

# 정보 설비용 통신장치의 대역통과 필터의 설계 및 구현

(Design and Implementation of a Band Pass Filter of Personal  
Communication System for Information facilities)

李憲用\* · 金榮達\*\* · 尹重洛\*\* · 姜明植\*\*\*

(Heown-Yung Lee · Young-Dal Kim · Jung-Rag Yoon · Myung-Sik Kang)

## 요 약

본 논문에서는 정보 설비용 개인 휴대 통신 장치 대역 통과 필터를 설계 제작하였다. 대역 통과 필터를 설계 제작하기 위하여 유전체 공진기 구조에 따른 특성을 분석하였으며 J-인버터 이론을 이용한 대역 통과 필터의 설계 이론과 시뮬레이션 결과를 알아보았다. 설계 이론으로부터 구한 파라미터를 이용하여 실제 제작한 결과 미세 조정후 측정된 결과와 시뮬레이션 결과와 일치함을 볼 수 있다.

## Abstract

In this paper, the band pass filter was designed and constructed for personal communication services of information facilities. For the band pass filter design, after dielectric resonator structures were analyzed. J-inverter design theory and its simulation method were studied. The parameters obtained from design theory were practically applied to filter construction. The simulation results are well agreed with the measured result of constructed filter after fine tunings.

## 1. 서 론

정보화 시대를 맞이하여 이동 통신 및 위성 통

신의 발달과 함께 지상의 통신시스템 분야에 현저한 변혁이 일어나고 있다. 그러나 이동 통신의 경우 사용 주파수가 제한되어 있는 반면에 사용자는 크게 늘고 있기 때문에 현재 사용중인 800~900[MHz] 대역의 이동 통신용 전파 대역이 포화됨에 따라 차세대 이동 통신으로 각광 받고 있는 1.8~2.1[GHz] 대역의 주파수를 가지는

\*正會員：明知大學校 電氣工學科 教授

\*\*正會員：明知大學校 電氣工學科 博士課程

\*\*\*正會員：大田産業大學校 電氣工學科 教授

接受日字：1995年10月27日

PCS(personal communication system : 개인휴대통신)사업이 최근 국·내외에서 관심의 대상이 되고 있다.

특히 PCS는 저렴한 가격으로 언제, 어디서, 누구하고나 통신할 수 있는 보편적인 이동 통신 서비스로서 초기에는 주로 보행자를 위한 연구가 진행되었으나 현재는 자동차안에서도 사용할 수 있는 기술로 발전하고 있다.

정보 설비용 PCS 시스템을 구성하는 핵심 부품으로는 안테나, 전력 증폭기, 저 잡음 증폭기, 대역 통과 필터, 혼합기 등이 있다. 이러한 핵심 부품 중에서 특히 UHF대역의 대역 통과 필터는 저주파에서 사용되는 집중 소자를 이용하려면 제작이 어려워 실용화에 어려움이 있고, 마이크로파 대역 주파수에서 사용되는 분포 소자를 이용할 경우 부피가 크다는 단점 있으나 고유전율( $\epsilon_r = 20 \sim 110$ ), 저 손실( $Q \geq 100,000$ ), 높은 온도 안정성을 갖는 세라믹 유전체 개발로 분포 소자의 크기가 작아지므로 필터의 크기를 소형화시킬 수 있다. 1939년 R.D.Richtmyer에 의해 유전체가 공진기로서 사용될 수 있다는 것이 입증된 이후로 세라믹 유전체가 유전체 공진기용으로 개발되었고<sup>1)</sup> 유전체 공진기의 설계와 회로 특성이 연구된 이후 유전체 공진기를 이용한 cordless phone 및 cellular용 대역 통과 필터의 설계 방법 및 제작 방법이 계속 연구되고 있다.<sup>2, 3)</sup>

따라서, 본 논문에서는 저 손실, 고유전율 세라믹 유전체로 만들어진 UIR(uniform impedance resonator), SIR(step impedance resonator)의 특성 및 설계 이론을 분석하였으며 J-인버터를 이용한 대역 통과 필터의 설계 이론 및 시뮬레이션 결과를 알아보았다. 또한, 유전율 35, 손실 계수  $Q \geq 42,000$ , 공진 주파수 온도 계수  $\tau_f = 2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 의 유전 특성을 가지는 BaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>-WO<sub>3</sub>계 고주파용 세라믹을 이용하여  $\lambda/4$  TEM 모드 유전체 공진기를 제작한 후 PCS수신단에 사용되는 2-pole형태의 중심 주파수 1.89GHz, 대역폭 BW=22MHz, 통과 대역 ripple=0.1dB, 특성 임피던스  $Z_0=50\Omega$ , 체비세프형 대역 통과 필터를 설계하고 Touchstone Tool을 이용하여 시뮬레이션하였고, 이로부터 대역 통과

필터를 제작하였으며 미세 조정후 원하는 특성을 얻을 수 있었다.

## 2. 유전체 공진기의 해석 이론 및 제작<sup>2,4,5)</sup>

종단이 단락된  $\lambda/4$  TEM 모드 유전체 공진기는 다양한 모양이 있으나 근본 원리는 단락된  $\lambda/4$  전송선이며 중요한 파라미터는 입력 어드미턴스, 무부하-Q, 어드미턴스 슬롭(admittance slope)등이 있다.

### 2.1 입력 어드미턴스

본 논문에서 이용하는 공진기는  $\lambda/4$  TEM 모드 공진기로서 외부 도체는 정방형이며 내부 도체는 원형인 UIR 구조로서 그림 1(a)와 같고, UIR의 공진 특성을 알기 위해서는 먼저 SIR의 공진 특성을 알아야 하며, 구조는 그림 1(b)와 같다.

SIR은 특성 임피던스  $Z_1$ , 어드미턴스가  $Y_1$ , 길이가  $0 \sim l_1$ 인 전송 선로와 특성 임피던스  $Z_2$ , 어드미턴스가  $Y_2$ , 길이가  $l_1 \sim l_2$ 인 전송 선로로 구성되어 있으며, 파라미터  $K$ 는  $Z_2/Z_1$  또는  $Y_1/Y_2$ 로 정의된다. 그러므로  $K=1$ 인 경우로 SIR은  $Z_1=Z_2$ 인 특수한 경우로 설명될 수 있다.

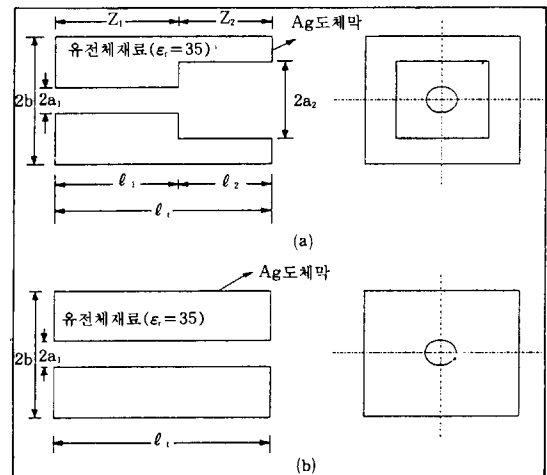


그림 1. 유전체 공진기의 구조  
(a) UIR 구조 (b) SIR 구조

Fig. 1. Structure of dielectric Resonator  
(a) UIR structure (b) SIR structure

공진기 개방면에서 본 입력 어드미턴스  $Y_1$ 은

$$Y_1 = jY_2 \frac{Y_2 \tan \beta l_1 \tan \beta l_2 - Y_1}{Y_2 \tan \beta l_1 + Y_1 \tan \beta l_2} \quad (1)$$

이때  $\beta = \sqrt{\epsilon_r} 2\pi / \lambda_0$ 이다.

공진조건은  $\text{Im}(Y_1) = 0$ 이어야 하므로 식(1)으로부터 다음 식을 얻을 수 있다.

$$Y_2 \tan \beta l_1 \tan \beta l_2 - Y_1 = 0 \quad (2)$$

$$\tan \beta l_1 \tan \beta l_2 = Y_1 / Y_2 = Z_2 / Z_1 = K \quad (3)$$

여기서  $K$ 는  $Z_1$ 과  $Z_2$ 의 임피던스비이며, 공진시 공진기의 입력 어드미턴스는 0이 된다.

식(3)으로부터 SIR의 전체 길이  $l_t$ 는 다음과 같다.

$$l_t = l_1 + l_2 = l_1 + \frac{1}{\beta} \tan^{-1} \left( \frac{K}{\tan \beta l_1} \right) \quad (4)$$

예로서, 유전율  $\epsilon_r = 35$ 일때 계산 결과를 그림 2에 나타내었다.

그림 2에서  $K$ 가  $0 < K < 1$ 인 영역에서 SIR 공진기는  $l_1 = l_2 = \tan^{-1} \sqrt{K} / \beta$ 일때 최소 길이를 가지므로 최소 공진기 길이는  $l_{\min} = 2 \tan^{-1} \sqrt{K} / \beta$ 이다.

UIR인 경우  $K=1$ 이므로 최소 공진 길이는 다음 식과 같다.

$$l_{\min} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r} 4} \quad (5)$$

### 2.2 무부하-Q

$Q_0$ 는 동축 공진기의 직경을 결정하는데 중요

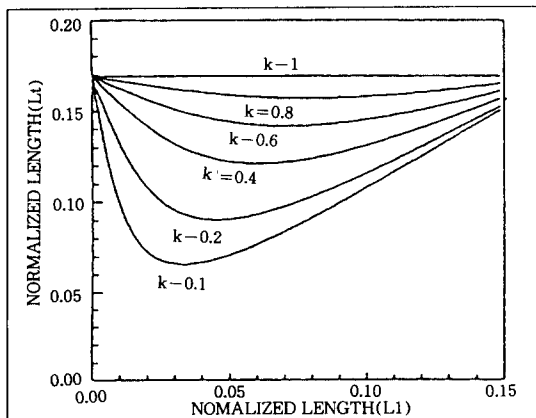


그림 2.  $\epsilon_r = 35$ 인 SIR 구조의 공진 조건  
Fig. 2. Resonance condition of SIR structure for dielectric constant  $\epsilon_r = 35$

한 파라미터이며 이에 대한 식은 (6)과 같이 나타난다.

$$Q_0 = \frac{Q_c}{1 + Q_c \tan \delta} \quad (6)$$

식 (6)에서  $\tan \delta$ 는 유전체에서 유전 손실을 나타내며, 그림 1(a)의 UIR구조의  $Q_c$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Q_c = \frac{2b_1}{\delta \mu} \frac{AC_1 Z_1^2 + A_2 B_2 C_2 Z_2^2}{\left[ \frac{A_1}{8} \left( 1 + \frac{4b_1}{\pi a_1} \right) + \frac{A_2 B_2}{8} \left( 1 + \frac{b_1}{a_2} \right) \right] + \frac{4b_1 \sqrt{\epsilon_r}}{\lambda_0} \left( \ln \frac{4b_1}{\pi a_1} + B_1 \ln \frac{4a_2}{\pi a_1} \right)} \quad (7)$$

$C_i (i=1,2)$  : 선로  $i$ 의 단위길이당 커패시턴스

$Z_i (i=1,2)$  : 선로  $i$ 의 임피던스

$\delta$  : 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  $K=1, l_1 = l_2$ 를 적용시킨  $Q_c$ 를 얻어 이를 식(6)에 대입하여 무부하-Q를 구할 수 있다.

### 2.3 어드미턴스 슬롯 파라미터

대역 통과 필터를 설계하기 위해서는 슬롯 파라미터  $b$ 가 결정되어야 하며 슬롯 파라미터의 정의로부터 계산된 원통 동축형 공진기의 어드미턴스 슬롯 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

$$b = \theta_{01} \frac{Y_2}{2} \left[ \frac{l_2}{l_1} + \frac{K(1 + \tan^2 \theta_{01})}{K^2 + \tan^2 \theta_{01}} \right] \quad (8)$$

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

이때,  $\theta_{01} = \beta l_1 (\omega = \omega_0)$ 이다.

여기서 공진기 최소 길이의 조건  $l_1 = l_2$ 일 때 위식은 다음과 같이 간단해질 수 있다.

$$b = 2 \frac{\theta_{01} Y_2}{2} = \theta_{01} Y_2 \quad (9)$$

### 2.4 유전체 공진기 제작

본 논문에서는 유전율이 30~40으로서 우수한 고주파 유전 특성을 나타내는 BaO-TiO<sub>2</sub>계<sup>6)</sup>를 대상으로 기본 조성 실험을 통하여 유전율 35, 손실 계수  $Q \geq 42,000$ , 공진 주파수 온도 계수  $\tau_f = 2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 의 고주파 유전 특성을 가지는 0.

25BaTiO<sub>3</sub>-0.75(0.07TiO<sub>2</sub>-0.03WO<sub>3</sub>) 조성하였으며 유전체 공진기의 제작 과정은 그림 3과 같은 일반적인 세라믹 제조 공정으로서 소성후 전극 처리는 Ag 페이스트를 이용하여 제작하였고, 유전체 공진기의 크기는 직경 4mm, 내부 hole의 직경이 1mm이다.

### 3. J-인버터를 이용한 대역 통과 필터 설계 이론

본 논문에서의 대역 통과 필터는 병렬 공진기를 이용한 형태이며 설계상의 이점과 설계의 다양성을 위해 J-인버터를 이용한 방법을 고찰한다.

#### 3.1 프로토타입 저역 통과 필터<sup>4)</sup>

대역 통과 필터를 설계하기 위해서는 먼저 저역 통과 프로토타입 필터를 구현하여야 하며 필

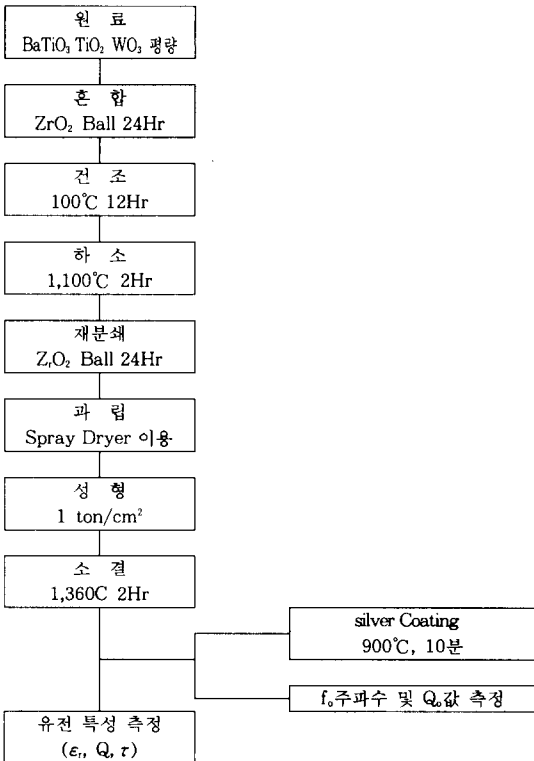


그림 3. 유전체 공진기 제조의 흐름도  
Fig. 3. Production procedure of Dielectric Resonator

터 차수, 리플 및 대역폭이 주어지면 체비셰프 (chebyshev) 함수에 근거해서 프로토타입 (prototype) 소자값을 아래 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$g_1 = 2 \frac{a_1}{\gamma}$$

$$g_k = \frac{4a_{k-1}a_k}{b_{k-1}g_{k-1}}, \quad k=2,3,\dots,n \quad (10)$$

$$g_{n+1} = 1 \quad \text{for } n \text{ odd}$$

$$= \coth^2(\beta/4) \quad \text{for } n \text{ even}$$

여기서

$$\beta = \ln(\coth \frac{L_{Ar}}{17.37}), \quad L_{Ar} \text{ with dB}$$

$$\gamma = \sinh(\theta/2n)$$

$$a_k = \sin[\frac{(2k-1)\pi}{2n}], \quad k=1,2,\dots,n \quad (11)$$

$$b_k = \gamma^2 + \sin^2[\frac{k\pi}{n}], \quad k=1,2,\dots,n$$

#### 3.2 J-인버터값, 결합 커패시턴스값 및 공진기의 커패시턴스값 도출

저역통과 필터의 어드미턴스 슬롭 파라미터 g 값이 주어지면 J값들을 구할 수 있다. 이 그림 4의 프로토타입 저역 통과 필터의 기본 형태와 J

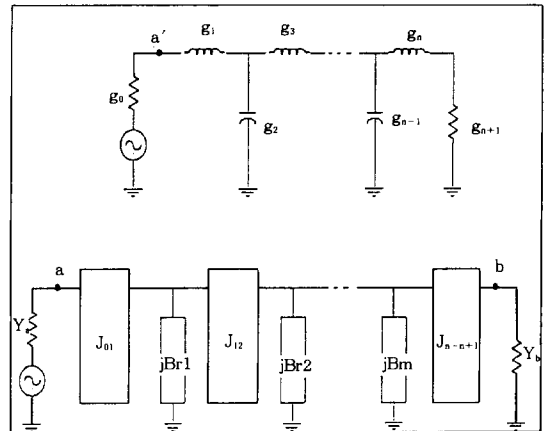


그림 4. 원형 저역 통과 필터와 J-인버터를 이용한 대역 통과 필터

- (a) 원형 저역 통과 필터
- (b) J-인버터를 이용한 대역 통과 필터

Fig. 4. Band Pass filter using prototype Low Pass Filter and J-Inverter.

- (a) prototype low pass filter
- (b) band pass filter using J-inverter

인버터를 포함한 대역 통과 필터의 기본 형태에서 a와 a'에서 본 반사 계수가 같다는 조건으로부터  $B_n = b_n \times W$ 를 대입함으로써 J-인버터값들을 구하게 된다.

$$J_{01} = \sqrt{\frac{G_A b_1 W}{g_0 g_1}} \quad J_{j,j+1} = W \sqrt{\frac{b_j b_{j+1}}{g_j g_{j+1}}}$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{G_B b_n W}{g_n g_{n+1}}} \quad (12)$$

W : fractional bandwidth

본 논문에서는 유전체 공진 기간을 커패시턴스로 결합시킨 대역 통과 필터를 목표로 하고 있으며 결합 커패시턴스는 위 J-인버터 값으로부터 아래 식을 이용하여 구할 수 있다.

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

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

$$C_{n,n+1} = \frac{J_{n,n+1}}{\omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{J_{n,n+1}}{G_B}\right)^2}} \quad (13)$$

J-인버터 값, g값이 주어지면 공진기의 인덕턴스와 커패시턴스값이 주어진다.

이는 식(11)의 J-인버터 값에  $b_j = C_n \times \omega_0$ 을 대입해서  $G_n$ 를 구할 수 있으며 이는 다음의 식이 성립하기 때문이다.

$$b_j = \frac{\omega_0}{2} \frac{dB_{r,j}}{d\omega} \Big|_{\omega=\omega_0}$$

$$= \omega_0 C_j = \frac{1}{\omega_0 L_j} = \frac{g_j}{W} \text{ Mhos} \quad (14)$$

위식으로 부터 공진기의 인덕턴스와 J-인버터 값을 구할 수 있다.

$$L_n \Big|_{f=1 \sim n} = \frac{1}{C_n \omega_0^2}$$

$$J_{01} = \sqrt{\frac{G_A \omega_0 C_{01} W}{g_0 g_1 W_1}}$$

$$J_{j,j+1} \Big|_{f=1 \sim n-1} = W \omega_0 \sqrt{\frac{C_j C_{j+1}}{g_j g_{j+1}}}$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{G_B \omega_0 C_n W}{g_n g_{n+1} W_1}} \quad (15)$$

### 3.3 인버터의 영향을 고려한 공진기의 커패시턴스값 추출

결합 커패시턴스값, 공진기의 커패시턴스값이

주어진다면 모든 주파수에서 특성 임피던스 K 또는 J인  $\lambda/4$ 파장의 선로처럼 동작하는 인버터 이론에 의해 그림 5와 같이 인버터 영향을 고려한 공진기의 커패시턴스 값을 구할 수 있다.

$$C_1 = C_{01} - C_{01}^e - C_{12}$$

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

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

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

$$C_{n,n+1}^e = \frac{C_{n,n+1}}{1 + \left(\frac{\omega_0 C_{n,n+1}}{G_B}\right)^2} \quad (16)$$

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

### 3.4 2.5GHz 대역의 대역 통과 필터의 설계 및 시뮬레이션

중심 주파수  $f_0 = 2,590$  [MHz], 공진기 개수  $N = 4$ , 통과 대역  $BW = 2,600$  [MHz], 통과 대역 리플  $L_A = 0.1$  [dB]의 특성을 가지는 대역 통과 필터를 설계 이론을 이용하여 공진기들의 크기에 맞는 결합 커패시턴스 값을 계산하였으며, 이 값들을 "Touchstone"을 이용하여 반사손실( $S_{11}$ )과 삼입손실( $S_{21}$ )의 값을 구하였다. 각각의 주어진 공진기로서 회로를 꾸미면 그림 6과 같고, 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

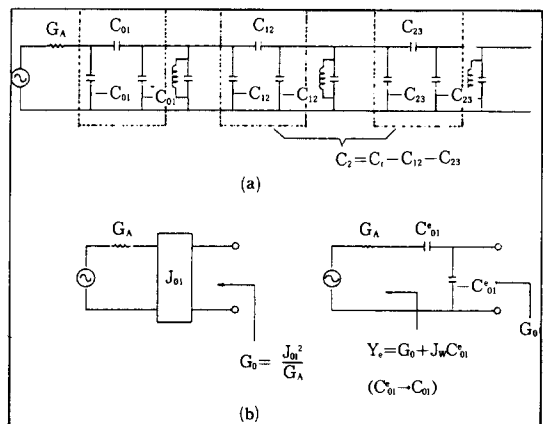
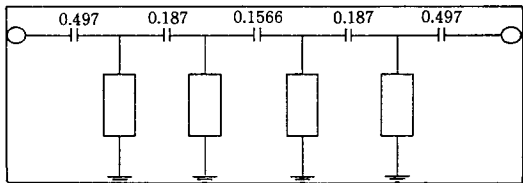


그림 5. J-인버터와  $C_{01}^e$ 의 관계  
Fig. 5. Relationship between J-Inverter and  $C_{01}^e$

#### 4. 정보 설비용 PCS 대역 통과 필터 제작 및 특성 측정과 검토

해석의 타당성을 보이기 위해서 중심 주파수 1,898(MHz), 통과 대역 22(MHz), 통과대역 리플 0.1(dB)의 값을 갖는 2-pole대역 통과 필터를 제작 후 실험값과 시뮬레이션값을 검토하였다.

필터 제작에 있어서 커패시턴스는 parallel-plate 구조를 이용하였고, 결합 커패시턴스는 planar 형태를 가지므로 밀집된 구조의 장점을 가진 gap 커패시턴스<sup>7)</sup> 방법을 사용하였다. 계산한 결과를 두께가 0.63(mm)인 알루미늄 기판에 screen print를 이용하여 silver paste를 인쇄한 후 900(°C)에서 10분간 소성하였으며, 유전체 공진기의 길이는 연마기를 이용하여 조정하였다.



$\epsilon=20$        $\epsilon=20$        $\epsilon=20$        $\epsilon=20$   
 $Q=50$        $Q=50$        $Q=500$        $Q=500$   
 $Z_0=13.87(\Omega)$        $Z_0=13.87(\Omega)$        $Z_0=13.87(\Omega)$        $Z_0=13.87(\Omega)$   
 $L_0=5.77(\text{mm})$        $L_0=6.10(\text{mm})$        $L_0=6.10(\text{mm})$        $L_0=5.77(\text{mm})$   
 $f_0=2906.89(\text{MHz})$        $f_0=2747.14(\text{MHz})$        $f_0=2474.14(\text{MHz})$        $f_0=2906.89(\text{MHz})$

그림 6. J-인버터 방법을 이용하여 얻은 대역 통과 필터 회로

Fig. 6. Band Pass Filter Circuit using J-inverter method

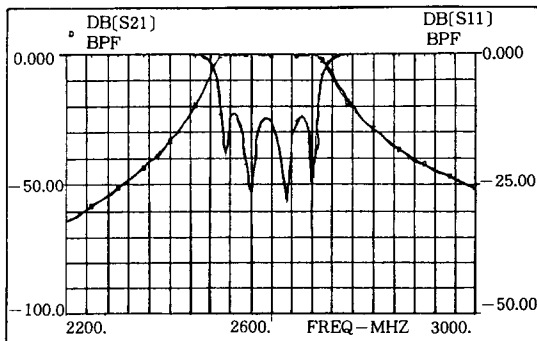


그림 7. J-인버터 방법을 이용하여 얻은 대역 통과 필터의 시뮬레이션 결과

Fig. 7. The simulation result of Band Pass Filter using J-inverter method

제작이 완료된 공진기의  $Q_0$ 값은 그림 8에서 보듯이 약 450정도이다.

제작된 필터의 삽입 손실( $S_{21}$ ), 반사 손실( $S_{11}$ ), 및 결합 커패시턴스를 측정하기 위하여 특성 임피던스가 50( $\Omega$ )인 마이크로 스트립 라인에 연결된 Network analyzer(HP 8753C)를 이용하였다.

그림 9는 공진기의  $Q_0$ 가 450인 것으로 가정하여 시뮬레이션한 결과이다.

그림 10(a)는 시뮬레이션 결과를 이용하여 제작된 필터 특성이고, 그림 (b)는 미세조정 후의 측정 결과이다.

미세 조정 전에 중심주파수가 50(MHz) 정도의 차이를 내는 것은 시뮬레이션시 고려하지 못

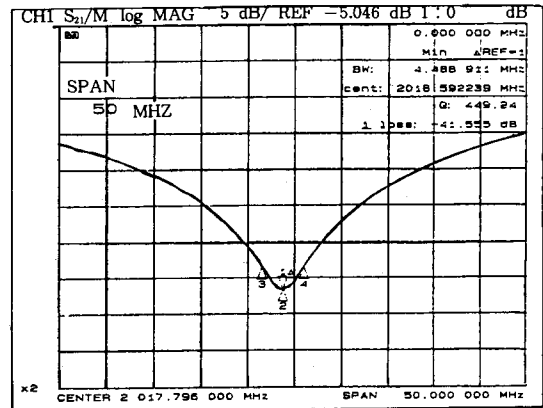


그림 8. 유전체 공진기의  $Q_0$  값  
 Fig. 8.  $Q_0$  Value of Dielectric Resonator

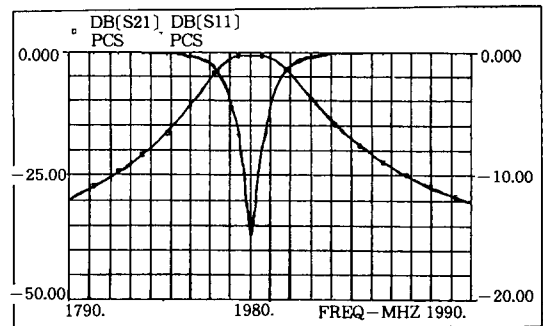


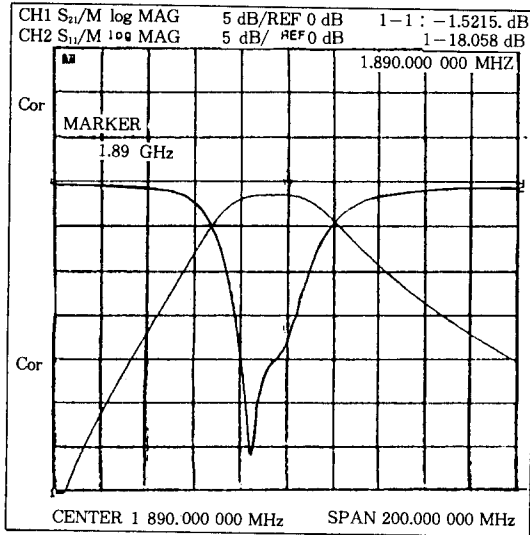
그림 9. 개인 휴대 통신용 2-pole 대역통과 필터 시뮬레이션 결과

Fig. 9. The simulation result of 2-pole Band Pass Filter for personal communication system

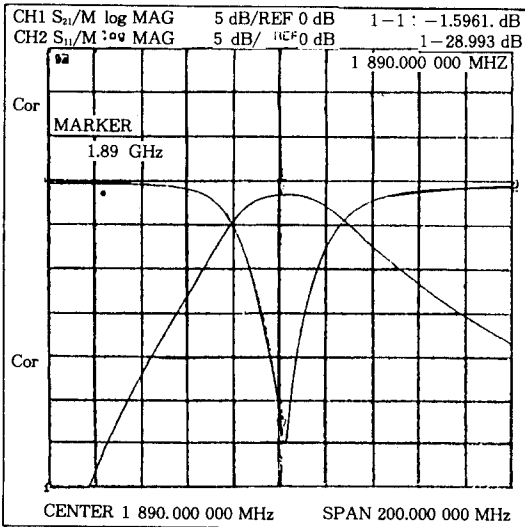
한 유전체 공진기와 기판 사이의 기생 커패시턴스가 각각의 공진기와 커패시터에 병렬로 발생한 결과로 생각되며, 대역 폭의 경우 시뮬레이션 결과보다 2[MHz] 정도 넓은 대역 폭을 가지는데 대역 통과 필터에서 결합 커패시턴스의 값이 클

때 나타나는 결과로서 gap 커패시턴스 설계시 접지면과의 불필요한 커패시턴스에 의해 증가된 것으로 생각된다. 통과 대역에서의 삽입 손실의 시뮬레이션 결과가  $-1.2[\text{dB}]$  값을 갖는데 비하여 제작된 필터의 경우  $1.52[\text{dB}]$ 로서 이러한 차이가 나는 이유로서는 시뮬레이션시에 고려하지 않은 알루미늄 기판 자체의 손실과 공진기들과 커패시턴스들의 연결 부분에서의 도전 손실 등으로 사료된다. 통과 대역에서의 미세 조정후 반사 손실은 약  $30[\text{dB}]$ 로서 시뮬레이션 결과에 비하여 양호한 결과가 나타남을 볼 수 있으며 그림 11에서 보듯이 특성 임피던스가  $53.7[\Omega]$ 으로 임피던스 정합이 양호한 것으로 나타났다.

표 1은 시뮬레이션의 설계 결과와 미세 조정 후의 결과를 나타낸 것으로 공진기의 아랫 부분을 조정하여 공진 주파수를 높였으며 실제 측정 한 커패시턴스값이 시뮬레이션 값보다 낮게 나타남을 볼 수 있었다.



(a) 조정전  
(a) Before Tuning



(b) 조정후  
(b) After Tuning

그림 10. 대역 통과 필터의 제작 특성  
Fig. 10. The fabricated characteristics of the Band Pass filter

표 1. 시뮬레이션 결과 및 미세 조정 후의 결과  
Table 1. The comparison of the measured results after fine tuning with simulation results.

시뮬레이션 결과			미세 조정 후의 결과		
공진주파수 (MHz)	$C_0, C_{\infty}$ (pF)	$C_{12}$ (pF)	공진주파수 (MHz)	$C_0, C_{\infty}$ (pF)	$C_{12}$ (pF)
2016.5	0.352	0.082	2017.1	0.303	0.073

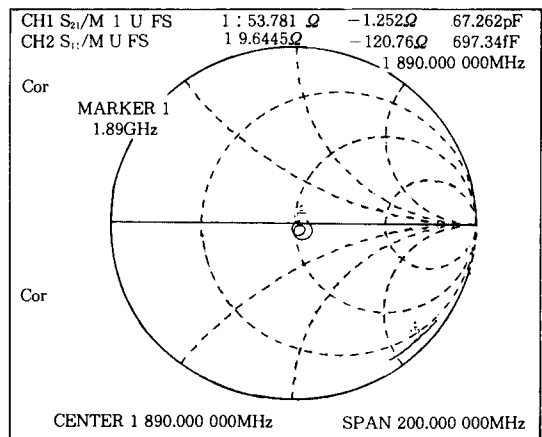


그림 11. 대역 통과 필터의 특성 임피던스  
Fig. 11. The characteristic Impedance of Band Pass Filter

## 5. 결 론

본 연구에서는 기본 조성 실험을 통하여 유전율 35,  $Q \times f_0 \geq 42,000$  ( $f_0 = 4.6$  [GHz]), 공진 주파수 온도 계수  $\tau_f = 2 \text{ppm}/[^\circ\text{C}]$ 의 고주파 유전 특성을 가지는  $0.25\text{BaTiO}_3 - 0.75(0.07\text{TiO}_2 - 0.03\text{WO}_3)$  조성으로 유전체 공진기를 만들어 J-인버터를 이용한 대역 통과 필터의 설계 이론을 근거로 정보 설비용 PCS 수신단에 사용되는 2-pole 형태의 대역 통과 필터를 설계 제작하여 측정된 결과 통과 대역 내에서의 삽입 손실  $S_{21}$ 이 1.52 [dB]이고 통과 대역 내의 반사 손실  $S_{11}$ 이 30 [dB] 이하였으며 중심 주파수가 1,885 [MHz]였다. 측정 결과에서 삽입 손실 및 반사 손실은 설계 값과 실측값이 잘 일치함을 볼 수 있었으며, 중심 주파수가 약간의 차이를 나타내는 것은 필터 제작시 발생하는 기생 커패시턴스가 공진기에 병렬로 발생하여 공진기 각각의 공진 주파수가 아래로 향하고 이로 인해 중심 주파수가 5 [MHz] 정도 하향한 것으로 예상되며 미세 조정 후 실제 사용한 가능한 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) Sagawa M, Makimoto M and Yamashita S., "A design Method of Bandpass Filter using Dielectric-filled Coaxial Resonator", IEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-33, Feb. 1985.
- 3) Atsushi Furuta and Takamitsu Kohno., "Innovative Concept Lowers Size, Weight of Dielectric Filters", JEE, pp.32~35, Dec., 1993.
- 4) G.L. Mattaei, L.Young and E.M.T.Jones, "Microwave Filter, Impedance - Matching Network and Coupling Structures," New York : McGraw-Hill, 1964.
- 5) 임정수, 남윤권, "유전체 공진기를 이용한 UHF 대역 통과 필터 설계 이론", Telecommunication, Vol.3, No.7, 1993.
- 6) S.Nisikaki et al., "BaO-TiO<sub>2</sub>-WO<sub>3</sub> Microwave Ceramics and Crystalline BaWO<sub>4</sub>", J.Am. Ceram. Soc., 71(1), C-11-c-17 pp.1988.
- 7) K.C.Gupta, Ramesh Garg and I.J.Bahl, "Microstrip Lines and Slotlines", Artech House, Inc., 1979. ,

## ◇ 著者紹介 ◇



**김 영 달(金榮達)**

1957년 11월 5일생. 1986년 대전공업대학 전기공학과 졸업. 1990년 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 명지대학교 전기공학과

박사과정. 현재 대전산업대학교 근무



**이 헌 용(李憲用)**

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.



**윤 중 락(尹重洛)**

1965년 9월 18일생, 1993년 명지대 공대 전기공학과 졸업(석사). 1992년 8월~1993년 12월 한국과학기술원 세라믹공정실 근무. 1994년~

1996년 한국쌍신전기 선임연구원. 1996년~현재 삼화콘덴서 연구소 주임연구원. 1994년 8월~현재 명지대학교 전기공학과 박사과정



**강 명 식(姜明植)**

1931년 5월 19일생. 1956년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1985년 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1989년~1990년 일본 메이지

대학 교환교수. 1964년~현재 대전산업대학교 전기공학과 교수.