시뮬레이터를 이용한 대역통과 필터 제작

A Study on the Fabrication of Bandpass Filter Using a Simulator

유 일 현*
(Il Hyun You*)

※ 이 논문은 1998년도 세명대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임

요 약

낮은 형상요소를 갖는 표면탄성파 대역통과 필터의 주파수 특성을 구현하기 위하여 35° Y-X Quartz 표면에 빗살무늬 변환기를 형성시켜 모의실험을 수행하였으며, 전극재료로는 Al을 이용하였다. 이 모의실험에서 얻은 조건들로부터 필터를 설계하였으며, 필터의 입력단에는 apodization weighted형 빗살무늬 변환기를 이용하고, 출력단에는 withdrawal weighted형 빗살무늬 변환기로 필터를 구성하였다.

또한, 입·출력 빗살무늬 변환기의 전극 수는 리플의 영향을 최소화하기 위해 Kaiser-Bessel 창함수를 이용하였으며, 각각 2200쌍과 1000쌍으로 하였다. 그리고, 빗살무늬 변환기 전극의 폭은 6μm, 간격은 5.75μm 및 두께는 표면탄성파 파장과의 비를 고려해 6000Å으로 할 때 최적의 결과를 얻을 수 있었으며, 구경은 임피던스 정합을 위해 2mm로 하였다.

제작한 표면탄성파 대역통과 필터의 중심주파수는 70MHz, 형상요소는 1.3이하, 1.5dB에서의 통과 대역은 1.3MHz, 저지대역은 -45dB, 삽입손실은 19dB, 통과 대역폭 내의 리플은 1dB정도로 측정되었다. 따라서, 제작한 필터의 주파수 응답과 특성은 설계조건과 잘 일치하였다

ABSTRACT

We have studied to obtain the frequency characteristics of the Surface Acoustic Wave(SAW) bandpass filter, having low shape factor, it's interdigital transducer(IDT) was formed on the 35° Y-cut X-propagation Quartz substrate and was evaporated by Aluminium. And then, we performed computer-simulation by a simulator.

And, we can design that the apodization weighted type IDT as an input transducer of the filter and the withdrawal weighted type IDT as an output transducer of the filter from the results of our computer-simulation.

Also, we have employed that the number of pairs of the input and output IDT are 2200 pairs and 1000pairs, respectively and used the Kaiser-Bessel window function in order to minimize the effect of ripple. And, while the width and the space of IDT's finger are 6μm and 5.75μm, respectively and we could obtain the resonable results when the IDT thickness was 6000Å in consideration of the ratio of SAW's wavelength, and IDT aperture is 2mm.

Frequency response of the fabricated SAW bandpass filter has the property that the center frequency is about 70MHz, shape factor is less than 1.3, bandwidth at the 1.5dB is probably 1.3MHz, out-band attenuation is almost -45dB, insertion loss is 19dB and ripple in the width of bandpass is 1dB approximately. Therefore, these frequency characteristics of the fabricated SAW bandpass filter are agreed well with the designed values.

I. 서 론

이동 통신기기의 기지국용 필터는 단말기의 필터에 비하여 매우 우수한 특성의 대역통과 필터를 사용하게 된다. 기지국용 필터의 특성은 1.2이하의 형상요소와 45dB이하의 저지대역을 요구하기 때문에, 이와 같이 낮은 형상요소를 갖는 필터는 표면탄성파(Surface Acoustic Wave : SAW)를 이용한 필터만이 가능하다. 표면탄성파(이하 SAW) 필터는 탄성파에 의해 전달된 기계적 에너지가 표면에서 수직으로 한 파장 내에 집중되며, SAW 필터는 압전기판 상에 전극을 형성하여 전기적 신호를 표면파로 변환시키는 구조를 가지고 있다. 필터의 기본구조는 지연선으로 분리되어진 N개의 tap으로 이루어졌으며, 표면파 신호는 탄성파가 통과됨에 따라 지연된 신호의 합으로 얻어진다. 필터에서 지연선은 빗살무늬 변환기(Interdigital Transducer :

* 세명대학교 컴퓨터응용물리학과
접수일자 : 1999년 7월 6일

IDT)의 finger 위치이고, 하중함수(weight function)는 IDT 전극(finger)의 겹침정도이며, 필터의 주파수 응답특성은 IDT 전극의 겹침정도를 Fourier 변환하므로서 구할 수 있다. 따라서 특정한 주파수 특성를 갖는 표면탄성파 필터의 제작을 위한 IDT 설계에 대한 연구가 국내외에서 활발히 진행 중이다[1~3]. IDT 설계 방법은 공진기를 이용하는 방법과 유한 전기충격 반응(Finite Impulse Response : FIR)을 이용하는 방법이 있다. SAW 공진기를 이용하는 방법은 통과 대역이 아날로그 방식에 비해 넓으면서, 낮은 형상요소를 갖는 필터를 사용하는 CDMA(Code Division Multiple Access)용 필터의 구현은 매우 어려우며, 기지국용 필터의 설계방식으로는 창함수를 이용하는 방법과 Remez 방법 등이 있다. 최근에는 Remez 방법을 SAW필터에 적용하는 기술이 발달되었으나 Remez 방법은 주파수 응답을 설정한 후 임펄스 응답을 구현하는 방법으로서 필터의 삽입손실을 정하는데 많은 어려움이 내재해 있다[4]. 그리고 일반적으로 알려진 창함수는 방정식에 의해 정해지는 IDT의 특성을 구현하는 방법으로서 구매자가 요구하는 제품규격에 알맞게 설계하는 것이 용이하지 않다.

본 연구에서는 CDMA 기지국에 사용되는 SAW 대역통과 필터를 Kaiser-Bessel 창함수를 이용하여 apodization 형태로 하중을 주는 IDT와 withdrawal 형태로 하중을 주는 IDT를 설계할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. Kaiser-Bessel 창함수의 특성은 전극의 개수와 형상요소 등을 자유롭게 구현할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 시뮬레이터에 의해 설계된 필터는 35° Y - Cut Quartz 표면에 광마스크를 사용한 DC 스퍼터링 방법을 사용해 전극을 형성시켰으며, 제작한 필터의 주파수 특성 및 리플을 분석하였다. 그리고 필터를 형성하는 입 출력 전극구조에서, 입력측 전극은 중앙부분에서부터 좌 우측으로 가면서 전극의 겹침정도로 결정되는 하중을 주기 위해, 전극의 길이를 일정한 차이로 변화시킨 모양을 갖게 한 apodization형 IDT로, 출력단에는 전극(finger)의 겹침정도가 규칙적인 모양으로 배열된 withdrawal형 IDT로 하였다.

II. 이론적 배경

2.1. Kaiser-Bessel 창함수

이상적인 주파수 응답을 유한 임펄스로써 가장 근사하게 재현하기 위하여 현재까지 FIR 필터의 설계에 응용되어진 대표적인 창함수를 보면, 구형 창함수, Bartlett, Hanning, Hamming, Blackman 창함수 등이 있다[5~7]. 이들 창 함수는 필터의 특성을 변화시키고자 할 때에는 임펄스 열의 길이만을 가지고 특성을 조절하여야 하며, 특히 저지대역의 레벨은 창함수를 정함과 동시에 일정한 값으로 정해지게 되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 새로운 창함수로서 최근 Kaiser-Bessel 창함수가 제안되었다. Kaiser-Bessel 창함수는 통과 대역폭과 저지대역의 레벨을 최적화 시킬 수 있는 매개변수를 포함한 0차 제 1종 Bessel 함수로서 구성되어 있다. Kaiser-Bessel 창함수는 다른 창함수에 비하여 계산은 복잡하지만 임펄스 열의 길이를 나타내는 매개변수와 또 다른 매개변수로서 매우 우수한 특성의 주파수 응답으로 근사 시킬 수 있다.

Kaiser-Bessel 창함수는[8]

$$w(n)=\begin{cases} I_0\left[\beta\left(1-\left[(n-\alpha)/\alpha\right]^2\right)^{1/2}\right]\Big/I_0(\beta), & 0\le n\le M \\ 0, & \text{그밖의 경우} \end{cases} \tag{1}$$

로 정의할 수 있으며, 여기서 $\alpha=M/2$ 이고, $I_0(\beta)$는 0차 제 1종 Bessel 함수이다. 식 (1)에 나타난 바와 같이 Kaiser-Bessel 창함수는 임펄스 열의 길이 M과 형상 매개변수 β라는 두 가지 매개변수를 포함하고 있다. 그러므로 임펄스의 길이 M과, β는 주어진 규격에 따라 시뮬레이터 내에서 이 값들을 조절할 수 있도록 하였으며, 이와같이 하므로써 창함수의 길이와 통과 대역폭, 저지대역 레벨을 최적화 시킬 수 있다.

2.2. 표면탄성파 속도 보정 [9]

전기적 충격 응답 방식을 이용한 설계에서는 전극의 가장자리에서 일어 나는 반사 효과를 고려할 수 없으므로 실질적인 표면탄성파의 입사파와 반사파를 직접 분석한 결합모드 방정식, 각 전극간의 전기적인 파의 분석을 포함하는 반사열 모델 등을 도입하여 보정하여야 한다. 중심주파수를 결정하는 가장 중요한 것은 압전체에서의 표면탄성파 속도이다. 그러나 전극이 없는 압전체 위를 진행하는 표면탄성파의 속도는 전극이 있는 표면에서의 속도와 다르므로 정확한 중심주파수를 얻기 위해서는 전극이 있는 경우에 대해서 표면탄성파의 속도를 보정해 주어야 한다[10,11]. 압전기판 위에 일정한 넓이와 길이를 갖는 전극이 존재할 경우 전극이차지하는 면적 전체는 등전위면을 형성하므로 만들어 내고자 하는 정현파를 왜곡시킨다. 이로 인한 전기적 섭동에 관련한 항은

$$D_k = -\frac{1}{2}\left[1+\frac{P_s\,(-\cos(\pi\eta))}{P_{s-1}(-\cos(\pi\eta))}\right] \tag{2}$$

이다.

여기서 η는 전극의 넓이와 전극 열의 주기(P)와의 비이며, P_s (x)는 x에 관한 s=p/λ차 Legendre 함수를 나타낸다. 또 하나의 섭동항은 임의의 질량을 가진 전극이 압전기판 위에 형성됨에 따른 표면탄성파의 진행에 영향을 주게 된다. 이러한 역학적 섭동항은

$$D_m = \frac{\pi k^2}{C_s}\left[\left|\frac{U_1}{\phi}\right|^2(a_1-\rho'v_f^2)+\left|\frac{U_2}{\phi}\right|^2(a_2-\rho'v_f^2)-\left|\frac{U_3}{\phi}\right|^2\rho'v_f^2\right] \tag{3}$$

이다. 여기서 $U1$, $U2$, $U3$는 x, y, z 압전기판 표면 방향의 변위, φ는 기판표면의 전위. C_s는 전극 캐패시터의

정전용량, k^2은 전기기계 결합계수, α_n은 전극 각 방향으로의 탄성율, ρ'은 전극의 질량 밀도를 각각 나타낸다. 위에서 제시한 모든 섭동항을 고려하여 보정된 실제 전극이 놓인 압전기판 위에서의 표면탄성파의 속도는

$$\nu = \nu_f\left(1+\frac{\Delta\nu}{\nu_f}\right) = \nu_f\left(1+D_k(\frac{k^2}{2})+\eta D_m(\frac{H_m}{\lambda})\right) \quad (4)$$

로 나타낸다.

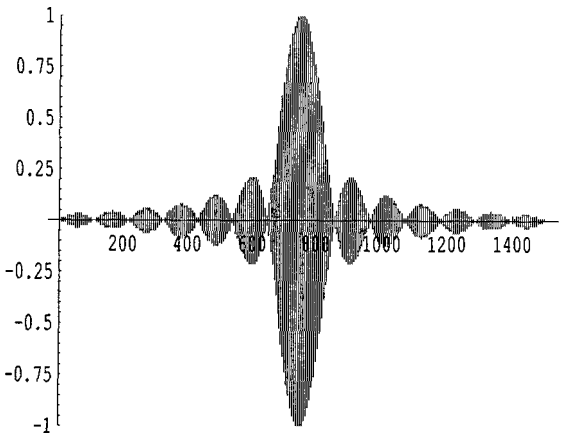
여기서 ν_f는 전극이 없는 압전기판 표면에서의 표면탄성파의 속도이며, H_m은 전극의 두께를 나타낸다. 식 (4)을 이용하여 보정된 표면탄성파의 속도를 계산한 후에, 원하는 중심주파수에 맞게 전극의 간격과 주기를 결정할 수 있게 된다. 즉, 진행파의 속도식인 $v = f_o\lambda$를 이용하면 요구되는 중심 주파수에 해당하는 표면탄성파의 파장을 계산할 수 있으며, f_o는 중심 주파수를 의미한다. 그러므로 $2f_o$ 샘플링 방법으로 제작한 단일 전극을 사용하여 IDT를 설계하는 경우, IDT 전극(finger)의 폭과 전극간의 간격(space)을 $\lambda/4$로 정하고, $4f_o$ 샘플링 방법으로 제작하는 이중 전극을 사용할 때에는 전극의 폭과 간격을 $\lambda/8$로 정한다.

2.3. 모의실험

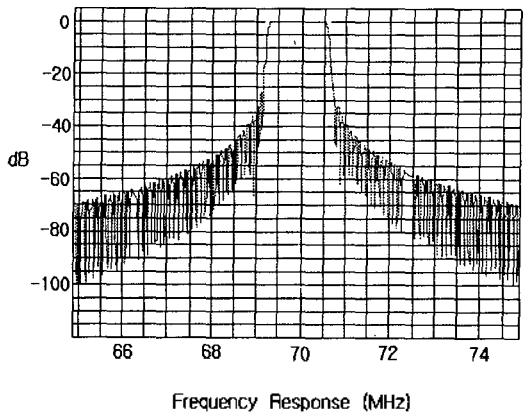
앞 절에서 설명한 바와 같이 우수한 특성을 지닌 Kaiser-Bessel 창함수를 표면탄성파 필터 내의 IDT에 가중치를 최적화 하는데 사용하였으며, 이동 통신 기지국용으로 사용될 수 있는 SAW 대역 통과 필터의 설계 및 제작에 관한 모의실험을 수행한 후 여기서 얻은 자료를 이용하여 SAW 대역 통과 필터를 제작하였다.

이동 통신 기지국용 SAW 대역통과 필터는 매우 낮은 저지대역과 낮은 형상 요소를 갖는 특징이 있다. 이러한 특징을 갖는 필터를 제작하기 위하여 입·출력단을 형성하는 IDT에서 전극의 겹침 정도로써 하중(weighted)을 주는 이른바 weighted 형 IDT로 설계하였다. 입·출력 전극을 weighted IDT로서 설계하기 위한 방법은 입력단은 apodization weighted IDT 그리고 출력단은 withdrawal weighted IDT로서 구성하는 방법과 입출력 모두 apodization weighted IDT로서 설계하는 방법 그리고 입력단 및 출력단을 모두 withdrawal weighted IDT로서 설계하는 방법이 있다[12]. 이들 중 이론적으로 가장 적합한 필터의 형태는 입력단 및 출력단 모두 apodization weighted IDT로서 연결된 필터이다. 그러나 입력단 및 출력단을 apodization weighted로서 연결할 경우 음파의 산란에 의하여 원하는 주파수 특성을 얻지 못한다. 이러한 단점을 제거하기 위하여 입력단에는 apodization weighted IDT로, 출력단은 withdrawal weighted IDT로서 구성하였다. 이러한 필터 구조의 장점은 두 IDT에 하중을 주면서, 음파의 회절을 최소화할 수 있다[13]. 이러한 특성의 횡(Transversal)형 표면탄성파 필터 설계를 위하여 mathematica package를 사용하여 모의 실험을 수행하였다. 모의실험을 통하여 얻은 최적 조건에서 필터의 주파수 응답 특성은 중심주파수 70MHz, 형상 요소 1.3이하, 통과대역 1.3MHz, 통과대역과 저지대역과의 차이를 -50dB이상 그리고 통과대역 폭 내의 리플은 0.7dB이하를 목표로 설계하였다. 아울러 이러한 필터의 특성을 나타낼 수 있는 필터를 제작하기 위한 모의 실험을 수행하였으며, Sinc함수에 Kaiser-Bessel 창함수를 접목시켰을 때 제작할 필터의 설계 조건에 부합하는 모의실험 결과를 얻었다.

그림 1(a),(b)는 제작할 69.9MHz SAW 대역통과 필터에서 입력측 변환기에 적용한 전극 구조에 대한 하중함수와 주파수 특성을 모의실험으로 얻은 것이다.



(a)



(b)

그림 1. (a) 입력 변환기로 사용된 Apodization IDT의 하중함수
(b) 입력 변환기로서 Apodization형 IDT의 주파수 응답

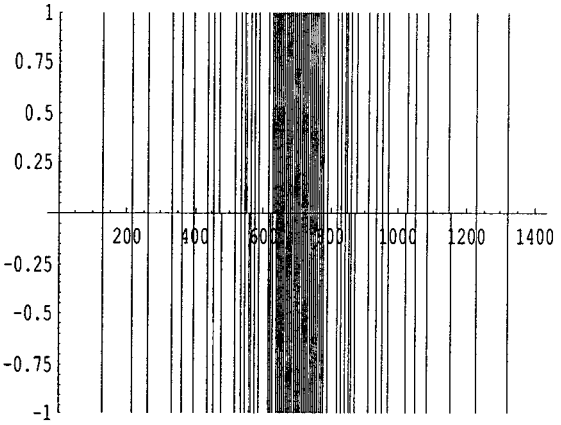
Fig. 1. (a) Weighted function of apodization IDT as an input transducer,
(b) Frequency Response of Apodization IDT as an input transducer.

그림 1(a)은 apodization IDT에 대한 하중함수이며, 이 파형으로부터 제작할 필터의 입력측 전극 모양의 유추가 가능하다. 따라서 입력단 apodization형 IDT는 중앙부분

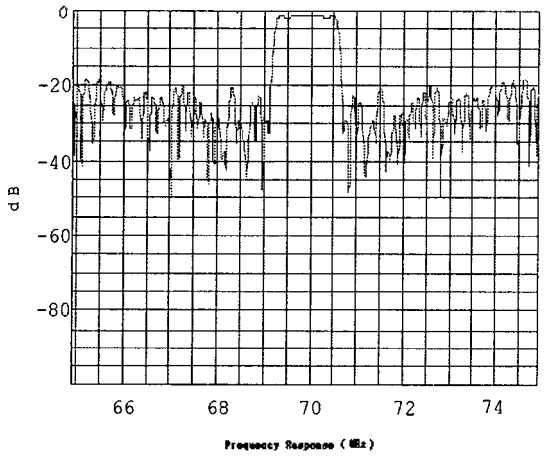
에서부터 좌 우측으로 가면서 전극의 겹침정도로 결정되는 하중을 주기 위해, 전극의 길이를 일정한 차이로 변화시킨 모양을 갖게된다. 그리고 주파수 응답 특성을 알아내기 위해 그림 1(a)를 Fourier 변환을 하였더니 통과대역에서 많은 리플이 발생하였다.

따라서 그림 1(b)는 (a)의 통과대역에서 리플을 억제하고, 입력측 변환기에 가중치를 두기 위한 방법으로 Kaiser-Bessel 창함수를 응용하였으며 창함수의 매개변수 β의 값은 2, 전극의 개수는 2200쌍으로 하여 얻은 것이다. 그림에서 알 수 있는 것은 제작할 필터의 입력측 변환기는 낮은 형상요소 및 -30dB이하의 저지대역 특성의 가능성을 갖게 된다고 할 수 있다.

그림 2(a),(b)는 출력단을 형성시키기 위한 withdrawal weighted IDT의 특성을 모의 실험으로 얻은 것이다.



(a)



(b)

그림 2. (a) 출력 변환기로 사용된 Withdrawal IDT의 하중함수
(b) 출력 변환기로서 Withdrawal IDT의 주파수 응답

Fig. 2. (a) Weighted function of withdrawal IDT as an output transducer,
(b) Frequency response of Withdrawal IDT as an output transducer.

그림 2(a)는 withdrawal IDT에 대한 하중함수이며, 이 파형으로부터 제작할 필터의 입력측 전극 모양을 가늠할 수 있다. 따라서 출력단 withdrawal형 IDT는 전극(finger)의 겹침정도가 일정한 모양으로 배열된 형태를 갖춘다.

그림 2(b)는 출력단 주파수 특성을 나타내고 있으며, 이는 Kaiser-Bessel 창함수의 매개변수 β값은 2.5로 전극의 개수는 1000쌍으로 하여 얻은 결과이다.

아울러, 그림 1(b)과 그림 2(b)을 각각 입력과 출력 변환기로 사용하였을 경우 전체 주파수 응답은 필터 이론에 따라 두 주파수 응답의 곱으로 표현될 수 있으며, 시간영역에서는 각 시간 응답의 공유를 의미한다.

그림 3에서는 Kaiser-Bessel 창함수를 이용하여 입력측 변환기의 전극개수는 2200쌍, 출력측 변환기의 전극개수는 1000쌍으로 필터를 구성한 SAW 필터의 주파수 특성에 대한 모의실험 결과를 도시하였다.

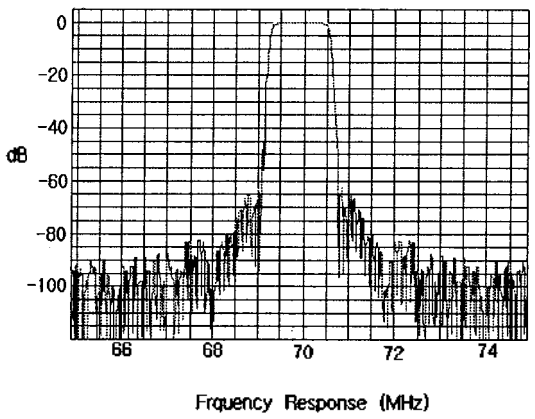


그림 3. 70MHz 표면탄성파 대역통과 필터의 포괄적인 주파수 응답

Fig. 3. Total frequency response of the 70MHz SAW bandpass filter.

그림에 도시한 바와 같이 설계한 표면탄성파 필터의 전체 주파수 응답은 중심주파수가 70MHz정도이며, 약 1.5dB에서의 통과대역폭은 1.3MHz정도이고, 저지대역 레벨이 -50dB이하임을 보여 주고 있다. 그러나 본 모의실험 결과는 반사영향(Triple Transit Echo : TTE)이나 회절의 영향이 고려되지 않은 결과이므로 필터의 손실이 나타나지 않았다. 또한, 모의 실험에서는 중심주파수와 통과대역폭의 최적화, 형상요소 1.3이하 및 저지대역 레벨은 -50dB 이하를 목표로 실험을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 빗살무늬 변환기(IDT) 구조

모의 실험에서 얻은 조건들을 바탕으로 설계한 빗살무늬 변환기 형태를 사용하여 35° Y-X Quartz(SiO_2)표면에 전극을 형성하였다. 그림 4는 Quartz를 기판으로 하고,

이 Quartz 표면에 모의실험에서 얻은 조건들로 구성한 69.9 MHz대역의 이동 통신 기지국용 SAW 대역통과 필터의 전극 구조를 나타내고 있다.

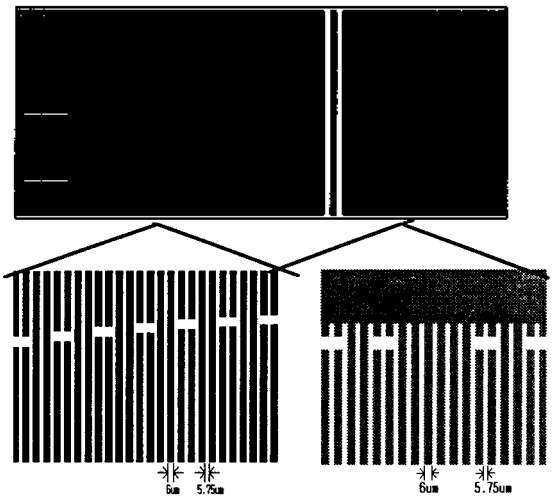


그림 4. 표면탄성파 대역통과 필터의 전극 형상
Fig. 4. Electrode pattern and it's fingers for the SAW bandpass filter.

Quartz에서의 표면탄성파 전파 속도는 3295m/s로 알려져 있으며, 이 압전기판 위에 알루미늄 전극을 6000Å 두께로 형성시켰을 때 보정된 표면탄성파의 속도는 식 (4)에서 3285.6m/s로 구해진다. 또한, 캐패시터의 정전용량(C_s)는 0.5PF/m, 전기 기계적 결합계수 (k^2)는 0.11%로 계산하였음을 밝혀둔다. 이 값들을 바탕으로 계산된 표면탄성파의 파장은 47μm이며, 그림에서($2f_o$ 표본화를 취하였을 때)의 전극 간격은 1/4인 11.75μm로서 결정된다. 그러나 1/4λ 로서 전극을 구성할 경우 탄성파의 반사에 의하여 원하는 주파수 응답을 얻을 수 없었으며, 이 문제를 극복하기 위하여 전극을 1/8λ로서 형성하였다. 이를 바탕으로 제작할 표면탄성파 필터의 전극구조는 리플을 최소화하기 위하여 Kaiser-Bessel 창함수를 사용하여 가중치를 둔 2200쌍의 apodization weighted 입력 IDT와 1000쌍의 withdrawal weighted IDT로 형성시켰다. 이 IDT의 전극(finger) 넓이는 6μm로서 구성하고, 전극간격(space)은 5.75μm로서 구성하였으며, 제작하고자 하는 필터의 구경(aperture)은 50Ω의 임피던스 정합(Impedance matching)을 위하여 2mm로 하였다. 그리고, 입력단에서 형성되어 진행하는 표면탄성파의 속도와 반사를 일정하게 하기 위하여 겹침이 없는 영역에도 무극(dummy) 전극을 설치하였으며, 입력측 전극에 인가된 신호가 전자파 형태로 직접 출력측 전극에 도달하는 것을 막기 위하여 두 전극 사이에 전자파 차폐용 전극을 위치시켰다.

3.2. 필터 제작

임펄스 모델링에서 계산된 임펄스특성을 이용하여 apodization weighted IDT와 withdrawal weighted IDT를 이용하여 형상요소(shape factor) 1.3이하를 목표로 필터를 제작하였다. 필터를 제작하기 위한 기판은 35° Y-cut Quartz를 이용하였고, Al 전극은 dc 스퍼터링 방법을 써서 6000Ao 두께로 상온에서 증착하였다. 증착이 완료된 필터는 양 끝으로 진행하는 불필요한 탄성파에 의한 반사 및 회절효과를 최소화하기 위하여 흡음제를 코팅하였다. 필터는 metal package에 다이 본딩한 후 지름 50μm의 Al wire로서 본딩하였으며, 측정장치에 연결하여 측정에 사용할 측정 치구는 입력단 및 출력단에 인덕터를 직렬로 연결하고, 여기에 캐패시터를 병렬로 연결시켜 제작하였다.

보편화된 기지국용 SAW 대역통과 필터로서 사용하기 위해 필터의 주파수 특성은 삽입손실과 저지대역은 각각 25dB이하, 40dB이하이고, 온도변화에 의한 중심주파수 변화를 감안하여 통과대역은 1.25MHz이상으로 설정하였다. 그림 5는 회로망 분석기(Network Analyzer HP8753D)를 사용하여 측정한 필터의 주파수 특성를 나타내고 있다.

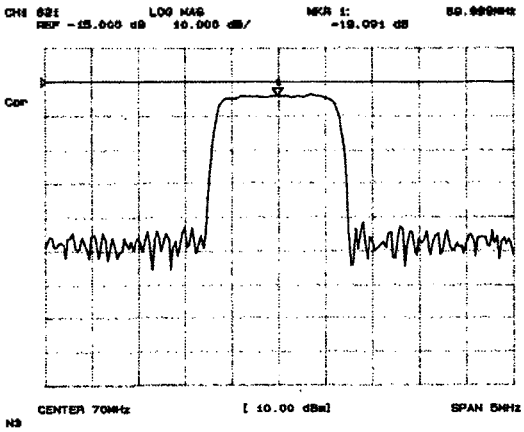


그림 5. 표면탄성파 대역통과 필터의 주파수 응답
Fig. 5. Measured frequency response for the SAW bandpass filter.

그림에서 보인 것처럼 필터의 주파수 응답특성은 1.5dB에서의 통과대역은 1.3MHz정도이고, 삽입손실은 -19.09dB, 저지대역은 -45dB, 40dB에서의 대역폭은 1.7MHz정도이다. 이들 두 경우에 대한 값의 비로 표현되는 필터의 형상요소는 1.3정도로 계산되었다. 그림 6은 필터의 리플을 측정하기 위하여 통과대역의 부분만을 측정한 결과이다.

그림에 나타내어진 것과 같이 통과대역에서의 리플은 0.7dB로 측정되어 요구 조건을 만족하는 결과를 얻었다. 그림 5와 6에서 나타내어진 주파수 특성으로 미루어 삽입손실, 형상요소 그리고 통과대역 등에 있어 매우 우수한 결과를 얻었다. 그러나 모의 실험에서 나타내어진 그림 3의 저지대역은 50dB 이하로서 특성이 매우 우수하였으나, 측정된 필터의 주파수 응답은 약 45dB로서 실제 기지국용 SAW 대역통과 필터에 사용하기에는 문제점은 없으나 이론치와 약간의 차이를 나타내고 있다. 이러한 저지대역

이 이론치와 차이를 나타내는 주 원인은 크게 2가지로서 분석된다.

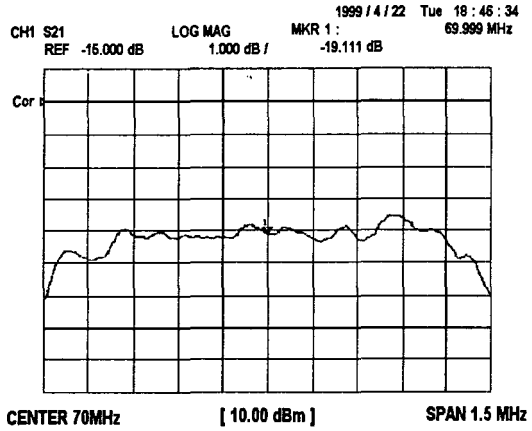


그림 6. 표면탄성파 대역통과 필터의 리플 특성
Fig. 6. Measured ripple characteristics for the SAW bandpass filter.

첫 번째는 음파의 회절에 의하여 설계된 weighted IDT의 값이 나타나지 않는 것이며, 두 번째는 CDMA기지국용 필터의 크기는 약 50mm로서 측정시 package와 측정 치구의 오차로 인한 feedthrough 영향으로 나타나는 현상 등이 그 것이다. 여기서 측정 치구란 회로망 분석기에 제작한 필터를 연결할 수 있는 장치로서, 가변저항과 가변 패시터의 결합으로 이루어진 것이다. 따라서 제작된 필터는 음파의 회절보다는 측정 치구의 오차로 인한 feedthrough 영향이 더 컸던 것으로 사료된다. 이러한 저지대역의 오차를 제외하고 제작된 필터는 CDMA기지국용으로 사용하기 위한 요구특성을 모두 만족하므로서 CDMA기지국에 사용할 수 있는 metal package화 할 경우 실제 CDMA 기지국에 적용할 수 있다. 이러한 필터 제작기술은 기지국용 필터와 군사용 IF대역 통과필터 및 위성 통신용 필터 등 다양하게 응용할 수 있을 것으로 기대 된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 기지국용 SAW 대역통과 필터를 설계 및 제작하였다. 설계를 위한 시뮬레이터는 mathematica package를 이용하여 제작하였다. 이동통신 기지국용 필터의 필수 조건은 낮은 저지대역과 낮은 형상 요인에 있다. 일반적인 필터는 50dB이하의 저지대역와 1.2이하의 형상 요인을 형성하는데 많은 어려움이 있으며, 이러한 단점을 보완하기 위하여 apodization weighted IDT와 withdrawal weighted IDT를 설계할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 필터의 구성은 입력단에는 apodization weighted IDT로서 구현하고 출력단에는 withdrawal weighted IDT로서 필터를 설계하였다. 개발한 시뮬레이터를 이용하여 제작할 필터의 특성은 1.5dB에서의 통과대역 폭은 1.35MHz 이상, 형상요소는 1.2, 저지대역은 50dB이하 및 대역폭 내에서의 리플은 0.7dB이하의 특성을 갖도록 설계하는 모의실험을 행하였다.

모의 실험에서 얻어진 조건들로부터 제작한 필터의 중심주파수는 70MHz정도이며, 3dB에서의 대역 폭은 1.3MHz 정도, 40dB에서의 대역 폭은 1.7dB, 형상요소는 1.3정도, 저지대역은 -45dB이하, 삽입손실은 19dB정도, 통과 대역의 리플은 1dB이하로 측정되었다. 이러한 필터의 제품 규격(spec)은 CDMA 기지국용에도 적용할 수 있을 것으로 생각되며, 이러한 필터 개발능력은 CDMA기지국 뿐만 아니라 군사용 WLL(Wireless Lan)필터에 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. George L. Matthaei, "Acoustic Surface-Wave Transversal Filters", IEEE Trans. Circuit and Theory, Vol. CT-20, No.5, pp. 459-470, 1973.
2. Roger H. Tancrell, "Analytic Design of Surface Wave Bandpass Filters", IEEE Trans. Sonics Ultrason., Vol. SU-21, No.1, pp. 12-22, 1974.
3. 노용래, "사다리형 SAW 필터의 최적설계", 한국음향학회지,vol.18 No.1 pp16-24, 1999.
4. Clinton S. Hartmann, Delamer T. Bell, Jr., and Ronald C. Rosenfeld, "Impulse Model Design of Acoustic Surface-Wave Filters", IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-21, No.4, pp. 162-175, 1973
5. David P. Morgan, *Surface-Wave Devices for Signal Processing*, Elsevier Science Publishing Company, Inc. 1985.
6. Donald C. Malocha, and Calton D. Sishop, "The classical truncated cosine series functions with applications SAW filter," IEEE Trans. UFFC Vol. UFFC-34, No.1, pp. 75-85, 1987.
7. Samuel M. Richie, Benjamin P. Abbott, and Donald C. Malocha, "Description and Development of A SAW Filter CAD System," IEEE Trans. Microwave Theory and Techques, Vol. 36, No.2, pp. 456-466, 1988.
8. V. Oppenheim, Ronald W. Schafer, *Discrete-Time Signal Processing*, PrenticeHall International, Inc., 1989.
9. D. P. Morgan and P. Durrant, "Low Loss Filters Using Group-type SPUDT Transducers" Ultrasonic Symposium, pp. 31-35, 1990.
10. T. Thoravaldsson, B. P. Abbott, "Low Loss SAW Filters Utilizing the Natural Single Phase Unidirectional Transducer- (NSPUDT)," Ultrasonic Symposium, pp. 43-48, 1990.
11. Gerhard Fischerauer, Bernhard Bader, Peter Russer, and Robert Weigel, "Design of Mobile Phone IIDT-Type SAW Filters with Block-Like Distribution of Transducers," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. 42, No.7, pp.1380-1386, 1994.
12. Kenneth R. Laker, Edward Cohen, Thoamas L. Szabo, and John A. Pustaver, Jr., "Computer-Aided Design of Withdrawal- Weighted SAW Bandpass Filters," IEEE

Trans. Circuits and Systems, Vol. CAS-25, No.5, pp. 241-251, 1978.
13. Colin Campbell, *Surface Acoustic Wave Devices and Their Signal Processing Application* (Academic Press, 1989).

▲유 일 현(Il Hyun You)
1992년 3월 : 세명대학교 컴퓨터응용물리학과
※주관심분야 : SAW filter, 수정진동자
한국음향학회지 제18권 제1호 참조