

표면탄성과 필터를 이용한 800 MHz 대역용 듀플렉서 제작

양형국, 조현민, 박종철
전자부품종합기술연구소 부품연구 3팀
경기도 평택시 진위면 마산리 455-6
yanghk@nuri.keti.re.kr

Fabrication of 800 MHz Band Duplexer Using SAW Filters

Hyung Kook Yang, Hyun Min Cho, Jong Chul Park
Korea Electronics Technology Institute
455-6 Masan-Ri JinWi-Myon PyungTaek KyungGi
yanghk@nuri.keti.re.kr

요약

A hybrid-integrated SAW(Surface Acoustic Wave) duplexer including transmitter(Tx) filter, receiver(Rx) filter and antenna terminal has been studied. The prototype duplexer was designed for CDMA system application in the 800 MHz-band. Ladder type SAW filters consisting of one port SAW resonators were integrated on a epoxy substrate to demonstrate the feasibility of antenna duplexer. In order to perform the duplexing function, a strip line for impedance transformation with length of $\lambda/4$ was inserted at Rx path. The fabricated duplexer has an insertion loss of 3.0 dB at Tx path and 3.7 dB at Rx path. The attenuation has more than 40 dB.

일환으로 SAW 듀플렉서가 연구되고 있다. SAW 기술을 듀플렉서에 응용하기 위해서는 우선 저손실, 무조정 및 내전력성을 개선하는 것이 필요하다. SAW 필터를 이용한 저손실 및 소형 듀플렉서에 대한 전극구조[1, 2]가 발표된 적이 있으나 임피던스 정합을 위해 칩 부품을 사용하는 단점이 있다.

본 논문에서는 정합회로를 사용하지 않는 듀플렉서를 구현하기 위해 저손실 표면탄성과 필터를 이용, CDMA방식의 800 MHz 대역 듀플렉서를 제작하였다. 송신 및 수신단 필터는 SAW 공진기로 구성된 사다리(Ladder)형 구조로 설계하여 일반적인 반도체 사진식각공정으로 36° Y-X LiTaO₃ 압전기판에 박막전극을 증착시켜 제작하였다. 제작된 송, 수신단 필터를 사용하여 수신단에 임피던스 정합용 전송선로를 삽입시켜 듀플렉서 특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

I. 서론

최근 이동통신기기의 소형, 경량화가 급속히 추진되는 추세에 따라 단말기에 사용되는 부품의 소형화가 필수적으로 요구되고 있다. 그중 표면탄성파(SAW) 필터는 우수한 특성을 가지면서 대량생산에 따른 저가격화, 소형화 및 경량화가 가능하여 단말기의 RF단 및 IF단 필터로 현재 사용되고 있다. 단말기의 송수신 신호를 분리, 여파하는 듀플렉서의 경우, 아직도 비교적 부피가 큰 유전체를 사용하고 있으나 최근 소형화의

II. 필터 설계 및 제작

1. SAW 공진기

1-port SAW 공진기는 그림 1(a)에서와 같이 압전기 판상에 전기적 신호를 표면탄성파로 여기시키는 빗살형 전극변환기, IDT(interdigital transducer)가 있고 양쪽으로 표면파를 집중시키는 반사기로 구성되어 있다. 그리고 공진기의 전기적 등가회로는 그림 1(b)에 나타난 것과 같다. 등가회로상의 각각의 회로정수는 IDT 전극수 N_t , 전극구경 W , 그리고 기판의 유전상수등에 따라 결정되는데 이들의 관계식은 IDT 내부의 반사각

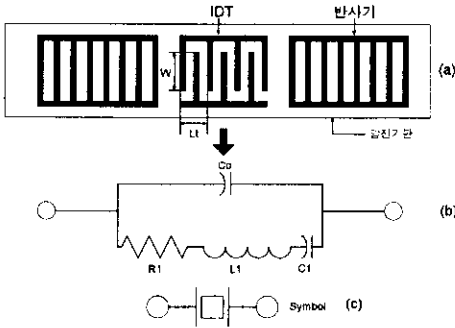


그림 1. 1-port SAW 공진기 구조 및 등가회로도

없음을 가정하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다 [3].

$$C_o = N_i C_s W \quad (1)$$

$$L_1 = N_i / 4 G_o f_r \quad (2)$$

$$C_1 = 8k^2 C_o W N_i / \pi^2 \quad (3)$$

$$G_o = 8k^2 f_r W C_o N_i^2 \quad (4)$$

여기서 C_s 는 기판의 유전상수이고 k^2 는 기판의 기계결합계수이다.

회로정수값을 이용하여 공진기의 공진주파수 f_r 와 반공진주파수 f_a 는 다음과 같은 식으로 주어진다[3].

$$f_r = 1 / (2\pi\sqrt{L_1 C_1}) \quad (5)$$

$$f_a = 1 / [2\pi\sqrt{L_1(C_o C_1) / (C_o + C_1)}] \quad (6)$$

2. SAW 필터 설계 및 제작

본 연구에서는 듀플렉서의 송신 및 수신단 필터를 구현하기 위해 1-port SAW 공진기를 그림 2와 같이 3개의 단위(section) 사다리(Ladder)형으로 구성된 필터구조로 설계를 하였다.

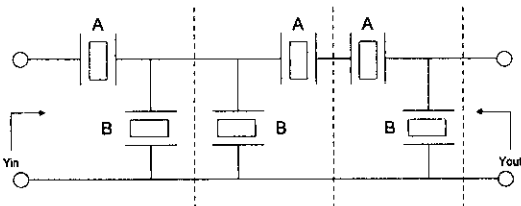


그림 2. 1-port SAW 공진기로 구성된 3-Section Ladder 필터 구조

사다리형 필터의 통과대역은 직렬접속 공진기의 공진주파수 f_{rs} 와 병렬접속 공진기의 반공진주파수 f_{ap} 의

차에 의해 결정된다[4]. 따라서 직렬과 병렬접속 공진기 등가회로의 회로정수와 전극주기(L_i)를 송, 수신단 필터의 사양에 맞게 최적화하였다. 그리고 CDMA 방식인 25 MHz 대역의 광대역폭을 구현하기 위해 기계결합계수가 약 7.5 %로 크고 온도계수가 -30 ppm/K로 다소 낮은 36° Y-X LiTaO₃ (36LT) 기판을 압전기판으로 사용하였다. CDMA 방식의 송신대역 824 - 849 MHz와 수신대역 869 - 894 MHz을 가지는 필터의 설계에 사용된 직렬과 병렬 공진기 전극 파라미터를 표 1에 나타내었다. 필터의 직렬 공진기(A)와 병렬 공진기(B)는 각각 동일한 공진기를 사용하였으며 패키지에 의한 wire 인덕턴스와 기생 커패시턴스 성분을 고려하여 최종 필터 특성을 시뮬레이션 하였다.

표 1. 송신 및 수신단 ladder 필터 설계 제원

파라미터	송신필터		수신필터	
	A	B	A	B
전극수 [Pair]	130	60	120	80
전극구경 [μm]	70	110	55	110
반사기수 [개]	150	150	150	150
전극주기 [μm]	4.72	4.82	4.52	4.62

설계된 필터는 일반적인 반도체 사진식각공정을 사용하여 패턴을 제조하였다. IDT 전극은 DC Sputtering법으로 Cu가 2% 첨가된 Al을 36LT기판에 약 3000Å 두께로 증착한 후 IDT 선폭 약 1 μm 를 구현하기 위해 RIE(Reactive ion etching)로 건식식각하여 제조하였다. 제조된 송신 및 수신단 필터의 칩은 3.8 x 3.8 mm²의 세라믹 패키지에 실장하였다. 제작된 필터는 그림 3에 나타내었다.

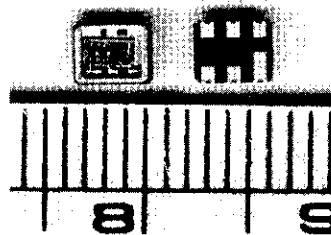


그림 3. 세라믹 패키지에 실장된 SAW 필터 사진

제작된 Ladder형 SAW 필터의 주파수 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer : HP8753D)로 측정하였다. 그림 4는 송신필터의 설계치와 측정치를 비교한

그림이다. 송신대역 824 - 849 MHz를 갖는 송신필터의 설계치와 측정치가 잘 일치하였다. 송신 필터의 삽입손실은 2.1 dB이고 대역폭은 25 MHz이며, 수신대역(869 MHz - 894 MHz)에서의 감쇠량은 최소 40 dB와 최대 45.7 dB로 듀플렉서에 사용될 충분한 감쇠 특성을 나타내었다. 수신 필터의 경우도 측정된 주파수만 다를뿐 결과는 송신 필터와 비슷한 특성을 보였다.

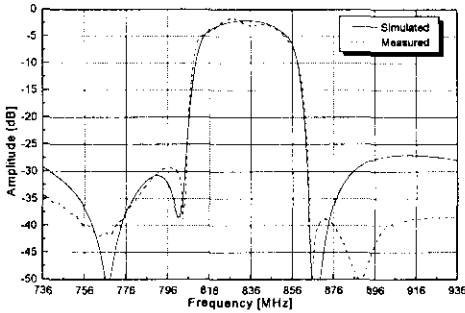


그림 4. 송신 필터의 설계치와 측정치 주파수 특성

III. 듀플렉서 제작

본 연구에서는 위에서 제작된 송신 및 수신단 필터를 이용하여 듀플렉서를 제작하기 위하여 PCB상에서 듀플렉싱 회로를 구현하여 그 특성을 측정하였다.

그림 5는 송신과 수신필터를 직접 연결하여 측정된 듀플렉서 주파수 특성이다. 그림에서 보면 수신 필터의 송신대역 감쇠량이 충분하지 않고 송신단 주파수 특성에서 손실이 증가하며 대역특성을 보이지 않는 결과를 나타내었다. 이는 송신대역 주파수에서의 수신 필터의 임피던스가 송신필터보다 충분히 크지 못하여 안테나단과 송신필터간에 임피던스 정합 조건이 바뀌어진 때문으로 해석된다.

따라서 본 연구에서는 그림 6에 나타낸 개략도와 같이 안테나단과 수신단 필터 사이에 전송선로를 삽입하여 수신필터의 송신대역 임피던스를 변화시킴으로서 듀플렉서의 주파수 특성에 미치는 영향을 살펴보았다. 전송선로가 포함된 SAW 듀플렉서 형태는 그림 7에 나타낸 것과 같다.

그림 7의 임피던스 정합용 전송선로가 포함된 듀플렉서는 유전율 4.8인 PCB 기판으로 제작하였다. 전송선로의 길이(T1 - T3)는 MDS(microwave design system)로 설계를 하였다. 임피던스 변환용 전송선로는 안테나단과 수신단 사이에 길이(T1)가 중심주파수

의 $\lambda/4$ 인 약 4 cm정도로 설계하였다. 제작된 SAW 듀플렉서를 측정한 결과를 그림 8에 나타내었다. 송신단의 삽입손실은 3.0 dB이고 수신단의 삽입손실은 3.7 dB였다. 그리고 저지대역 감쇠량은 40 dB 이상이었다.

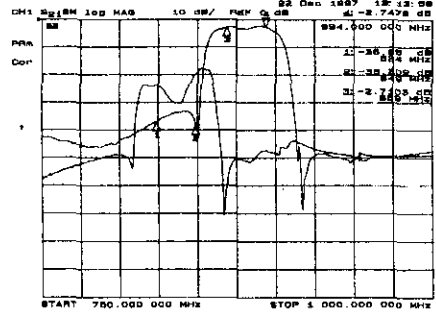


그림 5. 송신필터와 수신필터만을 사용하여 측정된 SAW 듀플렉서 주파수 특성

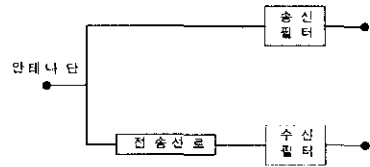


그림 6. SAW 듀플렉서 개략도

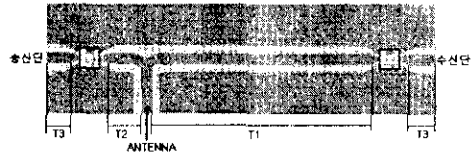


그림 7. SAW 듀플렉서 형태

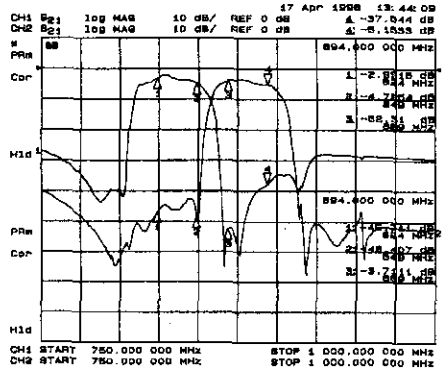


그림 8. 전송선로가 포함된 SAW 듀플렉서 주파수 특성

그러나 듀플렉서의 송신단과 수신단의 삽입손실은 송, 수신 필터를 개별로 측정하였을 때 보다 약 1.0 dB 이상 증가하였다. 이는 듀플렉서 전송선로 패턴에 의해 발생하는 손실로 생각된다. 수신 및 송신단 필터만을 특정한 결과와 듀플렉서에서 수신 및 송신대역 특성을 각각 비교한 것을 그림 9와 10에 나타내었다. 듀플렉싱후 그림에서 보듯이 삽입손실이 증가하였고 통과대역 상단에서 왜곡이 발생하였다. 이는 그림 7의 듀플렉서 패턴에서 안테나단과 송, 수신단 사이에 연결되는 전송선 T1과 T2의 최적화를 통해 개선될 수 있을 것이다. 그러나 송신단과 수신단의 저지대역 특성은 40 dB 이상으로 우수한 특성을 보였다. 추후 정합선로를 개선하고 두 개의 송, 수신단 필터를 패키지 하나에 실장하면 기존 유전체 듀플렉서보다 더 소형화된 듀플렉서를 구현할 수 있을 것이다.

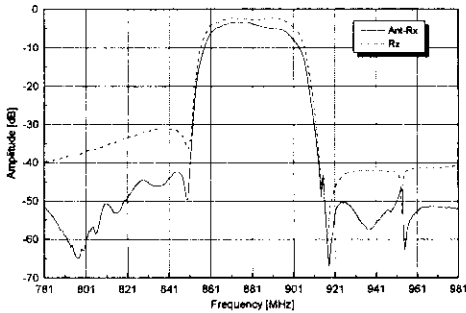


그림 9. 수신용 필터와 듀플렉서 수신대역 특성 비교 (듀플렉서 수신단 —, 수신필터 ---)

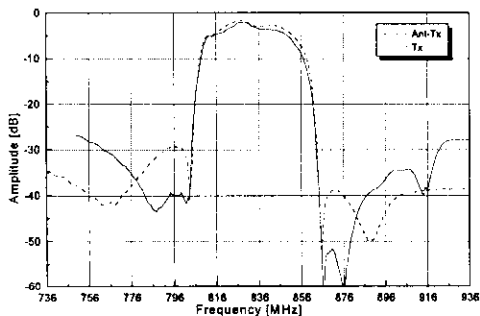


그림 10. 송신용 필터와 듀플렉서 송신대역 특성 비교 (듀플렉서 송신단 —, 송신필터 ---)

IV. 결론

본 논문에서는 정합회로를 사용하지 않는 듀플렉서를 구현하기 위해 저손실 표면탄성과 필터를 이용, CDMA방식의 800 MHz 대역 듀플렉서를 제작하였다. 송신 및 수신단 필터는 SAW 공진기로 구성된 사다리(Ladder)형 구조로 설계하여 일반적인 반도체 사진식각공정으로 36° Y-X LiTaO₃ 압전기판에 박막전극을 증착시켜 제작하였다. 제작된 송신 및 수신단 필터의 주파수 특성은 설계치와 측정치가 잘 일치하였다. 제작된 송, 수신단 필터를 사용하여 안테나단과 수신단 사이에 $\lambda/4$ 길이의 임피던스 정합용 전송선로를 삽입시켜 듀플렉서 특성을 측정한 결과 3.0 dB 송신대역 삽입손실과 3.7 dB 수신대역 삽입손실 그리고 40 dB 이상의 저지대역 감쇠특성을 보였다. 결론적으로 본 연구에서는 임피던스 정합용 회로 부품을 사용하지 않고 저손실 SAW 필터를 이용 듀플렉서 구현 가능성을 확인하였다.

* 본 연구는 97년도 정보통신부 국책기술 개발사업중 이동통신 핵심부품 개발사업의 연구결과임.

참고문헌

- [1] M. Hikita, N. Shibagaki, K. Sakiyama and K. Hasegawa, "Design Methodology and Experimental Results for New Ladder-Type SAW Resonator Coupled Filters", *IEEE Trans. on UFFC*, vol. 42, no. 4, pp. 495-508, 1995.
- [2] M. Hikita and T. Tabuchi, "SAW Filters Applicable to High-Power Comparison between IIDT-Type and SAW Resonator Coupled Filters", *Proc. Int. Symp. SAW Devices for Mobile Comm.*, pp. 105-112, 1992.
- [3] S. Datta, *Surface Acoustic Wave Devices*, Prentice-Hall, p. 225, 1986.
- [4] T. Matsuda, H. Uchishiba, O. Ikita, T. Nishihara and Y. Satoh, "L and S Band Low-Loss Filters Using SAW Resonators", *Proc. 1994 IEEE Ultrason. Symp.*, pp. 163-167, 1994.