평면 다수 입출력 전력 분배/결합회로의 2 GHz에서의 구조 수정 연구

On a Modified Structure of Planar Multiport Power Divider /Combiner at 2 GHz

한용인*, 조치성**, 김인석**

Yong-In Han*, Chi-Sung Jo**, and Ihn-Seok Kim**

요 약

본 논문에서는 하나의 입력과 다수의 출력을 가지는 [10]에서 제시한 평면 Taper형의 전력 분배/결합기를 2 GHz 대역에서 수정한 구조를 제안한다. 제안하는 구조의 전기적 특성을 결정하는 파라메터들을 HFSS 시뮬레이션을 이용하여 분석하였다. 입력 정합 그리고 각 출력 단에서 출력 신호의 균형과 위상의 선형성을 위해 회로의 중앙에 하나의 원형 모양을 에칭 제거하였다. 또 본 논문에서 제안한 구조의 1:2와 1:3 전력 분배/결합기와 [10]의 구조와 S-Parameter를 비교·분석하였다. 결과적으로 본 연구에서 제시하는 수정된 형태를 적용할 경우 기존의 전력 분배/결합기의 반사손실 특성이 2 GHz에서 20 dB 이상 개선되었고, 대역폭 또한 증가되는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, tapered shape of multiport power divider/combiner modified for 2 GHz range from the model published by [10] is proposed. Parameters determining electrical property of the circuit structure have been analyzed by HFSS simulation. For input matching, balance of output signals and phase linearity at each output port, one circular hole has been etched out on the circuit surface. 1:2 and 1:3 power dividers/combiners designed by this study have been compared with the same circuits designed by the method of [10] in terms of S-parameters. As a result, it has been found that the modified structure of power divider/combiner have improved return loss more than 20 dB and another 18 dB, respectively, at 2 GHz.

Key words : modified tapered shape, power divider/combiner, multiport.

I. 서 론

전력 분배/결합기는 임의의 전력비로 RF 전력을 분배하거나, 또는 결합하는 회로로서 송·수신 안테나 시스템, 전력 증폭기, 평형 혼합기 등 초고주파 회로와 시스템을 구성하는 필수소자로 매우 광범위한 응용범위를 가지고 있다. 특히 대부분의 초고주파 시스템에 채택되는 전력 증폭기는 높은 효율성과 출력이 요구되어서 회로의 크기와 효율을 중요시한

* 세원텔레콤(Sewon Telecom. co. Ltd.)
** 경희대학교 전자정보대학(College of Eletronics and Intormation Radio Communication Eng., Kyung Hee University)
·제 1 저자 : 한용인
·접수일자 : 2002년 5월 30일

다. 이러한 측면에서 전력 분배/결합기의 다중 출력 구조는 전력 증폭기의 중요한 부분으로 인식되었다[1].

다중 출력을 가지는 전력 분배/결합 회로는 초고주파 시스템과 mm파 시스템의 기본블록으로 많은 종류의 전력 분배/결합 회로가 개발되었는데, 그 중에서 Wilkinson 전력 분배/결합기는 제작도 쉽고 전기적인 특성이 좋아 가장 많이 이용되는 기본적인 전력 분배/결합 회로로 고려되고 있다. 이 구조는 1/4파장 다중 전송선로와 그 선로간에 병렬 칩 저항의 삽입을 요구한다[2],[3]. 칩 저항 삽입은 평면 회로 제작공정을 한 단계 더 요구하는 부분이므로 이러한 저항 삽입이 없는 전력 분배/결합기 개발을 위해서 원형 마이크로 스트립 공진 구조를 이용하여 다중 출력을 가지는 전력 분배/결합기가 발표되었다[4],[5]. 이 회로의 입력부분은 공진회로의 중심에서 동축 급전 구조로 되어 있어서 M(H)MIC 형태로의 구현이 어려워서, 후에 Abouzahra와 Gupta에 의해 방사형의 구조가 제안되었지만 출력단자가 방사형으로 퍼지는 문제점을 가지고 있었다[6],[7].

대부분의 M(H)MIC 회로의 구성은 회로의 크기와 출력전력의 효율적인 측면에서 일반적으로 병렬로 구성이 되는데 반해서 방사형으로 회로 분기가 퍼져 나가면 회로 밀집도가 저하되는 단점을 포함하게 된다. 이러한 출력 분기회로가 방사형으로 퍼져 나가는 단점을 극복하고자 Taper 곡선으로 외형을 형성하고, 회로 표면의 일부분을 원형이나 타원형태로 에칭 제거하여 입력과 출력 사이의 전기적인 길이를 같게 하면서 회로의 입·출력이 동일한 방향으로 정렬된 배열을 가지는 전력 분배/결합기가 소개되었다[8] ~ [10].

그러나 Taper 곡선을 이용한 위의 전력 분배 구조는 50 Ω 특성임피던스의 입력 전송선로에서 출력으로 갈수록 넓어지는 구조를 가지며 종단에서 50 Ω의 다중 출력 전송선로들과 만나게 된다. 최적의 입력 반사특성을 얻기 위한 평면형의 전력 분배 회로의 종단 폭은 일정한 전기적인 길이를 유지하여야 한다. 그래서 주파수에 따른 회로 종단의 물리적인 크기는 주파수가 낮을수록 커지게 된다. 본 연구에서 고려하고 있는 IMT-2000용의 주파수대인 2 GHz 대에서 기존의 Taper 곡선[10]을 이용하게 되면 전력 분배회로 종단의 물리적인 길이는 커져서 회로의 종단과 출력 라인과의 불연속이 크게 된다. 그래서 본 연구에서는 이러한 회로 종단과 출력과의 불연속이 커지는 구조적인 단점을 극복하고, 출력 전송선로와의 테이퍼 전송선로와 불연속면을 적게 하는 구조를 제안한다.

제안한 수정된 구조의 전력 분배/결합기의 회로 성능을 결정하는 파라메터에 대한 주파수 응답을 분석하여 설계에 적용할 수 있게 준비하여 이를 토대로 하나의 입력과 두 개와 세 개의 동일한 병렬 배열의 출력을 가지는 전력 분배/결합기를 개발하였다. 이 개발된 수정된 형태를 가지는 전력 분배/결합기의 성능을 2 GHz에서 기존의 방법[10]으로 설계한 회로의 성능과 비교하였다.

Ⅱ. 전력 분배/결합기의 설계

2-1 기존의 테이퍼형 전력 분배/결합기[10]

Hassan Kobeissi와 Ke Wu[10]가 제시한 기존의 1:N 전력 분배/결합기 회로의 구조는 아래의 그림 1과 같은 구조로써, 하나의 입력에서 N개의 출력을 가지는 구조이다.

외형적인 형태는 식 (1)을 이용한 sine함수적인 테이퍼 구조를 사용하였으며, 입력에서 출력단자 쪽으로 갈수록 폭($w2$)가 점점 넓어지는 구조이다. 입력과 출력단자가 정렬된 구조로 회로의 밀집도가 좋

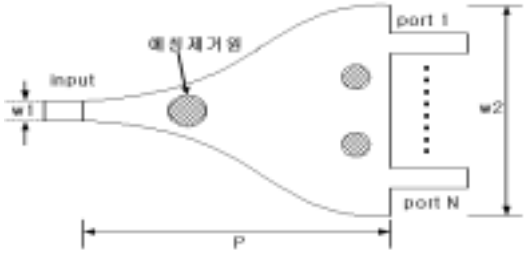

그림 1. [10]이 제시한 평면형 1:N 테이퍼형 전력 분배/결합기 구조

Fig. 1. 1:N tapered power divider/combiner in planar form suggested by [10].

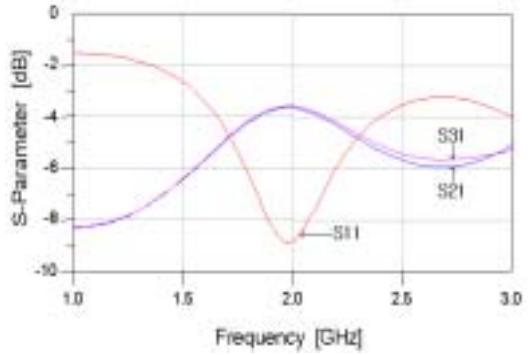

그림 2. [10]이 제안한 설계방법을 이용한 1:2 전력 분배/결합기의 1 ~ 3 GHz 주파수 응답

Fig. 2. Frequency response of 1:2 power divider/combiner designed by the method of [10] for 1 ~ 3 GHz range.

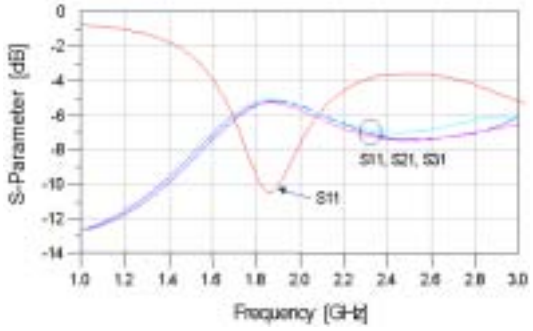

그림 3. [10]이 제안한 설계방법을 이용한 1:3 전력 분배/결합기의 1 ~ 3 GHz 주파수 응답

Fig. 3. Frequency response of 1:3 power divider/combiner designed by the method of [10] for 1 ~ 3 GHz range.

아지는 다중 분배 전력 분배/결합회로이다. 또한 회로의 일부분을 에칭 제거하여 출력단의 위상차를 보정하여 각 출력단의 위상을 동일하게 하였으며, 또한 입력 반사특성을 개선한 특징이 있다.

$$w2 = w1\left(1 - q\cos\left(\frac{\pi x}{P}\right)\right) \quad (1)$$

여기서 q는 회로의 종단의 세로방향의 길이, 즉 폭을 결정하는 변수이고, P는 Taper 회로의 가로 방향의 길이를 나타낸다.

[10]에서 제안한 식 (1)을 이용하여 2 GHz의 1 : 2와 1 : 3 전력 분배/결합기를 설계하면 그림 2와 그림 3에서 보이듯이 1 : 2 전력 분배기의 경우 $|S_{11}|$이 10 dB를 그리고 1 : 3의 경우는 11 dB를 못 미치는 특성을 나타내고 있다.

2-2 수정된 형태의 1:2 전력 분배/결합기 설계

2-2-1 수정된 회로의 구조

2-1절에서 소개한 기존의 Taper 형태의 구조는 출력단으로 갈수록 회로의 폭이 넓어지는 구조로써, 경험적인 결과에 의하면 좋은 입력 반사특성을 얻기 위해서는 출력단의 폭인 $w2$가 약 0.6 λ 정도 유지하여야 하는데 출력단자의 수가 증가되면 그 폭도 넓어져야 하므로 보통 약 0.5 λ ~ 1.0 λ의 폭이 요구된다.

그러나 이러한 회로의 구조는 10 GHz 이하의 주파수에서 고려하면, 회로의 출력단의 폭 $w2$는 전력분배/결합 특성을 얻기 위해서는 주파수가 낮아질수록 전기적인 길이는 주파수와 관계없는 물리적인 길이로 보았을 때 커지게 된다.

기존의 형태의 전력분배기[10]에서는 $w2$의 길이를 약 0.5 λ로 이용하였다. 50 Ω 특성임피던스의 출력 선로와 연결되었을 때 회로의 최종단의 폭 $w2$의 임피던스와 회로의 출력 전송선인 50 Ω과의 불연속면이 작아 입력 반사 계수에 큰 영향이 없으나, 주파수가 점점 낮아지면 0.5 λ의 물리적인 길이가 커지게 되어 임피던스는 더욱 낮아지게 된다. 그래서 점점 더 낮은 주파수로 가면 기존의 구조로는 우리가 원하는 반사 특성을 얻을 수 없게 된다. 회로의 출력단에 병렬로 발진기나 전력 증폭기를 연결할 수 있도록 회로의 각 출력단 간의 폭을 5 mm로 고정시키면 [10] 주파수가 내려갈수록 테이퍼 회로 종단면과 50 Ω 선로간의 임피던스의 차는 계속적으로 커진다는 것을 알 수 있다.

그래서 위의 문제점을 극복하기 위하여 2 GHz의 IMT-2000 주파수에서 사용할 수 있는 수정된 구조의 1 : 2 전력 분배/결합기 회로를 그림 4와 같이 제안한다.

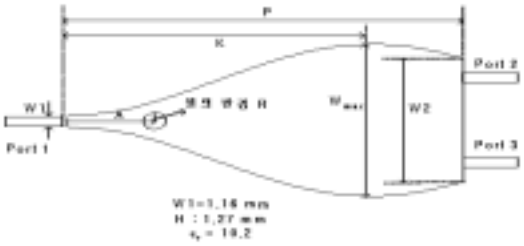

그림 4. 2 GHz에서 수정된 구조의 1:2 전력 분배/결합기 구조

Fig. 4. 1:2 power divider/combiner in the modified shape at 2 GHz.

이러한 회로의 구조는 식 (1)에서 테이퍼 회로의 전체의 길이를 회로의 외형 곡선을 형성하는 파라미터로 사용한 것을 수정하여 그림 4에서와 같이 분배기 출력단의 구조가 다시 좁아지는 형태를 가지게 시도하였다.

이와 같이 출력단의 마이크로스트립 라인폭을 다시 줄이기 위해서 회로의 전체의 길이인 P대신 테이퍼 곡선이 K인 지점에서 회로의 최대폭인 W_{max}를 위치하게 하여 회로의 형태를 그림 4와 같은 형태를 가지도록 수정하였다. 수정된 전력분배기의 외형 곡선은 식 (2)로 얻어진다.

$$w2 = w1\left(1 - q\cos\left(\frac{\pi x}{K}\right)\right) \qquad (2)$$

여기서, $0 \le x \le P$이고 K는 회로의 종단의 폭인 $w2$와 출력의 출력임피던스 50 Ω 전송선을 고려하여, 최적의 $w2$ 폭을 얻기 위해 $P/2$ ~ P 사이의 임의의 한 점을 갖는다.

식 (1)의 회로변수 P를 식 (2)와 같이 K로 수정하면 회로의 테이퍼 곡선은 입력단에서 출력으로 갈수록 회로의 폭이 점점 커지다가 K인 지점에서 회로의 폭이 최대값(W_{max})이 되며 다시 점점 좁아져서 출력 선로와 만나는 그림 4와 같은 구조를 가지게 된다. 이때 임피던스는 입력단부터 점점 작아진다. W_{max}에서 최소를 가지며, 회로의 끝단으로 갈수록 다시 커지는 구조를 가진다. 이러한 형태로 수정이 되더라도 최종 출력단의 폭 $w2$은 q의 값에 비례하며, K의 값은 회로의 정 중앙에 가까울수록, 출력단의 폭 $w2$는 0에 가까워진다. 극단적으로는 K의 값이 $P/2$에 위치하면 출력단의 폭 $w2$는 0이 된다.

2-2-2 회로의 파라메터 분석

식 (2)에 포함된 회로의 설계 파라미터는 테이퍼의 외형을 결정하는 중요한 인수이다. 전체 회로의 길이 P는 전력 분배/결합 회로의 중심 주파수를 결정하는 주된 변수이고, 회로의 폭의 크기를 결정하는 q와 W_{max}의 위치를 결정하는 K, 그리고 입력 반사특성을 개선하여 주는 에칭 제거원의 위치와 크기에 따라 전력 분배/결합 회로의 특성 변화를 보인다. 그래서 본 논문에서 P, q, K, 입력에서 에칭 제거원까지의 거리 A, 그리고 에칭 제거원의 반경 R에 따른 전력 분배/결합회로의 특성변화를 연구하였다. 그리고 상대유전율(ε_r)은 10.2이고, 두께(h)는 1.27 mm인 기판을 사용하여 마이크로스트립 전력분배기를 개발하였다.

그림 5는 회로 전체의 길이 P에 따른 중심 주파수의 변화를 보여준다. 표 1에서는 회로의 길이에 따른 중심 주파수와 그에 따른 회로의 전기적인 길이를 나타내었다. 이를 보면 회로의 전체의 길이는 회로의 중심주파수를 결정하는 주된 요인으로써 그 길이가 약 0.6 λ일 때 최적의 전기적인 특성을 얻을

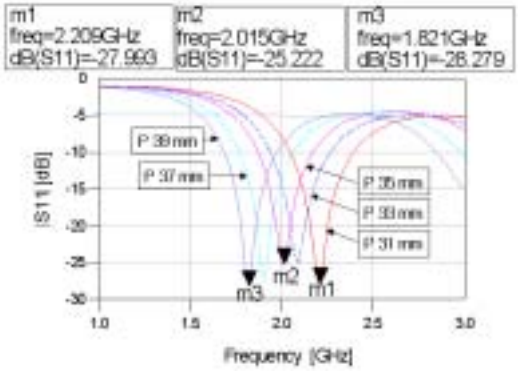

그림 5. 전력 분배/결합기 회로 전체길이 P에 따른 중심주파수(K=0.4 λ, q=7)

Fig. 5. Center frequency variation with respect to the total length, P, of the modified power divider/combiner at K=0.4 λ and q=7.

표 1. 회로의 길이 P에 따른 중심 주파수와 전기적인 길이 변화

Table 1. Relationship between center frequency and electrical length P.

회로의 길이 P [mm]	중심 주파수 [GHz]	전기적인 길이
31	2.209	0.60 λ
33	2.090	0.60 λ
35	2.015	0.601 λ
37	1.910	0.601 λ
39	1.821	0.601 λ

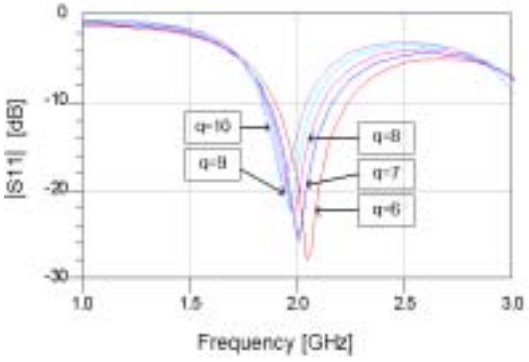

그림 6. q의 값에 따른 중심 주파수와 입력 반사특성 (P=35 mm(0.6 λ), K=23 mm(0.4 λ))

Fig. 6. Center frequency and input return loss characteristics with respect to the values of q at P =35 mm(0.6 λ) and K=23 mm (0.4 λ).

수 있었다.

식 (2)에서 q는 회로의 세로 폭을 결정하는 변수이다. 그림 6에서 q의 값에 따라 변하는 중심주파수와 입력반사특성($|S_{11}|$)을 나타내었다. q의 값이 커짐에 따라 회로의 전체적인 폭인 W_{max}와 $w2$의 폭은 커지게 된다. $w2$의 폭이 커지면 출력단의 50 Ω 전송선로와의 불연속면이 커지게 된다. 그림 5와 같이 q의 값이 커질수록 회로의 입력과 출력 사이의 전기적인 길이는 길어져서 회로의 중심주파수는 낮아지고 $w2$의 크기는 커져서 출력과의 불연속면이 커져 회로의 입력 반사 특성이 열화된다.

그림 7에서는 K의 변화에 따른 중심주파수와 입력반사특성을 보여준다. K는 회로의 W_{max}의 위치를

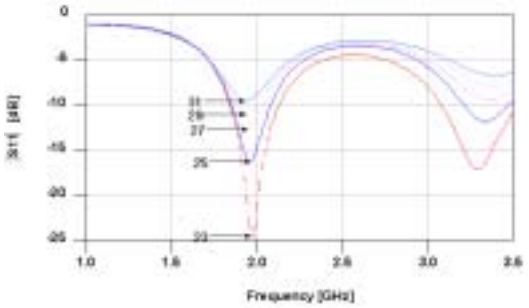

그림 7. K의 변화에 따른 중심 주파수와 입력반사특성 (P=35 mm(0.6 λ), q=7)

Fig. 7. Center frequency and input return loss characteristics with respect to the values of K at P=35 mm(0.6 λ) and q=7.

결정하는 변수로써 회로의 중심인 K값이 P/2인 지점으로 근접할수록 회로의 구조가 원형 마이크로스트립 공진 구조에 근사하게 되어 보다 나은 입력반사 특성을 얻을 수 있다. 그러나 K의 값이 회로중심에 근접할수록 $w2$의 폭은 좁아지므로 출력단의 수와 전기적인 특성을 고려하여 결정하여야 한다. 1:2 전력 분배/결합 회로에서는 그림 6에서 보여준 것과 같이 중심 주파수를 2 GHz에 맞추기 위해 K를 23(0.4 λ) mm에 위치시켰다.

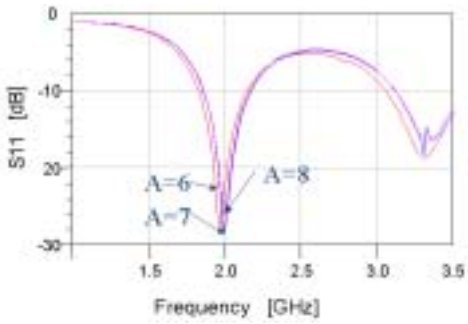

그림 8. 에칭 제거원의 위치(A)에 따른 중심 주파수와 입력 반사특성(P=35 mm(0.6 λ), K=23 mm (0.4 λ), q=7, R=1 mm)

Fig. 8. Center frequency and input return loss characteristics with respect to the position (A) of the circular hole etched out at P=35 mm(0.6 λ), K=23 mm(0.4 λ), q=7, and R=1 mm.

그림 8은 전력 분배/결합기의 변수가 P=35 mm (0.6 λ), K=23 mm(0.4 λ), q=7, R(원의 반경) =1mm일 때 에칭 제거원의 위치 A를 6, 7, 8 mm로 변화시켰을 때 각각의 중심 주파수와 입력 반사 ($|S_{11}|$) 특성을 나타내고 있다. 에칭 제거원의 위치에 의한 중심 주파수는 약간의 변화가 나타남을 알 수 있다. 그림 9에서는 에칭 제거한 원의 반경 R에 대한 중심주파수와 삽입손실특성은 원의 크기가 증가할수록 중심 주파수는 높아지고 반사손실은 증가하는 특성을 나타낸다.

위에서 보여준 파라메터 분석 결과 2분배 전력 분배/결합기 회로 변수를 다음과 같이 정하였다. 중심 주파수를 2 GHz로 하였을 때 회로의 전체적인 가로길이 P=35(0.6 λ) mm이고, W_{max}의 위치 K=23 (0.4 λ) mm이고, 그 폭은 17.86(0.31 λ) mm 이고, 회로의 50 Ω의 전송 선로의 폭 $w1$=1.12 mm, 회로의 종단의 폭 $w2$는 8.98(0.16 λ) mm, 각 출력 단과의 폭은 6.4(0.11 λ) mm로 하였다. 또한 에칭 제거원은 A=7(0.12 λ) mm에 위치하고, 그 반지름 R=1 mm로 하였다.

2-3 수정된 형태의 1:3 전력 분배/결합기 설계

앞의 파라미터 분석결과를 이용하여 1 : 3 전력분

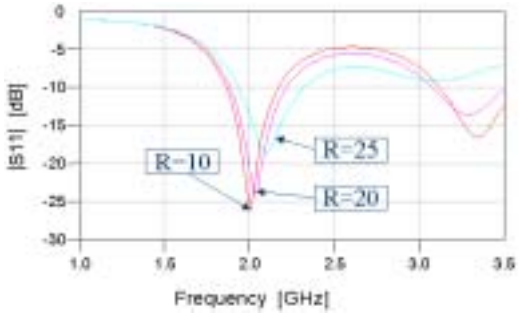

그림 9. 에칭제거원 반지름(R)에 따른 중심 주파수와 입력 반사특성 (P=35 mm(0.6 λ), K=23 mm (0.4 λ), q=7, A=7 mm).

Fig. 9. Center frequency and input return loss characteristics with respect to the radius (R) of the circular hole etched out at P=35 mm(0.6 λ), K=23 mm(0.4 λ), q=7 and A=7 mm.

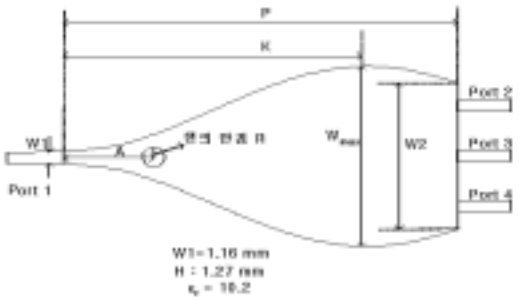

그림 10. 수정된 형태의 1:3 전력 분배/결합기의 구조

Fig. 10. Modified shape of 1:3 power divider/ combiner structure.

배/결합기를 설계하였다. 1 : 2 전력 분배/결합기와 비교 분석을 위해 마이크로스트립 기판은 1 : 2 전력 분배/결합기와 같은 기판을 사용하였으며, 회로 전체의 길이 P 또한 같게 하여 설계하였다.

중심 주파수를 2 GHz로 하였을 때 회로의 전체적인 가로길이 P=35(0.6 λ) mm이고, W_{max}의 위치 K=25(0.43 λ) mm이고, 그 폭은 18(0.32 λ) mm이고, 회로의 50 Ω의 전송 선로의 폭 $w1$=1.12 mm, 회로의 종단의 폭 $w2$는 14.6(0.25 λ) mm, 각 출력 단간의 폭은 5(0.08 λ) mm로 하였다. 또한 에칭 제거원의 경우 A=8(0.13 λ) mm에 위치시켰고, 그 반지름 R=1 mm로 하였다.

III. 전력 분배/결합기의 제작 및 측정

제 II장에서 HFSS로 시뮬레이션으로 분석한 설계 변수에 대한 주파수 응답과 입력 반사특성을 기반으로 설계한 중심 주파수가 2 GHz인 평면형 1 : 2와 1 : 3 전력 분배/결합기의 제작·측정을 하여 시뮬레이션 결과와 비교 분석하였다.

제작에 사용한 마이크로스트립은 상대유전율 (ε_r)=10.2이고, 기판의 두께는 1.27 mm인 Roger사의 RO6010을 사용하였다.

3-1 1 : 2 전력 분배/결합기의 측정

그림 11은 수정된 1:2 전력 분배/결합회로의 실제 사진이다. 그림 12는 수정된 구조에서 에칭 제거

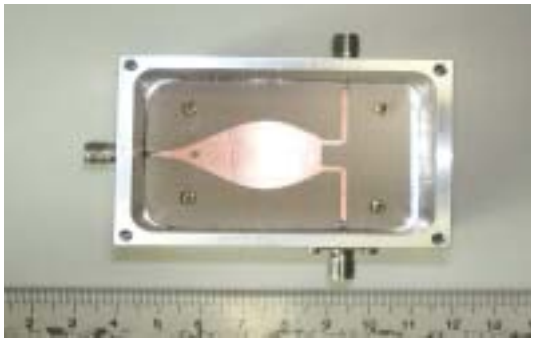

그림 11. 하나의 에칭 제거원을 가지는 수정한 형태의 1:2 전력 분배/결합기 회로 사진

Fig. 11. Photograph showing modified shape of 1:2 power divider/combiner circuit with the circular hole etched out.

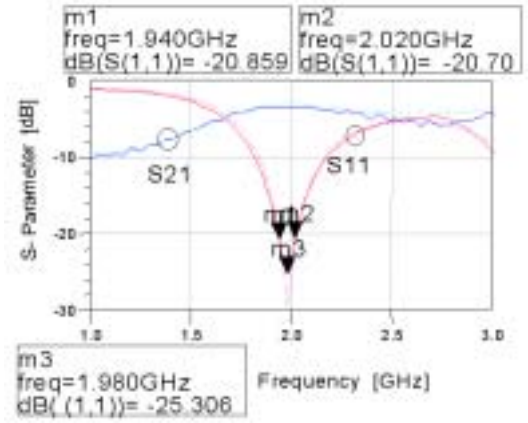

그림 12. 에칭 제거원이 없는 수정된 형태의 1:2 전력 분배/결합 회로의 S-파라메터 특성에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과(…시뮬레이션, – 측정결과)의 비교

Fig. 12. S-parameter comparison between simulation and measurement results for the modified 1:2 power divider/ combiner structure without the circular hole etched out(…simulation, – measured).

원이 없었을 때 S-파라메터에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교한 그림이고, 그림 13은 에칭 제거원이 있는 경우를 나타낸다. 에칭 제거원이 없을 경우, 반사손실 특성을 20 dB로 기준하였을 때,

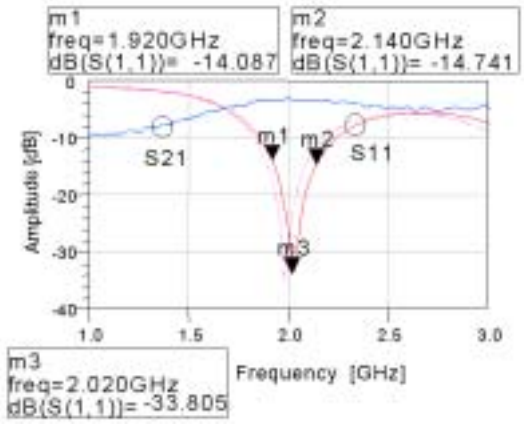

그림 13. 에칭 제거원이 있는 경우 수정된 형태의 1:2 전력 분배/결합 회로의 S-파라메터에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과(…시뮬레이션, – 측정결과)의 비교

Fig. 13. S-parameter comparison between simulation and measurement results for the modified 1:2 power divider/combiner structure with the circular hole etched out(…simulation, – measured).

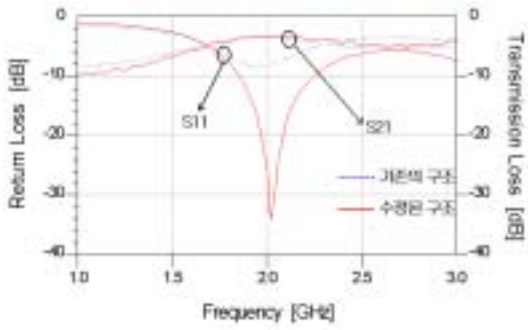

그림 14. 에칭 제거원이 있는 1:2 전력 분배/결합구조의 기존 구조의 방법 [10]을 이용한 경우의 시뮬레이션 결과와 수정된 구조의 측정 결과와의 S-파라메터 비교

Fig. 14. S-parameter comparison between structures of 1:2 power divider/combiner proposed by [10] and this study, respectively, with the circular hole etched out.

중심 주파수는 1.98 GHz이며, 대역폭은 약 80 MHz 이었는데, 그림 13과 같이 반경이 1 mm인 에칭 제

거원을 두었을 경우 중심주파수는 2.02 GHz로 이동하였으며, 대역폭은 약 80 MHz에서 약 100 MHz로 20 MHz 증가하였다. 위의 측정결과와 시뮬레이션결과를 비교하여 보면 시뮬레이션 결과와 측정결과가 매우 잘 일치함을 알 수 있다.

그림 14에서는 [10]에서 제시한 설계 방법을 적용하였을 때 S-파라메터에 대하여 1:2 전력 분배/결합기의 시뮬레이션 결과와 수정된 구조의 전력 분배/결합기의 측정결과를 비교하였다. 중심주파수에서의 입력 반사특성(S_{11})이 수정된 구조에서 9 dB에서 33 dB로 약 24 dB 개선됨을 알 수 있다.

3-2 1:3 전력 분배/결합기의 측정

그림 15는 실제 제작한 하나의 에칭 제거원을 가지는 1:3 전력 분배/결합 회로의 사진이다. 그림 16은 수정된 구조에서 에칭 제거원이 없었을 때 S-파라메터에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교한 그림이고, 그림 17에서는 에칭 제거원이 있는 경우의 결과를 나타낸다.

그림 16에서는 평면형 1:3 전력 분배/결합기의 에칭 제거원이 없을 경우 S-파라메터에 대하여 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교하였는데, 중심주파수 1.98 GHz에서 반사손실 20 dB를 기준으로 보았을 때 대역폭은 약 80 MHz이었다. 회로에 에칭 제거원이 있는 그림 17을 보면 중심 주파수는 1:2분

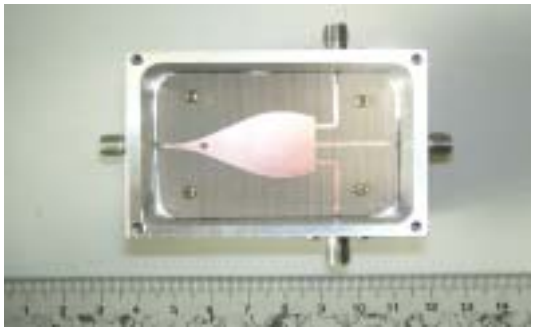

그림 15. 하나의 에칭 제거원을 가지는 수정한 형태의 1:3 전력 결합/분배회로 사진

Fig. 15. Photograph showing the modified shape of 1:3 power divider/combiner circuit with the circular hole etched out.

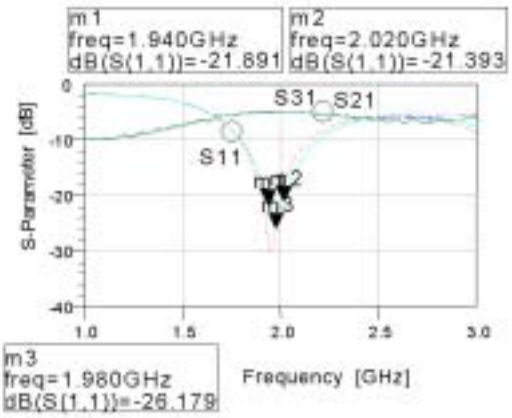

그림 16. 에칭 제거원이 없는 경우 수정된 구조의 1:3 전력 분배/결합 회로의 S-파라메터에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과(…시뮬레이션, – 측정결과)비교

Fig. 16. S-parameter comparison between simulation and measurement results for the modified 1:3 power divider/ combiner structure without the circular hole etched out(…simulation, – measured).

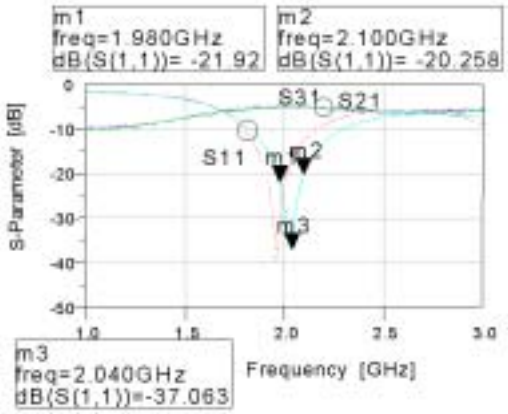

그림 17. 에칭 제거원이 있는 경우 수정된 구조의 1:3 전력 분배/결합 회로의 S-파라메터 시뮬레이션 결과와 측정결과(…시뮬레이션, – 측정결과)비교

Fig. 17. S-parameter comparison between simulation and measurement results for the modified 1:3 power divider/ combiner structure with the circular hole etched out(…simulation, -measured).

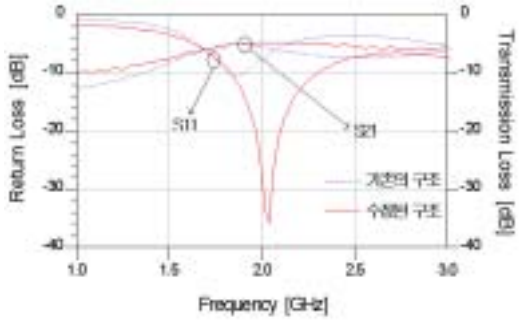

그림 18. 에칭 제거원이 있는 1:3 전력 분배/결합구조의 기존 구조를 이용한 구조의 시뮬레이션 결과와 수정된 구조의 측정결과

Fig. 18. S-parameter comparison between structures of 1:3 power divider/combiner proposed by [10] and this study, respectively, with the circular hole etched out.

배/결합기의 경우와 같이 2.04 GHz로 이동하였으며 대역폭은 약 80 MHz에서 약 120 MHz로 40 MHz 증가됨을 볼 수 있었다.

그림 18에서는 S-파라메터에 대하여 기존의 [10]에서 제시한 설계 방법을 적용하여 설계한 1:3 전력 분배/결합기의 시뮬레이션 결과와 수정된 구조의 전력 분배/결합기의 측정결과를 비교한 그림이다. 중심주파수에서의 입력 반사특성($|S_{11}|$)이 수정한 구조에서 10.5 dB에서 37 dB로 약 26.5 dB 개선됨을

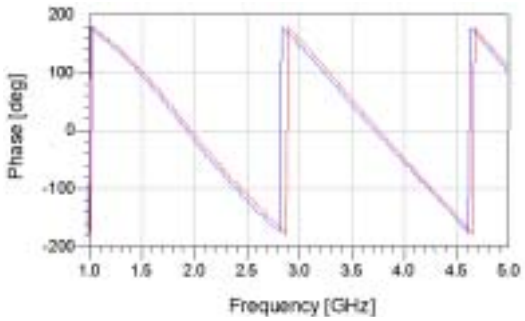

그림 19. 에칭 제거원이 없는 경우 1:3 전력 분배/결합회로의 출력포트간 위상차(측정결과)

Fig. 19. Measured phase differences between output ports of the modified 1:3 power divider/combiner without the circular hole etched out.

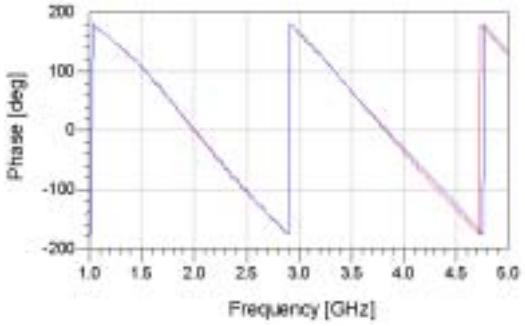

그림 20. 에칭 제거원이 있을 경우 1:3 전력 분배/결합회로의 출력포트간 위상차(측정결과)

Fig. 20. Measured phase differences between output ports of the modified 1:3 power divider/combiner with the circular hole etched out.

알 수 있다.

에칭 제거원이 회로에 미치는 영향을 분석하면 입력 반사 특성은 좋아지며 회로의 대역폭의 증가와 중심주파수가 높아지는 것을 알 수 있었다. 그림 19에서는 에칭 제거원이 없는 경우의 각 출력간 위 상 특성과 그림 20에서 에칭 제거원이 있는 1:3 전력분배/결합기의 각 출력간 위상 특성을 보여준다. 에칭 제거원이 있을 경우 중심주파수인 2 GHz에서 위상 특성이 5°이었으나, 에칭 제거원을 삽입하였을 때 각 출력 단자간의 위상특성을 1° 이하로 낮출 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 입력과 출력사이를 Taper 곡선의 형태를 이용하여 입·출력선의 배열이 동일 직선상에 위치되는 형태로 각 출력간의 전기적인 길이가 같고, 회로의 입력 반사 특성을 개선하기 위해 참고 논문 [10]에서 제시한 형태 식을 수정하여 종단이 다시 좁아지는 구조의 전력 분배/결합 회로를 제안하였다. 그리고 이 구조에 대한 실질적인 설계 변수를 분석하였다. 그 결과 그림 2와 그림 3에서와 같이 기존의 구조에서는 2분배, 3분배 회로의 경우 중심 주파수에서 반사특성이 각각 −9 dB와 −10.5 dB 이었으나, 수정된 구조를 적용하여 각각 −33 dB와 −37 dB로 개선되었다. 또한 [10]의 경우와 같이 회로상의 일부에 원형구조를 에칭 제거하여 전기적인 길이를 맞추었다. 그리고 회로의 물리적인 크기는 평면형 1:2 전력 분배 회로의 전체 크기($P \times W_{max}$)는 35(0.6 λ) mm×17.86(0.31 λ) mm이었으며, 1:3 전력 분배 회로의 전체 크기($P \times W_{max}$)는 35(0.6 λ) mm×18(0.32 λ)mm으로 기존에 제시한 설계 방법보다 회로의 크기를 줄일 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] S. P. Marsh, “Power splitting and combining techniques on MMICS", *The GEC Journal of Tech.*, vol. 15, no. 1, 1998.

[2] A. A. M. Saleh, “Planar electrically symmetric n-way hybrid power dividers/combiners", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,* vol. 28, no. 6, pp. 555-563, June 1980.

[3] Y. J. Chen and R. B. Wu, “A wide-band multiport planar power-divider design using matched sectorial components in radial arrangement", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 46, no. 8, pp. 1072-1078, August 1998.

[4] M. D. Abouzahra and K. C. Gupta, “Multiple-port power divider/combiner circuits using circular microstrip disk configurations", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 35, no. 12, pp. 1296-1302, December 1987.

[5] M. D. Abouzahra and K. C. Gupta, “Multiple-port power divider/combiners circuits using circular microstrip disk configurations", *IEEE MTT-s*, pp. 211-214, 1987.

[6] M. D. Abouzahra and K. C. Gupta, “Multiport power divider-combiner circuits using circular sector shaped planar components", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 36, no. 12, pp. 1747-1751, December 1988.

[7] M. D. Abouzahra and K. C. Gupta, “Use of circular sector shaped planar circuits for multiport power divider-combiner circuits”, *IEEE MTT-s*, pp. 661-664, 1988.

[8] Q-C Sun, K. W. Eccleston, and S. P. Yeo, “The design of optimum planar power divider/combiner for SSPA applications", *1995 Asia Pacific Microwave Conference*, Korea, pp. 499-505, December 1995.

[9] J. Benbrahim, H. Kobeissi, and Ke Wu, “CAD and electrical performance of new compact power divider suitable for use in M(H)MICs", *IEEE MTT-s Inter. Microwave Symp. Dig.*, June 1997.

[10] H. Kobeissi and K. Wu, “Design technique and performance assessment of new multiport multihole power divider suitable for M(H) MIC's", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 47, no. 4, pp. 499-505, April 1999.

한 용 인(韓墉仁)

2000년 2월 : 경희대학교 전파공학과(공학사)
2002년 2월 : 경희대학교 전파공학과(공학석사)
2002년 2월 ~ 현재 : (주)세원텔레콤연구원
관심분야 : 전력분배/결합기, 초고주파 발진기, CDMA 단말기 Hardware

조 치 성(趙致成)

2001년 2월 : 경희대학교 전파공학과 (공학사)
2001년 9월~현재 : 경희대학교 전파공학과 석사과정
관심분야 : mixer and oscillator

김 인 석(金仁奭)

1974년 2월 : 경희대학교 전파공학
과(공학사)
1984년 2월 : Ottawa Univ. 전기공학과(공학석사)
1990년 10월 : Ottawa Univ. 전기공학과(공학박사)
1973년 10월 ~ 1980년 8월 : 한국방송공사(KBS) 기술사원
1983년 2월 ~ 1983년 12월 : Com Dev Ltd, Div. of Satellite System, Technical Staff
1984년 1월 ~ 1985년 8월 : General Instrument of Canada, Div. of Satellite System, Senior Engineer
1990년 10월 ~ 1991년 2월 : Canadian Space Agency,-David Florida Lab., Research Scientist
1991년 2월 ~ 1992년 2월 : 한국이동통신(주)기술개발부장
1999년 3월 ~ 2000년 2월 : ETRI(초빙연구원), 스위스 연방공과대학(ETH:방문교수), Motorola Electromagnetic Field Research Lab.(Ft. Lauderdale)
1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전파공학과 교수
2000년 9월 ~ 현재 : IEEE Trans. MTT 편집위원
2002년 1월 ~ 현재 : IEEE Microwave & Wireless Components Letters 편집위원
관심분야 : FDTD & TLM, 초고주파 수동소자, 비선형 마이크로파 회로, 믹서, 발진기 등