

소형화된 2-Pole 대역 통과 여파기

김 철수, 임 종식*, 김 동주**, 안 달**

순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터

*서울대학교 전기컴퓨터공학부

**순천향대학교 정보기술공학부

E-mail : chul@ramrec.sch.ac.kr

A design of a miniaturized 2-pole bandpass filter

Chul-Soo Kim, Jong-Sik Lim*, Dong-Joo Kim**, and Dal Ahn**

RRC for Wireless Communication Devices, Soonchunhyang Univ.

*School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National Univ.

**Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.

Abstract

본 논문에서는 유전체 기판형태에서 대역통과 여파기의 크기를 줄이며, 감쇄극을 통과대역 양쪽에 적절하게 위치시키어 감쇄특성을 개선시킬 수 있는 구조를 제안한다. 제시된 구조는 일반적인 헤어핀구조와 접지면에 슬롯라인을 구현해주어 2단 대역통과 여파기를 설계하였다. 설계된 대역 여파기의 등가회로를 제시하였고 시뮬레이션 및 측정 결과를 비교하였다. 구현된 여파기는 일반적인 결합선로 여파기에 비해 크기를 크게 줄일수 있었고, 감쇄특성은 3단 대역통과 여파기의 감쇄특성에 비교할 수 있다. 제시된 구조는 소형화 및 성능개선에 장점을 가지고 있어 다른 소자에도 많은 적용이 가능할것으로 생각된다.

I. 서론

다변화된 무선통신 서비스의 운용에 따라 무선통신 시스템을 구성하는 기지국 또는 단말기용 고주파 부품은 고성능, 경량화, 소형화 등의 소자특성과 함께 우수한 재현성 및 저가격 특성 등의 다양한 요구조건들을 만족해야한다. 이러한 조건을 만족하기 위한 대역통과 여파기는 여러 가지 형태가 있다.

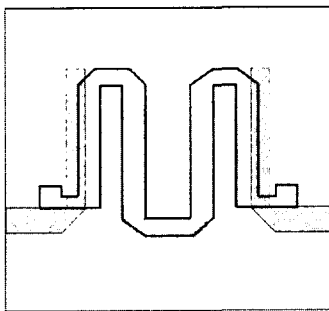
본 논문에서는 기판위에 적용 가능한 평면형 대역통과 여파기의 구조를 제안한다. 기존의 평면형 구조와 접지면에 식각을 통한 슬롯라인을 접합한 구조이다. 또한 소형화 및 성능개선을 위하여 접지면에 인위적인 식각 구조를 이용한 방법은 슬롯 구조 이외에도 PBG(photo nic bandgap) 구조와 DGS(defected ground structure) 등도 연구되어지고 있다.[1-5] 제시된 구조의 대역통과 여파기 구조는 유전체 윗면에서는 헤어핀 형태의 구조를 갖고 접지면에서는 슬롯라인을 만들어 주어 2단 대역통과 여파기의 특성을 갖는 구조이다. 기존의 병렬 결합선로 여파기는 마이크로스트립 또는 스트립과 같은

평면형 구현이 용이하지만 $\lambda/2$ 공진기를 이용하게되므로 크기가 커지게 된다. 또한 병렬 결합선로 여파기의 변형된 형태인 헤어핀 구조의 대역통과 여파기는 병렬 결합선로 여파기의 크기에 비해 크기 감소의 장점을 갖고 있으며 여파기의 공진기 및 인버터를 구성하는 전송선로의 특성 임피던스를 임의로 주어 구현이 가능하며 임피던스에 따라 하모닉을 주파수를 어느정도 제어가 가능하다. 그러나 일반적인 대역통과 여파기의 구조상 첫 번째 인버터의 결합량이 매우 크므로 원하는 결합량을 얻기 위해서는 결합선로 사이의 갭 사이즈가 매우 작아지게 되므로 실제 제작상의 문제점을 갖고 있다. 고리형 공진기는 결합각도에 따라 쉽게 2단 공진기 특성과 감쇄극 주파수를 조절[5]할 수 있지만 공진특성이 1 λ 에서 발생하게 되어 크기가 증가하게 된다. 소형화와 적은 단수로 높은 감쇄특성을 얻기 위하여 통과대역 양쪽에서 감쇄극을 갖는 구조를 제안하였다. 제안된 구조는 일반적인 1단 헤어핀구조에 접지면에 슬롯라인을 주어 통과대역 양쪽에 감쇄극을 갖는 2단 대역여파기를 구현하였다. 시뮬레이션과 측정을 통하여 위의 구조의 타당성

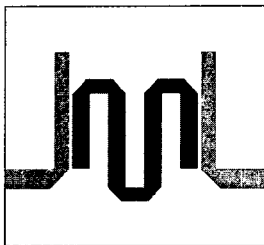
을 보였다.

II. 2단 대역통과 여파기

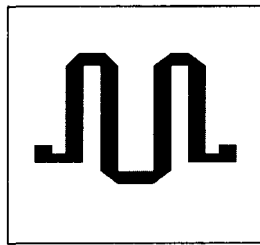
일반적인 헤어핀 여파기는 결합선로 여파기보다 크기를 줄일 수 있는 구조이고 공진기의 길이가 $\lambda/2$ 근방을 갖는다. 또한 고리형 공진기는 1λ 의 공진기로 결합각도 및 조건에 따라 2단과 감쇄극의 위치를 조절할 수 있는 장점을 갖고 있다.[5] 위의 2가지 특성을 이용하여 작은 크기를 가지면서 통과대역 양쪽에 감쇄극을 주어 감쇄 특성이 우수한 2단 대역통과 여파기의 구조를 갖는 여파기를 나타내었다.



(a) 전체 투영도



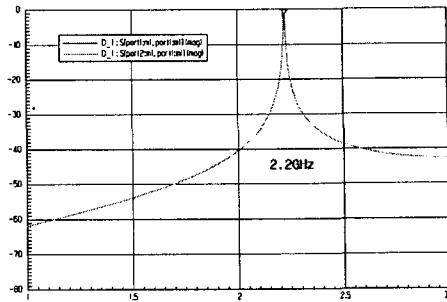
(b) 기판의 윗면



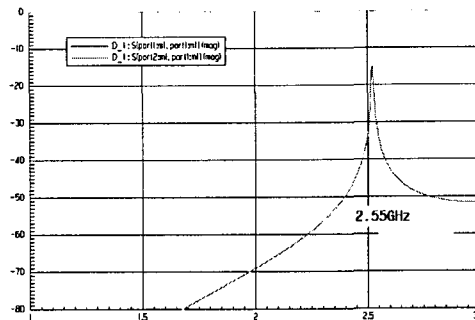
(c) 기판의 아랫면

그림 1. 2단 대역통과 여파기의 구조

그림 1에 제안된 대역통과 여파기의 구조를 나타내었다. 그림 1(a)는 여파기의 위에서 본 투영도이다. 그림 1(b)는 유전체 윗면에 구현된 결합부분과 공진기의 모습이다. 윗면에서의 구조는 두 개의 인버터와 한 개의 공진기를 갖는 일반적인 1단 헤어핀 여파기 구조와 유사하다. 따라서 윗면의 구조만 보면 한 개의 공진 특성을 갖는 구조이다. 그림 1(c)는 접지면에 식각으로 구현된 슬롯형태의 선로를 보여주고 있다. 이 슬롯의 위치는 입출력단의 결합선로의 아랫부분에 위치한다.



(a) 헤어핀 선로 시뮬레이션



(b) 슬롯 선로 시뮬레이션

그림 2. 각 선로의 시뮬레이션 결과

그림 2(a)는 유전체 윗면에서의 헤어핀 선로의 공진 특성이다. 특성 임피던스가 50옴으로 구현된 헤어핀 구조이고 2.55GHz에서 180도의 길이를 갖는다. 그림 2(b)는 슬롯 라인에서의 공진 특성을 보여주고 있다. 시뮬레이션 및 제작에 사용된 기판은 두께 31mil, 비유전상수는 2.5, 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS와 Serenade를 이용하여 마이크로스트립 구조와 슬롯라인을 사용하였다.

그림 3에는 위에서 제시한 구조를 고리형 공진기를 갖는 여파기로 등가화 한 것이다. 고리형 공진기의 결합각도와 공진기 선로의 특성 임피던스를 변화하여 슬롯라인을 갖는 여파기를 간략한 등가회로로 나타내었다. 그림 4는 아래 등가 구조의 회로 시뮬레이션을 통해 주파수응답을 나타내었다.

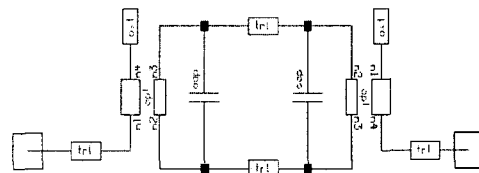


그림 3. 제시된 구조의 등가회로

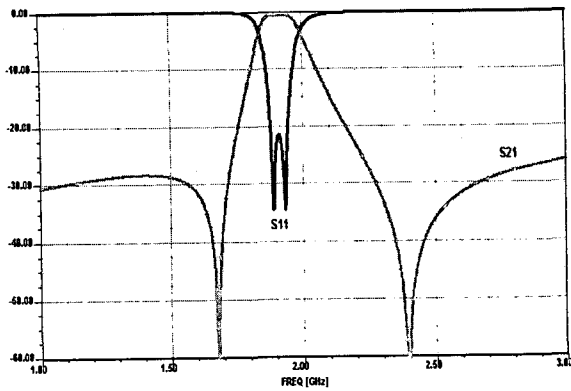


그림 4. 등가회로 시뮬레이션

그림 5는 EM-시뮬레이션(HFSS)을 한 결과를 나타내었다. 회로시뮬레이션과 마찬가지로 1.6GHz, 2.4GHz에서 감쇄극을 갖고 있음을 확인할 수 있다.

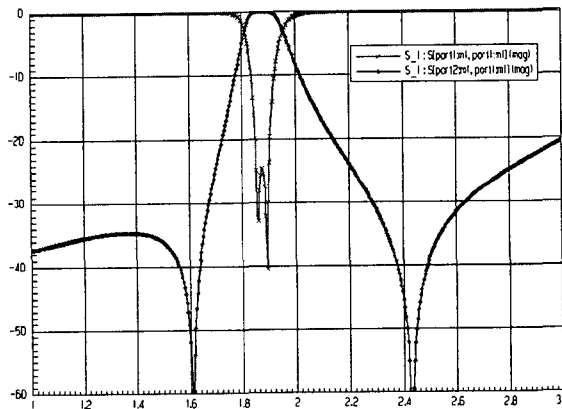


그림 5. 시뮬레이션 HFSS

그림 6은 실제 제작한 2단 대역통과 여파기의 측정 결과이다. 표 1에는 설계사양과 측정결과를 나타내었다. 통과대역 반사손실과 삽입손실은 각각 20dB와 1.8dB가 측정되었다. 시뮬레이션과 마찬가지로 통과 대역 양쪽에 감쇄극을 가지고 있어 감쇄특성을 크게 개선시킬 수 있었다. 이 정도의 감쇄특성은 일반적인 결합선로 여파기 [6]로 했을 때는 3단 정도의 특성을 요구한다. 그리고 유전체 윗면의 구조가 $\lambda/2$ 공진기 1단으로 이루어져 크기 면에서는 50% 정도 감소되어졌고 감쇄특성 측면에서는 감쇄극에 의해 감쇄특성이 크게 개선(일반적인 결합선로에 비해 2배정도) 되어졌다. 또한 대역통과 여파기 구현 시 일반적으로 입출력단의 결합도가 크므로 결합선로간의 간격이 매우 좁아지게 된다. 동일한 설계사양을 적용했을 경우 입출력단의 결합선로 간격이 0.15mm가 되나

제시된 구조는 0.3mm의 간격을 가져 두배의 넓은 결합선로 간격을 갖을 수 있었다. 따라서 제시된 구조는 접지면에 식각에 의한 슬롯라인을 가짐으로써 슬롯라인의 공간확보가 필요하다는 면에서는 단점을 가지지만 유전체 기판형 구조에서 소형화 및 높은 감쇄특성을 요구될 때 적합한 구조로 생각된다. 그림 7은 제작된 2단 대역통과 여파기의 사진을 나타낸다.

표 1. 설계 사양 및 측정 결과

	설계주파수 [GHz]	반사손실 [dB]	감쇄극 주파수 [GHz]
EM 시뮬레이션	f1=1.86 f2=1.92	25	fn1=1.6 fn2=2.45
측정	f1=1.86 f2=1.94	20	fn1=1.6 fn2=2.40

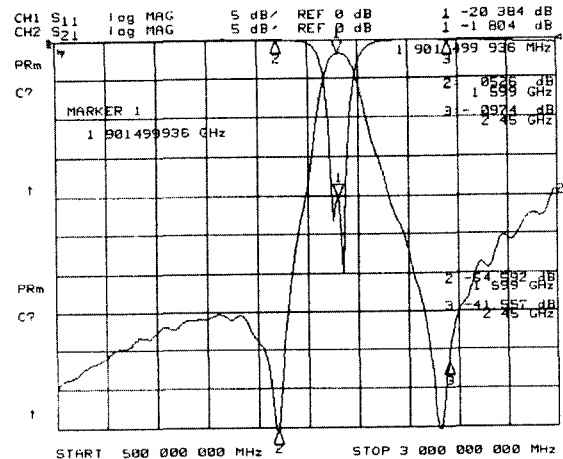
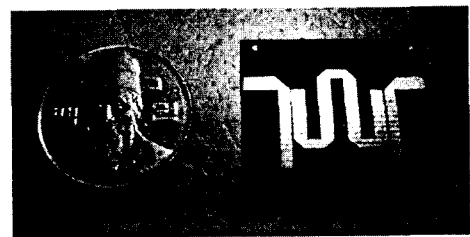
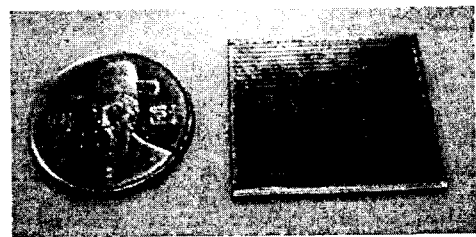


그림 6. 제작된 2단 대역통과 여파기의 측정결과



(a) 윗면



(b) 아랫면

그림 7. 제작된 2단 대역통과 여파기 사진

IV. 결론

본 논문에서는 기관형 대역통과 여파기의 크기를 줄이며, 감쇄특성을 개선시킬 수 있는 구조를 제안하였다. 제시된 구조는 마이크로스트립 전송선로와 슬롯라인을 이용하여 크기를 소형화시킬 수 있었다. 성능면에서는 통과 대역 양쪽에 감쇄극을 만들어주어 2단 여파기임에도 불구하고 감쇄 특성을 크게 개선할 수 있었다. 또한 기존구조에서는 입출력단의 결합선로에 의한 결합도가 크게되므로 선로간의 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 있고 소형화 및 성능개선에 다른 소자에도 응용이 가능할 것으로 생각된다.

closed loop resonator and coupled lines," *IEEE MTT-S*, vol.3, pp.1643-1646, 1996.

- [6] G. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, "Microwave filter, impedance-matching network, and coupling structures," Mc-Grow Hill, pp.472-486, 1980.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT무선부품연구센터(R12-2002-052-02004-0)의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] S. B. Cohn, "Slot Line on a Dielectric Substrate," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, vol.MTT-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 Dig.*, pp.919-922, June 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 MT Ts.*, 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*, vol.1, pp.327-330, June 2000.
- [5] D. Ahn, J. S. Lim, I. S. Kim, Y. K. Shin, and K. Y. Kang, "Design of 2-pole bandpass filters using