

$10^{-8} \sim 10^{-4} \text{A/cm}^2$ 정도였다. 분극특성으로는 잔류분극 (2Pr)은 $3.5 \mu\text{C/cm}^2$ 로, 항전계 (E_c)는 200kV/cm 으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 교육부 신소재 학술조성 연구비에 의해 수행된 것으로 당국에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. W. R. Cook Jr. and H. Jaffe, Phys. Rev., Vol. 88, pp. 1426, 1952.
2. N. Ishizawa, F. Marumo and S. Iwai, "Compounds with Perovskite-Type Slabs. IV. Ferroelectric Phase", Acta Cryst., Vol. B37, pp. 26~31, 1981.
3. S. Nanamatsu, M. Kimura, K. Doi and M. Takahashi, "Ferroelectric properties of $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ Single Crystal," J. Phys. Soc. Japan, Vol. 30, pp. 300~301, 1971.
4. S. Nanamatsu, M. Kimura, K. Doi, S. Matsushita and Yamada, "A New Ferroelectric; $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ ", Ferroelectrics, Vol. 8, pp. 511~513, 1974.
5. A. V. Prasadarao, U. Selvaraj, S. Komarneni and A. S. Bhalla, "Sol-Gel Synthesis of Strontium Pyroniobate", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 75, pp. 2697~2701, 1992.
6. A. V. Prasadarao, U. Selvaraj, S. Komarneni and S. Comarneni, "Fabrication of Thin Films by Sol-Gel Processing", J. Mater. Res., Vol. 10, No.3, pp. 704~707, 1995.
7. K. S. Madiyashi, R. T. Dolloff, and J. S. Smith II, "Preparation of High-Purity Submicron Barium Titanate Powders", J. Am. Ceram. Soc., Vol. 52, pp. 523~526, 1969.
8. H. S. Potdar, P. Singh, S. B. Deshpande, P. D. Godbole and S. K. Data, "Low-temperature Synthesis of Ultrafine Barium Titanate (BaTiO_3) using Organometallic Barium and Titanate Precursors", Mat. Let., Vol.10, No.3, pp. 112~117, 1990.
9. I. H. Park, T. G. Kim and H. D. Nam, "Fabrication and Electrical Properties of High Tc $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$ Piezoelectric Ceramics Using the Powders Prepared by the Molten Salt Synthesis Method", J. of Korea Sensor Society, Vol.5, No.3, pp. 93, 1996.
10. E. F. Lotgering, "Topotactical Reaction with Ferrimagnetic Oxides Having Hexagonal Crystal Structures-1", Inorg. Nual. Chem., Vol. 9, pp. 113~123, 1959.
11. S.B. Desu et al., unpublished results.
12. M. Fukuhara, C. Y. Huang, A. S. Bhalla, R. E. Newnham, "Grain Orientation and Electrical Properties of $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ Ceramics", J. Mat. Soc., vol. 26, pp. 61~66, 1991.

BiNbO₄ 세라믹스를 이용한 저역통과 필터에 관한 연구

11-4-5

Experimental Fabrication of Low Pass Filter of BiNbO₄ Ceramics

고상기*, 김경용*, 김병호**, 최 환*

(Sang-Ki Ko, Kyung-Yong Kim, Byong-Ho Kim, Whan Choi)

Abstract

BiNbO₄ ceramics doped with 0.07wt% V₂O₅ and 0.03wt% CuO (BNC3V7) were successfully sintered at 900 °C through the firing process with Ag electrode. The BNC3V7 shows typically Dielectric constant of 44.3, Thermal Coefficient of resonance Frequency(TCF) of 2 ppm/°C and Qx_{f₀} value of 22,000 GHz. The laminated chip Low Pass Filter (LPF) is very sensitive to chip processing parameters, was confirmed by the computer simulation as a function of Q(Quality factors), filter size, capacitor layer thickness, inductor pattern widths. The multilayer type LPF was fabricated by screen-printing with Ag electrode after tape casting and then compared with the simulated characteristics. The results show that insertion loss value of band pass widths(2.4dB) is a few higher than that of designed(1dB), characterization of band pass widths was similar to that of designed ones.

Key Words(중요용어) : BiNbO₄ ceramics (BiNbO₄ 세라믹스), 저역통과필터(Low Pass Filter, LPF), Co-firing(동시소성)

1. 서 론

전자산업의 발전과 정보화 시대의 고속화로 이동통신기의 사용이 급증하고 있으며 이러한 이동통신 수요의 주종은 휴대용 전화기로서 주로 UHF대역의 이동통신 단말기이다. 현재 통화 수요 급증으로 인하여 800MHz 대역의 단말기뿐만 아니라 사용 주파수 대역이 1.8GHz인 개인용 휴대통신(Personal Communication System, PCS) 단말기의 시장이 점점 더 각광을 받고 있다. 이런 단말기의 소형, 경량화를 위해 전자부품, 특히 부피가 크고 무게가 많이 나가는 RF필터와 같은 전자부품은 소형화와 SMD(Surface Mounted Devices)화가 필수적이다. 이에 따라 적층형 capacitor나 다층회로기판의 제작분야에서 보편화 되어있는 Tape casting 에

의한 소자의 다층화 기술 주목을 받고있다. 이러한 적층칩 필터의 동작 원리나 설계방법은 잘 알려져 있다.^{1,2,3)} 그러나 이 기술을 이용하는 경우 소자를 구성하는 유전체 물질이 내부회로를 구성하는 금속의 용융점보다 낮은 온도에서 소결이 가능해야 한다. 특히 수 백 MHz 이상의 마이크로파 대역에서는 다층소자의 내부도체금속의 저항에 의한 손실이 소자의 성능에 큰 영향을 끼치므로⁴⁾ 내부도체금속은 Ag 나 Cu 와 같은 높은 전기전도도를 가지는 금속을 사용하는 것이 유리하다. 따라서 본 연구에서는 Bi₂O₃ 와 Nb₂O₅ 가 1 : 1 mol 비 조성인 BiNbO₄ 유전체⁵⁾에 액상 소결조제인 CuO와 V₂O₅를 첨가하여 용융점이 961°C인 Ag 와 동시소결이 가능한 875~950°C 의 온도범위에서 소결할 수 있는 유전체 세라믹을 제조하였다. 저온소결이 가능한 BiNbO₄ 유전체의 유전율을 이용하여 송신대역이 1750 ~1780 MHz인 하모닉 제거용 저역통과 필터를 설계하고, 설계된 필터의 특성을 시뮬레이션 하였다. 또한 유전체 세라믹의 제조과정에서 발생하는 물질 특성의 변화와 적층칩 필터의 제조과정에서 발생하는 필터구조의 변화 등을 고려하여 시뮬레이

* : KIST, 세라믹 공정센터
(서울시 성북구 하월곡동 39-1, Tel: 02-958-5535
E-mail : ksk@kistmail.list.re.kr)
** : 고려대학교 공대 재료공학과
1998년 2월 21일 접수, 1998년 3월 27일 심사완료

선 하여 각 변수에 따른 특성변화를 연구하였고 BiNbO₄ 유전체를 이용하여 적층칩 제조공정에 따라 저역통과 필터를 제조하여 시뮬레이션된 필터의 특성과 비교검토 하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용한 원료물질은 Bi₂O₃, Nb₂O₅, V₂O₅, CuO (99.9 %, H, 고순도 화학)를 사용하였다. Bi₂O₃, Nb₂O₅ 를 mol 비로 1 : 1 이 되도록 평량 한 후 에탄올 중에서 24 시간 습식으로 혼합하였다. 혼합 완료 후 전기오븐에서 건조시킨 다음 전기오븐에서 5℃/min.의 승온속도로 800℃에서 2 시간 하소하였다. 저온소결용 시편을 제조하기 위해 하소한 분말에 소결조제로 0.03 wt% CuO(99.9 %, H, 정동화학) 와 0.07 wt% V₂O₅ (99.9 %, H, 고순도 화학)를 첨가하였다.(BNC3V7이라 명명함) 소결조제를 첨가한 후 하소한 경우와 동일한 조건으로 24시간 습식으로 혼합하여 건조하였다. 건조된 분말의 binder로서 5wt% PVA 수용액을 결합제로 10wt% 첨가하여 혼합한 다음 BiNbO₄ 세라믹의 조성의 소결성과 유전특성을 조사하기 위해 직경이 15 mm인 disk형 mold에서 600 kg/cm²의 압력으로 성형하였다. 소결은 대기 중에서 5℃/min.의 속도로 승온하여 875℃ ~950℃의 온도 범위에서 2 시간 유지한 후 5℃/min.의 속도로 냉각하였다. 마이크로파 대역에서의 유전특성은 원주상의 시편을 평행한 두개의 도체판 사이에 삽입한 다음 TE011 모드의 공진특성곡선을 얻어 유전체의 비유전율 (εr) 과 품질계수 (Q) 를 계산하는 Hakki - Coleman 법⁶⁾ 을 이용하였다. 그리고 공진 주파수의 온도계수 (TCF) 는 알루미늄으로 만든 cavity 공진기내에 시편을 넣고 상온 과 65 ℃ 에서의 공진 주파수 f₂₅ 와 f₆₅ 를 측정하여 다음의 식으로 계산하였다.

$$TCF = \frac{1}{f_{25}} \times \left[\frac{f_{65} - f_{25}}{40} \right] \times 10^6 \text{-----(1)}$$

Filter의 제조방법은 Fig.1의 특성평가 흐름도에 따라 제조하였다. BiNbO₄ Ceramic과 binder solution(바인더: PVB계, 가소제: DBP, 용매: toluene/ehanol) 을 체적 % 1:1비율로 혼합하여 slurry 를 제조한 후 Doctor blade방법에 의해 Tape casting 하여 세라믹 green sheet를 제조 하였다. 24시간 건조된 sheet의 두께는 약 60μm이었으며 Ag 전극(Heraeus, BE1610)으로 Screen printing 하여 인쇄하였다. 인

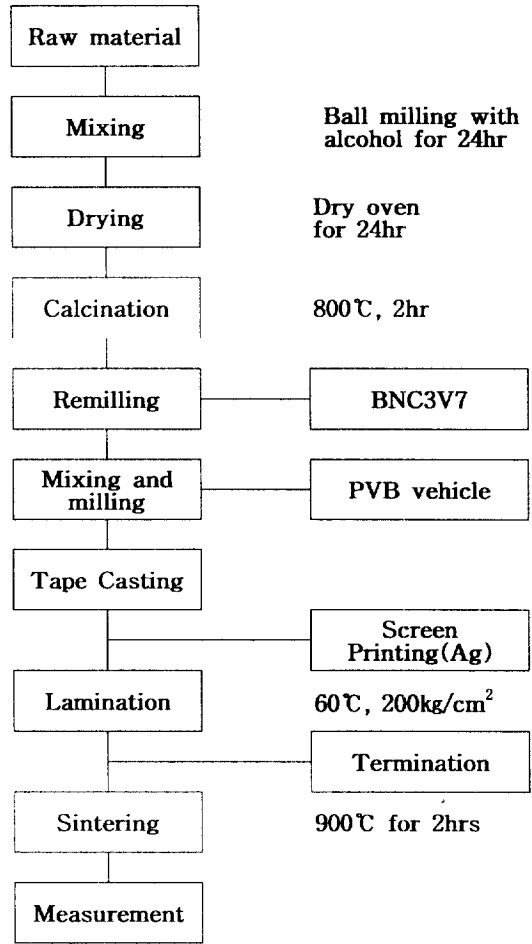


그림 1. 실험 순서도
Fig. 1. Flow chart of experiment

쇄된 sheet는 60℃로 2분간 예열한 후에 적층압력 200 kg/cm²의 적층조건으로 적층하였다. 적층된 시편은 300℃와 600℃에서 binder burnout한 후 900℃에서 2시간 소결하여 샘플을 제조하였다. 저역통과 필터는 HP사의 회로 해석 tool인 MDS와 Ansoft사의 구조체 해석 tool인 Maxwell을 이용하여 설계된 필터들의 특성을 시뮬레이션 하였으며 제작된 필터의 특성은 HP사의 8510C Vector NetworkAnalyzer 를 이용하여 중심주파수 1.765GHz(f₀)를 중심으로 1.5 GHz ~4.0GHz의 측정범위에서 삽입손실 (S₂₁) 과 반사계수 (S₁₁), 2f₀에서의 손실특성을 측정 평가 하였다.

3. 결과 및 고찰

1) BiNbO₄ 세라믹의 유전 특성

BiNbO₄ 세라믹은 소결온도가 1100℃ 이기 때문에 Ag(961℃) 전극과 소결하기 위해서는 소결온도를 낮추어야 한다. 또한 Ag 전극의 유전체로 확산을 방지하여 유전체의 특성을 유지하기 위해서는 900℃에서 소결해야 한다. 상태도에 따르면 V₂O₅과 CuO가 공존하는 경우에는 CuO와 eutectic melting이 일어나 650℃ 온도 이하에서 액상이 형성됨을 알 수 있다.⁷⁾ 따라서 CuO 0.03wt%, V₂O₅ 0.07wt% 첨가하여 BNC3V7 시편을 제작한 후 유전 특성을 비교 검토하였다. 소결온도 변화에 따라 유전 특성의 변화를 Fig. 2에 나타내었다.

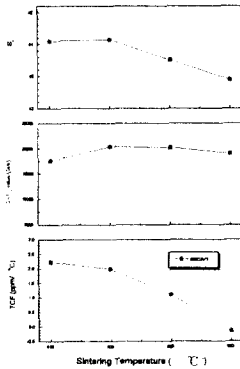


그림 2. BNC3V7시편의 소결온도에 따른 유전특성
Fig. 2. Dielectric properties as a function of sintering temperatures for BNC3V7 specimen

Fig. 2에서 보는 바와 같이 875℃에서 소결밀도가 7.16 g/cm³로 소결이 완전하게 진행되어 유전율 43이상, Qxf₀값 15,000 이상의 값을 나타내었다. BNC3V7 시편의 경우 유전율은 소결온도 변화에 따라 감소 폭이 작은 반면 공진 주파수 (f₀) 6~7 GHz에서 측정된 Qxf₀값의 경우 소결온도 900℃에서 최대 값을 가지다가 소결온도가 증가함에 따라 약간 감소함을 보여준다. 이러한 현상은 소결온도 900℃에서 대부분의 소결이 진행되며 그 이상으로 소결온도가 증가함에 따라 비정상적인 결정립의 성장이 발생하게 되며 이로 인한 격자 결함, 입내 기공의 증가 등으로 재료의 유전손실 (tan δ =1/Q)을 결정하는 감쇠정수가 증가하기 때문이라고 생각된다.

다. BNC3V7의 경우 Ag전극의 확산으로 인한 손실 없이 Ag전극과 유전체 세라믹이 동시 소성이 가능한 소결온도 900℃에서 3가지 시편 중 유전율을 44.3 Qxf₀값 22,000 GHz의 최대 값을 나타내었다. 또한 소결온도에 따른 유전율과 Qxf₀값 변화도 소결온도 950℃까지 일정하였으나 그 이상의 소결온도에서는 유전상수와 Qxf₀값 급속히 감소하였는데 이 현상은 SEM 사진 관찰 결과 abnormal grain의 성장과 관계가 있었다. Fig. 2에서 BNC3V7 시편을 소결온도에 따른 온도 계수를 나타내는 그래프를 고찰하면 소결온도 875℃에서 TCF 값이 +2.2 ppm/℃을 갖다가 소결온도가 증가함에 따라 약간 감소하다가 소결온도 950℃에서는 TCF 값이 -값으로 바뀌면서 -0.24 ppm/℃를 갖고 계속 감소함을 보여준다. 온도 계수는 조성 의존성이 크고 같은 조성일 때는 온도 계수는 크게 변하지 않는 것으로 알려져 있으나 소결온도가 증가함에 따라 TCF가 약간 감소하였고 (-)값쪽으로 이동하였다. 이와 같은 원인은 XRD 분석결과 소결온도가 증가함에 따라 저온 안정상인 사방정의 피크들이 고온 안정상인 삼방정 피크 쪽으로 이동하는 상전이 과정과 관계가 있었다. 소결조제로 0.07wt% V₂O₅와 0.03wt% CuO 첨가하여 만든 BNC3V7 시편을 제조하여 소결온도에 따라 유전특성을 연구한 결과 Ag 전극과 동시소결이 가능한 900℃에서 유전 상수 44.3, Qxf₀값 22,000 GHz, TCF값 2 ppm/℃의 우수한 유전 특성을 얻을 수 있었다.

2) Filter의 구조

Filter는 삽입손실을 정확히 계산할 수 있고, 예리한 차단 특성을 갖는 삽입손실 방법에 의한 Chebyshev 필터 설계 방법을 채택하였다. Fig. 3에 설계하고자 하는 필터의 구조로서 각 층은 세라믹 유전체로 되어져 있고 유전체 위에 은전극을 인쇄 (printing)한 다음 각 층을 적층한 후 유전체와 도체를 동시에 소결함으로써 필터가 형성된다. 본 필터는 맨 위층과 맨 아래층이 접지되어있고 그 사이에 캐패시터와 스트립선로 형태의 인덕터가 있는 형태가 된다. 입력 port는 도체전극 a와 b를 연결해주는 port이고, 출력 port는 도체전극 a'와 b'를 연결해주는 port이다. 이때, 도체전극 a, a'은 스트립선로 형태의 직렬 인덕터를 나타낸다. 또한, 병렬 캐패시터는 도체전극 b, b', c가 아래 접지판(Bottom cover shield layer) 위에 위치함으로써 형성된다. 이때, 캐패시터 면과 아래 접지판(Bottom cover shield layer)의 간격을 매우 가깝게 설계하면 캐패시터 면

과 위 접지판(Top cover shield layer)과의 거리가

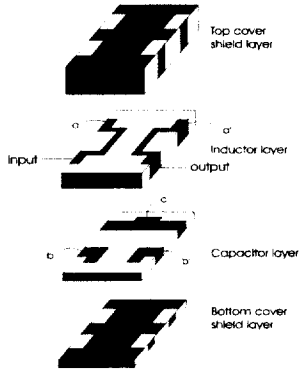


그림 3. 저역통과 필터의 구조
Fig. 3. Structure of Low Pass Filter

멀어져 두 면사이에 형성되는 캐패시턴스는 무시할 수 있다. Fig.4의 a)는 Fig.3에 나타낸 필터 구조의 등가회로를 나타내는데, C1은 전극 b와 아래 접지판에 의해, C2는 전극 c와 아래 접지판에 의해 C3은 전극 b'와 아래 접지판에 의해 구현된다. Fig. 4

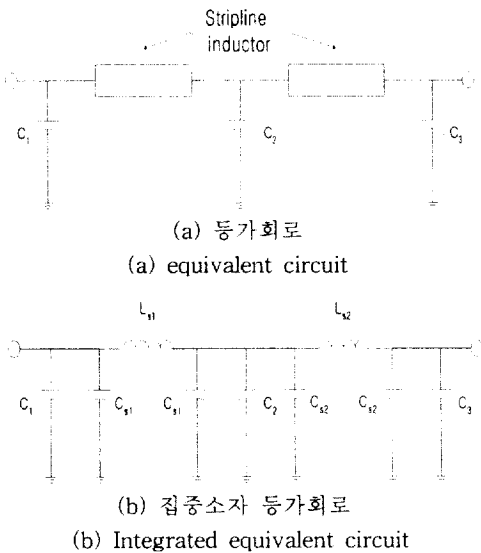


그림 4. 저역통과 필터의 등가회로
Fig. 4. Equivalent circuit of Low Pass Filter (LPF)

의 b)는 Fig. 4의 a)에 나타낸 스트립선로를 집중소

자화한 등가회로 이다. 이때 Ls1, Cs1, Ls2, Cs2는 스트립선로의 Π 등가회로 소자로 구조의 대칭성에 의하여 $C_1 = C_3$, $L_{s1} = L_{s2}$, $C_{s1} = C_{s2}$ 가 된다.

위와 같은 필터의 특성을 만족하도록 설계된 필터의 회로소자 값 및 구조 파라미터 값은 $Z_0 = 28.514\Omega$, $d = 5.911$ mm, $L_{s1} = 2.549$ nH, $C_{s1} = 2.776$ pF, $C_1 = 5.163$ pF, $C_2 = 7.344$ pF 이다.

3) 시뮬레이션한 필터 특성

본 연구에서 설계하고자 하는 저역통과 필터는 송신대역의 2차 하모닉 제거용이다. 따라서, 차단 주파수 이하에서는 통과시키고 차단 주파수 이상에서는 차단시키는 이상적인 특성을 가질 필요가 없이 송신대역은 통과시키고, 통과대역의 2배 주파수 대역은 차단시키면 된다. 설계 사양의 통과대역은 수신대역을 의미하며 Fig. 3의 구조로 1750~1780 MHz의 통과대역을 갖고 차단주파수가 1.780 GHz에서 동작하도록 작동하는 Chebyshev 필터를 제작하였다. 설계된 회로소자값 및 구조 파라미터 값을 Maxwell에 의하여 분산소자 형태로 구조화하여 시뮬레이션한 결과가 Fig. 5 이다. Fig. 5는 필터크기

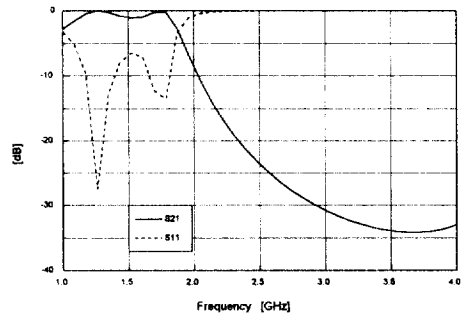


그림 5. 저역통과 필터의 시뮬레이션 결과
Fig. 5. Simulation result of LPF

는 3.2×4.5×2 mm³ 이고 상대유전율이 44이며 Ag 전극을 도체로 사용할 경우를 가정하여 설계된 필터의 시뮬레이션 결과이다. 통과대역에서의 주파수 특성은 통과대역내 삽입손실은 1.0 dB 이하이고 통과대역내 정제파비는 1.7 이하 (반사손실 -16.97 dB 이하), 중심 주파수의 2배의 하모닉에서의 감쇠는 -34dB 이상으로 Chebyshev 필터의 특성을 잘 나타내고 있다.

4) 필터구조 변화에 따른 특성 변화

유전체 세라믹의 제조과정에서 발생하는 유전체 특성의 변화를 고려하여 유전체 Q값의 변화, Tape casting과 Screen printing 방법에 의한 적층칩 필터의 제조과정에서 발생하는 적층칩 크기의 변화, 캐퍼시터층의 두께변화, 인덕터의 폭크기 변화 등의 필터구조의 변화에 따른 특성을 고려하여 각 변수에 따라 시뮬레이션 하여 통과대역과 주파수 특성 변화를 조사하였다.

가) 유전체 Q값 변화에 따른 특성의 변화

Fig.5의 특성을 갖는 필터 구조에 유전체의 손실을 고려한 시뮬레이션 결과가 Fig.6이다. 그림으로

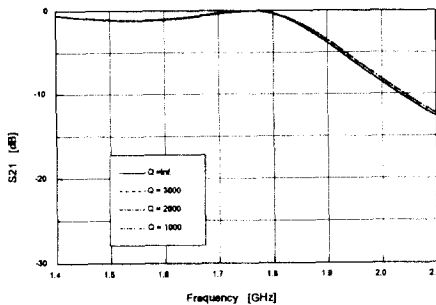


그림 6. Q값을 고려한 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Characterizations of LPF as a function of Q (Quality factors)

는 명확히 구분할 수 없지만 알 수 없지만 유전체의 Q(Quality factor)값이 1000에서 3000으로 증가함에 따라 삽입손실이 최소인 주파수 1750MHz는 일정 하였지만 삽입손실이 0.07dB에서 약간씩 0.01dB로 감소하는 경향을 나타내었다. 이와같이 Q값이 증가할수록 통과대역에서의 삽입손실은 감소하지만 필터의 차단 주파수는 1750MHz로 Q값의 변화와 관계없이 일정 하였다. 따라서, Q값 변화에 따라 시뮬레이션 하여 차단주파수를 맞추어나가는 과정에서 유전체의 손실 변화는 차단주파수의 변화에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 이러한 경향은 저역통과 필터의 차단 주파수는 유전체의 유전율이 일정할 경우에는 재료의 품질계수를 나타내는 Qxf_0 값의 변화에 크게 민감하지 않음을 나타내고 있다.

나) 필터 구조의 변화에 따른 특성의 변화

적층형 칩 필터는 유전체에 도체를 인쇄, 적층하여 가압하는 Lamination 과정을 통해 Green 상태의

칩필터를 절단하는 제조과정으로 제작한후 소결 과정을 거쳐 제조 된다. 또한 소결 과정에서 유전체가 수축하기 때문에 이를 고려하여 설계된 실제 패턴보다 크게하여 제조한다. 이 때, 여러 공정 변수와 도체전극과 유전체 세라믹간 수축률 차이 등으로 인한 재료자체의 특성차이 때문에 제조되는 필터의 크기가 원하는 맞게 규격에 정확히 제작되지 않을 수가 있다. 따라서 적층칩 필터의 가로, 세로, 그리고 높이방향을 포함하는 체적이 변화할 가정하여 주파수 특성을 시뮬레이션해본 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 규격 체적을 1로 기준 하여 전체 크기가 10% 감소할 경우를 0.9로 나타내었고 전체 크기가 10% 증가하였을 때를 가정한 경우를 1.1로 나타내었다. 그림에서 삽입손실이 최소인 주파수 1750MHz가 전체크기가 0.9일 때 1890MHz로 이동하여 차단 주파수가 8% 높아지고, 전체 크기가 1.1일 때 1610MHz로 감소하여 차단주파수가 8% 낮아지는 경향을 나타내었다. 이러한 시뮬레이션 결과는 캐패시턴스는 도체전극의 면적에 비례하고 도체전극간의 거리에 반비례하며, 인덕턴스는 스트립선의 길이가 증가함에 따라 증가하고 인덕턴스, 캐패시턴스 모두 차단 주파수에 반비례하기 때문으로 생각된다. 따라서, 전체적으로 크기가 증가하면 캐패시턴스와 인덕턴스는 증가하여, 차단 주파수는 낮아지고 크기가 감소하면 캐패시턴스와 인덕턴스는 감소하여, 차단 주파수는 높아짐을 알 수 있다.

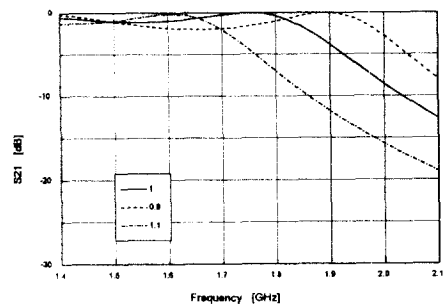


그림 7. 필터 크기변화에 따른 특성 변화
Fig. 7. Characterizations of LPF as a function of filter size.

필터의 전체구조를 살펴보면 캐패시터 층과 Shield layer간 두께는 전체 두께에 비해 매우 얇으므로 Lamination하여 소결하였을 때 정확한 두께를 갖는

필터를 제작하기에 어려움이 있다. 따라서 캐패시터 층과 Shield layer간 층간 두께 변화에 따른 필터 특성의 변화를 시뮬레이션 하여 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 캐패시터 층과 Shield layer간 층간 원래 두께를 1로 기준 하여 두께가 10% 감소할 경우를 0.9로 나타내었고 전체 두께가 10% 증가하였을 때를 가정한 경우를 1.1로 나타내었다. 그림에서 삽입손실이 최소인 주파수 1750MHz가 전체두께가 0.9일 때 1680MHz로 이동하여 4% 낮아지고, 전체 두께가 1.1일 때 1797MHz로 이동하여 차단주파수가 3% 높아지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 전체두께가 감소함에 따라 차단주파수가 낮아지는 경향은 캐패시터 층과 Shield layer간 층간 두께가 감소함에 따라 캐패시턴스가 커지고, 차단 주파수가 캐패시턴스에 반비례하기 때문에 차단주파수가 감소하기 때문이라 생각된다.

스트립 선로의 특성 임피던스를 구하는 식으로부터 구해지는 인덕터의 폭은 매우 얇기 때문에 도체 프린팅후 정확한 치수를 갖는 인덕터를 제조하기가 어렵다. 따라서 인덕터 폭의 변화에 따른 필터 특성의 변화를 Fig.9에 나타내었다. 그림에서 원래 인덕터 폭을 1로 기준 하여 두께가 10% 감소할 경우를 0.9로 나타내었고 폭이 10% 증가하였을 때를 가정한 경우를 1.1로 나타내었다. 삽입손실이 최소인 주파수 1750MHz가 전체두께가 0.9일 때 1740로 이동하여 0.5% 낮아지고, 전체 두께가 1.1일 때 1760MHz로 이동하여 차단주파수가 0.5 % 높아지는

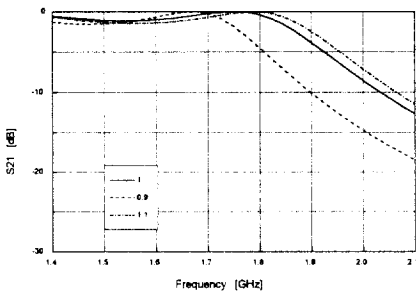


그림 8. 캐패시터 층 두께에 따른 필터 특성
 Fig. 8. Characterizations of LPF as a function of capacitor layer thickness.

경향을 나타내고 있다. 이와 같이 인덕터의 폭이 증가함에 따라 차단주파수가 증가하는 것은 인덕터의 폭이 증가함에 따라 인덕턴스는 감소하므로 차단 주파수도 높아지기 때문이라 생각된다. 하지만 인덕

터의 폭의 변화에 따른 필터의 차단 주파수 변화는 캐패시터의 변화에 의한 차단 주파수의 변화에 비하면 덜 민감함을 알 수 있다.

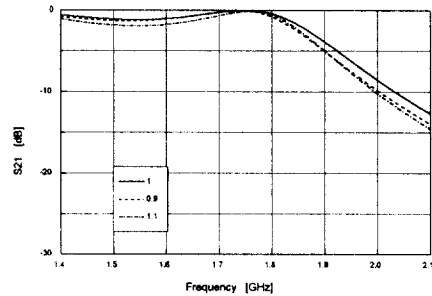


그림 9. 인덕터 폭의 변화에 따른 필터 특성
 Fig. 9. Characterizations of LPF as a function of inductor pattern widths

5) 제작된 필터의 특성

BNC3V7와 PVB계 바인더를 체적비 1:1의 비율로 첨가하여 slurry를 제조하였다. Tape caster (Palomer Model 104)를 사용하여 325 mesh를 통과 시켜 1m/min. 속도로 유전체 sheet을 제조 하였다. 24시간 건조후 green sheet 두께는 60µm 였다. 건조된 green sheet는 Ag 전극을 사용 설계된 패턴에 따라 screen printing 방법으로 인쇄하였다. 인쇄된 각각의 green sheet는 dummy layer와 함께 적층하여 60℃로 예열한 후 진공을 유지한 상태에서 200kg/cm2의 압력으로 가압하여 적층칩 필터를 제작하였다. 제작된 칩 필터는 cutting 한후 1℃/min. 로 승온하여 300℃와 600℃ 에서 각각 6시간 동안 Binder burnout 한 후 900℃에서 2시간 소결 하였다. 제작된 저역통과 필터는 HP Vector Network Analyzer를 이용하여 제작된 측정치그에 필터를 장착 시킨 후 측정하였고 그 측정 결과 Fig. 10에 나타내었다. 측정결과 통과대역내의 삽입손실은 2.5 dB, 중심주파수의 2배 주파수의 감쇠는 52.3 dB로 측정되었다. 중심주파수의 2배 주파수에서의 감쇠량은 설계사양(-34dB)보다 더 큰 감쇠량을 나타냈으며, 통과대역내 삽입손실은 측정치그의 손실 약 1dB를 고려하면 만족할만한 값을 얻을 수 있었다.

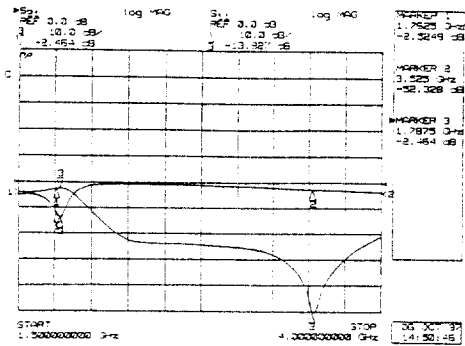


그림 10. 제작된 저역 통과 필터의 측정결과
Fig. 10. Measured result of manufactured LBF

4. 결 론

마이크로 대역에서 사용하는 BiNbO₄ 세라믹에 소결조제로 CuO와 V₂O₅를 첨가하여 유전 특성을 연구하였다. 이 유전체를 이용하여 PCS 대역에서 사용 가능한 적층칩 저역통과 필터를 설계하여 시뮬레이션하고 실제로 적층칩 필터를 제조하여 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BN 세라믹에 소결조제로 0.07wt%의 V₂O₅ 와 0.03wt% CuO 을 첨가하여 제조한 BNC3V7 시편의 경우 Ag 전극과 동시소성이 가능한 900℃ 소결할 수 있었다. 이때 BNC3V7 시편은 유전상수 44.4, Qxf₀ 값 22,000 GHz, TCF 값 2 ppm/℃의 유전특성을 얻을 수 있었다.
2. BNC3V7의 유전특성을 이용 1750~1780 MHz의 통과대역을 갖고 차단주파수가 1.780 GHz에서 동작하도록 작동하는 Chebyshev 필터를 제작하여 Maxwell에 의하여 분산소자 형태로 구조화하여 시뮬레이션한 결과 삽입손실은 1.0 dB 이하이고 통과대역내 정재파비는 1.7 이하 (반사손실 -16.97 dB 이하), 중심 주파수의 2배의 하모닉에서의 감쇠는 -34dB 이상의 필터특성을 가지는 필터를 설계할 수 있었다.
3. 저역통과 적층칩 필터 제조과정에서 발생하는 공정변수를 고려하여 구조변화에 따른 시뮬레이션 결과 유전율이 일정할 경우 Q값의 변화에 따라 주파수특성은 민감하게 변화하지 않았다. 필터크기가 일정할 경우 주파수 특성(차단주파수, 중심주파수, 대

역폭 특성)은 캐패시터 층과 Shield layer간 층간 두께 변화에 매우 민감하였다.

4. Ag전극을 이용하여 따라 900℃ 에서 2시간 소결하여 적층칩 저역통과필터를 제조한 후 주파수특성 측정 결과 통과대역내의 삽입손실은 2.5dB, 중심주파수의 2배 주파수의 감쇠는 52.3 dB의 값을 얻을 수 있었다. 중심주파수의 2배 주파수에서의 감쇠량은 설계사양을 만족하였고 통과대역내 삽입손실도 측정치그의 손실 약 1dB를 고려하면 시뮬레이션 특성과 유사한 값을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Kazuo Washida, "Chip monolithic LC filters move into high-frequency use," JEE, pp. 48-52, Oct. 1991.
2. Toshio Ishzaki, "A very small dielectric planar filter for portable telephone," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-42, pp. 2017-2022, November 1994.
3. Seung-Hee Seo, Yun-Kwon Nam, and Dong-Chul Park, "Design of a laminated chip filter," in Asia-Pacific Microwave Conference Proc., New Delhi, India, Dec. 17-20, pp. 173-176. 1996.
4. H.C.Ling, M.F.Yan, W.W.Rhodes, "High Dielectric Constant and Small Temperature Coefficient Bismuth-Based Dielectric Compositions." J. Material. Res., 5, [8], pp. 1752, 1990
5. H. Kagata, T. Inoue, et. al, "Low-fire dielectric ceramics for multilayer microwave devices", Jpn. Nat. Tech. Report, Vol. 40, No. 1, Feb, p 17 1994
6. B. W. Hakki, P. D. Coleman, "A Dielectric Resonator Method of Measuring Inductive Capacitance In The Millimeter Range." IRE. Trans., Microwave Theory Tech., 8, pp 402, 1960
7. Vittorio Cirilli, Aurelio Burdese, and Ceare Brisi, "System CuO-V₂O₅ ; subsolidus", Attri. Accad.Sci.Torino, 95. 15 1961.