

## AC용 고압 캐패시터의 제조 공정 변수에 따른 유전 및 절연파괴 특성

윤 중 략\*, 이 현 용\*\*, 이 석 원\*\*\*

\*. 삼화콘덴서공업(주) 연구소, \*\*. 명지대학교 전기공학과, \*\*\*. 호서대학교 정보제어공학과

### Dielectric and Insulation breakdown properties in manufacture process variable for High Voltage Capacitor

\*. Yoon Jung Rag, \*\*. Lee Heun Young, \*\*\*, Lee Serk Won

\*. SAMWHA Capacitor Co. Ltd, \*\*. Myoung-Ji University, \*\*\*. Hoseo University

#### Abstract

제조공정상에서 발생하는 공정 변수에 의한 제품의 수준별 제품에 대하여 인가 전압별 절연저항 측정 및 내전압 측정 결과 내전압이 낮은 제품군에서 절연저항이 낮게 나타났으며 산포도 크게 나타남을 확인 할 수 있었다. PCT 시험 후의 유전 특성은 경우 용량의 변화율은 상승한 반면 제품군에 따른 용량 변화율의 크기는 작은 반면에 유전손실의 경우 PCT 실험후 변화율이 크게 나왔으며 이와같은 결과는 신뢰성 측면에서 취약할 수 있음을 보여주고 있다.

#### 1. 서 론

전자부품의 소형화, 고압화, 고신뢰성 요구가 증가됨에 따라 AC용 고압 세라믹 캐패시터의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 높은 유전율을 가지면서 신뢰성이 높은 유전 재료의 개발이 필요하며 한편으로는 제조 공정의 변수의 최적화가 요구되고 있다. 최근 AC용 고압용 캐패시터의 경우 전자 기기의 대형화, 고압화 및 Surge 전류의 증가에 따라 사용환경이 점점 가혹한 상태에서 적용되고 있으며 이에 따른 세라믹 캐패시터의 절연파괴 현상도 증가하고 있다. 일반적으로 안전규격인증(UL File No. E97754, E154171, E151195)을 받은 AC용 세라믹 캐패시터의 경우 대표적으로 유전율이 7,000 ~ 8,000이고 온도 특성은 EIA 규격으로 Y5U (-25°C ~ 85°C, 용량변화율 +20% ~ -55% 이내)이다. 일반적으로 강유전체인 BaTiO<sub>3</sub>를 주성분으로 하며 큐리온도 상온으로의 이동 및 확산형상전이(Diffuse Phase Transition)의 조절을 위하여 CaTiO<sub>3</sub>, BaZrO<sub>3</sub>, BaSnO<sub>3</sub>등을 첨가한 (Ba,Ca)(Ti,Zr,Sn)O<sub>3</sub> 조성을 사용한다. (1)

본 논문에서는 (Ba,Ca)(Ti,Zr,Sn)O<sub>3</sub> 조성을 적용한 세라믹 유전체 원료를 이용하여 제조공정 변화(예, 소결온도, 소결시간, 전기로내 분위기, 성형압력, 에폭시 경화도등)에 신뢰성을 조사하였다. 평가의 주요 내용으로는 제조공정 중에서 발생한 절연파괴전압이 낮은 제품과 유전손실이 큰 제품을 선택하여 인가전압에 따른 절연저항(Insulation Resistance) 변화량과 PCT(Pressure Cooker Test)후 정전용량, 유전손실, 인가전압에 따른 절연저항 및 절연파괴전압의 관계를 통계적으로 분석하였다.

#### 2. 실험 방법

본 실험에 적용된 조성은 (Ba<sub>0.82</sub>Ca<sub>0.18</sub>)(Ti<sub>0.84</sub>Zr<sub>0.12</sub>Sn<sub>0.04</sub>)O<sub>3</sub> 이고 절연저항 및 저온소결을 위하여 소량의 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>등을 첨가하였으며 지르코니아 불을 이용하여 불 밀 후 PVA 바인더를 첨가한 후 스프레이 드라이어로 과립을 형성하였다. 과립을 성형한 후 1275 ~ 1350°C 소결 한 후 유전특성, XRD, 미세구조 분석을 행하였다. 또한 제조공정에서 나타나는 전기적 특성의 변화에 대한 제품을 그룹화한 후 절연저항 및 유전특성(HP4192A, Capacitance Meter)을 측정하였으며 121°C, 습도 100%하에서 4시간 PCT를 행한 후 제품 그룹별 신뢰성을 확인하였으며 통계 프로그램인 Mini-Tab를 적용하여 분석하였다. (2) 소결체의 미세구조는 주사현미경(SEM, Scanning Electron Microscopy, Personal SEM 2000, RJ Lee Instrument Ltd.)을 이용하여 관찰하였고 상분석은 X-Ray Diffractometer (XRD, DMAX-2000, Rigaku)을 이용하여 측정하였다.

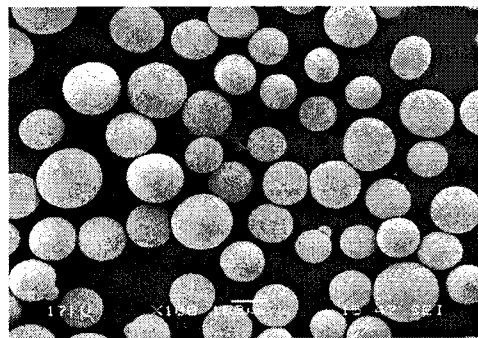
#### 3. 결 과

그림 1은 본 실험에 사용한 과립 형성으로 구형으로서 크기는 60 ~ 120µm의 크기를 가지고 있으며 분말 성형에 최적의 형상을 가지고 있다.

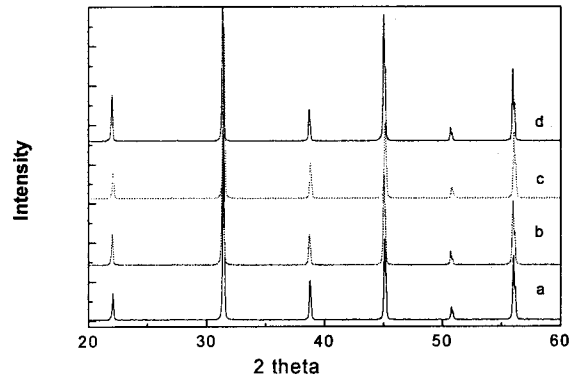
그림 2는 소결온도에 따른 XRD 결과로서 소결온도 증가에 따른 2차상 및 결정상의 변화는 크게 나타나지 않았으며 전형적인 BaTiO<sub>3</sub>의 피크를 보이고 있다. 그림 3은 소결온도에 따른 미세구조로서 1275 ~ 1300°C에서는 1µm이하의 결정립이 다수 존재함을 볼 수 있으며 1325°C에서는 결정립의 크기가 증가하면서 균일한 입성장이 일어남을 볼 수 있다. 1350°C에서의 과도한 입성장이 일어나며 입계의 크기가 10µm까지 증가함을 볼 수 있다.

그림 4는 소결온도에 따른 유전율의 변화곡선으로 1275°C의 경우 25°C에서의 유전율이 6400의 값을 가지며 1300°C이상 부터는 7000 ~ 7500의 값을 나타냄을 볼 수 있다. 특히 큐리점의 경우 소결온도에 상관없이 20°C 부근

있는 것으로 보아 1275°C에서 낮게 나타나는 것은 결정상에 의한 것보다는 미소결에 의한 소결밀도 저하에 기인한 것으로 판단된다.

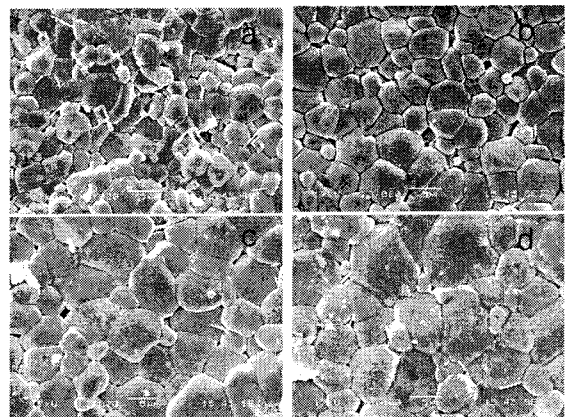


<그림 1> 유전체 분말의 과립 형상



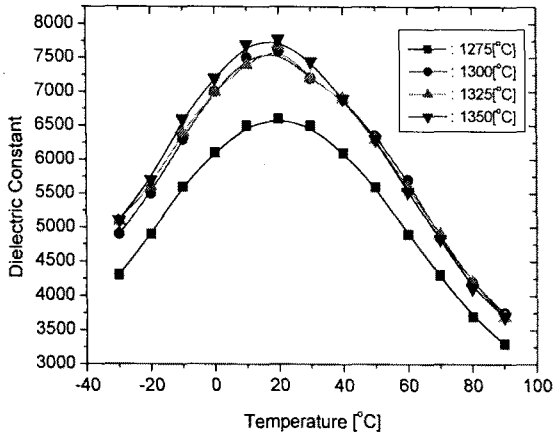
<그림 2> 소결온도에 따른 결정구조

(a) 1275°C (b) 1300°C (c) 1325°C (d) 1350°C



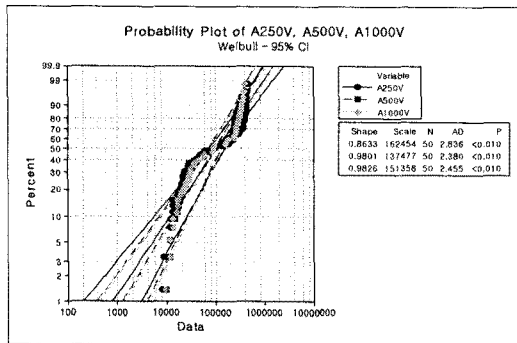
<그림 3> 소결온도에 따른 미세구조

(a) 1275°C (b) 1300°C (c) 1325°C (d) 1350°C

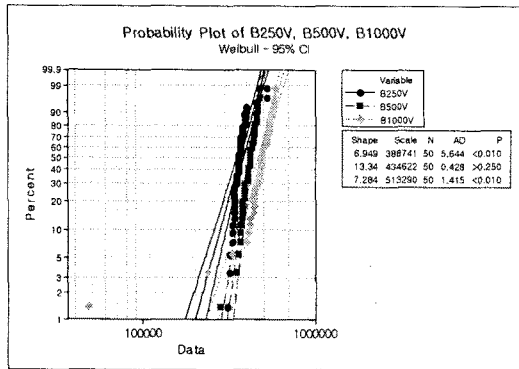


〈그림 4〉 소결온도에 따른 유전율의 변화

그림 5는 A공정(내전압 불량률이 1000 ppm인 제품군), B공정(내전압 불량률 50 ppm인 제품군) 제품에 대한 인가전압별 절연저항이다. 내전압 불량률이 높은 A공정 제품의 경우가 B 공정 제품에 비해 절연저항의 평균값이 저하될 뿐 아니라 산포도 크게 벌어짐을 볼 수 있으며 인가전압에 따른 값의 차이도 크게 나타남을 볼 수 있다.



(a)

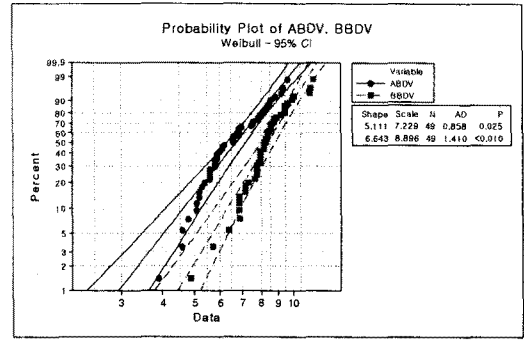


(b)

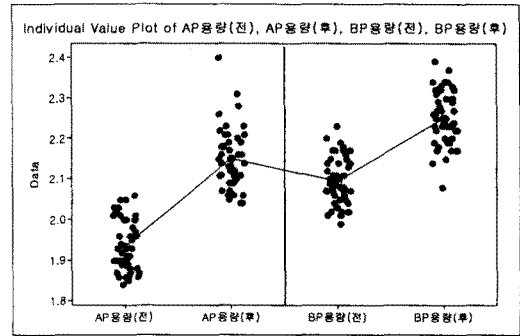
〈그림 5〉 A공정(내전압 불량률이 1000 ppm인 제품군), B공정(내전압 불량률 50 ppm인 제품군) 제품에 대한 인가전압별 절연저항. (a) A 공정 (b) B 공정

그림 6는 A공정(내전압 불량률이 1000 ppm인 제품군), B공정(내전압 불량률 50 ppm인 제품군) 제품에 대한 내전압 수준으로 A공정 제품에서의 내전압 산포가 크게 나타남을 볼 수 있으며 공정내에서의 불량률과 연관관계가 있음을 볼 수 있다. (내전압 기준: 4KV Min) 그림 7은 A, B제품의 신뢰성 수준과 열화관계에 대한 관계를 확인하고자 PCT 실험을 한 제품에 대한 용량 및 손실 변화율을 나타내었다. 용량의 경우 PCT후 용량이 증가하는 양상을 보이거나 A,B제품의 변화율에 대한 차이는 크게 나타나지 않음을 볼 수 있다. 반면 손실의 경우 불량률이 높은 A제품군에서는 초기값에서도 산포가 크게 나타났지만 PCT후에는 산포의 정도가 크게 나타나는 것으로 보아 손실을 증가시키는 인자가 있음을 확인 할 수 있다. 반면에 B제

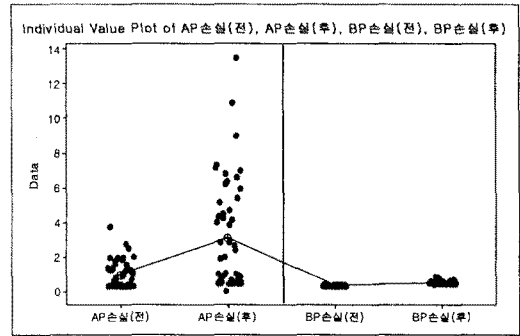
품군에서는 PCT후에도 손실의 변화가 거의 없는 것으로 나타나며 제조 공정에 따라 세라믹에서의 변화율이 있음을 확인 할 수 있다.



〈그림 6〉 A공정(내전압 불량률이 1000 ppm인 제품군), B공정(내전압 불량률 50 ppm인 제품군) 제품에 대한 내전압 수준.



(a)



(b)

〈그림 7〉 A공정(내전압 불량률이 1000 ppm인 제품군), B공정(내전압 불량률 50 ppm인 제품군) 제품에 대한 PCT후 용량 및 유전손실 (a) 용량 (b) 유전손실

#### 4. 결 론

(Ba<sub>0.82</sub>Ca<sub>0.18</sub>)(Ti<sub>0.84</sub>Zr<sub>0.12</sub>Sn<sub>0.04</sub>)O<sub>3</sub> 원료를 사용하여 AC용 고압 캐패시터 제작 결과 유전율을 7000 ~ 7500dml 유전율을 얻을 수 있었으며 제조 공정상의 변수로 인해 내전압 불량률이 다른 A,B 제품에 대한 절연 저항, 내전압, 손실과의 관계에서 손실과 절연저항과 밀접한 관계가 있음을 확인하였다. 또한 PCT 후의 결과에서도 손실이 높은 제품의 경우 경시변화가 크게 나타나며 이에 따른 신뢰성이 저하될 것으로 예상된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Mansoon Yoon and Yougmin Park, "Effects of A-sites Ca and B-site Zr Substitution on the Dielectric Characteristics and Microstructure of BaTiO<sub>3</sub>-CaTiO<sub>3</sub> Composit.," J.Kor.Ceram.Soc., Vol. 40, No. 1, 37-45, 2003
- [2] Six-Sigma 추진자 및 품질관리자를 위한 Minitab실무완성, 이레테크