

# 결합계수법을 이용한 3D 구조의 Air Cavity Filter 설계 연구

정관훈, 강태훈, 김지원, 이예지, 구서, 안달

순천향대학교

jkh0921j@sch.ac.kr

## A Study on 3D Structure Design of Air Cavity Filter using Coupling Coefficient Method

Kwanhun Jeong, Taehoon Kang, Jiwon Kim, Yeaji Lee, Seo Koo, Dal Ahn

Soonchunhyang University

### 요 약

본 논문은 결합계수법을 이용하여 2.31 - 2.39 GHz 대역 8단 Air Cavity Filter를 설계 및 구현한다. 필터의 요구사항에 부합하기 위하여 3, 6번 공진기 사이에 Capacitive Coupling을 구현하였다. EM 시뮬레이션 결과 대역폭에서 -0.7dB 이상의 삽입 손실과 -20dB 이하의 반사 손실 및 2.3GHz, 2.4GHz에 전송영점이 나타났다.

### I. 서 론

마이크로스트립 필터와 비교 시 Cavity 필터는 높은 Q값, 1dB 미만의 낮은 삽입손실, 높은 선택도 및 높은 전력 처리 능력의 장점이 있다. 이러한 장점으로 Cavity 필터는 레이더 및 위성 송수신에 사용된다.[2] 또한 높은 선택도를 위하여 공진기 간 Capacitive Coupling을 이용하여 전송영점을 구현할 수 있다.[3] 본 논문에서는 S-Band 대역의 2개의 전송영점을 가지는 Air Cavity Filter를  $Q_e$ 와  $k$  계수를 이용하여 설계 및 구현한다.

### II. 본론

표 1은 Air Cavity Filter의 요구사항이다. 표 1의 스펙에 부합하는 필터의 S-Parameter는 그림 1과 같고, 3, 6번 공진기 사이에 C coupling을 넣어 전송영점을 만들어 필터의 요구사항에 부합하게 필터를 설계하였다. 그림 2는 필터의 결합 모델을 나타낸 그림이다. 그에 따른 공진기의  $k$  계수와  $Q_e$ 는 식 1, 2과 같다.

표 1. Air Cavity Filter 요구사항

F1 [MHz]	2310	Qu	5000
F2 [MHz]	2390	Atten.	<-30dB @2300MHz
N	8		<-30dB @2400MHz
RL [dB]	-22		
IL [dB]	-0.70		
Size [mm^3]	110x220x40		

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.0306 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0306 & 0 & 0.0209 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0209 & 0 & 0.0182 & 0 & -0.0058 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0182 & 0 & 0.0242 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0242 & 0 & 0.0182 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0058 & 0 & 0.0182 & 0 & 0.0209 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0209 & 0 & 0.0306 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0306 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$Q_e = 25.1062$$

(2)

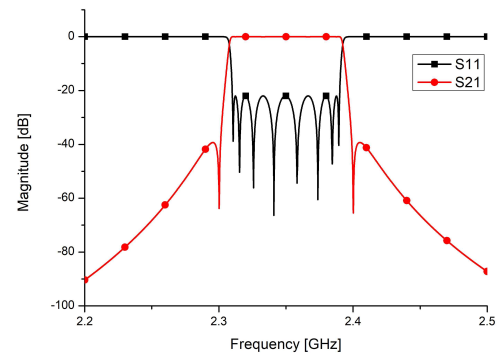


그림 1. 필터 요구사항에 부합하는 필터의 S-Parameter

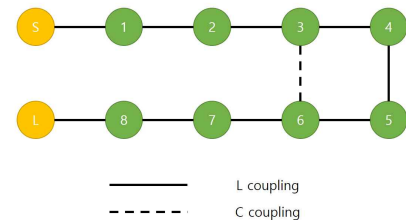


그림 2. 제안한 Air Cavity Filter의 결합모델

전자기 시뮬레이션의 고유모드 해석을 통하여 그림 3과 같이 높이가 32mm이고 한 변의 길이가 49mm인 정사각형 Cavity 내부에서  $\lambda/4$  공진기를 구현한 후, 공진기의 길이와 Feed Line의 위치를 변화시키며 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션을 통해 산출된 공진기의 지름은 중심주파수에서 16.32mm, 길이는 19.83mm이고, Feed Line 인입 높이는 공진기의 하단에서 6.92mm 지점에 위치한다. 공진기의 튜닝 스크류는 공진기 상단

에 위치하며 지름은 7.86mm, 길이는 7mm인 원통모양이다.

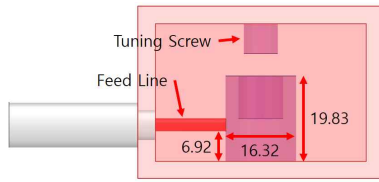


그림 3. 중심주파수에서 설계된 공진기의 Qe 시뮬레이션(단위 mm)

공진기 간 L coupling 계수의 추출을 위하여 그림 4와 같이 시뮬레이션을 구성하였다. 두 공진기 사이의 Window의 높이와 너비를 변화시키며 시뮬레이션을 진행하였다. L coupling 계수 시뮬레이션에서 식 3을 통해 산출된 Window의 높이와 너비는 표 2에 나타내었다.

$$k = \frac{f_e^2 - f_m^2}{f_e^2 + f_m^2} \quad (3)$$

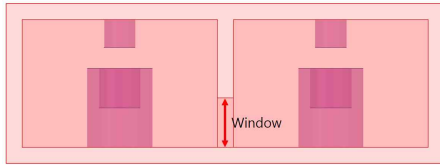


그림 4. L coupling 계수 추출을 위한 시뮬레이션 구조

표 2. k 계수에 따른 Window의 높이와 너비

	$k_{12}, k_{78}$	$k_{23}, k_{67}$	$k_{34}, k_{56}$	$k_{45}$
k 계수	0.0306	0.0209	0.0182	0.0242
Window 높이 [mm]	12.41	12.41	12.41	12.41
Window 너비 [mm]	48	38	35	40.5

3, 6번 공진기 사이에 C coupling 계수 추출을 위하여 그림 5와 같이 시뮬레이션을 구성하였다. 두 공진기 사이에 금속막대를 삽입하여 C coupling을 구현하였고, 공진기와 금속막대 사이의 간격을 변화시키며 시뮬레이션을 진행하였다. C coupling 계수 0.058은 시뮬레이션 결과 공진기와 금속막대 사이 간격 2.88mm로 구현되었다.

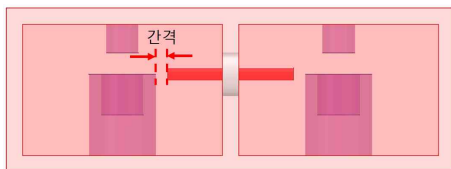


그림 5. C coupling 계수 추출을 위한 시뮬레이션 구조

Qe와 k 계수를 통해 시뮬레이션으로 얻은 값을 이용하여 그림 6과 같이 8단 Air Cavity Filter를 구현하여 시뮬레이션을 하였다. EM 시뮬레이션 결과 응답특성을 그림 7에 나타내었다. 2.31G - 2.39GHz 대역에서 반사손실은 -20dB 이하이고, 삽입손실 특성 또한 -0.7dB 이상으로 응답특성을 확인할 수 있었다.

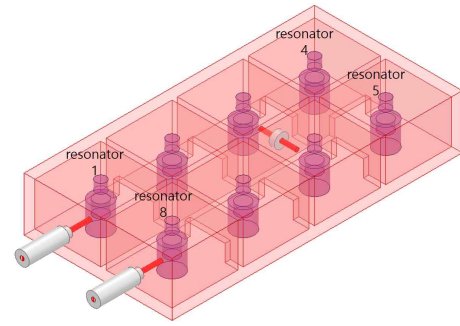


그림 6. Qe와 k 계수를 통해 구현된 Air Cavity Filter

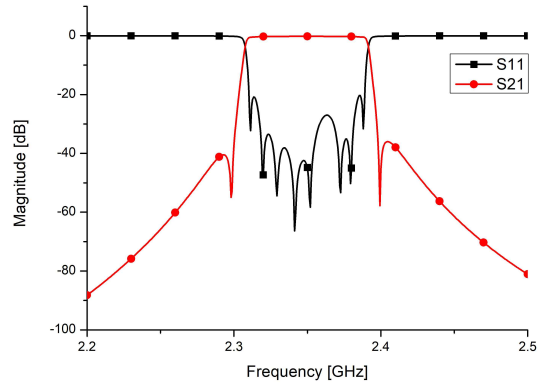


그림 7. Air Cavity Filter의 시뮬레이션 결과

### III. 결론

본 논문에서는 S-Band 대역의 8단 Air Cavity Filter를 설계 및 구현했다. Qe와 k 계수를 바탕으로 EM 시뮬레이션을 통하여 공진기 길이와 공진기 사이 Window의 크기를 산출하였다. 또한 3, 6번 공진기 사이에 Capacitive Cross Coupling을 넣어 선택도를 더욱 향상시켰다. 산출된 결과를 바탕으로 필터를 구성하여 구현가능성을 검증하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. IITP-2021-2020-0-01832, 초연결 융합산업을 위한 RNA 혁신인재 양성사업단)

### 참 고 문 헌

- [1] Jia-sheng Hong, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, 2nd edition, John Wiley & Sons, 2010.
- [2] M. S. Anwar and H. R. Dhanyal, "Design of S-Band Combline Coaxial Cavity Bandpass Filter," *2018 15th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology*, pp. 866-869, March 2018.
- [3] J. Brian Thomas, "Cross-Coupling in Coaxial Cavity Filter-A Tutorial Overview," *IEEE Trans. on MTT*, Vol. 51, No. 4, pp. 1368-1376, April 2003.