

Pb(Zr_{0.53}, Ti_{0.47})O₃ 壓電세라믹素子の 高周波필터에 關한 研究

論 文

27~3~3

A Study on HF Filter of Pb (Zr_{0.53}, Ti_{0.47})O₃ Piezoelectric Ceramics"

朴 昌 燁* 송 준 태**
(Chang Yob Park, Joon Tae Song)

Abstract

The piezoelectric ceramic specimen composed of PbO, ZrO₂, TiO₂ were prepared in this Lab, and showed properties of dielectric constant ϵ^{33}/ϵ_0 487 at 1kHz, electromechanical coefficient Kr 0.524.

As the characteristics of piezoelectric HF filter used these piezoelectric specimen were the resonant point 6.7 MHz, effective bandwidth 690KHz, it was excellent.

Since a LC resonant filter can be replaced by this piezoelectric HF filter, it will greatly contribute to compose a compact circuit.

If the resonant point can be controlled, this piezoelectric HF filter practically.

1. 緒 論

先進國에서는 壓電세라믹 素子を 高電壓發生裝置, 音響機器, 超音波機器, 通信機器, 計測機器, 光學機器 등에 應用하여 그 製品을 生産하고 있으며, 더욱 그 應用범위를 넓히기 위한 研究가 활발히 進行되고 있다.

이러한 壓電세라믹에 關한 研究는 1947年 S. Roberts 가 BaTi O₃ 세라믹素子에 높은 直流電界를 加하면 현저한 壓電性을 나타내며, 또한 電界를 제거한 後에도 壓電性은 存續된다는 것을 發見한 後부터 활발해졌다. 그 結果 B. Jaffe等에 의하여 소위 PZT(Pb(Zr, Ti)O₃)가 發見되었는데, 이 세라믹은 溫度安定性은 물론 誘電率, 電氣機械結合係數, 機械的品質係數等이 向上된 것으로서 壓電세라믹系에 획기적인 것이었다. 그 後 Smolensky等의 Perovskite型 強誘電體에 關한 많은 研究에 힘입어 PZT기본구조에 第三成分을 加한 보다 特性이 우수한 壓電세라믹材料가 계속 開發되어 왔다. 이러한 壓電세라믹素子는 電氣-機械 및 機械-電氣에 너지 變換過程에서 特定 周波數帶域만을 잘 通過시키는 現象을 보이고 있는데, 이러한 現象은 W Shockley

等에 의한 "Energy Trapping 現象에 關한 理論"이 發表된 後부터 그 研究가 急速히 進行되어 通信分野의 應用에 크게 이바지하게 되었다.

本論文에서는 壓電세라믹素子の 이러한 現象에 착안하여, PZT壓電세라믹素子を 製造하여 共振・反共振周波數를 測定한 後, 高周波필터回路에 素子を 연결하여 그 共振點과 比帶域幅을 測定하여 그 素子の 特性을 研究하고자 한다.

2. 實 驗

PbO, ZrO₂, TiO₂의 高級試料를 Mole 比에 따라 秤量한 다음, 48時間동안 蒸溜水를 添加하여 Ballmill에서 混合・粉碎한 후, 840°C에서 2時間동안 一次熱處理를 하였다. 그리고 이를 다시 24時間동안 混合分碎한 다음 蒸溜水를 7% 정도 加하여 700kg/cm²의 壓力으로 壓着시켜 20φmm×2mm 圓盤形 試片을 製造한 것을 백금도가니에 넣어 1290°C로 45分동안 二次熱處理를 하였다. 이 試片의 兩面을 고르게 Lapping한 後에 必要한 面積에 銀接着劑를 칠하여 電極을 부착시킨다. 그리고 自發分極의 方向을 一致시키기 위해 試片의 上下를 테프론으로 감싼후, 室溫에서 8時間 30kV/cm의 直流高電界를 加하였다.

그리고 壓電세라믹素子を 필터回路에 應用하기 위해

* 正 會 員 : 延世大工大教授・工博(當學會編修理事)

** 正 會 員 : 延世大大學院

接受日字 : 1978年 4月 20日

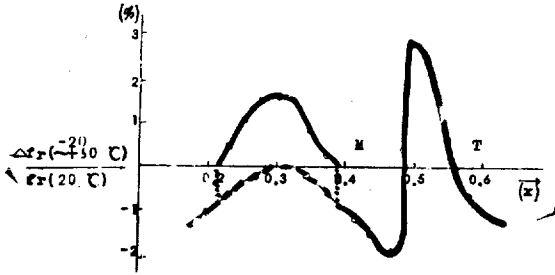
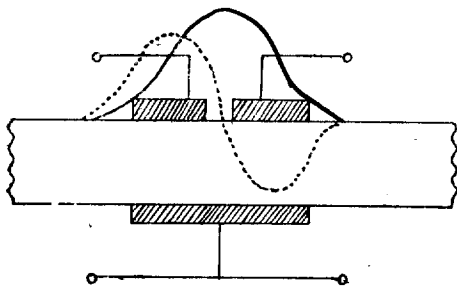


그림 1. Pb(Zr_{1-x}, Ti_x)O₃의 공진周波數의 溫度變化(-20~+60°C)와 成分比(x)와의 關係
 Fig. 1. Temperature dependance of Resonant frequency.

서는 共振・反共振周波數의 溫度變化 및 經時變化 등이 작아야 하는데, 위의 過程을 거쳐 製造된 PZT 素子는 그림 1과 같이 溫度特性이 比較的 安定되어 있고, 經時變化 및 壓電定數들의 變化가 작기 때문에 필터材料로써 開發의 價値가 있음을 알 수 있다.

數 [MHz] 以上の 高周波用 필터는 두께方向의 縱振動과 두께方向에 平行한 振動을 利用하며 電極의 中央을 두 部分으로 나누면 2개의 다른 周波數에서 共振이 일어나는데 이와같은 세라믹素子 두개를 直列로 連結하면 特性이 좋은 高周波필터를 構成할 수 있다. (그림 2)

이 필터에서 比帶域幅은 다음과 같이 求할 수 있다.



— 偶數波周波數特性 ... 奇數波周波數特性

그림 2. 電極을 分離했을 때의 共振周波數의 形態
 Fig. 2. Resonant frequency form in dividing electrode

等價回路(그림 3)에서,

$$C_{01} = C_{02} = C$$

C_{012} 를 무시하면,

$$\cosh \theta = 1 - \omega^2 CL_0 + \frac{C}{C_0} + j\omega CR_0$$

$$\cosh \theta = \cosh(d + j\beta) = \cosh \alpha \cos \beta + j \sinh \alpha \sin \beta$$

$$\alpha : \text{減衰定數}, \quad \beta : \text{位相定數} \quad \omega : \text{角速度}$$

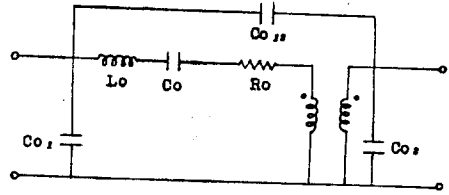


그림 3. 高周波필터의 等價回路
 Fig. 3. Equivalent circuit of HF filter

R_0 를 무시하면,

$$\sinh \alpha = 0, \quad \cosh \alpha = 1$$

$$\text{즉, } 1 - \omega^2 CL_0 + \frac{C}{C_0} = \cos \beta$$

여기서, $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}}$ ($\cos \beta = 1$ 일 때)

$$\omega_2 = \omega_1 \sqrt{\frac{C_0 + 2C}{C_0}} = \omega_1 \left(1 + \frac{C}{C_0}\right) \quad (\cos \beta = -1 \text{ 일 때})$$

比帶域幅은

$$B = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} = \frac{C_0}{C} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_0} = \frac{C_0}{C} = k^2$$

k : 電氣機械結合係數

이 값은 電極附着面積과 電極 사이의 거리에 의해서 어느정도 차이가 있음을 實驗을 통해서 알 수 있었다.

위와 같은 特性을 보이는 PZT 2개 위와 같은 特性을 보이는 PZT 2개를 使用하여 그림 4와 같은 回路를 構成하였다. R_i 는 500Ω, R_0 는 47kΩ을 使用하였다. 入力側에 Generator (TRAD ELECTRONICS CORP., SG-85 IURM-25D)를 連結하여 電壓을 一定히 하고, 周波數를 變化시키면서 出力에 나타나는 變化를 Oscilloscope (TEKTRONIX 545A)로 測定하였다.

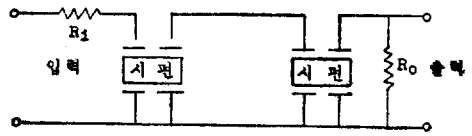


그림 4. 高周波필터回路
 Fig. 4. Circuit of HF filter

3. 結果 및 考察

Pb(Zr_{0.53}, Ti_{0.47})O₃ 壓電세라믹素子를 利用한 高周波필터의 偶數波 特性 중에서 代表的인 두 가지의 特性은 그림 5에서 보이는 바와 같다. 特性(A)의 共振點은 6.7MHz, 有效帶域幅은 0.69MHz이며, 特性(B)의 共振點은 6.8MHz, 有效帶域幅은 0.67MHz로써 各

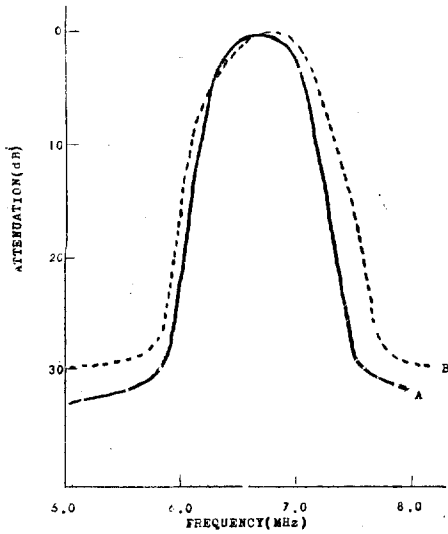


그림 5. 高周波필터의 偶數波周波數 特性
 Fig. 5. The even frequency characteristics of HF filter

각의 比帶幅은 0.1임을 알 수 있다.

이로써 比較的 優秀한 濾波效果를 보여 주므로, 既存의 LC共振回路에 代置할 수 있을 뿐만 아니라 空間을 적게 차지하므로 밀집축소(Compact)된 回路를 構成하는데 크게 기여할 수 있으리라 본다.

奇數波의 共振은 偶數波 共振周波數의 約 2배에서 나타나지만, 雙峰을 이루고 있으며 減衰量이 적어서

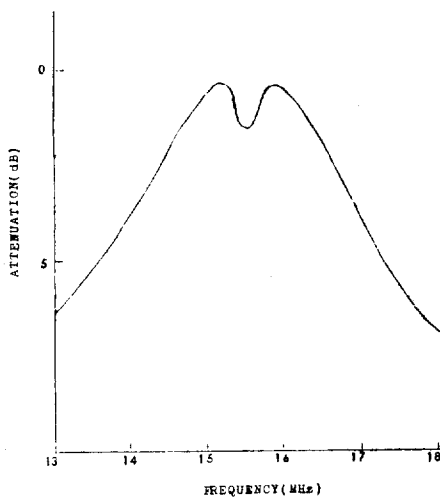


그림 6. 高周波필터의 奇數波周波數 特性
 Fig. 6. The odd frequency characteristics of HF filter

實際 回路에 應用하기는 어렵다고 思料된다.

그 代表的인 特性은 그림 6에서 보이는 바와 같다.

共振點이 두개로 나타나는 것은 電極의 面積과 電極間의 거리가 共振周波數에 正確히 調和되지 못했기 때문이라고 思料된다.

本 研究過程에서 製造한 試片의 代表的인 特性은 表 1에서 보이는 바와 같다.

표 1. 製作한 試片의 特性

Table 1. Properties of Specimen

시편의 특성

유전율	ϵ_{33}/ϵ_0	487
공진주파수	f_r	140KHz
반공진주파수	f_a	158KHz
결합계수	K_r	0.524

고주파 필터의 특성

공진 점	f_0	6.7MHz
유효대역폭	Δf	690KHz
비대역폭	$\Delta f/f_0$	0.10

4. 結 論

本 研究過程에서 製造한 試片(A)의 特性은, 共振點 6.7MHz, 有効帶幅 0.69MHz이고. 試片(B)는 共振點 6.8MHz, 有効帶幅 0.67MHz로 各各의 比帶幅은 0.1인 比較的 優秀한 濾波效果를 보여 주므로, 既存의 LC共振回路에 代置할 수 있어, 密집축소(Compact)된 回路를 構成하는데 크게 기여할 수 있으리라 본다. 그리고, 本 研究過程을 通하여 考察하여 보면 試片製造過程上的 難점에 의한 再現性 문제는 A.J. Mountvala가 提示한 Hot-Pressing을 하면 보다 우수한 시편 제조가 가능하리라 보여지며, 진극부착 과정에서 오염성 접촉(Ohmic Contact)의 문제가 研究課題로 남는다.

參 考 文 獻

- 1) B. Jaffe, R.S. Roth, and Marzullo; J. Res. NBS, 55(5) pp.239~54(1955)
- 2) Frank Kulcsar; J. Am. Cer. Soc., 42(1) pp.49~51(1959)
- 3) Frank Kulcsar; J. Am. Cer. Soc., 42(7) pp.343~349(1959)
- 4) A.J. Mountvala; Cer. Bulletin, 42(3) pp.120~121(1963)
- 5) H. Tomann; Z. angew. Phys., 20(6) pp.554~559(1966)
- 6) Shockley, W., Curran, D.R., and Koneval, D.J., Proc. 17th Ann. Symp. Freq. Control pp.88~126(1963)

- 7) D.A. Northrop; J. Am. Cer. Soc., 50(9) pp.441~445(1967)
- 8) Y. Matsuo, H. Sasaki; 48(6) pp.280~291.
- 9) Y. Yokomizo, T. Takahashi and S. Nomura; 28(5) pp.1278~1284.
- 10) A. Taroni, M. Prudenziati, and G. Zanarini; IEE Trans. IECI 17(6) pp.415~421(1970)
- 11) A.H. Webster; 50(9) pp.490~491(1967)
- 12) 田中哲郎外, 壓電セラミツワ材料, 東京, 學獻社. (1973)
- 13) 電子材料工業會編, 壓電セラミツスその應用, 東京電波新聞社. (1974)
- 14) 朴昌燁著, 電氣物性の基礎, 서울, 學獻社. (1975)
- 15) "IRE Standards on Piezoelectric Crystals," Proc. IRE, 46, 764, (1958)