

듀플렉서의 최근 기술동향 (Recent Technical Trends of Duplexer for Microwave)

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

최근 이동통신기술은 수요의 증가에 따라 눈부신 발전을 계속하고 있다. 그중에서도 단말기 및 기지국 시스템 사용의 간편성 및 휴대성을 고려한 소형화 추세는 계속 연구대상이 되고 있으며, 또한 이들을 구성하는 부품의 소형화, 고기능화 및 저가격화를 요구하고 있다. 본 고에서는 이와 같은 단말기와 기지국 시스템의 소형화 요구에 따라 송수신 신호를 분리하기 위하여 안테나 바로 밑단에 사용되는 듀플렉서의 기술동향에 대하여 정리하였다

I. 서 론

최근 고주파대를 이용한 이동통신은 새로운 시스템의 도입과 그의 보급이 확대됨에 따라 휴대성을 고려한 소형화가 가속되어 추진되고 있으며, 구성부품은 거의 표면실장화(SMD:surface mounted device) 되어 소형화, 경량화가 진행되고 있다[1, 2].

일반적으로 UHF대 이상의 고주파대에서 사용하는 필터는 집중정수형 필터는 사용하지 않고, 분포정수 회로 또는 도파로(waveguide)를 이용한 공진기형 필터가 사용된다. 그 이유는 고주파대의 경우 저주파대에서 나타나지 않는 분포용량 및 잔

류 인덕턴스를 고려하여 설계할 필요가 있기 때문이다.

<표 1>은 고주파대에서 사용하는 필터의 종류에 따른 특성을 나타낸 것으로 용도에 따라 선택하여 사용되고 있다. 또한 분포정수회로를 사용한 고주파용 필터중에서 대표적인 유전체필터도 사용하는 공진모드에 따라 특성이 달라진다[3, 4].

본 고에서는 이와같은 공진기형 유전체필터로 구성된 듀플렉서의 기술동향에 대하여 듀플렉서를 구성하는 공진기형 유전체 필터와 듀플렉서에 대한 기술동향으로 구분하여 정리하였다.

II. 공진기형 유전체 필터의 기술 동향

공진기형 유전체필터는 다른 형태의 고주파필터

* 통신부품연구실 책임연구원

** 통신부품연구실 연구원

*** 통신부품연구실 선임연구원

〈표 1〉 고주파용 필터의 형태에 따른 특성비교

	유전체 TE ₀₁	Helical	Strip Line	유전체 TEM	SAW
삽입손실	소	중	대	중	대
대역폭	소	중	대	중	중
내전력	중	중	소	중	소
온도안정도	대	소	대	대	대
내진,내충격	대	소	대	대	중
치수 중량	대	중	중	중	중
세트설계성	-	용이	-	용이	약간 곤란
양산가격	대	중	소	중	중
이동통신 주요용도	기지국쪽 Combiner용	듀플렉서 단간 BPF Local BPF		듀플렉서 단간 BPF Local BPF	단간 BPF Local BPF

TEM : Transverse Electromagnetic Mode
SAW : Surface Acoustic Wave

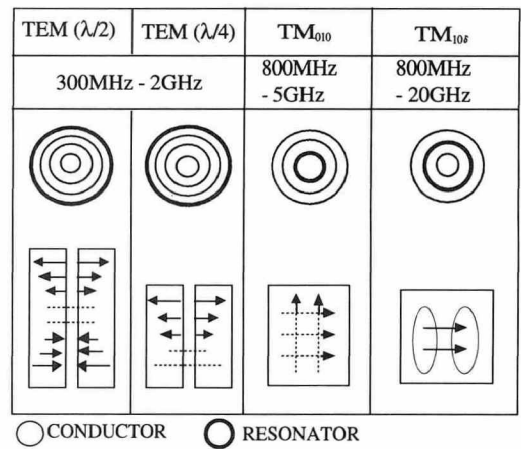
에 비해 사용하는 유전체가 유전율이 큰 세라믹 재료(유전율 20 ~ 110)를 공진기로 이용하기 때문에 소형, 저손실이며, 내전력성, 온도안정성, 신뢰성, 가격면에서 우수하다는 장점이 있다.

또한, 유전체필터는 유전체공진기의 이용하는 공진모드에 따라 (그림 1)과 같이 TEM($\lambda/2$), TEM($\lambda/4$), TM₀₁₀, TE₁₀₆ 등의 필터로 분류되며, 사용주파수 범위, 특성, 형상, 가격면에서 종합적으로 평가하여 적용할 모드가 결정된다.

공진기형 유전체필터가 이동통신 시스템에 사용되는 용도는 다음과 같이 구분된다. 첫번째 용도로 수신기능 향상을 위하여 세트의 안테나 바로 밑단에 사용하는 것으로 저손실 특성이 요구되며, 사용주파수의 2배, 3배 파에 대한 스퍼리어스 대책을 위하여 저역통과필터(low pass filter) 특성이 요구된다. 두번째 용도로는 회로와 회로 사이에 사용하는 단간 필터로 이 경우 삽입손실이 높은 감쇄특성이 중시되며, 고조파에 대한 대책 등의 요구는 적다.

최근 이 용도로 사용되는 필터는 SAW(surface acoustic wave) 필터가 형상적으로 유전체필터 보다 소형이기 때문에 휴대전화 등에 사용되는 비율이 커지고 있으나, 가격면에서 유전체필터에 비해 비싸고 내전력성이 작으며, 삽입손실이 크고, 사용주파수를 고주파하기에는 제한점이 있는 등 단점이 있기 때문에 향후 가격, 치수, 성능에 따라 차별화가 이루어 질 것으로 전망된다[5, 6]. 위의 용도로 사용되는 유전체필터는 과거에는 2~5단 구조가 주로 사용되었으나, 최근에는 소형화 및 저가격화 요구에 따라 2단 필터가 주류를 이루고 있으며, 4단 이상의 것은 그 수요가 급속히 감소하고 있다 [6].

공진기형 유전체필터의 시장요구를 고려한 기술동향은 다음과 같이 소형화, 고기능화 및 저가격화를 추구하고 있다.



(그림 1) 유전체공진기의 공진모드

1. 소형화

유전체필터를 소형화하기 위한 방법은

- ① 유전체재료의 비유전율을 크게 한다
- ② 유전체 공진기를 소구경화 한다
- ③ 공진기의 공진주파수를 소자 구조로 단순화 한다
- ④ 외부 회로로 공진주파수를 저하 시킨다
- ⑤ 리드단자를 리드리스화 및 표면실장화한다

등이며, ②에 의한 소형화가 가장 간단하나, 높이를 낮게 하는 경우 유전체 공진기의 품질계수가 낮아지고 삽입손실이 커지기 때문에 회로에 대한 설계연구가 필요하다. 실제로 800MHz대 자동차 전화용 무선기의 경우 송신측으로부터 수신측에 누설된 전력의 감쇄량으로 송신대역 및 수신대역으로 각각 90dB 이상 및 60dB 이상을 확보하기 위해 송신측 4단, 수신측 6단 정도의 대역통과 필터가 필요하게 된다[1]. 이 대역통과 필터의 소형화는 고유전율 저손실 세라믹 원통을 금속도금한 $\lambda/4$ 파장 동축공진기를 이용하여 구현하였다[2].

예를들면, 850MHz의 경우, 공기매질로는 88mm를 필요로 한 공진기 길이를 $\epsilon_r=36$ 의 유전체를 사용하면 14.7mm, $\epsilon_r=90$ 으로는 9.3mm로 단축시켰으며, 특성면에서도 공진주파수의 온도안정성을 수 ppm/°C, 무부하 품질계수(Q)도 1,000 정도의 크기를 실현하였다.

2. 고기능화

일반적으로 필터는 통과대역에서의 삽입손실 특성과 이 이외 대역에서의 저지특성이 중요하다. 특히 저지특성은 대부분의 경우 Local 주파수, Image 주파수 및 통과대역 주파수의 2배파, 3배파 영역에서 감쇄특성이 중시된다. 유전체 필터는 원

리적으로 중심주파수에 대하여 대칭파형이지만 저역통과 특성이나, Trap극을 유전체 필터에 부가시켜 고성능화를 행하게 되어 이와같은 회로설계에 대한 검토가 필요하다.

3. 저가격화

소형화 요구와 더불어 저가격화도 대단히 중요한 변수이다. 일반적으로 소형화를 행하는 경우 재료 가격은 절감되지만, 가공가격이 비싸진다. 소형화 할 때에는 생산성을 고려한 설계가 필요하다.

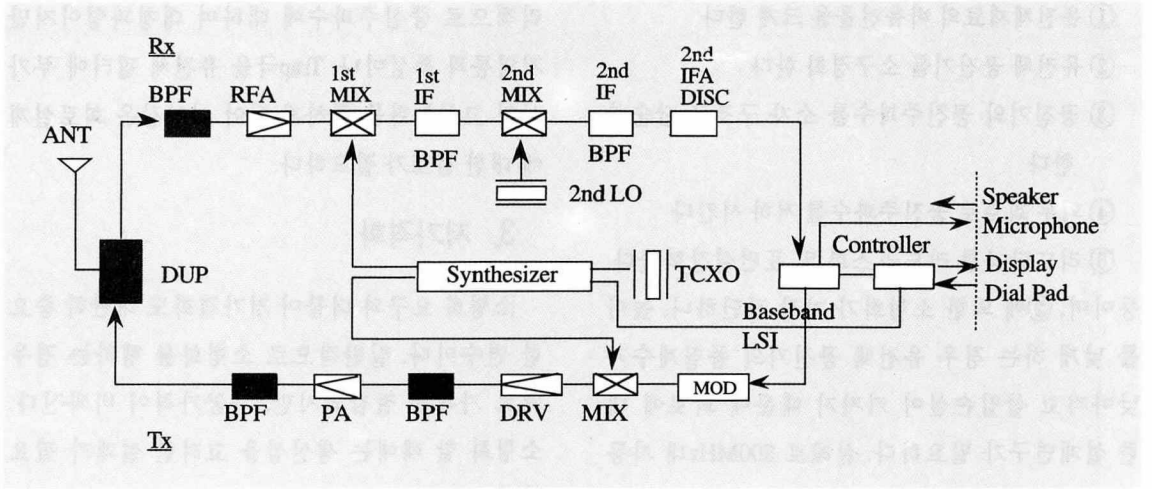
- ① 구조를 단순화 한다
 - ② 내부사용부품의 수를 줄이고, 조립가격을 절감한다.
 - ③ 조정이 용이한 구조로 한다
- 등이다.

III. 듀플렉서의 기술동향

1. 듀플렉서의 용도 및 구성

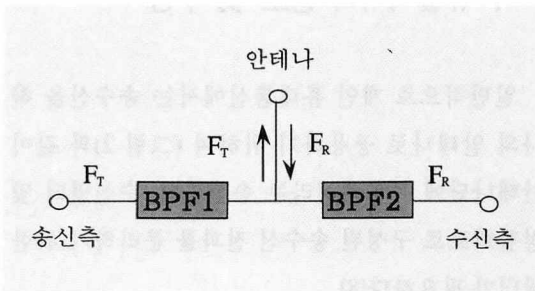
일반적으로 개인 휴대통신에서는 송수신을 하나의 안테나로 공용하기 위하여 (그림 2)와 같이 안테나단에 듀플렉서라는 송신필터, 수신필터 및 정합회로로 구성된 송수신 전파를 분리하기 위한 필터가 필요하다[8].

따라서, 듀플렉서는 기본적으로 (그림 3)과 같이 2개의 대역통과필터(BPF)로 구성되며, 기능으로는 안테나로 수신된 전파(주파수 F_R)를 수신기로 받는 동시에 송신파(주파수 F_T)를 송신기로부터 안테나로 송출하는 역할을 한다.



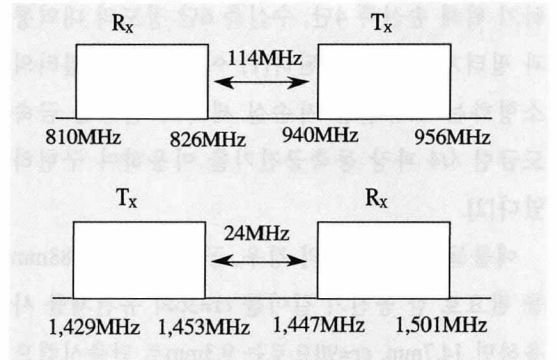
(그림 2) 휴대전화에서 듀플렉서의 사용 예

개인 휴대통신 단말기에서는 동시통화를 하기 위하여 송신과 수신을 동시에 행하여야 하기 때문에 듀플렉서는 송신된 전파가 수신측의 회로로 되 돌아 오지 않도록 송신필터는 수신주파수에서의 감쇄량을 크게 하여야 하며, 송신과 수신간의 isolation이 커야 할 필요가 있다.



(그림 3) 듀플렉서의 기본구성

예를들면, 일본의 800MHz나 1.5GHz PDC의 경우 (그림 4)와 같이 송수신 주파수가 각각 114MHz와 24MHz의 주파수를 두고 할당되어 있다.

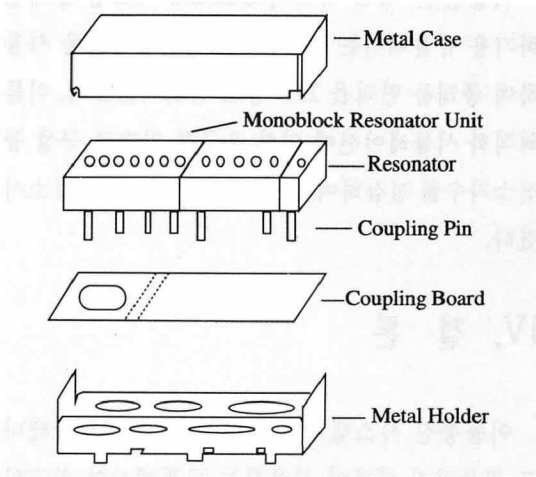


(그림 4) 일본의 800MHz, 1.5GHz PDC의 주파수 할당

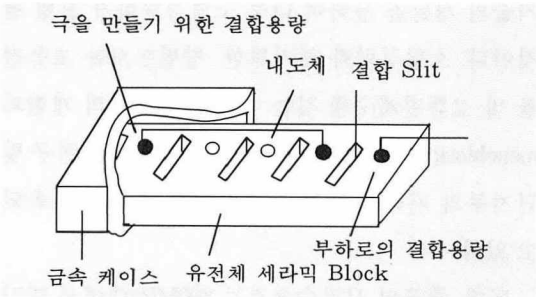
2. 듀플렉서의 종류

세라믹 유전체공진기를 이용한 듀플렉서는 사용하는 유전체 공진기의 형태에 따라 (그림 5, 6)과 같이 세라믹 유전체 공진기를 하나의 형태로 구현한 monoblock형과 (그림 8)과 같이 단위 유전체공진기를 여러개 조합하여 구성한 coaxial resonator형

으로 대별 할 수 있다.



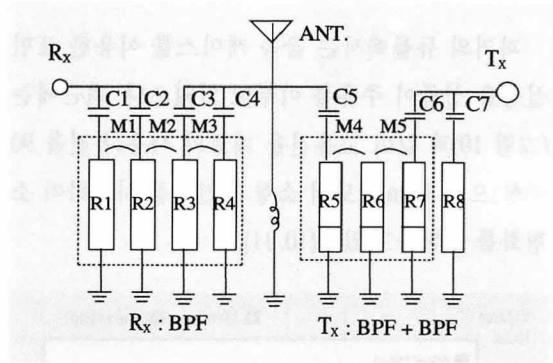
(그림 5) Monoblock 듀플렉서의 구조



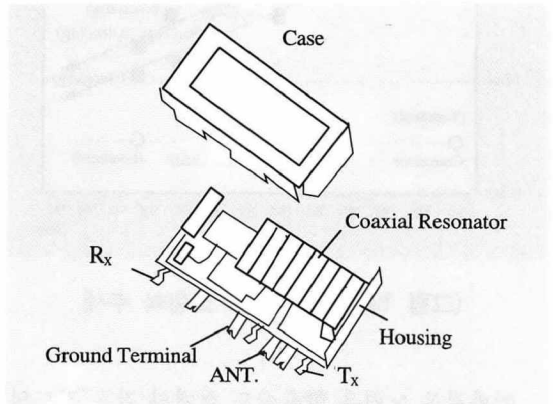
(그림 6) Monoblock 듀플렉서 필터부의 구조

Monoblock형과 coaxial resonator형은 각각 장단점이 있으나, monoblock형에 비해 coaxial resonator형은 단위공진기와 단위공진기 사이에 결합을 위한 결합 회로가 외부회로로 부착되어야 하므로 소형화가 곤란한 단점이 있으므로 최근에는 monoblock형으로의 연구개발이 수행되고 있는 추세이다. 그러나, monoblock형의 경우에도 유전체 세라믹을 정밀하게 가공하기 위한 가공기술이 뒷받침 되어야하는 난점이 있다. (그림 7)과 (그림 9)는 각각 monoblock형과

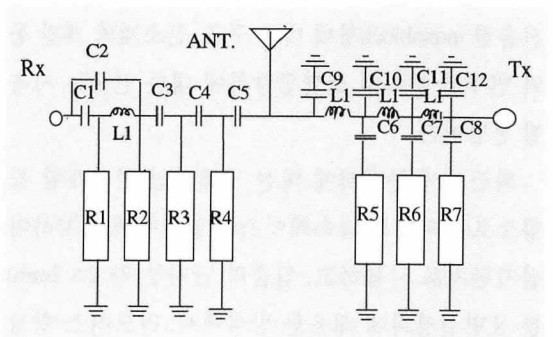
coaxial resonator형의 등가회로이다[7, 9].



(그림 7) Monoblock 듀플렉서의 등가회로



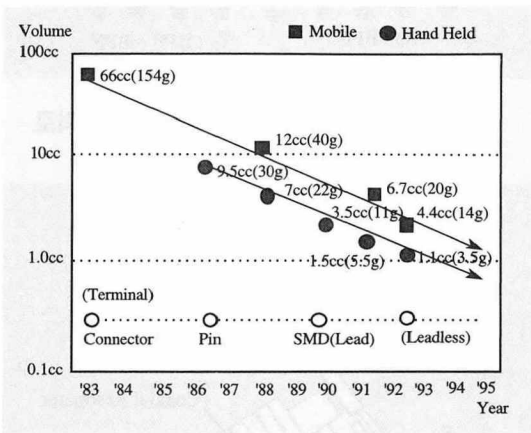
(그림 8) Coaxial Resonator 듀플렉서의 구조



(그림 9) Coaxial Resonator 듀플렉서의 등가회로

3. 듀플렉서의 기술동향

과거의 듀플렉서는 금속 케이스를 이용한 표면 실장용 상품이 주류를 이루고 있었으나, 최근에는 (그림 10)과 같이 고유전율 재료의 사용(유전율 90 이상)으로 3mm 정도의 소형 공진기를 사용하여 소형화를 구현하고 있다[10, 11].



(그림 10) 듀플렉서의 소형화 추세

이와같은 노력은 향후에도 현재와 같은 정도의 성능을 유지하면서 소형화, 소면적화, 경량화하기 위한 내부 사용부품의 고주파 특성을 유지하거나, 전술한 monoblock형에 대한 구조, 신소재의 개발 등의 연구를 통하여 소형경량화에 대한 연구는 지속될 전망이다.

최근의 듀플렉서에 대한 구체적인 연구개발 동향으로는 과거의 금속케이스를 밀면부에 배치하여 접지단자로 사용하고, 입출력 단자부(약 2×2mm)를 표면실장화에 대응한 방식에서, 리드리스 형상으로 구현하여 PC기판 위에 직접 부착하거나, 구성부품의 수를 감소하여 소형화, 소면적화를 실현

하는 방향으로 연구개발되고 있다.

예를들면, 최근 북미의 E-AMPS 시스템 휴대전화기용 듀플렉서는 이 PC기판 직접실장용을 사용하여 종래품 면적을 21% 정도 감소시켰으며, 이를 최적화 시뮬레이션에 의한 유극화 기술로 구성 공진소자수를 절감하여 종래면적의 16% 정도 감소시켰다.

IV. 결 론

이동통신 시스템에서 송수신을 하나의 안테나로 공용하기 위하여 사용되는 듀플렉서의 최근의 기술동향으로는 세트에 대응하기 위해 신재료, 신기술의 개발을 통하여 더욱 소형경량화가 진행될 것이다. 소형경량화 하기위한 방법으로는 고유전율 및 고품질계수를 갖는 세라믹 유전체의 개발과 monoblock형 등과 같은 새로운 구조에 대한 연구 및 단자부의 처리를 통한 소형경량화 연구가 지속되고 있다.

또한, 최근의 시장수요로는 800MHz대에서 단간용으로 사용되는 필터의 형태가 SAW필터가 이용되기 시작되고 있으나, 가격면에서 유전체필터에 비해 비싸고 내전력성이 작으며, 삽입손실이 크고, 사용주파수를 고주파하기에는 제한점이 있는 등 단점이 있기 때문에 향후 가격, 치수, 성능에 따라 차별화가 이루어 질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] 中井信也, "移動體 通信用 表面實裝部品の 最新動向", 日本電子材料, pp. 22-26, Feb. 1995.

- [2] 關. 莞, "移動通信用 無線機 小形化 技術の 動向", 信學技報, MW 86-74, Nov. 1986.
- [3] K. Kobayashi, "Portable, cordless phone requirements give rise to chip monolithic microfilters," *JEE*, pp.72-76, Feb. 1993.
- [4] R. Imai, "Dielectric filter technology strives to shrink components, retain characteristics," *JEE*, pp. 24-26, Oct. 1994.
- [5] J. Kagiwara, "RF Components for digital cellular phones follow latest techlogical trends," *JEE*, pp. 55-57, May 1994.
- [6] Y. Yamamoto, R. Kajihara, and N. Sakairi "Phone-use SAW filter incorporates composite longitudinal mode resonator," *JEE*, pp. 58-61, May 1994.
- [7] K. Wakino, T.Vishikawa, H. Matsumoto, and Y. Ishikawa, "Quarter wave dielectric transmission diplexer for land mobile communications," *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Digest*, pp.278-280, 1979.
- [8] T. Nishikawa, "RF front end circuit components miniaturized using dielectric resonators for cellular portable telephones," *IEICE*, vol. E74, no. 6, pp. 1556-1558, 1991.
- [9] "94 電子部品 ガイドブック," 電子技術, pp.66-67, Dec. 1993.
- [10] J. Kato, H. Kagawa, K. Nishimoto, and T. Inoue, "Dielectric ceramics for microwave uses with high dielectric constant," *National Tech. Report*, vol. 40, no 1, pp. 4 - 10, Jan. 1994.
- [11] H. Kagata et al., "Dielectric properties of Pb-based perovskiye substituted by Ti for B-Site at microwave frequencies," *Jpn. J. Appl. Phys.* vol. 32, p. 4332, 1993.
- [12] J. Kagiwara, "RF components for digital cellular phones follow latest techlogical trends," *JEE*, pp. 55-57, May 1994.
- [13] Y. Yamamoto, R. Kajihara, and N. Sakairi, "Phone-use SAW filter incorporates composite longitudinal mode resonator," *JEE*, pp. 58-61, May 1994.