

셀룰러 통신에 사용되는 고주파 대역여파기 제작에 관한 연구

(A Study on the Fabrication of RF Band Pass Filter Using Cellular Communication)

金鍾珉*, 金鍾海**, 河相旭**, 羅克煥***

(Jong Min Kim, Jong Hae Kim, Sang Wook Ha, and Keuk Hwan Ra)

要 約

셀룰러 통신방식을 사용하는 자동차 무선전화기나 휴대용 무선전화기의 송수신기에 fullduplexing 방식을 가능하게 해주는 고주파 대역여파기에 대해서 연구하였다. 셀룰러 통신방식에서 요구되는 대역여파기의 특성은 상대대역에 대한 차단특성을 중요시하므로 본 논문에서는 기존의 세라믹 대역여파기의 단점을 보완하고 개선하기 위하여, 알루미늄 기판 캐패시터와 silver-line 인덕터를 이용한 새로운 고주파 대역여파기의 제작방법을 제시하였다.

Abstract

RF BPF using transmitter and receiver enable cellular phone to operate fullduplexing way. It is one of the high price parts in cellular phone system. In the cellular communication way, it is very important for BPF to suppress the other pass band and HHP (Hand Held Phone or Portable Cellular Phone).

For compensation and development to the present ceramic BPF, we shown the fabrication way of new BPF which is used aluminasubstrate capacitor and silver line inductor.

I. 서 론

자동차 무선전화기나 휴대용 무선전화기는 fullduplexing 방식을 사용함으로써, 송수신 신호가 회로 상에 상호간 영향을 준다.¹⁾ 특히 fullduplexing 방식에서의 문제는 송신출력의 일부가 수신기입력으로 공급되어 수신기의 감도와 셀룰러(cellular) 방식 무선전화기 명세(specification)에서 요구하는 spurious re-

jection, 믹서의 intermodulation 특성을 저하시킨다. 이와같은 현상을 해결하기 위해서 cellular phone(이하 CP)에서는 대역여파기를 사용하여 상대대역을 감쇄시키는 방법을 사용한다.

CP에서 사용되는 기존의 대역여파기는 세라믹공진기를 사용하여 제작되었다. 세라믹공진기는 공진기 자체의 면적과 크기에 따라서 자체공진 특성을 갖고 있으므로 CP 대역여파기에서 사용되는 공진기의 크기가 결정되므로 체적을 축소시키기 매우 어렵다.²⁾ 또한 세라믹 재질이 아주 견고하여 미세조정을 위한 tuning도 쉽지 않다. 지금까지 CP에서는 대역여파기를 구성하기 위해서 세라믹 공진기를 사용해왔으나 크기에 제약조건을 갖고 있는 휴대용 무선전화기의 경우에는 중량 및 체적을 감소시켜야 하므로 새로운 형태의 대역여파기 제작이 연구되어 왔다. 이에

*準會員, ***正會員, 光云大學校 電子工學科 (Dept. of Elec. Eng., Kwangwoon Univ.)

**正會員, 삼성電子通信研究所 (Samsung Electronics and Telecommunication Research Institute)

接受日字: 1989年 9月 18日

체적 및 크기, 중량을 줄일 수 있는 새로운 대역여파기 제작방법을 모색하게 되었다.

본 논문에서는 알루미늄 기판 캐패시터와 silver-line 인덕터를 이용한 새로운 대역여파기를 제안하였다.

II. 셀룰러 방식에 사용되는 대역여파기

일반적인 대역여파기 회로를 그림 1에 도시하였다.^[2]

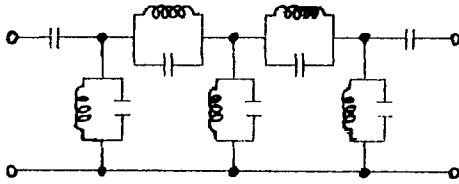


그림 1. Cellular 방식에 사용되는 일반적인 대역여파기 회로

Fig. 1. General circuit diagram for cellular communication.

또한, CP의 송수신 대역여파기의 명세(specification)를 표 1에 나타내었다.

표 1. 송수신 대역여파기의 명세
Table 1. Specification of transceiver BPF.

항목 BPF	freg (MHz)	Band width	입·출력 VSWR	Insertion loss	Attenuation
Receiver BPF	870-890	20 MHz	max 1.7	max 2.5dB	at 825-845 MHz Min 30dB
Transmitter BPF	825-845	20 MHz	max 1.7	max 2.5dB	at 870-890 MHz Min 30dB

그림 1의 일반적인 대역여파기를 이용하여 표 1의 특성 명세를 만족시키는 대역여파기에 대해서 EEsof-Touchstn 프로그램으로 시뮬레이션한 결과를 그림 2에 도시하였다.

그림 2는 수신대역여파기에 대해서만 제시하였으나 송신대역여파기의 경우도 중복되므로 본 논문에서는 수신대역여파기만을 언급하였다. 그림 2는 표 1의 특성을 만족시키므로 EEsof-Touchstn시뮬레이션 프로그램에서 계산된 capacitance와 inductance를 구현한다.

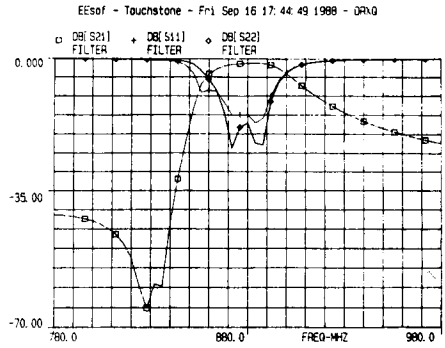


그림 2. 컴퓨터 시뮬레이션 결과
Fig. 2. Result of Computer Simulation.

III. 알루미늄 기판을 이용한 캐패시터

체적 및 크기, 중량을 고려하고 높은 양호도(Q)를 갖는 캐패시터를 제작하기 위하여 비유전율(ϵ_r)이 10이고 기판의 두께(t)가 0.66mm인 알루미늄(alumina)에 silver를 양면에 증착한 기판을 사용하였다. 기판 두께에 비해 전극판의 면적이 충분히 크므로 fringing field의 영향은 대체로 무시할 수 있다.

CP의 송수신 주파수대인 800MHz-900MHz에서의 기판의 면적에 대한 capacitance의 측정된 결과를 표 2에 나타내었다.

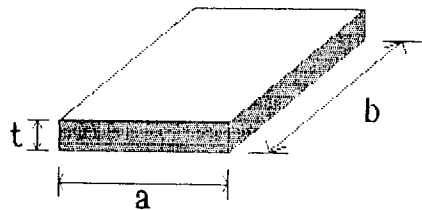


그림 3. 알루미늄 기판 캐패시터
Fig. 3. Alumina substrate capacitor.

표 2. a와 b에 따른 capacitance
Table 2. Capacitance due to a and b.

a (mm)	b (mm)	S (mm ²)	t (mm)	C (pF)
2	6	12	0.66	1.60
2.2	6	13.2	0.66	1.73
2.4	6	14.4	0.66	1.92
2.6	6	15.6	0.66	2.08
2.8	6	16.8	0.66	2.24
3.0	6	18	0.66	2.42

IV. Cellular 방식의 대역여파기

자동차 무선전화기나 휴대용 무선전화기는 full-duplexing 방식을 이용하므로 송수신을 위해서 한개의 안테나 port만 필요하다. 한개의 안테나 port에 송수신을 분리하기 위해서 duplexer를 사용하는데 송신신호 level이 duplexer를 통하여 수신기 입력으로 유입된다. 이 송신신호는 duplexer에서 감쇄를 받아도 수신기 초단에 있는 LNA(Low noise Amplifier)에서 증폭되어서 믹서로 유입된다. 믹서로 유입되는 송신신호를 감쇄시키기 위해서 일반적인 cellular system에서는 LNA와 믹서 중간에 수신신호에 대해서는 통과대역을 갖고 송신신호에 대해서는 차단 대역을 갖는 수신대역여파기(receiver BPF)나 송신대역여파기(transmitter BPF)를 사용한다. BPF의 특성 결정은 system의 duplexer의 상대대역 감쇄특성과 차단 LNA를 고려해서 BPF의 특성을 결정한다. 일반적인 cellular system의 block diagram을 그림 4에 도시하였다.

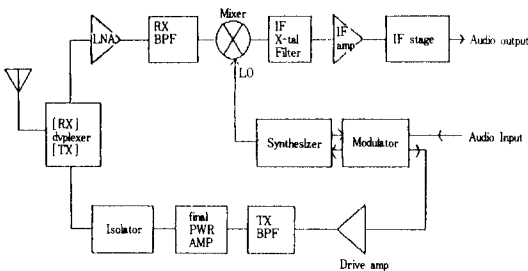


그림 4. 일반적인 cellular system의 송수신 block diagram

Fig. 4. Block diagram of cellular transceiver.

Cellular system은 full-duplexing 방식이므로 송수신 BPF는 상대대역에 해당되는 신호만을 차단해 주면 된다. 그런데 차단대역은 통과대역의 한쪽에만 위치한다.

그림 5에서 보듯이 수신대역은 송신대역의 왼편 한쪽에만 위치하고 있는 송신대역은 수신대역의 우측에 위치하므로 송수신 BPF는 통과대의 양측대파를 균등히 감쇄했다. cellular system에서 요구되는 차단특성은 양측대파중 필요한 부분만을 차단하면 되므로 그림 7의 BPF 특성이 바람직하다.

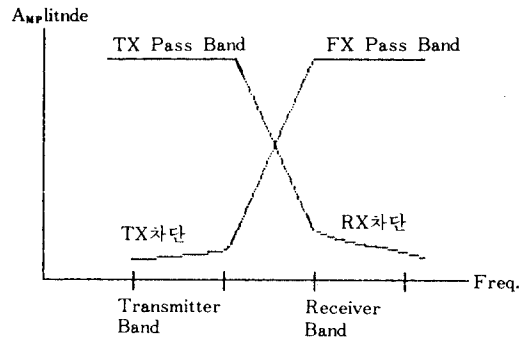


그림 5. Cellular system의 송수신 통과대역 및 차단대역

Fig. 5. Passband and suppression band of cellular transceiver.

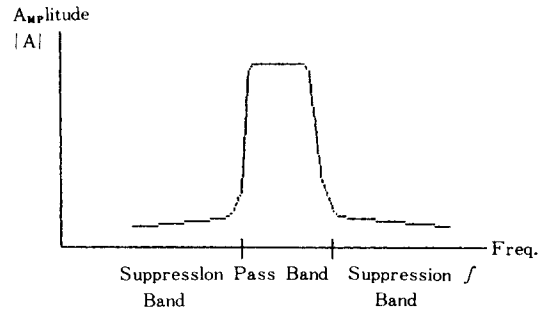


그림 6. 기존의 대역여파기 특성

Fig. 6. Characteristic of traditional band pass filter.

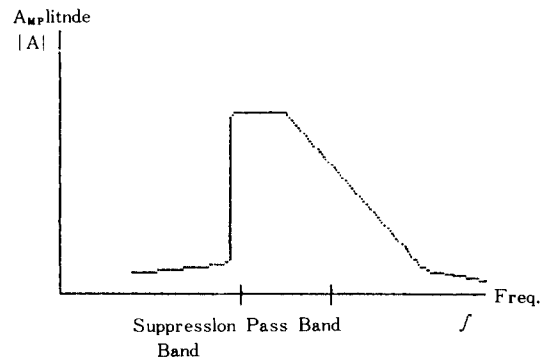


그림 7. 본 논문에서 제안된 cellular 대역여파기의 특성

Fig. 7. Characteristic of band pass filter proposed by this paper.

V. 알루미늄 기판 캐패시터를 이용한 BPF 제작

EEsof-Touchstn의 시뮬레이션 프로그램에 따라 캐패시터와 인덕터를 구현하기 위해서 그림 8과 같이 제작하였다.

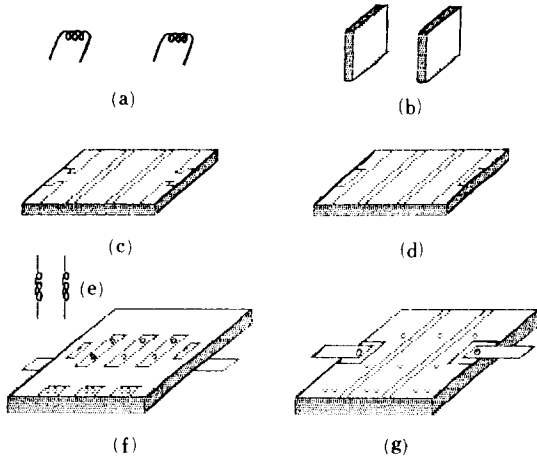


그림 8. 대역여파기 구성부품
 (a) silver-line 인덕터
 (b) 수직 알루미늄 기판 캐패시터
 (c) 수평 알루미늄 기판 캐패시터군의 뒷면
 (d) silver-line 인덕터
 (e) 보조기판 앞면
 (f) 보조기판 뒷면
Fig. 8. Components of band pass filter.
 (a) silver-line Inductor.
 (b) vertical Alumina-substrate capacitor.
 (c) horizontal Alumina-substrate capacitor group.
 (d) back plane of horizontal Alumina-substrate capacitor group.
 (e) silver-line Inductor.
 (f) forward plane of assistant substrate.
 (g) back plane of assistant substrate.

그림 8의 (c)는 5개의 캐패시터를 실현화한 알루미늄 기판이다. 이것의 등가회로가 그림 9에 도시되었다.

그림 8의 알루미늄 기판 캐패시터군 (c)위에 수직 알루미늄 기판 캐패시터를 soldering 하면 이에 대한 전기적인 등가회로는 그림 10의 (b)와 같다.

그림 10의 수평 캐패시터 기판군과 수직 캐패시터 기판의 조합을 그림 8의 보조기판 (f)과 silver-line

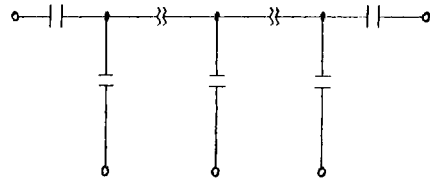


그림 9. 그림 8의 (c)에 대한 전기적인 등가회로
Fig. 9. Electrical equivalent circuit of figure 8(c).

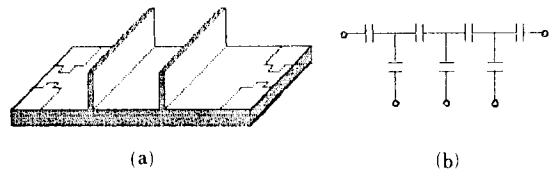


그림 10. (a) 수평 캐패시터 기판군과 수직 캐패시터 기판의 조합
 (b) (a)에 대한 전기적인 등가회로
Fig. 10. (a) Assembly horizontal Capacitor substrate and vertical capacitor substrate.
 (b) Electrical equivalent circuit of (a).

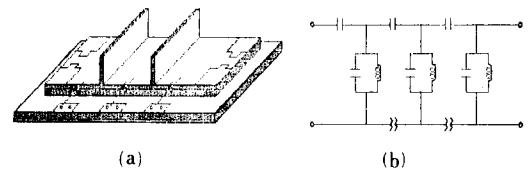


그림 11. (a) 보조기판과 캐패시터 기판 및 silver-line 인덕터의 조합
 (b) (a)에 대한 전기적인 등가회로
Fig. 11. (a) Assembly aid-substrate, capacitor substrate and silver line inductor.
 (b) Electrical equivalent circuit of (a).

인덕터 (e)를 조합하면 그림 11의 (a)와 같으며 전기적인 등가회로는 그림 11의 (b)와 같다.

그림 11의 (b)를 보면 각각의 병렬공진회로가 분리되어 있고 인덕터의 값을 조절함에 따라서 병렬공진회로의 공진점이 변함을 알 수 있다. 시뮬레이션 프로그램에서 캐패시터 값과 인덕터 값을 가지고 식(1)에 의해서 계산된 값을 표 3에 나타내었다.

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{1}$$

표 3. 병렬 공진 주파수 계산

Table 3. Calculation of parallel resonant frequency.

공진 type \ 항목	L (pH)	C (pF)	f (MHz)
(a) 제 1 병렬 공진회로	10.22	2.472	1001.8
(b) 제 2 병렬 공진회로	11.38	2.696	909
(c) 제 3 병렬 공진회로	10.542	2.323	1017.5

표 3에 나타난 공진주파수를 갖도록 Network analyzer를 이용하여 개별적으로 조절한다. 그림 12에 HP 8510 Network analyzer를 이용하여 측정된 값을 나타내었다.

개별적인 공진주파수를 갖도록 조절한뒤 보조기판 뒷면의 분리된 접지면을 soldering하여 공통접지면으로 만든뒤 그림 8의 silver-line 인덕터(그림 8의(a))를 조절하여 cellular system에서 요구되는 특성을 갖는 대역여파기를 제작하였다. 제작이 끝난후 차폐케이스를 soldering 한다.

VI. 측정결과

제작된 BPF의 특성 측정결과를 비교하여 위해서 기존에 상품화되어서 판매되고 있는 Murata사의 세라믹 BPF의 특성이 그림 13에 도시되었다.

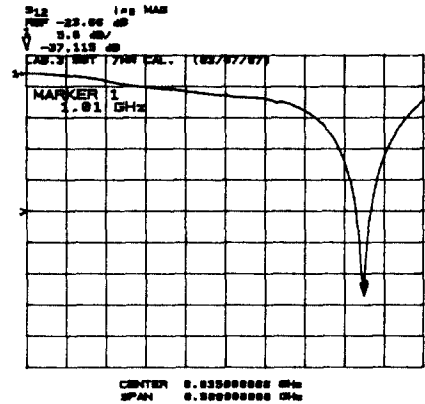
그리고 알루미늄 기판 캐패시터와 silver-Line인덕터를 사용한 cellular system에 적합한 BPF의 측정 결과는 그림 14와 같다.

그림 13과 그림 14를 비교해 볼때 본 논문에서 제안된 대역여파기가 표 1의 명세를 만족하며, 보다 효율적으로 차단대역을 감쇄함을 알 수 있다. 제작된 BPF와 기존의 세라믹 BPF의 특성 비교 도표를 표 4에 보았다.

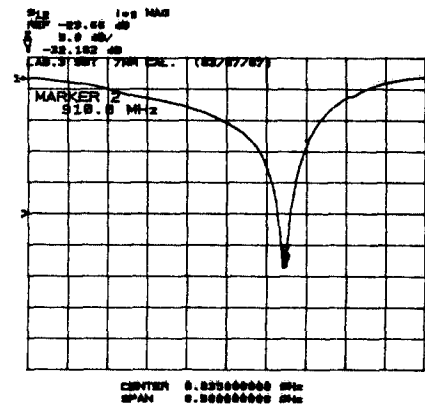
표 4. 제작된 BPF와 기존의 세라믹 BPF의 비교도표

Table 4. Comparison between traditional ceramic BPF and experimented BPF.

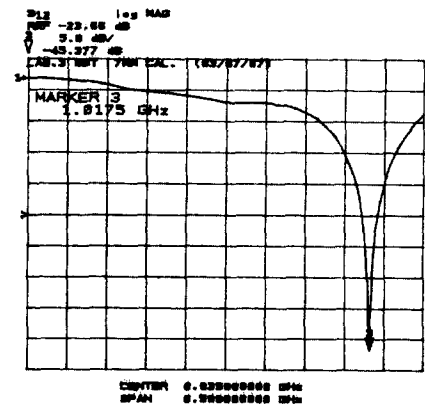
Filter \ 항목	Insertion loss (dB)	Attenuation (dB)	입·출력 VSWR
Murata 송신 BPF	Max 2.02	870 MHz Min 23.8	Min 1.7
제작된 송신 BPF	Max 2	870 MHz Min 32.3	Min 1.7



(a)



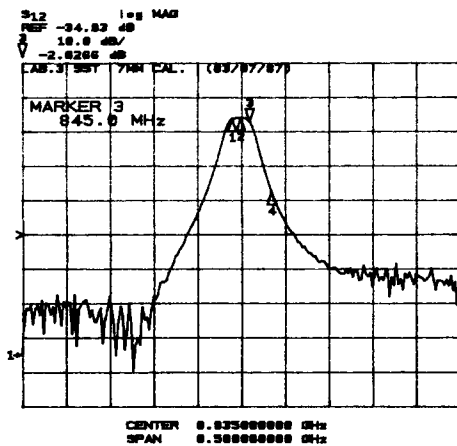
(b)



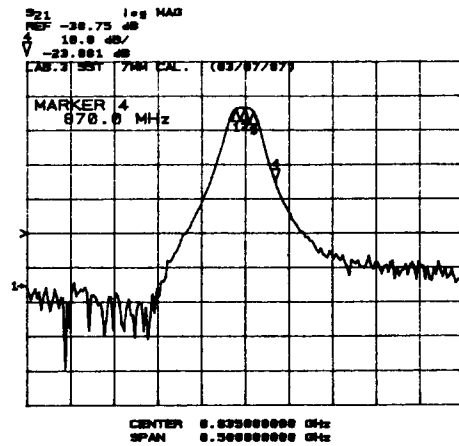
(c)

그림12. Network analyzer로 측정된 병렬 공진주파수

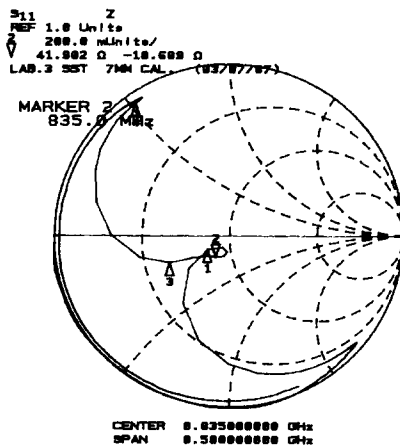
Fig. 12. Parallel resonant frequency measured by Net work analyzer.



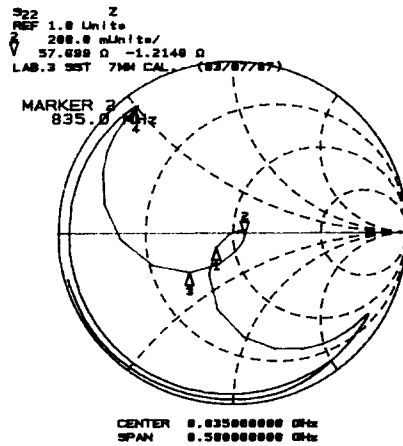
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 13. Murata사의 세라믹 BPF 특성

- (a) 송신 BPF의 전달특성 $|S_{12}|$
- (b) 송신 BPF의 전달특성 $|S_{21}|$
- (c) 송신 BPF의 입력 임피던스 $|S_{11}|$
- (d) 송신 BPF의 출력 임피던스 $|S_{22}|$

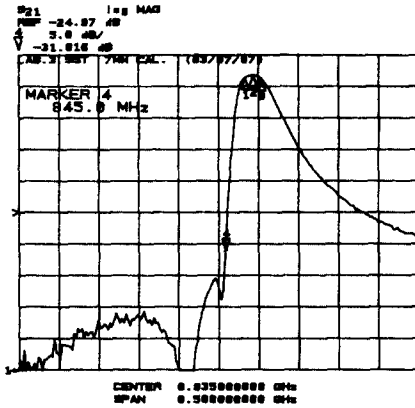
Fig. 13. Ceramic BPF characteristic of Murata Co.

- (a) transmission characteristic of transmitting BPF.
- (b) transmission characteristic of transmitting BPF.
- (c) input impedance of transmitting BPF.
- (d) output impedance of transmitting BPF.

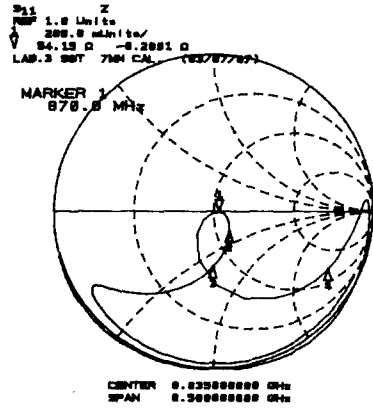
Ⅶ. 결 론

셀룰러 송수신기에서 사용되는 BPF의 특성을 만족시키는 BPF를 제작하였고 이 제작된 BPF가 기존에 사용되고 있는 세라믹 BPF에 비해서 차단 대역특성이 13dB 이상 효과적임을 입증했다. 또한 기존

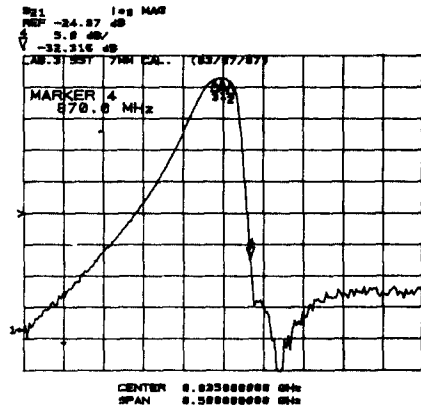
세라믹 BPF의 단점인 부피 및 중량문제를 해결함으로써 소형, 경량화를 추구하는 셀룰러 방식의 휴대용 무선전화기에 적용될 수 있음을 보였다. 세라믹 공진기에 비해서 제작된 BPF는 silver-line인덕터의 유연성(flexibility)으로 인하여 미세조정이 편리하다. 그리고 원가면에 있어서 기존세라믹 BPF에 비해서 1



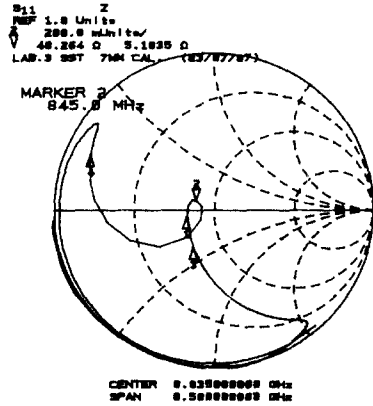
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 14. 알루미늄 기판 캐패시터와 silver-line 인덕터를 사용한 대역여파기

- (a) 수신 BPF의 전달특성 $|S_{21}|$
- (b) 수신 BPF의 입력 임피던스 $|S_{11}|$
- (c) 송신 BPF의 전달특성 $|S_{21}|$
- (d) 송신 BPF의 입력 임피던스 $|S_{11}|$

Fig. 14. Band pass filter which used alumina substrate capacitor and silver-line inductor.

- (a) transmission characteristic of receiving BPF.
- (b) input impedance of receiving BPF.
- (c) transmission characteristic of transmitting BPF.
- (d) input impedance of transmitting BPF.

參 考 文 獻

/3 정도 가격으로 생산할 수 있으며 알루미늄아 수평캐패시터 기판 및 보조기판의 분리형태 제작으로 인하여 각각의 공진회로의 조정이 용이하여 대량 생산이 가능함을 보였다.

- [1] NMT Group, "NMT-900 Technical specification for the mobile station," January 1985.
- [2] G. Mathaei, L. Young, E.M.T. Jones, "Microwave filter, impedance-matching networks

and coupling structure," Artech House Books, pp. 83-773, 1980.

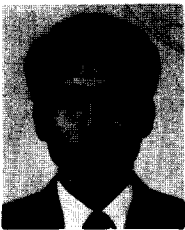
[3] Chris Bowick, "RF circuit design," Howard W. Sams & Co., pp. 31-65, 1982.

[4] Inder Bahl, "Microwave solid state circuit design," John Wiley & Sons, pp. 237-293, 1988.

[5] Leo Young, "Advances in Microwaves," vol. Supplement Microwave filter and circuits, 1970.

[6] T.C. Edwards, "Foundations for microstrip circuit design," John Wiley & Sons, pp. 34-124, 1981.

著 者 紹 介



金 鍾 珉 (準會員)

1966年 12月 10日生. 1988年 2月 광운대학교 전자공학과 졸업. 1988년 3월~현재 광운대학교 대학원 전자공학과 석사과정. 주관심 분야는 위성통신, 전자파해석 등임.



河 相 旭 (正會員)

1961年 11月 27日生. 1984年 2月 금오공과대학 전자통신공학과 졸업 공학사학위 취득. 1984년~현재 삼성전자통신연구소 무선연구실 주임연구원. 주관심분야는 Frequency Synthesizer, 이동통신 무선전화기 단말기 분야등임.



金 鍾 海 (正會員)

1961年 6月 1日生. 1984年 2月 광운대학교 전자공학과 졸업. 1986年 2月 광운대학교대학원 전자공학과 졸업 공학석사 학위취득. 1986年 1월~현재 삼성전자통신연구소 무선연구실 주임연구원. 주

관심분야는 이동체 통신을 위한 소형단말기 연구 및 개발 등임.



羅 克 煥 (正會員)

1950年 10月 13日生. 1973年 연세대학교 전자공학과 졸업. 1977年 연세대학교대학원 전자공학과 졸업 공학석사 취득. 1981年 불란서 Toulouse의 ENSEEIHT 대학 전자과 공학박사 취득. 1977년~1978年 아주대학교 전임조교. 1987年 미국 COMSAT 연구소 방문교수. 1981년~현재 광운대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 초고주파회로설계, Numerical Analysis 등임.