

BiNbO₄ 세라믹스를 이용한 태핑기법의 적층칩 대역 필터에 관한 연구

正會員 高上基*, 池基滿**, 金敬龍*

Experimental Fabrication of Tapped Band Pass Filter of BiNbO₄ ceramics

Sang-Ki Ko*, Ki-Mann Jee**, Kyung-Yong Kim* *Regular Members*

요 약

BN 세라믹에 소결조제로 0.07wt%의 V₂O₅와 0.03wt% CuO을 첨가 하였을 때 (BNC3V7) Ag 전극과 동시 소성이 가능한 900℃ 소결할 수 있었다. 이때 BNC3V7 시편은 유전상수 44.3, Qxf₀값 22,000 GHz, TCF 값 2 ppm/℃의 유전특성을 얻을 수 있었다. PCS 대역에서 사용 가능한 적층칩 대역 필터를 기존의 방법과 태핑기법에 의한 2가지 방법으로 설계하였다. 입출력 태핑 기법을 이용하여 필터를 제조할 경우 입출력 커플링을 이용한 기존방법에 비해 layer를 감소시킬 수 있어 구조가 간단해진다는 장점이 있다. 적층칩 대역 필터는 Tape casting한 후 Ag 전극을 이용하여 Screen printing하여 제작 하였다. 제작된 필터는 900℃에서 소결하여 설계된 필터와 특성 값을 비교 하였다. 태핑된 칩 필터와 기존 칩 필터 모두 중심주파수는 90MHz 낮은 주파수 대역으로 이동 하였지만 대역 통과 특성은 설계 값과 유사 하였다. 태핑된 칩 필터의 스푸리어스 특성은 기존 칩 필터에 비해 향상되었다.

ABSTRACT

BN ceramics with 0.07wt% V₂O₅ 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 of 2 ppm/℃ and Qxf₀ value of 22,000 GHz can be obtained from BNC3V7. multilayer type band pass filters using tapped method and conventional method were designed for PCS (Personal Communication System) applications. Tapped method by adopting input/output-tapping scheme the chip filter structure becomes simpler and needs fewer layers than that using the conventional input/output-coupling scheme. A multilayer type band pass filter 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

*한국 과학 기술 연구원

**충남대학교 전자공학과

論文番號:97408-1106

接受日字:1997年 11月 6日

ones. Even though the centered frequencies of tapped and conventional band pass chip filters were measured to shift about 90MHz downward, the band pass characteristics of both filters were similar that of designed ones. The spurious resonance characteristic of tapped band pass chip filter was better than that of conventional chip filter.

I. 서 론

전자산업의 발전과 정보화 시대로의 빠른 진입으로 인하여 이동통신기기의 사용이 급증하고 있는데 이러한 이동통신 수요의 주종은 휴대용 전화기로서 주로 UHF대역의 이동통신 단말기이며 현재 통화 수요 급증으로 인하여 1.9GHz 대역의 PCS대역의 단말기도 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 casting에 의한 소자의 다층화 기술 주목을 받고 있다. 이러한 적층칩 필터의 동작 원리나 설계방법은 잘 알려져 있다.^{1,2,3)} 그러나 이 기술을 이용 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 Ag나 Cu와 같은 높은 전기전도도를 가지는 금속을 사용하는 것이 유리하다. 이 중 Bi₂O₃-Nb₂O₅ 계 유전체는 그 자체가 가지는 상대적으로 낮은 소결온도(1,100℃)로 인해 주목을 받는 재료이다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 Bi₂O₃와 Nb₂O₅가 1:1 mol 비 조성인 BiNbO₄ 유전체에 소결조제로 CuO와 V₂O₅를 첨가하여 Ag(961℃)와 동시소결이 가능한 875~950℃의 온도범위에서 소결시켜 소결온도의 변화에 따른 소결거동과 마이크로파 대역에서의 유전특성을 조사하였다. 또한 적층칩 필터는 크기가 매우 작고 각층에 프린팅된 전극의 미세한 변화에도 필터 특성이 확연히 달라질뿐만 아니라 제작과정중 소결과정에서 17% 내지 19% 정도 수축 현상이 발생하기 때문에 원하는 특성을 갖는 필터를 제작하기가 매우 어렵다. 따라서 제작이 용이하도록 단순한 구조를 갖는 필터가 요구된다. 따라서 논문에서는 참고문헌⁶⁻⁸⁾에서 소개된 방법, 즉 공진기에 직접 입출력 단을 태핑함으로써 다

섯개의 층으로 구성된 기존의 필터를 4개의 층으로 구성된 필터로 개선하였다. 개선된 적층칩 필터를 PCS를 위해 1.865 GHz에서 동작하도록 설계하였는데 이 필터의 특징은 층의 수를 줄임으로써 구조가 간단해 제작이 보다 쉽고 스프리어스 공진 특성이 기존의 필터보다 좋다는 것이다. 기존의 필터에 태핑 기법을 적용하기 위해 공진기의 집중형 소자 등가 모델을 이용하였다. 또한, PCS(Personal Communication System)를 위해 1.865 GHz에서 동작하도록 5개층으로 구성된 기존의 필터 제조방법으로 대역 통과 필터를 설계하였다. 설계된 기존의 방법과 태핑기법으로 설계된 적층형 대역필터를 Tape casting과 Screen printing에 의해 제작하여 소결한후 특성을 비교 검토하였다.

II. 실험 방법

1. 원료물질의 제조

본 실험에 사용한 원료물질은 Bi₂O₃, Nb₂O₅, V₂O₅, CuO (99.9%, 日, 고순도 화학)를 사용하였다. Bi₂O₃, Nb₂O₅를 mol 비로 1:1이 되도록 평량 한 후 에탄올 중에서 24 시간 습식으로 혼합하였다. 혼합 완료 후 전기오븐에서 건조시킨 다음 전기로에서 5℃/min.의 승온속도로 800℃, 2 시간의 조건으로 하소하였다. 하소한 분말에 소결조제로 0.03 wt% CuO(99.9%, 日, 정동화학)와 0.07 wt% V₂O₅ (99.9%, 日, 고순도 화학)를 첨가한 다음 하소한 때와 동일한 조건으로 24 시간 습식 재분쇄하여 건조한 후 5wt% PVA 수용액을 결합제로 첨가하였다. BN 세라믹의 조성의 소결성과 유전특성을 조사하기 위해 직경이 15mm인 disk형 mold에서 600 kg/cm²의 압력으로 성형 하였다. 소결은 대기중에서 5℃/min.의 속도로 승온하여 875℃-950℃의 온도범위에서 2 시간 유지한 후 5℃/min. 속도로 냉각하였다. 마이크로파 대역에서의 유전특성은 원주상의 시편을 평행한 두개의 도체 판 사이에 삽입한 다음 TE₀₁₁ 모드의 공진특성곡선을 얻어 유전체의 비유전율(ϵ_r)과 품질계수(Q)를 계산하는 Haggi-

Coleman 법⁹⁾을 이용하였다. 그리고 공진주파수의 온도계수(TCF)는 알루미늄으로 만든 cavity 공진기내에 시편을 넣고 상온과 65℃에서의 공진주파수 f_{25} 와 f_{65} 를 측정하여 다음의 식으로 계산하였다.

$$TCE = \frac{1}{f_{25}} \times \frac{(f_{65} - f_{25})}{40} \times 10^6 \text{ (ppm/}^\circ\text{C)}$$

Filter의 제조방법은 Fig. 1의 특성평가 흐름도에 따라 제조하였다. BN Ceramic과 binder solution은 체적 % 1:1비율로 혼합하여 slurry를 제조한 후 Ceramic green sheet는 일반적인 Doctor blade방법에 의해 Tape casting 하였다. 24시간 건조된 sheet의 두께는 약 60 μm 이었고 Ag 전극으로 Screen printing 하였다. 인쇄된 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. 기존의 방법과 태핑기법으로 설계된 적층형 대역필터는 Hewlett Packard사의 Vector network analyzer(model: 8510C)로 측정하여 평가하였다.

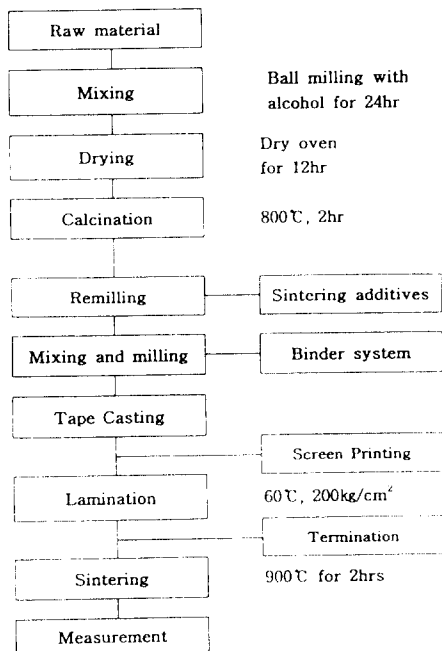
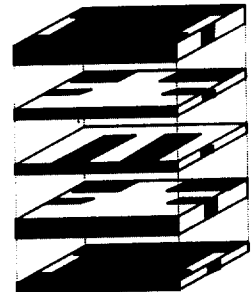


그림 1. 실험 순서도
Fig. 1 Flow chart of experiment

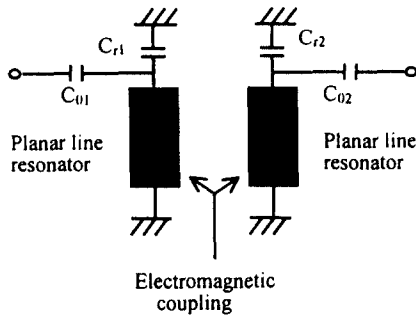
2. Filter의 설계방법

Fig. 2(a)는 다섯개의 층으로 구성된 기존의 필터 구조를 보여주고 있는데 검은색으로 나타낸 부분은 세라믹 층 위에 프린팅되고 소결된 도체 전극을 나타낸다. Fig. 2(b)는 Fig. 2(a)의 구조를 등가회로로 표현한 것이다. 태핑된 공진기를 이용한 개선된 필터의 구조가 Fig. 3에 나타나 있는데 공진기의 폭과 길이는 기존 필터의 공진기와 같다. 기존의 필터에 태핑기법을 적용하면 통과대역이 넓어지는 경향이 있는데 이를 보상하기 위해 공진기의 간격을 넓게 하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 필터와 개선된 필터의 공진기의 간격이 각각 1.2 mm, 1.3 mm가 되도록 설계하였다. 공진기의 길이, 폭, 각 도체 전극 사이의 거리 등은 참고문헌³⁾에서 소개된 방법에 의해 결정된다. 기존의 필터와 개선된 필터의 구조를 비교해보면 기존의 필터는 네개의 도체 전극이 프린팅된 두개의 커플링 커패시터 층을 가지고 있고 개선된 필터는 두개의 도체 전극이 프린팅된 한개의 커플링 커패시터 층만으로 구성되어 있어 구조가 간단한 것을 알 수 있다. 태핑 기법을 기존의 필터에 적용하면 통과대역이 높은 주파수 방향으로 이동하기 때문에 기존의 필터와 통과대역을 같도록 설계하기 위해서는 공진기 개방면쪽에 위치한 커플링 커패시터 층의 도체 전극을 크게 설계하여야 한다. 태핑 위치의 변화에 대한 주파수 통과 특성을 살펴보면 탭점이 공진기의 단락쪽으로 가까워질수록 통과대역의 리플이 커지고 공진기의 개방면쪽으로 가까워질수록 통과대역 리플이 작아지는 것을 알 수 있다. Fig. 4는 공진기의 탭점을 계산하기 위해 나타낸 공진기의 등가회로이다.

Shield layer
Coupling capacitor layer
Planar line layer
Coupling capacitor layer
Shield layer



(a) 기존필터의 구조
(a) Structure of the conventional laminated chip filter



(b) 등가 회로
(b) Equivalent circuit

그림 2. 기존필터의 구조와 등가 회로
Fig. 2 Structure of the conventional laminated chip filter and Equivalent circuit

$$Y_a = -j \frac{1}{Z_o} \cot\left(\frac{d}{v_g} \omega\right)$$

$$Y_b = j \frac{1}{Z_o} \left[\frac{\omega C_L Z_o + \tan\left\{\frac{(L-d)}{v_g} \omega\right\}}{1 - \omega C_L Z_o \tan\left\{\frac{(L-d)}{v_g} \omega\right\}} \right]$$

$$Y_{in} = Y_a + Y_b = jB \tag{1}$$

여기서 d 는 공진기의 단락면에서부터 탭점까지의 거리이고 L 은 공진기의 실제적인 길이, v_g 는 필터내에서의 웨이브 전파 속도, ω 는 각주파수, Z_o 는 공진기의 임피던스이다. 공진기의 익스터널 Q 즉 Q_e 는 다음과 같다.

$$Q_e = Rb \tag{2}$$

여기서 $b(= \frac{\omega_o}{2} \frac{dB}{d\omega} \Big|_{\omega=\omega_o})$ 는 식(1)로부터 계산되는 서셉턴스 슬롭 파라미터이고 R 은 소스의 임피던스이다. 필터의 익스터널 Q를 구하는 방법중 J-인버터를 이용한 대역통과 필터의 익스터널 Q는 다음과 같이 정의된다.¹⁰⁾

$$Q_e = \frac{g_o g_1 \omega_i}{W} \tag{3}$$

여기서 g_o 와 g_1 은 프로토타입 저역통과 필터의 소자 값이고 ω_i 은 1, W 는 필터의 프랙셔널 대역폭이다. 위 식(1)과 식(2)로부터 계산된 탭점 d 는 1.002 mm이며 사용된 각 파라미터의 값은 $L=4.04$ mm, $v_g=4.5486 \times 10^7$ m/s, $C_L=3.88$ pF, $Z_o=15.22 \Omega$, $R=50 \Omega$, $g_o=1$, $g_1=1.0378$, 그리고 $W=0.0161$ 이다.

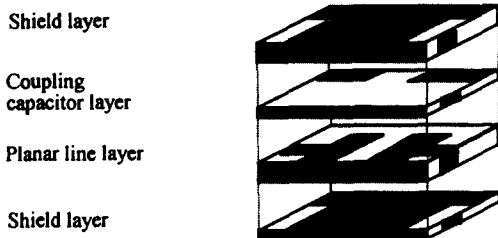


그림 3. 태핑된 공진기를 이용한 필터구조
Fig. 3 Structure of the proposed tapped-resonator chip filter

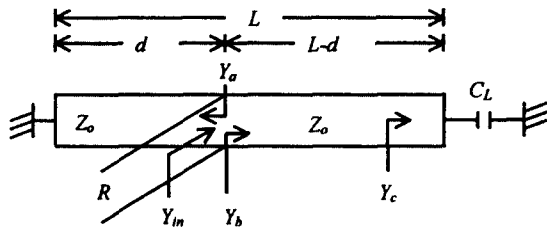


그림 4. 태핑된 공진기의 등가 회로
Fig. 4 Equivalent circuit of the tapped resonator

공진기의 탭점은 필터의 익스터널 Q와 관계가 있다. 공진기의 익스터널 Q 값을 구하기 위해 공진 주파수 부근에서 Fig. 4에 나타난 등가회로의 탭점에서의 입력 어드미턴스를 구하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

III. 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 공

존하는 경우에는 CuO와 eutectic melting이 일어나 650°C 온도 이하에서 액상이 형성됨을 알 수 있다.¹¹⁾ 따라서 CuO 0.03wt%, V₂O₅ 0.07wt% 첨가하여 BNC3V7 시편을 제작한 후 유전 특성을 비교 검토하였다. BNC3V7 조성의 시편에 대해 소결온도 변화에 따른 유전 상수의 변화는 Fig. 5에 나타내었고 Qxf₀값의 변화는 Fig. 6에 나타내었다.

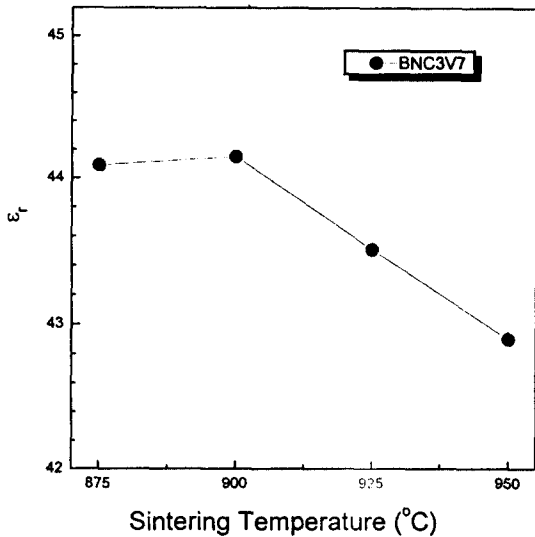


그림 5. BNC3V7 시편의 소결온도에 따른 유전 특성.
Fig. 5 ε_r as a function of sintering temperature for BNC3V7 specimen.

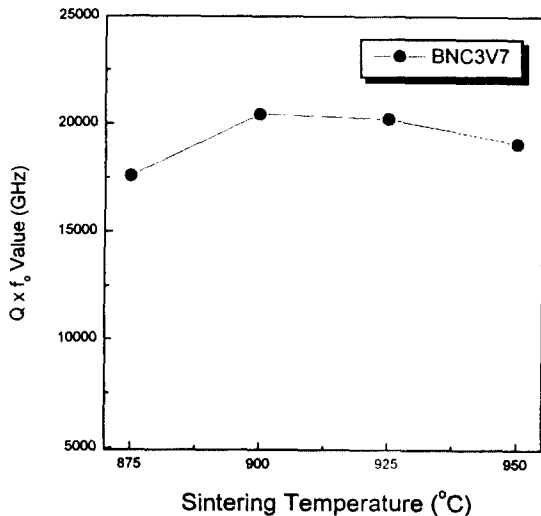


그림 6. BNC3V7 시편의 소결온도에 따른 Qxf₀ 값.
Fig. 6 Qxf₀ value as a function of sintering temperature for BNC3V7 specimen

그림에서 보는바와 같이 875°C에서 소결이 완전하게 진행되어 유전율 43이상, Qxf₀값 15,000 이상의 값을 나타내었다. BNC3V7 시편의 경우 유전율은 소결 온도 변화에 따라 감소 폭이 작은 반면 공진 주파수 (f₀) 6~7 GHz에서 측정된 Qxf₀값의 경우 소결온도 900°C에서 최대 값을 가지다가 소결온도가 증가함에 따라 약간 감소함을 보여준다. 이러한 현상은 소결온도 900°C에서 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. BNC3V7의 경우 Ag전극의 확산으로 인한 손실 없이 Ag전극과 유전체 세라믹이 동시 소성이 가능한 소결온도 900°C에서 3가지 시편 중 유전율 44.3 Qxf₀값 22,000 GHz의 최대 값을 나타내었다. 또한 소결온도에 따른 유전율과 Qxf₀값이 변화도 소결온도 950°C까지 일정하였으나 그이상의 소결 온도에서는 유전상수와 Qxf₀값 급속히 감소하였는데 이 현상은 abnormal grain의 성장과 관계가 있었다. Fig. 7은 BNC3V7 시편을 소결 온도에 따른 온도 계수를 나타내는 그림이다.

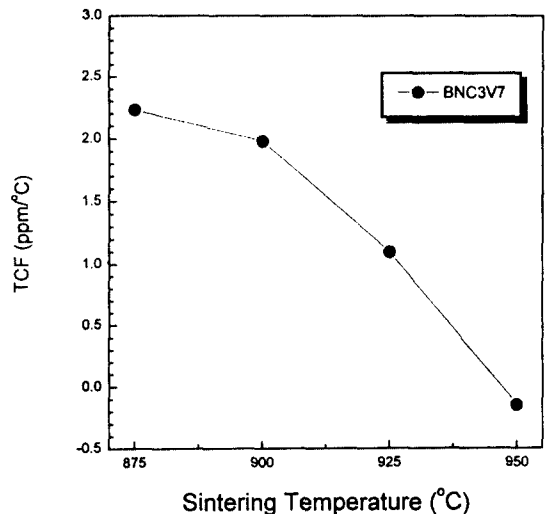


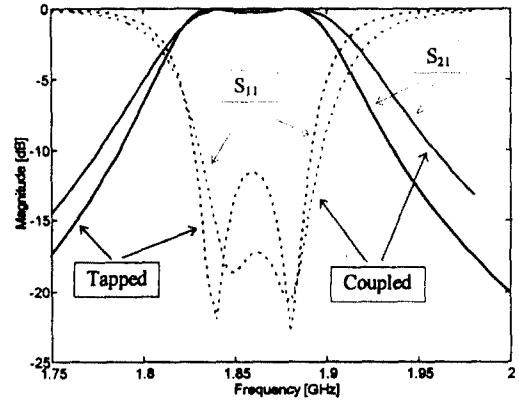
그림 7. BNC3V7 시편의 소결온도에 따른 TCF 값.
Fig. 7 TCF as a function of sintering temperature for BNCV3 specimen.

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 분석결과에서 소결온도가 증가함에 따라 저온 안정상인 사방정의 피크들이 고온안정상인 삼방정 피크쪽으로 이동하는 상전이 과정과 관계가 있었다. 소결조제로 0.07wt% V₂O₅와 0.03wt% CuO 첨가하여 만든 BNC3V7 시편을 제조하여 소결온도에 따라 유전특성을 연구한 결과 Ag전극과 동시소결이 가능한 900℃에서 유전 상수 44.3, Qxf₀값 22,000 GHz, TCF 값 2 ppm/℃의 우수한 유전 특성을 얻을 수 있었다.

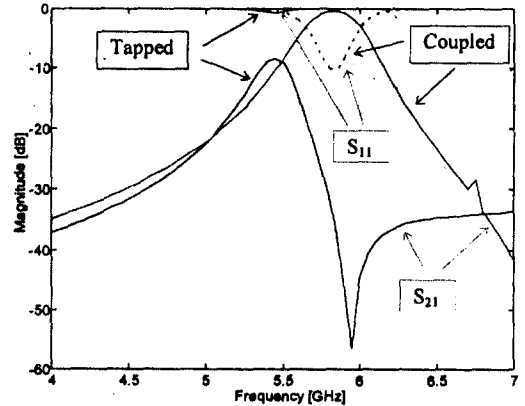
2. 필터 특성

그림 2(a)와 그림 3의 구조로 30 MHz의 통과대역을 갖고 중심주파수 1.865 GHz에서 동작하는 2개의 공진기를 갖는 체비셰프타입 대역통과 필터를 설계하고 제작하였다. Fig. 8은 설계된 2가지 필터의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시뮬레이션 결과로부터 태핑기법을 이용한 필터의 주파수 특성을 보면 통과대역에서 약간 큰 리플을 가지면서 저지대역에서 경사가 큰 것을 볼 수 있다. 공진기의 탭점이 단락면쪽으로 접근하면 통과대역의 리플이 커지고 개방면쪽으로 접근하면 통과대역의 리플이 작아지는 것을 알 수 있는데 탭점을 개방면쪽으로 약간 이동시키면 통과대역에서 두 필터의 주파수 특성이 더 일치할 것으로 생각된다. 두 필터의 첫번째 스푸리어스 공진 특성이 Fig. 8(b)에 나타나 있다. 공진기의 길이가 λ/4이기 때문에 중심주파수의 약 세배되는 주파수에서 스푸리어스 공진이 일어나는 것을 알 수 있는데 태핑기법을 이용한 필터의 삽입손실이 약 8 dB정도 더 낮은 것을 알 수 있다.

BNC3V7와 PVB 계 바인더를 체적비 1:1의 비율로 첨가하여 slurry를 제조 하였다. Tape caster를 이용해 60μm 두께의 green sheet를 제조 하였다. 건조된 green sheet는 Ag 전극으로 기존방법과 태핑 기법을 이용한 설계패턴을 이용 각각 screen printing하였다. 인쇄된



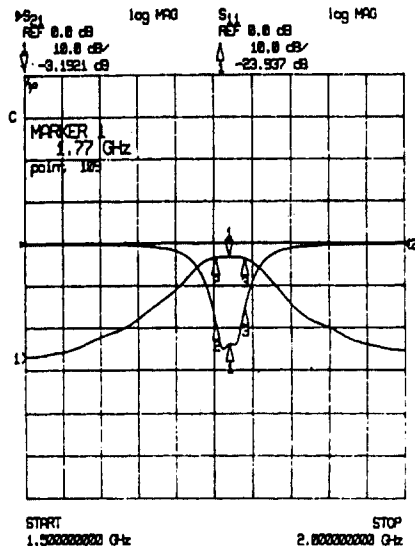
(a) 통과 대역의 특성
(a) Characteristics at passband



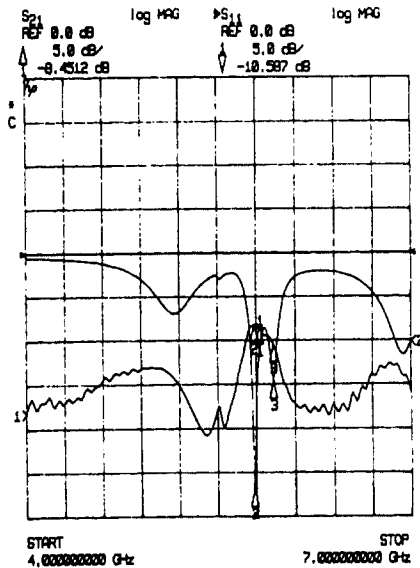
(b) 스푸리어스 공진 특성
(b) Spurious resonance characteristics

그림 8. 기존필터와 태핑된 필터의 시뮬레이션 특성
Fig. 8 Simulation of tapped and conventional filter characteristics

Green sheet는 60℃로 예열한 후 200kg/cm²의 압력으로 가압하여 칩 필터를 제작 하였다. 이때 기존방법에 의해 의한 칩필터는 5매의 인쇄된 Green sheet을, 태핑방법에 의한 칩필터는 4매의 인쇄된 Green sheet을 사용하여 dummy sheet와 조합하여 적층하였다. 제작된 칩 필터는 1℃/min.로 승온하여 300℃와 600℃에서 각각 6시간 동안 Binder burnout 한 후 900℃에서 2시간 소결 하였다. 기존의 필터와 태핑기법을 이용한 필터의 대역통과 필터의 주파수 특성은 0.2 dB의 통과대역 리플, 30 MHz의 통과대역, 1.865 GHz의 중



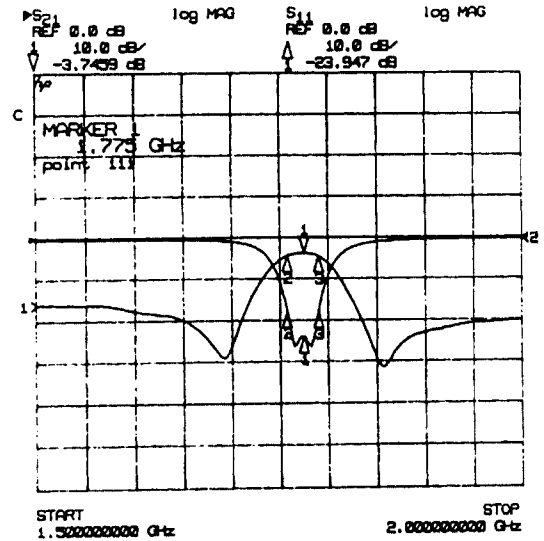
(a) 통과 대역의 특성
(a) Pass band responses of the conventional filter



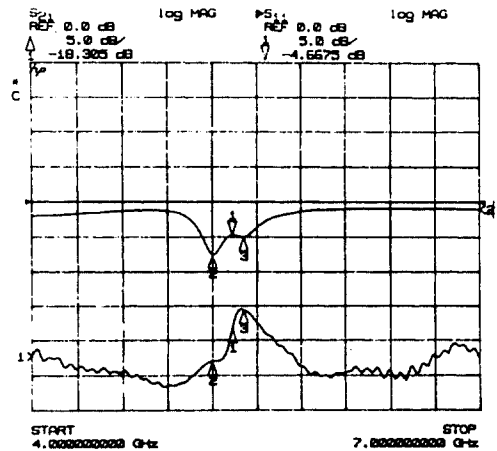
(b) 스퓨리어스 공진 특성
(b) Spurious responses of the conventional filter

그림 9. 기존필터의 측정 결과
Fig. 9 Measured results of conventional filter

심주파수를 갖도록 제작하였다. 실제로 제작된 기존 필터의 설계방법에 따른 주파수 특성은 Fig. 9에 태핑 기법을 이용한 필터의 대역통과 필터의 주파수 특성은 Fig. 10에 나타 내었다.



(a) 통과 대역의 특성
(a) Pass band responses of the tapped-resonator filter



(b) 스퓨리어스 공진 특성
(b) Spurious responses of the tapped-Resonator filter

그림 10. 태핑된 필터의 측정 결과
Fig. 10 Measured results of tapped filter

측정한 결과 두필터의 중심 주파수는 1.77GHz이고 삽입손실은 4dB 이하 였다. 기존의 필터와 태핑기법을 이용한 필터의 대역통과 필터의 측정된 주파수 특성은 Table 1에 나타내었다. 중심주파수가 약 90 MHz 정도 저주파 대역으로 이동했지만 통과 대역의 주파수 특성과 스푸리어스 주파수 특성은 설계된 필터특성과 유사한 거동을 나타내었다.

표 1. 기존필터와 태핑된 필터의 특성 측정

Table 1. Measured Characteristics of Conventional Filter and Tapped Filter

Simulation	Conventional Filter	Tapped Filter
Center frequency (GHz) 1.865(f_0)	1.77	1.775
Frequency Bandwidth 30MHz	30	30
Insertion Loss (dB) 3.0 max.	3.2	3.9
Insertion Loss at $3f_0$ (dB)	8.45	18.3

또한 태핑 기법을 통해 대역통과 필터를 제조한 경우 Fig. 10(b)에서 알 수 있듯이 공진기의 길이가 $\lambda/4$ 이기 때문에 중심주파수의 약 세배되는 주파수에서 발생하는 스푸리어스 공진에서 삽입손실이 18.3dB 이었다. 기존방법에 의해 설계한 경우는 Fig. 9(b)에 나타나 있는 바와 같이 삽입손실이 8.45 dB로 태핑 기법을 통해 대역통과 필터를 제조한 경우 기존방법에 의해 설계한 경우보다 스푸리어스 공진 주파수의 삽입손실이 약 10dB 감소 하였음을 알수있다. 따라서 실제로 태핑기법을 이용한 필터를 제조할 경우 기존의 방법에 비해 구조가 훨씬 간단하고 스푸리어스 주파수 공진 주파수의 특성을 개선할수 있었다. 두종류 필터 모두에서 통과 대역의 중심 주파수가 90MHz 저주파수 대역으로 이동한 것은 소결과정에서 중심 주파수를 결정하는 커플링 커패시터 층이 설계된 것보다 얇아져 일어난 현상으로 생각되며 커플링 커패시터층의 두께에 매우 민감함을 알 수 있었다.

IV. 결 론

마이크로 대역에서 사용하는 BiNbO₄ (BN 세라믹)에 소결조제로 CuO와 V₂O₅을 첨가하여 유전 특성을 연구 하였다. 이 유전체를 이용하여 PCS 대역에서 사용 가능한 적층칩 대역 필터를 기존의 방법과 태핑기법에 의한 2가지 방법으로 설계 및 제작하여 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BN 세라믹에 소결조제로 0.07wt%의 V₂O₅와 0.03wt% CuO를 첨가 하여 제조한 BNC3V7 시편의 경우 Ag 전극과 동시소성이 가능한 900℃ 소결할수 있었다. 이때 BNC3V7 시편은 유전상수 44.3, Qxf₀값 22,000 GHz, TCF값 2 ppm/℃의 유전특성을 얻을 수 있었다.
2. 입출력 태핑 기법을 이용하여 필터를 설계할 경우 입출력 커플링을 이용한 기존방법에 비해 통과 대역의 주파수 특성 저하없이 layer를 감소시킬수 있어 구조가 간단하게 설계할수있었다.
3. BNC3V7 조성을 Tape casting에 의해 sheet를 제조한후 Ag 전극을 이용하여 Screen printing하여 적층칩 대역 통과 필터를 제조 하였다. 이 칩 필터들을 900℃에서 2시간 소결 하여 통과 대역의 특성을 평가한 결과 태핑기법을 이용한 대역 필터와 기존 방법을 이용한 대역필터 모두 중심 주파수 1.77GHz, 통과 대역 30MHz, 삽입손실 4.0dB이하로 대역통과 특성은 유사 하였다.
4. 태핑기법을 이용한 대역 필터의 경우 중심 주파수 3배되는 주파수에서의 스푸리어스 공진 특성을 측정한 결과 삽입손실이 18.3dB로 기존방법으로 제조한 경우 8.45dB에 비해 약 10dB감소 하였다. 즉 기존방법으로 제조한 경우 보다 태핑기법을 이용한 경우 스푸리어스 공진 특성을 개선할 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, 1996, pp. 173-176.
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], 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. Jeong-Il Park and Dong-Chul Park, "Tapped microstrip bandpass filter using both half-wavelength resonators and step impedance resonators," in 3rd Asia-Pacific Microwave Conference Proc., Tokyo, 1990, pp. 439-441.
7. E. G. Cristal, "Tapped-line coupled transmission lines with applications to interdigital and combline filters," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-23, pp. 1007-1012, Dec. 1975.
8. Wong, J. S., "Microstrip tapped-line filter design," IEEE Trans. on Microwave Theory Tech., vol. MTT-27, No. 1, pp. 44-50, Jan. 1979.
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.
10. G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance Matching Networks, and Coupling Structures*, Artech House, 1980.
11. Vittorio Cirilli, Aurelo Burdese, and Ceare Brisi, "System $\text{CuO-V}_2\text{O}_5$:subsolidus", *Attri. Accad. Sci. Torino*, 95. 15 (1961).



고 상 기(Sang-Ki Ko) 정회원
 1988년: 성균관대학교 공대 금속
 공학과(공학사)
 1990년: 성균관대학교 공대 금속
 공학과 졸업(공학석사)
 1990년~1993년 11월:대우전자 주
 임 연구원
 1993년 12월~1994년 8월:대우 자
 동차 대리

1994년 9월~현재: 한국 과학 기술 연구원 세라믹 공
 정 센터 근무중

1995년 3월~현재: 고려대학교 재료공학과 박사과정
 재학중

※주관심분야: 마이크로파 유전체 및 칩필터 제조



지 기 만(Ki-Mann Jee) 정회원
 1996년 2월: 충남대학교 전자공학
 과(공학사)
 1998년 2월: 충남대학교 전자공학
 과 대학원(공학석사)
 1998년~현재: 충남대학교 전자공
 학과 대학원 박사
 학위 과정

※주관심분야: 마이크로파 및 밀리미터파 수동부품
 설계, 전파 및 전자기 해석

김 경 용(Kyung-Yong Kim) 정회원
 한국통신학회지 제20권 제5호 참조