

(52) CPC특허분류

H01P 5/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711046593

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 연구개발특구진흥재단

연구사업명 연구개발특구육성

연구과제명 고효율 마이크로파 흡수용 워터로드를 포함한 수 kW급 반도체 RF 발생 장치 개발

기 여 율 1/1

주관기관 주식회사케이알에프

연구기간 2016.04.08 ~ 2017.04.07

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

방사형 전자기파 결합기(Radial power combiner);

상기 전자기파 결합의 중심 출력포트에 연결된 출력 동축선 도파관;

상기 출력 동축선 도파관의 출력측과 연결된 환형 경로를 가지는 중간 직각 도파관; 및

상기 중간 직각 도파관의 일 외측면에 연결된 최종 출력 직각 도파관을 포함하며,

상기 출력 동축선 도파관은 상기 중간 도파관의 아래면을 통해, 상기 출력 직각 도파관과 연결면 반대측의 최외측 내면과 상기 내면에 마주하는 일면 사이의 가운데 지점에 연결되는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 환형 도파관이고,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 8각 환형 도파관이고,

상기 최종 출력 직각 도파관은 상기 8각 환형 도파관의 일 외측면에 연결됨을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 타원형 도파관이고, 내부에 환형 경로를 가짐을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 5

제1항 내지 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 중간 직각 도파관에서 상기 출력 동축선 도파관으로부터 출력되는 전자기파는 상기 출력 동축선 도파관의 상기 중간 직각 도파관의 연결지점으로부터 상기 환형 경로를 따라 두 개의 전자파 이동 경로로 분기되며, 상기 분기된 전자파 이동 경로는 상기 최종 출력 직각 도파관으로 이동 후 결합되어 상기 최종 출력 직각 도파관으로 출력됨을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 분기된 전자파 이동 경로의 길이는 동일함을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 환형 경로는 상기 출력 동축선 도파관의 상기 중간 직각 도파관의 연결지점의 중심과 상기 최종 출력 직각 도파관과 상기 중간 직각 도파관의 연결면의 중심을 잇는 가상의 수직면에 대해 대칭을 이룸을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 중간 직각 도파관의 중심에는 4각 기둥 형상의 격벽구조부를 포함하고,

상기 최종 출력 직각 도파관의 연결면은 상기 4각 기둥 형상의 격벽구조부의 일면과 마주함을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 방사형 전자기파 결합기는 둘 이상의 동축선 입력포트를 가지며, 상기 동축선 입력포트를 통해 동축선 도파관이 연결되어 전자기파가 입력되고, 상기 동축선 입력포트들은 상기 중심 출력포트에 대해 방사상 위치하며 대칭을 이룸을 특징으로 하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 출력 동축선 도파관은 상기 중심 출력포트로부터 윗 방향으로 연장되어 상기 환형 도파관까지 연결된 중공 원통형 도체관; 및

상기 중공 원통형 도체관의 내부에서, 상기 방사형 전자기파 결합기의 하판 상면으로부터 상기 중심 출력포트를 관통하여 상기 중간 직각도파관을 관통하는 동축도체막대를 포함하는,

둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력가능한, 공간 전자기파 결합기.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 다수의 동축선에서 입력된 rf 신호를 하나의 동축 도파관으로 결합한후 고풍력의 전자기파를 직각 도

[0001]

파관 출력으로 전송하는 고효율, 고풍력 rf 공간 결합기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] MHz에서 수 GHz 대역에서 사용 가능한 고풍력, 고효율, 장기간 운전 가능한 RF 발생장치가 다양한 분야에서, 예컨대, 핵융합 및 가속기 분야에서, 요구된다. 단일 SSPA (Solid State Power Amplifier)의 출력과 효율이 증가함에 따라 기존에 사용되어온 klystron과 tetrode를 대체하여 사용하고자 하는 연구가 진행 중이며, 이를 위한 고풍력 RF 전자기와 결합기에 또한 그 중요성이 커지고 있다.
- [0003] RF 전자기와 결합 방식은 크게 평면 결합방식과 공간결합 방식으로 구분할 수 있다. 평면 결합 방식은 2개의 모듈을 결합한 후 순차적으로 계속 2개씩 결합하는 방식으로 2n개의 소자를 결합할 수 있으며, 대표적인 소자로 윌킨슨 결합기가 있다. 이 방식은 결합 개수가 증가함에 따라 크기 및 복잡성이 증가하고, 결합 효율은 크게 떨어지는 단점이 있다.
- [0004] 공간 결합 방식은 n개의 소자를 공간상의 구조적인 대칭 특징을 이용하여, 여러 단계의 결합을 거치지 않고, n개의 입력이 한 개의 출력으로 이루어지는 특징이 있다. 이러한 특징은 결합 개수가 증가하는 경우 결합 효율이 증가하고, 구조적으로 단순하게 설계 가능하다. 공간결합 방식의 대칭 구조 특징으로 인하여, 각 입력단 사이의 전자기와 분배 배율과 위상배율이 전 주파수 대역에서 일정한 특성을 얻을 수 있다.
- [0005] 고풍력 공간 결합기를 구현하는 방법은 형태에 따라서 크게 동축선을 이용하는 방식과 직각 도파관을 이용하는 방식이 있다. 일반적으로 보다 높은 전자기파를 결합하여 전달하기 위해서는 직각 도파관 형태로 구현되어진다. 결합 개수가 증가할수록 직각 도파관으로 구현할 경우 제한된 공간에 입력단을 직각 도파관으로 구현하게 되면 직각 도파관이 크기가 급격하게 증가하게 된다. 입력단은 동축선을 이용하여 구현하고, 최종 출력단은 직각 도파관 형태를 이용하여 구현하면 구조적인 이점과 높은 전자기파를 전달 가능한 이점을 동시에 구현할 수 있다. 최종 출력단을 직각 도파관 형태로 구현하기 위해서는 동축선 형태로 입력된 전자기파를 동축선 형태로 결합한 후 다시 직각 도파관 형태로 출력하게 되는데, 이 과정에서 구조적인 대칭성을 유지해야지만 각 입력단 사이의 전자기파 분배 배율과 위상 분배 배율의 일정함을 유지할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 직각 도파관과의 결합시 대칭성을 유지할 수 없는 극복하여, 전자기와 분배 배율과 위상 분배 배율의 일정함을 제공할 수 있는 새로운 형태의 동축선과 직각 도파관 공간 결합을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명은 방사형 전자기와 결합기(Radial power combiner); 상기 전자기와 결합의 중심 출력포트에 연결된 출력 동축선 도파관; 상기 출력 동축선 도파관의 출력측과 연결된 환형 경로를 가지는 중간 직각 도파관; 및 상기 중간 직각 도파관의 일 외측면에 연결된 최종 출력 직각 도파관을 포함하며, 상기 출력 동축선 도파관은 상기 중간 도파관의 아래면을 통해, 상기 출력 직각 도파관과의 연결면의 반대측의 최외측면의 내면과 상기 내면에 마주하는 일면 사이의 가운데 지점에 연결되는, 둘 이상의 동축 전자파 입력을 결합하여 직각 도파관으로 출력 가능한, 공간 전자기와 결합기를 제공한다.
- [0008] 상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 환형 도파관일 수 있다. 또는 상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 8각 환형 도파관일 수 있으며, 상기 최종 출력 직각 도파관은 상기 8각 환형 도파관의 일 외측면에 연결될 수 있다.
- [0009] 상기 중간 직각 도파관은 윗면에서 볼 때 타원형 또는 원형 도파관이고, 내부에 환형 경로를 가짐을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 중간 직각 도파관에서 상기 출력 동축선 도파관으로부터 출력되는 전자기는 상기 출력 동축선 도파관의 상기 중간 직각 도파관의 연결지점으로부터 상기 환형 경로를 따라 두 개의 전자파 이동 경로로 분기 되며, 상기 분기된 전자파 이동 경로는 상기 최종 출력 직각 도파관으로 이동 후 결합되어 상기 최종 출력 직각 도파관으로 출력됨을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 분기된 전자파 이동 경로의 길이는 동일함을 특징으로 하며, 상기 환형 경로는 상기 출력 동축선 도파관의

상기 중간 직각 도파관의 연결지점의 중심과 상기 최종 출력 직각도파관과 상기 중간 직각 도파관의 연결면의 중심을 잇는 가상의 수직면에 대해 대칭을 이룸을 특징으로 한다.

[0012] 상기 중간 직각 도파관의 중심에는 4각 기둥 형상의 격벽구조부를 포함하고, 상기 최종 출력 직각 도파관의 연결면은 상기 4각 기둥 형상의 격벽구조부의 일면과 마주함을 특징으로 한다.

[0013] 상기 방사형 전자기파 결합기는 둘 이상의 동축선 입력포트를 가지며, 상기 동축선 입력포트를 통해 동축선 도파관이 연결되어 전자기파가 입력되고, 상기 동축선 입력포트들은 상기 중심 출력포트에 대해 방사상 위치하며 대칭을 이룸을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 최종 출력단을 직각 도파관 형태로 구현하기 위한 동축선 형태로 입력되어진 전자기파를 동축선 형태로 결합한 후 다시 직각 도파관 형태로 출력하게 됨에 따라 발생하는 대칭성 문제를 해결하여, 향상된 전자기파 분배 배율과 위상 분배 배율을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 공간 전자기파 결합기를 예시한다. 도 1a는 본 발명의 공간 전자기파 결합기의 수직 단면을 보여주며, 도 1b는 본 발명의 공간 결합기의 평면도이며, 도 1c는 본 발명의 공간 결합기의 사시도이다.

도 2는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기를 예시하는 도면이다. 도 2a는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기의 사시도이고, 도 2b는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기의 수직 단면을 보여준다.

도 3은 도 2의 공간 결합기의 성능 결과를 보여준다. 도 3a는 도 2의 공간 결합기의 Amplitude balance의 결과이고, 도 3b는 도 2의 공간 결합기의 phase balance의 결과이며, 도 3c는 도 2의 공간 결합기의 e-field의 결과이다.

도 4는 도 1의 공간 결합기의 성능 결과를 보여준다. 도 4a는 도 1의 공간 결합기의 Amplitude balance의 결과이고, 도 4b는 도 1의 공간 결합기의 phase balance의 결과이며, 도 4c는 도 1의 공간 결합기의 e-field의 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 공간 결합기에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0017] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0018] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

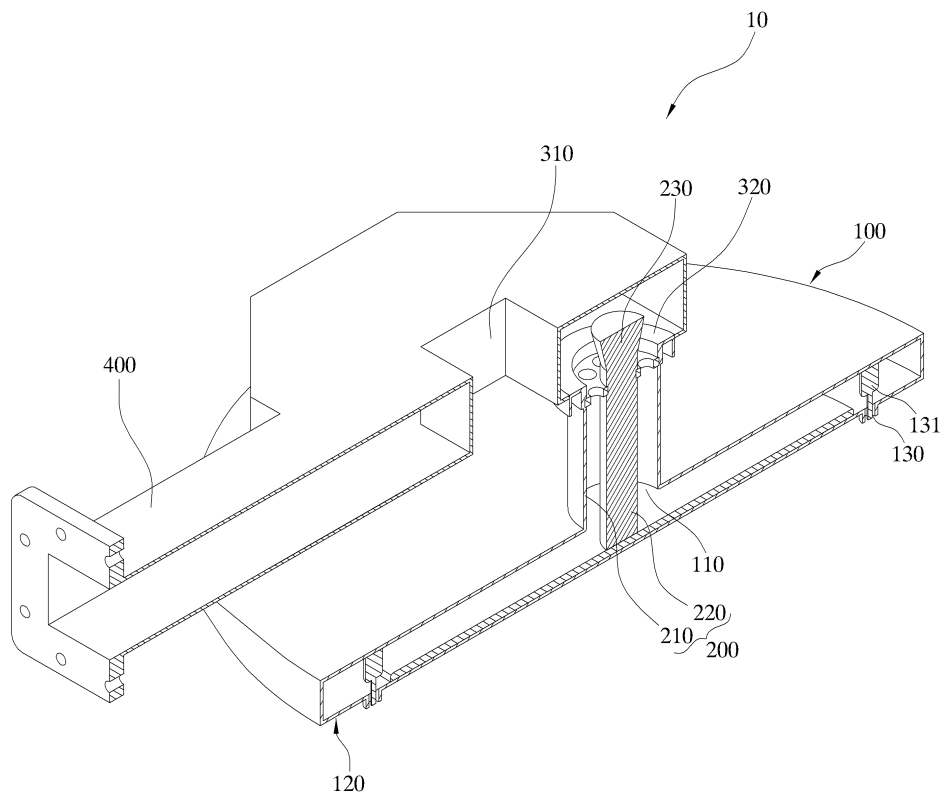
- [0020] 도 1은 본 발명의 공간 전자기파 결합기(10)를 예시한다. 도 1a는 본 발명의 공간 전자기파 결합기의 수직 단면을 보여주며, 도 1b는 본 발명의 공간 결합기의 평면도이며, 도 1c는 본 발명의 공간 결합기의 사시도이다.
- [0021] 도 1에서 예시된, 본 발명의 공간 전자기파 결합기(10)는 방사형 전자기파 결합기(Radial power combiner)(100); 상기 전자기파 결합의 중심 출력 포트(110)에 연결된 출력 동축선 도파관(200); 상기 출력 동축선 도파관(200)의 출력측(230)과 연결된 환형 경로(330a, 330b)를 가지는 중간 직각 도파관(300); 및 상기 중간 직각 도파관(300)의 일 외측면(340)에 연결된 최종출력 직각 도파관(400)을 포함하며, 상기 출력 동축선 도파관(200)은 상기 중간 직각 도파관(300)의 아래면을 통해 상기 최종출력 직각 도파관의 연결면의 반대측의 면의 내면(350)과 상기 내면에 마주하는 일면(310)(4각 격벽구조부의 일면) 사이의 가운데 지점에 연결됨을 특징으로 한다. 도 1에서 상기 중간 직각 도파관은 윗면이 8각 환형 도파관을 예시한다.
- [0022] 본 발명에서 사용하는 용어 '연결'은 전자기파 에너지의 전달이 가능하도록 구조적 및/또는 기능적으로 결합 또는 커플링 되어있음을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0023] 본 발명에서 사용하는 용어인 방사형 전자기파 결합기는 다수의 동축 도파관들에서 방사상으로 전자기파를 입력하도록 구성하고, 상기 방사상으로 입력되는 전자기파를 상기 방사상의 중심으로 결합시키는 수단이다. 방사형 전자기파 결합기는 둘 이상의 동축선 입력포트들을 가지고, 상기 동축선 입력포트들로부터 입력된 전자기파들이 결합되어 출력되는 하나의 출력포트를 가진다. 상기 동축선 입력포트들은 상기 출력포트에 대해 대칭구조로 배치되어 있다.
- [0024] 예를 들어 본 발명의 방사형 전자기파 결합기는 도 1에 예시된 바와 같이, 납작한 원통 형상의 방사형 전자기파 결합기(100)를 예시한다. 본 발명의 예시된 방사형 전자기파 결합기(100)는 상기 원통 형상의 하판(120)에 방사상으로 배치된 다수의 동축선 입력포트들(130) 및 상기 원통 형상의 상판의 중심에 배치된 중심 출력포트(110)를 포함한다. 동축선 입력포트들(130)은 중심 출력포트(110)에 대해 동일간격 및 동일 거리에 대칭적으로 배치되어 있다. 동축선 입력포트들(130)로 입력되는 전자기파가 상기 방사형 전자기파 결합기 내의 공간을 통해 중심 방향으로 진행한 후 출력포트로 결합되어 출력된다.
- [0025] 본 발명의 동축선 입력포트들(130)은 상기 방사형 전자기파 결합기의 하판(120)을 관통하는 동축도파관이 입력되는 구성이다. 동축도파관의 결합 및 전자기파 전달을 위해 입력 프로브(131)를 포함할 수 있다. 상기 입력 프로브(131)는 전자기파 결합기의 구조적 안정성을 위해 상판의 내면까지 연장된 형태일 수 있다. 중심 출력포트(110)는 상기 전자기파 결합기의 상면 중심의 개구를 포함하고, 상기 출력 동축선 도파관(200)과 연결되어 있다.
- [0026] 출력 동축선 도파관(200)은 상기 중심 출력포트(110)로부터 위 방향으로 연장되어 상기 환형 도파관까지 연결된 중공 원통형 도체관(210) 및 상기 중공 원통형 도체관(210)의 내부의 동축도체막대(220)를 포함한다. 동축도체막대(220)는 상기 전자기파 결합기의 하판 상면으로부터 상기 중심 출력포트(110)를 관통하여 상기 중간 직각 도파관(300)을 관통한다.
- [0027] 중간 직각 도파관(300)은 도 1에서 예시된 바와 같이, 납작한 8각형 기둥형상일 수 있다. 중심에 4각 기둥 형상의 관통부가 형성되어 평면측(도 1b를 보는 방향)에서 볼 때 중심에 4각 형상의 관통부가 형성된 환형 8각 형상을 가진다. 본 발명에서 상기 4각 기둥 형상은 4각 격벽구조부(310)로 명명하였다. 4개의 직각 도파관이 사각형을 이뤄 배치되고 밴드도파관(bent waveguide)으로 4개의 각 꼭짓점에서 연결된 형상일 수 있다.
- [0028] 최종출력 직각도파관은 상기 중간 직각도파관의 외면(도 1에서는 8각면 중 일면)과 상기 격벽구조부(310)의 일면을 마주하면서 연결된다.
- [0029] 상기 중간 직각 도파관(300)은 이의 아랫면에 입력포트(320)를 포함하며, 상기 입력포트(320)와 상기 출력 동축선 도파관의 출력측(230)이 연결되어 출력 동축선 도파관(200)으로부터 결합된 전자기파가 중간 직각 도파관(300)으로 전달된다. 상기 출력 동축선 도파관(200)은 상기 중간 직각 도파관(300)의 아래면을 통해 상기 최종출력 직각 도파관의 연결면(340)의 반대측의 면의 내면(350)과 상기 내면에 마주하는 일면(310)(4각 격벽구조부의 일면) 사이의 가운데 지점에 연결된다.
- [0030] 상기 중간 직각 도파관(300)에서 상기 출력 동축선 도파관으로부터 출력되는 전자기파는 상기 출력 동축선 도파관(300)의 상기 중간 직각 도파관의 연결지점으로부터 상기 환형 경로를 따라 두 개의 전자기파 이동 경로(330a, 330b)로 분기되며, 상기 분기된 전자기파 이동 경로는 상기 최종 출력 직각 도파관으로 이동 후 결합되어 상기 최

중 출력 직각 도파관으로 출력된다.

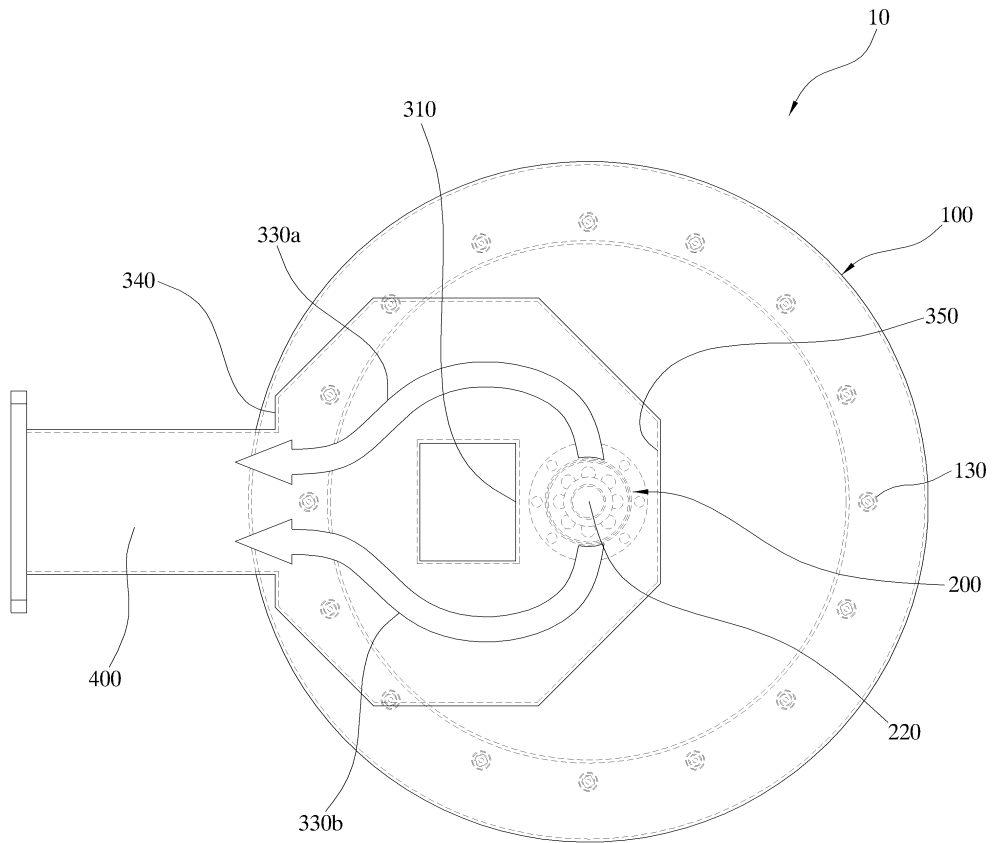
- [0031] 본 발명의 공간 결합기가 종래의 공간 결합기에 비해 우수한 효과가 있음을 아래와 같이 입증한다.
- [0032] 도 2는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기를 예시하는 도면이다. 도 2a는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기의 사시도이고, 도 2b는 8각 환형 도파관 구조로 되어 있는 얇은 공간 결합기의 수직 단면을 보여준다. 도 2의 공간 결합기(20)는 8각 환형 도파관의 구성을 포함하지 않고, 출력 동축선 도파관(200)에서 바로 직각 도파관(400)으로 연결된 구조로 되어 있다. 도 2의 공간 결합기(20)는 16개의 동축선 입력포트들을 포함한다.
- [0033] 도 3은 도 2의 공간 결합기의 성능 결과를 보여준다. 도 3a는 도 2의 공간 결합기의 Amplitude balance의 결과이고, 도 3b는 도 2의 공간 결합기의 phase balance의 결과이며, 도 3c는 도 2의 공간 결합기의 e-field의 결과이다.
- [0034] 도 4는 도 1의 공간 결합기의 성능 결과를 보여준다. 도 4a는 도 1의 공간 결합기의 Amplitude balance의 결과이고, 도 4b는 도 1의 공간 결합기의 phase balance의 결과이며, 도 4c는 도 1의 공간 결합기의 e-field의 결과이다.
- [0035] 성능 평가의 용이한 설명을 위해 도 1 및 2의 직각 도파관을 포트 1로 지정하고, 동축선 입력포트들을 각각 포트 2~17로 명명하였다.
- [0036] 도 3a는 도 2의 공간 결합기의 포트 1에서 포트 2~17번까지 분배되는 에너지의 비율($S_{n1}(dB)$)을 보여준다. 모든 포트(2~17번)에 -12.04dB가 똑같이 분배되는 것이 이상적이다. 분배되는 비율 중 최고 값(-11.5dB)과 최저 값(-12.53dB)의 차이인 amplitude balance 값은 이상적으로 0이 되어야 한다. 이 값이 커지면 결합 효율이 감소한 것으로 볼 수 있다. 도 2의 공간 결합기를 이용하면 대략 1dB 정도의 amplitude balance 차이를 보인다.
- [0037] 도 3b는 도 2의 공간 결합기의 포트 1에서 포트 2~17번까지 분배되는 에너지의 비율($S_{n1}(phase)$)을 보여준다. 포트 1에서 모든 포트(2~17번)로 도달되는 위상 또는 시간이 모두 같은 것이 이상적이다. 분배되는 비율 중 최고 값과 최저 값 차이인 phase balance 값은 이상적으로 0이 되어야 한다. 이 값이 커지면 결합 효율이 감소한 것으로 볼 수 있다. 도 2의 공간 결합기를 이용하면 대략 7도 정도의 phase balance 차이를 보인다.
- [0038] 도 4a는 도 1의 공간 결합기의 포트 1에서 포트 2~17번까지 분배되는 에너지의 비율($S_{n1}(dB)$)을 보여준다. 도 3a의 결과와 비교하면, Amplitude balance((-11.88 dB-(-12.26 dB)) = -0.38 dB)는 종래 기술 대비 대략 0.6 dB의 개선되었음이 확인된다. 이는 출력 동축선 도파관에서 직각 도파관으로 전이되는 부분의 대칭성 왜곡 현상을 개선하여 amplitude balance를 종래 보다 개선함을 보여준다. 이는 곧 결합 효율의 증대 및 손실 감소를 의미한다.
- [0039] 도 4b는 도 1의 공간 결합기의 포트 1에서 포트 2~17번까지 분배되는 에너지의 비율($S_{n1}(phase)$)을 보여준다. 도 3b의 결과와 비교하면, Phase balance ((-158.55-(-160.88))= -2.88 degree)는 종래 기술 대비 대략 4.15 degree의 개선을 보였다. 이는 원통형 출력 동축선 도파관에서 직각 도파관으로 전이되는 부분의 대칭성 왜곡 현상을 개선하여 phase balance를 종래 보다 개선 한 것이고, 이는 곧 결합 효율의 증대 및 손실 감소를 의미한다.
- [0040] 도 3c에서 확인되는 바와 같이, 도 2의 공간 결합기는 e-field 결과가 동일면이 왜곡되어 있음을 확인할 수 있으며, 도 4c에서 확인되는 바와 같이, 도 1의 본 발명의 공간 결합기는 e-field 결과가 동일면이 왜곡되지 않음이 확인된다.

도면

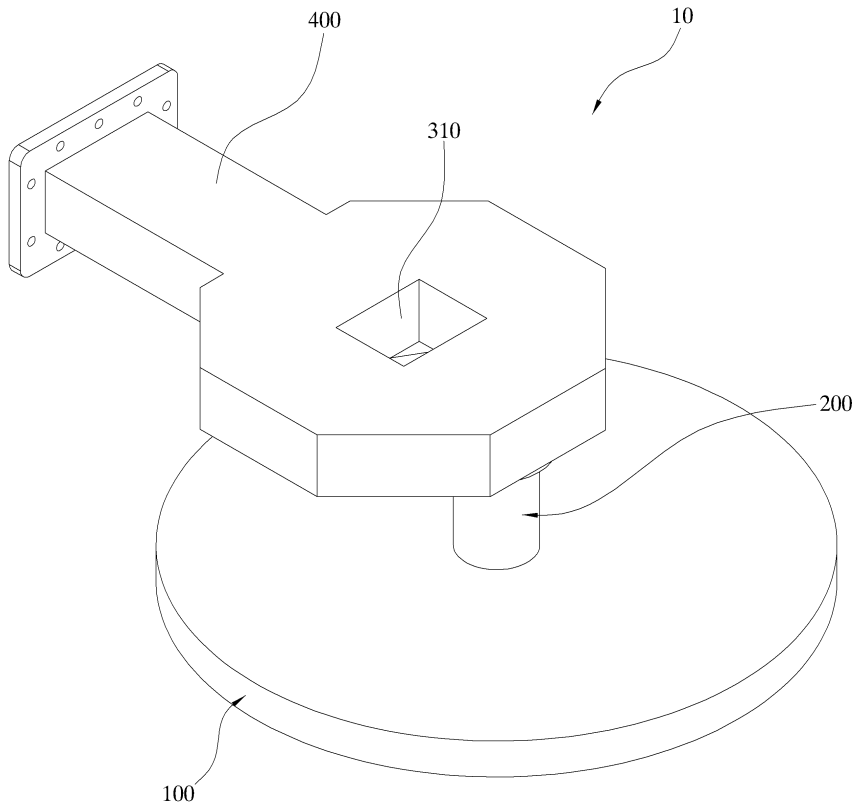
도면1a



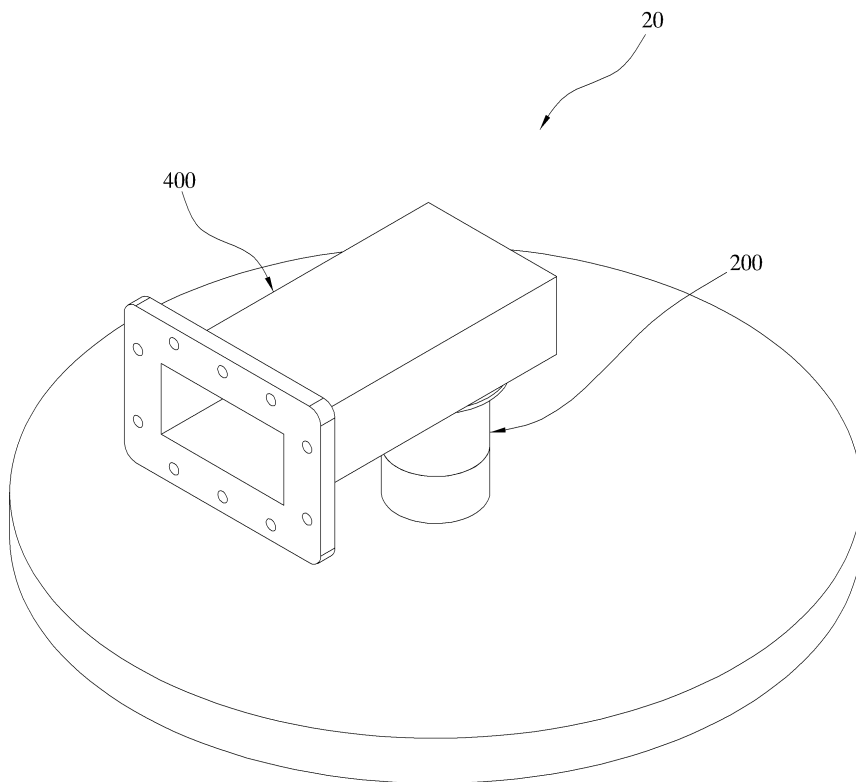
도면1b



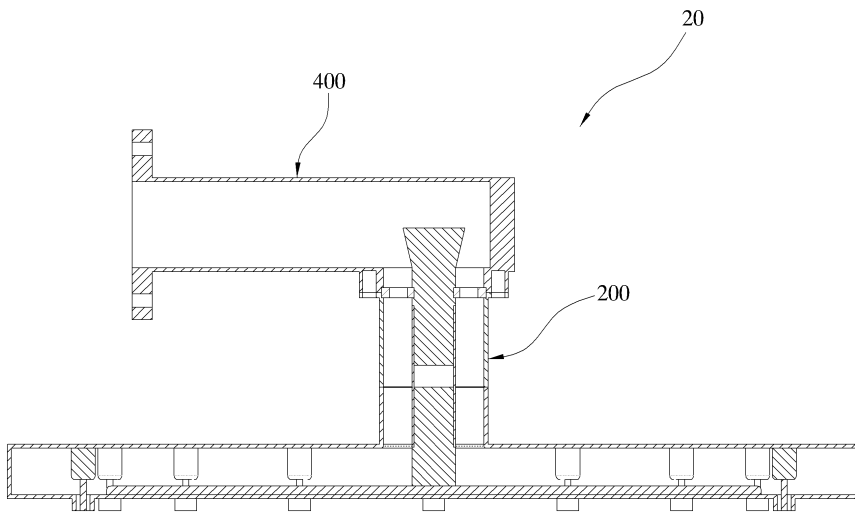
도면1c



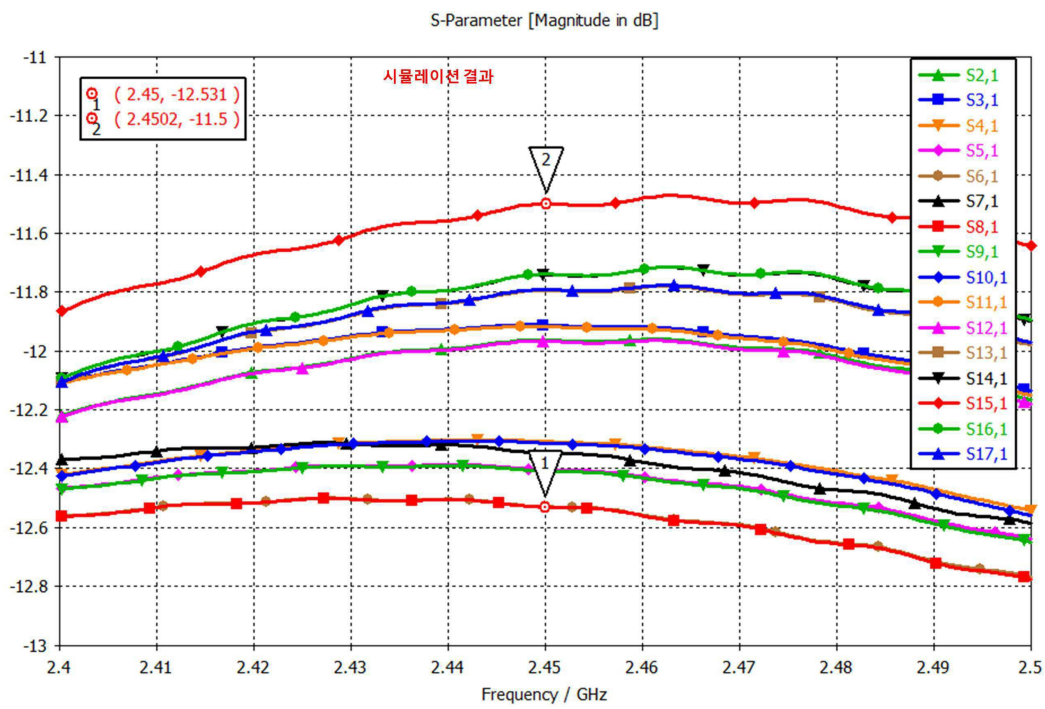
도면2a



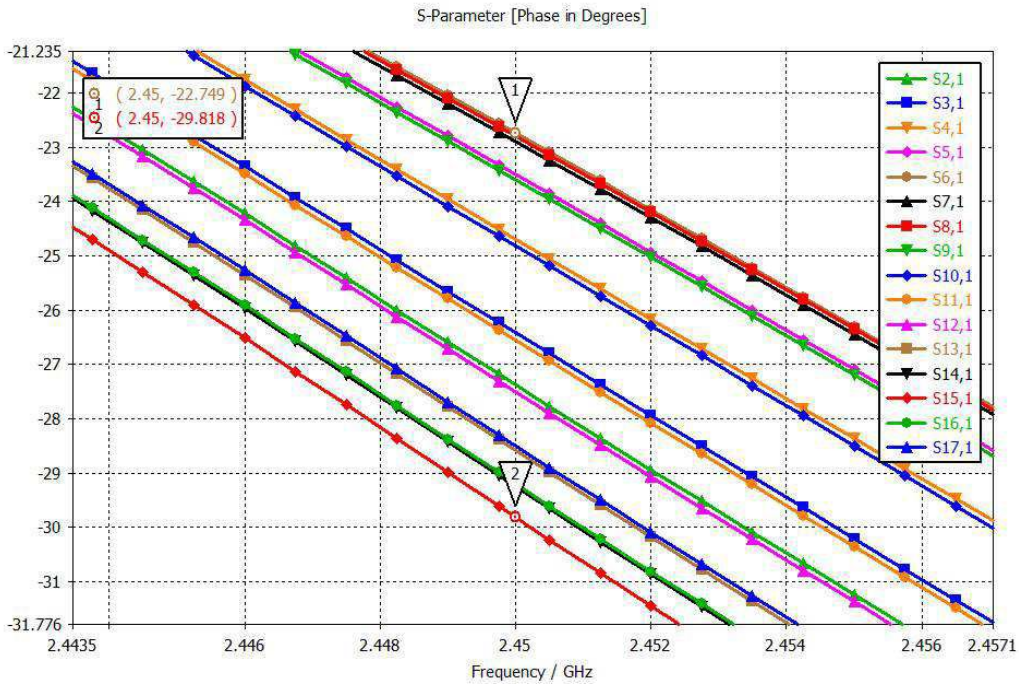
도면2b



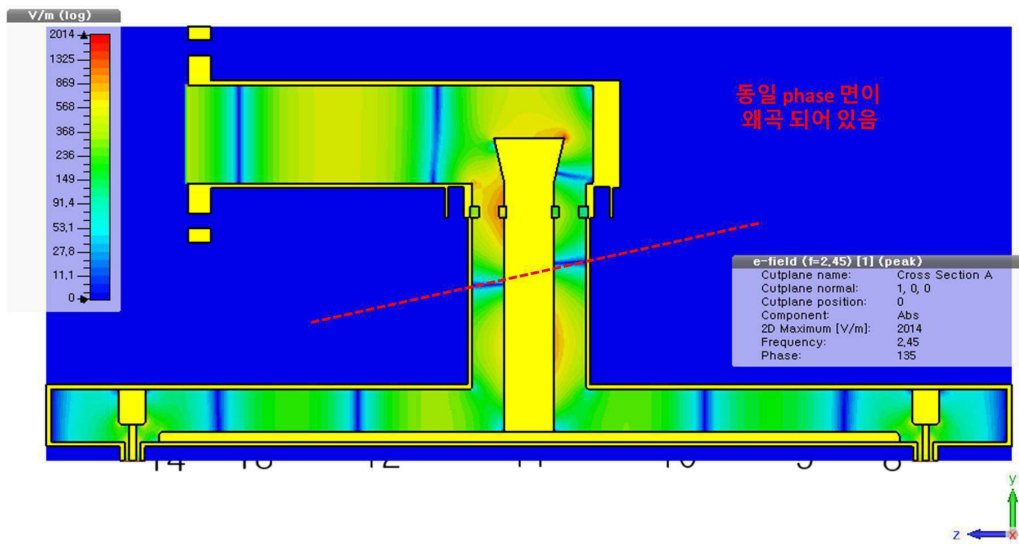
도면3a



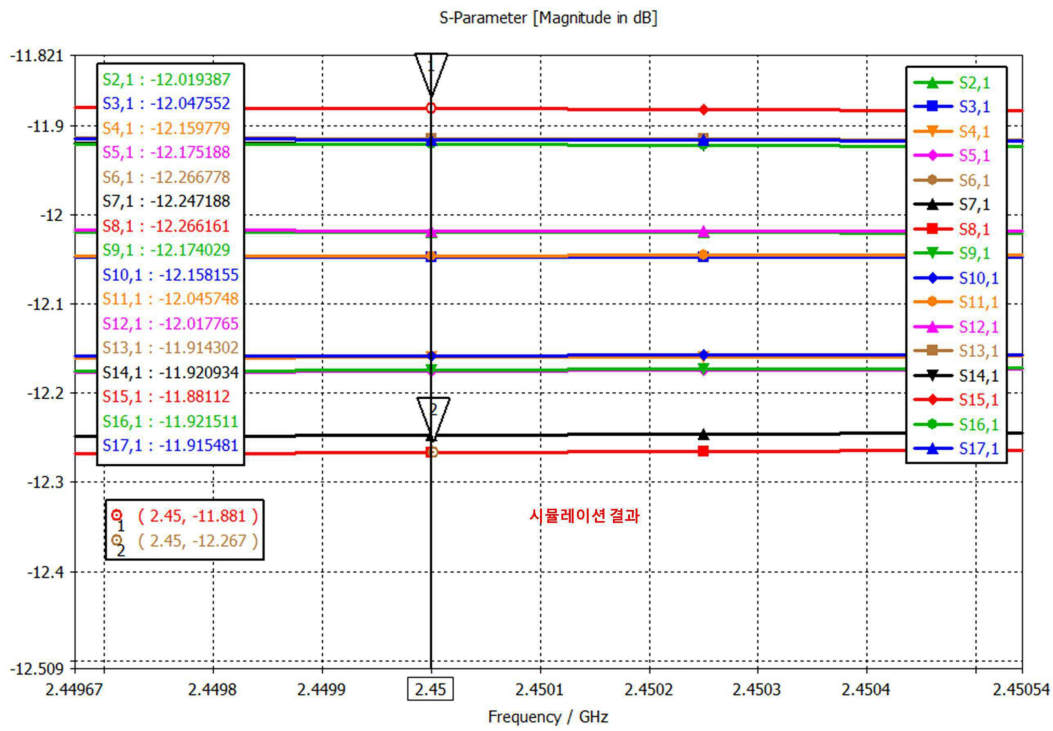
도면3b



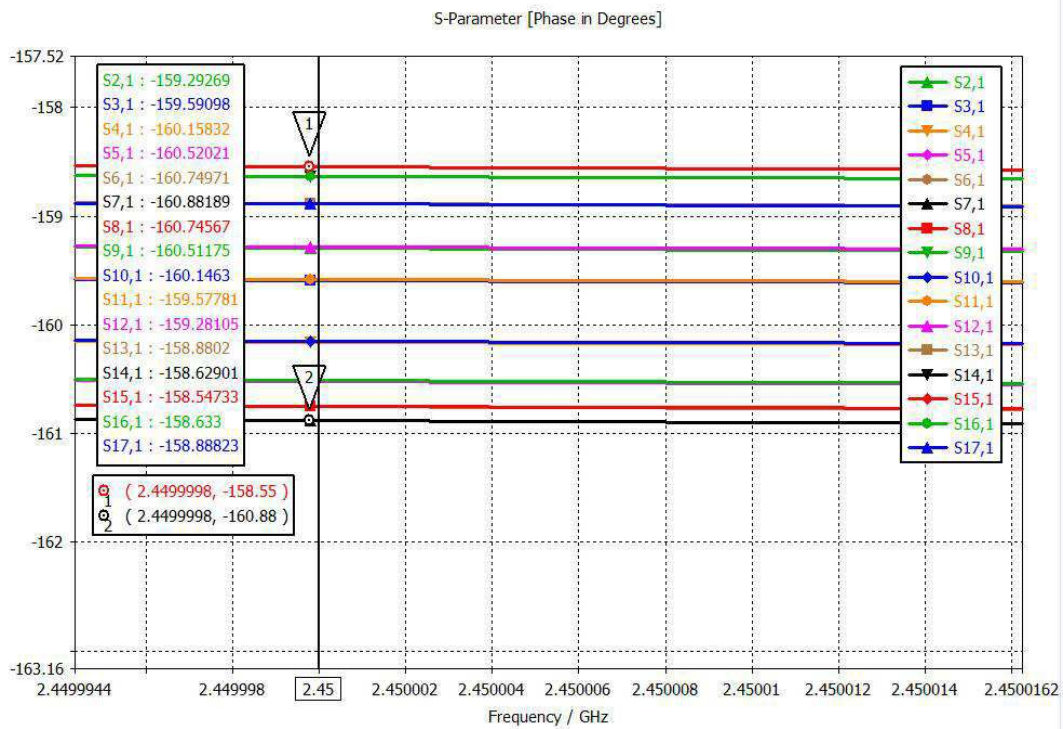
도면3c



도면4a



도면4b



도면4c

