 비롯한 그 외 다른 유형들의 다층 기관들도 본 개시의 범위에 포함된다.

[0077] 일부 실시 예에서, 기관 자체 자체는 2D 또는 3D 에너지 장치-종래의 안테나들에서와 같이 기관의 외측 상에 인쇄되는 안테나뿐만 아니라, 진정한 2D/3D 에너지 하베스터이다. 본 개시의 주파수 선택 안테나 기술은 골이진 박스들과 같은 유형들의 포장을 비롯하여, 다층 자재들의 층들 내에 통합된다. 본 안테나 기술은 RFID 및 고급 전자 장치들에 전력을 공급하기 위한 원격 측정 및 에너지 하베스팅을 위해 RF 수신을 목적으로 전도성 및 유전성 자재들을 이용한다. 안테나들은 예를 들어, 915 MHz 또는 2.45 GHz에 대한 RF 에너지 하베스팅 기능을 제공하는 것과 같은 에너지 하베스팅 또는 통신, 또는 그 외 다른 적절한 또는 이용 가능한 전자기 에너지원들에 사용될 수 있다.

[0078] 안테나 수신을 증가시키기 위해, 이를테면 안테나 구성요소들을 구부림으로써, 2D 안테나에 3D 특징들이 추가될 수 있다는 것이 알려져 있다. 그러나, 구부러진 자재들은 통상적으로 굽힘에 의해 비틀어질 때 안테나의 입력 임피던스가 변경되므로, 저항 저하로 인해 더 높은 손실을 낸다.

[0079] 본 실시 예들에서는, 구부러진 안테나 자재의 저항 저하가 완화되어, 구조의 굽힘이 전체 정합 안테나의 임피던스를 개선하도록 조정될 수 있는 3D 효과를 내게 되어, 전체 성능을 증가시킨다. 공진 공동들을 형성하기 위해 판지와 같은 3D 기관들의 층들을 도체들 및 유전체들로서 사용하여 높은 수신 성능뿐만 아니라 다중 주파수를 허용한다. 결과적으로 3D 구조를 통해 성능이 증가되므로, 설계 구성에서 저항 한계가 완화될 수 있다.

[0080] 도 12a는 접힌 역F 안테나(1200)(FIFA)의 사시도이지만 기관에 통합될 수 있는 3D 구조로서 구현된다. 도 12b는 부분 측면도이다. 안테나 아암(1210)은 전술한 바와 같이 주파수 선택 요소들로 구성될 수 있는 방사 요소이다. 안테나 아암(1210)은 기관(1230)의 제1 층(1231) 상의 상부 금속화 층(1212) 및 하부 금속화 층(1214)으로

제조된다(명확성을 위해, 기관 (1230)은 도 12a에 도시되지 않음). 금속화 층들(1212 및 1214) 둘 다로부터 슬롯들(1216)이 에칭되어, 안테나 아암(1210)을 서브 패치들(1218)로 분리한다. 간략화를 위해 도 12b에는 세 개의 서브 패치(1218)를 형성하는 각각의 층(1212 및 1214)에서의 두 개의 슬롯(1216)이 도시되어 있지만, 그 외 다른 구성들도 가능하다(예를 들어, 다섯 개 또는 임의의 적절한 수의 서브 패치). 금속화 층들(1212 및 1214)을 비아들(1219)이 연결한다. 안테나가 올바르게 동작하기 위해, 안테나 아암(1210)은 방사 안테나 요소(1210)의 상부 및 하부 금속화 층들(1212 및 1214)을 연결하고 접지면(1240)에 이르기까지 계속되는 급전 핀(1280) 및 단락 핀(1290)에 의해 지지되어, 접지면 (1240) 위 특정 높이에 장착된다. 접지면(1240)은 도 12b에서 기관 (1230)의 제2 층(1232)의 내면 상에 도시되어 있지만, 외면(즉, 제2 층(1232)의 외부 표면) 상에 있을 수도 있다. 동작시, 안테나(1200)로부터 출력 신호를 수집하기 위해 도선(1285)이 급전 핀(1280)에 배선을 제공한다.

[0081] 도 12b에서, 기관(1230)은 골이 진 매체로서 구현된 3D 구조이다. 예를 들어, 제1 층(1231)은 제1 골판 원지일 수 있고 제2 층(1232)은 제1 층(1231) 상에 적층되는 제2 골판 원지일 수 있으며, 제1 층(1231)과 제2 층(1232) 사이의 간극(G)에 중간 층(1233)이 있다. 이러한 실시 예에서 중간 층(1233)은 세로로 홈이 새겨진 골이 친 층으로서 도시되어 있다. 기관(1230)의 설계에서, 간극(G)은 목적하는 높이에 따라 안테나 아암(1210)과 접지면(1240) 사이에서 커스터마이징될 수 있다. 추가 실시 예들에서, 간극(G) 내에는, 이를테면 간극(G) 내에 있는 제1 층(1231), 제2 층(1232) 및 중간 층(1233)의 임의의 표면들 상에, 안테나(1200)의 총 커패시턴스를 조정하기 위해 인쇄 유전체 구성요소가 삽입될 수 있다. 일부 실시 예에서, 중간 층(1233)의 부분들은 레그 요소들을 선택 및 선택 해제하기 위해 전자 회로에 배선들이 만들어질 수 있도록 전도성 자재로 인쇄된다. 이들 인쇄된 전도성 요소(1235a 및 1235b)의 예들은 각각, 중간 층(1233)의 상측면 및 하측면 상에 도시되어 있다.

[0082] 일부 실시 예에서, 접지면(1240)은 차폐 요소로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 기관(1230)이 운송 컨테이너로 만들어지는 골판지일 경우, 기관(1230)은 제2 골판 원지(1232)가 박스의 외부 상에 있도록 배향될 수 있다. 컨테이너를 덮는 접지면(1240)을 갖는 그것의 임의의 부분들은 컨테이너 내측 내용물을 전자기 차폐할 것이다. 접지면(1240)은 도 12b에 도시된 바와 같이 제2 골판 원지(1232)의 내면, 또는 제2 골판 원지(1232)의 외면(제2 골판 원지(1232)의 외부) 중 어느 하나 상에 있을 수 있다는 것에 주의한다.

[0083] 도 13은 L-슬롯 이중 대역 평판 역F 안테나(PIFA)의 사시도이다. 안테나(1300)는 안테나 아암(1310)으로서의 역할을 하는 직사각형 평면 요소, 접지면(1340), 급전 핀(1380) 및 단락판(1390)을 포함한다. 13에서 단락판(1390)은 도 다수의 단락 핀으로 구현되어 있다. 평면 요소(안테나 아암 (1310))와 접지면(1340) 사이의 단락판(1390)은 통상적으로 단락되고 있는 평면 요소의 측보다 좁다. L-슬롯 PIFA형 안테나 아암(1310)은 안테나(1300)가 조정 가능한 공진 주파수들을 가질 수 있게 하기 위해 그것으로 통합되는 주파수 선택 레그 요소들을 갖릴 수 있다. 또한, 안테나(1300)는 도 12a 및 도 12b와 관련하여 설명된 것과 유사한 방식으로 3D 기관에 통합될 수 있다. 도 13은 또한 안테나 이득 응답(1303)을 도시하며, 여기서 안테나 (1300)는 접지면(1340)에 평행한 평면에서 방사 방향으로 균일한 방사선을 갖는다.

[0084] 도 14는 인쇄 미앤더드 역F 안테나(printed meandered inverted-F antenna)(1400)의 사시도이다. 안테나(1400)는 유전체(1430) 위에 에칭된 금속선들을 가져, 미앤더드 역F형 안테나 아암(1410)을 형성한다. F의 외측 갈래는 급전 핀(1480)에 의해 유전체(1430)의 후면 상에 위치되는 접지면의 에지(본 도면에서는 보이지 않음)로 단락된다. 접지면은 유전체의 한 섹션을 덮는다, 즉 이는 미앤더드 역F 아암(1410)에 바로 깔리지 않는다. 안테나 아암(1410)은 급전 핀(1480)에 의해, 제2 갈래에서 접지면의 에지에 대해 급전을 받는다. 미앤더드 역F형 안테나 아암(1410)은 안테나(1400)가 조절 가능한 공진 주파수들을 가질 수 있게 하도록 그것으로 통합되는 주파수 선택 레그 요소들을 가질 수 있다. 또한, 안테나(1400)는 도 12a 및 도 12b와 관련하여 설명된 것과 유사한 방식으로 3D 기관에 통합될 수 있다. 도 14는 또한 안테나 이득 응답(1403)을 도시하며, 이때 안테나(1400)는 접지면(1340)에 평행한 평면에서 방사 방향으로 균일한 방사선을 갖는다.

[0085] 도 15는 다른 평판 역F 안테나(1500)의 사시도를 도시하며, 여기서 이러한 PIFA형은 주파수 선택 레그 요소들이 3D 구조로서 통합될 수 는 설계의 다른 예이다. 안테나(1500)는 통상적으로 안테나 아암(1510)으로서의 역할을 하는 직사각형 평면 요소, 접지면(1540), 그리고 평면 요소의 짧아진 측보다 더 좁은 너비의 단락판(1590)을 갖는다. 안테나(1500)에 의해 수신되는 주파수 신호에 대한 급전점로서의 역할을 하는 급전 핀(1580)이 또한 도시되어 있다. 안테나 이득 응답(1503a)이 도시되며, 그래프(1503b)는 대응하는 S(1,1) 응답 플롯이다.

[0086] 도 16은 직사각형의 전자기적으로 결합된 패치 안테나(1600)의 사시도이다. EM 결합된 패치 안테나(1600)는 전자기적으로 결합되는 패치 요소(1610) 및 급전선(1680)을 갖는다. 패치 요소(1610)는 또한 하측 유전체(1632)를 포함하는 2-유전체 기관(1630)의 상측 유전체(1631) 위에 위치된다. 급전선(1680)은 상측 및 하측 유전체 기관

들(1631 및 1632) 사이에 있고 패치(1610) 밑에 연장된다. 두꺼운 기관(1630)(단일 층보다 더 두꺼운 2-유전체 구조) 위에 패치 요소(1610)를 가짐으로써 대역폭이 개선되는 한편, 급전선(1680)을 유전체(1632)의 후면 상에 있는 접지면(1640)에 더 가까이 위치시킴으로써 스푸리어스 방사가 제한된다. 주파수 선택 레그 요소들이 패치 요소(1610)에 통합될 수 있고, 전체 안테나(1600)는 기관 자재에 통합되는 3D 구조로서 구성될 수 있다. 안테나 이득 응답(1603)도 도시되어 있다.

[0087] 도 12a/b 내지 도 16은 본 개시의 주파수 선택 레그 요소들이 3D 구조들로서 통합될 수 있는 공지된 유형들의 안테나들의 예들이다. 일부 실시 예에서, 3D 구조들은 곱이 진 매체와 같은 다층 기관으로 구현된다. 사용될 수 있는 곱이 진 구조들의 예들은 단면, 단일 벽, 이중 벽 및 삼중 벽을 포함한다. 고수신 안테나 시스템이 되기 위해서는 단일 층, 이중 층 또는 훨씬 더 많은 층이 추가될 수 있다. 기관의 구성요소들 상에 개별적으로 부착되는 층들은 최종 구조에 적층되거나 접착될 수 있다. 일부 실시 예에서, 기관 층들을 함께 접착시키는 데 사용되는 결합제는 또한 이를테면 중간 층 내에 인쇄 유전체를 사용함으로써 안테나의 총 커패시턴스를 변경함으로써, 안테나의 주파수 응답을 조정하는 데 이용될 수도 있다.

[0088] 도 12b에 의해 나타난 바와 같은 일부 실시 예에서, 안테나에 대한 기관은 제1 층, 제1 층 상에 적층되는 제2 층, 그리고 제1 층과 제2 층 사이 간극 내 중간 층을 포함한다. 복수의 레그 요소는 제1 층 상에 있으며, 복수의 레그 요소가 안테나의 제1 안테나 아암을 형성한다. 안테나는 제2 층 상에 제2 안테나 아암(예를 들어, 다이폴 안테나에 대한 접지면), 그리고 중간 층 상에 도체(예를 들어, 전도성 요소들(1235a 및 1235b))를 더 포함하며, 도체는 제 2 안테나 아암을 복수의 레그 요소에 전기적으로 결합시킨다. 특정 실시 예들에서, 다층 기관은 판지 일 수 있으며, 여기서 중간 층은 곱이 진 매체이다. 일부 실시 예에서, 제1 층과 제2 층 사이 간극은 제1 안테나 아암과 제2 안테나 아암 사이에서 유전체로서의 역할을 한다. 일부 실시 예에서, 간극의 특성들은 커스터마이징되어 안테나 거동에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 간극 내 자재들(예를 들어, 공기, 중간 층에 대한 기관 자재, 그리고 간극에 삽입되는 유전체들)의 간극 거리 및 속성들은 안테나의 커패시턴스 효과 그리고 그 결과 안테나의 주파수 응답을 변경할 수 있다.

[0089] 다양한 유형의 3D 특징들, 이를테면 통상적인 곱이 진 매체들에 있는 세로로 홈이 새겨진 구성(파동면에 직교하는 z 방향으로 연장되는 x-y 평면의 파동 패턴)이 기관에 이용될 수 있다. 그러나 x, y 및 z 방향들의 파동들 또는 다양한 유형의 파동 패턴들과 같은 그 외 다른 3D 특징들도 가능하다. 일반적으로, 본 개시의 실시 예들에 사용되는 3D 특징들은 예리한 예지들이 안테나 내의 전기 경로들에 불연속을 야기할 것이기 때문에, 굽은 전이 부들을 가져야 한다. 일부 실시 예에서, 기관의 3D 특징들은 또한 안테나의 공진 주파수에 기여하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 중간 층이 스위칭 회로에 대한 배선들로서의 역할을 하기 위해 그것 상에 인쇄되는 전기 도선들을 가질 때, 곱들의 주기는 하베스팅 또는 송신받기를 원하는 공진 주파수들에 따라 설계될 수 있다.

[0090] 포장재들을 예로서 사용하면, 본 안테나들을 포장 컨테이너에 통합하면 에너지 하베스팅을 위한 가능성이 크게 증가될 수 있다. 샘플 구성으로서, 면적의 80%가 통합되는 안테나 자재를 포함하는 1 ft² 측면들을 갖는 작은 박스의 경우, 포장 컨테이너는 대략 2.6 볼트에서 0.5-1 밀리 암페어 정도를 생성할 수 있다. 저비용 수퍼 커패시터와 같은 저장 장치를 사용하면, 이러한 전류량은 종래 에너지 하베스팅 장치들보다 상당히 더 많은 기능(메모리 포함)에 전력을 공급할 수 있다. 개선된 기능을 적용한 일례는 운송 동안 패키지의 온도를 기록하는 것이다.

[0091] 3D 인쇄 안테나들의 제조

[0092] 도 17은 인쇄 주파수 선택 안테나를 제조하기 위한 예시적인 방법의 개략도를 도시한다. 도 17은 3D 안테나 포장재를 도시하지만, 방법은 2D(예를 들어, 단일 층) 기관들에도 적용된다. 도 18은 상응하는 흐름도이다. 도 17 및 도 18의 일부 실시 예에서, 에너지 하베스팅 장치는 전기 전도성 자재가 포장재 시트 상에 인쇄되는 인쇄 포장재를 포함한다. 인쇄 포장재는 포장 컨테이너로 형성된다.

[0093] 도 17의 예에서, 기관 자재는 카드지(1720)이며, 이것 위에 이를테면 다중 젯 용해 공정(1710)을 사용하여, 안테나 자재들이 인쇄된다. 도 17의 실시 예에서, 인쇄된 카드지는 곱이 져 있고, 최종 구조의 층들은 이를테면 점착에 의해, 공정(1730)에서 조립된다. 공정(1730)은 제1 라이너(1731), 곱이 진 롤러들(1732), 점착제 도포기(1733), 압력 롤러들(1734), 가열기 롤러들(1735) 및 제2 라이너(1736)를 도시한다. 제1 라이너(1731)는 도 12b의 중간 층(1233)에 상응하고, 제2 라이너(1736)는 도 12b의 제1 층(1231) 또는 제2 층(1232) 중 어느 하나 일 수 있다. 도 12b의 그 외 다른 라이너(제2 층(1232) 또는 제1 층(1231))을 형성하기 위해 다른 라이너(도시되지 않음)가 추가된다.

- [0094] 일반적인 실시 예에서, 인쇄된 포장재는 복수의 층을 포함할 수 있으며, 여기서 조립된 층들은 이를테면 공진 공동을 형성함으로써, 안테나의 공진 주파수에 영향을 미치는 치수들 및 자재 속성들을 가질 수 있다. 결과적인 포장(1740)은 도 17에 도시된 골판지 컨테이너와 같은 3D 에너지 하베스팅 장치(또는 송신 및/또는 수신 장치)이다. 다양한 실시 예에서,는 이용 가능한 더 넓은 영역에 기인하여 평판 안테나가 사용될 수 있거나, 또는 응용 분야에 따라 다층(3D) 장치가 사용될 수 있다.
- [0095] 일부 실시 예에서, 안테나들이 인쇄되는 기판들은 시트들 또는 필름 형태들의 페이퍼-기반 또는 플라스틱-기반 기판들과 같이 실온에서 그것들의 자연 상태에서 신축성이 있다. 일부 실시 예에서, 기판들은 유리 또는 플라스틱 자재에 대해 가열된 상태와 같은 하나의 상태에서 목적하는 3D 기하학적 구조로 형성될 수 있지만, 기판은 실온에서 고화되고 신축성이 없게 된다. 다양한 실시 예에서, 기판은 포장, 라벨, 티켓 및 신분증과 같은 응용 분야에 사용하기 위해, 사용 후 버리게 되고/거나 생분해 가능한 저비용 자재일 수 있다. 페이퍼 또는 플라스틱 기판들은 이러한 저비용 응용 분야에서 특히 유용할 수 있다.
- [0096] 도 18은 예를 들어, 에너지 하베스팅 시스템일 수있는 주파수 선택 안테나 시스템을 제조하기 위한 예시적인 방법의 흐름도(1800)이다. 단계 1810에서 기판이 제공된다. 기판은 단일 층 자재 또는 3D 구조를 갖는 다층 자재 일 수 있다. 단계 1820은 전도성 잉크를 사용하여 기판 상에 안테나를 인쇄하는 단계를 수반하며, 안테나는 연속 경로를 형성하는 복수의 레그 요소를 포함한다. 복수의 레그 요소의 각각은 안테나의 공진 주파수를 변경하기 위해 개별적으로 선택 가능하거나 선택 해제 가능하고, 선택된 레그 요소들은 공진 주파수에 상응하는 안테나 경로 길이를 만든다. 안테나는 기판 자재의 단일 표면 상에 인쇄되는 평판 안테나일 수 있거나, 또는 기판의 층들에 통합되는 다양한 안테나 구성요소를 갖는 3D 구조일 수 있다. 선택 가능한/선택 해제 가능한 레그 요소들은 자재들의 조정(예를 들어, 잉크에 사용되는 전도성 자재의 유형, 그리고/또는 투자율, 유전율 및 전도도와 같은 자재 속성들의 조정), 전자적으로 스위칭 가능한 연결부들, 인쇄 유전체 요소, 레그 요소들의 치수들(예를 들어, 테이퍼지는 너비) 또는 이들의 임의의 조합을 사용하여 상이한 공진 주파수 임계치들 맞게 조정될 수 있다. 1820에서의 인쇄는 일부 실시 예에서 유전체 잉크를 사용하여 유전체 구성요소들을 인쇄하는 것을 포함할 수 있다.
- [0097] 레그 요소들이 능동적으로 선택 가능/선택 해제 가능한 실시 예들의 경우, 단계 1830에서 전자 회로는 안테나에 연결된다. 전자 회로는 레그 요소들이 개별적으로 제어될 수 있도록 안테나의 레그 요소들에의 연결부들을 갖는다. 전자 회로는 주변 환경에서 이용 가능한 주파수를 탐색하고 각 주파수의 전력 레벨들을 분석할 수 있다. 일부 실시 예에서, 전자 회로는 어느 주파수가 가장 강한 전원이 될지에 기초하여 목표 공진 주파수를 선택할 수 있다. 그 외 다른 실시 예들에서, 전자 회로는 사용자 또는 전자 회로 및 안테나와 연관된 장치에 의해 수신되도록 지정된 파장에 따라 목표 공진 주파수를 선택할 수 있다. 안테나가 에너지 하베스팅 안테나인 실시 예들에서, 방법은 또한 에너지 저장 구성요소를 안테나에 결합시키는 단계 1840을 포함한다. 에너지 저장 구성요소는 안테나에 의해 수신되는 에너지를 저장하고 예를 들어, 배터리 또는 커패시터일 수 있다. 단계 1850에서, 장치는 안테나에 의해 하베스팅되는 에너지에 의해 장치가 전력을 공급받을 수 있도록 에너지 저장 구성요소에 결합된다.
- [0098] 인쇄 잉크
- [0099] 종래의 은 또는 탄소 잉크를 비롯하여, 본 안테나 시스템들을 인쇄하기 위해 다양한 유형의 잉크들이 사용될 수 있다. 일부 실시 예에서, 안테나들을 인쇄하기 위한 잉크들은 높은 전도도를 이루기 위해 탄소(예를 들어, 그래핀 등) 및 금속의 혼합물들 일 수 있다. 일부 실시 예에서, 안테나들은 신규한 마이크로파 플라즈마 및 열 분해 장비 및 방법들로 만들어지는 고유한 탄소 물질들 및 탄소 물질 복합체들을 포함하여 인쇄 가능한 전도성 탄소, 이를테면 "Carbon Allotropes"라는 명칭의 미국 특허 출원 번호 9,862,606 및 "Seedless Particles with Carbon Allotropes"라는 명칭의 미국 특허 출원 번호 15/711,620(이들은 둘 다 본 출원의 양수인에 의해 소유되고 이에 의해 전체가 참고로 통합된다)에 개시된 탄소 물질들로 형성된다. 인쇄된 구성요소들의 다양한 실시 예를 위한 탄소 물질들의 유형들은 다층 풀러린, 그래핀, 그래핀 옥사이드, 황계 탄소(예를 들어, 황이 용융 확산된 탄소) 및 금속을 갖는 탄소(예를 들어, 니켈이 주입된 탄소, 은 나노 입자들을 갖는 탄소, 금속을 갖는 그래핀)를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다. 그래핀 및/또는 탄소 나노-어니언과 같은 구조의 탄소 혼합물들이 또한 사용될 수도 있다. 하나보다 많은 유형의 탄소가 안테나의 레그 요소들 사이에 이용되어, 각각의 레그 요소의 자재 속성들 그리고 그에 따라 공진 주파수 임계치를 조정할 수 있다.
- [0100] 일부 실시 예에서, 잉크는 조정 가능한 다층 구형 풀러린 및 그것들의 하이브리드 형태들을 포함하며, 여기서 풀러린은 이들을 생산하는 데 사용되는 분해 공정 파라미터들(예를 들어, 열 분해 또는 마이크로파 분해)에 의

해 조정 가능한 물리적 구조들을 갖는다. 종래의 카본 잉크는 전도도가 매우 높을 수 있지만, 일부 종래의 물질 들은 고이득, 저비용의 인쇄 가능한 장치들을 실제로 생성하는 데 필요한 고유의 용량 및 유도 속성들이 부족하다. 나아가, 이들 물질에서 통상적으로 발견되는 높은 레벨의 불순물들은: 1) 신호 RF 및 전력 RF에 대한 고유의 송수신 주파수를 능동적으로 제어 및 조정하고; 2) 목적하는 방향(들)으로 RF 에너지를 단일 또는 복수의 장치로 능동적으로 조종하는 능력을 가능하게 하며; 3) 둘 이상의 장치 간의 통신 및 송전을 모두 지원하기 위해 전체적인 이득을 실질적인 레벨들로 향상시키기 위한 그 외 다른 물질들과의 통합 또는 일관된 도핑을 방해한다. 본 실시 예들에서, 조정 가능한 탄소는 매우 다양한 적용 가능한 잉크 제형으로 통합될 수 있고 이들 장애를 극복하는 데 필요한 성능을 제공하면서, 매우 다양한 적합한 기관 상에 효과적으로 인쇄될 수 있다. 또한, 이러한 탄소 물질들 및 안테나들은 다중 모드 기능을 지원할 수 있다. 다양한 목적의 형태들의 RF의 동시 또는 다중 송수신은 에너지 하베스팅, 신호 전송 또는 스위칭되는 요소들 및/또는 시간 변조를 사용하여 모두 이용될 수 있다. 제어 하드웨어의 도움으로, 이들 안테나는 신호 디코딩 외에도, 기본 반송파 또는 측대역 주파수 에너지의 실제 하베스팅을 지원할 수 있다.

[0101] 일부 실시 예에서, 인쇄 가능한 잉크는 이를테면 시각 디스플레이 구성요소 위 자재 층에 사용하기 위해, 투명하다.

[0102] 일부 실시 예에서, 유전체 잉크는 본 개시에서 전술된 바와 같이, 본 안테나 시스템들에서 유전체 요소들을 인쇄하기 위해 사용될 수 있다. 유전체 잉크에 대한 유전체의 예들은 무기 유전체들(예를 들어, 산화 알루미늄, 산화 탄탈륨 및 이산화 타이타늄) 및 중합체 유전체들(예를 들어, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 및 폴리카보네이트)를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다.

[0103] 일부 실시 예에서, 자기-유전체(MD) 잉크가 안테나 요소들을 형성하기 위해 본 안테나 시스템들에 사용될 수 있다. 자기-유전체 잉크는 또한 기관과 인쇄 안테나 사이에 층을 형성하기 위해 사용될 수 있어, 안테나 효율을 높이고 안테나를 소형화할 수 있으며, 안테나가 임의의 유형의 기관 상에서 동작할 수 있도록 분리 자재로서의 역할을 한다. 자재들에서의 안테나 소형화 기술은 안테나 크기에 대한 자재의 전자기 파라미터들의 영향에 기초한다. 전기 파장(λ)은 다음과 같이 굴절률 값에 반비례한다:

[0104]
$$\lambda = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \quad \text{(식 6)}$$

[0105]
$$\epsilon_r = \epsilon' - j\epsilon''$$

[0106]
$$\mu_r = \mu' - j\mu'' \quad \text{(식 7)}$$

[0107] 식 6에서, c 는 광속이고, f_r 은 안테나의 공진 주파수이다. 식 7은 유전율(ϵ) 및 투자율(μ)이 각각 실수(ϵ' 및 μ') 및 허수 성분(ϵ'' 및 μ'')을 가지며, 허수 성분은 주파수와 관련된다는 것을 보인다. 식 6에서 볼 수 있듯이, 자재 속성은 소정의 공진 주파수에 대한 안테나의 크기를 결정할 수 있다. 통상적으로, 안테나 기관 또는 슈퍼스트레이트를 위한 높은 유전 상수 자재가 안테나 소형화를 위해 사용되어, 기관 자재의 비유전율을 증가시키지만, 좁은 대역폭 및 낮은 효율로 인해 어려움을 겪고 있다. 이들 단점은 전기장이 고유전율 영역에 남아 있고 방사되지 않는다는 사실에서 비롯된다. 고유전율이 매체에서 낮은 특성 임피던스는 임피던스 정합에도 문제를 일으킨다.

[0108] 반대로, 1보다 큰 ϵ_r 및 μ_r 을 갖는 MD 자재들은 높은 유전 상수 자재 상의 안테나보다 더 나은 안테나 성능으로 안테나 크기를 감소시킬 수 있다. 알려져 있는 연구들에 따르면, 비투자율의 적절한 증가가 마이크로 스트립 안테나의 효율적인 크기 감소를 초래한다. 소형화 후에도 임피던스 대역폭은 유지될 수 있다. 공동 모델을 사용하면, 손실이 있는 MD 자재 상에 배치되는 패치 안테나의 방사 효율 및 대역폭이 이들 MD 자재가 안테나 크기를 줄이는 데 효과적임을 보여주었다. 이러한 기술로부터, 비유전율은 방사 효율 및 대역폭에 부정적인 영향을 미치는 반면, 비투자율은 둘 모두에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 보았다. MD 자재들에 대한 다양한 안테나 설계는 안테나의 방사 효율 및 대역폭의 손실 없이 안테나 크기를 줄일 수 있음을 보여주었다. 본 실시 예들은 특정 구성에 대한 투자율 및 유전율의 자재 속성들을 고유하게 조정함으로써 안테나 설계에 자기 유전체들의 사용을 추가로 적용할 수 있다. 예를 들어, MD 자재 속성들은 안테나 레그 요소에 대한 특정 공진 주파수를 갖도록,

또는 MD 요소가 안테나 요소와 기관 사이의 분리 층이 되도록 만들도록 조정될 수 있다.

[0109] 도 19는 전도성 코팅이 상이한 페이퍼들 상에 사용된 다수의 시험 샘플에 대한 종래 기술의 전기 저항(오움)으로부터의 그래프(1900)이다. 그래프(1900)의 X축에 의해 표시된 바와 같이, 다수의 샘플을 시험하였다. 코팅은 코팅지(곡선 1910), 크라프트지(곡선 1920), 다양한 유형의 골판지(E-플루트(곡선 1930), B-플루트(곡선 1940) 및 C-플루트(곡선 1950) 및 상용 라벨들(곡선 1960) 상에 직접 인쇄되었다. 이러한 그래프(1900)는 상이한 페이퍼들 상의 동일한 전도성 코팅이 저항에 큰 영향을 미친다는 것을 보여준다. 전술한 식 1에 따라, 하베스팅 효율은 저항에 크게 의존한다. 실험은 저항이 낮을수록 하베스팅 안테나 성능은 향상되는 것을 분명하게 보인다. 통상적으로, 판지 상에 직접 인쇄된 자재들은 더 높은 저항을 생성한다. 본 개시의 일부 실시 예에서, 특정 잉크 물질들, 특히 상술된 고유한 탄소를 사용하는 것이 이러한 과제를 해결한다. 일부 실시 예에서, 안테나 자재용 잉크는 다양한 페이퍼 유형에 대해 저저항 값을 이루도록 조정될 수 있다.

[0110] 조정 회로

[0111] 일부 실시 예에서, 에너지 하베스팅 회로 또는 장치 또는 전체 전자 장치의 성능은 지속적으로 또는 미리 결정된 주파수 또는 간격 중 어느 하나로 수행되는 에너지 하베스팅 최적화 절차에 의해 최적화된다. 그러한 조정 회로의 소프트웨어 및/또는 하드웨어 구성요소들은 하베스팅된 에너지의 절대 입력 에너지 레벨(또는 그로부터 생성되는 전력 레벨)을 모니터링 또는 결정한다. 소프트웨어 및/또는 하드웨어 구성요소들은 또한 임피던스 정합 구성요소들, 안테나 구조 요소들 및 부하 요소들을 조절하여 이용 가능한 최고 에너지 입력 레벨에 대한 동작 전압 탐색을 수행한다. 예를 들어, 이용 가능한 최고 에너지 입력 레벨에 대한 입력/출력(I/O) 제어 탐색은 상술된 바와 같이, 안테나 요소 레그들, 안테나 임피던스 정합 요소들, 부하 정합 요소들 또는 이들 요소의 조합을 시스템 회로 안팎으로 스위칭한 다음, 저장된 에너지 레벨 및/또는 고갈률의 표시자를 확인함으로써 수행될 수 있다. 그 다음 최고 에너지 입력 레벨을 야기하는 이들 요소의 구성이 에너지 하베스팅 최적화 절차가 반복될 때까지 에너지 하베스팅 회로 또는 장치 및 전체 전자 장치의 동작을 위해 선택된다. 전자 회로가 에너지 하베스팅을 위해 설명되었지만, 그 외 다른 실시 예들에서 전자 회로는 전자 회로가 연관된 사용자 또는 장치에 의해 설계된 것과 같이 수신될 특정 주파수를 탐색할 수 있다.

[0112] 도 20은 에너지 하베스팅 최적화를 제어하기 위한 회로 및 프로세서들을 포함하는 전자 회로(2000)의 실시 예를 도시한다. 전자 회로(2000)는 예를 들어, 마이크로 프로세서일 수 있다. 전자 회로(2000)는 주변 환경에서 복수의 이용 가능한 주파수를 식별하고 복수의 이용 가능한 주파수의 전력 레벨들에 기초하여 공진 주파수를 설정하는 식별 회로(2010)를 포함한다. 전자 회로(2000)는 또한 안테나(2050)에서 레그 요소들의 개별적인 연결부들과 통신하여 복수의 레그 요소를 선택 또는 선택 해제하는 스위칭 회로(2020)를 포함한다. 따라서, 전자 회로(2000)는 전자 회로(2000)에 또한 존재할 수 있는 상이한 안테나 레그 요소들 및 상이한 임피던스 정합 또는 부하 정합 요소들(2030)을 스위치 인 및/또는 아웃(즉, 전기적으로 단락시키거나 직렬 또는 병렬로 함께 연결)시킨다. 이러한 방식으로, 에너지 하베스팅 최적화 절차 하에서 동작하는 소프트웨어 및/또는 하드웨어 구성요소들은 안테나 레그 요소들에 대한 일련의 상이한 연결 구성을 생성한다. 전자 회로(2000)는 또한 임피던스 정합 요소들 및 부하를 제어하고, 각 구성에 대해 하베스팅된 에너지의 절대 입력 에너지 레벨을 결정할 수 있다. 안테나(2050)가 에너지 하베스팅 안테나인 실시 예들에서, 시스템은 또한 안테나(2050)에 의해 수신된 에너지를 저장하는 데 사용될 수 있는 에너지 저장 구성요소(2060)를 포함한다. 에너지 저장 구성요소(2060)는 예를 들어, 배터리 또는 커패시터일 수 있다. 에너지 저장 구성요소(2060)는 안테나(2050)에 의해 하베스팅된 에너지에 의해 전력을 공급받는 장치(2070)에 연결된다.

[0113] 상이한 구성들에 대한 이들 안테나 레그 요소 및 임피던스 정합 요소에 대한 스위칭 인 및/또는 아웃은 도 21의 예시적인 그래프(2100)에 도시된 바와 같이 상이한 대역폭 및 주파수 수신을 달성하며, 여기서 실선(2110) 및 점선(2120)은 상이한 최대 에너지 하베스팅 상황들에 대한 두 개의 예시적인 구성의 결과들을 도시한다. 그 다음 소정의 에너지 하베스팅 상황에 대한 최고 에너지 입력 레벨을 야기하는 구성이 에너지 하베스팅 회로 또는 장치 및 전력이 공급되고 있는 전체 전자 장치의 동작을 위해 선택된다. 에너지 하베스팅 상황은 주변 환경에서 이용 가능한 주파수들의 변화 또는 안테나의 물리적 배향의 변화로 인해 임의의 순간에 잠재적으로 변화될 수 있기 때문에, 에너지 하베스팅 최적화 절차는 지속적으로 또는 주기적으로 반복된다.

[0114] 에너지 하베스팅 최적화 절차는 에너지 하베스팅 회로 또는 장치가 사용될 환경이 통상적으로 알려져 있지 않고 잠재적으로 변경될 수 있기 때문에 바람직하다. 그에 따라, 이용 가능한 EM 방사선의 주파수는 알려져 있지 않다. 임의의 적절한 EM 주파수의 EM 방사가 환경에 존재할 수 있다. 동일한 환경에서 통용되는 두 개의 주파수는 915 MHz 및 2.45 GHz이지만, 그 외 다른 많은 주파수 신호도 존재할 수 있다. 그러나, 어느 주파수가 최고 진폭 또

는 전력 레벨을 갖는 신호를 가질지, 그리고 그에 따라 에너지 하베스팅에 가장 적합한 후보가 될지는 미리 알 수 없다. 제1 시간주기에서, 예를 들어, 제1 주파수의 제1 신호는 매우 높은 진폭 또는 전력 레벨로 존재할 수 있는 한편, 제2 주파수의 제2 신호는 훨씬 더 낮은 진폭 또는 전력 레벨을 가질 수 있으므로, 단지 첫 번째 신호가 에너지 하베스팅 회로 또는 장치에 사용 가능하게 된다. 그러나, 제2 기간에서는, 제2 신호가 더 높은 진폭 또는 전력 레벨로 존재할 수 있는 한편, 제1 신호는 더 낮은 진폭 또는 전력 레벨을 가져, 제2 신호만이 에너지 하베스팅 회로 또는 장치에 사용될 수 있다. 또 다른 시간에는, 두 신호 모두 사용 가능한 진폭 또는 전력 레벨들로 존재할 수 있다. 다시 말해, 상이한 시간들에, 하나 이상의 주파수에서 하나 이상의 신호의 상이한 조합들이 사용 가능한 진폭 또는 전력 레벨들로 환경에 존재할 수 있다.

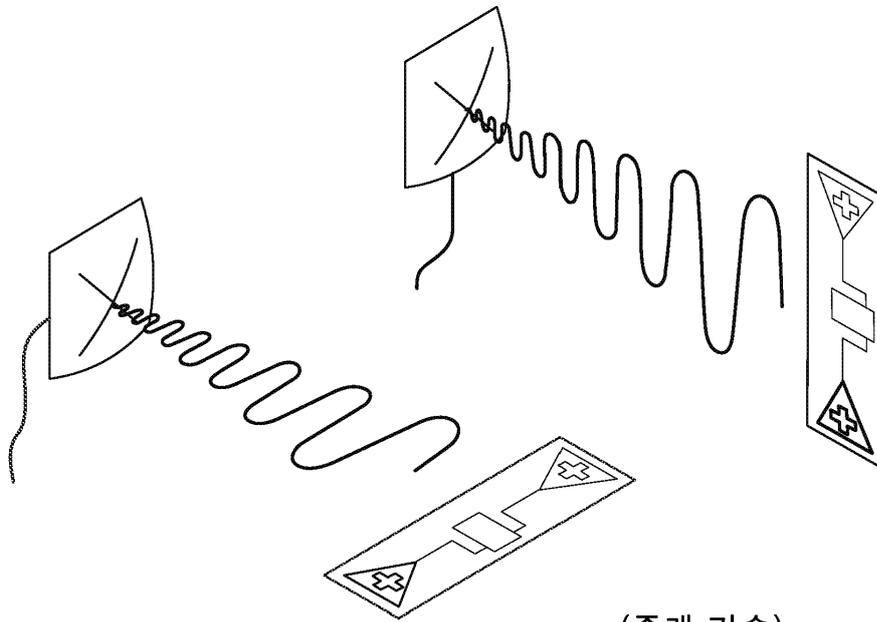
[0115] 사용 가능한 신호 주파수들이 알려져 있지 않을 것이라는 사실의 결과로서, 각각의 안테나가 통상적으로 단지 특정 주파수 또는 주파수 대역의 신호들만 수신하도록 조정되기 때문에, 임의의 소정의 환경에서 또는 임의의 소정의 시간에 최대 에너지 하베스팅 능력에 필요한 적절한 안테나 구성 또한 알려져 있지 않을 가능성이 있다. 유사하게, 안테나에 전기적으로 연결된 관련 회로의 적절한 임피던스(임피던스 정합에 필요한)도 알려져 있지 않다. 따라서, 에너지 하베스팅 최적화 절차는 에너지 하베스팅 회로 또는 장치 및/또는 전체 전자 장치의 관련 전자 회로가 상이한 조합들 또는 구성들로 다양한 안테나 요소 및 임피던스 정합 요소를 스위칭 인 및 아웃함으로써, 전체 안테나를 환경에서 사용 가능한 모든(또는 거의 모든, 대부분 또는 상당 부분) 신호 주파수의 최상의 수신을 위해 조정할 수 있게 하여, 이용 가능한 에너지의 하베스팅(또는 그로부터의 전력 생성)이 임의의 소정의 상황 또는 환경에 대해 최대화 또는 최적화되게 된다.

[0116] 에너지 최적화는 IC 장치 통합 실시 예에 특히 적합하며, 여기서 에너지 하베스팅 회로 또는 장치를 위한 전자 장치들은 동일한 플랫폼 포장뿐만 아니라 동일한 IC 다이에서 다양한 논리 장치(예를 들어, 지능형 마이크로 프로세서 또는 ASIC 장치)와 통합된다. 에너지 하베스팅 회로들 또는 장치들을 위한 전자 장치들은 일반적으로 임피던스 정합 회로, 정류 회로, 조절 회로 및 전하 조절 회로(예를 들어, 커패시터들 또는 배터리들과 같은 저장 장치용)를 포함하나, 이에 제한되지는 않는다. 다양한 논리 장치를 위한 전자 장치들은 일반적으로 특히, 중앙 처리 장치(CPU), 보조 프로세서, ASIC, 축소 명령 집합 컴퓨팅(RISC) 프로세서, ARM(Advanced RISC Machines)(TM) 프로세서 및 저전력 로직을 포함하여 지능형 기능들을 수행하나, 이에 제한되지는 않는다. 다양한 논리 장치를 위한 전자 장치들은 또한 일반적으로 예를 들어, 블루투스 저에너지(BLE) 표준, 근거리 통신(NFC) 프로토콜, ZIGBEE 사양, WIFI 표준, WIMAX 표준 등에 따라, 통신 구성요소들을 포함할 수 있다.

[0117] 하나 이상의 예가 첨부된 도면에 도시된 개시된 발명의 실시 예를 상세하게 참조하였다. 각각의 예는 본 기술의 제한으로서가 아니라 본 기술의 설명을 위해 제공되었다. 실제로, 본 명세서는 본 발명의 특정 실시 예와 관련하여 상세하게 설명되었지만, 당업자는 전술한 내용을 이해하면, 변경 예, 변형 예 및 이들 실시예와의 균등 예를 용이하게 생각할 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 일 실시 예의 일부로서 도시되거나 설명된 특징은 다른 실시 예와 함께 사용되어 또 다른 실시 예를 생성할 수 있다. 따라서, 본 주제는 첨부된 청구범위 및 그 등가물의 범위 내에서 이러한 모든 수정 및 변형을 포함하도록 의도된다. 본 발명에 대한 이들 및 다른 수정 및 변형은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 당업자에 의해 실시될 수 있으며, 이는 첨부된 청구 범위에 보다 구체적으로 기재되어 있다. 또한, 당업자는 상기 설명이 단지 예일 뿐이고 본 발명을 제한하려는 것이 아님을 이해할 것이다.

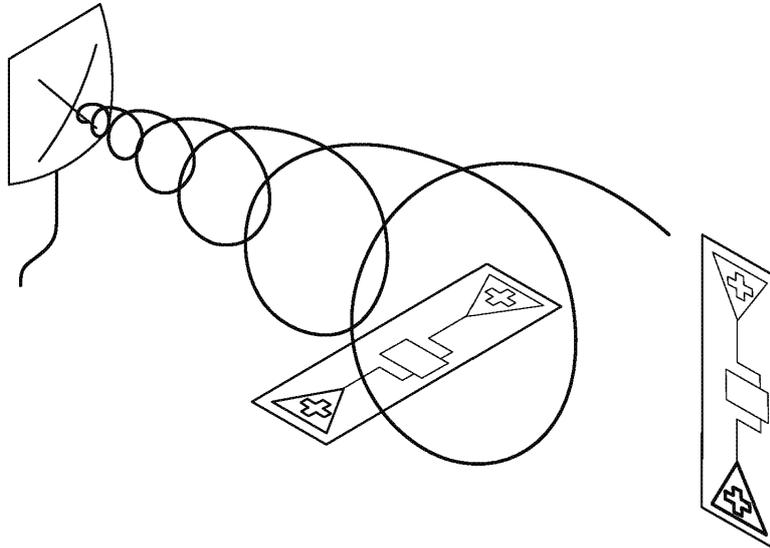
도면

도면1a



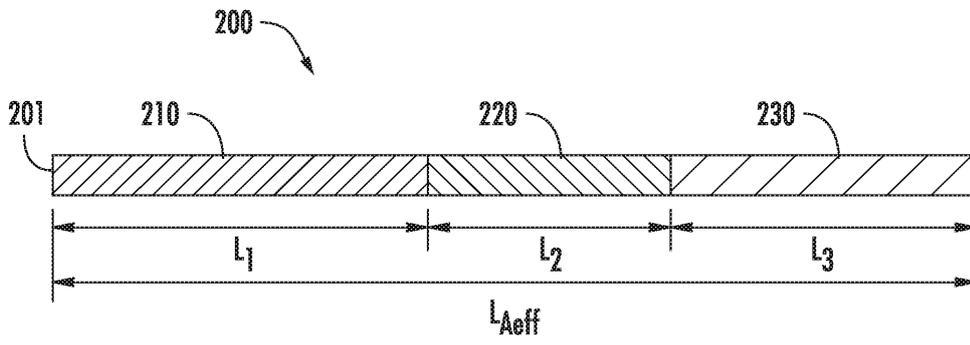
(종래 기술)

도면1b

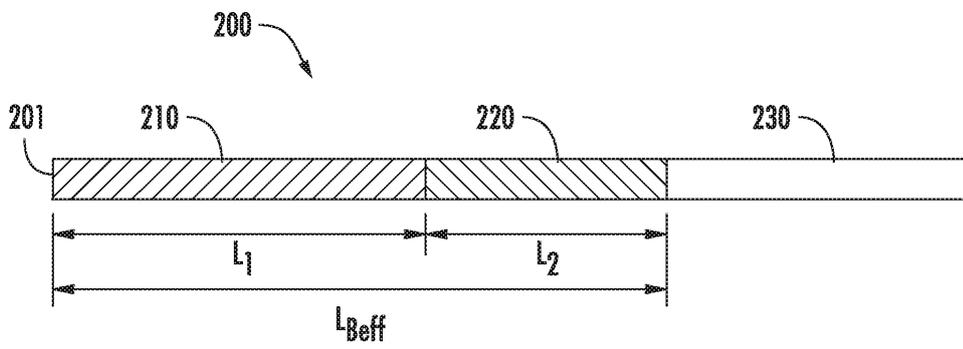


(종래 기술)

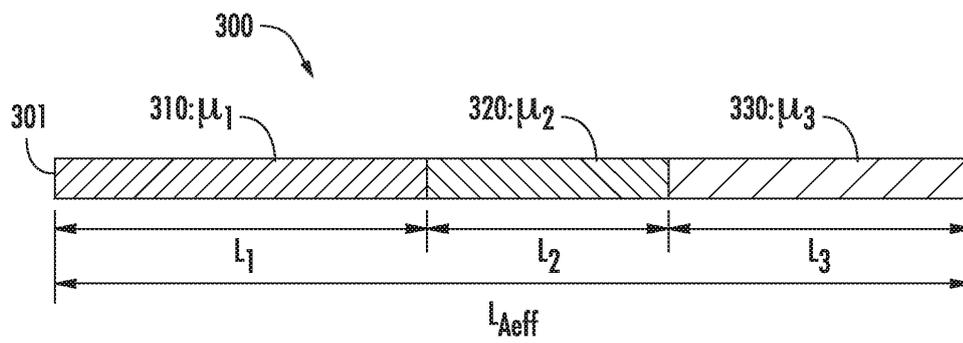
도면2a



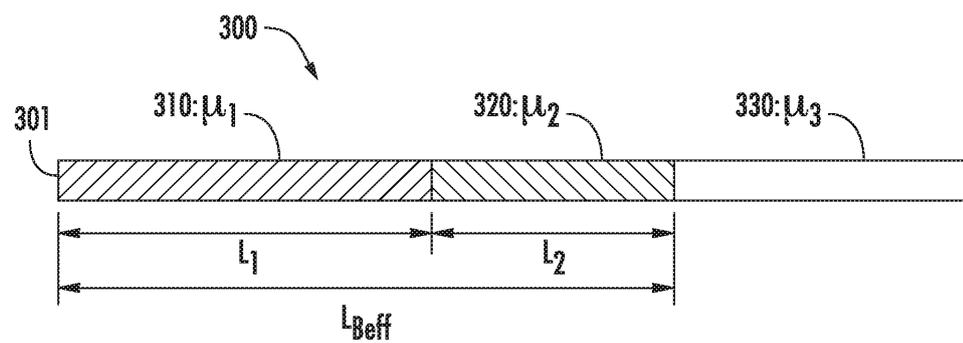
도면2b



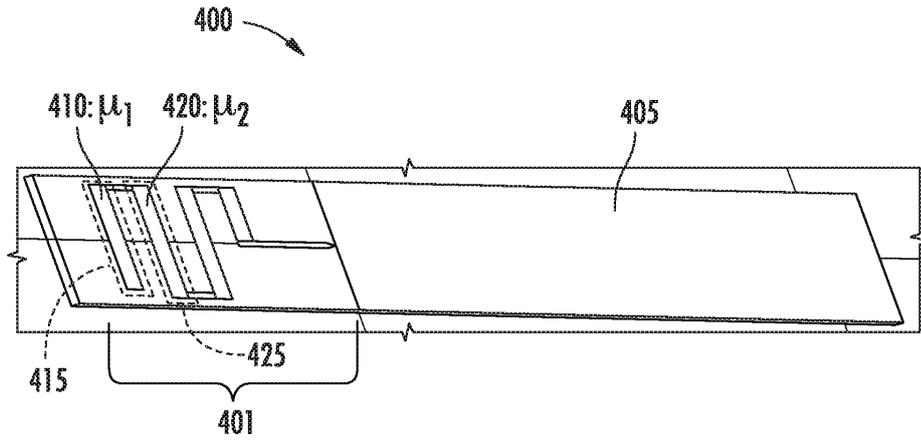
도면3a



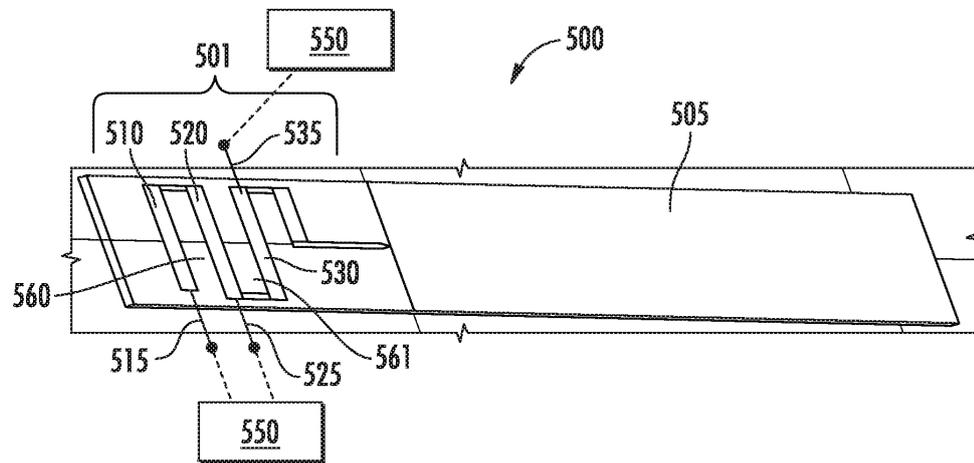
도면3b



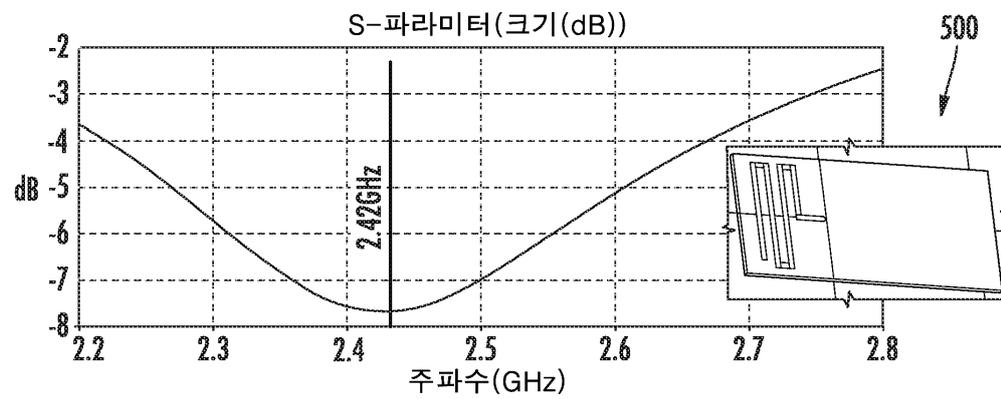
도면4



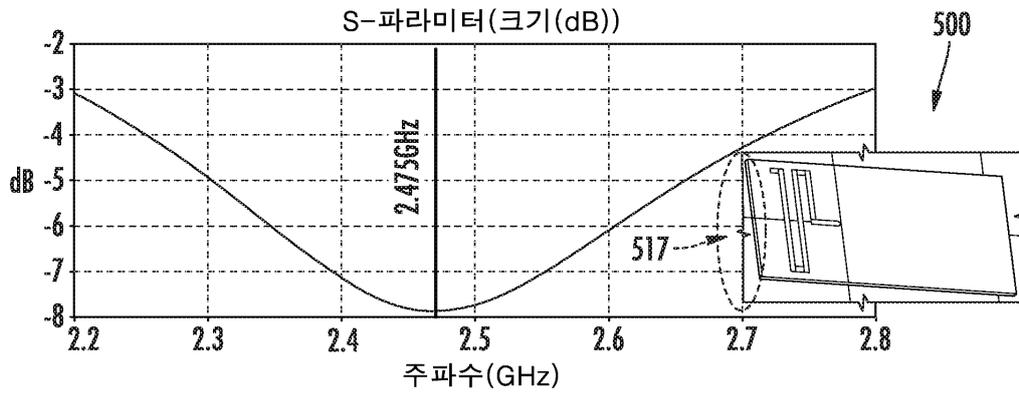
도면5



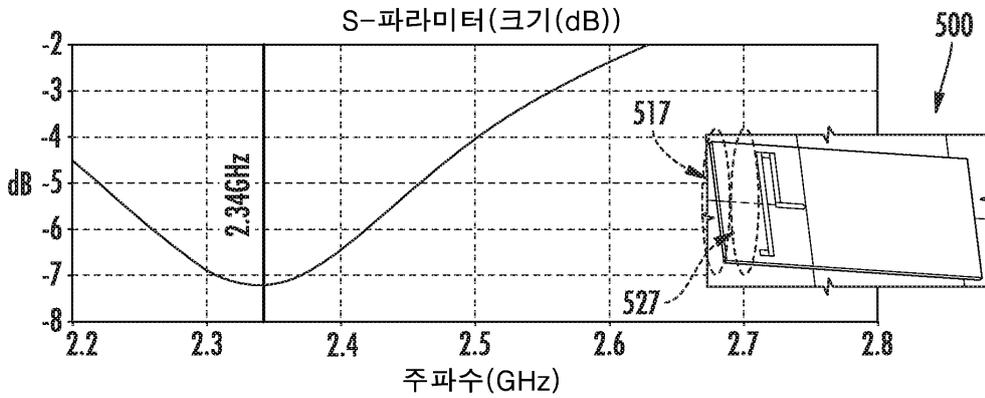
도면6a



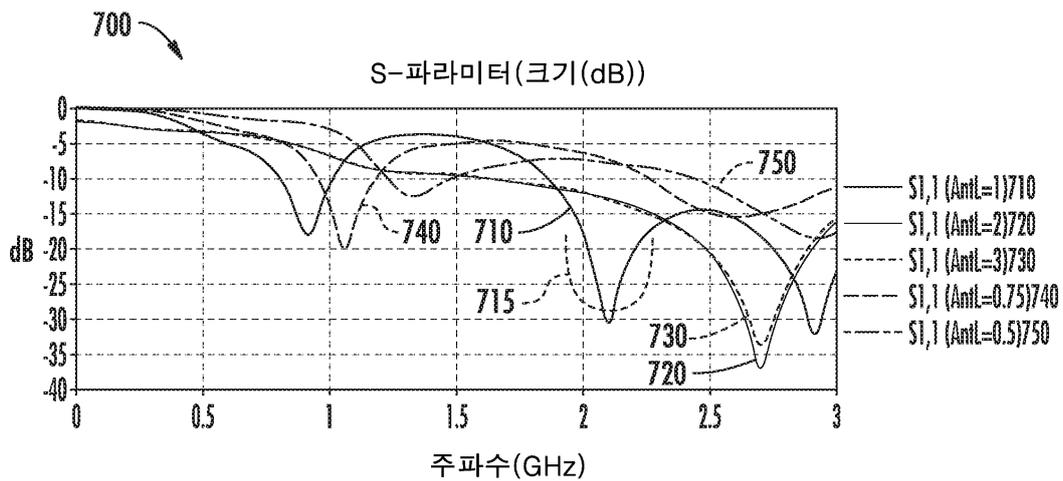
도면6b



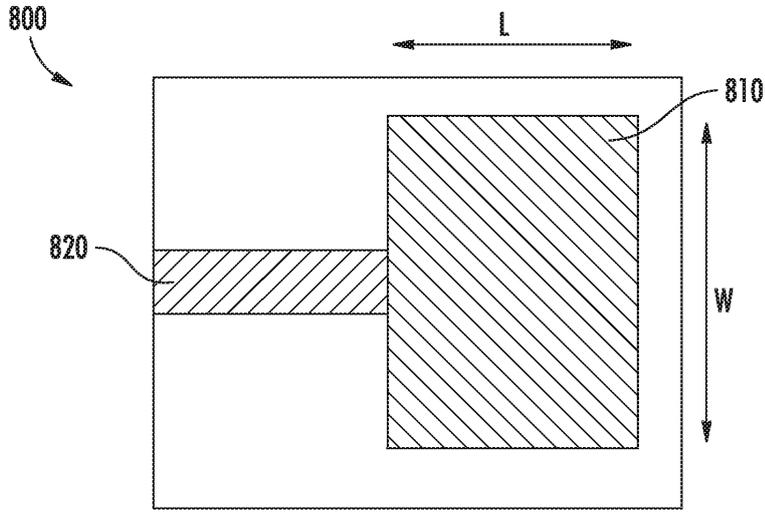
도면6c



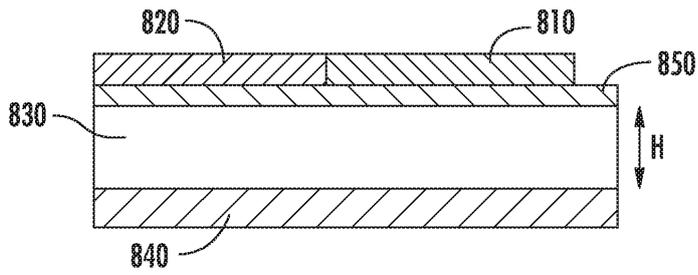
도면7



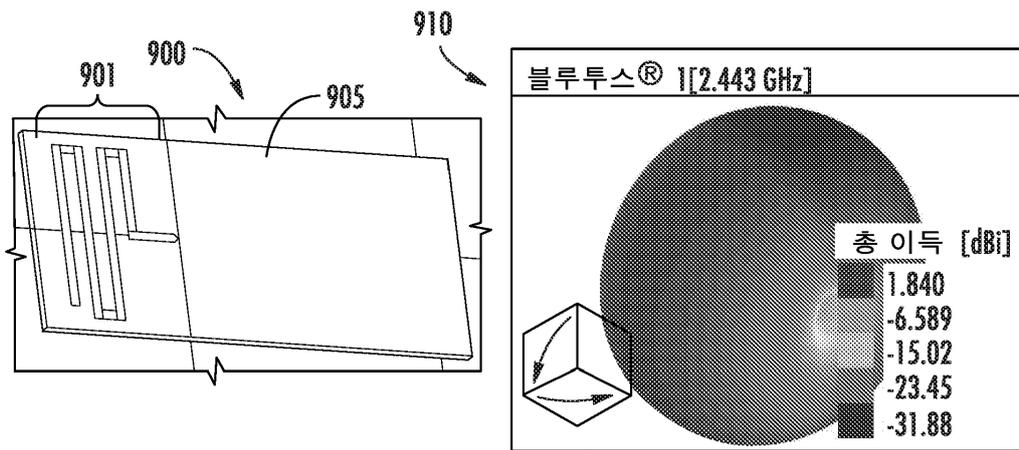
도면8a



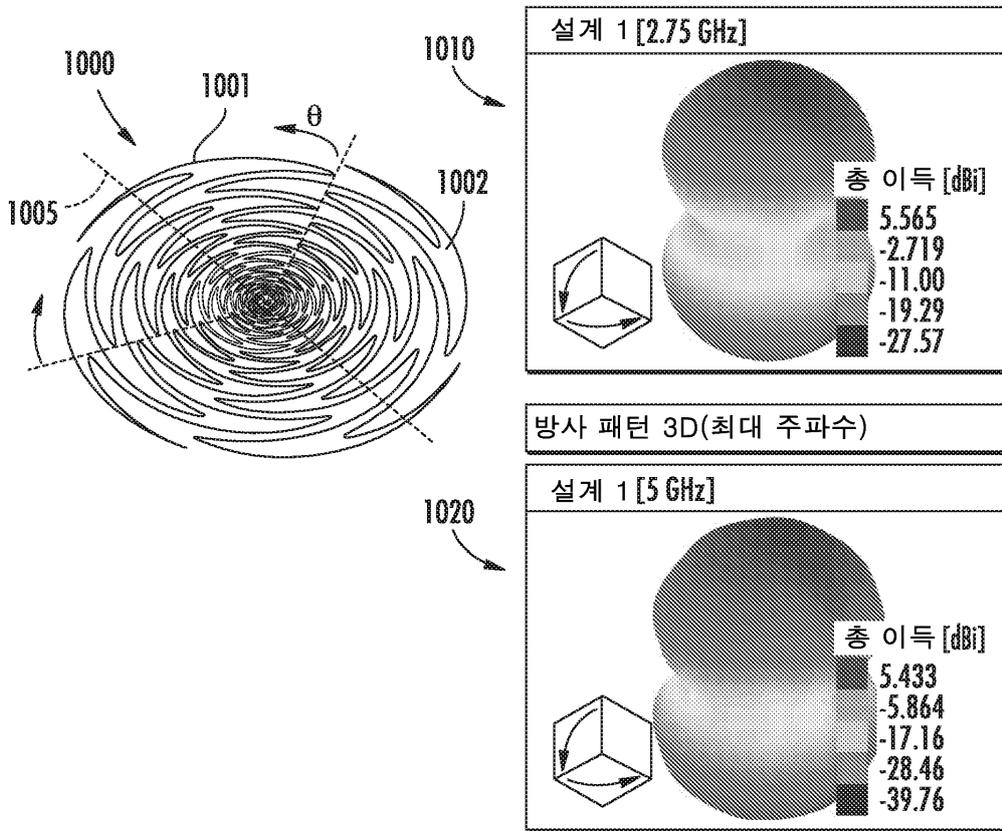
도면8b



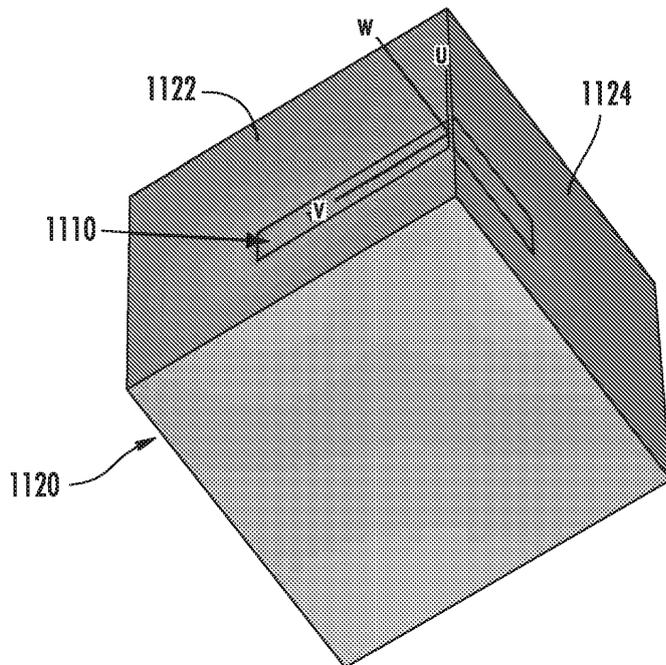
도면9



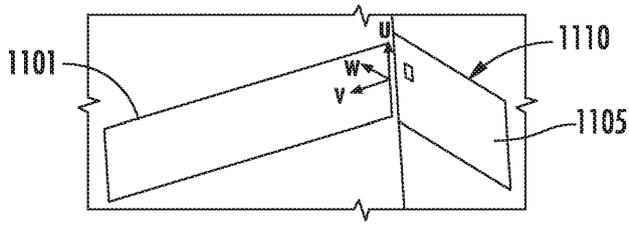
도면10



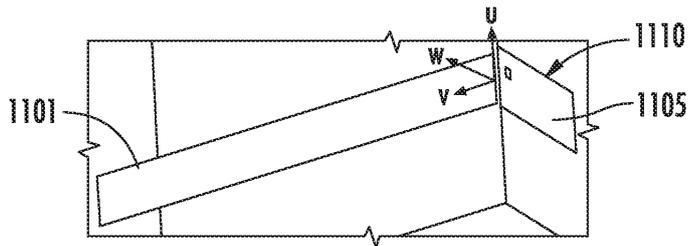
도면11a



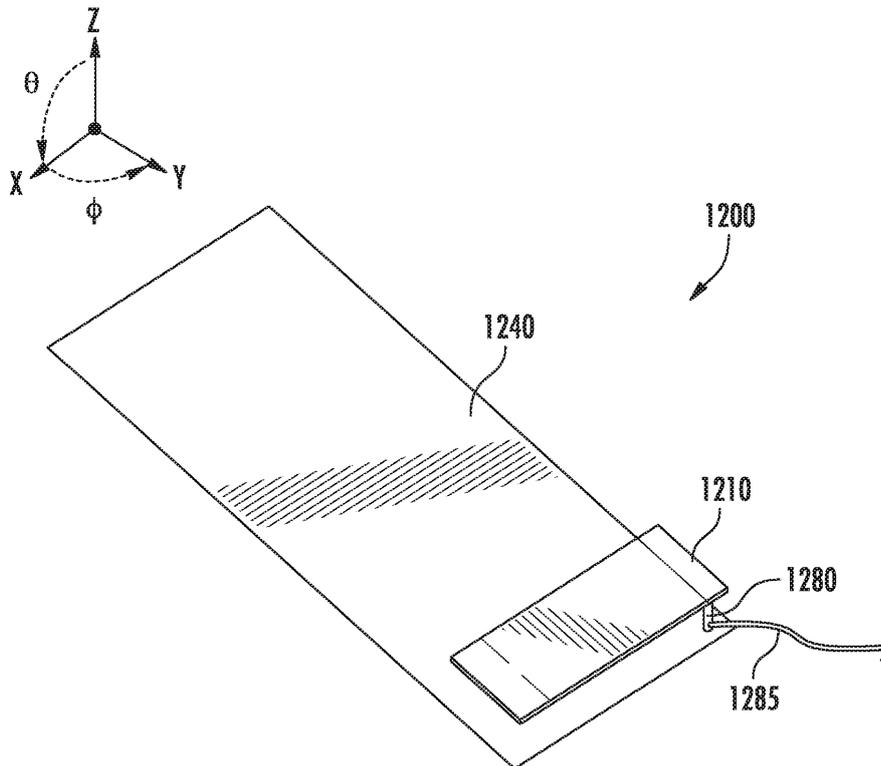
도면11b



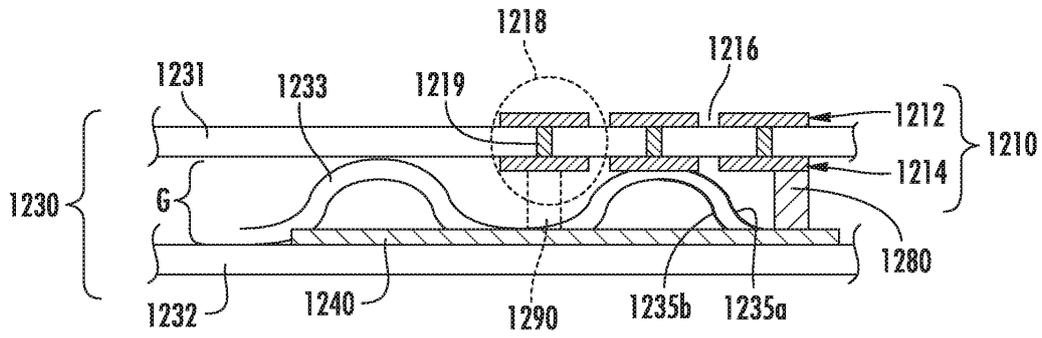
도면11c



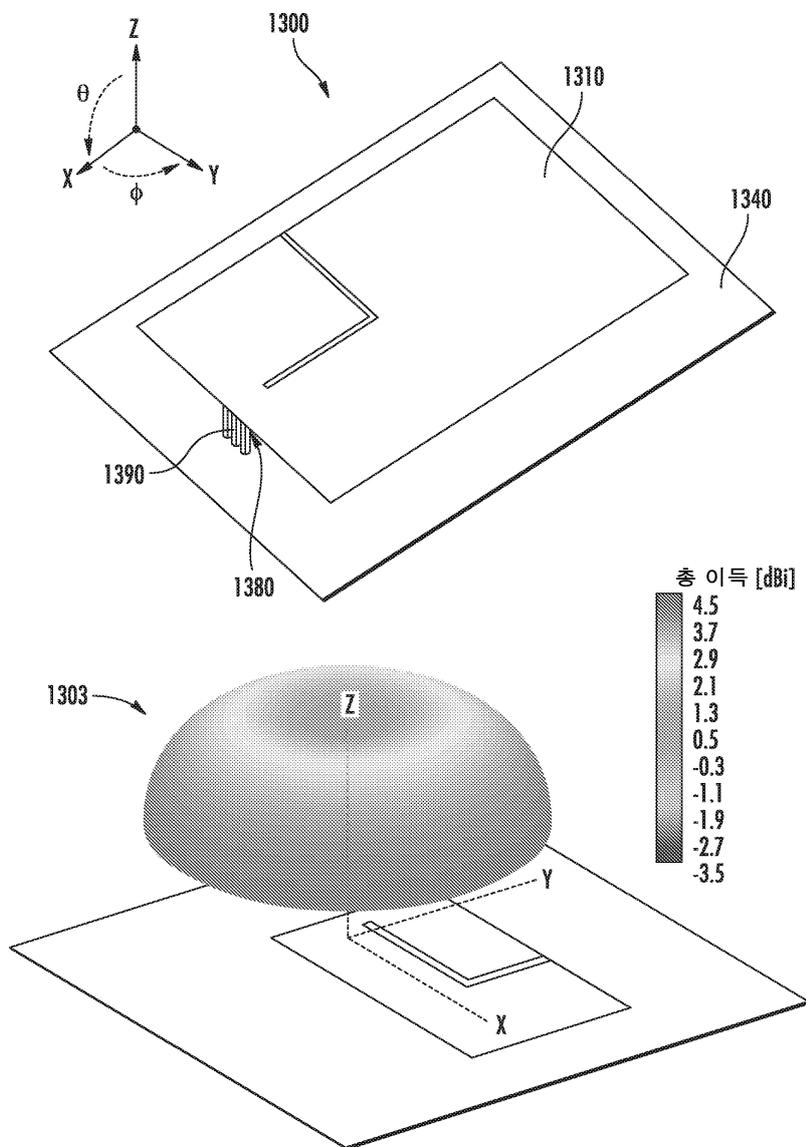
도면12a



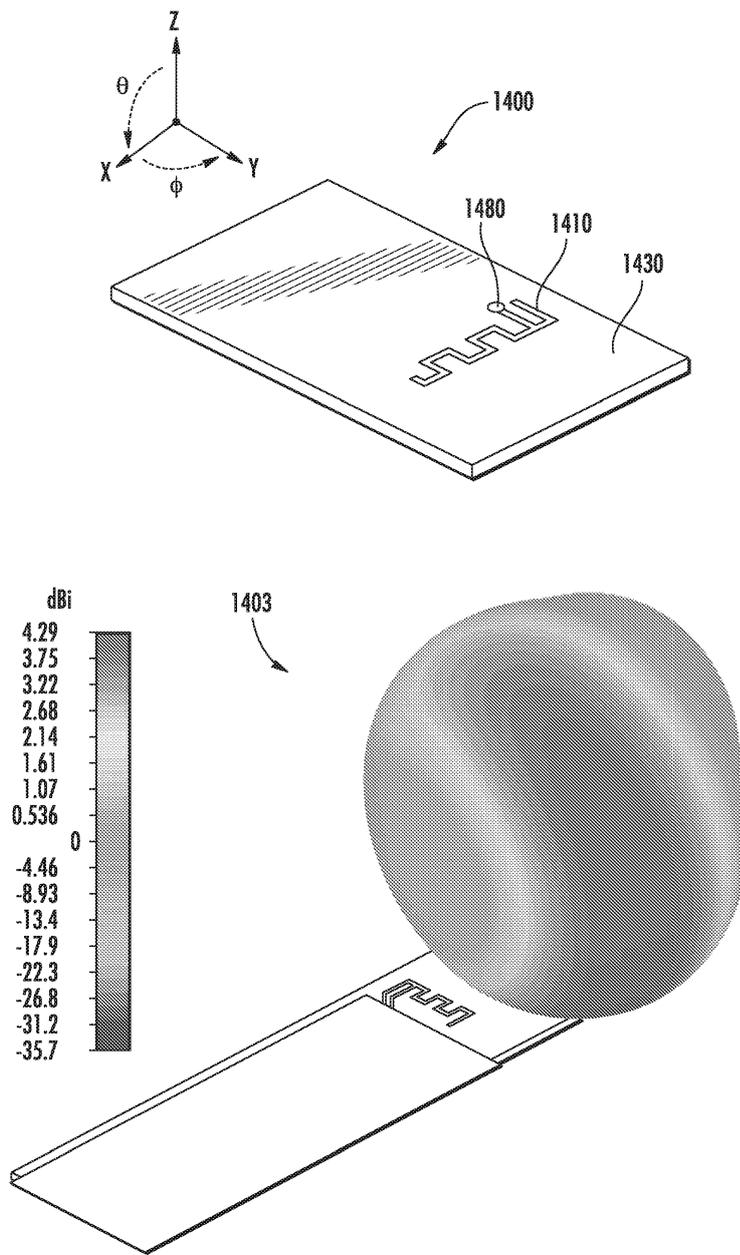
도면12b



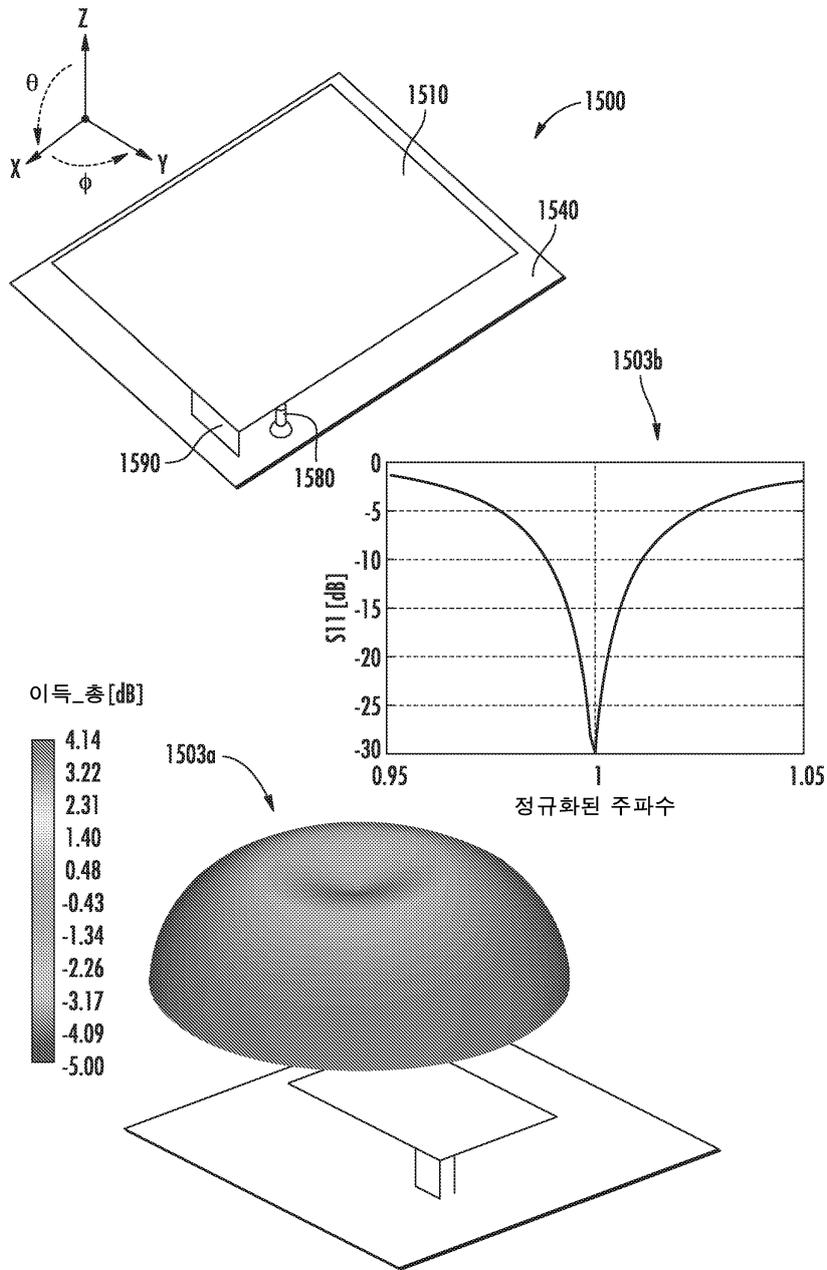
도면13



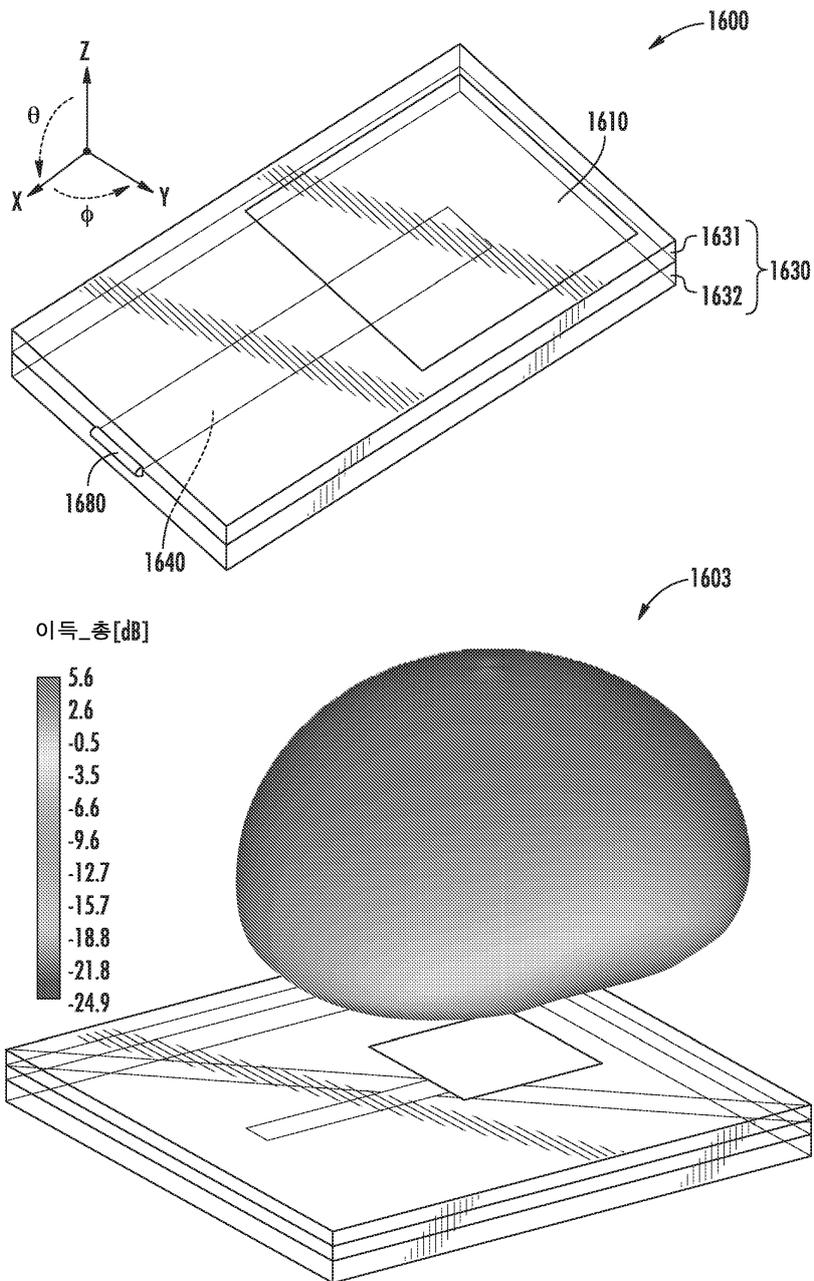
도면14



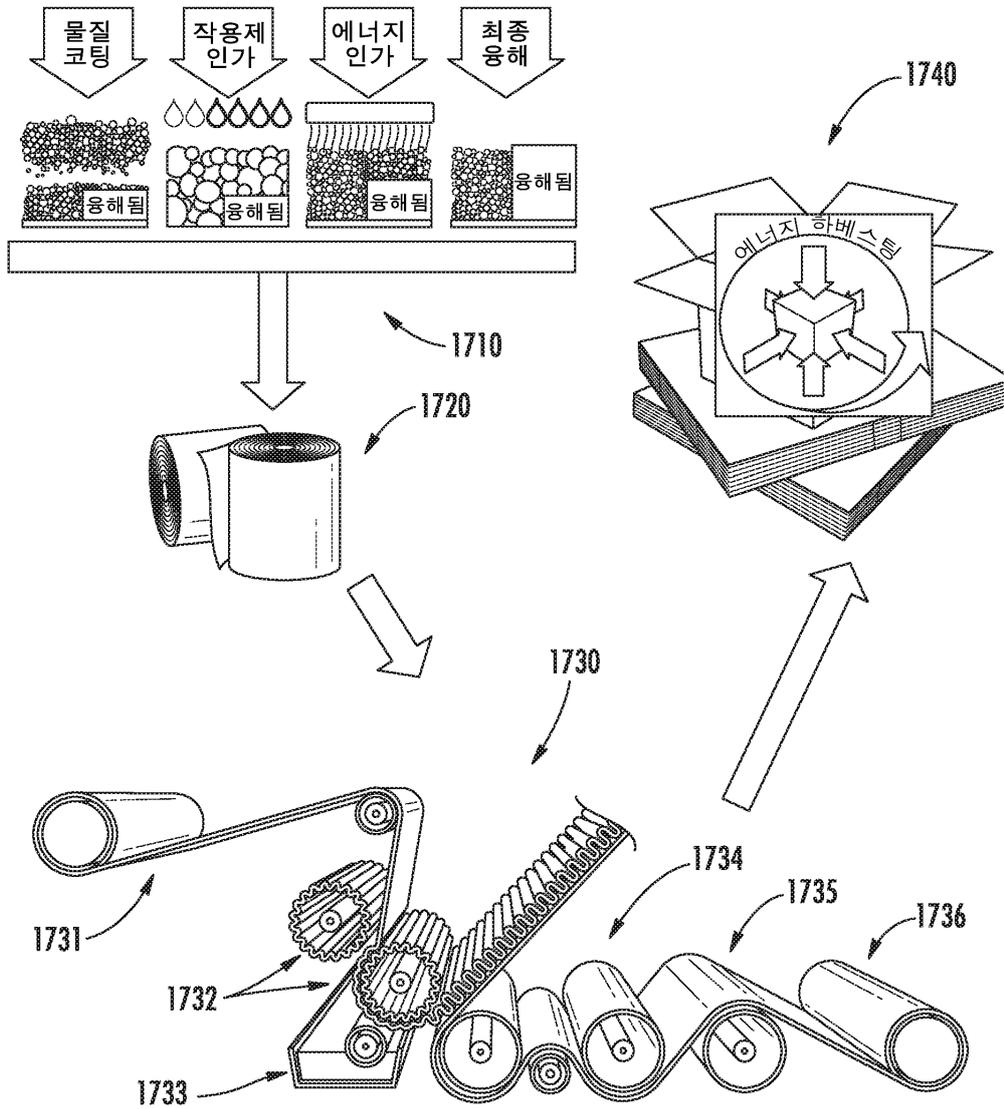
도면15



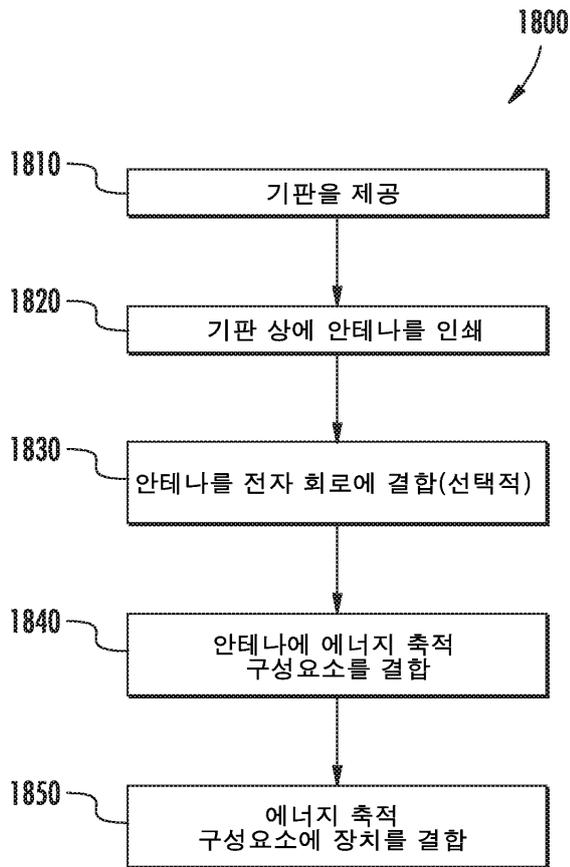
도면16



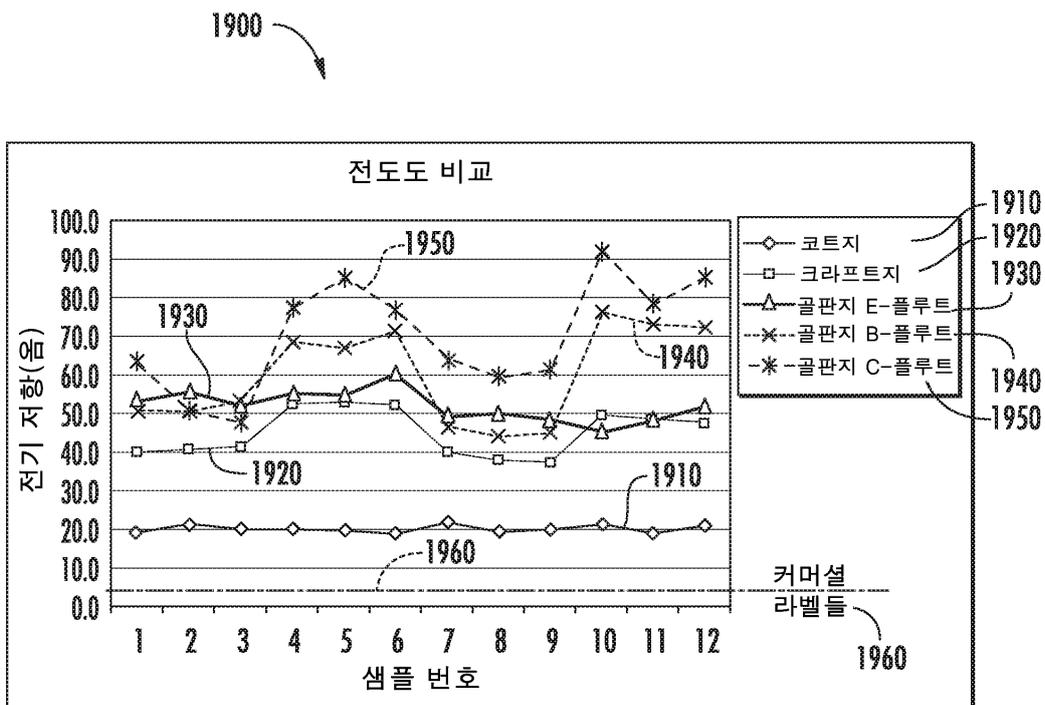
도면17



도면18

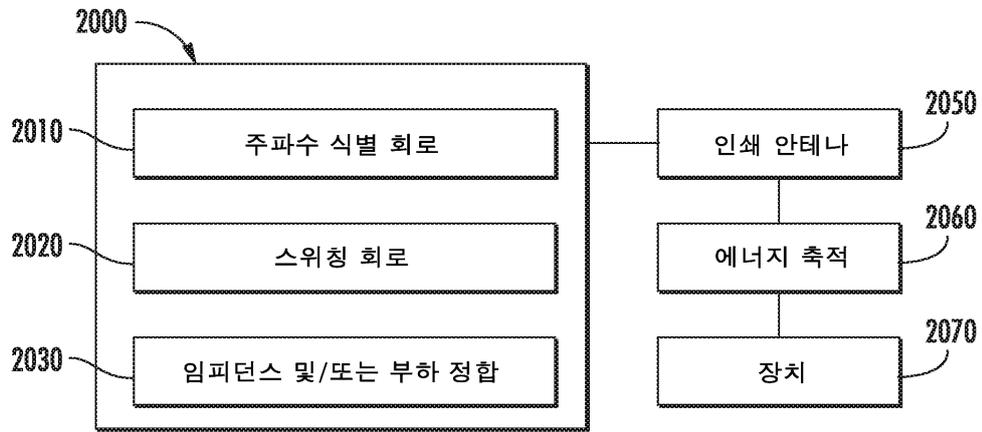


도면19



(종래 기술)

도면20



도면21

