

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01P 5/18 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년09월19일 10-0623519 2006년09월06일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0029412 2004년04월28일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0104124 2005년11월02일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자                   안달  
  충남 천안시 쌍용2동 1923 용암동아벽산아파트 107동 303호

(72) 발명자                     김철수  
  서울특별시강동구암사동109선사현대아파트109-2501

  김중화  
  경기도하남시창우동은행쌍용아파트120동1703호

  임종식  
  대전광역시 유성구 송강동 199 송강그린아파트 305-706

  안달  
  충남 천안시 쌍용2동 1923 용암동아벽산아파트 107동 303호

(74) 대리인                     이재화

(56) 선행기술조사문헌 JP63263801 A US4677399 A * WO0195426 A1 *	US4376921 A US5075646 A
--	----------------------------

\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 이충근

(54) 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기

요약

본 발명은 우/기 모드의 위상차를 결합선로에 형성된 개방 스텐브(open stub)에 의해 용량성 보상을 실현하여, 삽입손실의 증가 방지와 함께 입사전력의 제어에 영향을 받지 않으며 제작이 편리하고, 재현성이 우수하며 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 관한 것이다.

본 발명은 절연성 재료로 이루어진 기판과, 상기 기판의 일면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지는 주전송선로와, 상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지며 소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향 배치되고, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 결합선로와, 상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1연결부를 통

하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 제1 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제2연결부를 통하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 출구를 향하여 연장 형성된 제2 개방 스테르브로 구성되며, 위상보상용 커패시터는 상기 제1 및 제2 개방 스테르브와 주전송선로 사이의 겹으로 구현되는 것을 특징으로 한다.

**대표도**

도 5

**색인어**

지향성, 방향성 결합기, 마이크로스트립, 위상 보상, 개방 스테르브

**명세서**

**도면의 간단한 설명**

도 1은 일반적인 마이크로스트립 결합선로 구조에서 위상 보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기의 구성도,

도 2a 및 도 2b는 각각 도 1에 도시된 방향성 결합기의 구조를 해석하기 위한 우 모드 및 기 모드 등가회로,

도 3a 및 도 3b는 각각 보상용 커패시터를 갖는 기 모드 등가회로와 이상적인 기 모드 등가회로,

도 4는 2단 비대칭 방향성 결합기의 등가회로,

도 5는 본 발명의 제1실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 1단 마이크로스트립 방향성 결합기의 개략 구성도,

도 6은 본 발명의 제2실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 2단 마이크로스트립 방향성 결합기의 개략 구성도,

도 7은 본 발명의 제3실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 3단 마이크로스트립 방향성 결합기의 개략 구성도,

도 8은 일반적인 구조와 제1실시예의 EM-시뮬레이션 특성 비교 그래프,

도 9는 도 5에 도시된 제1실시예의 특성 측정결과를 나타낸 그래프,

도 10은 일반적인 구조와 제2실시예의 EM-시뮬레이션 특성 비교 그래프,

도 11은 도 6에 도시된 제2실시예의 특성 측정결과를 나타낸 그래프,

도 12는 도 7에 도시된 제3실시예의 특성 측정결과를 나타낸 그래프이다.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호설명 \*

10 ; 기관 11,21,31 ; 주전송선로

11a,21c,31d ; 입구 11b,21d,31e ; 출구

12,22,32 ; 결합선로 12a,12b,22c,22d,32d,32e ; 자유단부

13a,13b,23a-23c,33a-33d ; 개방 스테르브

13c,13d,23d,23e,33e-33g ; 연결부

21a,21b,22a,22b,31a-31c,32a-32c ; 선로부

21e,22e,31f,31g,32f,32g ; 변위부

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 관한 것으로, 특히 우/기 모드의 위상차를 결합선로에 형성된 개방 스텔브(open stub)에 의해 용량성 보상을 실현하여, 삽입손실의 증가 방지와 함께 입사전력의 제어에 영향을 받지 않으며 제작이 편리하고, 재현성이 우수하며 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 관한 것이다.

결합기는 신호의 분배, 모니터링 등 여러가지 곳에서 사용되며, 결합선로 사이의 선로 간격으로 커플링(결합도) 양이 조절되며, 커플링되는 부분의 선로길이를 중심 주파수의  $\lambda/4$ 로 한 것이 가장 기본적인 구성이다. 또한, 결합선로의 특정방향으로는 전력이 전달되지 않는 결합기를 방향성 결합기라 한다.

$\lambda/4$  마이크로스트립(microstrip) 결합선로를 이용한 방향성 결합기는 구현이 용이하고 다른 밀리미터파나 마이크로파 소자와의 결합이 용이하여 널리 사용되어진다. 그러나 마이크로스트립 전송선로는 유전체와 공기층 사이에 존재하는 전송도체의 존재로 인한 이방 특성으로 인하여 결합선로를 구현하였을 때 우 모드(even mode)와 기 모드(odd mode)의 유효 유전율이 달라 각 모드의 위상 전파 속도가 달라 결합선로의 지향 특성을 저하시키는 단점이 발생한다.

일반적으로 지향성(directionality) 특성은 결합도가 작을수록 그리고 유전상수가 증가할수록 나빠진다. 따라서 높은 지향성을 얻기 위해서는 일반적으로 등방성으로 인해 우, 기 모드 위상이 같은 스트립 구조로 방향성 결합기가 제작되어왔다. 그러나 마이크로스트립 구조에 비해 제작이 어렵고, 고비용, 집적화에 단점이 있다.

마이크로스트립 결합선로 구조에서 우, 기 모드의 위상 속도 차를 보상하여 지향성 특성을 향상시키기 위하여 많은 연구가 시도되었다. 튜브모양의 파동형(wiggly) 선로를 사용하는 방법, 이방성 기판을 사용하는 방법, 결합선로의 적절한 위치에 집중소자로 위상 보상용 캐패시터나 인덕터를 사용하는 방법이 연구되어졌다. 또한 강한 결합도와 높은 지향성을 갖기 위하여 동축형(coaxial type)과 리엔트런트 모드(re-entrant mode) 구조 등이 있다. 그러나 이러한 종래 기술은 적절한 설계정보가 부족하고 실제 구현할 때 공정상의 번거로움이 있다.

한편, 한국등록실용신안 제298260호에는 메인 신호선로와 커플러 신호선로에서 서로 평행하게 연장 형성하여 설정 정전용량을 유지할 수 있게 미세선로로 이루어진 정전용량유지부를 형성함에 의해, 집중소자인 커패시터를 실장시에 사용되는 납땜량에 따라 발생하는 정전용량의 편차 문제와 커패시터의 허용오차 문제 및 방향성 커플러의 삽입손실과 반사손실 변화와, 방향성이 저하되는 문제를 해결하려는 통신용 방향성 커플러가 제안되었다.

그러나, 상기 통신용 방향성 커플러는 설정 정전용량을 유지할 수 있게 메인 신호선로와 커플러 신호선로에서 서로 평행하게 연장된 한쌍의 미세선로를  $5\mu\text{m}$  정밀도를 갖는 프린팅 형성과정을 통하여 형성하고 있으나, 상기 미세선로를 일반적인 테프론 기판을 사용하여 구현할 경우 좁은 선폭과 높은 정밀도 요구로 오히려 종래 보다 오차가 더 크게 되고 제작이 어려워지는 문제가 있다.

더욱이, 상기 종래 기술에서는 미세선로가 메인 신호선로로부터 연장 형성되기 때문에 높은 입사 전력이 인가되는 경우 문제가 야기될 수 있는 치명적인 단점이 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명은 이러한 종래기술의 문제점을 감안하여 안출된 것으로, 그 목적은 우/기 모드의 위상차를 결합선로에 형성된 개방 스텔브에 의해 용량성 보상을 실현하여, 삽입손실의 증가 방지와 함께 입사 전력의 제어에 영향을 받지 않으며 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 개방 스텔브의 선폭이 넓기 때문에 제작이 편리하고, 공정 오차가 줄어들며 재현성이 우수한 비대칭형 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공하는 데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 개방 스테르브에 의한 정전용량에 의해 결합도를 증가시킬 수 있고, 개방 스테르브에 의해 결합선로의 길이가 약 10-20% 정도 단축되어 소형으로 제작될 수 있는 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 800MHz 주파수의 디지털 셀룰러 시스템에서부터 2.6GHz 주파수의 DMB(디지털 멀티미디어 방송) 시스템까지를 커버할 수 있는 광대역의 대역폭을 갖는 통합시스템용 다단 방향성 결합기를 제공하는 데 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서, 절연성 재료로 이루어진 기판과, 상기 기판의 일면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와, 상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지며 소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향 배치되고, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와, 상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1연결부를 통하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제2연결부를 통하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 출구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제2 개방 스테르브로 구성되며, 상기 위상보상용 커패시터는 상기 제1 및 제2 개방 스테르브와 주전송선로 사이의 갭으로 구현되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공한다.

본 발명의 제2특징에 따르면, 본 발명은 위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서, 절연성 재료로 이루어진 기판과, 상기 기판의 일면에 각각 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 중간에 위치한 제1변위부를 통하여 후단의 선로부가 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 제1 및 제2 선로부를 가지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와, 상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향 배치되며, 중간에 위치한 제2변위부를 통하여 후단의 선로부가 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 제3 및 제4 선로부를 가지며, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와, 상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 제2변위부로부터 제1변위부에 위치한 단턱 부분을 향하여 직각으로 절곡되어 연장된 제1연결부를 통하여 제2선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제2 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제2선로부를 향하여 연장된 제2연결부를 통하여 제2선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제3개방 스테르브로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공한다.

본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 본 발명은 위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서, 절연성 재료로 이루어진 기판과, 상기 기판의 일면에 각각 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 균일한 길이로 설정된 지점에 위치한 다수의 제1변위부를 통하여 인접한 후단의 선로부가 인접한 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼씩 변위되어 평행하게 연장 형성된 다수의 제1선로부를 가지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와, 상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 각각 소정의 간격과 상기 다수의 제1선로부 각각에 대응하는 결합길이를 갖고 대향 배치되며, 인접한 선로부 사이에 위치한 다수의 제2변위부를 통하여 인접한 후단의 선로부가 인접한 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 다수의 제2선로부를 가지며, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와, 상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1선로부의 최선단 선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 다수의 제2변위부로부터 대응하는 다수의 제1변위부를 향하여 연장된 다수의 연결부를 통하여 제1변위부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 다수의 제2 개방 스테르브와, 상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제1선로부의 최종단 선로부를 향하여 연장된 제2연결부를 통하여 상기 최종단 선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제3 개방 스테르브로 구성되는 것을 특징으로 하는 다단 마이크로스트립 방향성 결합기를 제공한다.

상기 주전송선로의 제1선로부와 제2선로부 사이를 연결하는 제1변위부는 결합선로의 제1선로부와 제2선로부 사이를 연결하는 제2변위부와 대향한 위치에 배치된다.

또한, 상기 각각의 개방 스테르브는 주전송선로와 결합선로 사이의 결합도에 따라 스테르브의 크기와 결합 간격이 반비례한다.

따라서, 상기 개방 스테브는 인접한 선단의 개방 스테브가 인접한 후단의 개방 스테브 보다 더 큰 크기로 설정되는 것이 바람직하다.

상기한 바와 같이 본 발명에서는 마이크로스트립 결합선로의 구조적인 문제점인 우, 기모드 위상속도 차를 줄이기 위하여 위상보상용 커패시터를 개방 스테브를 이용하여 결합선로의 입/출력 단에 구비하는 것에 의해 구현된 커패시터는 기 모드에 영향을 주어 각 모드간의 위상차를 감소시켜 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기 구현이 가능하게 되었다.

또한, 본 발명 구조는 다양한 결합도에서도 적용가능하며 보상 커패시터를 위한 개방 스테브를 주전송선로가 아닌 결합선로에만 구현함에 의해 높은 입사전력에서도 견딜 수 있게 된다.

(실시예)

이하에 상기한 본 발명을 바람직한 실시예가 도시된 첨부도면을 참고하여 더욱 상세하게 설명한다.

이하에서는 먼저 본 발명에 따른 마이크로스트립 방향성 결합기의 설계 방법에 대하여 설명하고, 제작된 제1 내지 제3 실시예의 마이크로스트립 방향성 결합기에 대한 특성을 살펴본다.

첨부된 도 1은 일반적인 마이크로스트립 결합선로 구조에서 우, 기 모드 위상차를 줄여주기 위한 위상 보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기의 구성도, 도 2a 및 도 2b는 각각 도 1에 도시된 방향성 결합기의 구조를 해석하기 위한 우 모드 및 기 모드 등가회로이다.

스트립 결합선로의 경우 우, 기 모드의 유효 유전상수가 같다. 그러나 도 1과 같은 일반적인 마이크로스트립 결합선로의 경우 우 모드(even mode) 유효 유전상수가 기 모드(odd mode) 보다 크다. 즉, 유효 유전상수의 차만큼 전파상수가 달라져 지향성 특성을 저하시킨다. 각 모드의 유효 유전상수 차를 줄이기 위해 도 1과 같이 위상 보상용 커패시터(C)를 마이크로스트립 결합선로(1,2) 사이에 달아주었다.

도 1의 구조를 해석하기 위하여 도 2a 및 도 2b의 우, 기 모드의 등가회로를 이용한 우, 기 모드 해석방법을 사용하였다.

도 2a 및 도 2b의 각 모드에서의 ABCD-파라미터를 구해보면 다음 수학적 식 1 및 수학적 식 2와 같다. 아래의 수학적 식 1의 우 모드에서는 일반적인 우 모드의 경우와 같으므로 보상용 커패시터의 영향이 없다. 반면에 수학적 식 2의 기 모드의 경우에는 보상용 커패시터에 의해 파라미터가 변화되어진다.

$$\begin{aligned} & \text{수학적 식 1} \\ & \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_e = \begin{pmatrix} \cos\theta_e & jZ_{oe} \sin\theta_e \\ jY_{oe} \sin\theta_e & \cos\theta_e \end{pmatrix} \\ & \text{수학적 식 2} \\ & \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_o = \begin{pmatrix} \cos\theta_o - Z_{oo} 2\omega C \sin\theta_o & jZ_{oo} \sin\theta_o \\ j(4\omega C \cos\theta_o + (Y_{oo} - Z_{oo}(2\omega C)^2) \sin\theta_o) & \cos\theta_o - 2\omega C Z_{oo} \sin\theta_o \end{pmatrix} \end{aligned}$$

상기 식에서  $\theta_e$ 는 마이크로스트립 선로(1)의 전기적 길이이고,  $Y_{oe}$  및  $Y_{oo}$ 는 각각 우 모드 및 기 모드의 어드미턴스,  $Z_{oe}$  및  $Z_{oo}$ 는 우 모드 및 기 모드 특성임피던스이다.

따라서, 도 3a와 같이 보상용 커패시터를 갖는 기 모드의 등가회로가 도 3b와 같이 이상적인 기 모드와 등가 관계가 된다 면 우, 기 모드의 위상차를 같게 할 수 있다. 즉, 도 3a의 기 모드 특성은 도 3b와 같이 우 모드의 위상특성과 원하는 기 모드 특성임피던스가 같아야 한다. 하기 수학적 식 3은 이상적인 기 모드의 ABCD-파라미터이다.

수학식 3

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}_{oi} = \begin{pmatrix} \cos\theta_e & jZ_{ooi} \sin\theta_e \\ jY_{ooi} \sin\theta_e & \cos\theta_e \end{pmatrix}$$

여기서,  $Z_{ooa}$ 는 실제 기 모드 특성임피던스(actual odd mode characteristic impedance),  $Z_{ooi}$ 는 이상적인 기 모드 특성 임피던스(ideal odd mode characteristic impedance)이고,  $Y_{ooi}$ 는 이상적인 어드미턴스이다.

위와 같은 등가관계를 만족하는 조건에 의해 각 파라미터를 추출할 수 있다. 먼저 수학식 2와 수학식 3에서 등가관계를 만족하려면 수학식 2 및 수학식 3의 A항과 B항을 서로 동일하게 놓을 수 있고, 중심주파수를 우 모드에서  $\lambda/4$ 를 갖는 것으로 가정하면(즉,  $\theta_e = \pi/2$ ), 보상용 커패시터의 값은 하기 수학식 4와 같이 구하여진다.

수학식 4

$$C = \frac{\cos\theta_o}{2\omega Z_{ooi}}$$

여기서, 
$$\theta_o = \frac{2\pi}{\lambda g_o} l = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_{effo}}{\epsilon_{effe}}}$$

$\epsilon_{effo}$ 는 기 모드 유효 유전율(effective permittivity of odd mode),

$\epsilon_{effe}$ 는 우 모드 유효 유전율(effective permittivity of even mode)이다.

그러므로 최종적인 용량값(C)과 실제 기 모드 특성 임피던스( $Z_{ooa}$ )는 다음 수학식 5 및 수학식 6과 같이 구하여진다.

수학식 5

$$C = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_{effo}}{\epsilon_{effe}}}\right)}{2Z_{ooi}\omega}$$

수학식 6

$$Z_{ooa} = \frac{2Z_{ooi}}{\sqrt{1 - \left(\cos\left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_{effo}}{\epsilon_{effe}}}\right)\right)^2}}$$

상기와 같은 보상방법은 다단 방향성 결합기에도 적용 될 수 있다. 도 4는 2단 비대칭 방향성 결합기의 등가회로이다. 각 단의 이상적인 우, 기 모드 임피던스( $Z_{oe1}$ ,  $Z_{oo1}$ ,  $Z_{oe2}$ ,  $Z_{oo2}$ )는 주지된 참고문헌으로부터 구할 수 있으며, 위에서 구한 위상 보상방법을 적용하였다. 도 4에서  $\theta_1$  및  $\theta_2$ 는 예를들어, 후술하는 도 6에 도시된 제1 및 제2 선로부(21a, 21b)의 전기적 길이를 가리킨다.

이러한 방법의 타당성을 검증하기 위해 1단-3단 까지 20dB의 결합도를 갖는 비대칭 방향성 결합기를 각각 도 5 내지 도 7과 같이 구현하였다.

도 5는 본 발명의 제1실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 1단 마이크로스트립 방향성 결합기의 개략 구성도로서, 제1실시예는 마이크로스트립 결합기 구조에서 우, 기 모드의 위상차를 줄여주기 위하여 위상 보상용 커패시터를 집중소자가 아닌 평면형의 분포소자, 즉 개방 스테브를 이용하여 구현하였다.

즉, 제1실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 1단 마이크로스트립 방향성 결합기는 예를들어, 테프론과 같은 절연성 재료로 이루어진 기판(10)의 일면에 직선형태의 도전성 마이크로스트립으로 이루어진 주전송선로(11)와, 상기 주전송선로(11)와

소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향하며, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡된 결합선로(12)가 도전성 마이크로스트립에 의해 형성되어 있고, 결합선로(12)의 각 절곡부에는 각 연결부(13c,13d)를 통하여 주전송선로(11)와 평행하게 주전송선로(11)의 입구(11a)와 출구(11b)를 향하여 직사각형 형태의 제1 및 제2 개방 스테르브(13a,13b)가 연장되어 있다.

상기 제1실시예에서는 제1 및 제2 개방 스테르브(13a,13b)가 결합선로(12)와 함께 결합선로 부분을 형성하기 때문에, 결합선로(12)의 길이는 결합도와 개방 스테르브의 값에 따라 다르나 일반적인 경우에 설정되는 중심주파수의  $\lambda/4$  보다 약 10~20% 정도 단축된 길이로 형성될 수 있다.

상기 주전송선로(11)의 입구(11a)와 출구(11b)에는 각각 도시되지 않은 입력포트와 출력포트가 연결되고, 결합선로(12)의 일측 및 타측 자유단부(12a,12b)에는 각각 도시되지 않은 결합포트 및 격리포트가 연결된다.

이 경우 보상용 커패시터(C)는 상기 수학식 5에 의해 구해진 값에 기초하여 제1 및 제2 개방 스테르브(13a,13b)와 주전송선로(11) 사이의 갭으로 구현된다.

상기와 같이 구성된 본 발명의 용량성 보상을 갖는 1단 마이크로스트립 방향성 결합기는 입력포트를 통하여 주전송선로(11)의 입구(11a)에 마이크로전자파가 인가되면 주전송선로(11)를 통해 전달되며, 그중 소정의 전력은 결합선로(12)와의 결합량에 따라 결합선로(12)로 분기되고, 그 나머지 출력은 출구(11b)를 통하여 출력포트로 출력된다.

이 경우 주전송선로(11)의 입/출력단에 결합선로(12)로부터 연장된 제1 및 제2 개방 스테르브(13a,13b)를 구비함에 의해 위상 보상용 커패시터(C)를 제1 및 제2 개방 스테르브(13a,13b)와 주전송선로(11) 사이의 갭으로 간단하고 편리하게 구현된다. 그 결과 결합선로(12)로 분기되는 분기된 신호는 우,기 모드의 위상 속도차가 보상되어 25DB 이상의 지향성 특성을 갖는 분기신호가 결합포트로부터 출력된다.

한편, 본 발명의 제2실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 2단 마이크로스트립 방향성 결합기는 도 6과 같이 주전송선로(21)와 결합선로(22) 사이의 선로 결합부분을 보다 효율적으로 배치하여 가능한 한 결합기의 폭이 증가하는 것을 줄이도록 하였다.

이를 위해 주전송선로(21)는 절연성 재료로 이루어진 기관(20)의 일면에 직선형태의 제1선로부(21a)와, 제1선로부(21a)의 일단으로부터 소정 간격만큼 상측방향으로 변위되어 제1선로부(21a)와 평행하게 연장 형성된 제2선로부(21b)로 구성되고, 이들 양단의 입구(21c)와 출구(21d)에는 입력포트와 출력포트(도시 생략함)가 연결된다.

또한, 결합선로(22)는 상기 주전송선로(21)의 제1선로부(21a)와 소정의 간격을 두고 평행하게 배치된 제1선로부(22a)와, 제1선로부(22a)의 일단으로부터 소정 간격만큼 상기 주전송선로(21)의 제2선로부(21b)와 반대로 하측방향으로 변위되어 제1선로부(22a)와 평행하게 연장 형성된 제2선로부(22b)를 구비하고 있고, 제1선로부(22a)와 제2선로부(22b)의 양단부로부터 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부(22c,22d)에는 각각 결합포트 및 격리포트(도시 생략함)가 연결된다.

상기 주전송선로(21)의 제1선로부(21a)와 제2선로부(21b) 사이를 연결하는 변위부(21e)는 결합선로(22)의 제1선로부(22a)와 제2선로부(22b) 사이를 연결하는 변위부(22e)와 대향한 위치에 배치되는 것이 바람직하다.

또한, 도 4에 도시된 2단 비대칭 방향성 결합기에 대한 등가회로와 같이 보상용 커패시터(C1-C3)를 구현하기 위한 제1 내지 제3 개방 스테르브(23a-23c)는 먼저 전단측 절곡부로부터 주전송선로(21)의 입구(21c)를 향하여 제1선로부(21a)와 평행하게 소정 간격을 두고 일정한 길이를 갖는 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브(23a)가 연장 형성되고, 결합선로(22)의 변위부(22e)로부터 주전송선로(21)의 단턱 부분을 향하여 직각으로 절곡되어 연장된 제1연결부(23d)를 통하여 제2선로부(21b)와 평행하게 직사각형 형태의 제2 개방 스테르브(23b)가 연결되며, 후단측 절곡부로부터 주전송선로(21)의 제2선로부(21b)를 향하여 연장된 제2연결부(23e)를 통하여 제2선로부(21b)와 평행하게 소정 간격을 두고 일정한 길이를 갖는 직사각형 형태의 제3 개방 스테르브(23c)가 연장 형성되어 있다.

상기한 본 발명의 방향성 결합기에서는 각 개방 스테르브의 모양이 직사각형 형태의 선형으로 이루어진 것을 예시하였으나, 각 개방 스테르브의 모양은 이에 한정되어야 하는 것은 아니고 필요한 정전용량만 구현할 수 있는 것이라면 어떤 형태의 것도 가능하다.

즉, 마이크로스트립 방향성 결합기에서 높은 지향성을 갖기 위해서 입출력단에 정전용량을 구현해주면 우,기 모드의 위상차를 줄여주는 효과가 있다. 그런데 이론적으로 결합도가 큰 곳에서는 좀더 큰 정전용량을 요구하고, 약한 결합도를 갖는 곳에서는 작은 정전용량이 필요하다.

제2실시예에 따른 2단 방향성 결합기 또는 후술하는 제3실시예에 따른 3단 방향성 결합기의 경우 주전송선로와 결합선로 사이의 결합도는 공간상 이유로 인하여 제1단의 선로부를 가장 크게 설정하는 것이 필요하다.

따라서, 제1 개방 스테브(23a)의 결합도가 가장 크므로 큰값의 커패시턴스가 필요하기 때문에, 스테브의 크기와 주전송선로(21)와의 간격은 제2 및 제3 개방 스테브(23b,23c)가 제1 개방 스테브(23a) 보다 점차적으로 작아지고 멀어지게 설계하는 것이 요구된다. 후술하는 제3실시예에 따른 3단 방향성 결합기의 경우도 개방 스테브의 모양은 다소 다르지만 앞의 개념이 동일하게 적용된다.

한편, 본 발명의 제3실시예에 따른 용량성 보상을 갖는 3단 마이크로스트립 방향성 결합기는 제2실시예의 2단 방향성 결합기와 유사하게 추가로 1단이 확장된다.

즉, 도 7과 같이 주전송선로(31)와 결합선로(32) 사이의 선로 결합부분을 보다 효율적으로 배치하여 가능한 한 결합기의 폭이 증가하는 것을 줄이도록 한 설계개념은 제2실시예와 동일하다.

이를 위해 주전송선로(31)는 절연성 재료로 이루어진 기관(30)의 일면에 직선형태의 제1선로부(31a)와, 제1선로부(31a)의 일단으로부터 소정 간격만큼 상측으로 변위되어 제1선로부(31a)와 평행하게 연장 형성된 제2선로부(31b), 및 제2선로부(31b)의 일단으로부터 소정 간격만큼 상측으로 변위되어 제2선로부(31b)와 평행하게 연장 형성된 제3선로부(31c)로 구성되고, 이들 양단의 입구(31d)와 출구(31e)에는 입력포트와 출력포트(도시 생략함)가 연결된다.

또한, 결합선로(32)는 상기 주전송선로(31)의 제1선로부(31a)와 소정의 간격을 두고 평행하게 배치된 제1선로부(32a)와, 제1선로부(32a)의 일단으로부터 소정 간격만큼 상기 주전송선로(31)의 제2선로부(31b)와 반대로 하측방향으로 변위되어 제1선로부(32a)와 평행하게 연장 형성된 제2선로부(32b), 및 제2선로부(32b)의 일단으로부터 소정 간격만큼 하측방향으로 변위되어 제2선로부(32b)와 평행하게 연장 형성된 제3선로부(32c)를 구비하고 있고, 제1선로부(32a)와 제3선로부(32c)의 양단부로부터 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부(32d,32e)에는 각각 결합포트 및 격리포트(도시 생략함)가 연결된다.

또한, 상기 주전송선로(31)의 제1선로부(31a)와 제2선로부(31b) 사이를 연결하는 제1변위부(31f)와 제2선로부(31b)와 제3선로부(31c) 사이를 연결하는 제2변위부(31g)는 결합선로(32)의 제1선로부(32a)와 제2선로부(32b) 사이를 연결하는 제3변위부(32f)와 제2선로부(32b)와 제3선로부(32c) 사이를 연결하는 제4변위부(32g)와 각각 대향한 위치에 배치되는 것이 바람직하다.

또한, 3단 비대칭 방향성 결합기에 대한 보상용 커패시터를 구현하기 위한 제1 내지 제4 개방 스테브(33a-33d)는 먼저 전단측 절곡부로부터 주전송선로(31)의 입구(31d)를 향하여 제1선로부(31a)와 평행하게 소정 간격을 두고 일정한 길이를 갖는 직사각형 형태의 제1 개방 스테브(33a)가 연장 형성되고, 결합선로(32)의 제1변위부(32f)로부터 주전송선로(31)의 단턱 부분을 향하여 직각으로 절곡되어 연장된 제1연결부(33e)를 통하여 제2선로부(31b)와 평행하게 직사각형 형태의 제2 개방 스테브(33b)가 연장 형성되며, 제2변위부(32g)로부터 주전송선로(31)의 제2선로부(31b)를 향하여 연장된 제2연결부(33f)를 통하여 제2선로부(31b)와 평행하게 소정 간격을 두고 일정한 길이를 갖는 직사각형 형태의 제3 개방 스테브(33c)가 연결되고, 후단측 절곡부로부터 주전송선로(31)의 제3선로부(31c)를 향하여 연장된 제3연결부(33g)를 통하여 제3선로부(31c)와 평행하게 소정 간격을 두고 일정한 길이를 갖는 직사각형 형태의 제4 개방 스테브(33d)가 연장 형성되어 있다.

상기 제3실시예에 따른 3단 방향성 결합기에서도 제1 개방 스테브(33a)의 결합도가 가장 크고 순차적으로 작아지므로, 스테브의 크기와 주전송선로(31)와의 간격은 제2 내지 제4 개방 스테브(33b-33d)가 제1 개방 스테브(33a) 보다 점차적으로 작아지고 멀어지게 설정된다.

상기 제2 및 제3 실시예와 같이 단수가 2단, 3단으로 증가하면 통과대역폭이 넓어지게 된다. 따라서, 만약에 어떤 시스템, 예를 들자면 PCS 시스템에만 적용된다면 1단 방향성 결합기뿐만도 대역폭이 충분하다.

그러나, 중계기 설치비용 감소, 기지국 운영비 절감 등 여러 가지 이유로 시스템 통합을 하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 셀룰라 시스템부터 DMB 시스템까지 커버할 수 있는 주파수 대역(800MHz-2.6GHz)의 통합시스템에서는 3-4단의 다단 방향성 결합기가 필요하다.

그러나 마이크로웨이브, RF에서는 광대역으로 작동하는 시스템이 일반적으로 매우 어려워 고가의 가격대를 이루고 있다. 따라서, 광대역을 커버하기 위해서 다단 방향성 결합기에 적용할 수 있는 본 발명의 개념은 저가로 이를 구현하는 것이 가능하여 매우 유용하게 된다.

[실시예 1~실시예 3 및 비교예 1~비교예 3]

상기와 같이 구성된 본 발명의 제1 내지 제3 실시예에 대한 작용효과를 조사하기 위하여 하기와 같이 시뮬레이션 및 샘플을 제작하여 특성을 측정하였다.

먼저 제1실시예에서 보상용 커패시터(C)는 상기 수학식 5에 의해 구해진 값에 기초하여 제1 및 제2 개방 스테브(13a,13b)와 주 전송선로(11) 사이의 갭으로 구현되며, 보상 커패시터(C)를 구현하기 위한 개방 스테브의 크기는 EM-시뮬레이터를 이용하여 구하였다. 시뮬레이션 및 샘플 제작에 사용된 기판은 두께 31mil, 비유전상수는 2.5이고 주전송선로(11)와 결합선로(12)의 폭(W)은 각각 W=2.15mm, 주전송선로(11)와 결합선로(12) 사이의 간격(s)은 s=1.0mm로 설정하였고, 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하였다. 결합도는 20dB로 설정하였고, 결합기의 단수는 도 5 내지 도 7과 같이 각각 1단-3단까지 구현하였다.

도 8은 1단 방향성 결합기의 일반적인(Conventional) 종래 구조(비교예 1)와 제1실시예 구조에 대한 EM-시뮬레이션 결과이다. 특히 격리도 특성이 크게 개선되었음을 볼 수 있다.

도 9는 도 5에 도시된 제1실시예에 따른 1단 방향성 결합기 샘플의 특성 측정결과이다. 19.8dB의 결합도(Coupling)와 통과대역(1.6GHz-2.0GHz)에서 격리도(Isolation)는 -50dB 이하, 삽입손실(Insertion Loss)은 0.12dB 이하의 특성을 나타내, 지향성(Directivity)(격리도-결합도)은 30dB로 나타났다. 도 8의 일반적인 종래 구조에 비해 약 21dB의 지향성 개선 효과를 보였다.

도 10은 2단 방향성 결합기의 일반적인 마이크로스트립 구조(비교예 2)와 제2실시예 구조에 대한 EM-시뮬레이션 결과이다. 용량성 보상구조에 의해 지향성이 약 18dB 개선되었다. 도 11은 도 6에 도시된 제2실시예 샘플 구조에 대한 특성 측정 결과이다. 통과대역(1.0GHz-2.5GHz) 내에서 격리도는 -47dB 이하이고, 그 결과 지향성은 27dB 이상이며, 삽입손실은 0.24dB 이하를 나타내었다. 반면에 일반적인 비교예 2의 구조는 동일 통과대역에서 3dB의 지향성을 나타내었다.

도 12는 제3실시예에 따른 3단 비대칭 방향성 결합기 샘플의 특성 측정결과이다. 통과대역(0.7GHz-2.3GHz) 내에서 25dB의 지향성을 나타내었다.

상기 제1 내지 제3 실시예의 특성 측정결과를 하기 표 1에 나타내었다.

**[표 1]**

	단수	통과대역 [GHz]	결합도 [dB]	격리도 [dB]	지향성 [dB]	삽입손실 [dB]
비교예	1	1.8-2.2	19.8	29	9	0.16
	2	1.0-2.6	20.2	23	3	0.22
	3	0.7-2.3	20.0	20	0	0.25
본 발명 실시예	1	1.6-2.0	19.8	50	30	0.12
	2	1.0-2.5	20.2	47	27	0.24
	3	0.7-2.3	20.2	45	25	0.28

상기 표 1과 같이 본 발명의 제1 내지 제3 실시예에 따른 위상보상용 커패시터를 개방 스테르브를 이용한 용량성 보상방법은 다단 결합기에 적용될 수 있고 그 결과 지향성 특성이 종래에 비하여 크게 개선된 것을 알 수 있다.

본 발명에서는 마이크로스트립 결합선로의 구조적인 문제점인 우, 기모드 위상속도 차를 줄이기 위하여 위상보상용 커패시터를 개방 스테르브를 이용하여 결합선로의 입/출력 단에 구현해주는 것에 의해 구현된 커패시터는 기모드에 영향을 주어 각 모드간의 위상차를 감소시킴에 의해 높은 지향성을 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기 구현이 가능하게 되었다.

그 결과 본 발명의 제1 내지 제3 실시예에 따른 1단, 2단 및 3단 방향성 결합기는 마이크로스트립 구조임에도 불구하고 각각 30dB, 27dB, 25dB의 높은 지향성을 얻을 수 있었다.

상기한 실시예 설명에서는 1단-3단 방향성 결합기를 예를들어 설명하였으나, 본 발명은 상기와 동일한 방법으로 3단 이상의 다단 방향성 결합기로 확장하는 것이 가능하다.

### 발명의 효과

상기한 바와 같이 본 발명에서는 결합선로에 형성된 개방 스테르브에 의해 용량성 보상을 실현하여 우/기 모드의 위상차를 해결함에 의해, 삽입손실의 증가 방지와 함께 입사 전력의 제어에 영향을 받지 않으며 높은 지향성을 갖는다.

또한, 본 발명의 마이크로스트립 방향성 결합기는 개방 스테르브의 선폭이 넓기 때문에 제작이 편리하고, 공정 오차가 줄어들며 재현성이 우수하며 다른 소자와 연계가 쉽고 집적화가 가능하며, 개방 스테르브에 의한 정전용량에 의해 결합도를 증가시킬 수 있으며, 개방 스테르브에 의해 결합선로의 길이가 약 10-20% 정도 단축되어 소형으로 제작될 수 있다.

더욱이, 본 발명의 다단 방향성 결합기에서는 800MHz 내지 2.6GHz 주파수의 광대역의 대역폭을 갖게 되어 통합시스템용으로 적합하다.

이상에서는 본 발명을 특정한 바람직한 실시예를 예를들어 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서,

절연성 재료로 이루어진 기판과,

상기 기판의 일면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와,

상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지며 소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향 배치되고, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와,

상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1연결부를 통하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와,

상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제2연결부를 통하여 주전송선로와 평행하게 주전송선로의 출구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제2 개방 스테르브로 구성되며,

상기 제1 및 제2 개방 스테르브가 결합선로와 함께 결합선로 부분을 형성하여 결합선로의 길이는  $\lambda/4$  보다 단축된 길이로 형성되고,

상기 위상보상용 커패시터는 상기 제1 및 제2 개방 스테르브와 주 전송선로 사이의 갭으로 구현되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기.

## 청구항 2.

위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서,

절연성 재료로 이루어진 기판과,

상기 기판의 일면에 각각 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 중간에 위치한 제1변위부를 통하여 후단의 선로부가 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 제1 및 제2 선로부를 가지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와,

상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 소정의 간격과 결합길이를 갖고 대향 배치되며, 중간에 위치한 제2변위부를 통하여 후단의 선로부가 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 제3 및 제4 선로부를 가지며, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와,

상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와,

상기 결합선로의 제2변위부로부터 제1변위부에 위치한 단턱 부분을 향하여 직각으로 절곡되어 연장된 제1연결부를 통하여 제2선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제2 개방 스테르브와,

상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제2선로부를 향하여 연장된 제2연결부를 통하여 제2선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제3개방 스테르브로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기.

## 청구항 3.

위상보상용 커패시터를 갖는 마이크로스트립 방향성 결합기에 있어서,

절연성 재료로 이루어진 기판과,

상기 기판의 일면에 각각 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 균일한 길이로 설정된 지점에 위치한 다수의 제1변위부를 통하여 인접한 후단의 선로부가 인접한 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼씩 변위되어 평행하게 연장 형성된 다수의 제1선로부를 가지며, 선로의 입구와 출구에 각각 입력포트와 출력포트가 연결되는 주전송선로와,

상기 주전송선로와 동일한 평면에 도전성 마이크로스트립 라인으로 이루어지고 각각 소정의 간격과 상기 다수의 제1선로부 각각에 대응하는 결합길이를 갖고 대향 배치되며, 인접한 선로부 사이에 위치한 다수의 제2변위부를 통하여 인접한 후단의 선로부가 인접한 선단의 선로부로부터 소정 간격만큼 변위되어 평행하게 연장 형성된 다수의 제2선로부를 가지며, 양단부로부터 각각 직각으로 절곡되어 연장된 일측 및 타측 자유단부에 각각 결합포트 및 격리포트가 연결되는 결합선로와,

상기 결합선로의 전측 절곡부로부터 제1선로부의 최선단 선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 주전송선로의 입구를 향하여 연장 형성된 직사각형 형태의 제1 개방 스테르브와,

상기 결합선로의 다수의 제2변위부로부터 대응하는 다수의 제1변위부를 향하여 연장된 다수의 연결부를 통하여 제1변위부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 다수의 제2 개방 스테르브와,

상기 결합선로의 후측 절곡부로부터 제1선로부의 최종단 선로부를 향하여 연장된 제2연결부를 통하여 상기 최종단 선로부와 평행하게 소정 간격을 두고 연장 형성된 직사각형 형태의 제3 개방 스테르브로 구성되는 것을 특징으로 하는 다단 마이크로스트립 방향성 결합기.

**청구항 4.**

제2항에 있어서, 상기 주전송선로의 제1선로부와 제2선로부 사이를 연결하는 제1변위부는 결합선로의 제3선로부와 제4선로부 사이를 연결하는 제2변위부와 대향한 위치에 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기.

**청구항 5.**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 각각의 개방 스테르브는 주전송선로와 결합선로 사이의 결합도에 따라 스테르브의 크기와 결합 간격이 반비례하는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기.

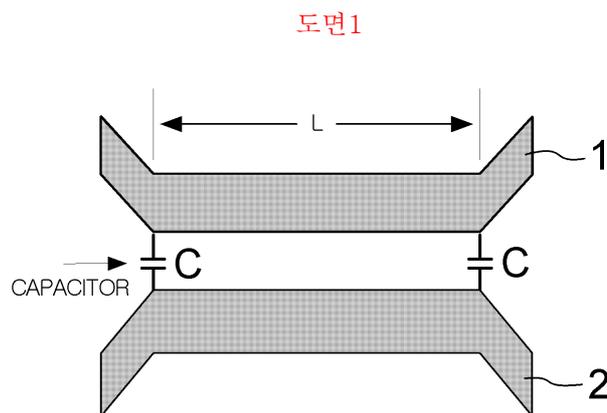
**청구항 6.**

제5항에 있어서, 상기 개방 스테르브는 인접한 선단의 개방 스테르브가 인접한 후단의 개방 스테르브 보다 더 큰 크기로 설정되는 것을 특징으로 하는 마이크로스트립 방향성 결합기.

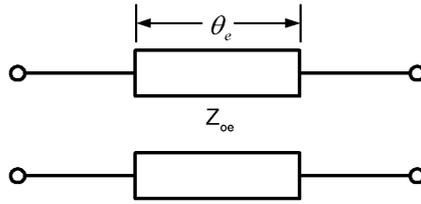
**청구항 7.**

삭제

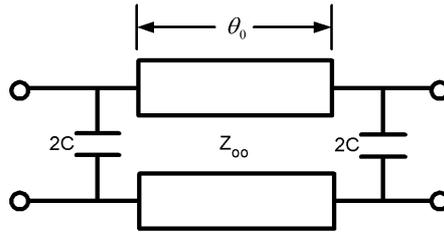
도면



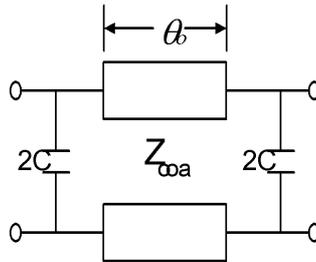
도면2a



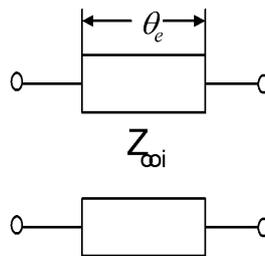
도면2b



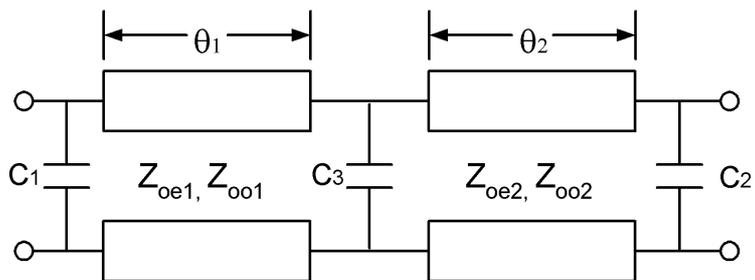
도면3a



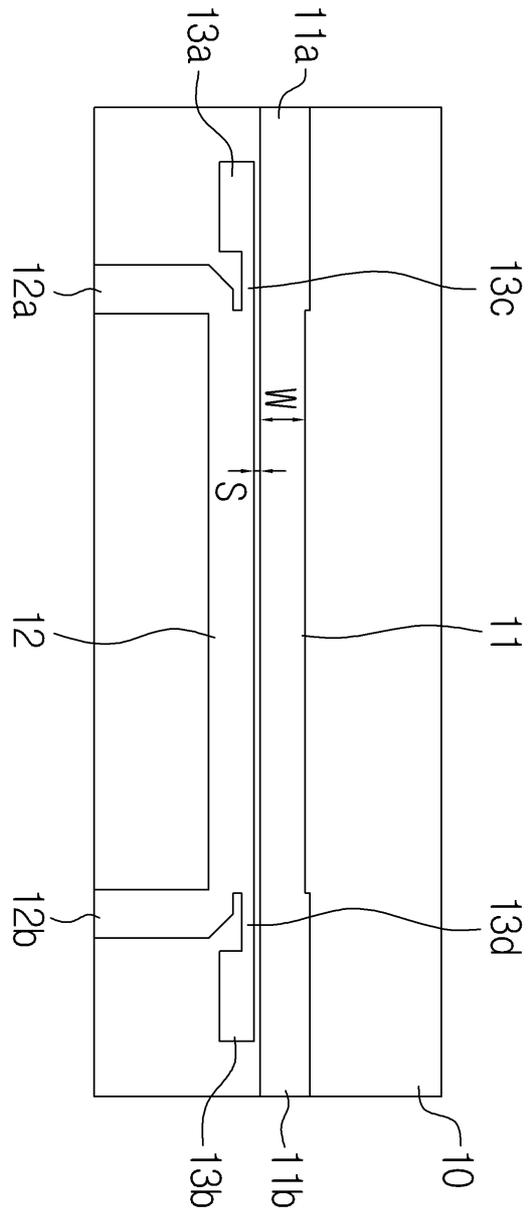
도면3b



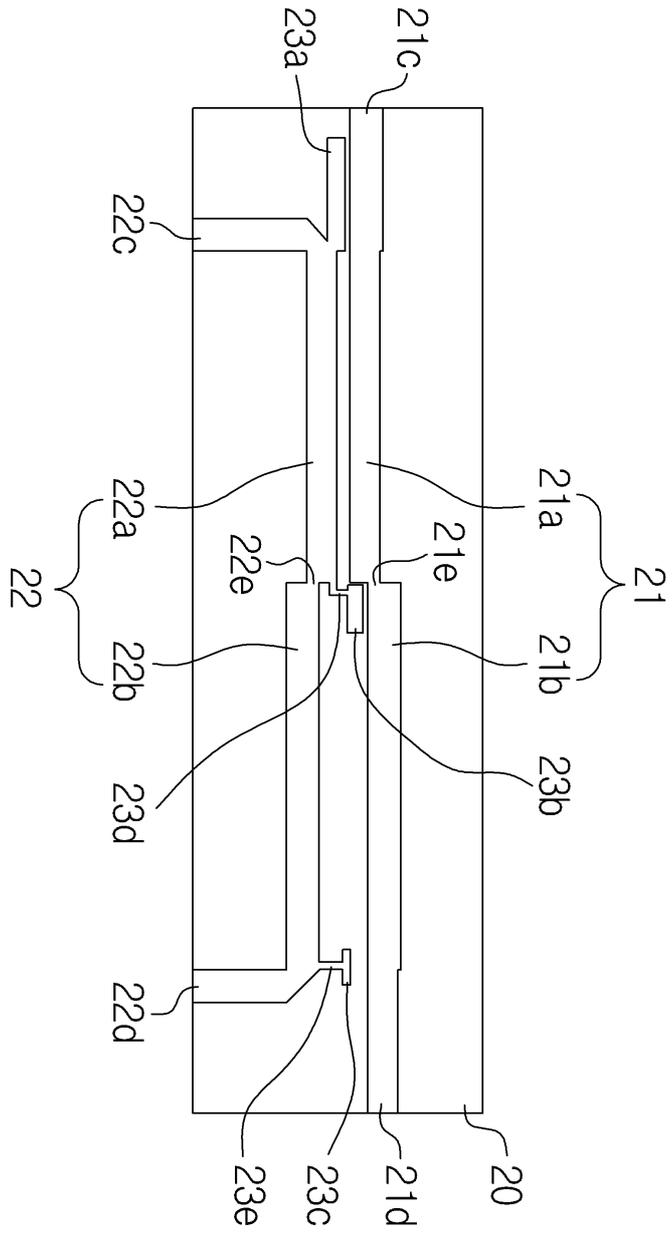
도면4



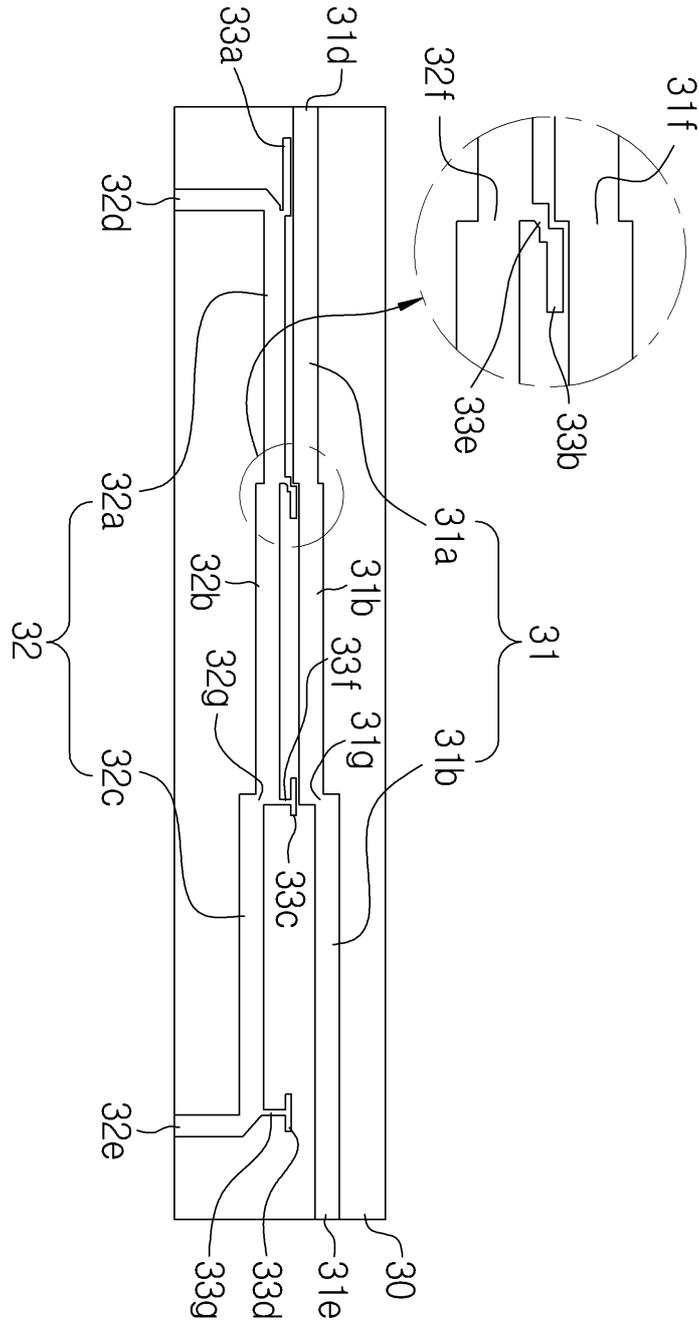
도면5



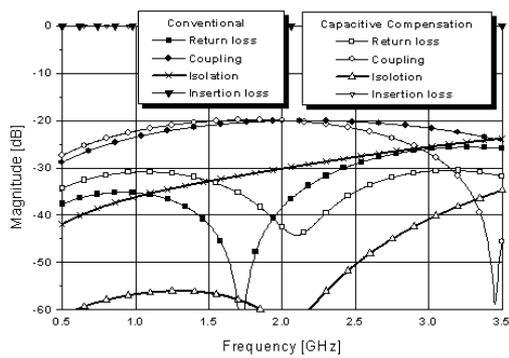
도면6



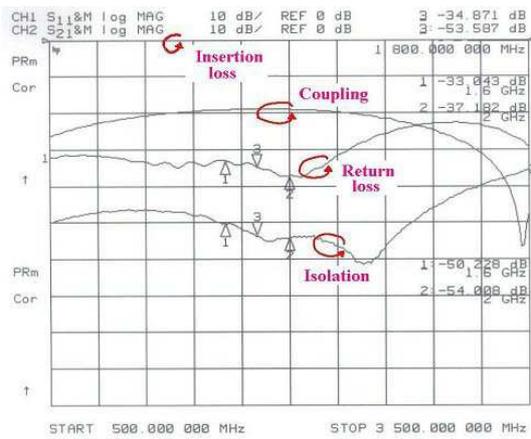
도면7



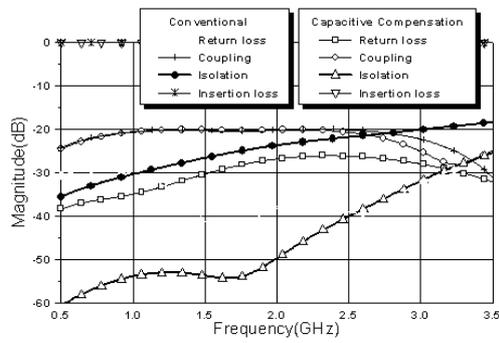
도면8



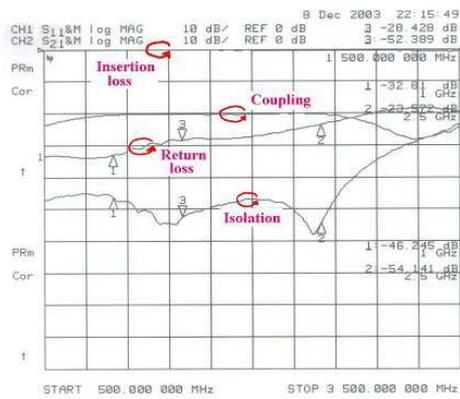
도면9



도면10



도면11



도면12

