
다양한 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과 필터의 구현

최우성* · 박노준**

Design and Implementation of Dielectric Resonator Bandpass Filters
with Various Time-Delay

U-Sung Choi* · Noh-Joon Park**

이 논문은 2008년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨

요 약

본 논문에서는 800MHz 대역에서 다양한 시간지연 특성을 갖는 유전체 공진기 대역통과 필터를 설계 및 제작하였다. 각각의 경우에 삽입손실은 모두 2dB 이내이었고 ripple은 0.2dB 이내이었으며 반사손실은 20dB 이상의 값을 가지는 우수한 특성을 보였다. 지연시간의 경우에는 각각 6ns, 12ns, 20ns를 구현하였으며 이때 평탄도의 범위는 1ns 이내이었다. 또한 유전체 블록이 2-hole을 갖는 경우에는 2~4ns의 범위를 갖는 것을 확인하였으며 각각의 유전체 필터를 조합하여 다양한 지연시간을 갖는 유전체 공진기 필터를 구현하였다.

ABSTRACT

Dielectric resonator bandpass filters with various time-delay at 800MHz were designed and fabricated in this paper. from the results of this study, first of all, good response characteristics were measured for all cases. The insertion loss was below 2dB and flatness for ripple was below 0.2dB, whereas return loss was over 20dB, respectively. The measured delay time of the fabricated prototype were 6ns, 12ns and 20ns, respectively and the flatness characteristics did not exceeding 1ns for all cases. Furthermore, 2~4ns of flatness were measured for 2-hole dielectric block and other dielectric resonator filters with various delay time by combination of each prototypes filters were also implemented.

키워드

유전체 필터, 모노블록, 800MHz 대역, 콜 드롭, 시간지연

Key word

Dielectric Filter, Mono Block, 800MHz Band, Call Drop, Time-Delay

* 원광대학교 공과대학 전기정보통신공학부

접수일자 : 2010. 08. 31

** 원광대학교 공과대학 전기정보통신공학부 (교신저자, njpark@wku.ac.kr)

심사완료일자 : 2010. 10. 05

I. 서 론

최근의 산업사회가 발전하면서 정보의 이용량이 많아지고 다양한 종류의 매체를 통한 정보의 획득이 늘어나고 있으며 일정한 곳에 정보의 사용자가 위치하는 것이 아니라 끊임없이 움직이면서 정보를 얻어야 하는 경우도 많이 생겨나고 있다. 그러나 지금까지의 이동통신이나 다른 매체의 경우는 그 정보를 얻는 것이 한정되어 있고 급격히 변화하는 정보의 획득을 얻는데 어려움이 있다.

예로서 현재 이동통신 기지국에 사용되는 time delay 장치는 광중계기가 연결된 기지국에 설치하여 모기지국과 광중계기간의 call drop 현상을 해소하는데 적용되고 있으며 사용하는 주파수를 순차적으로 필터링하는 동시에 cancellation하는 역할을 함으로써 multipath가 가능하게 하고 있다. 이때, multipath를 이용하면 사용자가 차량이나 그 밖의 이동수단을 이용하여 빠른 움직임이 있을 때 신속한 대응이 가능하고 넓은 digital 신호를 분산시켜 신호간 간섭을 최소화시킬 수 있다.

그러나 기지국과 광중계기 간의 call drop 현상을 해소하기 위한 방안으로 현재 일본과 미국 등에서 개발되어 사용되고 있는 공진기 구조(cavity type)의 시간지연 필터는 삽입손실(insertion loss)이 크고 지연시간이 다양한 지 못한 문제점을 가지고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 사용하고자 하는 주파수 특성을 만족하는 동시에 다양한 지연시간을 가질 수 있어야 하는데 Richtmyer에 의해 소개된 유전체 필터는 공진기 수(hole 수)를 조절하면 다양한 지연시간을 가질 수 있고 필터의 상부 패턴을 설계함으로써 삽입손실 특성을 개선함과 동시에 지연시간을 미세하게 조절할 수 있는 유전체 공진기 대역통과 필터를 설계하는 것이 가능하다[1-2].

이와 같은 유전체 필터는 공진 주파수와 공진 모드가 해석된 이후로 이동통신용으로 활발히 연구되어지고 있으며 일반적으로 유전상수가 증가함에 따라 온도계수는 증가하는 특성을 가지고 있으며 시스템의 설계와 연계하여 개발이 이루어져야 한다[3].

따라서 본 논문에서는 800MHz 대역에서 다양한 지

연시간을 가지고 동작하는 유전체 공진기 대역통과 필터를 설계하고 제작한다. 먼저, 재료의 선정과 그에 따른 유전체 block을 설계하고 실제 중계기 등의 시스템에 적용하기 유리하도록 PCB를 제작하여 이동통신 중계기 또는 파워앰프 등에 사용될 수 있도록 구현한다.

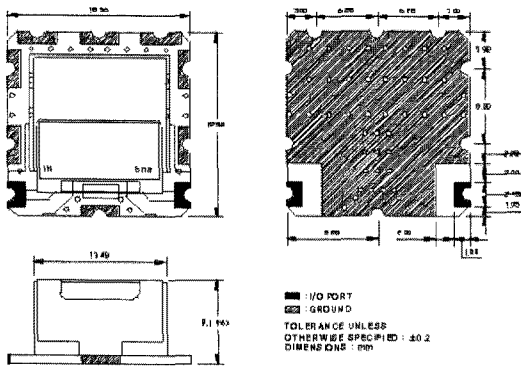
II. 시간지연 필터의 설계

이동통신 중계기에 사용될 필터는 우수한 저지 대역(rejection band) 특성과 함께 ripple이 적어야만 통신할 수 있는 채널 수가 늘어나게 되고 주파수 대역 효율이 좋게 된다. ripple이 큰 경우에는 채널에 따라서 통신이 잘 되지 않는 경우가 생기게 된다. 본 논문에서는 800MHz 대역에서 사용할 수 있는 대역 통과 필터로서 유전체 공진기를 사용하여 표 1과 같은 다양한 시간지연 특성을 갖도록 하였다.

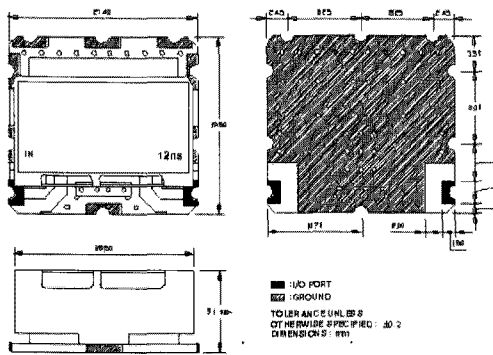
표 1. 필터의 설계사양
Table. 1 Design Specification of Filter

| 중심주파수 (MHz) | 삽입손실 (dB) | 지연시간 (ns) | 평탄도 (ns) |
|-------------|-----------|-----------|----------|
| 830-875 | < 3 | < 7 | < 1.5 |
| | | < 12 | < 1.5 |
| | | < 25 | < 1.5 |

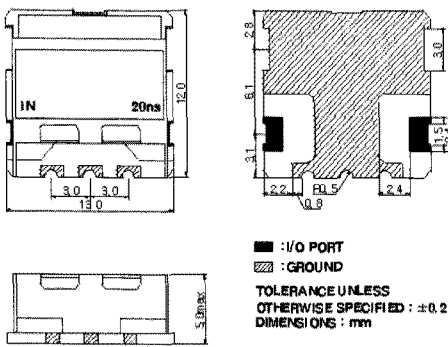
유전체 block에서 공진기 역할을 하는 홀(hole) 사이의 커플링은 TE_{01} 과 HE_{11} 모드 사이의 필터에서 이루어지며 두 개의 TE_{01} 공진기 사이의 거리는 TE_{01} 과 HE_{11} 모드 사이의 공간보다 훨씬 커야 한다. 여기에서 원하는 유전체 공진기의 HE_{11} 모드는 H_y 필드에 의해서 TE_{01} 모드로 커플링 되고 두 TE_{01} 모드 공진기 또한 H_y field에 의해서 함께 커플링 된다. HE_{11} 모드 유전체 공진기 사이의 커플링은 E_x 에 의해서 negative 커플링이 얻어지고 따라서 타원응답(elliptic function response)이 얻어진다. 이럴 경우 넓은 spurious 영역이 만들어지기 때문에, 유전체 공진기는 주의해서 설계되어야 한다[4]. 한편, 유전체 block의 hole 수와 지연시간은 비례관계에 있으며 전극의 패턴에 따라 pass band의 폭을 조절할 수 있는데 pass band의 폭이 클 수록 지연시간은 작아지게 된다.



(a)



(b)



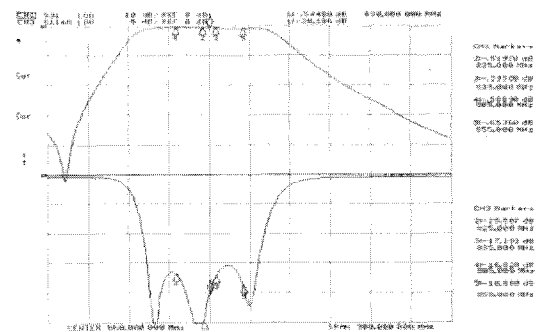
(c)

그림 1. 설계된 시간지연 필터의 PCB 패턴
 (a) 6ns의 시간지연을 갖는 경우 (b) 12ns의 시간지연을 갖는 경우 (c) 20ns의 시간지연을 갖는 경우
 Fig. 1 PCB pattern of designed time-delay filter
 (a) time-delay filter with delay time of 6ns (b) time-delay filter with delay time of 12ns (c) time-delay filter with delay time of 20ns

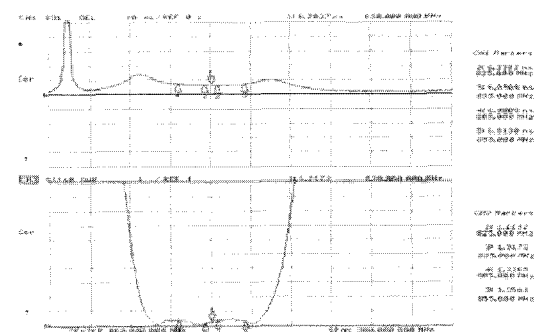
본 논문에서는 유전체 block과 전극의 설계에 Ansoft사의 HFSS 시뮬레이션 툴을 사용하였으며 각각 5~6ns, 10~11ns, 20~21ns 등의 시간지연을 갖도록 설계하였다. 여기서, 유전율은 각각 37과 90으로 설정하였다. 그림 1은 각각 6ns, 12ns 및 20ns의 지연시간을 갖도록 설계된 PCB 패턴이다.

III. 시간지연 필터의 제작 및 측정

800MHz 대역에서 다양한 시간지연 특성을 갖는 유전체 공진기 대역통과 필터를 제작하여 그림2~그림5와 같은 결과를 얻었다.



(a)

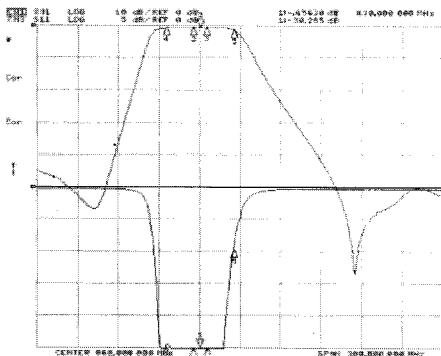


(b)

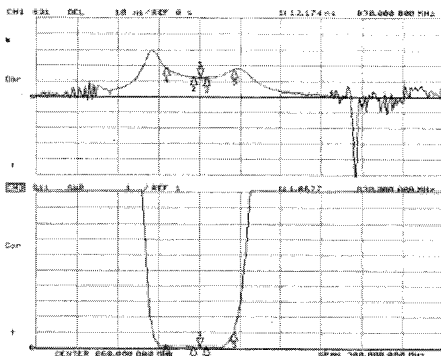
그림 2. 830MHz 대역에서 7ns 이내의 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과필터의 응답
 (a) 측정된 협대역 응답 (b) 측정된 시간지연 응답
 Fig. 2 Response of dielectric resonator BPF within 7ns time-delay at 830MHz band (a) Measured narrowband response (b) Measured time-delay response

각각의 경우에 삽입손실은 모두 2dB 이내이었고 ripple은 0.2dB 이내이었으며 반사손실은 20dB 이상의 값을 가지는 우수한 특성을 보였다. 지연시간의 경우에는 각각 6ns, 12ns, 20ns를 구현하였으며 이때 ripple의 범위는 1ns 이내이었다. 또한 유전체 블록이 2-hole을 갖는 경우에는 2~4ns의 범위를 갖는 것을 확인하였으며 각각의 유전체 필터를 조합하여 다양한 지연시간을 갖는 유전체 공진기 필터를 구현하였다.

예로서, 6ns의 지연시간을 갖는 filter와 12ns의 지연시간을 갖는 filter를 하나의 PCB 상에 mount하고 임피던스 매칭시켜 18ns의 지연시간 구현하였다.



(a)



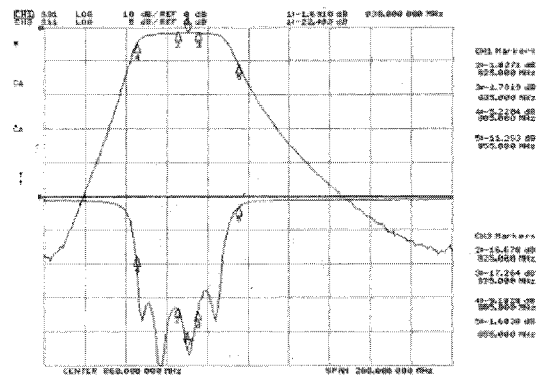
(b)

그림 3. 830MHz 대역에서 12ns 이내의 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과필터의 응답

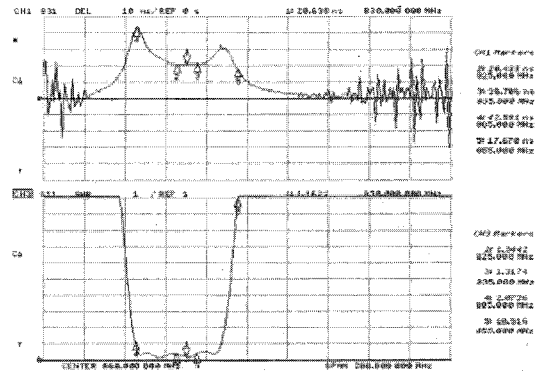
(a) 측정된 협대역 응답 (b) 측정된 시간지연 응답

Fig. 3 Response of dielectric resonator BPF within 12ns time-delay at 830MHz band (a) Measured narrowband response (b) Measured time-delay response

제작된 유전체 공진기 시간지연 대역통과필터의 특성 측정은 Network Analyzer 8753E를 이용하였다. 그림 2는 7ns이내의 제작된 830MHz 대역 유전체 공진기 대역통과 필터의 응답특성이며 중심주파수에서 반사손실은 -20.196dB이고 삽입손실은 -0.5448dB로 측정되어 -3dB 이내의 우수한 특성을 보였다. 또한 네트워크 어널라이저의 measure를 delay로 변경한 후 측정된 지연시간은 6.2027ns로서 설계 값을 만족함을 확인하였다.



(a)



(b)

그림 4. 830MHz 대역에서 25ns 이내의 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과필터의 응답

(a) 측정된 협대역 응답 (b) 측정된 시간지연 응답

Fig. 4 Response of dielectric resonator BPF within 25ns time-delay at 830MHz band (a) Measured narrowband response (b) Measured time-delay response

그림 3은 hole 수를 늘려 12ns이내의 시간지연을 갖도록 제작된 830MHz 대역 유전체 공진기 대역통과 필터의 응답특성이며 중심주파수에서 반사손실은 -30.285dB이고 삽입손실은 -0.6563dB로 측정되어 -3dB 이내의 우수한 특성을 보였다. 이때, 지연시간은 12.174ns로 측정되었다.

한편, 각각 6ns와 12ns의 시간지연을 갖는 필터를 하나의 PCB 상에 mount 하여 25ns 이내의 시간지연 특성을 구현하였다. 그림 4에서 중심주파수의 반사손실은 -22.483dB이었고 삽입손실은 -1.6918dB로 측정되어 -3dB 이내의 우수한 특성을 보였으며 지연시간은 20.638ns로서 25ns 이내의 설계 값을 만족하였다.

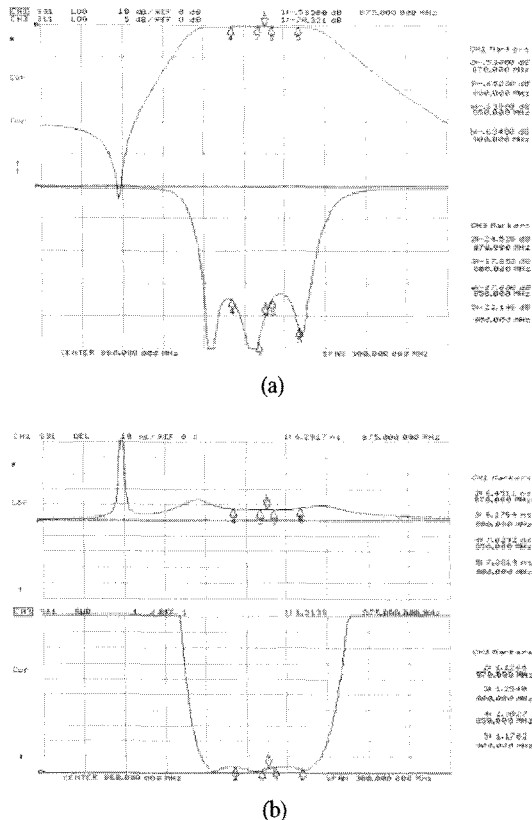


그림 5. 875MHz 대역에서 7ns 이내의 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과필터의 응답
(a) 측정된 협대역 응답 (b) 측정된 시간지연 응답
Fig. 5 Response of dielectric resonator BPF within 7ns time-delay at 875MHz band (a) Measured narrowband response (b) Measured time-delay response

그림 5는 7ns이내의 시간지연을 갖도록 제작된 875MHz 대역 유전체 공진기 대역통과 필터의 응답특성이며 중심주파수에서 반사손실은 -20.321dB이고 삽입손실은 -0.585dB이었으며 지연시간은 6.2917ns로 측정되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 800MHz 대역에서 다양한 시간지연 특성을 갖는 유전체 공진기 대역통과 필터를 설계 및 제작하였고 각각의 대역통과 필터를 하나의 PCB 상에 mount 함으로써 특정한 지연시간을 갖는 대역통과 필터를 구현하였다.

결과로서 각각 830MHz, 844.5MHz, 865MHz, 875MHz의 중심주파수를 갖는 시간지연 필터를 제작하였다. 각각의 경우에 측정된 협대역 응답과 시간지연 측정 결과를 살펴보면 삽입손실은 모두 2dB 이내이었고 ripple은 0.2dB 이내이었으며 반사손실은 20dB 이상의 값을 가지는 우수한 특성을 보였다. 12ns 이상의 지연시간을 갖는 필터의 경우에는 먼저 6ns와 12ns의 지연시간을 갖는 필터를 각각제작한 후, 하나의 PCB 상에 mount 하여 20ns 내지는 40ns의 지연시간을 갖도록 구현하였으며 이때 평탄도의 범위는 1ns 이내이었다.

또한 유전체 블록이 2-hole을 갖는 경우에는 2~4ns의 범위를 갖는 것을 확인하였으며 각각의 유전체 필터를 조합하여 다양한 지연시간을 갖는 유전체 공진기 필터를 구현하였다.

따라서 본 연구를 통하여 광중계기가 연결된 기지국에 설치하여 모기지국과 광중계기간의 call drop 현상 해소하는 동시에 이동통신 중계기 또는 파워앰프 등에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] R. D. Richtmyer, "Dielectric Resonator," J. Appl. Phys., vol. 10, no. 1, pp.391-398, 1939.
- [2] A. Okaya and L. F. Barash, "The Dielectric Microwave Resonator," Proc. IRE, vol. 51, pp.2081-2092, 1962.
- [3] T. Nishkawa, "Microwave Ceramic Dielectric and their Applications," 18th Eur. Microwave Conf. Proc., pp. 70-80, 1988.
- [4] Chi Wang, Hui-Wen Yao, "Mixed Modes Cylindrical Planar Dielectric Resonator Filters with Rectangular Enclosure, IEEE Trans. MTT vol. 43, 1995
- [5] H. Matsumoto and et. al., "Miciaturized Duplexer Using Telephones," 3rd Asia-Pacific Microwave Conf. Proc., pp.407-410, 1990.
- [6] Tae-Goo Choi and et. al., "A Method for Reducing the number of resonators in Duplexer Design," ICCS94 Conference proc. vol. 1, pp. 256-260, 1994.
- [7] David M. Pozar, "Microwave Engineering," 2nd edition, John Wiely & Sons, Inc., New York, pp.323-328, 1998.
- [8] Chung-Fu Yang, "Microwave Properties of Ceramics and Its Application in Dielectric Resonator Antenna," J. Appl. Phys., vol. 39, no. 3a, pp.1430-1434, 2000.

저자소개

최우성(U-Sung Choi)

한국해양정보통신학회 논문지
제11권 8호 참조

박노준(Noh-Joon Park)

한국해양정보통신학회 논문지
제10권 2호 참조