탄성표면파 소자의 모델링에 따른 특성 분석

Characteristic Analysis according to Modeling of Surface Acoustic Wave Device

이동윤
중부대학교 전기전자공학과

Lee dong-yoon
Joongbu Univ.

요약

탄성표면파 필터에 관한 여러 가지 모델링이 연구된 이후, 다양한 필터와 공진기가 신호처리용으로 사용되어, 많은 다른 모델들이 이를 분석하고 통합하기위해 유도되어 왔다. 탄성표면파 필터는 크기가 소형이고 제작이 간편하며, 주변의 전자회로와 조합하기 쉬운 장점이 있다. 비대칭의 진폭특성과 비선형 위상특성을 갖는 필터를 설계하고, 설계된 필터의 설계오차를 보정하기 위해서는 임의의 진폭 및 위상특성을 갖는 필터의 설계방법을 연구한다.

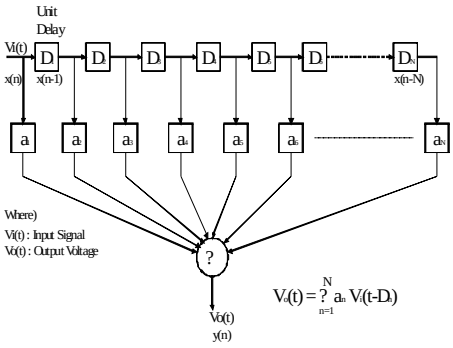
Ⅰ. 서론

탄성표면파(SAW ; Surface Acoustic Wave) 필터는 탄성표면파를 이용하여 신호의 주파수 성분과 위상 성분을 제어하여 인접 채널 신호를 제거하고 채널신호를 정형하는 대역통과필터 (Band Pass Filter)이다. 탄성표면파는 잔잔하게 정지된 물에 돌을 던지면 퍼지는 물결처럼 압전성 결정체에 충격을 가하였을 때 결정체의 탄성에 의하여 결정체 표면위로만 전파하는 기계적인 변위 파동을 말한다. 압전성 결정체는 전기적인 에너지로 기계적인 변위파동, 혹은 그 역으로 기계적인 변위파동에 의하여 전기적인 에너지를 발생시킬 수 있는 물질을 말하는데 $LiNbO_3$(LN), $LiTaO_3$(LT), PZT, ZnO, GaAs, Quartz등이 있다. 필터용 단결정에는 $LiNbO_3$, $LiTaO_3$, SiO_2가 주류이며 그 이외에 $Li_2B_4O_7$, PZT계 세라믹, ZnO계 박막이 이용되고 있다. SAW필터의 작동원리 및 구조는 SAW 필터는 압전체 기판과 그 기판위에 사진 식각 (Photo lithography) 기술을 이용하여 형성된 입력 및 출력전극(입·출력 IDT)으로 구성되며 입력 IDT에 가해진 전압에 의해 발생, 전파하는 탄성표면파를 이용한 주파수 필터이다. 입력 IDT에 전기 신호가 인가되면, 압전효과에 의하여 탄성표면파가 발생하여 출력 IDT쪽으로 전파되며 출력 측에 도달한 탄성표면파는 또다시 압전 효과에 의하여 전기 신호로 변환된다.[1] 이 때 SAW필터의 주파수 특성은 입·출력 전극의 패턴 모양에 의해 결정된다. SAW필터의 특징으로는 planar구조를 갖기 때문에 그 제조기술에 LSI와 같은 반도체 사진 식각 (photo lithography) 기술을 적용 할 수 있어 양산성이 뛰어나며 신뢰성이 높다. 압전체 기판의 표면파 속도는 전자파 속도에 비교하여 약 5 ~ 10배 느리기 때문에 소자의 소형화가 가능하며 Solid State Device이기 때문에 종래의 LC등을 이용한 필터에 비해 조정이 필요 없고, 경량이며 다수의 RLC회로를 하나의 SAW필터로 대체 할 수 있다. 단점은 LC필터나 유전체 필터 등에 비해 삽입손실 (insertion loss)이 크다.[2]

Ⅱ. 본론

2-1. 트랜스버설 필터와 공진자형 필터

IDT 전극 쌍을 입출력으로 한 형태인 트랜스버설형 (Transversal type) 필터는 디지털 필터를 설계하는 방식과 동일한 방식으로 설계하고, 구조는 임펄스 응답의 퓨리에 변환이 주파수 응답이 되도록 IDT를 배열한다. 이 필터는 광대역 필터에 적합하고 삽입손실이 비교적 큰데, 이러한 문제들을 해결하기위한 즉, 저 손실을 목적으로 한 다전극형과 1방향 형 구조도 있다. 그림1은 트랜스버설 필터의 블록다이어그램이다.

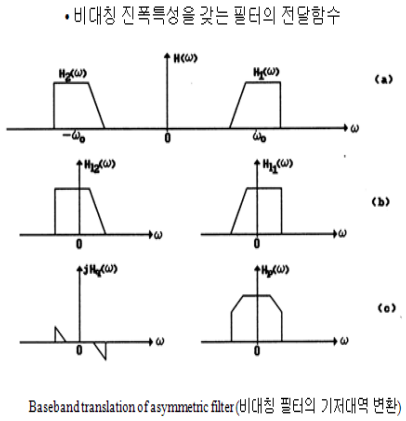


▶▶ 그림 1. 트랜스버설필터의 블록다이어그램

그리고 압전기판상에 IDT전극과 리플렉터 (reflector)를 합한 형태인 공진자형 (Resonator type) 필터는 IDT에서 발생한 표면 탄성파 에너지를 공진조건으로 설계한 리플렉터에서 반사시켜 bi directional loss를 없애는 구조로 결정의 국부영역에서 효율적으로 집중시키므로 에너지의 손실이 작으며, 협대역 필터에 적합하고, 소형화가 용이하다는 장점이 있다.[2] 리플렉터는 압전기판 상에 금속 박막의 grating을 형성하거나 압전 기판 자체에 groove를 형성하여 표면파의 반사를 유도하고 있다. 설계는 등가회로모델 (equivalent circuit model)이나 모드결합이론 등을 사용한다.

2-2. 비대칭형 대역 통과 필터

방송 수신용 중간 주파수(IF) 필터와 같이 비대칭의 진폭특성과 비선형 위상특성을 갖는 필터를 설계하고, 설계된 필터의 설계오차를 보정하기 위해서는 임의의 진폭 및 위상특성을 갖는 필터의 설계방법을 연구한다. 그림 (a)와 같이 비대칭 진폭특성을 갖는 필터의 주파수 응답을 H(w)라 하고, $H_1(w)$, $H_2(w)$를 각각 H(w)의 양의 주파수특성 및 음의 주파수특성이라고 하면 $H(w) = H_1(w) + H_2(w)$와 같이 표시한다. $H_1(w)$와 $H_2(w)$의 중심주파수를 원점으로 이동한 기저대역 변환된 주파수 응답을 각각 $H_{l1}(w)$와 $H_{l2}(w)$라 하면 그림(b)와 같다. $H_{l1}(w) = H_p(w) - jH_q(w)$, $H_{l2}(w) = H_p(w) + jH_q(w)$로 그림(c)이다.



▶▶ 그림 2. 비대칭 필터의 기저대역 변환

대칭형 대역통과 필터의 임펄스 응답 h(t)는 통과대역에서의 주파수 특성을 기저대역 변환한 후 얻어진 동상성분 $H_p(w)$와 직각성분 $H_q(w)$의 역 프리에 변환을 통하여, $h_p(t)$와 $h_q(t)$로부터 얻을 수 있다.

Ⅲ. 결론

$LiNbO_3$ 기판에 single electrode IDT 형태로 제작된 SAW 필터의 주파수응답 특성은 중심주파수 42.02[MHz]로 중심 주파수를 이용해 계산한 상속도는 2941.4[m/sec] 로서 삽입손실은 약 27[dB] 였지만 주파수 통과 대역 형태는 약간의 파형 왜곡이 존재한다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] P. V. Wright, "A coupling-of-mode s analysis of SAW grating structures," Ph.D. Thesis in Electrical Engineering, Massachu setts Institute of Technology, Massachusetts, April, 1980.

[2] W. A. Moreau, Semiconductor Lithography Principles, Practices, and Materials, Plenum Press, N.Y. 1988.