

## Quad-Spiral Defected Ground Structure 를 이용한 저역통과 여파기 설계

정 용우, 김 철수, 박 규호\*, 안 달\*\*  
순천향대학교 차세대 BIT 무선부품 연구센터  
\*전자부품 연구원 무선회로 연구센터  
\*\*순천향대학교 정보기술공학부  
E-mail : [dahnkr@sch.ac.kr](mailto:dahnkr@sch.ac.kr)

### A design of a lowpass filter using Quad-Spiral Defected Ground Structure

Yong-Woo Jeong, Chul-Soo Kim, Kyu-Ho Park\*, Dal Ahn\*\*  
RRC for Wireless Communication Devices, Soonchunhyang Univ.  
\*Korea Electronics Technology Institute Wireless Communication Research Center  
\*\*Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.

#### ABSTRACT

A new structure to design low pass filters (LPFs) is presented. The proposed structure has the etched shape of Quad-Spiral DGS(Defected Ground Structure) on microstrip transmission lines. By extracting the equivalent circuit elements of unit Quad-Spiral DGS, LPFs are designed easily. The equivalent circuit of Quad-Spiral DGS consists of a step impedance resonator and lumped elements. The proposed LPF provided steep rejection characteristics with 5-poles. Experimental results show excellent agreements with circuit simulation results in wide band and the validity of our circuit modeling for LPF design. The result shows another possibility of Quad Spiral DGS for microwave devices.

#### I. 서 론

마이크로웨이브 산업이 발달함에 따라 점차 소형화, 경량화, 저가격화의 요구사항이 마이크로웨이브 소자에서 엄격히 요구되어지고 있다. 부품의 크기 및 성능개선 방법으로 이미 DGS 및 PBG(photonic band gap) 를 사용하는 것이 좋은 효율을 가져오며 하모닉을 없애는 것에도 좋은 성능을 지닌 것으로 연구되어졌다.[1-4] 그리고 DGS 를 이용한 회로 설계시 저손실, 부품의 소형화, 차단주파수 및 공진주파수를 이용해 여러 소자들에 응용되어지고 있다.[3-5]. 유효 유전율 증가와 같은 DGS 의 장점을 통해서 본 논문은 Quad-spiral DGS 의 형태를 보이고, 저역통과 여파기에 응용 예를 보였다. 일반적인 Spiral DGS 와 비교해서 Quad Spiral DGS 는 네개의 나선형 식각패턴을 접지면에 갖는다. 기존의 DGS 구조를 개량하는 Spiral DGS 처럼 Quad Spiral DGS 는 기존의 Spiral DGS 에 보다 많은 식각패턴을 접지면에 줌으로써 좀더 큰 유효 유전율을 기존의 마이크로 스트립라인이나 아령모양의 DGS 보다 구현할 수 있다[6]. 이는 접지면에 추가된 Spiral

식각구조가 slow-wave 효과를 증대시키기 때문이다[6]. 이러한 Quad Spiral DGS 를 모델링하는 과정에서 기존의 Spiral DGS 의 등가회로가 사용되었고 이 등가회로는 EM 시뮬레이션 과정을 통해서 얻어질 수 있다. EM 시뮬레이션과 회로 시뮬레이션의 오차를 수정하기 위해 등가회로에 다단 임피던스 공진기 회로와 전송선로가 추가되었다. 이러한 Quad Spiral DGS 의 마이크로웨이브 측면의 유용성을 살피기 위해 저역통과 여파기에 응용되었다. 제시된 구조를 갖는 5단 저역통과 여파기의 측정결과는 감쇄특성이 일반적인 구조의 11 단과 비교되어 소형화, 경량화, 저가격화 및 성능개선 요구사항에 많은 응용제품에 사용되리라 생각한다.

#### II. QUAD-SPIRAL DGS 의 설계 및 모델링

그림 1(a)는 2 차원의 Quad Spiral DGS 의 평면도를 보여준다. Quad Spiral DGS 는 접지면에 Spiral 식각패턴을 가지며 선로면에 50 옴의 전송선로를 가진다. 시뮬레이션 및 제작에 사용된 기판은 두께 = 31mil, 비유전율( $\epsilon_r$ )=

2.5 이고, 각 파라미터는 다음과 같다.  $a = 8.16\text{mm}$ ,  $b = 3.72\text{mm}$ ,  $c = 9.72\text{mm}$ ,  $d = 3.385\text{mm}$ ,  $g = 0.5\text{mm}$ ,  $w = 2.19\text{mm}$   
 그림 1(b)는 Spiral DGS의 등가회로를 보여준다. 이 등가회로는 Quad Spiral DGS의 해석에 사용될 수 있으며 등가 회로의 소자는 다음과 같이 나타내어질 수 있다.  $Z_1$ 과  $Z_2$ 는 공진기의 다단 임피던스 공진기의 특성 임피던스로서 하모닉 공진주파수를 조정할 수 있는 역할을 한다.  $L_S$ 는 공진주파수 포인트를 좀더 세밀하게 조정하는 인자로 사용된다. 손실성분은  $R$ 로 사용이 되었으며 EM과 회로 시뮬레이션의 차이를 보정하기 위해  $Z_0$ 의 특성 임피던스를 갖는 위상 보상 전송선로가 추가되었다.

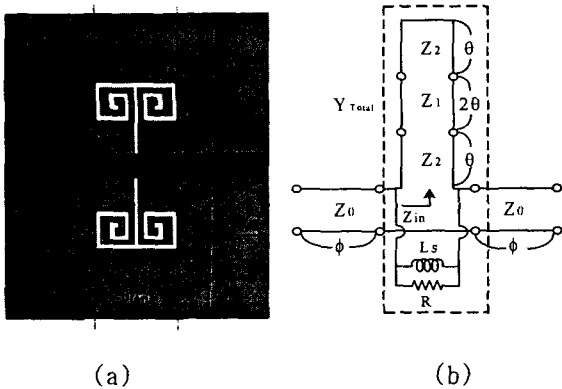


그림 1. Quad Spiral DGS와 등가회로  
 (a) Quad Spiral DGS의 평면도 (b) 등가회로

그림 2는 단위 Quad Spiral DGS의 EM과 회로 시뮬레이션의 결과를 보여주고 있다. 등가회로가 주파수의 함수로 되어있기 때문에 등가회로의 변수들은 시뮬레이션 결과의 특정 주파수의 값들로부터 얻어질 수 있다.

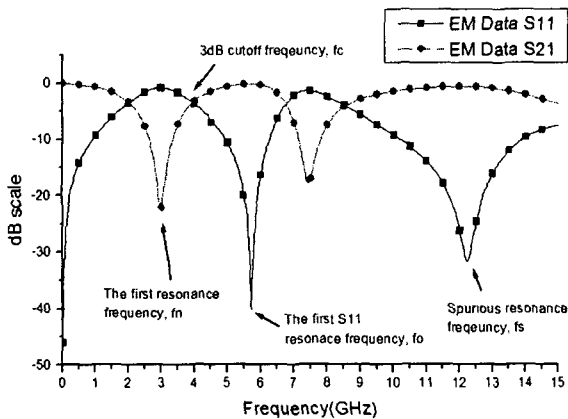


그림 2. 단위 Quad-Spiral DGS의 EM-시뮬레이션 결과

각 파라미터 추출방법은 참고문헌[5]에 자세히 기술되어 있다. Quad Spiral DGS는 다단으로 연결 되어질 수 있고 보다 광대역의 차단 주파수효과를 가지게 된다. 각각의 단마다  $\lambda/4$ ,  $50\Omega$ 의 전송선로가 추가 되었으며 2단의 Quad Spiral DGS 모델과 그 등가회로가 그림 3과 4에 나타나 있다. 그 다단구조의 특성은 그림 5에 나타난 것처럼 단수가 올라갈수록 보다 넓은 대역의 주파수 차단 효과를 가져올 수 있다.

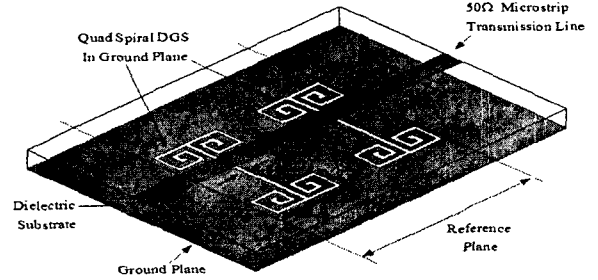


그림 3. 2단 Quad Spiral DGS

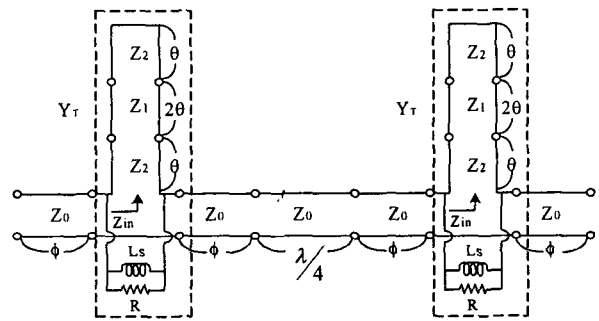


그림 4. 2단의 Quad Spiral DGS의 등가회로

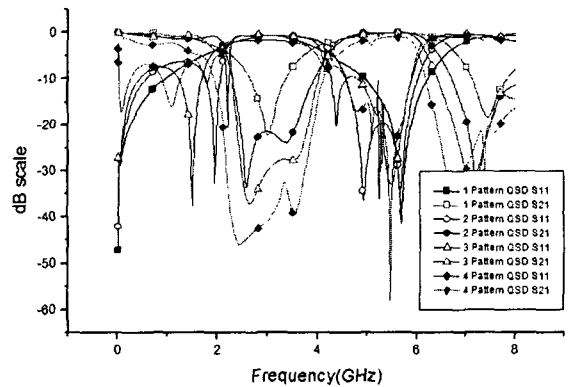


그림 5. 1~4 단의 Quad Spiral DGS의 EM-시뮬레이션 결과

### III. Quad-Spiral DGS 저역통과 여파기의 설계

단일, 다단구조의 Quad Spiral DGS 가 제작이 되었으며 측정결과는 그림 6, 7에 나오는 것처럼 시뮬레이션 결과와 좋은 일치치를 보여준다.

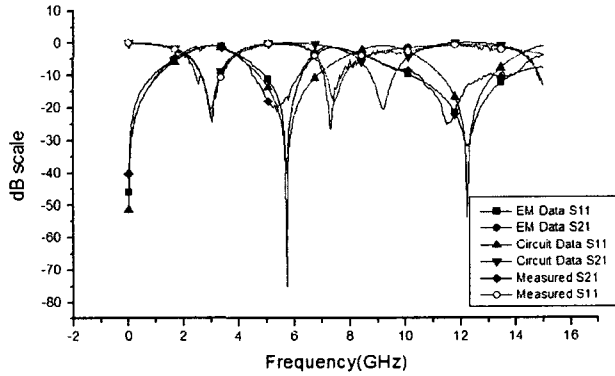


그림 6. 단일 Quad Spiral DGS의 시뮬레이션과 측정결과

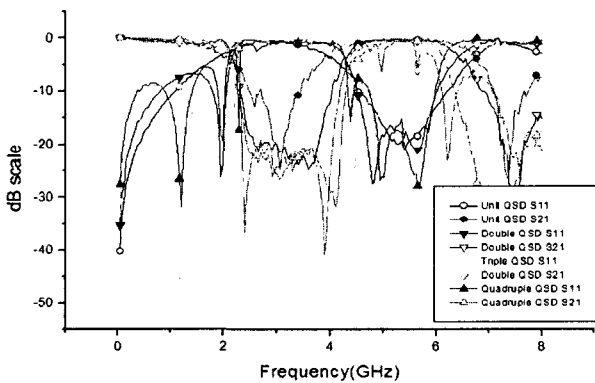


그림 7. 1~4 단의 Quad Spiral DGS의 측정결과

Quad Spiral DGS의 음의 인덕턴스 값, 즉 커패시터의 역할로 인해서 저역통과기 필터의 커패시터를 대신할 수 있을 것이다. 이를 구현하는 과정에서 3단의 저역통과 여파기가 채용되었으며 삽입된 Quad Spiral DGS의 공진주파수 특성으로 적은 단수로도 급격한 감쇄곡선을 구현할 수 있었다. 이는 기존의 11단의 저역통과 여파기에 해당되는 특성에 해당된다.[6] Quad Spiral DGS는 3GHz에서 공진주파수를 가지게 설계되었기 때문에 2GHz에서 차단주파수를 가지는 저역통과기에 연결될 경우 급격한 감쇄곡선을 구현할 수 있었다. 기본적으로 Quad Spiral DGS가 가지는 6.5 GHz 대역근방의 공진특성은 분산소자로 구성된 저역통과

여파기에서도 나타나는 특성으로 볼 수 있으며 측정결과는 시뮬레이션 결과에 상당히 일치하고 있다.

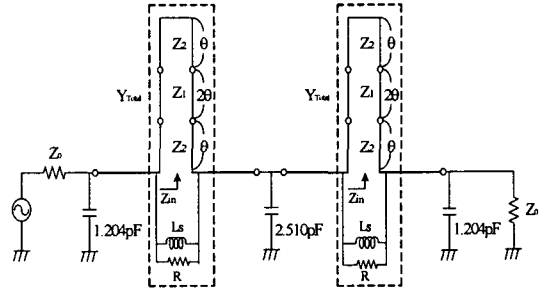


그림 8. 제시된 구조의 저역통과 여파기의 등가회로



그림 9. 제작된 저역통과 여파기

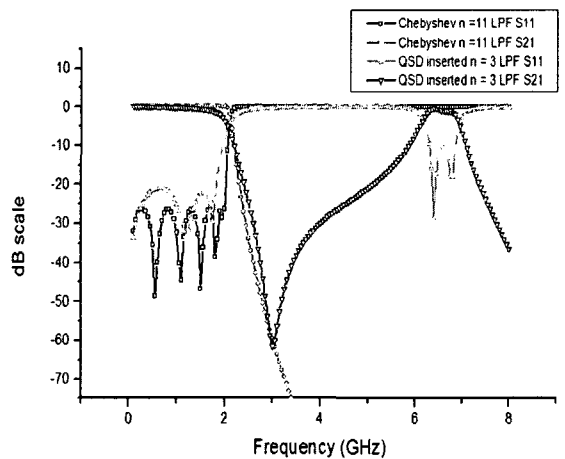
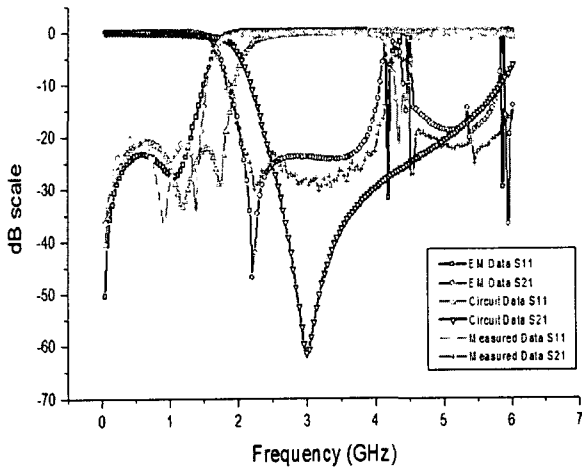


그림 10. 제시된 구조의 5단과 기존의 11단 저역통과 여파기의 비교 특성

그림 11. 제작된 저역통과 여파기의 측정 결과



#### IV. 결 론

본 논문에서는 Quad Spiral DGS 을 제안하였으며 이는 다단으로 연결시에 광대역의 주파수 저지효과를 제공한다. 또한 설계된 Quad Spiral DGS 는 기존의 Spiral DGS 의 등가회로를 그대로 적용할 수 있으며 기존의 DGS, Spiral DGS 보다 많은 slow-wave 효과를 제공한다. 제작된 Quad Spiral DGS 는 회로, EM, 측정결과가 우수하게 일치하며 이를 이용한 5 단 저역통과 여파기가 제작되었으며, 측정결과는 기존의 11 단 저역통과 여파기의 감쇄특성과 비교될 만큼 우수한 감쇄특성을 보였다. 또한 제시된 구조는 여파기 및 다른 소자로의 활용도 많을 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부에서 시행한 electro0580 사업의 사업의 위탁과제 일환으로 이루어졌음.

#### 참 고 문 헌

[1] V. Radisic, Y. Qian, and T. Itoh, "Broadband power amplifier using dielectric photonic bandgap structure," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol.8, pp.13-14, Jan. 1998.  
 [2] Y. Qian and T. Itoh, "Planar periodic structures for microwave and millimeter wave circuit

applications," *IEEE MTT-s Int. Microwave Symp. Dig.*, pp.1533-1536, June 1999.  
 [3] J. S. Yun, G. Y. Kim, J. S. Park, D. Ahn, K. Y. Kang, and J. B. Lim, "A design of the novel coupled line bandpass filter using defected ground structure," *IEEE MTT-S*, vol.1, pp.327-330, June 2000.  
 [4] J. S. Lim, H. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A power amplifier with efficiency improved using defected ground structure," *IEEE Microwave and Wireless Components Letter*, vol.11, no.4, Apr. 2001, pp.170-172.  
 [5] C. S. Kim, J. S. Lim, S. W. Nam, K. Y. Kang, J. I. Park, G. Y. Kim and D. Ahn, "The Equivalent Circuit Modeling of Defected Ground Structure with Spiral Shape," *IEEE MTT-S*, vol.3, pp.2125-2128, June 2002.  
 [6] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, "Micro-wave filters, impedance-matching networks, and coupling structures," *McGraw-Hill*, pp.83-112. 1964.