

I. 서 론

전자 산업의 급격한 발전과 정보화 시대의 고속화로 이동 통신 기기의 사용이 급증하고 있으며, 이동 통신 수요 중에서도 특히 휴대용 단말기가 상업적인 수요와 대중적인 면에 있어서 비중이 크다고 할 수 있다. 휴대용 단말기는 휴대·이동이라는 특수성을 가지고 있기 때문에 단말기의 성능 향상이 외에도 소형화, 경량화 및 저가화가 크게 요구되고 있다. 특히, 시스템의 많은 부분을 차지하고 있는 필터, 듀플렉서 등의 수동 소자에 대한 소형화 필요성이 대두되고 있는 가운데, 시스템의 소형화 및 신뢰성 향상을 위해 소자의 소형화 연구와 더불어 다층 구조로 이들 소자를 집적화 하여 모듈을 구성하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재까지 이동 통신 시스템에 가장 널리 사용되고 있는 동축형, 또는 일체형 고유전율 세라믹 필터는 우수한 주파수 특성을 가지며, 비교적 소형으로 구현이 가능하다^{[1]~[4]}. 이들 소자들은 일반적으로 $\lambda/4$ 의 길이를 가지며, 소형화를 위해 고유전율 세라믹 재료를 이용하였다. 그러나, 동축형 세라믹 필터의 경우, 이를 구성하는 동축형 공진기들을 각각 다른 크기로 제작해서 결합시켜야 하며, 더불어 기판을 사용해야 하므로 공정상의 번거로움이 따르며 제작 단가가 높은 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하는 방안으로 현재 가장 널리 사용되는 일체형 세라믹 필터는 많은 우수한 장점에도 불구하고 소체 성형을 위해 필수적으로 몰드가 필요하며, 새로운 디자인에서는 새로운 몰드를 제작하여야 한다. 따라서, 일체형 세라믹 필

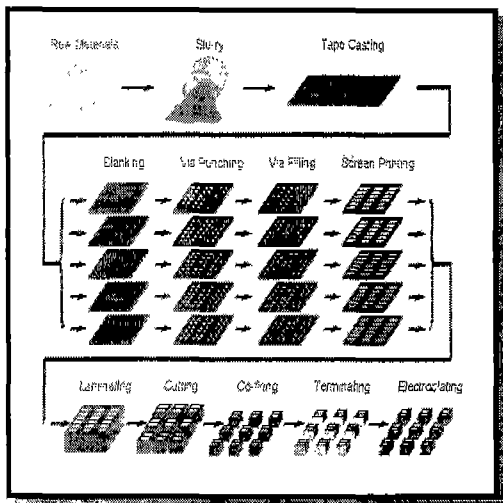
터는 몰드 제작에 따른 시간과 비용 등의 단점을 지니고 있다. 특히, 이들 필터는 저유전율 재료가 사용되는 수 GHz대 구조에는 적합하지 않으며, 소형화에 한계가 있다.

이와 같은 단점을 극복하기 위해 LTCC (Low-Temperature Cofired Ceramic) 기술을 이용한 MLC (Multi-Layer Ceramic) 모듈 및 이에 적합한 RF 소자에 대한 관심이 증폭되고 있으며, 그 연구 또한 활발히 이루어지고 있다. MLC 기술은 대량 생산성 및 3-D 집적도, 신뢰성 등이 매우 높다는 장점을 갖는다. 즉, 저항, 캐패시터, 인덕터 등을 함께 묶어 구현함으로써 보다 소형화할 수 있으며, 하나의 제작 공정으로 구현이 가능하다. 또한, LTCC 기판 상에 능동 부품을 실장하고, 각기 다른 모든 수동소자를 각 층에 구현함으로써 RF 모듈을 초소형화할 수 있다. 위에 언급한 동축형 또는 일체형 세라믹 필터 등은 그 구조상 높은 집적화를 얻기 어려우므로 MLC 구조에 적합한 필터가 개발이 필요하다. 시스템 마지막 단에서 신호를 송수신하는 안테나는 종래에 주로 사용되었던 whip 안테나가 휴대 전화 케이스로부터 돌출되어 부러지기 쉽고, 불필요한 공간을 차지하므로, 내장 및 집적화가 가능한 소형 안테나인 LTCC-MLC 칩 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[5]~[7]}.

본 고에서는 RF 모듈 및 소형 부품에 절대적으로 필요한 LTCC 및 MLC 기술을 소개하고, 현재 이 기술을 이용하여 설계·개발되는 필터, 듀플렉서, 안테나 등의 수동 부품 기술과 모듈화 기술에 대해 살펴보고자 한다.

II. LTCC

LTCC(Low-Temperature Cofired Ceramic) 기술은 수축률이 같은 glass/ceramic dielectric tape과 전극 재료를 동시에 950°C 이하의 저온에서 소결하여 소자를 구현하는 기술이다. 이와 같은 LTCC 기술을 적용함으로써, 높은 집적도를 가지며, 간결하고, 경제적이며, 우수한 절연 및 전도 특성을 갖는 회로의 구현이 가능하다. LTCC 공정은 기본적으로 MLC (Multi-Layer Ceramic) 기술을 바탕으로 이루어지며,



[그림 1] LTCC-MLC process

기존의 HTCC (High-Temperature Cofired Ceramic) 공정과 유사하다. 그러나 HTCC 공정과 달리 green tape을 전극과 동시 소결하기 때문에 소결 조건이 간결하다. [그림 1]은 LTCC-MLC 공정을 나타낸다. 각 공정에 대한 간단한 설명은 [그림 1]과 같다.

2-1 Raw Materials

유전체 재료를 마이크로파에 응용하려는 시도는 이미 1939년에 Richtmyer에 의하여 TiO_2 를 이용한 유전체 공진기의 연구가 최초로 이루어진 이래로 점차 마이크로파 소자의 소형화와 관련하여 높은 유전 상수를 갖는 물질의 개발이 요구되어지고 있다. 산화물 이외의 유전 상수가 큰 재료의 유전 분산 (dielectric dispersion)은 대부분 마이크로파 이하 대역에서 일어나므로, 마이크로파 대역에서 사용할 수 있는 유전상수가 큰 재료는 주로 산화물 유전체 재료에 국한된다. 특히, 유전율 37~40의 $BaO-TiO_2$ 계, $BaO-TiO_2$ 계 중에서 TiO_2 함유량이 많은 영역에 희토류 화합물(Sm_2O_3 , La_2O_3 등)을 첨가하여 75~110의 높은 유전율을 갖는 $BaO-R_2O_3-TiO_2$ 계, 유전율 36~37의 $ZrO_2-SnO_2-TiO_2$ 계 및 $Ba(Zn_{1/3}Ta_{2/3})O_3$, $Ba(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_3$ 등의 복합 perovskite계 등이 대표적 산화물 유전체 재료이다. 이와 같은 산화물 유전체 재료는 비교적 우수한 마이크로파 특성에 불구하고 1300°C 이상의 높은 소결 온도 때문에 전극과의 동시 소결이 불가능하므로, 950°C이하에서

<표 1> 대표적인 LTCC 재료

	유전율	$Q \cdot f_0$ (GHz)	Tcf (ppm/°C)	소결 온도 (°C)
$Na_{1/2}Bi_{1/2}TiO_3$ 계	110~140	1000~1500	15~-10	900~980
$Pb(Fe_{1/3}W_{1/3})O_3-$ $(Pb,Ca)(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O_3$ 계	95~120	2000~2500	25~3	950~1000
$BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_2$ 계 [glass 첨가]	65~68	2500~3000	35~25	2500~3000
$CaZrO_3$ 계 [glass 첨가]	25~30	3000~3500	25~10	3000~3500

소결 가능한 LTCC 재료에 대한 연구가 지난 10여 년 간 활발히 이루어졌으며, 최근에는 수 GHz에서 응용 가능한 저유전율 재료 개발에 연구의 초점이 맞춰져 있다. <표 1>은 대표적인 LTCC 재료이다.

2-2 Slurry

Slurry는 결합제(Binder), 가소제(Plasticizer) 분산제(dispersant), 소포제(deformer) 계면활성제, 원료분말과 주로 용매가 되는 액체로 구성된다. 이 때 사용되는 첨가제의 기능은 다음과 같다.

용매는 보통 수용성과 비수용성으로 구성되며, 비수용성의 경우 건조가 낮은 온도에서 용이하고 원료분말의 수화를 방지할 수 있는 이점이 있으나, 독성이 강하고 화재의 위험성이 있으며, 환경오염의 문제 등이 있다. 수용성의 경우는 비수용성과 반대이고 작업성이 우수하다는 장점이 있다.

Green tape를 적층하기 위해서는 일정한 온도로 상온으로 가열하여 세라믹 테이프내에 함유되어 있는 유기물들의 점도를 낮추어 서로 고착되도록 하는데 이때 가소제는 필요한 온도를 낮추는 역할을 한다. 그리고 결합제는 슬러리속에 있는 입자들을 합치는 역할을 한다. 이 두 첨가제는 건조된 분말을 압축 성형시 사용되는 양보다 많이 사용되는데 그 이유는 green tape을 취급하는 과정에서 쉽게 부서지지 않을 정도의 강도와 신축성이 가지도록 하고 또한 말아서 사용할 수 있도록 하기 위해서이다.

계면활성제의 기능은 원료분말의 표면장력을 낮추어 사용되는 용매에 잘 젖어들도록 하는 역할을 하는데 분말들이 잘 젖어들지 못하면 tape casting후 pinhole이 생기는 원인이 된다.

끝으로 분산제는 분말 덩어리가 생기는 것을 막아주는 역할을 한다.

2-3 Tape Casting

세라믹 성형법의 한가지로서 닥터블레이드법, 쉬트캐스팅법, 나이프 코팅법, 테이프법으로 불리기도 한다. 이 성형법은 주로 수십에서 수백 μm 두께의 얇은 세라믹스를 제조하기 위하여 사용한다.

2-4 Blanking

Green sheet를 작업하고자 하는 면적만큼 절단하는 단계이다.

2-5 Via Punching

전기적인 연결을 위해 green sheet 위에 via를 만드는 공정으로서 일반적으로 punching machine이 주로 사용되나, 최근엔 laser를 이용하여 punching을 하는 경우도 있다. 더불어, lamination 공정에서 각 sheet의 적층 align을 위한 "guide hole" 및 printing 공정에서 printing용 screen과 green tape 사이의 align을 위한 "registration hole" 등을 만드는 공정도 포함된다.

2-6 Via Filling

Via filling은 후막 screen printer 또는 전극 paste 분출기를 이용하여 via에 전극 paste를 채우는 공정으로서, filling을 쉽게 하기 위해 porous stone 위에 green sheet를 놓고 진공을 뽑으면서 작업이 이루어진다. Via filling용 전극 paste는 filling이 잘 되도록 printing용 전극 paste와는 달리 점도가 매우 높아야 하며, 사용되는 tape과 수축률이 같도록 특별히 합성되어야 한다.

2-7 Screen Printing

설계되어진 전극 패턴을 green sheet 위에 구현하는 단계로서, 일반적인 thick film screen printer가 사

용된다. Via filling 공정에서와 같이 진공을 이용하여 tape을 작업 plate 위에 고정하고, via punching 공정에서 만들어진 registration hole를 이용하여 screen과 tape을 align한 후 전극을 printing한다. Printing용 전극 paste 또한 사용되는 tape의 수축률과 같아야 하므로, 그 선정에 신중해야 한다. 전극 paste는 DuPont, Heraeus, Ferro 등의 국외 회사와 대주, IMD 등의 국내 회사에서 생산되며, 특히 국외 선진 기술 업체들은 LTCC green tape과 그와 같은 수축률을 갖는 전극 paste를 동시에 생산하고 있다. 그리고 전극 또한 printing용, via filling용, terminal용 등으로 구분하여 하나의 package 형태로 LTCC 시스템을 갖춰 생산 판매하고 있다.

시스템 및 소자의 소형화 경향에 따라 전극 paste printing에 의한 선폭 resolution의 향상이 요구되고 있다. 현재 일반적인 thick film screen printing 방법으로 325 또는 400 stainless mesh screen을 이용할 경우, 약 125 μm 의 선폭 및 간격 구현이 가능하다. 그러나 최근 집적도를 보다 높이기 위해 100 μm 이하의 선폭이 요구되며, 이에 관한 연구가 기존 업체 및 학계를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 즉, 보다 우수한 특성을 갖는 paste의 개발 및 직경이 보다 작은 와이어를 사용한 mesh screen의 개발로 약 75 μm 의 선폭 및 간격 구현이 가능한 것으로 보고되고 있으며^[8], 또한 photo-etching이 가능한 후막 동시 소결용 paste의 개발에 의해 50 μm 선폭이 구현된 연구 보고가 발표되었다^[9].

일반적으로, screen printing 후 via 및 printing 전극을 약 120°C에서 5~10분간 건조한다. 하지만, 너무 오래 건조할 경우 green sheet의 손상이 올 수도 있다.

2-8 Laminating

Via 전극 및 설계된 전극 패턴이 printing된 각 green sheet를 열과 압력을 가해 적층하는 과정이

Lamination 공정이다. 각 green sheet를 정확히 align하여 적층하기 위해 via punching 공정에서 가공된 guide hole를 상하판 lamination jig 사이에 존재하는 편에 맞춰 적층한다. Lamination에는 “Uniaxial lamination”과 “Isotatic lamination” 방법이 있는데, uniaxial lamination은 적층된 green sheet에 60~70°C 정도의 열을 가하며 일축으로 압력을 주는 방법으로 이와 같은 방법은 열을 가하며 압력을 줄 수 있는 Press 장비가 필요하며, 180° 회전하여 두 번에 걸쳐 lamination하는 것이 좋다.

Isotatic lamination은 가열한 물을 이용하여 압력을 주는 방법으로서, HIP (Hot Isotatic Press) 장비를 이용하여야 한다. Uniaxial 보다 압력을 고르게 줄 수 있는 장점이 있으나, green tape이 물에 젖지 않도록 밀봉하여야 한다.

2-9 Cutting

Lamination된 green sheet를 cutting하기 위해서는 XY stage가 부착된 cutter가 주로 사용되는데, 최근에는 laser를 이용한 cutting 방법도 사용된다. Laser에 의한 cutting은 보다 우수한 절단면을 확보할 수 있는 이점이 있으나, 다소 장비 가격이 높다. 또한, 소결 후 cutting을 하는 경우도 있는데, 이 때는 dicing saw, ultrasonic cutter, laser 등을 이용하여 cutting을 한다. Dicing saw는 주로 사각의 시편 제작에 주로 사용되며, ultrasonic cutter 나 laser는 임의의 모양으로 cutting이 가능하다.

2-10 Co-firing

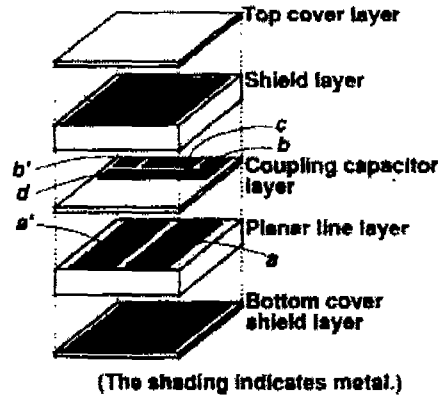
전극과 green sheet의 동시 소결(co-firing) 온도는 사용된 재료에 의해 결정되며, 일반적으로 유기물의 burn out은 200~500°C 사이에서 일어나므로, 이 사이의 온도에서 1시간 이상 머물면서 승온해야 한다.

Ⅲ. LTCC를 이용한 RF 부품 기술

기존의 휴대 전화, 무선 LAN, GPS 등의 무선 통신 시스템에서 active 부품에 대한 passive 부품의 비는 100:1 이상이고, 1000개 이상의 passive 부품이 사용됨에 따라 passive 부품이 전체 시스템 공간의 대부분을 차지한다고 할 수 있다고 말할 수 있다. 따라서, passive 부품의 소형화와 집적화가 시스템의 비용 절감 및 크기 축소에 절대적이라고 할 수 있으며, 이에 대해 LTCC 기술이 해결 방안으로 대두되고 있다. LTCC 기술을 이용한 RF 부품은 chip capacitor, inductor 등의 단위 passive 소자에서부터 RF 모듈에 이르기까지 다양한데, Murata, CTS 등의 기술 선진 업체에서는 LTCC 기술을 이용하여 low-pass filter, band-pass filter, balun, coupler, diplexer, RF diode switch 등을 개발 생산하고 있으며, Mitsubishi, National Semiconductor, GE, Northrop Grumman 등은 passive 소자와 active 소자가 내부 집적화된 모듈을 개발하였다. 또한 LTCC 기술을 이용하여 휴대폰 단말기 내장형 초소형 안테나 개발에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 최근 연구 보고된 LTCC-MLC 기술을 이용한 RF 부품 기술은 다음과 같다.

3-1 LTCC-MLC BPF

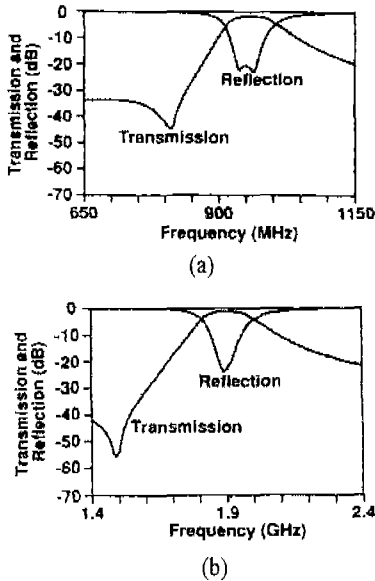
[그림 2]는 LTCC-MLC 기술을 이용한 이동 통신용 BPF (Band-Pass Filter)의 구조도이다^[11]. 과거 LTCC-MLC 기술을 이용한 LC 칩 필터의 경우, 집중소자인 스트립 인덕터와 적층 캐패시터를 사용함에 따라 Qu가 낮은 단점이 있으나, [그림 2]와 같이 설계된 평면 공진기는 상대적으로 높은 Qu를 가지므로 보다 우수한 주파수 특성을 갖도록 할 수 있다. 스트립라인 전송선의 한 쪽 끝단은 접지 단과



[그림 2] Structure of LTCC-MLC BPF.

연결되어 $\lambda/4$ 공진기를 이루며, 다른 한 쪽 끝단은 load capacitor와 연결되어 있다. 각 공진기 사이 및 임출력단과 공진기 사이에는 결합 capacitor가 연결되어 있다. 일반적으로 같은 공진 주파수를 가질 때, load capacitor의 값이 클수록 공진기의 길이는 짧아질 수 있으나, 공간상의 제약에 따라 무한정 load capacitor를 크게 할 수는 없다.

[그림 2]와 같은 BPF는 5층의 세라믹 layer로 구성되어 있다. 현재 주로 사용되는 동축형 유전체 필터에 비해 두께가 얇은 필터 구조이다(두께 2 mm 이하). Stripline 공진기에 해당하는 전극 a-a'를 포함하는 planar line layer와 임출력 결합 capacitor를 구성하는 b-b'와 load capacitor를 위한 c 그리고 stripline 사이의 capacitive 결합을 위한 전극 d를 포함하는 coupling capacitor layer 및 두 개의 shield layer, 그리고 top layer 등으로 구성된다. BPF는 Bi-Ca-Nb-O LTCC system으로 설계되었으며, 이 LTCC는 유전율이 58이며, 950 °C에서 전극과 동시에 소결된다. 이와 같은 parallel coupled BPF는 공진기간의 결합에 의해 하나의 notch가 생기며, 이 notch를 이용하여 한 쪽 저지 대역의 저지 특성을 향상시킬 수 있으며 일반적으로 비대칭의 주파수 특성을 보인다. [그림 3]은 제시된 LTCC-MLC BPF의 주파수

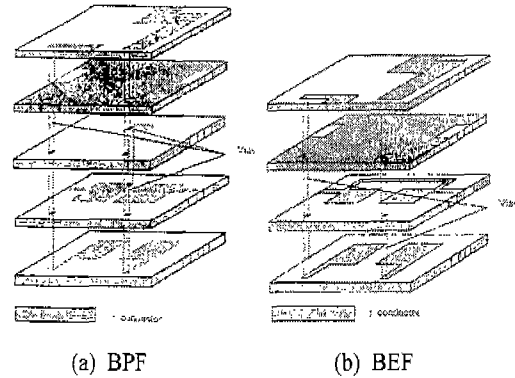


[그림 3] Frequency characteristics of the BPF.

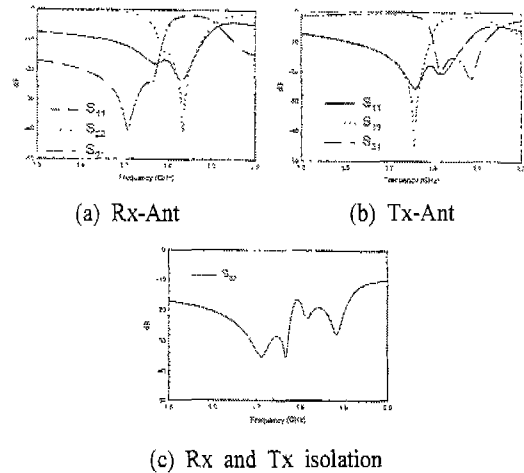
특성을 나타낸다.

3-2 LTCC-MLC Duplexer

이동 통신 시스템에서 duplexer는 송수신 신호를 분리하는 역할을 하는데, 현재 일체형 유전체 duplexer가 주로 사용되며, SAW duplexer, FBAR duplexer 등이 개발되어 시스템의 소형화를 꾀하고 있다. [그림 4]와 같이 제시된 duplexer는 LTCC-MLC 기술을 이용하여 설계된 band-pass filter (BPF)와 band-elimination filter (BEF)로 구성된 송수신 filter를 결합하여 구성된 연구 결과이다^[12]. 이 연구에서는 DuPont 951 LTCC 시스템 (유전율 = 7.8, silver paste)이 이용되었으며, 각 결합 capacitor의 구조는 위에 제시된 BPF와 마찬가지로 MIM 구조로 설계되었다. LTCC-MLC 기술을 이용하여 duplexer를 개발할 경우, 동축형 구조에 비해 MLC 구조의 낮은 Q가 가장 큰 문제인데, 이에 따라 보다 우수한 저지 특성이 요구되는 CDMA 방식보다는 TDMA 방식용



[그림 4] Structure of LTCC-MLC duplexer.

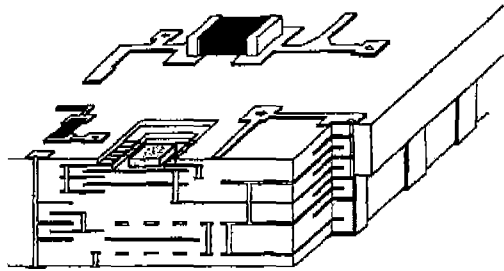


[그림 5] Frequency characteristics of the duplexer for DCS-1800.

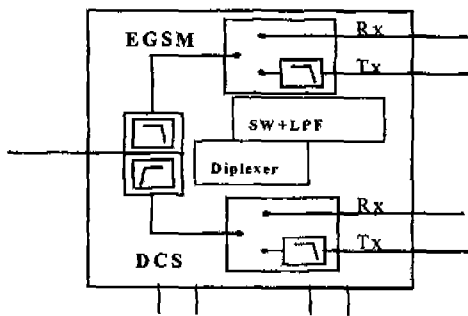
duplexer 구현이 용이한 것으로 사료된다. 제시된 LTCC-MLC duplexer도 DCS-1800용이며, [그림 5]에서 보여지는 바와 같이 비교적 적용 가능한 주파수 특성을 가지나, 보다 많은 연구가 진행되어야만 상품화가 가능할 것으로 보인다.

3-3 Switch Duplexer

Switch duplexer는 diode 또는 transistor 등의 active



[그림 6] Structure of LTCC module.



[그림 7] Block diagram of switch duplexer.

소자와 diplexer, LPF (Low-Pass Filter) 등의 passive 소자들로 구성되며, 최근 LTCC-MLC 기술을 이용하여 이들 소자를 집적화 하여 하나의 module로 개발하는 연구 결과가 발표되었다^[13]. [그림 6]은 일반적인 LTCC module의 구조를 나타내는데, 이와 같은 구조로 [그림 7]과 같은 switch duplexer를 module화함으로써, RF 시스템의 소형화, 경량화 및 비용 절감 효과를 얻을 수 있다. Switch duplexer의 구성요소 중 diplexer는 서로 다른 두 band를 분리하는 역할을 하며, 2개의 RF-switch는 각 band의 Rx 및 Tx를 switching하고, 2개의 LPF는 2차 또는 3차 고조파를 억제하는 역할을 한다.

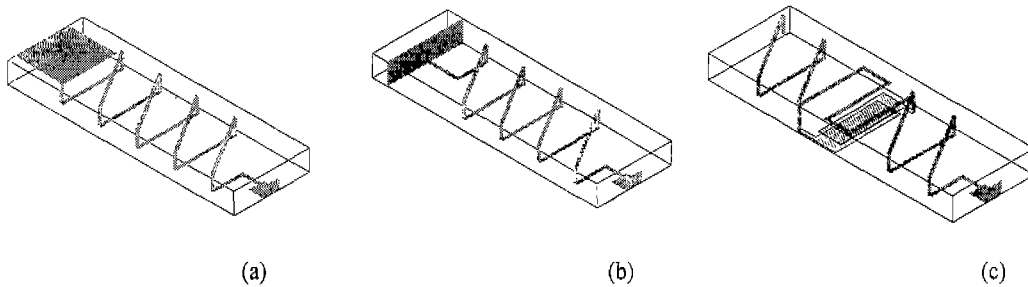
3-4 Chip Antenna

이동 통신 단말기 안테나의 요구 특성으로는 무

지향성 방사패턴, 높은 이득 및 효율, 넓은 주파수 대역과 소형화에 의한 휴대의 편의성 구현 등이 있다. 최근에는 이동통신서비스의 멀티미디어화 및 광대역화 추세로 고이득화와 광대역 특성을 목표로 연구가 이루어지고 있으며, 이동통신서비스의 급속한 발달에 따른 기존의 이동통신과 신규 이동통신과의 멀티밴드 안테나가 개발되고 있다. 이동 통신 서비스의 멀티미디어화에 의해 요구되는 통신 부품의 수가 증가하게 되나, 단말기의 크기는 소형화를 기하고 있다. 이와 같은 추세에 맞춰 안테나의 경우 크기가 초소형인 세라믹 적층 형태가 연구되어지고 있다.

적층형 세라믹 칩 안테나는 기존에 발전된 유전체 제조 공법 및 LTCC 다층 기판 적층 기술을 응용하여 제작된 소형의 안테나로서 설계 및 제조기술에 있어 많은 장점을 가지고 있다. 연구 초기에는 적층형 세라믹 칩 안테나는 고유전을 세라믹 기술을 이용하여 모노폴 및 헬리컬 안테나를 소형으로 형성하는 형태였으나, 최근에는 [그림 1]처럼 발전된 패턴 기술을 이용한 다양한 제품들이 개발되고 있다. [그림 8]은 일본의 Murata가 보유하고 있는 SMD 부품 개발기술을 응용하여 개발한 적층형 세라믹 칩 안테나 구조들이다.

[그림 8](a)는 세라믹 본체에 트리밍 전극을 구현하여 안테나의 특성을 가변할 수 있도록 설계된 안테나이며^[14], [그림 8](b)는 도체의 끝단에 캐패시턴스로 동작화되는 전극을 형성시켜줌으로써 좀 더 넓은 대역폭을 갖는 안테나이며^[15], [그림 8](c)는 세라믹 본체 내에 헬리컬 도체 외에 또 다른 공진 회로를 구현하여 이중 공진 특성을 갖도록 한 안테나이다^[16]. 이러한 적층형 세라믹 칩 안테나는 그 크기가 $6.3 \times 5 \times 1.5 \text{ mm}^2$ 인 초소형 SMD 형태로 구현된 것이기 때문에 단말기의 어느 부분이라도 실장할 가능하며, 또한 기존의 안테나들을 단말기에 실장할 때와는 다르게 SMD 부품들을 회로기판에 직



[그림 8] SMD 형태의 적층형 세라믹 칩 안테나.

- (a) Ceramic chip antenna with trimming electrode
- (b) Ceramic chip antenna for wide bandwidth
- (c) Dual band ceramic chip antenna

접 실장하는 방법을 그대로 사용할 수 있다. 또한, 적층형 세라믹 칩 안테나는 현재 사용되는 안테나 제품들이 단말기 외부로 돌출되는 단점을 극복할 수 있으며, 세라믹 적층 공정의 안정화에 따라 대량 생산이 가능하고, 저가격화 실현이 가능하다는 장점이 있다. 하지만, 현재 출하되는 시제품들은 광대역 주파수 대역폭의 구현에 문제점이 있어 적층 패턴이나 공정의 개선, 그리고 재료의 개발 등의 지속적인 연구가 진행되고 있다.

3-5 RF Modules

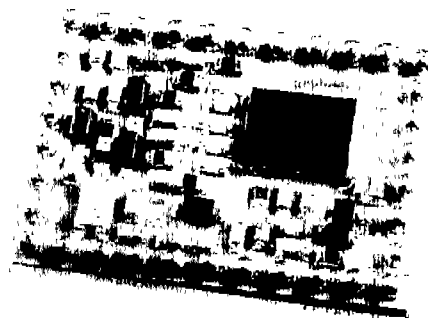
무선 이동 통신 시스템에서 active 소자에 비해 절대적으로 많은 수와 공간을 차지하는 passive 소자의 소형화 및 집적화는 현재 필수적 연구과제로 대두되고 있다. 이에 따라 passive 소자를 내장하여 집적화 함으로써 RF module를 구성하는 많은 연구 결과가 발표되고 있다.

National Semiconductor는 공진기 및 loop filter의 여러 passive element를 LTCC 기술에 의해 module에 내장하여 [그림 9]와 같은 VCO/Synthesizer를 개발하였다. 이 module 기술에 의해 크기는 1/8로 축소하였고, 비용을 1/2로 줄였다. LTCC에 의한 다층

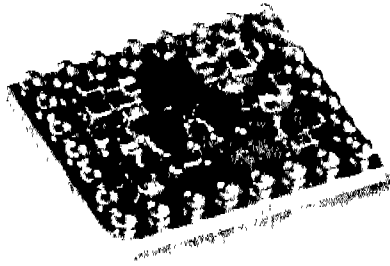


[그림 9] VCO/Synthesizer module.

기판 기술은 많은 결선을 크게 감소시켜, 과거 이에 의해 야기되었던 impedance 부정합 및 기생 효과들을 줄일 수 있고, 전력 소비 또한 감소시킬 수 있다.



[그림 10] Bluetooth용 RF module.



[그림 11] Switch diplexer module.

Ericsson은 [그림 10]과 같이 LTCC 기술에 의해 Bluetooth tranceiver 기관 상부 및 내부에 안테나, 필터, 그리고 송·수신 baluns 등의 우수한 특성을 가지는 마이크로파 소자들을 집적화 하였다. 또한, 새로운 radio module은 LTCC 기관에 flip chip assembly을 제작하고, PCB에는 BGA assembly를 적용함으로써 크기가 매우 소형으로 구현되었다.

Sorep는 소형·경량, 낮은 제작 단가, 높은 양산성을 위해서 수동 소자들을 LTCC 기술에 의해 기관에 내장하여 집적화하였다. Sorep는 [그림 11]과 같은 안테나 스위치/필터를 개발하였고, 내부 및 via filling을 위해 전극으로 Ag를 사용하였다. 각 소자는 power, ground, 그리고 signal 전극을 포함하는 6개의 전극층을 가지고 있으며, 정확한 두께의 조절과 전극의 프린팅은 정확한 임피던스의 구현을 가능하게 해 주었다. Sorep는 필터/tunable filter/diplexer/switch/amplifier를 내장한 front-end module를 현재 개발 중에 있다.

IV. 결 론

무선 이동 통신의 거대 산업화 및 대중화에 따라 그 수요는 폭발적으로 증가하고 있으며, 통신 시스템의 멀티 미디어화 경향에 불구하고, 기기의 소형화 요구는 날로 증가하고 있다. 이와 같은 요구를

충족하기 위해서는 사용 부품의 소형화 및 다기능화, 집적화 등이 필수적이며, 특히 active 소자보다 그 소요 개수가 많고, 많은 공간을 차지하는 passive 소자의 소형화 및 집적화가 절대적 필요하다. 이를 위해 LTCC 기술 및 이를 기초로한 MLC 기술에 대한 연구가 활발히 이루어졌으며, 최근에는 이와 같은 기술을 이용한 소자의 개발의 성공 사례가 속속 발표되고 있다. 본 고에서는 이와 같은 LTCC 기술의 전반적 내용과 LTCC 기술의 바탕으로 개발된 BPF, duplexer, chip antenna, switch diplexer, RF module의 최근 기술 동향을 살펴보았다. LTCC 기술은 현재 가장 활발히 연구 진행되는 연구 분야이며, 현재보다 더 우수한 기술 개발이 가능할 것으로 전망된다. 그러나, 향후에는 LTCC 후막 기술을 이용한 적층형 소자보다 더 소형이고 집적도가 높으며, passive 소자의 MMIC화를 가능케 하기 위해 박막 기술을 이용한 소자의 개발이 이루어질 것으로 전망되며, 최근에는 이와 같은 연구가 시작되어 유전체 박막 위에 15 μm 선폭으로 구현된 microstrip 전송선에 대한 연구 발표도 있었다.

참고문헌

- [1] K. Hano, H.Kohriyama, and K.-I. Sawamoto, "A direct-coupled $1/4 \lambda$ coaxial resonator bandpass filter for mobile communications", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-34, pp.972-976, Sept., 1986.
- [2] P. L. Field, I. C. Hunter, and J. G. Gardiner, "Asummetruc bandpass filter using a ceramic structure", *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 2, pp.361-363, Sept. 1992.
- [3] Chong-Yun Kang, Ji-Won Choi, Seok-Jin Yoon, Hyun-Jai Kim, Chang-Yub Park, "Design of Monoblock Dielectric Filter Using (Pb, Ca) (Fe,

- Nb, Sn)O₃ Ceramics”, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 10 no. 9, pp.661-666 Dec., 1999.
- [4] 강종윤, 최지원, 윤석진, 김현재, 박창엽, “유한 요소법에 의한 1.9 GHz대 유전체 일체형 필터의 설계”, 한국전기전자재료학회논문지, vol. 12, no. 10, pp.983-987, 1999.
- [5] Y. Dakeya, T. Suesada, K. Asakura, N. Nakajima, H. Mandai, “Chip Multilayer Antenna for 2.45GHz-Band Application Using LTCC Technology”, *IEEE MTT-s Digest*, pp. 1693-1696, 2000.
- [6] 이종환, 우종명, 김현학, 김경용, “PCS용 표면실장형 칩 안테나 설계”, 한국전자과학회논문지, 11권 1호, pp. 55-62, 2000.
- [7] 최원규, 이범선, “Meander line을 이용한 내장형 칩 안테나 설계”, 한국통신학회, 하계종합학술대회 논문집, 2000.
- [8] M. Tredinnick, D. Malanga, “Extending Gold Thick-Film Technology Through Materials and Process Development”, *Microwave Journal*, vol. 43, no. 11, pp.64-74.
- [9] M. A. Skurski, “Thick-film Technology Offers High Density Packaging”, *Microwaves and RF*, Feb. 1999.
- [10] Dupont Microcircuit Materials, “Cost-Effective Solutions for High Density Interconnect and RF Modules Using Low Temperature Cofired Ceramic Materials”, *Microwave Journal*, vol. 44, no. 4, pp.140-150.
- [11] Toshio Ishizaki, Mitsuhiro Fujita, Hiroshi Kagata, Tomoko Uwano, Hideyuki Miyake, “A Very Small Dielectric Planar Filter for Portable Telephones”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-42, No.11, pp.2017-2022, Nov., 1994.
- [12] Jyh-Wen Sheen, “LTCC-MLC Duplexer for DCS-1800”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-47, no. 9, pp.1883-1890, Sept., 1999.
- [13] T. Watanbe, K. Furutani, N. Nakajima and H. Mandai, “Antenna switch duplexer for dualband phone (GSM/DCS) using LTCC multilayer technology”, *Microwave Symposium Digest, 1999 IEEE MTT-S International*, vol. 1, pp.215-218, 1999.
- [14] “Chip Antenna and A Method for Adjusting Frequency of the Same”, US Patent 6,064,351, May, 2000.
- [15] “Chip Antenna and Antenna Device”, US Patent 5,973,651, Oct., 1999.
- [16] “Chip Antenna and Mobile Communication Apparatus Using Same”, US Patent 6,075,491, June, 2000.

≡ 필자소개 ≡

강 종 윤

1993년: 연세대학교 전기공학과 (공학사)

1995년: 연세대학교 본대학원 전기공학과 (공학석사)

2000년: 연세대학교 본대학원 전기공학과 (공학박사)

2000년~현재: 한국과학기술연구원(KIST) 연구원



윤 석 진

1983년: 연세대학교 전기공학과 (공학사)

1985년: 연세대학교 본대학원 전기공학과 (공학석사)

1992년: 연세대학교 본대학원 전기공학과 (공학박사)

1988년~현재: 한국과학기술연구원(KIST) 책임연구원

