양면 마이크로스트립 결함접지구조의 저역통과여파기 설계

이준*, 이재훈*, 김보균*, 임종식*, 안달*
*순천향대학교 전기통신공학과

Design of a LPF Using a Double-side Microstrip DGS Structure

Jun Lee*, Jaehoon Lee*, Bokyun Kim*, Jongsik Lim*, and Dal Ahn*
*Dept. of Electrical and Comm. Eng. Soonchunhyang University

요 약

본 논문에서는 양면 마이크로스트립 구조와 결함접지구조(DGS)를 이용하여 저역통과여파기(LPF)를 소형화하여 설계한 결과를 제시한다. 기존의 연구에서는 DGS를 사용하여 LPF를 설계하는 것에 그쳤지만 본 연구에서는 양면 마이크로스트립 구조와 공통 DGS 구조를 이용하여 회로의 크기를 줄인 결과가 제안된다. 예로써 유전율이 2.2이고 두께가 31mils인 기판을 이용하여 LPF를 설계하고 그 결과를 제안한다. 제안한 방법에 의한 LPF의 특성이 종래 방법에 의한 것처럼 LPF로서 우수한 특성을 가진다는 것이 설명된다.

1. 서론

최근 정보화 시대가 활발히 진행되면서 무선통신 관련 기기들이 많이 등장하고 있다. 각각의 기기를 사용할 경우 많은 부피를 차지하기 때문에 크기를 줄여서 하나의 기기로 합치거나 두 가지 이상의 기능을 갖는 기기를 만들기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 무선통신용 회로의 크기를 줄이는 방법 중 하나로 결함접지구조(defected ground structure, DGS)를 회로에 적용시켜 회로 크기를 줄이는 방법이 이전에 발표된 적이 있다[1,2].

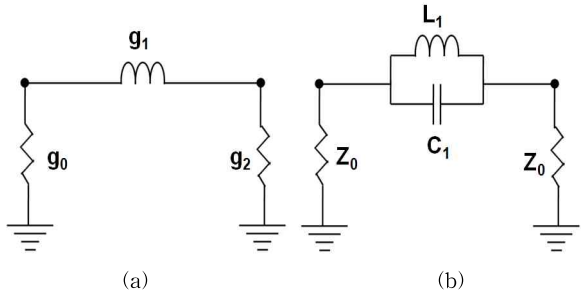
DGS는 전송선로의 접지면에 일정한 모양의 단일 또는 주기적 패턴의 결함을 줘서 등가적으로 인덕턴스와 커패시턴스를 부가하여 전송선로의 임피던스를 높이는 방법인데, 물리적인 길이가 같더라도 전기적인 길이가 증가하므로 이를 역으로 이용하여 회로의 크기를 줄일 수 있다. DGS는 기존의 초고주파 전송선로를 구현한 PCB 기판의 접지면에 대한 식각 공정만으로도 손쉽게 구현할 수 있어 고주파 부품 소형화 회로 개발에 널리 사용되고 있다.

DGS의 일반적인 S-parameter 특성은 저역통과여파기(low pass filter, LPF)의 특성과 유사하다. DGS로 설계한 LPF는 기존의 삽입손실법에 의한 LPF 구조보다 간단한 구조를 가지고 있고 소형화가 가능하며 종래 구조보다 선폭을 넓게 할 수 있다는 장점이 있다[3].

무선통신용 초고주파 회로의 크기를 줄이기 위한 방법으로 두 개의 격층 기판에 signal via로 연결하여 신호의 전송이 원활함을 보이는 연구결과가 제시된 적이 있다[4]. 본 연구에서는 종래의 DGS를 이용한 LPF의 구조를 반으로 접고 여기에 공통 DGS 구조를 삽입하여 크기를 절반으로 줄이는 LPF를 제안하고자 한다.

2. 본론

마이크로스트립 전송선로에 DGS를 사용한 구조는 일반적으로 저역통과여파기의 특성을 나타낸다. 그림 1(a)는 g_1은 ω=1에서 차단 주파수(cutoff frequency)를 갖는 1단 버터워쓰 원형 (butterworth prototype) LPF 회로를 나타내는 일반적인 등가회로이고, 그림 1(b)는 L-C 병렬 공진회로의 특성을 가지며 f_c와 f_0에서 각각 차단 주파수와 공진 주파수를 갖는 등가회로이다.



[그림 1] (a) 1단 버터워쓰 원형 LPF (b) 단위 DGS를 지니는 마이크로스트립 선로의 등가회로

두 등가회로는 비슷한 공진 특성을 가지므로 그림 1(a)의 값을 그림 1(b)의 값과 같은 값으로 등가화 시킬 수 있다. 그림 1(a)의 g_1값은 직렬로 연결된 인덕턴스 값을 가지고 있고, 이 값은 그림 1(b)의 L-C 병렬 공진 회로로 등가화하여 나타낼 수 있다. 두 리액턴스 값을 결정하는 과정은 식 (1)~(3)에 의해서 설명된다.

$$X_{LC} = \frac{1}{w_0 C_1 \left(\frac{w_0}{w} - \frac{w}{w_0} \right)} \tag{1}$$

$$X_L = w' Z_0 g_1 \tag{2}$$

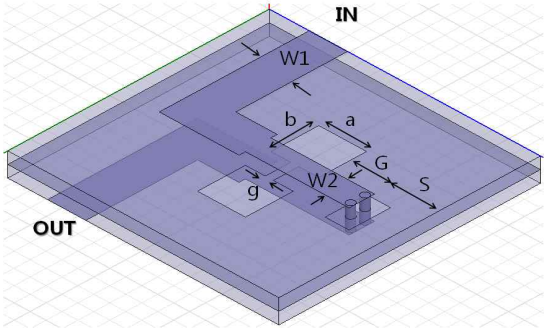
$$X_{LC}|_{w = w_{c,3dB}} = X_L|_{w' = 1} \tag{3}$$

식 (3)을 이용해서 그림 1(b)의 C_1을 구할 수 있고, 이렇게 구한 C_1과 공진 조건으로부터 L_1을 구할 수 있다. 다음 단계로 LPF의 직렬 소자를 앞에서 구한 L, C 값을 가지고 구성된 공진 회로로 대체하고 리액턴스 값을 같도록 설정한다. 이것으로부터 구현하려는 여파기의 차단 주파수를 구한다. 그 다음으로 병렬 캐패시터를 분포 소자로 구현하여 여파기의 설계를 마친다.

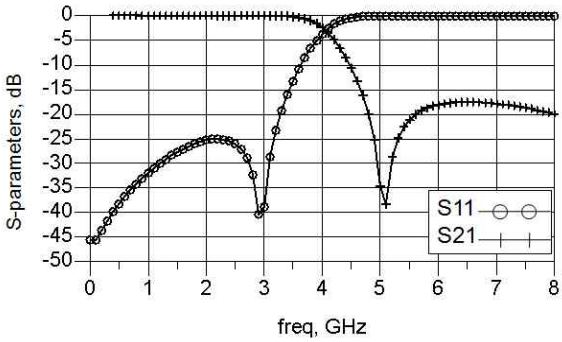
본 연구에서 제안하는 공통의 DGS를 이용한 LPF는 설계된 DGS를 이용한 LPF를 반으로 접어서 설계하는 방법으로 기판의 크기를 대폭 줄일 수 있다는 장점이 있다.

그림 2는 본 연구에서 제안하는 공통 DGS를 이용한 LPF의 simulation을 위한 레이아웃을 나타내고 있다. 그림 2의 레이아웃은 두께 유전율이 2.2이고 두께가 31mils(0.7874mm)인 기판 두 개를 겹쳐 놓은 상태이다. 설계된 LPF에서 치수는, a=b=3mm, g=0.5mm, G=3.5mm, W1=2.4mm(50Ω), W2=1.8mm, S=3mm이다.

그림 3은 공통 DGS를 이용한 LPF의 시뮬레이션 그래프인데, 차단 주파수가 약 4GHz, S_{11}은 -20dB 이하, S_{21}은 0dB 근처이다. 이는 기존의 표준형 설계 방법에 의한 전형적인 3단 LPF의 S-parameter와 유사한 결과이다.



[그림 2] 공통 DGS를 이용한 LPF 설계 레이아웃



[그림 3] 공통 DGS를 이용한 LPF 시뮬레이션 결과

3. 결론

본 연구에서는 DGS를 이용한 LPF 구조와 양면 마이크로스트립 구조를 이용하여 LPF를 소형화하여 설계해 보았다. 마이크로스트립 전송선로간 신호전달을 위하여 signal via를 이용하고, 소형화를 위하여 기판을 접은 구조에 다시 공통의 DGS를 사용하여 LPF를 설계하였다.

설계 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과와 기존의 LPF 설계에 따른 특성 결과를 비교할 때 소형화 이후에도 특성이 비슷함을 알 수 있었다. 따라서 제안한 설계법은 LPF를 소형화하면서도 DGS의 장점을 충분히 활용할 수 있는 새로운 방법으로 그 타당성이 검증되었다고 할 수 있다. 제안한 DGS 구조는 양면 마이크로스트립에 공통으로 적용되는 DGS 구조로서 회로의 소형화에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2009-220-D00074).

참고문헌

[1] 김인선, 김종욱, 안달, "결함 기저면 구조를 이용한 일반화된 체비셰프 저역 통과 여파기 설계", 한국전자파학회논문지 제17권 제7호, pp. 673-683, 2006년 7월.

[2] J. Lim, J. Park, Y. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Application of Defected Ground Structure in Reducing the Size of Amplifiers," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 12, no. 7, pp. 261-263, Jul. 2002.

[3] J. Lim, C. Kim, Y. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Design of Low Pass Filters Using Defected Ground Structure and Compensated Microstrip Line," *IEE Electronics Letters*, vol. 38, no. 22, pp. 1357-1358, Oct. 2002.

[4] F. Casares-Miranda, C. Viereck, C. Camacho-Penalosa, and C. Caloz, "Vertical Microstrip Transition for Multilayer Microwave Circuits With Decoupled Passive and Active Layers," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 16, no. 7, pp. 401-403, Jul. 2006.