한국전기전자재료학회 2001년도 하계학술대회 논문집

적층형 유전체 필터를 위한 저온 소결용 마이크로파 유전체 유전특성

The Microwave Dielectric properties of Low Temperature Firing Temperature Ceramics for Multilayer Dielectric Filter

윤 중 락, 이 헌 용, 이 석 원

(Jung Rag Yoon, Heun-Young Lee, Serk-Won Lee*)

Abstract

In the composition of $0.16BaO - 0.15(Nd_{0.87}Bi_{0.13})_2O_3 - 0.69TiO_2$ + Glass [EG-2782] 3wt% addition sintered at 1080℃, we could obtained microwave properties of dielectric constant ε_r = 80.1, quality factor Q ×f = 810 (at 3.5 GHz]) and temperature coefficient of resonant frequency τ_f = -1.3 [ppm/℃]

Key Words : Microwave properties, Dielectric constant, Quality factor, Low sintering

1. 서 론

최근에는 이동통신기기의 소형, 경량화를 위해 전자부품의 소형화, 고성능화, SMD(Surface Mounted Devices)화가 필수적으며 마이크로파 유전체가 이용되는 이동 통신용 부품으로는 듀플렉서, 대역통과필터, 다층 VCO(Voltage Controlled Oscillator), 안테나등과 고주파 적층 세라믹 콘덴서 및 적층 인덕터가 주류를 이루고 있다.[1] 특히, 이동통신기기의 핵심부품인 필터, 듀플렉서, 공진기, 안테나 등의 공진소자는 소형화가 곤란했던 부품이었으나 고주파용 유전재료의 적용으로 소형화 및 성능 향상을 구현 할 수 있다.

고주파에서 이용되는 적층형 chip 부품을 제작하기 위해서는 내부도체금속의 저항에 의한 손실이 소자의 성능에 큰 영향을 끼치므로 내부도체금속은 Ag나 Cu와 같은 높은 전기전도도를 가지는 금속을 사용하는 것이 유리하다. 하지만 대부분의 고주파 유전재료의 경우 소결온도 범위가 1200 ~ 1600℃로 Ag (961℃) 나 Cu (1064℃)의 용융점보다 매우 높으므로 기존의 고주파 유전체를 사용하는 것이 불가능하다. 따라서 기존의 재료에 소결 조제를 첨가하여 소결 온도를 낮추거나 저온 소결형 유전체 재료를 개발하여 Ag 나 Cu와 동시 소성이 가능토록 하기 위한 연구가 진행되고 있다 본 논문에서는 참고문헌[2]을 통하여 높은 유전율을 가지는 것으로 알려진 $0.16BaO-0.15(Nd_{0-.87}Bi_{0.13})_2O_3-0.67TiO_2$ 조성에 저융점의 glass를 첨가하여 glass 첨가량 및 소성온도에 따른 마이크로파 유전특성을 조사하였다.

* 삼화콘덴서 연구소

경기도 용인시 남사면 북리 124

E-mail : yoonjungrag@yahoo.co.kr

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 출발원료는 공업용 원료인 $BaTiO_3$, TiO_2, $Bi_2O_3 \cdot 2TiO_2$, $2Nd_2O_3 \cdot 5TiO2$ (USA, Ferro 社)를 사용하였으며 소결조제로 사용한 glass는 EG 2782(USA, Ferro 社)로서 열창계수가 6[ppm/℃]이고 전이점은 650℃로 glass 주조성은 $CaO-SiO_2-B_2O_3$ 이다.

주조성은 $0.16BaO-0.15(Nd_{0-.87}Bi_{0.13})_2O_3-0.67TiO_2$로써 원료를 칭량한 후 순수물을 분산매로하여 지르코니아 볼로 24시간 습식혼합 분쇄하였다.

슬러리를 건조하여 1100℃에서 각 2시간 동안 하소하여 합성하였다. 하소및 건조한 분말에 glass를 1~ 10wt% 첨가 후 혼합시와 동일한 조건으로 24시간 동안 습식 재분쇄 하여 건조 한 후 PVA 수용액을 첨가하여 200mesh체로 체거름한 후에 직경이 15mm인 금속제틀에서 1.0 [ton/㎠]의 압력으로 성형하였다. 소결은 공기 중에서 승온속도 300℃/h로 하여 1020~1110℃에서 2시간 유지한 후 로냉하는 방법을 택하였다. 소결시편의 표면을 디이아몬드 페이스트를 이용하여 연마한 후에 XRD로 형성된 상을 분석하였으며 시편의 밀도는 아르키메데스법으로 측정하였다. 고주파 유전특성은 두장의 은판 사이에서 TE_{011}공진모드를 이용한 Hakki와 Coleman의 방법3으로 측정하였다. 공진주파수의 온도계수 측정은 Cavity법으로써 측정시 열팽창계수를 고려하여 은도금을 한 세라믹스을 이용하였으며 25℃부터 80℃의 온도범위에서 공진주파수 변화를 측정하여 공진주파수 온도계수를 계산하였다

3. 결과 및 고찰

그림 1은 $0.16BaO-0.15(NdO_{0-.87}Bi_{0.13})_2O_3-0.67TiO_2$ 세라믹스의 glass함량에 따른 XRD 결과로써 소결조건은 1050℃에서 2시간 소결하였다. 분석결과 Kolar 등이[3] 제시한 Phase diagram과 동일한 사방정이 주상을 이루며 주로 $BaO-Nd_2O_3-5TiO_2(BaNd_2Ti_5O_{14})$ $Nd_2Ti_2O_7$상이 나타난다. 화학양론성을 유지하기 위해 이차상으로서 $Ba_2Ti_9O_{20}$,$BaTi_4O_9$ 및 TiO_2상 등이 다수 존재함을 볼 수 있다.

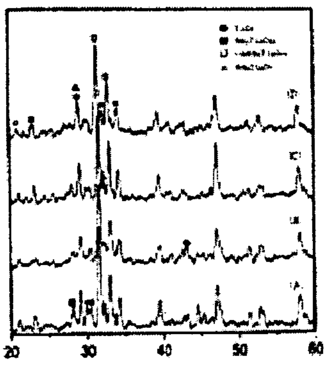

그림 1. XRD 결과

그림 2는 glass함량 및 소결온도에 따른 밀도의 변화로서 glass함량이 5wt% 이하의 경우 소결온도의 증가에 따라 소결밀도가 증가함을 볼 수 있다. glass함량에 따른 소결밀도의 경향을 보면 저온에서는 glass함량이 증가할수록 소결밀도가 증가되나 소결이 완료된 온도에서의 최종 소성밀도는 glass함량이 적을수록 밀도가 증가함을 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 glass 첨가량이 증가됨에 액상 생성량이 증가하여 저온에서는 소결밀도를 증가시키나 소성이 완료된 온도에서는 glass를 첨가하지 않고 1350℃에서 소결한 시편의 밀도 5.93 g/㎤ 보다 소결밀도가 낮은 glass (이론밀도 : 2.98g/㎤)상이 존재함으로써 나타나는 결과로 예상된다.

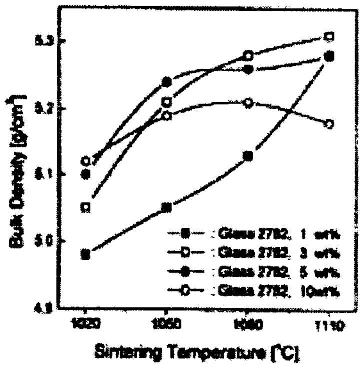

그림 2. 소결온도 및 첨가량에 따른 밀도

그림 3은 glass함량 및 소결온도에 따른 유전율의 변화로서 첨가량 및 소결온도에 따른 유전율의 경우 소결온도가 1020℃인 경우에는 첨가량이 증가할수록 유전율이 증가한다. 이와 같은 결과는 소결밀도 경향과 유사함을 볼 수 있다. 반면에 소결온도가 1050℃이상인 경우에는 첨가량이나 소결온도 변화에 의한 유전율의 변화가 크지 않으며 소결밀도의 경향과 유사하지 않음을 볼 수 있다. 일반적으로 유전율의 경우 조성에 의한 영향이 큰 것으로 알려져 있으며 본 조성의 경우에서도 소결이 어느 이상 진행되면서 유전율의 낮은 $Ba_2Ti_9O_{20}$, BaT_4O_9 등이 유전율의 높은 $BaO - Nd_2O_3 - 5TiO_2$상으로 변화되면서 밀도에 의한 영향을 상쇄시킴으로서 나타나는 결과로 예상된다.

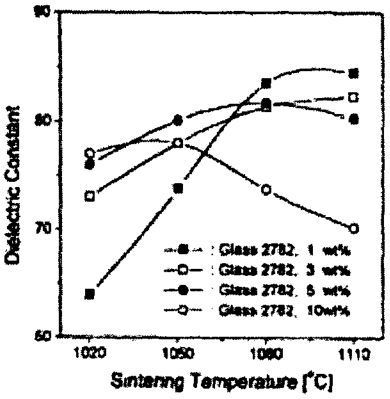

그림 3. 소결온도 및 첨가량에 따른 유전율

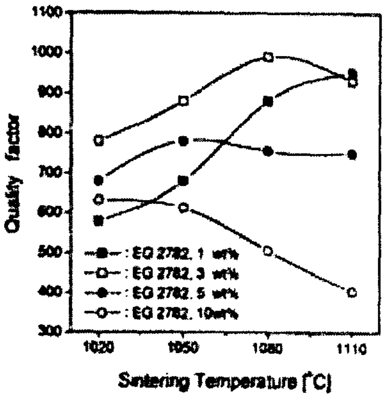

그림 4. 소결온도 및 첨가량에 따른 품질계수

그림 4는 glass 함량 및 소결온도에 따른 품질계수의 변화로서 glass함량이 3wt%이하까지는 소결 온도가 증가함에 따라 품질계수가 증가하는 양상을 볼 수 있다. 그러나 5wt%의 경우에는 소결온도에 따른 변화가 크게 나타나지 않으며 10wt% 첨가시는 소결온도 증가에 따라 감소함을 볼 수 있다. 이와 같은 결과가 그림 2의 소결밀도의 양상과 유사한 것으로 보아 소결밀도와 연관성이 있는 것으로 예상되지만 미세구조 및 이차상에 의한 영향도 클 것으로 예상된다. glass 첨가량에 따른 품질계수는 소결이 완전히 진행된 경우 glass 함량이 적을수록 큰 값을 나타냄을 볼 수 있는 데 이는 glass 첨가에 따른 이차상이나 액상 등이 불순물로 존재하여 손실인자로 작용하기 때문으로 생각된다.

그림 5는 glass 첨가량에 따른 공진주파수의 온도계수 및 유전율의 온도계수로서 소결조건은 1080℃에서 2시간 소결하였다 glass 첨가량이 증가함에 따라 공진주파수 온도계수는 (-)방향으로 증가하고 유전율의 온도계수는 (+)방향으로 증가함을 볼 수 있다.

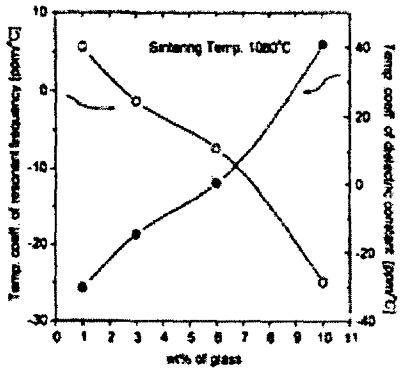

그림 5. 소결온도 및 첨가량에 따른
공진주파수 온도계수 및 유전율의 온도계수

그림 6은 유전율의 온도계수와 공진주파수의 온도계수의 관계를 이용하여 열팽창계수를 계산한 결과로서 glass 함량이 증가할수록 열팽창계수가 감소함을 볼 수 있으며 이와 같은 결과는 열팽창계수가 적은 glass를 첨가함으로서 나타나는 결과로 예상된다. 따라서 본 조성의 경우에는 공진주파수의 온도계수는 유전율의 온도계수뿐만 아니라 열팽창 계수를 고려해야 하며 공진주파수의 온도계수 변화는 구성하고 있는 상들의 상대적 총합에 의한 것으로 예상된다.

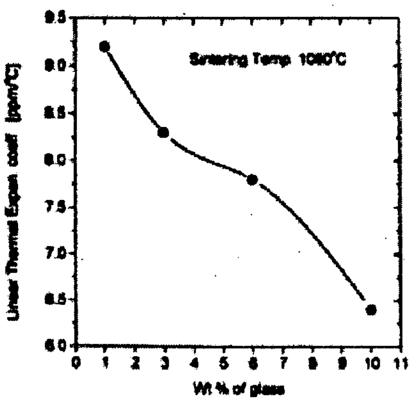

그림 6. 유전율의 온도계수와 공진주파수의 온도계수의 관계

4. 결 론

1) $0.16BaO-0.15(Nd_{0.87}Bi_{0.13})_2O_3-0.69TiO_2$ 기본조성에 glass를 3wt% 첨가하고 소결온도 1080℃에서 유전율 80.1, 품질계수 780 (at 3.5 GHz), 공진주파수 온도계수 -1.3 [ppm/℃]인 우수한 유전 특성을 얻을 수 있었다.

2) glass 첨가에 따른 유전율의 경우 소결밀도에 따른 영향보다는 조성에 따른 영향이 크게 나타남을 볼 수 있으며 품질계수는 glass 첨가에 따라 2차상 및 액상의 생성으로 인한 감쇄정수의 증가로 품질계수가 감소한다.

3)공진주파수 온도계수는 glass를 첨가함에 따라 (+)에서 (-)로 변화되고 유전율의 온도 계수 및 열팽창 계수의 합으로 표현된다.

이상의 결과 적층형 소자로서 가능온도인 960℃이하에서 소결이 가능한 특성을 얻지 못하였지만 glass 첨가로 소결온도를 낮출 수 있었으며 고 유전율의 저온 소결 유전체의 개발이 가능함을 볼 수 있었다.

참고 문헌

[1] 윤중락", 저온소결 세라믹 유전체를 이용한 이동통신용 적층 스트립라인 칩 대역통과필터 설계 및 제작" 명지대학교 박사학위논문, 1998

[2] 윤중,락, 이헌용, 이석원,,"이동통신부품에 이용되는 $BaO-(Nd,Bi)_2O_3-TiO_2$계 마이크로파 유전체의 유전 특성", 한국전기전자학회지, 11권 11호, pp 947-951, 1998.

[3] D.Kolar, S.Gabersc다, "High Stability Low Loss Dielectrics in the System $BaO-Nd_2O_3-TiO_2-Bi_2O_3$" Ferroelectrics, vol.27, pp.269-271,1980