

LTCC의 미래

김 병 국
한국과학기술연구원 재료연구부
bkkim@kist.re.kr

1. 서 론

LTCC(저온 동시소성 세라믹)은 고기능성이고 고신뢰성인 회로기판 및 복합 module을 실현할 수 있는 기술이다. 1990년을 전후한 시기에 개발된 당시에는 다양한 용도에서의 개발·보급이 기대되었으나 슈퍼컴퓨터 용이나 항공우주용과 같이 특별한 신뢰성이 요구되는 분야에만 제한적으로 사용되었을 뿐, 기존의 수지 다층기판이나 HTCC(고온 동시소성 세라믹)에 가려 그 시장이 기대했던 것만큼 확대되지는 않았다. 그러나 근년에 들어 이동통신시장이 폭발적으로 확대됨에 따라 고주파 아날로그회로의 소형화·저가격화·고기능화를 실현해 내는 가장 강력한 수단으로써 LTCC substrate·component·module이 폭넓게 활용되게 되었다. 금후에도 이러한 LTCC 제품들은 wireless interface를 중심으로 수차례의 기술적 break-through를 거치면서 보다 고부가가치인 제품 위주의 방대한 수요를 창출할 것으로 예상된다. 본고에서는 이와 같은 잠재력을 지닌 LTCC의 개요, 제품, 수요분야, 제조업체 등 현재 상황에 대해 간단히 분석하고 제품추이, 기술추이 및 시장추이를 중심으로 그 미래를 총론적 차원에서 예측해본다. 단, MLCC(적층 세라믹 캐패시터)나 MLCI(적층 세라믹 인덕터)와 같은 단일기능의 세라믹 적층 칩부품도 광의의 LTCC로 볼 수 있으나 그 기능의 복합화와 관계없이 독자적으로 매우 큰 시장을 형성하고 있으므로 본고에서는 논외로 하기로 한다.

2. LTCC의 개요

LTCC는 alumina 등을 주성분으로 하는 종래의 세라믹 다층기판이 약 1500°C 이상의 소성온도를 필요로 하는데 반해, glass계 재료를 첨가함으로써 1000°C 이하에서의 ‘저온’ 소성을 가능하게 한 ‘세라믹 다층기술’이다. 종래의 세라믹 다층기판은 HTCC로 불린다. LTCC 최대의 특징은 소성온도를 저온화함으로써 Ag계 또는 Cu계와 같이 저가이고 저융점인 고전기전도도의 금속을 내층배선용 소재로 사용할 수 있다는 것이다.(Table 1) 또 glass계 재료를 첨가함에 따라 전자기적 특성이 다소 열화되기는 하지만 고유전율·저유전손실·고열전도·Si과 유사한 열팽창계수 등, 수지계 다층기판기술에서는

Table 1. HTCC와 LTCC

	HTCC	LTCC
기판재료	Al ₂ O ₃ 계 세라믹	전자기 기능성 세라믹 + glass
소성온도	> 1500°C	< 1000°C
비유전율	~ 10	4 ~ 100
도체재료	W/Mo계 고용점 고저항 재료	Ag/Cu계 저융점 고전기전도도 재료

Table 2. 수지계 다층기판과 HTCC 및 LTCC의 특성 비교평가

특성	다층기판기술			
	수지계	HTCC	LTCC	
실장성	미세배선	○	△	△
	bare-chip과의 matching	×	○	△
	mother-board와의 matching	○	△	△
환경의존성	온도특성	×	○	○
	내습성	×	○	○
삽입손실 (저소비전력)	도체손실(배선)	○	×	○
	유전체손실(기판)	×	○	△
	계	×	△	○
수동부품내장	C	△	×	○
	L	△	×	○
	공진기(filter)	△	×	○
소형화	수동부품 주체	△	△	○
	반도체 주체	○	×	△
가격		○	△	×

얻을 수 없는 HTCC 고유의 특성을 유지한다. (Table 2) 따라서 LTCC에서는 수지재료를 이용하는 다층기판에 비해 고기능인 수동소자들을 보다 소형으로 구성할 수 있다. 특히 열팽창계수가 Si와 유사하여 bare-chip의 실장에 효과적이며 열전도도가 높아 이상적인 반도체 실장기판으로 활용될 수도 있다.

3. LTCC 제품 및 수요 분야

LTCC 제품은 module 제조용 LTCC substrate, LTCC substrate와 도체재료만으로 구성되어 L 또는 C의 단일 기능을 구현하는 LTCC component, 이러한 LTCC component 복수의 기능을 내장하여 일체화시킨 LTCC 복합 module 등 크게 세 부류로 나눌 수 있다. 현재 PA module, 광픽업 증첩 module, 차량용 ECU, CDMA/AMPS SAW duplexer 등에 사용되는 LTCC substrate 및 band pass filter, low pass filter, balun, diplexer, coupler, micro-antenna 등과 같은 LTCC component, 그리고 TDMA multiband용 FEM, antenna + BPF, PDC/W-CDMA용 RX module 등과 같은 LTCC module이 양산되고 있다. (Table 3) 이들 LTCC 제품의 주된 수요분야는 휴대전화 중심을 한 wireless interface, 차량용 ECU, MD/CD-RW drive 등의 광픽업 laser 발진/noise 저감용 증첩 module 등이다. (Table 4)

Table 3. LTCC 제품의 분류

LTCC substrate	LTCC component	LTCC module
PA module용	filter (BPF, LPF)	TDMA multiband용 FEM
광픽업 증첩 module용	balun	Antenna + BPF
차량 ECU용	diplexer	PDC/W-CDMA용
CDMA/AMPS SAW duplexer용	coupler	RX module
	micro-antenna	

Table 4. LTCC 제품의 수요분야

applications	LTCC 제품			
	LTCC substrate	LTCC component	LTCC module	LTCC module
wireless interface	cellular/PHS	○	○	○
	bluetooth/WLAN	○	○	○
automotive	GPS	△	×	△
	ECU	×	○	○
optical	optical pickup	×	△	○
	TX/RX	△	△	×
computer	MPU/interface	×	△	△
	others	△	△	△

4. LTCC 제조업체

본고에서는 LTCC용 소재 제조업체들, 즉 Dupont, Heraeus, Ferro 등과 같이 LTCC용 tape이나 paste를 생산·판매하는 업체들은 논외로 하고, 소성공정에 입각해서 LTCC substrate/package, LTCC component, LTCC module 등을 양산하고 있는 LTCC 제조업체들을 알아본다.

Table 5는 LTCC 제조공정에 따른 주요 LTCC 제조업체들의 분류이다. LTCC substrate만을 생산·공급하는 A형에는 Sumitomo, Kyocera 반도체 사업본부, ACX 등과 같은 substrate/package 제조업체들이 있다. 이 부류의 업체들은 단순히 반도체나 module 제조업체에 substrate/package를 공급하는 사업구조를 갖고있기 때문에 LTCC 시장에서의 능동적인 전개를 모색하기는 어려워 보인다. 한편, LTCC sheet를 공급받아 LTCC component 및 module을 생산하는 B형에는 Matsushita, Soshin, Thales, CTS, EPCOS, NS 등과 같은 고주파부품 제조업체들과 BOSH와 같은 차량용 ECU 제조업체들이 있으며 고부가가치화를 위해 LTCC component보다는 LTCC module의 개발·생산에 주력하고 있다.

독자적인 소재·공정기술로 substrate, component는 물론 module까지 모든 LTCC 제품을 생산하는 C형에는 Murata, Kyocera, TDK, MACO, Hitachi 등 일본의 종합 세라믹 전자부품 제조업체들이 있다. 상기 major 3사 (Murata, Kyocera, TDK)의 2001년 LTCC 세계시장 점유율은 88%로 전세계 부품시장을 장악하고 있다. 금후에는 기능의 복합화 및 반도체와의 일체화가 한층 가속되어 'module'이 LTCC 제품의 주역이 될 것이며 이러한 module화 기술은 balun이나 BPF와 같은 단일기능의 LTCC component 제조기술의 know-how에 기초한다는 점에서, 앞으로도 이러한 C형의 종합 세라믹 전자부품 제조업체들이 LTCC 시장을 선도하는 주도적 역할을 할 것으로 예상된다. 구미에서는 이러한 C형의 업체들을 찾아볼 수 없으나 최근 들어 LTCC 시장에 신규로 참여하는 한국의 삼성전기, 삼화콘덴서, 필코전자 및 대만의 Darfon, Phycomp, Seng-Tong, Emtac 등 아시아 기업들도 소재부터 module까지의 소재·공정기술 독자성을 확보함으로써 LTCC의 고부가가치화를 시도하고 있다.

Table 5. LTCC 제조업체

업체 형태 LTCC 제조공정	A형	B형	C형
powder → paste sheet	Sumitomo Kyocera(반) ACX	Thales CTS EPCOS Matsushita BOSH NS	Murata
stacking → cofiring			Kyocera TDK MACO
assembly	---		Hitachi NTK

5. LTCC 제품추이

(1) 휴대전화

향후에는 지금까지와 같은 휴대전화 세계시장의 지속적 고성장은 불가능하지만 단일 품목으로는 유사한 예를 찾을 수 없는 연 5억대 규모의 성숙된 시장규모가 축소되지 않으리라는 것은 관계자들의 공통된 의견이다. 이러한 휴대전화에 사용되고 있는 band pass filter, low pass filter, balun, coupler, diplexer 등 LTCC component들은 서로 또는 다른 여러 component와의 복합화에 의해 단일 module화가 급속히 진행되고 있으며 이러한

Table 6. 단일 기능 LTCC Component의 Module화 경향

부 품	동 향	비 고
BPF	→ module화	PDC 및 W-CDMA 등에서 balun 등과 일체화하고 LNA 및 mixer를 탑재한 module
LPF	→ module화	이미 FEM과 복합화가 완료되어 단품은 거의 수요가 소멸
balun	↓ SAW 내장 module화	SAW filter의 balance형화 및 수신계의 module 또는 SAW package로 내장됨에 따라 수요 감소
coupler	↓ module화	PA module 및 FEM과의 일체화가 진행
diplexer	→ module화	FEM에의 내장으로 RF FE용은 수요 소멸되었지만 VCO 신호 분주용은 수요 확대

Table 7. 복수 기능의 내장화가 진행되는 휴대전화용 LTCC Module

LTCC module	system	integrated functions by LTCC					mounted devices
		BPF	LPF	diplexer	balun	coupler	
PA module	all	△	△	△	△	△	PA
FEM	GSM/DCS TDMA	△	○	○	×	△	diode/switch
FEM + SAW	GSM/DCS	△	○	○	△	△	diode/switch /SAW filter
RX module	PDC W-CDMA	○	×	×	○	×	LNA/mixer
APC/coupler	TDMA	×	×	×	×	○	APC
FEM + PA module	GSM/DCS	×	○	○	△	○	diode/switch /PA

module화 경향은 향후 한층 더 심화되어 복수 기능이 내장된 LTCC module이 그 주류를 이룰 것으로 전망된다. (Table 6 및 7)

(2) 근거리 무선통신

1990년대 전반에 pager로 우리에게 다가선 이동통신 기술은 1990년대 중반부터 등장한 휴대전화로 급속히 대체되었으며 이러한 개인 이동통신기술은 bluetooth/WLAN과 같은 근거리 무선통신기술로 이제 막 진화가 시작되고 있는 단계이다. 휴대전화는 「anytime, anywhere」 가능한 음성·화상 송수신 및 internet 접속을 실현했지만 근거리 무선이동통신은 이에 덧붙여 「무료 또는 무료로 가까운」 이동통신을 실현하는 기술로 관심이 집중되고 있다. Fig 1은 휴대전화 및 bluetooth/WLAN 등 근거리 무선통신 interface 탑재기기의 생산대수 예측이다. 휴대전화의 성장률은 둔화되는 반면 bluetooth 및 무선 LAN (2.45/5.2 GHz) 등 근거리 무선통신 interface 탑재기기는 빠른 속도로 성장하여 2004년부터 휴대전화 생산대수를 상회하기 시작할 것으로 예측된다.

근거리 무선통신 interface는 생활에 필수 요소로 자리 잡은 거의 모든 전자기기에 조만간 탑재될 전망이다. (Table 8) 특히, 근거리 무선통신 interface는 휴대형 전자 기기에의 탑재가 주류를 이루게 됨에 따라 고주파·고신뢰성·저가격·소형·저소비전력 등의 요소를 만족시켜야 한다. 따라서 근거리 무선통신 interface용 module을 구현하기 위한 기술로 LTCC 기술이 가장 유력한

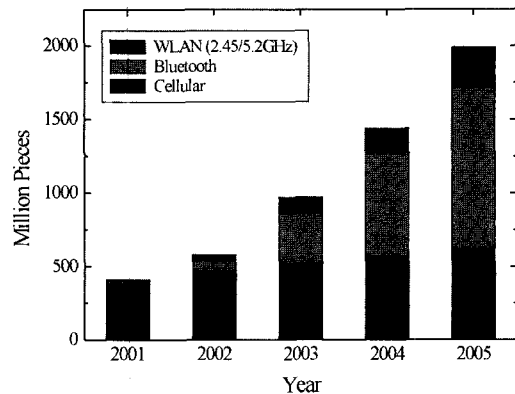


Fig. 1. 휴대전화 및 근거리 무선통신 interface 탑재기기 시장 추이.



Table 8. 엄청난 잠재수요를 갖는 근거리 무선통신 Interface

applications	bluetooth	WLAN(2.45 GHz)	WLAN(5.2 GHz)
cellular	◎	△	×
PC	desktop	○	◎
	portable	◎	◎
printer	○	◎	×
monitor	×	○	○
PDA	◎	○	△
TV	△	○	◎
VTR/DVD	△	○	◎
portable VTR	△	○	◎
audio	desktop	○	○
	portable	◎	×
game	desktop	○	○
	portable	◎	×
automotive	◎	○	○
total	◎	○	○

Table 9. 광통신 및 PC용 LTCC

용도	현재	전환점	시기
광통신	network processor	HTCC (alumina)	40 Gbps/wavelength (현재 10 Gbps/wavelength)
	반도체 laser/photo-diode		
PC 등	MPU interface용	HTCC (alumina)	CPU clock > 10 GHz
	LSI		

수단으로 주목받고 있다. LTCC 기술을 이용하여 trasceiver IC 등의 반도체를 bare-chip으로 탑재하고 filter 등의 기능부품 및 condenser, coil 등의 수동소자를 다층기판 내에 내장함으로써 고주파·고신뢰성·저가격·소형·저소비전력의 근거리 무선통신 interface용 module을 구현할 수 있기 때문이다.

(3) 기타

전술한 바와 같이 향후 LTCC의 수요는 무선통신 용도로 압축되지만 광통신이나 PC 등의 용도로도 신규 수요가 기대된다. (Table 9) 광통신 용도로는 차세대 전송속도인 40 Gbps/wavelength에서 신호처리용으로 사용되는 network processor package의 LTCC화에 대해 관심이 집중되고 있다. 이는 고주파 신호를 다룰 수 있는 회로기판으로써 LTCC 외의 대안이 없기 때문이다. 2000년에 접어들어 북미 시장을 중심으로 활발히 추진되었던 광통신 infra 도입이 최근의 경기 침체로 다소 주춤하는 추세이기는 하지만 미래 광통신의 40 Gbps/wavelength로의 이행은 기정사실화 되어있는 상황이므로 광

Table 10. LTCC의 기대 수요분야

수요분야	항목	시장환경		LTCC수요	종합평가
		현재	성장성		
communication	휴대전화	◎	→	○	◎
	근거리무선 (bluetooth/WLAN)	×	↑	○	◎
	광통신 (RX/TX, NPU)	△	↑	○	○
computer	MPU interface용 LSI	○	→	○	○
automotive	ECU	○	→	△	△

통신 시장의 회복과 더불어 network processor용 LTCC package의 수요는 가시화될 것으로 예상된다. 이미 일본의 LTCC 선진사에서는 최근 단가가 개당 수십불에 이르는 고부가가치의 network processor용 LTCC package를 월 수백만개 규모로 미국의 IBM에 공급하기 시작했다고 한다. 반도체 laser/photo-diode 송수신회로의 LTCC package화도 기대된다.

PC 용도로는 micro-processor unit (MPU)용 LTCC package를 들 수 있다. 향후 MPU의 clock 주파수가 10 GHz 정도가 되면 현재의 수지 다층기판이나 alumina계 HTCC에 의한 package를 대체할 다른 대안이 없기 때문이다. PC 용도로의 LTCC package 실용화는 거대 시장을 담보하지만 10 GHz에 까지 이르는 MPU의 초고속화에는 다소 시간이 걸릴 것으로 예측되고 있다. 이상 본고에서 예측한 향후 LTCC의 기대 수요분야를 Table 10에 정리하였다.

6. LTCC 기술추이

(1) 소재·공정기술

LTCC 기술은 1000°C 이하, 바람직하기로는 950°C 이하에서의 동시소성이 가능한 세라믹+glass계+전극 소재시스템 기술과 이 소재시스템을 이용하여 고정밀도의 적층회로기판을 성형·인쇄·소성하는 공정기술 및 회로설계기술로 구성된다.

LTCC 선진사에서는 2 GHz에서 Q가 4000이며 비유전율이 19인 소재 및 3 GHz에서 Q가 1300이며 비유전율이 86인 소재 시스템을 개발하여 FEM, micro strip line의 공진기로 구성되는 band pass filter 및 chip antenna

를 양산하는 등, 낮은 송신삽입손실을 실현하고 대용량의 condenser를 필요로 하는 과전류 보호회로를 내장할 수 있는 고유전율 및 고Q의 LTCC 소재 시스템 개발에 박차를 가하고 있으며 기존의 중·저유전율이며 고Q인 LTCC 소재 시스템 개발도 전세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 또, CDMA 등에 사용되고 있는 자성재료를 이용한 isolator를 LTCC module로 일체화할 수 있도록 LTCC와 동시에 적층이 가능한 자성재료 등도 개발 중에 있는 등 LTCC 소재시스템의 다양화가 급속하게 진행되고 있다. 다양한 LTCC 소재시스템은 보다 대용량의 condenser 및 고특성의 filter 또는 지금까지 실현이 불가능했던 다양한 기능을 LTCC 내에서 구현할 수 있게 할 뿐 아니라 제품설계나 제조공정을 용이하게 하여 적층수를 저감시키거나 회로를 소형화할 수 있게 한다. 그러나 이와 같이 다양한 소재시스템을 활용하여 LTCC의 복합기능화를 실현하기 위해서는 이종재 적층이라고 하는 새로운 적층·소성 공정과 이를 활용하는 설계기술이 개발되어야 한다.

금후의 LTCC 제품 개발에 있어서 필수로 보는 견해가 지배적인 기술이 alumina 판 또는 LTCC의 소성온도에서 수축·팽창하지 않는 금속판 사이에 LTCC sheet의 적층체를 위치시킨 후 소성함으로써 두께 방향으로만 수축이 일어나게 하는 일종의 constrained sintering인 「무수축소성공정」이다. 일반적인 수축소성공정의 치수정밀도는 $\pm 0.5\%$ 정도이지만 무수축소성공정의 경우 $\pm 0.05\%$ 정도의 치수정밀도와 $5 \mu\text{m} / 4 \text{mm}$ 정도의 표면 평탄성을 확보할 수 있어 bare chip이나 0603 chip 부품 등의 실장이 가능하게 되는 파급효과가 지대하다. 현재 고급 차량에 탑재되는 ABS ECU용 substrate, PA module용 substrate나 digital camera의 ASIC용 CSP 등이 이러한 공정기술을 활용하여 연 2000만개 이상 생산되고 있다. 특히 이 무수축소성공정은 LTCC 고기능화의 관건인 이종재 적층을 실현하는 방법으로써 효과적으로 활용될 수 있다. 현재 VCO나 TCXO의 package 및 FEM과 같은 RF 고주파 부품의 제조에 실제 적용되고 있으며 RF 고주파 제품의 시장확대에 따른 LTCC의 다양화 및 고기능화와 더불어 무수축소성공정은 그 중요성이 더욱 부각될 것으로 보인다.

(2) 경합기술

최근 들어 휴대전화용 PA module을 수지 다층기판 기술로 구현하는 경향이 눈에 띄게 늘고 있으며 LTCC에 의한 module의 대부분이 최종적으로는 수지기판으로 대체될 것이라는 견해를 갖는 module 제조사들도 적지 않다. 하지만 이는 coupler 또는 balun 등의 기능이 내장되지 않은 LTCC substrate를 수지화하는 흐름으로, LTCC 본연의 역할과는 차이가 있다고 봐도 무방하다.

이보다는 bluetooth module에의 LTCC 채용·보급을 위협하는 수지기판 및 반도체화 기술을 LTCC의 경합기술로 보는 것이 타당하다. bluetooth module은 막대한 잠재 시장을 배경으로 많은 기업들이 저가화와 소형화의 양립을 담보할 수 있는 기술 개발을 추구하고 있다. 지금까지 bluetooth module에서의 수지기판은 band pass filter, balun 등 기능부품 또는 L/C/R 소자를 실장하기 위한 값싼 기판으로만 여겨져 왔다. 하지만 최근 들어 bluetooth에서 필요로 하는 수준의 band pass filter 또는 balun 정도라면 수지기판 내에도 구현할 수 있다는 견해를 피력하는 업체들도 적지 않다. 일부 선진사에서는 수지기판 내에 antenna까지 구현한 module을 개발 완료하여 언제든 양산할 수 있다고 주장하는 업체도 있다. 또, 지금까지 LTCC의 채용을 전제로 bluetooth module의 개발을 추진해 온 업체들도 수지 다층기판에 band pass filter 또는 balun을 내장해서 충분히 특성을 만족시킬 수 있을 것이며 이 경우 크기는 20% 가량 커지더라도 가격은 수분의 1까지 낮출 수 있다고 한다.

단, 현재로서는 3차원적인 회로를 구성할 필요가 있는 RF 회로는 절연층의 두께 조절이 곤란한 수지기판 기술로는 구현이 불가능하며 실제 사용환경이 가혹한 휴대전화에 내장하는 용도로는 더욱 더 무리라는 반론이 설득력이 있다. 또, 수지기판은 기판 자체의 가격에 있어서는 압도적인 우위를 점하지만 LTCC가 내장 가능한 기능부품을 포함했을 경우에는 LTCC와 동등한 수준의 가격대가 되기 때문에 소형화된 LTCC를 채용한 module이 유리하다고 보는 견해가 우세하다. 궁극적인 목표는 band pass filter, balun 및 switch 등을 모두 일체화한

Table 11. Bluetooth용 기술

기판	BPF	balun	형상	특성	가격
수지다층	실장	실장	△	○	△
LTCC	내장	내장	○	◎	△
기능내장 수지다층	내장	내장	△	△	○
single chip	불요	불요	◎	△	◎

bluetooth IC이겠지만 현재의 기술추이상 이러한 이상적인 IC의 실현은 당분간 힘들 전망이다. (Table 11)

(3) LTCC 기술의 한계와 가능성

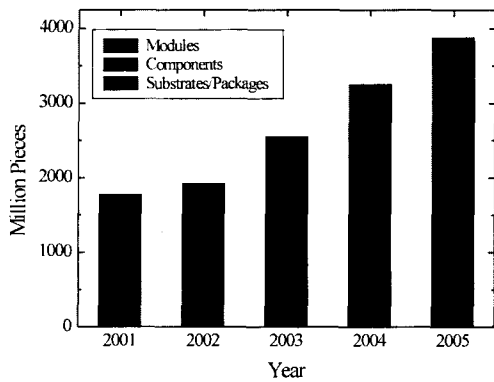
금후 LTCC 기술의 과제는 복합기능화 및 packaging 이다. substrate/package 업계로부터는 LTCC substrate에 RF 회로 및 기능부품을 내장하는 기술, 고주파부품 업계로부터는 LTCC component를 복합화한 후 substrate/package로써의 요구를 만족시키는 기술에 대한 수요가 크다.

substrate/package로써의 LTCC 기술에 있어서 문제

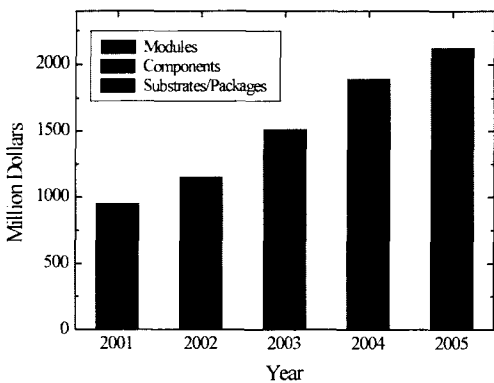
Table 12. LTCC의 문제 기술 및 그 방향성

문제기술	방향성
가격	수요량이 해결할 가능성이 큼.
기판 강도	중합적인 해결이 필요함
수지 기판과의 접합성	SAW/XTAL을 탑재하기 위해서는 HTCC 준수의 기밀성이 필요함.
기밀성	screen printing으로는 L/S = 50 μ m/50 μ m이 한계로 etching 기술의 도입이 필수적임.
인쇄방식 (screen printing)	미세 배선화가 진행되면 via의 크기도 문제시 되기 때문에 laser 가공기술의 도입에 대비할 필요가 있음.
via 가공 (punching)	

시되는 기술은 미세 배선화이다. 수지기판에는 이미 etching이 폭넓게 채용되고 있는데 반해 LTCC에는 screen printing일 뿐 아니라 via의 가공도 기계적 punching에 의존하고 있어 향후 LTCC 제품의 전개를 고려하면 현재 최소 L/S가 70 μ m/70 μ m 정도에 불과한 미세 배선기술을 획기적으로 개선할 필요가 있다. 이미 일본의 일부 선진사에서는 photo-lithography 기술을 채용하

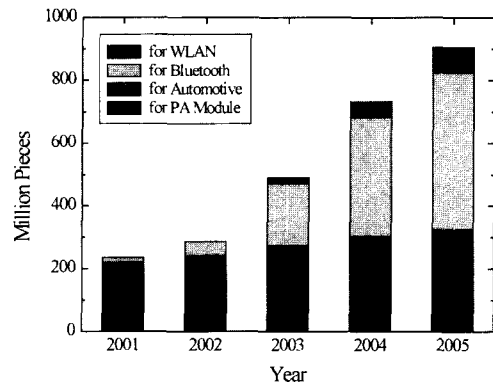


(a)

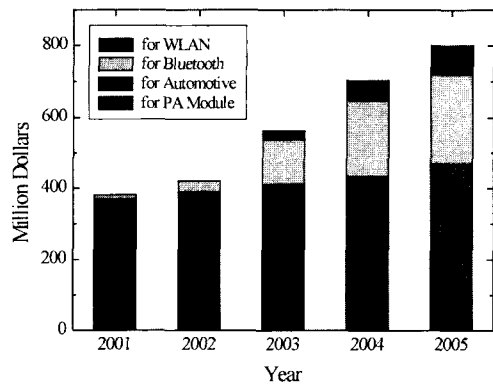


(b)

Fig. 2. LTCC 제품 시장추이.

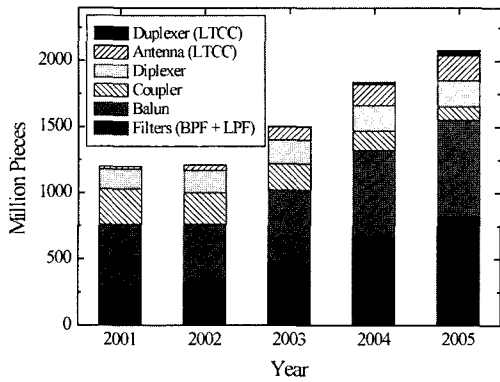


(a)

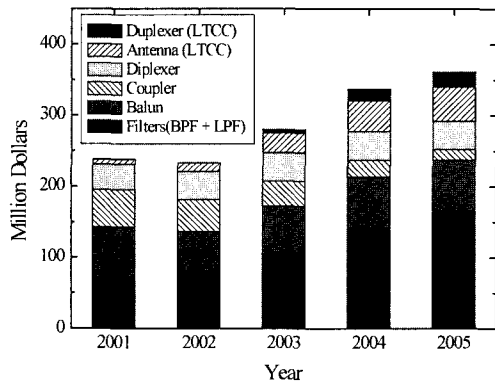


(b)

Fig. 3. LTCC substrate · package 시장추이.



(a)

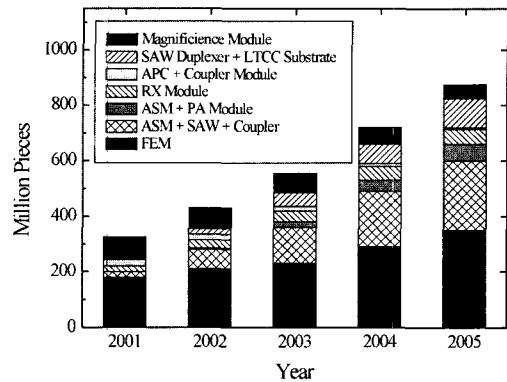


(b)

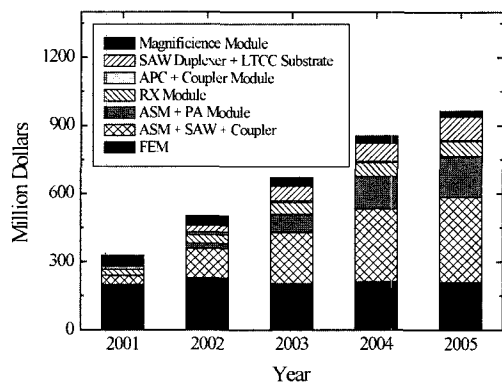
Fig. 4. LTCC component 시장추이.

여 L/S 를 $20\ \mu\text{m}/20\ \mu\text{m}$ 까지 낮추려는 시도가 보고되고 있다. 하지만 LTCC 소재가 etching액에 영향을 받는 경우가 대부분이므로 photo-lithography 기술을 채용하기 위해서는 내화학성이 뛰어난 LTCC 소재 개발이 선행되어야 한다. LTCC의 낮은 기계적 강도도 문제시된다. 최근 FEM의 실장 기판과의 접속 신뢰성 및 LTCC substrate의 균열 등으로 일부 기기 제조사들은 FEM의 낙하시험을 의무화하고 있다. LTCC의 열악한 기계적 특성은 특히 대형 기판을 사용하는 module의 신뢰성에 지대한 영향을 미치므로 LTCC의 기계적 강도를 제고하는 소재·공정 기술이 개발되어야 한다.

이 외에 substrate/package로써의 LTCC에서 문제시되는 기술 및 그 방향성을 Table 12에 정리하였다. LTCC module에는 반도체뿐만 아니라 SAW filter 또는 수정진동자와 같이 기밀을 유지해야 하는 부품 등이 탑재될 것이며 이러한 기능의 복합화는 기술적 가능성과 수요



(a)



(b)

Fig. 5. LTCC module 시장추이.

와의 타협하는 선에서 발전될 전망이다.

7. LTCC 시장추이

LTCC의 시장확대는 휴대전화용 module과 근거리 wireless interface용으로 사용되는 다양한 LTCC 제품이 선도할 것이다. 휴대전화의 생산량은 지금까지와 같은 고성장률을 기대할 수 없기 때문에 LTCC component의 수요는 축소되고 대신 다기능화된 여러 가지 LTCC module의 수요가 창출될 것이다. (Fig 2) 근거리 wireless interface에는 module용 substrate부터 각종 component까지 폭넓게 LTCC 제품이 채용될 가능성이 높다. LTCC 제품 전체로 봤을 때 2005년의 총 시장규모는 38억개, 22억불로 예측된다.

LTCC substrate·package의 금후 성장분야는 bluetooth이다. 특히 향후 LTCC substrate 제조사들이 자사

의 LTCC substrate를 베이스로 한 LTCC module을 개발·공급하는 경우에 그 사업 규모는 획기적으로 증가하겠지만 본고에서는 substrate 수준에서의 시장규모만을 산정하기로 한다. 예를 들어 LTCC에 의한 bluetooth module은 2005년에 5억개의 시장이 형성될 것으로 예측되는데 이는 substrate·package의 관점에서는 2.5억불 정도에 불과하지만 module의 관점에서는 25억불이 된다. bluetooth 및 WLAN의 LTCC module 등을 substrate·package로 분류해서 그 단가에 기초하였을 때 LTCC substrate·package의 총 시장규모는 2005년에 9억개, 8억불로 예측된다. (Fig 3)

LTCC component는 지금까지 주된 수요분야였던 휴대전화용보다는 근거리 무선통신 interface에 사용되는 band pass filter/balun/antenna 등으로 그 수요가 확대될 것이다. 2005년의 총 시장규모는 20억개, 3.6억불로 예측된다. (Fig 4)

LTCC module은 GSM의 dual band화로 급성장하였으며 금후에도 북미 TDMA의 GSM화 등에 의해 SAW filter 탑재품을 필두로 그 시장이 확대될 것이다. 물론 CDMA나 PDC에 있어서의 LTCC 모듈화도 일정한 수요를 확보할 것이다. 2005년의 총 시장규모는 9억개, 10억불로 예측된다. (Fig 5)

5. 맺음말

향후 LTCC의 화두는 수동기능의 복합화와 반도체 packaging의 융합이다. 산업계에서는 축적된 기존기술을 발전시키고 선진기술을 체화하며 학·연구계에서는 새로운 기술혁신을 통하여 LTCC를 고부가가치화할 수 있는 기반을 확보함으로써 하루가 다르게 진보하고 있는 LTCC 시장변화에 발빠르게 능동적으로 대처할 필요가 있다.



김병국

- 1986년 서울대학교 공과대학 무기재료공학과 (공학사)
- 1988년 서울대학교 대학원 무기재료공학과 (공학석사)
- 1993년 서울대학교 대학원 무기재료공학과 (공학박사)
- 1990년 (財)神奈川科學技術アカデミー 極限分子計測プロジェクト 연구원
- 1995년 Pennsylvania State University, MRL, Post-Doc
- 1996년 한국과학기술연구원(KIST) 재료연구부 책임연구원
- 현재