

論文2003-40SD-3-1

이동통신 시스템을 위한 사다리형 표면탄성과 필터의 구현 (Implementation of Ladder Type SAW Filters for Mobile Communication)

李澤周*, 鄭德鎭**

(Taek Joo Lee and Duck Jin Chung)

요 약

본 연구에서는 1-단자 표면탄성과 공진기를 적용한 사다리형 구조 필터에 대한 전극 두께, 공진기의 반사기 하중 및 정적 정전용량비에 따른 주파수 응답특성의 고찰이 이루어졌으며, 최적화된 매개변수를 이용하여 송신 및 수신단용 RF 필터를 제작하였다. 제작된 필터는 800 MHz 대역 이동통신 시스템에 적용 가능하며, 외부회로에 의한 임피던스 정합이 필요하지 않다. 36° LiTaO₃ 압전기판 위에 Al-Cu(W 3 %) 전극을 형성하여 제작하였으며, 3.8mm×3.8mm×1.5mm 세라믹 패키지에 실장되었다. 통과대역(25 MHz)에서의 최소 삽입손실은 2.3 dB, 3-dB 대역폭은 약 33 MHz, 통과대역 리플은 0.5 dB 미만이며, 약 30 dB 이상의 저지대역 감쇄를 확보할 수 있었다. 또한, 제작된 RF 필터의 내전력성 및 온도 변화에 따른 주파수 응답특성 실험을 통해 약 3.5 W의 내전력성과 -20°C~80°C에서 최대 0.09 dB/°C의 3-dB 삽입손실 변화를 측정할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we designed a highly suppressed sidelobe ladder type RF SAW bandpass filter based on 1-port resonator, for 800 MHz mobile communication system. In order to get the highest device characteristics, we optimized some important parameters such as the electrode thickness, electrode lambda weighting of the reflectors, and static capacitance ratio. Furthermore, we fabricated the Tx. and Rx. filter using optimized parameters. Implemented filters can be used in 800 MHz mobile communication system and external impedance matching circuits are not needed. RF filter was fabricated on 36° LiTaO₃ substrates with Al-Cu (W 3 %) and mounted 3.8mm×3.8mm×1.5mm SMD package. Developed filters has 2.3 dB insertion loss in the 25 MHz pass-band, 33 MHz with 3-dB insertion loss, stop-band rejection of 30 dB, passband ripple is less than 0.5. The power durability of the filters measured about 3.5W and the maximum temperature variation within -20°C~80°C was 0.09 dB/°C of 3-dB insertion loss.

Keywords : Ladder type SAW filter, Al-Cu (W 3 %), capacitance ratio, power durability

* 正會員, 仁荷大學校 電子材料工學科

(Dept. of Electronic Materials & Devices Eng., Inha Univ.)

** 正會員, 仁荷大學校 情報通信工學部

(School of Information & Communication Eng, Inha Univ.)

接受日字:2002年2月26日, 수정완료일:2003년3월3일

I. 서 론

최근 이동통신 및 기타 통신 시스템 시장은 전 세계적으로 급격히 팽창하고 있으며, 이동통신 단말기의 소형화 추세에 따라 보다 가볍고, 소형인 부품이 요구되고 있다. 표면탄성과 필터는 이러한 요구조건을 충족시킬 수 있는 중요한 소자로서, 유전체 및 박막 필터 대

신에 많은 분야에서 응용되고 있다.

표면탄성과 필터는 전극구조에 따라 크게 공진기형 및 횡단형(transversal) 필터로 구분할 수 있다. 특히 공진기형 필터의 경우, 횡결합모드 필터^[1], 종결합모드 필터^[2], 사다리형 필터^[3~7] 등으로 나눌 수 있으며, 이동통신 시스템의 IF 필터와 RF 필터로 사용된다. 예를 들어, AMPS, PDC와 같은 협대역 이동통신 시스템에 사용되는 IF 필터의 경우, 낮은 삽입손실과 좁은 통과대역폭이 필요하기 때문에 공진기형 필터의 횡결합모드 필터를 사용한다. 또한, GSM, CDMA 등과 같은 광대역 이동통신 시스템의 듀플렉서 필터 또는 RF 필터의 경우, 낮은 삽입 손실 및 높은 내전력성, 넓은 통과대역이 요구되므로 공진기를 직렬 및 병렬로 접속한 사다리형 구조의 필터를 적용할 수 있으며, 사다리형 필터는 자체적으로 50 Ω 임피던스 정합을 이루도록 설계되기 때문에 외부회로를 연결하는 임피던스 정합이 필요하지 않다^[3~7].

본 연구에서는 AMPS, GSM에 적용 가능한 800 MHz 대역의 사다리형 구조 필터를 설계 및 제작하여 공진기 결합형 필터가 제공하는 낮은 삽입손실, 저지대역 및 통과대역 선택도 등을 결정하는 직렬 및 병렬 공진기의 정전용량비, 빗살형 전극 두께에 따른 주파수 응답특성을 고찰하였다. 또한, 필터의 내전력성 및 온도에 따른 주파수 응답특성을 측정하였다.

II. 공진기를 이용한 사다리형 표면탄성과 필터

사다리형 구조의 표면탄성과 필터는 1-단자 표면탄성과 공진기를 직렬 및 병렬 형태로 연결한 블록을 하나의 단으로 사용한다. 직렬 및 병렬 접속단이 1개일 때, 저지대역 레벨을 10 dB이상 확보하기 어렵기 때문에 여러 개의 단을 연결하여 사다리형 필터를 설계하게 된다. 여기에 사용된 1-단자 공진기는 압전기판 위에 전기적 신호를 표면탄성과로 변환 시켜주는 빗살형 전극 변환기와 공진기 안에서 발생하는 정재파를 집중시키는 두 개의 반사기로 구성되어 있다. 공진 cavity를 형성시키는 두 개의 반사기는 보통 개회로, 폐회로 구조로 구성된다. 일반적으로 폐회로 형태의 반사기는 개회로 형태보다 높은 반사계수를 갖기 때문에 더 좋은 형태로 알려져 있으며, 개회로와 폐회로를 혼합한 개-폐 혼합구조(PNR)를 사용하기도 한다^[7]. <그림 1>

에 1-단자 공진기 및 등가회로 모델을 제시하였으며, 제시된 반사기의 구조는 개회로 구조이다.

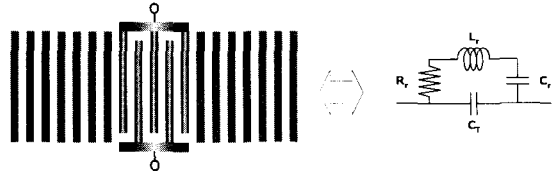


그림 1. 1-단자 공진기의 구조와 등가회로
Fig. 1. Structure of 1-port resonator and it's equivalence circuit.

일반적으로 선택도 Q가 큰 표면탄성과 공진기의 경우, 공진주파수 f_r 은 공진기의 어드미턴스가 최대가 될 때의 주파수이며, 반공진 주파수 f_o 는 어드미턴스가 최소가 될 때이다. <그림 1>에서 사용된 매개변수는 전극쌍의 수가 N_p , 전극쌍 하나의 커패시턴스는 C_s , 단위길이의 전극쌍 하나의 커패시턴스가 C_o , 전극 길이 W 일 때, 다음 식을 통해서 얻을 수 있다^[6~10].

$$C_T = N_p C_s = N_p C_o W \tag{1}$$

$$R_r = 1/G_o(f_o) \tag{2}$$

$$L_r = N_p/4f_o G_o(f_o) \tag{3}$$

$$C_r = 1/4\pi^2 f_o^2 L_r \tag{4}$$

여기서, $G_o(f_o) = 8K^2 f_o C_s N_p^2$ 이며, K^2 는 압전기판의 기계 결합 계수이고, C_o 의 실험값은 LiTaO₃에서 100um 길이의 전극 길이당 약 2×10^{-2} pF 정도이다^[4].

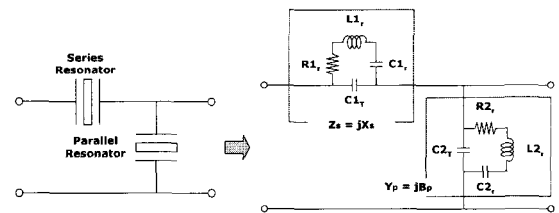


그림 2. 1-단자 공진기를 직렬 및 병렬 접속하여 구성한 사다리형 필터의 기본단 구조

Fig. 2. Basic ladder type filter structure with series- and parallel-connected 1-port resonators.

<그림 2>에 1-단자 공진기를 직렬 및 병렬로 접속하여 사다리형 구조 필터의 기본단을 나타내었다. 일반적으로 선택도 Q가 큰 SAW 공진기의 경우 공진주파

수 f_r 은 공진기의 어드미턴스가 최대가 될 때의 주파수이며, 반공진 주파수 f_a 는 어드미턴스가 최소가 될 때이다. 사다리형 구조 필터를 구성하는 공진기의 공진 주파수와 반공진 주파수는 각각 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} f1_s &= \frac{1}{2\pi\sqrt{L1_r, C1_r}} \\ f2_s &= \frac{1}{2\pi\sqrt{L2_r, C2_r}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} f1_p &= f1_s \left(1 + \frac{C1_r}{2C1_T} \right) \\ f2_p &= f2_s \left(1 + \frac{C2_r}{2C2_T} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

위 식에서 알 수 있듯이, 직렬 및 병렬축의 공진기가 갖는 전극쌍에 의한 정적 정전용량비는 각 공진기에서 공진 및 반공진 주파수를 결정하게 된다. 여기서, 직렬축 공진기의 공진주파수와 병렬축 공진기의 반공진 주파수가 거의 일치하는 부분에서 대역통과 필터의 통과대역을 형성하게 된다. 통과대역을 형성을 설명하기 위해 영상 매개변수법을 적용하면, 직렬축 공진기의 임피던스 ($Z_s = jX_s$)와 병렬축 공진기의 어드미턴스 ($Y_p = jB_p$)라 할 때 복소수 값을 갖는 영상 전달함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tanh(\gamma) = \sqrt{B_p \cdot X_s / (B_p \cdot X_s - 1)} \quad (7)$$

식 (7)에서 $0 < B_p \cdot X_s < 1$ 일 때, 통과대역 특성을 가지며, $B_p \cdot X_s < 0$ 또는 $B_p \cdot X_s > 1$ 일 때, 저지대역 특성을 나타낸다. <그림 2>에서 사다리형 필터의 기본단을 구성하는 공진기의 정적 정전용량 $C1_T, C2_T$ 의 비는 필터의 삽입손실, 통과대역의 평탄도 및 저지대역 억제 특성에 영향을 미치게 되므로, 사다리형 필터의 설계에 있어 trade-off 가 요구되는 부분이다. 따라서, RF 필터의 응용 대역에 따른 주파수 요구조건을 만족하는 범위에서 최적화된 비율을 결정하는 것이 중요하다⁴⁻⁷⁾.

III. 필터의 설계 및 제작

본 연구에서는 800 MHz 대역의 RF필터를 공진기 결합형 사다리 구조를 이용하여 설계하였다. 일반적으로 사다리형 구조의 기본단을 증가시킬수록 필터의 주

파수 응답특성에서 감쇄능이 개선되며, 저지대역의 이상특성이 감소한다^{8,9)}. 그러나, 기본단을 증가시키면 전체 소자의 크기가 커지므로 실제 사다리형 구조의 설계에서는 기본단과 T-형 구조 및 π -형 구조를 적절히 구성하여 설계한다. <그림 3>에 본 연구에서 적용한 T-형 구조 및 π -형 구조를 제시하였다. 기본단 및 T-형 구조 및 π -형 구조를 형성하는 직렬 및 병렬축 1-단자 공진기는 각각 다르게 설계되며, 같은 구조가 반복될 경우 설계에 적용되는 매개변수는 동일하다.

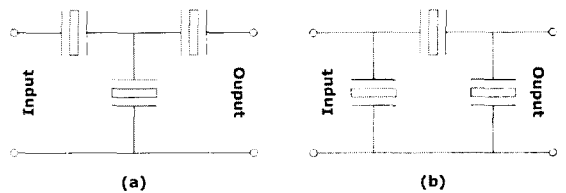


그림 3. 제작된 필터에 적용된 기본 구조 (a) T-형 구조 (b) π -형 구조

Fig. 3. Basic structure of implemented filter (a) T-type structure (b) π -type structure.

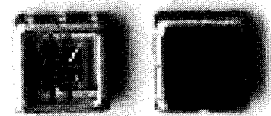


그림 4. SMD 패키지에 실장된 SAW 필터
Fig. 4. Mounted SAW filter on SMD package.

일반적으로 기계결합계수가 큰 압전기판은 넓은 대역폭 형성에 용이하므로, 본 연구에서는 이동통신 응용에 적합한 25 MHz 이상의 넓은 대역폭을 구현하기 위해 기계결합계수 $K^2 = 0.047$, 온도계수가 35 ppm/°C 인 36° LiTaO₃ (36 LT) 압전기판에 DC 스퍼터링법으로 박막 전극을 증착시켰다. 증착에 사용된 스퍼터 타

갯은 빗살형 전극변환기(IDT)의 내전력성을 향상시켜 필터의 내구성을 개선하기 위해 Al-Cu (W 3 %) 합금을 사용하였으며, 전극의 두께에 따른 주파수 응답특성을 고찰하기 위해 3500 Å, 4000 Å, 4500 Å 등으로 실험하였다. 증착된 박막은 빗살형 전극변환기의 형성을 위해 RIE(Reactive Ion Etching)를 이용하여 식각하였다. 식각 공정이 완료된 기판은 패키지 공정을 위해 개개의 칩을 절단한 후 SMD 패키지에 Al 와이어로 본딩한 후 seam welding 장비를 이용하여 봉합하였다. 사용된 SMD 패키지는 3.8×3.8×1.3 mm이며, <그림 4>에 seam welding 봉합 전후의 RF 필터를 제시하였다.

IV. 제작된 RF 필터의 주파수 응답특성 고찰

1. 사다리형 필터의 정전용량비에 따른 주파수 응답 특성

앞에서 간단히 언급했듯이 직렬 및 병렬 공진기의 정적 정전용량은 사다리형 필터의 통과대역 및 저지대역 응답 특성과 필터 전체의 임피던스 값에 영향을 주게 된다. 직렬 공진기에 대한 병렬 공진기의 빗살변환기 정적 정전용량 비율이 감소할수록 통과대역폭은 증가하지만, 저지대역 특성이 급격히 열화된다. 또한, 정전용량비를 증가시키면 통과대역폭이 감소하는 대신 필터의 형상인자가 개선되는 장점이 있다. 본 연구에서

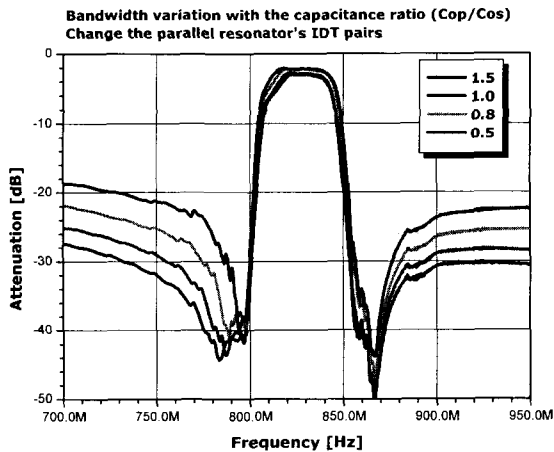


그림 5. 정전용량비에 따른 주파수 응답특성 (전극쌍의 개수 변화)

Fig. 5. Frequency response characteristics as a function of capacitance ratio (change with number of electrode pairs).

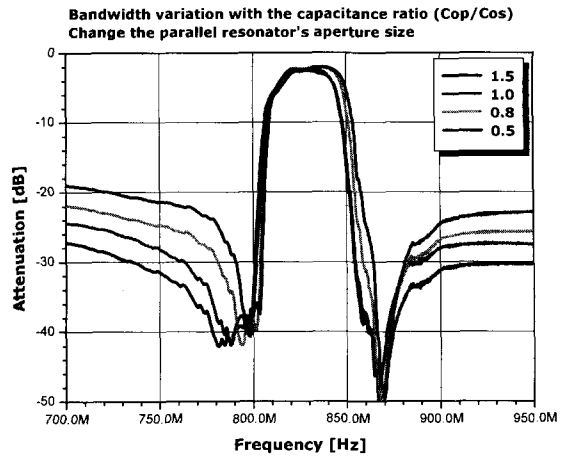


그림 6. 정전용량비에 따른 주파수 응답특성 (전극길이 변화)

Fig. 6. Frequency response characteristics as a function of capacitance ratio (change with electrode aperture size).

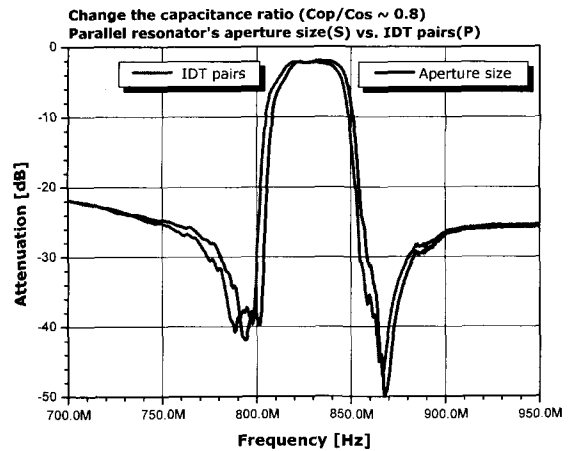


그림 7. 전극길이와 전극쌍 개수의 변화에 따른 주파수 응답특성(정전용량비 : 0.8)

Fig. 7. Characteristic of frequency response with electrode aperture and number of electrode pairs change (capacitance ratio : 0.8).

는 정적 정전용량비를 조절하기 위해 첫째, 빗살 변환기의 전극쌍의 수를 변화시키는 방법과 둘째, 전극의 길이를 변화시키는 방법을 사용하였다. <그림 5>, <그림 6>에 정전용량비를 변화시키는 방법에 따른 주파수 응답특성을 제시하였으며, 적용된 정전용량비는 각각 1.5, 1.0, 0.8, 0.5이다. 본 연구에서는 형상 인자(shape factor), 저지대역 감쇄특성 및 공정조건을 고려하여 정전용량비를 0.8 또는 1로 설계하여 제작하였으며, <그림 7>에 정전용량비가 0.8일 경우 전극길이와 전극쌍

개수의 변화에 따른 주파수 응답특성을 비교하여 제시하였다. 비교실험 결과 공진기의 빗살변환기 전극 길이를 변화시키는 것보다 전극쌍의 개수를 변화시키는 것이 형상인자가 우수한 것을 알 수 있었다.

2. 공진기의 반사기 하중에 따른 필터의 주파수 응답 특성

사다리형 구조의 필터는 저주파 및 고주파 쪽의 저지대역에서 불필요한 peak에 의한 이상응답특성이 발생하는 단점이 있다. 이것은 공진기의 양쪽에 위치한

반사기의 반사계수와 공진기를 이루는 빗살변환기의 전극두께에 의한 영향으로써, 직렬 및 병렬축 공진기의 반사기 하중을 변화시키거나 최적화된 전극두께를 적용하여 해결할 수 있다.

본 연구에서는 직렬축 공진기와 병렬축 공진기의 반사기에 하중을 변화시켜 RF 필터의 전체적인 주파수 응답을 고찰하였다. 직렬축 및 병렬축 공진기의 하중을 변화시켜 제작된 필터의 주파수 응답특성을 각각 <그림 8>, <그림 9>에 제시하였다.

제작된 필터의 주파수 응답특성 결과, 직렬 및 병렬축 공진기의 반사기 하중을 증가시키면 저주파 및 고주파 부분의 이상 응답이 줄어드는 것을 알 수 있다. 반대로 반사기의 하중을 감소시키면, 즉 반사기 전극을 IDT 보다 작게 하면 저지대역의 이상응답 뿐만 아니라, 저주파 및 고주파 대역의 삽입손실이 증가하는 것을 알 수 있다. 공진기에서 반사기가 IDT보다 크게 설계되었을 경우, 삽입손실은 감소하지만 전체적인 형상인자가 약간 나빠진다. <그림 8>에서, 직렬축 공진기의 반사기 하중이 병렬축 공진기 반사기 하중보다 클 경우, 필터의 전체적인 응답특성이 우수하며, 저지대역의 고주파 쪽에서 발생하는 peak의 크기 또한 감소한다. <그림 9>에서, 병렬축 공진기의 반사기 하중이 직렬축 공진기의 경우보다 클때는 전체적인 형상인자가 나빠지며, 저지대역의 이상응답특성이 발생하여 전체적인 필터의 주파수 응답특성을 열화시키는 것으로 측정되었다. 그러나, 병렬축 공진기의 반사기 하중을 증가시켜 통과대역폭을 넓힐 수 있으므로 직렬축 공진기 및 병렬축 공진기의 반사기 하중을 최적화하는 것이 중요하다.

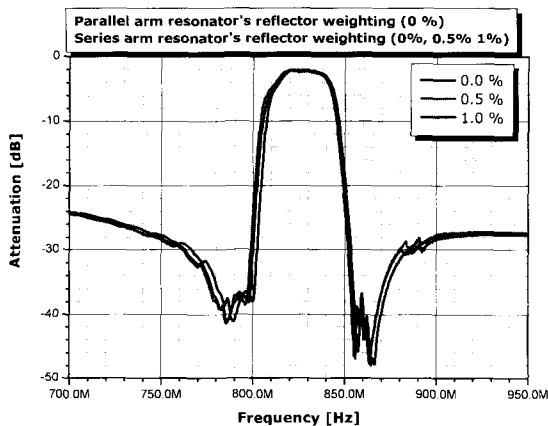


그림 8. 직렬축 공진기의 반사기 하중에 따른 주파수 응답특성

Fig. 8. Frequency response characteristics as a function of reflector weighting in the series resonator.

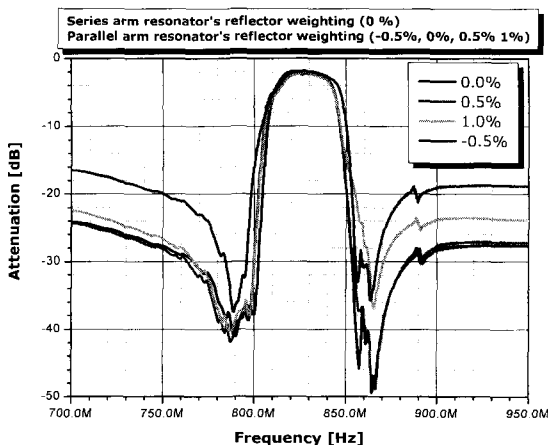


그림 9. 병렬축 공진기의 반사기 하중에 따른 주파수 응답특성

Fig. 9. Frequency response characteristics as a function of reflector weighting in the parallel resonator.

3. 사다리형 필터의 전극 두께에 따른 주파수 응답특성

사다리형 구조의 필터를 구성하는 공진기는 전극의 두께에 따라 공진 주파수와 반공진 주파수가 변화하게 된다. 일반적으로 중심주파수가 낮은 IF 필터의 경우 전극의 두께와 탄성표면파의 파장은 약 $h/\lambda < \sim 1\%$ 이므로, 전극의 반사 및 mass loading 효과를 무시해도 무방하다. 하지만, 저손실 RF-전단 대역통과 필터의 경우는 $h/\lambda > 1\%$ 으로 빗살변환기 전극쌍에 의한 반사 및 mass loading을 고려해야 할 필요가 있다. 전극의 두께가 증가하면 필터의 표면탄성파의 전파속도가 감소하고, 따라서 전기 기계적 결합계수(K^2)가 커지므로 필터의 통과대역폭이 증가하게 된다^[5]. 또한, 전극의 두께와 파장의 비가 낮을 경우($h/\lambda < \sim 1\%$)는 반사에 의

해 저지대역에서 이상 응답특성(spurious response)이 발생하게 된다. <그림 10>은 전극 두께에 따른 필터의 주파수 응답특성을 측정된 것이다. 전극의 두께가 작을수록 통과대역의 평탄도가 나빠지며 고주파 쪽에 이상 응답특성이 발생하고, 전극의 두께가 증가하면 통과대역의 평탄 특성 및 저지대역의 주파수 응답 특성이 개선됨을 알 수 있다. 전극의 두께를 증가시킬수록 우수한 평탄 특성을 얻을 수 있으나, 공정상의 어려움과 필터의 삽입손실이 증가하기 때문에 최적화된 두께를 선택하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 제작된 필터의 주파수 응답특성을 분석하여, 36° Y-X LiTaO₃ (36 LT) 압전기판 위에 Al-Cu (W 3 %) 전극을 형성할 때, 약 4300 Å의 최적화된 전극두께를 얻을 수 있었다.

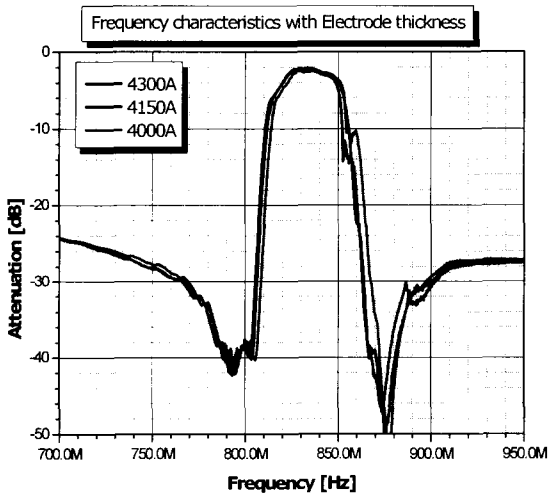


그림 10. 전극두께에 따른 필터의 주파수 응답 특성
Fig. 10. Frequency response characteristics of filter with electrode thickness variation.

4. 사다리형 필터의 내전력성 및 온도 특성 고찰

본 연구에서는 사다리형 필터의 내전력성 및 온도에 따른 주파수 응답특성을 제작된 RF 필터를 이용하여 측정하였다. 먼저, 제작된 RF 필터의 내전력성을 측정하기 위해 <그림 11>과 같이 측정 장비를 구성하였으며, RF GEN. 40 dBm을 입력시키고, directional coupler를 통한 출력으로 측정하였다. 측정에 이용한 필터는 중심주파수는 836.5 MHz이며, 필터의 최소 삽입손실은 2.05 dB이다. 먼저, RF 필터에 직접 입력되는 전력을 2시간씩 측정한 후 증가시키면서 소자의 손상 여부를 측정하였으며, 약 37 dBm 정도의 전력이 입력되었을 경우에도 소자의 손상이 발생하지 않았고, 주파

수 응답특성 또한 측정 전후 동일한 특성을 보였다. 내전력성 실험의 측정 결과를 <그림 10>에 제시하였다. <그림 12>에서 예측값과 측정값의 차이가 발생하는 이유는 전력 증폭기의 발열과 1-dB 억제점에서 발생하는 이득값의 차이에 의한 것으로 사료된다. 보다 정확한 측정이 이루어진다면, 제작된 RF 필터가 견딜 수 있는 입력 전력은 약 35 dBm~37 dBm(3.5 W~5 W) 정도로 예측할 수 있다. 두 번째로, 약 37 dBm의 입력 전력을 RF 필터에 직접 입력시키고 최소 48 시간 이상 측정해 보았을 경우에도 주파수 응답특성이 변화하지 않았으며, 필터의 전극 손상은 발생하지 않았다.

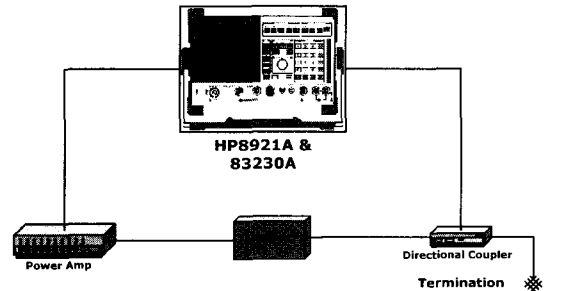


그림 11. 제작된 RF 필터의 내전력성 실험을 위한 구성도
Fig. 11. Schematic diagram for power durability experiment of manufactured RF filter.

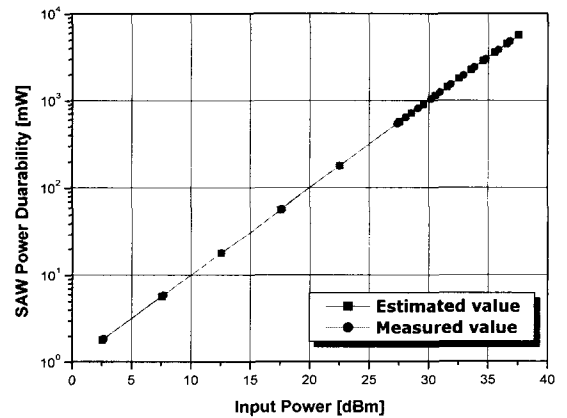


그림 12. 제작된 필터의 내전력성 실험 결과
Fig. 12. Experimental results of power durability test for manufactured filter.

온도에 대한 필터의 주파수 응답특성을 측정하기 위해, RF 필터의 동작 환경을 -20°C~80°C까지 변화시키면서 필터의 3-dB 중심주파수, 3-dB 대역폭, 3-dB 삽입손실 변화를 실험하였으며, <그림 13>에 실험 결과

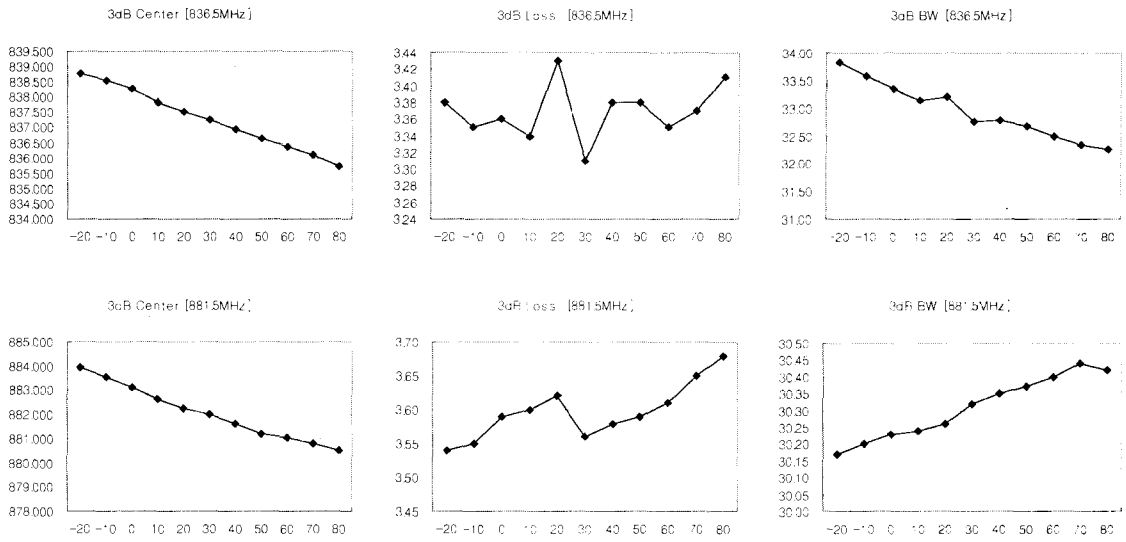


그림 13. 제작된 필터의 온도 특성 실험 결과

Fig. 13. Experimental results of temperature characteristics for manufactured filter.

를 제시하였다. LiTaO₃ 압전기판의 경우 온도 변화에 따른 삽입손실은 기판의 절단방향에 따라 최대 1.5 dB 까지 변화하며^[11], 본 연구에서 적용된 36° LiTaO₃ 기판의 경우는 거의 변화하지 않는다. 실험 환경에서 3-dB 삽입손실의 변화는 최대 0.09 dB/°C이며, 온도의 변화에 따라 중심주파수 및 대역폭은 선형적인 특성을 보인다. 반면, 동작 주파수에 따라 상반된 대역폭의 변화는 향후 자세한 분석이 요구된다.

5. 이동통신용 송/수신단 RF 필터의 주파수 응답특성

일반적으로 안테나 단 뒤쪽에 위치하는 RF 필터의 경우 임피던스 정합회로 없이 직접 연결되므로, 필터의 특성 임피던스는 50 Ω을 만족해야 한다. 또한, 송신 및 수신 대역간의 선택도를 증가시키기 위해서는 각각의 통과대역에서 상반된 대역필터의 저지대역이 30 dB 이상 확보되어야 한다. <표 1>에 제작된 RF 필터의 저지

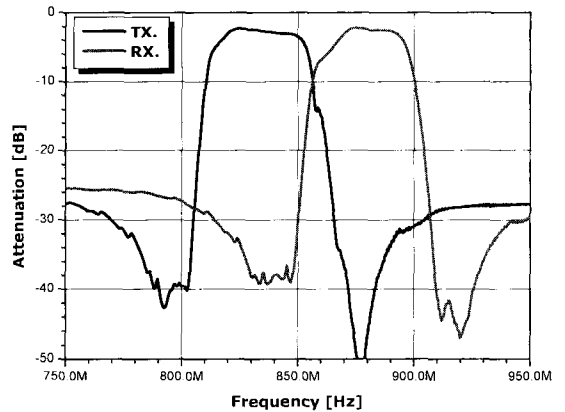


그림 14. 개별 소자로 제작된 송/수신단용 RF 필터의 주파수 응답특성

Fig. 14. Frequency response characteristics of RF filter for transmitter/receiver stage.

표 1. 송신 및 수신단용 RF 필터의 특성

Table 1. Characteristics of RF filter for transmitter and receiver stage.

Model	Frequency	824[MHz]	849[MHz]	869[MHz]	894[MHz]
M1	S21 [dB]	-2.2851	-3.2809	-35.34	-31.486
	VSWR	1.4343	1.6823	6.8484	14.555
M2	S21 [dB]	-32.725	-35.375	-3.4523	-3.36
	VSWR	16.108	8.251	2.3624	1.1741

대역 및 통과대역 특성을 제시하였다. 통과대역에서 리플은 0.5 dB 미만이며, 3-dB 대역폭은 약 33 MHz, 최소 삽입손실은 -2.3 dB이다. M1과 M2는 각각 송신 및 수신용 RF 필터의 통과대역 특성을 가지고 있으며, 제작된 필터는 외부회로에 의한 임피던스 정합이 필요하지 않다. <그림 14>는 개별 소자로 제작된 송신 및 수신단용 RF 필터의 주파수 응답을 네트워크 측정장비 (HP8753D)로부터 출력하여 정리한 결과이다. 각각의 RF 필터는 통과대역에서 30 dB 이상의 저지대역 감쇄

를 확보하고 있으나, 선택도를 향상시키기 위해서는 보다 큰 저지대역 감쇄를 제공해야 하며, 삽입손실을 보다 개선해야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

일반적으로 설계되는 횡단형(transversal) 형태의 표면탄성과 필터의 특성은 매우 우수한 필터 특성을 가지고 있음에도 불구하고, 필터가 갖는 낮은 내전력성으로 인하여 RF 필터의 적용에는 적합하지 않은 단점을 가지고 있다. 따라서, 내전력성을 고려한 공진기 결합형 사다리형 구조의 필터를 채택하여 이동통신용 RF 필터를 제작하여 특성을 고찰하였다.

본 연구에서는 사다리형 구조 필터의 전극 두께, 공진기의 반사기 하중 및 정적 정전용량비에 따른 주파수 응답특성에 대한 실험이 이루어졌으며, 최적화된 매개변수를 이용하여 송신 및 수신단용 RF 필터를 제작하였다. 또한, 제작된 RF 필터의 내전력성 및 온도 변화에 따른 주파수 응답특성 실험을 통해 약 3.5 W의 내전력성과 $-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 에서 최대 0.09 dB/ $^{\circ}\text{C}$ 의 3-dB 삽입손실 변화를 측정할 수 있었다. 제작된 송신 및 수신단용 RF 필터의 중심주파수는 각각 836.5 MHz, 881.5 MHz 이며, 통과대역(25 MHz)에서의 최소 삽입손실은 2.3 dB, 3-dB 대역폭은 약 33 MHz, 통과대역 리플은 0.5 dB 미만이며, 약 30 dB 이상의 저지대역 감쇄를 확보할 수 있었다. 또한, 제작된 RF 필터는 외부 회로에 의한 임피던스 정합이 필요 없으며, 3.8mm \times 3.8mm \times 1.5mm SMD 패키지에 실장되었다. 따라서, 이동통신 시스템의 안테나단 후반에 위치하는 RF 필터로서의 기능을 충분히 수행할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 삽입손실, 통과대역 평탄도 및 저지대역 감쇄를 개선하기 위해 절단 방향이 다른 압전기판 재료와 빗살형 전극 및 반사기를 형성하는 합금 재료에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Tanaka, T. Morita, K. Ono and Y. Nakazawa, "Narrow bandpass filter using double-mode SAW resonators on quartz", in Proceedings of the 38th Annual Frequency Control Symposium, pp. 286~293, 1984.
- [2] T. Morita, Y. Watanabe, M. Tanaka and Y. Nakazawa, "Wideband low loss double mode SAW filters", in Proceedings of the IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 95~104, 1992.
- [3] O. Ikata, T. Miyashita, T. Matsuda, T. Nishihara and Y. Satoh, "Development of low-loss band-pass filters using SAW resonators for portable telephones", 1992 IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM PROCEEDINGS, pp. 111~115, 1992.
- [4] Y. Satoh, O. Ikata, T. Matsuda, T. Miyashita, and T. Nishihara, "Resonator-type low-loss filters", Proc. Int. Symp. SAW Devices for Mobile Comm., pp. 179~185, 1992.
- [5] T. Matsuda, H. Uchishiba, O. Ikata, T. Nishihara and Y. Satoh, "L and S band low-loss filters using SAW resonators", IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 163~167, 1994.
- [6] M. Hikita, H. Kojima, T. Tabuchi, and Y. Kinoshita, "800MHz high performance SAW filter using new resonator configuration", IEEE Trans. Microwave Theory Tech. MTT-17, pp. 510~518, 1985.
- [7] M. Takeuchi and K. Yamanouchi, "New type of SAW reflectors and resonators consisting of reflecting elements with positive and negative reflection coefficients", IEEE Tran. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, Vol. UFFC-33, No. 4, pp. 369~374, July, 1986.
- [8] Colin K. Campbell, Surface acoustic wave devices, Academic-Press, pp. 289~291, 1998.
- [9] 이택주, 권희두, 정덕진, "800MHz 대역 이동통신 단말기용 듀플렉서의 설계 및 분석", 대한전자공학회 하계 종합학술대회, 제 24권 제 1호, pp. 245~248, 2001
- [10] 양형국, 조현민, "표면탄성과 필터를 이용한 800MHz 대역용 듀플렉서 제작", 대한전자공학회 하계 종합학술대회, pp. 367~370, 1998
- [11] 僑本 研也, 彈性表面波 デバイス シミュレーション 技術入門, 株式會社 リアライズ社, pp. 175~204, 1997.

저 자 소 개



李澤周(正會員)

1997년 인하대학교 전자재료공학과 졸업(공학사). 1999년 인하대학교 전자재료공학과 석사. 1999년~현재, 인하대학교 전자재료공학과 박사과정. <주관심분야 : SAW 필터 설계, 무선통신 및 신호처리 집적회로설계>



鄭德鎭(正會員)

1970년 서울대학교 전자공학과 학사. 1984년 Utah State University (석사) (Electrical Eng.). 1988년 Utah State University (공학박사) (Electrical Eng.). 1989년~현재 인하대학교 정보통신공학부 교수. <주관심분야 : VLSI, 무선통신 및 신호처리 집적회로설계, 신경회로망 설계, 저전압/저전력 집적회로설계>