

# 나선형 DGS를 이용한 4way Power Divider에 관한 연구

이신재·강정훈·안달

순천향대학교 정보기술공학부

E-mail : ridos@ramrec.sch.ac.kr

## A Study of 4way Power Divider using Defected Ground Structure with Spiral Shape

Sin-Jae Lee · Jung-Hoon Kang · Dal Ahn

Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

### 요약

본 논문에서는 기존 Wilkinson Power Divider의 소형화를 위해 마이크로스트립 선로에 DGS를 삽입하였다. 특성 임피던스 70.7Ω의 1/4 마이크로스트립 선로를 50Ω 마이크로스트립 선로에 나선형 DGS를 삽입하여 70.7Ω 선로를 구현하였다. 이 나선형 DGS를 갖는 마이크로스트립 선로의 소형화를 확인하기 위해 각각 3dB Wilkinson Power Divider와 4way Power Divider를 제작하였다. 제작된 3dB Power Divider는 기존의 3dB Power Divider의 70.7Ω 전송선로의 길이가 31.95mm인 것에 반해 나선형 DGS를 갖는 50Ω 전송선로는 21.22mm로 약 10mm (약 30%) 정도 길이가 줄었음을 알 수 있다. 또한 이 3dB Power Divider를 사용하여 4way Power Divider를 구현하였다. 이와같이 마이크로스트립 선로에 DGS를 삽입함으로써 선로의 길이를 줄여 소형화 할 수 있음을 알 수 있다.

### 1. 서론

최근 이동통신의 눈부신 발달에 따라 통신 기기의 수요가 급증하고 있고 또한 요구되는 품질 수준도 더욱 높아지고 있다. 이에 부응하기 위해 이동통신 기기의 소형화와 경량화가 매우 중요하게 여겨지고 있다. 소형화, 경량화를 위한 방법의 하나로 접지면에 몇 개의 식각 패턴인 DGS(Defected Ground Structure)를 갖는 마이크로 스트립 선로와 이를 응용한 회로의 소형화, 경량화 연구가 최근에 활발하게 진행되어 지고 있다. 마이크로스트립 선로의 접지면에 인위적인 식각 구조(DGS)를 넣어줌으로써 전파 지연 효과(slow-wave effect)와 특정 대역에서의 저지특성과 같은 다양한 현상을 얻을 수 있다. 이 중에서 전파 지연 특성은 고주파 직접회로에서 분포 소자와 전송 선로의 길이를 줄이는데 이용될 수 있고, 특정 대역에서의 저지특성은 증폭기에서의 고조파(Harmonics) 제거나 여파기 설계에 이용될 수 있다. DGS 패턴은 기존 마이크로스트립 선로의 접지면의 식각을 통해 구현되고, 또한 구조를 쉽게 조정할 수 있어 고주파 회로의 구성에 가장 널리 사용되고 있는 마이크로스트립 회로의 소형화에 용이하다. DGS를 이용한 선로의 특징적인 장점 중 하나는 전파 지연 특성과 더불어 동일한 선로 폭에 대하

여 특성 임피던스를 키울 수 있다는 데 있는데, 이것은 등가적으로 유효 인덕턴스 성분이 부가되어 나타나는 결과이다. 본 논문에서는 이를 증명하기 위하여 기존의 윌킨슨 전력분배기에서 사용되는 70.7Ω 마이크로스트립 선로를 50Ω 마이크로스트립 선로에 Spiral구조의 DGS를 삽입하여 이를 3dB 윌킨슨 전력분배기에 응용하였다.<sup>[1][2][3]</sup>

### 2. 나선형 DGS의 모델링

그림 1은 DGS(Defected Ground Structure)를 갖는 마이크로스트립 선로를 보여주고 있다. 여기서 DGS는 나선형 구조로서 금속접지면에 식각된 구조로 되어 있는 것을 볼 수 있다. 전송선로의 폭은 전형적인 50Ω 마이크로스트립 선로의 폭에서 얻어질 수 있으며 그림1에서 나타난 나선형 DGS의 각 파라미터는  $a = b = 5\text{mm}$ 이고 식각한 패턴의 폭은 0.3mm이며 식각 패턴간의 간격은 0.2mm로 하였다. 시뮬레이션에 사용된 기판은 유전율 2.5, 두께는 31mil인 기판을 사용하였다.

기판에서의 윗면에는 50Ω 전송선로만이 있고 아랫면의 접지면에서는 나선형 DGS 모양이 식각되어져 있는 구조이며 이를 시뮬레이션하기 위한 툴은 Ansoft HFSS 9.1을 사용하였다.

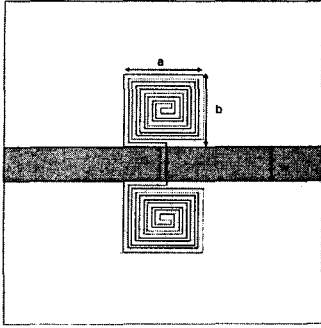


그림 1 나선형 DGS의 구성도

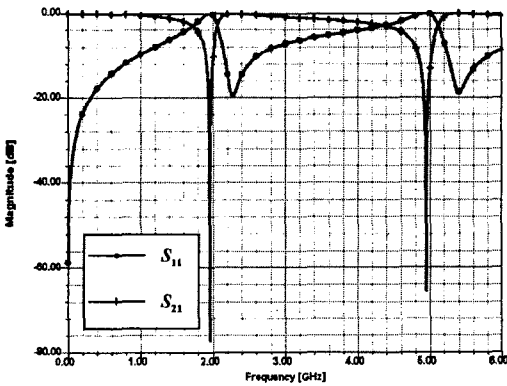


그림 2 나선형 DGS의 EM 시뮬레이션 결과

그림 2의 시뮬레이션 결과는 하나의 나선형 DGS에 의해 2GHz 근방에서 감쇠극이 나타남을 볼 수 있고 감쇠극 바로 상 위 주파수(2.5GHz)에서 영점이 나타났다. 따라서 유효 인덕턴스와 커패시턴스가 크게 증가되고 급격한 감쇠 특성을 갖으며 특정 대역에서 좁은 저지 대역을 형성하였다. 아령형 DGS보다 감쇠극 주파수가 크게 감소하였다.

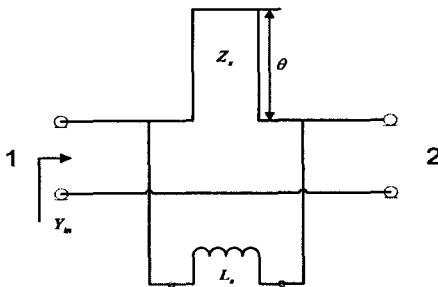


그림 3 나선형 DGS의 등가회로

그림 1을 그림 3과 같이 한개의 단락스터브와 인덕터로 구성된 등가회로로 제시하였다. 집중소자 모델링으로는 그림2에서 극점과 영점의 주기적인 특성을 표현할 수 없어 분포소자를 사

용하였고 인덕터는 영점과 극점의 주파수 간격을 어느 정도 제어할 수 있는 소자이다. 여기서, 특성 임피던스  $Z_s$ 를 갖는 단락스터브는 감쇠극 위의 영점주파수에서 전기적 길이  $\lambda/2$ 를 갖는다. 등가회로의 각 파라미터는 극점, 영점과 3dB 차단 주파수를 이용하여 구할 수 있다. 3dB 차단 주파수를 이용하기 위해 버터워스 1단 대역저지 여파기의 등가회로와 매칭을 시키면

$$Y_{in} = -j(Y_s \cot \theta + \frac{1}{wL_s}) \quad (1)$$

$$Y_{in} = jw_0 C_k (\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}) \quad (2)$$

여기서 식(1)은 나선형 DGS의 등가식이고 식(2)는 1단 대역저지 여파기의 등가식이며 각 파라미터는

$$C_k = \frac{w_1'}{w_0 g_k W}$$

$g_k$  : Butterworth prototype element

$W$  : Fractional bandwidth

따라서 3dB 차단 주파수에서 위의 식(1), (2)의 입력 어드미턴스는 다음과 같은 조건이 된다.

$$-j(Y_s \cot \theta + \frac{1}{wL_s}) = jw_0 C_k (\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}) \quad (3)$$

여기서  $w$ 는 3dB 차단 각주파수이다.<sup>[4],[5]</sup>

### 3. 설계이론

#### 3.1 3dB Power Divider 설계 및 제작

앞에서 다루었던 나선형 DGS를 이용하여 3dB Power Divider에 응용하였다. 3dB Wilkinson Power Divider는 특성 임피던스 70.7Ω의  $\lambda/4$  마이크로스트립 선로가 필요하다.

그림 4는 특성 임피던스 70.7Ω의  $\lambda/4$  마이크로스트립 선로를 구현하기 위해 나선형 DGS 두 개를 갖는 특성 임피던스 50Ω의  $\lambda/4$  마이크로스트립 선로를 구현하였다.

나선형 DGS의 각 파라미터는  $a = 3.3\text{mm}$ ,  $b = 3.4\text{mm}$ ,  $c = 0.4\text{mm}$ ,  $d = 0.5\text{mm}$ ,  $e = 1.6\text{mm}$ 이며 마이크로스트립 선로는 1.745GHz에서 특성 임피던스 50Ω의  $\lambda/4$  마이크로스트립 선로인 길이는 21.22mm, 폭은 2.33mm로 구현하였다. 여기서 Power Divider에서 70.7Ω 끝단에 100Ω의 저항을 붙이기 위해 그림과 같은 변형을 하였다.

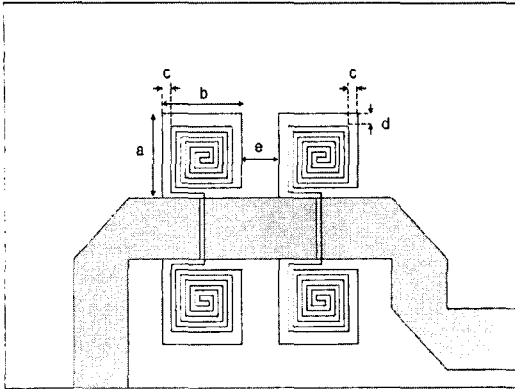


그림 4 특성 임피던스 70.7Ω의 DGS 전송선로 구성도

여기서 주목해야할 만한 점은 70.7Ω 전송선로의 길이가 31.95mm인 것에 반해 나선형 DGS를 갖는 50Ω 전송선로는 21.22mm로 약 10mm (약30%) 정도 길이가 줄었음을 알 수 있다.

이로인해 회로의 소형화 및 집적화에 매우 유리함을 알 수 있다. 이는 DGS의 주요 특성인 길이 감소는 전파지연 특성, 넓은 선폭은 유효 인덕턴스 증가에 의해 가능하다.

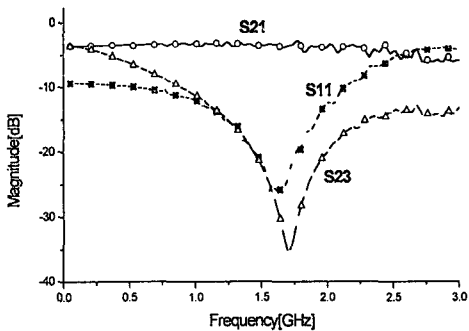


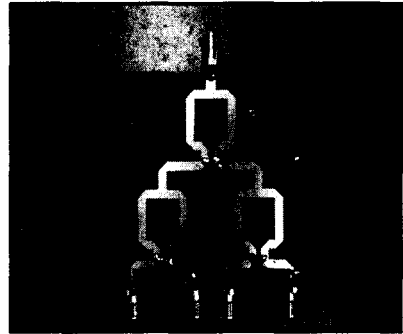
그림 5 제작된 3dB Power Divider 측정결과

위의 그림 5는 나선형 DGS를 갖는 3dB Power Divider의 측정결과이다. 여기서 1.745GHz에서  $S_{11} = 25.7\text{dB}$ ,  $S_{12} = 3.36\text{dB}$ ,  $S_{23} = 33.12\text{dB}$  이다. 계측장비는 Agilent 8510C를 이용하여 측정하였다.

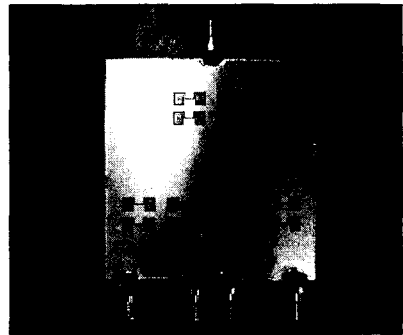
### 3.2 4Way Power Divider 설계 및 제작

위에서 설계 및 제작한 3dB Power Divider를 이용하여 최종적으로 제작하고자 하는 4way Power Divider를 설계하여 보자.

3dB Power Divider 3개를 이용하면 설계하고자 하는 4way Power Divider를 설계할 수 있다.



(a) 앞면



(b) 뒷면

그림 6. 제작된 4Way Power Divider의 실제사진

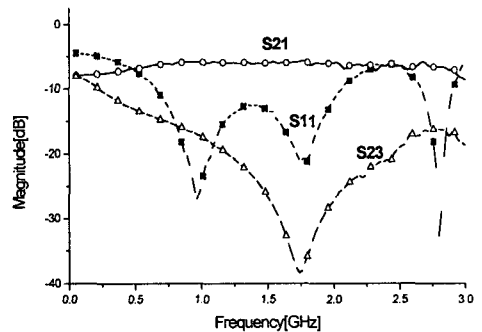


그림 7 제작된 4Way Power Divider 측정결과

위의 그림 7은 나선형 DGS를 갖는 3dB Power Divider를 이용하여 4way Power Divider를 제작하여 측정한 결과이다. 여기서 1.745GHz에서  $S_{11} = 23\text{dB}$ ,  $S_{12} = 6.4\text{dB}$ ,  $S_{23} = 38.3\text{dB}$  이다. 위의 결과와 같이 기존 구조의 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 선로에 인위적인 식각 구조인 나선형 DGS를 넣어줌으로써 전파지연 특성과 특정 대역에서의 저지특성과 같은 다양한 현상을 얻을 수 있었다. 이러한

나선형 DGS를 이용하여 Wilkinson Power Divider의  $70.7\Omega$  마이크로스트립 선로를 나선형 DGS를 갖는  $50\Omega$  마이크로 스트립 선로로 구현함으로써 위의 내용을 입증하였다. 기존의  $70.7\Omega$  전송선로의 길이가  $31.95\text{mm}$ 인 것에 반해 나선형 DGS를 갖는  $50\Omega$  전송선로는  $21.22\text{mm}$ 로 약  $10\text{mm}$  (약30%) 정도 길이가 줄었음을 알 수 있다. 또한 이로 인하여 회로의 소형화 및 집적화에 매우 유리함을 알 수 있었다. 이를 이용하여 4way Power Divider를 제작한 결과 기존의 구조와 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT 선부품연구센터(R12-2002-052-02004-0)의 지원에 의한 것입니다.

#### 참고문헌

- [1] C. S. Kim, J. S. Park, and D. Ahn , "A design of the novel Wilkinson 3dB-power divider using the defected ground structure" Proc. of ICEIC, vol. 1, pp.382-385, Aug. 2000.
- [2] 김철수, 박준석, 안달, 김근영, "Slow-wave 특성을 이용한 3dB 전력분배기 설계" 한국전자파학회 논문집, 제 10권 제 5호, pp. 694-700, May 1999
- [3] J. S. Lim, S. W. Lee, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4:1 unequal Wilkinson power divider" IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 11, no. 3, pp. 124-126, March 2001
- [4] D. M. Pozar, Microwave Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, pp. 76-84, 1990
- [5] 김철수, 강광용, 임종식, 남상욱, 장성근, 안달, "Spiral 형태의 DGS에 대한 새로운 등가 모델링 회로 구현 및 바이오 영향", 한국전자파학회 종합학술발표회 논문집, vol. 11, pp. 176-179, Nov. 2001
- [6] 김철수 "결합기저면 구조의 모델링과 마이크로파 회로 응용에 관한 연구", 순천향대학교 박사논문, 2001