# 마이크로파 유전체 필터 기술동향
# (Technology Trend of Microwave Dielectric Filters)

김태홍** 박정래* 이석진** 이상석*** 최태구****
(T. H. Kim, J. R. Park, S. J. Lee, S. S. Lee, T. G. Choy)

이동통신서비스의 보급확대에 따른 통신용단말기의 수요가 증가하고 있으나 단말기용 핵심부품은 일본 등 선진국에서 전량 수입에 의존하고 있다. 이 중 마이크로파용 유전체를 이용한 필터의 경우 안테나 듀플렉서, RF 필터 등으로 이용되고 있으며, 소형화, 고기능화가 이루어지고 있다. 본 고에서는 이동통신용 핵심부품인 이러한 유전체 필터의 소형화 추이 및 기술동향을 살펴보고 국내동향과 문제점 및 대책을 결론으로 제시하였다.

## I. 서 론

정보통신의 개인화가 급격히 이루어져 이동통신분야는 최근 수요의 폭증으로 인한 아날로그 방식의 한계로 디지털화가 급격히 이루어지고 있다. 또한 이동통신주파수인 800~900MHz에서 개인통신시스템(PCS : personal communication system)용 주파수인 1.9~3GHz대역으로 사용주파수도 높아지고 있다. 이와 같이 이동통신 서비스의 발전과 함께 이동통신 단말기의 수요 또한 향후 지속적으로 증가할 전망이다. 현재 모토롤라(Motorola)사가 국내 단말기 시장의 절반이상을 장악하고 있으며, 국내 업체로는 삼성전자, LG통신, 현대전자 등에서 휴대전화를 생산 공급하고 있으나, 그 핵심부품들은 일본 등지에서 전량 수입하고 있다.

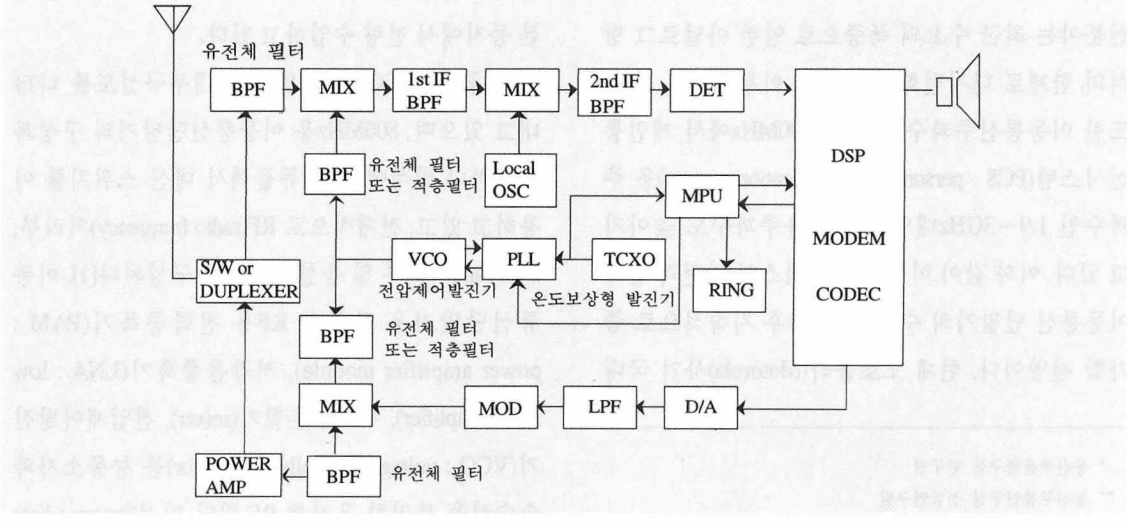
(그림 1)은 PCS용 단말기의 내부구성도를 나타내고 있으며, 800MHz용 이동통신단말기의 구성과 유사하나 방식에 따라 듀플렉서 대신 스위치를 이용하고 있고, 전체적으로 RF(radio frequency)처리부, Baseband처리부 및 음성처리부로 구성된다[1]. 이동통신단말기용 부품은 RF용 전력증폭기(PAM : power amplifier module), 저잡음증폭기(LNA : low noise amplifier), 주파수혼합기(mixer), 전압제어발진기(VCO : voltage controlled oscillator)등 능동소자와 송수신을 분리한 유전체 RF 필터 및 IF(intermediate frequency)필터, 안테나 듀플렉서(antenna duplexer)

* 통신부품연구실 연구원
** 통신부품연구실 선임연구원
*** 통신부품연구실 책임연구원
**** 통신부품연구실장 책임연구원

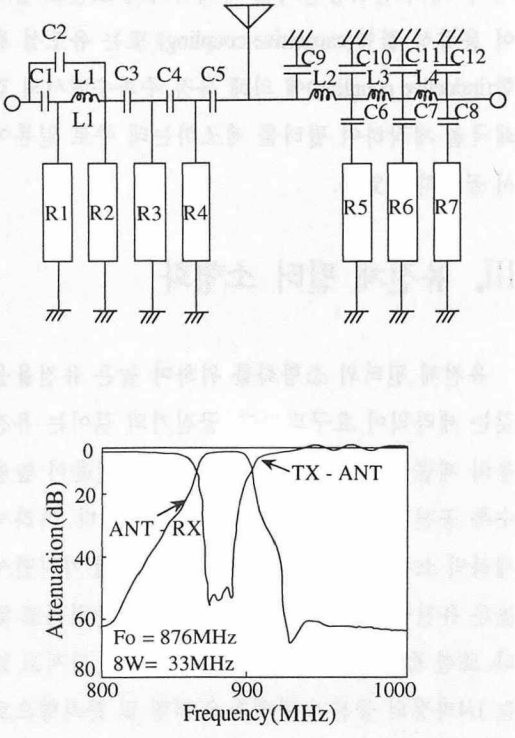
등 수동소자로 구분된다[2]. 그리고 일부 필터는 칩 적층 LC 필터로 구성되어 있다. 최근 이동통신 단말기의 소형, 경량, 저전력화함에 따라 이들 소요부품도 소형, 경량, 저전력화형의 특성이 절실히 요구되고 있다. 이와 더불어 디지털화를 통한 통신의 고기능화로 부품의 수가 증가하는 대신에 거의 모든 부품을 표면실장부품(SMD : surface mounting device)화가 추진되어 실장밀도를 높이고 있는 실정이다[3]. 본 고는 이들 부품중 마이크로파 유전체로 구성된 필터의 최근 기술동향을 살펴보고자 한다.

## II. 유전체 필터 기능 및 구성

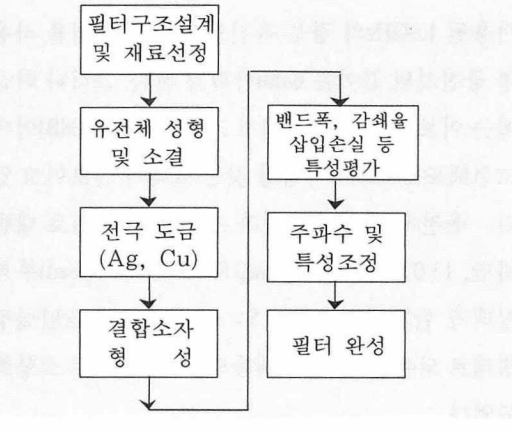
RF 유전체 필터는 1970년대말 이동통신 초기의 차량전화에 탑재되어 사용된 이래 최근까지도 사용되고 있는 필터이다. 이 필터는 손실이 작고, 대역폭이 크며, 우수한 감쇄특성, 온도특성, 내전력성 등의 장점이 있다. 유전체 공진기는 소형화를 위하여 TEM(transverse electro-magnetic) 모드로 1/4 파장의 사각형 공진기를 사용하고 있으며, 기본소재는 유전체 세라믹으로써 충격 및 진동 등에 대한 기계적 특성도 우수하다[4]. (그림 2)에 중심주파수가 878MHz이며, 대역폭이 33MHz인 유전체 필터를 대표하는 이동통신용 안테나 듀플렉서의 구조도, 등가회로 및 필터특성을 나타내고 있다. 각 공진기가 사각형공진기로 구성되어 있으며, 공진기와 공진기사이에 커패시터(C)와 인덕터(L)로 구성되어 결합을 조절하고 있다[5-7]. 유전체 필터의 제조기술은 크게 유전체 소재기술과 필터설계기술로 대별되며, 제조공정은 (그림 3)에 나타내었다. 먼저 세라믹 유전체를 공진기형태로 성형한 후 1300℃이상의 고온에서 소결하여 도전성이 좋은 은(silver) 또는 동(copper)도금을 행하여 공진기를 제조한다. 제조된 공진기를 설계를 통하여 조합하여 필터로 구성한 후 주파수 및 특성조정(tunning)을 거친 후 최종적으로 완성된 필터를 구현한다[8].




(그림 1) 개인통신용 단말기 구성도




(그림 2) 듀플렉서의 구조, 등가회로 및 특성[5]




(그림 3) 유전체 필터 제조공정도

이러한 유전체 필터용 마이크로파 유전체는 <표 1>에 나타낸 바와 같은 유전율이 20에서 110의 것이 다양하게 이용되며[9], 공진주파수의 온도계수도 ±5ppm/℃ 이내로 조절이 가능하여야 하며, 품질계수도 높아야 한다. 이러한 유전체 소재는 부품의 사용주파수에 따라 유전율 및 품질계수를 적절히 선택하여 설계하여야한다. 현재 일본에서 생산되는 800MHz대 이동통신 RF 필터의 경우 유전율이 92인 $BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_2$계 세라믹 유전체가 사용되고 있다. 부품의 소형화를 위하여 유전율 100이상의 유전체 세라믹이 계속적으로 개발되어 상용되고 있으며, PCS대역용 유전체는 800MHz용 유전체보다 유전율은 낮으나 높은 품질계수를 갖는 유전체를 요구하고 있다. 그리고 위성통신용 DBS (direct broadcast satellite)수신기의 전압제어발진기(VCO) 등에는 $Ba(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_3$와 같은 복합 페로브스카이트(Perovskite)구조를 갖는 높은 품질계수의 유전체 공진기가 사용되고 있으며, 사용 주파수가 높아짐에 따라 품질계수가 높은 유전체가 개발되고 있다.

〈표 1〉 대표적인 마이크로파 유전체 종류 및 특성[2]

| 조 성 | 유전율 | 품질계수(Qf) | 온도계수(ppm/℃) |
|---|---|---|---|
| (Mg, Ca) $TiO_3$ | 21 | 50,000 | 0~6 |
| $Ba(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_3$ | 25 | 200,000 | 0~6 |
| $Ba(Zn_{1/3}Ta_{2/3})O_3$ | 30~40 | 200,000 | 0~6 |
| $Ba_2Ti_9O_{20}$ | 35~40 | 50,000 | 0~6 |
| $ZrO_2-SnO_2-TiO_2$ | 38 | 50,000 | 0~6 |
| $BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_2$ | 90~110 | 5,000 | 0~6 |
| $BaO-PbO-Sm_2O_3-TiO_2$ | 87 | 6,500 | -5~5 |
| $PbO-CaO-ZrO_2$ | 94~110 | 3,600 | -10~13 |

유전체 필터의 설계는 체비세프(Chebychev)필터를 구현하기 위하여 먼저 원하는 주파수 특성을 갖는 기본소자(prototype element)값을 구한 후 J 또는 K 인버터(inverter)를 적용하여 BPF(band pass filter)나 BEF(band elimination filter)를 구현한다. 1/4파장 공진기는 극이 되며, 극의 수가 증가할수록 필터의 감쇄특성은 향상되나, 부품의 크기는 증가하는 문제점이 있다. 현재 이동통신 단말기의 듀플렉서는 저지대역에서 충분한 감쇄특성을 얻기위하여 송신측 4극, 수신측 5극을 흔히 이용한다. 그러나 듀플렉서를 제외한 일반 유전체 필터의 경우 2극 필터의 형태가 일반적으로 이용된다[10-12].

송신 듀플렉서의 경우 송신주파수 대역에서의 수신부 잡음과 송신불요 고조파(harmonics) 복사를 감쇄시켜 송신신호의 잡음특성을 개선해 주고 수신듀플렉서의 경우 수신주파수 대역에서의 송신부 잡음과 영상불요 응답과 같이 RF 송신 반송파 전송에 의해 발생가능한 초단 증폭기의 오동작을 방지해준다. 이는 송수신 상호간의 간섭으로 여러가지 악영향을 최소화해 준다.

유전체 필터는 구성형태별로 분리형[5]과 일체형[11]이 있는데, 그 설계방법과 제조방법이 다소 다르다. 일체형의 경우 하나의 유전체 블럭에 동축선로의 내부도체용 구멍을 형성하여 개방면을 제외한 전체표면을 은 또는 구리도금하고 개방면에는 입출력용 커패시터 등을 위한 전극을 설계, 형성하여 제작한다. 외부전극과 내부전극용 구멍이 하나의 공진기를 형성하여 공진기간의 결합은 구멍사이의 유전체를 통하여 이루어진다. 일체형 유전체 필터는 미국의 모토롤라사가 1970년대 말 특허권을 획득하여 주로 자사의 단말기에 실장하고 있다.

분리형 유전체 필터는 (그림 2)에 나타낸 것과 같이 수 개의 단위공진기를 커패시터나 코일로 합하여 용량성 결합(capacitive coupling) 또는 유도성 결합(inductive coupling)에 의해 특정 주파수에서의 감쇄극을 제작하여 필터를 제조하는데 주로 일본에서 공급하고 있다.

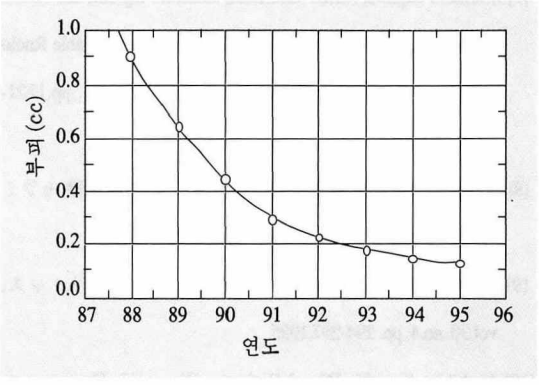
## III. 유전체 필터 소형화

유전체 필터의 소형화를 위하여 높은 유전율을 갖는 세라믹이 요구되는데, 공진기의 길이는 유전율의 제곱근에 반비례하기 때문에 유전율이 높을수록 공진기의 길이가 작아지기 때문이다. 따라서 세라믹 소재개발자는 동일한 품질계수를 가지면서 높은 유전율를 갖는 유전체의 개발에 주력하고 있다. 또한 필터설계에서 소형화에 장점을 가지고 있는 1/4파장의 공진기 형태를 일체형 및 분리형으로 설계하여 소형화를 도모하고 있다.

AMPS(advanced mobile phone system)방식에서 송신주파수로 사용되는 836.5MHz의 1/4파장 동축공진기의 경우 그 길이가 약 9mm이하이나, PCS에서 사용될 1.9GHz의 경우 유전율 40의 유전체를 사용한 공진기의 길이는 6mm이하가 된다. 그러나 최근에는 이보다 더욱 소형이고 저삽입손실(1.0dB)이며 고선택도(60dB)의 특성을 갖는 필터가 선보이고 있다. 유전체 필터의 소형화 추이를 두 가지로 대별하면, 13.0×6.8×10.0mm(0.88cc)의 리드(lead)부착형태가 현재에는 7.5×6.5×3.5(0.17cc)의 표면실장형태로 되어 부피가 종래품의 1/5 수준으로 소형화되었다.

PCS용 유전체 필터의 경우 6.5×5.5×2.8mm

(0.10cc)의 초소형화가 실현되었다[1]. 이러한 유전체 필터의 소형화 추이를 (그림 4)에 나타내었다.




(그림 4) 유전체 필터의 소형화 추이

유전체 필터는 이동통신기의 듀플렉서나 RF 필터에 두루 사용되어 왔으나 최근에는 탄성표면파(SAW : surface acoustic wave) 필터나 칩적층필터에 그 자리를 내 주고 있으며, 높은 내전력성이 요구되는 듀플렉서는 당분간 계속 사용될 전망이다. 유전체공진기용 필터의 경우 2~3년전만 하더라도 단말기의 RF 초단(front-end)부분에 필수적 부품이었다. 그러나 탄성표면파필터나 칩적층필터와 같은 부품의 삽입손실 및 온도특성 등의 성능향상과 그 형태가 monolithic SMD형의 장점으로 단말기의 소형경량화 추세에 부응하여 그 수요가 확대되고 있다. 다만 듀플렉서의 경우 현재 개발된 200mW정도의 탄성표면파 필터에 비해 600mW정도의 안테나 출력요구로 당분간 계속적으로 사용될 전망이다.

## IV. 결 론

현재 사용되고 있는 이동통신용 유전체 필터의 기술동향에 대하여 살펴보았다. 최근 단말기의 소형화에 따른 RF부품의 소형화가 급격히 이루어지고 있으며, 이러한 유전체필터는 단말기내 회로망의 모듈(module)화로 인한 소형화, 고밀도화의 요구로 더욱 소형화가 요구되며, 2010년 멀티미디어 기능의 카드(card)형 휴대전화단말기의 출현을 위하여는 소요부품의 설계 및 제조가 선행되어야 하므로 부품의 소형화는 더욱더 가속화될 전망이다[2].

유전체 필터의 경우도 수년전에는 단말기의 초단부 등에 필수적으로 사용되었으나 SAW 필터나 유전체 적층필터의 등장으로 RF 처리부에서는 이들 부품으로 대체되고있다. 따라서 유전체 필터의 경우 탄성표면파 필터나 칩적층필터와 같은 SMD 형태의 초소형으로 되려면 새로운 구조의 필터연구가 이루어져야하며, 차량전화기나 기지국 등의 부피가 크고 대전력을 요구하는 통신용 부품으로 그 용도를 모색하여야 할 것으로 보인다. 국내의 경우 이동통신용 부품은 현재 거의 수입에 의존하고 있으며, 일부 업체에서 유전체 필터를 개발하였으나 독자적인 모델의 설계기술을 확보하고 있지않으며, 듀플렉서의 경우 국내 일부 연구기관에서 연구가 이루어 지고 있는 실정이다.

그러나 선진국의 경우 소재제조기술 및 설계기술을 바탕으로 다양한 종류의 부품을 개발하여 상품화하고 있으며, 부품의 발전속도가 급격히 이루어져 단말기 및 시스템의 구성을 선도하고 있다. 그러나 국내에서는 수년간에 걸친 연구로 부품을 개발하고나면 이미 다른 고성능의 부품이 선진국에서 개발되어 선보이고 있어서 국내 기반기술의 낙후를 절감하고 있는 실정이다. 따라서 현재와 같은 수입대체형 연구개발을 진행하면서 시스템 발전추

이를 장기적으로 예측하여 원천기술개발에 치중하여야 할 것이다. 이를 위하여 시스템 개발자와 부품 연구자간의 긴밀한 상호 정보교환이 이루어져야 하며, 산학연의 개발체계로 연구개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌


[1] 西泥顯, "移動體通信單末部品の 技術動向," 電子技術, pp.23-28, Feb.1995.

[2] 黑中 博, "新.移動體通信に 最適な 高主波用 部品と 理用技術," 電子技術, pp.21-25, May 1994.

[3] 福田昭, "輕量化と 低價格化を 競う 携帶電話機の 實裝技術," *Nikkei Electronics*, no.617, pp.72-80, Sep.1994.

[4] 松永亨二, "移動通信用 誘電體 フィルタ," 電子材料, pp.58-62, Feb.1995.

[5] Toshio Nishikawa, "RF Front End Circuit Components Miniaturized Using Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephones," *IEICE. Trans.*, vol.E74, no.5, pp.1556-1561, May 1991.

[6] Haruo Matsumoto, Tadahiro Yorita, Youhei Ishikawa, and Toshio Nishikawa, "Miniaturized Duplexer Using Rectangular Coaxial Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephone," *IEICE. Trans.*, vol.E74, no. 5, pp.1214-1220, May 1991.

[7] Morikazu Sagawa, Misuo Mikimoto, Kazuhiro Eguchi, and Fumio Fukushima,"Miniaturized Antanna Duplexers for Portable Radio Telephone Terminals," *IEICE. Trans.*, vol.E74, no.5, pp.1221-1225, May 1991.

[8] 野島俊雄, "移動體通信における マイクロ波 誘電體 セラミックス," セラミックス, vol.30, no.4, pp.298-300, 1995.

[9] Hiromu Ohuchi, "マイクロ波 誘電體 總論," セラミックス, vol.30, no.4, pp. 294-297,1995.

[10] Yoshihiro Konishi, "Novel Dielectric Waveguide Components-Microwave Applications of New Ceramic Materials," *Proc. of The IEEE*, vol.79, no. 6 pp.726-740, Jun.1991.

[11] Toshio Nishikawa, Haruo Matsumoto, and Hiromi Ogura, "A Miniaturized Dielectric Bandpass Filter Using a Monoblock Ceramic for Portable Telephones," *Tech. Rep. IEICE.*, MW94-49, pp.7-12, Sep.1994.

[12] Haruo Matsumoto and Toshio Nishikawa, "Design of Miniaturized Dielectric Duplexer with Attenuation Poles," 電子情報通信學會論文紙(日), vol. J76-C-1, no.5, pp.164-172, May 1993.