

# 향상된 커플링 Square Ring과 Compact Hairpin 공진기를 이용한 ITS DSRC용 대역통과 여파기 설계

## Design of Bandpass Filters Using Enhanced Coupling Square Ring and Compact Hairpin Resonators for ITS DSRC

이 건 상      이 진 연      김 기 병      이 종 철  
(광운대, 석사과정) (광운대, 석사과정)      (광운대, 박사과정)      (광운대, 교수)

E-mail : jclee@daisy.kwangwoon.ac.kr

### 목 차

- I. 서론
- II. Slow-wave의 주기적 구조
- III. 대역통과 여파기 설계
  - 1. 향상된 커플링 square ring을 이용한 대역통과 여파기 설계
  - 2. Compact hairpin 공진기를 이용한 대역통과 여파기 설계
- IV. 결론

## I. 서론

최근들어, 무선통신 시스템은 이동통신 및 무선 네트워크에 대한 수요로 크게 발전하고 있으며 더 많은 정보를 제공하기 위해서 광대역, 초고주파의 추세로 나아가고 있다. 현대의 정보화 시대에는 많은 정보용량을 감당할 수 있는 시스템 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 시스템에는 필수적으로 높은 주파수대의 광대역을 갖는 수동소자들이 필요하다. 또한 대량생산을 위해 평판형 구조를 요구하고 있으며 microstrip, slotline, coplanar waveguide(CPW) 등이 있다.

Microstrip ring과 stepped-impedance hairpin 공진기는 독특한 구조와 특성 때문에 위성, 휴대폰, 무선통신 시스템에 사용된다. 이러한 공진기의 장점은 작고 제작이 쉬우며 방사손실이 작다는데 있다. 이런 구조적 특성을 이용해서 ring과 hairpin을 개선하게 되었고 더 나아가 이 것으로 대역통과 여파기를 제작하게 되었다.

Square ring은 커플링(coupling)이 작기 때문에 삽입손실이 다소 크다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 square ring의 안과 밖에 라인(line)을 만들어 강화된 커플링을 이용해 삽입손실을 줄였다 [1,3].

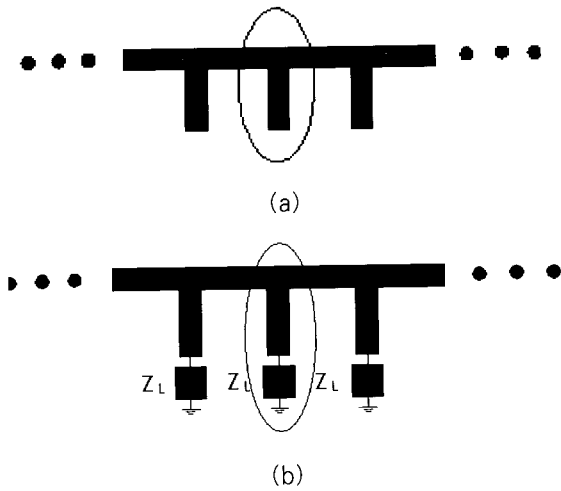
Compact hairpin은 기존의 hairpin의 안쪽에

stepped-impedance line을 만들어 사이즈를 더 줄일 수 있었다. 이렇게 개선된 공진기를 Kai Chang이 제안한 slow-wave 대역여파기 방식을 이용하여 제작하였다. 이 방식은 공진기에 의해 주기적으로 부하된 microstrip line을 사용해 대역통과 여파기를 설계하는 방식이다. 공진기의 직렬과 병렬공진 특성을 이용하여 slow-wave의 주기적 구조가 대역통과 여파기로 작용한다. 기존의 slow-wave 대역통과 여파기와 다른 점은 고차 모드를 사용한다는 점이다[4].

Stepped-impedance hairpin 공진기를 병렬로 배열하거나 교차하여 배열하여 작은 대역통과 여파기를 제작 하면 높은 삽입손실을 가지게 된다. 하지만 위의 방식으로 공진기 간의 커플링 갭을 제거함으로써 병렬 배열과 교차배열 구조로 인한 삽입손실을 줄일 수 있다 [5,6].

## II. Slow-wave의 주기적 구조

〈그림 1〉은 보편적인 slow-wave 주기 구조를 나타낸다. 전송선은 동일한 오픈 스테어브로 주기적으로 연결되었다. 보편적인 구조는 저역통과 여파기로 작용한다. 보편적인 구조의 오픈 스테어브 끝에 부하 임피던스  $Z_L$  을 붙인 구조가 제안되었다.

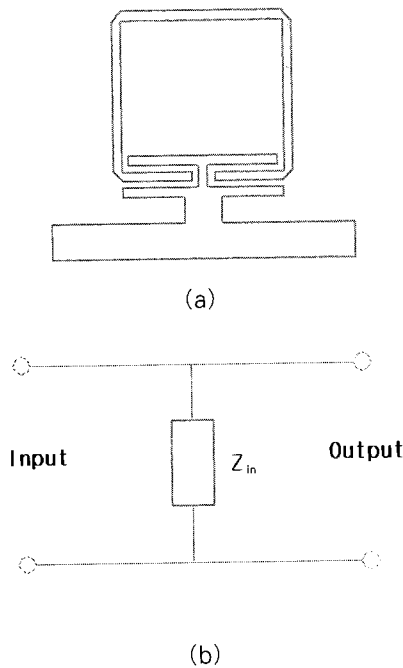


〈그림 1〉 (a) 보편적인 slow-wave 구조 (b) 오픈 스템브 끝에  $Z_L$ 을 단 구조

### III. 대역통과 여파기 설계

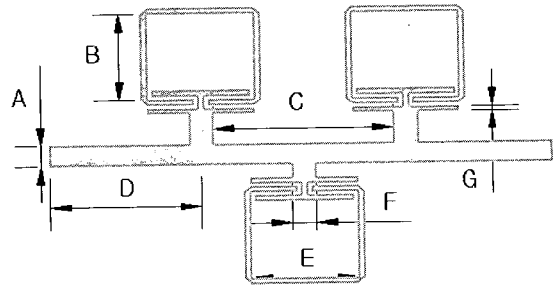
#### 1. 향상된 커플링 square ring 공진기를 이용한 대역통과 여파기 설계

그림 2는 향상된 커플링 구조의 square ring 공진기를 나타내고 있다. 이 공진기를 이용하여 대역통과 여파기를 제작하게 되었다.



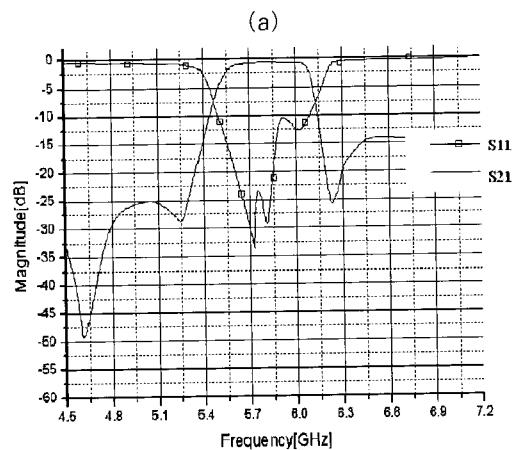
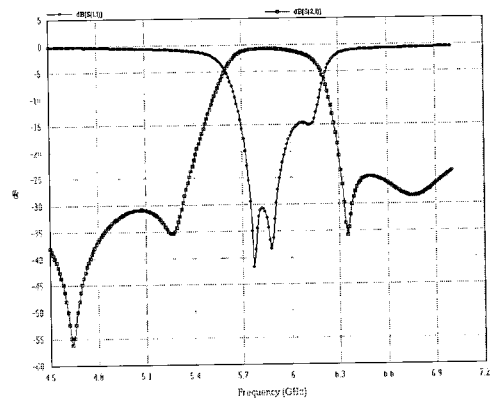
〈그림 2〉 (a) 향상된 커플링 square ring 공진기의 구조 및 (b) 단순화된 등가회로

〈그림 3〉은 위에서 제작한 공진기를 이용하여 대역통과 여파기를 구성한 그림이다. 중심 주파수는 5.8 GHz로 설계하였고, 사용한 기판정보 유전상수  $\epsilon_r = 10.2$  유전체 높이  $h = 1.27\text{mm}$  (50 mil)이다. 〈그림 3〉의 여파기에서 각 치수는 A는 1.19mm, B는 4.84mm, C는 8.68mm, D는 7.34mm, E는 5.14mm, F는 1.19mm, G는 0.31mm의 크기를 가지며 전체 크기는  $25\text{mm} \times 18\text{mm}$ 이다.

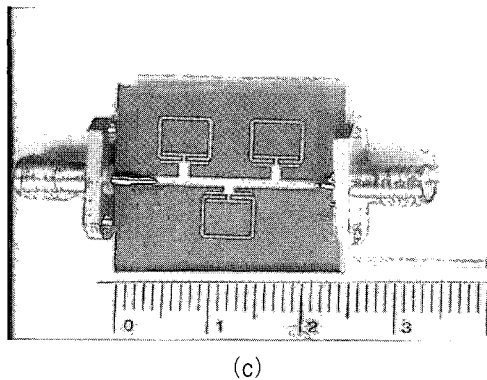


〈그림 3〉 공진기 3개를 이용한 대역통과 여파기

〈그림 4〉는 공진기 3개를 이용한 대역통과 여파기의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 나타낸다. 삽입손실은 최소 0.7dB이며 대역통과 대역에서 S11은 10dB 이내의 값을 유지하고 있다. Return loss의 최대값은 약 40dB를 나타내고 있다. 대역폭은 약 500 MHz이다.



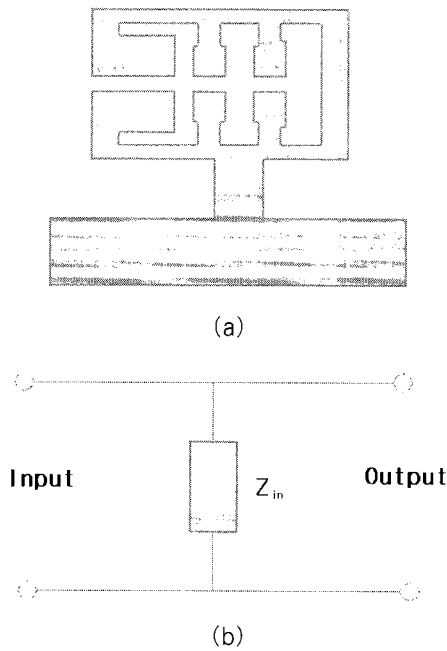
(b)



(c)  
 <그림 4> (a) 시뮬레이션 결과 (b) 측정 결과 (c) 제작한 실제 사진

## 2. Compact hairpin 공진기를 이용한 대역통과 여파기 설계

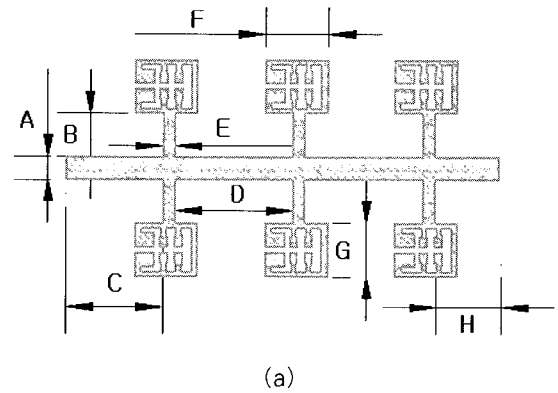
<그림 5>는 compact hairpin 공진기를 나타내고 있다. 이 공진기를 6개 이용해서 대역통과 여파기를 제작하였다.



<그림 5> (a) Compact hairpin 공진기의 구조와 (b) 단순화된 등가회로

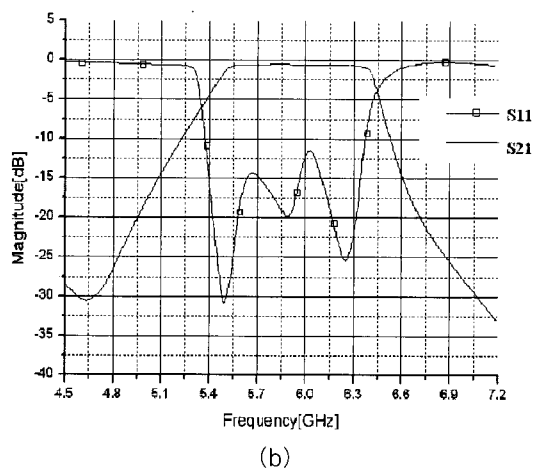
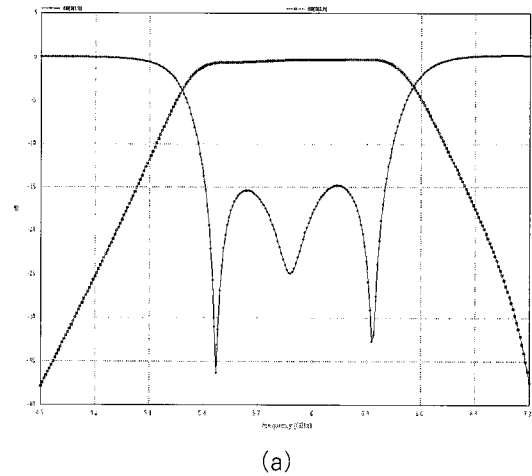
<그림 6>은 위에서 제작한 공진기 6개를 이용해서 대역통과 여파기를 구성한 모습이다. 중심 주파수는 5.8 GHz 로 설계하였고, 사용한 기판정보는 유전상수  $\epsilon_r = 10.2$ 이고 유전체 높이  $h = 1.27\text{mm}(50\text{mil})$ 이다. 여파기의 치수를 보게 되면 A는 1.1mm, B는 4mm, C는 3.6mm, D는 4.4mm, E는 0.45mm, F는 2.35

mm, G는 2.5mm, H는 2.4mm이며 전체 크기는  $17\text{mm} \times 10\text{mm}$ 으로 위에서 제작한 것 보다 작다는 것을 알 수 있다.

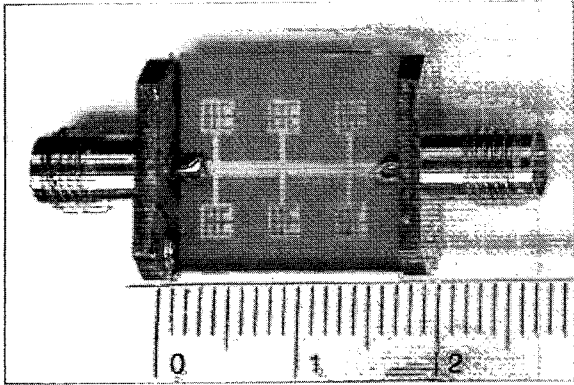


<그림 6> (a) 공진기 6개를 이용한 대역통과 여파기

<그림 7>은 공진기 6개를 이용한 대역통과 여파기의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 나타낸다. 최소 삽입손실은 0.3dB로 양호한 편이며 대역통과 대역 내에서  $S_{11}$ 은 13dB 이내의 값을 갖는다. 리플은 0.1dB이다.



## 참고문헌



(c)

〈그림 7〉 (a) 시뮬레이션 결과 (b) 측정 결과 (c) 제작한 실제 사진

## IV. 결 론

본 논문에서는 Chang에 의해 제안된 microstrip line을 따라 주기적으로 연결된 공진기를 이용하여 설계하는 방식의 slow-wave 대역통과 여파기를 제작하였다. 개선된 공진기를 위 방식에 사용함으로써 삽입손실이 0.7dB, 0.3dB로 양호한 여파기를 만들 수 있었다. 무선통신 부품에 다양한 형태로 응용이 가능할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신부의 대학정보통신 연구센터(ITRC) 지원사업으로 수행되었습니다.

1. J. Y. Park and J. C. Lee, "A New Enhanced Coupling Structure of Microstrip Ring Resonator with Two Coupled Lines and a Slit", in IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., 1998, pp.805-808.
2. M. G. Banciu, R. Ramer, and A. Ioachim, "Microstrip Filters Using New Compact Resonators", Electron. Lett., vol. 38, no 5, pp.228-229, Feb. 2002.
3. L. H. Hsieh and K. Chang, "Slow-Wave Bandpass Filters Using Ring or Stepped-Impedance Hairpin Resonators", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol 50, no 7, pp. 1795-1800, July. 2002.
4. J. S. Hong and M. J. Lancaster, "Theory and Experiment of Novel Microstrip Slow-wave Open-loop Resonator Filters," IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol. 45, pp. 2358-2365, Dec. 1997.
5. R. Mongia, I. Bahl, and P. Bhartia, *RF and Microwave Coupled-Line Circuits*, Artech House, 1999.
6. D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 2nd ed., Wiley, 1998.