

후막 리소그래피 공정을 이용한 K-밴드용 대역통과 여파기 설계 및 제작

송희석, 박규호, 이영신, 박성대

전자부품연구원

The Design and Fabrication of K-Band Bandpass Filters Using the Photoimageable Thick Film Technology

Hee-Seok Song, Kyu-Ho Park, Young-Shin Lee, Sung-Dae Park

Korea Electronics Technology Institute

Abstract

본 논문에서는 개방된 양 끝이 Loading 캐패시턴스로 연결된 새로운 형태의 1/2 파장 공진기를 이용하여 3단 대역통과 여파기를 설계, 제작하였다. 제한한 공진기의 전파지연효과(Slow-Wave Effect)때문에, 넓은 상향저지대역을 갖으며, 사이즈(Size)가 축소된 협대역 여파기 설계가 가능하다. 설계한 대역통과 여파기는 미세라인 구현이 가능한 후막 리소그래피 공정 기술을 이용하여 제작하였다.

Key Words : Filters

1. 서 론

밀리미터파 대역의 경우 전통적으로 군사용으로 사용되어 왔으나, 최근 상업적 필요성이 대두되면서, 기지국과 가입자간 통신로를 무선으로 연결하는 BWLL()과 초고속 무선LAN 및 차량 충돌방지 시스템 등 민수용 부분의 응용기술이 점차 보급되고 있다. 이러한 주파수 대역에서 안정된 고주파 특성을 얻기 위해서는 설계 기술의 발달뿐만 아니라 재료 및 공정기술의 발달이 요구되어진다. 스크린 인쇄를 이용한 기존의 적층 세라믹 공정의 경우 미세라인 공정이 힘들고 도선 테두리의 직선성을 확보하기 어렵기 때문에 수십 μm 이상의 대역에서는 사용하기가 힘들다. 미세한 선로를 구현하는 좋은 방법으로 리소그래피(lithography)를 이용한 박막기술이 있다. 이 경우 1 μm 미만의 선폭까지도 구현 가능하지만 고가의 장비 및 부대시설이 필요하게 된다. 이러한 단점을 보완하는 방법으로 기존의 스크린 인쇄 방법으로 기판위에 페이스트를 도포한 후 세부 패턴은 리소그래피 기술을 이용하여 형성시키는 기술로 후막 리소그래피 기술

이 새로운 대안으로 저비용의 고주파 특성에 대응할 수 있는 기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 K-Band에서 대역통과 여파기를 설계하고, 이것을 후막 리소그래피 공정기술을 이용하여 제작, 측정하여 밀리미터파 대역에서의 적용가능성을 확인하였다.

2. 실험

2.1 사용재료 및 공정

후막 광식각 기술은 박막 공정을 후막에 적용한 기술로서 기판 위에 감광성 페이스트를 도포한 후 포토마스크를 통과하는 자외선에 의한 경화를 시키고, 현상용액을 스프레이(Spray)하여 경화되지 않은 부분을 제거함으로써 패턴을 형성하는 공정이다. 그림 1은 후막 리소그래피 공정의 흐름을 보여주는 개략도이며, 그림 2는 소성후 전도체 도선의 정밀도(Definition)를 스크린 인쇄법과 비교한 것이다. 그림에서 보듯 미세도선의 정밀도가 스크린 인쇄 방식보다 월등히 뚜렷하기 때문에 고정밀 미세 패턴이 요구되는 소자에 적합한 공정이다.

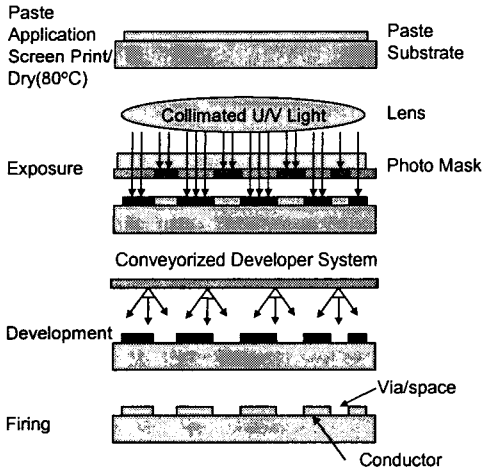
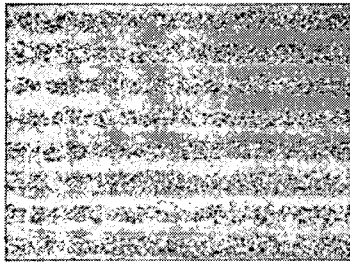
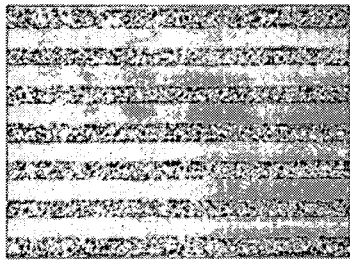


그림 1. 후막 리소그래피 공정 흐름도.



(a) screen-printed line



(b) photo-imaged line

그림 2. 소성후 45 μ m 선로 해상도 비교.

후막 리소그래피 공정과 저온동시소성 세라믹 (LTCC) 기술을 이용하여 대역통과 여파기를 제작하는 공정은 다음과 같다. 전면인쇄용 스크린을 사용하여 LTCC 그린시트 위에 감광성 전도체 페이스트를 인쇄하고, 페이스트의 평탄화를 위하여 10분간 상온에서 유지한 후, 80 $^{\circ}$ C에서 10분간 건조하

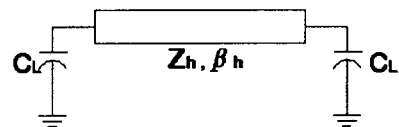
였다. 노광은 전도체 페이스트의 투광성이 떨어짐을 고려하여 1500mJ/cm² 하였으며, 현상은 30 $^{\circ}$ C, 1wt% Na₂CO₃ 수용액을 스프레이하는 방식으로 실시하였다. 두께를 맞추기 위하여 inner ground와 buffer via가 형성된 sheet 및 dummy sheet 등을 사용하여 적층하고, 밀면에는 outer ground를 인쇄하였다. 원하는 사이즈로 적층체를 cutting하고, 벨트로를 이용하여 850 $^{\circ}$ C에서 25분간 유지하는 프로파일로 소성하였다. 본 논문에서 사용한 유전체 재료의 유전율은 7.8이고, Qf는 2200이다.

2.2 대역통과 여파기 설계 및 특성측정

본 연구에서는 협대역(Narrow Band) 여파기를 구현하기 위해서, 기존의 마이크로스트립 공진기를 변형시켜서 품질계수(Quality Factor)를 증가시킨 새로운 모양의 공진기를 사용하였다. 그림 3은 본 논문에서 대역통과 여파기 설계, 제작에 사용한 Loading 캐패시턴스가 연결된 1/2파장 마이크로스트립 공진기의 평면도이다. 높은 특성임피던스를 갖는 선로의 양 끝에 캐패시턴스 성분의 삼각형 패턴을 연결한 구조이다. 개방된 양쪽 끝에 캐패시턴스 성분을 연결시키게 되면, 공진기의 품질계수는 $Q=\omega_0 RC$ 로부터 C가 증가하는 형태가 되며, 따라서 증가하게 된다. 한편 Loading 캐패시턴스에 의한 전파지연 효과(Slow-wave Effect) 때문에 공진기의 크기가 줄어들며, 스푸리어스(Spurious) 특성도 개선된다.



(a) 공진기 평면도



(b) 등가회로

그림 3. Loading 캐패시턴스가 연결된 1/2파장 마이크로스트립 공진기.

제안된 공진기를 이용한 대역통과 여파기 설계

는 기존의 여파기설계 방법에 준하여 설계하였다. 체비세프 3단 Lowpass Prototype으로 하였으며, 중심주파수는 26.1 GHz, 대역은 1.2GHz (4%)로 하여 여파기를 구성하였다. 설계 파라미터 및 구성된 대역통과 여파기의 시뮬레이션에는 Agilent사의 ADS 2002의 Momentum을 사용하였다. 그림 4에 대역통과여파기 설계 과정을 정리하였다.

제작한 여파기는 별도로 제작한 측정지그에 장착하여, Agilent사의 8510C Network Analyzer System을 이용하여 측정하였다.

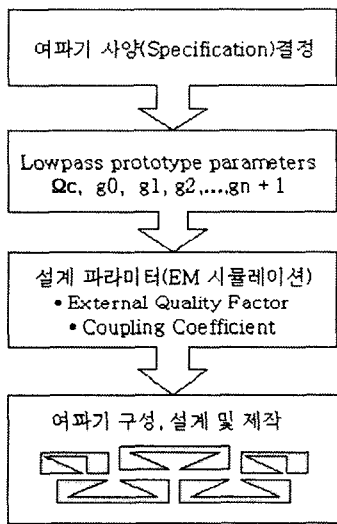


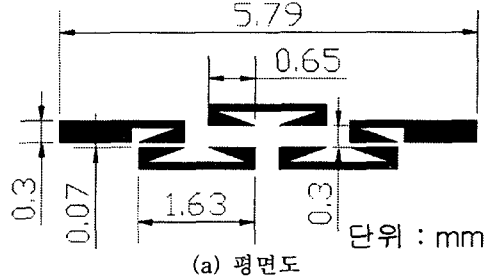
그림 4. 대역통과 여파기 설계과정.

3. 결과 및 고찰

여파기 사양을 결정하고 입출력 결합구조 및 공진기간 결합구조에 따른 External Quality Factor 및 공진기간 Coupling Coefficient를 치수를 바꾸어가면서 EM 시뮬레이션을 통해 구하였으며, 이 설계 파라미터를 이용하여, 최종 3단 대역통과 여파기의 윤곽을 잡고, EM 시뮬레이션을 통해 최종 여파기의 특성을 설계 튜닝하였다.

그림 5에 제작한 대역통과여파기의 치수 및 실제회로를 나타내었으며, 그림 6에 시뮬레이션 결과 및 측정 결과를 나타내었다. 주파수 특성을 보면 설계결과와 측정결과가 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 여파기의 대역(Bandwidth)은 4%(1GHz) 정도로 협대역이 실현되었다는 것을 알 수 있으며,

삽입손실은 25.5 GHz에서 3.4dB 정도로 개선이 필요한 부분이라고 할 수 있다.

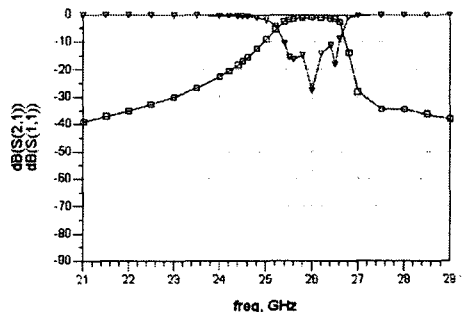


(a) 평면도

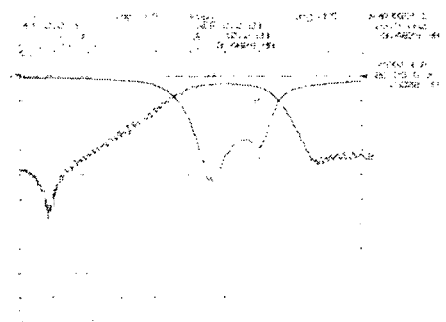


(b) 실제회로

그림 5. 제작한 대역통과 여파기.



(a) 시뮬레이션 결과



(b) 측정 결과

그림 6. 시뮬레이션 결과 및 측정 결과.

4. 결 론

본 논문에서는 후막 리소그라피 공정과 저온 동시소성 세라믹(LTCC) 기술을 이용하여 대역통과 여파기를 설계, 제작, 측정하였다. 측정데이터로부터 밀리미터파 대역에서의 응용가능성을 확인하였으며, 향후, 여파기를 필요로 하는 밀리미터파 모듈로의 적용이 필요하다고 생각된다. 기존의 공진기와는 다른 Loading 캐패시턴스가 연결된 전파지연 공진기를 사용함으로써, 협대역의 대역통과 여파기를 구현하였다.

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.
- [5] 김경철, 이영신, 박성대, 박종철 "후막리소그라피 공정을 이용한 초고주파용 Bandpass Filter 개발에 관한 연구", 한국 마이크로전자 및 패키징학회 2002 추계 기술심포지엄 논문집, Vol 7, pp 87-90, 2002.