

새로운 구조의 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기 대역 저지 필터 설계

임원규, 김동조, 김진현, 유종원
한국과학기술원 전기 및 전자공학과

e-mail : limwongyu@kaist.ac.kr, drjwyu@ee.kaist.ac.kr

A Novel Band Stop Filter Design Using $\lambda_g/4$ Open-stub Resonator

Lim Won-Gyu, Kim Dong-Zo, Kim Jinhyun, Yu Jong-Won
Korea Advanced Institute of Science and Technology

Abstract

In this paper, we propose a novel BSF(Band Stop Filter) using the quarter-wavelength open-stub resonator which is located at the ground plane. The proposed BSF has the small area compared to the conventional ground etched BSF. It also has high Q-factor. In addition, we showed that it can apply to multi-layer structure.

I. 서론

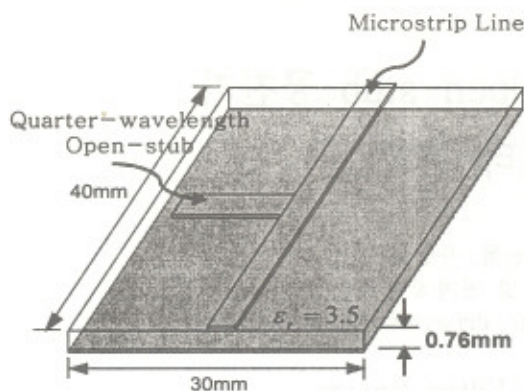
마이크로스트립 라인을 이용한 $\lambda_g/4$ Open-stub 회로는 단순한 회로 구조와 제작의 간편성으로 인해 마이크로웨이브 회로에서 폭넓게 응용되고 있다. 그러나, $\lambda_g/4$ stub를 이용한 회로는 신호를 위한 전송선 이외에 부가적인 면적을 차지한다는 문제점을 가진다. 최근에 연구된 BSF 구조는 신호 라인이 위치한 평면 [1]에서 구현되지 않고, 그라운드에 슬롯[2]-[4]을 이용하여 제작하는 새로운 방향의 연구가 활발히 진행되었다. 그러나, 이 방법도 다층구조에 적용하기에는 많은 한계점을 가진다.

이 논문에서는, 앞에서 제시한 문제점을 해결할 수 있는 새로운 구조의 $\lambda_g/4$ Open-stub Resonator를 제

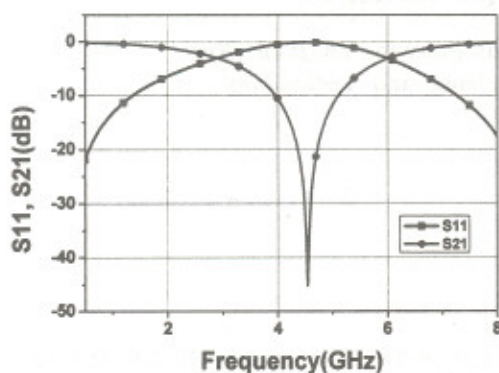
안한다. 제시된 공진기의 효율적인 면적, 낮은 필드 손실에 대한 연구를 하였고, 다층 구조적용에 대한 가능성에 대해서도 논의 되었다.

II. $\lambda_g/4$ Open-stub를 이용한 대역 저지 필터 설계

그림 1. 은 Fundamental 공진 주파수에서 동작하는 $\lambda_g/4$ Open-stub 대역저지 필터와 주파수 특성을 나타내고 있다. Open-stub의 임피던스 변화는 $Z = -jZ_0 \cot \beta l$ [4] 에 의해 $\lambda_g/4$ 길이에서 그라운드와 신호선간에 Short의 임피던스 특성을 나타낸다. 이 논문에서는, 4.5GHz에서 Fundamental 공진을 일으키도록 Open stub가 설계되었고, 기판두께 $h=0.76\text{mm}$, $\epsilon_r=3.5$, 회로 폭은 50Ω 임피던스가 되도록 설계하였다. 그림 2. 는 제안된 $\lambda_g/4$ 길이의 Open-stub 공진기를 이용한 대역 저지 필터의 그림과 주파수 특성을 나타내었다. $\lambda_g/4$ 길이의 Open stub 공진기는 비아를 통하여 마이크로스트립 라인과 연결되어 있다. $w=1.67\text{mm}$, $s=0.5\text{mm}$, $l=10.2\text{mm}$ ($\approx \lambda_g/4$), $g1=g2=1\text{mm}$ 로 설계했다.



(a)

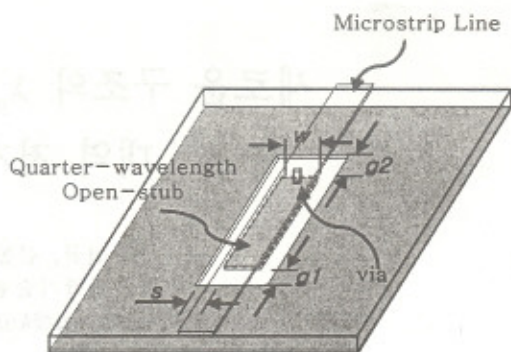


(b)

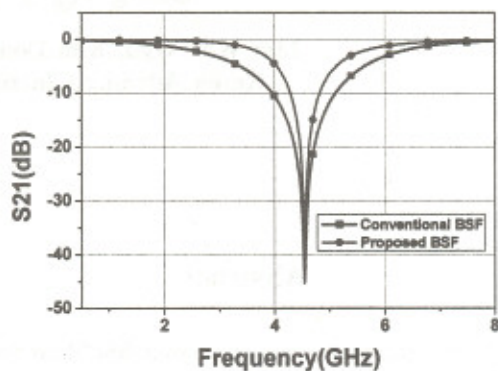
그림 1. $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기를 이용한 (a)BSF와 (b)주파수 특성

기판의 크기, 두께, 유전율은 앞에서 제시한 것과 동일하다. 제안한 $\lambda_g/4$ 공진기는 신호라인 밑에 위치하여 부가적인 면적이용을 최소화 하였다. 그라운드 너치를 이용하여 제작된 BSF와 달리 제안된 구조는 Quasi-TEM 으로 전자기 필드를 전파할 수 있어 필드 손실을 최소화 할 수 있는 구조로 설계되었다. 그림 2. 의 S21으로 부터, 기존의 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기 구조에 비해 훨씬 높은 Q값을 가짐을 알 수 있다.

그림 3. 은 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 단면 H-field 분포를 나타낸다. s를 통해 그라운드 평면 아래에 존재하는 필드는 기존의 DGS 구조에 비해 낮은 밀도이다. 다층구조 적용에서 DGS 구조의 한계점은 에칭된 단면적을 통해 그라운드 평면을 통과하는 필드의 밀도가 높다는 것이다. 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 다층구조 특성에 대해서는 다음 단락에서 좀 더 자세히 다룬다. 그림 2에서 제안한 BSF의 각 파라미터의 영향을 살펴보았다. 시뮬레이션에서 마이크로



(a)



(b)

그림 2. (a)제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 구조 및 (b)기존의 BSF와 제안된 BSF에 대한 비교

로스트립 라인의 임피던스는 50Ω 의 특성 임피던스를 갖도록 설계하였다. 각 파라미터를 고려할 때, 변화 요인을 제외한 나머지 파라미터는 $\lambda_g/4$ Open-stub의 폭 $w=1.67\text{mm}$, $l=10.2\text{mm}$ ($=\lambda_g/4$)로 하였으며, $s=0.5\text{mm}$, $g1=g2=1\text{mm}$ 으로 하였다. 그림 4는 $\lambda_g/4$ Open-stub의 폭 w 의 변화에 대한 주파수 특성을 나타내었다. 시뮬레이션은 $w=0.5, 1, 1.67, 2.5\text{mm}$ 로 변화하며 S21에 대한 주파수 특성을 나타내고 있다. 그림 4로부터, $\lambda_g/4$ Open-stub의 폭이 증가함에 따라 유효 길이 증가와 커패시턴스 값의 변화에 의해 공진 주파수가 낮아짐을 알 수 있다. 그림 5.에서는 $\lambda_g/4$ Open-stub와 그라운드 사이의 간격에 대한 주파수 특성을 살펴보았다. $g1=0.3, 0.5, 1.5, 2\text{mm}$ 로 변화하면서 주파수 변화에 대한 S21을 나타내었다. 그림 6에서는 $g2=0.3, 1, 2, 3\text{mm}$ 으로 변화하면서 S21에 대한 결과를 나타내었다. 그림

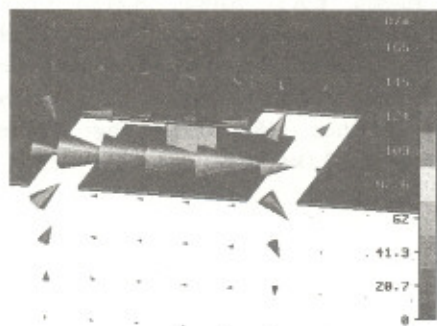


그림 3. 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 단면 전류 분포

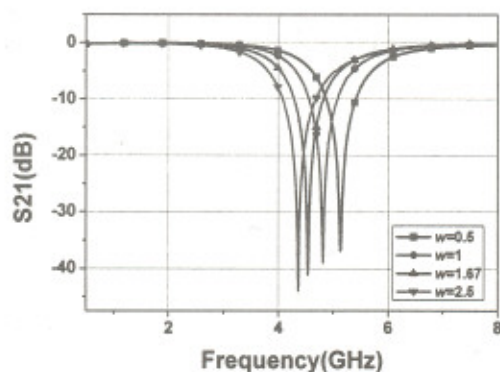


그림 4. 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 폭에 따른 주파수 특성

7에서는 $s=0.5, 1, 1.5, 2\text{mm}$ 로 변화하면서 S_{21} 의 주파수 특성을 살펴보았다. 그림으로부터 Open-stub의 끝과 그라운드 사이의 간격 $g1$ 이 작을수록 공진주파수가 높아지고, 마이크로스트립 라인과 Open-stub를 연결하는 비아와 그라운드 사이의 간격 $g2$ 는 공진주파수 및 Q 값에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 또한, Open-stub와 그라운드 사이의 간격 s 는 공진주파수에는 크게 영향을 주지 않지만, Q 값에는 크게 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 그림 8. 은 다층기판 구조나 메탈 설계를 고려하여 그라운드 아래에 다른 금속판이 존재할 수 있다는 가정하에 그라운드와 금속기판 사이의 거리 변화에 따른 S_{21} 을 시뮬레이션 하였다. 유전체는 공기를 가정하였고, 거리 $d=0.2, 0.4, 0.6, 0.76$ 으로 변화하였다. 그림 8로부터, 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기의 공진주파수와 Q 값은 기판 추가에 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다. 제안된 구조는 그라운드 평면과 Open-stub 구조의 거리를 조절하여 그라운드를 통해 나가는 필드의 양을 변경할 수 있다. 그림 9에서는 다양한 회로 상황에 맞게 적용 가능

하도록 그림 2의 구조를 변경하였다. 그림에서는 그라운드 기판과 Open-stub 만을 나타내었다.

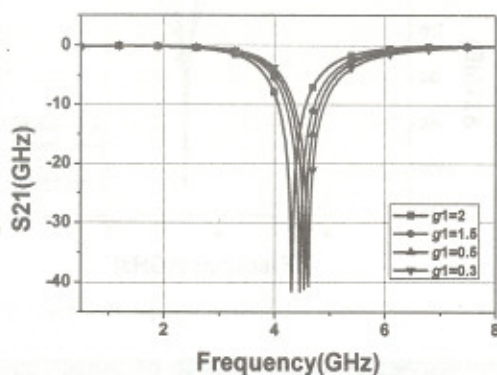


그림 5. 그라운드 평면과 Open-stub사이의 거리 $g1$ 에 따른 주파수 특성

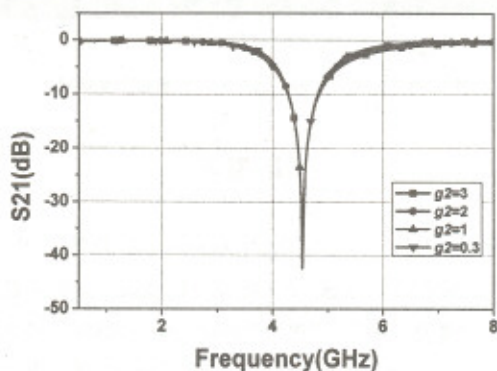


그림 6. 그라운드 평면과 Open-stub사이의 거리 $g2$ 에 따른 주파수 특성

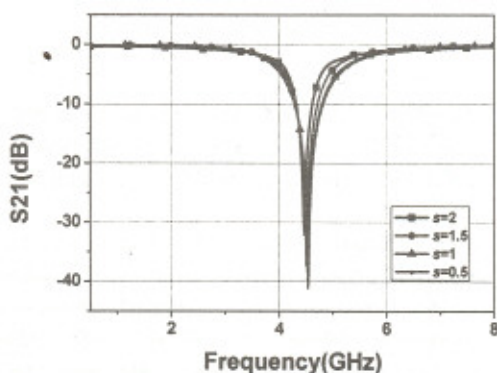


그림 7. 그라운드 평면과 Open-stub사이의 거리 s 에 따른 주파수 특성

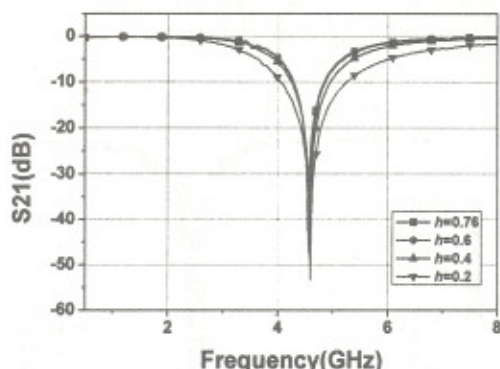


그림 8. 그라운드 평면과 금속판 사이의 거리 h 에 따른 주파수 특성

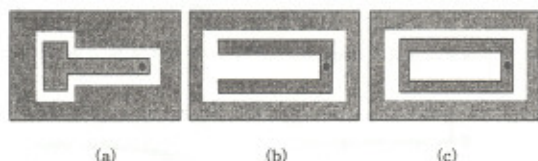


그림 9. 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 구조를 변경한 설계 예들

III. 결론

논문에서는 기존의 $\lambda_g/4$ Open-stub 대역 저지 필터를 보완한 새로운 구조의 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기를 이용한 대역 저지 필터를 제안하였다. 제안된 $\lambda_g/4$ Open-stub 공진기를 이용한 BSF는 효율적으로 면적을 줄였고, 필드 손실을 최대한 줄일 수 있어 다중구조에 적용 가능성을 보였다.

참고문헌

- [1] Wen-Hua Tu; Kai Chang, "Compact microstrip bandstop filter using open stub and spurline," *IEEE Vol.15*, Issue: 4, pp 268 - 270, April 2005
- [2] Abdel-Rahman. A, Ali, A.R.; Amari, S.; Omar, A.S, " Compact bandpass filters using defected ground structure (DGS) coupled resonators," *Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International* pp.1479-1482, June 2005
- [3] J. S. Yoon, J. G. Kim and C. S. Park, " A New DGS Resonator and Its Application to Bandpass Filter Design," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, MTT-S, pp.1605-1608

- [4] Hamad, E.K.I.; Safwat, A.M.E.; Omar, A.S, "Controlled capacitance and inductance behaviour of L-shaped defected ground structure for coplanar waveguide", *Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings-Volume 152*, Issue 5, 7 Oct. 2005 Page(s):299 - 304