

Packaging technology using LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) /LTCC-M (Low Temperature Cofired Ceramic on Metal) technologies

서울시 금천구 가산동 60-8
오리온 전기 L-project team
문 제 도

Abstract

본 논문에서는 LTCC 및 LTCC-M 기술에 관한 소개 및 그 기술을 이용한 응용 module 제작과 패키징 기술에 관하여 소개한다. 현재 microelectro-packaging 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 SOP (System-On-a-Package) 패키징 기술을 구현하기 위한 수동소자의 내부 실장과 LTCC/LTCC-M 기술을 이용한 패키징이나 소자 제작시 고려되어야 할 것들에 대하여 언급하고 LTCC 기술의 응용 모듈 및 LTCC-M 기술의 응용 분야의 하나인 PDP 격벽 제조 기술에 관하여 소개한다.

Introduction

현재의 디지털 시대에서는 디지털 카메라, DVD, HD TV들의 실용화를 통하여 보다 편리하게 정보를 활용할 수 있게 되었고 유선 및 무선을 통한 Home Networking, 광통신을 이용한 FTTC (Fiber To The Curb), 세계 어디서나 동일한 단말기를 이용하여 통화할 수 있는 위성통신을 통한 이동통신 서비스 및 "Internet in the Sky"라는 목표를 위한 Teledesic의 저궤도 위성을 이용한 인터넷의 사용 시도, 벽걸이 TV의 등장 등 우리 일상 생활 전반에 걸쳐 여러 변화가 일어나고 있다. 이동통신의 경우, 기존의 음성만을 전달하는 것이 아니라 화상처리들을 할 수 있는 3 세대 이동통신의 실용화를 눈앞에 두고 있으며 이에 따른 넓은 Band width를 요구하고 신호 처리속도에 있어서도 기존의 신호처리속도보다 빠른 처리 속도를 요구하고 있다. 또한 Mixed signal 처리를 위한 모듈 제작, 기타 MEMS 소자의 실용화 및 이에따른 새로운 packaging 기술도 요구하게 되었다. 이러한 전자산업의 발전에 대응한 현재의 전자 packaging 기술은 SOP (System-On-a-Package) 또는 SIP (System-In-Package)의 개념으로 발전하고 있으며 이 SOP를 실현하기 위하여 패키지 혹은 모듈 내부에 수동소자를 내부 실장하는 기술의 연구가 진행되어지고 있다. 내부에 실장되어지는 수동소자에는 저항, 캐패시터, 인덕터의 세가지 종류로 대별되어지며 내부에 실장되어지는 수동소자는 공정상 구현되어지는 편차에 의하여 그 적용 범위가 한정되어지게 되므로 가능한 내부수동소자의 편차를 최소화시키는 연구들이 진행되어지고 있다. 이러한 SOP 기술은 그것을 구현 할 수 있는 재료에 따라 레진 계열의 유기 화합물 계열과 LTCC로 대변되어지는 세라믹 적층 기술을 이용한 세라믹 기판으로 나눌수 있다. 주로 80년대에 들어와 연구가 본격적으로 시작된 LTCC 기술의 경우는 기존의 Main frame computer 등에 사용되어지던 HTCC (High Temperature Cofired Ceramic) 기술이 갖는 문제점을 극복하기 위하여 개발된 것으로 기존의 HTCC 기술에 비하여 전기저항이 낮은 내부 전극의 사용으로 도체 손실이 적어지고 수동소자의 내부 실장이 가능하며 열팽창계수의 조절을 통한 공진 온도 계수의 (Temperature Coefficient of Resonance Frequency) 조절 가능 등의 특징들을 가지고 있다. 재료자체가 유전체 손실이 적고 HTCC에 비하여 낮은 유전상수를 가지고 있으므로 신호지연이 적어 기판재료로의 적용시 우수한 특성을 가지고 있고 낮은 전기저항의 내부 전극의 특징과 함께 고주파 특성이 우수하여 마이크로웨이브 영역 이상에서도 우수한 전기적 특징을 보유하고 있다.^{1), 2)} 이러한 LTCC

기술은 초기 군수 및 의료용으로 적용되어지다 90년대 후반 이동 통신의 발달과 함께 이동통신 부품 및 모듈 제작으로 그 영역을 넓히고 있으며 MEMS 패키지 및 3-D 패키지 등으로 그 영역을 확대시키고 있다. LTCC-M (Low Temperature Cofired Ceramic on Metal) 기술은 위에서 언급한 LTCC가 갖고 있는 장점을 보유하고 있으며 소성중에 금속 기판이 glass-ceramic 입자들의 소성을 X-, Y-방향으로 억제함으로써 두께 방향으로만 수축이 일어나므로써 초기의 스크린 프린팅에 의하여 정의된 패턴이 그 형태를 그대로 유지하여 소성 됨으로써 본래의 설계값을 그대로 반영할 수 있게 된다. 또한 이 기술은 금속 부분의 높은 열전도도를 이용하여 열적 부하가 많은 모듈의 제작에도 이용되어질 수 있는 기술이다.

내부수동소자의 구현

기판재료로 사용되어지는 Glass-ceramic 재료들은 cordierite 계통의 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$, $\text{P}_2\text{O}_5\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 등 사용목적에 따라 여러 재료 시스템으로 나눌 수 있다.^[1] 이와같은 glass-ceramic powder는 solvent 및 binder와 혼합되어 tape casting 방법으로 green sheet로 제조되게 되는데 green sheet의 강도는 green line process 공정 중에 기계적으로 안정하여야 하므로 그에 해당하는 적절한 강도를 유지하여야 한다. 또한 green sheet 강도 값은 strain rate에 따라 그 강도값 및 Young's modulus 값이 변하게 된다. 이는 via punching시의 punching speed 와도 관련이 되는 것으로 적절한 강도값을 지닌 green sheet의 사용이 필요하다. 이와같이 준비된 green sheet 위에 내부 전극을 주로 스크린 프린팅 방법으로 구현하거나 미세패턴 구현을 위하여 photosensitive paste를 사용하여 광학적으로 패턴을 구현하게 된다. 내부수동소자중 내부 실장 저항의 경우는 전도성 물질로서 RuO_2 또는 AgPd 등의 물질을 glass 성분과 혼합하여 주로 스크린 프린팅 방법에 의하여 구현하고 있다. 저항값의 편차에 영향을 주는 인자를 살펴보면, RuO_2 의 크기, RuO_2 와 혼합되어지는 glass particle의 크기, green sheet의 glass와 RuO_2 혹은 resistor paste 중의 glass 성분과의 반응관계 등의 요소들에 의하여 그 값에 영향을 주게된다. 또한 내부에 실장되어지는 위치에 따른 저항값 변화, termination electrode로부터 Ag 성분의 저항층으로의 확산, 저항층에 사용된 glass와 주위의 다층기판과의 열팽창 계수와의 관계 등도 저항값 변화에 영향을 미치는 인자들이다. Green sheet의 바인더 함량의 변화 역시 내부 동시소성 저항값에 영향을 미치는 인자인데 이 바인더는 green sheet의 강도 변화를 수반하고 저항 인쇄시 스크린 프린팅 및 paste의 젖힘성에 영향을 미치며 소성 후 최종 미세 구조의 변화에도 영향을 미치게 된다.

캐패시터를 내부실장하는 방법은 유전체를 paste 형태로 스크린 프린팅을 하거나 green sheet 자체의 유전율을 이용하여 전극을 인쇄하여 구현하고 있으며 그 편차에 있어서는 green sheet 자체의 유전율을 이용하는 경우가 스크린 프린팅 방법에 의한 캐패시터 구현시의 두께 편차가 적으므로 편차가 적은 캐패시턴스 값 구현에 유리하다.

인덕터의 경우는 2 차원 또는 3 차원적으로 코일을 형성시켜 인덕터를 구현하고 있으며 품질계수(Q-factor)를 높이기 위하여 전극 부분의 저항값을 가능한 낮게 되도록 코일이 프린팅 되는 부분의 깊이를 레이저를 사용하여 깊이를 깊게 하는 방법도 보고되고 있다. 내부 인덕터 설계에서 또 다른 중요한 사항은 자기공진주파수(SRF : Self Resonance Frequency)를 높이는 것이다. 특히 wireless LAN, Pager, 이동통신 단말기 등 수 GHz 대역에서 사용되어지는 제품에 사용되어지는 인덕터의 값들은 100 nH 이하의 값들을 요구하고 매우 적은 편차의 inductance를 요구하며 사용 주파수보다 높은 SRF 값을 만족시켜야 한다. 이를 위하여는 기판 재료의 유전상수값도 비교적 낮은 값을 쓸수록 그에따른 parasitic capacitance 값이 작아지므로 인덕터의 SRF 값이 커지게 되어 지므로 기판 재료의 선정시 이와같은 사항에 대한 검토가 필요하다.

응용모듈 및 패키지

LTCC를 이용하여 전자부품, 소자 패키지 및 모듈 제작에 응용이 가능하다. LTCC를 이용한 부품 가운데 ASM (Antenna Switching Module)의 경우나 Filter 또는 세라믹 안테나의 경우 실제적으로 적용이 되고 있고 내부전극 자체의 낮은 전기 저항을 이용하여 directional coupler 및 보다 소형화된 power divider 등의 응용 제품도 실용화되고 있다. LTCC 구조를 이용하여 Power Amplifier Module 제작을 위한 연구 및 실제 module 제작이 활발히 이루어지고 있는데 기존의 alumina 기판 구조에서 LTCC의 적층구조를 이용하면서 그 크기를 최소화시키고 또한 matching 회로까지 내장하면서 그 크기를 더욱 소형화하고 있다. LTCC 기술은 MEMS 소자 진공 패키지나 3-D 패키지가 가능하다. 이 경우 glass-ceramic system에 대하여 진공 패키징의 요구조건인 어느 일정 값 크기이하의 leakage rate 및 outgassing rate 등에 대한 고려가 이루어져야 하며 3-D 패키지 관련하여 최근에는 Fuel Cell 제작에 사용되는 내부에 채널 구조를 가지는 LTCC 기술에 관하여도 보고되고 있다.^[3] 모듈 제작에 있어서 matching 회로의 구현이나 패턴 폭의 조절을 위하여 또는 목적에 맞는 기능을 각각의 층에서 구현하고자 할 때 유전상수가 다른 glass-ceramic 시스템을 동시소성할 필요가 생긴다. 이때 일반적으로 유전상수에 다른 재료의 경우 그 열팽창 계수나 소성시 수축 응력이 달라 소성 중의 균열 발생의 위험이 높기 때문에 조성 설계시 이에대한 고려가 우선되어야 한다. 또한 Mixed signal circuit module의 제조에 있어서는 두 아날로그 및 디지털 신호 상호간의 간섭을 최소화시키기 위한 신호 처리 및 그에 따른 모듈구조의 구현이 가능하여야 한다.

실제 LTCC module이나 부품 및 패키지에의 응용에서는 chip과 module과의 연결 방법, 또는 모듈 및 패키지 된 상태에서 다른 Board에의 2 차적인 연결 방법, 사용용도에 따른 요구 조건, Cavity 구조의 유무 및 그 구조에 요구되는 형상등 (Cavity wall definition), 열구배에 따른 모듈 및 패키지 설계, warpage 요구조건, 내부 수동소자의 허용편차 및 온도 특성, 신뢰성 항목 등의 관한 고찰이 이루어져야하며 사용 주파수에 따라 수동소자의 역할을 transmission line의 형태 변화로 사용하게 되므로 이에대한 해석도 필요하다. 따라서 여러 모듈 및 부품의 요구조건에 맞는 공정 및 재료를 선택하여 모듈 및 패키지 제작이 이루어져야 한다.

PDP 격벽 제조 공정에서의 응용

PDP는 현재 역, 공항, 전시회장 등의 공공장소에서 일반 정보 표시소자로 많이 사용되고 있는 평판 디스플레이로서 벽걸이 TV로의 적용을 통하여 PDP의 일반 가정용 디스플레이로 정착시키기 위한 노력이 진행중에 있으며 대형 디스플레이 시장에서 기존의 프로젝션 TV와 최근 판넬 대형화 기술을 선보이고 있는 LCD TV와 경쟁 중에 있다. PDP의 대중화를 위하여는 전기적 효율의 증가, 휘도 증가, 열부하의 효율적 처리, 제조 원가의 절감등이 요구되어지고 있다. PDP 개발 관련된 여러 기술 가운데, 배면 기판의 격벽 제조 공정은 원가 절감의 차원 뿐 아니라 판넬 자체의 해상도를 결정하여주는 중요한 공정이다. 격벽 제조 공정에는 Screen printing, Sand blasting, Etching 등의 방법이 있으며 그중 현재 많이 적용되고 있는 방법은 Screen printing 및 Sand blasting 방법이다. 그러나 Screen printing 방법의 경우, 일정 높이의 격벽을 구현하기 위하여 반복적인 Screen printing시의 정렬의 문제 때문에 고해상도 구현에 문제가 있으며 Sand blasting 방법의 경우는 높은 제조원가, 사용 재료의 손실 및 Sand blasting에 의한 격벽 상단 모양의 불균일성등을 야기시킬 수 있는 문제가 있다. LTCC-M PDP 격벽 제조 기술은 그린시트의 재료적 성질과 Embossing 공정을 도입하여 격벽 제조에 응용한 기술로서 Fig. 1 에 LTCC-M PDP 제조 공정에 관하여 도시하였다. 먼저 금속 기판을 전처리 공정을 통하여 표면의 산화물 층을 제거하고 표면 거칠기를 조절하여 Green sheet를 colamination 시킨 후 전극을 인쇄한다. 전극 인쇄후 유전체 층을 screen printing 후 Embossing 공정을 통하여 원하는 피치의 격벽을 형성시킨 후 소성하여 격벽과 전극이 형성된 배면 기판을 제조한다. 격벽이 형성된 후 형광체를 도포한 후 다시 소성시킨 후 scanning 및 sustaining 전극이 형성된 전면기판과 결합 최종 packaging을 완성하게 된

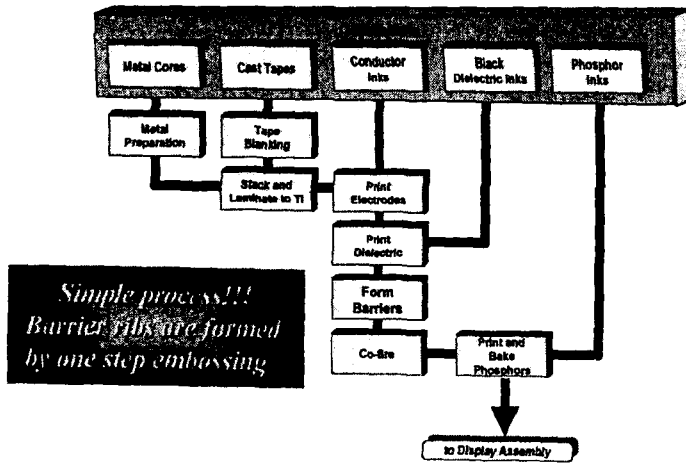


Fig. 1 Flow diagram of LTCC-M barrier forming process

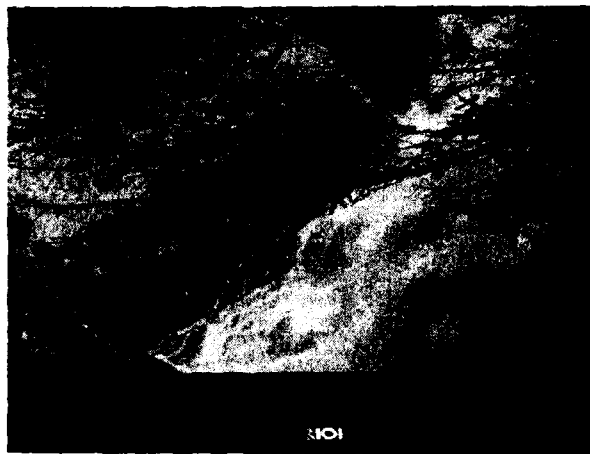


Fig. 2 Light-up image of 25" XGA LTCC-M PDP

결론

LTCC 및 LTCC-M 기술은 본문에서 언급한 바와 같이 수동소자를 내부에 적층하여 소성함으로써 SOP 기술을 구현할 수 있으며 3-D 구조 및 MEMS 소자의 패키징에의 응용이 가능하며 LTCC-M PDP 격벽 공정과 같이 디스플레이 패키징등 여러 분야에 응용이 가능한 기술이다. 향후 이와같은 기술을 이용하여 유체와 접하는 화학 센서 및 내부 3-D 구조와 SOP 개념이 융합된 복합 모듈의 제작 및 패키징 기술로의 다양한 응용이 예상된다.

References

[1] W.Holand and G.Beall, "Glass-Ceramic technology", The American Ceramic Society (2002)
 [2] J.M.Herbert "Ceramic Dielectrics and Capacitors", Gordon and Breach Science Publication, New York (1985)
 [3] J. Pavio, J.Bostaph, A.Fisher, J.Hallmark, B.Mylan, C. Xie, "LTCC Fuel cell system for portable wireless electronics", Advancing Microelectronics, 29, 8 (2002)
 [4] J.D.Mun, I.T.Kim, C.R.Cho, K.T.Hwang, S.J.Moon, K.H.Boo, G.J.Moon, S.H.Lee, Y.H.Kwon, M.S.Kim, B.J.Koo, J.K.Han, S.S.Kong, J.D.Kim, "Development and Characteristics of a 25-in. XGA PDP Using LTCC-M technology", 1064, SID 2002 Digest, Boston