

高分子-세라믹 複合壓電材料

金龍赫·金昊起
(韓國科學技術院 林料工學科)
李德出
(仁荷大 工大 電氣工學科)

■ 차 례 ■

- 1. 서론
- 2. 고분자-세라믹 복합압전체 모델
- 3. 고분자-세라믹 복합압전체 제조법 개요
- 4. 압전정수 측정방법
- 5. 고분자-세라믹 복합압전체의 성질개요
- 6. 공업적 응용
- 7. 결론
참고문헌

1 序 論

材料科學의 발전에 따라 세라믹材料에 電氣的機能을 부여한 電子세라믹 (Electro-Ceramics) 재료는 磁氣材料, 半導體材料 및 壓電材料 분야에 많이 응용되므로써 그의 발전이 급속하게 신장되고 있다. 그러나 單一相 材料가 갖는 특성에는 한계가 있고 또한 여러가지 좋은 성질을 모두 가질 수는 없기에 다종 다양하게 사용될 수 있는 전자세라믹 개발에는 제한성이 있다고 생각된다. 반면에 산업의 고도화와 제품의 소형, 경량화에 수반하여 이에 사용되는 재료에 혁신이 요망되고 新材料 개발이 산업적으로 매우 중

요한 과제라고 볼 수 있다. (그림 1 참조)

이에따라서 기계적으로 유연한 高分子材料에 전기적으로 壓電性이 큰 세라믹 壓電體를 混合分散하여 複合化 시킴으로써 세라믹材質이 갖는脆性을 보완 시키고 세라믹 보다는 압전성이 되지만 고분자재료보다는 매우 뛰어난 유연성 壓電材料의 개발에 최근 관심이 집중되고 있다.

이러한 複合材料은 고무자석이나 磁氣테프등과 같은 磁性材料에 대해서는 연구개발되어 實用化 되고 있지만 壓電材料에 대한 연구는 아직 개발단계에 있는 실정이다.

複合 壓電材料 로써 壓電세라믹材料와 高分子材料를 사용한 複合 壓電體가 1973년, Pauer¹⁾에 의해 처음으로 우레탄 고무와 PZT 분말을 혼합한 방식으로 立方體 모델화하여 발표되었다.

Harrison²⁾에 의해 複合體에 대한 壓電定數의 理論이 導入 되면서, 最近에 Connectivity 개념을 적용하여 세라믹材料와 高分子材料를 相互 연결방식으로 分類한 PZT-Polymer 複合體 理論이 Newnham³⁾ 등에 의해 구체화 되었다.

순수한세라믹材料를 Hydrophone과 같이 수중에서 사용하는 경우에, Hydrostatic pressure에 대한 複合 壓電材料의 感度特性을 나타내는 尺度인 性能指數 (Figure of merit)는 d_h 와

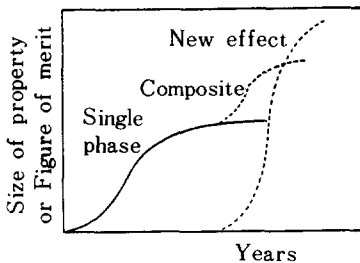


그림 1. 재료 과학의 발전지수

g_n 의 積으로써, $d_n \cdot g_n = |d_{33} - (-2d_{31})|^2 / \epsilon_{33}$ 로 표시되며 이 指數값을 높이기 위해서는 1) d_{33} 와 d_{31} 정수가 적정값을 유지해야 하며 2) 유전율이 낮은 高分子材料와 複合化 하므로써, 전체誘電率을 낮추어 특성을 향상시킬 수 있다.

또한, 초음파용 探觸子로 사용되어 온 PZT계 세라믹스는 電氣機械結合係數는 큰 반면에 인체에 비해 음향임피던스가 매우 높기 때문에 사용에 많은 어려움이 있으며, 음향임피던스 면에서 인체에 가까운 PVDF 高分子材料는 電氣機械結合係數가 작은 결점을 지니므로, 음향임피던스가 적고 電氣機械結合係數가 큰 재료가 요구 되어 왔다.

이러한 관점에서 壓電세라믹材料和 高分子材料의 複合化 기술이 개발되게 되었고 이의 응용이 電氣, 電子, 海洋, 醫療産業 分野에 대한 사용소자의 Aging 특성이나 감도 특성의 증대는 물론 新材料 개발에 적극 활용 되어지고 있다.

표 1은 單一相 압전세라믹재료와 複合壓電材料에 대한 壓電定數의 비교를 보인 것으로, 複合壓電體 특성상 응용코저하는 Transducer에 대응되는 製造方法 및 材料選擇이 요구되며 이에 따라서 현저한 특성변화를 나타내게 된다.

이하에 複合壓電體모델을 중심으로한 製造方法 및 활용에 대해 개략적으로 기술하고자 한다.

② 複合壓電體 Model

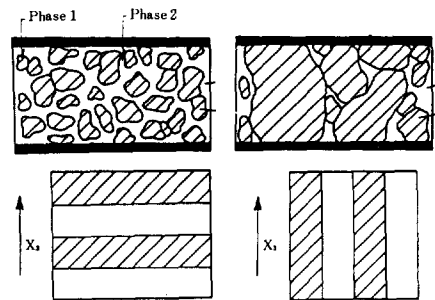
압전세라믹과 高分子材料와의 混合結合에 의한 複合壓電體는 材質의 특성에 따라서 高分子材料를 Matrix로 하여 그 内部에 壓電세라믹粒

子를 混合分散시켜 제조 하는 방법과 세라믹 内部를 多孔質化 (skeleton structure) 하여 高分子材料를 溶解注入 하는 방법으로 대별 되며 이들 製造방법에 따라 각相 간의 相互結合性이 달라지게 된다. 이에 따라 複合體의 壓電特性은 壓電세라믹과 高分子材料의 固有特性을 상호 보완 시키게 되며 이 結合性을 두材料 간의 연결 방식에 따라 모델화 시킴으로써 사용재료의 선택 및 理論化를 이룰 수 있다.

2.1 직, 병렬 model³⁾

壓電세라믹粒子가 高分子 内部에 均一하게 分散된 간단한 형태로 그림2와 같이 高分子材料 内部에 分散된 세라믹粒子의 크기와 모양에 따라 직렬모델2(a)과 병렬모델2(b)로 구분된다. 압전세라믹粒子의 크기와 壓電定數와의 관계는, 上下電極方向에 대한 세라믹粒子의 結合分布상태로 설명될 수 있다.

세라믹粒子 간의 結合性이나 電極과의 접촉이 不完全한 그림 2(a)에 있어서, 세라믹粒子가 압



(a) 직렬model (b) 병렬model

그림 2. 직·병렬 모델

표 1. 단일상재료의 압전정수비교

	Density ρ ($\times 10^3 \text{kg/m}^3$)	Stiffness c (GPa)	Permittivity ϵ_r	Piezoelectric Coefficients	
				d_{33} ($\times 10^{-12} \text{C/N}$)	g_{33} ($\times 10^{-3} \text{Vm/N}$)
Oriented PVDF	1.8	3	13	20	160
Homogeneous PZT-501A	7.9	81	2000	400	20
Flexible 3-3 composite	3.3	3	40	110	280
3-1 composite	3.0	19	400	300	75
0.9PMN-0.1PT ceramic	7.6	95	13000	560	4

電率이 낮은 高分子材料 사이에 임의적으로 分散되어 있기 때문에 壓電特性은 입자의 모양, 분포, 등에 의존하게 되며 複合體의 壓電定數는 體積比의 함수로써 다음식으로 된다.

$$\bar{d}_{33} = {}^1\nu^1 d_{33}^2 \epsilon_{33} + {}^2\nu^2 d_{33}^1 \epsilon_{33} / {}^1\nu^2 \epsilon_{33} + {}^2\nu^1 \epsilon_{33}$$

$$\bar{g}_{33} = {}^1\nu^1 g_{33} + {}^2\nu^2 g_{33}$$

여기서, ${}^1\nu, {}^2\nu$: 第1相(세라믹)과 第2相(고분자)의 體積比

\bar{d}_{33} : 複合壓電體의 壓電定數

\bar{g}_{33} : 複合壓電體의 電壓定數

${}^1\epsilon_{33}, {}^2\epsilon_{33}$: 第1相과 第2相의 誘電率

이 관계로 부터 誘電率이 매우 낮은 高分子材料의 영향으로 \bar{d}_{33} 값이 낮아지게 되고 $g_{33} = d_{33} / \epsilon_{33}$ 의 관계에 있으므로 電壓定數는 크게 변하지 않는다. 그림 2(b)의 병렬모델에서, 압전세라믹粒子가 양 전극면과 접촉을 이루게 되므로 壓電體의 두께와 세라믹粒子 크기가 동일하게 되며 粒子크기 및 分布에 따라서 各相의 有效面積이 결정되어 진다. 壓電定數는 上, 下 전극면에 접촉된 점유밀도에 따라 다음식으로 표시된다.

$$\bar{d}_{33} = {}^1\nu^1 d_{33}^2 s_{33} + {}^2\nu^2 d_{33}^1 s_{33} / {}^1\nu^2 s_{33} + {}^2\nu^1 s_{33}$$

$$\bar{g}_{33} = {}^1\nu^1 d_{33}^2 s_{33} + {}^2\nu^2 d_{33}^1 s_{33} / ({}^1\nu^2 s_{33} + {}^2\nu^1 s_{33})$$

$$s_{33} = \frac{1}{{}^1\nu^1 \epsilon_{33} + {}^2\nu^2 \epsilon_{33}}$$

s_{33} : Elastic compliance

各相에 대한 정수크기를 비교하여, $\{d_{33}\} \gg \{d_{33}\}, {}^1s_{33} \ll {}^2s_{33}$ 로 가정 하게 되면, \bar{d}_{33} 는 壓電세라믹의 體積比(${}^1\nu$)에 의존 되지 않고 壓電 세라믹만 인경우와 같게 된다. $g_{33} (= d_{33} / \epsilon_{33})$ 는 複合體의 낮은 誘電率로 인해 크게 증가 하게 되므로 이 모델은 Transducer 이용에 큰 유용성을 갖게 된다. 압전세라믹粒子의 점유밀도가 감소함에 따라 g_{33} 값은 증가하게 되나 극도로 높일 경우 材料의 不均質, 機械의 強度低下 등의 영향이 뒤따르게 된다.

이 모델을 Modified 한 방식으로써 압전세라믹 rods를 高分子材料 內에 1軸 方向으로 결합시킨 1-3 연결방법이 응용 되고 있다. 세라믹 rods가 상, 하 전극면에 대해 병렬로 결

합된 구조를 이루게 되므로 壓電定數와 誘電率은 다음식으로 된다.

$$\bar{d}_{31} = {}^1\nu^1 d_{31} + {}^2\nu^2 d_{31}$$

$$\bar{\epsilon}_{33} = {}^1\nu^1 \epsilon_{33} + {}^2\nu^2 \epsilon_{33}$$

Hydrostatic 壓電定數는 이들의 複結合으로 이루어 지며 \bar{d}_h 와 \bar{g}_h 는

$$\bar{d}_h = \bar{d}_{33} + 2\bar{d}_{31}$$

$$\bar{g}_h = \bar{d}_h / \bar{\epsilon}_{33}$$

로 표현된다.

여기서, \bar{d}_h : Hydrostatic pressure coefficient

\bar{g}_h : Hydrostatic voltage coefficient

\bar{d}_h 는 \bar{d}_{33} 와 \bar{d}_{31} 이 서로 反對符號로 되므로 압력 변화에 대한 應答強度는 낮아지게 된다. 그림 3은 이모델에 있어 體積比에 대한 各定數의 變化를 나타낸 것이다.

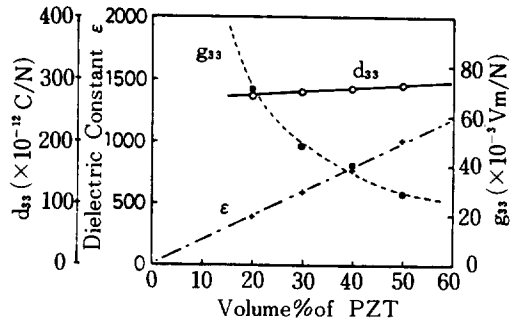


그림 3. 체적비에 따른 압전정수의 변화

2.2. 입방체 model⁶⁾

세라믹粒子(第1相)가 高分子材料(第2相) 內에 分散된 구조를 가진 複合壓電體를 立方體 모델화하여 이를 기초로, 직렬-입방체-병렬로 연결되는 修正立方體 모델로 일반화 한 것이다. 그림 4와 같이 각상의 연결방식을 Parameter의 변화에 따른 Unit cell의 변화에 따라 등각적으로 나타내었다.

$\{d_{33}\} \gg \{d_{33}\}, \{d_{31}\} \gg \{d_{31}\}, {}^1s_{33} \ll {}^2s_{33}, {}^1s_{11} \ll {}^2s_{11}$ 의 조건으로부터 誘電率 및 壓電定數는,

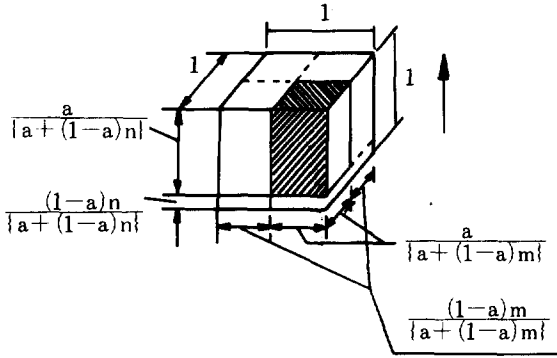


그림 4. 수정입방체 모델의 Unit cell

$$\frac{1}{\epsilon_{33}} = \frac{a^2 \cdot \{a + (1-a)n\}^2 \cdot \epsilon_{33}^2}{a \cdot \epsilon_{33} + (1-a)n' \cdot \epsilon_{33}} + \{ (1-a)^2 \cdot \{a + (1-a)n\}^2 \cdot \epsilon_{33}$$

$$\bar{d}_{33} = \frac{\epsilon_{33} \cdot a^3 \{a + (1-a)n\}}{a + (1-a)n \left(\frac{\epsilon_{33}}{2} \right)} \cdot \frac{1}{a^3 \cdot \frac{(1-a)n}{a + (1-a)n}}$$

$$\bar{d}_{31} = \frac{\epsilon_{33} \cdot a^2 \{a + (1-a)n\}^2}{a + (1-a)n \left(\frac{\epsilon_{33}}{2} \right)}$$

로 표현되며, Parameter n은 Unit cell내의 압전 세라믹(第1相)이 立方체로 부터 어느만큼 변형이 일어났는가를 나타내는 척도로써,

n = 0 일때 병렬 model

n = 1 일때 입방체 model

n = $\left(\frac{1}{a^2 - a} \right) (1-a)$ 일때 직렬 model

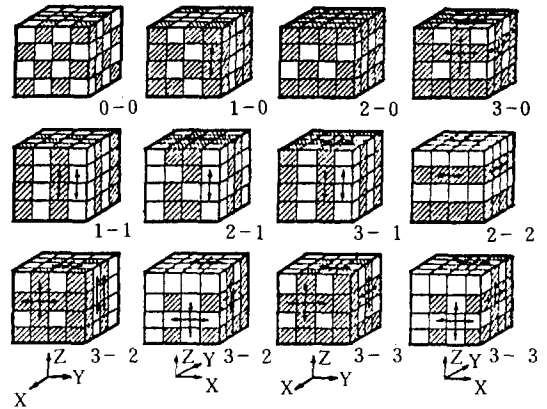


그림 5. Connectivity에 의한 분류

로 第1相의 구조 변화가 일어나게 된다.

2.3 Connectivity에 의한 분류

두材料의 連結性에 따라 Cubic Cub로 모델화하여 X, Y, Z, 3축으로 분리된 두相의 各成分要素가 自己接統(Self-Connection)되는 방법으로 분류된다. 複合體의 各相은 1, 2, 3축으로 연결되며 各相이 연속적으로 이루어진 수에 따라 정의 되고, 압전세라믹과 고분자재료가 모두 3次元 연속일때 이 複合壓電體는 3-3 connection을 갖게된다.

그림 5는 이 모델을 나타낸 것으로써 0-0 ~ 3-3의 10개 connection을 갖게되며 이중

표 2. 복합압전재료의 압전특성

	\bar{K}_{33}	$\bar{d}_h(\text{PCN}^{-1})$	$\bar{g}_h(10^{-3}\text{VmN}^{-1})$	$\bar{d}_h\bar{g}_h(10^{-15}\text{m}^2\text{N}^{-1})$
PZT	1600	50	4	200
PZT particles in silicone rubber matrix(0-3 connectivity)	100	28.3	32	900
PZT replamine in a silicone rubber matrix(3-3 connectivity)	50	35.8	80	2800
PZT rods in an epoxy matrix (1-3 connectivity)	200	77.6	40.4	3138
PZT rods in a polyurethane matrix (1-3 connectivity)	83	176.2	239	42100
Burps composite(epoxy matrix) (3-3 connectivity)	500	120	27	3200
Burps composite(silicone rubber matrix(3-3 connectivity)	300	260	100	26000

앞에서 설명한 직렬모델은 2-2, 병렬모델은 1-3, 입방체모델은 0-3 connectivity 에 대응되는 것으로 볼 수 있다. 특히, 3-3 connection 은 기계적應力과 유연성을 지닌 高分子材料와 壓電效果가 큰 압전세라믹을 3次元결합시킨 모델로 압전세라믹 골격구조 내부에 高分子材料를 용해주입 시킴으로써 뛰어난 壓電特性을 나타낸다.

3-3 Connectivity를 설명하기 위한 그림 6의 Cubic array unit cell로 부터, 압전 세라믹의 体積比 ν 은

$$\nu = L^3 + L^2l / (L+l)^3$$

로 되며 内部的으로는 직, 병렬의 연속 형태를 취하게 된다. 壓電定數는 다음식으로 표현한다.

$$\bar{d}_{33} = \nu^1 d_{33} + \nu^2 s_{33} + \nu^1 s_{33}$$

$$\bar{d}_{31} = L^3 d_{31} / (L+l)^3$$

표 2에 각 connectivity와 고분자재료에 따른 複合壓電材料의 壓電定數값의 비교를 나타내었다.

이상의 예에서, 시편의 製作容易性이나 柔軟性 면에서는 0-3 connectivity가 매우 유리하게 되나 壓電特性 면에서 다소 저하되는 경향을 보이며, 1-3, 3-3 connectivity는 壓電特性은 매우 우수한 反面 제조공정상의 複雜性을 갖게 되므로 材料特性 및 應用度에 적합한 모델의 선택이 요구된다.

3] 제조방법

高分子-壓電세라믹材料의 複合化에 사용되는 壓電세라믹材料는 $PbTiO_3$ 나 $Pb(Zr, Ti)O_3$ 계 에 원소의 置換이나 각종 첨가제의 組合에 의한 세라믹壓電체가 주로 사용된다. 壓電세라믹 粒子的 크기와 형상은 壓電特性은 물론 複合材料의 성형, 가공성, 기계적성질, 分極처리시의 耐電壓特性에 영향을 미치게 된다.

高分子材料는 一般的으로 液狀이나 미세한 粒子狀으로써, 一般 고분자材料로는 PMMA, P-VA, PE, Epoxy resin, 및 Nylon 등이 주로 사용되며 탄성재료로는 Silicon Rubber계통이, 그리고 誘電率이 크고 높은 壓電性이 요구되는 곳

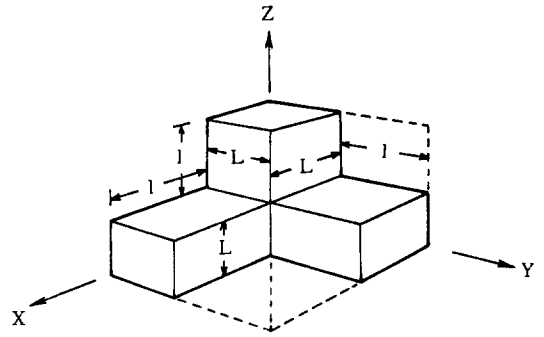


그림 6. Cubic array unit cell

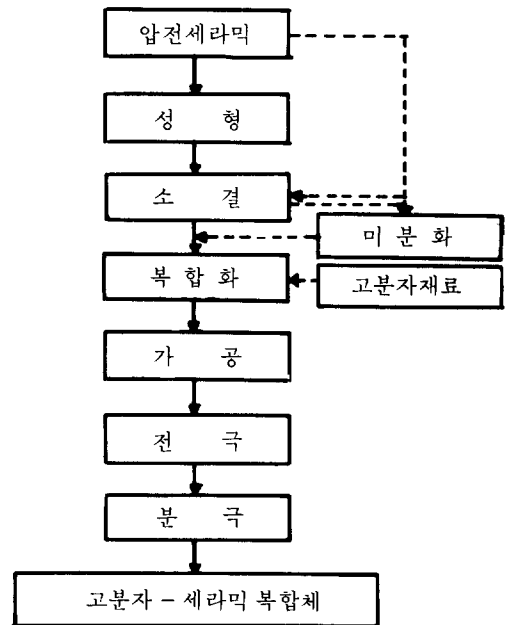


그림 7. 제조공정도

은 PVDF의 공중합체인 불소계수지가 이용된다. 複合化 과정에 따라 高分子材料 고유성질에 적합한 첨가제 (Additive)가 선택되어야 하며, 또한 高分子材質에 따라 유연성 및 전기적성질 면에서 複合壓電체에 미치는 영향이 크므로 압전세라믹과의 반응관계도 고려되어야 한다.

복합압전체의 일반적인 제조공정도는 그림 7과 같다. 복합화에는 실험적으로 Roller법과 용매법이 시행되고 있으며, 압전세라믹 입자의 연

결성에 따라 세조 과정이 다르며 이들에 대해서는 지면관계로 생략한다.

4 압전정수 측정방법

壓電材料에 기계적應力이 가해졌을 때 발생하는 電荷量은 應力에 비례하게 되며 다음식으로 정의 된다. (壓電正效果)

$$p_i = d_{ijk} \sigma_{jk}$$

여기서 p_i : Electric polarization

σ_{jk} : stress

역으로 電界가 가해졌을때 기계적변형이 일어나게 되며 변형량 ϵ_{jk} 는 (壓電逆效果)

$$\epsilon_{jk} = d_{ijk} E_i$$

로 표현되며, ϵ_{jk} 는 탄성 compliance, d_{ijk} 는 압전 Modulus로써 正效果과 逆效果에 대해 그 크기는 동일하게 된다.

원주형 시편의 경우, 상기의 정의로부터 d_{33} 는

$$d_{33} = \partial p_3 / \partial \sigma_3 = \partial \epsilon_3 / \partial E_3$$

로 되며 應力과 電界印加에 대해 각각 전하변화량 (∂p_3) 과 strain ($\partial \epsilon_3$) 를 측정하므로써 壓電定數값을 구할 수 있다.

壓電材料에 Hydrostatic stress가 가해졌을 때의 압전정수 d_n 는

$$d_n = d_{33} + 2d_{31}$$

으로 표현되므로 複結晶 정수의 측정으로 구

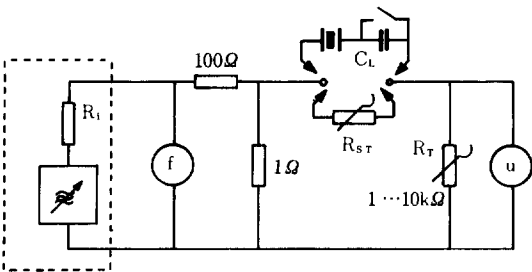


그림 8. 주파수특성 측정회로

해진다.

1. Resonance Method

IRE standard 방법을 이용하므로써 압전체의 전기기계결합계수 (k_{ij}), mechanical compliance (s_{ij}) 등을 매우 정확하게 측정할 수 있으며 그림 8는 측정회로로써, 직렬, 병렬공진주파수 (f_s, f_p)를 측정해 냄으로써 壓電定數를 구할 수 있다.

원주형시료에서, 두께방향진동의 K_{33} 는

$$K_{33}^2 = \frac{\pi}{2} \frac{f_s}{f_p} \tan \frac{\pi}{2} \frac{\Delta f}{f_p}$$

$$\Delta f = f_p - f_s$$

로 표현되며, 壓電定數 d_{33} 는

$$d_{33} = K_{33} \sqrt{\epsilon_{33}^T s_{33}^E} \quad [\text{Coulomb/Newton}]$$

$$g_{33} = d_{33} / \epsilon_{33}^T \quad [v\text{-m/Newton}]$$

로 된다. 여기서, ϵ_{33}^T 는 T가 일정할때의 유전율, s_{33}^E 는 E가 일정할때의 탄성 compliance이다.

複合壓電體와 같이 임피던스가 서로 다른 두 물질이 결합되어 있을때 두界面에서의 임피던스 차이에 의해 낮은 Acoustic transmission 을 나타내게 되므로 임피던스가 높은 材料에 의해 공진특성이 좌, 우 된다.* 그러므로 Resonance method는 복합 재료의 공진특성측정시 각상의 재료 성질이 고려되어야 한다.

2. Dynamic measurement

이 방법은 기계적응력 (T) 에 대한 전기적변위

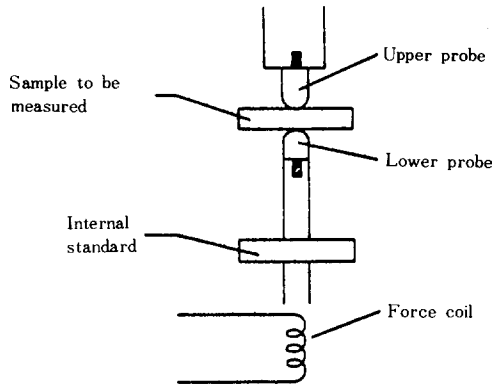


그림 9. d_{33} - meter의 전극구조

(D)를 측정하는 것으로 다음식으로 표현될 수 있다.

$$d = \delta D / \delta T = Q/A / F/A = Q/F$$

여기서, A는 전극면적이며, 측정장치로는 Berlincourt d_{33} -meter*가 사용된다.

그림 9와 같이 상, 하부 probe로 발생전하를 검출하게 되며, 이때 20~230Hz의 주파수로 0.3Newton의 dynamic force가 가해지게 된다.

3. Static measurement¹⁰⁾

Hydrostatic pressing에 의해 방출되는 전하량의 변화를 측정하는 것으로 그림 10과 같은 측정장치가 사용된다. 50psi/sec의 비율로 oil에 압력을 가하면서 이때 발생된 전하를 검출하여 기록하는 장치로 되어있다.

分極된 시료는 내부Domain의 re-orientation

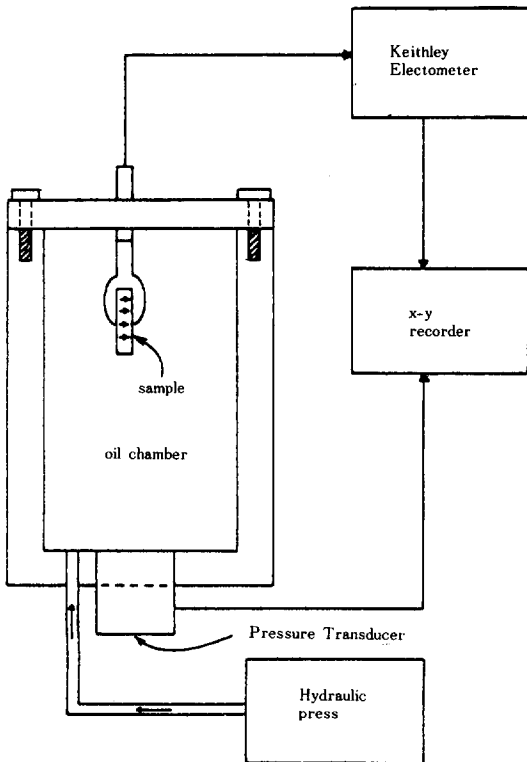


그림 10. Hydrostatic 시험장치

* channel products, chagrin Falls. ohio

이 응력을 가한 후 급속하게 일어나므로 stress를 dynamically 하게 가해야 하며 전하량의 비선형변화에 기인한 spurious를 없애기 위해 여러번의 압력변화후 측정 하므로써 정확한 값을 얻을 수 있다.

5 고분자-세라믹 복합 압전체의 성질 개요

(1) 전기적 성질 : 고분자복합체의 電氣의 特性은 그의 基材高分子의 종류와 복합되는 強誘電體 종류와 함유량에 의해 좌우된다. 따라서 특성치도 이들을 Parameter로 하여 평가할 필요가 있다.

誘電體분말량을 증가함에 따라서, 또한 당해 유전체의 소결체 壓電率이 크거나 誘電率이 클수록, 生成된 복합물의 유전율, 壓電率이 커짐을 볼 수 있다. 이 관계는 일반적으로 다음식과 같다.

$$\log \epsilon = N_a \log \epsilon_a + N_b \log \epsilon_b$$

N_a, N_b ; 物質 A, B의 體積率

따라서 실험하고자하는 複合物의 構成材料에 의한 生成物의 유전율 또는 압전율을 각각 추정할 수 있다.

또한 壓電基本式에 따라 壓電現象을 기술하면

$$D = \epsilon E + dT$$

단, D: 電氣變位, ϵ : 誘電率, E: 電界強度
d: 壓電率, T; 應力

측정계의 임피던스는 충분히 커서 $D=0$ 로 볼 수 있으므로 위식에 代入하여 보면, 전설명과 같이

$$d = - \frac{\epsilon E}{T}$$

즉, d와 ϵ 는 外部조건이 동일하면 비례관계가 있다.

(2) 機械的 性質 ; 시료의 한쪽끝을 고정하고 다른 끝에 하중을 서서히 시료가 절단될때의 하중 W를 측정하여 굴절강도를 계산할 수 있다.

이때 굴절강도는 몇% 이상의 분말혼합에 따라 저하함을 알 수 있다. 또한 板狀시료의 5 개소에 明石式微小硬度計로 하중 500g로 硬度測定을 하며 이때 硬度는 同一基材의 경우 誘電體粉末의 量的 증가에 따라 硬度가 증가되는 특성을 나타내게 된다.

6) 공업적 응용

複合壓電材料는 變換素子로서의 能率이 10~30%정도이나, 종래의 壓電素子에 비해 다음과 같은 특징을 갖게 된다.

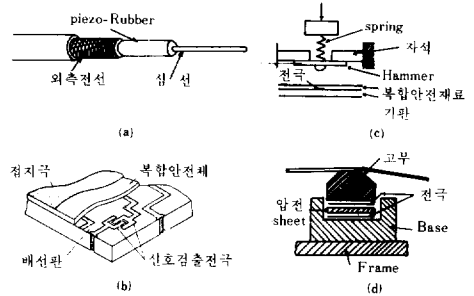
- 1) 柔軟性이 크다.
- 2) 成形, 加工性이 용이하므로 面積을 크게 할 수 있고, 박막화가 가능하다.
- 3) 耐衝擊性이 우수하다.
- 4) 生體와의 結合性이 좋다.

표 3. 복합압전재료의 응용분야

응용분야	내 용
제측기기분야	충격Sensor - 충격시험System 면압분포Sensor - 면압분포계 진동Sensor, 초음파탐촉자
의료기기분야	전자혈압계 - 맥박계 심음계 - 태아심음 호흡수계, 인공촉각
정보처리기기 분야	Key board, 무접점 Switch 좌표입력장치, 표시판넬
음향기기분야	Microphone, Pick up Speaker - Headphone

이에 관련된 應用例를 표 3에 보였으며 현재 실용화되고 있는 材料로는 음향임피던스 면에서 人體組織에 우수한 효율성을 갖는 맥파검출기, 혈압측정시 음과검출용의 生體센서재료나 탄성율이 적고 최저공진주파수가 낮기 때문에 공기와의 정합이 용이하며 면적을 크게 할 수 있는 잇점을 이용한 특수용도의 스피커재료, 그리고 重壓의 분포상태를 계측할 수 있는 面壓分布센서재료로 활용되고 있다.

大面積化를 이용하여 압력출력을 신호로 사용하는 신호검출전극이나 그의 配布線을 Print 배선판에 직접 복합물 Sheet로 열압착하여 각key의 변환소자를 집적화 하는 것이 가능하며, 고분자재료로서 熱可塑性, 硬化性樹脂를 사용한 Piezofilm이나 탄성상의 樹脂, 合成고무를 사용한 Piezo전선이 액체와의 음향정합, 주파수특성, 低



(a) 압전전선 (b) 프린트기판
(c) 압전key-board (d) pick-up

그림11. 응용소자

표 4. PECM의 압전 특성

項 目	記號	單 位	N65 (汎用)	NI65 (低周波用)	LT86 (超音波用)	NC44 (高強度用)
壓 電 定 數	d_{31}	pC/N	17	43	3	30
	g_{31}	$10^{-3} V \cdot m/N$	26	65	8	28
電氣機械結合定數	K_t	%	8		25	15
音響impedance	Z	$10^6 kg/m^2 \cdot S$	7		8	9
誘 電 率	ϵ		75	75	45	120
體積固有低抗	R_v	$\Omega \cdot cm$	$>10^{13}$	$>10^9$	$>10^{12}$	$>10^{12}$
密 度	ρ	$10^3 kg/m^3$	4.5	4.5	5.0	5.3
彈 性 率	E	$10^8 kg/m^3$	2	2	2	4
引 張 強 度		$10^4 kg/m^3$	90	90	100	110
破 斷 伸 度		%	5	10	5	5

壓均一強度 등이 우수하여 수중 Microphone 용 전선피복에 이용되고 있다.

응용소자의 예를 그림 11에 보였으며 PZT / PVDF 複合壓電體 素子로 상품화된 PECM의 壓電特性을 표 4에 나타내었다.

7 結 論

압전성이 매우 큰 무기재료인 세라믹스는 각종 분야에 널리 이용되고 있으나 유연성이 없고 가공이 용이하지 않으며 대면적 박막화가 곤란하다는 결점을 갖고 있다.

이를 보완하려는 수단으로 최근 선진국에서는 고분자-세라믹스 복합재료에 관한 관심이 매우 높고 연구도 활발히 수행되고 있다. 이의 기술은 新材料, 新素子 개발이라는 측면에서 매우 중요한 분야라 할 수 있으며 이미 선진국에서는 고분자-세라믹스 복합압전체의 실용화 및 이들의 응용성 확대를 위한 재료의 선택 및 제조방법의 다양화에 박차를 가하고 있는 실정임을 생각한 때 금후 국내에서도 이 분야의 연구 개발이 절실히 요망된다.

參考文獻

- 1) L. A. Pauer : IEEE Int'l Conv. Rec., 1, 1973.
- 2) W. B. Harrison : Proc. Workshop on Sonar Transducer Materials Naval Res. Labs., 11, 257, 1975.
- 3) R. E. Newnham et al : Mat. Res. Bull., 13, 25, 1978.
- 4) Kenji Uchino et al : Japan. J. Appl. phys, sup 20-4., 225, 1981.
- 5) R. E. Newnham et al : Ferroelectrics., 27, 49, 1980.
- 6) Hisao Banno : Ferroelectrics., 50, 3, 1983.
- 7) D. P. Skinner : Mat. Res. Bull., 13, 525, 1978.
- 8) IRE Standards on piezoelectric Crystals. proc. IRE 46, 764, 1958.
- 9) Goll. J. H : IEEE Transaction on sonic and Ultrasonics SU-26, 385, 1979.
- 10) K. A. Klicker : Ph. D. Thesis, The Pennsylvania state University, 1973.