

# MLCC 제품 개발 동향

글 \_ 위성권  
삼성전기

## 1. 서론

최근 전자기기의 다기능화 소형화 추세가 급속히 진행됨에 따라 전자부품의 소형화와 성능향상도 예상을 뛰어넘는 속도로 빠르게 진행되고 있으며 자동차, 네트워크 장비 등 전장품 및 산업용에 대응하는 고신뢰성을 요구하는 전자부품의 채용도 크게 증가하고 있다. 이와 같은 시장요구에 부응하기 위한 수동부품(Inductor, Capacitor, Resistor)의 기술개발 경쟁이 가속화 되고 있으며, 특히 범용 수동부품으로서 그 용도와 사용량이 지속적으로 증가하고 있는 MLCC(Multilayer Ceramic Chip Capacitor)의 경우에 유전체층과 내부전극층의 박층화에 기반한 초고용량제품개발로 시장을 선점하기 위한 많은 노력이 경주되고 있다. 이에 MLCC의 최근 제품개발 및 기술동향을 살펴보고자 한다.

## 2. SET트렌드 및 제품개발동향

대부분의 전자기기와 전자모듈 등에는 수동부품(Capacitor, Inductor, Resistor)이 사용되고 있으며 기기의 소형화 다기능화에 따라 MLCC로 대표되는, 표면실장이

가능한 칩부품의 사용이 큰 폭으로 증가하고 있다. 여기서는 MLCC의 적용현황을 큰 틀에서 살펴보고 이에 따른 MLCC의 제품개발방향에 대해 논하고자 한다. 주요 SET는 휴대폰, PC, DSC 등으로 대표되는 IT기기와 LCD-TV로 대표되는 FPD(Flat Panel Display)관련 기기, 자동차에 적용되는 전장용 MLCC, 네트워크 장비 등의 산업용 등으로 크게 구분하여 볼 수 있으며, Table 1에 분류표를 정리하였다. 물론 분야별 세트의 구분은 분류기준에 따라 달라질 수 있으며, 편의상 MLCC에 요구되는 특성의 관점에서 대표적인 SET 위주로 나타내었다. 예를 들면 통신용 네트워크장비(라우터, 스위치 등)는 기기의 기능상으로 보면 IT 관련 기기이나 MLCC에 필요한 특성면에서는 산업용으로 구분하는 것이 타당할 것으로 생각되었다.

스마트폰으로 대표되는 모바일기기의 이동성(mobility)과 연결성(connectivity)이 강조되면서 다양한 기능이 추가되어 MLCC 사용량이 크게 증가하고 있으며(일반 Feature폰의 경우: 폰당 약 100~200여개, 고기능 Smart폰의 경우: 폰당 약 300~400여개), MLCC의 소형화 및 고용량화에 대한 요구가 증대하고 있다. 이와 같은 추세는 휴대폰만이 아닌 Tablet, Note-PC를 포함한 IT기기 전반

Table 1. MLCC 주요 적용분야

MLCC 적용분야	주요SET 및 모듈	MLCC 주요 요구사항
IT관련기기	HHP, PC(Tablet,notebook,desk-top), HDD 및 프린터 등의 PC 주변기기, DSC, MP-3 등	소형화, 고용량화, Array화
AV기기(FPD포함)	TV (LCD,PDP,OLED), 스마트TV Set Top Box	고온신뢰성(X7R <sup>~</sup> ), Array화, Low Acoustic Noise
자동차 및 산업용	EMS-ECU*, TMS**, BCM***, 카메라게이선, 차량용 Black box, 네트워크장비 등	내환경-고신뢰성(X8R <sup>~</sup> ), 내충격성, 고압 MLCC
IC-Package용	CPU용 Package 모듈 등	Low-profile, embedded, Low-ESL* & Low-ESR**

주) \*Engine Management System-Electronic Control Unit,  
 \*\*Transmission Management System, \*\*\*Body Control Module  
<sup>~</sup>X7R:사용온도범위가 -55°C~+125°C인 고유전율계 MLCC,  
<sup>~</sup>X8R:사용온도범위가 -55°C~+150°C인 고유전율계 MLCC  
 + Equivalent Series Inductance, ++ Equivalent Series Resistance

에 걸쳐 요구되는 현상으로 주된 고용량 MLCC의 용도는 고주파노이즈를 제거하는 디커플링용이다. 휴대폰의 경우 스마트폰으로 기능이 확대됨에 따라 AP(Application Processor: PC의 CPU 역할수행)를 포함한 사용 IC의 증가로 회로기판상에 실장밀도가 높아지게 되고, AP의 사용주파수가 상승함에 따라 시그널노이즈를 감소시키기 위한 디커플링용 MLCC의 고용량화가 필수적으로 요구되고 있다. 이 현상은 대부분의 전자기기에서 공통적으로 발생하고 있다고 볼 수 있으며, Tablet, Note-PC, DSC, HDD 등에서 소형, 고용량 MLCC의 요구가 지속적으로 증가하고 있다.

그리고 LCD-TV로 대표되는 FPD와 각종 AV기기에 있어서도 사용환경의 디지털화로의 변화에 따라 고해상도 및 다기능화가 진행되고 있다. FPD의 대표격인 LCD-TV의 경우 Slim화(박형화)와 고해상도화에 부응하는 LED BLU(Backlight Unit)채택과 주파수증가(60Hz→120Hz→240Hz) 및 3D 및 스마트 TV 등의 다기능화 등에 따라 MLCC의 적용수가 급증하고 있으며, 특히 주요회로부의 발열이 심해짐에 따라 고온에서 안정적인 고신뢰성 MLCC가 요구되고 있다. 또한 고화질의 동영상시청을 위한 적용주파수 증가에 따라 발생하는 기판울림현상을 억제할 수 있는 Acoustic Noise 대응제품도 요구되고 있다.

전장 및 산업용의 경우도 자동차 등의 전자화비율이 증가함에 따라 소요되는 MLCC 적용수가 날로 증가하고 있으며, 주지하는 바와 같이 열악한 실외사용 환경과 24시간 가동장비의 특성을 감안한 고신뢰성 제품개발이 계속되고 있다. 특히 전장용에서는 인명에 영향을 줄 수 있는 ECU 등의 주요 부분에 사용되는 MLCC의 경우 가혹한 사용환경에도 내부단락에 의한 고장이 발생되지 않도록 MLCC 설계단계에서부터 공정.출하검사까지 강건설계가 이뤄져야 한다(Short Free MLCC 설계 등).

그리고 PC의 CPU Package 등에 사용되고 있는 Low-ESL MLCC의 경우에는 Package CAP으로 불리고 있는데 L-W역전형(즉 기존의 MLCC과는 달리 길이방향으로 외부전극을 형성하여 ESL를 낮춘 MLCC) 과 8단자형이 적용되고 있으며, CPU의 PDN(Power Distribution Network: CPU 등의 마이크로프로세서에 안정적인 전원

을 공급하기 위한 회로부로 주로 고주파수의 노이즈를 제거하기 위해 디커플링 용도로 MLCC를 비롯한 많은 capacitor를 사용)에서 요구하는 타겟임피던스를 구현하기 위한 다양한 설계의 MLCC가 개발되고 있다.」

### 3. 기술전개방향

지금까지 주요 SET트렌드에 따른 MLCC 제품군별 개발방향을 간단히 살펴보았는데 이를 달성하기 위한 기술개발현황을 앞장과 연계하여 알아보고자 한다. 우선 MLCC 기술의 집약체라고 볼 수 있는 초고용량개발과 관련한 기술동향을 살펴 보았다.

#### 3.1. 초고용량 MLCC 개발동향

MLCC의 용량은 아래의 식에서 보듯이 유전체재료의 유전율과 유효전극면적, 유전체두께 그리고 적층수에 의해 결정됨을 알 수 있다. 특히 칩사이즈와 유전체가 결정된 상태에서는 유전체두께와 적층수가 고용량을 구현하는데 있어서 핵심 설계요소가 된다. 이에 따라 유전체층의 박층화가 유전체재료개발과 함께 MLCC 기술개발에 있어서 핵심으로 간주되고 있으며, 이 박층화에는 유전체층의 박층화뿐만 아니라 내부전극층의 박층화도 함께 고려 대상이다. 그리고 여기서 얘기하는 MLCC 박층화기술은 후막기술을 이용한 소재와 공정의 범위내에서 논의하며, 현재까지 상품화되어 있는 박층화의 최고수준은 유전체층 두께 약 0.6 $\mu$ m, 내부전극층 두께 약 0.5 $\mu$ m 정도이다. 그러나 박층화기술이 날로 발전함에 따라 후막기술을 이용하여 달성할 수 있는 박층화의 한계에 대하여 산업계 뿐만 아니라 관련학계에서도 관심이 지대하며 이를 극복하기 위한 많은 시도가 이뤄지고 있다.

그 대표적인 예가 박막공정을 부분적으로 도입하거나 전체적으로 박막공정을 이용하여 MLCC를 개발하고자 하는 시도가 이뤄지고 있으나, 유전체재료의 유전율저하 등으로 인한 생산성과 고가의 박막공정설비로 인한 원가 문제 등으로 실험실 차원에서 검토되고 있는 실정이다.」 그러나 MLCC 업계 1위인 일본계 무라타사의 경우 칩전체두께가 50 $\mu$ m에 불과한 박막 MLCC(1005mm 사이

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A(n-1)}{t}$$

$\epsilon_0$  : 진공에서의 유전상수 (8.854 X 10<sup>-12</sup> F/m)

$\epsilon_r$  : 유전체의 유전상수

t : 두께

A : 내부전극 유효면적

n : 적층수

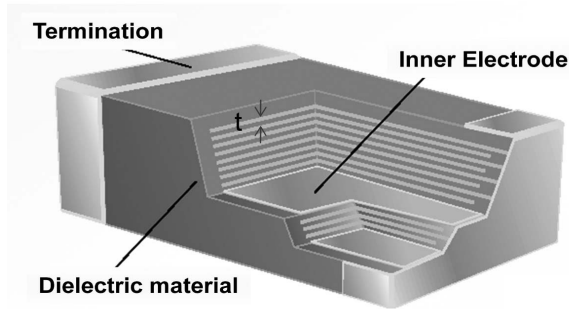


Fig. 1. MLCC 모식도

즈-100nF, 0603mm 사이즈-10nF)를 개발하여 전시회에 출품한 바 있으며(CEATEC-Japan, 2009.10) 비록 저용량이지만 매우 한정된 공간에서 활용될 수 있는 특수용도로의 적용가능성이 있다고 생각된다. 과연 반도체업계의 무어의 법칙(18개월마다 칩밀도가 2배씩 증가한다는 법칙)과 유사하게 MLCC에서도 약 1.5년에 용량이 2배씩 증가할 수 있을 것인지 많은 관심이 집중되고 있으며, 최근 MLCC 여러업체에서는 고용량화기술의 포화현상을 극복하기 위하여 나노파우더 합성기술과 고정밀 인쇄-적

층기 등의 개발에 매진하고 있다.

고용량 MLCC의 주요한 핵심재료로는 유전체를 구성하는 BaTiO<sub>3</sub> 파우더와 Ni-내부전극 그리고 Cu-외부전극을 들 수 있다.(여기서는 현재 원가경쟁력과 신뢰성 측면에서 우수하여 MLCC의 주류로 개발, 공급되고 있는 Ni-MLCC에 초점을 맞춘다) 초고용량화에 따라 앞의 Capacitance를 구하는 식에서 보통 고유전율의 재료를 이용하여 유전체층을 얇게 할수록 용량증가를 크게 할 수 있는데, 여기에는 온도특성을 만족하는 것 외에 여러 전기적특성과 신뢰성을 만족해야 하는 문제가 있다.

특히 고유전율계 재료에서 강유전체특성에 기인하는 DC-Bias 특성(직류전압 인가시 용량이 감소하는 특성)을 향상시키기 위한 연구도 박층화에 따라 더욱 중요해지고 있다.

일반적으로 사용되는 정격전압을 만족하는 전기적 특성과 신뢰성을 만족시키기 위해서는 유전체층당 4-5개 이상의 입자(grain)가 확보되어야 하는 것으로 알려지고 있고 0.5μm의 유전체층을 형성할 경우 평균적인 입경은 약 100nm 이하 수준이 될 것으로 생각할 수 있다. 이해를 돕기 위해 박층화에 대한 모식도를 Fig. 2.에 나타내었다. 이에 따라 현재 개발중인 초고용량 MLCC의 경우에는 80nm 이하의 BaTiO<sub>3</sub> 파우더가 개발 적용되고 있으며, 또 다른 박층화의 한 축인 Ni-내부전극의 경우에도 이와 같은 나노파우더개발이 핵심요소기술이 되고 있다. 또한 이와 더불어 이들 나노파우더를 가공할 수 있는 여러 공정기술과 이들 공정과 관련된 설비개발도 동시에

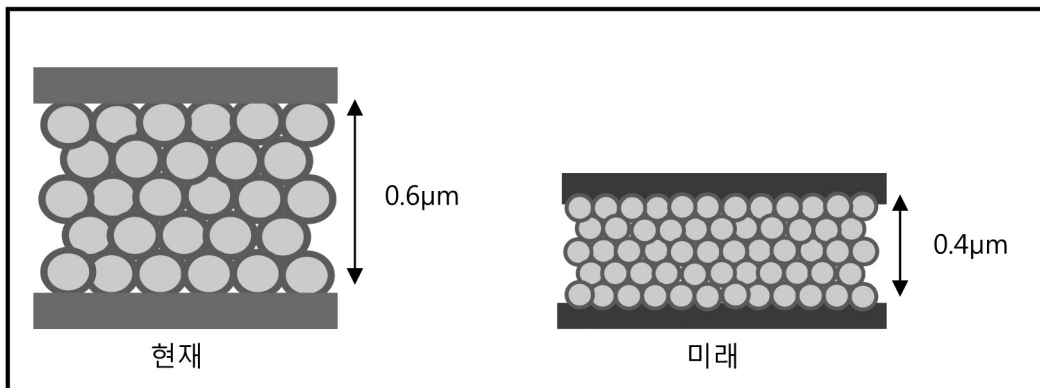


Fig. 2. 초고용량 MLCC 박층화의 모식도

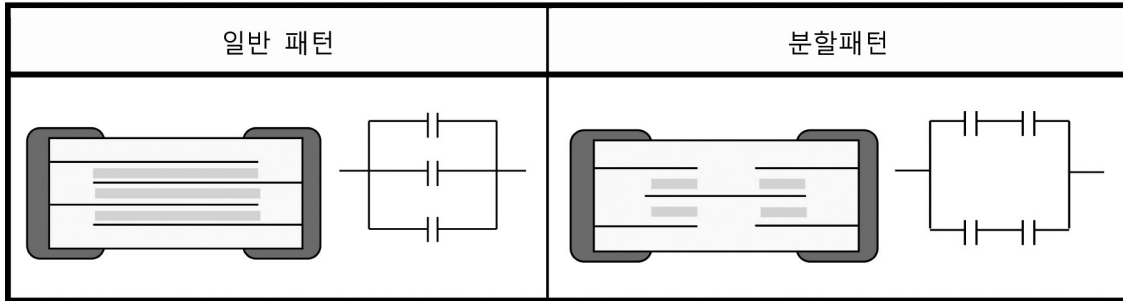


Fig. 3. 고압 MLCC의 내부구조 설계.

이뤄지고 있으며, 특히 최근 국내업계의 괄목할만한 점은 MLCC 관련 기초소재 및 설비업체의 성장과 발전이 크게 이뤄지고 있다는 점이며, 관련 업계의 동반성장은 국내 MLCC 업계 및 관련부품의 세계경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3.2. 고압.전장용 MLCC 개발동향

주로 전원용(POWER)모듈에 많이 사용되는 고압용 MLCC의 경우 교류(AC)입력단의 필터용으로 사용되는 X-Cap, Y-Cap을 비롯하여 직류(DC)출력단의 전원 평활용이나 서지흡수용이 있으며, X-Cap, Y-Cap 등은 교류 환경에 사용되므로 국제적인 전기안전규격의 인증을 득해야만 판매가 가능한 신뢰성이 매우 높은 제품이라고 볼 수 있다. 이와 같은 고압품의 경우 절연파괴전압이 높은 유전체재료를 사용해야 할 뿐 아니라 내부전극의 패턴은 내전압을 향상시키는 구조를 채택하고 외부전극설계도 표면방전 등이 일어나지 않도록 해야 하는 등의 다양한 내전압향상을 위한 설계 및 재료가 고려되어야 한다. 예를 들면 내부전극의 구조를 Fig. 3과 같이 분할구조로 설계함으로써 내전압을 향상시킬 수 있다. 그리고 고압을 구현하면서 용량을 올리기 위해 고압 MLCC를 몇 개 쌓고 외부단자부분은 금속재질로 연결하여 상품화한 스택형 고압 MLCC도 판매되고 있다.<sup>1)</sup>

자동차의 전자화 추세의 증가에 따라 일본계가 세계시장을 지배하고 있는 전장용 MLCC의 경우 한국 및 대만계 MLCC 업계에서도 점차 비중을 늘려가고 있는데 열악한 외부환경에 대처할 수 있는 신뢰성확보가 관건이라고 할 수 있다. 우선 자동차엔진 주변에 적용될 수 있

도록 고온신뢰성이 요구되어 150°C까지 사용할 수 있는 X8R 특성의 제품이 개발되고 있으며, 일부 선발업체에서는 175°C까지도 보증할 수 있는 X9R 제품도 개발중인 것으로 알려지고 있다. 특히 전장용 MLCC의 경우 차체의 진동에 견딜 수 있는 높은 휨강도특성과 고온내습 환경에서 버틸 수 있는 고신뢰성이 요구되고 있으며, 자동차업계에서 전원 효율화를 위해 진행중인 배터리전압의 증가(12V에서 42V체제로의 전환)에 대비한 MLCC 정격전압의 향상도 꾸준히 전개되고 있다. 그리고 자동차에 많이 사용되는 모터에서 발생하는 전자기파 영향을 감소시키기 위한 EMC(Electromagnetic Compatibility)대책용 3단자형 MLCC에 대한 요구도 꾸준히 증가하고 있다.

### 3.3. Low-profile, Embedded MLCC 개발동향

모바일용을 비롯한 대부분의 전자기기의 슬림(slim)화가 진행되면서 사용부품의 박형화 요구도 크게 증가하고 있는데 소형화에 의한 대응으로는 용량확보에 한계가 있으므로 MLCC 사이즈는 유지한채 칩의 두께를 감소시키는 방향으로의 개발도 활발히 진행되고 있다. 예를 들면 1005 사이즈(L x W xT=1.00x0.50x0.50mm) MLCC의 소형화는 0603(L x W xT=0.60x0.30x0.30mm), 0402(L x W xT=0.40x0.20x0.20mm) 사이즈까지 개발되어 양산되고 있으나, 0402 사이즈의 경우 현재까지는 최고용량이 100nF이므로 보다 높은 용량이나 DC-Bias 특성이 필요한 경우 1005 사이즈의 박형이 개발되는 식이다. 이와 같은 제품 즉 칩사이즈는 일반규격과 동일하나 칩의 두께만 보다 얇게 개발된 제품을 Low-profile 제품으로 부르고 있다. 그 대표적인 용도는 반도체패키지, 카메라모

들 등으로서 사용되는 반도체칩의 두께에 따라 제품 라인업이 구성되고 있다.

그리고 기기의 소형화에 따라 메인기판이나 모듈의 부품 실장밀도가 올라가 더 이상 칩실장 공간이 부족한 경우도 발생하게 되는데 이를 해소하는 방법으로 Embedded 타입(매립형) MLCC의 개발 및 양산도 진행되고 있다. Embedded MLCC와 일반 MLCC의 가장 큰 차이점은 기판위에 실장하는 것이 아니고 기판내에 매립하여야 하므로 단자전극 부위에 솔더링을 위한 도금층이 없으며 기판 설계에 따라 회로와의 연결이 용이하도록 단자전극의 폭을 철저히 관리하는 것이라고 볼 수 있다. 또한 기판내에 매립되는 형태이므로 MLCC의 두께가 얇은 경우가 많은데 완성칩의 두께관리도 보다 엄격히 관리되어야 한다.

### 3.4. Low-ESL MLCC 개발동향

전자기기의 디지털화가 진행되면서 데이터저장용량 및 처리속도가 급속히 증가하게 되고 이에 따라 사용하는 IC의 사용주파수(clock frequency)도 크게 증가하고 있다. PC의 CPU는 그 사용주파수가 이미 1GHz를 넘어선지 오래이고, 스마트폰의 경우에도 최근 사용주파수 1GHz의 AP를 장착한 제품들이 대거 출시되고 있는 실정으로 IC에 공급되는 전원라인에 발생하는 고주파노이즈를 제거하기 위해 디커플링 Capacitor가 다수 필요하게 된다. 그러나 Capacitor중에서 고주파수대에서 임피던스가 낮아 디커플링용으로 많이 사용되고 있는 고용량 MLCC의 경우에도 GHz대의 주파수 영역에서는 ESL값이 높아 고주파노이즈 제거를 위한 회로내 임피던스매칭에 한계가 발

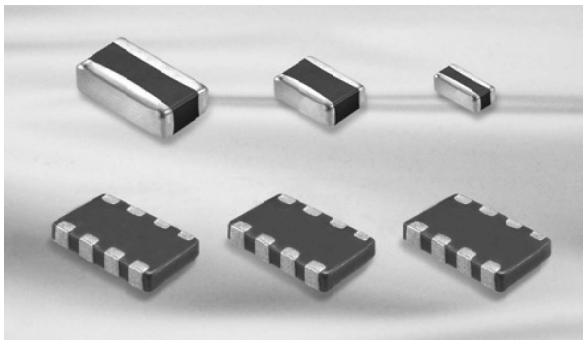


Fig. 4. Low-ESL MLCC (L-W역전형, 8단자형) 삼성전기 홈페이지 참조.

생하게 되어 보다 낮은 ESL을 갖는 MLCC개발이 요구되고 있으며 그 대표적인 제품을 Fig. 4에 나타내었다.

그리고 이와 같이 특별한 용도로 사용되는 MLCC의 경우 고부가가치 제품이나 제품의 사양이 무척 까다롭고 제조공정도 복잡하여 일부 선두권 업계에서만 공급 가능한 실정이다.

## 4. 요약

지금까지 간단하게나마 MLCC 제품군별로 제품개발 요구사항과 기술개발현황을 살펴 보았다. 2008년 세계금융위기 이후 IT 분야를 중심으로 급증하고 있는 전자부품수요에 대응하기 위해 MLCC 업계는 시장선점을 위한 제품개발과 증설을 서두르고 있으며, 초고용량 MLCC로 대표되는 고부가시장의 개척과 생산성향상을 통한 원가경쟁력 확보가 화두가 되고 있다. 세라믹후막기술의 구현 정도에 따라 초고용량 MLCC 개발에 필수적인 소형화 박층화기술의 발전방향이 판가름 날 것으로 보이며, 특히 기초소재가 되는 유전체재료와 나노파우더 합성기술, 그리고 이를 적용할 수 있는 제반 공정기술 및 설비 개발 등의 종합적인 전개를 통해 MLCC 시장이 지속적으로 확대 발전될 것으로 믿는다.

## 참고문헌

1. 세라믹콘덴서의基礎と應用, Ohmsha.
2. M Randall, "Thin Film MLCC", CARTS 2007 Symposium Proceedings.
3. 삼성전기 홈페이지.

## ●● 위성권



- 1984년 연세대학교 요업공학과 학사
- 1986년 한국과학기술원 재료공학과 석사
- 1992년 한국과학기술원 재료공학과 박사
- 1986년 국방과학연구소 연구원
- 1992년/2001 삼성전기 책임연구원/수석연구원