DGS 적용하여 스터브를 이용한 저역통과 여파기 설계

권영필, 정용채
전북대학교 전자.정보 공학부 및 정보통신 연구소
전화 : 063 - 270 - 2458

LPF(Low pass filter) Design Using Stubs with DGS(Defects Ground Structure)

Abstract

Recently due to development of mobile communication and trend of miniaturization and light weight in mobile communication equipment and component, slow - wave structure using microstrip line or waveguide using periodic structure and necessity of high dielectric materials have been demanded in various mobile communication part.[1] In this paper, we presented the application for LPF(Low Pass Filter) with DGS. we extracted reflection coefficient from S - parameter. We detect ed characteristic impedance using reflection coefficient. And proposed DGS LPF good agreements with simulation, measurement result of reference LPF.

I. 서 론

주기적인 PBG(Photonic Band Gab) 구조와 같은 접지면의 식각된 패턴을 갖는 전송선로의 구조가 마이크로파 대역과 밀리미터파 대역에서의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 접지면의 인위적인 주기적 결함 구조를 갖는 전송선로는 저 손실의 Slow-wave 특성과 특정 주파수 대역에서의 저지 대역을 갖는 특성을 나타낸다.[2][3][4]

본 논문은 전송선로가 높은 임피던스일 경우 선로의 두께가 너무 얇아서 구현과 높은 전력을 전송하는데 어려움이 있다는 것에 DGS의 응용이 선로 폭의 조절로 특성 임피던스를 구현할 수 있는 장점을 이용하였다. 또한, DGS는 전파지연 효과가 생기는데, 이로 인해 파장이 짧아져서 좀더 작은 구조물의 설계가 가능함을 보이고 있다. 이의 타당성을 보이기 위하여 스터브를 이용한 저역통과 여파기의 시뮬레이션 결과와 직접 저역통과 여파기를 제작하여 측정 결과를 확인해 보고 DGS의 전파지연 특성을 관찰하였다.

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} \tag{1}$$

$$Z_0 = v_p L = \frac{1}{v_p C} \tag{2}$$

$$\varepsilon_{eff} = \left(\frac{\lambda_o}{\lambda_g}\right)^2 = \left(\frac{C}{v_p}\right)^2 \tag{3}$$

II. 본 론

1. 저역통과 여파기에 DGS를 적용한 경우.

본 논문은 전송선로를 이용하여 스터브 저역통과 여파기의 구현을 그림 4와 같은 구조로 설계하였다. 전송전로를 이용하여 여파기를 만들기 전에 우선 수동소자를 이용하여 저역통과 여파기를 Agilent ADS 1.5 tool로 설계하였다. 저역통과 여파기(직렬 L, 병렬 C)의 일반적인 형태는 그림 1과 같은 구조이다. 이렇게 구한 저역통과 여파기를 전송선로를 이용하여 구현하기 위해서는 그림1과 그림 3과 같은 변환을 해서 구할 수 있다.[5]

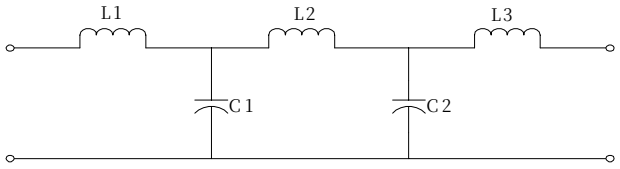


그림 1. L C 수동 소자로 구현한 저역통과 여파

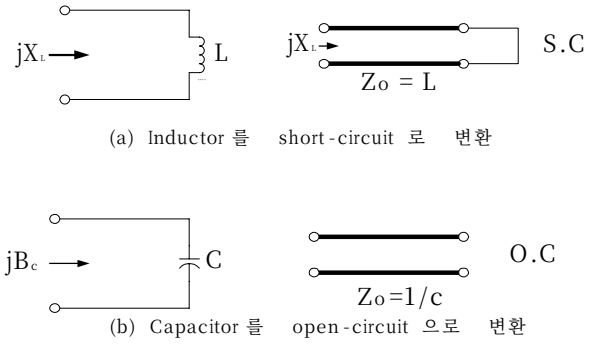


그림 2. Rechard's 변환

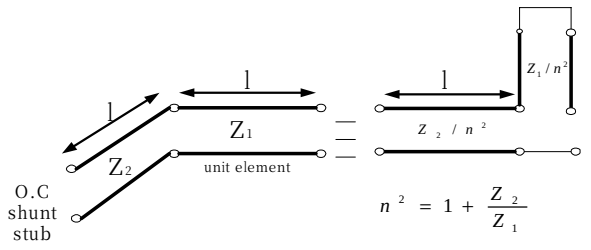


그림 3. Kuroda identity

마이크로 스트립으로 제작된 그림 4의 저역통과 여파기의 경우에 중앙의 패턴부분은 임피던스가 109.88(Ohm)이며, 양 끝 패턴부분은 임피더스가 103(Ohm)에 해당한다. 선로의 폭은 각각 0.52mm 와

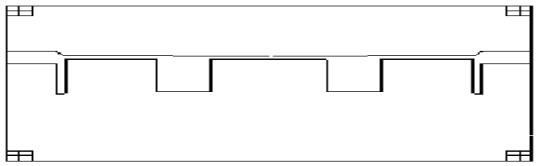


그림 4 DGS가 없는 저역통과 여파기

0.61 mm 이다.

본 논문은 위의 여파기 중앙의 패턴폭이 0.52mm 부분과 좌,우측의 0.61mm에 해당하는 부분에서 DGS 응용하여 좀더 폭을 확장하였으며 slow-wave 특성을 이용하여 전체 여파기의 크기를 줄이는 효과를 연구하였다. 그림 5 전송선로의 입력 임피던스는 (4)식과 같다. 위의 전송선로 입력 임피던스 식은 θ가 $\pi/2$일때 Z_{in}은 최대 입력 임피던스를 가지며, $\theta=\pi$ 일때

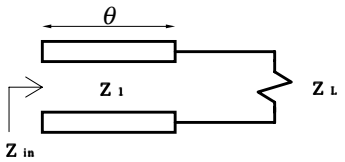
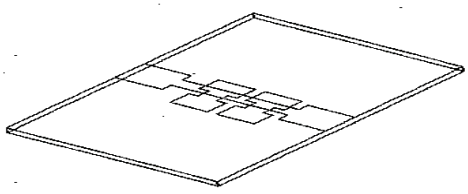


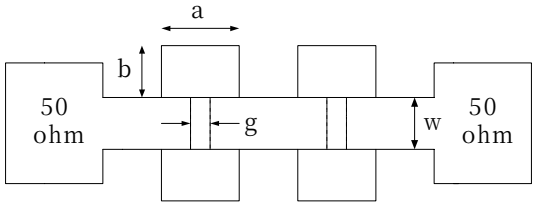
그림 5 전송선로 입력 임피던스

$$Z_{in} = Z_1 \frac{Z_L + jZ_1 \tan\theta}{Z_1 + jZ_L \tan\theta} \quad (4)$$

최소 입력 임피던스를 갖는다.[1][2] 위 (4)식으로 입력 임피던스를 구할 수 있다. 이렇게 구한 입력 임피던스를 이용하여 아래 그림 6의 응용이 가능하다. 선로의 중앙부분과 양 끝 부분에 DGS를 적용하였다. 선로 임



(a)중앙 패턴(109.88 ohm)의 DGS 적용한 경우



(b) 등가 모델 (Top_view)

그림 6 DGS를 갖는 선로의 모양

피던스는 그대로 유지하면서 선로의 폭은 모두 0.9 mm로 증가하였다. 즉, 중앙 부분은 0.38mm와 양 끝 부분은 0.29mm로 증가하였다, 그림 6(a) 격자의 치수는 각각 a=2.4 mm, b=1.5mm, g=1.2mm이다. 양 부분의 경우 a=2mm b=1.23mm g=0.8mm이다.

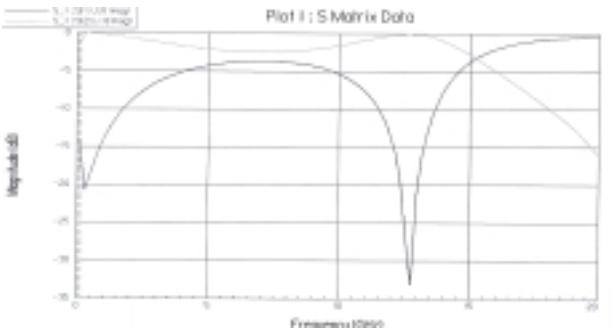


그림 7. (그림 6)의 시뮬레이션 결과

그림 6 구조물의 시뮬레이션 결과가 그림 7에 나타나 있다. 중앙부분의 경우 7Ghz에서 반사계수가 3.65dB를 나타낸다. 양 끝 부분의 경우 8.2Ghz에서 4.1dB 정도의 반사계수를 갖는다.

$$Z_1 = \sqrt{Z_L Z_{in}} \tag{5}$$

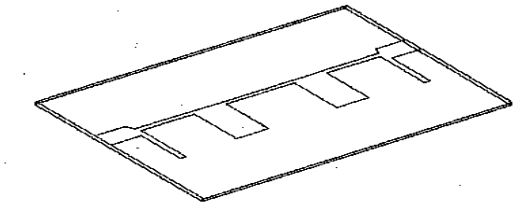
$$Z_{in} = Z_L \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{6}$$

$$S_{11}dB = 20\log|\Gamma| \tag{7}$$

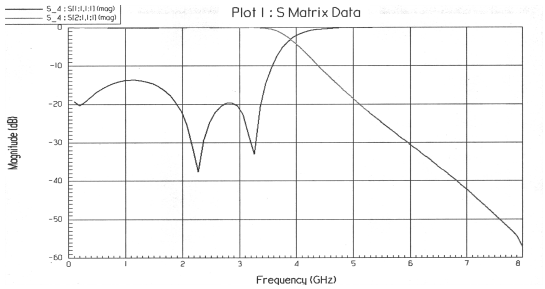
그림 7에서 구한 반사계수를 이용하여 위의 (5),(6),(7)식으로 Z_1을 구할 수 있다. 여기서 구한 Z_1이 바로 DGS를 적용한 선로의 특성 임피던스가 된다 [2]. 이렇게 구한 DGS가 있는 선로를 전체 여파기에 적용하여 시뮬레이션 결과를 확인하였다. 또한 전송선로를 이용한 저역통과 여파기를 제작하여 그 특성을 확인하였다.

2. 시뮬레이션 결과.

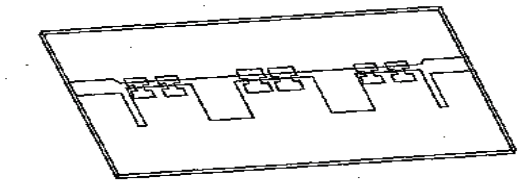
제안된 저역통과 여파기에 DGS를 적용하여 그 특성을 Ansoft HFSS 6.0 이용하여 시뮬레이션 결과로 관찰했다. 그림 8은 HFSS 시뮬레이션 결과를 보여주고 있으며 각각 차단 주파수 3.95GHz, 저지대역 6GHz에서 30dB 정도의 특성을 보이고 있다. 그림 8에서 (b)와 (d)의 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있듯이 여파기의 특성이 유사함을 볼 수 있다. 결국 DGS 저역통



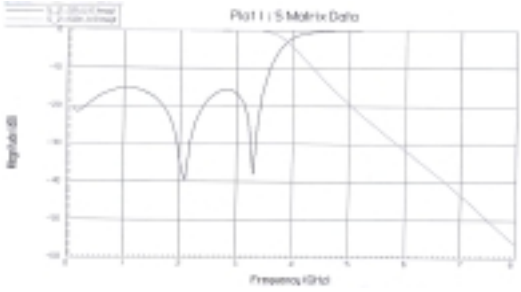
(a)DGS를 적용하지 않은 경우의 특성



(b) DGS를 적용하지 않은 경우의 시뮬레이션 결과



(c)중앙과 양 끝에 DGS를 적용한 특성



(d) DGS를 적용한 경우의 시뮬레이션 결과

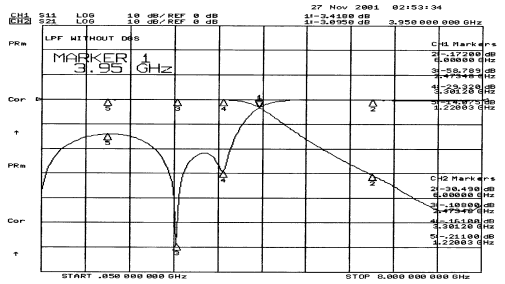
그림 8 저역통과 여파기와 시뮬레이션 결과

과 여파기의 경우 기존 저역통과 여파기보다 선로의 폭은 중앙 부분이 0.39mm 증가하였고 양 끝 부분은 0.29mm 증가하는 것을 확인하였다. 전체 여파기의 크기는 DGS의 전파지연 특성으로 인해서 중앙 부분은

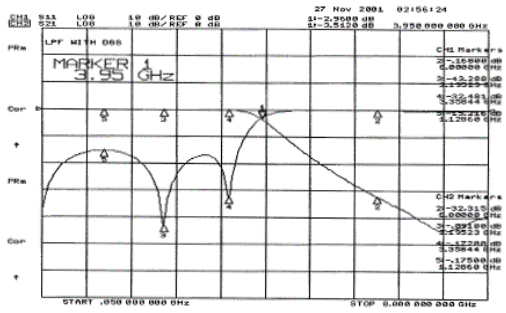
1.3mm 양 끝 부분은 0.7mm 의 단축 효과를 확인하였다.

3. DGS 저역통과 여파기 제작과 그 측정결과

전송선로를 이용하여 직접 저역통과 여파기를 제작하여 그 특성을 살펴보았다. 기존 저역통과 여파기 또한 제안된 DGS 저역통과 여파기와 특성을 비교하기 위하여 마이크로스트립 라인으로 여파기를 제작하였다.



(a) DGS가 없는 저역통과 여파기



(b) DGS 저역통과 여파기

그림 9 실제 저역통과 여파기의 제작과 그 측정결과

마이크로 스트립라인을 이용한 여파기의 특성을 그림 9에 나타내고 있다. 그림 9에서 실제의 저역통과 여파기가 이론과 일치함을 볼 수 있다. 실제 제작에 있어서도 기존의 저역통과 여파기의 경우보다 제안된 DGS 저역통과 여파기의 경우에 선로의 폭은 중앙 1.3mm, 양 끝 0.7mm의 단축한 상태에서 제작하였다. 이렇게 해서 구한 실제 여파기의 경우도 시뮬레이션 결과와 거의 유사함을 알 수 있다.

III. 결 론

본 논문은 전송 선로를 이용한 저역통과 여파기에 DGS를 응용하여 DGS의 전파지연 특성과 선로의 특성 임피던스를 증가시키는 특성을 시뮬레이션 결과로 확인할 수 있었으며, 실제 전송선로를 이용하여 제작한 저역통과 여파기로 그 결과가 서로 유사함을 확인할 수 있었다. 또한, 접지면에서 DGS는 선로의 실효 인덕턴스를 증가시켜 특성 임피더스가 증가하게 되므로 선로의 폭을 확장하여 같은 임피던스를 갖는 선로로의 구현을 보았다. 또한, 실효 유전율의 증가로 고 유전율의 높은 임피던스로의 구현이 가능함도 확인할 수 있었다. 결국, 선로의 폭 증가뿐만 아니라, 전파지연 특성은 선로의 길이도 단축 할 수 있었다. 본 논문에서는 DGS 저역통과 여파기 응용을 확인하였으며, 이러한 효과는 마이크로파와 밀리미터파 대역에서 증폭기, 위상 변환기, 전력 분배기, RF 스위치, 여파기등의 응용이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

[1] T. J. Ellis and G. M. Robeiz, “MM-wave tapered slot antennas in micromachined photonic bandcap electrics,” in IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., June 1996, pp1157-1160

[2] C. S. Kim, J. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and G.Y.Kim, “A design of 3dB power divider using slow-wave characteristic.” The journal of KEES, Vol.10, No. 5 , pp694-700, Sep.1999.

[3] Kyung Hee Lee, Do Kyung Hwang*, Yong Chae Jeong*, Chul Dong Kim** “Design of Amplifier using DGS DC block.” 2001년도 춘계 마이크로파 및 전파학회 논문지 Vol.24 No.1 pp109-112.

[4] J. I. Park, C. S. Kim, J. S. Park, Y. Qian, D. Ahn, and T. Itoh, “Modeling of photonic bandgab and its application for the lowpass filter design.” APMC’99, Dig., Vol 2, pp.331-334, Nov. 1999.

[5] David M. Pozar, “Microwave Engineering’, 2nd ed. Wiley, 1998.