

MnO₂ 가 첨가된 (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ 세라믹스의 마이크로파 유전특성

이상민^o, 이두희, 윤현상, 박창엽
연세대학교 전기공학과

Microwave Dielectric Properties of MnO₂ Added (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ Ceramics

Sang-Min Lee, Doo-Hee Lee, Hyen-Sang Yoon, and Chang-Yub Park
Yonsei University Dept. of Electrical Engineering

Abstract

MnO₂ added (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ was calcined at 850°C for two hours and sintered at 1100°C for two hours. The microstructure was examined using XRD and SEM. The dielectric constant, the quality factor, and the temperature stability was measured using Hakki and Coleman method. Dielectric constant was improved to 94 from 0.5wt% MnO₂ added sample with $Q \cdot f = 4260\text{GHz}$ and acceptable τ_f ($< 20\text{ppm}/^\circ\text{C}$).

1. 서론

이동통신, CATV, 위성방송용 마이크로파 통신기기의 이용이 일반화 되어감에 따라, 부품의 소형화가 추진되고 있으며 특히 유전체 공진기는 부피가 큰 기존의 공동공진기 대체품으로 널리 연구되고 있다. 특히, 공진기의 지름은 $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$ 에 비례하므로 기기의 소형화를 위해선 유전율을 높이는 것이 중요하다.

유전체공진기는 크게 자동차 전화, 휴대용 전화등 저주파(약 1-4GHz)에 사용되는 $\epsilon_r = 90$ 정도의 것과, 위성방송 TV수신기 등 고주파(10-12GHz)대에 사용되는 $\epsilon_r = 30$ 정도의 것으로 구분된다.

(PbCa)(FeNb)O₃는 저주파(1-4GHz)에서 쓰이는 유전체 재료 중 하나인데, Pb : Ca = 45:55 일 때 $Q \cdot f = 4950$, $\epsilon_r = 91$, $\tau_f = +2.2\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 를 가진다[1].

본 연구에서는 (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃의 밀도와 유전율을

증가시키기 위하여 MnO₂를 각각 0부터 1wt%까지 첨가시켜가면서 유전체공진기를 제작하였고, 4.8GHz대의 발진기를 제작하여 실제 응용가능성을 살펴보았다.

2. 실험

(Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ + x wt% MnO₂ (x = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0)의 조성으로 산화물 혼합법에 의하여 준비한 시료 분말을 850°C에서 2시간 하소한 후 XRD분석을 통해 하소 조건을 잡았다. 하소된 분말에 5% PVA를 5wt% 첨가하여 1.2ton/cm²으로 가압성형 하였다. PbO의 증발을 막기 위해 동일 조성 분말과 MgO를 1:5로 섞은 분말에 파묻어[1] 400°C/h의 승·하강속도로 1050°C, 1100°C, 1150°C에서 소성하였다. 시편의 미세구조관찰을 위해 SEM분석을 하였고 마이크로파 유전특성은 Hakki Coleman 방법[2]을 이용하여 측정하였다. 이때 시편의 지름과 높이의 비는 2.6으로 맞추어 측정시 TM모드로 인한 Q값의 저하를 막았다.[3] FET에 공진기를 직렬궤환 소자로 사용하여 4.8GHz 발진기를 제작하였다.[4]

3. 결과 및 고찰

(Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃의 하소온도를 잡기위해 850°C, 1000°C 에서 2시간씩 하소한 분말을 1050°C, 1100°C, 1150°C에서 소결하여 밀도와 유전율을 측정한 결과 850°C에서 하소하고 1100°C에서 소결한 공진기가 가장 우수한 특성을 보였다.

표1. 하소·소결온도에 따른 밀도와 유전율 (MnO₂ = 0)

소결온도		1050℃	1100℃	1150℃
850℃하소	밀도	6.18	6.23	6.09
	유전율	88.6	91.9	88.2
1000℃하소	밀도	6.22	6.15	6.10
	유전율	88.7	85.6	83.5

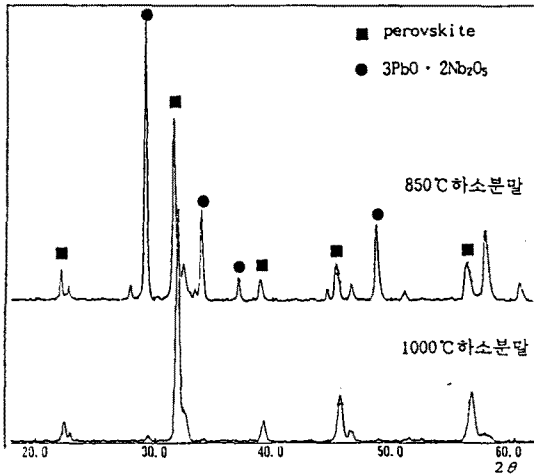


그림1. 850℃, 1000℃에서 하소한 분말의 XRD (MnO₂ = 0)

그림1에서 보듯이 1000℃쪽이 perovskite 단상에 가깝기 때문에 소결성도 우수할 것 같지만 850℃쪽에 나타나는 3PbO · 2Nb₂O₅가 오히려 소결을 도와주어서[5] 850℃쪽이 소결성이 더 우수하였다. 따라서, 본 실험에서는 모든 조성의 하소조건을 850℃ 2시간으로 하였다. 또, 모든 조성이 소결온도가 증가함에 따라 1100℃ 일 때 최대의 밀도, 유전율, Q · f값을 보였고 그 이상의 온도에서는 다시 특성값들이 감소하였다.

그림2와 그림3에는 각각 소결온도를 1100℃로 고정시켰을 때 MnO₂의 양에 따른 비유전율과 Q · f값을 밀도의 변화와 비교하여 나타내었다. MnO₂를 0.1wt%첨가한 조성은 밀도와 유전율 Q · f값이 모두 나빴고 그래인이 크게 성장했다. 그러나, MnO₂를 0.3wt%, 0.5wt%로 증가시켜감에 따라 밀도와 유전율이 증가하고 그래인 크기는 감소하기 시작하였다. 여기에 더 이상의 MnO₂를 첨가하면 밀도와 유전율이 떨어지고 그래인크

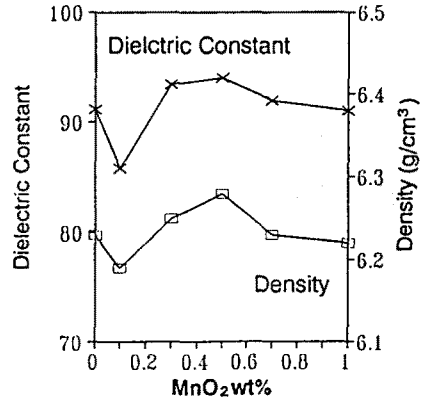


그림2. MnO₂의 양에 따른 밀도, 유전율의 변화(1100℃소결)

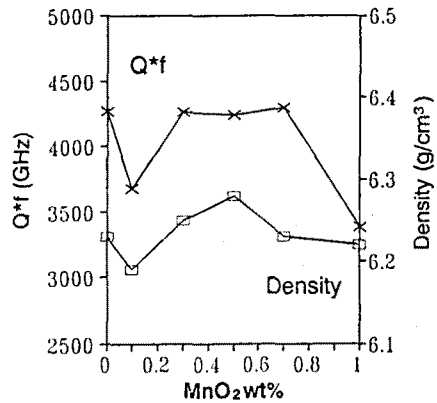


그림3. MnO₂의 양에 따른 밀도, Q · f값의 변화(1100℃소결)

기는 더욱 작아진다. 이는 고용한계를 지난 MnO₂가 입계에 편석되어 그래인 성장을 억제하고[6] 밀도를 떨어뜨리는 것으로 생각된다. 또, 유전율과 밀도는 다음의 관계로 나타나는데 [7], 여기서 V_p는 기공율 ε_a는 겉보기 유전율을 ε_c는 결정의 유전율이다.

$$\epsilon_a = \frac{(1 - V_p)\epsilon_c \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3}\epsilon_c\right) + V_p}{(1 - V_p)\left(\frac{2}{3} + \frac{1}{3}\epsilon_c\right) + V_p}$$

공기의 유전율은 1이기 때문에 기공율은 세라믹의 유전율에 큰 영향을 주게된다. 본 실험에서도 유전율은 시편의 밀도가 높을수록 높았다.

제작된 유전체공진기와 MGF1302 FET와 마이크로스트립기판을 이용하여 중심주파수 4.8GHz 발진기를 제작하였다. 설계는 HP의 MDS(Microwave Design Simulation)을 이용하였고 발진 주파수는 HP spectrum analyser를 이용하여 측정하였다.

4. 결 론

1. perovskite 단일상인 1000℃하소분말보다 850℃하소분말이 소결성이 좋았다.
2. MnO₂ 첨가에 따라 밀도와 유전율이 감소하였다가 증가하여 0.5wt%에서 최대값을 가진 후 다시 감소하였다.
3. (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃ + 0.5wt% MnO₂를 1100℃에서 소결했을 때, (Pb_{0.45}Ca_{0.55})(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O₃에 비해 유전율은 94로 증가했다. 이 때, Q·f값은 4260GHz였고, τ_f는 양의값으로 약간 증가하였다.
4. 제작된 공진기와 FET를 이용하여 발진주파수 4.8GHz의 유전체공진발진기를 제작하였다.

참 고 문 헌

- [1] Junichi Kato, Hiroshi Kagaya and Kenji Nishimoto, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 31, pp. 3144-3147 (1992)
- [2] B. W. Hakki and P. D. Coleman, *IRE Trans. Microwave Theory Tech.*, MTT-8, pp. 402-410, (1960)
- [3] Yoshio Kobayashi et al., *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, MTT-28, pp. 1077-1084, (1980)
- [4] A. Podcameni and L. A. Bermudez, *Electron. Lett.*, 17, pp. 44-45, (1981)
- [5] M. P. Kassarjian et al., *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 64-8, pp.1108-1111, (1985)
- [6] R. B. Atkin et al., *J. Am. Ceram. Soc.*, 54-5, pp. 265-270, (1971)
- [7] H. Barro et al., *Jpn. J. Appl. Phys. Suppl.*, 24-3, pp. 87-89, (1992)