(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0055435
(43) 공개일자 2022년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01P 3/13 (2006.01) *H01P 1/163* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01P 3/13 (2013.01)
H01P 1/163 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0143109
(22) 출원일자 2021년10월25일
심사청구일자 2021년11월11일
(30) 우선권주장
1020200139286 2020년10월26일 대한민국(KR)

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
정진호
서울특별시 마포구 백범로 35, R관 703A (신수동, 서강대학교)
최원석
서울특별시 성동구 한림말3길 16 (옥수동)
(74) 대리인
특허법인 수

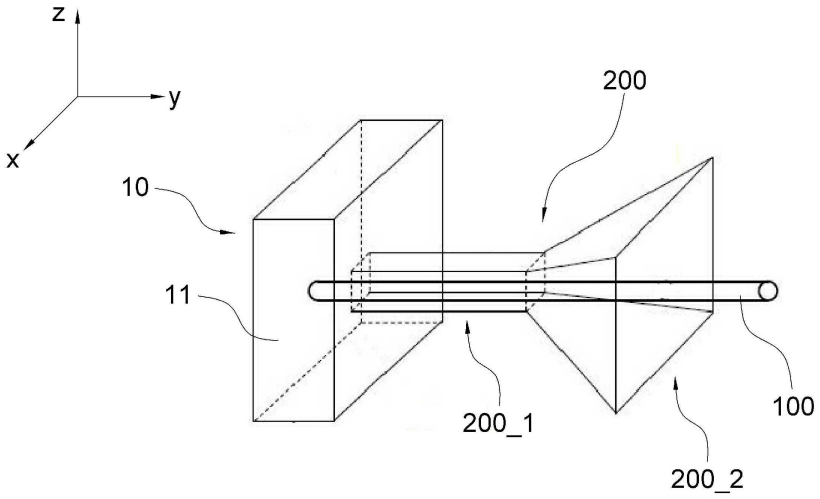
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **금속선 모드 변환기**

(57) 요 약

모드 변환기에 있어서, 제1 측벽 내지 제n 측벽 및 폐쇄 일면 - 상기 폐쇄 일면은 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽과 결합됨 - 을 포함하는 제1 도파관의 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽 중 특정 측벽 상의 특정 지점에 측벽 홀이 형성된 상태에서, 상기 측벽 홀을 통하여 제1 도파관에 부분적으로 인입되는 금속선로; 및 제1 형상의 입력 단자 - 상기 입력 단자는 상기 특정 측벽 상의 상기 특정 지점을 포함하는 특정 영역과 결합됨 - 및 제2 형상의 출력 단자를 포함하되, 상기 입력 단자의 입력 면적은 상기 출력 단자의 출력 면적보다 작으며, 상기 금속선로가 상기 입력 단자와 상기 출력 단자 사이에 위치하는 제2 도파관을 포함하는 모드 변환기가 개시된다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	202039004
과제번호	202039004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송기술개발사업
연구과제명	전자소자 기반 초광대역 테라헤르츠 연속파 분광영상 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

모드 변환기에 있어서,

제1 측벽 내지 제n 측벽 및 폐쇄 일면 - 상기 폐쇄 일면은 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽과 결합됨 - 을 포함하는 제1 도파관의 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽 중 특정 측벽 상의 특정 지점에 측벽 홀이 형성된 상태에서, 상기 측벽 홀을 통하여 상기 제1 도파관에 부분적으로 인입되는 금속선로; 및

제1 형상의 입력 단자 - 상기 입력 단자는 상기 특정 측벽 상의 상기 특정 지점을 포함하는 특정 영역과 결합됨 - 및 제2 형상의 출력 단자를 포함하되, 상기 입력 단자의 입력 면적은 상기 출력 단자의 출력 면적보다 작으며, 상기 금속선로가 상기 입력 단자와 상기 출력 단자 사이에 위치하는 제2 도파관;

을 포함하는 모드 변환기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 도파관은 제2_1 도파관 및 제2_2 도파관을 포함하고,

상기 제2_1 도파관의 입력 단자는 상기 특정 측벽 상의 상기 특정 지점을 포함하는 상기 특정 영역과 결합되고, 상기 제2_1 도파관의 출력 단자는 상기 제2_2 도파관의 입력 단자와 결합되며,

상기 제2_2 도파관은 테이퍼형 도파관으로서, 상기 제2_2 도파관의 입력 단자의 면적은 상기 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적보다 작은 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2_1 도파관은 원통형 도파관 및 직사각형 도파관 중 어느 하나로서, (i) 상기 금속선로 중, 상기 원통형 도파관의 내부에 위치하는 제1 금속선로 부분은 원통형 금속선로이며, (ii) 상기 금속선로 중, 상기 직사각형 도파관의 내부에 위치하는 제2 금속선로 부분은 평면형 금속선로인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제2_2 도파관의 출력 단자의 형상은 원형 및 직사각형 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 측벽 홀을 통하여 부분적으로 인입되는 상기 금속선로의 특정 부분은, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 신호를 상기 제2 도파관으로 전송하는 프로브인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 프로브의 형상은 원통형, 평면형 및 방사형 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 특정 지점은 상기 폐쇄 일면으로부터 기설정된 거리만큼 이격되는 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 기설정된 거리는, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 신호의 파장에 대응되도록 설정되는 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1 도파관은 직사각형 도파관인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 도파관을 통해 전송되는 전자기파 모드 신호를 상기 금속선로 상의 전자기파 모드 신호로 변환하는 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 도파관을 통해 전송되는 전자기파 모드 신호 및 상기 금속선로를 통해 전송되는 전자기파 모드 신호는, 밀리미터파 신호 또는 테라헤르츠파 신호인 것을 특징으로 하는 모드 변환기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 모드 변환기에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 도파관 대 금속선로 모드 변환기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 저주파 대역에 고주파 대역(가령, 테라헤르츠파/밀리미터파 대역)으로 갈수록, 전송선로를 통해 전송되는 신호의 손실이 증가하는 경향이 있다.

[0003] 이때, CPW(coplanar waveguide) 등의 전송선로는, 유전체 및 그라운드 면에서의 손실(유전 손실 및 저항성 손실)로 인해서 방사 효율이 매우 낮은 문제가 있다.

[0004] 반면, 단일 금속선로는 CPW, 동축 선로 등에 비해 신호의 감쇄가 매우 낮고, 가벼우며, 제작이 쉽다는 장점을 가지고 있다.

[0005] 또한, 단일 금속선로는 CPW 등과 달리 그라운드 면이 존재하지 않기 때문에 유전 손실 및 저항성 손실을 크게 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다.

[0006] 또한, 단일 금속선로에서 전자기파는 공기 중으로 방사되지 않고 금속 표면에 집중되어 금속선의 표면을 따라 전파되는 표면파(surface-wave) 형태의 특성을 보이기 때문에, 인접한 금속선과의 커플링이 작고, 따라서 금속선 간의 간격을 줄일 수 있으므로, 회로의 소형화에 유리하다는 장점을 가지고 있다.

[0007] 따라서, 위와 같은 장점을 가지는 단일 금속선로는 다양한 분야에 활용될 수 있는데, 가령, 의료 분야에 활용될 수 있다. 또한, 지하 공간이나 선박 내 통신과 같이 통신 경로의 가시성이 확보되지 못하는 경우의 통신에 활용될 수 있으며, 고속 interconnection에 활용될 수도 있다.

[0008] 도 1a는 위와 같은 단일 금속선로의 활용례로서 Goubau line을 개략적으로 도시한 도면이다. Goubau line은 유전체로 코팅된 단일 금속선(1)을 포함할 수 있다. 또한, Goubau line과의 결합을 위해 원추형 혼(conical horn) 형태의 여기장치(2)를 포함할 수 있다. 이때, 여기장치(launcher)는 동축선에서의 TEM 모드 신호를 TM_{01} 모드 신호로 변환할 수 있다. 참고로, 도 1a는 “https://en.wikipedia.org/wiki/Goubau_line”에서 발췌하였

다.

[0009] 도 1b는 PCB(Printed Circuit Board, 인쇄회로기판) 형태로 구현된 단일 금속선로 여기장치 및 그 전기장 분포를 개략적으로 도시하고 있다. 참고로, 도 1b는 “Apoorva Sharma, Alexander T.Hoang and Matthew S.Reynolds "A Coplanar Vivaldi-Style Launcher for Goubau Single-Wire Transmission Lines" IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 16, 2017”에서 발췌하였다.

[0010] 또한, 도 1c가 도시하는 바와 같이, 단일 금속선로가 유전체 위에 위치함으로써 Goubau line이 형성될 수도 있으며, 이는 평면형 Goubau line으로 볼 수 있다. 이러한 평면형 Goubau line은, 반도체 공정을 이용하여 금속 스트립을 유전체 위에 형성하고 유전체는 금속 스트립을 지지하게 함으로써, PCB 형태로 구현될 수 있다. 참고로, 도 1c는 “Tang, X., Zhang, Q., Hu, S. et al."Continuous Beam Steering Through Broadside Using Asymmetrically Modulated Goubau Line Leaky-Wave Antennas."Sci Rep 7, 11685 (2017)”에서 발췌하였다.

[0011] 한편, 낮은 주파수 대역에서는 동축선로가 주 전송선로로서 주로 사용되는 반면에, 높은 주파수 대역(가령, 밀리미터파/테라헤르츠파 대역)에서는 저손실 및 대전력 전달에 있어 장점을 가지는 도파관이 주 전송선로로서 사용된다.

[0012] 이러한 도파관에서는 TE 모드, TM 모드가 존재할 수 있으며, 도파관에서의 기본 모드는 TE_{10} 모드이다. 이러한 TE_{10} 모드에서는 전송신호의 진행 방향으로 전기장 성분이 존재하지 않는 특성을 가진다.

[0013] 도 2a 및 도 2b는 각각 도파관의 TE_{10} 모드에서의 전기장 피크 및 전자계선을 개략적으로 도시한 것으로, TE_{10} 모드의 10은 차수로서, 장축(x축) 방향으로 전기장 피크가 1개, 단축(y축) 방향으로 전기장 피크가 0개 있음을 의미한다.

[0014] 참고로, 도 2a는 “https://www.electronics-notes.com/articles/antennas-propagation/rf-feeders-transmission-lines/waveguide-cutoff-frequency.php”에서 발췌하였으며, 도 2b는 “David M. Pozar "MICROWAVE ENGINEERING" WILEY p.118”에서 발췌하였다.

[0015] 이렇듯 도파관에서의 기본 모드는 TE_{10} 모드인 반면, 단일 금속선로에서의 기본 모드는 TM_{01} 모드이다.

[0016] 참고로, 단일 금속선로의 TM_{01} 모드에서의 전계선 및 자계선은 도 3, 도 4a 및 도 4b를 통해 확인할 수 있다.

[0017] 이처럼, 도파관과 단일 금속선로에서의 기본 모드가 서로 다르므로, 위에서 설명한 것처럼 단일 금속선로를 이용하여 다양한 모듈 또는 시스템을 구현하기 위해서는, 도파관에서의 TE_{10} 모드 신호를 단일 금속선로에서의 TM_{01} 모드로 변환할 수 있는 모드 변환기가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 상술한 문제점을 모두 해결하는 것을 그 목적으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명은 도파관에서의 전자기파 모드 신호를 단일 금속선로 상의 전자기파 모드 신호로 변환하는 것을 다른 목적으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명은 인접한 금속선과의 커플링을 감소시킴으로써 전송 신호의 무결성을 증가시키고 회로를 소형화하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

[0021] 또한, 본 발명은 금속선로의 그라운드 면의 적어도 일부를 제거함으로써 유전 손실과 저항성 손실을 감소시키는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특징적인 효과를 실현하기 위한, 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.

[0023] 본 발명의 일 태양에 따르면, 모드 변환기에 있어서, 제1 측벽 내지 제n 측벽 및 폐쇄 일면 - 상기 폐쇄 일면은 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽과 결합됨 - 을 포함하는 제1 도파관의 상기 제1 측벽 내지 상기 제n 측벽 중

특정 측벽 상의 특정 지점에 측벽 홀이 형성된 상태에서, 상기 측벽 홀을 통하여 상기 제1 도파관에 부분적으로 인입되는 금속선로; 및 제1 형상의 입력 단자 - 상기 입력 단자는 상기 특정 측벽 상의 상기 특정 지점을 포함하는 특정 영역과 결합됨 - 및 제2 형상의 출력 단자를 포함하되, 상기 입력 단자의 입력 면적은 상기 출력 단자의 출력 면적보다 작으며, 상기 금속선로가 상기 입력 단자와 상기 출력 단자 사이에 위치하는 제2 도파관;을 포함하는 모드 변환기가 개시된다.

[0024] 일례로서, 상기 제2 도파관은 제2_1 도파관 및 제2_2 도파관을 포함하고, 상기 제2_1 도파관의 입력 단자는 상기 특정 측벽 상의 상기 특정 지점을 포함하는 상기 특정 영역과 결합되고, 상기 제2_1 도파관의 출력 단자는 상기 제2_2 도파관의 입력 단자와 결합되며, 상기 제2_2 도파관은 테이퍼형 도파관으로서, 상기 제2_2 도파관의 입력 단자의 면적은 상기 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적보다 작은 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0025] 일례로서, 상기 제2_1 도파관은 원통형 도파관 및 직사각형 도파관 중 어느 하나로서, (i) 상기 금속선로 중, 상기 원통형 도파관의 내부에 위치하는 제1 금속선로 부분은 원통형 금속선로이며, (ii) 상기 금속선로 중, 상기 직사각형 도파관의 내부에 위치하는 제2 금속선로 부분은 평면형 금속선로인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0026] 일례로서, 상기 제2_2 도파관의 출력 단자의 형상은 원형 및 직사각형 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0027] 일례로서, 상기 측벽 홀을 통하여 부분적으로 인입되는 상기 금속선로의 특정 부분은, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 신호를 상기 제2 도파관으로 전송하는 프로브인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0028] 일례로서, 상기 프로브의 형상은 원통형, 평면형 및 방사형 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0029] 일례로서, 상기 특정 지점은 상기 폐쇄 일면으로부터 기설정된 거리만큼 이격되는 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0030] 일례로서, 상기 기설정된 거리는, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 신호의 파장에 대응되도록 설정되는 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0031] 일례로서, 상기 제1 도파관은 직사각형 도파관인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0032] 일례로서, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 전자기파 모드 신호를 상기 금속선로 상의 전자기파 모드 신호로 변환하는 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

[0033] 일례로서, 상기 제1 도파관을 통해 전송되는 전자기파 모드 신호 및 상기 금속선로를 통해 전송되는 상기 전자기파 모드 신호는, 밀리미터파 신호 또는 테라헤르츠파 신호인 것을 특징으로 하는 모드 변환기가 개시된다.

발명의 효과

[0034] 본 발명은 도파관에서의 전자기파 모드 신호를 단일 금속선로 상의 전자기파 모드 신호로 변환하는 효과가 있다.

[0035] 또한, 본 발명은 인접한 금속선과의 커플링을 감소시킴으로써 전송 신호의 무결성을 증가시키고 회로를 소형화하는 효과가 있다.

[0036] 또한, 본 발명은 금속선로의 그라운드 면의 적어도 일부를 제거함으로써 유전 손실과 저항성 손실을 감소시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 본 발명의 실시예의 설명에 이용되기 위하여 첨부된 아래 도면들은 본 발명의 실시예들 중 단지 일부일 뿐이며, 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하 "통상의 기술자")에게 있어서는 발명적 작업이 이루어짐 없이 이 도면들에 기초하여 다른 도면들이 얻어질 수 있다.

도 1a 및 도 1b는 단일 금속선로의 활용례를 개략적으로 도시한 것이고,

도 2a 및 도 2b는 도파관의 TE_{10} 모드에서의 전기장 피크 및 전자계선을 개략적으로 도시한 것이며,

도 3, 도 4a 및 도 4b는 금속선로의 TM_{01} 모드에서의 전계선 및 자계선을 개략적으로 도시한 것이고,

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기를 개략적으로 도시한 것이고,

도 6a 내지 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어, 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시한 것이며,

도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 프로브, 제2_1 도파관, 제2_2 도파관 및 원통형 금속선로 각각을 개략적으로 도시한 것이며,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제2_1 도파관에서의 전자기장 분포를 개략적으로 도시한 것이며,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적의 변화에 따른 삽입 손실 변화를 개략적으로 도시한 것이며,

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시한 것이며,

도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이며,

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기의 금속선로에 형성되는 전기장을 개략적으로 도시한 것이며,

도 13a 및 도 13b는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어, 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시한 것이며,

도 14a 및 도 14d는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 프로브, 제2_1 도파관, 제2_2 도파관 및 평면형 금속선로 각각을 개략적으로 도시한 것이며,

도 15a 및 도 15b는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 전기장 필드를 개략적으로 도시한 것이며,

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시한 것이며,

도 17a 및 도 17b는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기에 따른 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이며,

도 18a 및 도 18b는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어, 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시한 것이며,

도 19a 및 도 19b는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제2_1 도파관의 내부 구조 등을 개략적으로 도시한 것이며,

도 20a 내지 도 20d는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 프로브, 제2_1 도파관, 제2_2 도파관 및 평면형 금속선로 각각을 개략적으로 도시한 것이며,

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시한 것이며,

도 22a 및 도 22b는 본 발명의 일 실시예에 따른 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기에 따른 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명의 목적들, 기술적 해법들 및 장점들을 분명하게 하기 위하여 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 통상의 기술자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다.

[0039] 또한, 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐, "포함하다"라는 단어 및 그것의 변형은 다른 기술적 특징들, 부가물들, 구성요소들 또는 단계들을 제외하는 것으로 의도된 것이 아니다. 통상의 기술자에게 본 발명의 다른

목적들, 장점들 및 특성들이 일부는 본 설명서로부터, 그리고 일부는 본 발명의 실시로부터 드러날 것이다. 아래의 예시 및 도면은 실례로서 제공되며, 본 발명을 한정하는 것으로 의도된 것이 아니다.

[0040] 더욱이 본 발명은 본 명세서에 표시된 실시예들의 모든 가능한 조합들을 망라한다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0041] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0042] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기를 개략적으로 도시한 것이다.

[0043] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기는 (i) 제1 도파관(10)의 측벽 홀을 통하여 제1 도파관(10)에 부분적으로 인입되는 금속선로(100) 및 (ii) 제1 형상의 입력 단자 및 제2 형상의 출력 단자를 포함하는 제2 도파관(200)을 포함할 수 있다.

[0044] 참고로, 본 명세서에서 제2 도파관의 입력 단자 및 출력 단자는, 제2 도파관의 양쪽 말단면을 의미하며, 가령, 도 5에서는, y축에 수직이며 직사각형 형상을 가지는 양쪽 말단면을 나타낸다.

[0045] 이때, 제1 도파관은 제1 측벽 내지 제n 측벽 및 폐쇄 일면(제1 도파관의 일면이 백쇼트됨으로써 형성되는 면)을 포함할 수 있으며, 폐쇄 일면은 제1 측벽 내지 제n 측벽과 결합될 수 있다.

[0046] 일례로, 도 5에서 도시하는 바와 같이, 제1 도파관(10)은 직사각형(구형) 도파관으로서, 제1 측벽 내지 제4 측벽 및 폐쇄 일면(11)을 포함하며, 폐쇄 일면(11)은 제1 측벽 내지 제4 측벽과 결합될 수 있다.

[0047] 이때, 제1 도파관의 폐쇄 일면(11)은 제1 도파관(10) 내에서 신호가 x축 방향으로 방사되어 버리지 않도록 기능한다.

[0048] 또한, 제1 도파관의 제1 측벽 내지 제n 측벽 중 특정 측벽 상의 특정 지점에는 측벽 홀이 형성된 상태일 수 있다.

[0049] 이때, 측벽 홀을 통하여 제1 도파관에 부분적으로 인입되는 금속선로의 특정 부분은, 제1 도파관을 통해 전송되는 신호를 제2 도파관으로 전송하기 위한 프로브일 수 있다.

[0050] 이러한 프로브의 형상은 다양한 형상일 수 있으며, 가령, 원통형, 평면형 및 방사형(radial stub) 중 어느 하나일 수 있다.

[0051] 참고로, 도 5에서는 프로브의 형상이 원통형인 것으로 도시하고 있으나, 프로브의 형상이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0052] 또한, 프로브는 금속만으로 구성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 유전체에 의해 코팅될 수 있다.

[0053] 또한, 금속 선로가 부분적으로 인입되는 측벽 홀이 형성된 특정 지점은 제1 도파관의 폐쇄 일면으로부터 기설정된 거리만큼 이격될 수 있다.

[0054] 이때, 기설정된 거리는, 모드 변환기의 설계에 따라 다양한 값을 가질 수 있는데, 일례로, 기설정된 거리는, 제1 도파관을 통해 전송되는 신호의 파장에 대응되는 값을 가지도록 설정될 수 있다. 가령, 신호의 파장을 λ라고 할 때, 기설정된 거리는 λ/4일 수 있다.

[0055] 기설정된 거리에 대해서는 도 7a, 도 14a 및 도 20a 등을 참조하여 나중에 다시 설명하기로 한다.

[0056] 한편, 제2 도파관의 입력 단자는 특정 측벽 상의 특정 지점을 포함하는 특정 영역과 결합될 수 있다.

[0057] 이때, 제2 도파관은, 제2 도파관의 입력 단자의 입력 면적이 제2 도파관의 출력 단자의 출력 면적보다 작은 형상인, 테이퍼형 도파관일 수 있으며, 금속선로가 입력 단자와 출력 단자 사이에 위치할 수 있다.

[0058] 다른 예로, 도 5에서 도시하는 바와 같이, 제1 도파관(10)에 부분적으로 인입된 금속선로(100)는, 제2 도파관

(200)의 출력 단자를 통과하여 y축 방향으로 연장되도록 위치할 수 있다.

[0059] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기의 제2 도파관(200)은 제2_1 도파관(200_1) 및 제2_2 도파관(200_2)을 포함할 수 있다.

[0060] 이때, 제2_1 도파관(200_1)의 입력 단자는 제1 도파관(10)의 특정 측벽 상의 특정 지점을 포함하는 특정 영역과 결합되고, 제2_1 도파관(200_1)의 출력 단자는 제2_2 도파관(200_2)의 입력 단자와 결합될 수 있다.

[0061] 또한, 제2_1 도파관(200_1)은 원통형 도파관 및 직사각형 도파관 중 어느 하나일 수 있다.

[0062] 일례로, 제2_1 도파관이 원통형 도파관인 경우, 금속선로(100) 중, 원통형 도파관의 내부에 위치하는 제1 금속선로 부분은 원통형 금속선로(가령, 원통형 구리 도선)일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 제2_1 도파관 내부에 위치하는 제1 금속선로 부분은 원통형 금속선로가 아닌 다른 형상(가령, 평면형 금속선로)일 수 있다.

[0063] 다른 예로, 도 5에서 도시하는 바와 같이, 제2_1 도파관이 직사각형 도파관인 경우, 금속선로(100) 중, 직사각형 도파관의 내부에 위치하는 제2 금속선로 부분은 평면형 금속선로(가령, 마이크로스트립)일 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 제2_1 도파관 내부에 위치하는 제2 금속선로 부분은 평면형 금속선로가 아닌 다른 형상(가령, 원통형)일 수 있다.

[0064] 또한, 제2_2 도파관(200_2)은 테이퍼형 도파관일 수 있다.

[0065] 즉, 제2_2 도파관(200_2)의 입력 단자의 면적은 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적보다 작을 수 있다.

[0066] 또한, 제2_2 도파관(200_2)의 입력 단자 및 출력 단자 각각의 형상은 다양한 형상일 수 있는데, 가령, 제2_2 도파관(200_2)의 입력 단자 및 출력 단자 각각의 형상은 원형 및 직사각형 중 어느 하나일 수 있다.

[0067] 참고로, 도 5에서는 제2_2 도파관(200_2)의 출력 단자의 형상이 직사각형인 것으로 도시하고 있으나, 도 5는 이해를 돕기 위한 도면일 뿐, 제2_2 도파관(200_2)의 출력 단자 형상이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0068] 상기에서 설명한 모드 변환기는, 제1 도파관을 통해 전송되는 전자기파 모드 신호(가령, TE_{10} 모드)를 금속선로 상의 전자기파 모드 신호(가령, TM_{01} 모드)로 변환하거나, 반대로, 금속선로 상에서의 전자기파 모드 신호(가령, TM_{01} 모드)를 제1 도파관 상의 전자기파 모드 신호(가령, TE_{10} 모드)로 변환할 수도 있다.

[0069] 이때, 모드 변환기를 통해 전송되는 신호는 밀리미터파 신호 또는 테라헤르츠파 신호일 수 있다.

[0070] 지금까지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 대해 설명하였다.

[0071] 아래에서는, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 모드 변환기에 대해 설명하겠다.

[0072] 참고로, 아래에서 참조되는 도면은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 모드 변환기에 대한 이해를 돕기 위한 도면일 뿐이므로, 본 발명의 모드 변환기의 형상이 아래에서 참조되는 도면에 의해 도시되는 형상으로 한정되는 것은 아니다.

[0073] 도 6a 및 도 6b는, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어서, 금속선로로서 원통형 도선(100)을 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시하는 사시도 및 평면도이다.

[0074] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기는 제1 도파관(10)에 부분적으로 삽입된 원통형 금속선로(100) 및 제2 도파관(200)을 포함할 수 있다.

[0075] 일례로, 제1 도파관은 WR-6 표준 도파관으로서, 그 크기가 $1650*825um^2$일 수 있다. 금속선로의 직경은 100um, 금속 선로의 전체 길이는 6mm, 금속선로의 전도율은 5.8E7일 수 있다.

[0076] 또한, 도 7a 내지 도 7d는, (i) 제1 도파관 및 프로브, (ii) 제2_1 도파관, (iii) 제2_2 도파관 및 (iv) 원통형 금속선로를 각각 도시하고 있다.

[0077] 먼저, 도 7a를 참조하면, 제1 도파관(10)의 일면이 백쇼트됨으로써 폐쇄 일면(11)이 형성될 수 있다.

[0078] 또한, 제1 도파관(10)의 폐쇄 일면(11)으로부터 기설정된 거리 d만큼 이격된 지점에 프로브(110)가 위치할 수 있다. 이때, 기설정된 거리 d와 전송신호의 파장 λ의 관계는, $d=\lambda/4$로 나타낼 수 있다.

[0079] 제1 도파관(10)에 인입된 프로브(110)는 필드를 변환시킬 수 있는데, 일례로, 프로브(110)는 제1 도파관(10)에

서의 기본 모드인 TE_{10}모드를 금속선로(100)에서의 TM_{01}모드로 변환할 수 있다.

[0080] 참고로, 도 7a에서는 프로브(110)의 형상이 원통형인 것으로 도시되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 가령, 방사형 스터브(radial stub)나 직사각형(마이크로스트립) 등 다양한 형상으로 프로브를 설계함으로써 모드 변환기가 다양한 주파수 대역에 적용되도록 할 수 있다.

[0081] 또한, 모드 변환기를 용이하게 제작하기 위해서, 프로브가 제1 도파관 측벽에 닿도록 설계할 수 있다.

[0082] 또한, 도 7b를 참조하면, 제2_1 도파관(200_1)은 내부에 금속선로(100)가 위치하고, 제2_1 도파관(200_1)과 금속선로(100) 사이의 공간(203_1) 중 적어도 일부에 유전체가 삽입될 수 있다.

[0083] 참고로, 유전체의 유전율은 모드 변환기의 특성에 영향을 주는 요소 중 하나이므로, 다양한 유전체를 이용하여 모드 변환기 설계의 다양성을 확보할 수 있다.

[0084] 또한, 도 7c를 참조하면, 제2_2 도파관(200_2)은 테이퍼형 도파관인 것을 확인할 수 있다. 즉, 제2_2 도파관(200_2)의 입력 단자(201_2)의 면적이 출력 단자(202_2)의 면적보다 작을 수 있다.

[0085] 이처럼, 제2_2 도파관(200_2)의 형상이 테이퍼형이 되도록 함으로써, 모드 변환기의 손실을 줄이고, 모드 변환기의 성능을 개선할 수 있다.

[0086] 참고로, 제2_2 도파관(200_2)의 출력 단자(202_2)의 형상은 도 6a 및 도 6b가 도시하는 바와 같이, 제2_2 도파관(200_2)의 출력 단자(202_2) 둘레를 따라 차양 형상의 구조가 형성되는 형상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 도 5가 도시하는 바와 같이 차양 형상의 구조가 형성되지 않은 형상일 수도 있다.

[0087] 또한, 도 7d를 참조하면, 금속선로는 원통형 금속선로(100)인 점을 확인할 수 있다.

[0088] 도 8은 제2_1 도파관에서의 전자기장 분포를 개략적으로 도시하고 있는데, 동축선과 유사하게 TEM 모드로 전자기장이 분포됨을 확인할 수 있다.

[0089] 또한, 도 9는 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적(또는 직경 D)의 변화에 따른 삽입 손실의 변화를 개략적으로 도시하고 있다.

[0090] 도 9를 참조하면, 제2_2 도파관의 출력 단자의 면적이 커질수록(또는, 제2_2 도파관의 출력 단자의 직경이 커질수록) 삽입 손실이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 도 10은 도 6a 및 도 6b에 도시된 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시하고 있다.

[0092] 도 10을 참조하면, 반사손실은 전 대역에서 -10dB 미만이고, 삽입 손실은 140GHz에서 1.16dB(금속선로의 전체 길이가 6mm인 경우, 삽입 손실은 140GHz에서 1mm 당 0.19dB임)인 점에 비추어, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기의 매우 우수한 성능을 확인할 수 있다.

[0093] 도 11a 및 도 11b는, 도 6a 및 도 6b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 금속선로를 포함하는 모드 변환기에서의 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이다.

[0094] 도 11a 및 도 11b를 참조하면, 제1 도파관에서의 전자기파 모드 신호(TE_{10} 모드)가 제2 도파관을 거쳐 원통형 금속선로에서의 전자기파 모드의 신호(TM_{01} 모드)로 변환되는 것을 확인할 수 있다.

[0095] 또한, 도 12는 제2_1 도파관 및 제2_2 도파관 및 금속 선로에 형성되는 전기장을 개략적으로 도시하고 있다.

[0096] 도 12를 참조하면, 제2_1 도파관, 제2_2 도파관을 지나면서 그라운드 면이 점점 넓어지다가 사라지기 때문에, 전기장이 금속선로로부터 그라운드 면(제2_1 도파관의 벽 및 제2_2 도파관의 벽)으로 향하다가 금속선로 주위에 표면파(surface wave) 형태로 집중적으로 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0097] 한편, 도 13a 및 도 13b는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어서, 금속선로로서 평면형 금속선로(가령, 마이크로스트립)(100)를 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시하는 사시도 및 평면도이다.

[0098] 참고로, 도 5 내지 도 12를 통해 이미 설명한 내용과 동일/유사한 내용에 대해서는, 아래에서는 그 설명을 생략하기로 한다.

[0099] 도 13a 및 도 13b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기는 제1 도파관(10)에 부분적으로 삽입된

평면형 금속선로(100) 및 제2 도파관(200)을 포함할 수 있다.

[0100] 일례로, 평면형 금속선로의 너비는 200um, 평면형 금속선로의 두께는 9um일 수 있으며, 기판의 유전율 2.2, 기판의 두께는 127um일 수 있다.

[0101] 또한, 도 14a 내지 도 14d는, (i) 제1 도파관 및 프로브, (ii) 제2_1 도파관, (iii) 제2_2 도파관 및 (iv) 평면형 금속선로를 각각 도시하고 있다.

[0102] 도 14b를 참조하면, 제2_1 도파관 내부에는 평면형 금속선로(100)가 위치하며, 평면형 금속선로(100)는 기판 및 평면형 도선을 포함하는 마이크로스트립의 형태일 수 있다. 이때, 제2_1 도파관 내부에 위치하는 평면형 금속선로(100)는 추가적으로 그라운드를 포함할 수 있다.

[0103] 또한, 도 14d를 참조하면, 평면형 금속선로(100)의 형태는, 직사각형인 것으로 도시되어 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 계단형으로 이루어지거나 홈이 주기적으로 추가되는 등의 변화를 통해 전기장을 도선 표면에 강하게 결속시켜 신호의 손실을 더욱 감소시킬 수 있다. 또한, 기판은, 적용되는 주파수에 따라 다양한 종류의 기판을 사용할 수 있다. 이러한 기판의 형태는 직사각형에 한정되지 않으며, 가령, 신호의 진행 방향에 따라 크기가 점점 커지거나 점점 작아지는 테이퍼형일 수 있다.

[0104] 도 15a는, 140GHz의 주파수에서, 위와 같은 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제2_1 도파관에서의 전기장을 xz 평면 상에 나타낸 결과를 도시하고 있다.

[0105] 또한, 도 15b는, 140GHz의 주파수에서, 위와 같은 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제2_2 도파관 및 평면형 금속선로(즉, 제2_2 도파관 바깥으로 돌출될 평면형 금속선로 부분)에서의 전기장을 xz 평면 상에 나타낸 결과를 도시하고 있다.

[0106] 구체적으로, 도 15a를 참조하면, 제2_1 도파관에서는 동축선과 유사하게 TEM 모드 신호가 형성됨을 확인할 수 있으며, 도 15b를 참조하면, 제2_2 도파관 및 평면형 금속선로에서는 표면파 모드 신호가 형성됨을 확인할 수 있다.

[0107] 도 16은, 도 13a 및 도 13b에 도시된 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시하고 있다.

[0108] 도 16을 참조하면, 반사 손실이 110GHz 내지 168GHz 대역에서 -10dB 미만이고, 삽입 손실은 140GHz에서 0.55dB인 것을 확인할 수 있다.

[0109] 또한, 도 17a 및 도 17b는, 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기에 따른 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이다.

[0110] 도 17a 및 도 17b를 참조하면, 도 13a 및 도 13b에 도시된 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 제1 도파관에서의 전자기파 모드 신호(TE_{10} 모드)가 제2 도파관을 거쳐 평면형 금속선로에서 표면파 모드 신호로 변환되는 것을 확인할 수 있다.

[0111] 한편, 도 18a 및 도 18b는 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기에 있어서, 금속선로로서 평면형 금속선로(100)를 포함하는 모드 변환기를 개략적으로 도시하는 사시도 및 평면도이다.

[0112] 도 18a 및 도 18b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 모드 변환기는 제1 도파관(10)에 부분적으로 삽입된 평면형 금속선로(100) 및 제2 도파관(200)을 포함할 수 있다.

[0113] 참고로, 도 13a 및 도 14c를 통해 설명한 모드 변환기의 제2_2 도파관(200_2)의 형상은 사각뿔대 형상인 반면에, 도 18a 및 도 18b에서 도시하는 모드 변환기의 제2_2 도파관(200_2)의 형상은 원뿔대 형상인 것을 확인할 수 있다.

[0114] 또한, 도 19a 및 도 19b는 xz 평면에서 바라본 모드 변환기를 개략적으로 도시하고 있다.

[0115] 도 19a 및 도 19b를 참조하면, 점선으로 표시된 박스를 통해서, 평면형 금속선로(100)를 지지하기 위한 제2_1 도파관의 내부의 예시적인 구조를 확인할 수 있다.

[0116] 또한, 도 20a 내지 도 20d는, (i) 제1 도파관 및 프로브, (ii) 제2_1 도파관, (iii) 제2_2 도파관 및 (iv) 평면형 금속선로를 각각 도시하고 있으며, 이에 대한 설명은 위에서 도 14a 내지 도 14d를 참조하여 설명한 내용과 유사하므로, 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0117] 도 21은, 도 18a 및 도 18b에 도시된 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기의 삽입 손실 및 반사 손실을 개략적으로 도시하고 있다.

[0118] 도 21을 참조하면, 반사 손실이 110GHz 내지 170GHz 대역에서 -10dB 미만이고, 삽입 손실은 140GHz에서 0.23dB인 것을 확인할 수 있다.

[0119] 또한, 도 22a 및 도 22b는, 도 18a 및 도 18b에 도시된 평면형 금속선로를 포함하는 모드 변환기에 따른 전기장 분포를 개략적으로 도시한 것이다.

[0120] 도 22a 및 도 22b를 참조하면, 제1 도파관에서의 전자기파 모드 신호(TE_{10} 모드)가 제2 도파관을 거쳐 평면형 금속선로에서의 표면파 모드 신호로 변환되는 것을 확인할 수 있다.

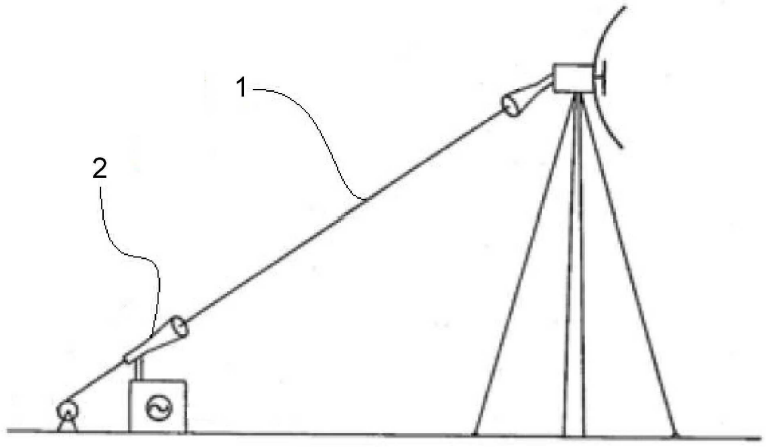
[0121] 지금까지 설명한 모드 변환기는 110GHz 내지 170GHz의 주파수 대역에 적용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 앞서 설명했듯이, 도파관 변환기의 각 부분의 설계의 변경을 통해 다양한 주파수 대역에 적용될 수 있다.

[0122] 이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.

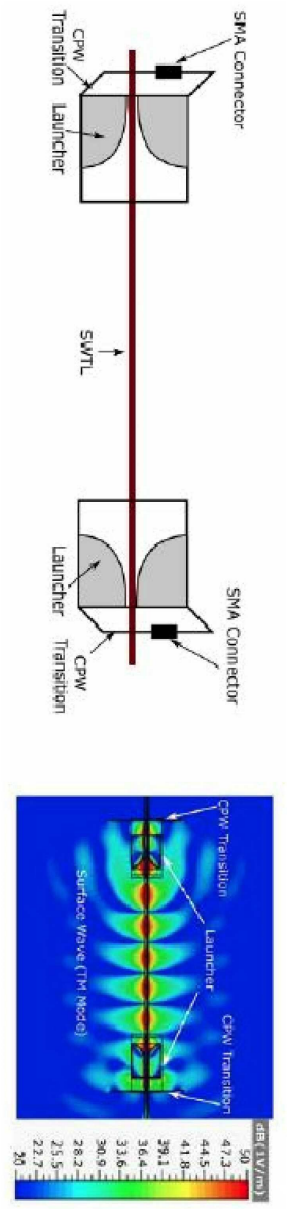
[0123] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1a

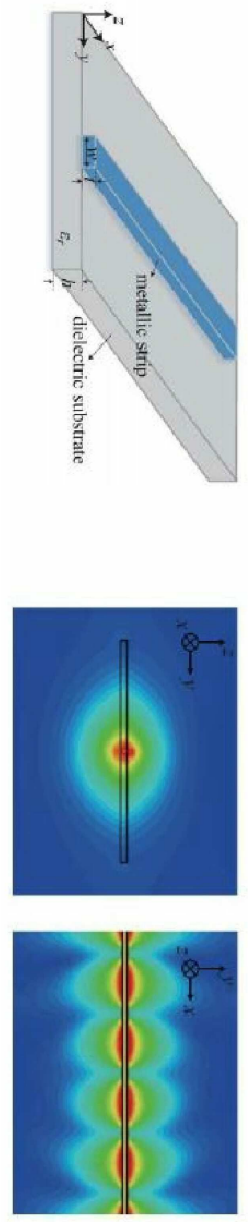


도면1b

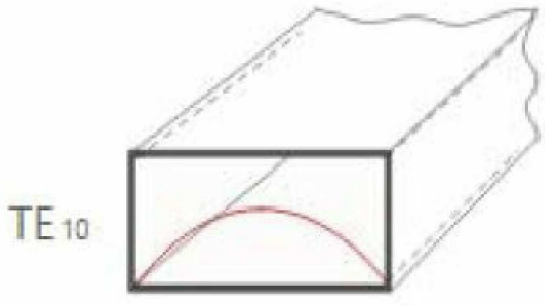

SMA Connector
CPW Transition
Launcher
SWTL
Launcher
CPW Transition
SMA Connector

CPW Transition
Launcher
CPW Transition
Surface Wave (TM Mode)
dB(1V/m)
50
47.3
44.5
41.8
39.1
36.4
33.6
30.9
28.2
25.5
22.7
20

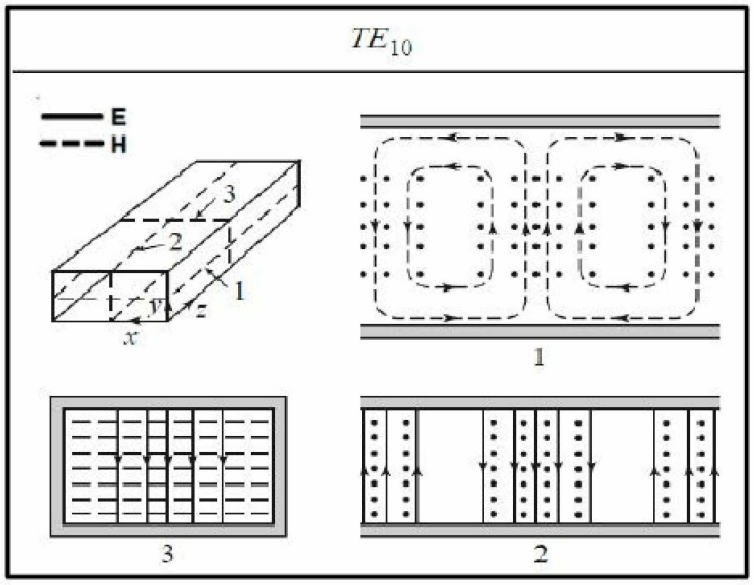
도면1c



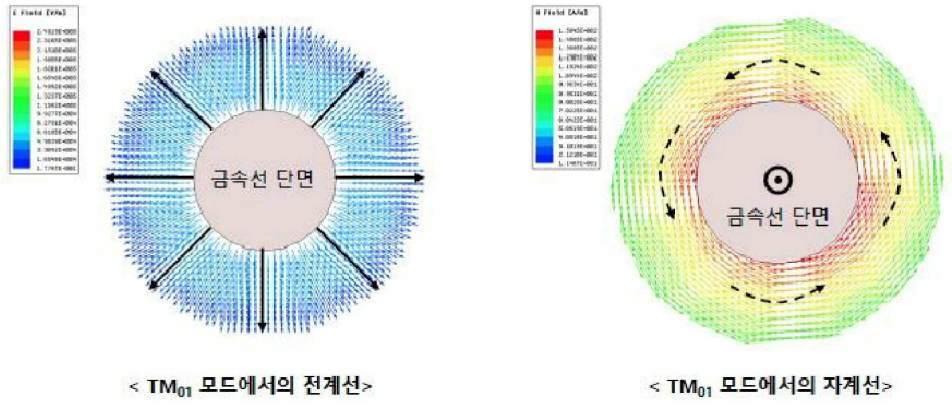
도면2a



도면2b



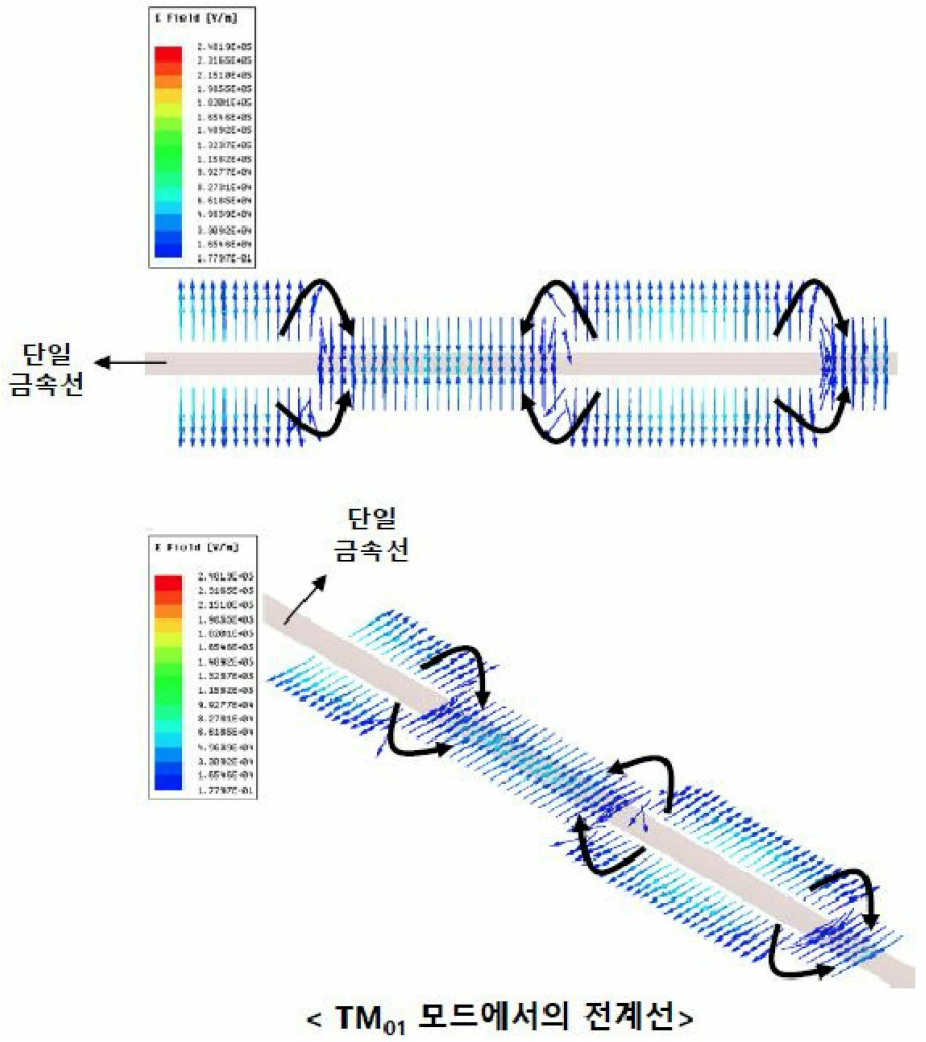
도면3



< TM_{01} 모드에서의 전계선>

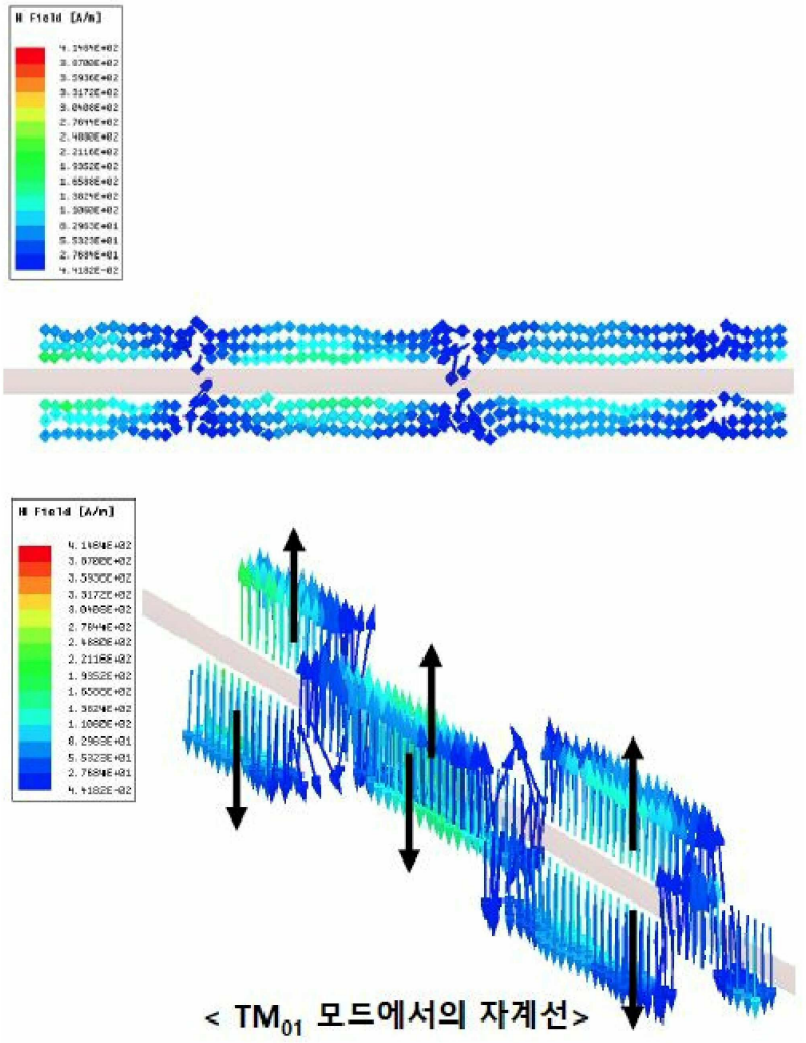
< TM_{01} 모드에서의 자계선>

도면4a



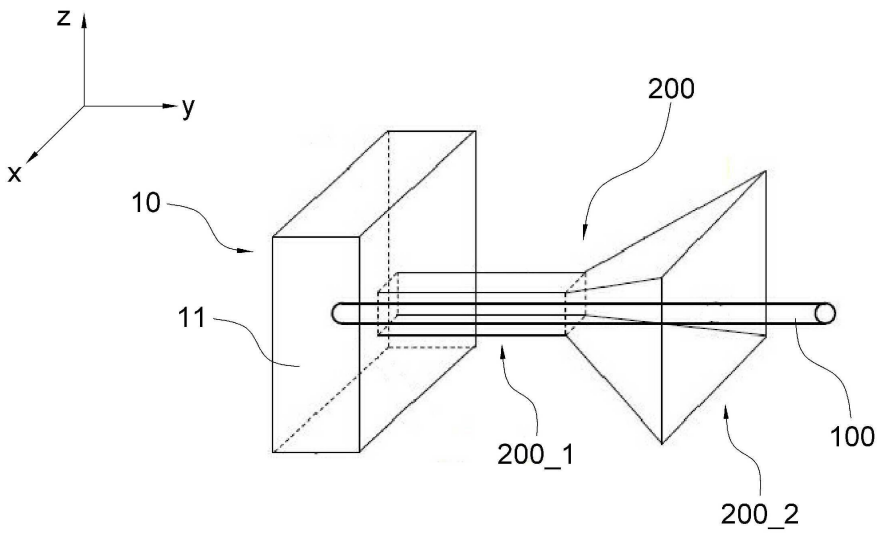
< TM_{01} 모드에서의 전계선>

도면4b

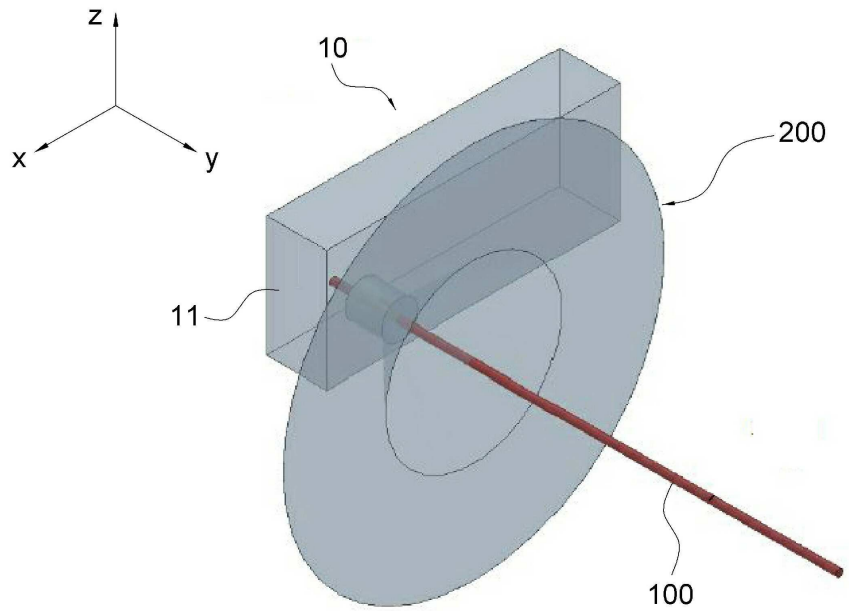


< TM_{01} 모드에서의 자계선>

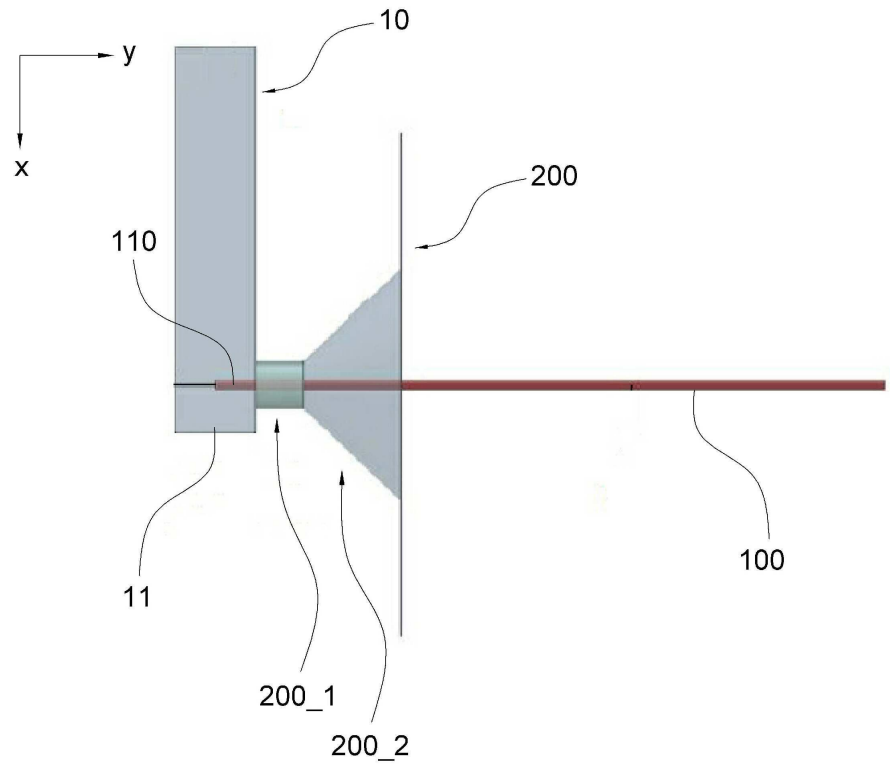
도면5



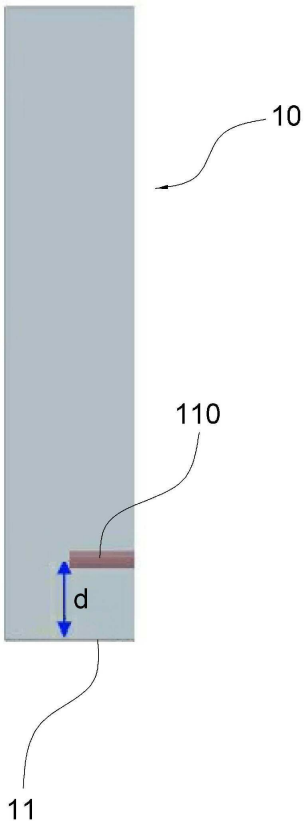
도면6a



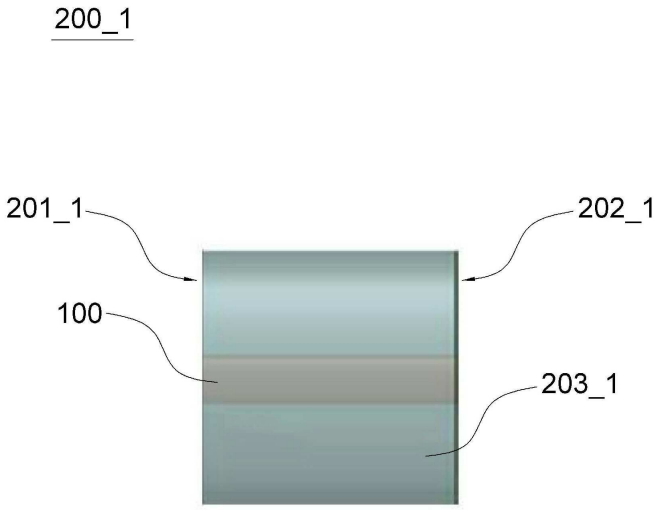
도면6b



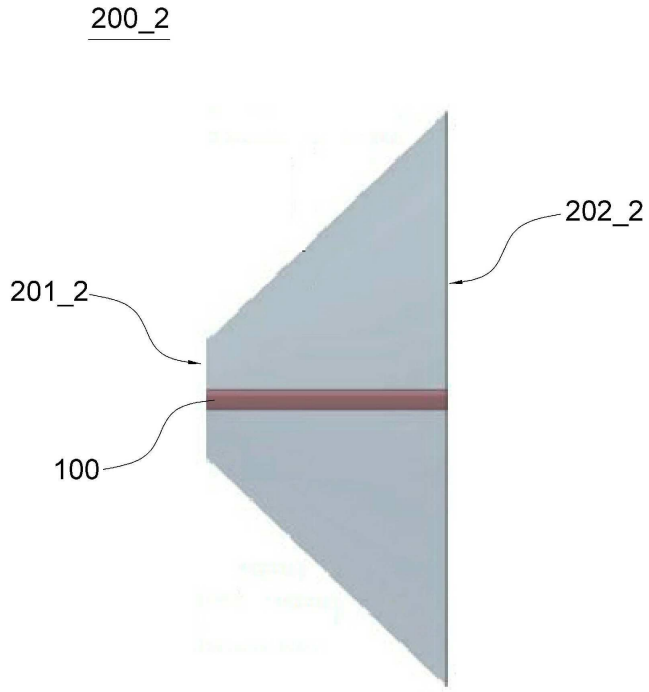
도면7a



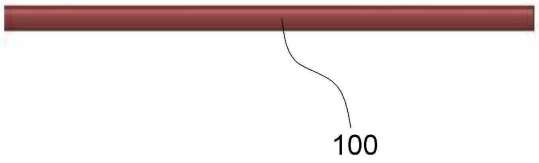
도면7b



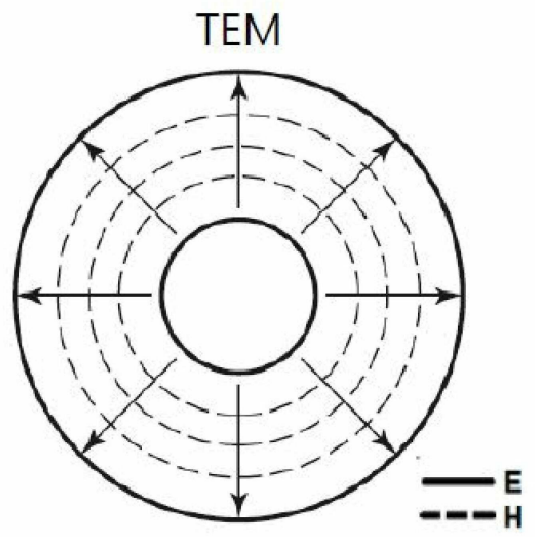
도면7c



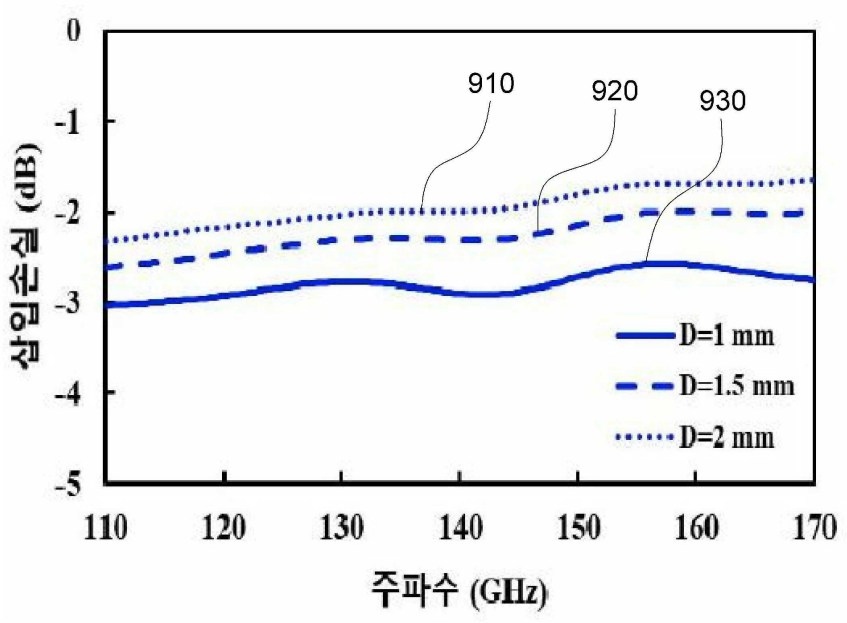
도면7d



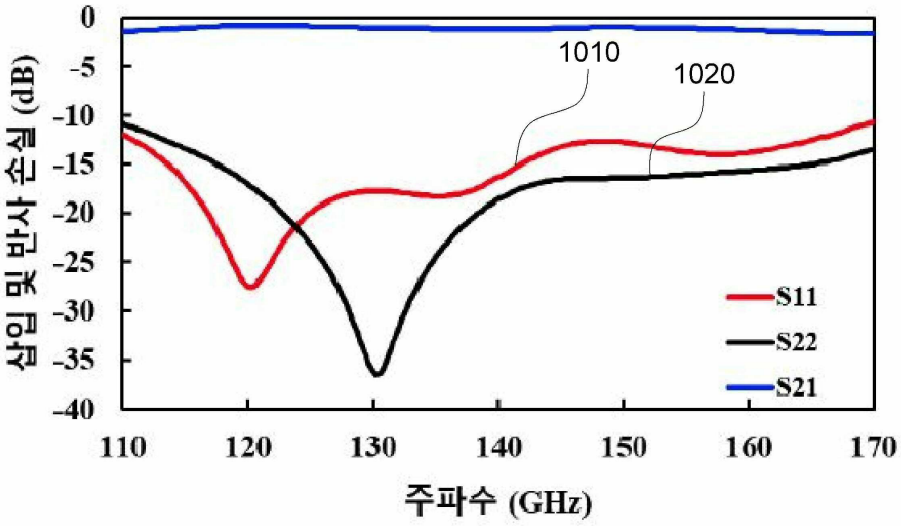
도면8



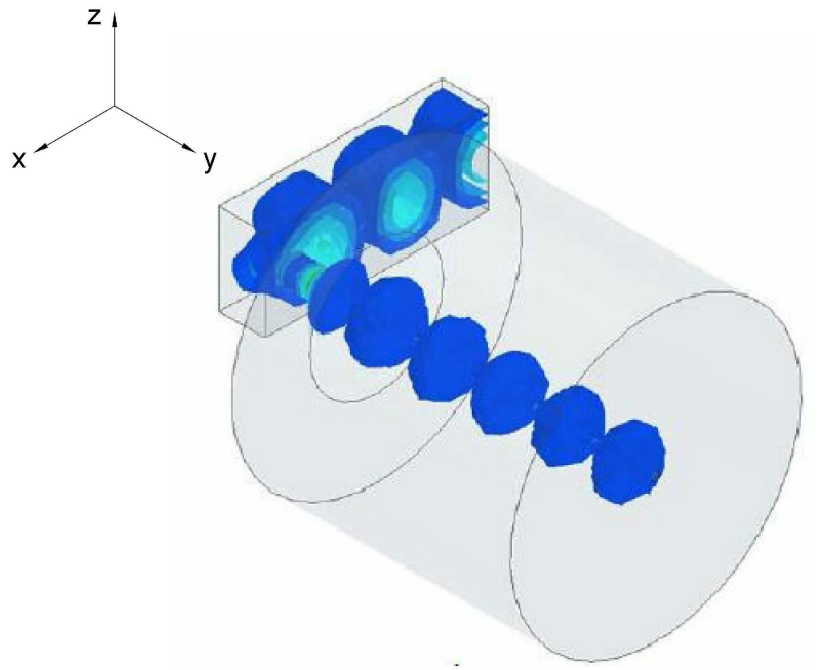
도면9


910
920
930
D=1 mm
D=1.5 mm
D=2 mm
삽입손실 (dB)
주파수 (GHz)

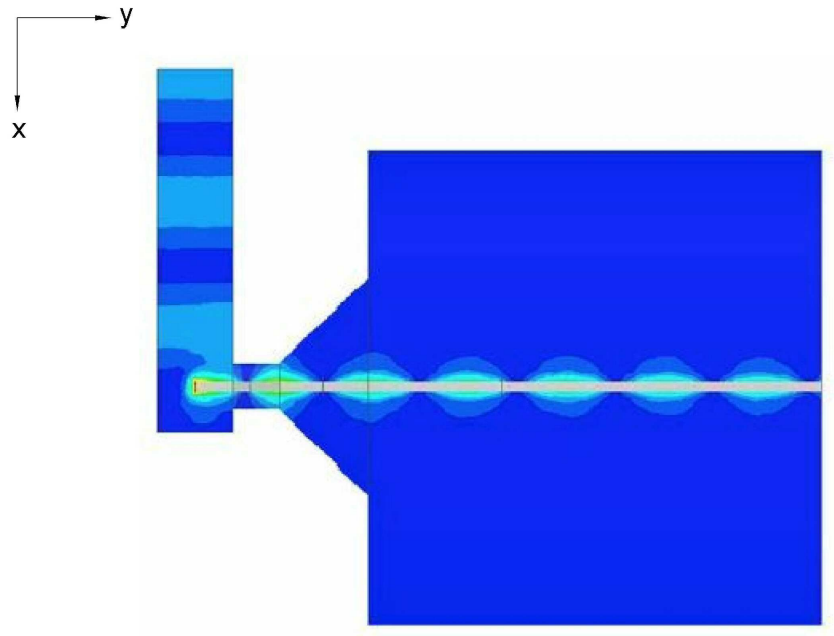
도면10


1010
1020
S11
S22
S21
삽입 및 반사 손실 (dB)
주파수 (GHz)

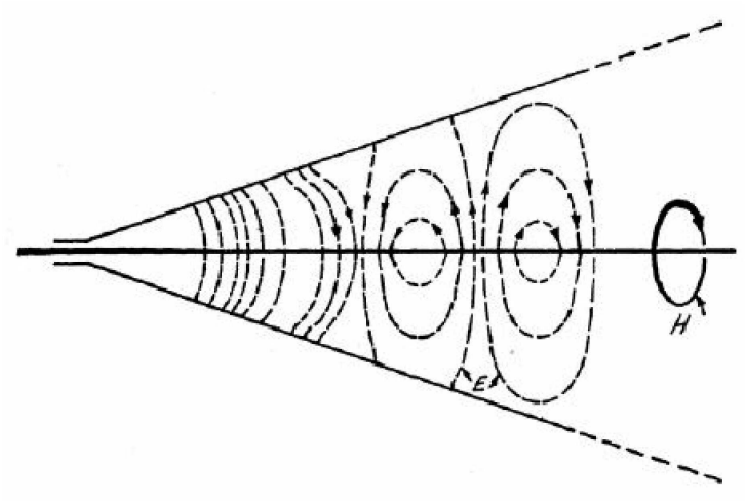
도면11a



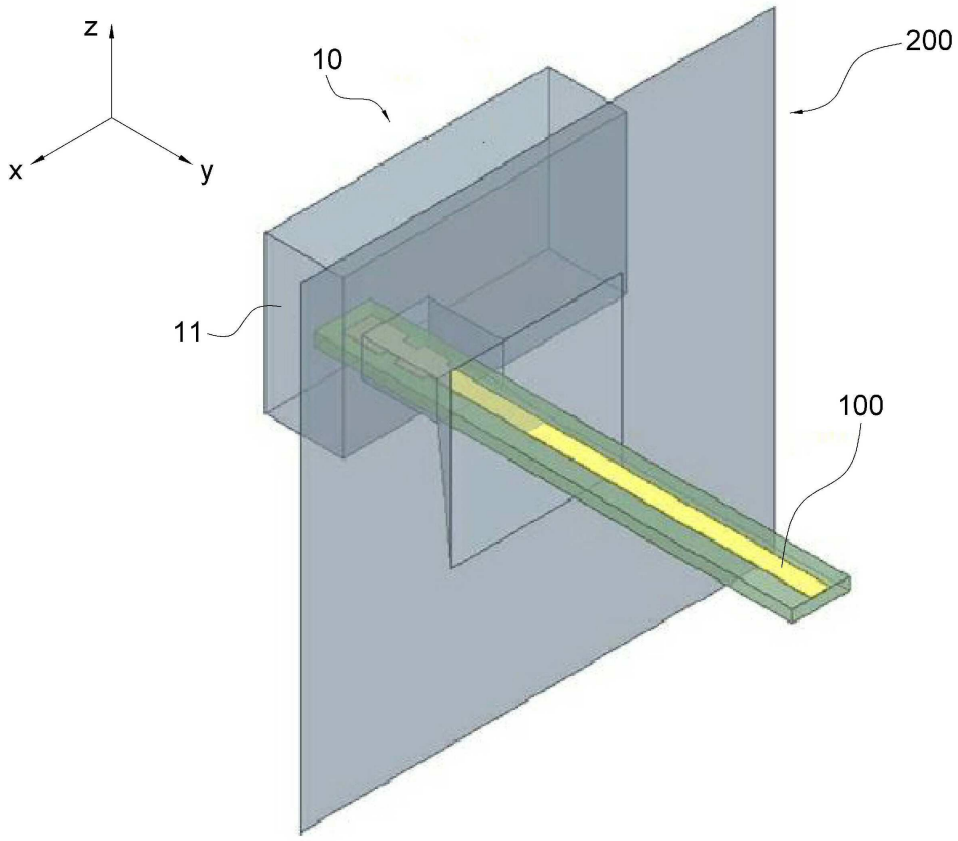
도면11b



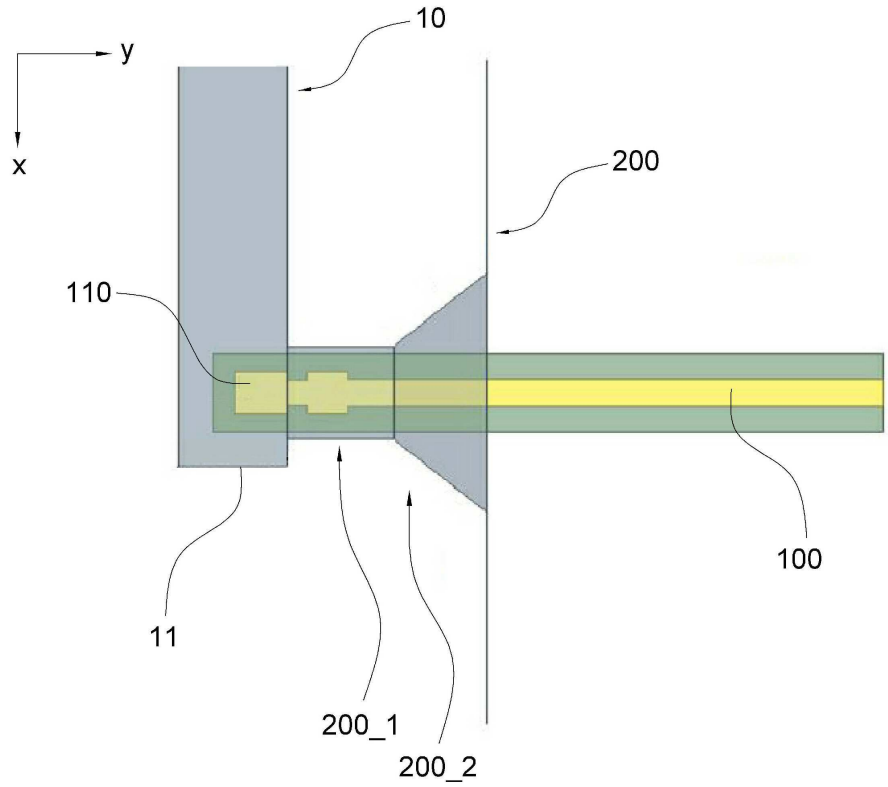
도면12



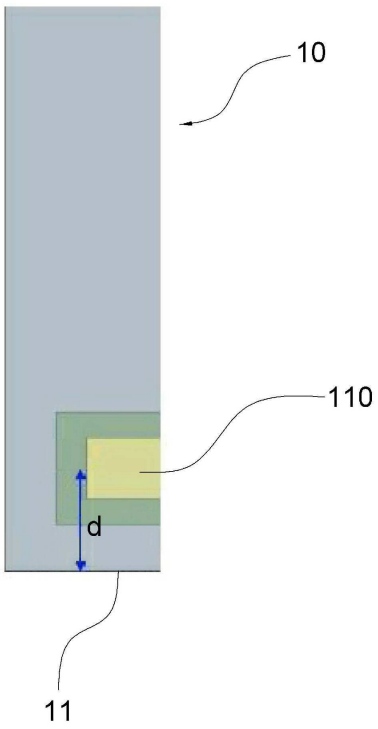
도면13a



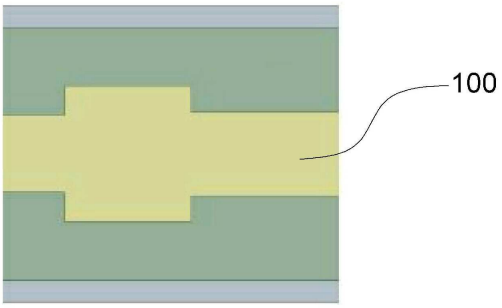
도면13b



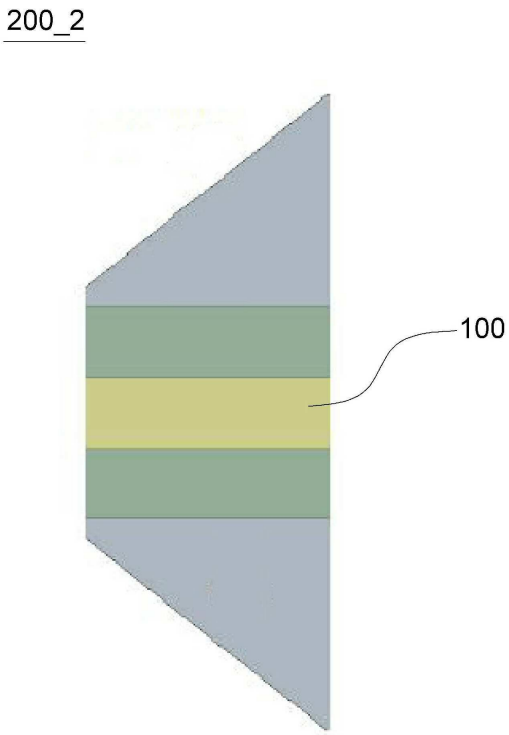
도면14a



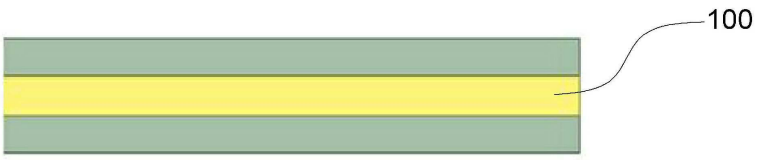
도면14b



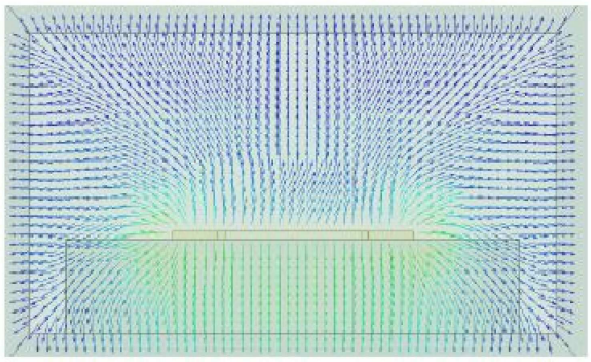
도면14c



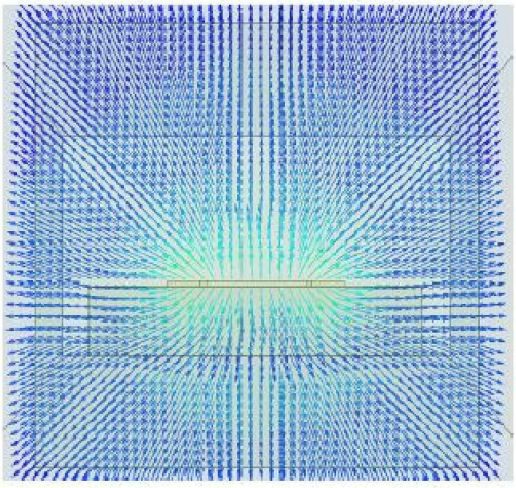
도면14d



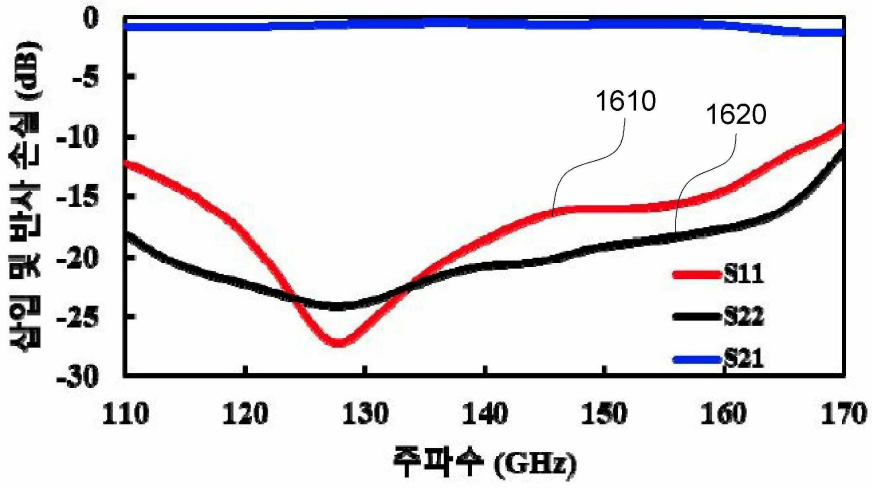
도면15a



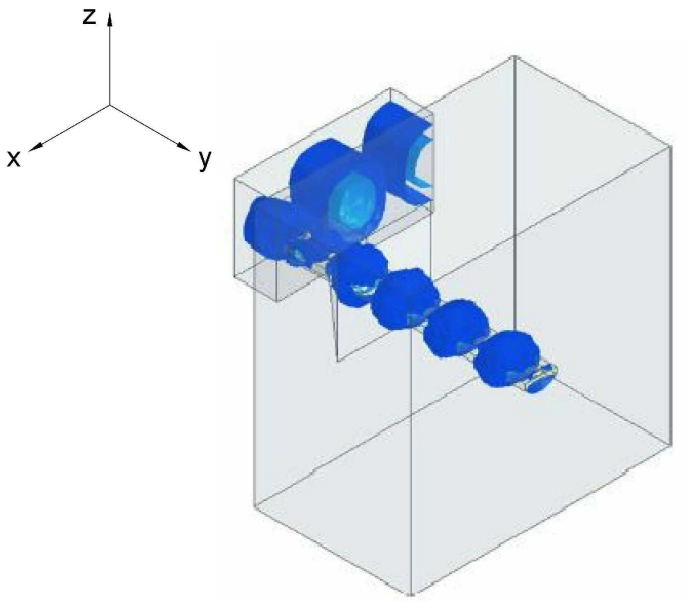
도면15b



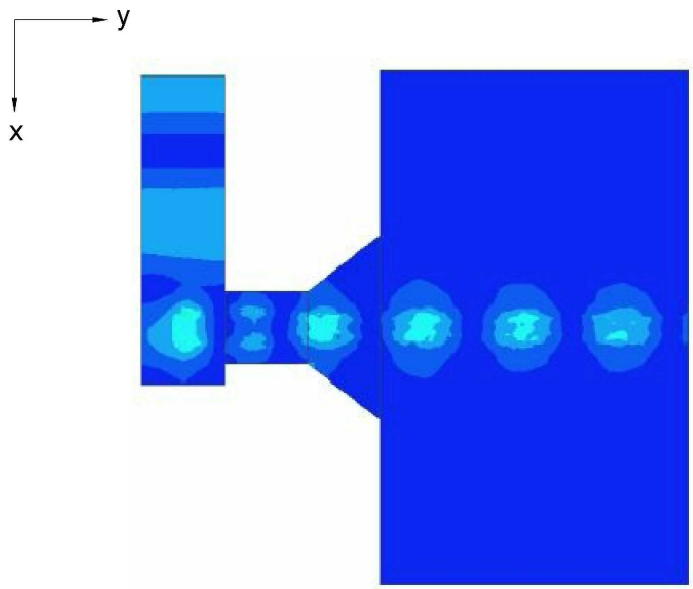
도면16



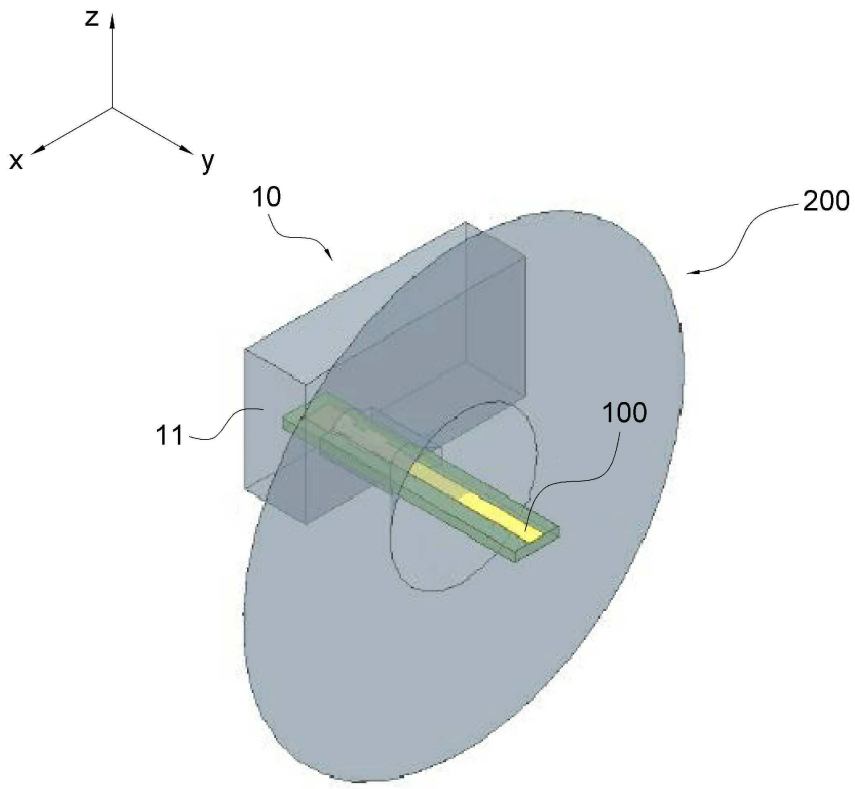
도면17a



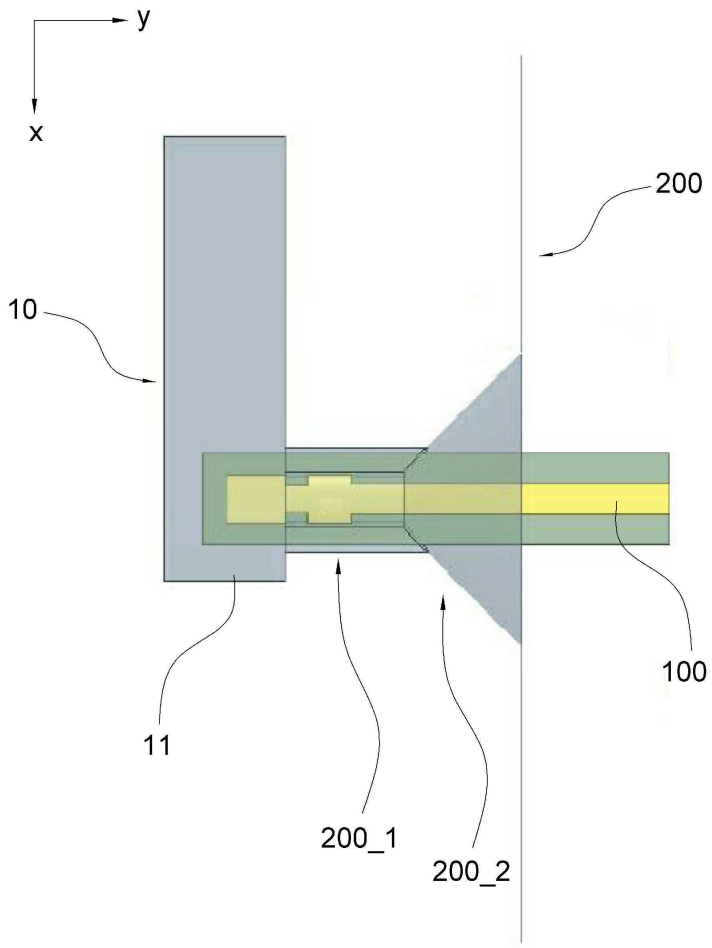
도면17b



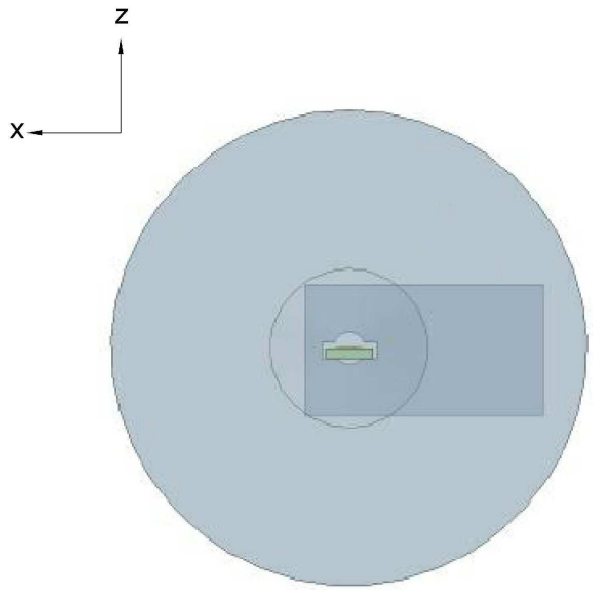
도면18a



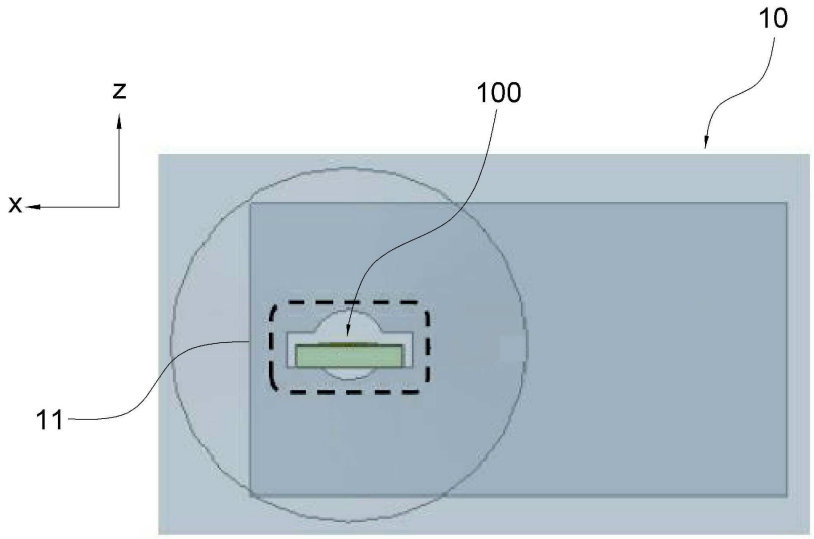
도면18b



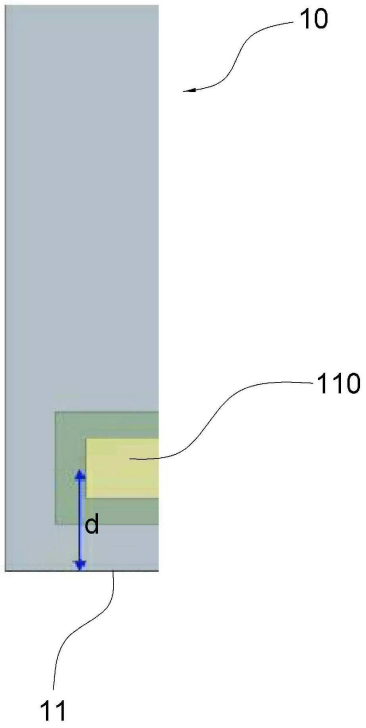
도면19a



도면19b

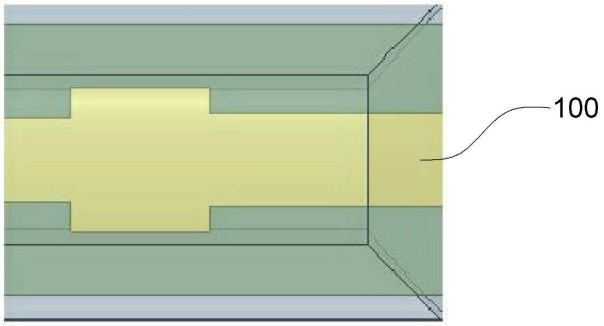


도면20a



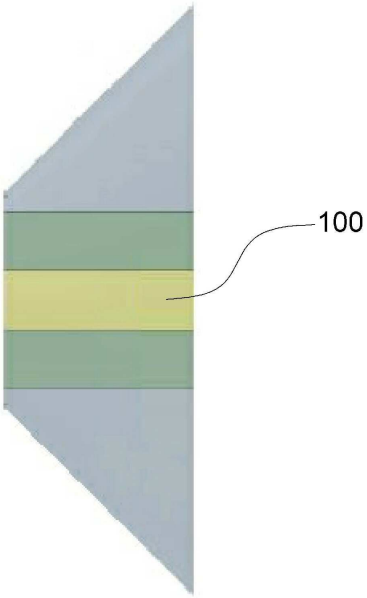
도면20b

200_1

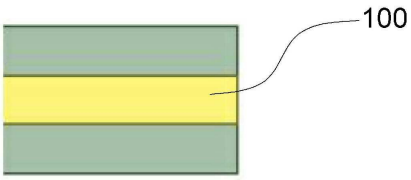


도면20c

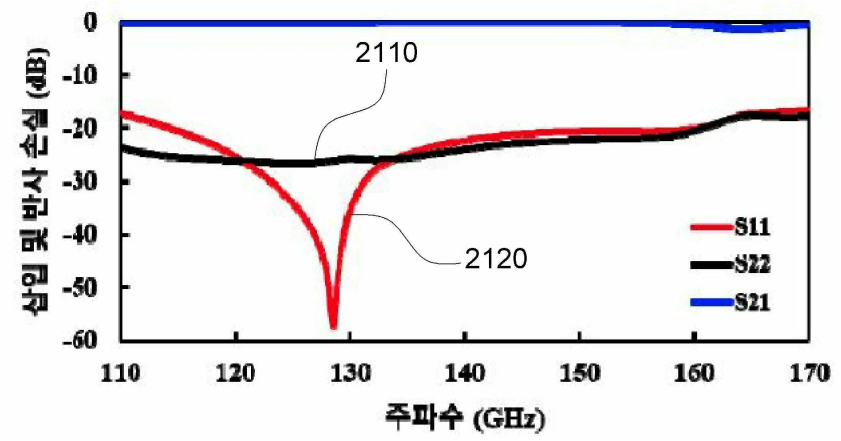
200_2



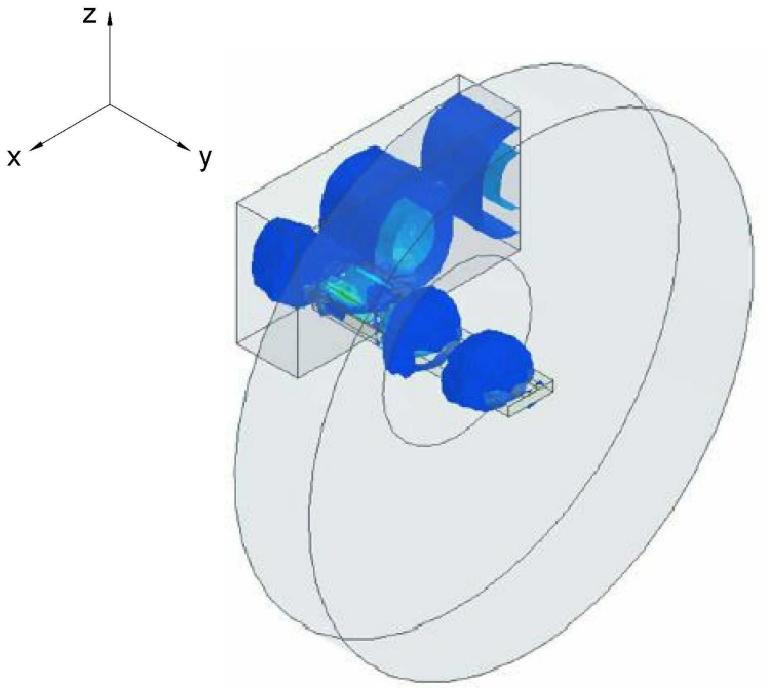
도면20d



도면21


0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
삽입 및 반사 손실 (dB)
110
120
130
140
150
160
170
주파수 (GHz)
2110
2120
S11
S22
S21

도면22a


z
x
y

도면22b

