
K-PCS와 US-PCS 대역용 유전체 듀플렉서와 밴드패스 필터 구현

최우성*

Implementation of Dielectric Duplexers and Bandpass Filters for K-PCS
and US-PCS Bands

U-Sung Choi*

요약

K-PCS와 US-PCS 듀플렉서의 상대적 감쇠는 -60dB와 -65dB, -51dB와 -53dB를 각각 보여 주었으며, K-PCS와 US-PCS 밴드패스 필터의 상대적 감쇠는 -40dB와 -14dB, -5dB와 -10dB를 각각 보여주었다. 이러한 결과로 부터, K-PCS의 수신단과 송신단의 상대적인 영향은 US-PCS에 비해서 작고, 패스밴드의 다양한 커패시턴트는 필터의 특성을 결정하는 데 중요한 역할을 하였다.

ABSTRACT

Relative attenuations of Tx and Rx in K-PCS and US-PCS duplexers were about -60dB and -65dB, -51dB and -53dB, respectively. In the case of Rx and Tx in K-PCS and US-PCS bandpass filters, relative attenuations were about -40dB and -14dB, -5dB and -10dB, respectively. From the above results, the relative affect between Tx and Rx in K-PCS bands was smaller than that of US-PCS bands. Also, the various capacitances of passband were important role to determine the characteristics of bandpass filter.

키워드

K-PCS, US-PCS, 감쇠, 커패시턴트

Key word

K-PCS, US-PCS, Attenuation, Capacitance

* 정회원 : 원광대학교 공과대학 전기정보통신공학부
(uschoi@wku.ac.kr)

접수일자 : 2011. 05. 02
심사완료일자 : 2011. 05. 30

I. 서 론

유전체 세라믹 소체는 고유의 유전율에 의해 길이의 차이를 보인다. 이는 세라믹 소체의 선정시 중요한 사항이므로 유전율을 특별히 고려해야 한다. 세라믹 소체의 길이는 유전율(Er)에 반비례하는 특성을 가지고 있기 때문에, 유전체 필터를 구현시 세라믹 소체의 길이를 작게 하는 것이 제품의 소형화에 유리하나, 길이가 작을수록 제품의 그라운드확보에 문제점을 나타내므로 무조건 작게하는 것만이 유리한 것은 아니다.

또한, 다양한 밴드의 대역여파기를 제조하기 위한 성형체의 세라믹 파우더의 유전율이 서로 다르기 때문에 성형체를 성형하기 위한 성형압력을 달리해야한다. 특히, 세라믹 파우더의 유전율 변화에 따라 같은 압력으로 성형할 때 성형체의 체적이나 내부적인 미세한 균열 등이 일어날 수 있으므로 유의해야하며, 성형체의 성형시 세라믹 파우더의 소모량을 달리해야한다. 왜냐하면, 각기 다른 유전율의 세라믹 파우더로 같은 체적의 성형체를 성형할 때 성형체에 소모되는 세라믹 파우더의 양(무게)을 달리하지 않으면, 소결완료시 같은 체적의 성형체를 얻을수 없다. 뿐만아니라, 세라믹 소체 고유의 Q(quality factor)값을 얻을 수 없으며, 세라믹 대역 여파기 구현시 삽입손실(insertion loss)과 기타 양질의 S21특성을 얻는데 불리하기 때문이다.[1-3] 이러한 세라믹 필터는 일반적으로 인덕터나 커패시턴트로는 구현 불가능한 수백 MHz이상의 중심주파수에 대역을 형성하는 필터를 설계, 제작할 수 있다.[4]

본 논문에서는 이러한 사항을 고려하여 중심주파수가 서로 다른 K-PCS와 US-PCS용 일체형 세라믹 듀플렉서와 밴드패스 필터에서 송신단과 수신단이 서로 미치는 영향, 감쇄특성을 구현하기 위한 요소, 커플링과 I/O 캐패시턴스 용량등이 미치는 영향을 검토하였다.

II. 설계 및 제작

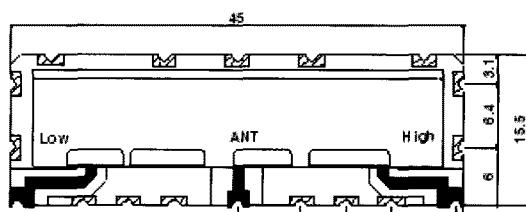
K-PCS용 필터는 각대역(Tx, Rx)이 1.7~1.8GHz에 형성되므로 유전율 Er=37정도의 규격화된 세라믹 파우더

를 사용하였으며, US-PCS용은 각대역(Tx, Rx)이 1.8~1.9GHz에 형성되므로 유전율 Er=22정도의 규격화된 세라믹 파우더를 사용하였다.[5]

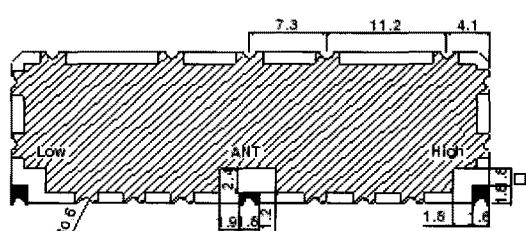
성형체는 성형기(프레스)에서 성형완료 후 고온의 로(전기로)에 투입하여 일정시간 유지하여 분말압축화 되어있던 고체의 결정체를 얻었으며, 이때 서로 다른 유전율과 서로 다른 세라믹 파우더 량으로 성형된 성형체를 같은 온도 및 소결유지시간으로 소결하면 같은 체적의 결정체를 얻을 수 있으므로 소결온도 및 소결유지 시간을 달리해서 얻었다.

디핑은 소결완료된 결정체에 전기적인 특성을 갖는 공진기로서의 역할을 할 수 있게, 결정체 전체표면에 금속을 도포하는 작업이며, 통상적으로 액상금속을 결정체 전체 표면에 도포하여 고온의 전기로에 투입하여 전기적 특성을 갖는 고체의 금속이 세라믹 소체 전체 표면에 도포되어 공진기역할을 할 수 있게 제조하였다. 유전율이 다르면 소결완료된 결정체의 표면에 도포되는 금속의 두께를 달리해야하기 때문에 디핑금속의 두께는 유전율이 적은 US-PCS대역의 대역여파기용 세라믹 결정체가 0.05mm정도 더 두껍게 도포하였다.

III. 주파수 특성



(a)



(b)

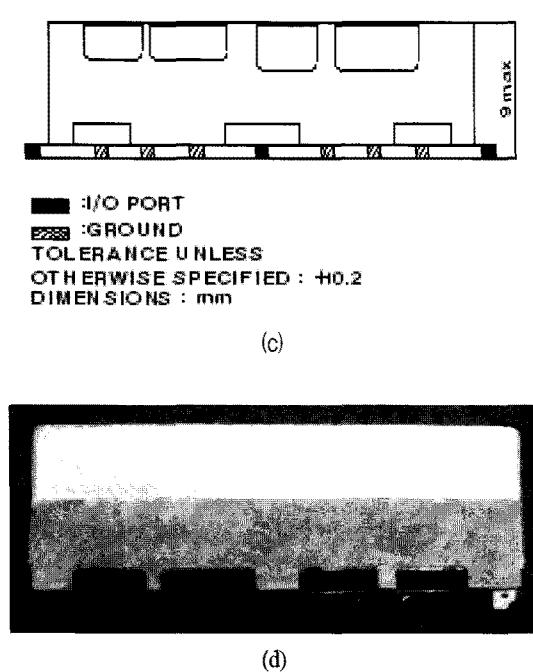


그림 1. ANT 공통단자를 포함한 듀플렉서
(a) 위면 (b) 바닥면 (c) 옆면 (d) 제작제품
Fig. 1 Duplexer with Common Port of ANT
(a) Top view (b) Bottom view (c) Side view
(d) Fabricated product

그림 1에서는 ANT 공통단자를 포함한 듀플렉서의 다양한 방향의 PCB 패턴 및 제작제품을 보여주고 있다.

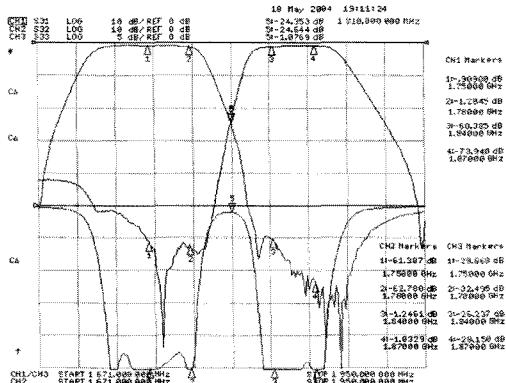


그림 2. K-PCS 듀플렉서 응답특성
Fig. 2 Response Characteristics of K-PCS Duplexer

그림 2에서는 K-PCS 듀플렉서의 송신단과 수신단의 응답특성을 나타내었다. 송신단(Tx)은 통과대역이 1840MHz에서 1870MHz를 활용하여 총 통과대역은 30MHz이다. 통과대역내 최저삽입손실값은 -1.03dB이고 최대손실값은 -1.24dB이다.

통과대역내 반사손실값은 최소 -15dB이상이어야 시스템 구현상 문제점이 노출되지 않는데, -25dB이상에서 형성되고 있다. 통과대역내 리플은 0.3dB로 구현되었으며, 상대통과대역(Rx)에서의 감쇠량은 -60dB 이상을 나타내고 있다.

상대통과대역(Rx)은 1750MHz에서 1780MHz를 활용하며 통과대역은 30MHz이다. 수신단(Rx) 통과대역에서의 최저삽입손실값은 -0.91dB이고, 최대손실값은 -1.28dB이다. 통과대역내 반사손실값은 최소 -23dB이상에서 형성되고 있다. 통과대역내 리플은 0.3dB로 구현되었으며, 상대통과대역(Tx)에서의 감쇠량은 -60dB 이상을 나타내고 있다. Tx와 Rx 두신호의 격리도인 아이솔레이션은 교차점(1810MHz)에서 -50dB이상 형성되고, 각 통과대역에서 -65dB 이상 형성되어 있다.

K-PCS는 각대역(Tx와 Rx)의 중심주파수 차이가 대략 100MHz 가까이 나므로, Tx와 Rx가 서로에게 미치는 영향은 크지 않다고 생각할 수 있다.

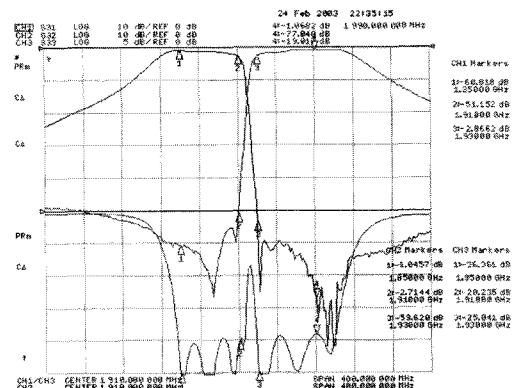


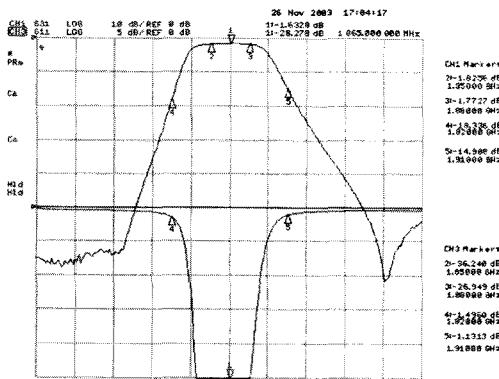
그림 3. US-PCS 듀플렉서 응답특성
Fig. 3 Response Characteristics of US-PCS Duplexer

그림 3에서는 US-PCS 듀플렉서의 송신단과 수신단의 응답특성을 나타내었다. 송신단(Tx)은 통과대

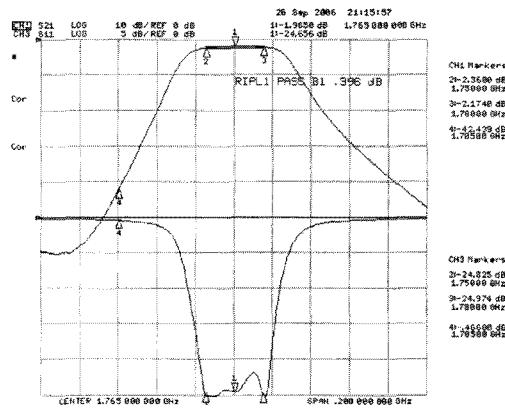
역이 1930MHz에서 1990MHz를 활용하며 총 통과대역은 60MHz이다. 통과대역내 최저삽입손실값은 -1.06dB이고 최대손실값은 -2.86dB이다. 통과대역내 반사손실값은 최소 -15dB이상이어야 시스템 구현상 문제점이 노출되지 않는 데, -19dB이상에서 형성되고 있다. 통과대역내 리플은 1.8dB로 구현되며, 상대통과대역(Rx)에서의 감쇠량은 -51dB이상을 나타내고 있다.

상대통과대역(Rx)은 1850MHz에서 1910MHz를 활용하며 총 통과대역은 60MHz이다. 수신단(Rx)통과대역에서의 최저삽입손실값은 -1.04dB이고 최대손실값은 -2.71dB이다. 통과대역내 반사손실은 최소 -19dB이상에서 형성되고 있다. 통과대역내 리플은 1.66dB로 구현되며, 상대통과대역(Tx)에서의 감쇠량은 -53dB이상을 나타내고 있다. Tx와 Rx 두신호의 격리도인 아이솔레이션은 교차점(1920MHz)에서 -30dB이상 형성되고, 각 통과대역에서 -57dB이상 형성되고 있다.

K-PCS와 US-PCS 듀플렉서의 응답특성을 비교하면, K-PCS는 각대역(Tx와 Rx)의 중심주파수 차이가 대략 100MHz 가까이 나므로, 중심주파수의 차이가 작은 US-PCS보다 Tx와 Rx가 서로에게 미치는 영향은 미치는 너치의 커파시턴스와 너치 제어 주파수 패턴은 K-PCS와 US-PCS의 경우 통과대역의 중심주파수 차이가 현저히 차이나므로 감쇠특성을 구현하기 위한 너치용 커파시턴스와 주파수제어패턴의 크기 자체가 현저하게 차이난다.



(a)



(b)

그림 4. K-PCS 수신단과 송신단의 응답 특성

- (a) K-PCS 수신단의 응답특성
- (b) K-PCS 송신단의 응답특성

Fig. 4 Response Characteristics of K-PCS

- Rx and Tx Local Band
- (a) Response Characteristics of K-PCS Rx Local Band
- (b) Response Characteristics of K-PCS Tx Local Band

그림 4(a)는 K-PCS 시스템에서의 수신단(Rx)의 단독 BPF의 특성곡선을 나타낸다. 통과대역은 1850MHz에서 1880MHz까지 총 30MHz이고, 통과대역내 최대삽입손실은 -1.82dB, 리플값은 0.19dB, 반사손실값은 -25dB이상, 인접대역 저지감쇠량은 1820MHz/1910MHz에서 -14dB이상 형성된다.

그림 4(b) K-PCS 시스템에서의 송신단(Tx)의 단독 BPF의 특성곡선을 나타낸다. 통과대역은 1750MHz에서 1780MHz까지 총 30MHz이고, 통과대역내 최대삽입손실은 -2.36dB, 리플값은 0.395dB, 반사손실값은 -20dB이상, 인접대역에서의 감쇠량은 1705MHz에서 -40dB이상 형성된다.

그림 5(a)는 US-PCS 시스템에서의 수신단(Rx)의 단독 BPF의 특성곡선을 나타낸다. 통과대역은 1850MHz에서 1910MHz까지 총 60MHz이고, 통과대역내 최대삽입손실은 -1.45dB, 리플값은 0.38dB, 반사손실값은 -18dB이상, 인접대역 저지감쇠량은 1800MHz/1930MHz에서 -5dB이상 형성된다.

그림 5(b)는 US-PCS 시스템에서의 송신단(Tx)의 단

독 BPF의 특성곡선을 나타낸다. 통과대역은 1930MHz에서 1990MHz 까지 총 60MHz이고, 통과대역내 최대 삽입손실은 -1.68dB, 리플값은 0.37dB, 반사손실값은 -18.2dB이상, 인접대역 저지감쇠량은 1910MHz/2040MHz에서 -10.3dB이상 형성된다.

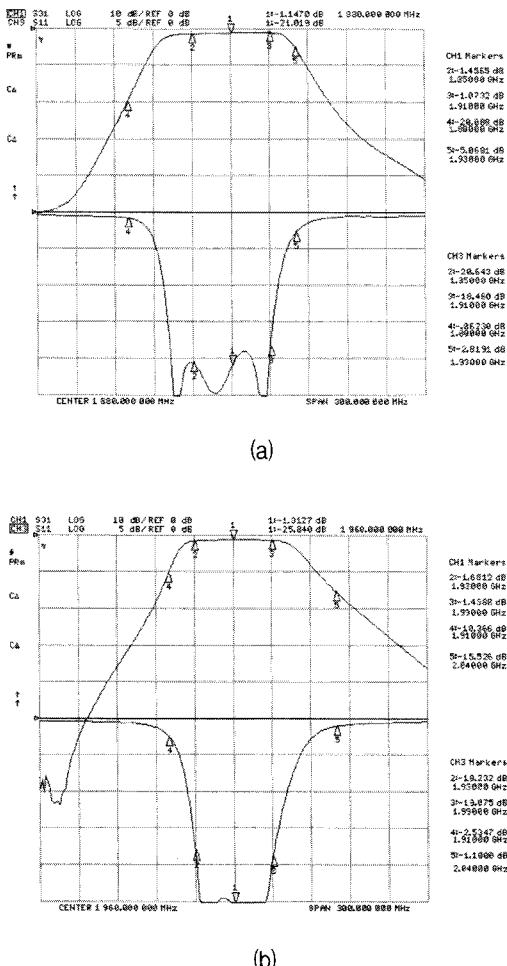


그림 5 US-PCS 수신단과 송신단의 응답 특성
(a) US-PCS 수신단의 응답특성
(b) US-PCS 송신단의 응답특성

Fig. 5 Response Characteristics of US-PCS TX Local Band

(a) Response Characteristics of US-PCS Rx Local Band

(b) Response Characteristics of US-PCS Tx Local Band

K-PCS와 US-PCS 대역여파기의 응답특성을 비교하면, 두 대역의 대역여파기 구현시 커패시터의 용량에 현저한 차이가 있다. 커패시터의 용량은 세라믹 공진기 표면에 존재하는 전기장(E field)를 이용하여 용량을 구현한다. 이러한 전기장 용량은 금속체 패턴과 패턴의 사이의 거리에 의하여 조절이 가능하다. 이는 거리가 가까우면 가까울수록 대용량의 커패시턴스 값을 얻을 수 있다.

K-PCS와 US-PCS 대역여파기의 구현시 고려하여야 할 커패시턴스에는 통과대역의 대역폭을 좌우하는 커플링 커패시턴스(coupling capacitance), 통과대역의 리플과 임피던스를 좌우하는 I/O 커패시턴스(I/O capacitance), 극감쇠특성을 내기위한 너치용 커패시턴스(notch capacitance), 공진주파수 형성을 위한 공진기 커패시턴스(resonator capacitance), 입출력 포트(I/O port)와 그라운드 패턴(Ground pattern)의 커패시턴스 등이 있다. 통과대역의 넓고 좁음에 따라 커플링 I/O 커패시턴스 용량의 차이는 현저하다. 통과대역이 좁을수록 용량이 적게 필요하고 넓을수록 용량이 많이 필요하다. 이는 K-PCS와 US-PCS의 통과대역이 현저한 차이를 보이므로 K-PCS보다 US-PCS의 대역여파기 구현시 많은 용량의 커플링, I/O 커패시턴스가 필요하다.[6-10]

IV. 결 론

본 연구에서는 주파수 대역폭이 다른 K-PCS와 US-PCS의 듀플렉서와 각각의 밴드패스 필터에 대한 주파수 응답특성을 얻었다. K-PCS 듀플렉서의 인접대역 감쇠량은 -60dB와 -65dB이상을 보인 반면, US-PCS의 경우에는 각각 -51dB와 -53dB이상을 보여 K-PCS의 각 대역이 상대대역에 미치는 영향은 US-PCS에서 보다 크지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 밴드패스 필터의 경우, 감쇠량 값은 K-PCS의 경우에는 -40dB와 -14dB이상을 보인 반면, US-PCS의 경우 -5dB와 -10dB이상을 보인 것으로 보아 대역폭에 따른 커패시턴스 용량의 영향은 큰 것으로 사료된다.

참고문헌

저자소개

- [1] C.-C. You, C.-L. You, C.-L. Huang and C.C. Wei. Single-block ceramic microwave bandpass filters. *Microwave Journal*, pp. 24-35. 1994.
- [2] H. Matsumoto, H. Ogura, and T. Nishikawa. A miniaturized dielectric monoblock bandpass filter for 800MHz band cordless telephone system. *IEEE int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 249-252. 1994.
- [3] S. Kovayashi and K. Saito. Aminiaturized ceramic bandpas filter for cordless phone. *ibid*, pp. 391-394, 1995.
- [4] 최우성, 양성현, “아이솔레이터를 장착한 Cellular 와 DCS 밴드용 유전체 필터의 설계 및 제작”, 한국 해양정보통신학회논문지, 제15권, 제6호, pp. 1233-1237, 2011.
- [5] 최우성, 박노준, “다양한 시간지연을 갖는 유전체 공진기 대역통과 필터의 구현”, 한국해양정보통신 학회논문지, 제14권, 제11호, pp. 2397-2402, 2010.
- [6] R.J. Wenzel. Lecture Notes-Microwave Circuit Design, UCLA Extension Course, University of California, Los Angeles.
- [7] 최우성, 양성현, “너치와 아이솔레이터를 활용한 CDMA와 W-CDMA 듀얼밴드용 유전체 듀플렉서 와 밴드패스 필터의 설계 및 제작”, 한국해양정보 통신학회논문지, 제15권, 제6호, pp. 1227-1232, 2011.
- [8] R. Levy and S.B. Cohn. A brief history of microwave filter research, design and development. *IEEE Transactions Microwave Theory and Techniques* (Special Centennial Issue), Mtt-32: pp. 1055-1067, 1984.
- [9] M. Makimoto and S. Yamashita. Bandpass filters using parallel coupled stripline stepped impedance resonators. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, MTT-28: pp. 1413-1417, 1980.
- [10] T. Nishikawa et al. 800 MHz band face bonding filter using dielectric B.D.L.S. *IEEE Int. Microwave Symp. Dig.*, pp. 403-406, 1986.

최우성(U-Sung Choi)

한국해양정보통신학회 논문지
제11권 제8호 참조