

새時代를 여는 新素材

전자 세라믹스 재료

Electronic Ceramicx Naterials

강 원 구

한국전력공사 기술연구원 배전연구실·박사

◇ 개 요 ◇

세라믹스는 인류가 존재하기 시작한 시대부터 인간생활의 일부분이 되어왔지만, 이것이 과학적인 기초를 확립하여 체계를 이루어 온지는 과거 50년에 불과하다.

오늘날의 High-Tech 시대에 즈음하여 이 세라믹스 재료가 복잡한 성질을 가지고 있어 금속, 단결정 및 그와 관련재료보다 연구가 뒤졌지만 전자부품, 가스센서 및 가스 Igniter, 도난방지 기, 스피커, 초음파세척기, 의료진단장치 등과 같은 인간생활에 영향을 미치는 디바이스에서 더욱 응용성이 높을 것으로 기대되고 있다.

본 기술에서는 현재 국내에서 활발히 연구가 수행되고 있는 전자 세라믹스 재료중에서 압전 세라믹스, 투명 세라믹스, 유전 재료에 관해 설명하고자 한다.

이 재료분야에 종사하는 분들에게 많은 도움이 있기를 바란다.

1. 압전 세라믹스의 이론과 응용

가. 서 론

1880년 Curie 형제가 수정에서 압전 현상을 발견한 이래, 1945년 미국의 V. Hippel 등이 티탄산염 세라믹스 연구과정에서 우연히 티탄산 바리움을 발견하게 되었다.

이어서 1947년 S. Roberts는 티탄산바리움을 이용하여 세라믹스를 제조하게 되어 공개적으로 발표하기에 이르렀다.

그 이후 1954년 B. Jaffe 등은 반강유전체인 $PbZrO_3$ 와 강유전체인 $PbTiO_3$ 를 이용하여 복합 페로브스마이트형 산화물인 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 에 관한 논문을 발표하였는데 이 PZT의 출현은 압전 세라믹스에 있어 획기적인 것이 되어 이전에는 불가능하였던 새로운 응용분야가 탄생되게 되었다.

본고에서는 압전 세라믹스의 기본적 물성 및 그에 관한 성질을 설명하고자 한다.

나. 압전현상

1880년 Curie 형제가 수정이나 Rochelle 염에서 “압력이 전하발생에 미치는 영향”에 관해 체계적으로 연구하는 동안 압전현상을 발견하였다.

이 현상은 기계적인 응력을 가할 때 응력에 비례하는 전기분극이 생기고, 역으로 결정에 전계를 가하면 전계에 비례하는 왜곡이 발생한다. 전자를 압전 직접효과, 후자를 역 압전효과 또는 압전 역효과라 부른다. 이와 같은 성질을 갖는 물질을 압전체라 한다.

고체물질은 원자와 이온이 규칙바르게 배열되어 있으나 이와 같은 배열이 3차원적으로 규칙바른 것을 결정이라 한다. 결정은 원자와 이온 배열의 형상에 따라, 즉 대칭성(Symmetry)에 따라 32결정족으로 분류되고 있다.

이 중에서 대칭중심(Point of Symmetry)이 없는 것은 21결정족이고 대칭중심이 있는 것은 11결정족이다.

대칭중심이 존재하면 압전현상이 없고 대칭중심이 존재하지 않는 21결정족 중의 결합적 대칭요소 때문에 압전성이 없는 하나를 제외한 20결정족이 압전 현상을 나타낸다.

다. 압전 세라믹스의 기본식

압전효과는 결정에 가해지는 기계적인 응력 T , 전계 E , 결정에서 발생하는 왜곡 S , 전기변위 D , 이 4개가 서로 관계되는 효과로 T 와 E 를 독립변수로 택하면 그 관계는 다음과 같이 4종류로 나뉘어 쓰인다.

$$\left. \begin{aligned} S &= s^E T + dE \\ D &= dT + \epsilon^T E \end{aligned} \right) \dots\dots\dots d\text{형식} \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} T &= c^E S - eE \\ D &= eS + \epsilon^E E \end{aligned} \right) \dots\dots\dots e\text{형식} \dots\dots\dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} S &= sT + gD \\ E &= -gT + \beta^T D \end{aligned} \right) \dots\dots\dots g\text{형식} \dots\dots\dots (3)$$

$$\left. \begin{aligned} E &= -hS + \beta^S D \\ T &= e^b S - hD \end{aligned} \right) \dots\dots\dots h\text{형식} \dots\dots\dots (4)$$

여기서 S^E 는 전계가 일정한 경우의 탄성 컴플라이언스, ϵ^T 는 응력이 일정한 경우의 유전율, d 는 압전정수라 한다.

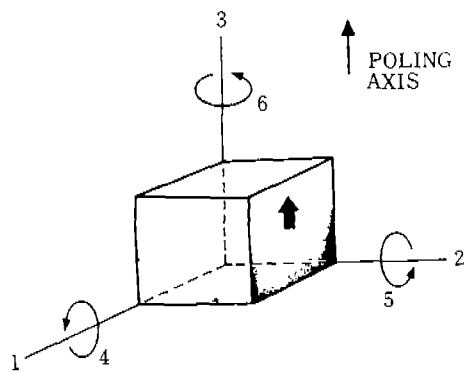
또한 e, g, h 는 역시 압전정수, C 는 탄성 스티프니스(Stiffness), β 는 역유전율이다.

실제로 S^E 와 d 등의 계수들은 인가된 전계방향과 응력방향에 따라 발생하는 왜곡방향을 표시하기 위해 다음 그림 1과 같은 좌표축 방향을 설정하고 있다. 여기서 간략형을 이용하여 11→1, 22→2, 33→3, 23→4, 31→5, 12→6으로 정의한다.

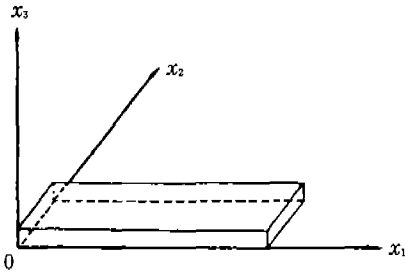
또한 d_{31} 이라 함은 3방향, 즉 z 축 방향으로 전계를 가하였을 때 1방향, 즉 x 축 방향으로 발생하는 Strain으로 정의되고 있다(즉, $S_1 = s_{11}^E T_1 + s_{12}^E T_2 + s_{13}^E T_3 + s_{14}^E T_4 + s_{15}^E T_5 + s_{16}^E T_6 + d_{11} E_1 + d_{21} E_2 + d_{31} E_3$ 에서 모든 방향의 응력 T 와 E_1, E_2 가 0일 때 $S_1 = d_{31} E_3$ 가 된다).

압전 세라믹스에는 전기기계 결합계수 K 라는 것이 있다.

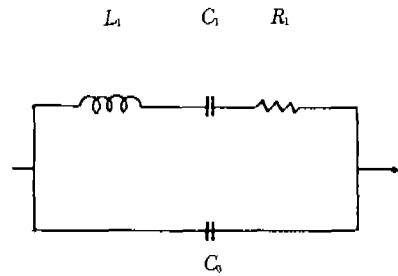
이것은 다음과 같이 정의된다. 예를 들어 그



(그림 1) 분극된 세라믹 시편의 좌표축 표기



〈그림 2〉 압전 세라믹스 기판



〈그림 3〉 압전 세라믹스 등가회로

림2와 같이 길이 x_1 , 폭 x_2 , 두께 x_3 인 두께방향으로 분극된 압전 세라믹스 기판에서 폭과 두께는 길이 x_1 에 비해 작아서 x_2, x_3 방향으로의 신축을 무시하고 x_1 방향의 신축만 고려하면 x_1 방향으로 자유롭게 신축되는 상태 ($T_1 = 0$)에서 x_3 방향으로 전계 E_3 를 가했을 때 세라믹스에 저장된 전기 에너지를 W^T , x_1 방향을 구속 ($s_1 = 0$) 상태에서 전계 E_3 를 가했을 때 저장되는 에너지를 W^S 라 하면 전기기계결합계수

$$K_{31}^2 = \frac{W^T - W^S}{W^T} \text{로 정의한다.}$$

$$K_{31}^2 = \frac{W^T - W^S}{W^T} = \frac{\epsilon_{33}^T E_3^2 - \epsilon_{33}^S E_3^2}{\epsilon_{33}^T E_3^2}$$

$$= \frac{\epsilon_{33}^T - \epsilon_{33}^S}{\epsilon_{33}^T} \quad (5)$$

여기서 ϵ_{33}^T 와 ϵ_{33}^S 는 각각 $T_1 = 0$ 및 $S_1 = 0$ 일 때 x_3 방향의 유전율이다.

또한 압전 방정식 d, h 형식을 이용하여

$$K_{31}^2 = \frac{d_{31}^2}{\epsilon_{33}^T S_{11}^E} \quad (6)$$

의 관계식도 얻을 수 있다.

전기기계결합계수는 압전 세라믹스의 공진 주파수 근방에서의 등가회로를 생각하여 구하면 다음과 같다.

등가회로는 그림3과 같아 이것을 K_{31} 에 대해서 정의된 정적인 조건을 적용하면

$$K_{31}^2 = (\epsilon_{33}^T - \epsilon_{33}^S) / \epsilon_{33}^T = (C_0 + C_1 - C_0) / (C_0 + C_1) = C_1 / (C_0 + C_1) = 1 / (1 + C_0 / C_1) \quad (7)$$

이 된다. 여기서 $C_0 / C_1 = \tau$ 를 용량비라 한다. 또한 등가회로의 R_1 을 0으로 했을 때의 직렬공진, 병렬공진의 주파수를 각각 f_s, f_p 라 하면

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \quad (8)$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \sqrt{1 + \frac{1}{\tau}} \quad (9)$$

이 된다.

여기서 어드미턴스의 극대, 극소를 나타내는 주파수 f_m, f_n 를 측정하여 이를 f_s, f_p 와 같다고 보면

$$\tau = f_m^2 / (f_n^2 - f_m^2) \quad (10)$$

$$K_{31}^2 = 1 / (1 + \tau) \quad (11)$$

에서 K_{31} 를 구할 수 있다. 공진 반공진 주파수의 차이가 있을수록 결합계수가 크게 된다.

라. 압전 세라믹스의 물성

대부분의 압전 세라믹스는 페로브스카이트 (Perovskite) 구조를 갖고 있다.

본고에서는 현재 가장 널리 실용화되고 있는 이 구조의 $BaTiO_3$ 세라믹스, $Pb(Zr, Ti)O_3$ 세라믹스의 기본물성과 조성비 변화와 치환 및 첨가에 따른 성질변화에 대해 설명하고자 한다.

(1) $BaTi_3O_9$ 의 물성

$BaTi_3O_9$ 는 그림 4와 같은 ABO_3 페로브스카이트 구조를 갖는다.

이온 반경이 큰 양이온 A가 격자의 정점에 있고 이온반경이 작은 양이온 B가 체심에 있고, 산소 이온이 면심에 위치한 구조를 갖고 있다.

일반적으로 이 구조를 갖는 물질 중에는 강유전성을 나타내는 것이 많이 있지만 온도에 변화에 따라 이 강유전성 및 결정구조(Crystal Structure)가 변화된다.

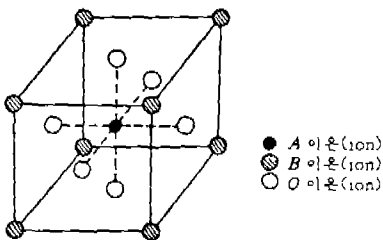
그림 5는 불순물을 포함하지 않는 진성 $BaTi_3O_9$ 세라믹스가 온도에 따라 결정계 및 격자상수(Lattice Parameter)가 변화하는 양상을 보여 준 것이다.

축 변태점이 -90°C , 0°C , 120°C 부근에서 각각 능면체정(Rhombohedral)에서 사방정(Orthorhombic), 정방정(Tetragonal), 입방정(Cubic)으로 변하게 된다.

-90°C 및 0°C 부근을 전이온도라 하고 120°C 부근을 큐리 온도라 한다.

이 큐리 온도에서는 강유전성을 잃어 상유전상인 Cubic 구조로 바뀌게 된다.

강유전성이라 함은 결정내부의 이온 변위에 의해 자발분극(Spontaneous Polarization)이 존재하여 전계에 따라 이 자발분극을 전계인가 방향으로 이동시킬 수 있다. 또한 분극방향은 반



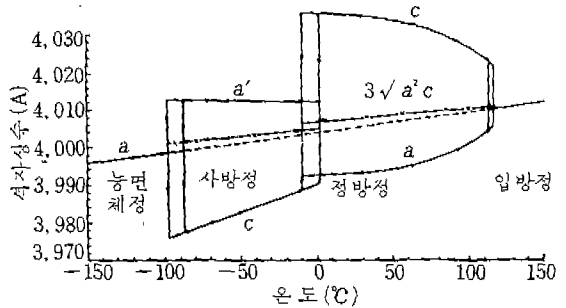
〈그림 4〉 ABO_3 페로브스카이트형 구조

전되고 분극방향을 반전시키는 데 필요한 최소 전계를 항전계(Coersive Field) E_c 라 한다.

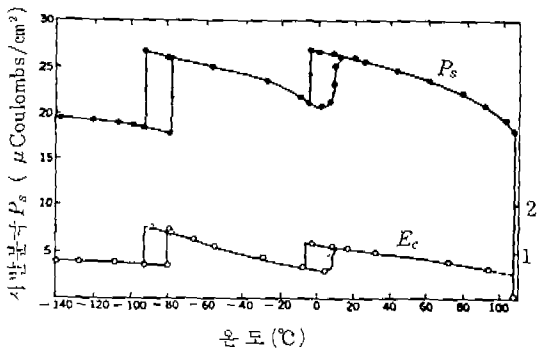
상유전상이라 함은 결정내부에 아무런 자발분극도 존재하지 않는 것을 말하며 등방성(Isotropic)을 나타내어 아무런 압전특성도 갖고 있지 않다.

$BaTi_3O_9$ 의 자발분극과 항전계의 온도 의존성은 그림 6과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 자발분극과 항전계는 결정성에 크게 의존하게 된다.

일반적으로 세라믹스는 입자(Grain)로 구성되어 있고, 각각의 입자는 분역(Domain) 구조를 갖는다. 입자가 대단히 작게 되면 단일분역이 되는 것도 존재한다.



〈그림 5〉 $BaTi_3O_9$ 격자상수의 온도의존성



〈그림 6〉 자발분극 및 항전계의 온도변화

또한 결정이 변태하는 상황에서 유전적, 압전적 특성도 크게 변화한다. $BaTiO_3$ 단결정의 유전율은 이방성이 크고, 정방정계에서의 C축 방향과 a축 방향으로부터 측정된 결과는 그림 7 과 같이 온도에 따라 변화한다.

$BaTiO_3$ 세라믹스는 단결정의 집합으로 이루어져 있고 개개 결정의 분극축은 임의의 방향을 향하고 있다.

분극하지 않은 세라믹스의 유전율은 각 단결정의 값의 평균이 된다. 미 분극 세라믹스의 유전율과 유전체손실에 대한 온도의존성은 그림 8 과 같다. 그림 9는 전기기계결합계수 (K_r), 탄성률 ($1/S_{11}^E$), 유전율 (ϵ_{33}^T) 등의 온도의존성을 나타내고 있다.

이들 각각의 정수들은 실온부근에서 온도 변화율이 대단히 크다. 따라서 사용온도가 일정하게 유지되는 용도 이외에는 $BaTiO_3$ 를 사용하는 부적당하다.

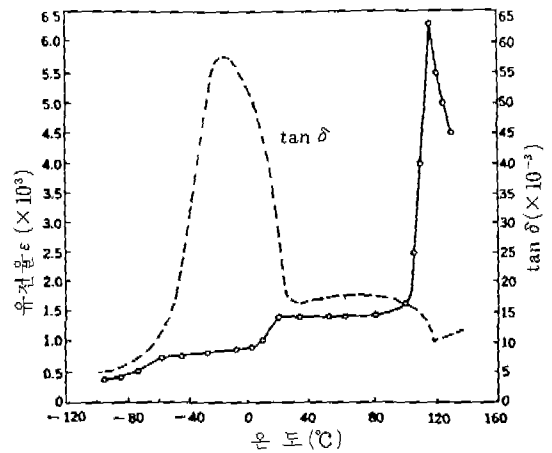
순수한 $BaTiO_3$ 에 A site와 B site에 다른 원소를 치환시킴으로써 온도안정성을 개선시키려는 시도가 행해졌다.

Ba^{+2} 위치를 Pb^{+2} 가 치환하면 압전재료로서 사용온도를 넓히고 온도특성을 개선하는 점에서는 항전력이 극도로 커서 분극이 곤란할 뿐아니

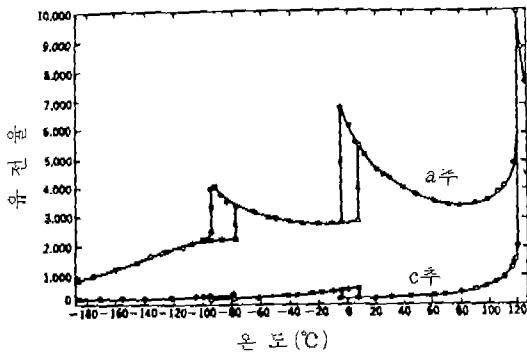
라 소결시에도 많은 문제점이 있다.

또한 Ba^{+2} 에 대한 Ca^{+2} 치환은 유리점은 변하지 않으나 제 2 변태점이 저온으로 이동하면 압전적, 탄성적, 유전적 특성이 실온부근에서 온도안정성을 향상시키는 효과가 있다.

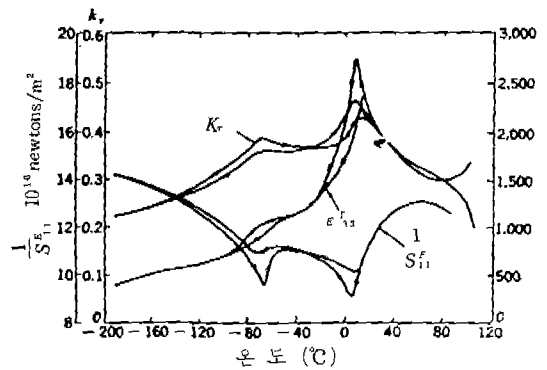
그림 10은 여러가지 원소들이 $BaTiO_3$ 의 천이 온도에 미치는 영향에 대해 나타내 주고 있다.



〈그림 8〉 미분극 $BaTiO_3$ 진성 세라믹스의 유전율 및 $\tan \delta$ 의 온도의존성



〈그림 7〉 유전율의 온도변화



〈그림 9〉 $BaTiO_3$ 세라믹스의 K_r , ϵ_{33}^T , $1/S_{11}^E$ 의 온도의존성

(2) $Pb(Zr, Ti)O_3$ 의 물성

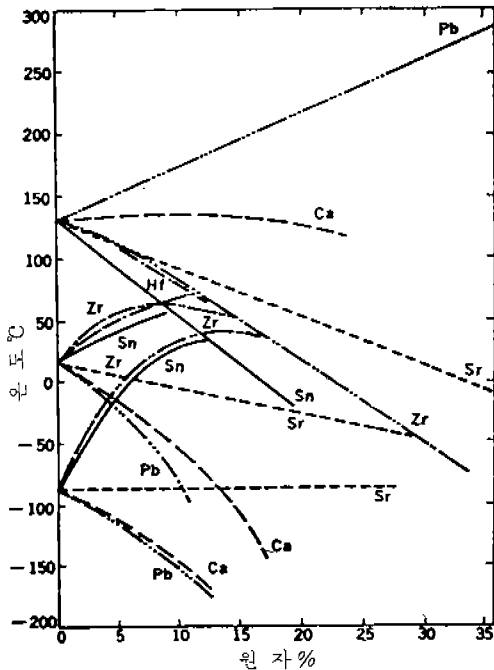
$Pb(Zr, Ti)O_3$ 는 일명 PZT라 불리운다. 이것은 $PbZrO_3$ 와 $PbTiO_3$ 의 고용체이다. $PbZrO_3$ 는 230°C의 큐리온도를 갖는 반강유전체이고, $PbTiO_3$ 는 490°C의 큐리온도를 갖는 강유전체이며 양자의 중간조성 부근에 MPB (Morphotropic Phase Boundary)가 존재한다. 온도에 의하지 않고 조성에 의해 결정계가 변하는 것도 Morphotropic Transformation이라 한다.

그림11은 $PbTiO_3 - PbZrO_3$ 계의 상도를 나타내고 있다.

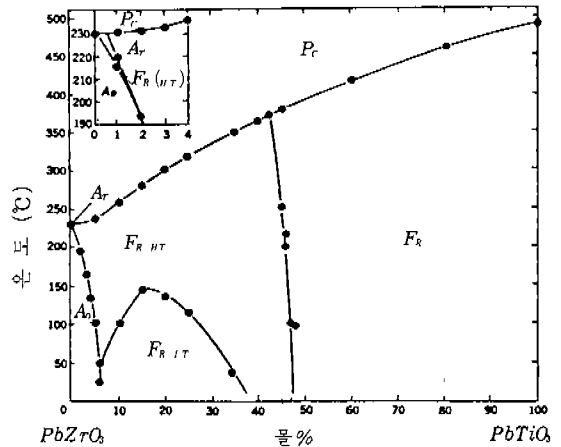
PZT의 화학식은 $Pb(Zr_x, Ti_{1-x})O_3$ 인 형으로 나타낸다. 몰포트로픽 상경계는 상온에서 $x=0.52$ 부근에 있고, 이 경계로 하여 좌측은

능면정계가 되고 우측은 정방정계가 된다. 이 상경계는 온도가 상승함에 따라 약간 $PbZrO_3$ 측으로 기울어지고 있다.

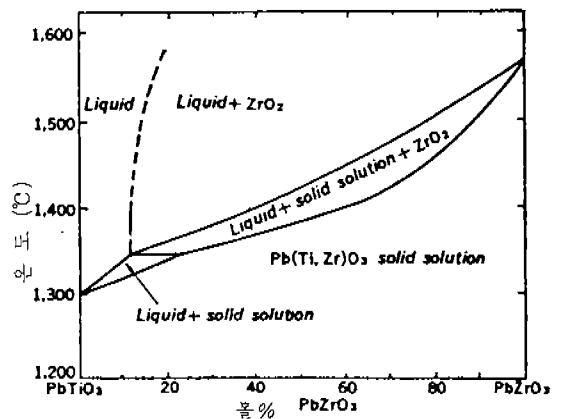
$PbTiO_3 - PbZrO_3$ 계가 고온일 때의 상도는 그림12와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 고용체상보다 높은 온도에서는 분해용융되어 ZrO_2 가 석출된다.



〈그림 10〉 $BaTiO_3$ 세라믹스의 천이온도에 미치는 치환원소의 효과



〈그림 11〉 $PbZrO_3 - PbTiO_3$ 계의 상도



〈그림 12〉 $PbTiO_3 - PbZrO_3$ 계가 고온일 때의 상도

그러나 $PbTiO_3$ 가 90mol% 이상 조성이 되면 융점이 존재하여 단일용융상이 된다.

$PbZrO_3$ 가 54 mol%인 조성에 대해 유전율과 결합계수의 온도변화를 나타낸 것이 그림13이다.

사용온도범위가 $BaTiO_3$ 세라믹스 보다 크게 개선된 것을 알 수 있다.

순수한 PZT 세라믹스에 여러가지 원소를 치환하여 소결성 및 온도안정성 등을 증가시키려는 시도가 행해지고 있다.

예를 들면 Sr^{+2} 나 Ba^{+2} 등의 알칼리토류 원소로 Pb^{+2} 를 치환시키면 큐리 온도가 내려가고, 실온에서의 유전율을 증가시킨다. 또 상경계근방에서의 전기기계결합계수도 크게 된다. 그 결과 압전정수(d)가 큰 재료를 만들 수 있다.

또한 Mg^{+2} 에 의해 Pb^{+2} 를 치환시키면 10원자%까지가 적당하고 기계적 품질계수(Q_m)를 개선시키는 효과를 갖고 있지만 세라믹스의 소결에는 여러가지 어려움이 있다.

그 외 ABO_3 페로브스카이트형 산화물로 Pb^{+2} 위치를 A^{+2} 이온, Ti^{+4} 나 Zr^{+4} 위치를 B^{+4} 이온으로 동시에 치환하는 것과 $A(B_1, B_2)O_3$ 로 나타

내는 페로브스카이트형 복합산화물과 PZT세라믹스의 고용체가 연구되고 있다.

또한 PZT 2 성분계 대신 $Pb(O_{0.3} Nb_{2.3})O_3$, $Pb(Mg_{1.2} W_{1.2})O_3$ 등과 같은 3 성분계 압전 세라믹스에 대해 연구가 활발히 진행되고 있다. 3 성분계의 특징은 PZT와 비교하여 PbO 증발이 적고, 소성이 쉬우며 주성분에 각종 첨가물을 가함으로써 유전적, 압전적 특성을 크게 개선할 수 있으며 조성변화에 따라 용도에 맞는 특성을 갖는 재료를 얻는 것이 가능하다.

마. 압전 세라믹스의 응용

압전 세라믹스의 응용분야는 상당히 넓다. 본고에서는 일반적으로 널리 알려진 압전착화소자, 초음파발생기, 필터에 대한 특성 및 원리를 설명하고자 한다.

(1) 압전착화소자

압전착화소자라함은 압전 세라믹스시편에 기계적인 압력을 주어 시편에 발생된 고전압을 방전시켜 연료의 착화에 이용하는 소자를 말한다.

이 소자는 일반 가정의 가스 레인지, 압전 가스 라이타, 가스 콘로 등으로 이용되고 있다. 이 착화소자의 원리는 그림14와 같이 소자의 길이 방향으로 기계적 응력을 가해졌을 때 발생하는 전압은 다음 식에 의해 구해진다.

$$V_3 = -g_{33} F \frac{L}{S}$$

$$E_3 = -g_{33} T_3$$

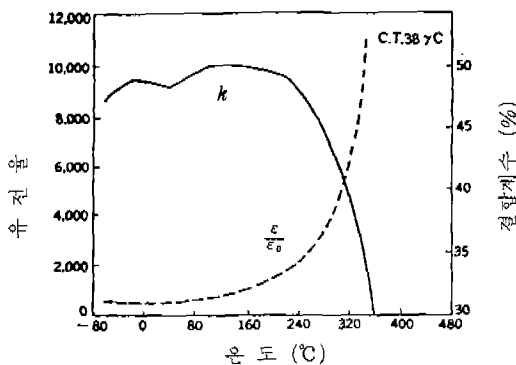
여기서 E_3 = 소자의 길이 방향으로의 전계의 세기 (V/m)

g_{33} = 압전 전압상수 ($10^{-3} Vm/N$)

T_3 = 소자의 길이방향으로 가해진 응력 (N/m^2)

L = 소자의 길이 (m)

V_3 = 소자의 양단에 발생하는 전압



〈그림 13〉 $Pb(Zr_{0.54}, Ti_{0.46})O_3$ 세라믹스의 유전율, 결합 계수의 온도의존성

따라서 소자 양단에 발생하는 출력전압은 가해지는 응력과 소자의 길이가 일정할 때 압전 g 상수에 의해 결정되며 또한 압전 g 상수와 압전 d 상수의 관계는 $g_{33} = d_{33} / \epsilon_{33}^T$ 이므로 점화소자의 출력전압은 압전 d 상수와 자유유전율에 의해 결정된다.

압전착화소자는 기계적인 응력을 주는 방식에 따라 충격식 (Impact Type) 과 점층식 (Squeeze

Type) 이 있다. 이것은 소자에 힘을 가하는 시간에 의해 구별된다. 그림 15는 이에 대한 구성과 전압상승특성이고, 표 1은 충격식과 점층식의 특징을 나타내고 있다.

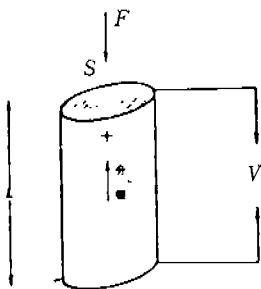
(2) 초음파 기기

초음파 진동자는 어군탐지, 수심측정, 가공기, 세정기, 가습기 등으로 폭넓게 이용되고 있다. 초음파 발생원으로서 자왜형 초음파 진동자 (Ni , AF 합금, 페라이트)와 압전형 초음파 진동자 ($BaTiO_3$, $Pb(Zr, Ti)O_3$) 등이 일반적으로 널리 쓰이고 있지만 현재는 온도안정성 및 경시변화가 적은 PZT 압전 세라믹 진동자가 압도적으로 많이 이용되고 있다.

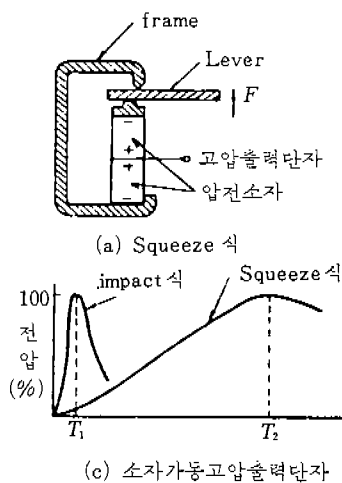
그림 16은 고무볼드형 어군탐지용 진동자의 구조이다. 이 진동자는 50kHz인 단류반형으로 진동자의 주위를 고무로 몰드하였다. 이 구조의 어군탐지기는 제조회사가 많고 모든 어선이 이를 장비하고 있으며 레저용으로 낚시용 어군탐지기는 여러가지 상품명으로 판매되고 있다.

〈표 1〉 충격식과 점층식의 특징

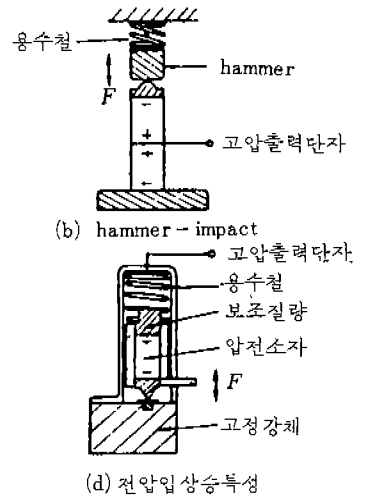
충격 impact 式	점층 squeeze 式
放電時間은 짧다 (μsec 정도)	放電時間은 길다 (msec 정도)
放電은 2회만 발생	放電은 3~5회 발생
放電은 安定	放電은 加壓法에 따라 다르다
外形은 작다	外形은 크게 된다
충격음을 발생	無音이다
絶緣抵抗劣化에 강하다	絶緣抵抗劣化에 약하다

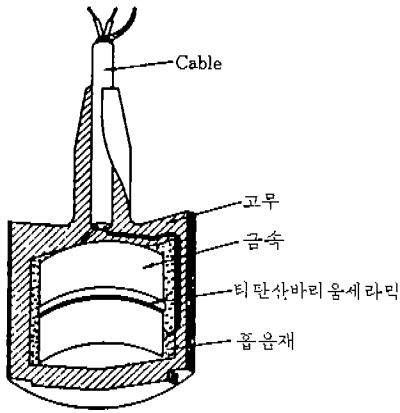


〈그림 14〉 압전착화소자

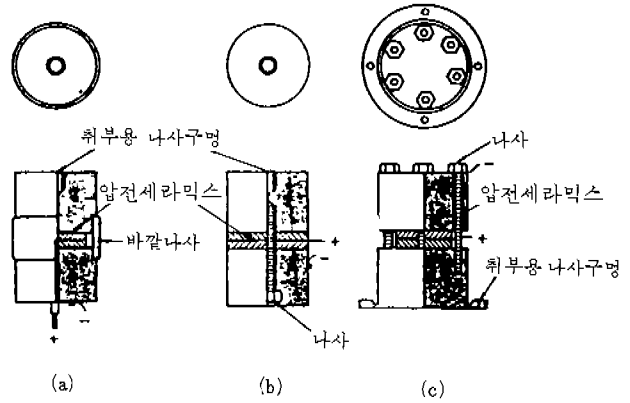


〈그림 15〉 압전착화소자의 가압방식 및 전압상승 특성





〈그림 16〉 고무몰드형 진동자



〈그림 17〉 볼트조임 진동자의 기본적 구조와 종류

그림17은 세정기로 널리 쓰이는 볼트 조임 진동자의 구조를 나타내고 있다.

이 진동자는 강력 초음파를 발생하므로 기계적으로 강해야 한다.

그림17에서 (a)는 외주 나사 조임, (b)는 중심 볼트 조임, (c)는 외주 볼트 조임이다.

볼트로 조인 램주반 진동자는 사용 주파수도 어느 정도 자유롭게 선택할 수 있다. 초음파 세정기용 압전 세라믹 진동자의 사용 주파수 범위는 일반적으로 20~500kHz이다. 진동자의 선정은 성능 경제성의 관점에서 낮은 주파수영역에서는 일반적으로 볼트 조임 램주반 진동자가 사용되고, 소형의 세정기 (50~100Watt)인 경우에는 세라믹의 원판형 진동자 및 원통형의 경방향 진동자형태를 이용하여 낮은 주파수가 이용된다.

또한 높은 주파수영역 (50kHz 이상)에서는 두께 진동을 이용한 원판형 및 각판형 진동자를 사용하고 있으며, 초음파발생 세라믹 진동자가 구비할 특성을 요약하면 큰 전기입력에 대해서 출정하고, 전기음향 변환효율이 크며 내열성이 좋고 경시변화가 작아야 한다.

(3) 세라믹 필터

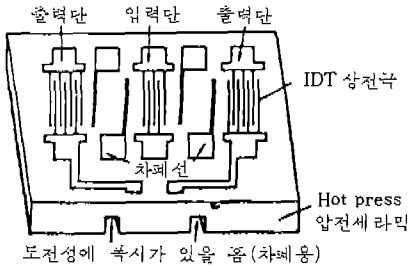
진동자대	주파수	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷ (Hz)
屈曲振動		■	■			
길이振動				■	■	
面積振動				■	■	
徑方向振動				■	■	
두께振動					■	■
Trap振動					■	■
表面波振動					■	■

〈그림 18〉 각종진동 Mode와 이용가능 주파수대

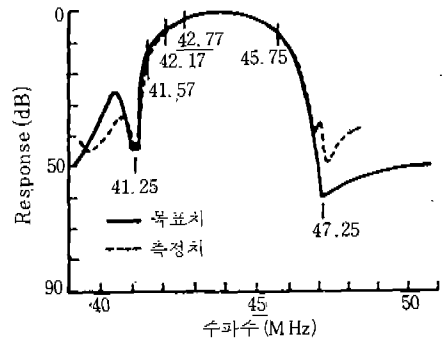
세라믹 필터의 원리는 압전성을 갖고 있는 세라믹스의 물리적 공진 주파수와 인가 전압의 주파수가 일치하면 공진에 의해 커다란 진동을 하게 된다. 이런 현상을 이용한 것이 세라믹 필터이다.

세라믹 필터에는 여러가지 진동 Mode에 따라 필터의 공진주파수가 변화한다. 그림18은 그에 대한 특성이다.

세라믹 필터에는 사용주파수 범위가 30~300 kHz인 LF용 필터와 300kHz~3 MHz인 MF용



〈그림 17〉 볼트조임 진동자의 기본적인 구조와 종류



〈그림 20〉 표면파 필터의 주파수선택 특성도

필터, 3~30MHz인 HF용 필터 및 30~300MHz인 VHF용 세라믹 필터가 있다.

세라믹 필터는 MF용으로 휴대용 무선기, 택시 무선기, Pocket 수신기 등과 HF용의 TV음성 중간주파(4.5MHz), FM방송 중간주파(10.7MHz) 등으로 많이 이용되고 있으며, 또한 VHF 필터의 용도는 통신기기, 민생기기 관계의 분야에서 여러 종류이나 TV수상기의 비데오IF(VIF) F) 필터는 큰 초점으로 부상하고 있다. 압전세라믹스에 의한 VIF 필터는 벌크파(Bulk Wave)를 이용하는 방법과 탄성 표면파(SAW)를 이용하는 방법 등, 이 종류의 필터에 관한 모든 기술이 이용되고 있다.

그림 19는 탄성표면파를 이용한 VIF필터의 구

조를 나타내고 있다.

압전 세라믹 기판표면에 IDT(Inter Digital Electrode)를 배치하여 입력 및 출력단인 변환기에 의해 구성된다.

이 표면파 필터의 주파수 선택특성은 압전 세라믹 판의 치수에는 관계없고, IDT의 피치, Finger의 수 및 길이에 따른다. 그림의 표면파 필터를 2단 접속하여 주파수 선택특성을 보면 그림 20과 같다.

탄성 표면파를 이용한 VIF 필터의 재료로는 일반적으로 $PbTiO_3$ 계 압전 세라믹이 많이 사용되고 있으며 필터 특성개선을 위해 압전 세라믹스의 균일성, 치밀성을 연구해 나가야 되며 앞으로 발전이 주목되고 있다.

〈참고문헌〉

1. J. Van Randerat and R.E. Setter-ington, "Piezoelectric Ceramics", Mullard Limited, London (1974)
2. W. P. Mason, "Physical Acoustics", Academic Press, New York, (1964)
3. B. Jaffe, W. R. Cook and H. Jaffe, "Piezoelectric Ceramics", Academic Press (1971)
4. Relya C. Buchanan "Ceramic Materials for

- Electronics" Marcel Dekker, Inc, (1986)
5. 조상희, 요업재료의 과학과 기술 Vol. 1, No.1 (1986)
6. 田中哲郎, 岡崎清, 圧電セラミック材料, 學獻社 (1972)
7. 박장엽, 압전 세라믹스, 김영출판사
8. V. M. RISTIC, "Principles of Acoustic Devices" John Wiley & Sons