



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0036372
(43) 공개일자 2016년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 13/08 (2006.01) H01P 1/203 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0128530
(22) 출원일자 2014년09월25일
심사청구일자 2014년09월25일

(71) 출원인
국방과학연구소
대전광역시 유성구 복유성대로488번길 160 (수남동)
(72) 발명자
신진우
대전광역시 서구 계룡로264번길 4, 103동 707호 (월평동, 월평타운아파트)
최준호
대전광역시 유성구 송림로 13, 105동 2002호 (하기동, 송림마을아파트)
(74) 대리인
박장원

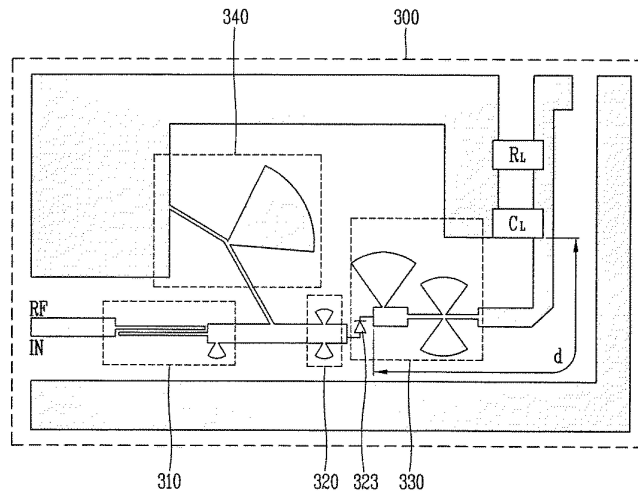
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 광대역 렉테나 및 렉테나용 정류 장치

(57) 요약

본 발명은 마이크로스트립에 의해 피드(feed)되는 듀얼 슬롯을 포함하고, RF(Radio Frequency) 신호를 수신하여 출력하는 원형 편파 패치 안테나 및 상기 원형 편파 패치 안테나가 출력하는 RF 신호를 DC(Direct Current) 신호로 변환하여 출력함으로써 상기 안테나로부터 부하로 DC 파워를 전달하는 정류 회로를 포함하되, 상기 정류 회로는, 적어도 하나의 방사형(radial) 스티브를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도4a



(72) 발명자

서미희

대전광역시 유성구 궁동로 49, 1208호 (궁동, 자연
아파트)

소준호

대전광역시 중구 태평로 15, 132동 1806호 (태평동, 버드내마을아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

RF(Radio Frequency) 신호를 수신하는 원형 편파 패치 안테나; 및

상기 원형 편파 패치 안테나가 수신한 RF 신호를 DC(Direct Current) 신호로 변환하여 출력함으로써 상기 안테나로부터 부하로 DC 파워를 전달하는 정류 회로;를 포함하되,

상기 정류 회로는, 적어도 하나의 방사형(radial) 스테르브를 포함하는 것을 특징으로 하는 렉테나.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 방사형 스테르브는,

RF 신호의 고조파 제거에 이용되는 제1 방사형 스테르브, 상기 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합에 이용되는 제2 방사형 스테르브, DC 파워 전달에 사용되는 제3 방사형 스테르브 및 RF의 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하는 데 사용되는 제4 방사형 스테르브 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 렉테나.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제1 방사형 스테르브는 밴드-스탑 필터로서 동작하는 것을 특징으로 하는 렉테나.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 원형 편파 패치 안테나는,

제1 패치가 배치된 제1 패치 기판;

제2 패치가 배치된 제2 패치 기판;

상기 제1 패치 기판 및 제2 패치 기판 사이에 배치되는 폼 기판; 및

상기 제2 패치 하부에 부착되는 피드 라인 기판을 포함하는 것을 특징으로 하는 렉테나.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 피드 라인 기판은,

H-형상의 듀얼 슬롯;

상기 H-형상의 듀얼 슬롯을 피드하는 T-형상의 피드 라인; 및

상기 피드 라인에 전력을 분배 공급하는 전력 분배기를 포함하는 것을 특징으로 하는 렉테나.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 정류 회로는,

커플드 마이크로스트립 라인 및 제1 방사형 스테르브를 포함하고, RF 고조파의 재방사를 방지하는 고조파 제거부;

상기 고조파 제거부의 출력단에 위치하며, 제2 방사형 스테르브를 포함하여 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합을 수행하는 정합부;

상기 정합부의 출력단에 위치하는 정류 다이오드;

제3 방사형 스테르브를 포함하여 상기 정류 다이오드가 출력하는 RF를 감쇠시켜 DC 파워를 전달하는 DC 패스 필터; 및

제4 방사형 스테르브를 포함하여 상기 DC 패스 필터가 출력하는 신호에서 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하는 DC 리턴부를 포함하는 것을 특징으로 하는 액테나.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 고조파 제거부는 안테나로부터 유입되는 노이즈 신호를 차단하는 것을 특징으로 하는 액테나.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 커플드 마이크로스트립 라인은 밴드패스 필터로 동작하는 것을 특징으로 하는 액테나.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 방사형 스테르브는 원주각이 70 ° 인 것을 특징으로 하는 액테나.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 정류 회로는, 동작 주파수가 9.5 GHz 부근인 것을 특징으로 하는 액테나.

청구항 11

커플드 마이크로스트립 라인 및 제1 방사형 스테르브를 포함하고, RF 고조파의 재방사를 방지하는 고조파 제거부;

상기 고조파 제거부의 출력단에 위치하며, 제2 방사형 스테르브를 포함하여 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합을 수행하는 정합부;

상기 정합부의 출력단에 위치하는 정류 다이오드;

제3 방사형 스테르브를 포함하여 상기 정류 다이오드가 출력하는 RF를 감쇠시켜 DC 파워를 전달하는 DC 패스 필터; 및

제4 방사형 스테르브를 포함하여 상기 DC 패스부가 출력하는 신호에서 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하는 DC 리턴부를 포함하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 커플드 마이크로스트립 라인은 밴드패스 필터로 동작하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 제1 방사형 스테르브는 개방 회로형 방사형 스테르브이고, 밴드-스탑 필터로 동작하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 제2 방사형 스테브는 대칭으로 배치된 두 개의 방사형 스테브를 포함하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 제3 방사형 스테브는 단일 방사형 스테브 및 한 쌍의 대칭 방사형 스테브를 포함하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 제4 방사형 스테브는 단일 방사형 스테브를 포함하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 고조파 제거부는 안테나로부터 유입되는 노이즈 신호를 차단하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 제1 방사형 스테브는 밴드-스탑 필터로 동작하는 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 제1 내지 제4 방사형 스테브는 원주각이 70° 인 것을 특징으로 하는 정류 장치.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 정류 장치는, 동작 주파수가 9.5 GHz 부근인 것을 특징으로 하는 정류 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 렉테나(rectenna)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광대역 렉테나에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 렉테나(rectenna)는 정류기(rectifier)와 안테나(antenna)의 합성어로, RF 에너지를 직접 직류전력으로 변환하는 소자로서, 자유-공간(free-space) 마이크로파 송전(Microwave Power Transmission: MPT) 시스템의 핵심 소자이다. 마이크로파 송전이 적용되는 분야는 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicles, UAV), 우주 태양광발전 위성(Space Solar Power Satellite station: SSPS) 등이다.

[0003] MPT 설계의 제약사항은 송신기 및 수신기의 시스템 구성과 동작 주파수 구현에 있다.

[0004] 최근, 능동 위상 어레이, 렉테나 어레이 시스템 및 빔 제어 시스템으로 구성되는 MPT가 테스트되었는데, 유닛 소자 및 5.8 GHz에 대해 1mW RF 입력에서 54%의 RF(Radio Frequency)-DC(Direct Current) 변환 효율(η_{RF-DC})을 가지는 것으로 나타났다. 8 시간 이상 동작하기 위한 이 시스템은 높은 RF-DC 변환 효율을 얻기 위해 원형편파를 갖는 송수신 어레이 소자를 갖는다.

[0005] 컴팩트한 렉테나 어레이 설계를 위해서는, 수신 어레이 개구의 면적을 감소시킬 수 있도록 더 높은 동작 주파수

가 선택되어야 한다. 이러한 이유로 35 GHz, 95 GHz 렉테나를 설계하고자 하는 몇몇 시도가 있었으나, 높은 전력 송수신 시스템에는 더 낮은 RF-DC 변환 효율 및 더 높은 제작 비용 등과 같은 제약들이 존재한다.

[0006] 따라서, X-밴드에서 동작하는 마이크로파 급전 항공기 시스템을 위한 동작 주파수를 선택함에 있어서는 컴팩트한 사이즈 및 경량 구현 문제와의 트레이드오프가 존재한다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 문제점을 극복하기 위해 본 발명은 광대역에서 동작하면서도 높은 RF-DC 변환효율을 제공하는 광대역 렉테나 및 렉테나용 정류 장치를 제공하는 데 있다.

[0008] 또한, 본 발명은 컴팩트한 사이즈 및 경량화된 송수신 시스템을 구현하기 위한 광대역 렉테나 및 렉테나용 정류 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 전술한 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명은 마이크로스트립에 의해 피드(feed)되는 듀얼 슬롯을 포함하고, RF(Radio Frequency) 신호를 수신하여 출력하는 원형 편파 패치 안테나 및 상기 원형 편파 패치 안테나가 출력하는 RF 신호를 DC(Direct Current) 신호로 변환하여 출력함으로써 상기 안테나로부터 부하로 DC 파워를 전달하는 정류 회로를 포함하되, 상기 정류 회로는, 적어도 하나의 방사형(radial) 스테브를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 방사형 스테브는, RF 신호의 고조파 제거에 이용되는 제1 방사형 스테브, 상기 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합에 이용되는 제2 방사형 스테브, DC 파워 전달에 사용되는 제3 방사형 스테브 및 RF의 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하는 데 사용되는 제4 방사형 스테브를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 제1 방사형 스테브는 밴드-스탑 필터로서 동작할 수 있다.

[0012] 상기 원형편파 패치 안테나는, 제1 패치가 배치된 제1 패치 기관, 제2 패치가 배치된 제2 패치 기관, 상기 제1 패치 기관 및 제2 패치 기관 사이에 배치되는 폼 기관 및 상기 제2 패치 하부에 부착되는 피드 라인 기관을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 피드 라인 기관은, H-형상의 듀얼 슬롯, 상기 H-형상의 듀얼 슬롯을 피드하는 T-형상의 피드 라인 및 상기 피드 라인에 전력을 분배 공급하는 전력 분배기를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 정류 회로는, 커플드 마이크로스트립 라인 및 제1 방사형 스테브를 포함하고, RF 고조파의 재방사를 방지하는 고조파 제거부, 상기 고조파 제거부의 출력단에 위치하며, 제2 방사형 스테브를 포함하여 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합을 수행하는 정합부, 상기 정합부의 출력단에 위치하는 정류 다이오드, 제3 방사형 스테브를 포함하여 상기 정류 다이오드가 출력하는 RF를 감쇠시켜 DC 파워를 전달하는 DC 패스 필터 및 제4 방사형 스테브를 포함하여 상기 DC 패스 필터가 출력하는 신호에서 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하는 DC 리턴부를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 고조파 제거부는 안테나로부터 유입되는 노이즈 신호를 차단할 수 있다.

[0016] 상기 커플드 마이크로스트립 라인은 밴드패스 필터로 동작할 수 있다.

[0017] 상기 방사형 스테브는 원주각이 70° 일 수 있다.

[0018] 상기 정류 회로는, 동작 주파수가 9.5 GHz 부근일 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명은, 커플드 마이크로스트립 라인 및 제1 방사형 스테브를 포함하고, RF 고조파의 재방사를 방지하는 고조파 제거부, 상기 고조파 제거부의 출력단에 위치하며, 제2 방사형 스테브를 포함하여 안테나와 정류 다이오드 간의 임피던스 정합을 수행하는 정합부, 상기 정합부의 출력단에 위치하는 정류 다이오드, 제3 방사형 스테브를 포함하여 상기 정류 다이오드가 출력하는 RF를 감쇠시켜 DC 파워를 전달하는 DC 패스 필터 및 제4 방사형 스테브를 포함하여 상기 DC 패스부가 출력하는 신호에서 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로

공급하는 DC 리턴부를 포함하는 것을 특징으로 하는 정류 장치를 제공한다.

- [0020] 상기 제1 방사형 스테브는 개방 회로형 방사형 스테브이고 밴드-스탑 필터로 동작할 수 있다.
- [0021] 상기 제2 방사형 스테브는 대칭으로 배치된 두 개의 방사형 스테브를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 제3 방사형 스테브는 단일 방사형 스테브 및 한 쌍의 대칭 방사형 스테브를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 제4 방사형 스테브는 단일 방사형 스테브를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 고조파 제거부는 안테나로부터 유입되는 노이즈 신호를 차단할 수 있다.
- [0025] 상기 커플드 마이크로스트립 라인은 밴드패스 필터로 동작할 수 있다.
- [0026] 상기 제1 방사형 스테브는 밴드-스탑 필터로 동작할 수 있다.
- [0027] 상기 제1 내지 제4 방사형 스테브는 원주각이 70° 일 수 있다.
- [0028] 상기 정류 장치는, 동작 주파수가 9.5 GHz 부근일 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 이상의 본 발명에 따른 렉테나 및 렉테나용 정류 장치는 광대역에서 동작하면서도 높은 RF-DC 변환효율을 제공할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명에 따른 정류 장치 및 렉테나를 활용하면 컴팩트한 시스템 구현이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 일반적인 렉테나의 구성도이다.
- 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 광대역 원형편파 패치 안테나의 분리 사시도이다.
- 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 회로도(feeding circuits)이다.
- 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 4-소자 패치 어레이 구조체를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 4-소자 어레이 안테나를 시뮬레이션한 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 정류 회로의 구조도를 나타내며, 도 4b는 도 4a의 회로에 대한 다이오드 등가 회로도이다.
- 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 입력 고조파 제거 필터의 레이아웃을, 도 5b는 투과계수 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 DC 패스 필터의 레이아웃을, 도 6b는 투과계수 파라미터를 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 다이오드로부터 커패시터까지의 거리에 따른 DC 패스 필터의 변환 효율을 나타낸 그래프이다.
- 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 DC-리턴부의 레이아웃을, 도 8b는 S 파라미터를 나타낸 그래프이다.
- 도 9a는 다양한 입력 파워에 대한 본 발명에 따른 정류 회로의 반사계수에 대한 시뮬레이션 결과를, 도 9b는 다양한 입력 파워에 대한 본 발명에 따른 정류 회로의 변환효율에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 10a는 다양한 입력 파워에 대한 반사계수의 시뮬레이션 값을, 도 10b는 RF-DC 변환 효율의 시뮬레이션 값을 나타낸 그래프이다.
- 도 11a는 다양한 부하에 대해 본 발명의 일 실시예에 따라 실제 측정된 입력파워 대비 RF-DC 변환 효율을, 도 11b는 입력파워 대비 변환 전압을 나타낸 그래프이다.
- 도 12a는 본 발명의 일 실시예에 따라 측정된 변환 효율을, 도 12b는 변환 전압을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.
- [0033] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는 데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0035] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0036] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0038] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0039] 도 1은 일반적인 렉테나의 구조도이다.
- [0040] 도 1에 도시한 바와 같이, 일반적인 렉테나는 안테나(110) 및 정류 회로(120)를 포함하고, 부하(130)는 상기 렉테나, 보다 구체적으로는 정류회로(120)을 출력단에 연결될 수 있다.
- [0041] 정류회로(120)는 고조파 제거 필터(121), 정합 회로(122), 다이오드(123) 및 DC 패스 필터(124)를 포함할 수 있다.
- [0042] 이때, 다이오드(123)의 비선형 특성으로 인해 의도치 않은 고조파 신호는 뒤의 안테나(110) 또는 앞의 부하(130)로 전파될 수 있다. 따라서, 고조파 제거 필터(121), DC 패스 필터(124) 및 정합 회로(122)는 최적의 RF-DC 변환 효율(η_{RF-DC})을 얻기 위해 신중히 설계되어야 한다.
- [0043] 이하에서는, 도 2a 및 도 2b를 참조하여, 본 발명에 따른 패치 안테나 구조를 살펴본다.
- [0044] 도 2a는 본 발명에 따른 광대역 원형편파 패치 안테나의 분리 사시도이다.
- [0045] 도 2a는 두 개의 적층된 사각 패치를 포함한 제1 및 제2 패치 기관(210, 230) 및 그 사이에 배치되는 폼(foam) 기관(220)에 의해 공진 캐비티(resonance cavity)를 갖는 안테나 소자를 도시한다.

- [0046] 또한, 수직 슬롯 및 수평 슬롯이 형성된 기관(240)은 상기 제2 패치 기관(230)과 피드라인 기관(250) 사이에 배치될 수 있고, 상기 수직 슬롯 및 수평 슬롯은 캐비티에 직교 여기(orthogonal excitation)를 제공한다.
- [0047] 원형 편파는 일진승 파워 분배기 및 각 듀얼 슬롯 간에 90도의 위상차를 갖는 지연 라인에 의해 획득된다.
- [0048] 즉, 패치 안테나는 멀티-층 기관 구조로 적층되는 H-형상 슬롯들, T-형상 피드 라인들을 이용하여 광대역 및 원형편파 특성을 획득하도록 설계될 수 있다.
- [0049] 도 2a에 도시한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 패치 안테나는, 피드(feed) 라인(260)을 위한 피드라인 기관(250)의 두께가 0.38 mm, 하부 패치를 위한 기관(230)의 두께는 0.64 mm, 폼을 위한 기관(220)의 두께는 0.1mm, 상부 패치를 위한 기관(210)의 두께는 0.25 mm로 형성될 수 있다.
- [0050] 또한, 피드 라인을 위한 기관(250)의 비유전율 ϵ_r (relative dielectric constant)은 3.5, 하부 패치를 위한 기관(230)의 비유전율은 2.17, 폼을 위한 기관(220)의 비유전율은 1.02, 상부 패치를 위한 기관(210)의 비유전율은 2.17로 구현될 수 있다.
- [0051] 여기서, 듀얼 패치 및 폼을 위한 기관을 낮은 비유전율로 구현함으로써, 최대 방사 효율 및 광대역을 획득할 수 있고, 피드 기관을 듀얼 패치 및 폼을 위한 기관보다 상대적으로 높은 비유전율로 구현함으로써, 최대 피드 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0052] 또한, 캐비티의 공진 주파수는 주로 사각 패치의 측면 길이에 의해 결정되는데, 안테나 소자의 광대역 특성을 얻기 위해 상부 패치 및 하부 패치의 크기는 작은 차이를 갖도록 설계될 수 있다.
- [0053] 일 예로, 상층 사각 패치 및 하층 사각 패치의 길이는 각각 9.64 mm 및 8.51 mm일 수 있다.
- [0054] 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 회로(feeding circuits)를 도시한다.
- [0055] 구체적으로, 도 2b(a)에서 광대역 원형 편파 패치 안테나에 사용된 H-형상의 슬롯(241)을 도시하였고, 도 2b(b)에서 T-형상의 피드 라인(261, 262)을 도시하였으며, 도 2b(c)에서 전력 분배기(263)를 도시하였고, 도 2b(a) 내지 2b(d)에는 각 구조물에 최적화된 기하 파라미터를 함께 표시하였다.
- [0056] 여기서, T-형상의 마이크로스트립 개방 스템브(open stub)는 각각 도 2b(d)에 도시한 전력 분배기(263)의 포트 2 및 포트 3에 전기적으로 연결될 수 있고, 상기 T-형상의 피드 라인은 길이 $\lambda/4$ 의 일반적인 마이크로스트립 개방 스템브보다 작은 공간을 차지하도록 설계될 수 있다. 이러한 스템브는 H-형상의 듀얼 슬롯(241)을 피드한다.
- [0057] 또한, 파워 분배기(263)는 포트 2 및 포트 3 사이에 90도 위상차를 만들기 위해, 상기 포트 2 또는 포트 3 중 어느 하나에 다른 하나보다 길이가 연장되도록 지연 라인(1)을 포함할 수 있다.
- [0058] 본 발명에 따른 파워 분배기(263)의 각 포트는 더 높은 임피던스를 갖는 분배기의 폭을 감소시킴으로써 충분한 어레이 공간을 획득하기 위해 50옴(Ω) 대신 65옴(Ω)의 특성 임피던스를 갖는 것이 바람직하다.
- [0059] 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 4-소자 패치 어레이 구조체를 도시한다.
- [0060] 도 2c에 도시한 바와 같이, 실제 제작된 4-소자 패치 어레이는 각 소자간 간격이 0.8λ 인 것이 바람직하되, 여기서, λ 는 9.5 GHz에서의 파장인 것이 바람직하다.
- [0061] 도 2c의 패치 어레이 구조체는 4-패치를 피드하기 위한 일진승 파워 분배기를 가질 수 있다. 패치 캐비티 및 마이크로스트립 피드 회로는 H-형상 슬롯들의 컨덕터 평면에 의해 분리되고 이는, 대형 렉테나 어레이를 위한 피드 회로층 상의 정류기 회로 제작에 있어 이점을 가질 수 있다.
- [0062] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 4-소자 어레이 안테나를 시뮬레이션한 결과를 도시한다.
- [0063] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 4-소자 어레이 안테나에 대한 반사 계수들의 시뮬레이션 값 및 측정치를 주파수에 대해 S_{11} 로 도시한다.

[0064] 측정된 S_{11} 은 대략 9.5 GHz 부근에서 최저치를 가지고, -10 dB 아래에서 2 GHz 이상의 범위로 광대역 특성을 가지는데, 이는 시뮬레이션된 S_{11} 의 광대역 특성과 유사하다.

[0065] 측정된 최저치는 9.3 GHz에서 -34 dB이다.

[0066] 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따라 제작된 4-소자 어레이 안테나의 이득을 나타낸 그래프이다.

[0067] 도 3b의 그래프는 9.5 GHz에서 4-소자 어레이 안테나의 시뮬레이션 이득 및 측정 이득을 도시한다.

[0068] 도 3b는 이득의 수평 방사 특성을 나타내고 있는데, 패치 어레이가 대칭이기 때문에 수직 특성들은 수평 특성들과 유사하다.

[0069] 한편, 4-소자 어레이 안테나의 측정 이득은 시뮬레이션 이득과 양호한 일치도를 보여주고 있음을 알 수 있는데, 측정 이득 및 시뮬레이션 이득은 각각 11.2 dBi 및 12.7 dBi이다.

[0070] 또한, 4-소자 어레이 안테나의 원형편파(CP) 특성은 또한 안테나의 조준 각도에서 1.1 dB의 축비(axial ratio)로 측정되는 것으로 나타나고 있다.

[0071] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 정류 회로의 구조도를 나타내며, 도 4b는 도 4a의 회로에 대한 다이오드 등가 회로를 도시한다.

[0072] 도 4a에 나타난 정류회로(300)는 X-밴드 정류 회로이다. 단일 X-밴드 렉테나가 0.8λ 소자 간격을 두고 대형 렉테나 어레이 어플리케이션에 사용될 것이기 때문에 본 발명의 일 실시예에 따라 설계되는 정류기는 콤팩트하다. 이러한 어플리케이션을 위해, 안테나의 피딩 네트워크 및 정류기는 마이크로스트립 라인 구조를 사용해 설계된다.

[0073] 이러한 정류기(일 예로, 반파(half-wave) 정류기)는 고조파 제거부(310), 정합부(320), 정류 다이오드(323), DC-패스부(330) 및 DC 리턴부(340)를 포함할 수 있다.

[0074] 여기서, 다이오드(323)는 특히 정류 회로(300)에서 높은 RF-DC 변환 효율(η_{RF-DC})을 얻기 위한 가장 주요한 요소들 중 하나이다. 이때, 정류 회로(300)의 RF-DC 변환 효율(η_{RF-DC})은 아래 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 1

$$\eta_{RF-DC} = \frac{P_{DC}}{P_{RF}} = \frac{V_{DC}^2 / R_L}{P_{RF}}$$

[0075]

[0076] 여기서, P_{DC} , P_{RF} , V_{DC} 및 R_L 각각은 변환된 DC 파워, 수신 RF 파워, 변환된 DC 전압 및 부하 임피던스를 나타낸다.

[0077] 도 4a에 도시한 바와 같은 렉테나의 정류 다이오드(323)는 정류 회로(300)를 설계함에 있어 가장 중요함은 앞서 서술한 바와 같으며, 따라서 본 발명에 따른 렉테나 다이오드는 후술하는 몇 가지 조건에 의해 설정되는 것이 바람직하다.

[0078] 본 발명에 따른 다이오드를 위한 조건들은, 높은 입력 파워 효율과 관련한 높은 파괴(breakdown) 전압 V_{br} , 작은 신호 검출 능력과 관련한 낮은 포워드 전압 V_f , 정류기의 전반적인 효율과 관련된 낮은 시리즈 저항 R_s , 동작 대역폭과 관련한 낮은 접합 커패시턴스(Junction Capacitance) C_j 이다.

[0079] 본 발명에 따른 다이오드의 바람직한 실시예로는 아바고 테크놀로지사(Avago Technologies)의 패키징된 쇼트기 배리어 다이오드 HSMS-8101를 들 수 있다. 이 다이오드는 10 GHz 내지 14 GHz 주파수 범위에서 최적으로 동작하기 때문에 9.5 GHz에서 사용 가능하다.

- [0080] 도 4a의 회로에 대한 다이오드 등가 회로인 도 4b를 살펴보면, 시리즈 저항 전압 $R_s = 6$, 접합 커패시턴스 (Junction Capacitance) $C_j = 0.17$ pF으로 나타나 있으며, 파괴전압 V_{br} , 포워드 전압 V_f 은 $0.25 \sim 0.35$ V, 파괴전압은 $V_{br} < -4V$ 이며, 접합 저항 C_j 는 동작 조건에 따라 가변적이다.
- [0081] 이와 같은 조건 하에서 9.5 GHz를 동작 주파수로 하고 10 mW 입력 파워 및 1000 Ω 부하를 가진다고 할 때, 50 Ω 소스 임피던스를 가지는 경우 회로 시뮬레이션을 이용해 다이오드의 입력 임피던스를 계산하면 $(22-j20)\Omega$ 이 된다. 안테나와 다이오드 간의 임피던스 차이는 파워 전달 및 다이오드 효율의 감소를 가져온다. 따라서, 안테나로부터 다이오드로의 RF 파워 전달을 극대화하기 위해, 임피던스 정합 회로(320)가 도 4a와 같이 설계될 수 있다.
- [0082] 즉, 다이오드의 입력 임피던스는 동작 주파수, RF 입력 파워 및 부하 저항에 따라 변화하기 때문에, 본 발명의 일 실시예에 따른 정합 회로는 도 4a에 도시한 바와 같이 광대역 동작을 위한 두 개의 방사형 스텐브(radial stub)를 활용해 구성되는 것이 바람직하다.
- [0083] 이때, 안테나와 다이오드(323) 간의 임피던스 정합을 위한 방사형 스텐브는 원주각이 70° 인 것이 바람직하다.
- [0084] 일반적으로, 다이오드의 비선형 특성은 고차 고조파를 생성하며 이는 RF-DC 변환 효율을 감소시킨다. 그러므로, 고조파 제거 필터(310) 및 DC 패스 필터(330)가 고차 고조파를 억제할 필요가 있다.
- [0085] 도 5a는 입력 고조파 제거 필터의 레이아웃을 나타내며, 도 5b는 입력 고조파 제거 필터의 S_{21} 특성을 나타낸다.
- [0086] 도 5a에 도시한 고조파 제거 필터(310)는 커플드 마이크로스트립 라인들(311) 및 방사형 스텐브(312)를 포함할 수 있다.
- [0087] 고조파 제거 필터(310)는 다이오드(323)로부터 RF 고조파의 재방사를 방지하고 안테나로부터 수신되는 원치 않는 노이즈 신호를 차단한다.
- [0088] 투과계수 S_{21} 은 시뮬레이터(예를 들어, ADS(Advanced Design System) 모멘텀 시뮬레이터)에 의해 분석될 수 있다. 고조파 제거 필터(310)의 커플드 마이크로스트립 밴드-패스 필터(311)는 3 dB에서 9.5 GHz 동작 주파수를 중심으로 하여 7.3 GHz의 대역폭을 갖는다.
- [0089] 정리하면, 밴드-스탑(band-stop) 필터로 동작하는 개방-회로형 방사형 스텐브(312) 및 밴드-패스 필터(311)를 포함하는 고조파 제거 필터는 도 5b에 도시된 바와 같이, 19 GHz 근처에서 제1 하모닉 주파수를, 28.5 GHz 근처에서 제2 하모닉 주파수를 감쇠하여, 투과계수 S_{21} 을 각각 -26.6 dB, -16.5 dB 감소시킨다.
- [0090] 이때, RF 신호의 고조파를 제거하기 위한 방사형 스텐브(312)는, 도 5a에 도시한 바와 같이, 원주각은 70° 인 것이 바람직하다.
- [0091] 도 6a는 DC 패스 필터의 레이아웃을 나타내며, 도 6b는 DC 패스 필터의 S_{21} 특성을 나타낸다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 DC 패스 필터(330)는 RF를 감쇠시켜 부하로 DC 파워만을 전달하며, 다이오드(323)의 출력단에 위치할 수 있다. DC 패스 필터(330)는 단일 방사형 스텐브(331) 및 대칭으로 배치되는 한 쌍의 방사형 스텐브(332)를 포함하며, 기본파, 제2 및 제3 고조파의 투과계수 파라미터인 S_{21} 를 15dB보다 더 낮게, 즉, 도 6b에 도시된 바와 같이 -26 dB, -18.8 dB, -25.5 dB 까지 감쇠시킨다.
- [0093] 이때, DC 파워 전달을 위한 단일 방사형 스텐브(331) 또는 RF의 리플 전압을 감소시키기 위한 한 쌍의 방사형 스텐브(332)는 도 4a에 도시한 바와 같이, 원주각이 70° 인 것이 바람직하다.
- [0094] 도 7은 다이오드로부터 커패시터까지의 거리에 따른 DC 패스 필터의 변환 효율을 나타낸다.
- [0095] 여기서, 다이오드(323)로부터 커패시터(C_L)까지의 거리는 도 4a에 도시한 바와 같이, 도면 부호 d로 나타낼 수 있다.

- [0096] 정류 회로(300)에서, 부하와 병렬로 연결되는 커패시터는 리플 전압을 낮추어 부하로 안정적인 DC 파워를 공급한다.
- [0097] 도 7을 참조하면, DC 패스 필터(330)는 변화하는 거리에 대해 RF-DC 변환 효율을 거의 상수로 유지시킴을 알 수 있다.
- [0098] 반대로 DC 패스 필터(330)를 사용하지 않는 경우에는, RF-DC 변환 효율이 크게 낮아지고 최대 RF-DC 변환 효율에 대한 최적의 길이가 존재함을 알 수 있다.
- [0099] 따라서, 본 발명에 따른 DC 패스 필터(330)는 정류 회로(300)의 안정 동작을 위한 주요 요소일 수 있다.
- [0100] 도 8a는 DC 리턴부의 레이아웃을 나타내며, 도 8b는 DC-리턴부의 S 파라미터를 나타낸다.
- [0101] DC 리턴부(340)는 역전류가 다이오드(323)로 흐를 때 다이오드(323)에 의해 생성된 고조파의 재반사를 방지하는데 사용된다. DC 리턴부(340)는 접지(도 8a의 포트 3)로부터 정류 회로의 역전류를 제거하고 안테나로의 RF 재반사를 방지할 수 있다.
- [0102] DC 리턴부(340)는 접지(포트 3) 및 포트 1, 2 간의 X-밴드 전달을 막는 밴드-스탑 필터로서 기능할 수 있다.
- [0103] 반대로, 3.2 ~ 13.5 GHz 주파수(3dB 밴드패스 영역)에서 포트 1로부터 포트 2로의 RF 전달은 접지에 의해 영향을 받지 않는다.
- [0104] 이때, 도 8a에 도시한 바와 같이, 접지(포트 3) 및 포트 1, 2 사이에 방사형 스테브를 더 포함할 수 있고, 상기 RF의 리플 전압을 감소시켜 안정적인 DC 파워를 부하로 공급하기 위한 방사형 스테브는 원주각이 70° 인 것이 바람직하다.
- [0105] 도 9a는 다양한 입력 파워에 대한 본 발명에 따른 정류 회로의 반사계수 S_{11} 에 대한 시뮬레이션 결과를, 도 9b는 다양한 입력 파워에 대한 본 발명에 따른 정류 회로의 변환효율에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
- [0106] 도 9a 및 도 9b는 다양한 동작 조건 하에서 정류 회로 성능의 예측으로서 계산된 S_{11} 및 RF-DC 변환 효율을 보여준다.
- [0107] RF-DC 변환 효율(η_{RF-DC})은 50 Ω 내지 1000 Ω 의 부하 저항 및 10 dBm, 11 dBm, 12.5 dBm의 입력 파워에 대해, 앞서 설명한 수학적 식 1에 따라 계산되었다.
- [0108] 다이오드의 입력 임피던스가 동작 조건들에 따라 변화하기 때문에, 도 9a 및 도 9b에 도시한 바와 같이 9.5 GHz에서, 정류 회로가 입력 파워에 따라 부하 저항에 대해 최적화되어 있다. 12.5 dBm의 입력 파워의 경우 400 Ω 의 부하 저항일 때, 최대 효율 및 전압이 각각 71 % 및 2.25 V이다.
- [0109] 동작 주파수의 변화에 따라 다이오드 및 각 정류 회로 부품들의 임피던스가 변화하기 때문에 광대역 동작을 위한 정류 회로를 설계하는 것은 쉽지 않다. 본 발명에서는 이를 극복하기 위해 앞서 설명한 바와 같이, 광대역 주파수 상에 동작 가능하도록 방사형 스테브를 이용해 정류회로 부품들을 설계하였다.
- [0110] 도 10a 및 도 10b는 다양한 입력 파워에 대해 주파수 대비 S_{11} 및 RF-DC 변환 효율에 대한 시뮬레이션 값을 나타낸 그래프이다.
- [0111] 도 10a에 나타나 시뮬레이션 결과를 살펴보면 8.8 내지 9.9 GHz 주파수 범위에서 10dB보다 낮은 반사계수 S_{11} 을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한, 도 10b에서 12.5 dBm의 입력 파워에 대해 9.1 내지 10.2 GHz 주파수 범위에서 RF-DC 변환 효율(η_{RF-DC})이 50% 이상임을 확인할 수 있다.
- [0112] 도 11a 및 도 11b는 다양한 부하에 대해 실제 측정된 입력파워 대비 RF-DC 변환 효율 및 변환 전압을 나타낸 그

래프이다.

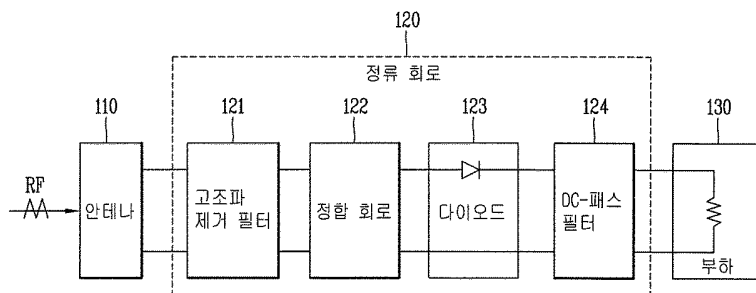
- [0113] 도 11a에 도시된 입력파워 대비 측정된 RF-DC 변환 효율의 전체적인 경향은 시뮬레이션 결과와 유사함을 알 수 있다. 하지만, 최대 RF-DC 변환 효율에 대한 최적 조건은 조금 다른 양상이다. 400 Ω의 부하에서 12.5 dBm에 대한 RF-DC 변환 효율의 시뮬레이션 값은 71%이지만, 측정치의 경우에는 300 Ω의 부하일 때 17 dBm에 대해 71.9%의 효율이 나타났다. 측정 결과로부터, 본 발명에 따른 다이오드 및 정류 회로가 시뮬레이션 값보다 더 높은 입력 파워에서 사용될 수 있음이 드러났다.
- [0114] 도 11b를 살펴보면, 입력 파워가 증가할수록 변환된 DC 전압 또한 증가하며, 최대 효율에서의 DC 전압은 3.2 V임을 알 수 있다.
- [0115] 8.51 GHz에서 63.2 %, 혹은 9.3 GHz에서 21 %의 효율을 보였던 기존의 변환 회로와 비교하면, 본 발명에 따른 RF-DC 변환 회로는 X-밴드에서 이러한 기존의 회로들보다 높은 효율을 보여주고 있음을 확인할 수 있다.
- [0116] 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일 실시예에 따라 측정된 변환 효율 및 변환 전압을 나타낸 그래프이다.
- [0117] 도 12a를 살펴보면, 본 발명에 따른 정류 회로가 71.9 %의 최대 효율을 가지며 1 GHz 이상의 주파수 대역폭에서 50 % 이상의 효율을 유지함을 알 수 있다.
- [0118] 본 발명에 따른 정류 회로는 9.5 GHz에서 동작하는 35 mm×21 mm 사이즈로 콤팩트하게 최적화되어 대형 텍테나 어레이 시스템에 적용할 수 있다.
- [0119] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

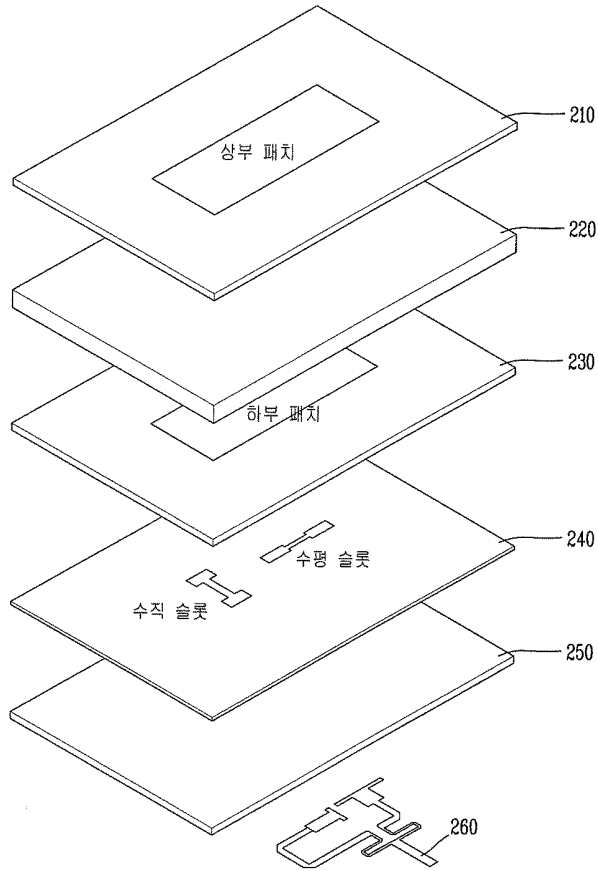
- [0120] 210, 230: 제1 패치, 제2 패치 기판 220: 폼 기판
- 240: 수평/수직 슬롯 기판 250: 피드라인 기판
- 260: 피드 라인 300: 정류 회로
- 310: 고조파 제거 필터 320: 정합부
- 323: 정류 다이오드 330: DC 패스 필터
- 340: DC 리턴부

도면

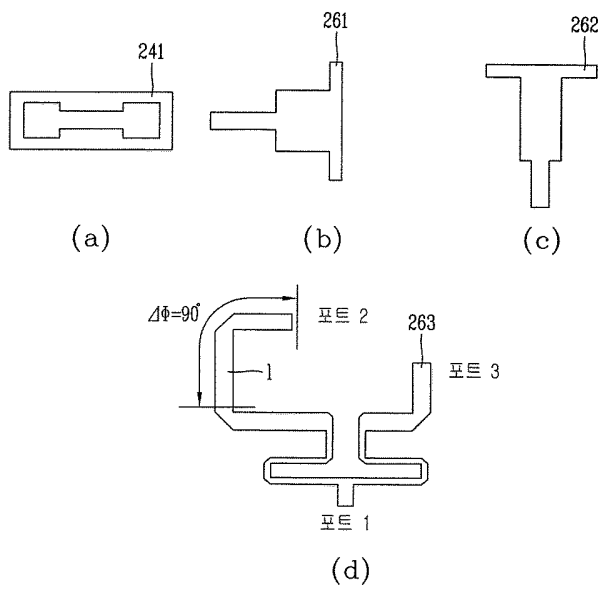
도면1



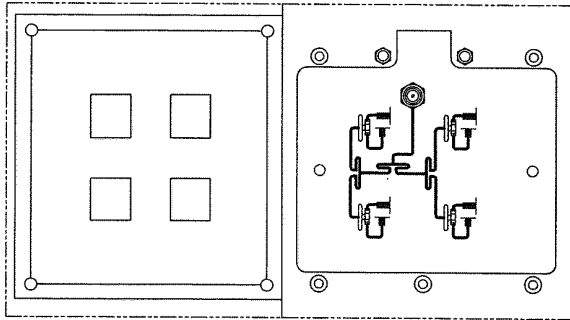
도면2a



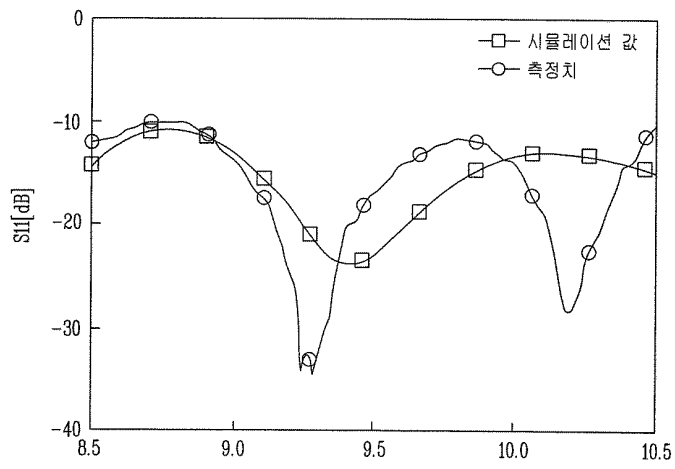
도면2b



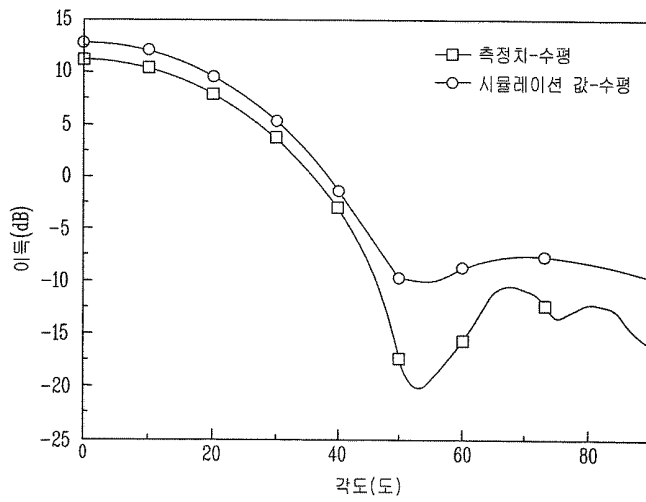
도면2c



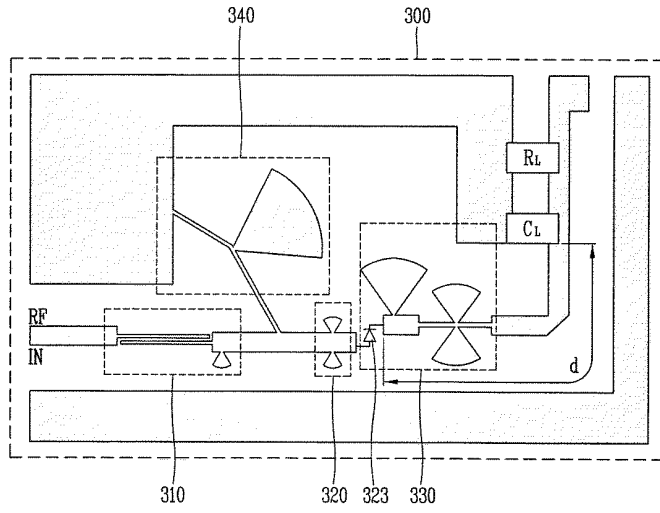
도면3a



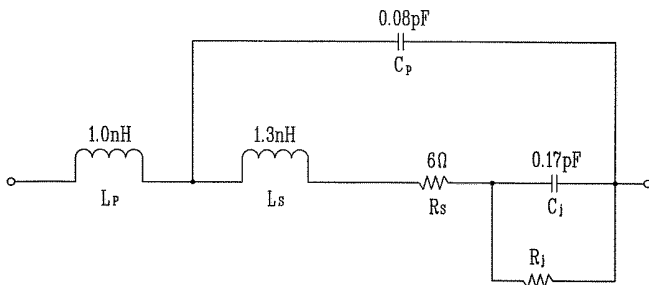
도면3b



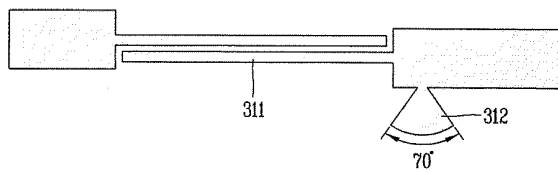
도면4a



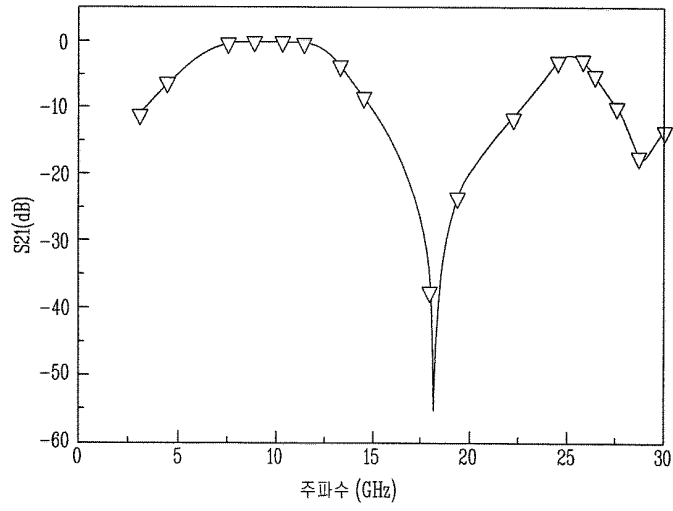
도면4b



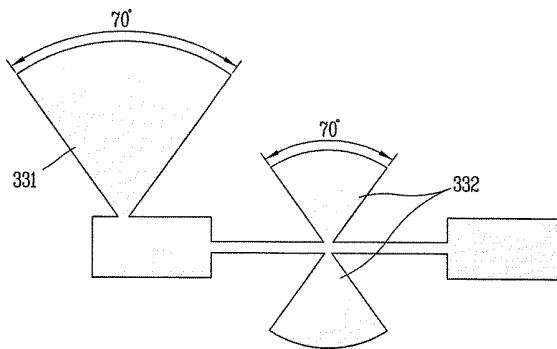
도면5a



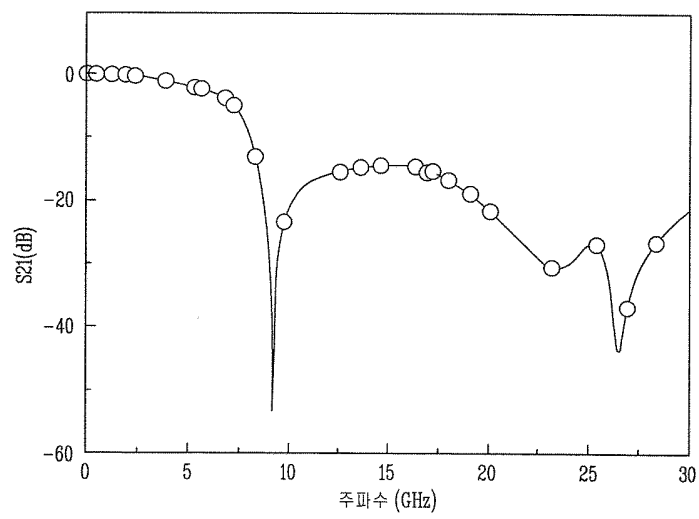
도면5b



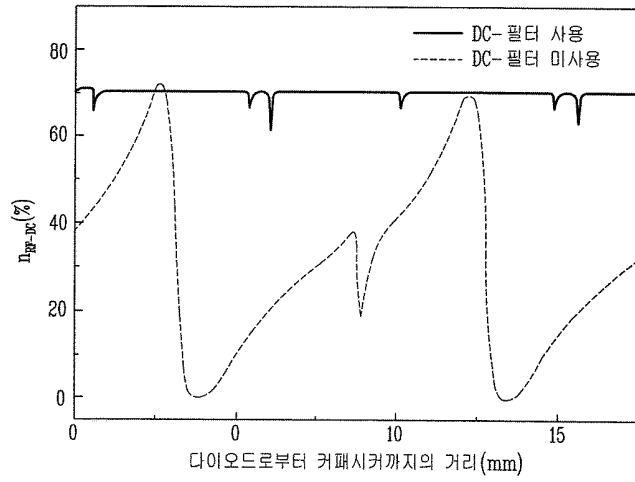
도면6a



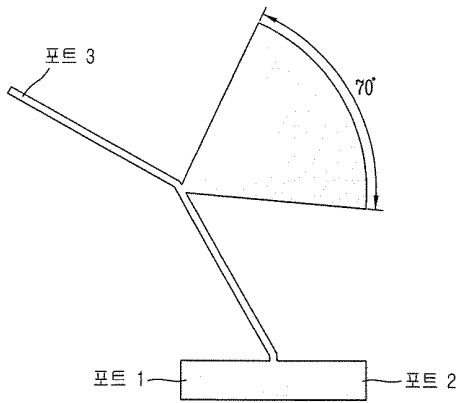
도면6b



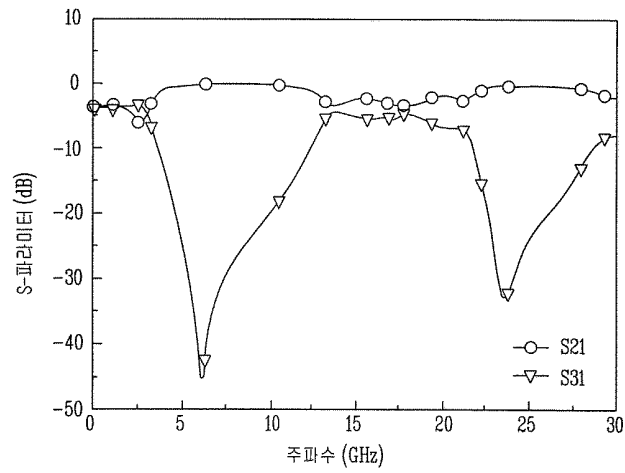
도면7



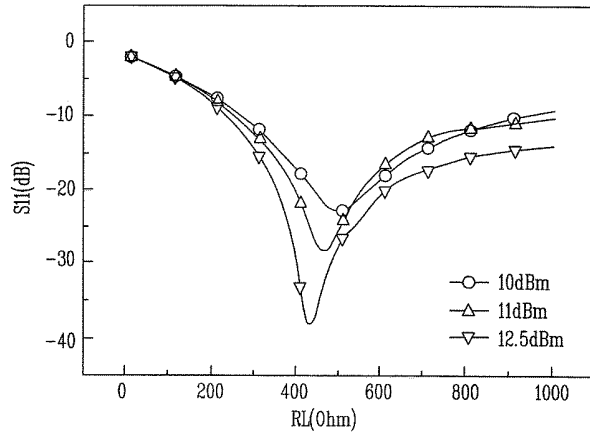
도면8a



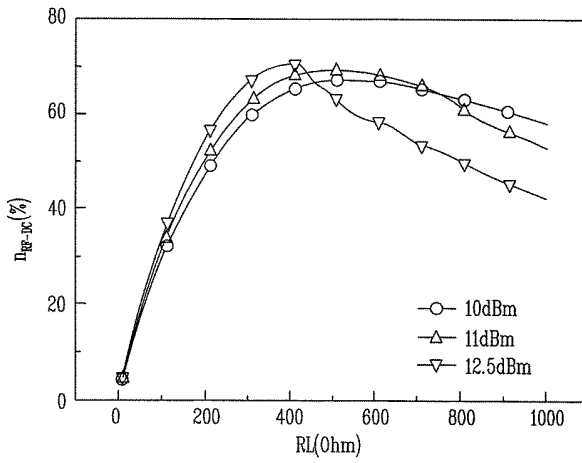
도면8b



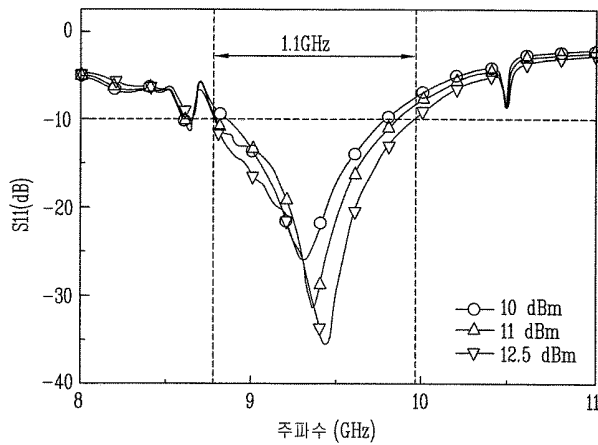
도면9a



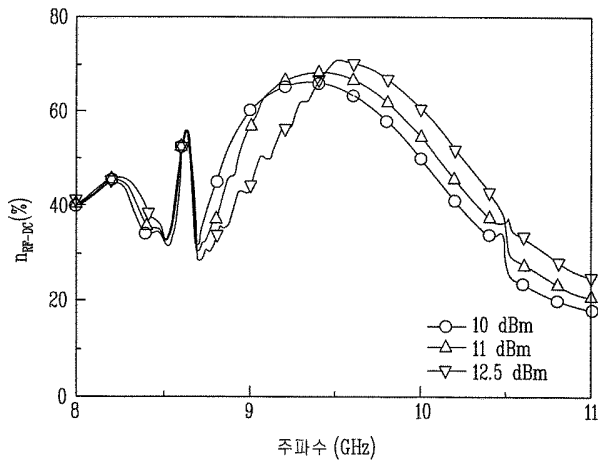
도면9b



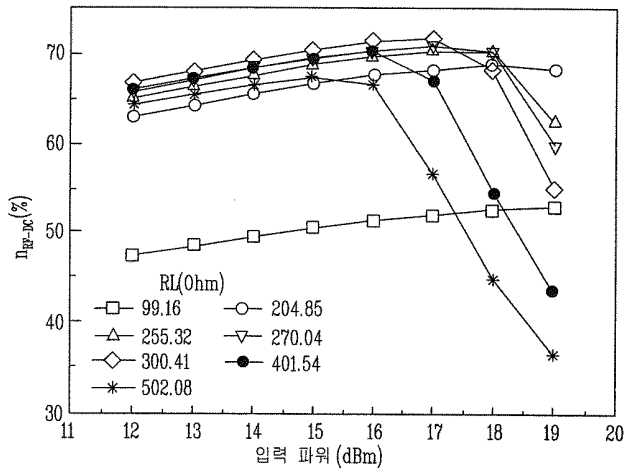
도면10a



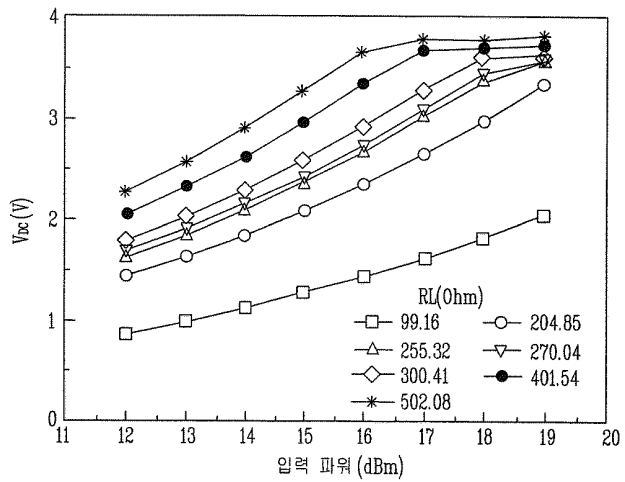
도면10b



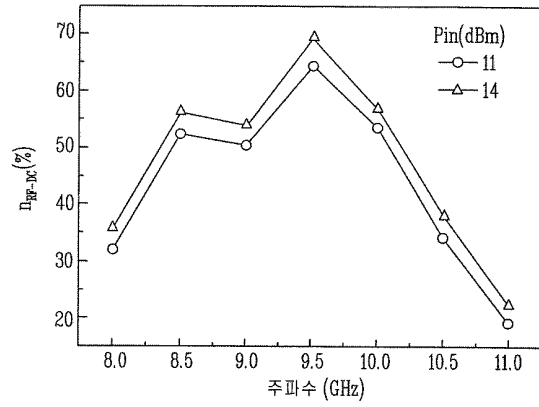
도면11a



도면11b



도면12a



도면12b

