
경사진 빗살무늬 변환기를 이용한 대역통과 필터 제작

유 일 현* · 권 희 두**

The fabrication of a slanted IDT Transducer for the passband filter

Ilhyun, You* · Heedoo Kwon**

요 약

대역통과용 표면 탄성파 필터 제작하기 위하여 Langasite 기판위에 빗살무늬 변환기를 형성시켜 모의실험을 수행하였으며, 전극재료로는 Al-Cu를 사용하였다. 모의실험을 바탕으로 입력단에는 IDT를 직렬형태로 연결시킨 block 형태로 하중을 가하는 전극 방법을 쓰고 출력단은 withdrawal 형태로 하중을 가하는 방법을 써서 제작하였다. 이를 바탕으로 광대역의 SAW 필터 전극 설계 방식에 대한 적절한 위상조건도 얻고자 시도하였다. Langasite 기판위에 형성시킨 입 출력 빗살무늬 변환기 전극 수는 50쌍, 두께는 5000 Å 으로 하였으며, 반사기 폭은 3.6 μ m으로 하였다. 제작한 필터의 주파수 특성은 중심주파수가 대략 190MHz정도, 대역폭은 8.2MHz 정도로 측정되었으며, matching 후 return-loss는 -16dB 이하이고, 리플 특성은 4dB 정도이며, 반사에 의한 잔향은 -18dB 이하로 측정되었다.

ABSTRACT

We have studied to obtain the SAW filter for the passband was formed on the Langasite substrate and was evaporated by Aluminum-Copper alloy and then we performed computer-simulated by simulator.

We can fabricate that the block 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 performed to obtain the properly design conditions about phase shift of the SAW filter for WCDMA. We have employed that the number of pairs of the input and output IDT are 50 pairs and the thickness and the width of reflector are 5000 Å and 3.6 μ m, respectively. Frequency response of the fabricated SAW filter has the property that the center frequency is about 190MHz and bandwidth at the 3dB is probably 8.2MHz. And we could obtain that return loss is less then 16dB, ripple characteristics is probably 4dB and triple transit echo is less then 18dB after when we have matched impedance.

키워드

Single Phase Unidirectional Transducer : SPUDT,

Finite Impulse Response : FIR

Slanted Finger Interdigital Transducer : SFIT,

Interdigital Transducer : IDT ,

Weighting

1. 서 론

현재 관심을 보이고 있는 정보통신망 구축은 시스템의 고도화 및 글로벌 시대에 있어서 필수적이지만, 정보통신의 수요에 비해 CDMA(Code Division Multiple Access)방식이 한계가 부딪치자 국내에서는 차세대 방식으로 WCDMA(Wide-band Code Division Multiple Access) 방식을 채택을 계획하고 있으며, 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 이러한 기지국용 필터는 송수신단에 있어서의 타 신호와의 간섭 및 삽입손실 등을 최소화하는 노력이 필요하고, 표면탄성과(Surface Acoustic Waves : SAW) 필터의 단점인 전기-음향적 재발진(Regeneration)에 의하여 시스템에 장착 시 임피던스 정합이 어려워지는 결과를 야기한다[1,2,3]. 이러한 단점을 보완하기 위하여 1980년도에 단상 단방향 변환기(Single Phase Unidirectional Transducer : SPUDT)를 개발하게 되었다[4]. 그러나 유한 임펄스 응답(Finite Impulse Response : FIR) 형태의 SPUDT의 설계는 Withdrawal weighting 방식으로 설계하게 되므로 기관 위에 형성된 전극에서 나타나게 되는 전극단에서의 신호소멸(Ultimate Rejection : UR)현상과 같은 문제점을 가지게 된다. 또한, 기지국용 필터는 -50dB이하의 UR특성을 요구하므로 일반적으로 전극 하중(Apodization Weighting)정도가 변하는 방식으로 필터를 설계한다. 그러나 Apodization Weighting 방법은 전극하중이 연속적이어서 UR특성은 좋으나, 전극 접침의 변화가 불가피하여 저손실 SPUDT 구현이 쉽지 않다[4].

이를 보완하기 위하여 1980년대 초부터 하중이 불연속적인 전극하중 (Withdrawal Weighting)기법을 사용하는 경사진 빗살무늬 변환기(Slanted Finger Interdigital Transducer : SFIT)를 연구하게 되었다. 그러나 SFIT는 불연속적인 전극하중만으로 구현되는 까닭으로 UR특성이 좋지 않아 실용화를 시키지 못하였다. 그렇지만, 이 방법을 쓰면 SPUDT 구현도 가능하고 전극에서의 회절 및 간섭효과가 적은 빗살무늬 변환기(Interdigital Transducer : IDT)를 얻을 수 있다[5,6].

본 연구에서는 광대역용 표면 탄성과 필터 제작하기 위하여 입력단 전극에는 Block weighting 방법을 쓰고 출력단은 Withdrawal weighting 방법을 도입하였고, 정확한 필터 구현을 위해 컴퓨터를 이용한 모의실험기(Simulator)도 개발하였다. 또한, SFIT의 단점인 전극에서의 회절현상들을 최소화하기 위하여 다른 압전 기관에 비해 상대적으로 표면탄성과 속도가 느린 Langasite 기관[7]을

써서 그 위에 전극을 형성시킨 필터를 제작하였다. 아울러 Withdrawal IDT의 단점인 UR특성을 보완하기 위하여 반사기 폭을 $1\lambda/4$ 로 하여 제작한 후, 반사파에 의한 위상변화에 대해 적절하게 출력신호를 얻을 수 있는 IDT 제작조건에 관한 기초 자료도 얻고자 하였다.

II. 이론적 배경

일반적인 표면탄성과 필터는 형상인자(Shape factor)가 1.3이하이며, 저지대역이 60dB 이하 조건을 갖는 필터를 구성하기 어렵기 때문에 이러한 필터를 구성하기 위하여 입력단 및 출력단 모두 하중(Weight)이 가해진 필터로서 구성하는 것이 바람직하다. 따라서 Apodization weighted IDT 혹은 Withdrawal weighted IDT로 구성된 필터를 설계하지만, Apodization 형태로 하중이 가해진 경우에는 간섭 및 회절로 인하여 필터의 성능에 좋지 않은 결과가 야기되기도 한다. 그리하여 WCDMA용 광대역의 경우Withdrawal weighting 필터를 구성하기가 어려우며,Withdrawal weighting으로 구성할 경우에는 큰 리플 및 IDT에서 발생된 신호에 영향을 주는, 이른바Ultimate rejection(UR) 특성의 저하 현상으로 인하여 실용하는데 많은 어려움을 갖게 된다.

이러한 단점을 보완한 것이 Slanted Finger Interdigital Transducer (SFIT)이며, 기본구조는 그림 1과 같다.

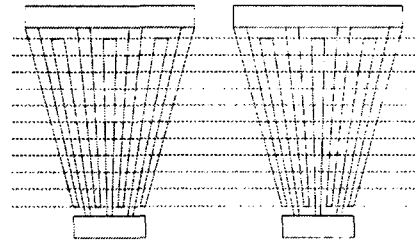


그림 1. 경사진 빗살무늬 변환기형태를 사용한 IDT 전극

Fig. 1. The IDT finger using slanted inter-digital transducer.

SFIT의 기본구조는 SAW의 전파 방향에서의 전극(Finger)주기는 일정하고 주파수가 높은 쪽에서는 전극의 주기가 짧고, 낮은 쪽에서는 주기가 길다. 결과적으로 SFIT로 구성된 필터는 다른 중심주파수를 갖은 필터들이 병렬로 연결된 것과 같은 효과가 있다. SFIT를 사용하고 있는 진폭 응답

(Amplitude Response)은 변환기의 임피던스 변화에 의하여 통과 대역이 기울어지는 결과를 가져오며 이는 기판의 재질, 전극 개수 및 전극 구경(aperture)의 크기에 의존된다. 통과대역을 평탄(Flatten)하게 하기 위해서는 임피던스 매칭 방법, 채널의 전극 개수 조정 및 채널의 전극구경을 변화시키는 방법 등이 있다. 기본적인 SFIT필터의 전달 함수를 $H_i(f)$ 라 할 때

$$H_i(f) = HI_i(f) HO_i^*(f) \quad (1)$$

이다.

여기서 $HO_i^*(f)$ 는 $HO_i(f)$ 의 공액(conjugate) 함수이고, $HI_i(f)$ 와 $HO_i(f)$ 는 i 번째 채널에서의 입력과 출력에 대한 변환함수이다. 그러므로 SFIT의 전체적인 변환함수는

$$H_s(f) = \sum_{i=1}^S HI_i(f) = \sum_{i=1}^S [HI_i(f) HO_i^*(f)] \quad (2)$$

로 표현되며, S는 채널 수이다. 그림1에서 보여 주듯이 SFIT 전극의 기본 구조는 대체적으로 부채꼴 형태를 하였으며, 한쪽은 좁고, 반대쪽은 조금 넓어지는 양상을 띄고 있다. 이러한 구조의 장점은 임의의 필터모양을 구현하는데 용이하고 모델링이 용이하다. 그러나 통과대역을 크게 하기 위해서는, 각각의 IDT는 옆 전극에 닿게 되어 공정이 매우 어렵고, 전극의 쌍(pairs)수가 많아질수록 많은 채널 수 필요하게 되어, 적절한 필터 제작이 용이하지 않은 결과를 낳기도 한다. 따라서 이러한 단점을 보완하고자 Quasi-slanted IDT 및 Channel slanted IDT 전극 형태가 제안되었으며, 본 연구에서는 후자의 경우를 응용하였음을 밝혀둔다. 그림 2는 SPUDT 형 전극에 있어서 반사기에 의한 기본적인 신호체계 및 전극구조를 개략적으로 나타내고 있다.

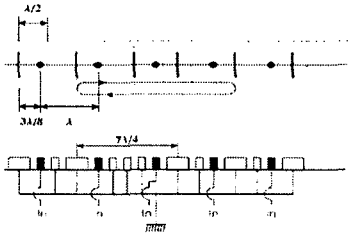


그림 2. 단상 단방향 빗살무늬 변환기의 기본 구조

Fig. 2. Basic configuration for the SPUDT type electrode

그림에서 검은 점은 빗살무늬 변환기 전극(IDT finger)이고, 좁고 넓은 흰색 사각형들은 ground용 IDT와 반사기를 각각 나타내며, 간격은 $3\lambda/8$ 이다.

그림2에서 보듯이 SPUDT는 전달되는 신호와 반사파 사이에서 간섭과 잡음(noise) 등과 같은 불필요한 현상을 야기하기도 한다. 따라서 이러한 영향을 줄이기 위해서 신호와 반사파 사이에 45° 의 위상변화(phase shift)의 조건을 찾는 것이 과제라 할 수 있다. 그리고 반사기에 의한 phase shift는 기판의 종류에 따라 phase shift가 달라지며, 신호의 반사영향은 반사기의 폭이나 간격을 $3\lambda/8$ 로 하는 것이 기존의 $1\lambda/4$ 혹은 $3\lambda/16$ 를 채택할 때보다 커서 삽입손실이 적기는 하지만, 반사기의 값들은 기판의 재질에 따라 반사 음파의 위상이 바뀌게 된다. 따라서 기판의 재질에 따라 반사기 폭을 조절하거나, short와 open형으로 반사기의 형태를 조절하게 되면 최적의 필터를 구성할 수 있게 된다. 이러한 기판의 반사 값 및 음파의 속도들은

$$\frac{\Delta v}{vf} = D_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + \eta D_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \quad (3)$$

이고 short grating의 속도는

$$v_{ac} = vf \left(1 + \frac{\Delta v}{vf} \right) = vf \left(1 + D_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + \eta D_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \right) \quad (4)$$

이다.

여기서, vf 는 free surface velocity, k^2 은 전기기계 결합계수, H_m 은 metal 필름의 두께, λ 는 음파의 파장, η 은 metal비를 나타낸다.

Single strip에서 finger의 반사계수는

$$r = jk^* = j \left[R_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + R_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \sin(\pi\eta) \right] \quad (5)$$

이다.

$$D_k = -\frac{1}{2} \left[\cos(\pi\eta) + \frac{P_s(-\cos(\pi\eta))}{P_{s-1}(-\cos(\pi\eta))} \right] \quad (6)$$

$$R_k = -\frac{1}{2} \left[\cos(\pi\eta) + \frac{P_s(-\cos(\pi\eta))}{P_{s-1}(-\cos(\pi\eta))} \right] \quad (7)$$

η 는 metal의 비를 나타낸다. Anisotropy를 갖

은 기판위에 D_m 과 R_m 는 각각

$$D_m = \frac{\pi k^2}{\epsilon_s(\infty)} \left[\left| \frac{U_1}{\phi} \right|^2 (a_1 - \rho \cdot v^2) + \left| \frac{U_2}{\psi} \right|^2 (a_2 - \rho \cdot v^2) - \left| \frac{U_3}{\psi} \right|^2 \rho \cdot v^2 \right] \quad (8)$$

$$R_m = -\frac{\pi k^2}{\epsilon_s(\infty)} \left[\left(\frac{U_1}{\phi} \right)^2 (a_1 + \rho \cdot v^2) + \left(\frac{U_2}{\psi} \right)^2 (a_2 + \rho \cdot v^2) + \left(\frac{U_3}{\psi} \right)^2 \rho \cdot v^2 \right] \quad (9)$$

이다.

III. 실험 및 고찰

1. 전극 형성

SAW 필터용 소자의 전극은 박막 전극재료형성 기술을 사용하여 Langasite 기판 위에 전극을 형성시켜 제작하였다. 습식세정 및 플라즈마 세척을 한 기판 위에 전극재료로는 Al-Cu 합금을 사용하였으며, 150 °C에서 DC Magnetron sputter를 이용하여 증착하였으며, 두께는 5000 Å으로 하였다.

이때, 표면탄성과 필터 제작에 사용하기 위한 고정밀도의 사진식각용 포토마스크는 설계된 변환기 전극 제원으로부터 CAD 설계에 의하여 전자주사선을 이용하여 0.05µm이상의 정밀도로 제작하였다. 이와 같이 제작된 마스크를 사용하여 반도체 제조공정 중 하나인 사진식각 방식에 의해 Langasite 기판위에 전극을 형성하였다. 아울러 Langasite 기판에 적절한 IDT 구성 조건을 찾기 위하여 다량의 소자들을 제작하였고, 사용한 기판에서의 표면탄성과 속도는 광학적 실험장치를 통하여 얻을 수 있었다. 아울러 5000Å 두께의 Al 전극이 증착된 경우 탄성과 속도는 대략 2890m/s 정도였다.

2. 모의실험

전극형성이 끝난 기판은 19 x 6.5 mm, 24 x 9mm로 절단하여 packaging한 후 측정하였다. 측정은 제작된 필터의 입 출력단자에 맞게 측정 치구를 제작하였으며, 필터의 입출력 단자에서의 전자파를 차단시키기 위하여 동판으로 치구의 중앙을 차폐하였다. 필터의 종단조건은 각각 50Ω 으로 입·출력단을 동조(Tune-up)시켰다.

본 연구에서 Langasite 기판위에 형성시킨 경사각을 갖는 전극은 부채꼴 형태를 이루고 있으며, 전극의 개략적인 형태를 그림 3에 나타내었다.

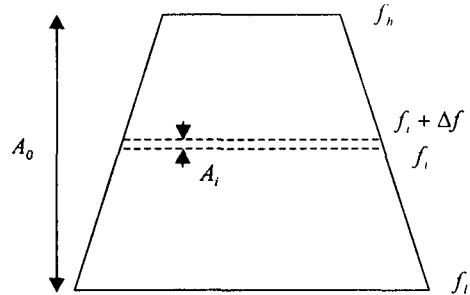


그림 3. Langasite 기판 위에 형성시킨 전극 모양
Fig. 3. The electrode configuration formed on the Langasite substrate.

그림3에서 보여주듯이 경사각을 갖는 IDT에서 각 채널의 전극구경 크기 A_i 는

$$A_i = \frac{fl fh \Delta f}{(f_i^2 + f_i \Delta f)(f_h - f_i)} A_0 \quad (10)$$

로 표현 할 수 있으며, 여기서 fl , fh 각각은 가장 낮은 주파수와 가장 높은 주파수의 cut off 주파수, A_0 는 최대 기울어진 각에 의하여 얻은 SFIT의 전극 구경, $\Delta f = f_{i+1} - f_i$ 및

$$\Delta f = (f_h - f_l) / S \text{ 이며 } S \text{ 는 채널 수이다.}$$

아울러 SFIT 필터에서 중심주파수(f_i) 와 전극구경 크기(A_i)는 각각의 채널에서 변하며, SFIT의 각 채널의 weighted aperture (AA_i)는

$$AA_i = A_i \cdot w(f_i) \quad (11)$$

이며, $w(f_i)$ 는 weighting 함수이다.

그림3에서 보인 바와 같이 필터의 전극형상은 저주파수(fl)부터 고주파수(fh)까지 병렬로 연결되어 있으며, 필터의 특성은 각각의 주파수 합으로 표현된다. 그리고 각각의 전극 구경의 크기를 변화시킴으로써 전극기울기와 리플(ripple)의 크기 등을 교정할 수 있다.

따라서 필터의 특성은 각각의 주파수 합으로 표현되며, 제작한 시뮬레이터(Simulator)를 이용한 모의실험을 통해 얻은 이상적인 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

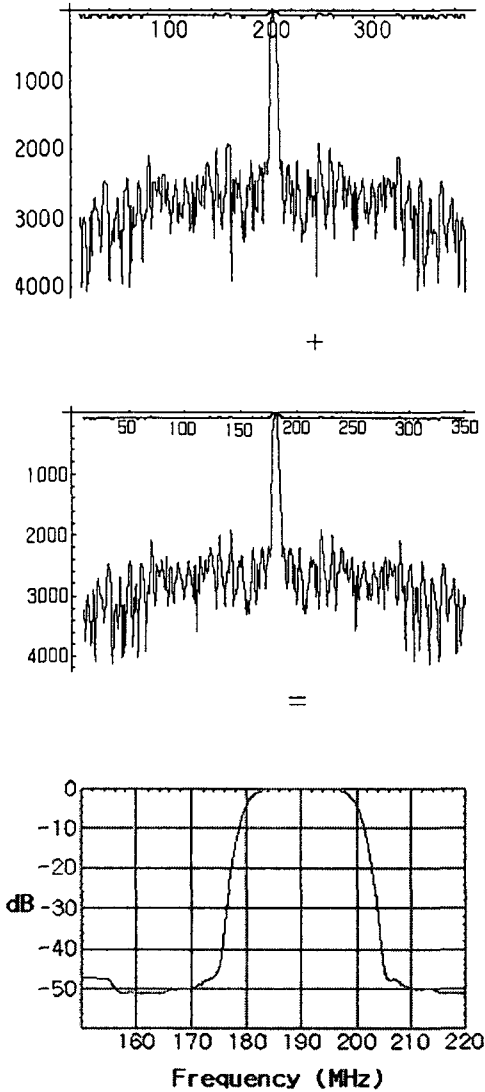


그림 4. 모의실험으로 얻은 입출력 IDT의 주파수 특성

Fig. 4. The input-output IDT's frequency characteristics are obtained from the simulator.

그림 4는 모의실험을 통해 얻은 결과로써 중심 주파수가 190MHz정도인 주파수 응답 특성을 나타내며, 이를 바탕으로 실제 소자를 제작하는데 있어 지침으로 사용하였다. 이에 덧붙여 실제 SAW 소자 설계 및 제작함에 있어서는 각각의 채널마다

다르게 나타나는 진폭의 리플(ripple) 특성과 저지대역(stop band)에서의 side-lobe에 대한 수정을 가해야만 한다. 아울러 필터특성에서 side-lobe에 대한 영향을 최소화하기 위해서는 각 채널의 side-lobe를 낮추는 것 또한 매우 중요하다.

3. SAW 필터 제작 및 특성

본 연구에서는 우수한 특성을 갖은 SAW 필터를 구현하기 위해서 모의실험을 통하여 얻은 자료를 바탕으로 입력단에는 Block Weighted IDT를 출력단에는 Withdrawal weighted IDT 형태를 채택한 SAW 필터를 설계 및 제작하였다. 아울러 기지국 및 중계기용으로 IDT를 직렬로 연결시킨 Block weighted 타입의 전극 형태를 채택한 필터의 등가 회로를 Fig. 5에 나타내었다.

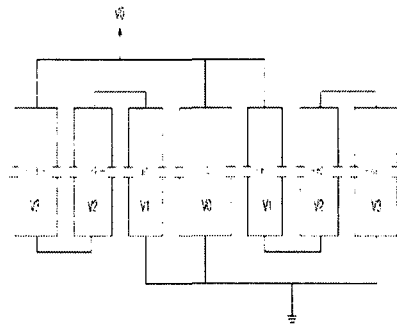


그림 5. 직렬 연결된 블록으로 하중을 가한 표면탄성파 필터의 등가회로

Fig. 5. The equivalent circuit of series block weight-ed SAW filter.

그림에서 n 값은 각각의 단을 나타내며, 이러한 직렬형태의 block은 중앙에 전압이 가장 크고 양 끝에 전압이 약한 결과를 가져오게 된다. 따라서 입력단의 block weighted IDT에서는 감쇄는 좋지 않으나, 통과대역으로부터 멀어질수록 UR특성이 좋은 결과를 가져오게 된다. 그리고 출력단의 Withdrawal에서는 통과대역 부근 저지대역에서 감쇄는 좋으나, 통과대역으로부터 멀어진 지점에서는 UR특성이 좋지 않은 결과를 가져 오게 된다.

그러므로 입력과 출력의 트레이드 오프(Trade-off)로 인해 입출력이 서로 상쇄됨으로써 좋은 결과를 가져오게 된다. 또한, 표면탄성파는 압전 기판의 성질에 따라 반사기 및 전극에서의 반사로 인해 위상이 바뀌게 되므로 임의의 기판에 적절한 단상 단방향 변환기(Single Phase Unidirectional

Transducer : SPUDT)의 전극 구조 및 배열을 찾는 것이 어려운 과제 중 하나이다. 본 연구에서는 Langasite기판을 사용하였으며, 경사진 빗살무늬 변환기(Slanted Finger Inter-digital Transducer : SFIT)전극 배열 형태를 응용한 SPUDT 형태를 한 SAW 필터에 부합되는 조건을 구하는 실험을 하였다. 즉, 반사기에 의해 반사된 음파는 적절한 각도로 반사되도록 하기 위하여 반사기를 개방(open) 및 단락(short)으로 구성하였으며, 반사기와 IDT 전극 사이의 간격에도 변화를 주었다. 표 1에 SAW 필터를 제작 및 구현에 적절한 조건을 구하기 위해 제작한 시료들의 입출력 IDT 전극의 배열모양과 특성들을 정리하였다.

표1. 시료 및 표면탄성파 필터 특성
Table1. Samples and characteristics of the SAW filters.

시료	형태	전극형태 및 배열 (입 · 출력 IDT)	IDT 제원 (μm)			특성 (dB)	
			Fin-ger	반사기	간격	리플	Return loss
1	개방	중앙기준 좌우 점대칭 (그림 5a 표시)	1.8	3.6	2.4	12	-11 \geq
2		입 · 출력 IDT 동일	1.8	3.6	2.0	13	-16 \geq
3		시료 1 기준 Z축 중심 180° 회전	1.8	3.6	1.8	12	-15 \geq
4		시료 2와 동일	1.2	3.6	1.2	23	-15 \geq
5		시료 3 기준 Y축 중심 180° 회전	1.2	3.6	1.2	13	-16 \geq
6	단락	접지 IDT에 반사기 형성	2.4	3.6	2.0	23	-14 \geq
7		시료 7과 동일	1.8	3.6	2.4	9	-18 \geq
8		교대로 반사기 형성 (그림 6a에 표시)	1.2	3.6	1.2	23	-16 \geq

표 1에서 보인 바와 같이 시료들은 반사기를 개방 및 단락으로 구분하였고, IDT 전극재료는 동일한 재료로 증착하였으며, IDT배열, IDT전극(IDT-finger) 폭 및 전극간격(space) 등은 변화시켰다. 이와 같은 구성으로 시료1(그림5a에 게시)에서 시료5번까지는 개방형 반사기로 구성하였고, 시료6부터 시료8(그림6a에 게시)은 개방형 반사기로 구성하였으며, 반사기 폭은 모두 $3.6\mu\text{m}(\cong 1\lambda/4)$ 로 동일하게 제작하였다. 그리고 반사기와 IDT전극 사이 거리 및 반사기 폭을 각각 $2.0\mu\text{m}$ 및 $2.4\mu\text{m}(\cong 1\lambda/6)$ 으로 구성하였다. 따라서 그림5a에서 보듯이 시료 1은 IDT전극 폭을 $1.8\mu\text{m}$, 반사기와

IDT전극 사이 거리 및 반사기 폭을 $2.4\mu\text{m}(\cong 1\lambda/6)$ 으로 구성되었음을 나타낸다.

또한, 표에 나열한 시료들로부터 적절한 조건을 얻기 위해서 Langasite 기판위에 IDT를 형성시켰으며, 전극 갯수는 50쌍으로 균일하게 구성하였다. 먼저, 시료 1의 경우에서 시료 위에 형성한 IDT전극의 형상 및 측정된 특성들을 그림 6a 및 그림 6(b, c, d)에 각각 나타내었다.

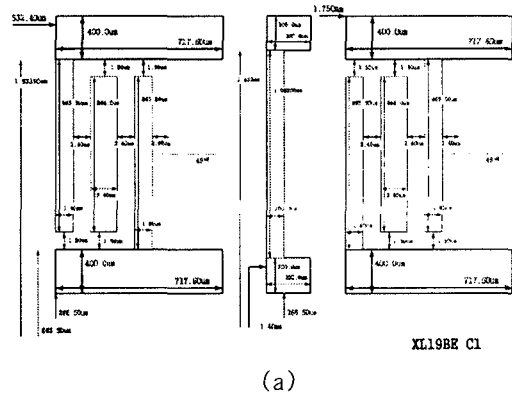
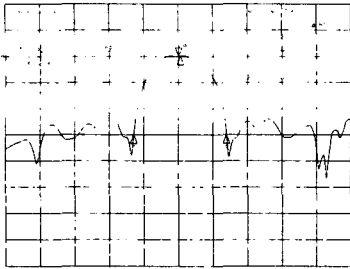


그림 6a. Langasite 기판 형성된 IDT 전극 구조
Fig. 6a. IDT structures are formed on the Langasite substrate.

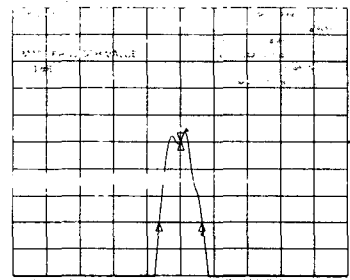
그림 6a에서 위쪽에 형성시킨 IDT(hot 전극)에는 +신호를 인가하였으며, 아래쪽에 위치한 IDT는 접지로 사용하였다. 그리고 왼쪽 IDT는 입력단이고 오른쪽은 출력단이며, SAW 신호는 좌측에서 우측으로 전달되도록 신호체계를 형성하였다.

또한, 입출력 IDT 중앙에 위치시킨 "c"자 형태의 전극은 입력측에서 발생한 전기신호가 출력측에 직접 전달될 때, 전기신호의 에너지를 감소시키는 역할을 하며, 이른바 shield 용 ground bar로 불린다. 제작된 필터는 측정을 위하여 $(5 \times 5) \text{mm}^2$ 크기의 표면실장(Surface Mounted Device : SMD) 패키지(Package)에 실장하였으며, 필터의 특성을 측정하기 위한 치구를 별도로 제작하고, 50Ω 으로 Impedance matching시켰다. 또한, 제작된 필터의 입 · 출력단자에 맞게 측정 치구를 제작하였으며, 필터의 입출력 단자에서의 전자파를 차단시키기 위하여 동판으로 치구의 중앙을 차폐하였다. 이와 같은 방법으로, 회로망 분석기를 이용하여 시료1을 측정한 결과를 그림 6b, 6c, 6d에 나타냈다.



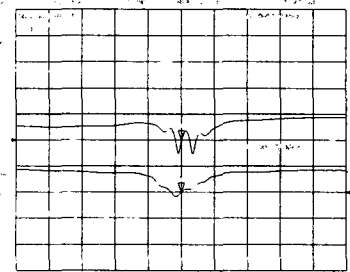
(b)

그림 6b. 표면탄성과 필터의 주파수 응답 특성
Fig. 6b. Frequency Response of the SAW filter.



(c)

그림 6c. 주파수 응답에 대한 리플
Fig. 6c. Ripples for the frequency response.



(d)

그림 6d. 표면 탄성과 필터의 리턴 손실
Fig. 6d. Return loss of the SAW filter.

그림 6b에서는 제작한 필터의 주파수 특성을 나타낸 것이며, 중심주파수가 190MHz, 30dB 대역폭은 6.7MHz 및 삽입 손실(Insertion loss)는

12dB이하임을 보여준다. 그리고 그림 6c에서는 매칭 후 리플특성 및 3dB 대역폭을 측정된 결과를 확대하여 측정된 것으로 각각 0.7dB이하로 3.3MHz 정도로 측정됨을 보여준다. 아울러 3dB 대역폭에 대한 30dB 대역폭의 비로 표현되는 형상인자(Shape factor)는 2.09정도로 계산되었다.

또한, 그림 6d에서는 입·출력 IDT에 대한 리턴 손실(Return-loss)이 20dB와 16dB 이하로 각각 측정되었음을 보여준다. 그리고 시료2에서는 입·출력 IDT 형상을 같은 모양으로 제작했으며, 반사기 폭, IDT 전극 폭 및 반사기와 IDT전극사이의 간격 등은 시료1과 동일하다. 그러나 시료1에 제시한 그림에서 우측 IDT만 X축 주위로 180° 회전시켜 전극을 위치시킨 필터를 구성하여 반사기에서 반사되는 탄성파의 phase에 대해 조건을 구하고자 하였다. 시료3에서는 시료1을 Z축을 기준으로 180° 회전시켜 필터를 구성하므로써, 반사기의 위상을 변화시키는 효과를 얻고자 하였으며, IDT 전극 폭 및 반사기와 IDT전극사이의 간격을 1.8 μm 및 2.4 μm으로 하였다.

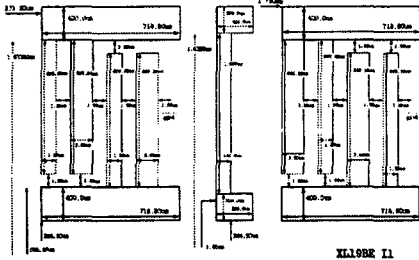
시료 4는 시료 2와 동일한 전극배열을 하고 있으며, 시료 5에서는 전극배열을 시료 1에 제시한 그림에서 좌측 IDT 만을 Y축 주위로 180° 회전시킨 형상이며, IDT 전극 폭과 반사기 거리를 모두 1.2μm로 통일하였다.

시료6, 7 및 8은 반사기를 단락(Short)시킴으로서 반사파의 특성을 분석하고자 하였다. 시료 6은 좌우 IDT 전극형태를 동일하게 제작하였으나, 반사기를 단락시킴으로서 IDT전극은 단지 신호 전달 역할만하게 하였다. 그리고 Ground는 접지와 반사기 역할을 동시에 하도록 하였으며, 폭과 간격을 각각 2.4μm와 2.0μm로 하였다. 그리고 시료 7은 시료 6과 IDT 배열형태는 동일하나 폭과 간격을 각각 1.8μm와 2.4μm로 제작하였다. 마찬가지로 단락형 시료도 측정을 위하여 5 x 5 mm² 크기를 갖는 SMD패키지에 실장하였으며, 50 Ω matching 시킨 후 측정하였다. 이와 같이 하므로써 반사기를 short시켰을 경우 반사 특성을 보고자 하였다. 그러나 시료6은 Matching후 Return-loss가 -14dB 이하로 측정되었으며, matching후 리플 특성은 3dB로 측정되었다.

시료7은 matching 후 Return-loss가 -18dB 이하로 측정되었고, matching후 리플 특성은 3 dB로 나타났다. 이러한 결과에 비추어 반사기에 의한 반사파의 위상을 45°로 보기에 적합하지 않은 결과로 추정된다.

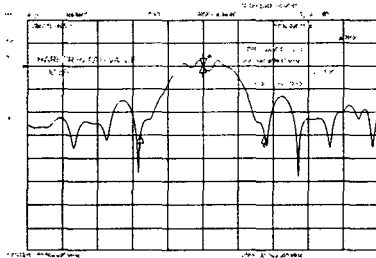
시료 8에서는 IDT 전극과 반사기 그리고 IDT

접지와 반사기를 주기적으로 구성하였으며, 전극 구조 및 특성들을 그림 7a,7b,7c,7d에 각각 나타냈다.



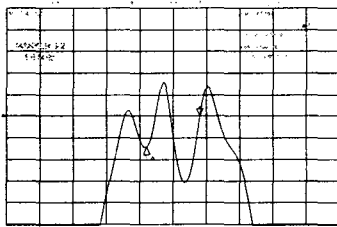
(a)

그림 7a. Langasite 기판에 형성된 IDT 전극 구조
Fig. 7a. IDT structures are formed on the Langasite substrate.



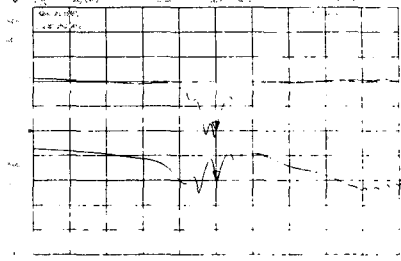
(b)

그림 7b. 표면탄성과 필터의 주파수 응답 특성
Fig. 7b. Frequency Response of the SAW filter.



(c)

그림 7c. 주파수 응답에 대한 리플
Fig. 7c. Ripples for the frequency response.



(d)

그림 7d. 표면 탄성과 필터의 리턴 손실
Fig. 7d. Return loss of the SAW filter.

그림 7a에서 IDT 전극 폭 및 전극과 반사기 사이의 거리를 모두 $1.2\mu\text{m}(1\lambda/8)$ 로 하였음을 보여주며, 그림 7b에는 제작한 필터의 주파수 특성을 나타냈다.

그림 7b에서 보듯이 중심주파수가 대략 190MHz 정도, 30dB 대역폭은 8.2MHz 측정되었으며, 삽입 손실은 4dB 정도로 측정되었다. 그림 7c에서는 리플 특성은 4dB 정도로 측정되었으며, 3dB 대역폭은 3MHz로 측정되었다. 따라서 형상인자는 2.05로 계산되었다. 또한, 그림 7d는 입·출력 IDT에 대한 리턴손실(Return-loss)이 28dB와 18dB 이하로 각각 측정되었음을 보여준다. 시료 8에서 측정된 data는 다소 불안한 필터의 특성을 보이고 있다.

이상과 같이 그림 6와 그림 7에서 제시한 결과를 비교해 보면 그림 7이 그림 6에 비해 대역폭은 넓어졌으나, UR특성이 열화된 현상으로 인해 50dB에 못 미치는 결과를 낳았다. 그리고 그림 7에서 30dB 대역폭은 증가 하였으며, 3dB 대역폭은 상대적으로 낮은 결과를 얻었다. 그러나 이러한 전극 구성은 광대역 SAW 필터 제작에 도움 줄 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 광대역용 표면 탄성과 필터 제작하기 위하여 입력단에는 IDT를 직렬형태로 연결시킨 block 형태로 하중을 가하는 전극 방법을 쓰고 출력단은 withdrawal 형태로 하중을 가하는 방법을 채택하였으며, 정확한 필터 구현을 위한 시뮬레이터도 개발하였다. 그리고 시뮬레이터를 이용한 모의실험 결과를 바탕으로 적절한 광대역 표면탄성과 필터를 제작하였다. 또한, SFIT의 단점인 전

극에서의 회절현상들을 최소화하기 위하여 다른 압전기판에 비해 상대적으로 표면탄성과 속도가 느린 Langasite 기판을 써서 그 위에 전극을 형성시킨 필터를 제작하였다.

또한, withdrawal 형태의 빗살무늬 변환기의 단점인 ultimate rejection 특성을 보완하기 위하여 기존의 단상 단방향 변환기 방식에서 사용했던 반사기 폭을 $1\lambda/4$ 로 균일하게 제작하였다. 그리고 반사기의 형태 및 간격을 변화시켰으며, IDT 전극의 폭 및 반사기와와의 간격도 변화시켜 가면서 전극으로부터의 반사파에 의한 적절한 출력신호를 얻을 수 있도록 하였다. 아울러 이를 바탕으로 광대역 SAW 필터 전극 설계 방식에 대한 적절한 위상조건도 얻고자 시도하였다.

그 결과 Langasite 기판위에 IDT를 주기적으로 형성시킨 시료에서 제작한 필터의 주파수 특성은 중심주파수가 대략 190MHz 정도, 30dB 대역폭은 8.2MHz 정도로 측정됨으로써 대역 필터로 사용할 수 있다고 판단된다. 아울러 matching 후 return-loss는 -16dB 이하이고, 리플 특성은 4dB 정도로 측정되었으며, 제작한 필터의 형상인자는 2.0 정도로 측정되었으며, UR 특성은 열화 현상으로 낮은 경향성을 보였다. 따라서 본 연구에 사용한 시료에서 측정된 data는 다소 불안한 필터의 특성을 보이고 있어 위상변화에 대한 적절한 조건은 얻지 못했지만, 이러한 전극 구성은 대역통과용 SAW 필터 제작에 도움이 될 것으로 사료되며 반사기 폭을 $1\lambda/4$ 로 하여 실험한 결과로 미루어 짐작해보면 기존의 단상 단방향 변환기 방식에서 사용했던 것보다 발전된 결과를 얻었다고 할 수 있겠다.

그리고 좀 더 바람직한 데이터를 얻기 위한 보완 연구는 계속 수행 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] C. S. Hartman, D. T. Bell, Jr., and R. 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
- [2] G. L. Matthae, Acoustic Surface Wave Transversal Filters, IEEE Trans. Circuit and Theory, Vol. CT-20, No. 5, pp. 459-470, 1973
- [3] R. H. Tancrell, Analytic Design of Surface Wave Bandpass Filters, IEEE Trans. Sonics Ultrason., vol. SU-21, No.1, pp.12-22 1974.
- [4] T. Thorvaldsson, Analysis of The Natural Single Phase Unidirectional SAW Transducer, IEEE Trans. Ultrasonic Sym pp 91-96, 1989.
- [5] H. Yatsuda, K. Yamanouchi, Automatic CAD Design of SAW Filters Using Slanted Finger Interdigital Transducer, IEEE Trans. Sonics UFFC, Vol. 47, No.1, pp.140, 2000.
- [6] H. Yatsuda, Design techniques for SAW filters using slanted finger interdigital transducers, IEEE Trans. Sonics UFFC, Vol. 44, No.1, pp. 453, 1997.
- [7] C. B. Chvets, P.G. Ivanov, V. M. Maka, V. S. Orlov, Design of SAW Filters on Langasite, IEEE Ultrasonic Symposium, pp. 99. 1999.

저자소개

유일현(Ilhyun, You)

세명대학교 컴퓨터 응용과학과 교수

권희두(Heedoo Kwon)

주식회사 ITF 연구소 실장