

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.1.43>

IIBC 2018-1-7

## SIR 기반 대칭 헤어핀 광대역 대역저지 여파기

### Design of SIR-based Bandstop Filter with Symmetrical Hairpin Wideband

김창순\*, 이용일\*\*

Chang-Soon Kim\*, Yong-IL Lee\*\*

**요약** 본 논문은 향상된 성능을 가진 개선된 헤어핀 커플링 구조인 스텝 임피던스 공진기(SIR : Stepped Impedance Resonator)를 이용한 광대역 대역저지 여파기(WBSF : Wide Band Stop Filter)를 설계하였다. SIR WBSF는 크기가 작고 탁월한 대역저지 특성을 갖는 장점이 있다. 설계된 BSF는  $\lambda/4$ 길이의 사각 모양의 헤어핀형을 입력과 출력 전송 라인 상측과 하측에 배치하여 대칭형이 되도록 한 구조이다. 임출력 단자는 시스템 응용을 위해 50 ohm으로 종단되었다. SIR WBSF의 중심 주파수는 3.15 GHz의 제2 고조파인 6.3 GHz이다. 설계된 여파기의 3dB 대역폭은 2.9 GHz이고 전송계수( $S_{21}$ )는 33.2 dB이다. 중심 주파수에서 반사계수( $S_{11}$ )은 0.106 dB이다. 응용분야는 육상고정 마이크로웨이브 중계국, 고정된 위성과 지구국, 고정 위성간 통신에 사용된다. 전체 크기는 20mm x 10mm이다.

**Abstract** This paper has designed a wideband bandpass filter (WBSF : Wide Band Stop Filter) using a stepped impedance resonator (SIR : Stepped Impedance Resonator) with improved performance and improved hairpin coupling structure. The SIR WBSF is small in size and has the advantage of having excellent bandstop characteristics. The designed BSF has a structure in which a quadrangular shaped hairpin of a  $\lambda/4$  length is arranged symmetrically on the upper and lower sides of the input and output transmission lines. The input and output terminals were terminated at 50 ohms for system applications. The center frequency of the SIR WBSF is 6.3 GHz, which is the second harmonic of 3.15 GHz. The designed filter has a 3dB bandwidth of 2.9 GHz and a transmission coefficient ( $S_{21}$ ) of 33.2 dB. The reflection coefficient ( $S_{11}$ ) at the center frequency is 0.106 dB. The application field is used for fixed microwave relay stations, fixed satellite and earth stations, and fixed satellite communications. The overall size is 20mm x 10mm.

**Key Words** : Filter, SIR, Microstrip, Bandstop, Resonator, Impedance

## 1. 서론

무선통신 시스템에서 불요 복사파 및 높은 대역의 고조파 제거를 위한 대역저지 여파기에 관한 것이다. 오늘날 무선통신시스템에서 대역저지 여파기는 불요 복사파

신호 즉 원하지 않는 고조파들을 제거하는 중요 소자이다. 최근 부품 소자의 초소형화는 통신 시스템에서 일반적인 경향이며,<sup>[1]</sup> 또한 최근 2개, 3개의 대역저지 여파기도 사용되지만 목적에 꼭 맞는 1개의 밴드스톱 필터를 사용하는 경향도 있다.<sup>[2, 3]</sup>

\*정회원, 광운대학교 홀로그래피3D콘텐츠학과

\*\*정회원, 경북전문대학교 전자과

접수일자 : 2018년 1월 22일, 수정완료: 2018년 2월 6일

게재확정일자: 2018년 2월 9일

Received: 22 January, 2018 / Revised: 6 February, 2018

Accepted: 9 February, 2018

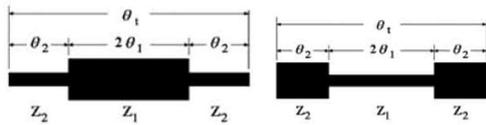
\*Corresponding Author: lyi9470@hanmail.net

Dept. of Electronics, Kyungbuk College, Korea

그러나 한편으로 최근 높은 주파수에서 사용 되는 일부 무선기기들은 사용 중 불요 복사파 특성이 규제를 벗어나 타 무선기기에 영향을 주고 있으며 정부의 규제가 강화 되고 있다. 특히, 소형, 광대역 또는 협대역 밴드 스톱 특성을 가지면서, 평면 기관 위에 제작의 간편성, 적은 제작 단가, 작은 삽입 손실, 전송 대역에서 선형 응답 특성 등을 갖추고 우수한 불요 복사파 제거 능력을 위한 강력한 대역저지 여파기를 필요로 하고 있다. 그리고, 입력과 출력에 직선으로 연결된 마이크로스트립(Microstrip) 라인과 상하에 배치된 SIR(Stepped Impedance Resonator) 공진기의 크기를 소형화 시키고 효율을 올리는 연구가 활발히 진행 되고 있다.<sup>[4-8]</sup>

그렇지만, 대역저지 여파기는 통과하는 신호에 대해서는 장애를 주어서는 안 되며, 대역폭이 적절하여야하며, 너무 넓은 필요도 없으며, 차단 대역을 넓히는 것은 제한이 있는 경우가 많다. 넓힐 경우 차단 특성이 낮아지는 경우도 있다. 본 광대역 대역저지 여파기는 무선측위업무 및 지구탐사위성, 우주연구용 (3.1 ~ 3.3 GHz) 주파수에 대한 제2 고조파의 제거를 위한 단일대역 대역저지 여파기로도 사용이 가능하다. 필터는 SIR형으로 높은 밴드 스톱 성능과 넓은 대역에서 불요 복사파 억압 능력을 달성 하였다. 설계된 대역저지 여파기는 우수한 대역저지 특성과 소형화 실현 및 제작이 용이 하도록 설계 하였다. 설계된 대역저지 여파기는 중심 주파수가 6.3 GHz에서 대역저지 특성이 33.2 dB와 3 dB 대역폭은 2.9 GHz인 결과를 얻었다.

## II. 설계 및 시뮬레이션



(a)  $K Z_2 / Z_1 > 1$  (b)  $K Z_2 / Z_1 < 1$   
(K = impedance ratio  $Z_2 / Z_1$ )

그림 1. SIR의 구조  
Fig. 1. Structure of SIR

그림 1. (a)와 (b)는  $K > 1$ 과  $K < 1$ 인 경우 일반적인 반파장 SIR이다. K는 임피던스 비이고, 다음과 같이 정의 된다.

$$K = \frac{Z_2}{Z_1} \tag{1}$$

K의 값에 따라 기본 공진 주파수와 첫 번째 Spurious 공진 주파수 특성이 정해지는데,  $K > 1$ 인 경우에는  $\Theta t > \theta_0$ 에서 나타나며,  $K < 1$ 인 경우는  $\Theta t < 180^\circ$ 가 되고 스푸리어스는  $f_{sp1} > 2f_0$ 에서 나타난다.<sup>[9]</sup>

또한, 서로 다른 임피던스의 선로길이( $\theta_1, \theta_2$ )의 조정을 통해 원하는  $f_0$ 와  $f_{sp1}$ 의 공진 주파수 비를 얻을 수 있다. 감쇄정수  $\alpha$ 를 아래 식(2)와 같은 길이의 비라 정의하면,

$$\alpha = \frac{\theta_2}{\theta_1 + \theta_2} = \frac{2\theta_2}{\theta_t} \tag{2}$$

$\alpha$ 와 K에 따라 기본 공진 주파수와 첫 번째 spurious 공진 주파수의 비를 효과적으로 조절 할 수 있다.<sup>[10]</sup>

마이크로스트립라인의 재질은 Teflon이며 유전율은 2.54이며 크기는 가로 20 mm, 세로 10mm, 두께는 0.54 mm인 기관을 사용 하였다. 여파기의 중심 주파수는 6.3 GHz를 갖는다. 입출력은 직렬로 연결 하였으며 여파기 구조는 상하에 배치된 평행 결합 선로구조에서 적절히 구부러 그림 2와 같이 급전 선로 사이의 결합을 유도 하였으며, SIR형태가 되도록 하였다. 급전 선로간의 연결효과는 대역저지 중앙 점에서 영점을 발생시켜, 저지특성을 가능하게 한다. 시뮬레이션은 SONNET Simulator를 사용 하였다.



그림 2. 설계된 헤어핀 WBSF 구조도  
Fig. 2. Designed hairpin WBSF structure

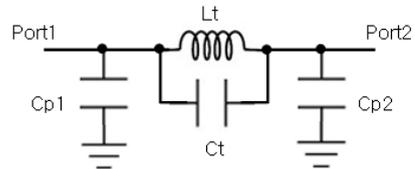


그림 3. 간략화 된 등가 회로  
Fig. 3. Simplified equivalent circuit

시뮬레이션된 여파기의 전달특성과 반사계수는 그림

4와 같다. 여파기의 중앙주파수는 6.3 GHz이며, 전달특성인  $S_{21}$ 의 최대점은 33.2 dB이며, 3 dB 대역폭은 2.9 GHz이다. 반사계수  $S_{11}$ 은 중앙주파수에서 0.099 dB이며, 저지대역의 통과대역에서는 손실이 매우 미약하게 나타난다.

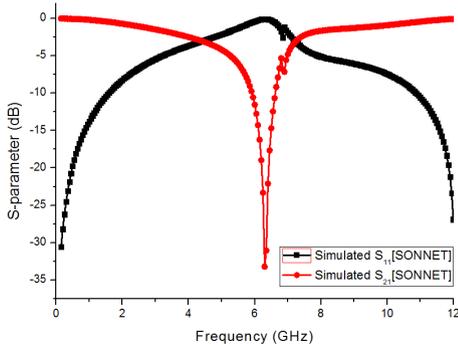


그림 4. 전달특성과 반사계수  
 Fig. 4. Transmission characteristics and reflection coefficient

광대역 대역저지 여파기에서 전류밀도 특성은 그림 5와 같다. 저지 중앙주파수인 (a)는 6.3 GHz에서 측정된 결과이며 신호가 완전히 차단됨을 보여주고 있다. (b)는 12 GHz에서 전류 밀도를 나타내며 입력단과 출력 단에서 높은 전류분포를 보여주고 있다. SIR 여파기의 상하단과 중앙부 주변에서는 최대 전류가 흐르고 있음을 보여준다. 본 여파기의 주파수 응답은 그림4의 특성과 일치된다. 즉 입력단에 출력단의 전류 밀도가 전달되지 않는 것을 알 수 있다.

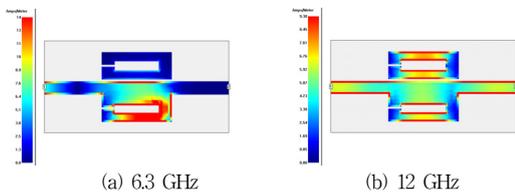


그림 5. WBSF의 전류밀도  
 Fig. 5. Current density of WBSF

### III. 결론

본 논문에서는 SONNET EM (Electro Magnetic) 시뮬레이터 도구를 이용하여 헤어핀 결합 구성을 기반으로

한 SIR WBSF를 설계 및 시뮬레이션하고 시뮬레이션 결과를 분석 하였다. SIR WBSF는 6.3 GHz의 중심주파수에서 설계되었으며 전달특성 ( $S_{21}$ )은 33.2 dB이며 2.9 GHz의 3dB 대역폭이 얻어진다. 응용분야는 육상고정 마이크로웨이브 중계국, 고정된 위성과 지구국, 고정 위성 간 통신 (5.9 GHz ~ 6.7 GHz)에 사용된다. 또한 무선측 위업무 및 지구탐사위성, 우주연구용 (3.1 ~ 3.3 GHz) 주파수에 대한 제2 고조파의 제거를 위한 단일대역 대역저지 여파기로도 응용될 수 있다. 실제 여파기의 크기는  $20 \times 7.58$  mm이다.

### References

- [1] Park J K, Kim C S, Kim J, et al, "Modeling of a photonic band gap and its application for the low-pass filter design", Proceedings of the 1999 Asia-Pacific Microwave Conference, Vol 2, pp. 331-334, Dec 1999.  
 DOI: <https://doi.org/10.1109/APMC.1999.829865>
- [2] Liu H W, Li Z F, Sun X W, et al, "An improved 1-D periodic defected ground structure for microstrip line", IEEE Microwave and Wireless components Letters, Vol. 14, No. 4, pp. 180-182, April 2004.  
 DOI: <https://doi.org/10.1109/LMWC.2004.827097>
- [3] Batmanov A, botejdar A, Omar A, et al, "Design of compact coplanar band-stop filter compsed on open-loop-ring resonator and defected groundstructure (DGS)", Microwave and Optical Techonology Letters, Vol. 52, No. 2, pp. 478-483, Feb 2010.  
 DOI: <https://doi.org/10.1002/mop.24905>
- [4] Changsoon Kim, Tae Hyeon Lee and Bhanu Shrestha, Kwang chul Son, "Miniaturized dual-band bandpass filter based on stepped impedance resonators", Microwave and Optical Technology Letters (MOTL), Vol. 59, No. 5, pp. 1116 - 1119, May, 2017.  
 DOI: <https://doi.org/10.1002/mop.30481>
- [5] B. Shrestha and N.Y. Kim, "Compact and

miniaturized bandstop filter developed using spurline technique”, Microwave and Optical Technology Letters (MOTL), Vol. 56, No. 5, pp. 1029-1031, May, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.1002/mop.28260>

- [6] Chang-Soon kim, Tae Hyeon Lee and Kwang Seob Shin, Bhanu Shrestha, Kwang chul Son, “SIR based Symmetric Hairpin Bandstop Filter”, Far East Journal of Electornics and Communication, Vol. 17, No. 4, pp. 839-844, Aug, 2017.
- [7] Kyuseop Lee, Ginkyu Choi, “The Comparison of filter Performance in UFMC systems”, The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 17, No. 6, pp. 89-95, Dec, 2017.
- [8] Seo. Soo-Duk, Cho. Hak-Rea, Yang. Doo-Yeong, “Triple-band Multiplexer for a Low Power Portable Base Station”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 15, No. 12, pp. 7309-7316, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.12.7309>
- [9] M. Sagawa, M. Makimoto, S. Yamashita, “Microwave Theory and Techniques, IEEE Trans. Microw. Theory Tech”, vol. 45, no. 7, pp. 1078-1085, July 1977.
- [10] H. S. Pyo, Jaemin An, H. S. Lee, Y. S. Kim, Y. S. Lim, “Design a Dual-band Bandpass Filter using Stepped Impeadance Resonator”, 2010 ICIEC summer conference Vol. 33, No. 1, pp. 1143-1145, June 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/TMTT.2006.882895>

## 저자 소개

### 김 창 순(정회원)



- 1986년 광운대학교 전자공학과(공학사)
- 2009년 광운대학교 유비쿼터스통신 전공(공학석사)
- 2018년 광운대학교 홀로그래피3D콘텐츠학과/콘텐츠학박사
- 1986.1~1991.8 맥슨전자(주) 기술개발실
- 1991.9~2000.3 (주)에스원 기술연구소
- 2005.1~2014.9 RADIO TEK 기술연구소
- 2014.9~현재 기가통신 대표
- 2016.2~현재 경북전문대학교 전자과 교수
- 2014.9~현재 대한민국 무선통신명장/574호
- 2016.5~현재 전자응용기술사
- 관심분야 : 무선통신, RF Filter, USN, etc
- E-mail : hl1stt@naver.com

### 이 용 일(정회원)



- 1983년 건국대학교 전자공학과(공학사)
- 1985년 건국대학교 전자공학과 양자전자 및 통신계통(공학 석사)
- 1998년 건국대학교 전자공학과 양자전자 및 통신계통(공학 박사)
- 1985~1988 :부천대학교 강사
- 1985~1990 :인하공업전문대학교 강사
- 1990~현재: 경북전문대학교 전자과 교수
- 관심분야 : 양자전자 및 통신 계통, 무선통신, 유비쿼터스, etc
- E-mail : lyi9470@hanmail.net