

고주파 유전체 재료를 이용한 고주파 통신용 부품 기술해설

Microwave communication component using
microwave dielectric materials

윤중락, 이석원, 이헌용

(Jung-Rag Yoon, Serk-Won Lee, Heun-Yong Lee)

Key Words (중요 용어) : Microwave dielectric(고주파 유전체), Dielectric resonator(유전체 공진기), Band pass filter(대역통과 필터), Duplexer(듀플렉서), Chip LC filter(칩 LC 필터), Antenna(안테나)

1. 서 론

정보 산업사회의 발전과 국민 경제의 성장으로 인하여 음성 및 데이터등 정보 통신의 신속한 교환이 요구되는 이동통신, 위성통신의 필요성이 점차 고조되고 이 분야에 대한 통신 시스템이 현저하게 발전하고 있다. 이러한 뉴미디어의 실용화에 고주파용 유전체 세라믹스 부품에 대한 연구 및 응용이 활발히 이루어지고 있다. 고주파용 유전체 세라믹스를 이용한 대표적인 부품으로서는 유전체 공진기(Dielectric Resonator), 대역통과 필터(Band Pass Filter), 듀플렉서(Duplexer), MIC(Microwave Integrated Circuit) 기판, 안테나, 고주파용 캐패시터등이 있다. 유전체 세라믹스가 고주파용 기기에 사용되기 위해서는 유전 특성과 온도 특성이 우수하여야 하며 유전 특성이 전계강도의존성 및 경시 변화가 적고 화학적으로 안정해야 한다. 마이크로파 유전체 재료의 요구 조건과 전기적 특성을 표 1에 나타내었다.¹⁾

크기, 불순물, 입계, 제2상등 제조 과정에 크게 영향을 받으므로 우수한 유전 특성을 얻기 위해서는 제조공정 제어가 중요하다. 그림 1은 고주파 유전체 부품이 많이 이용되는 PCS(개인통신)용 단말기의 내부 구성도로서 RF(Radio Frequency)부와 Base Band 처리부 및 음성처리부로 구성된다. 이동통신용 단말기 부품은 RF용 전력 증폭기(PAM : Power Amplifier Module), 저잡음 증폭기(LNA : Low Noise Amplifier), 주파수 혼합기(Mixer), 전압제어발진기(VCO : Voltage Controlled Oscillator)등 능동 소자와 송수신을 분리하는 유전체 필터 및 IF(Intermediate Frequency) 필터, 듀플렉서(Duplexer)등 수동소자로 구분된다.²⁾ 본고에서는 고주파 통신 부품에 많이 이용되는 고주파용 유전체 재료의 종류와 특성, 현재 고주파 통신 부품으로 이용되는 TEM, TE모드 유전체 공진기 및 필터등의 종류와 연구 방향을 살펴보고자 한다.

표 1. 마이크로파 유전체 재료의 요구 특성

Table 1. The Characteristics of Microwave Dielectric Material

요구 특성	효과	비고
유전율(ϵ_r) 값	부품 소형화	소자 길이 $\propto 1 / (\epsilon_r)^{1/2}$
품질계수(Q×f) 값	Filter : 저 손실화 (Low insertion Loss) Oscillator : 공진주파수 안정화 (Low Noise)	품질계수 $\propto 1 / \tan \delta$
공진주파수 온도계수(τ_f) 0 ppm/°C에 가까울 것	공진주파수 고정도 제어	공진주파수 온도계수 $\propto \epsilon_r$ (공진주파수)

유전율과 공진주파수의 온도계수는 재료의 구성에 의하여 결정되며 품질계수는 기공율, 결정립의

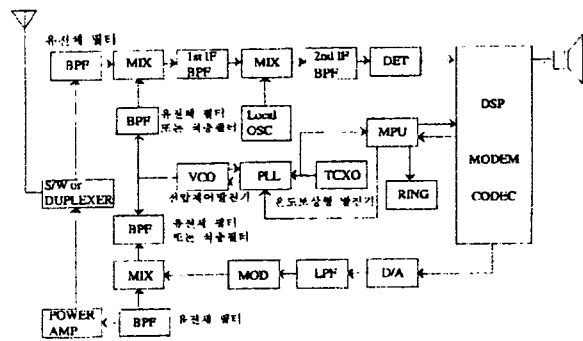


그림 1. 개인통신용 단말기 구성도

Fig. 1. The Portable Telephone Configuration for PCS

2. 고주파용 유전체 재료의 종류와 특성

마이크로파 유전체는 일반적으로 실온에서 상유전성의 이온 결합이므로 그 유전 특성 이온분극과 전자분극에 의해서 결정되는 데 전자분극에 따른 유전율은 매우 작으며 이것에 따른 유전 손실은 무시할 정도로 작다. 따라서, 고주파 영역에서의 유전특성은 이온분극에 의해서 결정된다.

이온결정의 격자진동 이론에 따르면 이온분극에 따른 주파수 ω 에 대한 복소 비유전율 $\epsilon'(\omega)$ 는 원자가 Z, 전하 e의 경우 $\pm Ze$ 의 전하를 가진 질량 m_1, m_2 의 2종의 이온에 의한 힘의 정수 β 로 1차원적으로 결합한 격자 진동 모델로부터 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$\epsilon'(\omega) - \epsilon(\infty) = \frac{(Ze)^2/mv\epsilon_0}{\omega_T^2 - \omega - i\gamma\omega}$$

$$= \frac{\omega_T^2(\epsilon(o) - \epsilon(\infty))}{\omega_T^2 - \omega - i\gamma\omega} \quad (1)$$

$$mV_T^2 = \beta - \frac{(Ze)^2}{3V\epsilon_0} \quad (2)$$

여기서 V는 단위포의 체적, m은 이온의 환산 질량 $m = m_1 \times m_2 / (m_1 + m_2)$, γ 은 감쇄정수, ω_T 는 격자진동 횡파의 광학 모드의 각 주파수, $\epsilon(\infty)$ 는 전자분극에 따른 비유전율, $\epsilon(o)$ 는 정적(고주파 영역보다 낮은 주파수)에 대한 비유전율이다. 식(1)의 제 1항은 근접 이온간의 힘의 정수, 제 2항은 장거리의 로렌즈 전장에 따른 힘의 항이다. 많은 이온 결정에서 ω_T 는 10^{12-13} [Hz]의 원적외 영역의 값을 가지며 10^9-10 [Hz]의 고주파영역에서는 $\omega_T^2 \gg \omega^2$ 이다. 식 1은 다음처럼 근사적으로 해석 가능하다.

$$\epsilon'(\omega) - \epsilon(\infty) = \frac{(Ze)^2/mv\epsilon_0}{\omega_T^2}$$

$$= \epsilon(o) - \epsilon(\infty) \quad (3)$$

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''(\omega)}{\epsilon'(\omega)} \approx \frac{\gamma}{\omega_T^2} \cdot \omega \quad (4)$$

즉 고주파 영역에서는 비유전율 $\epsilon'(\omega)$ 는 주파수에 대하여 정하며 $\tan \delta$ 는 주파수에 비례하여 증가한다. 재료의 유전손실을 감소시키고 $\tan \delta$ 를 작게 하기 위해서는 감쇄정수 γ 를 작게 할 필요가 있다. γ 은 완전 결정에서는 격자진동의 비조화항에

의존하나 다결정의 세라믹에서는 입계, 불순물, 격자결함등이 γ 을 크게하는 원인이 된다.

고주파용 유전체 재료의 응용은 1939년 Richtmyer³⁾에 의하여 TiO₂가 마이크로파용 공진기에 이용될 수 있다는 결과가 발표된 이후 1960년대에 여러 연구자에 의해 가능성을 제시하였으나 공진주파수 온도계수가 약 450 ppm/°C로 너무 커서 실제 응용에는 곤란하였다. 1970년대 이후 Kawashima, Ouchi⁴⁾등은 Ba(Zn_{1/3}Ta_{2/3})O₃ Wakino 등⁵⁾은 (Zr,Sn)/TiO₄, (Ba,Pb)O-Nd₂O₃-TiO₂ O. Bryan 등⁶⁾은 Ba₂Ti₉O₂₀등의 고주파용 유전체를 개발하여 실용화 하였으며 대표적인 고주파용 유전체 세라믹스는 표 2와 같다.

표 2. 대표적인 고주파용 세라믹스
Table 2. Typical Microwave Dielectric Mate.

材 質	ϵ_r	Q × f [GHz]	f ₀ [GHz]	τ_f [ppm/°C]
Al ₂ O ₃	9.8	360,000	9	-55
CaTiO ₃ -MgTiO ₃	21	56,000	7	0
SrZrO ₃	30	13,200	11	-60
Ba(Zn _{1/3} Ta _{2/3})O ₃	30	168,000	12	0
Ba(Mg _{1/3} Ta _{2/3})O ₃	25	350,000	10	-4
Ba(Zn _{1/3} Ta _{2/3})O ₃ - (Ba, Sr)(Ga _{1/2} Ta _{1/2})O ₃	30	190,000		0
BaTiO ₃	38	36,000	4	15
Ba ₂ Ti ₉ O ₂₀	40	36,000	4	5
BaTiO ₃ -WO ₃	35	30,400	6	-0.5
(Zr,Sn)TiO ₄	38	49,000	7	0
BaSm ₂ Ti ₃ O ₁₁	73	8,000	2	21
BaNd ₂ Ti ₃ O ₁₁	89	4,000	2	(-50)
Bi ₂ O ₃ -BaO-Nd ₂ O ₃ -TiO ₂	98	2,000	4	0
PbO-BaO-Nd ₂ O ₃ -TiO ₂	90	5,200	1	3
(PbO, Bi ₂ O ₃) - BaO-Nd ₂ O ₃ -TiO ₂	105	2,500	1	3
(Pb, Ca)ZrO ₃	105	3,600	3	3.7
Pb(Zr, Ce)O ₃	140	2,400	3	-1,080
(Pb, Ca)(Fe _{1/2} Nb _{1/2})O ₃	91	1,230	3	0
(Li _{1/2} Pr _{1/2})TiO ₃	92	1,360	3	-405
(Li _{1/2} Sm _{1/2})TiO ₃	52	2,100	3	-260
Bi ₂ O ₃ -CaO-ZnO-Nb ₂ O ₅	98	1,800	3	+19
BiNbO ₄	35	6,000	4.7	-4

3. 고주파용 유전체 세라믹 부품의 기능과 특성

표 3은 고주파용 유전체 세라믹 부품의 주파수에 따른 부품 및 통신 응용 분야로서 300 [MHz] 대역의 페이저부터 10 [GHz]대역의 위성 방송용까지의 이용됨을 볼 수 있다.

표 3. 주파수별 응용 분야
Table 3. Application Area by High Frequency Range

주파수	300 MHz	1GHz	3GHz	10GHz	30GHz
통신 응용분야	Pager Automobile Telephone Cordless Telephone Cellular Telephone Global Position System Personal Communication Service IRIDIUM		Satellite Broadcast Satellite Communication Microwave Communication on the ground Satellite High Definition TV Satellite Digital TV		
미이커로키 용 부품	Capacitor Substrate	Dielectric Antenna		MIC Substrate	
	VCO(Voltage Controlled Oscillator) TEM Mode Dielectric Resonator Dielectric Filter & Duplexer		DRO(Dielectric Resonator Oscillator) TE Mode Dielectric Resonator TE Mode Filter		

3-1. 유전체 공진기 및 유전체 공진기를 이용한 발진기 소자

유전체 공진기는 많은 공진모드(mode)가 존재하며 공진모드는 전기장의 분포에 따라 TEM (Transverse Electro Magnetic) 모드, TM (Transverse Magnetic)모드, TE(Transverse Electric) 모드로 분류할 수 있으며 각각의 최저 차수모드를 TEM, TM₀₁₀, TE_{01δ}로 표시하고 일반적으로 최저차수 모드가 이용된다. 그림 2에 공진모드에 따른 유전체 공진기의 전자장 분포를 나타내었다. 0.3~3[GHz]대역에서 이용되는 λ/4 TEM모드 공진기의 등가회로는 그림 2에 나타내었고 전기적 특성은 다음과 같다.

특성 임피던스

$$Z_o = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log(1.0787 \frac{D}{d}) \quad [\Omega] \quad (5)$$

공진 주파수

$$f_o = \frac{3 \times 10^{11}}{4\sqrt{\epsilon_r} \times l} \quad [Hz] \quad (6)$$

공진 캐패시턴스

$$C = \frac{10^6}{8 \times Z_o \times f_o [MHz]} \quad [pF] \quad (7)$$

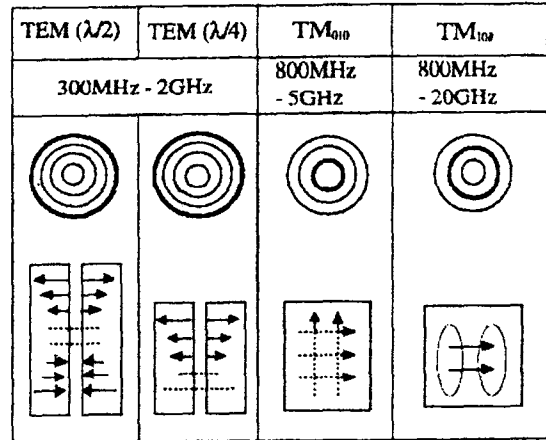
공진 인덕턴스

$$L = 0.206 \frac{Z_o}{f_o [MHz]} \times 10^3 \quad [nH] \quad (8)$$

공진 저항

$$R = 1.278 \times Q_u \times Z_o \quad [\Omega] \quad (9)$$

λ/4 TEM 모드 공진기는 대부분 3 GHz이하의 대역에서 사용하며 용도는 다음과 같이 구분된다. 첫 번째 용도로는 소형, 경량이고 손실이 적어 VCO 제작시 인덕터 소자로 이용되며 대표적인 용



○ CONDUCTOR ○ RESONATOR

그림 2. 유전체 공진기의 공진 모드

Fig 2. Resonance Mode of Dielectric Resonator

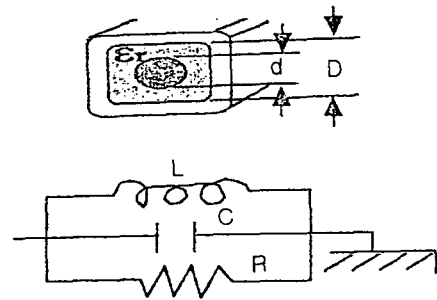


그림 3. λ/4 TEM모드 공진기의 등가회로

Fig 3. Equivalent Circuit of Dielectric Resonator

용 분야로는 400~600 [MHz]대역의 무선 헤드폰이나 마이크등에 사용하며 이동통신 기지국용 VCO에도 많이 응용된다. 두 번째 용도로는 공진 소자로서 듀플렉서나 대역 통과 필터 제작시 공진기로서 사용된다. TE_{01δ} 유전체 공진기는 3~18 [GHz]의 주파수 범위에서 사용 가능하며 소형, 저손실, 온도 특성의 양호화가 요구되는 위성 통신 및 기지국용에 통신부품 제작에 적절하다. 위성 통신용 DRO(Dielectric Resonator Oscillator)나 기지국용 필터 제작시 기본이 되는 TE_{01δ} 유전체 공진기와 마이크로스트립라인간의 결합 및 등가회로를 그림 4에 나타냈으며 전기적 특성은 다음과 같다.

공진 주파수

$$f_o = \frac{3 \times 10^{11}}{\sqrt{\epsilon_r} \times D} \quad [Hz] \quad (10)$$

전송 임피던스

$$Z_i = Q_o \times \omega_o \times \frac{L_m^2}{L_r} \quad (11)$$

공진 캐패시턴스

$$C = \frac{L_r}{\omega_o^2 \times L_m^2} \quad (12)$$

인덕턴스

$$L = \frac{L_m^2}{L_r} \quad (13)$$

공진 저항

$$R = Q_o \times \omega_o \times \frac{L_m^2}{L_r} \quad (14)$$

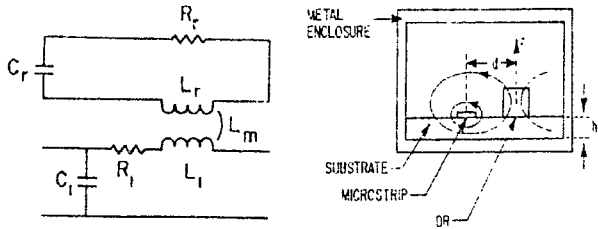


그림 4. TE_{01δ} 유전체 공진기와 마이크로스트립라인의 결합 및 등가회로

Fig 4. Equivalent Circuit and Coupling between TE_{01δ} Dielectric Resonator and Microstrip Line

그림 5는 GaAs FET를 이용한 DRO(Dielectric Resonator Oscillator)의 회로로서 대표적으로 이용되는 유전체 공진기는 Ba₂Ti₉O₂₀ 및 (Zr,Sn)TiO₄로서 $\epsilon_r = 30 \sim 40$, $Q \times f = 35,000 \sim 60,000$, $\tau_f = 0 \pm 1 \sim 8 \pm 1$ [ppm/°C]이고 유전체 공진기는 공진 소자로서의 기능 및 발진기 온도보상을 겸한다. 유전체 공진기를 이용한 DRO의 경우 공진기의 온도 특성만이 아닌 주변에 영향을 받으며 DRO의 온도계수 (τ_{set})는 공진기의 온도계수 (τ_f), 금속 열팽창계수 (α_m), 지지대의 유전율 온도계수 (τ_{ϵ_s}), 지지대 또는 기판의 열팽창계수 (α_s)를 사용하여 다음과 같이 표시한다.

$$\tau_{set} = A_1 \tau_f + A_2 \alpha_m + A_3 \tau_{\epsilon_s} + A_4 \alpha_s$$

상수 A₁~A₄는 공진기의 유전율과 주변의 크기에 의해 다르며 실용적으로 A₁ = 1, A₂ = -0.1 ~ -0.03, A₃ = -0.05 ~ -0.01, A₄ = -0.02 ~ 0.02를 구하면 얻어진다.

최근에는 디지털 위성통신의 발달에 따라 DRO에 이용되는 유전체 공진기의 경우 높은 Q×f 값을 요구하고 있으며 대표적인 재료로는 Ba(Zn_{1/2}Ta_{2/3})O₃ 및 Ba(Mg₂Ta_{2/3})O₃로서 $\epsilon_r = 24 \sim$

30, $Q \times f = 100,000 \sim 200,000$, $\tau_f = 0 \pm 1 \sim 8 \pm 1$ [ppm/°C]이다.

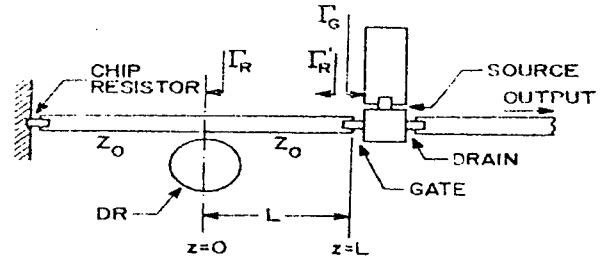


그림 5. GaAs FET를 이용한 DRO(Dielectric Resonator Oscillator) 회로

Fig 5. DRO(Dielectric Resonator Oscillator) Circuit for GaAs FET

그림 6은 TE_{01δ} 유전체 공진기를 이용한 기지국용 채널 감소 필터로서 차폐 공동 (Shielding Cavity)은 유전체 공진기와 열팽창 같은 세라믹을 사용하였으며 고출력에도 필터 특성이 안정하다. 기지국에 사용하는 유전체 공진기의 대부분은 Ba₂Ti₉O₂₀, (Zr,Sn)TiO₄등을 이용하며 공진기의 크기가 크므로 성형은 대부분 CIP(Cold Isostatic Press)를 이용한다.

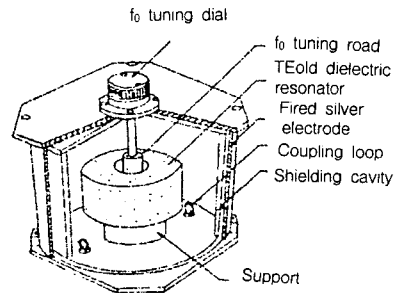


그림 6. TE_{01δ} 유전체 공진기를 이용한 채널 감소 필터

Fig 6. Channel Reduced Filter for TE_{01δ} Dielectric Resonator

3-2. 유전체 필터

일반적으로 고주파 필터라고하면 분포정수 및 입체회로를 이용한 필터가 주류를 이루고 있으며 표 4에 이동 통신시스템에 이용되는 필터의 특성을 나타내었다. TE_{01δ} 모드를 이용한 필터는 대부분 기지국에 사용되며 유전율이 38인 유전체를 사

용한 1 GHz의 유전체 공진기의 크기는 약 70cc(직경 60mm, 길이 25mm), 공진계로서의 바깥 도체의 내(內)용적이 300cc일 때 무부하 Q는 12,000 이상을 갖는다. 이 필터는 유전체 재료의 온도계수를 정밀하게 제어할 수 있으므로 공진주파수 온도계수가 ± 0.2 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 의 것이 만들어 지고 있다. Helical 필터는 Helical 공진기를 몇 개 조합한 구조를 가지며 공진기의 무부하 Q는 코일의 권수와 바깥 도체의 직경에 의해 정해지며 권수를 늘리거나 직경을 크게하면 커진다. Helical 공진기의 최소 권수의 합은 3회이고 1 GHz에서 얻어지는 무부하 Q의 최대 값은 약 1,000이고 400[MHz]대 이하의 주파수에서 널리 사용되지만 온도 특성이 나쁜 단점을 가지고 있다. SAW 필터는 전압 기관으로서 LiNbO_3 , LiTaO_3 , 수정이 주로 사용되고 있으며 다른 필터에 비해 주파수 특성에 있어서의 설계 자유도가 높으며 위상 특성이 우수하다. 또 실장면에서는 회로의 조정 개수를 줄일수 있고 높은 주파수일수록 소형 형상으로 되어 표면 실장화도 가능하므로 이동전화기의 소형화와 더불어 계속적 발전이 예상된다.⁷⁾

표 4. 이동 통신시스템에 이용되는 필터의 특성

Table 4. Characteristics of Filter for Mobile Communication System

특성 종류	Dielectric TEM	Dielectric TE ₀₁	Helical	Chip Monolithic	SAW
삽입손실	Medium	Small	Medium	Large	Large
대역폭	Medium	Narrow	Medium	Broad	Medium
내전력	Medium	Medium	Medium	Poor	Poor
온도 안정성	Excellent	Excellent	Poor	Excellent	Excellent
크기 및 중량	Medium	Large	Medium	Small	Small
Set 설비성	Easy	Difficult	Easy	Slightly difficult	Slightly difficult
가격	Medium	High	Medium	Low	High
이동 통신 주요 용도	Duplexer, Interstage Band Pass Filter, Local Band Pass Filter	기지국용 Band Pass Filter	Duplexer, Interstage Band Pass Filter, Local Band Pass Filter	Interstage Band Pass Filter, Local Band Pass Filter	Interstage Band Pass Filter, Local Band Pass Filter

TEM형 유전체 필터는 고주파용 유전체 재료가 가진 높은 품질계수와 우수한 공진주파수 온도 특성이 있으므로 주로 400[MHz] 대역 이상의 주파수 영역에서 사용되고 있다. TEM형 유전체 필터는 자동차 전화기, Cellular Phone, Cordless Phone, PCS등의 전화기와 Wireless-LAN, CATV 등의 통신기기에 이용되고 있다.

최근 휴대 전화기의 소형화에 따라 부품의 소형화가 중요시되고 있으며 그 예로 종래의 세라믹

유전체 블록을 이용한 유전체 필터는 800[MHz]대역에서는 높이 6mm×12mm이지만 현재는 같은 성능에서 3.8 mm×7.4 mm 체적이 0.28cc까지 소형화 되었다.

그림 7의 (a),(b)는 기존의 형태이고 (c)는 소형화된 형태로서 표면 실장이 가능하도록 하였으며 입출력 캐패시터를 유전체 자체에 형성하고 결합 용량의 경우 공진기 형상을 이용하므로서 필터를 소형화 하였다.

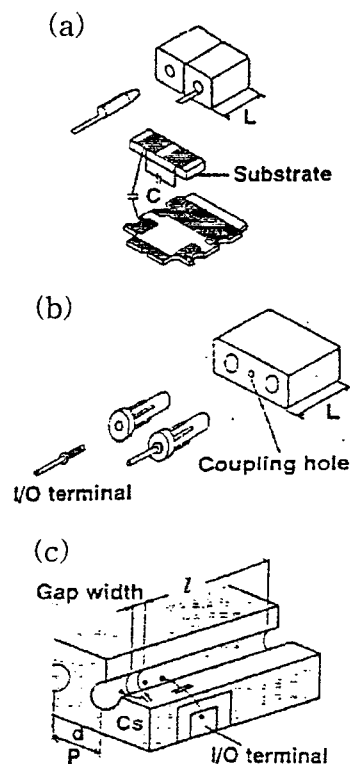


그림 7. TEM 유전체 공진기를 이용한 대역통과 필터

(a) (b) 기존의 형태 (c) 소형화된 형태

Fig 7. Band Pass Filter for TEM Dielectric Resonator

(a) Conventional Pattern

(b) Miniaturized Pattern

TEM형 유전체 필터가 이동 통신 시스템에 사용되는 용도는 첫째로 수신 기능 향상을 위하여 저 삽입 손실 특성이 요구되며 사용주파수의 2배, 3배파에 대한 스퓨리어스 대책을 위한 저역 통과 필터 특성이 요구된다. 두 번째로는 회로와 회로 사이에 이용되는 Stage 필터로서 삽입 손실 보다

도 높은 감쇄 특성이 증시되어 고주파 대책등의 요구는 적다. 최근 이 분야에 있어서 SAW필터가 크기로는 유전체 필터보다도 작기 때문에 휴대 전화등에 사용되는 비율이 확대되고 있지만 가격면에서는 유전체 필터에 비해 고가이기 때문에 앞으로는 가격, 모양, 성능에 따라 차별화 될 것이다. TEM형 유전체 필터의 또하나의 용도로 송신필터와 수신필터 기능을 함께하는 듀플렉서가 있으며 그림 8에 대표적인 구조를 나타내었다.

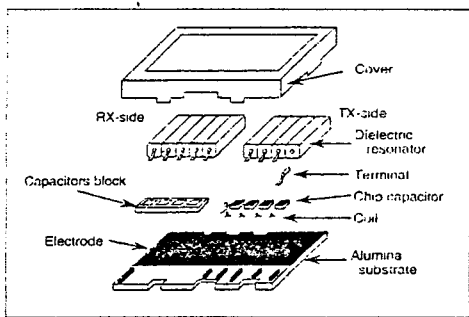


그림 8. 듀플렉서의 구조
Fig 8. Structure of Duplexer

송신필터에 대역저지필터 회로를 사용하여 삽입 손실을 대역통과필터에 비해 20~40% 개선하였다. 또한 대역저지필터 회로의 구성은 공진기를 C-L-C의 집중정수로 π 형 접속을 하여 저역통과필터의 효과를 갖도록하여 스푸리어스 특성을 개선하였다. 수신필터는 공진계의 일부분을 유전체 공진기와 캐패시터를 직렬 연결하여 공진점과 반공진점을 동시에 갖게하여 삽입손실과 감쇄량을 개선하고 공진기의 소형화에 따라 Q값이 적어 삽입 손실이 커지는 것을 보상한다. 또한 송신필터와 수신필터를 합성하여 공진기로 하기 위해 송수신필터간에 LC형 위상기를 삽입하고 안테나측에서 본 상대측 대역에서의 반사 임피던스를 무한대로 접근시켜 상대측에 대한 영향을 제거하고 있다.⁸⁾

휴대용 전화기의 소형, 경량화가 가속됨에 따라 고주파용 필터도 표면실장화 및 소형, 경량, 복합화해야한다. 휴대용 전화기의 이러한 요구를 대응하기 위한 칩 형태의 필터가 필요하며 유전체 재료의 경우 전극과 동시 소성이 가능한 저온 소성 세라믹 원료의 개발이 요구된다. 저온 소결용 유전체 재료는 고유전율 마이크로파 유전체에 저연화점을 갖는 유리상을 첨가하여 만드는 것이 가장

일반적이다.⁹⁾ 萬代治文등은 CaZrO_3 에 붕규산유리를 첨가하여 소결온도가 980°C 정도이고 유전율이 약 25인 저온소성 유전체료를 개발한 바 있다. 이와 같은 방법 이외에도 세라믹스 단상중에 저온소결이 가능하고 유전율도 비교적 높은 BaO-SrO-SiO_2 계나 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5$ 계 물질들도 연구 개발되고 있다.¹⁰⁾ 그림 9는 이와같은 저온 소성 유전체를 이용한 칩 적층 LC 필터의 구조 및 등가회로이다.

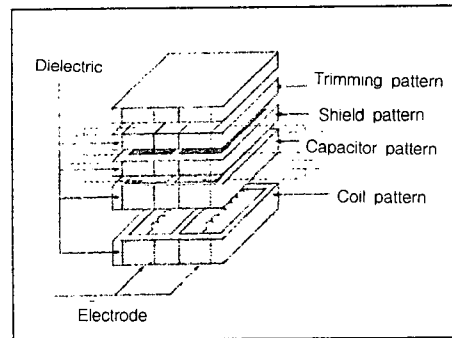
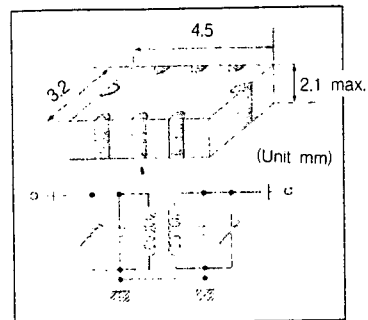


그림 9. 칩 적층 LC 필터의 구조 및 등가회로
Fig 9. Equivalent Circuit and Structure of Chip Multiple-Layer Type LC Filter

증상에 코일부를 두고 상하면에 캐패시터와 Shield 패턴이 배치되어 있다. 이 상하면의 캐패시터와 중앙부의 코일이 외부 전극으로 접속됨에 따라 형성되어 필터가 구성되는 것이다. 코일 패턴, 캐패시터 패턴, Shield 패턴 어느 것이나 유전체 Sheet상에 인쇄된 전극(銅, 銀)으로 형성되어 있으며 이들 Sheet를 적층, 외부 전극을 도포한 다음에 유전체와 전극을 동시 소성을 하고 있다. 특히 중심주파수를 정확히 조정하기 위해서 접지부의 상부측에 미소용량의 캐패시터를 형성하여 이 캐패시터를 레이저로 조정하여 LC공진기의 캐패시터 용량을 감소시켜 중심주파수를 고주파쪽으로 이동시킬 수 있다. 개발에 요구되는 중요 기술로서는 고

주파에 적합한 코일 설계 기술, 저온 소결 유전체 재료, 다층구조에 따른 동시소성 공정기술개발등이다. 상기 구조의 경우 고주파화함에 따라 코일 패턴에 의한 삽입손실이 크므로 코일의 형상과 공진기간의 결합 방법을 그림 10과 같이함으로써 해결 가능하며 중요 기술로서는 트리 플레이트 구조의 분포정수 타입 공진기, 다층 공진기의 구성 방법, 고유전율이면서도 저온 소성이 가능한 세라믹스의 개발등이다.^{11,12)} 현재 일본에서는 200MHz대역에서부터 3GHz대역에 이르기까지 다양한 주파수대역 및 크기를 가지는 표면실장용 칩형 적층 LC필타가 무선전화기 및 휴대용 전화등의 local, 송수신단간의 대역통과필터로 널리 사용되고 있으나 국내의 경우 아직 연구 단계에 머물고 있는 실정이며 그림 11에 칩 적층형 필타의 제조 공정도를 나타내었다.

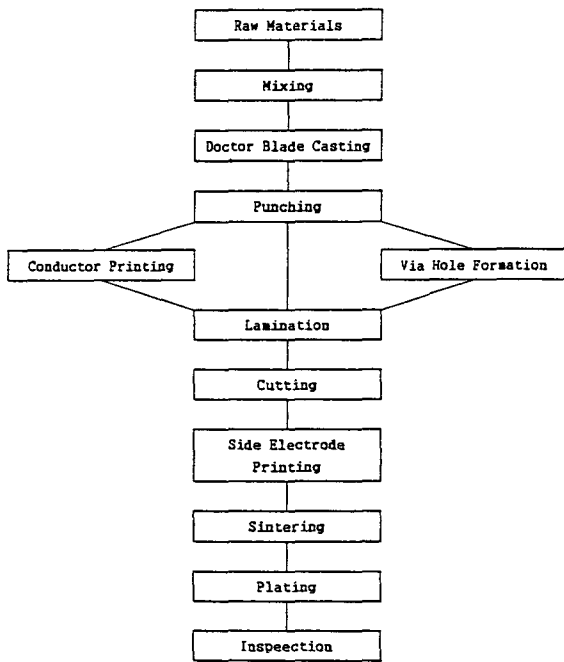


그림 10. 칩 적층형 필타의 제조 공정도
Fig 10. Fabrication Flow Chart for Chip Multiple-Layer Type LC Filter

3-3. 안테나

유전체 기판을 안테나로 사용하는 대표적인 예는 GPS(Global Positioning System)용 안테나이다. 기본 구조는 그림 11에 나타낸 바와 같이 유전체 기판위에 원형 또는 방형의 도체 patch를, 이면에는 ground를 배치시켜 개방형 공진기를 형성시킨 것이다.

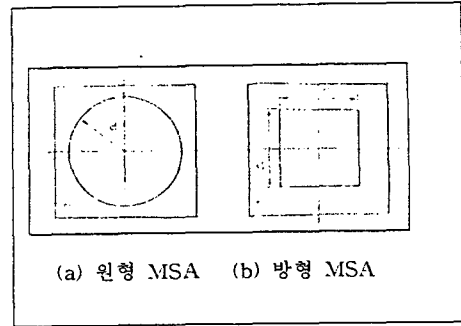


그림 11. 마이크로스트립 안테나의 형상
Fig 11. Pattern of Microstrip Antenna

안테나의 최저차 모드에 있어서 공진주파수는 다음의 식을 따른다.¹³⁾

$$\text{원형 MSA : } f_{rc} = 1.841 C / (2\pi a \sqrt{\epsilon_s})$$

$$\text{방형 MSA : } f_{rp} = C / (2d \sqrt{\epsilon_s})$$

고유전율 물질을 사용하면 안테나의 소형화가 가능하지만 안테나 이득의 감소나 주파수대역폭의 감소가 따르기 때문에 테프론등의 저유전율 기판을 사용하는 것이 일반적이었지만 최근에는 자동차에 이용되는 GPS(Global Positioning System)용 안테나의 경우 안테나의 소형화 요구에 따라 많이 이용되고 있다.

여러 종류의 고주파 유전체를 이용한 안테나를 검토해 본 결과 비대역폭, 이득, 지향성 등에서 $\epsilon_r = 10 \sim 20$ 정도가 특성과 소형화의 양면을 모두 만족한다고 알려져 있다. 예를들어 $\epsilon_r = 21$ 인 (MgCa)TiO₃계 유전체를 사용하여 안테나를 구현하였을 경우 종래의 테프론 제품에 비하여 면적을 약 1/6 이하로 줄일 수 있다. 또한 비대역폭은 기판의 두께에 비례하기 때문에 얇게 할 수는 없지만 6mm 두께에서 약 3%(RL = 10dB)를 얻을 수 있으며 GPS의 신호는 1,575.42±2MHz의 C/A 코드로 송신되기 때문에 안테나의 주파수 변동을 고려하여도 이 정도면 충분한 대역폭이다. 전극의 경우 도전율이 우수한 은 또는 동 전극을 대부분 사용하고 있으나 최근에는 안테나 특성 향상을 위해 동전극 위에 금 도금을 하는 경우도 있다.

4. 결 론

고주파 통신에서 이용되고 있는 고주파 유전체를 이용한 부품에 대하여 살펴보았다. 고주파를 이용한 이동전화 및 위성방송의 수요가 급증하고 있으며 이러한 수요에 부응하여 이동통신기기의 소형 경량화, 저가격화 및 고성능화가 요구된다. 이

동 통신기기의 소형화 및 경량화를 위하여 고주파 유전체 조성물의 개발 및 부품 설계 기술등이 요구되며 고주파 유전체를 이용한 부품으로는 대역 통과필터, 듀플렉서, VCO등이 있으며 최근에는 위성 방송용 DRO 및 고주파 유전체를 이용한 기지국용 필터의 개발이 가속화되고 있다. 고주파용 유전체 재료의 개발 방향으로는 소형, 경량화를 위하여 유전율이 120이상의 값을 가지는 것의 개발이 중요하며 기지국 및 위성방송용에는 높은 품질계수와 공진주파수 온도계수의 조절 및 정밀한 제어가 요구된다. 또한 표면 실장화 및 소형화를 위하여 저온 소결이 가능한 유전체 개발과 회로 설계 기술 및 적층 공정 기술 개발이 절실히 필요하다.

5. 참고 문헌

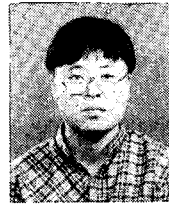
1. L.L.Hench, J.K.West, "Principles of Electronic Ceramics.", John Willey and Sons Inc., pp.190-195, 1991
2. 西屋顯, "移動體通信單末部品の 技術動向," 電子技術, pp. 23-28, Feb. 1995
3. R.D.Richtmyer, "Dielectric Resonator," J. Appl. Phys., 10 [1] pp. 391-340, 1939
4. S.Kawashima, H.Ouchi, "Ba(Zn_{1/2}Ta_{2/3})O₃ Ceramics with Low Dielectric Loss at Microwave Frequency," J.Am.Ceram. Soc., 66 [6] pp. 421-432, 1983
5. K.Wakino, K.Minai and H.Tamura, "Microwave Characteristics of (Zr,Sn)TiO₄ and BaO-PbO-Nd₂O₃-TiO₂ Dielectric Resonators," J.Am. Ceram.Soc. 76(6) pp.1320-1324, 1991
6. H.M.O.Bryan, Jr.J.Thomson and J.K.Plourde, "Effect of Chemical Treatment on Loss Quality of Microwave Dielectric Ceramic," Ber.Dt.Keram.Ges., 55[7], pp. 348-355, 1978
7. Ryoji Imai, "Dielectric Filter Technology Strives to Shrink Components, Retain Chatacteristics," JEE October, pp. 24-26, 1994
8. T.Nishikawa, "RF Front End Circuit Components Miniaturized Using Dielectric Resonators for Cellular Portable Telephone," IEICE, Vol.E74, No6, pp.1556-1558, 1991
9. Takada, "Effect of Glass Additions on BaO-TiO₂-WO₃ Microwave Ceramics," J.Am. Ceram. Soc., 77 [7] pp. 1909-1916, July, 1994
10. H. Kagata, T.Inoue and I.Kameyama, "Low-Fire Bismuth-Based Dielectric Ceramics for

Microwave Use," Jpn.J.Appl.Phys.,Vol.31, pp. 3152-3155, 1992

11. Shinya Nakai, "Band-Pass, Low-Pass Filters Adopt Shield Plate Near Surface," JEE November, pp. 17-20, 1995
12. Akihiro Ochii, "Ceramic Multiple-Layer Device Techniques Prove Useful in Mobilecom Equipment," JEE October, pp. 40-46, 1994
13. D.M.Pozar and D.H.Schaubert, "Microstrip Antennas-The Analysis and Design of Microstrip Antennas and arrays," IEEE Press, 1995.

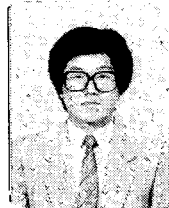
지자소개

윤중락



1965년 9월 18일생. 1993년 명지대 공대 전기공학과 졸업(석사)
1992년 8월 - 1993년 12월 한국과학기술원 세라믹공정실 근무
1994년 - 1996년 한국쌍신전기 선임연구원. 1996년 - 현재 삼화콘덴서 연구소 주임연구원.
1994년 8월 - 현재 명지대학교 전기공학과 박사과정

이석원



1979. 3. 서울대학교 전기공학과 졸업.
1981. 2. 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988. 8. 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1990. 8 ~ 현재. 호서대학교 제어계측공학과 부교수 .

이현용



1949년 7월 25일생. 1977년 고려대 공대 전기공학과 졸업(석사)
1983년 고려대 공대 전기공학과 졸업(박사). 1992년 9월 - 1994년 7월 영국 Univ. of Scheffield 교환교수. 1979년 - 현재 명지대학교 전기공학과 교수.