
SFIT 형태를 이용한 SPUDT형 필터제작에 관한 기초실험

유 일 현*

The basic experiments for the fabrication of the SPUDT type filter using the SFIT type filter

Ilyun, You*

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 기판 위에 형성시킨 입출력 빗살무늬 변환기 전극 수는 50쌍, 두께는 5000 Å으로 하였으며, 반사기 폭은 3.6 μm으로 하였다. 그리고 hot전극과 반사기사이의 거리는 각각 2.0 μm, 2.4 μm로 제작하였고, hot전극에서부터 접지전극까지 간격은 1.5 μm로 하였으며 전극 모양은 좌우 동일한 형상을 채택하였다. 제작한 필터의 주파수 특성은 중심주파수가 대략 190MHz정도, 대역폭은 7.8MHz 이하로 측정되었으며, matching 후 return-loss는 -18dB 이하이고, 리플 특성은 3dB 이하이며, 반사에 의한 잔향은 -25dB 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 μm respectively. And we have employed that the distances from the hot electrode to the reflector are 2.0 μm, 2.4 μm and the distance from the hot electrode to the ground is 1.5 μm 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 7.8MHz. And we could obtain that return loss is less than -18dB, ripple characteristics is probably 3dB and triple transit echo is less than -25dB 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

I. 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 신호 와의 간섭 및 삽입손실 등을 최소화하는 노력이 필요하고, 표면탄성파(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 기판 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 UR특성을 좋으나, 전극 겹침의 변화가 불가피하여 저 손실 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 SFIT형태를 유지하지만, SFIT형태의 단점인 전극에서의 회절현상들을 최소화하기 위하여 다른 압전 기판에 비해 상대적으로 표면탄성파 속도가 느린 Langasite[7]기판을 사용하였으며 Langasite 기판 위

에 SPUDT형 전극 구성을 위한 기초적인 자료를 얻기 위한 실험을 행하였다. 이 때 기판의 성질에 따라 기판 위에 형성시킨 각종 전극 및 반사기 등에 의한 음파의 반사 영향으로 음파는 위상(Phase)이 바뀌는 것을 피할 수 없다. 그러므로 반사파에 의한 위상변화에 대해 적절하게 출력신호를 얻을 수 있는 IDT 제작조건에 관한 기초 조사자료의 보완 및 선행된 실험결과[8,9]를 발전시키는 결과를 얻고자 하였다. 이와 같이 하므로써 장차 Langasite 기판 위에 장착될 양방향성 변환기(Bi-directional transducer)를 제작함에 있어 필수적인 SPUDT형 전극의 형상 및 안정성에 관한 조건을 찾는 실험도 병행하였다.

II. 이론적인 배경

일반적인 표면탄성파 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 경우 Withdrawal weighting 필터를 구성하기가 어려우며, Withdrawal weighting으로 구성할 경우에는 큰 리플 및 IDT에서 발생된 신호에 영향을 주는 UR 특성의 저하 현상으로 인하여 실용하는데 많은 어려움을 갖게 된다.

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

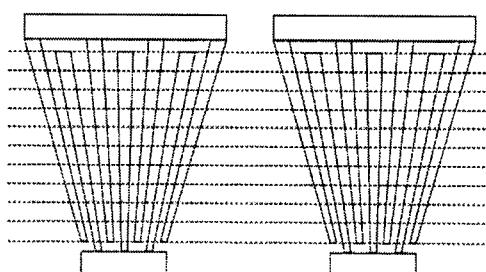


그림 1. 경사진 빗살무늬 변환기형태를 사용한 IDT 전극
Fig. 1. The IDT finger using slanted interdigital transducer.

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 응답은 변환기의 임피던스 변화에 의하여 통과 대역이 기울어지는 결과를 가져오고 이는 기판의 재질, 전극 개수 및 전극 구경(aperture)의 크기에 의존된다. 통과대역을 평탄하게 하기 위해서는 임피던스 매칭 방법, 채널의 전극 갯수 조정 및 채널의 전극구경을 변화시키는 방법 등이 있다.

기본적인 SFIT필터의 전달 함수를 $H_i(f)$ 라 할 때

$$H_i(f) = H_i(f) \cdot H_{i^*}(f) \quad (1)$$

이다.

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

$$H_S(f) = \sum_{i=1}^S H_i(f) = \sum_{i=1}^S [H_i(f) \cdot H_{i^*}(f)] \quad (2)$$

로 표현되며, S 는 채널 수이다.

그림 1에서 보여 주듯이 SFIT 전극의 기본 구조는 전체적으로 부채꼴 형태를 하였으며, 한쪽은 좁고, 반대쪽은 조금 넓어지는 양상을 띠고 있다. 이러한 SFIT구조의 장점은 임의 필터모양을 구현하는데 용이하고 모델링이 용이하다. 그러나 통과대역을 크게 하기 위해서는, 각각의 IDT는 옆 전극에 뒷게 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 SPUDT형 전극 제작시 채택하였다.

그림 2는 기본적인 SPUDT 형 전극에 있어서 반사기에 의한 신호체계 및 전극구조를 개략적으로 나타내고 있다.

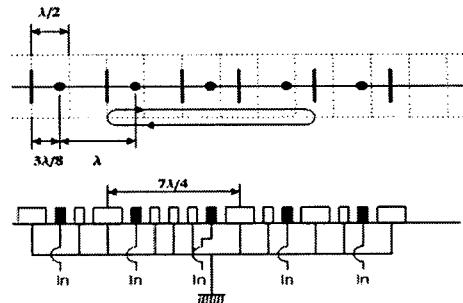


그림 2. 단상 단방향 빗살무늬 변환기의 기본 구조

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 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 위상변화가 달라지며, 신호의 반사영향은 반사기의 폭이나 간격을 $3\lambda/8$ 로 하는 것이 기준의 $1\lambda/4$ 혹은 $3\lambda/16$ 를 채택할 때 보다 커서 삽입손실이 적기는 하지만, 반사기의 값들은 기판의 재질에 따라 반사 음파의 위상이 바뀌게 된다. 따라서 기판의 재질에 따라 반사기 폭을 조절하거나, 단락과 개방형으로 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

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

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

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

이다.

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

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

Anisotropy를 갖은 기판위에 D_m 과 R_m 는 각각

$$D_m = \frac{\pi k^2}{\epsilon_s(\infty)} \left[\left| \frac{U_1}{\varphi} \right|^2 (\alpha_1 - \rho' v_f^2) + \left| \frac{U_2}{\psi} \right|^2 (\alpha_2 - \rho' v_f^2) - \left| \frac{U_3}{\psi} \right|^2 \rho' v_f^2 \right] \quad (8)$$

$$R_m = -\frac{\pi \kappa^2}{\epsilon_s(\infty)} \left[\left(\frac{U_1}{\varphi} \right)^2 (\alpha_1 + \rho' v_f^2) + \left(\frac{U_2}{\psi} \right)^2 (\alpha_2 + \rho' v_f^2) + \left(\frac{U_3}{\psi} \right)^2 \rho' v_f^2 \right] \quad (9)$$

이다.

III. 실험 및 고찰

본 연구에서는 Langasite 기판 위에 SPUDT전극 구성을 위한 기초적인 자료를 얻기 위한 실험을 행하였다. 기판의 성질에 따라 기판 위에 형성시킨 각종 전극 및 반사기 등에 의한 음파의 반사영향으로 음파는 위상이 바뀌는 것을 피할 수 없다. 따라서 Langasite 기판 위에 장착될 SPUDT전극의 구조 및 안정성에 관한 조건을 찾는 데 역점을 두고 실험을 행하였다.

아울러 반사기에 의해 반사된 음파는 45°의 Phase로서 반사되어야만 하므로, 이를 위하여 IDT의 규격, 간격 및 모양을 변화를 시킨 다음, 반사기 폭은 변화시키지 않

고 단락 및 개방시켜 구성하였다. 이와 같이 하므로써 SPUDT 전극 제작시 적절한 조건을 찾는 기초실험을 하였다. 아울러 자료를 얻기 위해 IDT의 개수는 50쌍으로 하였고, 전극 재질은 동일한 물질로 구성하였다. 그림 3a는 제작한 IDT전극의 개략적인 형상을 보여준다.

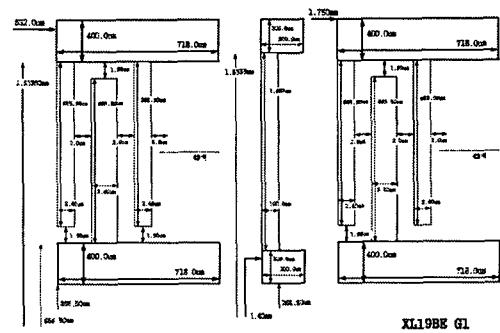


그림 3a. Langasite 기판에 형성시킨 전극 형상
Fig. 3a. The electrodes formed on the Langasite substrate to obtain the property design conditions.

그림 3a에서 위쪽에 형성시킨 IDT(hot 전극)에는 +신호를 인가하였으며, 아래쪽에 위치한 IDT는 접지(ground)로 사용하였으며, SAW 신호는 좌측에서 우측으로 전달되도록 신호 체계를 형성하였다. 또한, 상기 그림에서 왼쪽에 위치시킨 IDT는 입력단이고 오른쪽 IDT는 출력단을 의미하며, 좌우 동일하게 전극을 배치시킨 형상을 보여준다. 아울러 그림에서 위쪽에 위치한 IDT 전극 중앙에 있으며, 아래 쪽 접지부와 연결(short)된 폭 3.6μm 전극이 반사기이다.

시료로 사용하기 위해 제작한 IDT 전극 제원은 hot전극 폭을 각각 1.8μm, 2.4μm로 하였으며, 반사기 폭은 3.6μm($\cong 1\lambda/4$)로 하였다. 그리고 hot전극과 반사기사이의 거리는 각각 2.0μm, 2.4μm로 제작하였고, hot전극에서부터 접지전극까지 간격은 1.5μm로 하였으며, 전극 갯수(pairs)는 50쌍으로 하였다.

여기서 전극 재료로는 Al-Cu 합금을 사용하였다.

아울러 그림 3a는 hot전극 폭을 2.4μm, 반사기 폭은 3.6μm($\cong 1\lambda/4$) 그리고 hot전극과 반사기사이의 거리는 2.0μm이며, hot전극에서부터 ground전극까지 간격은 1.5μm인 경우를 보인 것이다.

아울러, 입출력 IDT 중앙에 위치시킨 "ㄷ"자 형태의 전극은 입력 측에서 발생한 신호가 출력 측에 직접 전달

될 때 신호의 에너지를 감소시키는 역할을 하는 접지 장벽(ground bar)이다.

그림에서 보인 바와 같이 전극을 배열하므로써 hot 전극은 단지 신호전달 역할만 하고 접지로 사용된 전극은 접지 및 반사기 역할을 동시에 하게 한 후, 반사기의 위치, 간격 및 크기의 변화에 따른 반사파의 특성을 분석하고자 하였다.

이와 같이 하므로서 반사기에서 반사되는 신호의 위상변화에 대한 최적조건을 얻고자 시도하였다.

제작된 필터는 측정을 위하여 $5 \times 5 mm^2$ 크기를 갖는 표면설장(Surface Mounted Device : SMD)기법으로 장착하였으며, 필터의 특성을 측정하기 위한 치구를 별도로 제작하고, 50Ω 으로 임피던스 정합하였다. 또한, 측정 치구는 제작된 필터의 입출력단자에 알맞게 제작하였으며, 필터의 입출력 단자에서의 전자파를 차단시키기 위해 동판으로 치구의 중앙을 차폐하였다. 이와 같은 방법으로, 회로망 분석기를 이용하여 측정한 결과들을 그림3b, 3c, 3d 및 3e 각각 나타냈다.

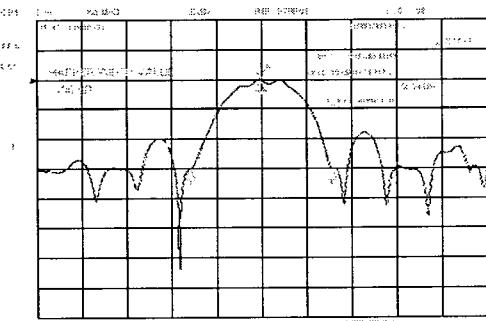


그림 3b. SPUDT형 필터의 주파수 응답 특성
Fig. 3b. Frequency response of SPUDT type filter.

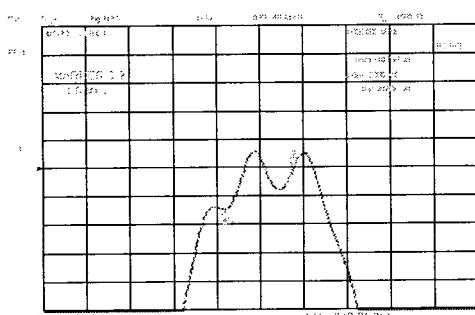


그림 3c. 주파수 응답에 대한 리플 특성
Fig. 3c. Ripple characteristics of frequency response.

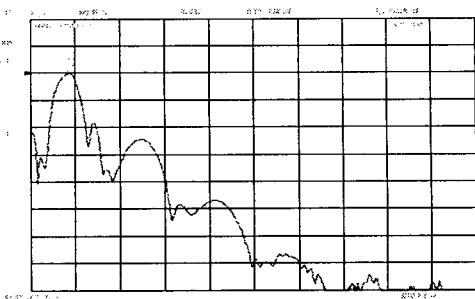


그림 3d. SPUDT형 필터의 시간 영역 특성
Fig. 3d. Time domains of the SPUDT type filter.

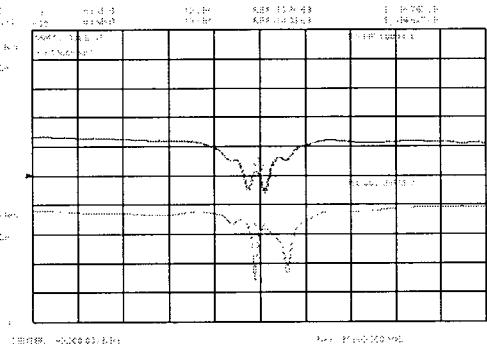
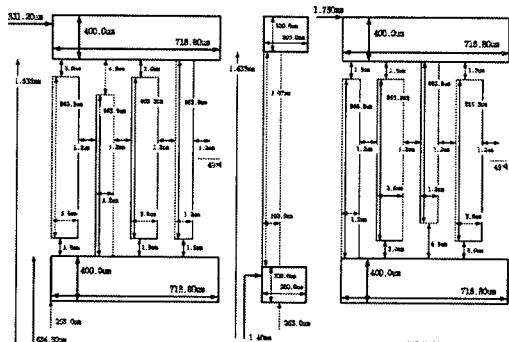


그림 3e. SPUDT형 필터의 리턴 손실
Fig. 3e. Return loss of the SPUDT type filter.

그림 3b, c, d에서 중심주파수가 대략 190MHz, 통과 대역폭은 7.8MHz 정도로 측정되었으며, 리플은 3dB 이하로 측정되었다. 아울러 반사에 의한 잔향(Triple Transit Echo ; TTE) 수치는 -30dB 이하로 측정되었으며, 그림 3e에서는 Return-loss가 -16dB 이하로 측정되었다. 그리고 임피던스 matching 후 리플 특성은 0.7dB 이하로 측정되었고, TTE는 -25dB 이하였다. 이러한 결과에 비추어 반사기에서 반사된 신호의 위상 값은 45° 조건으로 완벽하지는 않은 결과를 얻었다고 사료된다.

아울러 또 다른 시료로서 전극의 기하학적인 모양을 변화시켰을 경우 변화를 측정하기 위해 시도하였다. 즉, IDT전극 배치 형상은 그림 3a와 간격과 모양이 동일하지만, hot 전극의 폭만을 $1.8\mu m$ 로 변형 제작하여 반사기에서 반사되는 phase를 최적화 조건을 찾고자 하였다. 그러나 제작된 필터는 Matching 후 Returnloss가 -18dB 이하로 측정되었고, Matching후 리플 특성은 3dB이며, TTE는 -25dB 이하로 측정된 결과에 비추어 반사기의 조건 45° Phase수치에는 미치지 못했음을 밝혀둔다.

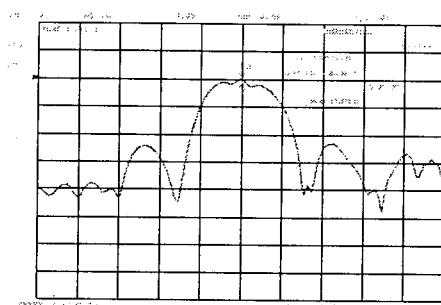


(a)

그림 4a. Langasite 기판에 형성시킨 전극 형상
Fig. 4a. The electrodes formed on the Langasite substrate to obtain the property design conditions

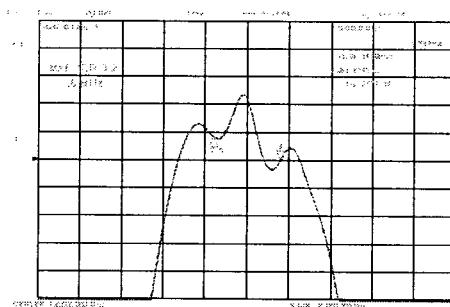
또 다른 시도로 전극의 크기 및 모양을 변형시켜 제작한 IDT 전극형상을 그림 4e에 나타냈다. 그림은 반사기를 개방(Open)시켜 제작한 것으로써 반사기 폭은 $3.6\mu\text{m}$, hot전극 폭과 접지전극 폭을 $1.2\mu\text{m} (\equiv 1\lambda/12)$ 한 경우를 보인 것이다. 아울러 hot전극과 반사기사이의 거리는 $1.2\mu\text{m}$ 이며, hot전극과 접지전극에서부터 반사기까지 간격은 각각 $3.0\mu\text{m}$ 와 $1.5\mu\text{m}$ 로 위치시켰으며 접지전극과 hot전극 사이의 간격은 $1.5\mu\text{m}$ 로 하였으며 특히, hot전극과 접지전극 사이의 간격을 $4.5\mu\text{m}$ 로 하였다.

아울러 그림에서 접지장벽이 위치한 중앙점을 기준으로 점대칭 형태로 hot전극과 반사기 그리고 접지부와 반사기 배열형태를 주기적으로 변화시켜 구성한 전극형태로써 hot transduction(hot전극 변형)과 ground transduction(접지전극 변형)한 형태를 보여준다.



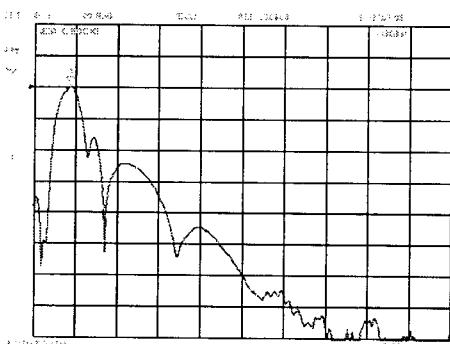
(b)

그림 4b. SPUDT형 필터의 주파수 응답 특성
Fig. 4b. Frequency response of SPUDT type filter.



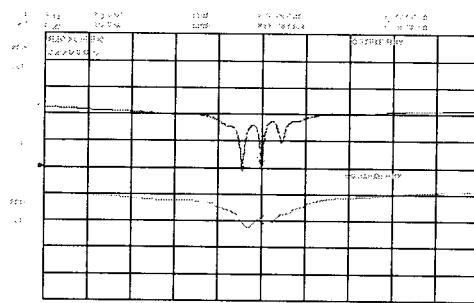
(c)

그림 4c. 주파수 응답에 대한 리플 특성
Fig. 4c. Ripple characteristics of frequency response.



(d)

그림 4d. SPUDT형 필터의 시간 영역 특성
Fig. 4d. Time domains of the SPUDT type filter.



(e)

그림 4e. SPUDT형 필터의 리턴 손실
Fig. 4e. Return loss of the SPUDT type filter.

그림 4b, c, d에서 중심주파수가 대략 190MHz, 통과 대역폭은 7.0MHz 정도로 측정되었으며, 리플은 3dB 정도 측정되었다. 아울러 반사에 의한 잔향 수치는 -30dB 이하로 측정되었으며, 그림 3e에서는 Return-loss가 -19dB 이하로 측정되었다. 그리고 임피던스 정합 후 리플 특성은 0.7dB 이하로 측정되었고, TTE는 -25dB 이하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 Langasite 기판 위에 양방향성 변환기 (Bidirectional transducer)를 제작함에 있어 필수적인 SPUDT 전극 구성에 기초적인 자료를 얻기 위해 연구하였다. 기판의 성질에 따라 기판 위에 형성시킨 각종 전극 및 반사기 등에 의한 음파의 반사영향으로 음파는 위상이 바뀌는 것을 피할 수 없다. 아울러 반사기에 의해 반사된 음파는 45°의 위상으로 반사되어야만 하므로, 이를 위하여 IDT의 규격, 간격 및 모양을 변화를 시킨 다음, 반사기 폭은 변화시키지 않고 단락 및 개방시켜 구성하였다. 아울러 자료를 얻기 위해 IDT의 개수는 50쌍으로 하였고, 전극 재질은 동일한 물질로 구성하였다.

반사기를 사용하기 위해 제작한 IDT 전극계원은 hot 전극 폭을 각각 1.8μm, 2.4μm로 하였으며, 반사기 폭은 3.6μm ($\cong 1\lambda/4$)로 하였다. 그리고 hot 전극과 반사기 사이의 거리는 각각 2.0μm, 2.4μm로 제작하였고, hot 전극에서부터 접지전극까지 간격은 1.5μm로 하였으며 전극 모양은 좌우 동일한 형상을 채택하였다.

그리고 배열형태를 주기적으로 변화시켜 구성한 hot 전극 변형 및 접지전극 변형한 전극형태를 채택한 시료에서는 반사기를 개방시켜 제작하였으며 반사기 폭은 3.6μm, hot 전극 폭과 접지전극 폭을 1.2μm ($\cong 1\lambda/12$) 하였다. 이 시료에서는 hot 전극과 반사기 사이의 거리는 1.2μm이며, hot 전극과 접지전극에서부터 반사기까지 간격은 각각 3.0μm와 1.5μm로 제작하였다. 그리고 접지전극과 hot 전극 사이의 간격은 1.5μm로 하였으며 특히, hot 전극과 접지전극 사이의 간격을 4.5μm로 하였다. 이와 같이 하므로써 Langasite 기판 위에 장착될 SPUDT 전극 구조를 갖는 양방향성 변환기 및 그 안정성에 관한 적절한 조건을 찾는 데 역점을 두고 실험을 행하였다.

그 결과 중심주파수가 대략 190MHz, 통과 대역폭은 대략 7MHz 정도로 측정되었으며, 리플은 3dB 정도로 측정되었다. 아울러 반사에 의한 잔향 수치는 -30dB 이하로 측정되었으며, Return-loss는 -16dB 이하로 측정되었다. 그리고 임피던스 matching 후 리플 특성은 0.7dB 정도로 측정되었고, TTE는 -25dB 이하였다. 이러한 결과에 비추어 반사기에서 반사된 신호의 위상 값은 45° 조건으로 완벽하지는 않은 결과를 얻었지만 기초자료로 쓰는 충분하다고 사료된다.

또한 변형시킨 hot 전극과 반사기 사이의 거리가 $1\lambda/12$ 인 경우에 있어서 광대역의 LN Wafer에 적합한 것으로 알려져 있기 때문에 이들 자료를 이용하면 보다 나은 필터를 제작하는 자료로 활용될 수 있다고 판단되며 이를 보완 발전시키는 시도는 현재 진행 중이다.

참고문헌

- [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. Matthei, 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.
- [8] 유일현, 권희두, 경사진 빗살무늬 변환기를 이용한 대역통과 필터제작, 한국 해양정보통신 학회, vol.9, No.2, pp308, 2005.
- [9] 유일현, 단상 단방향 형태의 표면탄성파 필터 제작 및 임피던스 정합, 한국 해양정보통신 학회, Vol.9, No.3, pp602, 2005.

저자소개



유 일 현 (Ilhyun, You)

현 재: 세명대학교 컴퓨터응용과학과 교수

※ 전공분야: 광학, 통신 filter

※ 관심분야: SAW 필터