

적층세라믹콘덴서(MLCC)용 유전체재료의 개발동향

김 종 구, 김 종 희
삼성전기(주)

I. 서 론

전자제품의 소형경량화가 급격히 진행됨에 따라 부품의 실장방법도 삽입실장에서 작업효율이 크게 향상된 표면실장으로 변화되었고 이러한 실장 기술의 변화에 따라 전자부품도 표면실장이 가능하고 실장밀도를 배가할수 있는 육면체의 소형 칩부품 개발이 필요하게 되었으며, 기존의 리드가 달린 삽입형만으로는 이러한 제품의 요구를 만족시키지 못하게 되었다. 이에 따라, 유전체를 3차원적으로 적층하고 전극을 스크린인쇄에 의해 구성하는 적층화기술이 일본을 중심으로 실용화되었으며, 이 기술이 부품의 소형화를 빠른 속도로 주도해오고 있다. 또한 90년대 들어서서 이동체통신의 휴대용 단말기의 폭발적인 신장으로 소형화 및 경량화에 대한 요구는 단순한 적층화를 넘어서서 여러 가지 기능을 기존의 적층기술과 박막 신기술을 이용하여 단일소자로서 구현하는 복합화(모듈화)기술의 실용화까지 예고하고 있다. 이러한 상황에서 적층세라믹콘덴서(Multilayer Ceramic Capacitor, 이하MLCC)는 최근 수요가 급증하고 있는 대표적인 수동부품이며, 원판형의 단층콘덴서에서 불가능했던 소형화에서 1005(1.0mm×0.5mm 넓이)size가 이미 실용화되어 사용되고 있으며, 일본의 선진사들은 0603(0.6mm×0.3mm)까지의 소형 칩을 개발해 놓은 상황이다. 또한 MLCC의 대용량화는 유전체 세라믹스와 내부전극을 수십 층에서 수백 층까지 적층함으로써 용량의 대형화가 실현되고 있는데, 현재 100층 이상의 칩이 사용되

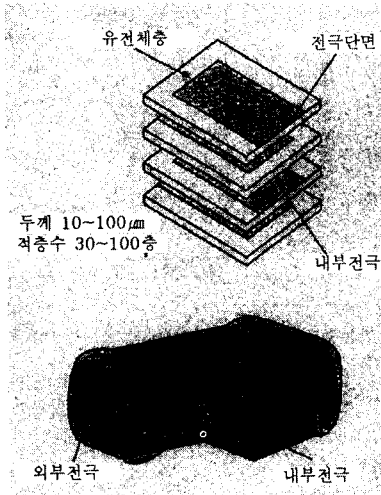
고 있으며, 일본의 선진사들은 3 μ m두께의 세라믹스층을 300층 이상 적층한 대용량품도 개발되어 있다. 이러한 MLCC의 제조는 세라믹스와 내부전극의 동시소성에 의해서 이루어지는데, 1200 $^{\circ}$ C이상의 고온에서 행해지는 소성공정중 내부전극의 산화를 억제하기 위해 고가의 귀금속인 Pd을 내부전극으로 사용하여 왔다. 그러나 최근 MLCC의 소형화 및 고용량화의 요구에 따른 원가절감을 위해 일본 및 국내에서는 Pd보다 저가인 Ag-Pd이나 Ni 또는 Cu를 내부전극으로 사용하는 제품의 개발 필요성이 급격히 증가하여 왔으며, 이미 일본에서는 Ni내부전극품이 50%이상의 시장을 장악하고 있는 상황에 와 있다. 표 1은 종래의 Pd내부전극의 BaTiO₃계 재료로부터 저온소결화 및 저가금속의 내부전극을 사용할 수 있는 내환원성 유전체재료 및 Pb계 유전체재료로의 개발동향의 변화를 보여주고 있다. 본 고에서는 상기된 바와 같이 소형화 및 고용량화의 요구에 따라 이루어지고 있는 MLCC용 유전체재료의 변화를 기존의 유전체재료와 저가화를 위하여 새롭게 개발된 신재료계에 대한 내용을 중심으로 기술하고자 한다.

〈표 1〉 MLCC의 유전체재료 및 내부전극의 개발 동향

구분	유전체	전극
기존	고온소결 BaTiO ₃ 계	Pd
저온소결화	저온소결 BaTiO ₃ 계	Ag-Pd
	Pb계 복합페로스카이트	
卑금속화	내환원성 BaTiO ₃ 계	Ni
저온소결 卑금속화	내환원성 Pb계 복합페로스카이트	Cu

II. MLCC의 구조

MLCC는 얇은 세라믹유전체층과 내부전극을 상호교대로 적층시킨 그림 1과 같은 구조로 되어 있



〈그림 1〉 MLCC의 구조

으며, 이 때의 MLCC의 정전용량(C)의 크기는 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$C = \epsilon_0 \epsilon (n-1) A / t \quad (1)$$

여기서, ϵ_0 는 진공중의 유전율, ϵ 은 유전체의 고유 유전율, A는 내부전극의 대향면적, t는 유전체두께 그리고 n은 MLCC의 적층수를 나타낸다. 따라서, MLCC의 정전용량을 높이기 위해서는 고유전율화, 고적층화 및 박층화가 필요하다는 것을 알 수 있다.

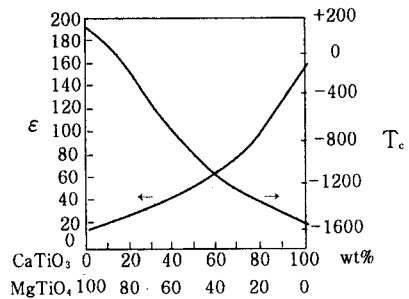
III. 기존의 MLCC 유전체재료(Pd내부전극용)

세라믹유전체는 온도의 변화에 따라 유전율이 변화하기때문에 MLCC의 정전용량은 온도에 의존하게 된다. 따라서 기존에 사용되어 오던 MLCC에는 온도에 따른 용량변화가 적으며, TiO_2 를 주성분

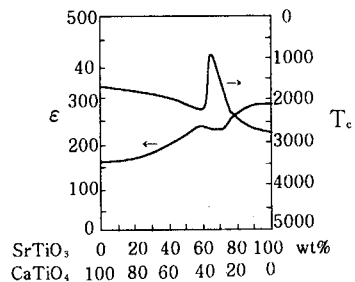
으로 하는 상유전체의 온도보상용계와 $BaTiO_3$ 등의 강유전체를 주성분으로 하고 온도에 따른 용량변화가 비교적 큰 고유전율계의 두 종류로 분류된다.

1. 온도보상용 재료(상유전체)

유전율이 500이하이며, 온도에 따른 유전율 변화가 비교적 작고, Q치가 높으며, 유전율의 전압의 존성이 낮아 고주파대까지 사용이 가능한 재료이며, 대개 TiO_2 와 $MgTiO_3$ 및 기타의 금속화합물을 주원료로 하고 있다. 그림 2는 $MgTiO_3$ 와 $CaTiO_3$ 의 복합세라믹의 유전율과 온도계수의 관계를 보여준다. 중량비로 $MgTiO_3 : CaTiO_3 = 95:5$ 의 조성근처에서 온도에 따른 용량변화가 $0 \pm 30ppm$ 을 보이며 이러한 특성을 NPO특성이라 한다. 표 2에는 현재 사용되고 있는 대표적인 재료조성 및 특성을 보여준다. 동일조성계에 있어서 유전율이 증가함에 따라 온도특성이 커짐을 알 수 있으며 현재 사용되고 있는 NPO특성으로 최고의 유전율 80~110를 보이는 조성은 $Nd_2Ti_2O_7-Ba-TiO_3-Bi_2O_3-$



〈그림 2〉 $CaTiO_3-Mg_2TiO_4$ 세라믹 유전특성



〈그림 3〉 $SrTiO_3-CaTiO_3$ 세라믹 유전특성

〈표 2〉 온도보상용 콘덴서재료의 유전특성

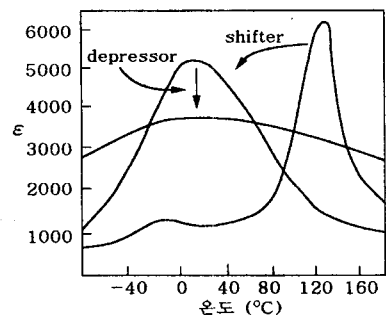
화 학 식	특 성		
	유전율 at 20°C (1MHz)	온도계수 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	Q(1MHz)
TiO ₂	90~110	-750	5000<
MgTiO ₃	16~18	+100	5000<
CaTiO ₃	150~160	-1500	8000<
SrTiO ₃	240~260	-330	1500<
La ₂ O ₃ ·2TiO ₂	35~38	+60	5000<
ZnO·TiO ₂	35~38	-60	1500<
Bi ₂ O ₃ ·2TiO ₃	104~110	-150	2000<
MgTiO ₃ -CaTiO ₃	17~45	+100~-150	5000<
BaO·4TiO ₂ -TiO ₂	35~65	-15~-500	3000<
2MgO·SiO ₂ ·SrO·BaO·TiO ₂	6~13	+100~+1000	5000<
BaTiO ₃ ·Nd ₂ O ₃ ·TiO ₂	35~87	+100~-330	2500<
CaTiO ₃ -La ₂ O ₃ -TiO ₂	100~150	-470~-1000	3000<
SrTiO ₃ -CaTiO ₃ -Bi ₂ O ₃ -TiO ₂	240~300	-1000~-2200	1500<
CaTiO ₃ -La ₂ O ₃ -Bi ₂ O ₃ -TiO ₂	145~210	-750~-1500	2500<
BaTiO ₃ -SrTiO ₃ -La ₂ O ₃ -TiO ₂	360~650	-3300~-4700	1500<

TiO₂-PbO계이다. 그림 3은 SrTiO₃-CaTiO₃계의 유전특성을 보여주고 있으며, 67/33조성에서 온도계수가 가장 좋으며, SL계로 사용되고 있다. 더욱이 PbTiO₃를 적정량 첨가하면 220 정도의 유전율이 300이상으로 증가되는 보고도 발표되어 있다.^[1]

2. 고유전율계 재료(강유전체)

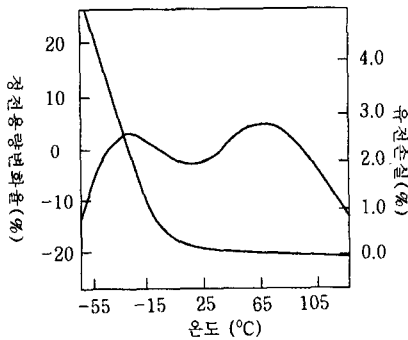
고유전율계 재료는 500이상의 높은 유전율을 갖고 있으나, 온도보상용에 비해 유전율의 온도특성 변화율이 크고, 교류, 직류전압 하에서 유전율과 유전손실의 변화가 큰 단점을 갖고 있다. 주원료로는 BaTiO₃가 많이 사용되고, 온도에 따른 정전용량의 변화는 이차원 및 삼차원의 그래프 형태를 보여준다. 이러한 BaTiO₃계 유전체의 특성을 제어하여 여러 종류의 온도특성을 갖는 재료를 개발하는 방법으로는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 재료의 유전율을 조절하기 위하여, BaTiO₃계 유전체결정의 특성이 강유전성에서 상유전성으로 바뀌는 변이온도인 큐리온도를 이동시킴으로써 유전율을 조절하는 것이며 이를 위해 첨가되는 additives를 shifter라 부른다. 이러한 shifter로서 사용되는 세라믹스는 BaSnO₃, BaZrO₃, CaZrO₃,

CaSnO₃, SrTiO₃, PbTiO₃-La₂O₃, CeO₃ 등이 있다. 둘째는 유전율의 온도변화 curve의 peak부분을 평탄하게 하여 용량의 온도변화 폭을 개선시키는 방법인데, 이 경우에 첨가되는 additives를 depressor라고 하며, CaTiO₃, MgTiO₃, Bi₂(SnO₃)₃, Bi₂(TiO₃)₃, NiSnO₃, MgZrO₃, MgSnO₃ 등의 세라믹스가 사용되어지고 있다. 그림4는 BaTiO₃의 유전율의 온도특성에 대한 shifter 및 depressor의 영향을 보여준다. 고유전율계 재료개발의 예를 들면, 온도에 대한 용량변화가 -55°C~125°C의 온도범위에서 $\pm 15\%$ 이내에 들어야 하는 X7R특성



〈그림 4〉 고유전율계 MLCC 제조원리

은 주성분인 BaTiO₃에 미량의 Nb₂O₅, CoO, MnO₂ 등을 첨가하여 BaTiO₃의 결정립 주위가 또 다른 종류의 유전체로 둘러싸이는 core-shell구조를 가지며, 유전율이 3000~4000의 조성이 개발되어 사용되고 있다.^[2] Core-shell구조의 내부를 이루는 core부분은 첨가제가 미량 포함되어 거의 순수 BaTiO₃의 특성을 나타내며, shell부분은 grain의 바깥부분을 이루며 첨가제가 비교적 많이 치환되어 큐리온도가 -80°C정도로 낮은 상유전체상으로서 이루어져 있다. 이러한 두개의 서로 다른 상의 온도특성curve가 합쳐짐으로써 평탄한 온도특성 curve를 갖는 안정한 X7R조성이 얻어진다. 그림 5는 X7R규격을 갖는 콘덴서의 정전용량과 유전손실의 온도특성을 보여준다.



(그림 5) X7R 규격의 MLCC의 정전용량 및 유전 손실의 온도특성

IV. MLCC의 저가격화 및 고용량화를 위한 신재료계

전자기기의 소형화, 고주파화 및 저전압화에 따라, MLCC는 고용량화, 소형화를 위한 고적층, 박층화가 요구되고 있으며 이에 따라 내부전극의 전체적 재료비에 대한 비중이 점점 높아지고 있다. 따라서, 내부전극을 귀금속인 Pd에서 저가금속인 Ag-Pd, Ni 또는 Cu로 대체시킴으로써 MLCC의 저가화를 꾀하고 있으며, Ag-Pd 및 Ni내부전극품

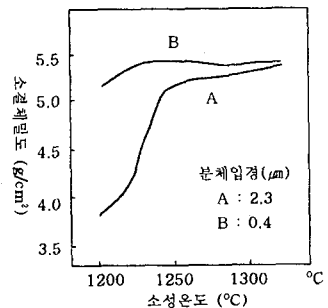
은 이미 상품화되어 Pd품을 대체하고 있는 상황이다.

1. 저온소결 유전체재료(Ag-Pd 내부전극)

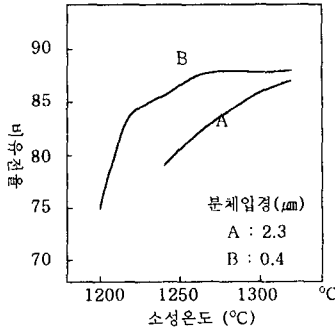
적층세라믹콘덴서는 유전체와 내부전극을 동시에 소성해야하므로 소성온도가 높은 유전체재료의 전극으로서 용점이 낮은 Ag는 사용할 수 없다. Ag의 용점은 961°C로 낮은 반면에 BaTiO₃계 유전체재료의 소성온도는 1300~1400°C로 높다. 한편 Pd의 용점은 1552°C이며, BaTiO₃계 유전체재료의 내부전극으로 사용이 가능하나, 고가이므로 비교적 저가인 Ag의 비율이 높은 Ag-Pd전극을 이용하는 것이 생산가격면에서 유리하다. 이렇게 Ag의 비율이 높은 전극재료를 사용하려면 유전체재료의 소성온도를 낮추어야만 한다. 따라서 (1) 분체의 미세화, (2)소결조제의 첨가 및 (3)Pb계 복합Perovskite재료 개발등 크게 세가지의 방법을 이용하여 저온에서 소결가능한 유전체재료가 개발되었다.

(1) 분체의 미세화

분체의 원재료를 성형하여 소결시, 분체의 입경이 작아짐에 따라 소결온도는 낮아지게 된다. 입자가 작아질수록 단위부피 당 표면적인, 비표면적이 증가하게 되고, 분체가 가지고 있는 전체에너지 중 표면에너지의 비율은 높아지게 된다. 세라믹의 초기소결은 표면확산이 지배적이므로 비표면적이 증가할수록 활성화되며, 소결온도가 낮아지게 된다. 그림 6은 BaO-TiO₂-Nd₂O₃계 온도보상용 유전체재료의 분체입경 및 소결온도에 따른 소결밀도변화



(그림 6) 분체입경에 따른 소성온도 및 소결밀도의 관계

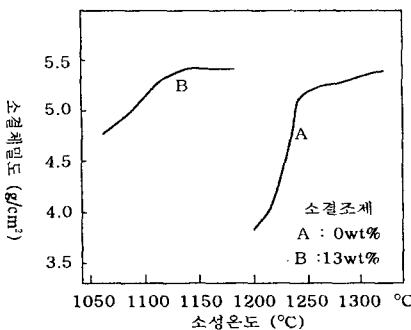


〈그림 7〉 분체입径에 따른 소성온도 및 비유전율의 관계

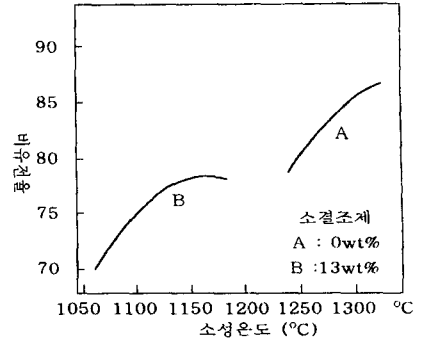
를 보여준다. 입경이 0.4 μm 인 분체는 1240 $^{\circ}\text{C}$ 에서 충분히 소결되며 2.3 μm 인 분체에 비해 약 80 $^{\circ}\text{C}$ 정도 소결온도가 저하됨을 알 수 있다. 그림 7은 소성온도와 비유전율의 관계를 보여주며, 0.4 μm 의 분체는 2.3 μm 인 것에 비해 저온에서도 높은 비유전율을 갖는다는 것을 알 수 있다.

(2) 소결조제의 첨가

세라믹스의 소결온도는 저융점을 갖는 glass 등의 소결조제를 첨가하여도 낮출수 있으며^[3,4], 소결조제의 종류 및 첨가량에 따라 소결온도는 달라지며, BaTiO₃계의 경우에는 100~300 $^{\circ}\text{C}$ 정도의 소성온도의 저하효과를 얻을 수 있다. 이러한 소결조제는 (1)저융점이며 (2) 주성분의 유전체재료와 반응하지 않고 (3)유전율이 높으며 (4)소성온도에서 점도가 낮을 것 등의 특성이 요구된다. 이러한 재료로서 CuO, PbO, SiO₂, Bi₂O₃, B₂O₃ 등과 이들의 혼합물과 Pb₃Ge₃O₁₁ 등이 사용되어지고 있다. 그



〈그림 8〉 소결조제의 첨가량에 따른 소성온도 및 소결밀도의 관계

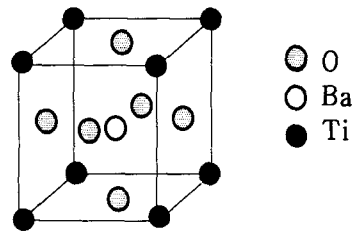


〈그림 9〉 소결조제의 첨가량에 따른 소성온도 및 비유전율의 관계

림 8은 BaO-TiO₂-Nd₂O₃-Sm₂O₃계 유전체재료에 PbO, SiO₂가 첨가되었을 때, 소결온도에 따른 소결밀도의 변화를 나타내며, 소결조제가 13wt% 첨가된 조성은 무첨가 조성에 비해 150 $^{\circ}\text{C}$ 정도 낮은 1150 $^{\circ}\text{C}$ 에서 소결된다. 그림 9는 소결조제가 첨가된 조성 및 첨가되지 않은 조성의 소결온도와 비유전율의 관계를 보여주며 소결조제가 첨가된 조성이 낮은 비유전율을 보여준다. 이는 소결조제로 첨가된 PbO, SiO₂의 낮은 비유전율이 전체 비유전율을 저하시키기 때문이다.

(3) Pb계 복합perovskite재료

일반적으로 고유전율을 갖는 MLCC의 재료로서 BaTiO₃계 재료가 사용되어지고 있다. BaTiO₃는 perovskite라는 결정구조를 가지고 있으며, 유전율



〈그림 10〉 BaTiO3의 페로브스카이트 구조

의 온도에 따른 변화는 큐리온도인 125 $^{\circ}\text{C}$ 에서 18,000정도의 최대유전율을 나타내며, 그이하의 온도에서는 강 유전성을 띠는 재료이다. 그림 10은 BaTiO₃의 Perovskite+결정구조를 나타내고

있으며, 이 구조의 Ba자리에 Pb를 치환하고, Ti자리에 Mg, Nb, W, Fe 등을 치환하면 Pb계 복합 perovskite가 형성된다. 이 재료는 소성온도가 1150°C 정도로 낮으므로, MLCC의 재료로 사용시 Ag함량이 80% 이상인 Ag-Pd 내부전극의 사용이 가능하다. 또한 유전율은 BaTiO₃계보다 2배 가량 높은 36,000 이상을 얻을 수 있으며, 유전손실이 낮고, 절연저항이 높아 고용량의 MLCC 제조에 적당하다. 반면, 유전율의 온도변화율이 크고 소성 후 기계적 강도가 약하다는 단점이 있어 완벽한 실용화가 되어 있지 못한 실정이다.

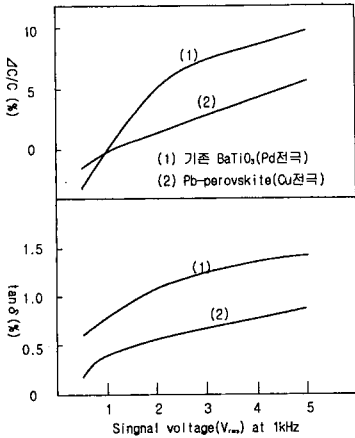
2. Ni전극 MLCC용 유전체재료

기존의 MLCC는 고가인 Pd를 사용하였으므로 가격적인 측면에서 Ta 및 AL 전해콘덴서에 비하여 불리하였으나, 최근 Pd에 비해 1/20 정도로 저가인 Ni을 내부전극으로 도입함으로써 가격 면에서 불리한 점을 극복할 수 있었으며, 성능 면에서도 보다 우수한 특성을 나타내어, Ta 및 AL 전해콘덴서의 정전용량영역까지 Ni전극 MLCC로 대체되고 있는 추세이다. Ni전극 MLCC는 Ta 및 AL 콘덴서에 비해 등가직렬저항(ESR)이 낮고, 소형이며, 절연저항 및 파괴전압이 높으며, 단자전극의 극성이 없다. ESR이 낮으므로 ripple current에 기인한 칩의 온도상승이 적어 고신뢰성 및 소비전력 절감에 매우 유리하다. 전원 by-pass 및 평활용 콘덴서는 noise 제거 주파수영역에서 낮은 임피던스가 중요하며, 용량값은 비교적 중요시 되고 있지 않는다. 따라서, 10K~100KHz 이상의 noise 제거시 Ni-MLCC는 Ta 및 AL 전해콘덴서의 1/2~1/20 정도의 낮은 정전용량으로도 사용이 가능하다. 이러한 Ni전극 MLCC를 대기중에서 세라믹과 Ni내부전극을 동시에 소성하면, Ni전극이 산화되기 쉬우므로 산소분압이 낮은 환원분위기 소성이 필요하다. Ni의 산화억제를 위한 환원분위기에서 소성되던 세라믹스가 환원되어 전기적 특성이 저하된다. 이런 현상을 막기 위해 내환원성 유전체재료의 개발이 뒤따르지 않으면 안된다. 유전체재료의 내환원성 부여를 위해서는 다음과 같은 방법들이 알려져 있다.¹⁷⁾ 첫째로는 BaTiO₃의 Ba/Ti의

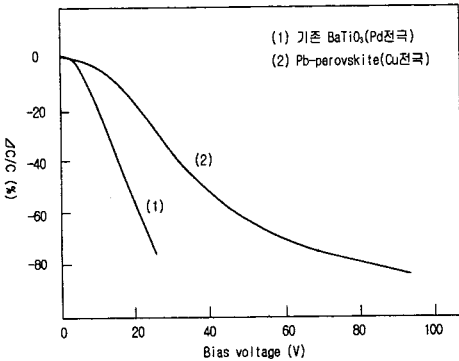
비율을 1보다 크게 유지하는 것이다. BA/Ti > 1이라는 조건이 내환원성을 향상시키는 것은 Basite의 결합이 환원분위기 소성에서 절연저항의 열화와 관계가 있기 때문이다. 둘째는, Basite의 일부를 Ca으로 치환하는 방법인데 이렇게 하면, 격자상수가 작아지고 동시에 산소와 결합력이 강해져 내환원성이 높아진다. 세 번째의 방법으로는 MnO 및 희토류원소를 미량 첨가하는 것인데, 이방법도 Ca치환과 같은 이유로 내환원성이 향상된다. 희토류원소 특히, 이온반경이 작은 Y, Dy, Ho의 첨가는 수명 개선, 내환원성 향상, 경시변화와 억제에 효과가 있다. 이때 천이금속과 희토류금속을 charge balance를 고려하여 첨가한다. Y는 donor로써 작용하며 MnO첨가에 의해 생성된 산소공공을 보상한다. Ni MLCC 수명의 열화는 양극에서는 환원에 의한 산소공공의 생성 및 migration, 음극에서는 산소공공의 축적 때문이라고 설명하는 환원모델과 입계열화모델 등으로 설명되고 있다. Ni전극 유전체 MLCC재료로서 Basite의 일부를 Sr, Mg 등으로 치환한 조성, Li₂O-SiO₂-CaO 등의 glass성분을 첨가한 조성 등 앞에서 설명된 내환원성 조성상의 주요원칙을 수용한 X7R, Y5V 특성의 조성이 발표되어 실용화 되어 있다. 이러한 조성을 사용하여 상품화 되어 있는 소형 대용량의 Ni-MLCC는 X7R(B) 특성을 보이는 3216 size 칩에서 4.7 μF 품(충간 4.5 μm, 248 층)과 Y5V(F) 특성으로는 3216 size로 10 μF 품(충간 7.6 μm, 158 층)이 일본 선진사에서 상품화 되어 있다. 또한 X7R(B) 특성으로 10 μF 품(충간 3 μm, 300 층)의 개발이 완료되어 상품화 초기 단계에 있는 것으로 알려져 있다.

3. Cu전극 MLCC용 유전체재료

앞에서 여러 번 언급된 바와 같이 기존의 Pd내부전극이 고가인 단점을 해결하기 위하여 여러 가지 금속의 내부전극이 사용되고 있으며, 그 중에서 Cu내부전극 MLCC는 Ag-Pd에서의 저온소성기술과 Ni내부전극에서의 내환원성 재료 모두가 요구되는 MLCC이다. 현재 선진사에서 개발이 진행되고 있는 Cu전극 MLCC는 Pb계 복합 perovskite계



〈그림 11〉 Cu 및 Pd계 MLCC의 신호전압특성 (Cu계의 유전체층두께 : 17um)



〈그림 12〉 Cu 및 Pd계 MLCC의 Bias 전압특성 (Cu계의 유전체층두께 : 17um)

유전체를 주원료로 하고 있다. 이 재료는 유전율이 크므로 소형대용량화가 가능하고 우수한 전압특성 및 고주파특성을 나타낸다^[8]. 그림 11과 그림 12는 종래의 BaTiO₃계 유전체와 Cu 내부전극을 이용한 소자와의 특성비교인데, 여기서 기존의 Pd계 MLCC보다 Cu MLCC가 교류전압에 대한 용량변화와 손실의 증가폭이 적다는 점과 BIAS전압에 의한 용량저하가 적은 두 가지 장점을 가지고 있음을 보여주고 있다.

Cu내부전극의 MLCC에 사용되는 Pb계 복합 perovskite의 일례로서 Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃-Pb(Ni_{1/2}W_{1/2})O₃계(약자로 PMN-PT-PNW로 칭함)조성을 들수 있다. 이중에서 PMN은 주성분으로 작용하여 유전율을 향상시키는 역할을 하는

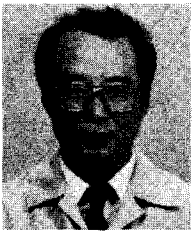
데 소성온도가 1200℃정도로 높은 문제가 있다. PNW성분은 PMN의 특성을 유지하면서 소성온도를 1000℃이하로 낮추는 역할을 하며, PT성분은 삼성분계 고용체의 규리온도를 상온근처로 까지 끌어올리는 역할과 유전율의 온도에 대한 변화를 작게 하는 효과가 있다. 이러한 기본조성은 실온에서 22,000정도의 유전율을 보이며, 유전율의 온도 변화는 Z5U규격(10~80℃에서, -56%이하)에 해당하는 특성을 나타내고 있다. 그러나 이 재료의 내부전극으로 Ni을 사용하여 동시소성을 행할 경우, 유전체의 산화납이 환원되어 금속납이 석출되면서 유전체의 비저항이 급격히 저하되는 현상이 나타난다. 이러한 현상을 해결하기 위하여는 평형 산소분압이 가능한 한 큰 비금속(卑金屬)을 사용하여야 하며, 유전체는 환원되기 시작하는 임계 산소분압이 될수록 낮아야 한다. 따라서 Ni에 비하여 평형 산소분압이 큰 Cu가 내부전극으로 사용되게 되었고, 유전체의 내환원성을 향상시키기 위해서 유전체의 전기전도기구를 세밀하게 해석함으로써 여러 방법들이 제시되었다. Pb계 perovskite 유전체의 전기전도도는 산소분압이 낮아짐에 따라 p형에서 n형으로 전이하며, 임계 산소분압은 이 n형전도가 나타나는 산소분압과 거의 일치한다. 따라서 이 재료의 내환원성은 p형전도의 영역을 넓힘으로써 이루어지며 즉 A-site를 파잉으로 유지하는 방법과, A-site를 알카리토금속(Ca, Ba, Sr)으로 치환하여 n형 전도특성이 나타나는 산소분압을 저압으로 이동시키는 방법 등이 적용되었다. 이러한 Cu내부전극은 출발원료로 Cu₂O를 이용하여 적층한 후 공기 중에서 binder를 burnout하고, 소결 온도 보다 저온에서 내부전극을 환원 시킨 후 다시 소결온도에서 소성하는 방법을 이용한다. 따라서 각 공정의 온도 및 산소분압 등 각 공정조건들을 매우 정밀하게 제어하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

[1] 近田 昇 セラミックコンデンサ用原料. セラ

- ミックデータブック (1986), P94
- [2] M.S.H.Chu et. al, High K(4,000) X7R Composition for Multilayer Ceramic Capacitors, Am. Ceram. Soc. Bull. 64(3) (1985) P462.
- [3] D.A.Payne and S.M.Park, USP4, 218, 723.
- [4] K.R.Chowdary and E.C.Subbarao, Ferroelectrics, 37, 689(1981).
- [5] M.Yonezawa, K.Utsumi and T.Ohno, Proc, 1st Mtg. on Ferroelectric Mater. and Appl.,(1987) P297.
- [6] 山下, エレクトロニク セラミクス 18(7) 22 (1987).
- [7] Y.Sakabe,K.Minai and K.Wakino, "High Dielectric Constant Ceramics for Base Metal Monolithic Capacitors",Jpn. J. Appl. Phys., 20, Suppl.20-4, 147-150 (1981).
- [8] J.Kato et al., National Tech. Rep., 35,248 (1989).

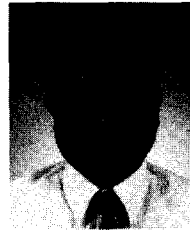
저 자 소 개



金 鍾 求

1949년 11월 12일생, 1968년 2월 중동고 졸업, 1972년 8월 서울대 기계공학과 졸업, 1973년 10월~1991년 2월 삼성전자 근무, 1991년 3월~1994년 12월 삼성전기 종합연구소 연구소장, 1995년 1월

~현재 삼성전기 적층박막사업부장, 전무이사 (주관심 분야: 적층칩 및 박막부품 개발 및 생산(MLCC, 적층칩 인덕터, 유전체필터, SAW필터, LD, LED 등))



金 宗 熙

1955년 9월 15일생, 1974년 2월 서울사대부고 졸업, 1979년 2월 한양대 재료공학과 졸업, 1987년 8월 UNIV.OF WASHINGTON 석사취득, 1994년 4월 동경공대 박사취득(무기재료공학), 1979년

3월~1985년 6월 국방과학연구소, 연구원, 1988년 3월~1991년 4월 한국뉴세라믹스연구소, 선임연구원, 1995년 3월~현재 삼성전기 종합연구소, 부장, (적층칩 부품 개발(MLCC, 적층칩인덕터, 유전체필터 등))