The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 9, No. 9, pp.933-941,1996.

$(Zr,Sn)TiO_4$계 세라믹스를 이용한 PCS용 송,수신 대역통과 필터의 설계 및 구현

논 문
9-9-8

Design and Implementation of Tx and Rx Band Pass Filter for Personal Communication Services using $(Zr,Sn)TiO_4$ system ceramics

윤 중 락*, 이 헌 용*
(Jung-Rag Yoon, Heon-Yong Lee)

Abstract

In this study, the Tx(Transmitting) and Rx(Receiving) band pass filter for personal communication services was constructed and designed using $\lambda/4$ TEM mode dielectric resonators. Band pass filter was composed of ceramics resonators which has been developed using $(Zr_{0.65},Sn_{0.35})Ti_{1.04}O_{4.04}$ ceramic and Unloaded-Q (Q_o) of $\lambda/4$ TEM mode dielectric resonator with inner hole size 0.9mm and external size 3mm using silver electrode is 354.5 at 1.95GHz . For the band pass filter design and construction, the design theory and simulation results of band pass filter using J-inverter theory have been studied. The parameters which are evaluated by design theory are practically applied to the filter construction and the simulation results are in agreement with the measured results after fine tunnings.

Key Words(중요용어) : Personal Communication Services(개인휴대통신 써비스), $\lambda/4$ TEM Mode Dielectric Resonator($\lambda/4$ TEM 모드 유전체 공진기), Band Pass Filter(대역통과 필터)

1. 서 론

정보화 시대를 맞이하여 이동통신 및 위성통신의 발달과 함께 지상의 통신 시스템 분야에 현저한 변혁이 일어나고 있다. 그러나 이동통신의 경우 사용주파수는 제한되어 있고 사용자는 크게 늘고 있기 때문에 현재의 800 ~ 900 MHz대역의 이동통신용 전파대역이 포화됨에 따라 차세대 이동통신으로 각광 받고 있는 1.8 ~ 2.1 GHz대역의 주파수를 가지는 PCS(personal communication services)사업이 최근 국, 내외에서 관심의 대상이 되고 있다. 특히, PCS는 저렴한 가격으로 "언제, 어디서, 누구하고나" 통신할 수 있는 보편적인 이동통신 서비스로서 초기에는 주로 보행자를 위한 연구가 진행되었으나 현재는 자동차안에서도 사용할 수 있는 기술로 발전하고 있다. PCS 시스템을 구성하는 핵심부품으로는 안테나, 전력증폭기, 저잡음 증폭기, 대역통과 필터, 혼합기 등이 있다.[1] 이러한 핵심부품 중에서 특히 UHF대역의 대역통과 필터는 저주파에서 사용되는 집중소자를 이용하려면 제작이 어려워 실용화에 어려움이 있고, 마이크로파 대역 주파수에서 사용되는 분포소자를 이용할 경우 부피가 크다는 단점이 있으나 고유전율(ε_r = 20 ~ 110), 저손실($Q \geq 100,000$), 높은 온도 안정성을 갖는 세라믹스 유전체 개발로 분포소자의 크기가 작아지므로 필터의 크기가 소형화되고 있다.[2][3]

본 논문에서는 $(Zr_{0.65},Sn_{0.35})Ti_{1.04}O_{4.04}$ (이하 ZST계라 칭함) 세라믹스에 대한 실험결과[4]를 근거로 하여 유전율 37.8, 품질계수 Qxf_o = 48,600, 공진주파수 7ppm/℃의 유전특성을 갖는 ZST계 고주파용 세라믹스을 이용하여 내경이 0.9mm이고 외각이 3mm인 $\lambda/4$ TEM모드 UIR(Uniform Impedance Resonator) 형태의 유전체 공진기를 제작하였다. 송신주파수 1.765 GHz, 수신주파수 1.855 GHz, 대역통과 리플 0.1, 대역폭 50MHz의 대역통과 필터

* : 명지대학교 전기공학과
접수일자 : 1996년 7월 9일
심사완료 : 1996년 9월 16일

제작에 각각 4개의 유전체 공진기를 이용하였으며 프로토타입 저역통과 필터는 통과대역에서 일정한 리플을 갖는 반면 좋은 컷 오프 특성을 갖는 체비셰이프형 필터로 설계하고 대역통과 필터로의 변환은 J-인버터값을 이용하여 계산하였으며 그 결과를 Touchstone tool을 이용하여 시뮬레이션 하였고, 그 결과로 부터 대역통과 필터를 제작하므로서 미세조정 후 원하는 특성을 얻을 수 있었다.

2. 유전체 공진기의 해석 및 제작

2-1. 유전체 공진기의 해석 [2)3)5)]

종단이 단락된 λ/4 TEM모드 유전체 공진기는 다양한 모양이 있으나 본 논문에서 이용하는 공진기는 λ/4 TEM모드 공진기로서 외부도체는 정방형이며 내부도체는 원형인 UIR로서 형태는 그림 1 (a)와 같고 공진 주파수는 식(1)로 표현된다.

$$f_o = \frac{c}{4\,l\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{1}$$

f_o : 공진 주파수, c : 빛의 속도, ε_r : 유전율

또한, UIR의 무부하 Q를을 알기 위하여 먼저 SIR(Step Impedance Resonator)의 특성을 알아야 하며 공진기의 치수 및 구조는 그림 1의 (b)에 나타내었다. 공진기의 무부하-Q, Q_0는 동축 공진기의 직경을 결정하는데 중요한 파라미터이며 이에 대한 식은 (2)와 같다.

$$Q_0 = \frac{Q_c}{1 + Q_c \tan\delta} \tag{2}$$

식 (2)에서 $\tan\delta$는 유전체 물성중 유전 손실을 나타낸 것이고 Q_c 값은 전극에 의한 손실로서 식 (3)으로 표현된다.

$$Q_c = \frac{2b_1}{\delta\mu} \times \frac{A_1C_1Z^2{}_1 + \left[\frac{A_1}{8}(1+4b_1/\pi a_1) + \frac{A_2B_2}{8}\{1+(b_1/a_2)\} + \frac{A_2B_2C_2Z^2{}_2}{4b_1\sqrt{\varepsilon_r}/\lambda_0(\ln(4b_1/\pi a_1) + B_1\ln(4a_2/\pi a_1)}\right.}{} \tag{3}$$

C_i (i = 1, 2) : 선로 i 의 단위길이당 캐패시턴스

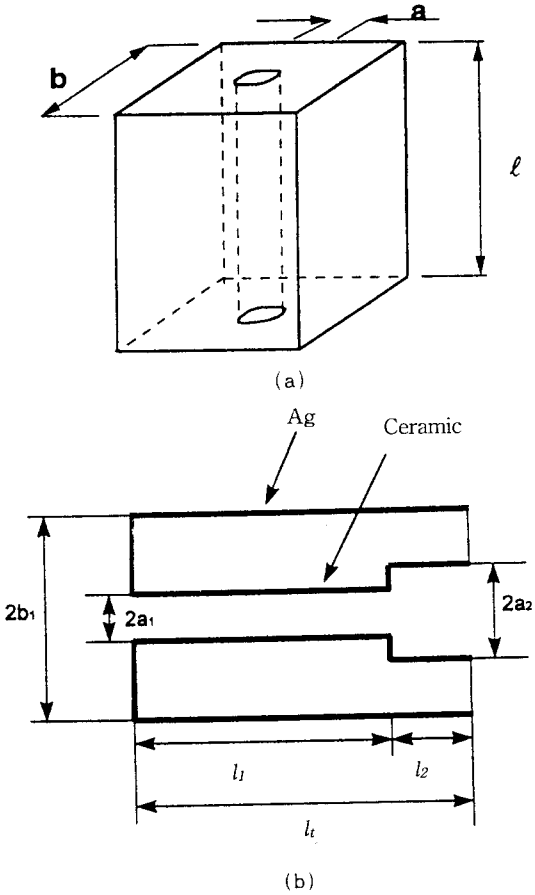
Z_i (i = 1, 2) : 선로 i 의 임피던스

δ : *Skin depth*

$A_1 = 2\beta l_1 + 2\beta l_1$, $A_2 = 2\beta l_2 - 2\beta l_2$

$B_1 = \cos^2\beta l_1$, $B_2 = \cos^2\beta l_1 / \sin^2\beta l_2$

여기서 UIR 공진기의 경우
$\tan\beta l_1 \tan\beta l_2 = Y_1/Y_2 = Z_2/Z_1 \equiv K$에서 $l_1 = l_2$, $K = 1$ 을 적용시켜 Q_c 값을 구할 수 있다. 대역통과 필터를 설계하기 위해서는 슬롭 파라미터 b가 결정되어야 하며 슬롭 파라미터의 정의로 부터 계산된 어드미턴스 슬롭 파라미터는 다음과 같이 정의된다.



그 림 1. λ/4 TEM 모드 유전체 공진기의 구조
(a) UIR Type (b)SIR Type

Fig. 1. Construction of a 1/4 wavelength TEM mode dielectric resonator.
(a) UIR Type (b)SIR Type

$$b = \theta_{01}\frac{Y_2}{2}\left[\frac{l_2}{l_1} + \frac{K(1+\tan^2\theta_{01})}{K^2+\tan^2\theta_{01}}\right]$$

$$= \frac{\theta_{01}Y_2}{2}\left[\frac{l_2}{l_1} + \frac{K}{K^2+(1-K^2)\sin^2\theta_{01}}\right] \quad (4)$$

이때, $\theta_{01} = \beta l_1 \ (\omega = \omega_o)$ 이다.

여기서 공진기 최소길이의 조건 $l_1 = l_2$ 일 때 윗식은 다음과 같이 간단하게 된다.

$$b = 2\frac{\theta_{01}Y_2}{2} = \theta_{01}Y_2 \quad (5)$$

이상을 정리하면 $\lambda/4$ 모드 유전체 공진기의 경우 길이와 유전율에 따라서 공진주파수가 변하게 됨을 볼 수 있으며 재료의 유전율이 정해지면 길이를 조정하여 공진주파수를 조절 할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 무부하-Q의 경우 외각과 내경의 비, 공진기 자체의 외각 크기의 변화에 따라 변화하게 되는 데 일반적으로 외각의 크기가 클수록 증가하며 외각과 내경의 비가 3.0에서 최대값을 얻을 수 있다고 보고되고 있다.[5]

2-2. 유전체 공진기 제작

본 논문에서는 유전율이 30 ~ 40으로서 우수한 고주파 유전특성을 나타내는 $(Zr,Sn)TiO_4$ 계[6]를 대상으로 기본 조성실험을 통하여 유전율 37.8, 품질계수 Q x f_o = 48,600 공진주파수 온도계수 7 ppm/℃의 고주파 유전특성을 갖는 ZST계 조성을 얻었으며 TEM모드 유전체 공진기의 제작과정은 그림 2와 같은 일반적인 세라믹 제조공정으로서 소성후 전극처리는 은페이스트를 이용하여 3회 코팅 후 850℃에서 20분간 열처리하여 전극을 형성하였다. 공진주파수에 따라 공진기의 한면을 연마한 후 공진주파수 f_o와 Q_o를 측정하였으며 유전체 공진기 크기는 외각 크기가 3mm이고 내경의 크기는 0.9mm이다.

3. 유전체 공진기를 이용한 대역통과 필터 설계 이론 [3][5][7]

본 논문에서의 대역통과 필터의 형태는 병렬공진기를 이용한 형태로서 그림 3의 절차에 따라 설계하였으며 설계상의 이점과 설계의 다양성을 위해 J-인버터를 이용한 방법을 고찰하였다.

3-1. 프로토타입 저역통과 필터

대역통과 필터를 설계하기 위해서는 먼저 저역통과 프로토타입 필터를 구현하여야 하며 필터차수, 리플 , 대역폭이 주어지면 체비셰프함수에 근거해서 프로토타입 소자값을 아래식을 이용하여

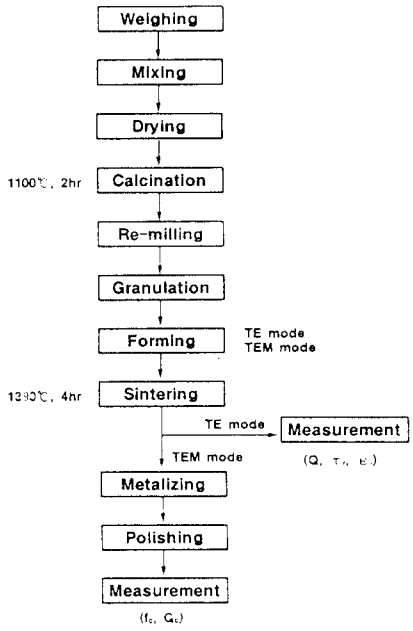


그림 2. λ/4 TEM 모드 유전체 공진기의 제조 공정도.

Fig. 2. Fabrication process of a 1/4 wavelength TEM mode dielectric resonator.

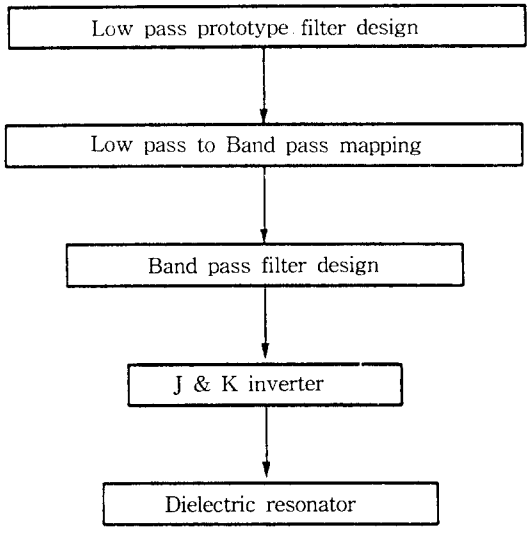


그림 3. λ/4 TEM 모드 유전체 공진기를 이용한 대역 통과 필터 설계 절차.

Fig. 3. Design process of band pass filter using a 1/4 wavelength TEM mode dielectric resonator.

구한다.

$$g_1 = 2\frac{a_1}{r}$$
$$g_k = \frac{4a_{k-1}a_k}{b_{k-1}g_{k-1}}, \quad k = 2,3,---,n$$
$$g_{n+1} = 1 \quad \text{for } n \text{ odd}$$
$$= \coth^2(\beta/4) \quad \text{for } n \text{ even} \qquad (6)$$

여기서

$$\beta = \ln\left(\coth\frac{L_{Ar}}{17.37}\right), \quad L_{Ar} \in dB$$
$$r = \sinh\left(\theta/2_n\right)$$
$$a_k = \sin\left[\frac{(2k-1)\pi}{2_n}\right], \quad k = 1,2,--,n$$
$$b_k = r^2 + \sin^2\left[\frac{k\pi}{n}\right], \quad k = 1,2,---,n \qquad (7)$$

3-2.대역통과 필터로의 변환

대역통과 필터는 주파수 변환을 이용하여 저역통과 필터에서 유도할 수 있으며 병렬 캐패시턴스는 병렬 공진회로로, 직렬 인덕턴스는 직렬 공진회로로 바뀐다. 그림 4에 저역통과 필터, 변환된 대역통과 필터의 회로 및 감쇠특성을 나타내었으며(a),(b),(c) 관계는 다음과 같다.

$$\omega' = 2\frac{\omega_1}{\omega}\left|\frac{\omega-\omega_0}{\omega_0}\right|$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_2-\omega_1} = \frac{\omega_2+\omega_1}{2}$$

$$\omega = \frac{\omega_2-\omega_1}{\omega_0} \quad (Fractional\ bandwidth) \qquad (8)$$

그리고 그림 4의 (b)에서 각 소자의 값은 다음과 같이 정의된 서셉턴스 슬로우프 파라메터(Susceptance slope parameter) 및 리액턴스 슬로우프 파라메터(Reactance slope parameter)를 만족하는 L과 C를 구하면 된다.

$$b_j = \frac{\omega_1 g_j}{\omega} = \omega_o C_j = \frac{1}{\omega_o L_j} :$$
병렬 공진회로의 L , C

$$x_j = \frac{\omega_1 g_k}{\omega} = \omega_o L_x = \frac{1}{\omega_o C_k} :$$
직렬 공진회로의 L , C

3-3. J-인버터 값 추출

인버터에는 임피이던스 인버터 (K-인버터)와 이의 쌍대 관계인 어드미턴스 인버터 (J-인버터)로 나눌 수 있으며 이상적인 인버터는 모든 주파수에서 특성 임피이던스(어드미턴스)가 $\lambda/4$ 전송선과 유사하게 동작한다. 유전체 공진기를 이용하여 설계할 경우 유전체 공진기가 병렬 LC로 표현되므로

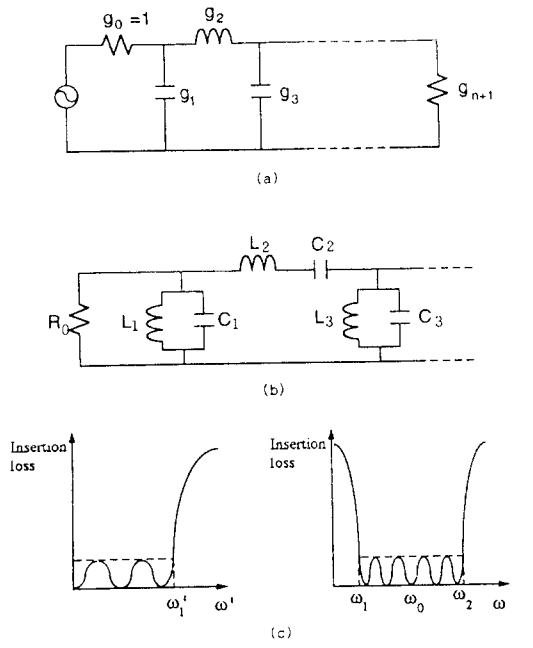


그림 4 .저역,대역 통과 필터의 기본 회로 및 감쇄 특성.
(a) 저역 통과 필터 기본 회로 (b) 대역 통과 필터 기본 회로 (C) 변환 회로의 감쇄 특성

Fig. 4. Basic circuit of low and band pass filter and attenuation characteristies.
(a)Basic circuit of low pass filter (b) Basic circuit of band pass filter (C) Attenuation characteristies. of transfer circuit.

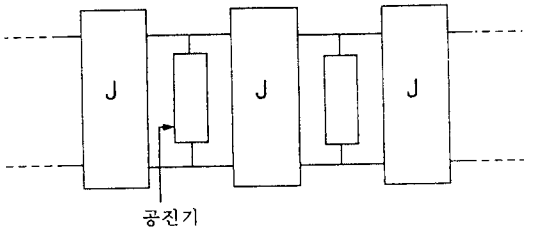


그림 5. J-인버터를 포함한 대역 통과 필터의 기본 회로.

Fig. 5. Basic circuit of band pass filter with J-inverter.

J-인버터를 이용하는 것이 편리하다. J-인버터값의 추출은 프로토타입 저역통과 필타의 기본형 (그림 4 (a))과 J-인버터를 포함한 대역통과 필타 기본형 (그림 5)에서 들여다 본 입력 어드미턴스를 비교하여 구하게 된다.

$$J_{01} = \sqrt{\frac{G_A b_1 \omega}{g_0 g_1}}$$

$$J_{j,j+1} = \omega \sqrt{\frac{b_{rj} b_{rj+1}}{g_j g_{j+1}}}$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{G_B b_n \omega}{g_n g_{n+1}}} \qquad (9)$$

ω 는 *fractional bandwidth*

본 논문에서는 유전체 공진기간을 캐패시턴스로 결합시킨 대역통과 필터를 목표로 하고있으며 결합 캐패시턴스는 위 J-인버터 값으로 부터 아래식을 이용하여 구할 수 있다.

$$C_{01} = \frac{J_{01}}{\omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{J_{01}}{G_A}\right)^2}}$$

$$C_{j,j+1}|_{1\sim n-1} = \frac{J_{jj+1}}{\omega_0}$$

$$C_{n,n+1} = \frac{J_{n,n+1}}{\omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{J_{n,n+1}}{G_B}\right)^2}} \qquad (10)$$

3-4. 인버터의 영향을 고려한 공진기의 캐패시턴스값 추출

결합 캐패시턴스값, 공진기의 캐패시턴스값이 주어지면 모든 주파수에서 특성 임피이던스 K 또는 J인 $\lambda/4$ 파장의 선로처럼 동작하는 인버터 이론에 의해 인버터 영향을 고려한 공진기의 캐패시턴스값을 구할 수 있다.

$$C_1 = C_{r1} - C_{01} - C_{12}$$

$$C_j|_{j=2\sim n-1} = C_{rj} - C_{j-1,j} - C_{j,j+1}$$

$$C_n = C_m - C_{n-1,n} - C^e{}_{n,n+1}$$

$$C^e{}_{01} = \frac{C_{01}}{1 + \left(\frac{\omega_0 C_{01}}{G_A}\right)^2}$$

$$C^e{}_{n,n+1} = \frac{C_{n,n+1}}{1 + \left(\frac{\omega_0 C_{n,n+1}}{G_B}\right)^2} \qquad (11)$$

이상의 식을 이용하여 고 유전율, 저 손실의 세라믹 유전체로 만들어진 공진기를 설계하여 원하는 대역 통과 필터를 설계할 수 있다.

3-5. 대역통과필터의 설계 및 시뮬레이션

설계 이론을 기본으로하여 표 1 (a)와 같은 규격의 송,수신 필터 제작에 유전체 공진기 각각 4개를 사용하여 대역통과 필터를 시뮬레이션 하였으며 유전체 공진기를 이용한 필터의 등가회로는 그림 6과 같고, 캐패시턴스 및 공진기의 길이,공진주파수를 표 1(b)에 나타내었다. 시뮬레이션시 캐패시턴스 및 유전체 공진기의 길이 및 주파수는 "FOTRAN 77"을 이용하였으며 계산 결과를 시뮬레이션 프로그램인 "Touchstone"을 이용하여 최적화 시킨 후 S_{11} 및 S_{21} 결과를 얻었으며 그 결과를 그림 7에 나타내었다. 시뮬레이션시 공진기의 무부하-Q 값을 고려하기 위하여 공진기와 병렬로 저항을 삽입하였으며 이때의 저항치는 공진기의 무부하 -Q값이 360이 되도록하였다.

표 1. PCS용 송,수신 필타의 규격 및 시뮬레이션 결과
(a) 송,수신 필타의 규격 (b) 각 소자의 시뮬레이션 결과

Table. 1. Specification and simulation result of transmitting and receiving filter for PCS
(a) Specification of transmitting and receiving filter (b) Simulation result of each device

(a)

	송 신	수 신
중 심 주 파 수 (MHz)	1765 (f_t)	1855 (f_r)
대 역 폭 (MHz)	50	50
삽 입 손 실 (dB) Max	- 3.0	- 3.0
리 플 (dB) Max	0.2	0.2
반 사 계 수 (dB) Max	- 15	- 15
감 쇄 량 (dB) Min (MHz)	- 35 ($f_t \pm 65$)	- 35 ($f_r \pm 65$)

(b)

	송 신	수 신
C_{r1}, C_{r5} (Pf)	0.536	0.541
C_{r2}, C_{r4} (Pf)	0.139	0.142
C_{r3} (Pf)	0.109	0.114
f_1 f_4 (MHz)	1859	1861
f_2 f_3 (MHz)	1797	1801

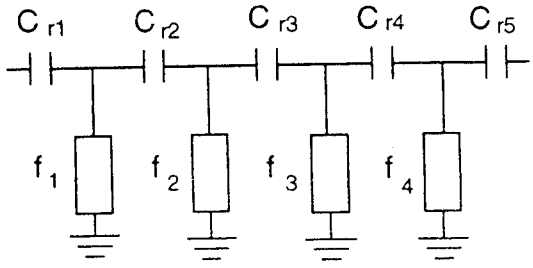


그림 6. 송,수신 필터의 등가 회로 (4 pole).

Fig. 6. Equivalent circuit of transmitting and receiving filter (4pole).

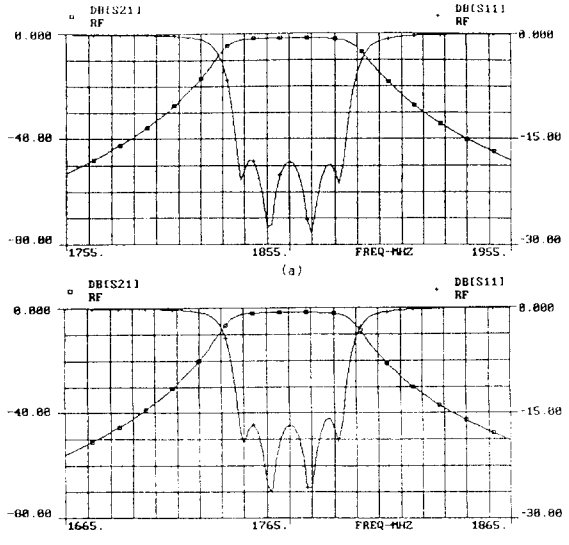


그림 7. PCS용 송,수신 필터 시뮬레이션 결과
(a) 송신 필터 (b) 수신 필터

Fig. 7. Simulation result of transmitting and receiving filter for PCS
(a) Transmitting filter (b) Receiving filter

4. PCS용 대역 통과 필터 제작, 특성 측정과 검토

앞절까지의 설계과정에 의해 구해진 값을 이용하여 **표 1.** (a)와 같은 규격의 송,수신 필터 제작에 유전체 공진기 각각 4개 사용하여 설계하고 대역통과 필터를 제작한 후 실험값과 시뮬레이션값을 비교 검토하였다. 필터 제작에 있어서 캐패시턴스는 모두 직렬로 연결되어 있는 구조이므로 공진기와 공진기 사이에 있는 결합 캐패시턴스들은 Interdigital 캐패시터 구조로 제작하고 입출력 캐패시터는 평판 캐패시터로 제작하였다. 그림 8은 수신단에 이용되는 캐패시터의 형태이며 기판의 유전율이 9.8이고 두께가 0.8mm의 알루미나 기판에 은 페이스트를 인쇄한 후 800°C에서 10분간 소성하였다. 캐패시터들을 따로 제작되지 않고 일체된 형태로 제작되어 1800MHz 대역에서 캐패시터 값을 하나씩 측정할 수 없었기 때문에 LCR Meter로 1 MHz로 측정한 값을 근거로 Interdigital 캐패시터의 가지를 잘라내어 캐패시턴스 값을 조정하였다.

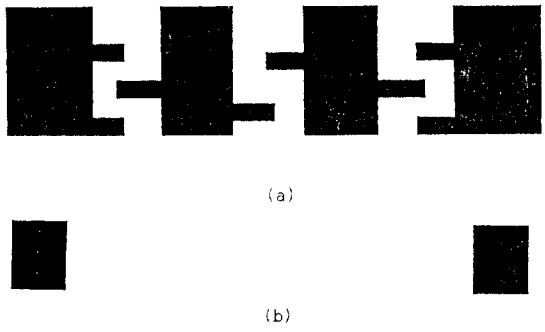


그림 8. 수신 필터의 캐패시턴스 구조
(a) 전 면 (b) 후 면

Fig. 8. Capacitance structure of receiving filter
(a) Front side (b) Back side

유전체 공진기는 외각과 내경의 비가 3.0으로서 계산상 무부하 Q값이 1950MHz 에서 412정도이며 실제 제작된 유전체 공진기의 경우 그림 9에 보이는 바와 같이 354정도의 값을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 은 페이스트에 포함된 glass 성분에 의한 도전율의 감소와 공진기의 제조시 내부의 전극 두께가 적어 표피효과에 의한 저항손실이 크게 되어 나타나는 결과로 예상된다. 유전체 공진기의 공진 주파수는 연마기를 이용하여 조정하였으며 필터 제작시 공진 주파수가 1MHz 미만의 오차가 나는 것을 사용하였다.

제작된 필터의 삽입손실(S_{21})과 반사손실(S_{11})을 측정하기 위하여 특성 임피이던스가 50Ω인 마이크로 스트립 라인에 연결된 Network analyzer(HP 8753C)을 이용하였으며 유전체 공진기와의 접속단자와 접지면으로 동작하는 케이스는 황동에 주석도금한 재질을 사용하였다. 그림 10의 (a),(b)는 시뮬레이션 결과를 이용하여 제작한 필터의 특성으로 그림 (a)는 수신 대역의 필터 특성으로서 표시 1은 미세 조정전의 특성이고 표시 2는 미세 조정후의 측정 결과로서 미세 조정전에 중심주파수

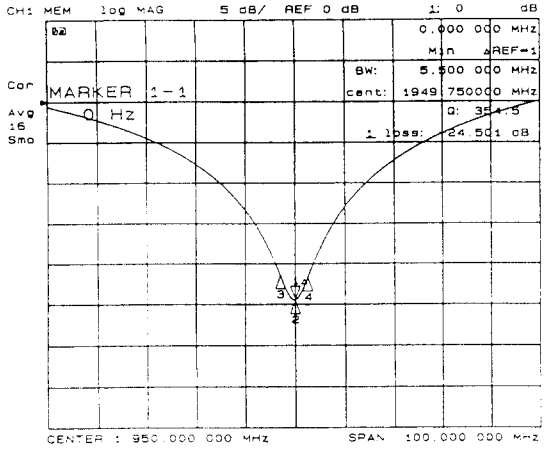
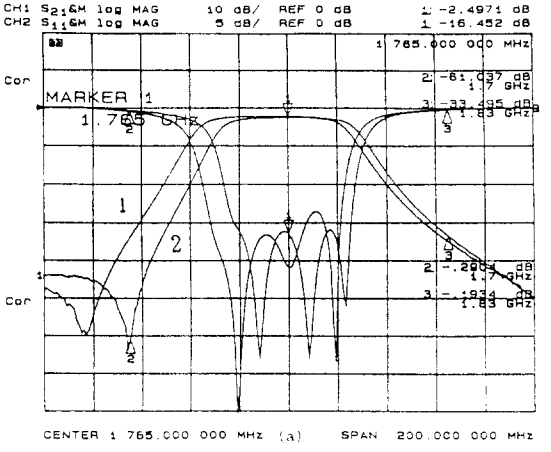
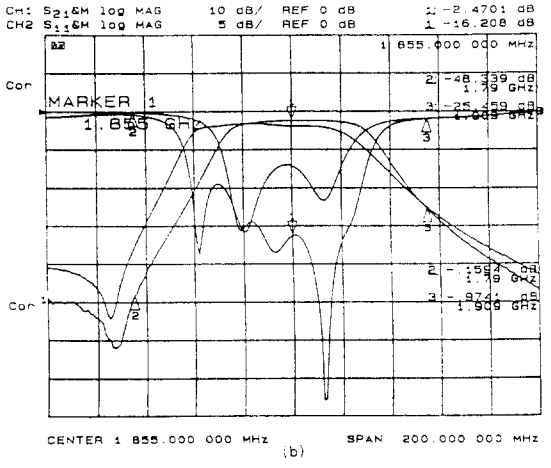


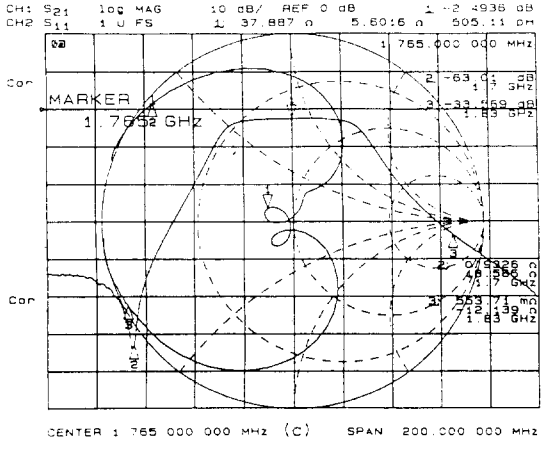
그림 9. $\lambda/4$ TEM 모드 유전체 공진기의 무부하 Q.

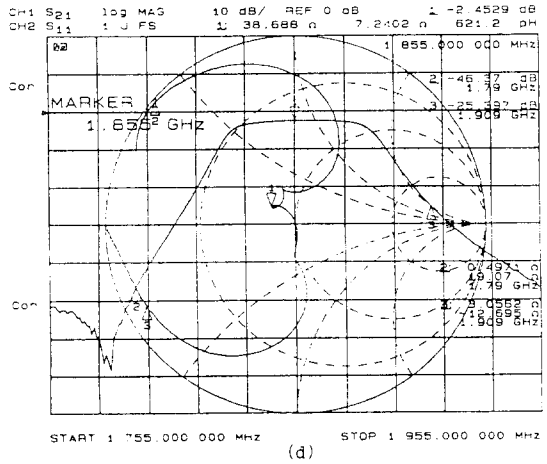
Fig. 9. Unloded Q of a 1/4 wavelength TEM mode dielectric resonator.

가 20MHz 정도의 차이를 내는 것은 1765 MHz 대역에서의 시뮬레이션시의 기판의 유전율에 의한 차이 보다는 시뮬레이션시 고려하지 못한 유전체 공진기와 기판 사이의 기생 캐패시턴스가 각각의 공진기와 캐패시터에 병렬로 발생한 결과로 생각된다. 대역폭의 경우, 시뮬레이션 결과보다 5MHz 정도 넓은 대역폭이 나타남을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 대역 통과 필터에서 결합 캐패시턴스의 값이 클때 나타나는 결과로서 Interdigital 캐패시턴스 설계시 접지면과의 불필요한 캐패시턴스에 의해 증가된 것으로 생각된다. 그림 (b)는 미세 조정 후 송신 대역의 필터 특성으로서 송,수신 통과대역에서의 S_{21} 시뮬레이션 결과 대역 폭 내에서 삽입 손실이 1.65 ~ 1.73 dB값을 가지나 실제 제작한 결과는 2.5 dB의 값을 갖는 데 이와 같은 결과는 시뮬레이션시 고려하지 않은 알루미나 기판 자체의 손실과 공진기들과 캐패시턴스들의 연결 부분에서의 도전 손실 등에 의한것으로 예상되며 임피이던스의 부정합등이 작용하였을 것으로 예상되지만 실제 사용할 때의 규격을 만족함을 볼 수 있다. 통과대역에서의 반사손실은 시뮬레이션 25dB 이하이나 측정 결과 16dB의 특성을 보이며 특성 임피이던스 경우 그림 10 (c),(d)에서 나타난 바와 같이 37.7Ω으로 임피이던스 정합 및 반사 손실의 경우 시뮬레이션 결과와 큰 차이를 보이고 있는 것은 공진기들 사이와 캐패시터 사이를 연결하는 데 이용되는 연결 부위의 인덕터의 값이 정확하지 못하다는 점과 측정 지그 접점에서의 반사가 큰 영향을 미치고 있다고 볼 수 있다. 본 실험 결과 시뮬레이션시 공진기간의 기생 캐패시턴스 및 기판 자체의 손실등을 고려하여 함을 알 수 있다.









(d)

그림 10. PCS용 송,수신 필터의 제작 결과
(a) 송신 필터의 삽입 손실 및 반사 계수
(b) 수신 필터의 삽입 손실 및 반사 계수
(c) 송신 필터의 삽입 손실 및 특성 임피이던스 (d) 수신 필터의 삽입 손실 및 특성 임피이던스

Fig. 10. Constrution result of transmitting and receiving filter for PCS
(a) Insertion loss and reflection coefficient of transmitting filter
(b) Insertion loss and reflection coefficient of receiving filter
(c) Insertion loss and characteristies. impedance of transmitting filter
(d) Insertion loss and characteristies. impedance of receiving filter

5. 결 론

본 연구에서는 기본 조성 실험을 통하여 유전율 37.8, 품질계수 Q x f_o = 48600 공진주파수 온도계수 7 ppm/°C의 고주파 유전특성을 가지는 ZST계 조성으로 유전체 공진기를 만들어 J - 인버터를 이용한 대역 통과 필터의 설계 이론을 바탕으로 PCS 송,수신 단에 사용되는 4-pole형태의 대역 통과 필터를 설계 제작하여 미세 조정 후 측정한 결과 통과 대역 내에서의 삽입 손실 S_{21}이 - 2.5dB이고 통과 대역 내의 반사 손실 S_{11}이 -15dB이하였으며 중심 주파수는 1765,1855MHz였다. 측정 결과에서 삽입 손실 및 반사 손실은 설계 값과 실측값이 정확하게는 일치하지 않으나 규격은 만족하였으며 중심 주파수가 약간의 차이를 나타내는 것은 필터 제작시 발생되는 기생 캐패시턴스가 공진기에 병렬로 발생하여 공진기 각각의 공진 주파수가 하향하고 이로인해 중심 주파수가 5MHz정도 하향한 것으로 예상되며 미세 조정후 원하는 특성을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

1. James K, Plourde and Chung-Li Ren, "Application of Dielectric Resonator in Microwave Component," IEEE Trans, Microwave Theory Tech., Vol. MTT-29, pp.754 - 770 ,Aug.,1981
2. Haruo Matumoto, Tadahiro Yorita, Youhei Ishikawa and Toshio Nixhikawa," Miniaturized Duplexer using Retangular Coaxial Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephone," IEICE Trans., Vol.E 74, No. 5, pp.1214 - 1220, May., 1991
3. 윤중락, 권정열, 이헌용, 김경용, $(Zr_{0.65}Sn_{0.35})Ti_{1.04}O_{4.04}$ 세라믹스의 NiO 첨가에 따른 고주파 유전특성, " 한국 전기전자 재료학회 논문지 vol.8,No.5, pp.594-600, 9.1995
4. G.L. Mattaei, L.Young and E.M.T. Jones, "Microwave Filter, Impedance - Maching Network and Coupling Structures," New York : McGraw-Hill, 1964.
5. 임정수,남윤권,"유전체 공진기를 이용한 UHF대역 대역통과 필터 설계 이론" Telec-communications,Vol.3,No.7, pp.145-152,7.1993.
6. Y.Fang,Z,Xu,A.Hu and E.Ichimura.," Microstructure and Dielectric Quality for Mn-Doped $(Zr_{0.8}Sn_{0.2})TiO_4$ Ceramics.", Ferroelectrics, 13 (5), pp. 139 - 143, 1992
7. K.C.Gupta, Ramesh Garg and I.J.Bahl, "Microstrip Lines and Slotlines", Artech House, Inc., 1979.

저자소개

윤 중 락

1965년 9월 18일생, 1993년 명지대 공대 전기공학과 졸업(석사)
1992년 8월 ~ 1993년 12월 한국과학기술원 세라믹공정실 근무1994년 ~ 1996년 한국쌍신전기 선임연구원. 1996년 ~ 현재 삼화콘덴서 연구소 주임연구원. 1994년 8월 ~ 현재 명지대학교 전기공학과 박사과정

이 헌 용

1949년 7월 25일생. 1977년 고려대 공대 전기공학과 졸업(석사)
1983년 고려대 공대 전기공학과 졸업(박사). 1992년 9월 ~ 1994년 7월 영국 Univ. of Scheffield 교환교수. 1979년 ~ 현재 명지대학교 전기공학과 교수.