

LTCC공정을 이용한 5GHz 대역 무선 LAN용 2단 적층 대역통과 여파기

송희석, 이재영, 이규복

전자부품연구원 무선통신연구센터

5.2 GHz Band 2nd-order Bandpass Filter Using LTCC Multi-layer Technology

Hee-Seok Song, Jae-Young Lee, and Kyu-Bok Lee

Korea Electronics Technology Institute, Wireless Communication Research Center

Abstract

본 논문에서는 한쪽이 단락된 스트립선로(Stripline)와 Loading 캐패시턴스(Capacitance)로 구성된 새로운 형태의 1/4파장 스트립선로 공진기를 제안하였으며, 이 공진기를 이용해서 5.2 GHz 대역 무선 LAN용 적층 대역통과 여파기를 설계, 제작 하였다. 제안한 공진기의 전파지연효과(Slow-wave Effect) 때문에, 기존의 공진기에 비해서 길이가 축소되며, 기준 공진주파수(Fundamental Resonant Frequency)에 대한, 첫 번째 기생공진주파수(First Spurious Resonant Frequency) 값이 커지기 때문에, 넓은 상향저지대역(Wide Upper Stopband)을 갖는 초소형의 대역통과 여파기의 설계가 가능하다. 설계한 여파기를 LTCC 적층 공정 기술을 이용하여 제작하였으며, 그 크기는 3.2mm×1.6mm ×0.8mm 이다.

Key Words : Filter, LTCC, Wireless LAN

1. 서 론

최근 고주파용 여파기와 관련하여 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 공정을 활용하는 경우, 초전도체(Superconductor) 또는 강유전체(Ferroelectric)등의 재료를 이용하는 경우, 그리고 PBG(Photonic Band Gap)구조를 응용한 설계 기법 등, 다양한 분야에서 많은 연구 성과들이 나오고 있다. 이러한 기술들은 부품의 소형화, 모듈내로의 집적화, 신뢰성, 저비용 등 고주파 부품의 기본적인 요구에 부응하려는 다양한 시도들이라고 볼 수 있다. 그러나 아직까지 실제 제품으로의 적용단계까지는 진전되지 않고 있다. 반면 공정기술의 측면에서 LTCC 기술은 단일 패키지 및 기판 내부에 소자들을 집적하는 SOP(System On

Package) 기술에 가장 빨리 접근하고 있으며, 낮은 공정비용 및 부품 소형화에도 많은 장점을 가지고 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 5.2GHz 대역 무선 LAN용 RF Front End 의 중요한 부품 중의 하나인 대역통과 여파기를 초소형(3216)으로 설계하였으며, 이것을 RF Front End 통합 모듈내에 집적될 것을 감안하여 제작, 측정하였다. 사용한 유전체 재료는 유전율 7.8의 glass ceramic material(Dupont사 9599)이며, 단락된 1/4파장 공진기를 이용하여, 2단으로 여파기를 설계하였다.

2. 실험

본 연구 개발에서 사용한 유전체 재료는 유전율

이 7.8, Qf 값이 2300, 그리고 τ_r 가 7 ppm 정도 되는 boro-silicate계 glass ceramic material(Dupont사 9599)을 사용하였고, 도체는 metal content가 80%인 Ag Paste(Dupont사 6142D)를 사용하였다. 사용한 유전체 및 전극 데이터를 이용하여 일반적인 대역통과 여파기 설계 방법을 기초로 하여, 결합공진기(Coupled Stripline Resonator) 구조에서 결합계수(Coupling Coefficient) 및 단자 부하 품질계수(External Quality Factor)를 EM 시뮬레이션을 이용하여 구하였으며, 이 데이터를 이용해서, 최종 2단 대역통과 여파기 구조를 구성하고, 시뮬레이션을 통해 설계 하였다. 시뮬레이션에는 Ansoft사의 HFSS 와 Agilent사의 ADS2002C를 이용하였다.

설계한 2단 적층여파기를 그림 1의 LTCC 적층 공정 기술을 통해 제작을 하였다. 공정에는 원료분말에 바인더 등의 슬러리를 섞어서 세라믹 테이프를 제조하는 테이프 캐스팅공정과 제조된 테이프에 전극을 형성하기 위한 비아형성, 전도체 전극인쇄, 적층, 절단 등의 테이프 후막 인쇄 및 가공공정, 그리고 850°C의 온도에서 25분간 소결시키는 동시소성 공정을 거치게 된다.

마지막으로, 제작한 여파기를 측정 지그에 연결한 후 Agilent사의 8510C Network Analyzer를 이용하여 측정하였다.

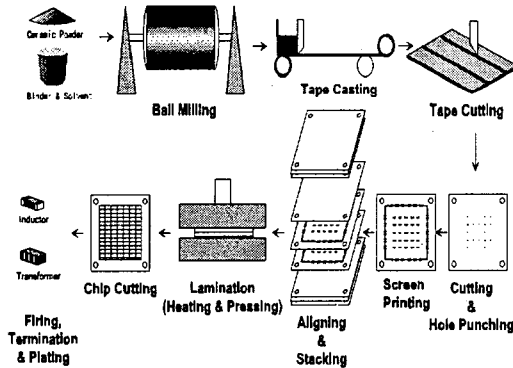


그림 1. LTCC 적층 공정 흐름도

3. 결과 및 고찰

3.1 단락된 1/4 파장 공진기 특성

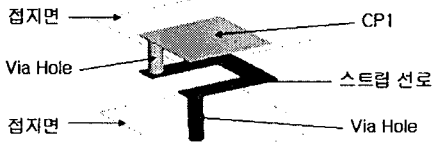
본 논문에서는 여파기제작에 Loading 캐패시턴스(Capacitance)가 연결된 1/4파장 공진기를 사용하였다. 공진기의 구조 및 특성이 그림 2에 나타나 있다. 공진기의 기본구조는 기존의 $\lambda/4$ 파장 스트립 선로 공진기의 개방(Open)된 한쪽 끝에 일정 용량의 캐패시턴스(Capacitance)를 가지는 패턴을 Via-Hole을 통해서 연결한 모양을 갖고 있다. 그림 2(a)는 3차원 구조이며, 그림 2(b)는 등가회로이다.

공진기 구조를 보면, 스트립 선로의 한쪽은 Via-Hole을 통해 접지로 단락되어 있으며, 다른 한쪽은 Via-Hole을 통해 일정한 모양의 평면 패턴에 연결되어 있다. 이 평면 패턴은 접지면과 일정 용량의 캐패시턴스를 형성하게 된다. 이 캐패시턴스를 Loading 캐피시턴스라고 하며, 이 Loading 캐패시턴스 때문에 전파 지연 효과(Slow-wave Effect)를 얻을 수 있으며, 공진기의 기준 공진 주파수(Fundamental resonant frequency, f_0) 및 스퓨리어스 공진 주파수(Spurious resonant frequency, f_1, f_2, \dots)가 스트립 선로로만 구성되어 있는 공진기에 비해 낮은 주파수에서 발생하게 되고, 그 비는 점점 커지게 된다. 이것을 알아보기 위해, 그림 2(b)에 있는 등가 회로를 이용하여, Loading 캐패시턴스를 변화시키면서 그 공진 특성을 알아보았다. 기준 공진 주파수(f_0) 및 첫 번째 스퓨리어스 공진 주파수(f_1)의 변화를 알아보았으며, 그 비(f_1/f_0)를 구하였다. 첫 번째 스퓨리어스 공진 주파수의 경우 전체 시스템의 스퓨리어스 특성에 가장 큰 영향을 미치며, 기존의 공진 주파수의 경우, 그 비는 3이며, 기준 공진 주파수의 3배 되는 주파수가 차단되지 않고 통과하게 된다.

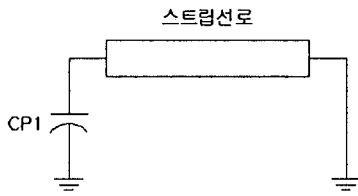
그림 2(c)는 공진기 특성 시뮬레이션 결과이다. Loading 캐패시턴스의 용량 값이 0일 경우, 기존의 공진기를 나타내며, 기준 공진 주파수(f_0) 및 첫 번째 스퓨리어스 공진 주파수(f_1)의 비(f_1/f_0)가 3이라는 것을 알 수 있다. 용량 값이 증가됨에 따라 그 비(f_1/f_0)가 점점 증가하며, 캐패시턴스 값이 4pF일 경우 그 비

는 약 4.5까지 올라감을 알 수 있다.

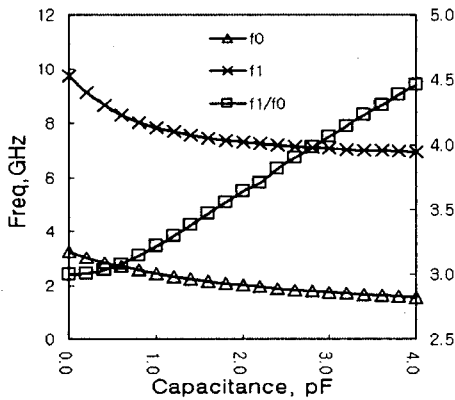
시뮬레이션 결과로부터, 제안된 공진기를 이용하여, 필터를 설계할 경우 기존의 방법으로 설계된 필터보다 더 넓은 상향 저지대역을 갖는 초소형 필터의 설계가 가능함을 알 수 있다.



(a) 입체도



(b) 등가회로



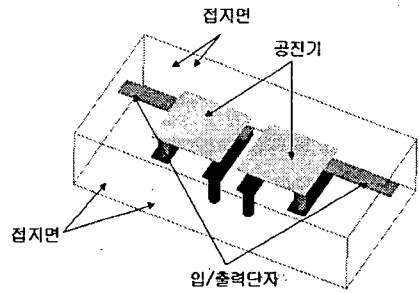
(c) Loading 캐패시턴스에 대한 주파수 특성

그림 2. 공진기 구조 및 특성

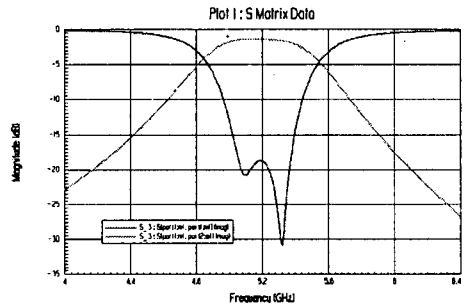
3.2 여파기 설계

제안된 공진기를 이용하여, 5.2 GHz 대역 무선 LAN용 대역통과 여파기를 설계 제작하였다. 설계한 여파기의 중심 주파수는 5.2 GHz 이며, 대역(Bandwidth)는 200 MHz 이다. 여파기 설계에는 체비셰프 2단 Lowpass 프로토타입(Prototype)을 이용하였으며, 이때 통과대역

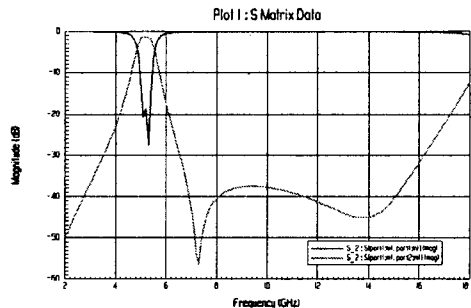
리플(Ripple)은 0.1 dB로 하였다. 차단주파수가 1Hz 일 경우 Lowpass 파라미터는 각각 $g_0=1$, $g_1=0.8431$, $g_2=0.6220$, $g_3=1.3554$ 이다. 이것을 이용하여 대역 통과 설계 파라미터(Design Parameter)를 구해보면, 단자 부하 품질계수(External Quality Factor), $Q_{e1}=Q_{e2}=16.862$ 이고, 결합계수(Coupling Coefficient), $M_{12}=0.07$ 이다. 여기서, 실제대역(Fractional Bandwidth)은 4% 정도이나, 손실 등을 감안해서 약간 넓은 5% 정도로 하여 계산하였다.



(a) 여파기 입체도



(b) 통과대역 특성

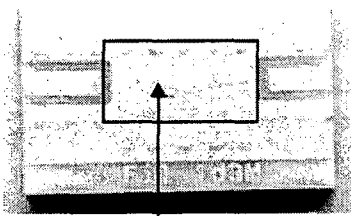


(c) 스퓨리어스 특성

그림 3. 여파기 시뮬레이션 결과

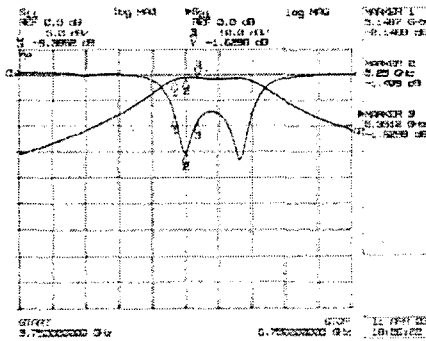
1/4파장 공진기 및 입출력 단자를 계산된 설계 파라미터를 이용하여, 그림 3(a)과 같이 3차원 구조로 배치하였으며, 그 특성을 3차원 EM 시뮬레이션 툴(Simulation Tool)을 이용하여, 원하는 특성이 되도록 설계하였다. 그림 3(b),(c)는 설계한 2단 대역통과 여파기의 시뮬레이션 결과이다. 설계한 여파기의 사이즈(Size)는 3.2mm×1.6mm×0.8mm 이다.

3.3 여파기 제작 및 측정

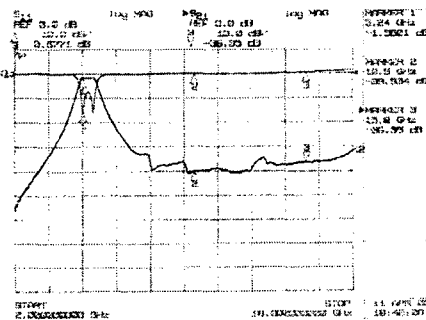


여파기가 차지하는 공간

(a) 제작한 대역통과 여파기



(b) 통과대역 특성



(c) 스퓨리어스 특성

그림 4. 제작한 여파기 및 측정결과

설계한 여파기를 LTCC 공정기술을 이용하여 제작하였다. 실제 제작의 경우, 설계한 3.2mm×1.6mm×0.8mm 사이즈(Size)의 여파기를, LTCC 공정기술을 이용한 RF Front End 모듈에 내장(Embedded)될 것을 감안하여, 6.0mm×406mm×0.8mm의 LTCC 기판 내에 배치시켰다. 그림 4는 제작한 여파기 및 그 측정 결과이다. 그림 4(a)는 삽입손실(Insertion Loss)과 스퓨리어스(Spurious) 특성을 측정한 것으로서, 삽입손실은 5.25 GHz에서 1.4dB이고, 10.5GHz와 15.8GHz대역에서 각각 40dB와 35.4dB로 매우 우수한 특성을 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 Loading Capacitance를 이용한 한쪽이 단락된 1/4파장 스트립선로 공진기를 이용하여, 5.2 GHz 무선 LAN용 RF Front End 모듈에 내장이 가능한 적층 대역 통과 여파기를 설계, 제작하였다. LTCC 공정 기술을 이용하여 제작하였으며, 그 사이즈는 3.2mm×1.6mm×0.8mm이다. 제작한 여파기는 중심주파수에서 삽입손실이 1.4 dB 정도이며, 우수한 스퓨리어스 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] J. S. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip slow-wave resonator filters", IEEE MTT-S, Digest, 1997, 713-7
- [2] J. S. Hong and M. J. Lancaster, "End-coupled microstrip slow-wave resonator filter", Electronic Letters, 32, 16, 1996, 1494-1496.
- [3] Y. S. Lee, K. C. Kim, S. D. Park, J.C. Park, "A study on measurement for high frequency properties of LTCC substrate systems"IMAPS-Koreatech. Symposium, May, 2002, 264-269.
- [4] M. Makimoto and S. Yamashita, "Bandpass filters using parallel coupled stripline stepped impedance resonators", IEEE Trans., MTT-28, 1980, 1413-1417.p. 10, 2001.