論文98-35D-4-2

$BiNbO_4$ 세라믹스를 이용한 LC 필터에 관한 연구

(Experimental Fabrication of LC Filter of $BiNbO_4$ ceramics)

高 上 基 *, 金 敬 龍 *, 崔 煥 *, 朴 東 徹 **

(Sang-Ki Ko, Kyung-Yong Kim, Whan Choi, and Dong-Chul Park)

요 약

BN 세라믹에 소결조제로 0.07wt%의 V_2O_5 와 0.03wt% CuO를 첨가 하였을 때 (BNC3V7) Ag 전극과 동시 소성이 가능한 900℃에서 저온소결할 수 있었다. 이때 BNC3V7 시편은 유전상수 44.3, Qxf_o값 (Quality value of Resonance Frequency) 22,000 GHz, 온도계수 (Thermal Coefficient of resonance Frequency, TCF) 2 ppm/℃ 의 유전특성을 얻을 수 있었다. 개인 휴대통신 시스템 (Personal Communication System, PCS) 터미널의 소형화를 위해서는 적층칩 LC필터의 제조가 필수적이다. 따라서 Tape casting한 후 Ag 전극을 이용하여 Screen printing하여 LC필터를 제작 하였다. 제작된 필터는 900℃에서 소결하여 설계된 필터와 특성 값을 비교 하였다. 적층칩 대역 통과 필터의 측정 결과 통과대역내 삽입손실이 3.5 dB이고 통과 대역 특성이 설계 값과 유사한 필터를 제조 할 수 있었다. 적층칩 저역 통과 필터의 측정 결과 통과대역내 삽입손실이 2.5 dB로 설계값 1 dB보다 약간 높았으나 통과 대역 특성이 설계값과 유사한 필터를 제조 할 수 있었다.

Abstract

$BiNbO_4$ ceramics with 0.07wt% V_2O_5 and 0.03wt% CuO (BNC3V7) sintered at 900 ℃ where it is possible for these to be co-fired with Ag electrode. Dielectric constant of 44.3, TCF (Thermal Coefficient of resonance Frequency) of 2 ppm/℃ and Qxf_o value of 22,000 GHz can be obtained from BNC3V7. The laminated chip LC filter is indispensible to the miniaturization of PCS (Personal Communication System) terminals. Therefore, multilayer type BPF has been fabricated by screen-printing with silver electrode after tape casting. The simulated characteristics of the fabricated filters sintered at 900℃ were compared with the designed ones. For Band Pass Filter (BPF), insertion loss value of band pass widths was 3.5 dB, and characterization of band pass widths was similar that of designed ones. For Low Pass Filter (LPF), insertion loss value of band pass widths(2.4 dB) which is a few higher than that of designed(1dB), but characterization of band pass widths was similar that of designed ones.

* 正會員, 韓國科學技術研究院 세라믹工程센터
(Ceramic Processing Center, KIST)
** 正會員, 忠南大學校 電波工學科
(Dept. of Radio Science and Eng., Chungnam National University)
接受日字:1998年2月25日, 수정완료일:1998年3月24日

Ⅰ. 서 론

전자산업의 발전과 정보화 시대의 고속화로 이동통신기기기의 사용이 급증하고 있으며 이러한 이동통신 수요의 주종은 휴대용 전화기로서 주로 UHF대역의 이동통신 단말기이다. 현재 통화 수요 급증으로 인하여 800MHz 대역의 단말기 뿐만 아니라사용 주파수

대역이 1.9GHz인 개인용 휴대통신용(Personal Communication System, PCS)단말기의 시장이 점점 더 각광을 받고 있다. 이런 단말기의 소형, 경량화를 위해 전자부품, 특히 부피가 크고 무게가 많이 나가는 RF 필터와 같은 전자부품은 소형화와 SMD (Surface Mounted Devices)화가 필수적이다. 이에 따라 적층형 capacitor나 다층회로기판의 제작분야에서 보편화 되어있는 Tape casting 에 의한 소자의 다층화 기술이 주목을 받고 있다. 이러한 적층칩 필터의 동작 원리나 설계방법은 잘 알려져 있다.[1~3] 그러나 이 기술을 이용 소자를 구성하는 유전체 물질은 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 끼치므로[4] 내부도체 금속은 Ag 나 Cu 와 같은 높은 전기전도도를 가지는 금속을 사용하는 것이 유리하다. 이 중 Bi_2O_3 - Nb_2O_5계 유전체는 그 자체가 가지는 상대적으로 낮은 소결온도(1,100℃)로 인해 주목을 받는 재료이다. Bi_2O_3 - Nb_2O_5 계의 체계적인 상평형에 대한 연구는 Roth[5]등에 의해 처음 시도되었으며 그 이후 이를 적층형 캐퍼시터 나 압전재료로 이용하기 위한 저주파 대역에서의 유전 특성에 관한 연구가 다수 보고된 바 있다.[6~7] Bi_2O_3 - Nb_2O_5 계에 CuO, V_2O_5등의 소결조제를 첨가하여 저온소결을 시도한 연구를 보고한 바 있으나 Hiroshi 등은 소결조제의 양 변화에 대한 체계적인 분석과 정량적 분석이 결여되어 있다[8] 따라서 본 연구에서는 Bi_2O_3 와 Nb_2O_5 가 1 : 1 mol 비 조성인 $BiNbO_4$ (BN이라 명명함) 유전체에 소결조제로 CuO 와 V_2O_5를 첨가하여 융점이 961℃인 Ag 와 동시소결이 가능한 875~950℃ 의 온도범위에서 소결온도의 변화에 따른 소결거동과 마이크로파 대역에서의 유전특성을 조사하였다. 저온소결이 가능한 $BiNbO_4$ 유전체의 유전율을 이용하여 LC 필터를 설계하고 제조 하였다. 수신대역이 1840~1870 MHz인 대역통과 필터를 설계하고, 설계된 필터의 특성을 시뮬레이션 하였고 송신대역이 1750 ~1780 MHz인 하모닉 제거용 저역통과 필터를 설계하고, 설계된 필터의 특성을 시뮬레이션 하였다. 또한 BN 유전체를 이용하여 적층칩 제조공정에따라 대역 및 저역통과 필터를 제조하여 시뮬레이션된 필터의 특성과 비교, 검토하였다.

Ⅱ. 실험 방법

본 실험에 사용한 원료물질은 Bi_2O_3, Nb_2O_5, V_2O_5, CuO (99.9 %, 日, 고순도 화학)를 사용하였다. Bi_2O_3, Nb_2O_5 를 mol 비로 1 : 1 이 되도록 평량 한 후 에탄올 중에서 24 시간 습식으로 혼합하였다. 혼합 완료 후 전기오븐에서 건조시킨 다음 전기로 에서 5℃ /min.의 승온속도로 800 ℃에서 2 시간 하소하였다. 저온소결용 시편을 제조하기 위해 하소한 분말에 소결조제로 CuO(99.9 %, 日, 정동화학) 와 V_2O_5 (99.9 %, 日, 고순도 화학)를 첨가하였으며 첨가량변화는 Table.1 에 나타내었다.

표 1. 시편의 조성
Table 1. Composition of specimens.

Specimen	Basic composition. (mol)		additive content. (wt %)	
	Bi_2O_3	Nb_2O_5	CuO	V_2O_5
BNV7	1	1	-	0.07
BNC3V7	1	1	0.03	0.07
BNC5V7	1	1	0.05	0.07

소결조제를 첨가한 후 하소한 경우와 동일한 조건으로 24시간 습식으로 혼합하여 건조하였다. 건조된 분말의 binder로서 5wt% PVA 수용액을 결합제로 첨가하여 혼합한 다음 BN 세라믹의 조성의 소결성과 유전특성을 조사하기 위해 직경이 15 mm인 disk형 mold에서 600 kg/cm^{2}의 압력으로 성형하였다. 소결은 대기 중에서 5℃/min.의 속도로 승온하여 875℃-950℃ 의 온도 범위에서 2 시간 유지한 후 5 ℃ /min. 속도로 냉각하였다. 마이크로파 대역에서의 유전특성은 원주상의 시편을 평행한 두개의 도체판 사이에 삽입한 다음 TE_{011} 모드의 공진특성곡선을 얻어 유전체의 비유전율 (εr) 과 품질계수 (Q) 를 계산하는 Hakki-Coleman 법[9] 을 이용하였다. 그리고 공진 주파수의 온도계수 (Thermal Coefficient of resonance Frequency, TCF)는 알루미늄으로 만든 cavity 공진기내에 시편을 넣고 상온 과 65 ℃ 에서의 공진 주파수 f_{25} 와 f_{65} 를 측정하여 다음의 식으로 계산하였다.

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

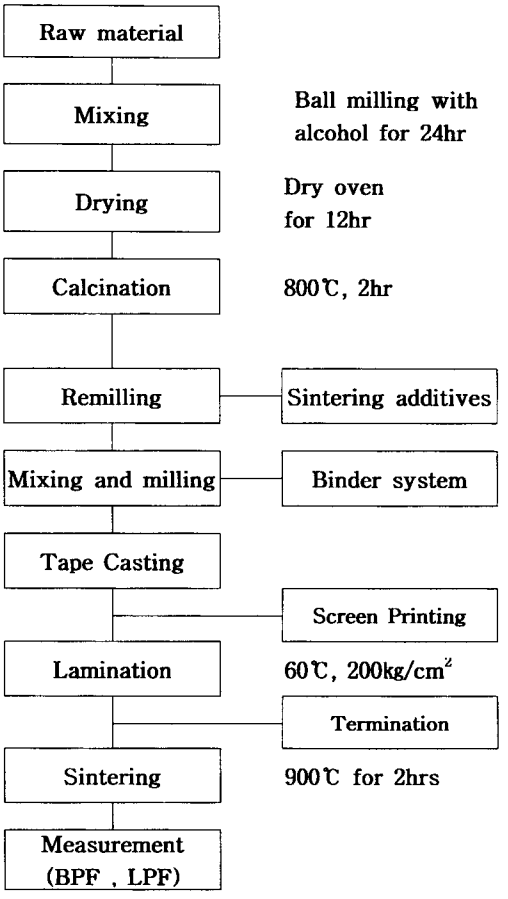


그림 1. 실험 순서도
Fig. 1. Flow chart of experiment.

필터의 제조방법은 Fig. 1의 특성평가 흐름도에 따라 제조하였다. BN 세라믹과 binder solution은 체적 % 1:1비율로 혼합하여 slurry를 제조한 후 일반적인 Doctor blade방법에 의해 Tape casting 하여 세라믹 green sheet를 제조 하였다. 24시간 건조된 sheet의 두께는 약 60㎛이었으며 Ag 전극으로 Screen printing 하여 인쇄하였다. 인쇄된 sheet는 60℃로 2분간 예열한 후에 적층압력 200 kg/cm^{2}의 적층조건으로 적층하였다. 적층된 시편은 300℃와 600℃에서 binder burnout한 후 900℃에서 2시간 소결하여 샘플을 제조하였다. 대역통과필터와 저역통과 필터는 HP사의 회로 해석 tool인 MDS와 Ansoft사의 구조체 해석 tool인 Maxwell을 이용하여 설계된 필터들의 특성을 시뮬레이션 하였으며 제작된 필터의 크기는 4532이며 특성은 HP사의 8510C Vector Network Analyzer를 이용하여 측정 하였다. 대역통과 필터는 중심주파수 (f_o) 1.855 GHz를 중심으로 1.2 GHz~2.0 GHz의 측정범위에서 삽입손실 (S_{21})과 반사계수 (S_{11}), f_o±30 MHz의 대역폭, f_o-480 MHz의 에서의 손실특성을 측정 평가하였다. 저역통과 필터는 중심주파수(f_o) 1.765 GHz를 중심으로 1.5 GHz ~ 4.0 GHz의 측정범위에서 삽입손실 (S_{21})과 반사계수 (S_{11}), $2f_o$에서의 삽입 손실 특성을 측정 평가하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. $BiNbO_4$ 세라믹의 유전 특성

액상 소결조제로 융점이 690℃인 V_2O_5 만 단독으로 첨가하는 경우에는 소결조제양이 0.07 wt% 이상 첨가해도 V_2O_5 가 0.07wt % (BNV7)일때의 유전특성값에 비해 커다란 유전특성 변화가 없었다. 따라서 소결조제중 V_2O_5 의 첨가량은 0.07 wt% 로 고정한 후 CuO의 첨가량을 변화하면서 실험하였다. CuO는 융점이 1020℃이기 때문에 1000℃에서 소결하는 경우에는 그 자체로 액상을 형성하지 않는다. 하지만 상태도에 따르면 V_2O_5 과 CuO가 공존하는 경우에는 CuO와 eutectic melting이 일어나 650℃ 온도 이하에서 액상이 형성됨을 알 수 있다.[10] 따라서 BNV7를 기준으로 CuO 0.03wt%, 0.05wt% 첨가하여 BNC3V7, BNC5V7의 시편을 제작한 후 유전 특성을 비교 검토하였다. 소결조제의 양을 변화시킨 BNV7, BNC3V7, BNC5V7 조성의 시편에 대해 소결온도 변화에 따른 유전 상수의 변화는 Fig. 2에 나타내었고 Qxf_o값의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바 와 같이 V_2O_5 만 첨가되어 있는 BNV7 시편보다는 V_2O_5 에 CuO가 함께 첨가되어 있는 BNC3V7, BNC5V7 시편의 경우 875℃에서 소결이 완전하게 진행되어 유전율 43이상, Qxf_o값 15,000 이상의 값을 나타내었다. 이러한 현상은 V_2O_5 과 CuO가 공존하는 경우에 V_2O_5 의 융점보다 낮은 온도 인 650℃에서 eutectic melting이 발생하여 액상이 만들어지므로 더 낮은 온도에서 결정립 성장에 필요한 활성화 에너지를 감소시키고 확산 속도를 증가시키기 때문이다. 따라서 소결온도 875℃에서 이미 용해와 재석출에 의한 소결단계를 지나 소결의 다음 단계라 할 수 있는 결정립성장에 의해 소결이 진행되는 것으로 생각된다. BNC3V7보다 CuO가 더많이 첨가된 BNC5V7 시편의 경우 유전율은 소결온도 변화에 따라 감소 폭이 작

은 반면 공진 주파수 (f_o) 6~7 GHz에서 측정한 Qxf_o값이 875℃에서 최대값을 가지다가 급속히 감소함을 보여준다. 이것은 BNC3V7에 비해 많은 액상이 형성되어 소결온도 875℃에서 대부분의 소결이 진행되며 그 이상으로 소결온도가 증가함에 따라 급속한 결정립의 성장이 발생하게 되며 이로 인한 격자 결함, 입내 기공의 증가 등으로 재료의 유전손실(tan δ = 1/Q)을 결정하는 감쇠정수가 증가하기 때문이라고 생각된다. BNC3V7의 경우 액상 소결조제양이 BNV7과 BNC5V7에 비해 적당하므로 Ag전극의 확산으로 인한 손실 없이 Ag전극과 유전체 세라믹이 동시소성이 가능한 소결온도 900℃ 에서 3가지 시편중 유전율 44.3 Qxf_o값 22,000 GHz의 최대값을 나타내었다. 또한 소결온도에 따른 유전율과 Qxf_o값 변화는 소결온도 950℃ 까지 일정하였으나 그 이상의 소결 온도에서는 유전상수와 Qxf_o값이 급속히 감소하였는데 이 현상은 미세조직의 관찰결과 abnormal grain의 성장으로 인한 크고 작은 결정립의 혼재로 발생하는 손실의 증가와 관계가 있었다.

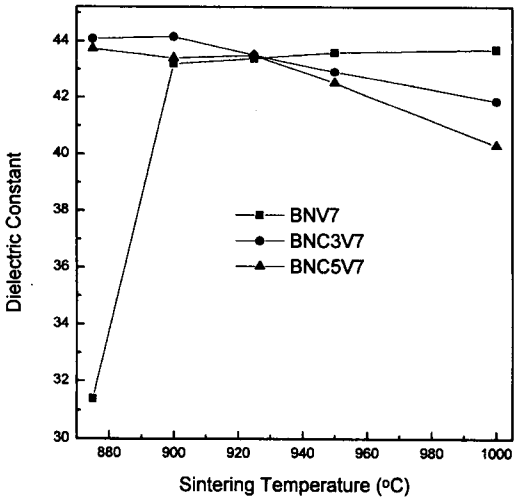


그림 2. 소결온도에 따른 시편들의 유전상수
Fig. 2. ε_r as a function of sintering temperatures for various specimen.

Fig. 4에서 BNC3V7 시편을 소결온도에 따른 온도계수를 나타내는 그래프를 고찰하면 소결온도 875℃에서 따라 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.

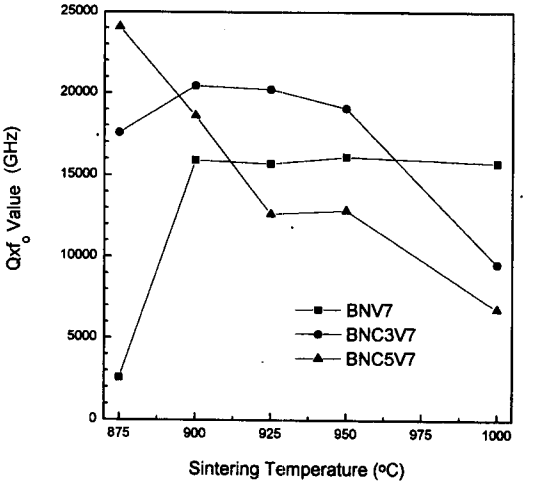


그림 3. 소결온도에 따른 시편들의 Qxf_o 값
Fig. 3. Qxf_o value as a function of sintering temperatures for various specimen.

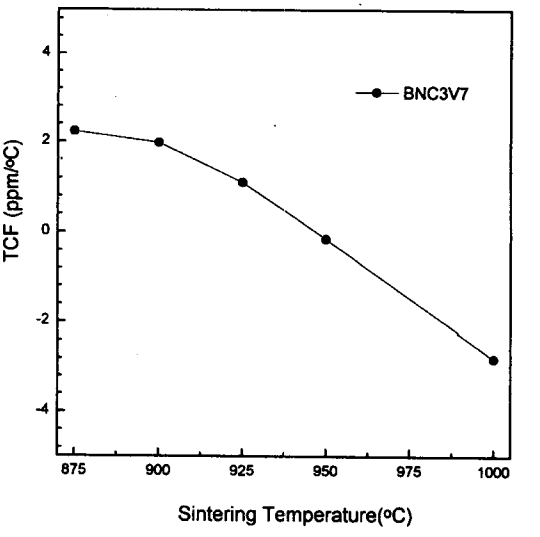


그림 4. 소결온도에따른 BNC3V7 시편의 TCF
Fig. 4. TCF as a function of sintering temperatures for BNC3V7 specimen.

소결조제로 0.07wt% V_2O_5 와 0.03wt% CuO 첨

가하여 만든 BNC3V7 시편을 제조하여 소결온도에 따라 유전특성을 연구한 결과 Ag전극과 동시소결이 가능한 900℃ 에서 유전 상수 44.3, Qxf_o값 22,000 GHz, TCF값 2 ppm/℃의 우수한 유전 특성을 얻을 수 있었다.

1. 대역 통과 필터의 설계 및 시뮬레이션 특성

필터는 삽입손실을 정확히 계산할 수 있고, 예리한 차단 특성을 갖는 삽입손실 방법에 의한 Chebyshev 필터 설계 방법을 채택하였다. Fig. 5, 6에 설계하고자 하는 대역통과 적층형 칩필터의 구조와 그 등가회로를 보이고 있다.[11] Fig. 5는 필터의 구조로서 세라믹 유전체층에 Ag전극을 인쇄(printing)한 다음 각 층을 적층하여 유전체와 도체를 동시에 소결함으로써 필터가 형성된다. 맨 위층과 맨 아래층이 접지되어있고 그 사이에 결합선로가 있는 구조로서 스트립선로의 형태가 된다. 이때, 도체전극 a, a′은 결합스트립선로 공진기를 나타낸다. 입력 커플링 캐패시터는 전극 b_1, b_1'이 공진기 위, 아래에 병렬로 놓임으로써 형성되고, 출력 커플링 캐패시터는 전극 b_2, b_2' 공진기 위, 아래에 병렬로 놓임으로써 형성된다. 또한 combline 필터에서와 같이 공진기의 길이를 $\lambda/4$ 보다 더욱 줄이기 위한 커패시터는 공진기의 개방면쪽에 붙어있는 도체전극인 c, c′과 공진기 사이의 커플링에 의해 형성된다.

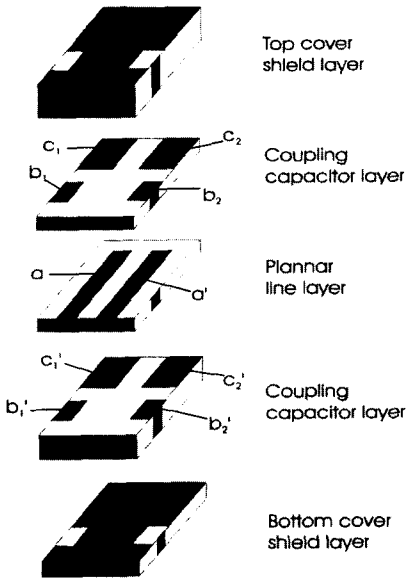


그림 5. 대역 통과 필터의 구조
Fig. 5. Structure of Band Pass Filter(BPF).

Fig. 6 (a)는 이 필터의 등가회로를 나타내는데, C_{01}, C_{02}는 입·출력 커플링 커패시터로서 입력 커플링 커패시터인 C_{01}은 전극 a 와 b_1, b_1' 사이의 커플링에 의해, 출력 커플링 커패시터인 C_{02}는 전극 a′과 b_2, b_2' 사이의 커플링에 의해 구현되고, C_{r1}은 combline 필터에서와 같이 공진기의 길이를 줄이기 위한 커패시터로서 전극 c_1, c_1' 과 공진기 사이의 커플링에 의해 구현된다. Fig. 6 (b)는 Fig. 6 (a)의 결합스트립선로 공진기를 집중소자화한 등가회로인데, L_1, C_1은 결합스트립선로 공진기의 등가소자 값이며, L_3은 결합스트립선로 공진기의 전자기적(electromagnetic) 결합에 대한 등가소자 값으로 단락된 짧은 공진기 간의 결합이 주로 자기적(magnetic) 결합임을 보여준다. 위와 같은 필터의 특성을 만족하도록 설계된 필터의 회로소자 값 및 구조 파라미터 값은 Z_{0e} = 15.71 Ω, Z_{0o} = 14.75 Ω C_{01} = 0.391 pF, C_{r1} = 2.961 pF C_1 = 2.207 pF, L_1 = 1.354 nH, L_3 = 70.081 nH 이다.

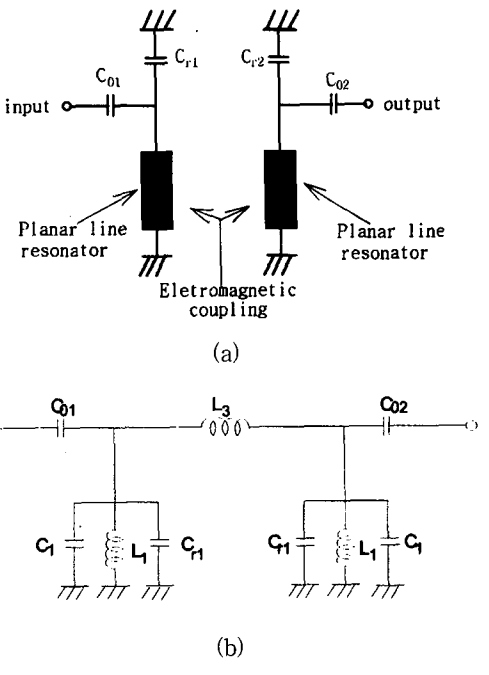
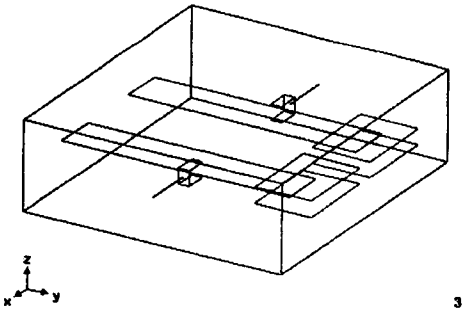


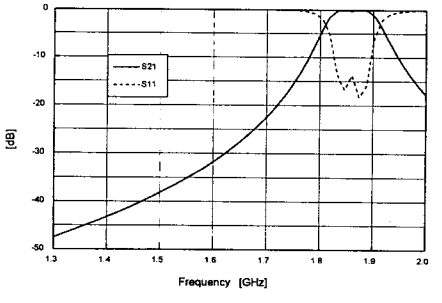
그림 6. 대역통과 필터의 등가회로
(a) 등가회로 (b) 집중소자화된 등가회로
Fig. 6. equivalent circuit of Band Pass Filter (BPF). (a) equivalent circuit (b) Integrated equivalent circuit

대역통과 필터는 설계된 회로소자 값 및 구조 파라

미터 값을 Maxwell에 의하여 분산소자 형태로 구조화하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션의 용이성을 위하여 도체 및 유전체는 무손실로 가정하고, 캐패시터 전극의 크기를 약간씩 변화 시켜 중심주파수를 맞추었다. 설계 사양의 통과대역은 수신대역을 의미하며 Fig. 5의 구조로 1840~1870 MHz의 통과대역을 갖고 중심주파수가 1.855 GHz에서 동작하도록 작동하는 Chebyshev 필터를 제작하였다. 설계된 회로소자값 및 구조 파라미터 값을 Maxwell에 의하여 분산소자 형태로 구조화하여 전체구조와 시뮬레이션한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7의 a)는 3.2×4.5×2 mm^3 필터크기를 갖는 전체구조를 나타낸것이고 b)는 상대유전율이 43.5이고 Ag전극을 도체로 사용할 경우를 가정하여 설계된 필터의 시뮬레이션 결과이다. 통과대역에서의 주파수 특성은 통과대역내 삽입손실은 3 dB 이하 이고 통과대역내 정재파비는 2이하 (반사손실 -9.94 dB이하), 중심 주파수보다 480 MHz 낮은 주파수에서의 감쇠는 -34 dB 이상의 특성을 나타내고 있다.



(a)



(b)

그림 7. BPF의 시뮬레이션 결과
(a) BPF의 형상 (b) BPF의 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Simulation result of BPF. (a) Configuration of BPF (b) Simulation result of BPF

3. 저역통과 필터의 설계 및 시뮬레이션 특성

Fig. 8에 설계하고자 하는 저역 통과 필터의 구조로서 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. Fig. 9의 a)는 Fig. 8에 나타낸 필터 구조의 등가회로를 나타내는데, C_1은 전극 b와 아래 접지판에 의해, C_2는 전극 c와 아래 접지판에 의해 C_3은 전극 b′와 아래 접지판에 의해 구현된다. Fig. 9의 b)는 Fig. 9의 a)에 나타낸 스트립선로를 집중소자화한 등가회로 이다. 이때 L_{s1}, C_{s1}, L_{s2}, C_{s2}는 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 = 28.514Ω, 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.

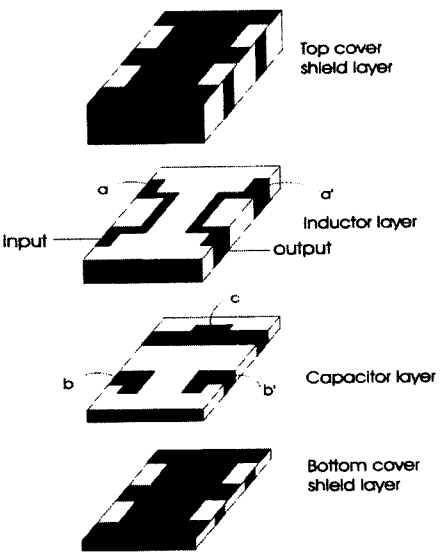


그림 8. 저역 통과 필터의 구조
Fig. 8. Structure of Low Pass Filter.

본 연구에서 설계하고자 하는 저역통과 필터는 수신대역의 2차 하모닉 제거용이다. 따라서, 차단 주파수

이하에서는 통과시키고 차단 주파수 이상에서는 차단시키는 이상적인 특성을 가질 필요가 없이 수신대역은 통과시키고, 통과대역의 2배 주파수 대역은 차단시키면 된다. 설계 사양의 통과대역은 수신대역을 의미하며 Fig. 8의 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. 10이다. Fig. 10의 a)는 $3.2\times4.5\times2$ mm^3 필터크기를 갖는 전체구조를 나타낸것이고 b)는 상대유전율이 43.3이고 Ag전극을 도체로 사용할 경우를 가정하여 설계된 필터의 시뮬레이션 결과이다. 통과대역에서의 주파수 특성은 통과대역내 삽입손실은 1.0 dB 이하이고 통과대역내 정재파비는 1.7 이하 (반사손실 -16.97 dB 이하), 중심 주파수의 2배의 하모닉에서의 감쇠는 -34dB 이상 특성을 나타내고 있다.

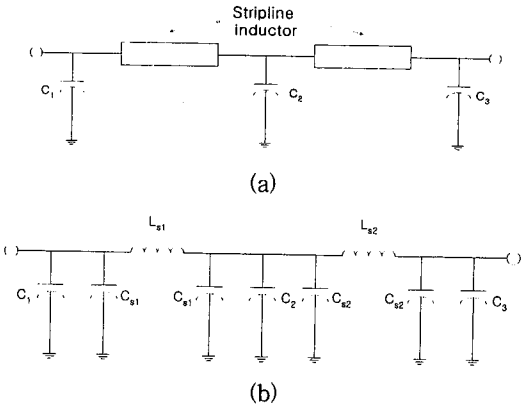
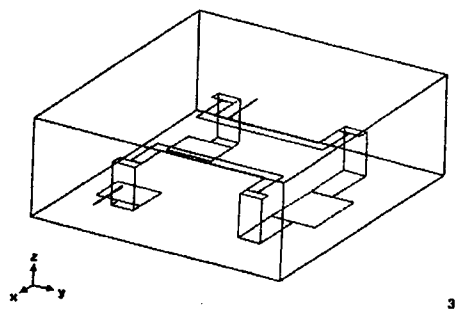
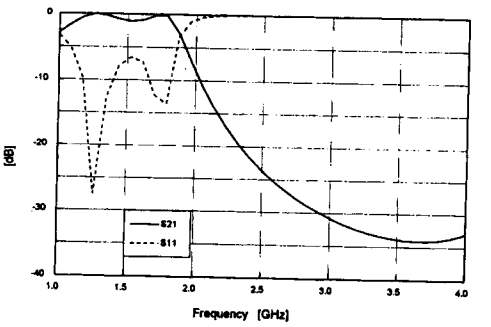


그림 9. 저역통과 필터의 등가회로
(a) 등가회로 (b) 집중소자 등가회로

Fig. 9. equivalent circuit of Low Pass Filter(LPF).
(a) equivalent circuit (b) Integrated equivalent circuit



(a)



(b)

그림 10. LPF의 시뮬레이션 결과
(a) LPF의 형상 (b) LPF의 시뮬레이션 결과

Fig. 10. Simulation result of LPF.
(a) Configuration of LPF (b) Simulation result of LPF

4. 제작된 LC필터의 특성

BNC3V7와 PVB계 바인더를 체적비 1:1의 비율로 첨가하여 slurry를 제조하였다. Tape caster를 이용해 60μm 두께의 green sheet를 제조하였다. 건조된 green sheet는 Ag 전극으로 설계된 패턴을 screen printing 방법으로 인쇄하였다. 인쇄된 Green sheet는 60℃로 예열한 후 200kg /cm^{2}의 압력으로 가압하여 적층칩 필터를 제작하였다. 제작된 칩 필터는 1℃/min.로 승온하여 300℃와 600℃ 에서 각각 6시간 동안 Binder burnout 한 후 900℃에서 2시간 소결하였다. 제작된 대역통과 필터와 저역통과 필터는 HP Vector Network Analyzer를 이용하여 제작된 적층 치구에 필터를 장착 시킨 후 측정하였다. 대역통과 필터의 측정 결과는 Fig.11에 나타내었으며 측정결과 통과대역내의 삽입 손실이 3.5 dB(측정치구의 손실 약 1 dB를 고려할 경우 삽입손실이 약 2.5 dB로 추정됨, 측정치구의 손실은 일본 Murada 제품의 측정결과로 측정된 수치임), 통과대역내 반사손실이 -15 dB 이하, 중심 주파수보다 480 MHz 낮은 주파수에서의 감쇠가 28.6 dB로 측정되었다. 중심 주파수가 설계 값보다 약 10 MHz 높게 측정되었지만 통과대역내 삽입손실은 측정지그의 손실 약 1dB를 고려하면 설계된 대역 통과 필터 시뮬레이션 특성값과 유사한 값을 얻을 수 있었다.

제작된 저역통과 필터의 측정 결과는 Fig. 12에 나타내었으며 측정결과 통과대역내의 삽입손실은 2.5 dB, 중심주파수의 2배 주파수의 감쇠는 52.3 dB로 측

정되었다. 중심주파수의 2배 주파수에서의 감쇠량은 설계사양(-34 dB)보다 더 큰 감쇠량을 나타냈으며, 통과대역내 삽입손실은 측정지그의 손실 약 1 dB를 고려하면 설계된 저역 통과 필터 시뮬레이션 특성값과 유사한 값을 얻을 수 있었다.

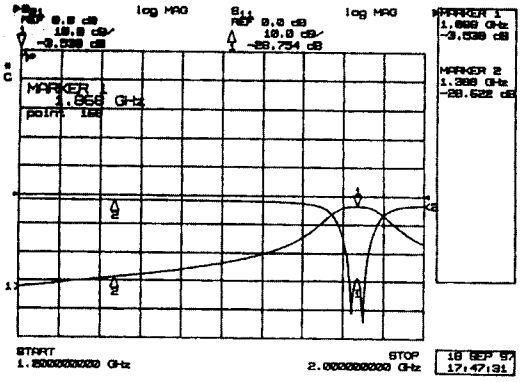


그림 11. 제작된 BPF의 측정 결과
Fig. 11. Measured result of manufactured BPF.

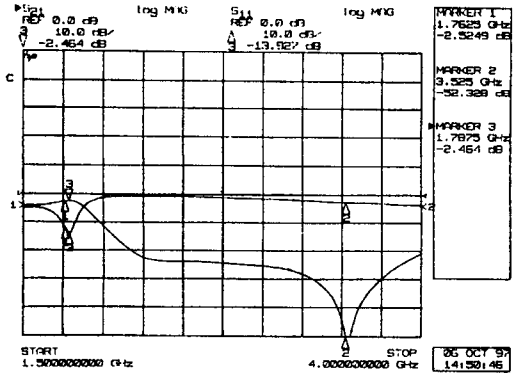


그림 12. 제작된 LPF의 측정 결과
Fig. 12. Measured result of manufactured LPF.

Ⅳ. 결 론

마이크로 대역에서 사용하는 $BiNbO_4$ (BN) 세라믹에 소결조제로 CuO와 V_2O_5를 첨가하여 유전 특성을 연구하였다. 이 유전체를 이용하여 PCS 대역에서 사용 가능한 적층칩 LC 필터를 설계하여 시뮬레이션하고 실제로 적층칩 필터를 Ag전극과 동시소성하여 제조한후 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BN 세라믹에 소결조제로 0.07wt%의 V_2O_5와 0.03wt% CuO을 첨가하여 제조한 BNC3V7 시편의 경우 Ag 전극과 동시소성이 가능한 900°C 에서 소결할수 있었고 유전상수 44.3, Qxf_o값 22,000 GHz, TCF값 2 ppm/℃의 유전특성을 얻을 수 있었다.

2. BNC3V7의 유전체에 Ag전극으로 인쇄한후 900°C에서 2시간 소결 하여 1840~1870 MHz의 통과대역을 갖고 중심주파수가 1.855 GHz에서 동작하도록 작동하는 적층칩 대역통과필터를 제조한 후 측정한 결과 통과대역내의 삽입 손실이 3.5 dB(측정치구의 손실 약 1 dB를 고려할 경우 삽입손실이 약 2.5 dB로 추정됨), 통과대역내 반사손실이 -15 dB 이하, 중심 주파수보다 480 MHz 낮은 주파수에서의 감쇠가 28.6 dB의 값을 얻을 수 있었다. 중심 주파수보다 480 MHz 낮은 주파수에서의 감쇠량은 설계사양을 만족하였고 통과대역내 삽입손실도 측정지그의 손실 약 1 dB를 고려하면 시뮬레이션 특성과 유사한 값을 얻을 수 있었다.

3. BNC3V7의 유전체를 이용 1750~1780 MHz의 통과대역을 갖고 차단주파수가 1.780 GHz에서 동작하는 적층칩 저역 통과 필터를 제조하여 주파수특성을 측정한 결과 통과대역내의 삽입손실은 2.5 dB, 중심주파수의 2배 주파수의 감쇠는 52.3 dB의 값을 얻을 수 있었다. 중심주파수의 2배 주파수에서의 감쇠량은 설계사양을 만족하였고 통과대역내 삽입손실도 측정지그의 손실 약 1 dB를 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, 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, 173-176. (1996).

[4] H.C.Ling, M.F.Yan, W.W.Rhodes,"High Dielectric Constant and Small Tem-

perature Coefficient Bismuth-Based Dielectric Compositions."J. Material. Res., 5, [8], 1752 (1990).

[5] R. S. Roth, J. L. Waring, "Phase Equilibrium Relations In The Binary System Bismuth Sesquioxide - Niobium Pentoxide.", J. Res. Nat. Bur. Stand., 66, [6], 45 (1962).

[6] B. Jaffe, W. R. Cook, H. Jaffe, "Piezoelectric Ceramics.", 224, Academic Press, New York (1971).

[7] H. C. Ling, M. F. Yan, W. W. Rhodes, "High Dielectric Constant And Small Temperature Coefficient Bismuth - Based Dielectric Compositions.", J. Mater. Res., 5, p1752 (1990).

[8] 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).

[9] B. W. Hakki, P. D. Coleman, "A Dielectric Resonator Method Of Measuring Inductive Capacitance In The Millimeter Range.", IRE. Trans., Microwave Theory Tech., 8, 402, (1960).

[10] Toshio Ishzaki, "A Very Small Dielectric Planar Filter for Portable telephone", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-42, 2017-2022, November (1994).

[11] Vittorio Cirilli, Aureloo Burdese, and Ceare Brisi, "System CuO-V_2O_5; subsolidus", Attri.Accad.Sci.Torino, 95. 15 (1961).

저 자 소 개

高 上 基(正會員)
1965年 11月 16日生. 1988年 성균관대학교 공대 금속공학과 졸업. 1990年 성균관 대학교 공대 금속공학과 석사학위 취득. 1990年 1月 ~ 1993年 11月 대우전자(주) 주임 연구원. 1993年 12月 ~ 1994年 8月 대우자동차(주) 대리. 1994年 9月 ~ 한국 과학 기술 연구원 세라믹 공정 센터 근무중. 1995年 3月 ~ 고려대학교 재료공학과 박사과정 재학중

朴 東 徹(正會員) 第 30卷 第 4號 A編 參照
현재 충남 대학교 전파공학과 교수

金 敬 龍(正會員) 第 32卷 第 3號 A編 參照
현재 한국과학 기술 연구원 세라믹 공정 센터 근무중

崔 煥(正會員) 第 32卷 第 3號 A編 參照
현재 한국과학 기술 연구원 세라믹 공정 센터 근무중