(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월27일
(11) 등록번호 10-1169548
(24) 등록일자 2012년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/03 (2006.01) *G01S 13/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0044378
(22) 출원일자 2010년05월12일
심사청구일자 2010년05월12일
(65) 공개번호 10-2011-0026373
(43) 공개일자 2011년03월15일
(30) 우선권주장
JP-P-2009-206080 2009년09월07일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006217362 A*
JP61068573 A
JP08320373 A
JP2005181283 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시끼가이샤 도시바
일본국 도꾜도 미나또꾸 시바우라 1쪼메 1방 1고
(72) 발명자
고지마 하루오
일본 도꾜도 미나또꾸 시바우라 1쪼메 1방 1고 가부시끼가이샤 도시바 지적재산부 내
(74) 대리인
이중희, 장수길, 박충범

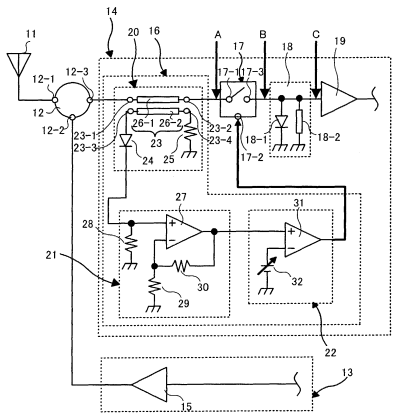
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 장석환

(54) 발명의 명칭 **송수신 모듈**

(57) 요 약

송신파를 송신하거나 수신파를 수신하는 안테나와, 이 안테나에 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 송신파를 상기 안테나에 공급하는 송신 회로와, 상기 안테나에 상기 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 안테나에 있어서 수신한 상기 수신파를 분기하고, 그 한쪽에 기초하여 제어 신호를 생성하는 검파 회로와, 이 검파 회로에 접속되고, 상기 제어 신호가 입력됨으로써, 상기 수신파 중, 분기된 다른 쪽의 전력을 억압하는 고주파 스위치와, 이 고주파 스위치에 접속되고, 상기 고주파 스위치로부터 출력된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 더 억압하는 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로와, 이 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 접속되고, 상기 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 의해 전력이 억압된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 증폭하는 제1 전력 증폭기를 구비하는 것을 특징으로 하는 송수신 모듈.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

송신파를 송신하거나 수신파를 수신하는 안테나와,

이 안테나에 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 송신파를 상기 안테나에 공급하는 송신 회로와,

상기 안테나에 상기 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 안테나에 있어서 수신한 상기 수신파를 분기하고, 그 한쪽에 기초하여 제어 신호를 생성하는 검파 회로와,

이 검파 회로에 접속되고, 상기 제어 신호가 입력됨으로써, 상기 수신파 중, 분기된 다른 쪽의 전력을 억압하는 고주파 스위치와,

이 고주파 스위치에 접속되고, 상기 고주파 스위치로부터 출력된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 더 억압하는 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로와,

이 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 접속되고, 상기 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 의해 전력이 억압된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 증폭하는 제1 전력 증폭기를 포함하고,

상기 고주파 스위치는 노멀 온형의 FET인 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 노멀 온형의 FET는

벌크 형상의 화합물 반도체층과,

이 벌크 형상의 화합물 반도체층 상에 형성되고, 이 화합물 반도체층과 동일 재료로 이루어지는 전자 주행층과,

이 전자 주행층 상에 서로 이격하여 형성된 드레인 전극 및 소스 전극과,

이들 전극 사이에 형성된 게이트 전극을 구비하는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 화합물 반도체층은 GaN인 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 노멀 온형의 FET는, 온 상태로부터 오프 상태로 전환됨으로써, 상기 드레인 전극에 입력된 전력이 억압되어 상기 소스 전극으로부터 출력되는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 검파 회로는

상기 안테나에 있어서 수신한 상기 수신파를 분기하고, 그 한쪽을 정류하여 제1 출력 단자로부터 출력함과 함께, 상기 분기한 다른 쪽의 수신파를, 상기 고주파 스위치의 입력 단자로 출력하는 전력 모니터 회로와,

이 전력 모니터 회로의 제1 출력 단자에 접속되고, 상기 정류하여 출력된 상기 수신파의 전압과, 정전압원의 전

압과의 차에 기초하여 상기 제어 신호를 생성하고, 이 제어 신호를 상기 스위치의 제어 단자에 출력하는 비교 구동기를 구비하는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 전력 모니터 회로는

입력 단자 및 적어도 2개의 출력 단자를 갖고, 상기 서큐레이터에 입력 단자가 접속됨과 함께, 상기 고주파 스위치의 입력 단자에 출력 단자의 한쪽이 접속되고, 상기 입력 단자로부터 입력된 상기 수신파를 분기하는 커플러와,

이 커플러의 상기 출력 단자의 다른 쪽에 접속되고, 이 출력 단자로부터 출력된 상기 수신파를 정류하는 다이오드를 구비하는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 검파 회로는, 상기 다이오드와 상기 비교 구동기 사이에 접속된 제2 전력 증폭기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 전력 증폭기는 부귀환 회로를 구비한 제1 차동 증폭기로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 비교 구동기는

상기 제2 전력 증폭기에 접속된 비반전 입력 단자와,

상기 정전압원에 접속된 반전 입력 단자와,

상기 제어 신호를 출력하는 출력 단자를 구비하는 제2 차동 증폭기로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 11

제1항에 있어서

상기 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로는 PIN 다이오드 및 DC 리턴 회로를 갖고, 이들은, 이 회로의 입력 단자 혹은 출력 단자에 병렬로 접속된 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 PIN 다이오드는 소전력용의 PIN 다이오드인 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1 전력 증폭기는 저잡음 증폭기인 것을 특징으로 하는, 송수신 모듈.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 일본 특허 출원 제2009-206080호(2009년 9월 7일)에 기초한 것으로서, 그 우선권을 주장하며, 그 전체 내용이 본 명세서에서 참조로서 원용된다.

[0002] 본 발명은 레이더 등에 사용되는 송수신 모듈에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 레이더 등에 사용되는 송수신 모듈은, 원하는 고주파를 안테나로부터 비측정물로 송신하고, 비측정물에 의해 반사된 고주파를 안테나에 의해 수신한다. 이에 의해, 비측정물까지의 거리를 계측할 수 있다.

[0004] 통상의 송수신 모듈은, 고주파의 송수신 단부인 안테나와, 이 안테나에 서큐레이터를 통해 각각 접속된 송신 회로 및 수신 회로에 의해 구성된다.

[0005] 여기서, 특히 레이더에 있어서는, 보다 먼 쪽으로 고주파를 송신할 수 있는 것, 및 비측정물에 반사된 미약한 반사파를 수신할 수 있는 것이 요구된다. 이로 인해, 송신 회로 및 수신 회로에는 각각 증폭기가 설치되어 있다.

[0006] 그러나, 특히 수신 회로에 있어서는, 예를 들어, 매우 근거리에 존재하는 비측정물, 장해물 등에 의해 반사된 고주파를 수신하는 경우가 있다. 이때, 수신 회로에 설치된 증폭기에는, 파괴 전력을 초과한 큰 전력의 고주파가 입력된다. 이 결과, 수신 회로의 증폭기가 고장나게 된다.

[0007] 또한, 비측정물이 매우 근거리에 존재하는 경우에는, 안테나와 비측정물 사이에서 고주파의 다중 반사가 발생하여, 송수신 모듈의 송신시 부하 VSWR이 현저하게 열화된다. 이 경우, 송신파는 안테나에서 반사되어 서큐레이터를 통해 수신 회로에 입력된다. 이것에 의해서도, 수신 회로에 설치된 증폭기에는, 파괴 전력을 초과한 큰 전력의 고주파 신호가 입력된다. 이 결과, 수신 회로의 증폭기가 고장나게 된다.

[0008] 따라서, 종래의 송수신 모듈에 있어서, 서큐레이터와 수신 회로의 증폭기 사이에는, 다이오드를 사용한 리미터 회로가 설치되어 있다. 이 리미터 회로는, 이 회로에 입력된 고주파의 전력을 원하는 전력까지 억압시키는 회로이다. 즉, 송수신 모듈은, 대전력의 고주파를 수신한 경우이어도, 리미터 회로에 의해 고주파를 원하는 전력까지 전력을 억압시킨 후에, 증폭기에 입력되기 때문에, 상술한 문제를 해결할 수 있다.

[0009] 또한, 보다 대전력에 대응하기 위해, 통상은, 복수단의 리미터 회로가 설치된다. 구체적으로는, 예를 들어, 첫 단에 대전력의 수신파에 대응할 수 있는 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로가 설치되고, 그 후에, 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로가 설치되어 있다.

[0010] 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로에는, 대전력에 대응 가능한 다이오드가 사용된다. 그러나, 이 다이오드의 고주파 손실은 크기 때문에, 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로의 고주파 손실이 커진다는 성능상의 문제가 있다. 따라서, 이러한 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로를 갖는 수신 회로는, 잡음 지수가 열화된다. 이에 의해, 소전력의 고주파를 수신할 수 없게 되기 때문에, 최대 탐지 거리가 열화된다는 문제가 있다.

[0011] 또한, 근거리의 피측정물을 측정할 때에는, 운용상의 고안으로서 송신파의 펄스폭을 작게 하여 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로를 삭제하는 방법도 있다. 그러나, 비측정물로부터의 펄스폭이 큰 전파 방해에는 대처할 수 없다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 관한 송수신 모듈은, 송신파를 송신하거나 수신파를 수신하는 안테나와, 이 안테나에 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 송신파를 상기 안테나에 공급하는 송신 회로와, 상기 안테나에 상기 서큐레이터를 통해 접속되고, 상기 안테나에 있어서 수신한 상기 수신파를 분기하고, 그 한쪽에 기초하여 제어 신호를 생성하는 검파 회로와, 이 검파 회로에 접속되고, 상기 제어 신호가 입력됨으로써, 상기 수신파 중, 분기된 다른 쪽의 전력을 억압하는 고주파 스위치와, 이 고주파 스위치에 접속되고, 상기 고주파 스위치로부터 출력된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 더 억압하는 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로와, 이 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 접속되고, 상기 소신호 고주파 다이오드 리미터 회로에 의해 전력이 억압된 상기 수신파의 다른 쪽의 전력을 증폭하는 제1 전력 증폭기를 구비하고, 상기 고주파 스위치는 노멀 온형의 FET인 것을 특징으로 하

는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은, 본 발명의 실시예에 관한 송수신 모듈의 주요부의 구성을 도시하는 블록도.

도 2는, 도 1의 대전력 고주파 스위치에 적용되는 FET를 도시하는 회로도.

도 3은, 도 2의 FET의 구조를 간략화하여 도시하는 단면도.

도 4는, 도 1의 점 A 및 점 B에 있어서의 각 수신파의 피크 전력이 시간과 함께 추이하는 모습을 도시하는 도면.

도 5는, 도 1의 점 B 및 점 C에 있어서의 각 수신파의 피크 전력이 시간과 함께 추이하는 모습을 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하에, 본 발명의 일 실시예에 관한 송수신 모듈을, 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0015] 도 1은, 본 실시예의 송수신 모듈의 주요부의 구성을 도시하는 블록도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 본 실시예의 송수신 모듈에 있어서, 고주파의 송수신 단부인 안테나(11)에는, 서큐레이터(12)의 제1 포트(12-1)가 접속되어 있다. 그리고, 서큐레이터(12)의 제2 포트(12-2)에는 송신 회로(13), 서큐레이터(12)의 제3 포트(12-3)에는 수신 회로(14)가 각각 접속되어 있다.

[0016] 서큐레이터(12)는, 제2 포트(12-2)에 입력된 고주파가 제1 포트(12-1)로 출력되고, 제1 포트(12-1)에 입력된 고주파가 제3 포트(12-3)로 출력되는 것이다. 이에 의해, 송신 회로(13)로부터 출력된 송신파는 안테나(11)로 보내지고, 안테나(11)가 수신한 수신파는 수신 회로(14)로 보내진다.

[0017] 송신 회로(13)에는 송신계 전력 증폭기(15)가 설치되어 있다. 그리고, 이 증폭기(15)의 출력 단자가, 서큐레이터(12)의 제2 포트(12-2)에 접속되어 있다. 송신계 전력 증폭기(15)의 입력 단자는 도시되지 않은 송신파 생성 회로에 접속되어 있다.

[0018] 수신 회로(14)는, 검파 회로(16), 대전력 고주파 스위치(17), 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18) 및 수신계 저잡음 증폭기(19)를 갖는다. 이 중, 검파 회로(16)의 입력 단자는 서큐레이터(12)의 제3 포트(12-3)에 접속된다. 그리고, 검파 회로(16)의 제1 출력 단자는 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자(17-1)에 접속되고, 검파 회로(16)의 제2 출력 단자는 대전력 고주파 스위치(17)의 제어 단자(17-2)에 접속된다.

[0019] 도 2는, 대전력 고주파 스위치(17)를, 구체적으로 도시하는 회로도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 대전력 고주파 스위치(17)는 FET이다. 따라서, 상술한 검파 회로(16)의 제1 출력 단자는, FET의 드레인 단자에 접속된다. 그리고, 검파 회로(16)의 제2 출력 단자는 FET의 게이트 단자에 접속된다. 또한, 이 FET는, 예를 들어 GaN계의 재료에 의해 구성된 것이다.

[0020] 이 FET는, 노멀 온형의 FET이다. 그리고, 이 FET는, 온 상태(클로즈 상태: 게이트 단자에 전압이 인가되지 않는 상태)일 때에 출력되는 피크 전력 레벨 X와, 스위치가 오프 상태(오픈 상태: 게이트 단자에 전압이 인가된 상태)일 때에 출력되는 피크 전력 레벨 Y의 비(전력 억압비=$10K\log_{10}(Y/X)$)가, 0을 제외한 유한의 값으로 되는 스위치 소자이다.

[0021] 예를 들어, 도 2의 FET는 이하의 출력 특성을 갖는 스위치 소자이다. 즉, 게이트 단자의 전압이 0V일 때에는 FET가 클로즈 상태로 되고, 게이트 단자의 전압이 -3V 정도일 때에는 FET가 오픈 상태로 되는 특성을 갖는다. 그리고, 이 FET에, 예를 들어 피크 전력이 10W 정도인 수신파가 입력되면, FET가 클로즈 상태일 때에는 10W 정도의 피크 전력을 갖는 수신파를 출력한다. 이에 반해, FET가 오픈 상태일 때에는 0.01W 정도의 피크 전력을 갖는 수신파를 출력한다. 즉, 스위치(17)에 적용되는 FET는, 약 30[dB] 정도의 전력 억압이 가능한 FET이다.

[0022] 도 3은, 도 2의 FET의 구성을 간략화하여 도시하는 단면도이다. 도 3에 도시한 FET는, 벌크 형상의 GaN층(40) 상에 n+형의 GaN층(41)이 형성되어 있다. 이 n+형의 GaN층(41)은, 전자 주행층이며, 예를 들어 1 내지 2㎛ 정도의 두께로 형성되어 있다. 이러한 n+형의 GaN층(41) 상에는, 서로 이격하여 드레인 전극(42), 소스 전극(43)이 형성되어 있고, 이들의 전극(42, 43) 사이에는 게이트 전극(44)이 형성되어 있다.

[0023] 이러한 FET의 게이트 전극(44)에 전압이 인가되지 않은 경우에는, n+형의 GaN층(41)에, 소스·드레인간 전류가

흐른다. 따라서, 예를 들어 드레인 전극(42)에 피크 전력이 10W인 수신파가 입력되면, 소스 전극(43)으로부터는, 피크 전력이 10W인 수신파가 출력된다.

[0024] 그러나, 게이트 전극(44)에 예를 들어 -3V 정도의 전압을 인가하면, 게이트 전극(44)의 바로 아래의 n+형의 GaN층(41)에 공핍층(45)이 형성된다. 이에 의해, 소스·드레인간 전류는 차단된다. 따라서, 예를 들어 드레인 전극(42)에 피크 전력이 10W인 수신파가 입력되면, 소스 전극(43)으로부터는, 피크 전력이 0.01W인 수신파가 출력된다.

[0025] 또한, 대전력 고주파 스위치(17)는, FET에 한정되지 않고, 전력 억압비가 0을 제외한 유한의 값으로 되는 스위치 소자이면, 적용 가능하다.

[0026] 다시 도 1을 참조한다. 대전력 고주파 스위치(17)의 출력 단자(17-3)(예를 들어 도 2에 도시한 FET의 소스 단자)는, 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)의 입력 단자에 접속된다. 이 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)는, PIN 다이오드(18-1) 및 DC 리턴 회로(18-2)로 이루어지고, 이들의 일단부는, 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)의 입력 단자와 출력 단자에 공통으로 접속되어 있다. 그리고, PIN 다이오드(18-1) 및 DC 리턴 회로(18-2)의 타단부는 모두 접지되어 있다. 또한, PIN 다이오드(18-1)는, 예를 들어 열시상수 τ가 50 내지 100μs 정도이며, 이 열시상수 τ를 초과하여 피크 전력이 1W 정도인 수신파가 입력되면 열파괴되는 특성을 갖는, 소위 소신호용의 PIN 다이오드이다. 또한, DC 리턴 회로(18-2)는, 예를 들어 λ/4 단락 선로에 의해 구성되어 있다.

[0027] 또한, 이 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)에, 대신호용의 PIN 다이오드를 적용하여도 되지만, 이 대신호용의 PIN 다이오드의 삽입 손실은 크기 때문에, 상술한 바와 같이 소신호용의 PIN 다이오드(18-1)를 적용하는 것이 바람직하다.

[0028] 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)의 출력 단자는, 수신계 저잡음 증폭기(19)의 입력 단자에 접속되어 있다. 이 수신계 저잡음 증폭기(19)의 출력 단자는, 도시되지 않은 수신용의 신호 처리 회로에 접속된다.

[0029] 여기서, 상술한 검파 회로(16)의 구성에 대하여 설명한다. 검파 회로(16)는, 전력 모니터 회로(20), 검파계 전력 증폭기(21), 비교 구동기(22)로 이루어진다. 또한 전력 모니터 회로(20)는, 커플러(23), 정류용 다이오드(24) 및 저항(25)으로 이루어진다.

[0030] 검파 회로(16)의 입력 단자는, 커플러(23)의 입력 단자(23-1)에 의해 구성된다. 이 커플러(23)는, 입력 단자(23-1) 외에, 제1 내지 제3 출력 단자(23-2, 23-3, 23-4)를 갖는 것이며, 예를 들어, 서로 근접된 제1, 제2 마이크로스트립 라인(26-1, 26-2)으로 이루어진다. 이 중 제1 마이크로스트립 라인(26-1)의 일단부는 커플러(23)의 입력 단자(23-1)로 되고, 타단부는 커플러(23)의 제1 출력 단자(23-2)로 된다. 또한, 제2 마이크로스트립 라인(26-2)의 일단부는 커플러(23)의 제2 출력 단자(23-3)로 되고, 타단부는 커플러(23)의 제3 출력 단자(23-4)로 된다.

[0031] 여기서, 커플러(23)의 제1 출력 단자(23-2)는, 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자에 접속되어 있다. 즉, 상술한 검파 회로(16)의 제1 출력 단자는, 커플러(23)의 제1 출력 단자(23-2)에 의해 구성된다. 또한, 커플러의 제2 출력 단자(23-3)는, 정류용 다이오드(24)를 통해 검파계 전력 증폭기(21)의 입력 단자에 접속되어 있고, 커플러의 제3 출력 단자(23-4)는, 저항(25)을 통해 접지되어 있다.

[0032] 검파계 전력 증폭기(21)는, 제1 차동 증폭기(27), 제1 증폭기용 저항(28), 제2 증폭기용 저항(29), 및 제3 증폭기용 저항(30)을 갖는다. 이 중, 제1 차동 증폭기(27)의 비반전 입력 단자에는, 상술한 커플러(23)의 제2 출력 단자(23-3)와, 일단부가 접지된 제1 증폭기용 저항(28)의 타단부가 공통으로 접속되어 있다. 또한, 제1 차동 증폭기(27)의 반전 입력 단자는, 제2 증폭기용 저항(29)을 통해 접지되어 있다. 또한, 제1 차동 증폭기(27)의 출력 단자와 반전 입력 단자 사이에는, 제3 증폭기용 저항(30)이 접속되어 있고, 이에 의해 부귀환 회로가 형성되어 있다.

[0033] 검파계 전력 증폭기(21)에는, 상술한 바와 같이 부귀환 회로가 설치되어 있기 때문에, 안정된 전력의 증폭이 가능해진다.

[0034] 또한, 이 검파계 전력 증폭기(21)는, 커플러(23)에 의해 분기된 다른 쪽의 수신파의 전력 레벨이, 후단의 비교 구동기(22)를 충분히 동작시키는 것이 가능한 전력 레벨이면, 반드시 필요하지 않다.

[0035] 제1 차동 증폭기(27)의 출력 단자는, 비교 구동기(22)의 입력 단자에 접속되어 있다. 이 비교 구동기(22)는, 제2 차동 증폭기(31) 및 정전압원(32)에 의해 구성되어 있다. 이 중, 제2 차동 증폭기(31)의 비반전 입력 단자

에는, 상술한 제1 차동 증폭기(27)의 출력 단자가 접속되어 있고, 제2 차동 증폭기(27)의 반전 입력 단자에는 정전압원(32)이 접속되어 있다. 또한, 제2 차동 증폭기(27)의 출력 단자는, 상술한 대전력 고주파 스위치(17)의 제어 단자에 접속되어 있다. 즉, 제2 차동 증폭기(31)의 출력 단자는, 상술한 검파 회로(16)의 제2 출력 단자로 되어 있다.

[0036] 이와 같이 구성된 송수신 모듈에 있어서, 수신 회로(14)는, 이하와 같이 동작한다. 우선, 안테나(11)에서 수신된 수신파는, 검파 회로(20)를 통해, 그 대부분이 대전력 고주파 스위치(17)에 입력된다. 여기서, 검파 회로(20)는, 입력된 수신파의 일부를 취출하고, 이에 기초하여 대전력 고주파 스위치(17)를 제어하는 제어 신호를 생성한다. 대전력 고주파 스위치(17)에 입력된 수신파는, 스위치(17)에 제어 신호가 입력됨으로써, 그 전력의 일부가 억압된다. 또한, 전력이 억압된 수신파는, 대전력 고주파 스위치(17)의 후단의 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)에 의해, 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력보다 작은 전력으로 억압되어, 수신계 저잡음 증폭기(19)에 입력된다.

[0037] 이와 같이, 수신 회로(14)는, 고주파 특성이 우수한 대전력 고주파 스위치(17) 및 다이오드 리미터 회로(18)에 의해, 대전력의 수신파의 전력 억압이 가능한 회로이다.

[0038] 이하, 상술한 수신 회로(14)의 동작에 대하여, 상세하게 설명한다. 또한, 설명에 있어서는, 도 1 외에, 적절히 도 4, 도 5를 참조하여 설명한다.

[0039] 도 4는, 도 1의 점 A 및 점 B에 있어서의 각 수신파의 피크 전력이 시간과 함께 추이하는 모습을 도시하고 있고, 횡축은 시간, 종축은 피크 전력 레벨을 각각 나타내고 있다. 또한, 도 5는, 도 1의 점 B 및 점 C에 있어서의 각 수신파의 피크 전력이 시간과 함께 추이하는 모습을 도시하고 있고, 횡축은 시간, 종축은 피크 전력 레벨을 각각 나타내고 있다.

[0040] 우선, 검파 회로(16)에 입력된 펄스폭이 T인 수신파는, 커플러(23)에 의해 분기된다. 분기된 한쪽의 수신파는, 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자에 입력된다. 여기서, 대전력 고주파 스위치(17)에 입력된 한쪽의 수신파가 도 1의 점 A를 통과하면, 도 4의 A로 나타낸 바와 같이 전력이 추이한다. 즉, 도 4의 A로 나타낸 바와 같이, 수신파가 점 A를 통과하기 시작함과 함께 전력 레벨이 W_A까지 상승하고, 그 상태가 T 시간만큼 계속된 후, 전력 레벨이 잡음 레벨 정도까지 저하한다.

[0041] 또한, 커플러(23)에 의해 분기된 다른 쪽의 수신파(이하, 검파 신호라 칭함)는, 커플러(23)의 제2 출력 단자(23-3)에 접속된 정류용 다이오드(24)에 의해 정류되어 직류로 변환된다. 직류로 변환된 검파 신호는, 검파계 전력 증폭기(21)에 입력된다. 검파 신호의 전력은, 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자에 입력되는 수신파의 전력의 약 1/10 내지 1/100 정도이다.

[0042] 여기서, 커플러(23)에 의한 수신파의 분기는, 이하와 같이 분기된다. 즉, 제1 마이크로스트립 라인(26-1)에 수신파가 입력되면, 이것에 근접된 제2 마이크로스트립 라인(26-2)에 유도 전류를 발생시킨다. 이 유도 전류가 검파 신호로서 커플러(23)의 제2 출력 단자(23-3)로부터 출력된다.

[0043] 정류용 다이오드(24)에 의해 직류로 변환된 검파 신호(이하, DC 검파 신호라 칭함)는, 검파계 전력 증폭기(21)를 구성하는 제1 차동 증폭기(27)의 비반전 입력 단자에 입력되어, 전력이 증폭된다. 증폭된 DC 검파 신호는, 이 증폭기의 출력 단자에 접속된 비교 구동기(22)에 입력된다.

[0044] 증폭된 DC 검파 신호는, 비교 구동기(22)를 구성하는 제2 차동 증폭기(31)의 비반전 입력 단자에 입력된다. 여기서, 제2 차동 증폭기(31)의 반전 입력 회로에는, 정전압원(32)에 의해 원하는 전압이 인가되어 있다. 이 전압은, 본 실시예의 송수신 모듈에 수신파가 입력된 경우에, 대전력 고주파 스위치(17)가 동작하도록 정해진 전압이다. 따라서, 예를 들어 대전력 고주파 스위치(17)로서, 도 2에 도시된 FET가 적용된 경우, 비교 구동기(22)로부터 -3V 정도의 전압의 제어 신호가 출력되도록 정해진 전압이다. 또한, 이 제어 신호의 전압은, 저전압원(32)의 조정 외에, 커플러(23)의 분기비, 및 검파계 전력 증폭기(21)의 증폭률을 조정함으로써 정하여도 된다. 이에 의해, 대전력 고주파 스위치(17)에 입력된 수신파의 전력이 PIN 다이오드(18-1)의 파괴 전력 이상이었던 경우에는, 증폭된 DC 검파 신호의 전압과, 정전압원의 전압과의 차에 따른 전압을 갖는 제어 신호가, 제2 차동 증폭기(31)로부터 출력되어, 대전력 고주파 스위치(17)의 제어 단자에 입력된다.

[0045] 제어 신호가, 대전력 고주파 스위치(17)의 제어 단자(17-2)에 입력됨으로써, 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자(17-1)에 입력된 수신파는, 전력이 억압되어 입력 단자(17-3)로부터 출력되어, 후단의 리미터 회로(18)에 입력된다.

[0046] 예를 들어, 대전력 고주파 스위치(17)로서 도 2의 FET를 적용하고, 이 FET의 드레인 단자에 입력된 수신파의 피크 전력이 10W 정도이었던 것으로 한다. 이때, 제2 차동 증폭기(31)로부터 약 -3V 정도의 전압의 제어 신호가 입력되면, FET가 오프 상태로 된다. 따라서, 입력된 수신파의 피크 전력은 약 30dB 정도 억압되어 소스 단자로부터 출력된다. 즉, 소스 단자로부터는, 대략 0.01W 정도의 피크 전력의 수신파가 출력되어, 후단의 리미터 회로(18)에 입력된다.

[0047] 리미터 회로(18)에 입력되는 수신파가 도 1의 점 B를 통과하면, 도 4의 B로 나타낸 바와 같이 전력이 추이한다. 즉, 도 4의 B로 나타낸 바와 같이, 수신파가 점 B를 통과하기 시작함과 함께 전력 레벨이 W_A까지 상승하고, 그 상태가 Δt 시간만큼 계속된 후, 전력이 억압되어, 전력 레벨이 W_B까지 저하한다. 이 상태가 T-Δt 시간만큼 계속된 후, 전력 레벨이 잡음 레벨 정도까지 저하한다.

[0048] 이와 같이, 도 1의 점 B를 통과하는 수신파는, 처음의 Δt의 시간만큼은 전력이 억압되지 않고, 이 이후의 피크 전력은 W_B(<W_A)까지 억제된 수신파이다. 이와 같이, 처음의 Δt의 시간만큼은 전력이 억압되지 않는 이유는, 이하와 같다.

[0049] 이 Δt는, 대전력 고주파 스위치(17)의 입력 단자(17-1)에 수신파가 입력된 시간과, 스위치(17)의 제어 단자(17-2)에 제어 신호가 입력되고, 스위치(17)로부터 원하는 동작을 행할 때까지의 시간과의 차를 나타내고, 예를 들어 1 내지 2μs 정도이다. 즉, 스위치(17)의 입력 단자(17-1)에 수신파가 입력된 단계에서는, 아직 제어 신호(17-2)가 제어 단자에 입력되어 있지 않거나, 혹은 입력되어 있어도, 스위치(17)의 동작 속도가 느리기 때문에 수신파의 전력은 억압되지 않는다. 그러나, 이 후에, Δt의 시간만큼 지연되어, 제어 신호가 제어 단자(17-2)에 입력되어, 스위치(17)가 제어되면, 이 이후의 전력은 억압된다. 따라서, 도 1의 점 B를 통과하는 수신파의 전력은, 도 4의 B와 같이 된다. 또한, 이 시간 Δt는, 이상적으로는 0인 것이 바람직하다. 이 이상적인 시간을 실현하기 위해서는, 수신파가 검파 회로(16)로부터 대전력 고주파 스위치(17)에 전달될 때까지의 동안에, 검파 신호는, 검파계 전력 증폭기(21) 및 비교 구동기(22)를 통해 스위치(17) 제어 단자에 입력되고, 또한 스위치(17)가 개방된 상태가 되어 있을 필요가 있다.

[0050] 또한, 스위치(17)는, 소위 노멀 온형의 스위치이다. 따라서, 스위치(17)에 제어 신호가 입력되지 않은 시간 Δt의 동안에는, 스위치(17)가 클로즈 상태이다. 따라서, 예를 들어 피크 전력이 10W 정도인 수신파가 스위치(17)에 입력되고 나서 Δt의 동안에는 전력이 억압되지 않고, 피크 전력이 10W 정도인 수신파가 출력된다. 그러나, Δt 이후는 스위치(17)에 제어 신호가 입력되어 오픈 상태로 된다. 따라서, Δt 이후는, 피크 전력이 약 30dB 정도 억압되어 출력된다.

[0051] 대전력 고주파 스위치(17)에 의해 전력이 억압된 수신파는, 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)에 입력된다. 그리고, 이 리미터 회로(18)에 의해, 수신파 중, 스위치(17)에 있어서 전력이 억압되지 않았던 부분이, 후단의 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력 W_D보다 전력이 억압된다. 이 전력이 억압된 수신파가, 수신계 저잡음 증폭기(19)에 입력된다.

[0052] 수신계 저잡음 증폭기(19)에 입력되는 수신파가 도 1의 점 C를 통과하면, 도 5의 C로 나타낸 바와 같이 전력이 추이한다. 즉, 도 5의 C로 나타낸 바와 같이, 수신파가 점 C를 통과하기 시작함과 함께 전력 레벨이 W_B까지 상승하고, 그 상태가 T 시간만큼 계속된 후, 전력 레벨이 잡음 레벨 정도까지 저하한다. 여기서, 전력 W_B는, 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력 W_D보다 작은 전력이다. 또한, 전력 W_B는, PIN 다이오드(18-1)에 의해 규정되는 전력값 W_C보다도 작다.

[0053] 또한, 스위치(17)가 개방된 상태에서 출력된 수신파의 전력 W_B가, PIN 다이오드(18-1)에 의해 규정되는 전력값 W_C보다도 큰 경우이어도, PIN 다이오드(18-1)에 의해, 피크 전력은 W_C까지 억압된다.

[0054] 또한, 리미터 회로(18)를 구성하는 PIN 다이오드(18-1)는, 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력 W_D보다 작은 전력 W_C까지 전력을 억압하는 다이오드가 선정되어 있다.

[0055] 이에 의해, 후단의 수신계 저잡음 증폭기(19)에는, 파괴 전력 W_D보다 작은 전력 레벨의 수신 신호가 입력된다.

[0056] 또한, 리미터 회로(18)는, 이하와 같이 동작함으로써 피크 전력을 W_C까지 억압시킨다. 리미터 회로(18)에 대전력의 수신 신호가 입력되면, PIN 다이오드(18-1)의 양단부에 전압이 인가되어, PIN 다이오드(18-1)는 단락한다.

그러나, PIN 다이오드(18-1)에 인가되는 전압은, 이 다이오드(18-1)의 특성에 의해 정해지는 리미트 전압 이상으로 커지는 일은 없다. 한편, PIN 다이오드(18-1)가 단락하면, λ/4 파장 단락 선로로 이루어지는 DC 리턴 회로(18-2) 및 PIN 다이오드(18-1)에는 직류 전류가 흘러, DC 리턴 회로(18-2)는, 교류 신호에 대해서는 개방, 직류 신호에 대해서는 단락으로 된다. 따라서, 수신 신호에 의해 PIN 다이오드(18-1)에 인가되는 전압이 리미트 전압을 초과하는 경우에는, 수신 신호의 일부는 리미터 회로(18)에 의해 반사되고, PIN 다이오드(18-1) 사이의 전압은, 리미트 전압 이상이 되지는 않는다. 이에 의해, 리미터 회로(18)로부터 출력되는 수신 신호의 피크 전력은, 리미트 전압에 의해 정해지는 전력 W_C까지 억압되어 출력된다.

[0057] 또한, PIN 다이오드(18-1)의 파괴 전력은, 본 실시예에서는 1W인 것에 반하여, 스위치(17)에 예를 들어 10W의 피크 전력을 갖는 수신파가 입력되면, 출력되는 수신파는, 예를 들어 10W 정도의 피크 전력을 갖는다. 그러나, 이 피크 전력이 리미터 회로(18)에 입력되는 시간 Δt는 매우 짧고(예를 들어 1 내지 2μs 정도), PIN 다이오드의 열시상수 τ(예를 들어 50 내지 100μs 정도)를 초과하는 일은 없다. 따라서, PIN 다이오드(18-1)가 파괴되는 일은 없다.

[0058] 이와 같이 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)에 의해, 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력 W_D 이하의 전력이 되도록 수신파의 전력이 억압되면, 수신계 저잡음 증폭기(19)에 의해 전력이 증폭되고, 도시하지 않은 수신용의 신호 처리 회로(도시하지 않음)에 입력된다.

[0059] 이와 같이, 본 실시예의 송수신 모듈에 따르면, 대전력 고주파 다이오드 리미터 회로를 사용하지 않고, 고주파 특성이 우수한 대전력 고주파 스위치(17) 및 소전력 고주파 다이오드 리미터 회로(18)를 사용하여, 수신 회로(14)에 입력된 수신파의 전력을, 이 회로에 사용되는 수신계 저잡음 증폭기(19)의 파괴 전력 W_D 이하로 억압시킬 수 있다. 따라서, 수신 회로(14)의 잡음 지수를 열화시키지 않고, 대전력에 대응 가능한 수신 회로(14)를 실현할 수 있다. 이에 의해, 최대 탐지 거리의 열화를 억제할 수 있다.

[0060] 이상으로 본 실시예의 송수신 모듈에 대하여 설명하였다. 그러나, 본 발명의 송수신 모듈은, 상술한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 대전력 고주파 스위치(17)는, 도 2에 도시된 FET 이외이어도 되고, GaAs, InP 등의 화합물 반도체 재료를 사용한 FET, HEMT, PIN 다이오드 등 고주파 특성이 우수하고, 또한, 대전력을 억압 가능한 스위치 소자이면 적용 가능하다. 단, 예를 들어 HEMT, PIN 다이오드는, FET에 비해 열파괴되기 쉬운 소자이기 때문에, 본원에 있어서는, 대전력 고주파 스위치(17)로서 FET를 적용하는 것이 바람직하다.

[0061] 또한, 상술한 대전력 고주파 스위치(17)는, 약 30dB 정도의 전력 억압이 가능한 FET이었지만, 전력 억압은 30dB에 한정되는 것은 아니다.

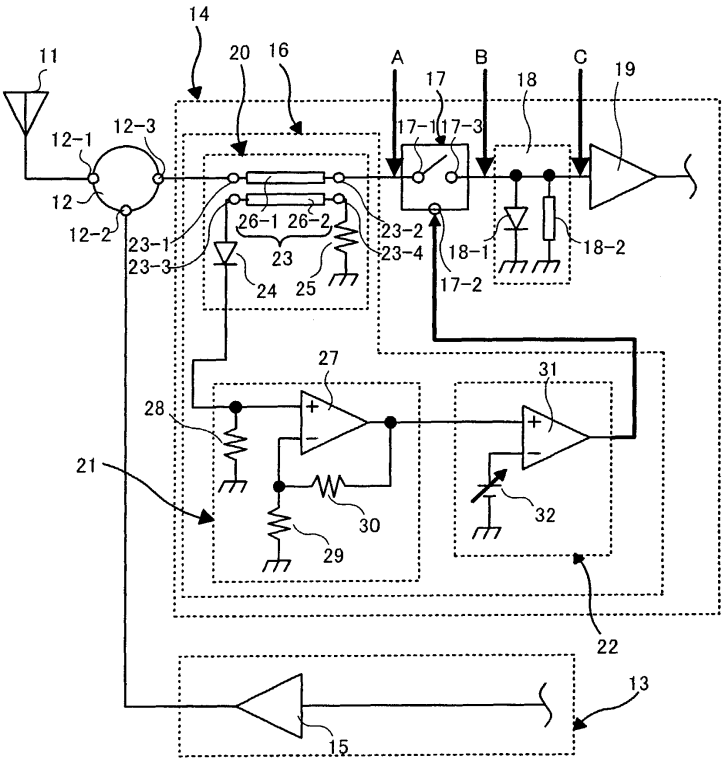
[0062] 또한, 전력 모니터 회로(20) 내의 커플러(23)는, 일반적으로, 입력된 수신파를 원하는 분기비로 분기할 수 있는 구성이면 되고, 상술한 구성에 한정되는 것은 아니다.

[0063] 또한, 검파용 증폭기(21)는, 상술한 구성 이외이어도 되고, 예를 들어, 차동 증폭기를 복수단 직렬로 접속하는 등, 미약한 검파 신호의 전력을 증폭 가능한 구성이면 적용 가능하다.

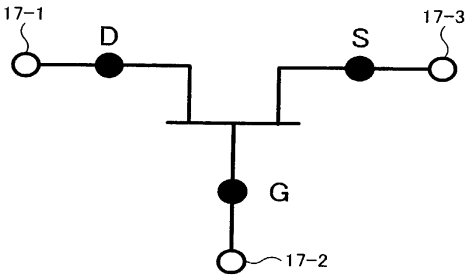
[0064] 또한, 상술한 검파 회로(16) 및 대전력 고주파 스위치(17)는, 송수신 모듈의 입력부에 적용한 경우에도 같은 효과가 있는 것은 물론이다.

도면

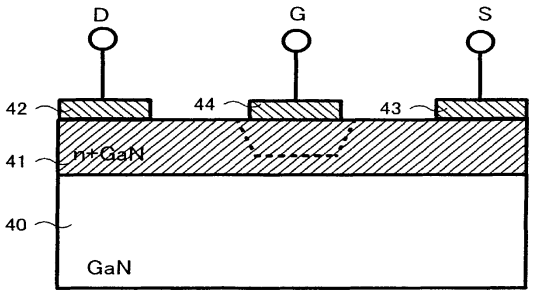
도면1



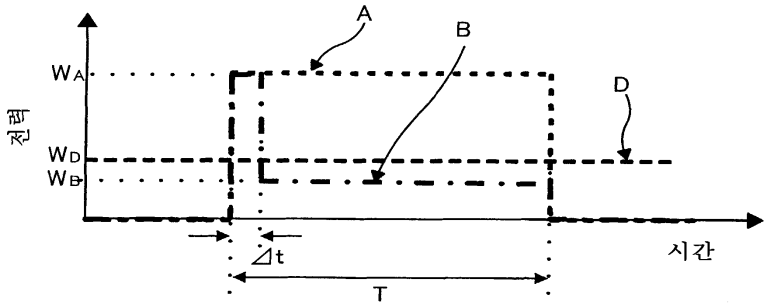
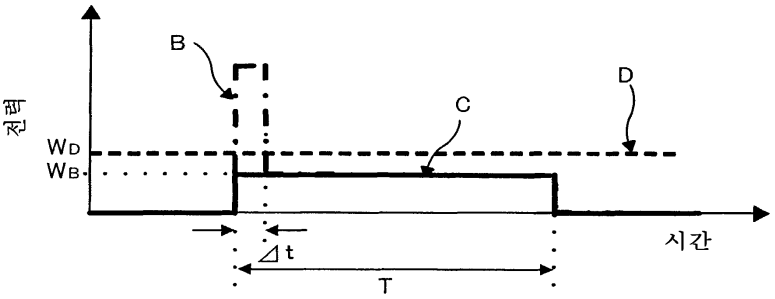
도면2



도면3



도면4



도면5