

감쇄극을 갖는 소형화된 2단 대역 통과 여파기

A Miniaturized 2-pole Bandpass Filter with Attenuation Poles

김철수 · 임종식* · 김종화** · 안 달**

Chul-Soo Kim · Jong-Sik Lim* · Jong-Hwa Kim** · Dal Ahn**

요 약

본 논문에서 새로운 구조의 2단 대역통과 여파기 구조를 제시하였다. 제시된 구조는 마이크로스트립 헤어핀 선로와 그 아래의 접지면에 슬롯선로를 구현한 형태이다. 각 공진기 선로가 유전체의 양면에 위치하여 여파기의 크기를 크게 줄일 수 있고 감쇄극을 통과대역 양쪽에 적절하게 위치시켜 저지대역 특성을 개선시킬 수 있다. 설계 및 제작된 여파기는 중심주파수(1.9 GHz)에서 69 MHz의 대역폭을 나타내었다. 구현된 여파기는 일반적인 $\lambda/4$ 결합선로 여파기에 비해 33 % 정도의 크기를 가지며, 통과대역밖의 양쪽에 감쇄극을 위치시켜 여파기의 차단 특성을 개선하였다. 부가적으로 일반적인 결합선로 여파기의 경우 동일사양의 여파기 구현시 입출력 결합 선로의 경우 0.1 mm의 간격이 필요하나, 제시된 구조는 0.3 mm로 세 배 더 넓은 간격으로 구현이 가능하여 소형, 협대역 여파기 구현에 적합한 구조이다.

Abstract

A novel miniaturized 2-pole band pass filter(BPF) is proposed and it has an overlapped hairpin and slot structure on the upper and bottom plane of microstrip lines. Due to the overlapped structure of a hairpin and a slot, the size of the proposed BPF is quite smaller than that of a general BPF having coupled lines. The size of the proposed BPF is reduced to 33 % comparing with the conventional $\lambda/4$ coupled BPF. The attenuation is improved by controlling the attenuation poles properly using the proposed structure. The proposed 2-pole BPF is fabricated with a narrow bandwidth(69 MHz) at center frequency, 1.9 GHz, which is difficult to make that narrow bandwidth in the conventional coupled lines due to impractical spacing. The design method in this paper can be applied to the design of other microwave circuits to reduce the size and improve the performances.

Key words : Bandpass Filters, Attenuation Poles, Size Reduction

I. 서 론

다변화된 무선통신 서비스의 운용에 따라 무선통신 시스템을 구성하는 기지국 또는 단말기용 고주파 부품은 고성능, 경량화, 소형화 등의 소자특성과 함께 우수한 재현성 및 저가적 특성 등의 다양한 요구 조건들을 만족해야 한다. 특히 대역통과 여파기는

무선통신 시스템의 핵심 부품이며 종류와 형태가 다양하다. 그 중에서 본 논문에서는 유전체 기판을 이용한 마이크로스트립 헤어핀 선로와 그 접지면에 슬롯 선로를 구현한 평면형 대역통과 여파기의 구조를 제안한다. 접지면에 인위적인 식각 패턴을 이용한 대역통과 여파기 설계 방법은 슬롯선로, PBG (photonic bandgap) 구조와 DGS(defected ground struc-

「본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터(R12-2002-052-02004-0)의 지원으로 이루어졌음.」
순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터(RRC for Wireless Communication Devices, Soonchunhyang Univ.)

*한국특허청(Korean Intellectual Property Office)

**순천향대학교 정보기술공학부(Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.)

· 논문 번호 : 20040309-028

· 수정완료일자 : 2004년 5월 17일

ture) 등이 연구되어지고 있다^{[1]~[5]}.

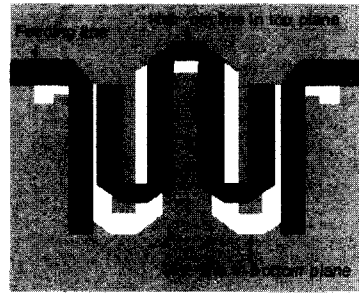
제시된 구조의 대역통과 여파기 구조는 유전체 윗면에서는 헤어핀 형태의 구조를 갖고 접지면에서는 슬롯라인을 만들어 주어 2단 대역통과 여파기의 특성을 갖는 구조이다. 유전체의 양면에 동시에 두 개의 선로를 구현할 수 있기 때문에 대역통과 여파기의 크기를 크게 줄일 수 있다. 기존의 $\lambda/4$ 병렬 결합선로 여파기는 마이크로스트립 또는 스트립과 같은 평면형 구현이 용이하지만 $\lambda/2$ 공진기를 이용하게 되므로 크기가 커지게 된다. 또한 협대역폭을 갖는 경우 입출력단의 인버터의 결합량이 매우 크므로 원하는 결합량을 얻기 위해서는 결합선로 사이의 간격이 매우 작아지게 되므로 실제 제작상의 문제점을 갖고 있다. 고리형 공진기는 결합각도나 결합조건에 따라 2단 공진기 특성과 감쇄극 주파수를 조절^{[5],[6]}할 수 있지만 공진특성이 1λ 에서 발생하게 되어 크기가 증가하게 된다.

이러한 단점을 보완하고자 소형화와 적은 단수로 높은 감쇄특성을 얻기 위하여 통과대역의 위, 아래의 양쪽에서 감쇄극을 갖는 구조를 제안하였다. 제시된 구조는 일반적인 1단 헤어핀 선로와 접지면에 슬롯 선로를 구현하여 2단 대역여파기를 설계하였고, 저지대역에 위치한 감쇄극에 의해 차단 특성을 개선하였다. 또한 설계된 여파기는 일반적인 구조에서는 입출력 선로간격이 좁아 구현이 어려운 3%의 대역폭을 가지며 일반적인 구조에 비해 선로간격을 약 3배 더 넓게 구현하였다.

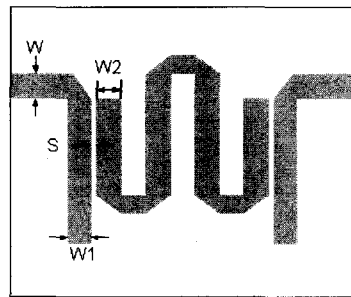
II. 2단 대역통과 여파기 구조

일반적인 헤어핀 여파기는 결합선로 여파기보다 크기를 줄일 수 있고 공진기의 길이가 $\lambda/2$ 근방을 갖는다. 고리형 공진기는 1λ 의 공진기로 결합각도 및 조건에 따라 2단과 감쇄극의 위치를 조절할 수 있는 장점을 갖고 있다^[5]. 위의 2가지 특성과 헤어핀 선로의 접지면에 슬롯선로를 구현하여 여파기의 크기를 줄이고 저지대역에 감쇄극을 주어 차단특성이 우수한 2단 대역통과 여파기의 구조를 설계하였다. 그림 1에 제시된 여파기 구조를 나타내었다.

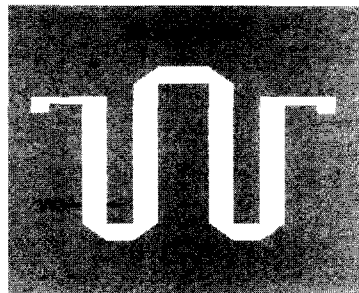
그림 1(a)와 (b)는 여파기의 전체 투영도와 유전체 윗면에 구현된 마이크로스트립 헤어핀 선로를 나타



(a) 전체 투영도
(a) Overlapped overall structure



(b) 기판 윗면에서의 헤어핀 선로
(b) Hair-pin resonator on the top plane



(c) 접지면에서의 슬롯선로
(c) Slot line on the ground plane

그림 1. 제시된 2단 대역통과 여파기의 구조.
Fig. 1. Structure of the proposed 2-pole BPF($w=2.2$ mm, $w_1=1.7$ mm, $w_3=2.0$ mm, $s=0.3$ mm).

낸다. 유전체 윗면에 구현된 그림 1(b)는 일반적인 여파기에서는 1개의 공진기와 2개의 인버터를 갖는 1단 대역통과 여파기의 형태이다. 그림 1(c)는 접지면에 헤어핀선로와 약간의 오프셋(offset)을 갖는 위치에 슬롯선로로 구현된 모습을 나타낸다. 그림 2는 각각의 헤어핀선로와 슬롯선로의 공진특성을 Ansoft HFSS V8.5로 시뮬레이션한 결과이다. 헤어핀 선로의 특성 임피던스는 $50\ \Omega$ 이며 2.2 GHz에서 $\lambda/2$ 의

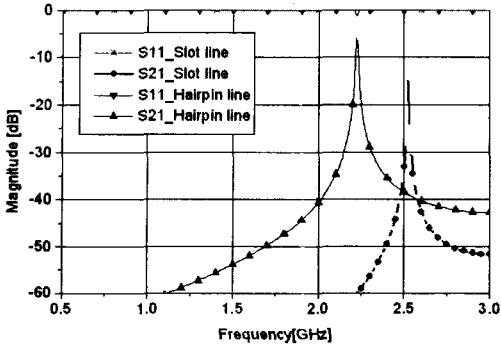


그림 2. 헤어핀과 슬롯 선로의 공진 특성
Fig. 2. Simulated characteristics of the hairpin and the slot line.

길이를 갖는다. 점선으로 표기된 선은 접지면에 구현된 슬롯선로에 대한 공진 특성이다. 시뮬레이션 및 제작에 사용된 유전체는 비유전상수는 2.5, 두께는 31 mil의 기판을 사용하였다.

III. 시뮬레이션 및 제작

그림 3에는 위에서 제시한 구조를 고리형 공진기를 갖는 여파기로 등가화 한 구조를 나타낸다. 고리형 공진기의 경우 결합각도와 공진기 선로의 특성 임피던스, 결합량 조건 등에 의해 감쇄극의 위치를 조절할 수 있는 여파기로 구현이 가능하다. 입출력 단에서 슬롯과 헤어핀선로와의 커플링을 간략하게 마이크로스트립 결합선로로 표현하였고 Z_1 은 슬롯 라인, Z_2 는 헤어핀선로를 나타낸다.

그림 4는 Serenade를 이용한 등가회로 시뮬레이션 특성이며, 그림 5는 HFSS를 이용한 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과와 같이 통과대역의 양쪽에 1.6 GHz, 2.4 GHz에서 감쇄극을 위치시키어 적은 단수로 효과적으로 차단특성을 개선할 수 있는 구조이다.

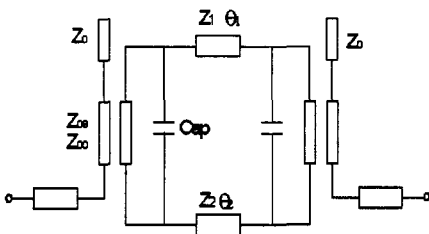


그림 3. 링 공진기를 이용한 등가회로
Fig. 3. Equivalent circuit using a ring resonator.

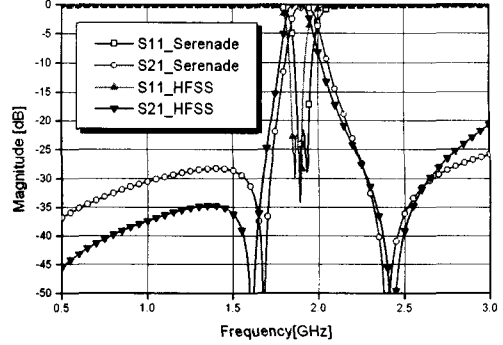


그림 4. 제시된 BPF의 시뮬레이션 결과
Fig. 4. Simulated results of the proposed BPF.

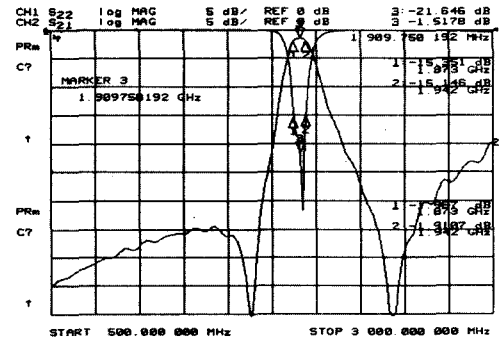


그림 5. 제시된 2단 대역통과 여파기 측정 결과
Fig. 5. Measured performances of the proposed 2-pole BPF.

그림 5는 통과대역 양쪽에 감쇄극을 갖는 제시된 여파기의 측정결과이다. 제작된 여파기의 반사손실과 삽입손실은 중심주파수에서 각각 18 dB와 1.5 dB의 손실을 보였다. 또한 통과대역 양쪽에 위치한 감쇄극 주파수는 각각 1.6 GHz, 2.44 GHz 위치하여 2단 여파기임에도 차단특성을 크게 개선할 수 있었다. 표 1에 결과를 요약하였다. “fn1”과 “fn2”는 통과대

표 1. 제시된 2단 대역통과 여파기의 특성 요약
Table 1. Summary of the performances of the 2-pole BPF.

새로운 2-pole BPF Circuit	Freq. [GHz]	Return loss [dB]	Att. Freq. [GHz]
Simulation	f1=1.88	22	fn1=1.68
	f2=1.95		fn2=2.4
EM Simulation	f1=1.86	25	fn1=1.62
	f2=1.93		fn2=2.42
Measurement	f1=1.87	18	fn1=1.6
	f2=1.94		fn2=2.44

표 2. $\lambda/4$ 결합선로와 제시된 여파기의 특성 비교

Table 2. The characteristic comparison of the proposed and a $\lambda/4$ coupled line BPF.

여파기 구조	Freq. [GHz]	대역폭	삽입손실 [dB]	크기 [mm]	Qu
$\lambda/4$ 결합선로	f1=1.806 f2=1.921	115	0.884	28*92	114
제시된 결합선로	f1=1.873 f2=1.942	69	1.5178	28*28	110

역의 하위와 상위대역에 위치한 감쇄극 주파수의 미한다.

그림 6은 일반적인 $\lambda/4$ 평행 결합선로 2단 대역 통과 여파기의 측정 결과이다. 동일단수의 여파기임에도 불구하고 제시된 구조가 통과대역 양쪽에 있는 감쇄극에 의해 차단특성이 크게 개선되었음을 나타내었다. 표 2에서 제시된 구조와 일반적인 구조에 대해 특성을 요약하였다. 제시된 여파기의 전체 크기는 일반적인 구조에 비해 약 33%의 크기를 갖고 있다. 삽입손실은 1.51 dB이며 좁은 대역폭으로 인하여 손실이 증가된 것으로 보인다. 그러나 여파기의 무부하 양호도는 일반적인 구조와 비슷한 110으로 계산되었고 계산식은 참고문헌 [7]의 식을 이용하였다. 또한 대역통과 여파기 구현시 일반적으로 입출력단의 결합도가 크므로 결합선로간의 간격이 매우 좁아지게 된다. 동일한 설계사양을 적용했을 경우 입출력단의 결합선로 간격이 0.10 mm이나 제시된 구조는 0.3 mm의 간격을 가져 3배의 넓은 결합선로 간격으로 구현이 가능하다. 따라서 제시된 구조는 접지면에 식각에 의한 슬롯라인을 가짐으로써 슬롯라인의 공간확보가 필요하다는 면에서는 단점을

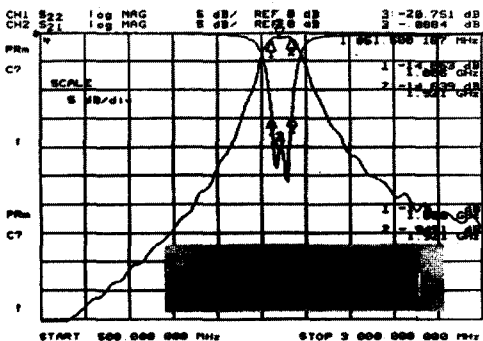


그림 6. 일반적인 2단 결합선로 여파기의 측정 결과
Fig. 6. Measured result of the conventional 2-pole coupled line BPF.

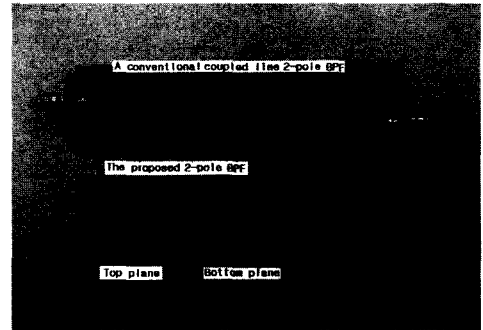


그림 7. 일반적인 결합선로와 제시된 구조의 여파기 사진

Fig. 7. Photo of the proposed and a conventional 2-pole BPF.

가지지만 유전체 기판형 구조에서 소형화 및 높은 감쇄특성을 요구되어질 때 적합한 구조로 생각된다. 그림 7은 일반적인 구조와 제시된 구조의 제작 사진이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기판형 대역통과 여파기의 크기는 감소시키며, 차단특성을 개선시킬 수 있는 구조를 제안하였다. 제시된 구조는 마이크로스트립 헤어핀 선로와 접지면에 슬롯 선로를 구현하여 크기를 결합선로 여파기에 비해 약 33%의 크기를 갖는다. 성능면에서는 70 MHz의 협대역폭을 가지며 통과 대역 양쪽에 위치한 감쇄극에 의해 감쇄 특성을 크게 개선할 수 있었다. 또한 일반적인 구조에서는 입출력단에서 강한 결합도가 요구되므로 결합선로간의 간격이 좁아 구현에 어려움이 발생되지만 제시된 구조는 접지면의 슬롯라인 구조를 추가해 좀더 넓은 간격을 유지할 수 있는 장점이 있다. 제시된 구조의 측정결과는 등가 시뮬레이션과 잘 일치하였고 감쇄극의 위치를 조절할 수 있어 듀플렉서에 응용할 수

고, 소형화 및 다른 소자와 쉽게 연계될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] S. B. Cohn, "Slot line on a dielectric substrate", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 17, no. 10, pp. 768-778, 1969.
- [2] F. R. Yang, Y. Qian and T. Itoh, "A novel uniplanar compact PBG structure for filter and mixer applications", *IEEE MTT-s Symp. Dig.*, pp. 919-922, Jun. 1999.
- [3] 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. on MTTs.*, vol. 49, no. 1, pp. 86-93, Jan. 2001.
- [4] J. S. Yun, G. Y. Kim, J. S. Park, D. Ahn, K. Y. Kang and J. B. Lim, "A design of the novel coupled line bandpass filter using defected ground structure", *IEEE MTT-S, Symp. Dig.*, vol. 1, pp. 327-330, Jun. 2000.
- [5] D. Ahn, J. S. Lim, I. S. Kim, Y. K. Shin and K. Y. Kang, "Design of 2-pole bandpass filters using closed loop resonator and coupled lines", *IEEE MTT-S, Symp. Dig.*, vol. 3, pp. 1643-1646, 1996.
- [6] A. C. Kundu, I. Awai, "Control of attenuation pole frequency of a dual-mode microstrip ring resonator bandpass filter", *IEEE Trans. on MTT*, vol. 49, no. 6, Jun. 2001.
- [7] G. L. Matthaei, L. Young and E. M. T. Jones, *Micro-wave Filter, Impedance-matching Network, and Coupling Structures*, Mc-Grow Hill, pp. 340-344, 1980.

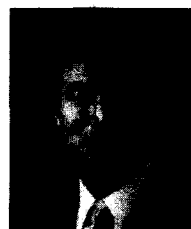
김 철 수



모델링 및 응용

2002년 2월: 순천향대학교 전자공학과 (공학박사)
 2001년~2003년: 한국전자통신연구원 연구원
 2003년~현재: 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터 연구원
 [주 관심분야] RF 회로 설계, DGS

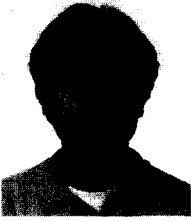
임 종 식



(공학박사)

1991년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 2월: 서강대학교 대학원 전자공학과, 초고주파 전공 (공학석사)
 2003년 2월: 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부, 초고주파 전공 (공학박사)
 1993년 2월~1999년 3월: 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단, 무선방송기술연구소 선임연구원
 2003년 3월~7월: 서울대학교 BK21 정보기술사업단 박사 후 연수연구원, 숭실대학교 대학원, 순천향대학교 대학원 시간강사
 2003년 7월~현재: 특허청 특허심사관
 [주 관심분야] MIC, RFIC, MMIC 초고주파 능동/수동회로 설계, 능동/수동 소자 모델링, 위성중계기용 시스템 및 부품, 주기구조의 모델링 및 회로 응용 등

김 중 화

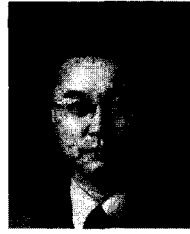


2003년: 순천향대학교 전자공학과
(공학사)

2003년~현재: 순천향대학교 전자
공학과 석사과정

[주 관심분야] 마이크로파 수동소
자 설계 및 개발

안 달



1990년: 서강대학교 전자공학과 (공
학박사)

1990년~1992년: 한국전자통신연구
소 선임연구원

1992년~현재: 순천향대학교 정보
기술공학부 교수

[주 관심분야] RF, 마이크로파 수동
소자 해석 및 설계 등