

# 수동소자 내장형 LTCC 개발동향

글 \_ 강남기, 이우성, 김준철, 박종철 || 전자부품연구원  
kangnk@keti.re.kr

## 1. 서 론

휴대전화, 근거리 무선통신, 대용량 정보전송 및 DAB, DMB 등을 포함하는 멀티미디어화가 최근 빠른속도로 증가하고 있다. 향후에는 전송속도향상을 위한 밀리미터 파대역의 초고주파를 활용한 근거리통신도 사용이 크게 늘 것으로 판단된다. 이에 따라 정보통신 단말기의 소형화, 고기능화, 복합화는 부품의 관점에서 중요한 발전방향이다. Fig. 1에 통신/방송의 발전방향을 나타내었다. 이러한 부품의 개발에 있어서 핵심적인 요소로 등장한 것이 기판기술이며, 특히 기판의 유전특성을 이용한 고주파 소자의 기판내 내장기술 및 고밀도 집적화 기술의 개발은 당연한 과제이다. 고주파 회로 구현을 위한 기판의 특성 중 핵심적인 요소들은 낮은 전기적 손실, 높은 열전달율,

낮은 열팽창계수, 전극패턴과의 우수한 계면접합특성이 라고 볼수 있다. 이중 유전손실 특성 혹은 신호전송 손실 특성이 고주파 회로 구현에 있어서 매우 중요한 항목이며, 일반적으로 유전손실(Dielectric Loss,  $\tan\delta$ )이 0.001 이하가 되면 우수한 저손실 특성을 갖는다고 볼 수 있다. 현재 많이 사용하고 있는 기판재료인 폴리머 기판이나, HTCC (High Temperature Co-fired Ceramic)기판에서 구현하기 어려웠던 수동소자를 기판내부로 집적화 할뿐 아니라 높은 전기전도도를 지닌 Ag, Cu 도체를 이용 고성능을 구현할수 있다는 측면에서 LTCC기판재료에 대한 기대가 높아지고 있다. 기판재료로서 LTCC는 현재 인덕터, 캐패시터, 저항등의 수동소자들을 기판 내부에 집적하여, PAM (Power Amplifier Module), ASM (Antenna Switch Module), Bluetooth 모듈, W-LAN모듈 및 Multi-

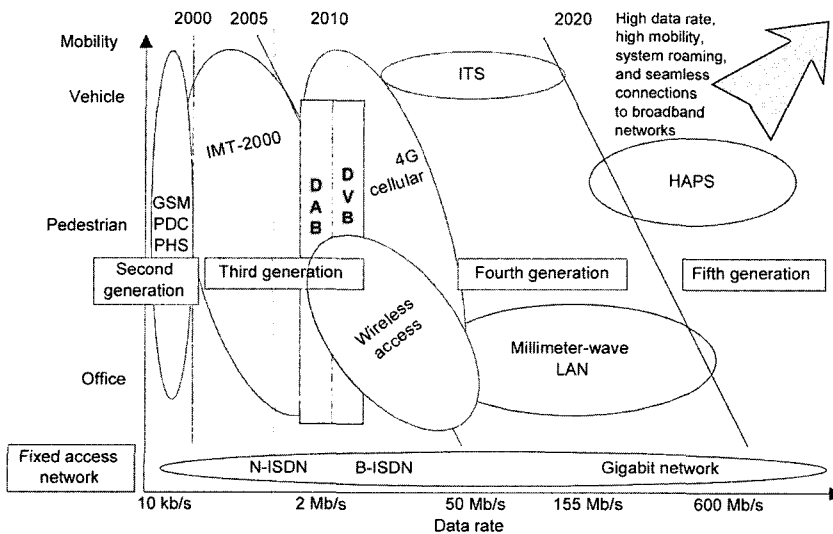


Fig. 1. 통신-방송의 발전방향.

Band/Mode 대응 소형 RF 통신모듈로의 사용이 확대되고 있다. 또한 세라믹의 고신뢰성을 바탕으로 자동차용 ECU (Engine Control Unit), ABS (Anti-lock Break System) 및 위성통신용 RF부품등에 사용되고 있다. 향후 이러한 기판기술을 바탕으로 SOP (System on Package)형태로의 발전이 이루어 질 것이다.

## 2. 부품/모듈의 집적화 동향

### 2.1 기판의 요구특성

Bluetooth, W-LAN 등의 근거리 RF 모듈 기판내에 집적되는 부품으로서 가장 많은 부분을 차지하는 것은 Filter 이다. 이러한 소자의 소형화를 실현하기 위해서는 유전율이 높은 재료를 사용하여야 한다.  $\lambda/4$  스트립라인 공진기를 이용하여 대역통과필터(Band Pass Filter)를 제작할 시에 공진기의 선로길이 (L)은 다음과 같다.

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \frac{1}{f}$$

(L: 선로길이,  $\lambda$ : 파장, v: 광속,  $\epsilon_r$ : 유전율, f: 주파수)

유전율을 높게하면 스트립라인의 공진기 내부의 파장을 단축할 수 있으며, 결과적으로 공진기의 길이를 짧게 할 수 있다. 따라서 내장되는 부품의 소형화도 가능하며, 콘덴서를 내부에 구현할때에도 고유전율일 경우에 작은 면적에 고용량의 콘덴서를 구현할수 있다.

한편으로 유전율이 높게 되면 임피던스를 맞추기 위한 선로 길이의 감소에 따라 회로간의 Cross Talk와 기생용량의 증가에 따른 공진 등의 발생에 의하여 특성의 저하를 가져올 수 있으며, 이에 따라 적절한 유전율을 갖는

재료를 조합하여 사용할 수 있는 기술의 확보가 중요하다.

이의 개략도를 Fig. 2에 나타내었다.

또한 고주파 신호의 손실을 작게 하기 위해서는 기판재료 및 도체재료의 손실을 작게할 필요가 있다. LTCC의 경우에는 저온소성화를 위하여 소결조제로 Glass를 첨가하므로 유전을 및 품질계수 Q값이 20-40%이상 저하하게 된다. 도체의 경우에도 저항값이 작은 Ag, Cu 등을 사용하여 손실을 작게하는 것이 중요하다. 아울러 여러 환경하에서 사용하는 휴대단말기부품은 온도계수( $\alpha$ )가 중요하며, 가능한 0 ppm/°C의 조성을 선정하는 것이 바람직하다. 아울러 메인 기판에 실장하기 위해서는 기판과의 열팽창계수가 중요하며, 이는 신뢰성 확보차원에서 매우 중요하다.

### 2.2 내장형 저항

저항(R)은 전류가 통과하는 단면적과 길이에 따라 다음과 같이 표현된다.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{\rho}{t} \cdot \frac{L}{W} = \rho_s \frac{L}{W}$$

이 때, 저항체가 폭(W)과 길이(L)이 동일한 값을 가지는 Square 형태를 가지면 저항값은 시트저항( $\rho_s$ )로만 결정되며 저항체의 L/W의 비(Aspect Ratio)를 Square의 개수로 나타내어 저항값을 표시하게 된다.

후막용 저항 paste는 기본적으로 전도성 산화물을 기본으로 하고 있으며, 초기에는 주로 Pd과 Ag의 혼합물로 이루어진 조성이 주류를 이루고 있었다. 이 시스템은 TCR(저항온도계수)이 높고 약간의 환원분위기에서도 저항값이

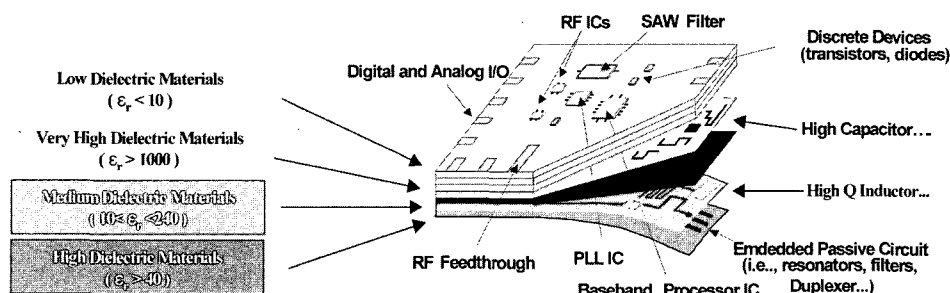


Fig. 2. 이종재료의 복합화 모식도

Table 1. Conductive Type vs Resistance

Resistance(ohms)	Materials System
1-10	Pd/Ag alloys
100-10K	RuO <sub>2</sub>
1K-10M	PbRuO <sub>3</sub>

변하며 구현가능한 저항값의 범위가 한정되어 있는 약점으로 인해 Ru를 기본으로 하는 조성으로 대체되었다.

Ru 계열의 산화물은 후막 저항체의 요구조건을 가장 잘 만족시켜 현재 범용으로 가장 많이 사용되고 있는 물질이다. RuO<sub>2</sub>는 높은 전도성 때문에 특별히 저저항 또는 중간범위의 저항기 제작에 주로 사용된다. 반면, PbRuO<sub>3</sub>와 같은 pyrochlore는 고저항에서 주로 사용되는데, 이 영역에서 일반적으로 보다 큰 power를 감당할 수 있고, TCR 조절이 RuO<sub>2</sub> 보다 용이하기 때문이다. 일반적인 저항값과 재료 시스템과의 관계를 Table 1에 나타내었다.

LTCC 기판 내부에 위치시키는 경우는 외부 저항과 달리 기판과 동시 소성이 이루어지며 기판과 저항체와의 반응성 및 저항 용량값의 미세 조절이 불가능한 점 때문에 개발이 보다 지연되었다.

동시소성용 저항체 paste는 주위의 재료와 화학적으로 문제를 일으키지 않아야 하며, 소결 공정 중에서 수축률의 정합이 이루어져야 한다. 특히, 저항체 내부의 Glass frit 성분들은 쉽게 기판 tape과 반응이 일어나서 저항체 성분의 변화가 발생하며, 이는 저항값과 TCR의 변화로 이어지게 된다.

동시소성용 내부저항의 경우, 인쇄, 소결 공정 등 여러 가지 변수에 의해 저항값의 tolerance가 약 15 % 이상 되는 것으로 알려져 있다. 내부저항의 저항값을 조정(trimming)하기 위한 방법으로는 다음 3가지가 알려져 있다.

- (1) 최상층의 얇은 tape을 통과하는 높은 power의 laser cutting
- (2) cover layer의 구멍을 통한 laser cutting
- (3) 높은 전압 펄스를 이용한 조정

방법 (1)의 경우, 사용된 tape의 두께 및 재료 특성에 영향을 받으며, laser의 power가 제한될 경우 어려운 방법이다. 방법 (2)의 경우 저항체는 두번째 층에 위치하고

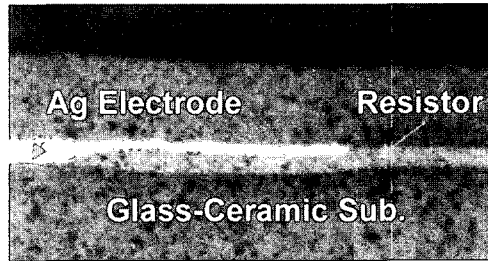


Fig. 3. 내장형 저항의 단면도

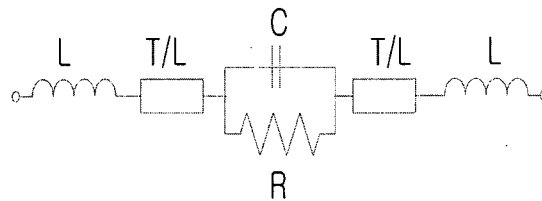


Fig. 4. 내장형 저항의 등가회로도

있고, 구멍은 비아홀을 형성하는 공정에서 함께 뚫어주면 되며, lamination 공정에서 이 구멍에 의한 영향을 고려하거나 최소화하여 제작이 이루어져야 한다. 방법 (3)은 전압 펄스에 의한 저항체 내부의 구조가 변화하게 되는 원리이며, 외부로부터의 전기적 접촉이 가능한 곳에 위치한 모든 저항체가 한꺼번에 조정되는 특징이 있다.

Figs. 3, 4는 내장형 저항의 단면사진과 제안된 내부저항의 등가회로를 보여주고 있다.

### 2.3 내장형 캐패시터

캐패시터는 인덕터나 저항에 비하여 비교적 구현하기 쉬운 소자이나, 회로구성에 적용되는 비율이 가장 높기 때문에 이에 대한 특성 안정화가 전체 모듈 특성을 제어하는데 매우 중요하다. 특히 시스템의 고주파화에 따라 낮은 주파수에서의 캐패시턴스 용량 값 뿐만 아니라 높은 주파수 대역에서의 임피던스 값도 매우 중요하다. 이를 위하여 구현된 제품의 오차가 작아야 하고, 설계치와 일치하는 공정기술 확보가 중요하다. 내부에 구현가능한 캐패시터의 형태는 크게 2가지로 구분할 수 있으며, 하나는 일반적인 MLCC 제조공정과 유사하게 적층형구조를 갖는 것이며, 다른 하나는 평면상에 사다리 모양으로 구현하는 것이다. 이것을 Fig. 5에 표시하였다. 용량 값은 유전율, 층간(전극)간격, 전극면적 등에 의해서 결정할 수

Table 2. 내장형 캐패시터의 용도별 용량범위

	응용분야	용량범위	허용편차(%)
Analog & Mixed-Signal 용	신호용	10pF-10nF	5-10
	Decoupling 용	0.01-1mF	10-20
RF & Microwave 용	신호용	1-20pF	5-10
	Decoupling용	1-100nF	10-20

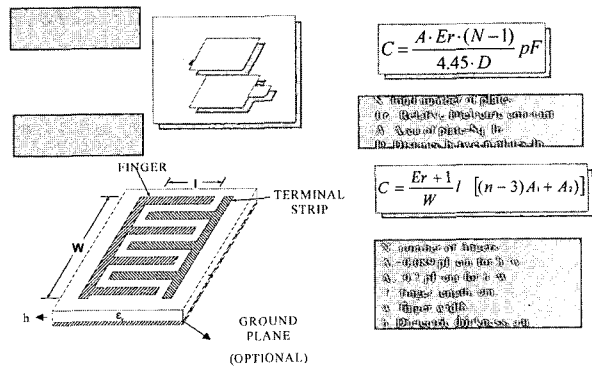


Fig. 5. 내장형 캐패시터의 형태.

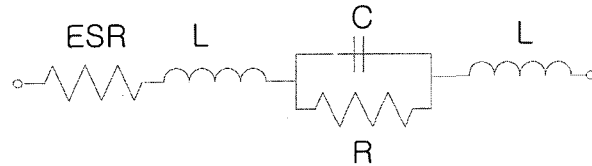


Fig. 6. 내장형 캐패시터의 등가회로

있으며, 이의 등가회로를 표시하면 Fig. 6과 같다.

내장형 캐패시터를 구현하는데 있어서 용도에 따라 용량에 차이가 있으며, 이것을 Table 2에 표시하였다.

### 2.3 응용부품 및 모듈

LTCC기술을 응용하여 많은 수동 부품이 만들어 지고 있는데 그 중에 고주파 부품으로 가장 많이 사용되는 것으로 Filter와 Balun, 그리고 Filter와 Balun 특성을 겸하는 Balanced Filter 등을 들 수 있고, 그 외 Coupler, Diplexer, Duplexer 등도 만들어지고 있다. 이들 부품은 Bluetooth, WLAN 등의 많은 무선통신 시스템을 구성하는 주요 부품으로 자리 잡고 있다.

Filter는 대부분의 무선통신 시스템에 반드시 사용되는 부품으로 그 시스템의 주파수 특성 및 효과에 따라 SAW Filter, FBAR Filter 등 다양한 Filter가 응용되어 지고 있는데 LTCC를 이용한 적층 유전체 세라믹 필터

는 압전 효과를 이용한 Filter보다 삽입손실이 적고 온도 안정성이 좋으며 소형화가 쉬운 장점이 있다. 그리고 보다 높은 주파수 대역까지 응용이 가능하여 5 GHz 대역의 WLAN 모듈에 많이 응용되고 있다.

Fig. 7은 적층 유전체 세라믹 필터의 예를 보인 것으로 Filter의 특성을 갖기 위해 세라믹 내부에 공진기 및 Loading 커패시터, 결합 구조를 패턴으로 형성 시켜 만들게 된다. Filter의 전송손실 및 대역외의 감쇠량 특성을 좋게 하기 위해 제한된 공간 내에서 공진기의 Q값을 강화하기 위한 공진기의 구조에 대한 연구가 활발하고 제품의 소형화를 위해 유전율이 큰 세라믹 재료를 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그림으로 보인 Filter는 2.4 GHz 대역에 사용되는 것으로 Bluetooth 모듈이나 WLAN 모듈에 응용이 가능하다.

Balun은 Balance 신호와 Unbalance 신호사이에서 트랜스포머 역할을 하는 것으로 무선 통신 단말기들의 Transceiver IC의 Balance화에 따라 많이 사용되어지는 부품으로 최근 Bluetooth 시장의 확대와 더불어 많은 시장 점유를 보이고 있다. Balun 역시 Filter와 같이 Strip line을 이용하여 만들어 지는 것으로 제품의 소형화를 위

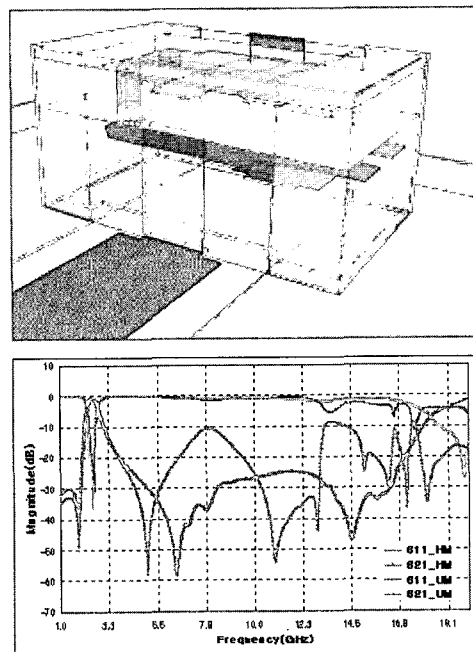


Fig. 7. LTCC기술을 이용한 대역 통과 filter.

해 유전율이 높은 재료가 사용되어 진다. 그리고 많은 경우 Filter와 Balun이 모듈에 함께 채용되어 두 가지 기능을 할 수 있는 Balanced Filter의 수요 역시 많아지고 있다.

이외 Coupler의 경우는 Power Amplifier의 Power Control을 위한 Feedback용으로 사용되어지고 Diplexer의 경우는 Multi band화에 따라 Antenna부의 주파수 분주를 위해 사용되어 진다.

또한 LTCC 기술은 위의 단일 부품 이외에 많은 모듈에도 응용된다. 단말기의 송신 출력을 키우기 위한 Power Amplifier Module의 경우 입출력 매칭 회로로 LTCC 기판에 인덕터와 커패시터를 내장시켜 구현하고 있다. 그리고 모듈의 단일화를 위해 Power Amplifier와 Duplexer를 결합시킨 Power Duplexer Module 이 개발 되고 있다. Fig. 8은 Power Duplexer Module을 나타낸 것으로 SAW Duplexer와 Power Amplifier를 결합한 것이다. LTCC 기판에는 인덕터, 커패시터, Strip line을 이용하여 Power Amplifier와 Duplexer의 매칭 회로가 내장되어 있다.

Fig. 9는 Bluetooth 모듈을 나타낸 것으로 LTCC 기판에는 Filter와 Balun등의 응용부품과 인덕터, 커패시터가 내장 되어있고 Bluetooth IC와 몇 개의 수동부품을 실장 되어있다. LTCC를 이용한 이와 같은 모듈은 기존의 PCB를 이용하는 모듈에 비해 Filter와 Balun이 내장되어 있어 전체 모듈의 크기를 줄이고 두께 역시 줄이는 효과가 있다.

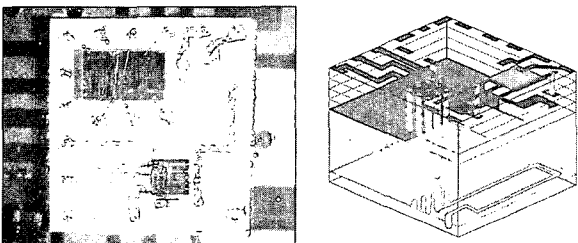


Fig. 8. Power duplexer module.

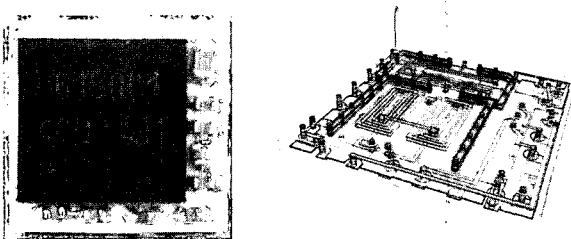


Fig. 9. Bluetooth module.

### 3. LTCC 관련 신기술동향

#### 3.1 후막리소그래피 기술

통신주파수가 GHz 대역 마이크로파 및 수십 GHz 대역 밀리미터파 대역으로 높아지면서, 시스템을 구성하고 있는 각종 부품에 대하여 더욱 엄격한 특성값의 안정성을 요구하고 있다. 이에 적합한 기술로서 후막 리소그래피 기술(thick-film lithography technology)이라 하는 스크린 인쇄 공정과 포토마스크 공정을 접목시킨 기술을 사용하여, 미세 후막도선 및 초소형 내장소자의 3차원 배열에 의한 모듈부품의 소형화와 향상된 신호전송 특성을 나타낼 수 있다. 후막 리소그래피 공정은 후막 인쇄기술과 노광기술을 결합한 기술로서, 기존의 박막 리소그래피 공정과의 차이점은 기판위에 막을 입히는 공정이 박막공정이 아니라 후막 인쇄기술을 사용한다는 점이다. 후막 리소그래피 공정은 현재 Fig. 10과 같은 두 가지 형태가 가능한 것으로 알려져 있다. 패턴형성이 되는 원재료인 페이스트에 감광성 물질이 혼합되어 있는가에 따라 공정이 달라지게 된다.

후막 리소그래피 공정의 또 하나의 장점으로 도선 단면의 기하학적인 정밀도를 들 수 있다. 마이크로파 모듈의 제작은 설계 단계에서 시뮬레이션을 행한 후 최적조건으로 공정을 진행하게 되며, 소성 후 도선의 단면구조가 시뮬레이션 구조에 가까울수록 특성이 우수하고, 변형이 클수록 주파수가 높아지면서 손실이 더 크게 나타나게 된다. Fig. 11에 나타낸 스크린 인쇄된 도선과 후막 리소그래피로 형성된 도선의 단면을 관찰하여 보면 후막 리소그래피 관련기술인 Fodel 쪽이 모서리의 직각도가

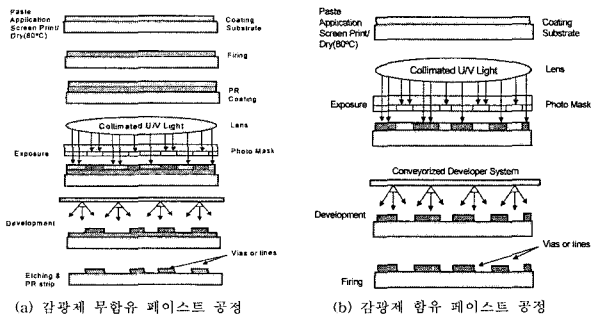


Fig. 10. 후막 리소그래피 공정기술.

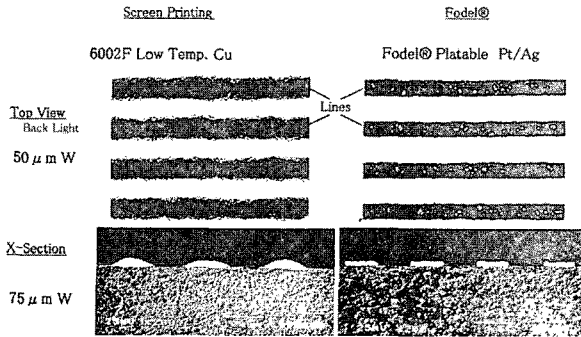


Fig. 11. 스크린 프린팅과 후막 리소그래피로 형성된 패턴 비교

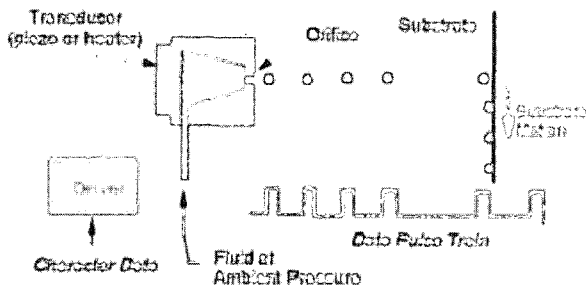


Fig. 12. 잉크젯 프린터의 모식도

좋아, 설계구조와 가까운 것을 알 수 있다.

### 3.2 잉크젯 프린팅기술

잉크젯 프린팅 방식이 OA기기에 주로 사용되다가 디스플레이 분야에 본격적으로 채용되기 시작되었다. 나노입자를 Thermal 및 액추에이터 방식의 잉크젯 헤드를 통하여 수십 μm의 패턴링 공정에 경쟁력 있는 기술로 성장이 기대된다. Fig. 12에 잉크젯 프린팅 방법의 모식도를 나타내었다.

잉크젯 기술의 장점으로는 1) 포토공정의 복잡한 공정을 단순하게 필요한 부분에만 패턴을 구현할수 있으며, 2) 필요한 부분에만 패턴링을 하므로 재료효율이 거의 100%에 가까우며, 3) 타공정에 비하여 대형기판에 쉽게 대응하여, 양산성이 높다는 것이다.

현재 잉크젯 기술의 응용분야는 디스플레이 분야에 LCD 배향막, FED 에미터형성, PDP 전극 형성등에 적용되기 시작하였으며, 반도체 패키지용 Bump형성, 미세 투약시스템, DNA칩 제조등에 적용이 가능하다. 따라서 이 기술은 고집적 모듈용 미세라인 형성에도 향후 응용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 3. 인쇄방법에 따른 선폭의 한계

	Screen Print	Ink Jet	Lithography	Aerosol Deposition
Line Width	70 μm <	50 μm <	20 μm <	10 μm <

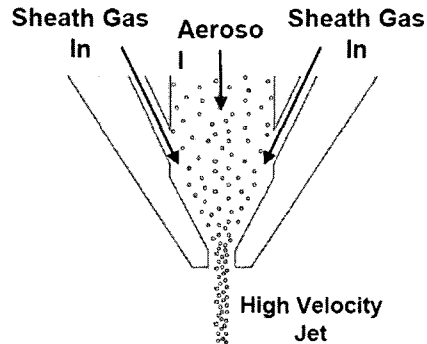


Fig. 13. Aerosol deposition의 개략도

### 3.3 Aerosol Deposition 프린팅 기술

미세 패턴링을 위한 기술로서 최근에 Aerosol Deposition 방법이 주목 받고 있다. 나노입자 등이 분산된 액체를 고속의 공기를 활용하여 인쇄하는 방법으로서, 초음파나 압축공기를 활용한 Atomizer를 이용하여 에어로솔로 변화시킨 후 고속의 제트기류를 이용하여 패턴링을 하는 방법이다. 이기술을 활용하면 Cu, Ag 등의 도체는 물론 유전체 세라믹 등의 패턴링도 가능하며, 다양한 분야에 응용이 가능하다. Aerosol Deposition의 개략도를 Fig. 13에 나타내었다. Table 3은 현재 가능한 미세회로 구현 방법에 따른 선폭의 한계를 나타내었다.

### 3.4 무수축 소성기술

세라믹 기판의 가장 큰 약점은 소결시에 수축을 한다는 것이다. 따라서 칫수정밀도 향상과 고주파 특성의 재현성 확보, CSP(Chip Scale Package)를 위해서는 정밀 칫수 제어가 중요한 기술분야이다. 현재 기술로는 기판 수축율의 공차와 소성후 via의 위치를 정확히 예측해 내는데 어려움이 있다. 이러한 불확실성으로 후공정 단계에 많은 영향을 주게 된다. 또한 LTCC는 도선의 선폭/선간격이 점점 미세하게 되고 기판은 점점 커지는 추세이다. 따라서 공정에서 수축율공차를 더욱 철저히 제어해야 한다. 이에 따라 x-y 면에서의 변형을 거의 0으로 제어하기

위한 기술로 무수축 공정기술이 개발되고 있다.

일반적인 다층소성기판의 수축은 x,y,z 전 방향으로 발생하며, x-y의 수축율은 8-20%가 일어나지만 균일한 수축을 확보하는 것은 매우 어려운 일이다. 하지만 무수축 공정기판은 x-y의 수축율은 거의 0에 가깝고 z 방향으로만 수축이 일어나도록 한다.

무수축 공정 방법은 크게 PAS (Pressure asisted sintering)과 PLAS (Pressureless constrained sintering)로 나뉜다. PAS는 z-방향으로 일축가압을 하면서 소성하는 것이고, 구속층 (Constraining layer)을 사용할 수도 아닐 수도 있다. 구속층을 사용할 경우 비교적 적은 압력인 10 psi로 x-y 수축을 억제할 수 있고 구속층이 없는 경우에는 3000 psi정도의 고압을 가해야 한다.

PLAS는 외부의 압력이 없이 적층된 구속층만을 사용하는 것이며, 기판과 구속층 사이의 계면 마찰력에 의해 x-y 방향의 수축이 제어되어 두께방향으로만 수축이 일어나게 하는 방법이다.

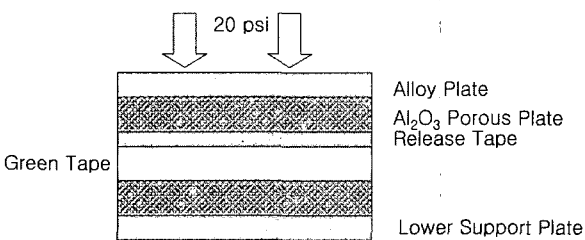
효과는 PAS가 좋지만 소성 중에 외부압력이 가해져야 하기 때문에 Hot press와 같은 장비를 요구하여 PLAS보다 추가 비용에 대한 부담이 크다.

### 3.4.1 PAS ( Pressure Assisted Shrinkage )

소결시 압력을 가하면서 소결하는 방법으로 Hot Press 개념의 무수축 소결 방식이다.

Binder 제거시 발생하는 가스의 원활한 제거를 위해서 LTCC 소결시 압력을 가하는 상,하 다이중간에 소결후 제거하기쉬운 방출층(release tape)과 다공질 plate를 사용한다.

즉 Upper Die/Porous Ceramic/Release tape/LTCC/Release tape/Porous Ceramic/Lower Die의 순으로 구성하여 소결하는 방식이다.



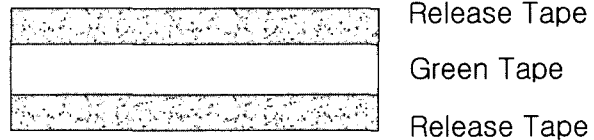
### 3.4.2 PLAS ( Pressure Less Constrained Sintering )

소결시 압력을 가하지 않고 수축율을 조절하는 방법으로 외부억제소결 (External Constrained Sintering)방법과 내부억제 소결(Internal Constrained Sintering)방법이 있다.

#### 1. 외부억제 소결 (External Constrained Sintering)방법

외부에 알루미늄과 같이 고온에서 소결되는 재료를 사용하여 LTCC소결온도에서 소결이 발생하지 않으므로 소결시 LTCC재료의 소결시 Z방향으로만 소결이 일어나도록 하는 방법이다. 이방법은 가압하지 않고도 Release tape 사용으로만 소결이 가능하다는 장점이있다.

즉 Release tape/LTCC/Release tape 순으로 구성하여 소결하는 방식이다.

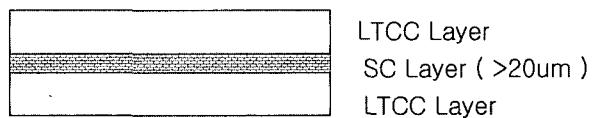


#### 2. 내부억제 소결(Internal Constrained Sintering)방법

LTCC재료와 연화온도(Tg)가 다른 LTCC (자체억제층, Self-Constrained layer)재료를 샌드위치로 구성하여 소결하는 방법으로 다음과 같은 장점이 있다.

- 1) 외부방출층 즉 희생층이 필요없어 이를 제거하는 공정이 필요없다.
- 2) 가압 및 외부억제소결시 발생하는 소결끝단부의 변형제어가 가능하여 가압 및 외부억제 방법에의한 소결에 비해 사용가능한 유효면적을 크게할 수 있다.
- 3) Cavity와 같이 다양한 형상의 제품도 소결이 가능하다.

즉 LTCC/Self-Constrained /LTCC 순으로 구성하여 소결하는 방식이다.



#### 4. 향후 시장동향

LTCC 관련 기술은 세라믹 공정기술, 설계기술, 재료 기술, 특성평가기술등이 융합된 이동통신의 부품 제조의 핵심 기술로서 FEM, Rx module, PAM, ISM 밴드용 모듈(Bluetooth, WLAN), 필터, 안테나 등의 시장 분야에 적용할 수 있다. Table 4에 나타낸 바와 같이 LTCC 모듈 시

장의 동향은 단품이 아닌 복합화된 제품을 필요로 하고 있으며, 또한 WLAN용 부품의 수요가 급증할 것으로 예측되고 있다. 특히 LTCC 복합모듈 제품의 시장은 연평균 수십 % 이상의 성장률을 나타낼 것으로 예측되고 있어, 후막 리소그라피와 이종유전체 LTCC 적층화 기술을 융합한 고집적 복합모듈 제조 기술을 선점한다면 관련 부품 시장의 확보가 가능할 것이다.

Table 4. 제품별 용도별 LTCC 모듈의 시장규모 예측

Product	Application	Result				Forecast				Av. growth rate (03-06)
		'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	
AS	GSM	8,460	32,200	15,500	16,240	11,830	8,580	5,610	4,000	-29.6%
AS+PA+RX	GSM	0	0	0	0	0	0	450	1750	-
AS+PA	GSM	0	0	0	60	1,080	4,800	6,000	11,250	270%
AS+RX	GSM	0	0	0	2,772	7,500	15,600	20,900	23,300	70.3%
	PDC	0	0	0	288	750	1,200	1,540	1,000	36.5%
RX module	W-CDMA	0	0	0	42	360	1,500	900	400	75.7%
VCO	GSM	50	45	490	600	440	250	180	80	-39.6%
WLAN AS	WLAN	0	0	0	0	51	300	400	540	-
WLAN AS+TX	WLAN	0	0	0	0	90	1,800	3,480	5,093	-
WLAN front end	WLAN	0	0	0	0	0	1,500	4,200	11,574	-
WLAN TX	WLAN	0	0	0	0	135	900	1,050	1,157	-

\*단위:백만엔, 2003 Navian사 통계 "Advanced LTCC Technology 2003"

#### ◎◎ 강남기



- ◎ 1979년-1983년 연세대학교 금속공학 학사
- ◎ 1984년-1985년 연세대학교 대학원 금속공학 석사
- ◎ 1986년-1991년 연세대학교 대학원 금속공학 박사
- ◎ 1985년-1991년 연세대학교 산업기술연구소 선임연구원
- ◎ 1992년-현재 전자부품연구원 수석연구원

#### ◎◎ 이우성



- ◎ 1986년-1990년 고려대학교 금속공학 학사
- ◎ 1990년-1992년 고려대학교 금속공학 석사
- ◎ 1992년-1997년 (주)유유 부설연구소 연구원
- ◎ 2003년-2005년 고려대학교 신소재공학 박사 수료
- ◎ 1997년-현재 전자부품연구원 책임연구원

#### ◎◎ 김준철



- ◎ 1987년-1991년 서강대학교 물리학과 학사
- ◎ 1991년-1993년 서강대학교 전자공학과 공학 석사
- ◎ 1993년-1998년 서강대학교 전자공학과 공학 박사
- ◎ 1996년-현재 전자부품연구원 책임연구원

#### ◎◎ 박종철



- ◎ 1976년-1980년 서울대학교 금속공학 공학사
- ◎ 1980년-1982년 서울대학교 금속공학 공학석사
- ◎ 1987년-1991년 서울대학교 금속공학 공학박사
- ◎ 1982년-1992년 한국과학기술연구원 선임연구원
- ◎ 2003년-현재 전자부품연구원 수석연구원