

소형의 고감쇄 특성을 가지는 고출력용 세라믹 도파관 대역통과 여파기의 설계

*김종철, 김승완, 송두희, 이기진
서강대학교 물리학과, 바이오융합
e-mail : kjchel00@hanmail.net, klee@sogang.ac.kr

Design of Miniature High Power WG ceramic BPF with Improving characteristic

*JongChel Kim, Seungwan Kim, DooHee Song, KieJin Lee
Department of Physics, Sogang University

Abstract

By using a ceramic material with dielectric constant 37, the miniature waveguide ceramic bandpass filter was implemented. The proposed waveguide ceramic bandpass filter was based on the mode matching method and simulation process. For overcoming high power, We used the connector at in/output of waveguide ceramic bandpass filter. The result of power test satisfied the 30W. The product will be used as a part of repeater for wibroband.

I. 서론

무선 이동통신 서비스가 대중화됨에 따라 무선중계 장치에 대한 수요가 급증하면서 높은 주파수 선택도와 소형 경량화 된 중계 장치에 대한 필요성이 절실해지고 있다. 특히 중계 장치용 여파기의 무게 및 부피를 최소화하고 특성을 만족하는 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 현재 대역통과 여파기는 공동공진기 여파기(cavity filter)를 사용하고 있으나 계속적으로 무게와 부피를 크게 줄인 유전체 세라믹 여파기의 요구가 증가하고 있다. 그러나 TEM모드를 사용하는 유전체 세라믹 여파기는 품질계수Q가 낮고 더욱이 고전력에 견

디기 어려워 1W이하의 저전력용에 한정되어 사용되고 있다.

본 논문에서는 비유전율 ϵ_r (dielectric Constant) 37의 유전체를 사용하여 무게와 부피를 크게 줄이면서 도파관 형태의 TE모드를 사용하여 품질계수 Q값을 높였으며, 고전력에 한계를 가지고 있는 TEM모드형 유전체 세라믹 여파기의 문제점을 해결하고자, 입력과 출력전극에 직접 컨넥터를 연결할 수 있도록 하여 30 W이상에서도 사용이 가능한 세라믹 도파관 대역통과 여파기를 설계하였다.

II. 본론

2.1 도파관 대역통과 여파기의 설계

비유전율(ϵ_r)이 큰 유전체로 채워진 도파관 여파기는 유전체에 대부분의 전자계가 집중되기 때문에 크기가 $\sqrt{\epsilon_r}$ 에 비례하여 작아진다. 또한 도파관 형태의 TE모드를 사용하므로 TEM모드를 사용하는 여파기에 비하여 상대적으로 품질계수 Q를 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 Konish가 제안한 유전율이 높은 세라믹이 채워진 도파관의 불연속면 도파관 구조를 해석하고 모드매칭 방법으로 S 파라미터를 유도하여 식(1), (2)와같이 S_{11} 과 phase값을 각각 구할 수 있었다.

$$|S_{11j-1,j}| = \frac{k_{j-1,j}^2 - 1}{k_{j-1,j+1}^2 + 1} \quad (1)$$

$$\Phi = \angle(S_{11}) \quad (2)$$

2.2 도파관 대역통과 여파기의 최적화

유전체 세라믹 도파관의 치수는 시뮬레이션(Ansoft사의 HFSS)을 사용하여 그림1의 설계과정을 거쳐 최적화하였다. 전기적 사양은 현재 많은 관심을 가지고 있는 와이브로대역으로 2.3 GHz의 중심주파수에 주파수대역을 100 MHz로하고 return loss와 insertion loss를 각각 -15 dB, -1dB로 하여 전체적인 크기와 고전력 테스트를 수행하였다.

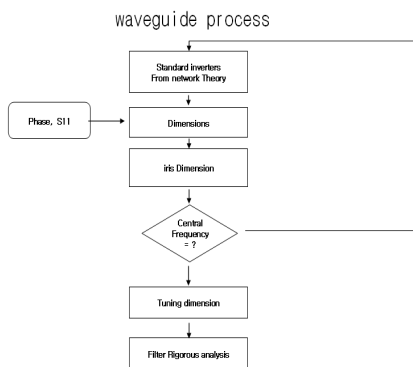


그림 1. 도파관 여파기 설계과정

또한 고전력에 견디기 위하여 입력과 출력 전극에 원통 홈을 깊게 내어 원통 홈의 지름, 깊이 그리고 위치를 변화시켜 초단의 S 파라미터와 phase의 값에 맞도록 최적화하여 임피던스매칭을 맞추고 공진 주파수를 얻을 수 있도록 하였다.

III. 구현

구현된 도파관 대역통과 여파기는 그림2와 같이 총 5단으로 폭 9.0mm×높이 4.5mm×길이 67.5mm를 가지도록 제작하였다. 특성치는 그림3과 같이 100 MHz의 주파수대역과 -15dB 의 return loss 그리고 -1dB 이내의 insertion loss를 얻을 수 있었다. 고전력 테스트는 표1과 같이 EVM (Error Vector Magnitude) 테스트와 출력레벨에서의 불요방사 측정값을 @45dBm (~30W)까지 실시하였다.

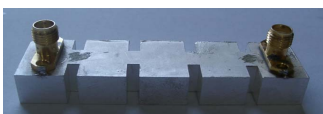


그림 2. 제작한 도파관 여파기의 사진

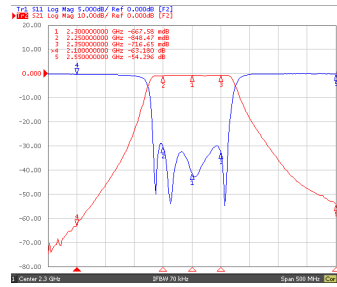


그림 3. 도파관 여파기의 전기적특성 그래프 표1.

출력레벨	EVM ¹⁾ TEST	불요방사 측정값 ²⁾
20dBm	1.72%	-53.02dB @4.77MHz ³⁾
25dBm	1.55%	-53.88dB @4.77MHz
30dBm	1.47%	-51.64dB @4.77MHz
35dBm	1.49%	-48.15dB @4.77MHz
40dBm	1.47%	-45.45dB @4.77MHz
45dBm	1.47%	-40.81dB @4.77MHz

주1) 일반적인 Cavity필터의 EVM : 1.47% @45dBm(30W)

주2) 일반적인 Cavity필터의 불요방사 측정값 : -53.92dB (@45dBm)

주3) 1st FA 중심주파수로부터 4.77MHz 떨어진 지점의 값

IV. 결론 및 향후 연구 방향

유전체 세라믹을 재료로 도파관형태의 대역통과 여파기를 제작하기 위해서는 유전체재료의 특성을 이해하여야한다. 또한 주파수전압이 공급되는 air와 유전체간의 불연속면인 입출력단에서 임피던스매칭이 되도록 S파라미터와 phase를 찾아야한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 이용하여 도파관의 치수를 최적화하고 30W의 높은 전력에 견딜 수 있도록 입출력 전극에 원통 홈을 내어 직접 컨넥터를 연결하였다. 와이브로대역인 2.3 GHz 를 기준으로 구현하였으며 계속적으로 DMB 및 4세대 통신으로 예상되는 5 GHz 이상에서도 구현이 가능하도록 설계 과정에 역점을 두었다.

참고문헌

[1] David M. Pozar, "Microwave Engineering"
 [2] Uher, Artech Hous, "Waveguide Components for Antenna Feed Systems: Theory and CAD"
 [3] George L. Matthaei, Leo Young, E.M.T. Jones, "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures"
 [4] Luk Leung, "Dielectric Resonator Antennas"