

감쇄극을 갖는 새로운 DGS(Defected Ground Structure) 공진기와 DGS공진기를 이용한 대역통과 여파기 설계

°윤장식 · 정명섭 · 박준석 · 박천석

* 성균관 대학교, 국민 대학교

jspark@kookmin.ac.kr

A Novel DGS resonator with Attenuation Pole and Design of Bandpass Filter using DGS resonator

°Jang-Sik Yoon · Myoung-Sub Joung · Jun-Seok Park · Cheon-Seok Park

* Sungkyunkwan Univ., Kookmin Univ.

Abstract

In this paper, we analyzed the characteristics of a modified DGS(Defected Ground Structure) and extracted the equivalent circuit of that. The proposed DGS is the structure that connects two DGS units, which are composed of the defects on the metallic ground plane and the gap on the signal line. The gap on the signal line was adopted to induce series capacitor of band pass filter. Also, to confirm the validity of the proposed structure, we designed and implemented C - Band pass filter by using the modified DGS.

I. 서론

현재 마이크로파 영역에서의 활용분야가 증가됨에 따라 여파기, 안테나, 전력증폭기 등 다양한 무선 통신 부품에 응용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이들 연구의 대부분의 목적은 이동통신 기기의 소형화가 매우 중요하게 여겨지고 있다. 소형화를 위한 방법의 하나로 접지면에 몇 개의 식각 패턴을 갖는(Defected Ground Structure, DGS)을 갖는 마이크로 스트립 선로와, 이를 응용한 회로의 소형화 연구가 최근에 활발하게 진행되고 있다[1]~[5]. 마이크로 스트립 선로의 접지면에 인위적인 식각 구조(DGS)를 넣어줌으로써 전파지연 특성과 특정 대역에서의 저지특성과 같은 다양한 현상을 얻

을 수 있다. 이 중에서 전파지연 특성은 고주파 집적회로에서 분포소자와 전송선로길이를 줄이는데 이용될 수 있고, 특정 대역에서의 저지 특성은 증폭기에서의 고조파제거나 여파기 설계에 이용될 수 있다. DGS 패턴은 기존의 마이크로 스트립선로의 접지면의 식각을 통해 구현되고, 또한 구조를 쉽게 조정할 수 있고 고주파 회로의 구성에 가장 널리 사용되고 있는 마이크로 스트립 회로의 소형화에 용이하다. 본 논문에서는 그림(1)에서 보여지는 기존 DGS 구조의 마이크로 스트립 선로를 끊어서 간격을 주는 여러 가지 새로운 모양의 DGS 구조를 제안하였다. 새로운 여러 가지 DGS 구조의 등가회로 파라미터들은 회로해석방법에 의해서 얻어질 수 있다.

또한 등가회로와 EM 시뮬레이션 결과가 일치하는 것을 보여주고 있으며, 제시된 새로운 DGS 구조의 타당성을 입증하기 위하여 대역통과 여파

기를 설계하였다. 이러한 새로운 DGS구조가 다양한 초고주파 부품설계에 응용될 것으로 기대된다.

II. 새로운 DGS구조 와 등가회로의 분석

그림1.은 마이크로스트립 전송선로와 제안된 DGS의 도식적인 그림을 나타내고 있다. 기존의 DGS와는 다른 전송선로 라인에 갭을 준 패턴을 갖고 있는 것을 볼 수 있다.

전송선로의 폭은 전형적인 50옴 마이크로 스트립 선로의 폭에서 얻어질 수 있으며 그림1 에서 나타난 각각의 수치들은 $a = b = 3\text{mm}$, $g_m = 0.3\text{mm}$, $g_o = 0.3\text{mm}$ 이다. 시뮬레이션과 측정에 사용된 기판은 TLX-9-0310 기판으로써 두께는 0.7874mm, 유전율은 2.5의 특성을 지닌다.

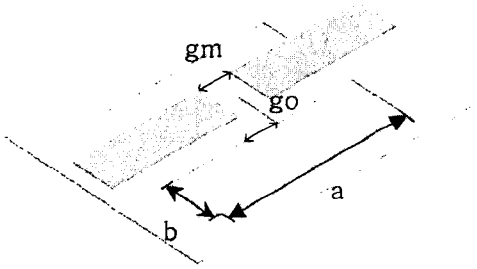


그림 1. 새로운 DGS 공진기 구조



그림 2. 새로운 DGS 공진기형태의 다양한 구조

위 주기적인 배열이 없는 새로운 DGS공진기는 그림2. 와 같이 다양한 형태로 변형하여 설계할 수 있다.

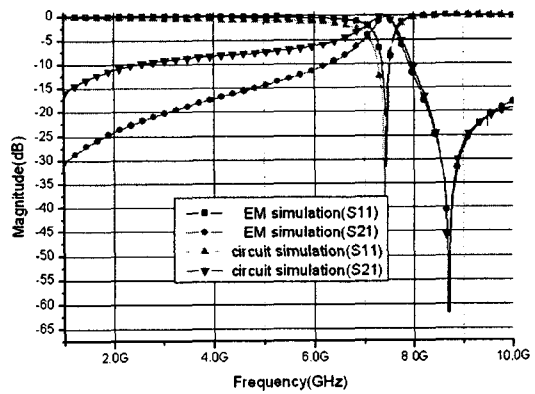


그림 3. 직렬DGS공진기의 시뮬레이션 특성

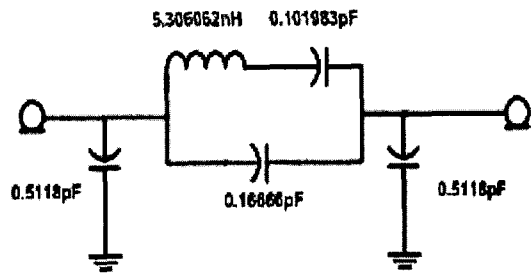


그림 4. 직렬 DGS 공진기 등가회로

감쇄극을 갖는 DGS 공진기의 등가회로는 회로 해석의 방법으로 얻어 질수 있다. 또한 광대역에서 등가회로와 소자 값과 시뮬레이션 결과 값이 일치하는 것을 보여 주고 있으며 제시된 DGS구조의 등가회로의 타당성을 입증해 준다.

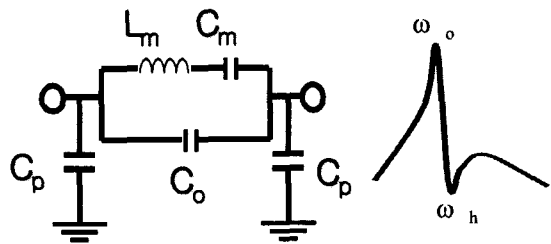


그림 5. DGS의 직렬 등가회로 와 주파수 특성

등가회로로 등가식 에서 공진조건에 의해 공진 주파수(ω_o)와 감쇄극(ω_h) 을 식(1)같이 정의 할 수 있다.

$$jX_r = j \frac{\omega^2 L_m C_m - 1}{\omega C_m - \omega C_o (\omega^2 L_m C_m - 1)} \quad (1)$$

위의 식은 공진기의 리액턴스 성분을 나타낸 것이다. 이 식에서 공진 주파수를 유도 할 수 있다. 공진 주파수(ω_0)는 리액턴스가 0이 되어야 하므로 식을 세우면 식(2)와 같이 된다.

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L_m C_m} \quad (2)$$

감쇄극이 좋은 리액턴스가 무한대일때 생기므로 식을유도하면식(3)같이된다.

$$C_m = C_o \left(\frac{\omega_h^2}{\omega_o^2} - 1 \right) \quad (3)$$

지금까지는 직렬 DGS공진기 구조에 대하여 설명 하였다. 이제부터 병렬 DGS공진기 구조에 대하여 알아 보도록 하자.

그림6과7은 일반적인 병렬 DGS 공진기구조와 등가회로 및 주파수 특성이다.

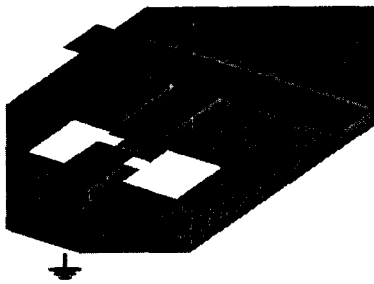


그림6.병렬 DGS공진기의 구조

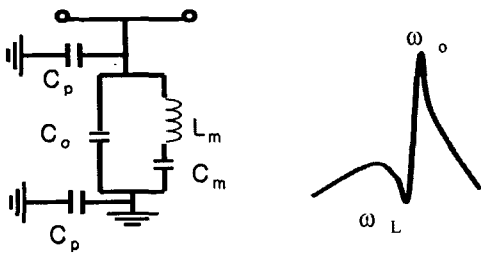
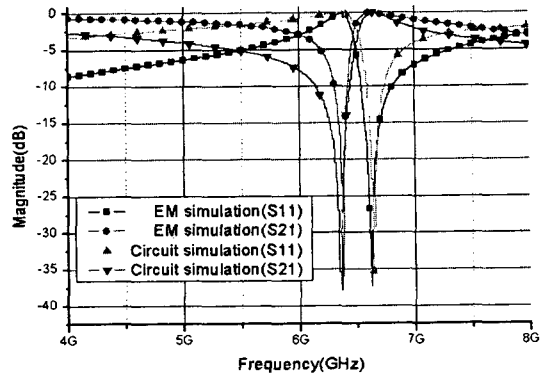


그림7. DGS의 병렬 등가회로 와 주파수 특성 이 등가회로에 의해서 서셉턴스를 식(4)와 같이 구할 수 있다.

$$jB_r = j \frac{\omega C_o (\omega^2 L_m C_m - 1) - \omega C_m}{\omega^2 L_m C_m - 1} \quad (4)$$



이 등가회로에 의해서 서셉턴스를 식(4)와 같이 구할수 있다.

$$jB_r = j \frac{\omega C_o (\omega^2 L_m C_m - 1) - \omega C_m}{\omega^2 L_m C_m - 1} \quad (4)$$

이식에서 공진 주파수와 감쇄극을 나타낼수 있다. 우선 감쇄극은 서셉턴스가 무한대 값을 가질 때 생기므로 식(5) 가 된다.

$$\omega_L^2 = \frac{1}{L_m C_m} \quad (5)$$

또한 공진 주파수는 서셉턴스가 0인 값을 가질 때 생기므로 식(6)이 된다.

$$C_m = C_o \left(1 - \frac{\omega_o^2}{\omega_0^2} \right) \quad (6)$$

이 구조를 이용하여 단수를 많이 추가 하지 않고도 차단 특성이 우수한 여파기를 설계 할 수 있다

III. DGS공진기를 이용한 2-Pole DGS 대역통과 여파기 설계

DGS 공진기의 여러 가지 구조가 있지만 그중 에 하나를 선택해서 같은 특성의 DGS공진기2개를 붙여서 그림 (9)과 같은 구조로 2-Pole DGS 대역통과 여파기를 설계하였다

같은 특성을 가진 공진기 2개를 직렬로 연결하여 가로, 세로 2 Cm의 2-Pole 넓은 대역에서의 대역 통과 여파기를 설계하였다.

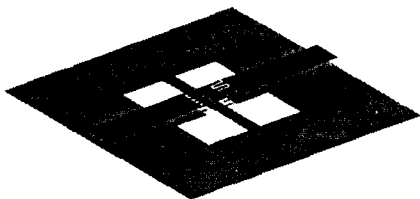


그림9. 실제 제작된 DGS 공진기 모델

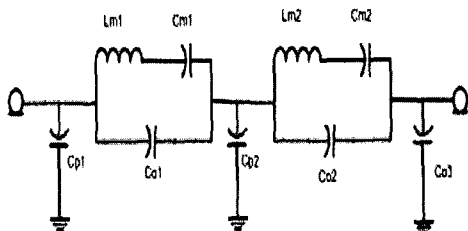


그림10. 실제 제작된 공진기의 등가 회로

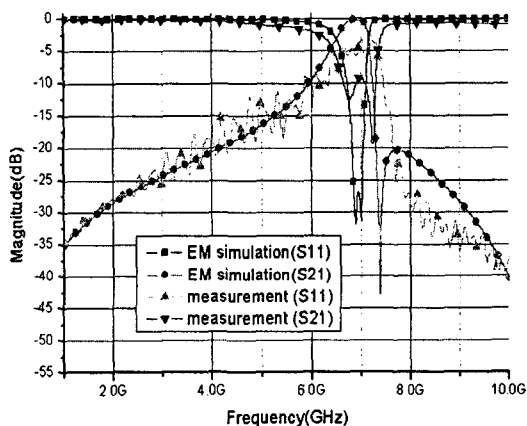
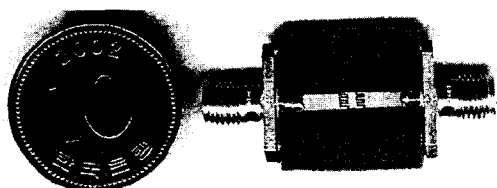
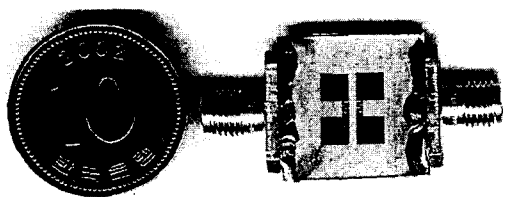


그림11. EM 시뮬레이션 값과 실제 측정값의 비교

그림11 은 두개의 DGS공진기를 직렬로 연결 하였을 때의 EM 시뮬레이션 값과 실제 측정값을 비교 하였다.



(a) 윗면



(b) 아랫면

그림12. 새로운 DGS 공진기의 실제 제작 형상

IV. 결론

본 논문에서 DGS(defected ground structure)구조에 대한 새로운 등가회로 구조와 모델링 방법을 제안 하였다. 제시한 등가회로 구조는 넓은 대역에서 시뮬레이션값과 실제 측정값이 일치함을 보여 줌으로써 제안된 등가회로의 타당성을 입증 하였다. 본 논문에서 DGS공진기는 감쇄극을 가지기 때문에 차단 특성이 우수 하고 다단 구조에 대한 정확한 모델링과 감쇄극을 주어 여파기의 차단 특성을 더욱 좋게 하는 장점이 있다. 본 논문에서 제시한 등가회로는 DGS공진기를 이용한 다양한 회로설계에 응용 될 수 있을 것이다.

V. 감사의 글

본 연구는 한국 과학 재단의 2003년도 측정 기초 연구(R01-2003-000-10232-0)지원 사업으로 수행 되었습니다.

참고문헌

[1] C.S.Kim, J.S.Park, D.Ahn, and J.B.Lim, "A Novel 1-D Periodic Defected Ground Structure for Planar Circuits." IEEE Microwave Guided Wave Lett, Vol.10,pp.131-133, Apr.2000

[2] J. I. Park, C. S. Kim, J.Kim, J.S.Park, Y.Qian, D. Ahn, and T. Itoh, "Modeling of a phononic bandgap and its application for the low-pass filter design,"APMC dig,Vol.2,pp. 331-334, Nov.1999

[3] 김철수, 성정현, 길준범, 김상혁, 김호섭, 박준석, 안달, "Defected Ground Structure를 갖는 전송선로의 특성과 집중소자에 의한 특성. 한국 전자파학회, 2000, 9

[4] LIM, J, S, PARK, J, S, LEE, Y. T, AHN, D, and NAM, S "Application of defected ground structure in reducing the size of amplifiers", accepted for publication in IEEE Microw. Wirel., Compon, Lett

[5] D. Ahn, J. S. Park, C. S, Kim, J.Kim, Y.Qian, and T.Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure,"IEEE Trans, Microwave Theory Tech., vol.49,pp.86-93, Jan.2001