

고주파용 유전체 재료의 응용 및 전망



조 현춘
전력연구원 기술정책실
정책개발부 선임연구원

1. 서 론

아날로그 셀룰러 방식에서 시작된 제1세대의 공중이동통신은 디지털셀룰러 방식의 제2세대를 거쳐 21세기에는 멀티미디어에 대응가능한 제3세대의 글로벌화 이동통신 시대를 맞이할 것이다. 이처럼 이동통신의 급격한 발전으로 인하여 우리는 언제 어디서나 필요한 정보를 주고 받을 수 있는 통신혁명시대에 살고 있다.

그러나 무선통신의 가장 클 단점중의 하나인 이용주파수의 제한을 극복하고 폭발적인 수요를 감당하기 위해서는 밀리미터파 또는 서브밀리 미터파대 등과 같은 사용주파수의 고주파화는 필연적이다. 통신시스템의 고주파는 이를 구성하는 부품 및 재료도 고주파화에 대응할 수 있어야 한다. 고주파용으로 다양한 재료가 사용되고 있지만 그중에서도

유전체 재료가 가장 널리 이용되고 있다. 유전체 재료를 이용한 대표적인 부품으로는 유전체 공진기와, 공진기를 이용한 유전체 필터, 듀플렉스, 전압제어 발진기(VCO) 및 신호의 송수신용 안테나 등이 있다. 유전체 재료가 고주파용 기기에 사용되기 위해서는 높은 유전특성과 온도-주파수 특성은 물론이고 경시변화가 적고 화학적으로 안정해야 한다.

현재 사용되고 있는 고주파용 유전체 재료로는 $BaTi_3O_{20}$ 를 실용화한 후 바륨계(Ba화합물)와 납계(Pb화합물), 리튬 및 비스무스계 화합물이 주로 사용되고 있다.

본고에서는 상기와 같은 고주파용 유전체 재료의 응용부품과 부품들의 기술개발 동향 및 향후 산업전망에 대해 살펴봄으로써 기술개발 방향과 수입에 대부분의 의존하고 있는 고주파 부품의 국산화에 대한 열망에 조금이나마 보탬이 되고자 한다.

2. 고주파용 유전체 재료의 응용

가. 유전체 공진기

유전체 공진기는 전자파가 유전율이 높은 물질중에서 파장이 짧아지는 특징을 이용한 소형의 마이크로파대 공진기로 유전율이 공기의 20~100배 정도인 세라믹스 재료로 만들어 진다. 유전체 공진기는 <그림1>과 같이 보통 2종류의 타입이 있는데, 하나는

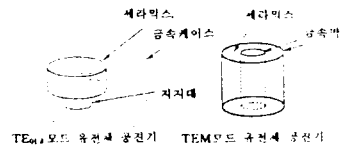


그림 1. 유전체 공진기

TE_{01δ} 모드 유전체 공진기로 통상 원주형의 세라믹스 재료를 원통형의 금속케이스내에 실장하여 종래의 공진기보다 소형의 마이크로파대 공진기를 실현하였고, 다른 한가지는 TEM 모드로 원통형 또는 각통형(角筒型)의 세라믹스 재료 내면 및 외면을 금속막으로 코팅하여 동축형 공진기를 구성한 것이다. 이 공진기는 동축 케이블을 1/2 파장 또는 1/4 파장으로 분할하여 만들어진 동축형 공진기와 같은 원리로 동작한다. 그러나 코팅된 금속막의 유한(有限)한 도전을 때문에 공진기의 Q값은 TE_{01δ} 모드 유전체 공진기와 비교하여 낮다.

이에 따라서 TE_{01δ} 모드 유전체 공진기는 수 GHz 이상의 마이크로파대 밀리파대에서 사용되고 있으며, TEM모드 유전체 공진기는 수백 ~ MWz대 또는 수 GHz의 마이크로파대에서 사용되고 있다.

나. 유전체 필터

유전체 필터는 분포정수 회로로서 유전체 공진기를 사용하여 고유전율, 저손실, 온도 고안정성, 내진동의 내충격성, 소형화,

양산성 및 저비용화 등 다양한 특색을 갖는 밴드패스 필터(BPF)이다.

유전체 필터의 특징은 앞에서 설명하였듯이 비유전율이 20~100배 정도를 갖는 세라믹스 재료 중에 전자파의 에너지를 축적하여 공진현상을 일으키기 때문에 종래의 공동(空洞)공진기형 필터에 비하여 소형화가 매우 용이하며 또한 세라믹스 재료의 조성에 따라 온도에 대비 비유전율, 크기의 변화를 조절할 수 있기 때문에 공진주파수의 온도에 대한 변동을 작게 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

이와같은 특징을 갖는 유전체 필터는 앞에서 설명하였듯이 공진모드에 따라 2가지가 있으며 마이크로파 증계회선용 밴드패스 필터, 이동체 통신용의 밴드패스 필터, 광통신용 필터 등 각종 통신기에 폭넓게 사용되고 있다. 여기서는 광통신용에 대해서만 자세히 설명하겠다.

(1) 2.5GHz대 광통신용 유전체 필터

2.5GHz 광통신용 유전체 필터는 2.5Gbps 전송속도의 수신기에 사용되는 필터로 비대역폭(대역폭을 중심주파수로 나눈값)이 0.1% ~ 0.15% 정도의 매우 협소한 통과대역을 갖는 밴드패스 특성이 요구된다. 일반적으로 SAW 필터와 유전체 필터가 사용되고 있지만 어느 필터도 통신간선계(通信幹線系)에서 사용되는 것이 대부분이기 때문에 중심주파수가 높은 안정성이 요구된다.

이 필터는 비유전율이 37인 TEM모드 유전체 공진기를 2개 접속하여 3dB 통과 대역폭이 약 3MHz의 밴드패스필터를 실현하고 있으며 중심주파수가 2.48832 GHz, 삽입손실이 약 11dB로 광

통신 필터로서 이상적인 특성을 가지고 있다. 또한 0~70℃의 온도 변화에 대해 중심주파수가 약 30ppm정도 변동하는 온도안정도가 매우 높다.

(2) 10GHz 대 광통신용 유전체 필터

2.5Gbps의 4배 속도를 갖는 10Gbps 광파이버 통신은 멀티미디어 시대의 통신매체로서 앞으로 보급이 크게 증가할 것으로 예상되고 있다. 이 주파수대에서는 SAW필터의 미세가공기술이 한계에 도달하기 때문에 유전체 필터가 필수적인 소자가 될 것이다.

한편 TEM모드 유전체 공진기를 사용한 필터는 충분한 Q값을 실현할 수 없기 때문에 TE01δ 모드 유전체 공진기를 사용할 필요가 있을 것이다. 현재 중심주파수 9.95328GHz, 삽입손실이 약 3dB 통과대역이 약 12MHz가 되어 10Gbps 광통신용 필터로서 이상적인 특성을 얻고 있다.

다. 칩적층 LC 필터

칩적층 LC필터는 코일의 설계 방법, 공진기의 형성방법들을 개선하여 초소형, 초경량의 고주파 대응 필터를 실현하여 현재 휴대전화용 이동체 통신기에 널리 사용되고 있다.

사용되는 유전체 재료로는 BSSZ와 CZG가 있으며 <표1 참조> 전극재료로는 구리를 사용하고 있다. 칩적층 LC필터의 특징으로는 초소형, 경량, 박형, SMD가 가능하며 또한 설계 자유도가 뛰어나고 넓은 주파수 범위 및 양산성이 매우 우수하다. 현재 3.0GHz가 실용화되고 있으며 5.8GHz를 개발중에 있다. <그림2>는 칩적층 LC필터의 구조를 나타낸 것이다.

표 1. 칩적층 LC필터에 사용되는 유전체 재료 및 특성

	BSSZ	CZG
조성	BaO,SrO,SiO ₂ ZrO ₂	CaZrO,Glass
비유전율 (1MHz)	11.5	25.0
비유전율의 온도계수 (PPm/℃)	0±60	0±10
소성온도	< 1000℃	

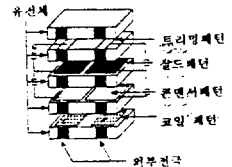


그림 2. 칩적층 LC필터의 구조

라. 안테나

안테나는 무선 시스템의 첫단에서 음성, 화상 등의 데이터를 전송하고 수신하기 위한 장치로서 송신시에는 송신기의 전력, 고주파에너지를 전파에너지로 바꾸어 에너지를 공간으로 방사하며, 수신시에는 공간의 전파에너지를 흡수하여 전력으로 바꾸어 수신기에 공급하는 에너지 변환 장치이다.

현재 유전체 세라믹 안테나가 가장 많이 사용되고 있는 분야는 GPS(Global Positioning System) 용으로 25mm×25mm×4mm 크기가 상용화되고 있으며 조만간에 16×16mm 제품도 상용화될 것으로 보여진다.

한편 칩 유전체 안테나는 9×6×1.8mm 및 6×4.5×1.8mm가 상용화되고 있으며 마이크로 스트립형 안테나와 등가로 접지기 판상에 실장가능하다. 특히 1.9GHz용으로 개발된 칩 세라믹 안테나는 6.3×5.0×1.5mm, 용적

0.047cc를 실현하고 있다.

<표2>는 주파수대별 세라믹 안테나의 응용범위를 나타낸 것이다.

표 2. 주파수대별 세라믹 안테나의 응용범위

응용분야	주파수
위치추적시스템	1575MHz와 1227MHz
페이징(Paging)	931MHz ~ 932MHz
셀룰러폰	824~849MHz, 869MHz~895MHz
PCS	1.85~1.99GHz, 2.18~2.20GHz
GSM	890~915MHz 935~960MHz
무선랜	2.40~2.48GHz

마. 전압제어발진기(VCO)

VCO는 Voltage Controlled Oscillator의 약어로 외부에서 인가된 제어전압을 가변하여 원하는 발진 주파수를 출력할 수 있는 전압제어 발진기이다. 휴대전화와 PHS로 대표되는 이동통신기기의 단말과 기지국의 RF부분 인쇄회로에 사용되는 전자부품 모듈이다.

VCO는 발진부와 공진부로 나누어지는데 발진부는 증폭부와 함께 부성저항을 만들어 주기 위한 피드백, 최종출력 전압회로로 구성되고 있다.

초기의 VCO는 발진자가 LC(코일과 콘덴서) 또는 유전체 공진기로 구성되어 있었기 때문에 형상이 큰 문제가 있었지만 후속 회로부품(트랜지스터, 칩저항기, 칩콘덴서 등)의 초소형화, 고밀도 실장기술 및 글래스 세라믹 다층 기판의 실용화와 구성부품인 트리머 콘덴서를 줄형스텝의 레이저 트리밍 방식으로 변경하고 구리 페이스트를 사용하여 미세패턴후막인대 기술 등을 구사, 초소형화를 구현하면서 VCO 특성에서 가장 중요한 높은 S/N

및 C/N 특성을 얻고 있다.

VCO의 소형화는 종래 20.8×13.0×7.8mm(2.11cc)의 리드부착 타입에서 '94년에는 800MHz대에서 10.5×10.0×2.6mm(0.27cc), 1.6 GHz의 준마이크로파대에서는 8.0×6.0×3.0mm(0.14cc)로 소형화 시켰으며 1996년에는 체적비 0.083cc, ~0.077cc로 축소되었다<표 3 참조>.

표 3. VCO 소형화 추세

연도 소형화	1983 년	1988 년	1992 년	1993 년	1996 년
VCO	4.42cc	0.85cc	0.16cc	0.09cc	0.077cc

최근의 VCO는 일반적으로 ① 전원전압공급단자 ② 제어전압공급단자 ③출력단자 ④접지단자의 4종류로 6내지 8단자가 설계되고 있다. VCO의 소형화에 따라 단자간 갭이 최소 포인트로 2mm이하로 되고 있다.

한편 고주파에서 사용되는 VCO의 초소형화를 실현하기 위한 제일 중요한 기술은 기판재료 기술로 현재 기판에 트리플레이트 구조에 의한 스트립 라인을 내장하고 Q값을 올리기 위하여 저손소성 다층기판을 채용하고 있다.

현재 일본의 기업들은 GSM/PCS 등의 2방식이 동시에 사용될 수 있는 듀얼모드 단말의 개발에 맞추어 2주파수대에서 발진 가능한 듀얼VCO를 개발하고 있다.

한편 앞으로 저소비전력화에 대한 기술이 핵심이 될 것으로 보인다. 현재 리튬이온전지가 주류를 이루면서 3V이하로 되고 있지만 조만간에 2V이하가 될 것으로 예측되기 때문에 2V이하의 전원전압하에서도 제특성을 유지하기 위한 내부의 회로구성

등을 포함한 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

바. 듀플렉스

듀플렉스는 기본적으로 2개의 대역통과 필터(BPF)로 구성되며 휴대폰 등 이동통신기기내에서 안테나로 수신된 전파를 수신기로 받는 동시에 송신파를 송신기로부터 안테나로 송출하는 역할을 하는 핵심부품이다.

세라믹 유전체 공진기를 이용한 듀플렉스는 사용하는 유전체 공진기의 형태에 따라 유전체 공진기를 하나의 형태로 구현한 monoblock형과 여러개를 조합하여 구성된 동축 공진기형으로 대별하는데 동축 공진기형은 단위 공진기와 단위 공진기를 결합하기 위한 결합회로가 외부회로로 부착되어야 하므로 소형화가 곤란한 단점이 있어 최근에는 monoblock형에 대해 연구개발이 수행되고 있는 추세이다. 그러나 monoblock형의 경우에도 유전체 세라믹을 정밀하게 가공하기 위한 가공기술이 뒷받침 되어야 하는 난제가 있다.

한편 PDC에서는 TDMA/TDD 방식을 채용하고 있기 때문에 앞 / 뒤 부분에는 스위치와 필터를 조합하는 것이 유리하기 때문에 스위치 듀플렉스가 개발되어 실용화 되고 있다.

이와같은 듀플렉스는 앞으로 현재와 같은 성능을 유지하면서 소형화, 소면적화, 경량화를 실현

표 4. CDMA용 듀플렉스의 주요 특성

	송신단	수신단
주파수범위	836.5±12.8 MHz	881.5±12.5 MHz
삽입범위	2.6dB Max	3.3dB Max
리플로	1.8dB Max	1.2dB Max
VSWR	1.7 Max	1.8 Max
최대입력	2.0 W Max	1.0 W Max

해야 하는데 이를 위하여 내부 사용 부품의 고주파 특성을 유지하거나 구조, 신소재의 개발 등이 필수적이라 하겠다.

<표 4>은 CDMA방식의 단말기에 사용되는 특성을 나타낸 것이다.

3. 고주파용 부품의 산업동향

가. 유전체 필터

유전체 필터의 생산업체로는 일본의 무라타제작소가 필두로 하여 마쯔시다 전자부품, TDK와 쌍신전기(双信電機)등이 있다.

1996년 기준으로 무라타 제작소가 일본 생산량의 46.9%인 2천 470만개를 생산하였고 마쯔시다 전자부품은 24.0%인 2천 260만개를 생산하여 두업체 71%를 점유하였다.<그림3 참조>

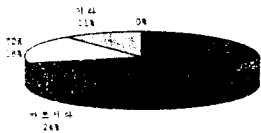


그림 3. 유전체 필터의 업체별 점유율

<그림4>에서 보는 것과 같이 '96년 기준으로 유전체 필터의 용도별 시장분포를 살펴보면 자동차·휴대전화용으로 39.9%인 2천 100만개가 소요되어 가장 큰 수요를 보였으며 그 다음으로 무선전화기용으로 34.2%인 2천 800만개가 소요되었다. 한편 유전체 필터의 일본 생산량 추이를 금액면으로 보면 1995년에 143억엔이었던 것이 1998년에는 152억엔에 이를 것으로 추정되며 2005년에는 129억엔으로 감소될 것으로 전망하고 있다<그림5 참조>. 그 이유로는 수요는 감소하지 않지만 가격이 하락하기 때문인 것

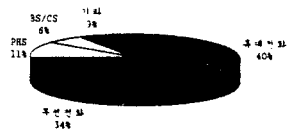


그림 4. 유전체 필터의 용도별 점유율

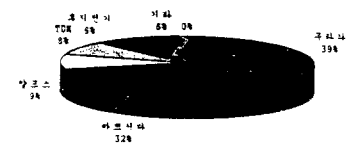


그림 6. VCO에 대한 일본업체별 점유율

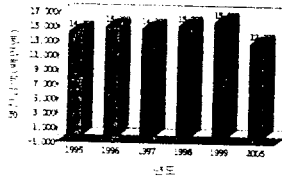


그림 5. 일본의 유전체 필터의 생산추이

로 사료된다. 유전체 필터의 가격은 '93년에 320엔 하던 것이 96년에는 285엔 2000년에는 250엔대로 하락할 것으로 보여진다.

한편 국내에서도 삼성전기를 비롯하여 세광세라믹스등이 유전체 필터를 생산하고 있으며, 국내시장도 휴대폰용 수요와 PCS 기지국 및 무선전화기의 수요가 증가하고 있기 때문에 꾸준하게 수요가 증가할 것으로 보여진다.

나. 전압제어발진기

VCO에 대한 생산업체로는 일본의 무라타제작소가 선두를 달리고 있으며 마쯔시다 전자부품, 알프스전기, 후지전기화학, TDK가 그 뒤를 잇고 있으며 이밖에도 료세라, 태양유전 등도 VCO를 생산하고 있다. 특히 무라타제작소는 미국에서 유일하게 현지 생산하고 있는데 연간 570만개를 생산하여 미국과 유럽에 판매하고 있다.

한편 1996년 일본의 VCO생산량은 9천 360만개였는데 이 중에서 무라타가 38.4%인 3천 600만개를 생산하였고 마쯔시다는 32%인 3천만개를, 알프스전기는

8.9%인 840만개를 생산하였다<그림6 참조>.

국내 업체에서도 삼성전기가 PCS단말기용으로 VCO를 개발하였으며, LG전자부품도 GSM(유럽형 디지털 휴대폰)의 송수신단에 사용되는 VCO를 개발하고 있다. 이밖에도 세광세라믹스(주)가 VCO사업에 참여 양산을 준비하고 있다.

한편 VCO의 시장은 이동통신기기의 시장확대와 함께 수년간 10%(수량기준)이상 신장하여 왔고, 앞으로 2-3년간은 약간 상승할 것으로 보여지며 그후는 대략 동등한 성장이 예측되고 있다. 다만 완전한 가격 경쟁시대에 돌입하여 단가가 1996년에 1200원(145엔)정도 였지만 앞으로는 지속적인 가격인하가 예상되어 금액기준의 신장률은 정체에 머물 것으로 보인다.

일본의 생산량이 거의 전 세계 시장을 점유하고 있기 때문에 일본의 생산량을 알아보면 1996년에 9천 360만개에서 1999년에는 1억 1880만개로 증가하고 2005년에는 1억5000만개로 성장할 것으로 전망되고 있다<그림 7참조>.

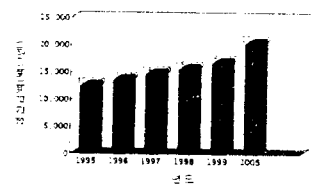


그림 7. 일본의 VCO 생산추이

다. 듀플렉스

현재 국내에서는 삼성전기가 개인휴대통신(PCS), 주파수 공용 통신(TRS), 무선가입자망(WLL) 시스템용 듀플렉스는 물론이고 유럽형 GSM용 듀플렉스도 개발 중에 있으며 (주)한원도 PCS용 듀플렉스 2종 및 기지국용 듀플렉스를 개발하고 있다. 이밖에도 쌍신전기, 세광세라믹스가 이 분야에 참여하고 있다.

듀플렉스의 국내시장은 현재 휴대폰용으로 150만개, 코드리스용 KF필터까지 포함할 경우 연간 250만~300만개 정도로 추정되고 있으나 PCS가 상용화되면 그 수요는 크게 증가할 것으로 전망된다.

4. 향후전망 및 기술적과제

1996년 세계전화기 시장은 전년 이 57%가 증가한 6,600만대에

이른 것으로 데이터케스트는 발표했다. 이중에서 디지털은 3,690만대로 전년비 180%의 높은 신장율을 보였으며, 1997년에도 전년비 29%가 성장한 8,500만대중 60%이상을 디지털 방식이 차지하였다.

국내의 경우에도 <표5> 에서 볼수 있는 것처럼 이동전화는 2001년까지 2.7%, PCS는 38.5%의 높은 성장율을 보일 것으로 전망되고 있다.

표 5. 국내 무선단말기 수요추이

서비스	'96	'97	'98	'99	2000	2001	97-2001년 평균 성장율
이동전화	12,142	17,498	19,884	20,020	17,024	11,908	2.7%
PCS	-	-	3,636	4,432	5,456	9,926	38.5%
무선호출	3,146	3,491	3,716	3,837	3,908	3,957	4.8%

한편 이동통신기기의 기술추이는 소형화, 박형화, 경량화, 디지털화, 복합화 및 고주파화하고 있다. 이와관련하여 이동통신부품 및 재료도 위와같은 기술추이에 대응하기 위한 기술적 과제를 해결해야 할 것으로 보인다.

특히 전압제어 발진기(VCO) 및 유전체 필터, PLL신췌사이저 등의 수요가 급증한 것으로 보여 지기 때문에 이에 따르는 유전체 재료의 특성향상과 부품의 적용 기술 등을 개발하여 국산화에 대한 노력이 시급할 때가 아닌가 생각된다.

< 천 체일 위원 >