

압전필터 및 압전재료 응용

김 한 식, 이 형 규

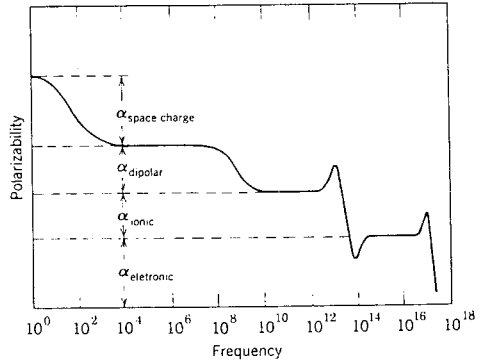
전자부품종합기술연구소

I. 서 론

정보통신 분야의 발전은 전세계적으로 확산되고 있으며, 이에 따라 이 분야와 관련된 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히 정보통신 분야 중 이동통신 분야의 발전은 그 시장만큼이나 연구 개발도 빠르게 진척되고 있는 상황이며 그 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다. 이러한 이동통신부품 중 세라믹 필터는 국내 업계에서도 많은 투자 연구를 하여왔고 그중 일부는 국산화에 성공하여 성과를 거두고 있다.

통신부품에 사용되는 세라믹 필터는 크게 두가지로 분류된다. 하나는 고주파 대역(100MHz이상 수GHz)에서 공진특성을 이용한 유전체세라믹 필터, 두 번째는 저주파대역(수kHz이상 50MHz)에서 공진특성을 이용한 압전체세라믹 필터이다. 이렇게 주파수대역에 따라 각기 다른 종류의 세라믹 재료가 이용되는 이유는 재료의 결정구조와 연관이 있게 된다.

모든 재료는 교류전계하에서 전자분극이 일어난다. 전자분극은 그림1과 같이 4가지 구성요소(전자분극, 이온분극, 배향분극, 공간전하분극)에 의해 일어나며 저주파(100Hz이하)에서는 모든 분극요소가 대응된다¹⁾. 그러나 수십kHz나 수MHz에서는 공간전하분극은 대응되지 못하고 극성을 갖는 재료(압전재료)가 배향분극에 의해 두드러진 분극현상을 보이게 된다(물론 전자, 이온분극도 함께 일어남). 배향분극에 따른 공진현상시 재료의 크기 변화 즉 기계적공진도 수반한다. 따라서 이러한 주파수 대역에서 공진특성을 보이는 대표적인 재료



〈그림 1〉 전자분극의 주파수 의존성

는 압전재료가 된다. 한편 수GHz대역에서 공진특성에 반응하는 인자는 이온분극과 전자분극만이 존재하게 된다. 따라서 이러한 주파수 대역에서는 극성(dipole)을 갖는 압전재료는 이용가치가 없고 극성이 없는 순수한 유전체재료를 사용하게 되는 것이다(전자, 이온분극에 의한 공진시 기계적공진은 일어나지 않음).

본고에서는 저주파대역(수kHz이상 50MHz)에서 공진특성을 이용한 압전세라믹 필터에 관하여 기술할 것이며 또한 압전세라믹을 이용한 응용부품에 대하여서도 논하고자 한다.

압전세라믹 필터의 역사는 PZT($\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$)의 등장으로부터 시작되었다 해도 과언이 아니다. 과거에는 압전세라믹의 주역으로 BaTiO_3 재료가 있었으나 공진주파수의 온도 특성이나 경시변화가 좋지않아 필터로서 실용화되지 못하였다. 1995년경 Jaffe 등이 PZT의 상경계 영역 조성에서 우수한 압전특성을 보이는 것이 발견하였고 이 재료가 공진주파수의 온도특성 및 전기 기계 결합계수가 BaTiO_3 보다 현저히 우수하여 필터 소자 재료로서

사용되는 것이 가능하게 되었다^[2, 3].

1962년 원판이나 각판 압전세라믹의 면적진동을 이용하여 455 kHz 중심 주파수 세라믹 필터가 AM라디오용으로 상품화되었다. 1965년 W. Schokely의 이론을 기초로 한 에너지 트랩형 다중 모드 필터가 尾上 등에 의해 발표되고^[3, 4] 이 이론을 응용한 FM 라디오용 IF 10.7 MHz 세라믹 필터가 개발되어 한층 가능 주파수 범위가 확대되었다. 더욱이 TV의 음성 IF용, 통신기용 Ladder type 등 다양한 필터가 개발되어 급격히 실용화가 진전되었다.

기종의 LC 필터와 세라믹 필터를 비교하면 세라믹 필터의 특징으로 고선택도, 소형, 부조정 특성을 갖고 있다. LC필터의 경우 많은 tuning이 필요하지만 세라믹 필터는 1개의 소자로 가능하다. 또한 최근 회로의 IC 화에 의하여 소형, 표준화, 무조정이 가능한 필터가 요구되고 있는 실정이다. 한편 수정 필터와 비교하여도 압전세라믹은 형상을 자유로이 할수 있고 대량 소성에 의한 양산성, 경제성이 높으며, 특성면에서도 라디오, TV IF 회로에 필요한 대역폭등 임피던스에 적당한 특성을 갖고 있다. 즉 수정 필터의 비대역폭이 0.01-2% 정도 인데 반하여 세라믹 필터는 0.5-10% 정도로 크고 광대역을 쉽게 얻을수 있다. 이러한 차이는 각 재료의 전기기계결합계수 차이에 의한 것이다. 또한 세라믹 필터는 수정 필터에 비해 충분히 정전용량이 크고 회로의 부하 용량에 영향을 받지 않고 취급이 용이하다. 세라믹 재료는 소성체로서 2 성분계 또는 3 성분계 각각의 조성비와 첨가물 조성 조건 등에 의해 특성이 다르다. 따라서 전기기계결합계수, 유전율, Qm 등의 다양한 특성을 필요로 하는 용도나 필터의 요구 사양에 비교적 광범위 하게 쓸 수가 있다.

세라믹 소체는 그 형상 크기, 재질 등에 의해 결정 되는 고유의 기계적 공진 주파수를 갖고 있다. 압전세라믹스는 전기신호-기계 진동의 변환 소자로 교류 전압을 인가하면 그 인가 전압의 주기와 같은 주기의 진동이 생긴다. 그 경우 세라믹의 물리적 공진주파수와 인가 전압의 주파수가 일치하면 공진에 의해 큰 기계적 진동이 얻어진다. 이것

은 다시 전기 신호로 변환하면 일정한 주파수가 선택되어 나온다. 이것이 세라믹 필터의 원리다. 1개의 소체에는 진동방향이나 전파 종류에 의해 각종의 기계적 공진이 나타난다. 세라믹 필터로서 이용되는 진동모드는 여가가지가 있으나 이중에서 어떤 것을 이용하는 가는 가공의 용이성, 크기의 제약, 목표 특성 등에 의해 결정되므로 세라믹 필터는 원하는 주파수에 따라 이용하는 진동 모드를 결정하지 않으면 안된다.

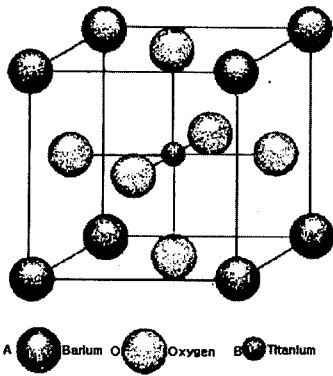
본고에서는 AM 및 FM 필터에 사용되는 압전 세라믹스의 진동모드와 이를 이용한 필터의 주파수 특성과 응용에 대해 논하고자 한다.

II. 압전현상

모든 결정은 그 대칭관계에 의해 32개의 결정군(point group)으로 분류된다. 그 중 대칭 중심을 갖는 12개 group은 압전성이 없고, 나머지 20개 group중에서 전기적으로 부도체인 결정에서 압전 특성이 존재한다. 이중에서 비대칭성이 큰 10개 group은 전계(electric field)도, 응력도 가해지지 않은 상태하에서 자발적으로 분극되어 있는데 이를 초전성 결정이라 한다. 이중에서 전계에 의해 극성의 방향이 바뀌는 것이 강유전성이며 압전현상은 강유전성 결정중에서 존재한다.

대표적인 강유전성 재료로서 perovskite로 대표되는(ABO₃ 구조) 재료중에 BaTiO₃가 있으며 이의 결정구조를 그림 2에 나타내었다. 산소가 육면체의 6면에 위치하고(O 자리), 모서리(A 자리)에 Ba 이온이 존재하며 육면체의 중심(B 자리)에 Ti 이온이 있는 구조로서 여기서 Ti 이온이 정확히 중심에 위치하지 않고 약간 z 방향으로 이동된 형태다. 바로 이것에 의해 dipole이 존재하며 압전특성이 나타나는 것이다.

압전세라믹스는 다결정체로서 미세구조상 입경(grain) 하나하나에 자발 분극이 존재하나 전체적으로 분극 방향이 무작위(random) 방향으로 분포되어 있어 압전성이 존재하지 않는다. 그러나 이들



(그림 2) BaTiO₃의 결정구조

재료에 전계를 가하여 (이를 poling 공정이라 함) 극성의 방향을 전계 방향으로 정렬시킴으로서 비로서 압전 현상이 나타나게 된다. Poling 전에는 전체적으로 등방성으로 $\sum P_s = 0$ ($P_s =$ polarization)이던 것이 분극(poling)을 통하여 이방성을 가지게 된다. 분극 처리된 압전 세라믹에 교류 전압을 인가하면 어떤 특정 주파수에서 세라믹의 탄성진동 주파수와 일치하는 공진주파수가 나타나며 세라믹에 기계 공진이 생겨 레조네이터로서 이용할 수 있게 된다.

전기적 신호를 기계적 힘으로 변환시키는 현상을 압전 역효과(reverse piezoelectric effect)라 한다. 이러한 역효과 현상을 응용한 제품으로서 초음파 세척기, Buzzer, 스피커, 초음파 모터, 가슴 기용 진동자, 미세변위조절기 등이 있다. 이와는 반대로 압전세라믹스에 응력(stress)을 인가하여 변형시키면 전계(electric field)나 dielectric polarization을 발생시키는 압전 정효과(direct piezoelectric effect)가 있다. 압전 정효과를 이용한 응용제품으로서 Ignitor, Piezoelectric sensor, 가속도 센서, 압력 센서 등이 있다. 이러한 압전 현상을 정량화하여 나타내는 데는 전기-기계 변환인자가 존재한다. 이들 변환인자를 압전계수라 하며 응력(T:stress), 변형(S:strain), 유기전하량(dielectric displacement :D), 전계(E : electric field)와의 관계로 표시할 수 있다^[2].

$$d = (\partial S / \partial E)_T = (\partial D / \partial T)_E$$

$$g = (\partial E / \partial T)_D = (\partial S / \partial D)_T$$

$$e = (\partial T / \partial E)_S = (\partial D / \partial S)_E$$

$$h = (\partial T / \partial D)_S = (\partial E / \partial S)_D$$

- d : piezoelectric strain constant
- g : voltage output coefficient
- e : piezoelectric stress constant
- h : stress output coefficient

여기서 d의 경우를 예로 들면 응력(T)은 x, y, z 방향과 3개의 전단응력에 의한 6개의 성분을 갖으며 전기적 displacement은 x, y, z의 3성분을 갖기 때문에 dij는 18개의 정수(constant)를 갖을 수 있고 각 g, e, h에 대해서도 tensor 관계가 있을 수 있다.

압전필터나 레조네이터는 압전 정효과나 역효과 현상만을 이용하는 것이 아니라 전기-기계-전기 변환이 일어난다. 따라서 상기 압전계수를 논하는 것보다 더 효과적으로 필터의 성능지수를 나타내는 것이 전기-기계결합계수(Kp : electromechanical coupling factor)와 electormechanical quality factor (Qm) 이다.

전기기계결합계수 (K)는 다음과 같이 정의된다.

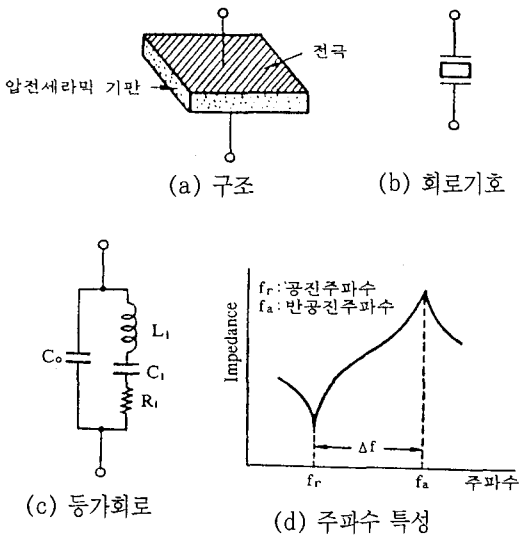
$$K^2 = \frac{\text{electrical energy converted to mechanical energy}}{\text{input electrical energy}}$$

실제로 측정시 주파수 공진-반공진법에 의하여 측정한다.

진동자의 구조와 회로기호는 그림 3에 나타낸 바와 같으며 주파수-임피던스 측정시 그림 3(d)와 같은 공진-반공진점이 나타나며 등가회로상에 C₀, C₁, R₁, L₁의 값이 정해지게 된다. 유전율은 정전용량으로부터 시편의 dimension에 의해 구한다.

Planar Coupling factor(K_p)는 尾上^[5]의 근사식으로 부터 구한다.

$$1/K_p^2 = a fr / f + b$$



(그림 3) 세라믹 공진기의 Impedance-Frequency 특성곡선과 등가회로

$$\Delta f = f_a - f_r \quad (f_a: \text{antiresonance}, f_r: \text{resonance})$$

a: 0.395 b: 0.574

선택도 정도를 나타내는 Mechanical Quality Factor(Qm)는 공진주파수 부근에서의 주파수-감쇄특성에서 3dB 점에서 f_r/f 로 표시되는 것으로 아래와 같은 식으로 부터 구한다.

$$Q_m = \frac{f_a^2}{2 \pi f_r Z_r C (f_a^2 - f_r^2)}$$

압전세라믹스는 전기적 신호에 의해 변형이 일어나는데 있어서, 압전체의 형상에 의해 외형상 진동 방향은 여러 형태로 나타나게 된다. 그리고 이들 특정형상의 특정 진동모드가 강하게 나타나는 현상을 이용하여 원하는 주파수에 맞는 진동모드를 이용하게 된다. 이러한 진동모드중에서 어떤 것을 이용하는 가는 가공의 용이성, 크기의 제약, 목표 특성 등에 의해 결정되나 대부분 필터 공진주파수에 의해 자동적으로 결정되고 만다. 여기서 압전세라믹의 크기(l)와 공진주파수(fr) 사이에는 다

음과 같은 관계식이 성립한다.

$$f_r \times l = C \quad (\text{constant unit: Hz m})$$

여기서 C는 주파수 정수로서 매질이 정해지면 주파수에 관계없이 전파속도가 일정하기 때문에 위식이 성립된다. 따라서 주파수 정수는 세라믹 재료의 물질 특성에 의해서 정해지게 된다. 그러므로 세라믹 필터는 원하는 주파수에 따라 진동 모드를 결정하지 않으면 안된다. 세라믹 필터로서 이용되는 진동모드는 여러가지가 있으나 대표적인 것으로 AM 대역에서는 면적진동을 FM 및 TV/VTR 대역에서는 두께진동모드를 이용하고 있다.

III. 압전 필터

AM 라디오 방송은 FM에 비해 원거리까지 도달하여 간단히 수신할수 있는 특징이 있지만 음역이 좁아 선택도가 좋아야 한다. 방송은 중심주파수의 상하에 어떤 음폭을 갖고 실어나르기 때문에, 필터를 중간 주파수 중심에 지나치게 좁은 폭만을 통하는 필터를 사용하면 그 음이 高域까지 걸러지게 되어 음질이 떨어지게 되고 반대로 너무 넓게 통하여 필터를 사용하면 원하는 주파수까지 통하여 잡음이 잇게 된다. 따라서 적당한 선택도를 갖는 필터를 이용하지 않으면 안된다.

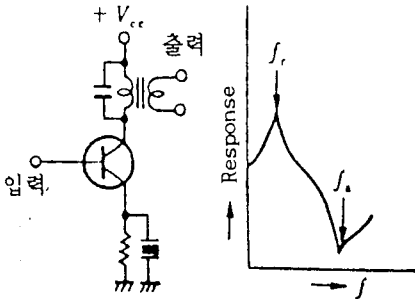
AM 필터는 MF(Medium Frequency)대로서 유곽 진동모드를 이용한다. AM라디오나 통신기의IF 회로용으로 많이 사용되며 중심주파수로는 260-500 kHz 것이 상품화 되어 있고 우리나라에서는 455 kHz 가 표준이다. 이 경우 중간 주파수 필터의 공진자는 PZT 재료의 면적진동을 이용하며 4-5mm 정도의 각판에 은(Ag)전극막을 붙여 사용한다. 이렇게 만들어진 진동자는 그 자체로 하나의 소자(1 element ceramic filter) 만을 직접 이용하는 경우가 있고, 선택도나 고품위 특성이 요구되는 필터에는 여러개를 포함하여 사용하는 Ladder형 필터가 있다.

1. 1소자형 세라믹 필터

1) 2 단자형

2 단자형 세라믹 필터는 원판 또는 각판의 양면에 Ag 등의 금속 전극을 붙여 면적진동을 이용한 단순한 구조로 되어 있으며 그이 등가회로와 주파수에 따른 임피던스 특성을 그림 3에 보였다.

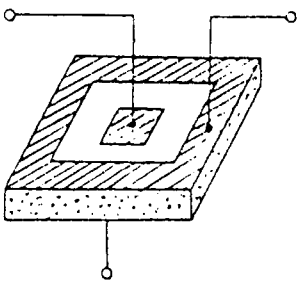
이러한 공진자는 기계적 공진 결합계수가 양호하고, 감쇠 특성이 우수하나 어떻게 하면 이러한 특성을 저하시키지 않도록 공진자를 지지해야 하는가 하는 설계상의 중요한 점이 있게된다. 보통 공진자는 금속 단자의 특정 돌출부분의 지지 압력으로 스프링 단자 역할을 하게끔 설계도 있으며 공진 특성이 떨어지지않도록 진동의 절(node) 부분에 존재하는, 진동자의 중심점에 지지하도록 설계 되어 있다. 그림 4는 2단자 공진자의 응용예를 나타낸 것으로 공진주파수 부근의 임피던스가 최소인 성질을 이용하여 필터 특성을 얻을수 있게 하였다.



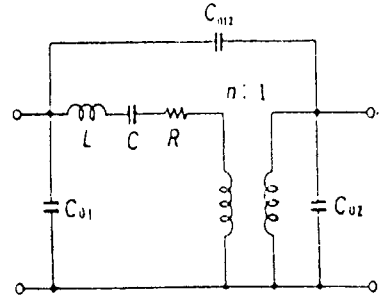
(그림 4) 2단자 공진자의 응용예

2) 3 단자형 (ring-dot type)

Ring Dot 분할 전극형 필터는 그림 5(a) 와 같



(a) Ring-Dot형 세라믹 필터



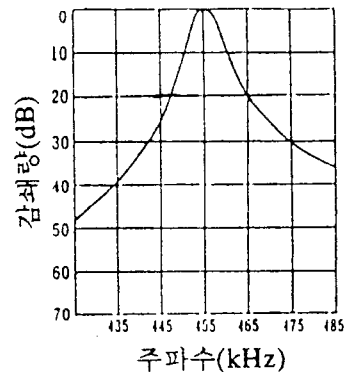
(b) 등가회로

(그림 5) Ring-Dot형 세라믹필터와 등가회로

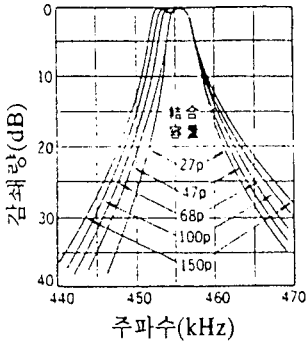
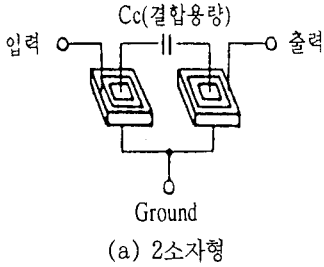
은 구조의 압전소자를 이용한 것이고 그림 5(b)는 등가회로를 나타낸 것이다. 여기서 n은 트랜스 듀서의 변성비에 해당한다. 입출력 전극간 정전용량 C₀₁₂가 C₀₁, C₀₂에 비해 대단히 적을 때 아래와 같은 식이 성립한다.

$$n^2 = C_{02} / C_{01}$$

C₀₁, C₀₂는 전극면적에 의해 정해지는 것으로 입력측의 정전용량은 공진자의 구동전극이고 면적을 작게하면 전기기계 변환 효율이 작아지고 삽입손실이 증가하기 때문에 n²은 보통 10정도로 하는 것이 보통이다. 그림 6은 3단자형 필터의 주파수 특성을 나타낸 것으로 입출력 전극의 분극 방향이 같으면 저주파 쪽에서 감쇄가 빨리 일어나고 분극



(그림 6) 1소자 Ring-Dot 분할전극형 필터의 주파수 특성



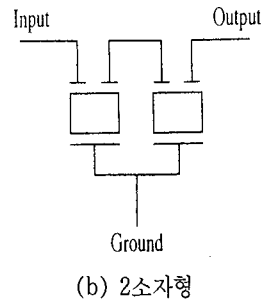
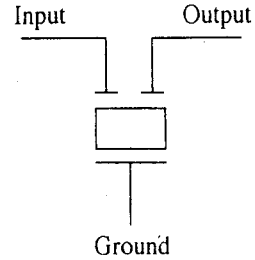
〈그림 7〉 2소자 Ring-Dot 분할전극형 필터와 주파수 특성

방향이 반대이면 고주파 쪽에서 쉽게 감쇄한다. 선택특성을 향상시키기 위해 그림 7(a)와 같이 2개의 소자를 연결하여 사용하고 있다. 그림 7(b)는 선택성이 우수한 주파수 특성을 보여주고 있으며 중간 결합 커패시터에 따라 주파수 특성 곡선이 변화하고 있음을 알 수 있다.

3) 3단자 길이 진동 모드의 분할 전극형

최근의 전자부품의 추세는 점점 경박단소화, 표준화되고 표면 실장이 가능한 능(Surface Mounting Device)화가 요구되고 있다. 따라서 세라믹 필터도 이에 부응하기 위하여 chip화가 요구되나 앞절에서 설명하였던 AM 필터 세라믹의 면적진동 모드로서는 소형화가 곤란한 상황이다. 따라서 새로운 진동모드를 이용한 AM 필터가 개발되었다. 이것은 1개의 압전 세라믹판의 한쪽면을 전면전극으로 접지시키고 다른 면은 분할전극으로 좁고 길이가 긴 형상으로 되어있다. 이렇게 만들어진 진동자의 길이 진동모드를 이용하여 초소형 세

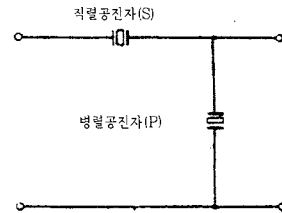
라믹 필터가 상품화 되어 있으며 chip형으로 최근 일본(무라타 PF형)에서 양산되고 있다. 1소자의 경우 외경 치수가 2.1(W) × 7.0 (L) × 4.5(H) mm 이며 2개의 소자를 조합하여 쓰는 경우도 있다. 그림 8에 1소자와 2소자의 경우를 도시하였다. 이러한 chip형 세라믹 필터는 표면실장이 가능하며 수첩형 라디오, 헤드폰 스트레오, 자동차 라디오 등에 사용된다.



〈그림 8〉 3단자 길이진동모드를 이용한 세라믹 필터

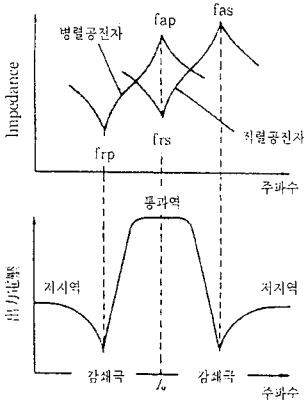
2. Ladder형(복수 소자형) 필터

Ladder형 필터란 그림 9와 같은 구조로서 면적진동 모드를 이용한 진동자를 2개 이상 조합한 필터를 말한다. 기본적인 것은 입력과 출력의 중간에



〈그림 9〉 2소자 Ladder형 세라믹 필터

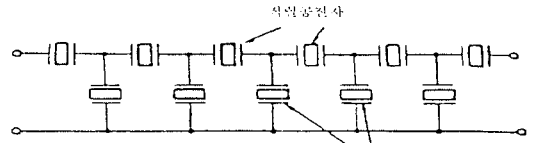
직렬로 1개 병렬로 1개의 진동자를 L형으로 연결한 것으로서, 직렬 공진자의 공진주파수와 병렬 공진자의 반공진주파수가 일치되도록 만든다. 이렇게 조합시킨 L형 회로의 주파수 특성을 그림 10에 나타내었다.



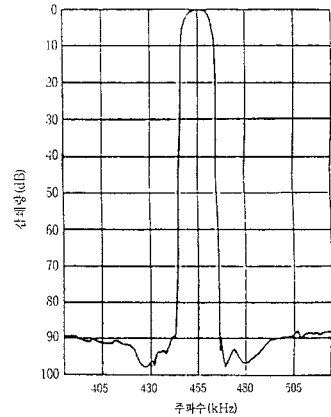
〈그림 10〉 2소자 Ladder형 필터의 주파수 특성

중간 주파수 455 kHz가 들어올 때는 병렬 공진자의 임피던스가 최고이고 동시에 직렬 공진자쪽에서는 공진하고 있는 임피던스가 최소이기 때문에 입력은 거의 감소되지 않고 출력단에 나올수 있다. 455kHz보다 주파수가 적은 입력에서는 병렬 공진자의 공진 주파수에 가깝고 임피던스가 적게된다. 또한 주파수가 높은 입력 쪽에서는 직렬 공진자의 반공진주파수에 가깝게 되어 임피던스가 급격히 증가하여 통과하기 어렵게 된다. 결국 이 Ladder형, L형 회로에서는 병렬 공진자의 공진주파수에서, 직렬 공진자의 반공진주파수까지의 사이가 통과 대역이 되는 것이다. 통과 대역의 외측은 가능한 출력이 작도록(가능한 감쇄량이 크도록)하기 위하여 직렬 공진자용으로는 세라믹 板의 유전율이 작은 재료를 사용하기도 하고 또는 전극 면적을 적게하기도하여 콘덴서 성분을 작게하고, 또한 병렬 공진자용에는 유전율이 큰 세라믹을 사용하여 콘덴서 성분을 크게하고 있다^[6].

한편 L형 공진자쌍을 복수로 하면 선택도가 향상되는데 그림 11은 11개의 소자를 이용한 경우의 주파수 특성을 보여주고 있다.



(a) 11개 소자 Ladder형 필터



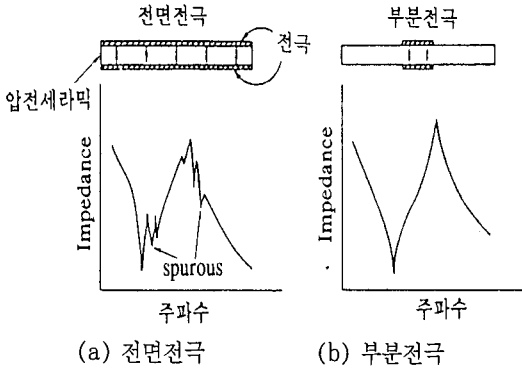
(b) 주파수 특성

〈그림 11〉 11소자 Ladder형 필터구조와 주파수 특성

3. FM 세라믹 필터

10.7 MHz 중심 주파수가 범용되고 있는 HF대 주파수 필터는 두께 진동모드를 이용하고 있다. 그러나 압전 세라믹의 양면에 전면 전극을 하였을 경우 유평진동이나 그 고조파 진동과 결합하여 주진동 부근에 분할 진동이 형성되어 깨끗한 공진특성을 얻기가 어렵게 된다. 즉 스프리오스(spurious) 진동을 보여 그림 12(a)와 같은 주파수 특성을 보이게 된다.

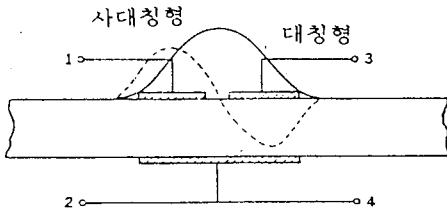
따라서 이를 해결하기 위하여 세라믹판에 부분 전극을 하게 되면 전극 주변의 차단 주파수가 주변 진동의 주파수보다 높기 때문에 여진에너지는 외부로 도망가지 않고 전극 부분에 트랩되게 된다. 또한 전극 주변으로 부터의 거리가 멀어짐에 따라 진동 진폭은 지수함수적으로 감소하여 영향은 거의 없게 되므로 그림 12(b)와 같은 깨끗한 주파수 특성을 보이게 된다. 또한 동일 세라믹판에 어느 정도 거리를 두고 복수개의 공진자를 배열시켜도 상호 간섭이 없는 독립된 공진자로서 다중모드 필



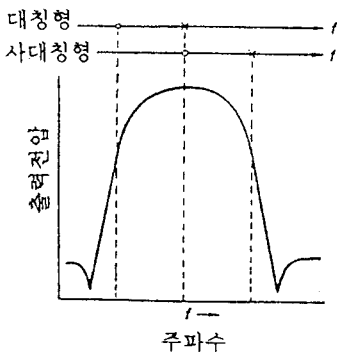
(그림 12) 에너지 트랩형 진동자

터의 이용이 가능하게 된다.

그림 13은 다중모드 필터의 구조를 예로 보인 것이다. 對稱 모드의 반공진 주파수와 斜對稱 모드



(그림 13) 다중모드 필터의 구조



(그림 14) 다중모드 필터의 주파수 특성

의 공진 주파수가 일치하도록 구성하면 그림 14와 같은 주파수 특성을 갖는 필터를 얻을 수가 있게 된다. 이러한 다중 모드 필터는 FM 라디오, TV, VTR 등에 널리 상용되고 있다.

IV. 압전재료의 응용

이제껏 저주파대역에서 주파수 필터역할을 하는 압전체 필터에 관하여 고찰하여 보았다. 압전체는 이렇듯 전기적에너지를 기계적에너지로 또는 그 역으로 변환하는 특성을 갖고 있어 이를 이용한 다양한 응용제품이 있으며 지금도 활발히 연구되고 있다. 전기-기계-전기 변환을 이용한 압전체로서 주파수 필터외에도 리모콘에 쓰이는 clock 발생기용 레조네이터를 비롯하여 discriminator, delay line등이 있으며 지금 한창 연구중인 LCD Backlight용 압전트랜스퍼머등 많은 압전체가 사용된다. 한편 전기-기계변환을 이용한 부품으로서 Buzzer, speaker, SONAR, Hydrophone, 초음파세척기, 초음파가습기, 초음파진단장치등이 있으며 Actuator로서 Ink jet printer, 광필터용 미세 변위제어기, 카메라자동초점장치에 쓰이는 압전모터등이 있다. 또한 기계-전기변환을 이용한 부품으로서 각종 센서 및 고전압발생을 이용한 각종 점화장치에 쓰이는 Ignitor등 다양한 분야에 응용 범위가 넓다. <표 1>에 이들 응용에 대한 요약을 나타내었다.

압전재료는 각 응용분야에 따라 요구되는 특성이 다르기 때문에 다양하게 개발되어야 한다. 예를 들면 Ladder형 필터에서 직렬공진자에 쓰이는 것과 병렬공진자에 쓰이는 것에서 유전율이 다른 것을 사용한다든지, 리모콘용 레조네이터에는 Q값이 높은것(보통 1000이상)이 요구되나, TV용 레조네이터에는 Q값이 400정도를 요구되며 Receiver용 압전체에는 오히려 Q값이 낮은것(80 이하)이 요구되기도 한다. 또한 압전 트랜스퍼머용에는 압전 변환계수(d33, d13)값이 큰 것이 요구되는 등 응용분야에 따라 유전율, Q, Kp, 압전계수(d,g,e,h) 특성이 임으로 선택하여 만족되는 재료를 개발하여야 한다. 또한 이들재료의 온도특성이 안정되어야 하고 가능한 분극이 풀어지는(depoling 현상) 온도가 높을수록(보통 300℃ 이상) 좋은 재료로 평가된다.

(표 1) 압전재료 응용

전기-기계-전기 변환				Resonator
				Filter
				iscriminator
				Ceramic Trap
				Delay Line
				Piezoelectric Transformer
Transducer	전기-기계 변환	음파	음향	Transducer
			초음파	Buzzer
				Speaker
				Receiver
			수중초음파	액면계
				교통량계
				도난방지
				SONAR
				어군탐지기
				초음파수중탐지기
			고체초음파	초음파유량·유속계
				Hydrophone
	강력초음파	초음파탐지기		
		초음파 두께측정기		
		초음파가습기		
	의료용초음파	초음파가공기		
		초음파진단장치		
	기계-전기 변환	Actuator	초음파혈류계	
			VTR자기Head 위치제어	
			Relay	
			압전모터	
			Ink Jet Printer	
			광필터용 미세변위제어기	
		센서	가속센서	
충격센서				
압력센서				
Knock센서				
혈압계 pick up				
고전압발생기		Ignitor		

V. 결 론

세라믹 필터는 기존 LC 필터에 비해 소형이고 선택도가 우수하며 경시변화에 안정하다. 또한 조정이 필요 없으며 대량으로 생산이 가능하고 형상

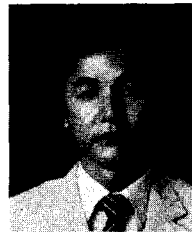
을 자유로이 할수 있어 양산성, 경제성이 유리하다. 그러나 최근 Audio, TV, VTR, 통신기 등은 점점 가볍고 소형화 추세에 있어 이에 따른 부품도 소형화, 표준화, 표면실장화하려는 연구개발이 끊임없이 추진되었다. 일본의 무라타나 교세라등에서 필터는 이미 수십년 전부터 생산해 왔으며

소형, 경량화, 표면실장화, 저전압 동작, 저소비전력화에 끊임없는 연구노력으로 신제품이 계속 등장하여 왔다. 국내에서도 필터의 국제경쟁력이 제고되기 위해서는 생산원가절감, 대량생산자동화에 대한 연구개발이 있어야 하겠다. 그러나 AM 필터는 면적진동모드를 이용하고, FM 필터는 두께진동모드를 이용하는 것이 통념화 되어 있어 PZT 압전세라믹재료가 정해져 있는한 진동 모드에 따른 필터의 크기는 정해지기 때문에 소형화 시키는 것이 어려운 실정이다. 압전특성 및 임피던스 매칭이 우수한 신물질 재료를 연구하는 것도 하나의 방법이나 당분간 신물질개발은 어려울 것 같다. 따라서 기존의 PZT계에서 새로운 진동모드의 설계가 개발되어야 할 것으로 생각된다. 또한 이러한 연구와 병행하여 PZT재료의 제조공정 기술의 개발로서 재료의 치밀화를 향상시켜 압전특성, 임피던스 특성을 향상시키는 것도 하나의 방법이라 생각되며 이를 위해 분말 합성 기술도 선행되어야 할 것으로 사료된다. 또한 필터의 재현성, 양산성, 경제성 등을 고려할 때 PZT 재료는 특히 소결시(보통 1250°C 소결) PbO의 휘발이 문제시 되어 조성의 불균일성, 재현성이 결여 및 산업공해 등의 문제가 있다. 따라서 분말 합성 기술 및 적당한 소결 첨가제의 선택에 의해 1000°C 이하의 저온 소결에 의해 무휘발 및 저전력소모, 치밀화도 함께 검토되어야 할 것이다.

한편 압전 필터뿐만 아니라 압전모터, 압전트랜스퍼머, 압전자이로스코프 등의 전자부품개발에 있어서 한분야의 전문가로서는 완성시키기 어려운 경험을 수없이 하여온바 재료, 전기, 전자, 기계분야의 전문가가 한팀이 되어 산학연 협동을 통한 연구개발에 노력을 하여야 할 것이다.

- [2] B.Jaffe et al, Piezoelectric Ceramics, Academic Press and New York, 1971
- [3] 足立秀明의23 진동자,공진기, 필터 최신기술 86년판 總合技術出版, 日本,1986
- [4] 尾上, 전기통신학회지, 48, 1574-1965
- [5] 尾上, 十文字, 일본음향학회논문집 11, 5월 1964.
- [6] 泉弘志, 不思議な石ころ電子セラミックス, 誠文堂新光社, 東京,1971

저 자 소개



金 漢 植

1949년 8월 15일생, 1971년 2월 연세대학교 금속공학과 학사, 1973년 2월 연세대학교 금속공학과 석사, 1984년 7월 펜실베니아 주립대 재료공학 박사, 1973년 7월~1992년 2월 국방과학연구소, 책임연구원, 1992년 3월~현재 전자부품종합기술연구소 ATEL단말기 사업단장, <주관심 분야: RF부품, 압전 필터>



李 炯 揆

1961년 6월 17일생, 1984년 2월 연세대학교 세라믹공학과 학사, 1986년 2월 KAIST 재료공학과 석사, 1989년 8월 KAIST 재료공학과 박사, 1986년 3월~1989년 8월 KAIST(한국과학기술원) 연구조교, 1989년 10월~1992년 8월 삼성반도체 선임연구원, 1992년 4월~현재 전자부품종합기술연구소 선임연구원, <주관심 분야: 압전 필터, 압전트랜스퍼머, 듀플렉서 필터, 고주파부품재료>

참 고 문 헌

[1] W.D.Kingery, H.K.Bowen, D.R.Uhlmann, Introduction to Ceramics, Wileyinterrscience, p923, 1976