

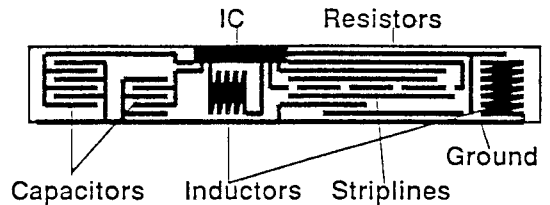
고주파, 고집적회로에서 MMC(Multilayered Multifunctional Components)의 적용 가능성과 기술분석

尹 琮 光

電子部品綜合技術研究所

I. 서 언

MMC(Multilayered Multifunctional Components : 다기능 적층 세라믹 부품)는 2층이상의 세라믹층의 내부 및 표면에 저항(R), 인덕턴스(L), 커패시턴스(C) 성분들을 Screen Printing 방법으로 내장시키고 IC 칩은 외부에 실장하여 2차원적(내·외부 전극선) 혹은 3차원적(수직 형태의 Via Hole)으로 상호 연결하여 기능할 수 있는 부품군으로 정의하며 그 개략도를 Fig. 1에 보였다. 현재, MMC의 국제공인 명칭은 설정되어 있지 않아서 국가별, 기업체별로 각각 상이하여 MCIC (Multilayered Ceramic IC : Motorola), MHC (Multilayered Hybrid Components : TDK), MLCS(Multilayer Ceramic Substrates : Kyocera)등으로 불리우고 있다. 그러나, 최근에 MMC에 관한 Workshop이 미국 아틀란타에서 개최되어 기술교류가 있었고 이 기술에 대한 관심이 점차 고조되고 있어서 용어의 통일은 물론 기술개발의 진전과 응용분야의 확대가 기대되고 있다. MMC의 장점은 기존의 PCB(Printed Circuit Board)와는 달리 RLC기능이 상당 부분 내장되어 있고, 전극의 선폭과 선간격을 좁힐 수가 있어서 소형화 및 Slim화를 실현할 수 있고, SMD 수동부품이 점차 극소형화함에 따라서 Chip Mounting 및 Soldering을 할 때 발생하는 여러가지 문제점에 대처할 수 있으며, RLC기능이 Screen Printing공정으로 부여되기 때문에 RLC 수동부품의 Chip Mount-



(Fig. 1) All passive and active components are embedded into a multilayer substrate to achieve the thickness goal of the PCMCIA format.

ing공정을 생략할 수 있다는 것등이다. 그러나, MMC의 실현을 위하여는 기술적으로 극복하여야 할 점도 많이 있다. 예를 들면, 동시소성시 서로 다른 재료들 간의 반응과 수축율등을 제어해야 하고, 이를 위하여는 새로운 저온소성용 재료, RLC용 Paste 및 공정들을 개발하여야 한다. 따라서, 기술의 난이도에 따라서 단계적으로 개발하는 전략이 필요하다. 예를 들면, (1)L 혹은 C 단독 내장형, (2)LC 복합 내장형, (3)RLC복합 내장형등과 같은 3단계로 구분할 수 있겠다.

MMC는 고주파에 대응할 수 있어서 BPF(Band Pass Filter)와 Coupler등도 MMC에 속할 수 있으며, 고집적도가 요구되는 Module, Board 등에 적용되어, Cellular 및 PCS용 단말기, 소형 Camcorder, 이동통신기기의 소형화에 많은 기여를 할 것으로 예상된다. 현재, 일본과 미국등의 기술수준을 분석하여 보면, 제 1단계 및 제 2단계 수준은 실용화 초기 단계에 있고, 제 3단계 수준인 LCR 복합 내장형은 개발초기 단계에 있는 것으로 보인다. 국내의 기술수준은 제 1단계의 초기상태로 예상되나, MMC기술의 필연성과 응용 가능성이 광범위 하게 인식 된다면 제 2단계 기술수준까지는 빠른 속도로 도달할 수 있다고 판단된다. 따라서, MMC기술은 국내뿐만 아니라, 전세계적으로 2000년 이후의 차세대 첨단 복합부품으로 실용화될 것으로 확실히 된다.

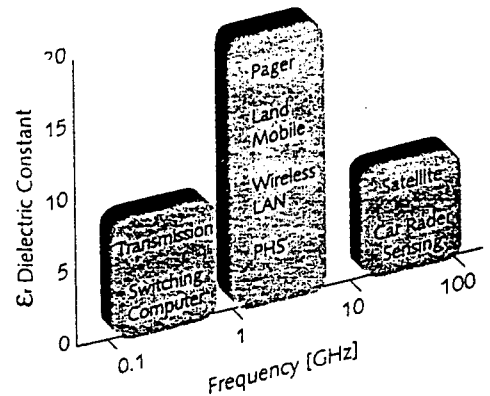
II. 소재 및 공정기술

MMC에 사용될 수 있는 소재는 요구되는 기능에 따라서 다양하고 광범위하다. 우선 크게 분류하여 보면, 알루미늄계 혹은 Glass Ceramic계의 기판재료가 있으며, RLC를 구성하는 Ceramic계의 Paste, 그리고 전극형성을 위한 금속Paste등이 있다. 기판재료는 Fig. 2에서 보인바와 같이 MMC가 사용되는 목적과 주파수 영역에 따라서 유전상수가 다른 것을 선택하는 것이 타당하다. 예를 들면, 1 GHz이하에서 사용하는 Transmission-

System의 경우 유전상수가 약 10정도인 알루미늄계의 기판을 선정하고, 약 2GHz대역의 PHS(Personal Hand Phone Service) 혹은 PCS(Personal Communication Service)에서는 Glass Ceramic계의 기판이 선정될 것으로 보인다. 또한, 40 GHz 혹은 그이상에서 사용되는 충돌방지용 자동차 Rader System에도 Glass Ceramic계의 기판이 사용될 것으로 보인다.

알루미늄계의 기판소재는 90~92w/o 알루미늄과 다성분의 Glass를 함유하고 약 1550~1600°C의 고온에서 동시소결되며, 일반적으로 Hybrid IC용 기판이나 다층 Ceramic Package에 많이 적용되어 왔다. Glass Ceramic계는 소재의 성분을 적절히 조절함으로써 유전상수, 열팽창계수, 열전도도, 유전손실, 기계적강도등을 매우 광범위하게 변화시킬 수 있는 잇점이 있고, 특히 900°C 부근의 온도에서 급속전극과 동시소결할 수 있다. 최근에는 여러가지 Glass Ceramic중에서도 Cordierite계(2MgO·2Al₂O₃·5SiO₂상), Celsian(BaO·Al₂O₃·2SiO₂상) 및 β-Spodumene계(Li₂O·Al₂O₃·4SiO₂상)가 주목되고 있다. 각 기판소재의 자세한 특성은 여러가지의 참고문헌에 기재되어 있으므로 여기서는 언급을 생략하기로 한다.

다층 세라믹 기판회로에서 RLC성분은 주로 Screen Printing방법으로 형성될 것으로 보이므로



(Fig. 2) Typical RF/MW products and their dielectric requirements.

관련 Paste의 개발이 요구된다. 일반 칩저항기용 Paste는 $Bi_2Ru_2O_{7-x}$ 상과 다성분의 Glass로 구성된 Ceramic과 Binder, Plasticizer 및 Solvent등으로 구성된 유기물과 혼합되어 있다. 이것을 Screen Printing한후 약 $850^{\circ}C$ 에서 소결하여 저항체를 형성한다. 그러나, MMC의 경우 다층의 기판에 저항체 Paste를 형성한 후 동시소결하므로 기판소재와 저항체Paste간에 반응이 일어나서 원하는 저항값을 얻지 못하게 되므로 이러한 반응의 방지를 위한 소재 및 공정의 설계가 매우 중요한 기술적 과제가 될 것이다.

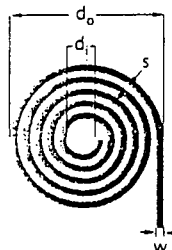
한편, L성분의 형성은 2가지 방법으로써 가능할 수 있겠다. 첫째는 Fig. 3에서 보인 바와 같이 보편적인 알루미늄 기판내부에 Spiral형태의 텅스텐 전극을 형성하여 원하는 인덕턴스값을 쉽게 얻을 수 있는 방법이다. 이 경우에는 높은 Q값을 얻지

못하나 Power Amplifier나 Low Noise Receiver 등에는 적용할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 높은 GHz대역인 경우 알루미늄 대신 Glass Ceramic기판을 사용하고 Cu 혹은 Ag/Pd 전극패턴을 형성하는 방법도 있다. 둘째는, 기판소재와 반응하지 않는 Paste물질 혹은 공정을 개발하는 것이다. 이 부분에 있어서는 향후 많은 노력이 요구되는 분야이다.

C성분의 형성도 2가지 방법이 있다. 첫째는 Fig. 4에서 보인 바와 같이 일정한 두께의(D) 알루미늄(유전율=10) 기판 사이에 일정한 면적의(S) 금속전극을 교대로 형성하여 원하는 커패시턴스를 얻는 방법이 있다. 둘째는, Glass Ceramic기판을 사용하는 경우에는 Glass Ceramic의 유전율이 매우 낮으므로 Glass Ceramic층을 교대로 형성하기 보다는 유전율이 높은 층을 별도로 형성시

(Frequency at 1GHz)

Type	N (Turn)	W (mm)	S (mm)	L (nH)		l (mm)	di (mm)	do (mm)	Q
				Design	Actual				
1	2	0.2	0.2	8.0	7.9	12.6	1.0	2.6	35.4
2	3	↓	↓	19.5	21.0	22.6	↓	3.4	24.0
3	5	↓	↓	65.2	1.0 pF	65.2	↓	5.0	17.9
4	1	0.5	↓	2.0	3.7	7.4	↓	2.7	48.0
5	3	↓	↓	24.8	36.6	35.4	↓	5.5	14.0
6	5	↓	↓	90.6	2.0 pF	81.0	↓	8.3	11.6



〈Fig. 3〉 Calculated inductance and Q values, based on the number of spiralturns and chosen trace size.

켜야 할 것으로 보인다. 따라서, L성분의 경우와 마찬가지로 기판소재와 반응하지 않는 고유전율의 물질 혹은 공정을 개발하는 것이 중요하다.

III. 응용부품

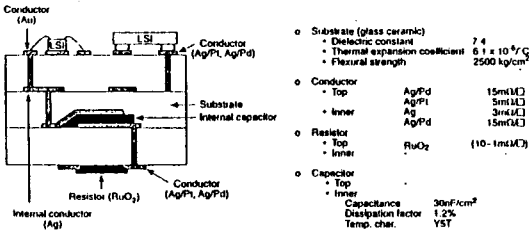
1. 다층 Hybrid IC

MMC 기술을 활용하여 다층의 Hybrid IC를 수요자의 요구에 맞게 개발하여 시스템에 적용할 수

있다. Fig. 5에 한가지 예를 보인 바와 같이 일본의 Panasonic사에서는 MMC기술을 Camcorder용으로 적용하기 위하여 개발중에 있다. 이 그림에서 보면 RuO_2 의 저항체가 외부에 형성되어 있고, 커패시터가 내부에 형성되어 있다. 기판소재는 다소 높은 유전율을 가지는 Glass Ceramic을 사용하였고, 전극으로써는 Ag/Pd을 사용하였다. Fig. 5에 나타낸 것 외에도 인덕턴스 성분을 앞장에서 언급한 방법으로 내장할 수가 있으며, 이 경우 회로설계의 최적화를 통하여 기존의 방법에 비하여 RLC칩의 수량을 줄일 수가 있고, 기판면적의 대

Material	ϵ	S (mm ²)	D (mil/mm)	C (p F)
Alumina	10	9	6/0.15	5.3
			10/0.25	3.1
			20/0.50	1.5
			40/1.0	0.8
		100	6/0.15	59.0
			10/0.25	34.8
			20/0.50	17.4
			40/1.0	8.9

(Fig. 4) Capacitance values achieved by variation in metalized plane area and tape thickness



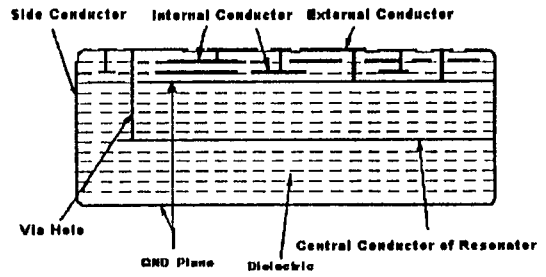
(Fig. 5) Consumer ceramic substrate(Panasonic)

폭 감소도 가능하다. 다층 Hybrid IC는 Fig. 5의 경우외에도 다양한 방법으로 응용이 가능하며, 특히 경박단소가 요구되는 PDA(Personal Digital Assistant), 이동통신 단말기, HDTV등과 같은 전자제품의 Board에 향후 실용화될 것으로 예측된다.

2. 이동통신용 부품

MMC기술은 이동통신 단말기용 부품의 소형화 및 성능향상에도 상당한 기여를 할 것으로 예상된다. 즉, VCO(Voltage Controlled Oscillator), BPF(Band Pass Filter), Hybrid Coupler, Synthesizer Module 및 Duplexer필터등에 광범위하게 적용될 것이다. 본 절에서는 이들 부품중 일부에 대하여 간단히 언급하기로 한다.

먼저, VCO는 이동통신 단말기용으로 송수신할 때 주파수를 발생하는 장치이며, 낮은 위상잡음(높은 C/N율), 저소비전력화 및 소형화가 점차 요구되고 있다. 기존의 VCO는 Glass Epoxy기판을 사용함으로써 Q값이 낮으며 높은 신호순도를 유지하기 위하여 많은 전류를 소비하였다. 그러나,

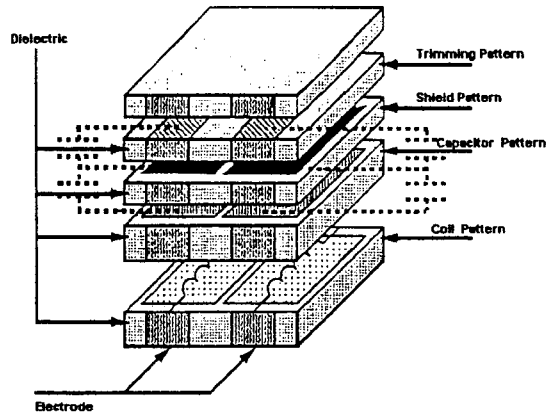


(Fig. 6) A schematic cross sectional view of VCO (TDK)

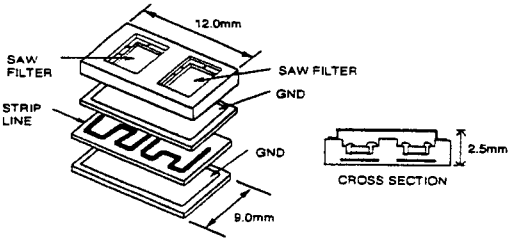
Fig. 6에서 보인바와 같이 다층의 기판을 사용하면 Q값이 높고, 낮은 소비전력에서도 높은 C/N을 갖는 극소형의 VCO(10×10×4 mm, 0.4cc)를 만들 수 있다.

이러한 VCO를 개발하기 위하여는 다층의 기판 소재 개발, 기판소재와 상응한 거동을 보이는 전극 Paste개발, 내부 형성용 L과 C성분을 위한 소재 개발, 그리고 회로설계 및 Simulation등의 기술개발이 필요할 것이다.

다층 BPF는 저온소성이 가능한 유전체 기판위에 L과 C성분을 Screen Printing한 다층의 칩형 구조를 가진다(Fig. 7). 중심 주파수의 조정은 칩외부에 형성된 C성분의 Pattern을 Trimming함으로써 가능하고, Coil등의 설계를 변경하여 여러가지 용도 및 요구 성능에 대응할 수 있다.



(Fig. 7) A schematic view of BPF(Murata)



〈Fig. 8〉 Package structure of Duplexer

Duplexer필터도 MMC기술을 활용하여 Fig. 8에 보인 바와 같이 응용할 수 있다. 즉, 2개의 SAW(Surface Accoustic Wave)필터와 L과 C성분이 혼합된 칩형태의 다층구조로 구성된다. 이 경우에는 알루미늄 세라믹과 텅스텐전극을 사용하여 동시소결한 것이다.

IV. 요약

이상과 같이 MMC기술과 응용분야를 언급한 결과, 본 기술의 활용범위가 매우 다양하고 광범위하다고 판단된다. 본 기술을 활용하여, 제조가격과 부품의 면적을 동시에 약 1/2 이하로 줄일 수 있다는 보고도 감안하여 보면 MMC기술 및 관련 응

용부품의 실제 적용은 가까운 시일내에 이루어질 것이 확실하다. 그러나, 앞서도 언급한 바와 같이 소재기술, Paste제조기술, 회로설계 및 분석기술등이 잘 조화되어 개발되어야 하는 전제조건이 만족되어야겠다.

참 고 문 헌

- [1] "Multifunctional Ceramic Substrates and Packages for Telecommunication Applications", C. Makihara et al., IHSM '94 Proceedings, 1994, ISHM.
- [2] "The Need for Speed", Richard E. Sigliano and Alan Isaacson, Nov./Dec., Advanced Packaging, 1995.
- [3] "세라믹 다층 칩 VCO(QVC Series)", Nakai Shinya, 1995년 2월, 전자재료(일본).
- [4] "Ceramic Technologies for Portable Radio Applications", Wei-Yean Howng, ISHM Conference, Boston, Nov., 1994.
- [5] "Electronic Manufacturing and Packaging in Japan", JTEC Panel Report, Feb. 1995.

저자 소개



尹 琮 光

1954年 3月 7日生

1976年 2月 연세대학교 금속공학과(학사)

1979年 8月 연세대학교 대학원, 금속공학과(석사)

1985年 12月 The University of Michigan, 재료공학과(석사)

1990年 5月 The University of Michigan, 재료공학과(박사)

1979年 12月~1981年 3月 한국항공기술연구소, 연구원

1982年 1月~1990年 4月 미시간대, 연구조교, 강사

1990年 5月~1991年 3月 Allied-Signal Automotive Tech Center, Post Doc.

1991年 4月~1991年 8月 미시간대, Research Fellow

1991年 11月~현재 전자부품 종합 기술연구소, 수석 연구원

주관심분야 : 다층 Ceramic Packages, MMC, 세라믹 소재개발