

GaAs 기판을 이용한 5.8 GHz 소형 필터제작

Fabrication of a Miniaturized 5.8 GHz Filter using a GaAs Substrate

송기영^{1,a}, 김경택¹, 정성혜²

(Ki-Young Song^{1,a}, Kyoung-Taek Kim¹, and Sung Hae Jung²)

Abstract

A microstrip filter has been designed and fabricated in hairpin form on a GaAs substrate and its characteristics such as the insertion loss, return loss, and bandwidth have been investigated. The presented filter is realized with relatively small size, 4.5 by 3.6 mm. The insertion loss and return loss of the filter are 1.17 dB and 30 dB, respectively. The filter exhibits 3 dB-bandwidth of 350 MHz at the center frequency, 5.890 GHz. The experimental results show good agreement with the numerical ones. However, the measured center frequency is about 100 MHz higher than the designed one.

Key Words : Microstrip, Filter, 5.8 GHz, Bandpass

1. 서론

5.8 GHz 대의 bandpass 필터는, 이동 통신의 발달과 함께 최근 그 쓰임새가 다양해지고 있는 ITS나 WLAN (무선LAN) 등을 위한 용도로 많은 연구가 이루어지고 있다[1,2]. 특히 기능의 다양화를 추구하고 있는 휴대용 통신기기의 발달은 무선 통신용 소자들의 소형화를 요구하고 있으며, MIC나 MMIC 등의 제작법에 의해 경량화 및 집적화가 이루어지고 있다.

Tsujiguchi[3] 와 Di[4]는 hairpin resonator 를, Murase[5] 는 매우 큰 유전상수(K=110) 를 가진 기판을 사용하여 각각 5 GHz 대역의 소형 bandpass 필터를 제작하였다. 유전 상수가 큰 기판을 사용할 경우 유효파장(effective wavelength)이 작아지기 때문에 필터의 크기를 줄일 수 있다. 그러나 이런 경우 동일한 칩 위에 시스템 전체를

집적화시키는데 문제가 있다. 한편 반도체를 기판으로 하여 MMIC에 의한 필터를 제작할 경우 집적화에는 유리하나 유전 상수나, Q-factor 등으로 인해서 그 성능이 제한된다.

한편 국내에서는 쌍신 전자, 삼성, LG 등이 크기가 $3.6 \times 3 \times 1.5 \text{ mm}^3$ 인 2 ~5 GHz 대역용 세라믹 필터를 제작하고 있다. 그러나 세라믹 필터의 경우 경량화와 동일한 칩의 사용을 어렵게 하는 문제점 등이 있다.

본 실험에서는 유전 상수가 12.9인 GaAs를 기판으로 하여, 전체의 크기가 $4.5 \times 3.6 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 이고, 중심주파수와 밴드 폭이 각각 5.775 GHz 및 350 MHz인 마이크로스트립 필터를 hairpin형으로 설계 제작하고 그 특성을 조사하였다. 설계는 ADS momentum simulator를 사용하였으며, 제작은 MMIC에 의해 이루어 졌다.

2. 설계 및 제작

본 실험에서 제작된 마이크로스트립 bandpass 필터의 설계 사양은 표 1 에서 보는 바와 같다. 기판으로는 유전 상수가 12.9, 두께가 500 μm 인 GaAs를 사용하였고 conducting material로는 Au 를 사용 하였다. 설계된 필터의 크기와 모양은 그림 1에 나타나 있다. Port와 gap사이 길이는 정합

1. 한남대학교 광·전자물리학과
(대전시 대덕구 오정동 133)

2. 한국전자통신연구원

a. Corresponding Author : gysong@hannam.ac.kr

접수일자 : 2003. 12. 24

1차 심사 : 2004. 1. 8

2차 심사 : 2004. 4. 8

심사완료 : 2004. 4. 24

(matching)을 위해서 $\lambda_g/2$ 가 되도록 하였으며 전체의 크기는 $4.5 \times 3.6 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 이 되도록 하였다. 마이크로스트립 라인의 굴곡부에서 발생할 수 있는 기생 커패시터(parasite capacitance)효과를 최소화하기 위해서 굴곡부의 모퉁이를 그림 2와 같이 사각(斜角)으로 하였다.

시뮬레이션 결과에 따른 필터의 제작을 위해서, 본 실험에서는 두께가 $620 \mu\text{m}$ GaAs 웨이퍼를 이용하였다. 패턴은 GaAs 웨이퍼 위에 PR AZ5214를 $1.8 \mu\text{m}$ 코팅한 후 이미지 반전기법을 이용하여 형성시켰다. 이 과정에서 시드(seed)금속으로는 Ti와 Au를 사용하였으며 각각 500 \AA 과 7500 \AA 으로 코팅한 후 lift-off 시켰다. GaAs 웨이퍼의 두께가 $500 \mu\text{m}$ 되도록 PMMA와 사파이어 웨이퍼를 이용하여 연마하였으며 연마 가공된 웨이퍼의 뒷면에 시드 금속 Ti와 Au가 각각 500 \AA 과 3000 \AA 이 되도록 코팅하였다. 시드(seed) 금속위에 Au로 $3 \mu\text{m}$ 을 코팅한 후 사파이어와 PMMA를 분리 제거시킴으로써 필터를 제작하였다. 제작된 필터는 그림 3에서 볼 수 있다.

표 1. 밴드패스 필터의 설계사양.

Table 1. Design specifications for the bandpass filter.

Central frequency	5.775 GHz	W(선폭)	0.36 mm
Bandwidth	350 MHz	$\lambda_g/4$ (λ_g :유효파장)	4.91 mm
Insertion loss	1.0 dB	ϵ_e (실효유전율)	8.46
Return loss	45 dB	크기	$4.5 \times 3.6 \text{ mm}^2$

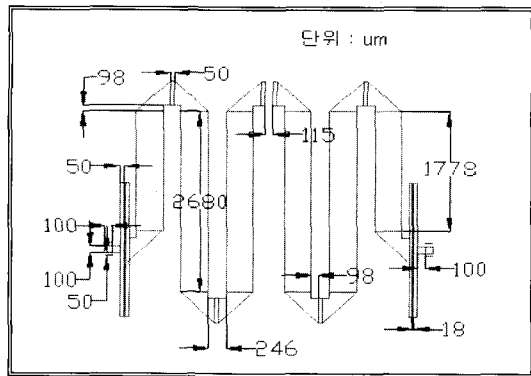


그림 1. 중심 주파수가 5.775 GHz 인 bandpass 필터의 설계도.

Fig. 1. The layout of the bandpass filter with the center frequency of 5.775 GHz.

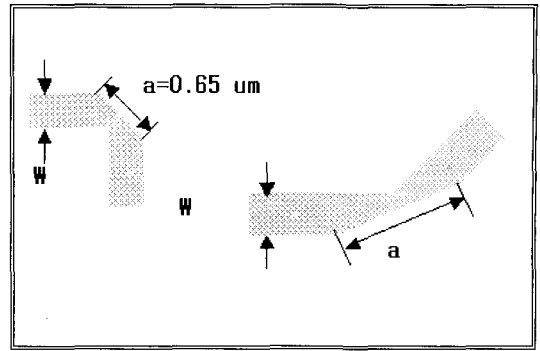


그림 2. 기생 커패시터(capacitance) 효과를 줄이기 위하여 마이크로 스트립 라인의 모퉁이를 잘라냄.

Fig. 2. We cut corners off microstrip lines to reduce the parasitic capacitance effect.

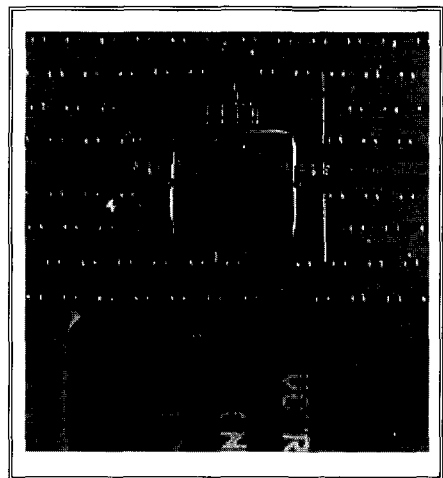


그림 3. 제작된 필터의 사진.

Fig. 3. The photograph of the fabricated filter.

3. 결과 및 고찰

그림 4와 5는 본 실험에서 설계, 제작되어진 bandpass 필터의 주파수 특성을 보여 주고 있다.

측정은 PNA Series Network Analyzer (Agilent E8358A)를 이용하였으며, 칩 형태의 필터를 CPW 형태의 COB(chip on board)위에 은 접착제를 이용하여 고정시킨 후 Au wire 로 접착(bonding)하였다. 측정시 open, short, through 형태의 보드를 제

작한 후 측정된 값을 칩 형 필터의 측정값에서 보정하여 de-embedding을 하였다. 정합(matching) 상태는 그림 5의 smith chart에서 볼 수 있다. 이때 V.S.W.R.값은 1.06으로서 측정 시 정합은 잘 되었다고 볼 수 있다.

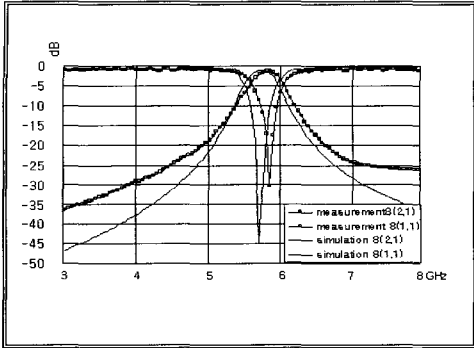


그림 4. Bandpass필터의 주파수 특성.
Fig. 4. The frequency characteristics of the bandpass filter.

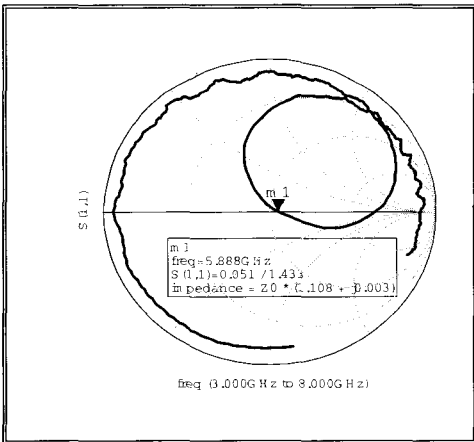


그림 5. Bandpass 필터의 S11 주파수 특성.
Fig. 5. Frequency-dependent S11 properties of the bandpass filter.

그림 4에서 보는 바와 같이 중심주파수는 시뮬레이션 값과 실제 측정된 값 사이에 약 100 MHz 정도 차이가 난다. 이것은 계산시 사용된 기판의 유전율(12.9)과 기판 두께의 값이 실제 값과 tolerance가 8 %정도 다소 오차가 있기 때문으로 보여 진다. 밴드폭은 3 dB를 기준으로 측정 하였

으며 350 MHz의 값을 가졌으며 Q값은 약 16.75값을 나타내었다.

삽입손실(S_{21})과 반사손실(S_{11})의 측정값은 각각 1.17 dB 및 30 dB를 얻을 수 있었다. Attenuation은 3 GHz에서는 36 dB이였으며, 8 GHz에서는 26 dB값을 가졌다. 측정 결과는 시뮬레이션 값과 비교하여 표 2에 정리되어 있다.

전체적으로 볼 때, 본 실험에서 제작된 5.8 GHz 대의 bandpass필터는 최적 치인 시뮬레이션 값과 차이가 나는 것은 製作 과정상의 GaAs 기판 두께가 475 μm 으로 편차(<5 %) 및 금속 선폭 편차(<3%)의 "limited tolerance"[6]에 기인하는 것으로 보여 진다.

표 2. 필터 특성의 시뮬레이션값과 측정된 값.
Table 2. The characteristics of the bandpass filter from simulation and measurement.

	Simulation	Measurement
Center frequency	5.775 GHz	5.89 GHz
Passband width	350 MHz (5.59-5.94 GHz)	350MHz (5.69-6.04 GHz)
Insertion loss	1.0 dB	1.17 dB
Return loss	45 dB	30 dB
V.S.W.R.	1.0	1.06
Attenuation		
At 3.0 GHz	46 dB	36 dB
At 8.0 GHz	36 dB	26 dB

4. 결론

본 논문에서는 근거리 무선 통신에 적합한 5.8 GHz 대의 소형 bandpass 필터를 GaAs 기판위에 설계하여 집적화가 용이한 MMIC 방법에 의하여 필터를 제작하였다. ADS momentum simulator로 시뮬레이션하고 이를 GaAs 기판위에 제작하여 그 특성을 조사 한 결과 필터의 삽입손실과 반사손실의 측정값은 각각 1.17 dB 및 30 dB로서 실용화 한계치인 3 dB 나 10 dB 값 보다 양호한 값을 얻었다. Attenuation은 3 GHz에서는 36 dB이였으며, 8 GHz에서는 26 dB값을 가졌다. 또한 중심주파수의 측정값은 5.89 GHz로써 설계 치인 5.775 GHz보다 115 MHz정도 높은 값을 나타내었으며, 3-dB 대역폭의 측정치는 350 MHz로서, 일반적으로 근거리 무선 통신에서 요구되는 100 MHz 대

역 보다는 광대역 특성을 나타내었다. 본 실험의 결과로 부터, 향후 hairpin형 필터와 안테나를 결합한 초소형 안테나 모듈을 제작할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한남대학교 2003년도 교비 지원에 의해 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Ohk-Kun Lim, Joon-Ik Lee, Yong-Jun Kim, and Jae-Yeong Park, "A compact integrated band-pass filter on a low-dielectric constant polyimide dry film", *Microwave and Optical Technology Lett.*, Vol. 40, No.2, p. 177, 2004.
- [2] S. Pinel, S. Chakraborty, M. Roelling, R. Kunze, S. Mandal, H. Liang, C-H. Lee, R. Li, K. Lim, G. White, M. Tentzeris, and J. Laskar, "3-D integrated LTCC module using μ BGA technology for compact C-band RF front-end module", *IEEE MTT-S Digest*, p. 1553, 2002.
- [3] Tatsuya Tsujiguchi, Haruo Matsumoto, and Toshio Nisikawa, "A miniaturized end-coupled band pass filter using $\lambda/4$ hair-pin coplanar resonators", *IEEE MTT-S Digest*, p. 829, 1998.
- [4] Y. Di, P. Gardner, P. S. Hall, and H. Ghafouri-Shiraz, "Multi-coupled microstrip hairpin-resonator filter", 2002 3rd International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings, p. 1051, 2002.
- [5] Motonori Murase, Yutaka Sasaki, Akihiro Sasabata, Hiroaki Tanaka, and Youhei Ishikawa, "Multi-chip transmitter/receiver module using high dielectric substrates for 5.8 GHz ITS applications", *IEEE MTT-S Digest*, p. 211, 1999.
- [6] Raghu Kumar Settaluri, Andreas Weisshaar, and Vijai K. Tripathi, "Design of compact multilevel folded-line bandpass filters", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 49, No. 10, p. 1804, 2001.