

5.8GHz ISM밴드용 평행 결합선로 대역통과 여파기의 설계

장인석, 손태호
순천향대학교 공과대학 정보통신공학과
e-mail: thson@sch.ac.kr

Design and Fabrication of Parallel Coupled Line Band Pass Filter for 5.8GHz ISM Band

Inseok Jang, Taeho Son
Info. & Comm Eng. Soonchunhyang Univ.

요 약

본 논문에서는 5.8Ghz ISM대역 평행 결합선로 대역통과 여파기를 설계 제작하였다. 기본적인 설계는 지역통과 여파기에서 대역통과 여파기로 변환한 후, 직·병렬 공진기를 이용한 설계와 J-인버터를 이용해 평행 결합선로 대역통과 여파기를 구현하였다. 2개의 공진 주파수를 실제로 구현하기 어렵기 때문에 하나의 공진기만을 사용하기 위해 인버터를 사용하였다. 또한 실제적인 마이크로스트립 라인의 layout크기를 결정하기 위해 우수·기수 모드 임피던스를 해석하고 근사식을 통해 스트립라인의 치수를 결정하였다. 이런 과정을 토대로 5.8GHz ISM밴드용 평행 결합선로 대역통과 여파기를 설계, 제작하였다.

I. 서 론

무선통신 분야에서 널리 쓰이는 대역통과 여파기는 원하는 대역의 주파수를 통과시키는 특성을 가지고 있으며, 불필요한 고조파 성분을 제거하는 기능이 있다. 대역통과 여파기의 성능에 따라서 주파수의 감쇠에 영향을 미치며, 불필요한 주파수의 간섭이 없는 경우 원하는 신호를 얻을 수가 있다.

본 논문에서는 마이크로스트립 선로를 이용한 평행 결합선로 대역통과 여파기로 end coupling type에 비해 길이가 작고 커플링 면적이 넓은 edge coupling type을 적용하였다. 여파기의 제원은 5.8 Ghz ISM 대역 (5.725Ghz~5.85Ghz)으로 125Mhz의 대역폭을 기준으로 설계하였으며, 실제적인 마이크로스트립 layout 크기를 결정하기 위하여 우수/기수 모드 임피던스를 구하고, 근사방법을 적용하여 스트립 라인의 치수를 결정하였다. 설계를 위한 시뮬레이션은 HFSS를 이용하였다.

II. 평행 결합선로 여파기 설계

마이크로스트립 라인의 대역통과 여파기의 실현에는 두 가지 종류가 있다. 이런 종류에는 근접한 공진기 사이의 평면 coupling을 이용한, end coupling 과 edge coupling 방법이 있다. 이 중 end coupling type은 parallel coupling type에 비해서 2배의 길이를 차지하며, 커플링 면적이 적으므로 삽입 손실이 크다. 이에 비해서 parallel coupling type은 길이가 작아지며 커플링 면적도 넓은 장점을 갖는다.

그림1은 end coupling type을 나타내고, 그림2는 parallel coupling type을 나타낸다.



그림 1. End 결합상태

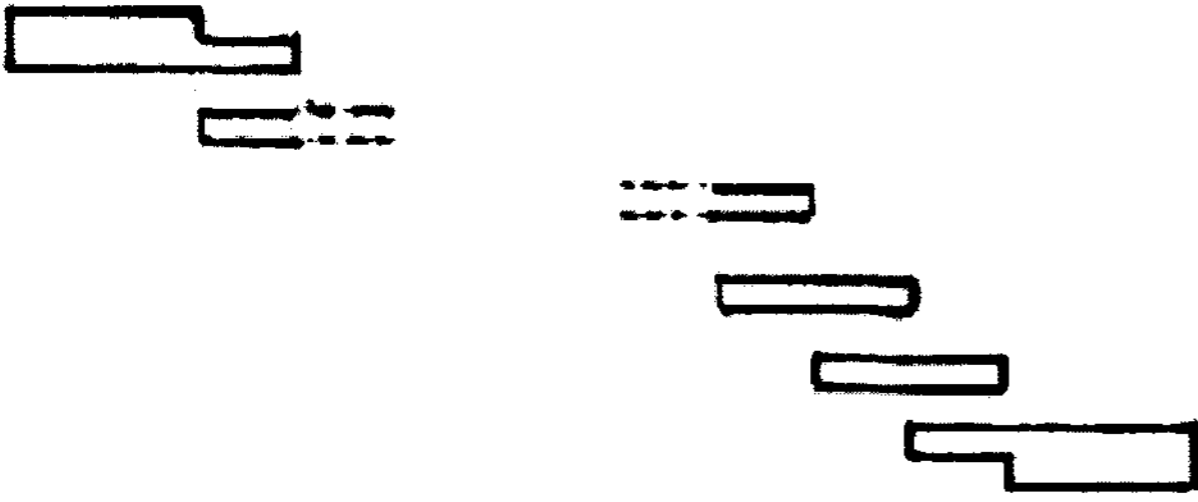


그림 2. 평행 결합상태

최대 커플링을 얻기 위해서 각 resonator element 는 길이가 $\lambda_g/2$ 이며, coupling region은 $\lambda_g/4$ 일 때, 평행 마이크로스트립 선로에서 최대의 커플링이 일어난다. 본 논문에서는 0.01dB 리플의 체비셰프 형태의 평행 결합선로 대역통과 여파기를 설계하고자 한다. 이를 위해 먼저 prototype 저역통과 여파기를 설계한다. 단수(n)를 정하기 위해서 주파수(LPF → BPF) 변환하고 단수를 결정한다.

$$\omega \leftarrow \frac{1}{\Delta} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \quad \omega = -4.72$$

$$\therefore \left| \frac{\omega'}{\omega_1} \right| - 1 = 3.72 \quad (1)$$

표 1. 체비셰프 저역통과 기본형 필터 소자값

n의 값	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}
0.01 dB 리플											
1	0.0960	1.0000									
2	0.4488	0.4077	1.1007								
3	0.6291	0.9702	0.6291	1.0000							
4	0.7128	1.2003	1.3212	0.6476	1.1007						
5	0.7563	1.3049	1.5773	1.3049	0.7563	1.0000					
6	0.7813	1.3600	1.6896	1.5350	1.4970	0.7098	1.1007				
7	0.7969	1.3924	1.7481	1.6331	1.7481	1.3924	0.7969	1.0000			
8	0.8072	1.4130	1.7824	1.6833	1.8529	1.6193	1.5554	0.7333	1.1007		
9	0.8144	1.4270	1.8043	1.7125	1.9057	1.7125	1.8043	1.4270	0.8144	1.0000	
10	0.8196	1.4369	1.8192	1.7311	1.9362	1.7590	1.9055	1.6527	1.5817	0.7446	1.1007

표 1은 0.01dB 리플 특성을 가지는 체비셰프 저역통과 기본형 필터에 대한 소자값으로 n=3일 때 각각의 값을 구할 수 있다. 또한 슬롯 파라미터에 의해 J-인버터로 표현된 식2에 대입하여 종단 어드미턴스와 전송선로의 어드미턴스가 같은 결합선로의 Z_{0e} 와 Z_{0o} 를 구할 수 있다.

$$J_{01} = Y_0 \sqrt{\frac{\pi w}{2\omega_1 g_0 g_1}}$$

$$J_{j,j+1} = \frac{1}{2} Y_0 \pi w \sqrt{\frac{1}{(\omega_1' g_j)(\omega_1' g_{j+1})}} \quad (2)$$

$$J_{n,n+1} = Y_0 \sqrt{\frac{\pi w}{2\omega_1' g_n g_{n+1}}}$$

평행 결합선로 우수/기수 모드의 특성 임피던스 Z_{0e} 와 Z_{0o} 로부터 스트립 선로의 폭과 길이를 구하고, 선로의 근사 설계식을 토대로 그림 3과 같이 시뮬레이션 할 수 있다.

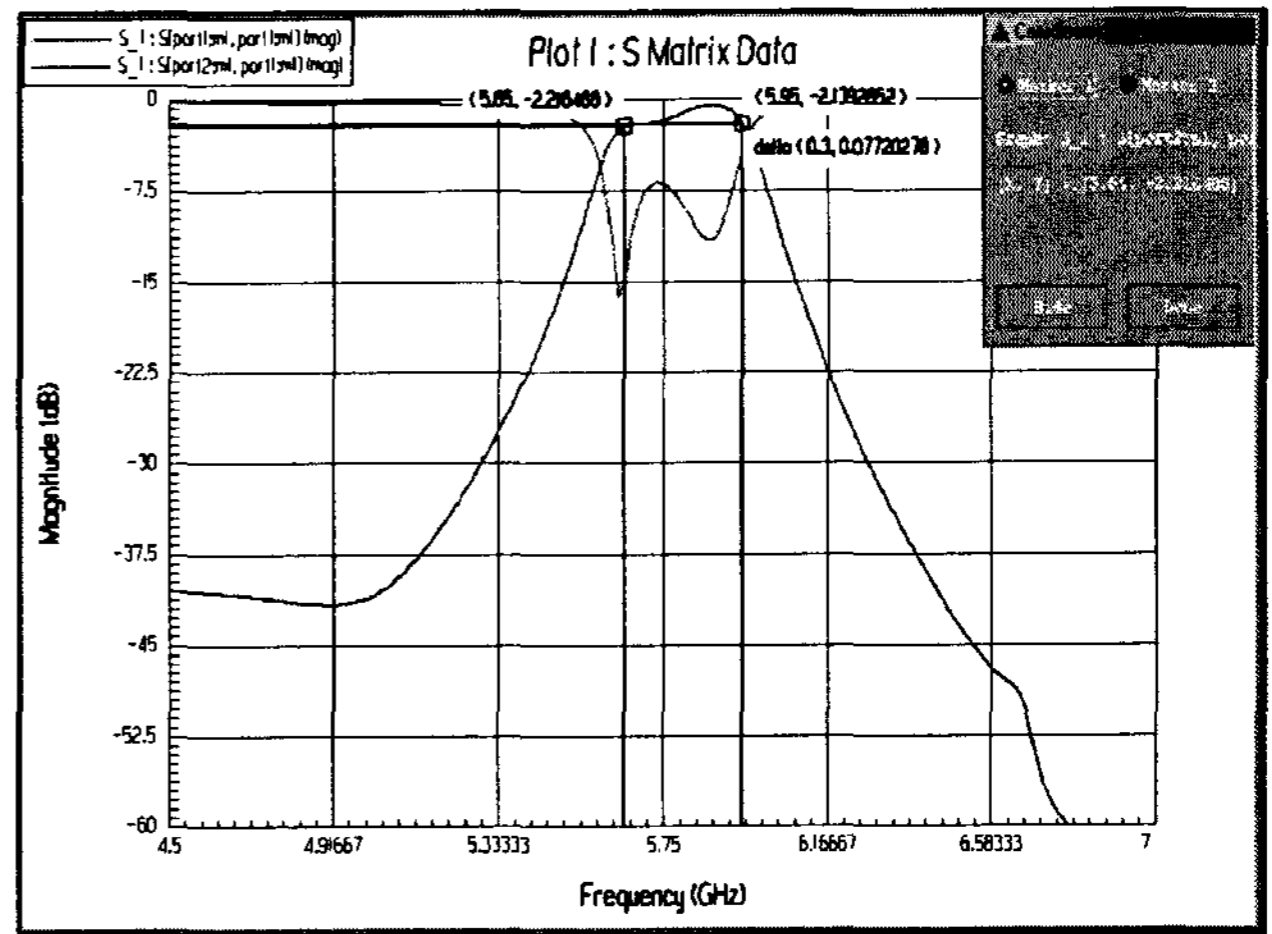
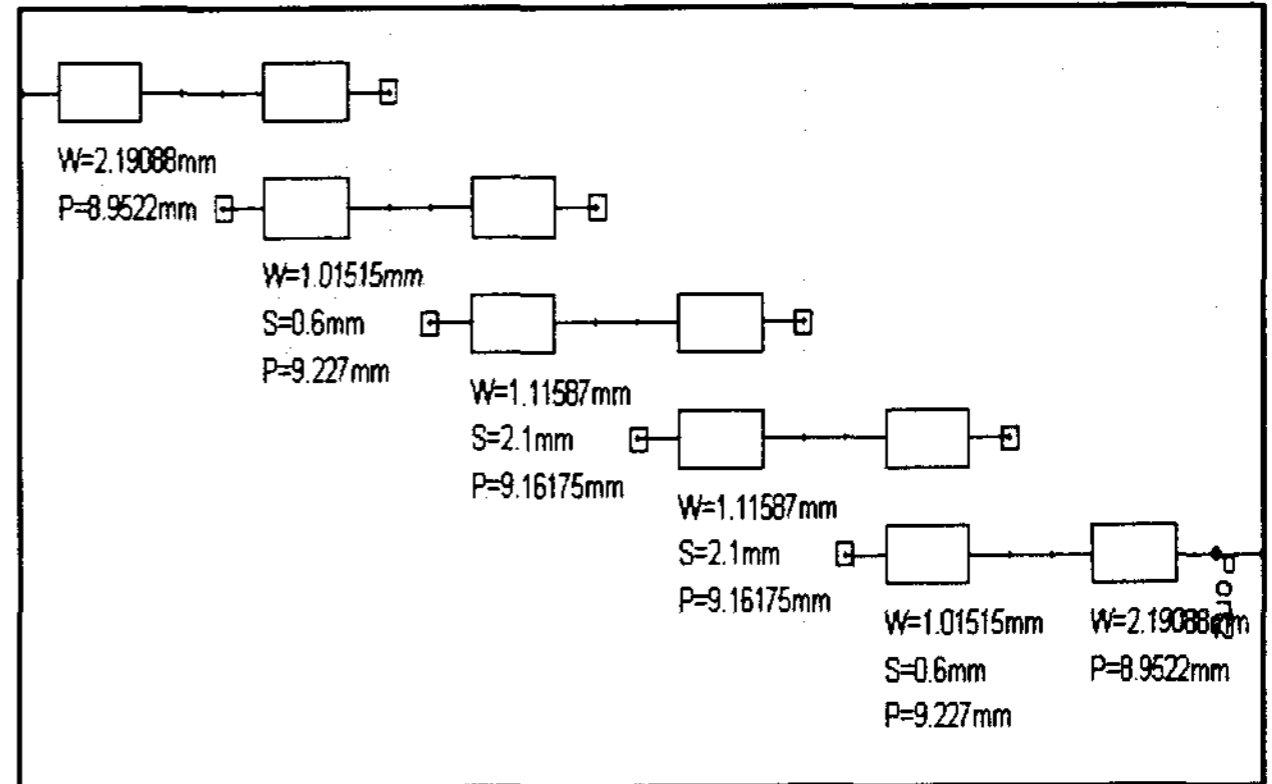


그림 3. 평행 결합선로 폭과 길이(위), 시뮬레이션 결과(아래)

III. 제작 및 측정

그림 4는 설계치를 바탕으로 제작한 평행 결합선로 대역통과 여파기이다.

IV. 결론

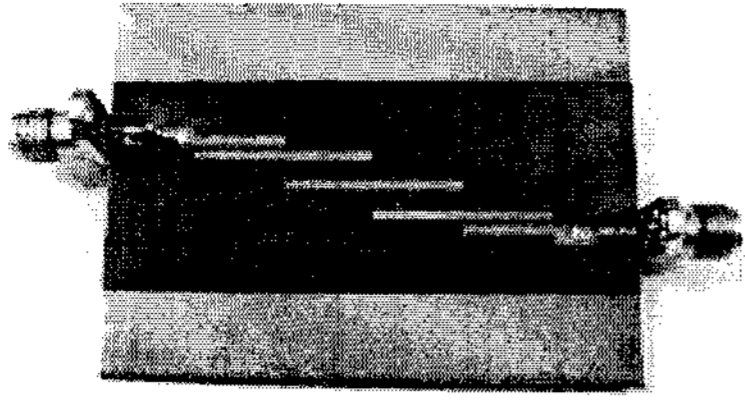


그림 4. 평행 결합선로 대역통과 여파기

그림 5는 제작한 평행 결합선로 여파기의 측정 결과로 통과대역에서 -15dB의 특성을 통과대역 중심 주파수에서 -28dB 특성을 보이고 있다.

본 논문에서는 5.8GHz ISM밴드 평행 결합선로 대역통과 여파기를 설계하고 제작하였다. 스트립선로의 커플링 방법은 end coupling type에 비해 길이가 작고 coupling 면적이 넓은 edge coupling type을 적용했다. 이를 바탕으로 설계하고 제작해 측정한 값은 중심 주파수에서 설계치 보다 약간 하향 했으며, 반사손실의 경우 통과대역에서 -15dB, 중심 주파수에서 -28dB 특성을 보였다. 또한 통과대역에서 S21값은 -4dB ~ -3dB의 통과특성을 보였다.

참고문헌

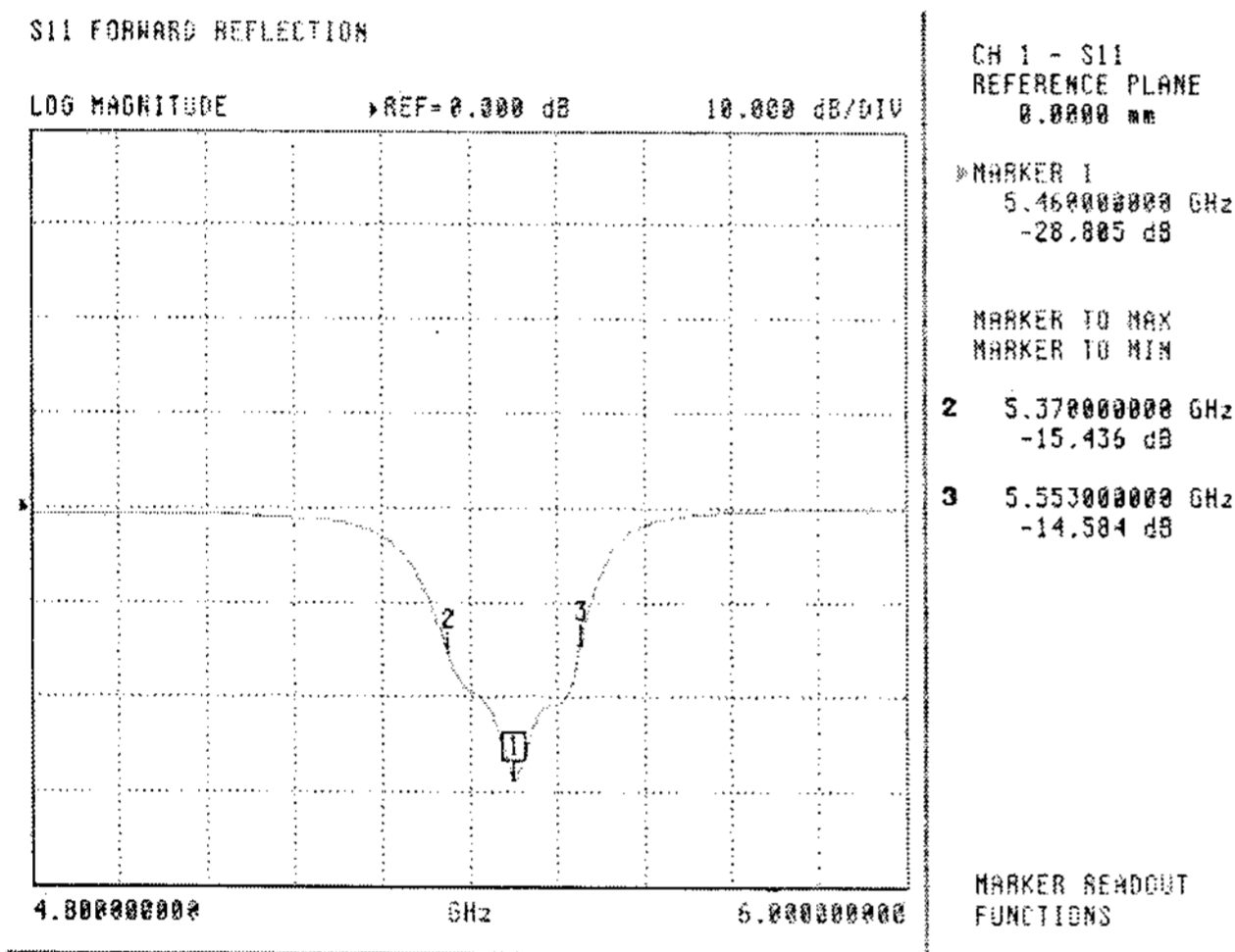


그림 5. S11 특성결과

그림 6은 통과특성 측정값으로 5.37GHz~5.55GHz에서 약 -3dB의 통과특성을 보이고 있다.

- [1] S.B cohn, "Direct coupled resonator filter". Proc. IRE, vol.45,pp187-196;Fre,1957.
- [2] George L. Matthaei Leo Young and E M.T Jones, "Microwave Filter Impedance Matching Networks and coupling structures".
- [3] 안 달, "Direct Coupled 형태의 대역통과 필터의 변환 함수".
- [4] 김동주, "2.4Ghz대의 무선수신 시스템 구현을 위한 BPF.", 순천향대학교 ,2002.
- [5] David M. Pozer "Microwave engineering", John wiley&sons, INC 2nd Ed.
- [6] S.B cohn, "Shield coupled-strip transmission line.", IRE Trans.,vol. MTT-3 ,PP29 - 38, October, 1955.

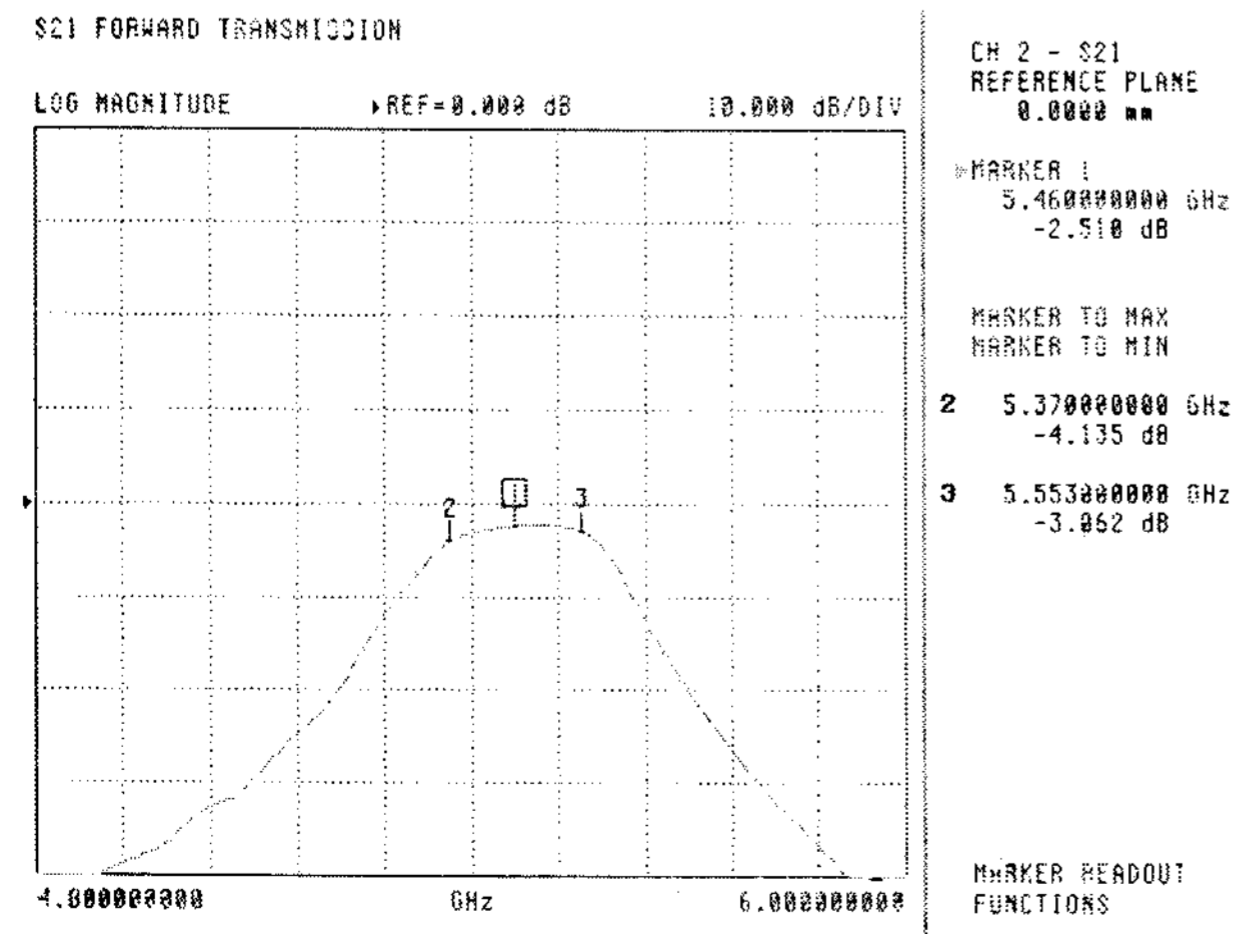


그림 6