



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0074356
(43) 공개일자 2013년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01P 5/10 (2006.01) H03H 7/42 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0142395
(22) 출원일자 2011년12월26일
심사청구일자 2011년12월26일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김문일
경기도 성남시 수정구 복정로106번길 5-10, 402호
(북정동)
이국주
서울특별시 성북구 회기로5길 100, 102동 602호
(하월곡동, 상그레빌 아파트)
(74) 대리인
특허법인주원

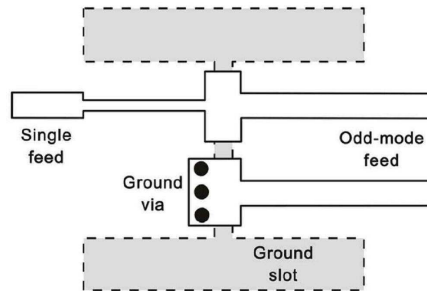
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 **결함 접지 구조를 이용한 발룬 회로**

(57) 요약

결함 접지 구조(Defected Ground Structure)를 이용한 발룬 회로가 개시된다. 결함 접지 구조를 이용한 발룬 회로는 기판, 기판의 일면에 형성되고 미리 설정된 형태의 결함 구조가 형성된 접지면, 및 접지면의 반대측 기판면에 형성된 서로 분리된 두 개의 전송 선로를 포함하며, 접지면 결함 구조는 개방 임피던스 특성을 가지도록 형성되고, 두 개의 전송 선로 중 하나는 접지된다. 이와 같이, 개방 임피던스 특성을 가지는 결함 접지 구조를 사용하여 짝수모드 신호를 제거하고, 전송 선로 하나의 접지를 이용하여 전반사 특성의 터미네이션을 수행함으로써, 작은 크기를 가지면서도 고주파에서 손실이 작으며 공정 오차에 따른 특성 변화가 작은 발룬 회로를 구현할 수 있게 된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	0891304002110010100
부처명	한국방송통신전파진흥원
연구사업명	방송통신기술개발사업
연구과제명	테라 헤르츠 대역 근거리 무선 통신시스템 연구
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2011.03.01 ~ 2012.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

기관;

상기 기관의 일면에 형성되고 미리 설정된 형태의 결합 구조가 형성된 접지면; 및

상기 접지면의 반대측 기관면에 형성된 서로 분리된 두 개의 전송 선로를 포함하며,

상기 접지면 결합 구조는 개방 임피던스 특성을 가지도록 형성되고, 상기 두 개의 전송 선로 중 하나는 접지되는 것을 특징으로 하는 결합 접지 구조를 이용한 발룬 회로.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 결합 구조는 상기 두 개의 전송 선로와 교차하는 방향으로 형성된 슬릿 형태를 포함하고, 상기 결합 구조의 단부로부터 상기 전송 선로와 맞은 편에 위치하는 결합 구조 부분까지의 거리는 전송 신호 파형의 80도에서 100도 사이인 것을 특징으로 하는 결합 접지 구조를 이용한 발룬 회로.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 결합 구조는 상기 슬릿 형태에 대해 대칭인 H 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는 결합 접지 구조를 이용한 발룬 회로.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 접지되는 전송 선로는 상기 접지면과 연결되는 것을 특징으로 하는 결합 접지 구조를 이용한 발룬 회로.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 밀리미터파 대역 집적 회로(IC)에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 싱글 모드(single mode)와 디퍼렌셜 모드(differential mode)를 전환하는 발룬 회로에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 24GHz 및 77GHz 카레이더, 60GHz 근거리 무선통신, 94GHz RF-이미징과 같이 밀리미터 주파수 대역을 사용하는 시스템 제품에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 이와 같은 밀리미터파 대역 시스템 제품은 다양한 종류의 개별 회로를 결합하여 구성되며, 밀리미터파 대역의 회로는 일반적으로 싱글엔드(Single-end) 형태의 회로가 사용된다. 하지만, 믹서(Mixer) 회로의 경우 LO-IF 간섭과 Even-order 왜곡(Distortion)을 줄일 수 있는 장점이 있어 디퍼렌셜(Differential) 모드로 동작하는 "Gilbert Cell" 형태의 회로가 주로 사용된다.

[0004] 또한, 최근 동작 주파수가 높은 증폭기 회로 연구에서는 버추얼 그라운드(Virtual Ground)를 활용할 수 있는 장점이 있으며, 싱글(Single) 모드와 비교해 노이즈 특성을 개선할 수 있는 디퍼렌셜(Differential) 모드 증폭기의 활용도가 높아지고 있다.

[0005] 하지만, 싱글(Single) 모드를 사용하는 회로가 여전히 일반적인 형태이기 때문에 전체 시스템 구성에서는 효과적으로 두모드 신호를 전환해주는 발룬(Balun) 회로가 필요하다.

[0006] 반도체 공정의 발달과 함께 능동소자의 성능 향상으로 밀리미터파 대역 제품의 동작 주파수는 점차적으로 고주파 대역으로 이동하고 있다. 고주파수 대역에서는 수동회로의 크기 감소로 제품 집적도를 높일 수 있는 장점이

있지만, 저주파수와 비교해 손실 증가와 공정 오차에 따른 회로 성능 변화 등의 문제점이 발생할 수 있다.

- [0007] 싱글엔드 피드(Single-end Feed)를 사용해 디퍼렌셜(Differential) 모드로 신호를 전환하는 방법으로, 3GHz 이하의 저주파수 대역에서는 트랜스포머를 사용할 수 있다. 트랜스포머는 집적 회로(IC)로 내부에 코일 형태의 인덕터를 사용하는데, 밀리미터파 주파수 대역에서는 큰 손실이 발생하는 문제점이 있다.
- [0008] 밀리미터파 대역에서 싱글(Single) 모드 신호와 디퍼렌셜(Differential) 모드 신호간의 전환을 위해서 마천드 발룬(Marchand Balun)이나 랫레이스(Rat Race) 등의 회로가 주로 사용된다.
- [0009] 도 1은 디퍼렌셜(Differential) 모드 신호를 만들기 위해 사용되는 종래의 마천드 발룬(Marchand Balun)의 회로도(a)와 IC 칩 내부에 실제 제작된 마천드 발룬(Balun)을 도시한 도면이다.
- [0010] 도 1에 도시된 바와 같이, 마천드 발룬(Marchand Balun)은 1/4 파장 길이의 두 전송선의 커플링을 사용하며, 랫레이스(Rat Race) 회로 역시 3/4 파장의 긴 전송선을 사용해 구성된다.
- [0011] 이와 같은 회로들은 IC 칩 내부에서 큰 면적을 차지하며, 밀리미터파 대역의 고주파에서 큰 손실을 발생시킬 수 있다. 특히 마천드 발룬(Marchand Balun)의 경우 광대역폭 특성이 있어서 IC 설계에 자주 사용되지만, 두 전송선간 커플링 변화에 민감한 특성을 보이기 때문에 공정 오차에 따른 큰 특성 변화가 우려된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 작은 크기를 가지면서도 고주파에서 손실이 작으며 공정 오차에 따른 특성 변화가 작은 발룬 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 결합 접지 구조를 이용한 발룬 회로는 기관, 기관의 일면에 형성되고 미리 설정된 형태의 결합 구조가 형성된 접지면, 및 접지면의 반대측 기판면에 형성된 서로 분리된 두 개의 전송 선로를 포함하며, 접지면 결합 구조는 개방 임피던스 특성을 가지도록 형성되고, 두 개의 전송 선로 중 하나는 접지된다.
- [0014] 이와 같이, 개방 임피던스 특성을 가지는 결합 접지 구조를 사용하여 짝수모드 신호를 제거하고, 전송 선로 하나의 접지를 이용하여 전반사 특성의 터미네이션을 수행함으로써, 작은 크기를 가지면서도 고주파에서 손실이 작으며 공정 오차에 따른 특성 변화가 작은 발룬 회로를 구현할 수 있게 된다.
- [0015] 결합 구조는 두 개의 전송 선로와 교차하는 방향으로 형성된 슬릿 형태를 포함하고, 결합 구조의 단부로부터 전송 선로와 맞은 편에 위치하는 결합 구조 부분까지의 거리는 전송 신호 파형의 80도에서 100도 사이일 수 있다.
- [0016] 이와 같이, 슬릿 끝단에서 커플드라인까지의 길이가 90도 길이를 갖도록 함으로써, 커플드라인(coupled-line) 주변에서 접지면이 개방(open) 임피던스 특성을 갖도록 할 수 있다.
- [0017] 결합 구조는 슬릿 형태에 대해 대칭인 H 형태로 형성될 수 있다. 이와 같은 H 형태의 슬릿 구조는 접지면 뒷단으로의 방사 손실을 줄일 수 있도록 해준다.
- [0018] 접지되는 전송 선로는 접지면과 연결될 수 있다. 접지되는 전송 선로의 접지를 미리 형성된 접지면과 연결시키는 방식으로 수행함으로써 회로의 구조를 더욱 단순화할 수 있게 된다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 의하면, 개방 임피던스 특성을 가지는 결합 접지 구조를 사용하여 짝수모드 신호를 제거하고, 전송 선로 하나의 접지를 이용하여 전반사 특성의 터미네이션을 수행함으로써, 작은 크기를 가지면서도 고주파에서 손실이 작으며 공정 오차에 따른 특성 변화가 작은 발룬 회로를 구현할 수 있게 된다.
- [0020] 또한, 슬릿 끝단에서 커플드라인까지의 길이가 90도 길이를 갖도록 구현함으로써, 보다 용이하게 커플드라인(coupled-line) 주변에서 접지면이 개방(open) 임피던스 특성을 갖도록 할 수 있다.
- [0021] 또한, H 형태의 슬릿 구조를 이용하여 접지면 뒷단으로의 방사 손실을 줄일 수 있게 된다.
- [0022] 또한, 접지되는 전송 선로의 접지를 미리 형성된 접지면과 연결시키는 방식으로 수행함으로써 회로의 구조를 더

욱 단순화할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 디퍼렌셜(Differential) 모드 신호를 만들기 위해 사용되는 종래의 Marchand Balun의 회로도(a)와 IC칩 내부에 실제 제작된 마천드 발룬(Balun)을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 접지면 슬랏 구조를 사용하여 설계한 소형 발룬(Balun) 회로의 개략적인 도면.

도 3은 본 발명에 따른 발룬(Balun) 회로의 주요 부분인 커플드라인(Coupled-line) 구조의 포트 설명을 위한 도면(a)과 발룬(Balun) 회로 성능 분석을 위해 사용된 블록 다이어그램(b).

도 4는 일반 접지면(a)과 결함 접지 구조(Defected Ground Structure; DGS)구조(b)에서의 홀수모드(Odd-mode) 및 짝수모드(Even-mode)의 전개 분포를 개략적으로 도시한 도면.

도 5는 본 발명에 따른 소형 발룬(Balun) 회로의 S-파라미터 측정 결과(a)와 Even/Odd 모드 변환효율 결과(b)를 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 접지면 슬랏 구조를 사용하여 설계한 소형 발룬(Balun) 회로의 개략적인 도면이다.

[0026] 도 2에서와 같이, 본 발명에서 제안하는 발룬(Balun)은 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-Line)과 접지면 슬랏 구조를 사용해 간단하게 구성 가능하다. 상기 소형 발룬(Balun) 회로는 주요 부분인 커플드라인(Coupled-Line)에 대한 수식분석을 통해 설계할 수 있다.

[0027] 커플드라인(Coupled-Line)은 도 3과 같이 싱글(Single) 모드로 동작하는 두 개의 개별 피드(Feed) 라인이 왼쪽의 두 개 라인에 연결되고, 오른쪽 두 개의 라인이 홀수모드(Odd-mode)와 짝수모드(Even-mode)의 피드(Feed) 역할을 하는 것으로 분석가능하다.

[0028] 도 3은 본 발명에 따른 발룬(Balun) 회로의 주요 부분인 커플드라인(Coupled-line) 구조의 포트 설명을 위한 도면(a)과 발룬(Balun) 회로 성능 분석을 위해 사용된 블록 다이어그램(b)이다.

[0029] 여기서 짝수모드(Even-mode)는 오른쪽으로 연결된 두 라인에 동일한 크기와 위상의 신호를 갖는 경우를 나타내는 가상의 포트이며, 홀수모드(Odd-mode)는 동일한 크기와 180도 위상차를 갖는 신호를 나타낸다. 커플드라인(Coupled-line)에 대한 모드 전환 매트릭스(Mode Conversion Matrix) C는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0031] 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)을 사용해 발룬(Balun) 회로를 설계하기 위해서 도 3(b)에서와 같이 블록 다이어그램을 사용해 발룬(Balun) 회로의 성능을 계산했다.

[0032] 커플드라인(Coupled-line)의 2번 포트는 전반사 특성의 터미네이션(Termination)을 연결하고, 짝수모드(Even-mode) 신호를 나타내는 4번 포트에는 짝수모드(Even-mode)를 제거하는 역할의 제거 필터(Rejection Filter)를 연결한다. 포트 1과 포트 3에는 각각 싱글모드 피드(Single-mode Feed)와 홀수모드 피드(Odd-mode Feed)가 연결된다. 이 경우 전체 발룬(Balun) 회로에 대한 S-파라미터는 식(2)와 같이 변환된다.

[0033]

$$S_{balun} = \frac{1}{1-e^{j\theta}} \begin{pmatrix} e^{j\theta_f} & \sqrt{2}(1-e^{j\theta}) \\ \sqrt{2}(1-e^{j\theta}) & e^{j\theta_f} \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0034]

[0035] 여기서 θ_f 와 θ_t 는 각각 제거 필터(Rejection Filter)와 전반사 터미네이션(termination)의 반사계수에서의 위상을 나타내고, θ 는 두 위상의 합을 나타낸다.

[0036] 짝수모드(Even-mode)만을 제거하는 제거 필터(Rejection Filter)를 위해서 본 발명에서는 접지면 슬롯 구조를 사용한다. 접지면에 슬롯을 사용한 구조는 결함 접지 구조(Defected Ground Structure; DGS)라 불리며, RF 수동회로 설계에서 접지면의 임피던스 조절에 사용 가능한 구조이다.

[0037] 도 4는 일반 접지면(a)과 결함 접지 구조(Defected Ground Structure; DGS)구조(b)에서의 홀수모드(Odd-mode) 및 짝수모드(Even-mode)의 전계 분포를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0038] 도 4에서는 일반 접지면을 사용한 경우와 DGS구조를 사용한 경우에 대해 커플드라인(Coupled-line)의 전계 분포를 나타내고 있다. 일반 접지면을 사용할 경우 두 라인을 통해 홀수모드(Odd-mode)와 짝수모드(Even-mode)의 신호 모두가 전달 가능하다. DGS를 사용할 경우 바닥면을 개방(Open) 임피던스로 만들 수 있으며, 이 경우 홀수모드(Odd-mode) 신호만이 전달 가능하고 짝수모드(Even-mode) 신호는 통과할 수 없게 된다.

[0039] 따라서 접지면 슬롯 구조를 통해 짝수모드(Even-mode)만 제거하는 제거 필터(Rejection Filter) 기능을 추가할 수 있게 된다. 이때 커플드라인(Coupled-line) 주변에서 접지면이 개방(Open) 임피던스 특성을 갖기 위해서는 슬롯 끝단에서 커플드라인(Coupled-line)까지의 길이가 90도 길이를 갖도록 하는 것이 적합하다.

[0040] 본 발명에서는 'H' 형태의 슬롯 구조를 사용했는데, 이와 같은 구조는 접지면 뒷단으로의 방사 손실을 줄일 수 있도록 해준다. 제거 필터(Rejection Filter)는 매우 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)에 포함되어 있기 때문에 필터(Filter)의 반사계수 위상 θ_f 는 거의 0도와 가깝다.

[0041] 수식 분석을 통한 S-파라미터 분석 결과 발룬(Balun) 회로의 미스매치(S11)를 최소화 하기 위해서는 θ_f 와 θ_t 의 합을 나타내는 θ 가 180도가 되는 것이 가장 적합하다. 제거 필터(Rejection Filter)의 반사계수 위상 θ_f 는 거의 0도이므로, 전반사 터미네이션(termination)의 위상 θ_t 가 180도가 되는 것이 바람직하다.

[0042] 180도 위상의 전반사 터미네이션(termination)은 비아(via)를 접지면과 연결한 단락 회로(Short-circuit)로 간단히 구성 가능하다. 발룬(Balun) 회로에서 여전히 남아있는 미스매치(S11)는 입력단 싱글엔드 피드(Single-end Feed)와 커플드라인(Coupled-line) 사이의 라인 임피던스 조절을 통해 제거 가능하다.

[0043] 본 발명에서 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)의 수식 분석을 통해, 접지면 슬롯과 2번 포트의 접지면 연결 비아를 추가할 경우 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)이 발룬(Balun) 회로로 동작할 수 있음을 확인했다. 이와 같이 구성된 발룬(Balun) 회로는 종래의 발룬(Balun) 회로와 비교해 적은 면적에서도 간단하게 구성 가능한 장점이 있다.

[0044] 본 발명에 따른 결함 접지 구조를 이용한 발룬 회로가 발룬(Balun)으로써 정상적으로 동작하는지에 대해서 3GHz 회로 제작을 통해 실험적으로 검증하였다. 도 5는 본 발명에 따른 소형 발룬(Balun) 회로의 S-파라미터 측정 결과(a)와 Even/Odd 모드 변환효율 결과(b)를 도시한 그래프이다.

[0045] 도 5(a)는 제작된 발룬(Balun) 회로의 S-파라미터 측정 결과이다. 측정기기는 일반적으로 싱글모드(Single-mode)로 동작하기 때문에 왼쪽 싱글모드 피드(Single-mode Feed)로 입력된 신호에 대해 오른쪽의 홀수모드 피드(Odd-mode Feed) 중 위쪽 라인(Thru)과 아래쪽 라인(Coupled)으로 전달되는 신호를 각각 측정했다.

[0046] 측정 결과 2 GHz에서 6 GHz까지의 주파수에서 두 개의 출력단 신호의 크기차이는 최대 1.5dB이고, 180도를 기준으로 19도 이내의 위상 에러를 나타냈다. 측정된 S-파라미터를 사용해 홀수모드(Odd-mode)와 짝수모드(Even-mode)로 변환되는 신호를 계산한 결과 도 5(b)와 같이 홀수모드(Odd-mode)만을 전달함을 확인할 수 있다.

[0047] 본 발명에 따른 소형 발룬(Balun) 회로의 대역폭 특성을 확인하기 위해 종래의 마첸드 발룬(Marchand Balun) 회로의 시뮬레이션 값과 비교하였다. 비교용 마첸드 발룬(Marchand Balun)의 시뮬레이션은 손실이 없는 이상적인

경우에 대한 결과이며, 홀수모드(Odd-mode) 전환이 최대치와 비교해 1dB 감소하는 대역폭은 0.7에서 5.6 GHz로 마천드 발룬(Marchand Balun)과 거의 유사한 광대역 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0048] 본 발명에서는 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)에 접지면 슬랏을 추가한 간단한 구조로 발룬(Balun) 회로를 구성했다. 종래의 발룬(Balun) 회로들은 기본적으로 1/4 파장 이상 길이의 라인이 요구되지만, 본 발명에 따른 발룬(Balun) 회로는 짧은 길이의 커플드라인(Coupled-line)으로 회로 구성이 가능한 장점이 있다.

[0049] 또한, 종래의 마천드 발룬(Marchand Balun)의 경우 커플드라인(Coupled-line)의 커플링 팩터(Coupling Factor)값에 따라 회로 특성이 크게 변하는 반면, 본 발명의 발룬(Balun) 회로는 두 라인의 커플링 팩터(Coupling Factor)가 회로 성능에 거의 영향을 미치지 않으므로 공정 오차에 대한 특성 변화가 적은 이점도 있다.

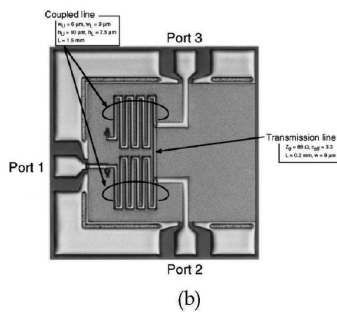
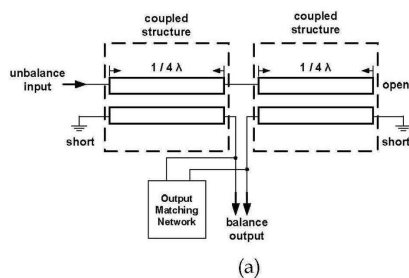
[0050] 본 발명의 발룬(Balun) 회로를 제작해 측정한 결과 종래의 광대역 특성을 가지고 있어 자주 사용되어온 마천드 발룬(Marchand Balun)과 비교해 유사한 대역폭 특성을 나타냈다.

[0051] 본 기술은 밀리미터파 대역 IC회로 설계 기술에 관련한 기술로 특히 수동 소자의 손실 문제점이 크게 발생하는 30GHz 이상의 고주파수 대역의 회로 설계에 적용 가능하며, IC칩 내부에 다양한 회로를 결합한 단일 칩 시스템용 제품에 적용 가능하다. 구체적으로는 60GHz용 통신 시스템 칩, 77GHz 카 레이더 시스템용 칩, 94GHz RF-이미징 시스템용 칩 설계에 적용 가능하다.

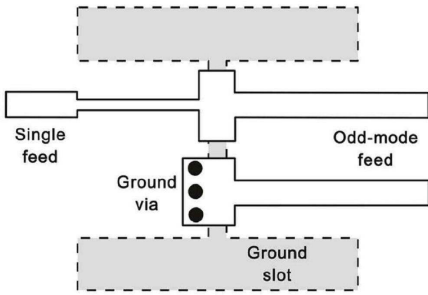
[0052] 본 발명이 비록 일부 바람직한 실시예에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위는 이에 의해 제한되어서는 아니 되고, 특허청구범위에 의해 뒷받침되는 상기 실시예의 변형이나 개량에도 미쳐야 할 것이다.

도면

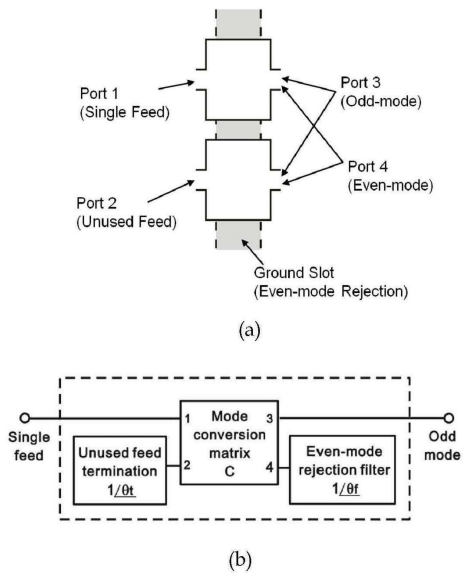
도면1



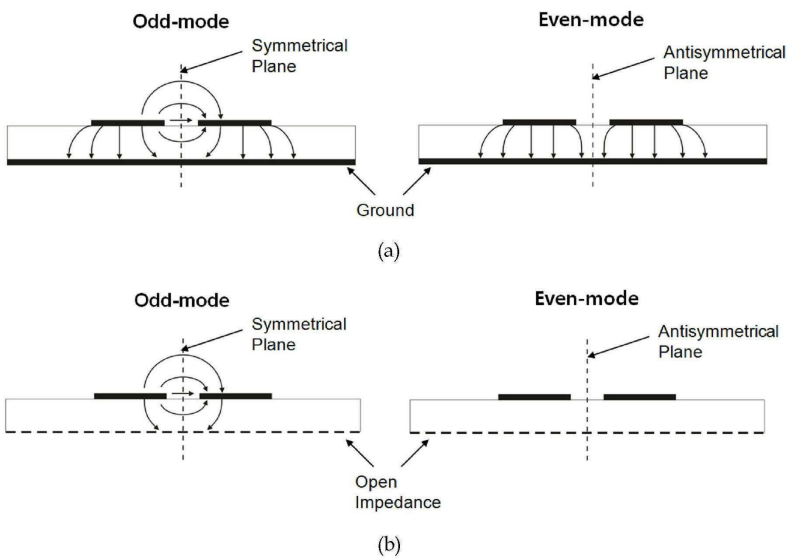
도면2



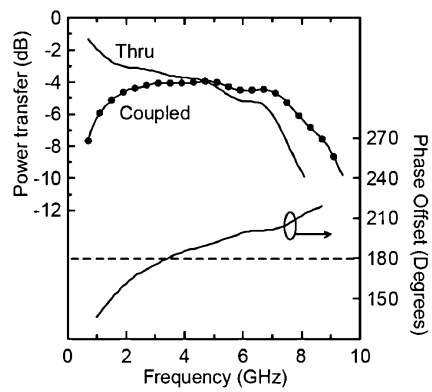
도면3



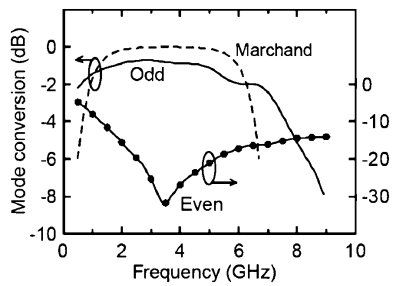
도면4



도면5



(a)



(b)