마이크로스트립라인 세라믹 유전체필터 설계

고희열*, 김충회* 강병돈**, 구본급*
*한밭대학교 신소재공학과
**에프디랩
e-mail:koobk@hanbat.ac.kr

Design of a microstripe line ceramic dielectric filter

Hee-Youl Ko*, Chung-Hoi* Kim, Byung-Don Kang**, Bon-Keup Koo*
*Dept. of Material Science and Eng., Hanbat National University
**FDLab.

요 약

본 논문에서는 EM 시뮬레이터를 이용하여 LTE2300 대역의 마이크로스트립 라인 대역여파기를 설계하고 시편을 제작하였다. 중심주파수 2300MHz, 대역폭 350MHz, 삽입손실 1.5dB, 감쇄는 1930MHz와 2690MHz에서 15dB 이상, 1000MHz에서 60dB 이상으로 설계하였다. 또한 반사손실은 15dB로 설계하였다. 구현은 유전율 9.8인 알루미나 유전체에서 하였으며, 전송선로와 접지는 silver paste를 사용하였다. EM 시뮬레이션을 통해 얻은 결과값과 이를 통해 실제 제작된 시편의 보정값을 얻어 data base화 하였으며, 좋은 재현성을 얻을 수 있음을 확인하였다. 특히 일반적으로 마이크로스트립 라인 필터의 제작에 적용되는 에칭 또는 포토리소그라피 대신 레이저를 이용하여 패턴을 구현하였으며, 이 또한 우수한 특성과 재현성을 보여주었다.

1. 서론

최근 이동통신 및 초고속 데이터 통신, 특히 LTE 통신 분야에서 주파수 대역의 고갈로 인하여, 좁은 대역에서의 선택도를 높이기 위한 대역여파기의 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 선택도 뿐만 아니라 크기도 소형화, slim화 되고 있는 추세이며, 통과대역을 넓게 하고 선택도를 향상시키기 위해 마이크로스트립 형태의 여파기에 많은 관심이 집중되고 있다. 그러나 일반적인 FR4 또는 테프론 기판위에 에칭으로 전송선로를 구현하고 있으므로 정확도나 재현성에 있어서 문제점이 많이 대두된다. 해외의 극소수의 업체에서 세라믹 유전체를 이용한 마이크로스트립 여파기를 만들고 있으나, 포토리소그라피에 의해 제작되고 있으므로 정확도는 높으나 매우 높은 가격으로 인하여 적용하기가 어렵다. 본 연구에서는 포토리소그라피를 대신하여 유전체 기판상에 도체를 인쇄한 후 레이저를 이용하여 전송선로의 pattern을 구현하였다.

대역여파기(Band Pass Filter)는 2 port network을 통하여 원하는 주파수 대역을 최소한의 손실로 통과하고, 저주파대와 고주파대에서 원하지 않는 신호를 제거하기 위에 정확한 통과 특성을 가지도록 설계되어야 한다.

그 특성들은 일반적으로 대역폭(Bandwidth), 중심주파수(Center Frequency), 삽입손실(Insertion Loss), 감쇄(Rejection), 평탄도(Ripple), 반사손실(Return Loss) 등으로 정의된다. 일반적으로 대역폭을 늘리면 통과대역 내에서의 삽입손실은 작아지지만 감쇄도는 나빠지며, 평탄도를 낮추면 감쇄도는 좋아지지만 반사손실이 커지게 된다.[1]

본 연구에서는 중심주파수 2300MHz, 대역폭 350MHz(2125 - 2475MHz), 삽입손실은 1.5dB, 감쇄는 1930MHz와 2690MHz에서 15dB 이상, 1000MHz에서 60dB 이상으로 설계하였다. 또한 반사손실은 15dB로 설계하였으며, 이것은 평탄도와 상관관계를 가진다.

본 연구에서 여파기는 유전체 위에 마이크로스트립(Microstrip line) hairpin 형태의 5 pole 구조로 하고 회로 pattern은 레이저로 가공하였다.

회로 설계와 시뮬레이션은 MWO의 2.5D simulator인 AWR을 사용하였으며, 전송선로의 임피던스와

coupling을 최적화하여 실험하였다.

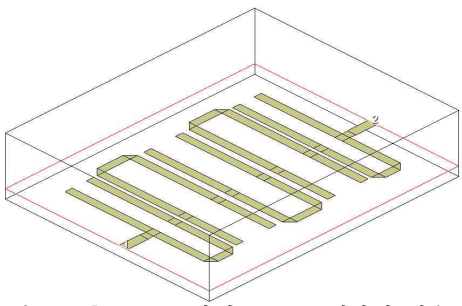
2. 실험방법

2.1. 설계 및 시뮬레이션

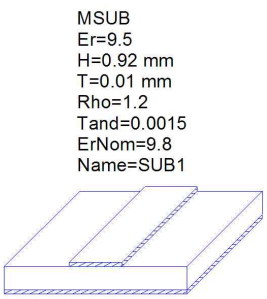
구현하고자하는 대역여파기의 성능 및 특성을 고려하여 공칭 유전율 9.8, 두께 0.92mm의 Ceramtec사의 알루미나 기판을 사용하였으며, 마이크로스트립라인은 silver paste를 기판상에 metallizing하여 hairpin 형태의 5 pole 구조로 설계하였다.

본 연구에서의 중심주파수는 2300MHz이며, 이 주파수에서의 유전율은 달라질 것이다. 따라서 EM 시뮬레이션 값과 실제 시작품의 특성을 측정하여 보정하면 2300MHz에서의 유전율을 알게 될 것이며, 이 데이터를 이용하여 최종 시뮬레이션을 하게 되면, 다른 유사한 대역에서의 여파기도 시뮬레이션만으로 최종 특성을 알게 되므로 재현성 또한 높아질 것이다.

그림 2-1은 본 실험에서 구현한 5 pole 마이크로스트립 전송선로의 구조이며, 그림 2-2는 사용기판과 전송선로의 정보이며 Er은 유전율, H는 기판 두께, T는 전송선로 도체의 두께, Rho는 gold를 1로 하였을 때의 비전도도, Tand는 tangent loss를 나타낸다.



[그림 2-1] 5 pole 마이크로스트립라인 전송선로

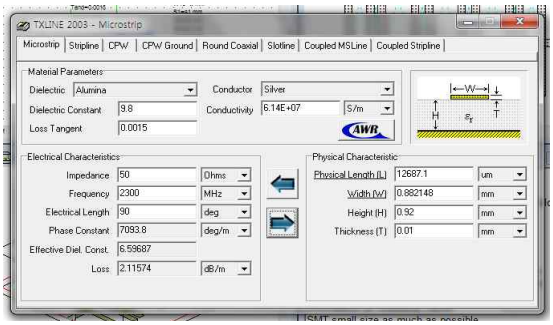


[그림 2-2] 사용 기판과 전송선로의 정보

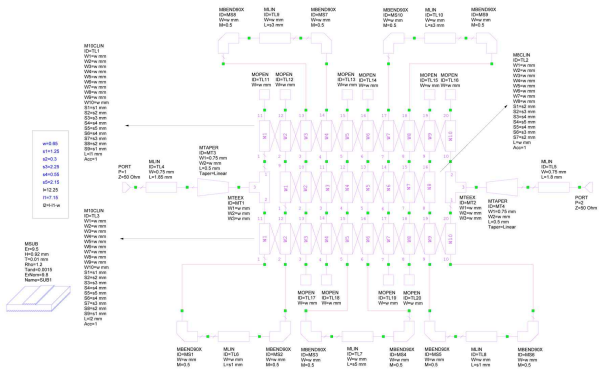
그림 2-1의 전송선로 형태와 그림 2-1의 정보를 이용하여 시뮬레이션 프로그램 상에서 5 pole 공진기를 입력하여 요구되는 특성의 시뮬레이션과 최적화 과정을 거쳐 그 결과를 얻었으며, 50ohm 임피던스정합을 위하여 in-out port의 선폭은 시뮬레이터의 TX line을 이용하여 간단히 얻을 수 있으며 그림 2-3에 나타내었다.

설계의 과정은 그림 2-1의 형태로 시작하여 중심주파수와 대역폭을 tune 도구를 이용하여 tuning한 후, 시뮬레이터의 optimizer로 반복하여 최적화하였다. 이 결과를 이용하여 실제로 시편을 제작한 후 설계값과 실제값의 보정값을 산출하여 시뮬레이터에 재입력하여 재현성을 확인하였다.

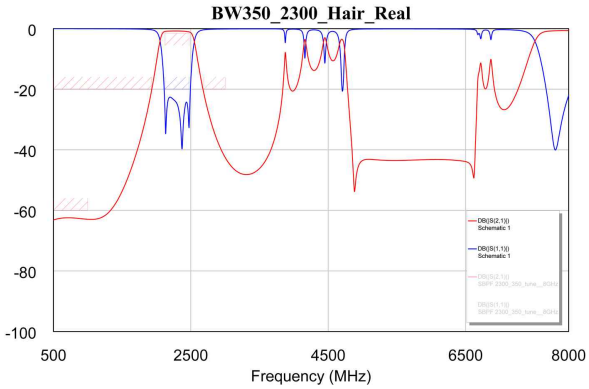
그림 2-4은 설계도이며 보정값을 적용하여 재설계한 회로 시뮬레이션 결과를 그림 2-5에 나타내었다.



[그림 2-3] TXline을 이용한 50ohm 전송선폭



[그림 2-4] 5 pole 마이크로스트립라인 대역여파기 설계도



[그림 2-5] 최적화 된 설계 회로의 시뮬레이션 결과

2.2. 시편 제작 및 측정

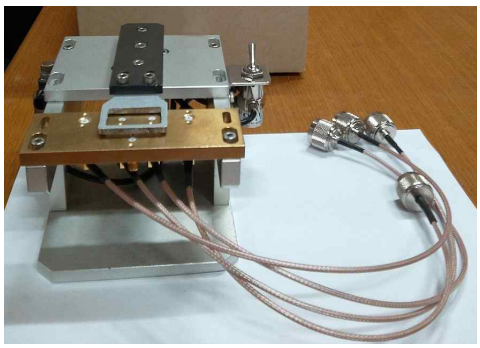
알루미나 유전체 상에 접지전극과 전송선을 구현하기 위한 재료로는 공정의 단순성과 레이저 트리밍의 용이함을 위해 silver를 선택하였으며 silver Metallizing은 일반적으로 사용되는 850℃ 60분 profile을 적용하였다. 또한 균일한 금속층과 공정에서의 재현성을 위해 silver paste의 screen printing mask는 325메쉬, 기판과의 gap은 0.8mm, 스퀴지 속도는 120mm/sec로 하였다.

전송선로의 패턴을 식각하기 위해 레이저를 사용하였으며 빔 직경은 40um, 식각면의 평탄도를 위하여 scan 속도는 20mm/sec, 레이저 출력은 일반적인 식각공정보다 낮은 1.5W로 하였다.

입출력 port와 하부 단자와의 연결은 역시 silver paste를 사용하여 dipping 공정으로 구현하였다.

제작된 마이크로스트립라인 대역여파기에서의 방사(radiation)를 막기 위하여 4mm 높이의 금속캔으로 shield 처리하였다.

시편을 측정하기 위하여, 공압 지그를 제작하였으며, in-out port에 SMA type pin 및 컨넥터를 장착하여 network analyzer와 연결하였다. 그림 2-6에 측정 지그를 나타내었다.

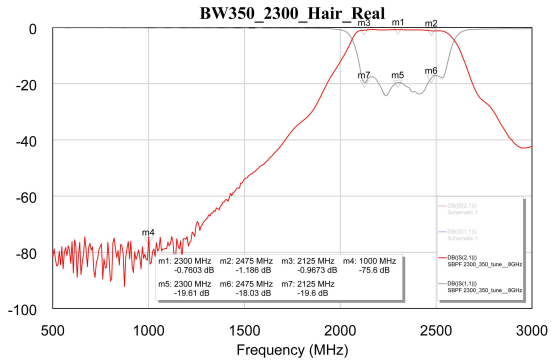


[그림 2-6] 제작 된 RF 측정 지그

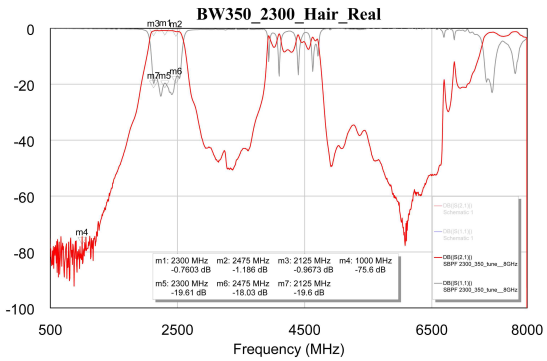
측정에 사용된 network analyzer는 Advantest의 R3767CG이며 측정 범위는 300KHz에서 8GHz까지이다. 대역폭에서의 성능을 알아보기 위해 500MHz에서 3GHz까지 그리고 spurious 특성을 알아보기 위해 사용된 network analyzer의 최고 대역인 8GHz까지 측정해 보았다. 그림 2-7과 2-8에 그 결과를 나타내었다.

측정 결과, 중심주파수 2300MHz, 대역폭 350MHz (2125 - 2475MHz), 삽입손실은 1.186dB, 감쇄는 1930MHz와 2690MHz에서 20dB, 1000MHz에서 75.6dB, 반사손실은 18.03dB로 설계값을 충분히 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

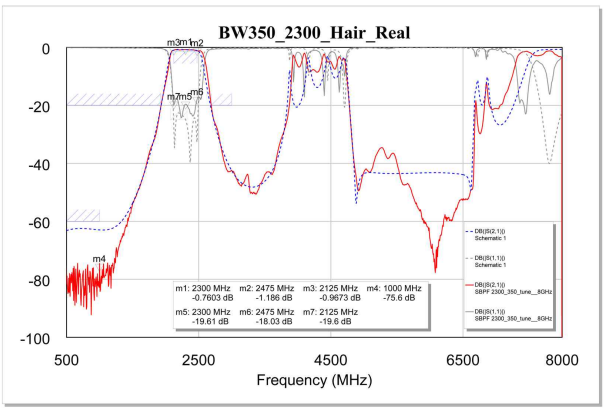
8GHz까지의 광대역 특성을 살펴보면, 역시 세라믹 공진기에서 필연적으로 나타나는 2차, 3차 하모닉스가 측정되었다. 그림 2-9에 시뮬레이션 data와 실제 시편의 data를 동시에 plot하였으며, 이론값과 실제값이 매우 잘 일치되고 있으므로 본 연구에서 적용한 시뮬레이션 보정방법이 비교적 정확하다는 것을 알았으며, 시뮬레이터의 라이브러리로 update하였다.



[그림 2-7] 제작 된 시편의 측정 data



[그림 2-8] 제작 된 시편의 광대역 측정 data



[그림 2-9] 시뮬레이션 data와 제작 된 시편의 비교

3. 결론

알루미나 유전체 기판상에 구현한 마이크로스트립라인 필터의 본 연구에서 회로 설계 기술과 시뮬레

이션 기술 그리고 시뮬레이션 결과를 토대로 실제로 시편을 제작하였으며, 만족스러운 결과를 얻었다.

이후 더 나아가서 하모닉스 특성의 제어와 고유전율 기판 재료를 이용한 여파기의 특성을 연구할 것이다.

참고문헌

[1] Michaell_A, Ryan_C, "Design of a microstrip bandpass filter using advanced numerical models", High Frequency Electronics, pp. 20-29, 2004.