

## 적층형 2-Pole 대역통과 필터 제작을 통한 개발된 LTCC 조성의 특성 평가

이경호, 최병훈\*, 방재철  
(순천향대학교 신소재화학공학부, \*자화전자)

### Characterization of As-Developed LTCC Material Through The Fabrication of 2-Pole Band Pass Filter

Lee, Kyoung-Ho, Choi, Byung-Hoon\*, Bang Jae-Chul  
(Division of Materials and Chemical Engineering, \*JA HWA Electronics Co.)

#### Abstract

A new LTCC material in the  $\text{PbWO}_4\text{-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-CuO}$  system was developed. The developed material can be sintered at  $850^\circ\text{C}$  and its dielectric properties are  $\epsilon_r=20\text{-}25$ ,  $Q \times f_0=30000\text{-}50000\text{GHz}$ , and  $\tau_f=0.2\text{-}30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ , depending on the components mol ratio. Due to its low sintering temperature and microwave dielectric properties, the developed material can be used as a LTCC substrate for fabrication of multilayered microwave communication module set. In present study, using this material, tape casting condition was established. With this processing condition, a T-resonator was fabricated and its electrical properties were examined. Also, a 2-Pole band pass filter was fabricated and its frequency characteristics were compared with simulation results.

#### 1. Introduction

최근 이동 통신 기기 시장의 급성장과 함께 통신기기의 소형화, 집적화, 고 신뢰성화, 고기능화의 필요성이 대두되고 이에 따라 RF-IC, MMIC 등의 IC 및 개별 수동부품의 고 밀도 실장 분야가 크게 주목받고 있다. 따라서 RF 모듈화의 추세에 대응한 MCM(Multi-chip Module)의 기술개발이 필요하게 되었다.[1-4] MCM 기술 중 MCM-C (Multi-chip Module on Ceramic)는 세라믹 기판의 적층 공정 기술과 미세 패턴 기술을 이용하여 다층세라믹 기판 내부 및 상부에 수동소자 및 능동소자를 3차원적으로 배열하는 기술로 제품의 소형화 및 대량생산이 가능한 기술이다.

따라서 RF 부품의 집적 및 모듈화를 위해서는 첫째, RF 부품으로 이용될 세라믹 조성의 우수한 유전특성이 요구되지만 이러한 조건 이외에도 마이크로파 대역에서 전기전도성이 우수한 Ag와 동시소결을 위한 낮은 소결온도( $900^\circ\text{C}$  이하) 및 전극과의 낮은 반응성이 요구된다. 또한 RF 부품의 집적 및 모듈화는 세라믹 tape을 이용한 적층 공정으로 이루어지기 때문에 흠이 없고 균일한 두께, 후 공정에 필요한 가공성을 가지도록 tape 제조공정의 최적화가 이루어져야 한다.

본 연구자는 유전율 21~26, 품질계수 30000~50000GHz, 공진주파수 온도계수 0.2~30 ppm/ $^\circ\text{C}$ 의 우수한 유전특성을 가지며 소결온도가  $850^\circ\text{C}$ 로 낮아 Ag와 동시소결이 가능한  $\text{PbWO}_4\text{-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-CuO}$ 계 유전체 조성을 개발하였는데[5-6] 이 조성을 이용하여 LTCC 공정을 확립하고 확립된 공정을 통한 2-Pole 대역통과 여파기를 제작하여 그 주파수특성을 측정, 평가하여 개발한 조성이 LTCC 기판재료로 활용 가능성을 알아보았다.

## 2. Experimental Procedure

Tape casting을 통해 우수한 tape을 제조하기 위해서는 slurry의 조절이 가장 중요하다. Tape casting용 slurry의 제조를 위해  $PbWO_4-TiO_2-B_2O_3-CuO$ 계 유전체 조성에 결합제로 Poly Vinyl Butyral(PVB), 가소제로 Dibutyl Phthalate(DBP), 분산제로 fish oil을 사용하였으며, 용매로는 바인더의 용해가 우수하고 tape 건조시 조성의 변화가 없는 toluene 32 ethanol 68의 공비조성을 선택하였다. 최적의 slurry 조건을 얻기 위하여 바인더와 가소제의 분말에 대한 상대적인 비율과 양을 조절하여 tape을 제작하고 tape의 상태(Casting 후의 표면상태, 밀도 등)를 평가하였으며, lamination 공정을 거쳐 소결 후 그 특성을 평가하여 최적의 tape-casting 공정을 확립하였다.

기판의 전기적 특성을 알아보기 위해 T-resonator를 제작하여 선로 폭(w)과 길이(l)를 각각 0.947~1.99 및 8.79~11.28mm 로 변화시키면서 기판의 유전율 및 무부하 Q값을 측정하였다. 제작된 2-pole  $R_x$ ,  $T_x$  여파기는 종단이 단락된  $\lambda/4$  전송선로와 Comb-Line filter 구조를 이용하여 디자인하였으며, Fig. 1 에 제작된 2-pole  $R_x$ ,  $T_x$  여파기의 구조를 나타내었다.

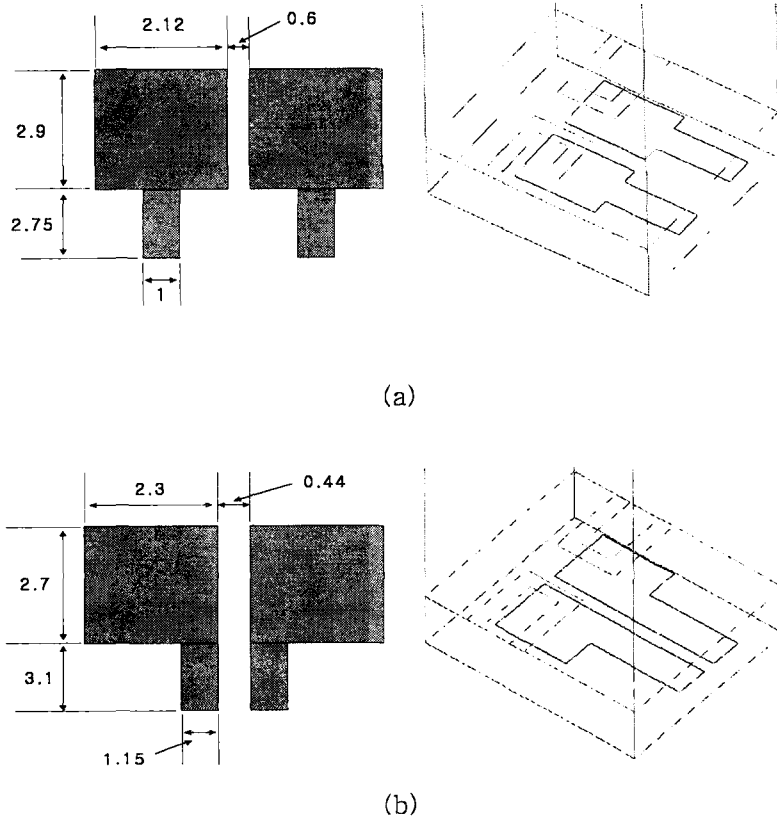


Fig. 1. 2-pole band pass filter dimensions (a)  $R_x$  and (b)  $T_x$ .

## 3. Results and Discussion

실험결과 분산제의 양이 0.9 wt%일 때 원활한 분산이 일어났으며 그 이상의 분산제의 첨가는 오히려 분말의 응집을 가져왔다. 최종 tape의 수축률을 고려한 최적의 바인더와 가소제 함량은 12 wt% 이었고 각 각의 비는 0.8:0.2이었다. 고체함량을 50%로 한 slurry를 탈포과정을 거쳐 기

공제어 및 shear rate 1~10(1/s)에서 1800~2000cPs의 점도를 유지할 수 있도록 조절하였다. 원하는 균일한 두께의 tape을 얻기 위해 slurry의 점도를 고정하고 film의 moving speed를 달리하여 casting 후 두께 측정 결과 carrier film의 이동속도가 10cm/min 이상일 때 70 $\mu$ m 두께의 균일한 tape을 얻을 수 있었다. T-resonator 및 2-pole 대역통과 여파기는 Ag전극을 이용 회로를 인쇄하고 30 MPa 압력으로 lamination시킨 후 tape을 20 $^{\circ}$ C/h의 승온속도로 400 $^{\circ}$ C에서 10시간 및 550 $^{\circ}$ C에서 6시간 유지하여 유기물을 제거하였다. 소결은 5 $^{\circ}$ C/min의 승온속도로 850 $^{\circ}$ C에서 1.5시간 행하였다.

T-resonator의 전기적 특성 측정결과 선로의 길이 및 선폭이 각각 8.26mm 및 1.76mm 일 때 1.7GHz에서 유전을 27.98 그리고 200.20의 무부하 Q값을 보였다. Fig. 2에 제작된 대역통과 여파기 및 유전층의 소결 후 미세조직을 나타내었고 Fig. 3에 유전층과 전극층 계면에서의 Ag 분포 결과를 보였다. 전극과 유전체간의 반응은 크지 않은 것으로 판단되었다.

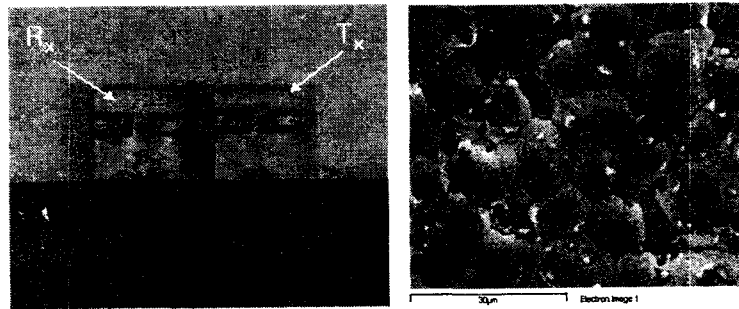


Fig. 2. (a) Fabricated 2-pole Rx, Tx Band pass filter and (b) its microstructure.

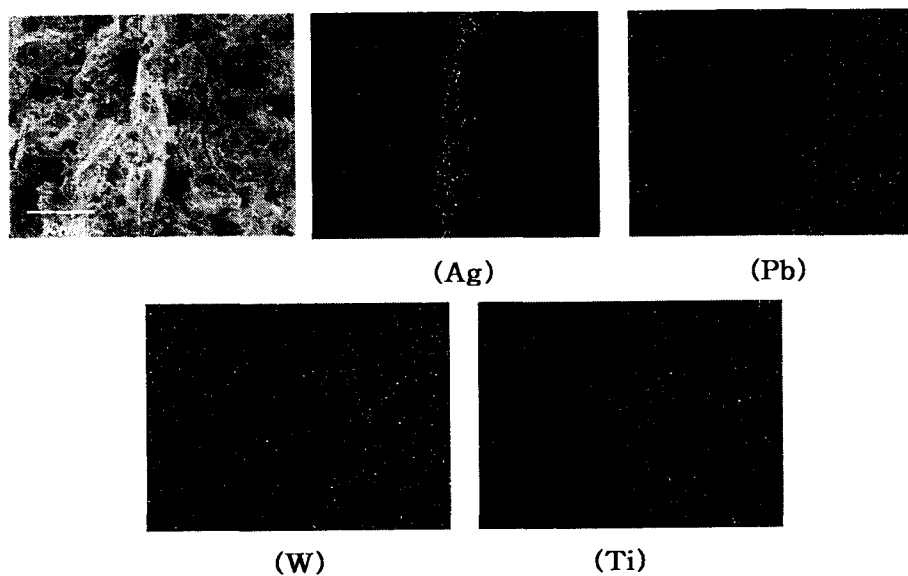
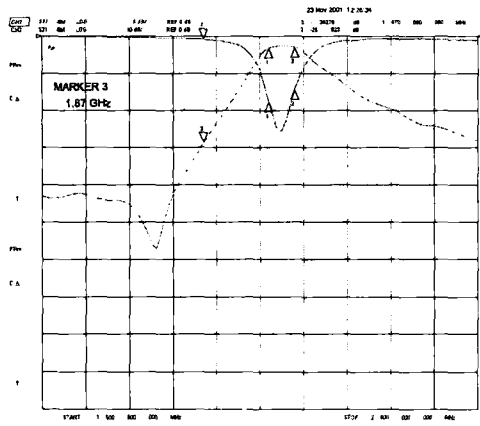
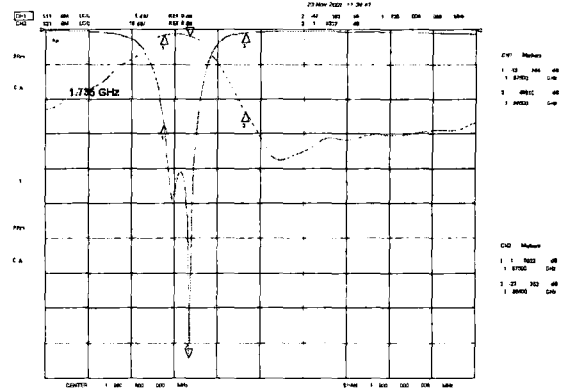


Fig. 3. EDX Analysis on Ag Electrode Region.

Fig. 4에 제작된 2-pole Rx, Tx 여파기의 특성측정 결과를 보였다.



(Rx)



(Tx)

Fig. 4. Frequency characteristics of as-fabricated band pass filter.

LTCC 공정으로 실제 제작된 대역통과 여파기는 Rx 단은 반가폭 60MHz (2.02~2.08GHz)에서 -10dB의 반사특성과 3.1dB의 삽입손실을 가지며, Tx단은 반가폭 60MHz (1.675~1.735GHz)에서 -15dB의 반사특성과 1.9dB의 삽입손실 특성을 보였는데 이는 시뮬레이션 결과와 비교시 낮은 반사 특성과 높은 삽입손실을 보이는 결과였다. 이러한 차이는 SEM관찰 결과 사용된 Ag paste와 Tape간의 소결 수축 불일치에 따른 여파기 내부의 결함 발생에 인한 결과로 보여져 이에 대한 보정이 필요하였다.

## References

- [1] R.C. Frye, "The Impact of Passive Component Integration in Mixed-Signal Application," 1996 IEEE EPEP Digest, pp.181-183, 1996.
- [2] J. Rector, "Economic and technical Variability of Integral Passive," 1998 IEEE ECT Digest, pp.218-224, 1998.
- [3] R.L. Brown, P.W. Polinski, "The Integration of Passive Componets Into MCMs Using Advanced Low-Temperature Cofired Ceramics," *International journal of Microcircuit and Electronic Packaging*, 16[4] pp.328-338, 1993.
- [4] W. Eurskens, "Design and Performance of UHF band Inductors, Capacitors and Resonators Using LTCC Technology for Mobile Communication Systems," *IEEE MTT-S Digest* 3, 1285-1288, 1998.
- [5] 이경호, 안달, 박찬식, "마이크로파 유전체 세라믹 조성물" 특허출원번호 00-79896, 2000.
- [6] 최병훈, 이경호, "CuO 및 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 첨가에 따른 PbWO<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub> 세라믹스의 마이크로파 유전특성," *한국세라믹학회지*, 38[11], pp.1046-1054, 2001.