

DGS (Defected Ground Structure)를 이용한 CPW 저역 통과 여파기

신한철, 윤태순, 김기병, 이종철, 김종현, 이병제, 김남영
광운대학교 RFIC 연구 및 교육센터 / 미션테크놀로지 연구센터
전화 : (02) 940-5203 / 팩스 : (02) 918-6381
E-mail : jcleee@daisy.kwangwoon.ac.kr

Design of a CPW Lowpass Filter Using DGS (Defected Ground Structure)

Han-Chul Shin, Tae-Soon Yun, Ki-Byoung Kim, Jong-Chul Lee,
Jong-Heon Kim, Byungje Lee, and Nam-Young Kim
RFIC Research and Education Center / Mission Technology Research Center,
Kwangwoon University
E-mail : jcleee@daisy.kwangwoon.ac.kr

Abstract

In this paper, low-pass filters using DGS-CPW cell are suggested. The bandwidth of stopband is extended up to 3 times of cutoff frequency. The novel DGS-CPW cell reduces the size of the circuit. This structure can be used in microwave and millimeter-wave circuits.

1. 서론

최근 DGS(Defected Ground Structure)구조를 이용한 저역 통과 여파기 연구가 활발히 진행 중이다[1]. 특히 DGS 주기 구조는 PBG 주기 구조에 비하여 패턴이 간단하고 구현방법이 용이해서 특성이 우수한 구조로 알려져 있다.

현재 이러한 DGS 구조를 이용해 안테나의 이득 향상, 전력증폭기의 효율개선, Divider 설계, 발진기의 위상 잠음 향상등에 응용되고 있다[2-5]. 최근 상용화 주파수 대역이 점차 높아짐에 따라 마이크로파 대역뿐 아니라 밀리미터파 대역에서도 구현 가능한 CPW(Coplanar Waveguide)가 고주파용 부품의 핵심 구성요소로 기대되고 있다.

본 논문에서는 회로의 크기를 줄이기 위해 기존의 사각형 모양의 cell 대신 원 모양의 cell을 제안한다. 또한 DGS구조상 LC 성분에 의해 전파 지연 특성이 발생한다. 이것에 의해 cell과 cell 사이의 주기 길이가 DGS가 없는 동일한 물리적 길이의 전송 선로보다 더 짧아진다. 보통 마이크로파 대역에서는 마이크로 스트립이나 CPW구조로 저역 통과 여파기를 제작하지만 LC로 필터를 구현할 때에는 다르게 구조적 공진으로 인해 하모닉 성분들이 발생하게 된다. 이것을 해결하고자 본 논문에서는 DGS를 이용하여 넓은 저지대역을 갖는 저역통과 필터를 설계한다.

2. DGS-CPW cell 설계

그림 1은 Matlab으로 계산한 슬랏 길이와 신호선에 따른 CPW 구조에서의 특성 임피던스를 나타내고 있다. 그림에서 슬랏 폭에 따른 CPW 특성 임피던스 변화를 관찰할 수 있다. 주어진 신호선폭에 대하여 슬랏 폭이 증가할수록 CPW 특성 임피던스가 증가함을 알 수 있다. 본 논문에서는 CPW 선로의 특성 임피던스가 50Ω 이 되도록 신호선폭 W 가 1.3 mm, gap 크기인 G 가 0.4 mm로 설계하였다.

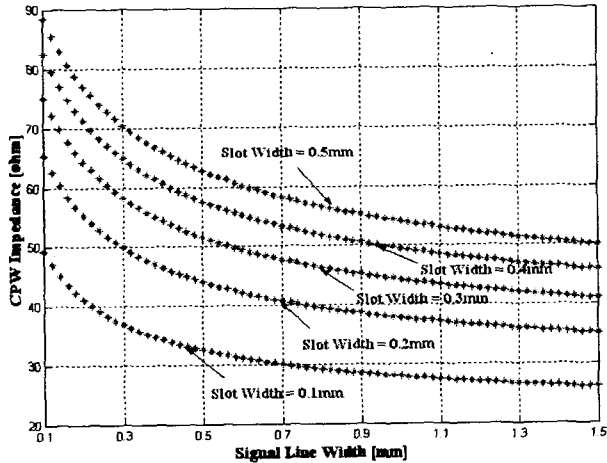


그림 1. 슬랏 길이와 신호선에 따른 CPW 임피던스

그림 2는 CPW를 이용하여 구현한 DGS 구조이다. 정상적인 CPW구조에서 접지면에 결함을 줌으로써 전송

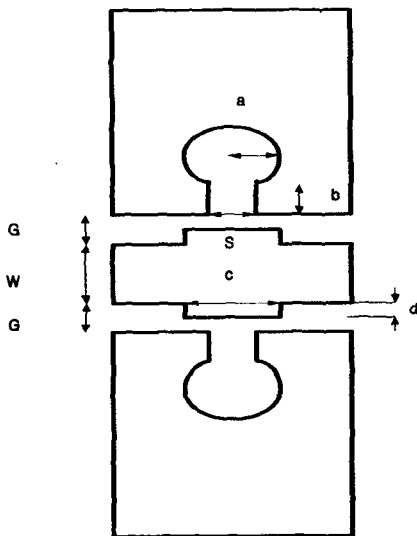


그림 2. 새로운 형태의 DGS-CPW 구조

선로와 결함 구조 사이에 인덕턴스 값이 증가하고, gap 크기 S 에 의해 커패시터 성분이 발생하여 DGS 구조는 그림 3과 같이 병렬 LC 구조로 나타낼수 있다. 공진기 cell의 각 파라미터 값으로 원의 반지름인 a 는 1 mm, 작은 슬랏 길이 b 는 0.34 mm, 갭 길이 S 는 0.5 mm이고, 낮은 임피던스를 가지는 선로 d 는 0.2 mm, c 는 2 mm로 설계하였다. 또한 우수한 차단 특성, 통과 대역 특성, 저지 대역 특성을 나타내기 위해 그림과 같이 두개의 단위 cell을 사용하였다.

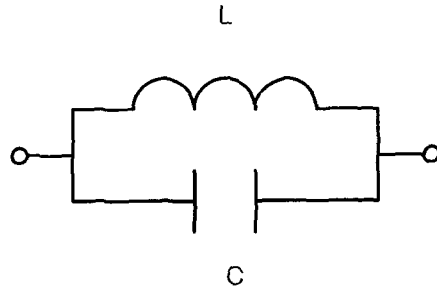


그림 3. DGS 구조의 등가 회로

그림 4는 그림 2에 대한 시뮬레이션 결과로 중심 주파수가 13 GHz인 공진기이다.

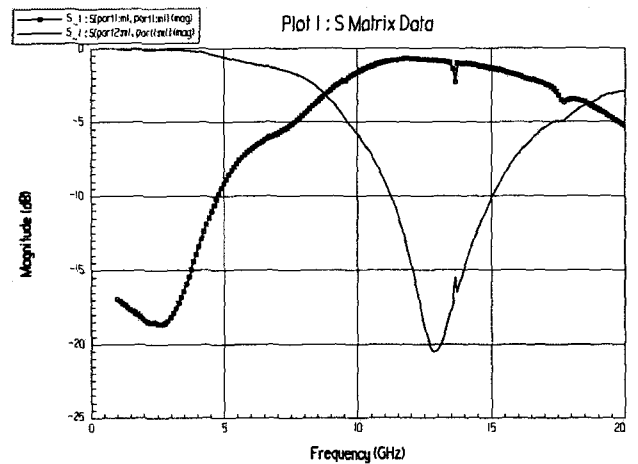


그림 4. 설계된 DGS cell 의 결과

3. DGS-CPW 저역 통과 여파기 설계

DGS에서는 결합 특성에 의해 생기는 LC 성분에 의해 전파의 지연 특성이 더욱 크게 나타난다. 따라서 이 전파 지연 특성을 이용하여 여파기의 전체 크기를 줄일 수 있다. 그림 5는 DGS cell 3개를 이용한 CPW 저역 통과 여파기이다. 그림에서 표시한바와 같이 cell 과 cell사이의 주기를 T라 하면, 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$T = \frac{\lambda_g}{2} - L$$

여기서, $\lambda_g = \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_{eff}} = c / f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}$

λ_g : 자유공간에서의 파장의 길이

λ_0 : CPW에서의 파장의 길이

L : 전파 지연 특성에 의해 줄어든 길이

c : 자유공간에서의 빛의 속도

f_0 : 저지 대역에서의 중심 주파수

ϵ_{eff} : 마이크로스트립 기판의 실효유전상수

13 GHz에 대한 $\frac{\lambda_g}{2}$ 에 해당되는 길이는 5.9 mm이지만

시뮬레이션 결과 DGS 패턴에 의한 주기 T는 5 mm 이었다. 따라서 DGS 패턴 한 주기당 0.9 mm의 길이가 감소함을 알 수 있다. 이것은 전파 지연 특성에 의해 전기적인 길이가 길어지기 때문이다.

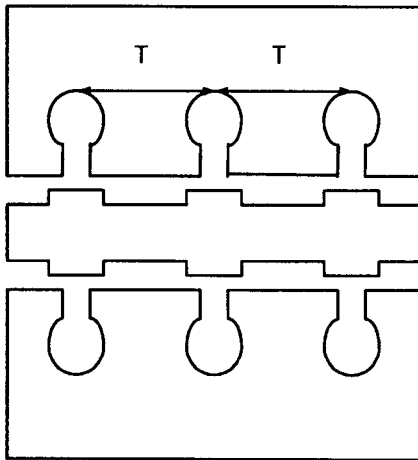


그림 5. DGS cell간의 주기

그림 6은 그림 5의 DGS cell 3개를 이용한 저역 통과 여파기의 시뮬레이션 결과이다. 그림으로부터 차단 주파수 7.6 GHz에 대한 2차, 3차 고조파 주파수대까지 -20 dB이하의 감쇄 특성을 얻을 수 있다.

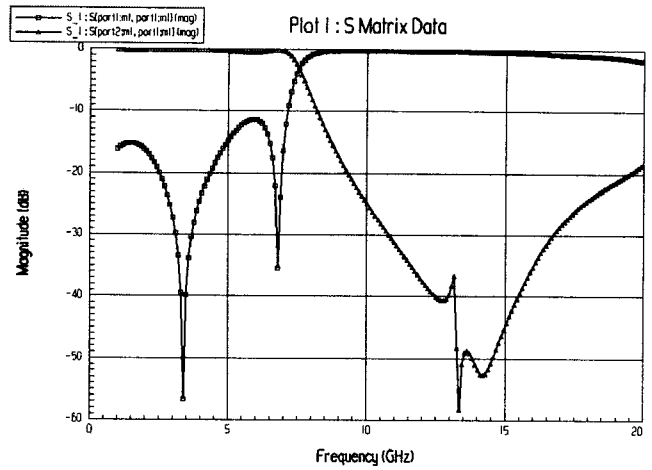


그림 6. DGS cell 3개를 이용한 저역 통과 여파기

그림 7은 DGS cell 4개를 사용한 저역 통과 여파기의 시뮬레이션 결과이다. 그림으로부터 cell 4개를 사용한 것이 cell 3개를 사용한 것 보다 감쇄 특성이 10 dB 정도 향상됨을 알 수 있다. 또한 차단 주파수에 대한 제 2 고조파, 제 3 고조파도 -30 dB 이하로 억제됨을 알 수 있다.

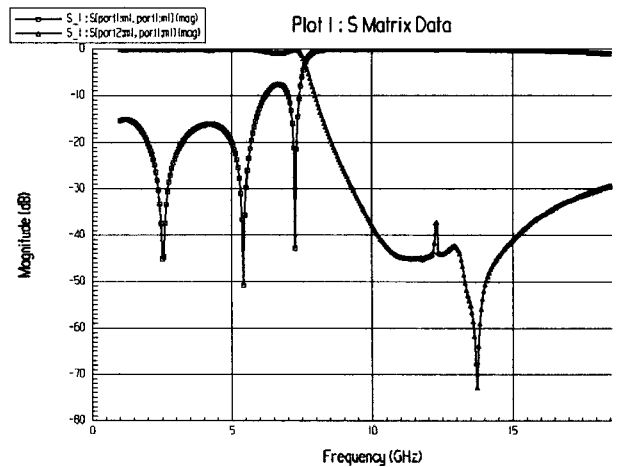


그림 7. DGS cell 4개를 이용한 저역 통과 여파기

본 논문에서는 모든 설계에 EM 시뮬레이션 툴인 Ansoft사의 HFSS v.8.0을 사용하였다.

4. 결론

본 논문에서는 DGS-CPW 구조로 새로운 cell을 제안하였으며, 이것을 이용하여 차단 주파수가 7.6 GHz인 저역 통과 여파기를 설계하였다. 여파기의 총 크기는 cell이 3단일 경우 30 mm × 30 mm이고, cell이 4단일 경우 35 mm × 30 mm 이다. 13 GHz에 대한 $\lambda_g / 2$ 는 5.9 mm이지만 DGS 구조의 전파 지연 특성으로 인해 크기가 한 주기당 0.9 mm가 줄어들게 된다. cell이 3단 일때는 20 GHz까지 감쇄 특성이 -20 dB이상 측정되며, cell이 4단일때는 3단을 연결할때보다 감쇄 특성이 10 dB이상 향상됨을 알 수 있다. 또한 DGS-CPW 구조의 저역 통과 여파기는 마이크로파 대역뿐만 아니라 밀리미터파 대역에서도 광대역 특성에 응용되리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부의 대학정보통신 연구센터 (ITRC) 지원사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 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, No. 1, pp. 86~93, Jan. 2001.
- [2] F. R. Yang, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "A Novel Low Loss Slow-wave Microstrip Structure," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, Vol. 8, pp. 372~374, Nov. 1998.
- [3] 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 Component Lett.*, Vol. 11, No. 4, pp. 170~172, Apr. 2001.
- [4] J. S. Lim, H. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson Power Divider," *IEEE Microwave Wireless Components Lett.*, Vol. 11, No. 3, pp.124~126, Mar. 2001.
- [5] Y. T. Lee, J. S. Lim, J. S. Park, Dal Ahn, and S. W. Nam, "A Novel Phase Noise Reduction Technique in Oscillators Using Defected Ground Structure," *IEEE Microwave and Wireless Components Lett.*, Vol. 12, No. 2, pp. 39~41, Feb. 2002.
- [6] 김진양, 이해영, "새로운 양면 포토닉 밴드갭 구조를 이용한 저역통과 여파기의 설계", 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, Vol. 25, No 2, pp. 151~154, Sept. 2002.