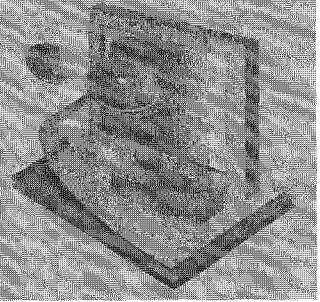


LTCC 유전체 재료



김소정 교수 (한중대학교 전기전자공학과)

최근의 급속한 전자산업의 발전은 무선통신기기, 반도체, 모바일기기 등의 이동통신 산업 분야의 고집적 및 저비용 회로 제작을 요구하고 있으며 이러한 회로 시스템의 고집적화, 고기능화 및 저 전력화 추세에 응용하기 위해서 LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics, 저온 동시소성 세라믹) 기술이 활성화 되어 빠르게 그 응용시장이 형성되고 있다. 이러한 LTCC 기술은 기존 반도체 및 전자부품산업에 사용되던 HTCC (High Temperature Co-fired Ceramics, 고온 동시소성 세라믹) 기술과 제조공정이 유사하지만 1500℃ 이상의 고온의 소성온도를 요구하는 종래의 HTCC 기술과 달리 높은 전도성과 낮은 용점을 갖는 Ag와 Cu 전극을 사용하기 위해 900℃ 이하의 저온에서 소성이 가능한 기술이라는 차이가 있다.

LTCC 기술은 Ag/Cu 전극과 함께 동시소성이 가능한 유전체 세라믹을 다층으로 적층하여 900℃ 이하의 온도에서 동시에 소결하여 얻어지는 기술로 이미 적층세라믹 커패시터 (MLCC, Multi-Layer

Ceramic Capacitor)에도 적용되고 있으며 고밀도의 다층칩 모듈 (MCM, Multi-Chip Module)과 능동 및 수동부품을 집적화하는 SoP (System on Package)를 실현할 수 있는 방법으로 크게 각광받고 있다. 특히 전기전도도가 우수한 Ag/Cu 전극을 사용함으로써 고주파 대역에서 저 손실을 갖는 부품을 만들 수 있을 뿐만 아니라 R, L, C 등의 수동소자와 신호전달 배선을 기판 내부에 형성 가능하며 실리콘(Si)과 비슷한 열팽창계수를 갖는다는 이점으로 인해 Si 집적소자와의 고집적화가 가능해 초기 군사용으로 채택되어 사용되던 기술이었으나 1980년대를 기점으로 이동통신 시장의 큰 각광과 함께 다양한 기능을 선보인 휴대전화를 중심으로 이동통신 산업 분야에 LTCC 기술을 이용한 부품들이 고부가가치 제품군을 형성하며 급속한 수요를 창출해 폭넓게 응용이 확대되고 있다. 상기 부분에서 언급했듯이 LTCC 기술이 가지는 다양한 특성으로 인해 초기 칩 부품과 패키지 부품 등에 다양한 용도로 채용이 기대되었으나 크게 시장이 형성되지 않다가 최근의 이동통신 시장의 눈부신 발전에 힘입어 고주파 및 초고주파 대역의 회로 소형화, 고기능화 및 저가격화의 실현을 위해 LTCC 기술이 이동통신용 모듈부품 분야에서 크게 주목받게 되었다. 특히, 반도체 및 모바일 통신기기 분야 시스템의 고집적화는 새롭게 형성되고 있는 SiP (System in Package) 및 SoP (System on Package) 패키지 응용 기술과 함께 Dual-Band 및 Multi-Band의 고주파 및 초고주파대역 무선통신 산업 분야에 고부가가치 제품군을 이루며 새로운 응용

표 1. HTCC와 LTCC 세라믹스의 특성 비교.

	HTCC	LTCC
기판재료	Al ₂ O ₃ 계 세라믹스	기능성 세라믹스 + glass계 재료
소성온도	>1500℃	900℃
유전상수(εr)	10	100
도전재료	W/Mo계 고용점, 고저항 재료	Ag/Cu계 저용점, 고전도 재료

시장을 창출하고 있다. 이러한 SiP나 SoP 기술은 MCM 기술 분야의 하나로 경박단소형 모듈의 제작, 전기적 성능의 극대화, 낮은 소모전력 및 신뢰성의

표 2. Needs and Advantage of LTCC for package (Ref. Dupont).

High Performance for High Frequencies	minimal dielectric loss up to 77 GHz
Flat frequency response DC to >100 GHz	Permittivity constant DC to >40 GHz Low loss to millimeter wave frequencies
High Density Interconnect	Tape + Photo Patterning
High Voltage (vs. wireless) and Power	Low TCE, high thermal conductivity
Well defined lines, fine patterning	Thick Film, Green Tape + Photo Patterning
Technology Integration (Si, GaAs, InP, Analog, Digital, Optical, Electrical)	Compatibility with assembly processes Low TCE, match to Si, GaAs, or InP Proven reliability
Dimensional & property Stability	Low TCE Precise patterning Properties invariant with time/ environment
Environmentally friendly	Compatible with Pb-free solders Halogen free

향상이라는 장점을 갖고 있으며 그 중심에 LTCC 기술이 중요기술로서 자리매김하고 있다. 최근의 전자 통신 산업은 이동통신이 가능한 휴대기기와 밀접한 관계를 가지며 빠른 속도로 발전하고 있다. 특히 이러한 휴대기기의 특징은 군사용의 특수용도로 제한되었던 사용주파수 대역이 점차 높아지고 있는 점과 휴대의 간편성, 소형화를 요구한다는 점 그리고 단순한 통신 이외에 멀티미디어, 인터넷 등과 같은 다양한 기능을 요구한다는 점이다. LTCC 기술은 LTCC가 가지고 있는 많은 특성들로 인해 변화되고 있는 통신시장의 요구조건에 잘 부합된다고 볼 수 있다.

LTCC 제품은 크게 모듈용 LTCC Substrate, LTCC Substrate와 L 또는 C의 단일 기능을 구현하는 LTCC Component 그리고 LTCC Component 복수의 기능을 내장하여 일체화시킨 LTCC Module 의 세 부류로 나눌 수 있으며 이러한 LTCC 제품군의 중심이며 핵심이 되는 분야로는 LTCC가 요구하는 여러 특성을 만족시키는 기판 재료 즉, LTCC 소재 분야라고 볼 수 있다. 특히 이러한 LTCC 소재 분야에서 중요시 되고 있는 특성으로는, 사용 주파수가 높아짐에 따른 낮은 유전손실을 요구하는 것은

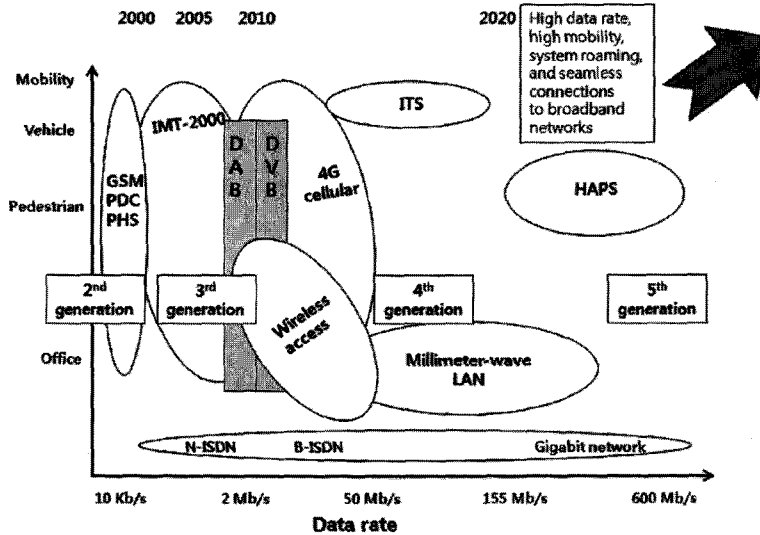


그림 1. 통신-방송의 발전방향.

로, LTCC 제품의 응용화에 사용되는 주파수 대역은 자동차용 텔레메틱스나 위성방송 그리고 위성통신 시장 등 분야에서 20 GHz를 넘어 40 GHz, 60 GHz, 77 GHz, 94 GHz 대역에 이르는 광범위한 주파수 대역의 사용이 검토되고 있는 실정이다. 따라서 향후 이러한 사용 주파수 대역을 만족시키는 저유전율과 저유전손실 특성을 만족시키는 LTCC용 기판재료의 개발이 시급히 요구되고 있는 것이 현실이다. 이와 더불어 Si과의 신뢰성 및 고밀도 패키징 요구에 부합되는 높은 탄성계수 (Elastic Modulus)와 낮은 열팽창계수 (Coeff. of Thermal Expansion, CTE)를 갖는 LTCC용 기판재료의 연구 개발이 요구되고 있으며 이외에도 Embedded Capacitor 구현이 가능한 고유전율을 갖는 재료 그리고 고유전율과 저유전율 기판재료의 이중접합에 대한 연구 분야도 LTCC 소재 기술의 향후 관건 과제라 볼 수 있다. LTCC용 소재업체로는 Dupont, Heraeus, Ferro 등의 외국 업체들이 Tape이나 Paste를 생산 및 판매하고 있으며 독자적인 소재 및 공정 기술로 Substrate, Component 및 Module 등 LTCC 제품을 생산하는 Murata, Kyocera, TDK 등 일본의 종합세라믹전자부품 제조업체를 들 수 있다. 국내의 경우 삼성전기, LG이노텍, 삼화콘덴서, 필코전자, 아모텍, 이노칩테크놀로지, 삼영전자공업 등이 주축이 되어 중소기업체와 함께 재료, 공정, 회로설계 등의 다양한 부문에서 독자성과 고부가가치화 제품군의 연구 개발을 시도하고 있으나 연구개발 및 규모면에서 일본, 미국 등 LTCC 제품 선진국에 비해 다소 열세인 것 현실이라 볼 수 있다. LTCC용 유전재료의 연구방향은 초고주파용 Glass 기반 LTCC 소재 연구, 초저손실 유전체 소재 연구 그리고 저온

공정 저손실 유전박막 연구 등 크게 3가지 방향으로 연구가 진행되고 있다. 본고에서는 반도체 및 무선 이동통신 산업 분야에 폭넓게 응용화 시장이 형성되고 있는 LTCC 소재 분야인 유전체의 개요와 소재, 제조방법 그리고 응용 패키지 기술 (SoP 등)과 관련된 내용을 소개하고자 한다.

담임위원



성명 : 김소정

- ◆ 학력
 - 1986년 인하대학교 공과대학 전기공학과 공학사
 - 1990년 인하대학교 대학원 전기공학과 공학석사
 - 1999년 한국과학기술원 신소재공학과 공학박사

- ◆ 경력
 - 1986년 - 1995년 한국과학기술원 전자세라믹재료 연구실 연구원
 - 2000년 - 현재 한중대학교 전기전자공학과 교수

표 3. LTCC 제품의 분류.

LTCC substrate	LTCC component	LTCC module
PA module용 광픽업 중첩module용 차량ECU용 CDMA/AMPSSAW Duplexer용	Filter(BDF, LPF) Balun Diplexer Coupler Micro-antenna	TDMA multiband용 FEM Antenna + BPF PDC/W-CDMA용 RX module

