



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0032113
(43) 공개일자 2021년03월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01P 11/00 (2006.01) *H01P 1/04* (2006.01)
H01P 5/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01P 11/003 (2013.01)
H01P 1/047 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0113435

(22) 출원일자 2019년09월16일
 심사청구일자 2019년09월16일

(71) 출원인
 충남대학교산학협력단
 대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자
 김동욱
 대전광역시 유성구 지족로 343, 207동 1002호(지족동, 반석마을아파트2단지)

홍성준
 대전광역시 유성구 온천북로33번길 21-28, 902호
 (봉명동, 한솔타운)
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 유미특허법인

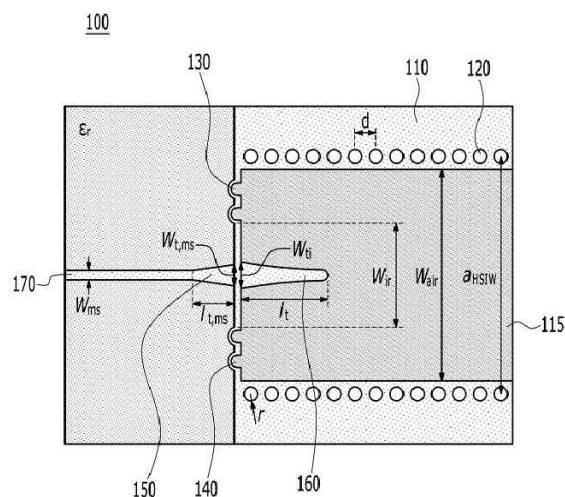
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 마이크로스트립-벤 공간 기판 집적 도파관의 천이 구조

(57) 요약

본 발명은 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관의 천이 구조에 관한 것으로, 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관 천이 구조는 일정한 선풍을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 제1 테이퍼, 제1 테이퍼와 수직 방향으로 일측에 연결되며, 중앙 영역에 일정한 너비의 빈 공간을 가지는 기판 집적 도파관, 빈 공간 기판 집적 도파관 상에서 제1 테이퍼 방향으로 형성된 복수 개의 비아 홀, 제1 테이퍼에 일직선으로 연결되어 빈 공간 내부에 위치하는 제2 테이퍼, 그리고 제1 테이퍼와 제2 테이퍼의 연결 라인에 이어지는 빈 공간 기판 집적 도파관 일측의 경계면에 형성된 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀을 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01P 5/08 (2013.01)

(72) 발명자

김세일

대전광역시 동구 우암로311번길 38-6(가양동)

이민표

대전광역시 유성구 가정로 43, 105동 606호(신성동, 한울아파트)

임준수

대전광역시 유성구 궁동로2번길 109, 1층(궁동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345296097

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(교육부)(R&D)

연구과제명 3차원 프린팅을 이용한 비균일 기관집적도파관 및 이를 활용한 초고주파 진행파 전력합성기 연구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 충남대학교

연구기간 2019-03-01~2020-02-29

명세서

청구범위

청구항 1

일정한 선폭을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 제1 테이퍼,
 상기 제1 테이퍼와 일측에 연결되며, 중앙 영역에 일정한 너비의 빈 공간을 가지는 빈 공간 기관 집적 도파관,
 상기 빈 공간 기관 집적 도파관 상에서 상기 제1 테이퍼 방향으로 형성된 복수 개의 비아 홀,
 상기 제1 테이퍼에 일직선으로 연결되어 상기 빈 공간 내부에 위치하는 제2 테이퍼, 그리고
 상기 제1 테이퍼와 제2 테이퍼의 연결 라인에 수직으로 이어지는 상기 빈 공간 기관 집적 도파관 일측의 경계면에 형성된 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀을 포함하는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조

청구항 2

제1항에서,
 상기 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀은,
 상기 연결 라인을 기준으로 대칭적으로 배치되어 개선된 정합 특성을 보이는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조

청구항 3

제2항에서,
 상기 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀은,
 상기 빈 공간 기관 집적 도파관 경계면에서 하나 이상의 C 형 또는 ㄷ 형의 형상으로 형성되는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조.

청구항 4

제2항에서,
 상기 비아홀은
 상기 빈 공간 기관 집적 도파관의 일측에서부터 타측까지 평행한 두 열로 일정한 간격마다 배치되며, 상기 두 열의 너비는 상기 빈 공간의 일정한 너비보다 큰 값을 가지는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조.

청구항 5

제2항에서,
 지그 자체 구조를 활용하여 빈 공간 기관 집적 도파관의 상측 및 하측 도체면을 구성하는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조.

청구항 6

제1항에서,

상기 빈 공간 기관 집적 도파관의 일측과 평행한 타측에는,

일정한 선폭을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 상기 제1 테이퍼와 대응되는 제3 테이퍼,

상기 제3 테이퍼에 일직선으로 연결되어 상기 빈 공간 내부에 위치하는 제4테이퍼,

상기 제3 테이퍼와 제4 테이퍼의 연결 라인에 이어지는 상기 빈 공간 기관 집적 도파관 타측의 경계면에 형성된 제3 커팅 비아홀 및 제4 커팅 비아홀이 형성되는 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 기관 집적 도파관(substrate integrated waveguide, SIW)은 구형 도파관의 저손실 전파 특성을 가지면서 평면형 전송선로 및 능수동소자와의 집적이 용이하여 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 기관 집적 도파관은 인쇄 회로 기관(PRINTED CIRCUIT BOARD, PCB) 공정을 사용하므로 구형 도파관에 비해 부피가 작고 제작비가 저렴하여 대량 생산에 유리하다. 이러한 장점들은 서브 밀리미터파 영역의 응용에 이르기까지 광범위하게 활용되고 있으며, 전력분배기, 전력결합기, 필터, 안테나 등의 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다.

[0004] 도 1은 기존의 기관 집적 도파관과 빈 공간 기관 집적 도파관을 도시한 예시도이다.

[0005] 도 1의 (a)와 같이, 기관 집적 도파관은 인쇄 회로 기관에 평행한 두 열의 비아 홀을 주기적으로 배치하여 도파관을 형성하는 것으로, 마이크로스트립 선로에 비해 단위길이 당 손실이 작고 높은 전력 수용 능력을 가진다.

[0006] 그러나 기관 집적 도파관은 전송 매질로 채워져 있는 유전체의 손실로 인해 구형 도파관에 비해 손실이 크다는 단점이 있다. 이러한 손실 특성을 개선하기 위해 제안된 구조가 도 1의 (b)와 같은 빈 공간 기관 집적 도파관(hollow substrate integrated waveguide, HSIW)이다. 빈 공간 기관 집적 도파관은 기관 집적 도파관에서 가장 큰 손실 요인으로 분류되는 유전체 부분을 제거하고 공기로 대체한 구조로서 유사 구형 도파관을 구현한다.

[0007] 기관 집적 도파관과 빈 공간 기관 집적 도파관의 전파 모드와 차단 주파수 특성은 구형 도파관의 특성을 따르지만, 이를 평면형 전송선로 및 소자 등과 집적하기 위해서는 불연속을 해결하기 위한 천이 구조(transition)가 필수적이다.

[0008] 따라서, 효율적으로 HSIW를 마이크로스트립 전송선로로 천이하는 구조가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 해결하고자 하는 과제는 평면형 전송선로 및 소자 등과 효율적으로 연결하는 빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조를 제공하기 위한 것이다.

[0011] 해결하고자 하는 과제는 경량 및 소형으로 구현되면서 평면형 전송선로에 대해 광대역, 저손실의 천이 특성을 가지는 빈 공간 기관 집적 도파관 구조를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 하나의 실시예에 따른 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조는 일정한 선폭을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 제1 테이퍼, 제1 테이퍼와 일측에 연결되며, 중앙 영역에 일정한 너비의 빈 공간을 가지는 빈 공간 기관 집적 도파관, 빈 공간 기관 집적 도파관 부분에서 제1 테이퍼 방향으로 형성된 복수 개의 비아 홀, 제1 테이퍼에 일직선으로 연결되어 상기 빈 공간 내부에 위치하는 제2 테이퍼, 그리고 제1 테이퍼와 제2 테이퍼의 연결 라인에 이어지는 빈 공간 기관 집적 도파관 일측의 경계면에 형성된 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀을 포함한다.
- [0014] 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀은, 연결 라인을 기준으로 대칭적으로 배치되어 임피던스 부정합 효과를 줄이는 역할을 한다.
- [0015] 제1 커팅 비아홀 및 제2 커팅 비아홀은, 빈 공간 기관 집적 도파관 경계면에서 하나 이상의 C 형 또는 ㄷ 형의 형상으로 형성될 수 있다.
- [0016] 비아홀은 빈 공간 기관 집적 도파관의 일측에서부터 타측까지 평행한 두 열로 일정한 간격마다 배치되며, 두 열의 너비는 빈 공간의 일정한 너비보다 큰 값을 가질 수 있다.
- [0017] 빈 공간 기관 집적 도파관을 위해 구성된 지그 자체 구조를 활용하여 빈 공간 기관 집적 도파관의 상측 및 하측에 위치하는 도체면을 대신할 수 있다.
- [0018] 빈 공간 기관 집적 도파관의 일측과 평행한 타측에는, 일정한 선폭을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 제1 테이퍼와 대응되는 제3 테이퍼, 제3 테이퍼에 일직선으로 연결되어 빈 공간 내부에 위치하는 제4테이퍼, 제3 테이퍼와 제4 테이퍼의 연결 라인에 이어지는 빈 공간 기관 집적 도파관 타측의 경계면에 형성된 제3 커팅 비아홀 및 제4 커팅 비아홀이 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 하나의 실시예에 따르면 차폐 벽 공정을 제거함으로써 인쇄 회로 기관 공정을 단순화하였으며, 일반적으로 사용되는 구형 도파관에 비해 저 비용으로 생산이 가능하여 경제적으로 효율적이다.
- [0021] 본 발명의 하나의 실시예에 따르면 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 경계면에 커팅 비아홀을 인위적으로 만들어줌으로써 정합 특성을 개선할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 하나의 실시예에 따르면 마이크로스트립-HSIW 천이 구조는 평면형 전송선로 및 소자와 연결이 용이하며, 저손실 및 경량의 소형 전송 구조를 요구하는 초고주파 시스템에 유용하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 기존의 기관 집적 도파관과 빈 공간 기관 집적 도파관을 도시한 예시도이다.
- 도 2는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 천이 구조의 커팅 비아홀을 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조가 제작된 실시예를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 S 파라미터 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 공정 오차를 고려한 S 파라미터 시뮬레이션 및 측정에 대한 비교 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서

설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면부호가 사용되었다. 또한 널리 알려져 있는 공지기술의 경우 그 구체적인 설명은 생략한다.

- [0026] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관의 천이 구조를 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 천이 구조의 커팅 비아홀을 나타낸 도면이다.
- [0028] 도 2는 빈 공간 기관 집적 도파관(hollow substrate integrated waveguide, HSIW: 이하에서는 HSIW로 명명함)의 효율적인 활용을 위한 마이크로스트립 선로로의 천이 구조(100)를 나타낸다.
- [0029] 도 2에서와 같이, 중앙 영역에 일정한 너비의 빈 공간을 가지는 기관 집적 도파관(110)에는 일정한 간격마다 동일한 크기로 복수개의 비아홀(120)이 형성되고, 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 일측 경계면에는 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)이 형성된다. 그리고 마이크로스트립 선로(170)에 연결된 제1 테이퍼(150)와 제2 테이퍼(160)의 연결라인에 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 일측 면이 수직 방향으로 연결된다.
- [0030] 여기서, 일정한 선로의 폭(W_{ms})을 가지는 마이크로스트립 선로(170)와 빈 공간 기관 집적 도파관(110) 사이에 제1 테이퍼(150)가 연결된다. 제1 테이퍼(150)는 마이크로스트립 선로(170)와 연결된 일단의 폭보다 빈 공간 기관 집적 도파관(110)에 연결된 다른 일단의 폭이 크게 형성된다. 그리고 제1 테이퍼(150)는 빈 공간 기관 집적 도파관(110)에 갈수록 해당 폭이 점점 증가하는 형상을 가질 수 있다. 이때 제1 테이퍼(150)는 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결 라인까지의 길이($l_{t,ms}$)와 연결 라인과 접촉 면에 대한 너비($W_{t,ms}$)를 가진다.
- [0031] 그리고 제1 테이퍼(150)와 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결라인에 이어 제2 테이퍼(160)가 빈 공간 기관 집적 도파관(110) 내부의 빈 공간에 위치한다.
- [0032] 제2 테이퍼(160)는 제1 테이퍼(150)와 일직선 상에 위치되며, 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결라인에 연결된 일단의 폭보다 빈 공간 기관 집적 도파관(110) 내부에 위치하는 다른 일단의 폭이 작게 형성된다. 그리고 제2 테이퍼(160)는 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 내부에서 해당 폭이 점점 감소하는 형상을 가질 수 있다. 이때 제2 테이퍼(160)는 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결 라인까지의 길이(l_t)와 연결 라인과 접촉 면에 대한 너비(W_{ti})를 가진다.
- [0033] 제2 테이퍼(160)의 연결 라인과 접촉 면에 대한 너비(W_{ti})는 내부 빈 공간에 위치하는 제2 테이퍼(160)의 일단의 너비(w_{tr})보다 큰 값을 가질 수 있다.
- [0034] 또한, 제1 테이퍼(150)와 연결 라인의 접촉 면에 대한 너비($W_{t,ms}$)와 제2 테이퍼(160)와 연결 라인의 접촉 면에 대한 너비(W_{ti})는 서로 상이한 값을 가질 수 있으나 반드시 한정되는 것은 아니다.
- [0035] 그리고 제1 테이퍼(150)와 제2 테이퍼(160)의 방향과 수직으로 연결된 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 일측 경계 면에 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)이 형성된다.
- [0036] 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)은 C 형 또는 ㄱ 형으로 형성되지만 이에 반드시 한정하는 것은 아니다. 특히, 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)을 통해 개선된 임피던스 정합 효과를 제공하지만 반드시 특정 형상으로 한정하는 것은 아니다.
- [0037] 도 3에 도시한 바와 같이, 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)은 연결 라인을 기준으로 양 옆으로 대칭적인 구조를 가진다.
- [0038] 그리고 도 3에는 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)이 각각 2개씩 형성된 것으로 도시하였지만, 반드시 이에 한정하는 것은 아니고 추후에 상황이나 환경에 따라 용이하게 개수가 변경되거나 형태가 변경될 수 있다.
- [0039] 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)간의 너비(W_{ir})는 연결 라인과 각각 가장 인접한 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)간의 폭을 의미한다.
- [0040] 그리고 빈 공간 기관 집적 도파관(110)은 연결 라인과 일직선상에서 경계면에 형성된 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)에 각각 직각 방향으로 형성된 라인을 포함하며, 해당 라인의 너비(w_{at}) 내부에는 빈 공

간이 형성된다. 여기서 라인의 너비는 빈 공간의 너비를 의미한다.

[0041] 그리고 라인에는 일정한 간격(d)마다 일정한 반지름 길이(r)를 가지는 복수개의 비아홀(120)이 형성된다.

[0042] 이때 복수개의 비아홀(120)은 양쪽 라인방향에 따라 서로 평행하게 형성되며, 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 일측에서부터 타측까지 일정하게 형성된다. 이때, 평행한 비아홀(120)간의 너비(aHSIW)는 빈 공간 너비보다 더 넓은 값을 가진다.

[0043] 도 2와 도 3은 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조 (100)의 일측만을 도시하고 있지만, 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조(100)의 일측과 평행한 타측에도 일측과 동일한 구조로 형성될 수 있다.

[0044] 상세하게는 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 일측과 평행한 타측에는 일정한 선폭을 가지는 마이크로스트립 선로와 연결되는 제1 테이퍼(150)와 대응되는 제3 테이퍼와 일직선으로 연결되어 빈 공간 내부에 위치하는 제4 테이퍼와 빈 공간 기관 집적 도파관(110)이 수직으로 연결된다. 그리고 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 타측의 경계면에는 제3 커팅 비아홀 및 제4 커팅 비아홀이 형성되며, 제3 커팅 비아홀 및 제4 커팅 비아홀은 서로 대칭적인 구조를 가진다.

[0045] 한편, 마이크로스트립-HSIW의 천이 구조에서 설계 변수인 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제1 테이퍼의 너비($w_{t,ms}$), 제1 테이퍼 길이($l_{t,ms}$), 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제2 테이퍼의 너비(w_{ti}), 제2 테이퍼 길이(l_t) 그리고 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)간의 너비(w_{ir})인 설계 변수의 초기값을 설정한다.

[0046] 먼저 다음 표 1과 같이 설계하고자 하고자 하는 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 설계 목표를 설정한다.

표 1

[0047]	Frequency [GHz]	12 ~ 18
	Return Loss [dB]	≥ 15
	Insertion Loss [dB]	≤ 0.9

[0048] 이처럼, 천이 구조의 주파수(Frequency), 반사 손실(Return loss), 삽입 손실(Insertion loss)의 설계 목표가 설정될 수 있다.

[0049] 이때, 설계하고자 하는 중심 주파수에 기초하여 다음 수학식 1을 통해 제1 테이퍼 길이($l_{t,ms}$)와 상기 제2 테이퍼 길이(l_t)의 초기 값이 결정될 수 있다.

수학식 1

$$l_{t,ms} = \frac{\lambda_{g,ms}}{4} \quad l_t = \frac{\lambda_{g0}}{4}$$

$$\lambda_{g,ms} = \frac{\lambda_{g0}}{\sqrt{\epsilon_{r,eff}}}$$

[0050]

[0051] 여기서, λ_{g0} 는 자유공간에서의 파장이고, $\epsilon_{r,eff}$ 는 중심 주파수에서 마이크로스트립 선로의 실효 유전율을 나타낸다.

[0052] 제1 테이퍼의 길이 값과 제2 테이퍼 길이 값은 중심 주파수에 영향을 준다. 예를 들어, 제1 테이퍼의 길이 값과 제2 테이퍼 길이 값을 크게 하면 중심 주파수가 하향 이동되고, 작게 하면 중심 주파수가 상향 이동할 수 있다.

[0053] 그리고 다음 수식 2을 통해 빈 공간 기판 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제1 테이퍼의 너비 ($w_{t,ms}$), 빈 공간 기판 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제2 테이퍼의 너비(w_{ti}), 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)간의 너비(w_{ir})의 초기 값이 결정될 수 있다.

수식 2

$$w_{t,ms} = 4w_{tr}$$

$$w_{ti} = 1.2w_{t,ms}$$

$$w_{ir} = \frac{w_{air} + w_{ti}}{2}$$

[0054]

[0055] 여기서, w_{tr} 은 내부 빈 공간(115)에 위치하는 제2 테이퍼(160)의 일단의 너비, w_{air} 은 빈 공간(115)의 너비를 나타낸다.

[0056] 빈 공간 기판 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제1 테이퍼(150)의 너비($w_{t,ms}$), 빈 공간 기판 집적 도파관(110)의 연결라인과 맞닿는 제2 테이퍼(160)의 너비(w_{ti}), 제1 커팅 비아홀(130)과 상기 제2 커팅 비아홀(140)간의 너비(w_{ir})는 정합도와 대역폭을 결정해주는 변수이다.

[0057] 이처럼, 설계 변수의 초기값이 결정되면, 시뮬레이션을 통해 설계 대역폭과 반사 손실에 기초하여 최적의 설계 변수 값을 결정할 수 있다.

[0058] 이때, 시뮬레이션은 연동되는 사용자 단말 또는 서버에 저장된 시뮬레이터를 통해 구동되며, 입력된 설계 변수 값에 기초한 마이크로스트립-HSIW의 천이 구조에 대한 S 파라미터를 도출하고 분석하여 제공될 수 있다. 이때, 시뮬레이션은 설계 목표에 가장 적합한 설계 변수 값이 되도록 반복하여 수행할 수 있다.

[0059] 다음 표 2는 설계 목표에 대응하여 최적화된 설계 변수 값을 나타낸다.

표 2

[0060]

Parameters	Value [mm]	Parameters	Value [mm]
t	0.5	d	1.5
w_{ms}	0.65	α_{HSIW}	16.8
$w_{t,ms}$	1.4	w_{air}	15.2
$l_{t,ms}$	3.2	w_{ir}	7.7
w_{ti}	1.7	w_{tr}	0.4
l_t	6.2		

[0061] 이하에서는 다음 도 4를 이용하여 시뮬레이션을 통해 결정된 최적의 설계 변수 값에 기초하여 제작된 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조(100)를 나타낸다.

[0062] 도 4는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조(100)가 제작된 실시예를 나타낸 도면이다.

[0063] 도 4의 (a)는 back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관 천이 구조(100)의 형상을 나타내고, (b)는 지그로 덮어 구성된 back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관 천이 구조(100)를 나타낸다.

[0064] 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이, back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관 천이 구조(100)는 중

간 영역에 형성된 빈 공간과 일측에 형성된 제1 테이퍼(150)와 제2 테이퍼(160) 그리고 제1 커팅 비아홀(130)과 제2 커팅 비아홀(140)의 구성이 타측에도 동일하게 구성되어 있다.

- [0065] 이때, back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조(100)의 크기(reference plane 기준)는 너비가 약 30mm, 길이가 55.5mm와 같은 소형 사이즈로 구현될 수 있다.
- [0066] 도 4의 (a)의 back-to-back 마이크로스트립-빈 공간 기관 집적 도파관 천이 구조(100)는 비아홀(120) 이외에 복수 개의 홀이 형성되며, 여기서 홀은 가공 위치를 쉽고 정확하게 정하기 위한 보조용 기구뿐 아니라 고정구 역할을 의미할 수 있다.
- [0067] 도 4의 (b)와 같이, 지그 자체의 구조를 활용하여 빈 공간 기관 집적 도파관(110)의 상측 및 하측의 도체면을 대체할 수 있다.
- [0068] 다음으로는 도 5 및 도 6을 이용하여 시뮬레이션을 이용한 결과와 실제 측정 결과를 비교하여 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 성능에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0069] 시뮬레이션 및 실제 제작된 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조는 12 mil 두께의 R04003C를 사용하여 설계하였으며, 설계에 사용된 최적화된 변수의 값은 표 4와 같다. 그리고 커넥터의 삽입 손실을 보정하고, 기준면에서의 천이 구조 특성을 확인하기 위해 TRL(Thru-Reflect-Line) 오차 보정 방법을 사용하였다.
- [0070] 도 5는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 S 파라미터 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0071] 도 5에 도시한 바와 같이, back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조는 12~18 GHz에서 15 dB 이상의 반사 손실과 0.55 ± 0.2 dB의 삽입 손실 특성을 보이고 있다.
- [0072] Back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 반사 손실은 시뮬레이션에 비해 측정 결과가 약 5 dB 정도 감소하였고, 삽입 손실은 시뮬레이션에 비해 측정 결과가 약 0.05 dB 정도 개선됨을 확인할 수 있다.
- [0073] 제작된 마이크로스트립-HSIW 천이 구조를 보면 PCB 공정 오차로 인해 제2 테이퍼(160) 부분에 유전체가 남아 있는 것을 확인할 수 있고, 그에 따라 설계에 사용한 파라미터 값들과 제작된 값들에서 일부 차이가 있는 것으로 추정하였다.
- [0074] 이러한 공정 오차들을 고려하여 제2 테이퍼(160)의 부분에 PCB 공정 오차를 고려한 구조를 모델링하여 시뮬레이션한 결과가 다음 도 6과 같다.
- [0075] 도 6에 도시한 바와 같이, 공정 오차를 고려한 S 파라미터 시뮬레이션 결과(Fabrication Error)와 실제 측정 결과(Measurement)를 비교하면, 공정 오차를 고려한 시뮬레이션 결과는 측정 결과와 마찬가지로 원래 시뮬레이션 결과에 비해 반사 손실이 약 5 dB 증가하는 특성을 보였다.
- [0076] 이와 같은 제작 결과와 기존 발표 논문들의 제작 결과를 비교하면 다음 표 3과 같다.

표 3

	This work	Ref. [1]	Ref. [2]
Frequency [GHz]	12~18	12~18	6.6~16.5
Return loss [dB]	≥ 15	≥ 20	≥ 13.5
Insertion loss [dB]	≤ 0.75	≤ 1.2	≤ 1.5
Length [mm]	55.5	51*	36*
Insertion loss per unit length [dB/mm]	≤ 0.0135	≤ 0.0235	≤ 0.0417
Substrate	RO4003C	RO4003C	RO5880
ϵ_r	3.55	3.55	2.20
$\tan\delta$	0.0027	0.0027	0.0009
Thickness [mm]	0.305	0.813	0.508

*: Estimated from the fabrication photograph

[0077]

[0078]

표 3은 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조를 기존 발표 논문들(Ref[1], Ref[2])의 제작 결과와 비교한 결과를 나타낸다.

[0079]

여기서, Ref[1]은 H. Esteban 외 4인의 "마이크로스트립 라인에서 빈 기판 집적 도파관으로의 향상된 저반사 천이"의 논문에서 설계된 천이 구조를 의미한다. (H. Esteban, A. Belenguer, J. R. Sanchez, C. Bachiller, and V. E. Boria, "Improved low reflection transition from microstrip line to empty substrate-integrated waveguide," IEEE Microwave and Wireless Component Letters, vol. 27, no. 8, pp. 685-687, Aug. 2017.)

[0080]

그리고 Ref[2]는 H. Peng 외 3인의 "마이크로스트립과 빈 기판 집적 도파관 사이의 향상된 광대역 천이"의 논문에서 설계된 천이 구조를 의미한다. (H. Peng, X. Xia, J. Dong, and T. Yang, "An improved broadband transition between microstrip and empty substrate integrated waveguide," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 58, no. 9, pp. 2227-2231, Sep. 2016.)

[0081]

표 3과 같이, 동일한 RO4003C 기판을 사용하여 제작한 논문에 비해 본 발명의 back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조의 삽입 손실이 유사 길이의 크기임에도 0.45 dB 개선되었음을 확인할 수 있다. 이는 C-cutting 비아 홀을 활용한 천이 구조의 개선과 더불어 기판 두께의 차이로 인해 50 Ω 마이크로스트립 선로의 선폭 (w_{ms})와 제1 테이퍼의 너비($w_{t,ms}$), 그리고 제2 테이퍼 너비(w_{ti})의 차이가 상대적으로 적은 것에 의한 것으로 추정할 수 있다.

[0082]

이처럼, back-to-back 마이크로스트립-HSIW 천이 구조는 12~18 GHz에서 15 dB 이상의 반사 손실과 0.55 ± 0.2 dB의 낮은 삽입 손실 특성을 보였으며, 같은 길이의 back-to-back 마이크로스트립-SIW 천이 구조에 비해 삽입 손실이 약 1 dB 개선됨을 확인하였고, 같은 구조의 기존 논문 결과에 비해서도 약 0.45 dB의 삽입 손실이 개선되었다.

[0083]

이상에서 본 발명의 바람직한 하나의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0085] 100: 마이크로스트립-빈 공간 기판 집적 도파관 천이 구조

110: 빈 공간 기판 집적 도파관

120: 비아홀

130: 제1 커팅 비아홀

140: 제2 커팅 비아홀

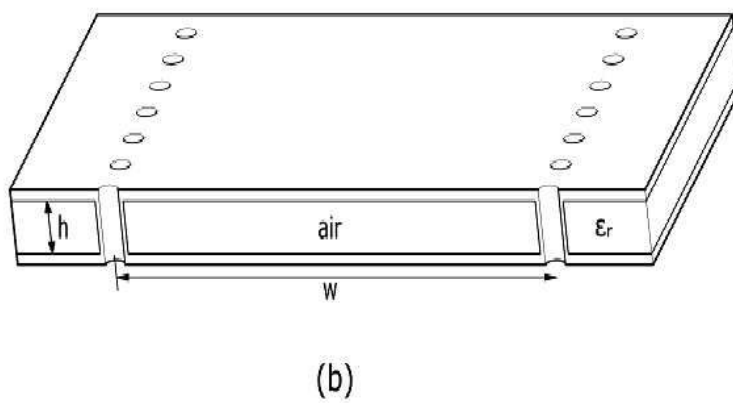
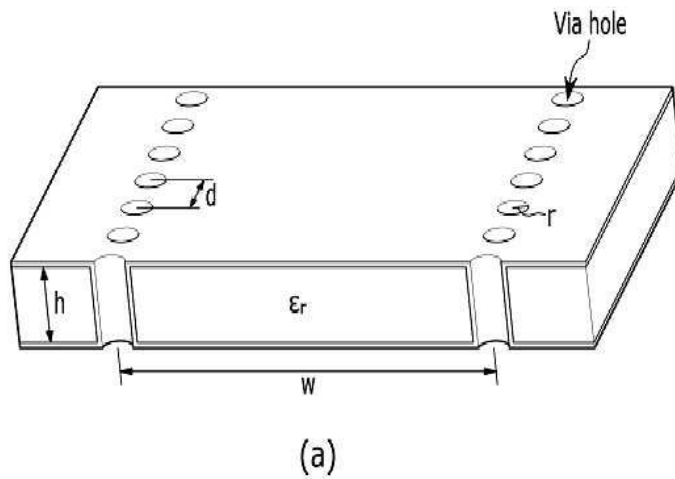
150: 제1 테이퍼

160: 제2 테이퍼

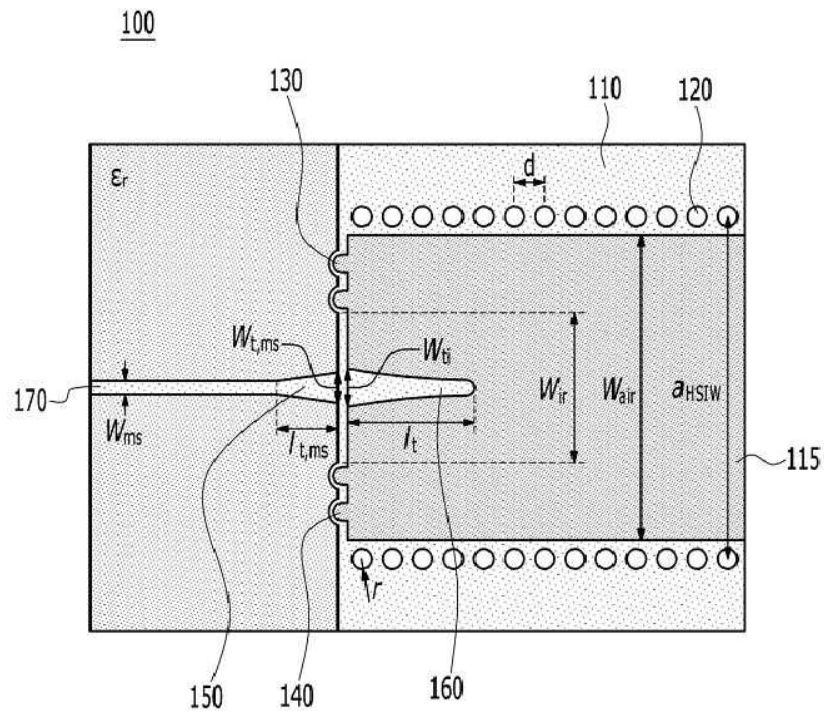
170: 마이크로스트립 선로

도면

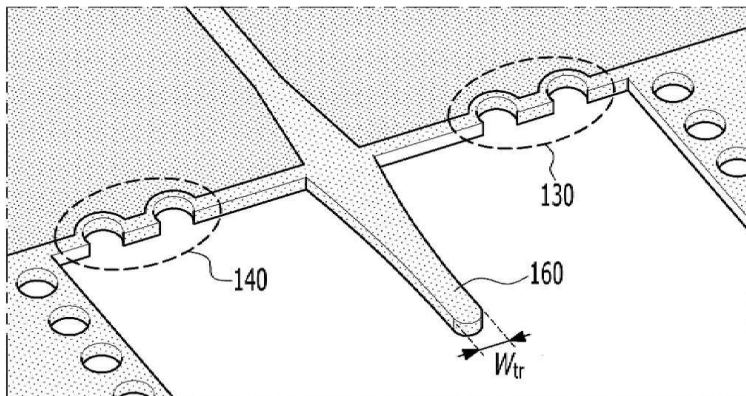
도면1



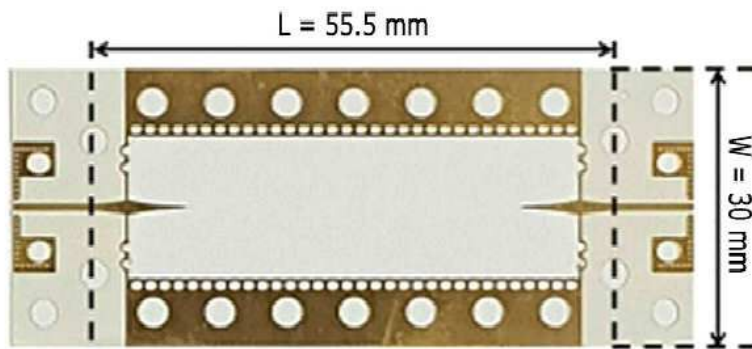
도면2



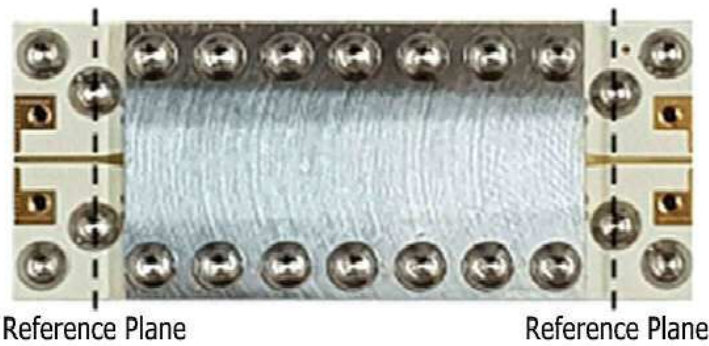
도면3



도면4

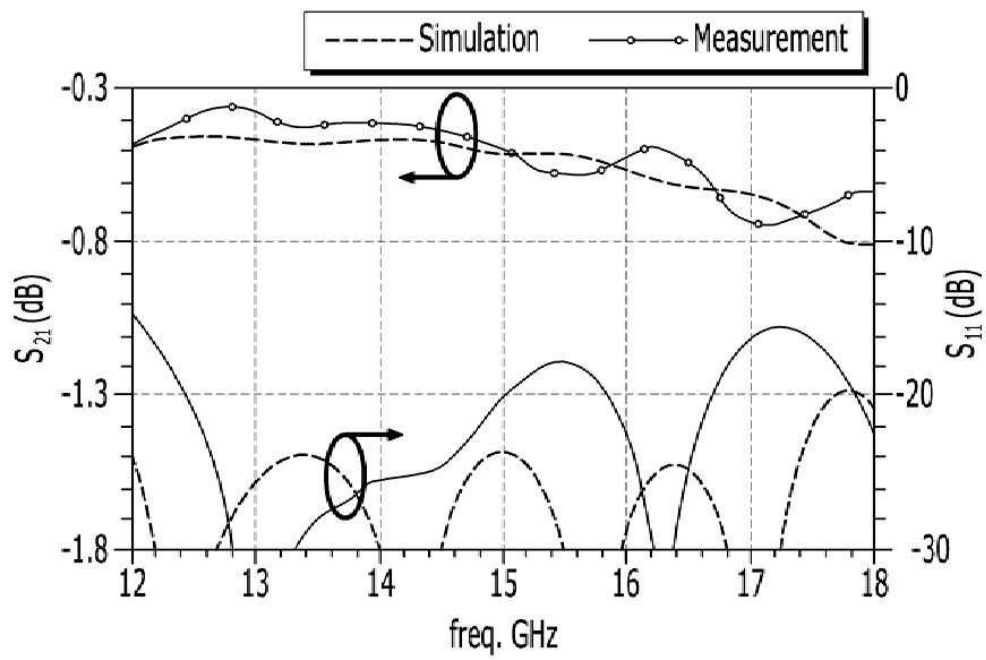


(a)



(b)

도면5



도면6

