



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월03일
(11) 등록번호 10-1671799
(24) 등록일자 2016년10월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0059971
(22) 출원일자 2014년05월19일
심사청구일자 2014년05월19일
(65) 공개번호 10-2015-0133092
(43) 공개일자 2015년11월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR101355439 B1*
논문ISDRS2011*
KR1020100040417 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
(72) 발명자
정영배
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 최창락

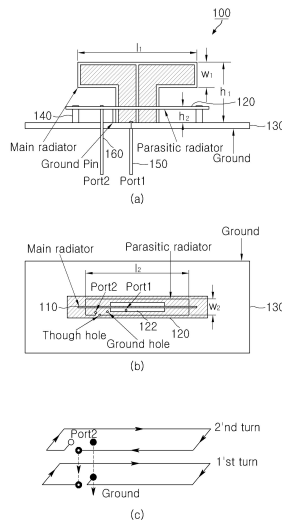
(54) 발명의 명칭 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템

(57) 요약

본 발명은 본 발명은 에너지 수집 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 기생 방사소자를 이용하여 전자파를 송수신하는 안테나에 있어서 주 방사소자의 특성 열화를 억제하면서도 기생 방사소자를 통하여 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 에너지 수집 시스템에 관한 것이다.

본 발명은 방사 패턴이 방향성을 가지는 주 방사소자; 상기 주 방사소자의 후방에 위치하여 상기 주 방사소자에서 방사되는 에너지를 수집하는 기생 방사소자; 및 상기 주 방사소자와 기생 방사소자의 하부에 위치하는 접지면을 포함하여 구성되며, 이때, 상기 기생 방사소자는 1회전 또는 복수의 회전수를 가지는 루프 방사소자인 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템을 개시하는 효과를 갖는다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

방사 패턴이 방향성을 가지며 소정의 동작 주파수 대역을 가지는 제1 기관에 형성된 주 방사소자;

상기 주 방사소자의 후방에 위치하여 상기 주 방사소자의 동작 주파수 대역과 동일한 주파수 대역에서 상기 주 방사소자에서 방사되는 에너지를 수집하는 기생 방사소자; 및

상기 주 방사소자와 기생 방사소자의 하부에 위치하는 접지면을 포함하여 구성되며,

이때, 상기 기생 방사소자는 제2 기관에 형성된 루프 방사소자로서, 상기 루프 방사소자는 상기 주 방사소자의 동작 주파수 대역을 포함하는 동작 주파수 대역을 가지는 회전수 중에서 가장 높은 방사 이득(gain) 특성을 가지는 회전수로 이루어지며,

상기 제1 기관에는 상기 주 방사소자를 급전하는 급전선이 형성되고, 상기 제1 기관의 급전선은 상기 제2 기관의 루프 방사소자 중심에 형성된 슬릿을 관통하여 상기 주 방사소자를 급전하는 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주 방사소자는,

모노폴(monopole) 방사소자, 다이폴(dipole) 방사소자, 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자 중 하나인 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기생 방사소자는,

동작 주파수의 파장의 길이 혹은 그 홀수배의 원주 길이를 가지는 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기생 방사소자는,

인쇄 회로 기관의 상층, 하층, 내층의 어느 한 층 혹은 복수의 층에 형성된 루프 방사소자 패턴을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 주 방사소자는,

인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자인 것을 특징으로 하는 에너지 수집 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 수집 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 기생 방사소자를 이용하여 전자파를 송수신 하는 안테나에 있어서 주 방사소자의 특성 열화를 억제하면서도 기생 방사소자를 통하여 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 에너지 수집 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래에 들어, 화석 연료의 고갈과 지구 온난화 등의 문제가 지속적으로 제기되면서, 과도한 자원 및 에너지의 소모를 줄이고 효율을 높이기 위한 이른바 그린 테크놀로지(Green Technology)에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] 이에 대한 일환으로 무선 통신, 방송 등의 용도로 대기 중에 방사되고 있는 유휴 전파를 수신하여 이로부터 에너지를 수집하여 활용함으로써, 에너지 효율을 개선하는 방법 등이 시도되고 있다. 예를 들어, 대한민국 공개특허 10-2010-0118383호(2010년 11월 5일 공개)에서는 빌딩의 축전 시스템에서 대기중의 전자파를 수집하여 전기 에너지로 변환하며, 흡수하고자 하는 전자파의 특성에 따라 미리 결정된 길이로 배열된 렉테나(Rectenna)를 이용하는 전자파 에너지 수확 장치에 대하여 개시하고 있다.

[0004] 그러나, 상기한 바와 같이 대기 중에 방사되고 있는 유휴 전파를 수신하여 에너지를 수집하는 경우, 이를 통하여 획득할 수 있는 에너지의 양은 매우 제한적일 수 밖에 없다. 왜냐하면, 전자파가 방사되는 경우 방사 안테나로부터의 거리가 늘어남에 따라 그 수신 신호의 전력이 급격하게 감쇄하게 되기 때문이다. 대기 중에 방사되고 있는 유휴 전파를 수집하는 방법으로 에너지를 수집하는 경우, 통상 1mW 미만 정도의 전력을 획득할 수 있는 것으로 보고되고 있으며, 이 정도의 전력으로 동작시킬 수 있는 전기기기는 매우 제한적일 수 밖에 없어 실용성이 떨어지게 된다.

[0005] 따라서, 전자파로부터의 에너지 수확량을 늘리기 위해서는 최대한 방사 안테나에 근접하여 신호를 수신하는 것이 유리하게 된다. 예를 들어, 대전력으로 전자파를 송출하게 되는 방송용 안테나, 무선통신용 기지국 안테나 혹은 중계기 안테나 등에 근접하여 에너지를 수집하는 경우를 들 수 있다. 그러나, 에너지 수집을 위하여 방사 안테나의 근거리장(near field) 내로 다른 수신 안테나를 진입시키는 경우에는 안테나의 방사 특성이 왜곡될 수 있어, 상기 방사 안테나의 본연의 기능을 저해할 수 있다는 문제점이 있다.

[0006] 이에 따라, 전자파 방사 안테나의 특성을 왜곡하지 않으면서도 전자파 신호를 수신하여 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 에너지 수집 시스템에 대한 요구가 지속되고 있으나, 이에 대한 적절한 해결책이 아직 제시되지 못하고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 전자파 방사 안테나의 특성을 왜곡하지 않으면서도, 전자파 송출 안테나에 근접 배치되어 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 구조를 가지는 에너지 수집 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 측면에 따른 프론트홀 시스템은 에너지 수집 시스템은 방사 패턴이 방향성을 가지는 주 방사소자; 상기 주 방사소자의 후방에 위치하여 상기 주 방사소자에서 방사되는 에너지의 일부를 수집하는 기생 방사소자; 및 상기 주 방사소자와 기생 방사소자의 하부에 위치하는 접지면을 포함하여 구성되며, 이때, 상기 기생 방사소자는 1회전 또는 복수의 회전수를 가지는 루프 방사소자인 것을 특징으로 한다.
- [0009] 여기서, 상기 주 방사소자는, 모노폴(monopole) 방사소자, 다이폴(dipole) 방사소자, 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자 중 하나일 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 기생 방사소자는, 동작 주파수 대역과 방사 이득(gain) 특성을 고려하여 결정된 회전수를 가질 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 기생 방사소자의 회전수는 소정의 동작 주파수 대역을 모두 포함하되, 상기 기생 방사소자의 방사 이득을 최대로 할 수 있는 회전수를 가질 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 기생 방사소자의 상기 접지면으로부터의 높이는, 상기 기생 방사소자가 상기 주 방사소자로부터 가장 많은 에너지를 수집할 수 있는 높이와, 상기 주 방사소자의 방사 특성 변화를 최소화할 수 있는 높이의 사이에서 결정될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 기생 방사소자는, 동작 주파수의 파장의 길이 혹은 그 홀수배의 원주 길이를 가질 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 기생 방사소자는, 인쇄 회로 기판의 상층, 하층, 내층의 어느 한 층 혹은 복수의 층에 형성된 루프 방사소자 패턴을 포함하여 구성되며, 상기 루프 방사소자의 루프 중앙에 형성된 슬릿 slit을 통하여 상기 주 방사소자로의 급전선 feeding line이 배선될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 주 방사소자는, 인쇄 다이폴 printed dipole 방사소자일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 측면에 따른 에너지 수집 시스템은 소정의 전자파 발생원; 상기 전자파 발생원에 근접하여 배치되는 기생 방사소자를 포함하여 구성되며, 상기 기생 방사소자는 1회전 또는 복수의 회전수를 가질 수 있다.
- [0017] 여기서, 상기 전자파 발생원은 접지면을 포함하고, 상기 기생 방사소자는 상기 접지면으로부터 소정의 거리가 이격되어 배치되며, 이때, 상기 기생 방사소자의 상기 접지면으로부터의 거리는, 상기 기생 방사소자가 상기 전자파 발생원부터 가장 많은 에너지를 수집할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 기생 방사소자의 회전수는 소정의 동작 주파수 대역을 모두 포함하되, 상기 기생 방사소자의 방사 이득을 최대로 할 수 있는 회전수를 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 따르면, 주 방사소자의 후방에 루프 방사소자를 배치하고, 그 회전수와 높이 등의 구조를 최적하여 기생 방사소자로 활용함으로써, 주 방사소자의 방사 특성을 왜곡하지 않으면서도 그로부터 전자파 신호를 수신하여 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 에너지 수집 시스템을 개시하는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.
 - 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템의 구성도이다.
 - 도 2는 루프 방사소자의 방사 특성을 설명하기 위한 설명도이다.
 - 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자의 높이를 변화시키는 경우의 에너지 수집 시스템의 특성 변화 시뮬레이션 그래프이다.
 - 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템의 사진이다.
 - 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 주 방사소자와 기생 방사소자에서의 반사 계수 측정 그래프이다.
 - 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템의 방사 및 커플링 특성 측정

그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템의 EIRP 측정 환경 설정도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 첨부된 도면을 기초로 상세히 설명하고자 한다.
- [0022] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0023] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0024] 본 발명은, 종래기술에 따라 대기 중에 방사되고 있는 유향 전파를 수신하여 에너지를 수집하는 경우, 이를 통하여 획득할 수 있는 에너지의 양은 매우 제한적일 수 밖에 없고, 이를 개선하기 위하여 무선통신용 기지국 안테나 등 무선 신호를 송출하는 안테나에 최대한 근접하여 신호를 수신하는 경우 안테나의 근거리장(near field) 내로 다른 수신 안테나를 진입함에 따라 안테나의 방사 특성이 왜곡될 수 있다는 문제점에 착안하여, 주 방사소자의 후방에 주 방사소자로의 영향을 최소화할 수 있도록 루프(loop) 방사소자의 회전수와 높이 등의 구조를 최적화하여 배치함으로써, 주 방사소자의 방사 특성을 왜곡하지 않으면서도 전자파 신호를 수신하여 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 에너지 수집 시스템을 제공한다.
- [0025] 이하에서는, 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템의 예시적인 실시형태들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0026] 도 1에서는 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 구조를 도시하고 있다. 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)은 방사 패턴이 방향성을 가지는 주 방사소자(110), 상기 주 방사소자(110)의 후방에 위치하여 상기 주 방사소자(110)에서 방사되는 에너지의 일부를 수집하는 기생 방사소자(120) 및 상기 주 방사소자(110)와 기생 방사소자(120)의 하부에 위치하는 접지면(130)을 포함하여 구성될 수 있으며, 이때, 상기 기생 방사소자(120)로는 1회전 또는 복수의 회전수를 가지는 루프 방사소자를 사용하게 된다.
- [0027] 도 1(a)을 살펴보면, 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)은 두개의 방사소자, 즉 주 방사소자(110)와 기생 방사소자(120)를 포함하여 구성될 수 있다. 주 방사소자(110)는 통상적인 무선 통신 시스템에서의 신호의 송수신을 위하여 사용될 수 있으며, 예를 들어 기지국 또는 중계기에서의 안테나의 방사소자의 경우를 생각할 수 있다. 기생 방사소자(120)는 주 방사소자(110)의 주요한 방사 특성에 미치는 영향을 최소화하면서, 주 방사소자(110)에서 방사되는 전자파를 수신하여 에너지를 수집하게 되며, 이에 따라 주로 3-dB 빔폭(beam width) 밖의 신호를 수집하게 된다. 따라서, 주 방사소자(110)는 약간의 특성 변화만을 나타낼 뿐, 본래의 특성을 그대로 유지할 수 있게 된다.
- [0028] 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)에서는 다양한 종류의 방사소자들이 사용될 수 있는데, 여기서는 본 발명의 일 실시예로서 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자를 사용하여 검토한다. 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자는 광대역 및 높은 이득(gain) 특성을 가지고 있고 제작 공정이 간단하여 무선 통신 기지국 안테나에 광범위하게 사용되고 있으므로, 이를 이용한 에너지 수집 시스템을 구현하는 경우 실용성이 매우 높다는 장점이 있다. 또한, 상기 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자 뿐만 아니라, 이와 유사한 특성을 가지는 모노폴(monopole) 방사소자 및 다이폴 방사소자(dipole) 등의 경우에도 본 발명에 쉽게 적용이 가능하므로 보다 폭넓은 응용이 가능하다.
- [0029] 또한, 본 발명의 일 실시예로서 기생 방사소자(120)로서는 루프(loop) 방사소자를 사용하였다. 루프 방사소자는 원형 이외에도 다양한 형상을 가질 수 있는데, 예를 들어 사각형, 삼각형, 기타 다각형 등 다양한 형상으로 구현이 가능하다. 특히, 공진형 루프 방사소자는 동작 주파수의 파장(또는, 그의 홀수배)에 가까운 원주 길이를 가지게 된다. 루프 방사소자에 자기장이 가해지는 경우 유도되는 전압의 세기는 다음의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.
- [0030] [수학식 1]

$$E = 2 \cdot N \cdot A \cdot f \cdot B \cdot \cos\theta$$

[0031]

여기서, E는 루프 방사소자에 유도된 전압의 세기[V]이고, N은 루프 방사소자의 회전수, A는 루프 방사소자의 면적[m²], f는 동작 주파수[GHz], B는 유도 자기장의 RMS(root mean square) 값[Tesla]이다.

[0032]

이에 따라, 루프 방사소자는 다이폴(dipole) 또는 접힌 다이폴(folded dipole) 방사소자와 비교할 때, 수직 방향으로의 방사 이득이 낮은 반면 수평 방향으로의 방사 이득이 높다는 특징을 가지므로, 이러한 특성을 이용할 경우 주 방사소자로의 영향을 줄이면서도 효과적으로 유휴 전자파를 흡수할 수 있다는 장점을 가지게 된다.

[0033]

따라서, 루프 방사소자는 주 방사소자(110)로부터 전자파 신호를 수신하여 에너지를 수집하기 위한 기생 방사소자(120)로서 매우 적합한 특성을 가지게 된다. 도 1(a) 및 도 1(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 발명의 일 실시예로서 기관에 인쇄된 사각형 루프 방사소자를 사용하여 주 방사소자(110)의 하부에 위치시켰고, 루프 방사소자의 내측 기관에 슬릿(slit)(122)을 형성하여 이를 통하여 주 방사소자(110)가 급전(feeding) 될 수 있도록 하였다.

[0034]

도 1(c)에서는 유전체 기관에 인쇄된 2회전 루프 구조를 가지는 기생 방사소자의 상세도를 보여주고 있다. 복수의 회전수를 가지는 루프 방사소자는 단일 회전수의 루프 방사소자와 비교할 때, 높은 품질 계수(Quality factor, Q-factor) 값을 가지므로, 이에 따라 보다 높은 이득 특성을 가질 수 있는 반면, 주파수 대역폭은 줄어들게 된다. 즉, 루프 방사소자의 회전수가 늘어나는 경우 이득 특성을 높아지는 반면, 주파수 대역폭은 줄어들게 되는 절충(trade-off) 관계를 가지므로, 양자를 적절하게 고려하여 최적점을 찾아야 한다. 따라서, 기생 방사소자(120)를 설계함에 있어서는 동작 주파수 대역을 모두 포함할 수 있는 회전수 중에서, 보다 높은 이득 특성을 가질 수 있도록 최대한 높은 회전수를 선택하는 것이 바람직하다.

[0035]

[0036]

또한, 상기 기생 방사소자(120)의 높이, 즉 접지면과 기생 방사소자 사이의 간격도 상기 기생 방사소자(120)의 동작 특성에 영향을 미치게 된다. 도 2에서는 이를 설명하기 위한 접지면(130) 상부에 이상적인 반파장 다이폴 방사소자의 전자파 방사 현상을 설명하기 위한 도면을 보여주고 있다. 반파장 다이폴 방사소자는 루프 방사소자를 구성하는 일부분으로 볼 수 있으므로, 이를 검토함으로써 루프 방사소자의 동작 특성을 살펴볼 수 있게 된다. 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 반파장 다이폴 방사소자의 수직 방향 방사 패턴이 방사가 최대로 일어나는 방사 각도(wave angle) 등 방사소자의 특성을 결정하게 된다. 도 2(b)에서 접지면(130)과 수직된 면을 살펴보면, 반파장 다이폴 방사소자는 모든 방향으로 동일한 에너지를 방사하게 된다. 방사소자에서 방출되는 전파를 분석(ray analysis)해보면, 동일한 전파가 A의 방향 및 그 반대인 A'의 방향으로 방사되고, A'은 다시 접지면(130)에 의하여 A"으로 반사되어 A와 동일한 방향으로 진행하게 된다. 이와 유사하게, B의 방향 및 그와 대칭되는 B'의 방향으로 방사된 동일한 전파는, B'이 다시 접지면(130)에 의하여 B"으로 반사되어 B의 방향과 같은 방향으로 진행하게 된다. 이에 따라, A와 A" 사이의 위상 차이(phase difference) 및 B와 B" 사이의 위상 차이(phase difference)가 상기 반파장 다이폴 방사소자의 방사 특성을 결정하는 중요한 요소가 된다. 위상 차이는 경로 길이의 차이 및 반사점에서의 위상 천이(phase shift)에 의하여 결정될 수 있는데, 수평 편파(horizontally polarized)된 전파는 이상적인 접지면(perfect ground)에서 반사로 인하여 180° 위상 천이를 나타내게 되므로, 따라서 최종적인 상기 A와 A" 사이의 위상 차이(phase difference) 및 B와 B" 사이의 위상 차이(phase difference)는 결국 상기 반파장 다이폴 방사소자의 높이(H)에 의하여 결정되게 된다. 만약, 상기 반파장 다이폴 방사소자가 위치하는 높이에서 A와 A"가 동위상(in-phase)인 경우에는 방사 강도가 양 신호의 합과 같아지면서 최대치가 될 것이고, 만약 A와 A"의 위상이 일부 틀어지게 되면(out-of-phase) 방사 강도가 양 신호의 합보다 작아지게 되며, 나아가 A와 A"의 위상이 180°의 차이를 가지면서 동일한 크기의 신호라면, 양 신호가 서로 상쇄될 것이다.

[0037]

따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 기생 방사소자(120)의 높이를 적절하게 변화시키면서 그 방사 특성을 조절함으로써, 주 방사소자(110)의 특성 변화를 최소화하면서도, 주 방사소자(110)로부터 방사되는 에너지를 효과적으로 수집할 수 있는 최적화된 구조의 기생 방사소자(120)를 구비하는 에너지 수집 안테나 시스템을 제시하고자 한다.

[0038]

실시예 1. 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 설계

[0039]

본 발명의 일 실시예로서, 아래에서는 대한민국에서 WCDMA/LTE(Long Term Evolution) 서비스를 위하여 사용되고 있는 주파수 대역 중의 하나인 2.13~2.15GHz의 주파수 대역에서 동작하는 에너지 수집 시스템을 설계하였다.

[0040] 이때 주 방사소자(110)를 구성하기 위해서 테플론(Teflon) 기판($\epsilon_r = 3.5$, $\tan \delta = 0.0018$, $t = 0.78\text{mm}$)을 사용하여 인쇄 다이폴(printed dipole) 방사소자를 구현하였고, 주 방사소자(110)의 폭(w_1)과 길이(l_1)는 공진 주파수 등의 방사 특성을 고려하여 설계하였다(도 1(a) 참조).

[0041] 이에 대하여, 기생 방사소자(120)를 구성하는 데에는 FR4 기판($\epsilon_r = 4.3$, $\tan \delta = 0.02$, $t = 1\text{mm}$)이 사용되었고, 상기 FR4 기판의 상면과 하면을 사용하여 2회전 사각형 루프 방사소자를 구현하였으며, 이때 상기 주 방사소자(110)의 방사 패턴 등을 고려하여 기생 방사소자(120)의 폭(w_2)과 길이(l_2)를 설계한 후 그 높이를 변경하면서 본 발명에 따른 시스템의 특성을 검토하였다(도 1(b)). 이때, 기생 방사소자의 제1 회전 루프 및 제2 회전 루프의 길이는 거의 동일하였으며, 도 1(c)에서 볼 수 있는 바와 같이, 기생 방사소자(120)의 제1 회전 루프는 제2 포트 케이블(160)을 사용하여 제2 포트에서 여기(excited)되고, 그 종점은 스루홀(through-hole)을 거쳐 제2 회전 루프로 연결되며, 제2 회전 루프의 종점은 접지핀(ground pin)(170)을 통하여 접지면(130)으로 연결되었다.

[0042] 상기 기생 방사소자의 높이(h_2)는 도 1(a)에 도시된 바와 같이 지지대(spacer)(140)에 의하여 조절될 수 있도록 하였다. 주 방사소자(110)는 기생 방사소자(120) 기판의 사각형 슬릿(slit)(122)을 통과하여 접지면(130)의 중앙부에 고정되도록 하였다. 이러한 구조를 통하여, 에너지 수집 시스템의 크기를 최소화할 수 있으며, 나아가 배열 안테나(array antenna) 등의 경우에도 적용이 가능하고, 이를 통하여 단위 안테나 간의 간섭 신호를 억제하여 성능을 개선할 수 있게 된다.

[0043] 도 3에서는 기생 방사소자(120)의 높이에 따른 주 방사소자(110)의 특성 변화에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 도 3(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 그 높이 변화에 따라 기생 방사소자(120)의 공진 주파수는 2.15GHz에서 2.20GHz로 변화하였고, 이와 함께 반사 손실(return loss)이 크게 개선되었다. 또한, 도 3(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, 주 방사소자(110)의 공진 주파수는 별다른 변화를 보이지 않고 있으나, 반면 주 방사소자(110)의 반사 손실(return loss)은 다소 특성이 열화되는 것으로 해석되었다. 이러한 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 기생 방사소자(120)의 높이가 높아질수록 주 방사소자(110)의 특성에 대한 영향이 커지게 된다는 것을 알 수 있다. 도 3(c)와 도 3(d)에서는 기생 방사소자(120)의 높이가 높아짐에 따라 주 방사소자(110)와 기생 방사소자(120) 간의 커플링 계수(S21)가 증가하면서, 또한 주 방사소자(110)의 방사 이득 및 3-dB 빔폭(beamwidth) 특성은 감소하는 결과를 보여주고 있다.

[0044] 아래 표 1에서는 앞서 살핀 시뮬레이션 결과들을 정리하여 보여주고 있다. 이러한 결과들을 살펴보았을 때, 본 실시예에서의 기생 방사소자(110)의 높이의 최적치는 2mm라는 것을 알 수 있고, 이때 주 방사소자(110)의 방사 이득은 기생 방사소자(120)가 없는 경우와 비교하더라도 0.2dB 정도의 차이에 불과하여 방사 특성의 열화가 크지 않고, 또한 주 방사소자(110)와 기생 방사소자(120) 간의 커플링 계수(S21)는 약 -10.1dB로서 상대적으로 매우 큰 에너지를 수집할 수 있음을 확인할 수 있다. 상기한 시뮬레이션은 상용 시뮬레이션 툴을 사용하여 이루어졌으나, 필요에 따라서는 사용자가 직접 수치 해석 코딩을 프로그래밍하여 시뮬레이션을 할 수도 있다.

표 1

[0045]

주파수 [GHz]	2.100		2.150		2.200		S ₂₁ [dB]
	이득[dB]	빔폭[°]	이득[dB]	빔폭[°]	이득[dB]	빔폭[°]	
주 방사소자 단독	8.5	85.8	8.3	88.3	7.9	92.9	-
h ₂ = 1mm	8.4	85.7	8.3	87.1	8.4	88.1	-15.0
h ₂ = 2mm	8.5	85.3	8.1	86.8	7.7	88.7	-10.1
h ₂ = 3mm	8.3	83.0	8.1	86.1	7.2	92.4	-6.4
h ₂ = 4mm	8.3	84.9	8.0	86.0	6.4	87.2	-4.3
h ₂ = 5mm	8.4	84.7	7.9	85.6	6.5	85.3	-3.7

[0046] 실시예 2. 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 제작 및 측정

[0047] 도 4에서는 본 발명의 일 실시예로서 제작된 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 사진들을 보여주고 있다. 이때, 상기 에너지 수집 안테나 시스템은 크게 주 방사소자(110) 및 기생 방사소자(120)의 두 부분으로 구성되었다. 도 4에서 볼 수 있는 바와 같이, 주 방사소자(110)는 접지면(130)의 중앙에 수직 방향으로 장

착되었고, 이때 기생 방사소자(120)의 기관에 위치하는 사각형 슬릿(slit)(122)을 통과하여 조립되도록 하였다. 도 4(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 주 방사소자(110)는 제1 포트와 연결되고, 기생 방사소자(120)의 일 종단은 제2 포트와 연결되고, 다른 종단은 접지핀(ground pin)(170)을 이용하여 금속 접지면(130)에 연결되었다. 접지면(130)의 크기는 100mm x 100mm이었고, 기생 방사소자(120)의 높이를 조절하기 위하여 플라스틱 재질의 지지대(140)가 기생 방사소자(120) 기관의 양 끝에 삽입되었다. 도 4(c)에서는 최종 조립된 본 발명의 일 실시예에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)을 상부에서 촬영한 사진을 보여주고 있다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 성능을 검증하기 위하여, 여러가지 안테나 특성을 측정하였다. 도 5에서는 기생 방사소자의 높이에 따른 주 방사소자 및 기생 방사소자의 반사 계수(reflection coefficient)를 도시하고 있다. 도 5(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, 기생 방사소자의 높이가 2mm에서 5mm까지 높아짐에 따라, 주 방사소자의 반사 계수는 열화되는 것으로 보이나, 2.13GHz ~ 2.17GHz의 주파수 대역 내에서 여전히 모든 높이에 대하여 -10dB보다 낮은 수준을 유지한다는 것을 알 수 있다. 기생 방사소자(120)의 높이가 증가함에 따라, 기생 방사소자(120)의 특성이 개선되었는데, 도 5(b)에서 볼 수 있는 바와 같이, 기생 방사소자(120)의 높이 증가에 따라 2.18GHz에서 공진 특성이 확연하게 나타남을 알 수 있다. 기생 방사소자(120)의 높이가 2mm일 때, 기생 방사소자(120)의 반사 계수가 -5dB를 넘어 가장 나쁜 특성을 보이는 반면, 주 방사소자(110)의 반사 계수는 -15dB 이하의 좋은 특성을 나타내고 있다. 이러한 측정 결과는 상기 도 3(b)에서의 시뮬레이션 결과와 다소 차이를 보이고 있는데, 이는 기생 방사소자(120)의 제작에 있어서 접지핀(ground pin)(170) 및 케이블 피딩(cable feeding)에서의 제작상의 오차로 인한 것으로 판단된다.

[0049] 도 6(a)에서는 주 방사소자(110)와 기생 방사소자(120) 사이의 결합 계수 측정치를 보여주고 있다. 여기서 볼 수 있듯이, 기생 방사소자(120)의 높이가 증가함에 따라 주 방사소자와(110) 기생 방사소자(120) 사이의 결합 계수가 증가하게 되며, 기생 방사소자(120)의 높이가 2mm인 경우 상기 결합 계수는 약 -12dB로 측정되었다. 반대로, 주 방사소자(110)의 방사 이득은 점차 낮아진다는 것을 확인할 수 있다. 주 방사소자(110) 단독으로 측정하였을 경우의 방사 이득은 8.50dBi이었으며, 기생 방사소자(120)를 결합하는 경우에는 그 높이에 따라 6.93 ~ 8.35dBi의 방사 이득 특성을 보였다. 최대 방사 이득은 기생 방사소자(120)의 높이가 2mm인 경우에 측정되었고, 이때 3dB 빔폭(beamwidth)은 87.1° 로 주 방사소자(110) 단독으로 측정한 경우의 88.6° 보다 약간 좁았다. 도 6(d)에서는 주 방사소자(110)의 E-평면(E-plane)(도 4(c)에서의 x축)에서의 방사 패턴 및 방사 이득을 도시하고 있다. 상기한 일련의 측정들은 안테나 측정 시스템을 사용하여 무반향실(anechoic chamber)에서 이루어졌다. 측정 주파수로는 동작 주파수 대역의 중심 주파수인 2.15GHz를 사용하였다.

[0050] 나아가, 본 발명의 일 실시예로서 제작된 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)의 전기적 특성 테스트에 더하여, 주 방사소자(110)의 통상 동작 특성을 확인하기 위하여 EIRP(Effective Isotropically Radiated Power)를 측정하였다. 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 신호 생성기(signal generator)와 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)를 5미터 이격하여 배치하였다. 이어서, 10dBi의 방사 이득을 가지는 두개의 표준 혼(Horn) 안테나를 사용하고, 신호 생성기를 사용하여 2.15GHz 주파수의 10dBm 신호를 생성하여 0.75dB의 손실을 가지는 RF 케이블을 이용하여 표준 혼 안테나를 통하여 방사하였다. 이를 통하여 측정된 송신단의 EIRP는 19.25dBm이었고, 스펙트럼 분석기에서 측정된 수신 전력은 -35.7dBm이었으며, 이에 따라 자유 공간 손실(free space loss)은 54.2dB로 나타났다.

[0051] 다음으로, 송신단의 표준 혼 안테나를 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)에서 기생 방사소자(120)를 제거한 주 방사소자(110)만으로 교체하고, 나머지 실험 환경은 동일하게 하였다. 이러한 경우 측정된 수신 전력은 -37.45dBm이었으며, 안테나의 방사 이득 차이 1.5dB를 고려할 때, 수신 전력의 차이는 -0.2dB 정도로 나타났다.

[0052] 마지막으로 본 발명에 따른 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템(100)에서 측정을 반복한 경우에는 수신 전력이 -37.95dBm이었고, 이는 표준 혼 안테나의 경우보다 0.6dB가 낮은 값에 해당한다. 또한, 기생 방사소자(120)로 수신된 전자파의 전력은 약 -2.0dBm 정도이었으며, 이는 통상의 신호 수신기가 수집할 수 있는 전력인 -40dBm 내지 -20dBm과 비교할 때, 획기적으로 높은 전력을 수집할 수 있다는 것을 보여 준다. 또한, 위와 같은 실험 결과를 볼 때, 주 방사소자(110)의 특성을 저하시키지 않고도 효과적으로 전자파를 수집하여 전력으로 변환하여 사용할 수 있음을 알 수 있다. 아래 표 2에서는 앞서 살펴본 본 실험의 측정 결과들을 요약하여 보여주고 있다.

표 2

송신 안테나	송신 안테나 이득(A) [dBi]	EIRP [dBm]	FSL [dB]	수신 전력(B) [dBm]	표준 혼 안테나에 대한 수신 전력 차이 [dB]
표준 혼 안테나	10.0	19.25	54.2	-35.70	-
주 방사소자 단독	8.5	17.70		-37.45	-0.2
본 발명에 따른 에너지 수집 시스템	8.35	17.60		-37.95	-0.6

[0053]

[0054]

[0055]

[0056]

[0057]

[0058]

[0059]

본 발명은 앞서 살핀 주 방사소자(110)에 기생 방사소자를 근접하여 배치하는 에너지 수집 시스템에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 주 방사소자가 아닌 소정의 전자파 발생원에 상기 루프 방사소자를 근접 배치하여 전자파 에너지를 수집하도록 시스템을 구성할 수도 있다.

이에 따라, 본 발명의 다른 실시예에 따른 에너지 수집 시스템은 소정의 전자파 발생원, 상기 전자파 발생원에 근접하여 배치되는 기생 방사소자를 포함하여 구성되며, 상기 기생 방사소자로서 1회전 또는 복수의 회전수를 가지는 루프 방사소자를 사용하여 에너지 수집 시스템을 구성할 수 있다.

나아가, 상기 전자파 발생원은 접지면을 포함할 수 있고, 이때 상기 기생 방사소자는 상기 접지면으로부터 소정의 거리가 이격되어 배치되며, 이때, 상기 기생 방사소자의 상기 접지면으로부터의 거리는 상기 기생 방사소자가 상기 전자파 발생원부터 가장 많은 에너지를 수집할 수 있는 거리가 되도록 실험이나, 시뮬레이션을 통하여 조절될 수 있다.

기생 방사소자와 접지면 간의 이격 거리에 따라서 기생 방사소자의 방사 패턴 등의 특성이 달라질 수 있으므로, 이를 적절하게 조절함으로써 효과적으로 에너지를 수집할 수 있게 된다.

나아가, 상기 루프 방사소자의 회전수는 소정의 동작 주파수 대역을 모두 포함하되, 상기 루프 방사소자의 방사 이득을 최대로 할 수 있는 회전수를 가지도록 하는 것이 바람직하다.

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

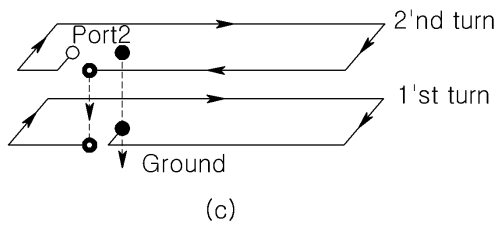
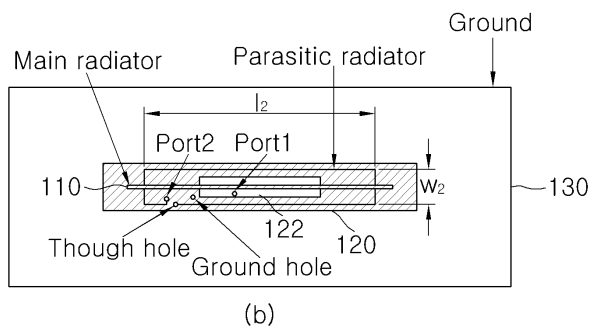
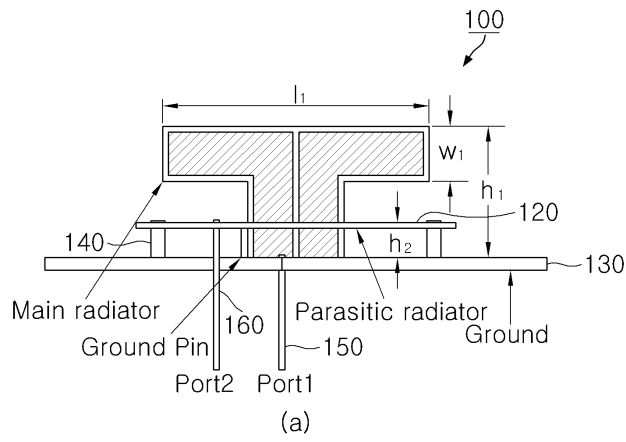
부호의 설명

[0060]

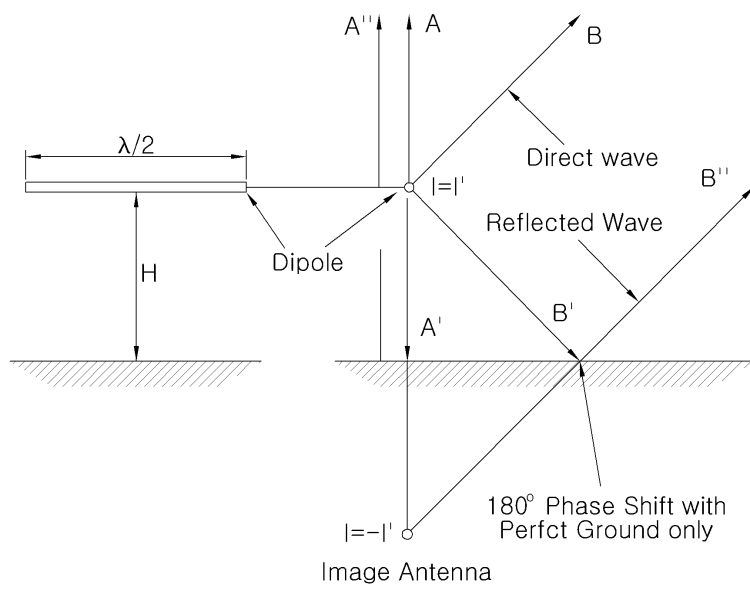
- 100 : 기생 방사소자를 이용한 에너지 수집 시스템
- 110 : 주 방사소자
- 120 : 기생 방사소자
- 122 : 슬릿
- 130 : 접지면
- 140 : 지지대
- 150 : 제1 포트 케이블
- 160 : 제2 포트 케이블
- 170 : 접지판

도면

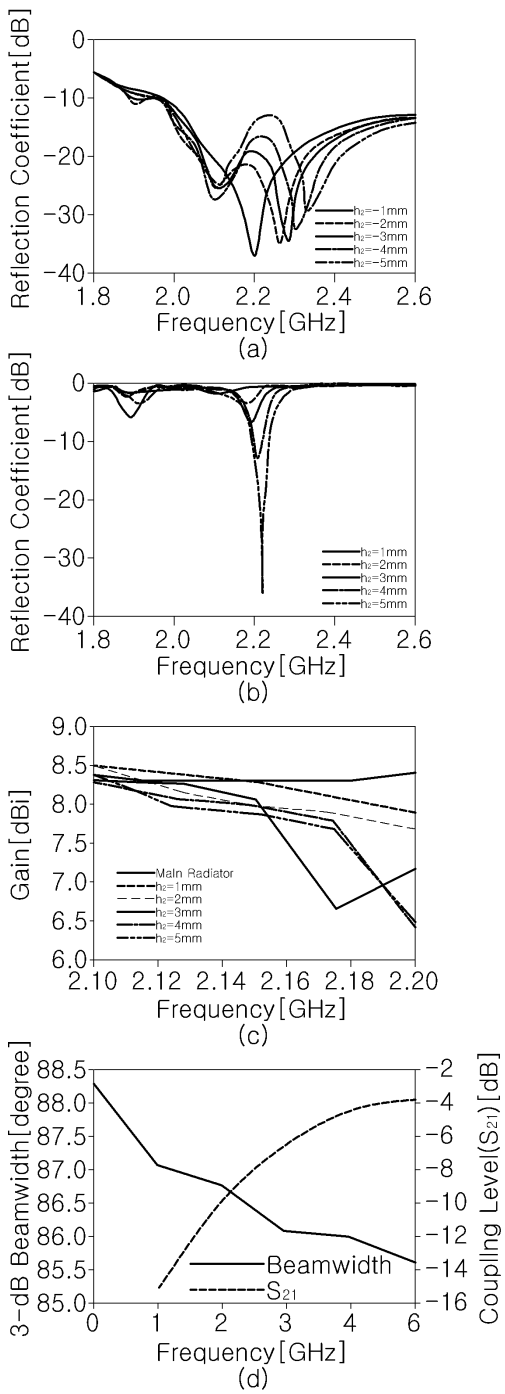
도면1



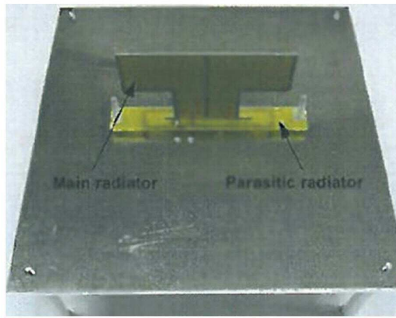
도면2



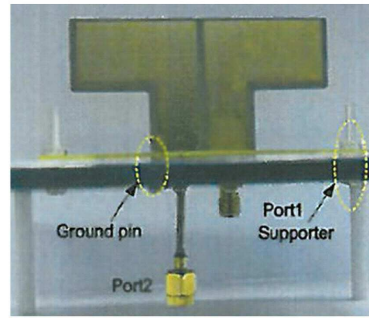
도면3



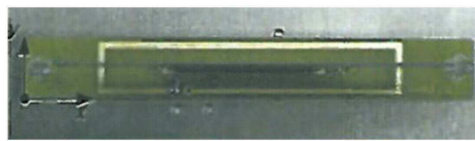
도면4



(a)

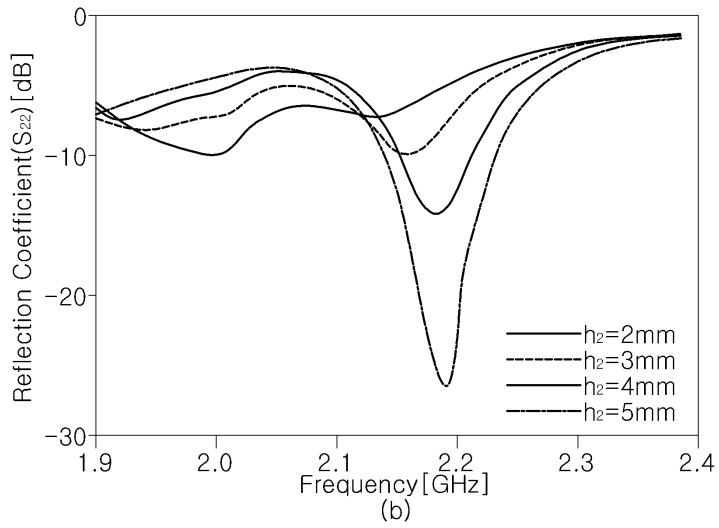
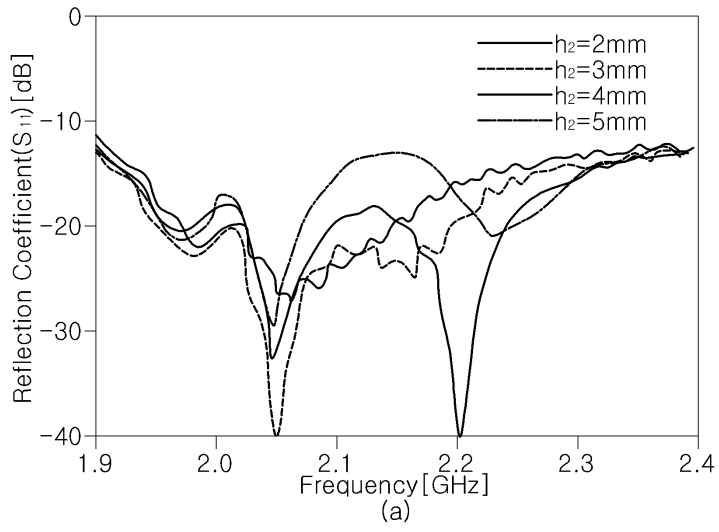


(b)

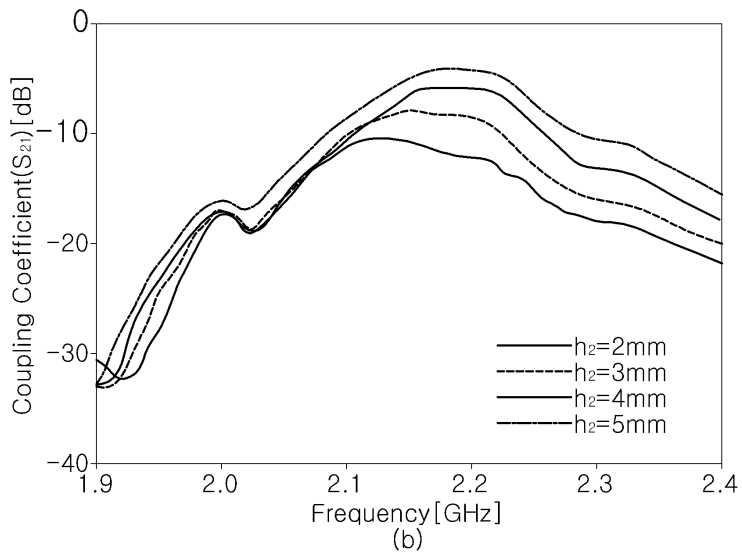
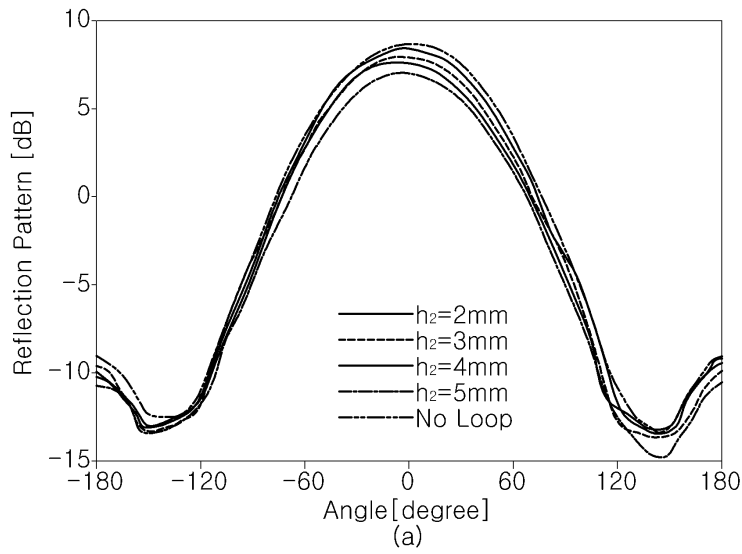


(c)

도면5



도면6



도면7

