

표면 탄성파(SAW) 필터 이론



박용욱

(남서울대학교 전자정보통신공학부)

1. 서론

현대사회에 있어 정보통신화가 급속히 연구 개발되어 각 개인의 정보 전달이 point-point로 가능하게 발전됨에 따라 최근 각종 이동통신용 매체가 우리 생활에 필수적인 부분으로 자리잡으면서 정보화 사회의 급격한 팽창과 더불어 정보 통신 기기의 디지털화, 고주파화, 소형화가 급속히 진행되고 있다. 특히 이동 통신 단말기의 경우 각 국에서 인프라 정비가 진전되면서 경량화, 소형화를 가속화하고 있다. 이러한 이동 통신 기를 저 가격으로 몸에 지니기 쉽게 하는 것은 소형화, 고성능화, 저가격화로 이와 같은 것을 가능하게 하고 있는 것이 회로의 VLSI화, 저소비 전력 디바이스 개발, 전지의 소형화, 고성능화 등과 함께 소요 전자부품의 소형 경량화이다. 그 중에서도 고주파 통신용 전자부품으로 각광을 받고 있는 것이 표면 탄성파(SAW : Surface Acoustic Wave) 필터이다.

SAW 필터는 표면 탄성파를 이용하여 신호주파수 성분과 위상성분을 제어하여 인접채널신호를 제거하고 수신채널신호를 정형하는 대역 통과 필터(BPF : Band Pass Filter)이다. 진폭특성과 위상특성이 독립적으로 디지털 필터 설계 이론을 이용하여 설계가능하고 또, 회로의 간략화, 무조정화가 가능한 등의 설계상의 장점 및 반도체 공정을 이용한 비교적 간단한 공정을 이용하므로 대량생산이 가능하고 제품의 소형, 경량화가 가능한 등의 제조 및 응용상의 장점이 있으

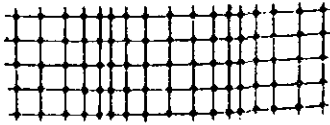
나, 유전체 필터, 세라믹 필터 및 LC 필터에 비해 삽입손실이 크고 주파수가 증가함에 따라 전극 선 폭이 감소하여 제작이 어렵고 고전력 응용의 제한 등 단점도 가지고 있다. SAW 필터는 종래 저주파수대역의 TV, VCR등 영상기기의 중간 주파수 필터(IF Filter)로 많이 사용되어 왔다. 이동통신기기분야에서는 전술한 단점 때문에 응용의 문제가 있었지만 최근 IDT(Interdigital Transducer) 전극구조 및 재료 등의 핵심기술의 개발과 고도의 실장기술, 그 외의 주요 기술의 개발로 저삽입 손실화, 고전력화, 소형실장화를 실현하여 종래의 유전체필터 세라믹필터 및 LC필터 대신으로 SAW 필터가 많이 이용되고 있다. 본고에서는 SAW 필터의 원리, 구조 및 응용에 대해 설명하고 이동통신용 SAW 필터의 개발 현황에 대해 살펴본다.

2. SAW 필터의 개요

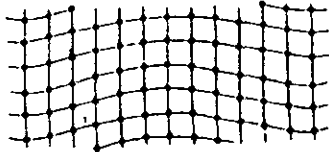
2.1 탄성 표면파(SAW : Surface Acoustic Wave)의 정의

1885년 Lord Rayleigh에 의해 처음 정량적으로 기술된 표면 탄성파는 전자파가 아니고 외부의 열적, 기계적, 전기적 힘에 의한 입자들의 운동으로부터 발생하는 기계적 파동이다. 즉 진동에너지가 탄성체(고체)의 표면에 집중되는 파로 지진이 지면을 전파하는 것과 같이 탄성파가 고체의 표면을 전달하는 점을 이용하는 것이다. 기본적으로 매질을 전파

- P파 - Longitudinal Wave



- S파 - Transverse Wave



- 표면파 - Surface Wave

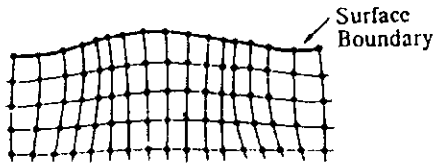


그림 1 P파, S파, 표면파

하는 파(Wave)는 그림 1과 같이 3개의 성분으로 나누어지는데, 파의 진행방향이 입자변위와 평행한 방향으로 진행하는 종파(Longitudinal Wave)와 진행방향과 수직한 입자변위 운동을 하는 횡파(Transversal Wave), 마지막으로 종파와 횡파의 Vector 합으로 발생하는 표면파로 구분된다. 일반적으로 수직 변위성분과 수평 성분은 물질표면의 한 파장 두께이내에서 90%이상 소멸하며 에너지의 대부분이 표면내 한 파장 이내에 집중되어 있다. 따라서 표면 탄성파(SAW)를 Transversal Wave 혹은 Load Rayleigh경이 최초로 제안했다하여 Rayleigh Wave라고도 한다. 이와 같은 표면 탄성파를 이용한 전자소자로 응용하기 위해서는 입사되는 전자파를 기계적인 파동으로 바꾸고 또 그 반대로도 할 수 있는 압전 재료를 이용하여 표면 탄성파 소자를 제작한다.

2.2 Interdigital Transducer(IDT)

압전 기관상에서 표면 탄성파를 가장 효율적이고 보편적으로 발생 또는 검출하는 방법으로는 IDT 구조를 이용하는 것이다. IDT는 압전기관 표면에 금속 전극을 평행하게 연속적으로 배열하는데 이때의 형태는 Time impulse 모양과 동일하다. 그림 2와 같이 한쪽 IDT에 교류 신호전압을 인가하면, 인접한 극성이 다른 전극사이에 전계가 발생하여 기관의 압전효과에 의해 기관표면에 변형이 생기면서 IDT의 양쪽방향

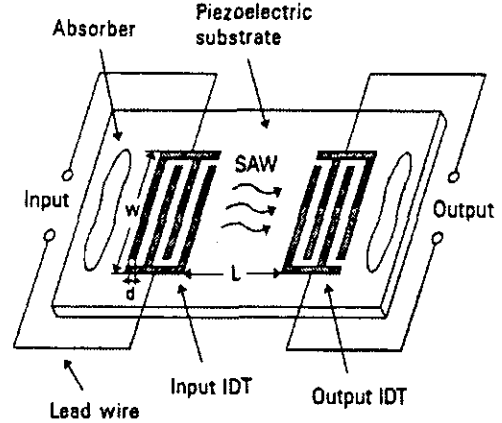


그림 2 SAW 필터의 기본구조

으로 SAW가 전파된다. 반대쪽 IDT는 SAW가 전파된 에너지를 각 전극의 위치에서 검출하여 역압전효과에 의해 전기적 신호로 검출하게 된다. 결과적으로 SAW를 이용하는 소자특성은 전기적 신호를 기계적 에너지로 다시 기계적 에너지를 전기적 신호로 변화시키는 입출력 IDT의 형태 및 전극 크기의 조절에 따라 출력특성이 결정되어 진다.

2.3 SAW 필터의 동작원리

SAW 필터의 기본구조는 그림 2와 같이 Quartz, LiNbO₃(LN), LiTaO₃(LT)등의 압전기관상에 얇은 금속전극으로 형성된 2개의 IDT로 구성되어진다. 이중 한 개의 IDT에서 인가된 전압에 의해 표면 탄성파를 발생시키는데 흔히 이것을 Input IDT 또는 Transmitter라고 한다. 이때 발생된 표면 탄성파는 기관표면의 Free Surface를 따라 적절한 주파수로 팽창과 압축으로 두 번째 IDT에 전달되어 역압전효과에 의해 전기적 신호로 변환된다. 이 두 번째 IDT를 Output IDT 또는 Receiver라고 한다.

한편 IDT에서의 주파수 특성은 설계자에 따라 여러 가지 Impulse Model 방법을 이용하여 계산되어진다. 전형적인 IDT는 Unapodized 또는 Uniform IDT라 하여 일정한 전극의 Pitch와 Overlap을 갖고 있다. 반면 Apodized 혹은 Phase Weighting이라 하여 Pitch와 Overlap을 각각 변화시켜 원하는 주파수를 계산하는 방법도 있다. Uniform IDT와 Impulse의 관계는 그림 3과 같다. IDT에 전압이 가해지면 이 전압은 반파장($\lambda/2$)의 간격으로 +, -의 극성을 갖게 된다.

이렇게 발생한 전압은 압전효과에 의해 기관을 팽창, 수축시키게 된다. 여기서 서로 다른 극성을 갖는 Impulse쌍은 IDT의 전극 쌍과 일치하므로 각 Impulse에서 발생된 SAW의 파장이 전극 Pitch λ 와 일치하는 경우 최대의 Coupling

을 가져 SAW 에너지가 최고로 된다.

Uniform IDT에서의 주파수 특성은 다음과 같다.

$$H(f) = \frac{\sin(N\pi X)}{N\pi X}, \quad X = \frac{f - f_0}{f}, \quad f_0 = \frac{V}{\lambda}$$

Where N = Number of Electrode pair

f_0 = Center Frequency

λ = wave Length

V = SAW Velocity

일반적인 SAW 필터의 구조는 Uniform IDT와 Apodized IDT 2개로 구성되어진다. 최종적인 SAW 필터의 주파수 특성은 이들 두 개의 IDT 주파수 특성의 합으로 이루어지는데 Apodized IDT의 주파수 특성은 비선형 프로그래밍을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석 할 수 있다.

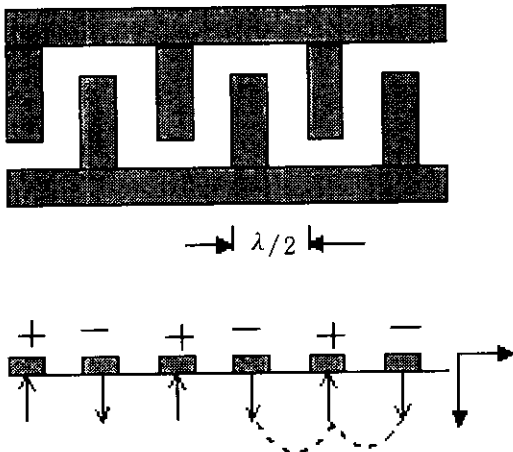


그림 3 Uniform IDT와 Impulse 관계

2.4 SAW 설계 및 제작

SAW 필터는 설계구조상, 다음과 같이 2종류로 구분된다.

- IDT 전극쌍을 입출력으로 하는 트랜스버설(Transversal)형
- 압전기판상에 IDT 전극과 반사기(Reflector)를 합한 공진자형

트랜스버설형은 비교적 삽입손실이 크나 광대역 사용에 적합하고 공진자형은 저손실, 협대역, 소형화 등에 적합하나 위상특성의 직선성이 나쁘다. 트랜스버설형 필터 설계는 일반 디지털 필터 설계에 사용되는 방법을 사용한다. 즉, 필터의 시간과 주파수 반응에 대한 연관인 Fourier 변환법을 이용하게 된다. 일반적으로 소수 주파수 특성을 Fourier 변환하여 임펄스 응답(Impulse response)을 유도하고 그 임펄스 응답 모양을 압전 기판상의 금속 박막에 제작한다. 실제

필터합성은 이보다 훨씬 더 복잡하지만 그 원리는 위에서 기술한 바와 크게 벗어나지 않는다.

공진자형 필터는 변환기에서 발생한 탄성 표면파 에너지를 공진조건으로 전극을 제작한 반사기(Reflector)에서 반사시켜 결정의 국부영역에 효율적으로 집중시키므로 저손실 협대역 필터에 적합하다. 반사기는 압전기판상에 금속박막의 Grating을 형성하거나 압전기판 자체에 홈(Groove)을 형성하거나 하여 표면파의 반사를 유도하고 있다. 설계는 등가회로 모델, 임펄스 반응 모델, 도파관 모델 및 모드결합이론 등을 이용하여 SAW 필터를 분석 설계한다.

표면 탄성과 디바이스에 대한 분석 및 설계가 끝나면 포토 마스크 제작에 들어간다. 주파수가 높아지거나 소모특성이 까다로울수록 submicron 공정 및 여러 장의 포토 마스크가 필요하게 되므로 제작이 어려워진다. 포토마스크가 만들어지면 전극을 만들기 위해 알루미늄박막을 압전 기판위에 입한다. 금속박막의 두께조절은 $\pm 50 \text{ \AA}$ 이하로 유지하여야 한다. 포토마스크는 금속박막이 입혀진 압전 기판위에 전극모양을 patterning하는 Photo Etching에 사용된다. 이 공정에서 노출, 현상, 에칭 등은 중심주파수, 삽입손실, 임피던스 등 전기적 특성에 중요한 영향을 미친다. 적절한 온도도 제어를 위해서는 Clean-Room 시설도 필요하다. 또한 소자 끝에서의 불요 반사파를 흡수시키기 위한 흡음재(Absorber)를 웨이퍼에 스크린 프린트한다. 위 과정이 모두 끝나면 압전 기판은 개개 소자로 잘라진 후, 각각의 소자는 지름 0.001 inch 정도의 알루미늄 또는 금 와이어를 사용해 패키지에 연결시킨다. 마지막으로 패키지를 봉합전, 모든 부품에 대해 주요 특성들을 검사한다. 검사가 끝난 SAW 필터는 진공중에 가열하여 습기를 없앤 후 기밀봉합(Hermetic seal)하고 난 후 최종 품질 검사를 한다.

3. SAW 필터의 기판재료와 그 영역

현재 SAW 소자에 사용되고 있는 기판 재료로는 Quartz, LiNbO_3 (LN), LiTaO_3 (LT), SiO_2 등의 압전 단결정, ZnO, AlN 등의 압전박막, PZT계의 압전 세라믹 등이 실용화되어 사용되고 있다.

3.1 압전단결정

현재 실용화되어 사용되는 대표적인 단결정 재료는 Quartz, LiNbO_3 (LN), LiTaO_3 (LT)가 있으며 이들은 기판시장의 80% 이상을 차지하고 있다. 이외에도 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (LBO), $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ (BGO), TL_3VS_4 등이 있으나 일부 실용화되어 있다. 표 1은 대표적인 단결정 기판의 특성을 비교한 것이다. 산화물 기판의 장점으로는 ① SAW 특성의 재현성, 균일성이 우수하고 ② 신뢰성, 내구성이 우수하며

③ 양산성이 좋고 ④ 전달손실이 적고 ⑤ 고정도 기판가공이 비교적 용이하다.

또한 SAW 소자로 사용하기전 압전기판에 요구되는 조건은 다음과 같다.

① 온도계수가 작아야 하며 ② 결합계수(Coupling coefficient)가 커야 한다.

여기서 온도계수는 온도에 따른 SAW velocity의 변화율을 말하는데 높은 재현성을 위해서는 온도계수가 작아야 하며, 결합계수가 클수록 SAW 에너지가 증가하여 원하는 주파수 특성을 얻는데 용이하다. 현재 압전 단결정을 이용하여 SAW 소자를 만드는 기술은 반도체의 IC, LSI 등의 소자화 공정과 매우 유사하며, 특히 양산화에 따른 기판이 가져야 할 특성은 ① 대면적 원형의 웨이퍼 형태, ② 저가격, ③ 반도체 웨이퍼 공정에 의한 소자화가 가능해야 한다. 현재 산화물 단결정의 국제적인 추세는 대구경화와 더불어 저가격화인데 산화물 단결정은 반도체 Si 단결정에 비해 결정이 부서지기 쉬워 열응력에 약하고 결정의 열전도가 나쁘며 성장계면에 생기는 잠열의 방출이 어려움 등 때문에 대다수의 단결정은 3" 웨이퍼가 주종을 이루고 있다.

표 1 SAW 기판의 특성 비교

substrate	cut angle	velocity(m/s)	K_2 (%)	TCD(ppm/°C)
LiTaO ₃	X-112° Y	3200 - 3295	0.64 - 0.8	18 - 20
	36° Y-X	4100 - 4212	5.0 - 7.6	28 - 35
	Y-Z	3230	0.66	33
	Z	3328	1.1	
LiNbO ₃	128° Y-X	3878 - 4000	4.1 - 5.6	72 - 80
	Y-Z	3400 - 3488	4.1 - 4.9	70
	41° Y-X	4000 - 4792	5.5 - 17.2	50 - 75
	64° Y-X	4330 - 4742	11.0 - 11.5	70 - 81
ST Quartz	36-45° Y-X	3130 - 3195	0.1 - 0.17	0
LST	-75° Y-X	3940 - 3960	0.11 - 0.16	0
Bi ₁₂ GeO ₂₀	Z-X	1720	1.5	110
AlN	(1120)	6.000	0.8	5.6
ZnO	c-axis	2598 - 2600	0.6 - 1.9	15 - 25
	(1120)	5160 - 5500	4.5 - 6.0	40 - 43
Ceramics	PZT Z-X	2360	1.96	40
	PZT X-Y	2400	22.1	9

3.2 압전 박막

압전박막의 대표적인 재료로는 ZnO 압전박막으로 비정질 기판인 유리위에도 C축 배향성을 갖는 다결정 압전 박막으로 성장할 수 있을뿐 아니라, 사파이어 기판위에서는 Epitaxial 성장이 가능하다.

ZnO 압전 박막은 표 1에서 볼 수 있듯이 전기기계결합계수(K^2), 온도계수(TCD) 모두 양호하지는 않지만, K^2 가 큰 LN에 비해서는 TCD가 낮고 TCD가 낮은 LT에 비해서는 K^2 가 더 크기 때문에 TV/VCR용 필터로는 가격경쟁력 및 품질면에서는 아주 적합한 특성을 가지고 있다. ZnO 박막 제조 방법으로는 대표적인 것이 RF Magnetron Sputtering과 CVD 등이 있으나 상업화 된 것은 Sputter법이다. RF Magnetron Sputtering법은 C축 배향의 재현성이 우수하고, 다른 방법보다 증착속도가 높기 때문에 우수한 박막의 대량생산이 용이하다. 또한 Magnetron법은 Target 주변에 자장이 형성되어 전자가 Target 표면에 뿜이기 때문에 전자들로 인한 기판의 손상을 막을 수 있다. RF Magnetron Sputtering 방식에서도 Planar 시스템보다 Hemispherical 시스템이 기하학적인 이유 때문에 두께의 균일성 뿐 아니라 C축 배향성이 더 우수한 박막을 증착시킬 수 있다.

3.3 압전 세라믹스

PZT 압전 세라믹스를 사용한, FM Tuner용 SAW 필터로 개발한 이래 LC 필터를 대체하여 무조정화, 소형화 관점에서 TV용 VIF 필터로 개발되었다. PZT가 SAW 소자용 기판으로 사용되기 위한 요구 조건은 다음과 같다.

- ① 주파수의 온도 안정성이 양호할 것
- ② Pore free ceramic의 실현
- ③ SAW Velocity의 온도 안정성이 양호할 것

또한 FM Tuner나 TV용 SAW 필터는 라디오나 TV 화로내의 가혹한 조건에서 사용되기 때문에 고품질의 세라믹이 사용되어야 하며, 이 재료는 외부 환경 변화에 대한 안정성이 매우 중요하다.

4. SAW 필터의 사용 현황

SAW 필터는 초기 군용으로 개발되었으나, 1977년 컬러 TV의 영상 중간 주파(VIF)필터로 LC 필터를 치환하기 시작하여 현재는 대부분의 컬러 TV나 VCR에 사용되고 있다. 최근 위성방송수신기, CATV, TV방송장비 및 페이저나 휴대폰 등에도 소형 고성능의 장점 때문에 응용이 확산되고 있어 SAW 필터의 시장은 종래의 영상기기중심에서 점차 통신기기중심으로 이동하고 있다. 휴대폰분야에서는 종래 RF 필터로서는 유전체 필터, IF 필터는 수정 필터가 사용되어 왔으나 초소형 휴대전화의 등장 등 단말기의 소형화에 따라 SAW 필터의 이용이 증가하고 있다.

4.1 용도별 특성

- ① Audio/Video용
 - 1) TV 수상기용 IF 필터

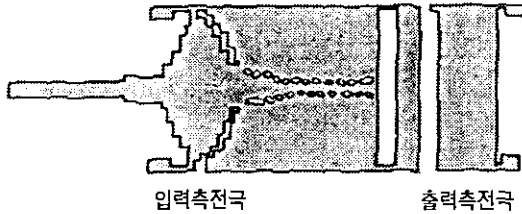


그림 4 NTSC용 필터의 전극Pattern

IF 필터는 영상 중간 주파수 필터(PIF)와 음성신호를 분리하는 음성 중간 주파수 필터(SIF)로 분류한다. PIF 필터는 Tuner부로부터 출력된 영상, 색상, 음성신호가 동일주기를 갖는 혼합형태의 신호이기 때문에 진폭특성, 위상특성이 모두 복잡한 특성을 갖게 된다.

PIF 회로의 특성은 TV 화면의 질을 좌우하기 때문에 TV에 있어서 매우 중요하며, 다음과 같은 문제가 발생되면 안 된다.

- 원하는 채널의 음성 Trap 감쇄량 부족
- 인접 채널 전송파성분의 Trap양 부족
- Band Width 부족
- 색 전송과 레벨 부족

자연 시간 특성은 송·수신계를 통과하여 모든 전송 대역에서 평탄해야 한다. 그러나 종래의 LC 필터는 원리적으로 수신기 중간 주파수단의 음성 Trap에 의해서 -3.08~-4.18MHz 사이의 지연시간이 증가한다. 따라서 이를 보상하기 위해서는 보상회로가 필요하지만 SAW 필터를 사용하면 이것이 필요가 없다.

중간주파수 회로의 규격은 세계무선통신자문위원회에서 규정한 대로 각국의 TV 방식에 따라 다르다. 그러나 실제 Color 방식은 PAL 방식을 채택하고 있는 나라가 많지만 수상기 보급대수는 NTSC 방식용의 수량이 단연 우세한 실정이다. NTSC 방식용 PIF 필터에 사용되는 전극 pattern은 그림 4와 같다. 입력 전극은 Tuner로부터 입력되는 경우와 트랜지스터 증폭기로부터 입력되는 경우가 각각 다르게 설계된다. 전극의 Overlap은 개발초기에는 약 1mm정도였는데 이는 Cost Down의 일환으로 칩 면적을 작게 만들었다. 이것은 SAW 필터의 제조공정기술과 회절보상기술 개발의 결과이다. 또한 기본적으로 SAW는 양방향성이므로 6dB의 Bidirectional Loss가 존재한다. 그래서 이러한 문제를 해결하려는 연구가 활발히 진행중인데 그 중에서 한가지는 Unidirectional IDT와 Three Transducer 방법으로 삽입손실을 최대한 1.5dB 정도로 향상시킨 경우도 있다.

4.2 TV 방송 시스템용 필터

SAW 필터의 진폭특성과 위상특성이 독립적으로 설계된

특성을 가장 잘 이용한 것이 방송기기용 VSB(Vestigial Sideband)필터와 계측용 Nyquist 필터이다. TV 방송기기용 VSB 필터는 방송기의 송신화질을 좌우하는 중요한 필터이다. 두 필터 모두 비대역폭이 넓기 때문에 기판으로는 1120 LiTaO₃을 사용하여 비선형 프로그램에 의해 설계하지만 결합계수가 비교적 큰 YZ LiNbO₃나 128° YX LiNbO₃가 사용되기도 한다.

4.3 새로운 영상기기용

SAW 필터는 자연시간 특성의 조절이 용이하기 때문에 각종 방송 시스템 즉, 음성다중, 문자다중, EDTV, HDTV, CATV 등에 광범위하게 사용된다. 그러나 전술한 각종 방송 시스템은 VSB 변조이므로, 기본적인 것은 TV나 TV 전송 시스템용 필터를 응용할 수 있다. 위성방송 시스템의 경우 수신기의 2nd IF 필터에 SAW 필터가 사용되고 있다.

② 이동 통신용 소자

1) 소형 이동 통신기용

비교적 전력손실이 적은 소형 이동 통신기에는 내전력이 문제없지만, 낮은 삽입손실특성이 중요하다. 대표적인 것은 주요지역을 대상으로 하는 협대역 시스템이나 구내 시스템용으로 2~3Ch을 커버하는 협대역 필터와 무선폭출 시스템에 할당된 전 대역폭을 사용하는 방식용의 광대역 SAW 필터가 있다. 한편 무선전화용 SAW 필터는 현재 모든 무선전화기에 사용되고 있다.

2) 휴대 전화기용

휴대전화, 자동차전화에서의 필터는 종래는 유전체 필터가 널리 사용되어 왔으나 최근의 단말기기의 소형, 경량화가 진행됨에 따라 SAW 필터가 설계자유도가 크고 소형화에 적합하며 통과대역특성과 감쇄특성이 좋은점 등으로 급속히 부상되어 아날로그방식에서 유전체필터를 대신하는 초소형 SAW 필터가 주류를 점하게 되었다. 아날로그시스템에서 디지털화되면서 필터로서 요구되는 특성은 기본적으로 변하지 않으나 세트의 고기능화, 고밀도 실장화의 배경에서 현재 제품화되고 있는 디지털 휴대전화용 IF필터(75MHz대역) 및 RF필터(800~900MHz)는 LN 또는 LT기판을 사용하여 SAW필터를 제품화하고 있다.

또한 무선부분에서는 Duplexer에 SAW 필터를 채용하고 있고 사용주파수 대역이 800~900MHz로 수 W의 안테나 출력이 요구되므로 휴대전화기 및 Duplexer에 사용되는 SAW 필터는 다음과 같은 특성을 갖고 있어야 한다.

- 필터의 삽입손실이 매우 작을 것
- Watt Level의 대전력에 견딜 것
- Electrode Pitch가 1um이하 일 것

5. 향후전망

현재 전 세계적으로 SAW 필터의 가장 큰 시장은 현재 TV/VCR 등에 사용되는 A/V용 Band Pass 필터이지만, 이동통신시장의 급격한 증가로 마이크로파대를 이용하는 고주파용 SAW 필터의 수요가 급증하고 있다.

디지털 이동통신기에 이용될 고주파용 SAW 필터는 종래에 비해 넓은 대역특성, 평탄한 군지연 특성, 높은 선택특성이 요구되어 삽입손실의 개선, Submicron 전극제작기술, 소형화를 위한 Package기술 등이 연구과제이며 특히, Submicron 기술은 주파수가 높아질수록 SAW 필터의 전극선 폭이 미세하여야 하므로 필수적인 연구과제이다. 기존의 1GHz이하의 주파수대역에서는 전극선 폭이 1 μ m정도면 가능했으나 차세대 이동통신인 IMT-2000의 경우는 0.5 μ m이하의 분해능이 요구되어 고정도의 Submicron 전극제작기술, 양산화 기술 확립이 필요하다. 또한 최근의 큰 관심은 기존의 산화물 단결정으로는 주파수의 증가에 따른 제작공정 어려움으로 새로운 재료 개발을 필요로 하고 있다. 일부에서는 사파이어 기판에 ZnO Epitaxial 박막을 성장시키거나, 다이아몬드 박막을 이용 SAW 속도를 증가시켜 제작상의 문제점을 해결하는 연구를 진행중이다. 반면 국내의 SAW 필터의 개발 현황은 삼성전기 및 LG정밀을 중심으로 기초적인 설계기술을 바탕으로 A/V용 및 일부분의 이동통신용 SAW 필터를 개발하여 생산하고 있지만 원천 설계기술의 부족과 전문연구인력 부족으로 아직 수준이 미약한 상태이다. 추후 미국, 일본, 러시아 등 기술선진국과의 긴밀한 인력 교류 및 공동연구 등을 통하여 원천기술 확보에 주력해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Hikita, Y. kinoshita, H. Kojima and T. Tabuchi, IEEE Microwave Symp. Digest, p. 46 (1982)
- [2] S. Matsumura, 日本結晶成長學會誌, Vol. 17, No. 2, p. 51 (1990)
- [3] R. A. Waldron, IEEE Trans. Symp. Vol. SU-19, p. 448 (1972)
- [4] W. Mader, H. Stocken and G. Tobolka IEEE Ultrasonic. Symp. Proc., p. 294 (1980)
- [5] K. Kogen and P. Romik, IEEE Ultrasonic. Symp. Proc., p. 302 (1980)

- [6] D. C. Malocha and B. J. Hunsinger, IEEE Trans Sonics Ultrasonic. Vol. SU-24 p. 293 (1977)
- [7] M. Hikita, Y. kinoshita, H. Kojima and T. Tabuchi, IEEE Trans on Microwave Theory and Tech. Vol. MTT-33, No. 6, p510 (1985)
- [8] H. Hirano, T. Fukuda, S. Matsumura and S. Takahashi, Proc. Ferro. Material Appl, p. 81 (1978)
- [9] K. Yamada, T. Omi, S. Matsumura and T. Nishimura, IEEE US Symp. p. 234 (1984)
- [10] H. Tominaga, M. Omi and Y. Fujiwara, FUJITSU Sci.Tech. J., 24 p71 (1988)
- [11] K. Yamada, H. Takemura, Y. Inone, T. Omi and Matsumura, Jpn. J. Appl. Phys., 26-2, p. 219 (1987)
- [12] E. Born, E. Willibald and R. veith, IEEE US Symp., p. 265 (1984)
- [13] P. Souletie and B. W. Wessels, J. Mater. Res. 3(4) p. 740 (1988)
- [14] M. Shimizu, Y. Matasueda and T. Shiosaki, J. Cryst. Growth, 71, p. 209 (1985)

저 자 약 력

성명 : 박 용 욱

❖ 학 력

1989. 2. 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1991. 8. 연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
 1999. 2. 연세대학교 본대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

❖ 경 력

남서울대학교 전자공학부 BK21 계약교수

❖ 관 심 분 야

압전 박막, SAW 디바이스