

후막 리소그래피 공정을 이용한 초고주파용 Band Pass Filter 개발에 관한 연구

김경철, 이영신, 박성대, 박종철
전자부품연구원 고주파재료연구센터

A Study on the Development of millimeter-wave Band Pass Filter Using the Photoimageable Thick Film Technology

Erick Kim, Y. S. Lee, S. D. Park, and J. C. Park

High Frequency Materials Research Center, Korea Electronics Technology Institute

초 록 : 무선 통신 시스템의 광대역화에 따라 수십GHz 이상에서의 시스템 구성이 필요하다. 이러한 시스템의 상용화를 위해서는 수십GHz 이상에서의 고주파 특성 만족과 저비용의 공정이 요구된다. 본 연구에서는 후막 리소그래피 공정을 이용하여 미세라인 특성에 민감한 BPF를 설계·제작하였다.

Abstract

For the broad band wireless communications system, the composition of the millimeter wave system is needed. In other to commercialize that system, satisfaction of high frequency characteristic and low cost process is required. In this study, BPF which is very sensitive to the characteristic of fine line designed and fabricated using photoimageable thick film technology.

1. 서 론

최근 무선 이동통신을 통한 많은 데이터 전송을 위해 광대역화의 요구에 따라 P-to-P/MP (Point to Point/Multi-Point) Radio link를 중심으로 수십 GHz 이상의 초고주파 대역의 활용이 활발하다. 이러한 주파수 대역에서 안정된 고주파 특성을 얻기 위해서는 설계 기술의 발달뿐만 아니라 재료 및 공정 기술의 발달이 요구되어진다. 스크린 인쇄를 이용한 기존의 적층 세라믹 공정의 경우 미세라인 공정이 힘들고 도선 테두리의 직선 성을 확보하기 힘들어 수십 GHz 이상의 대역에서는 사용할 수 없다. 미세라인을 구현하는 좋은 방법으로 리소그래피(lithography)를 이용한 박막기술이 있다. 이 경우 $1\mu\text{m}$ 미만의 선폭까지도 구현 가능하지만 고가의 장비 및 부대시설이 필요하다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하고자 기존의 스크린 인쇄 방법으로 기판 위에 페이스트를 도포한 후 세부 패턴은 리소그래피 기술을 이용하여 형성시키는 기술로 후막 리소그래피 기술이 새로운 대안으로 저비용의 고주파 특성에 대응할 수 있는 기술로 각광받고 있다.

본 연구에서는 25GHz부근의 K-Band 대역에서의 microstrip BPF(Band Pass Filter:대역 통과 여파기)를 설계하고 후막 리소그래피 공정 기술을 활용하여 제작하여 특성 측정을 함으로써 수십 GHz에서의 적용 가능성을 확인하였다.

2. 실험

2.1 사용 재료 및 공정

본 연구에서는 유전율 7.8, Qf 값이 2200, 그리고 τ_f 가 7 ppm 정도 되는 세라믹을 사용하였고 미세라인 구현 정밀도를 비교하고자 기존의 스크린 인쇄 공정과 후막 리소그라피 공정을 통해 비교를 하였다. 후막 리소그라피 공정은 그림 1에 보인 바와 같이 공정 순서에 따라 두 방법이 있는데 본 연구에서는 인쇄 후 적층하는 방법을 이용하였다.

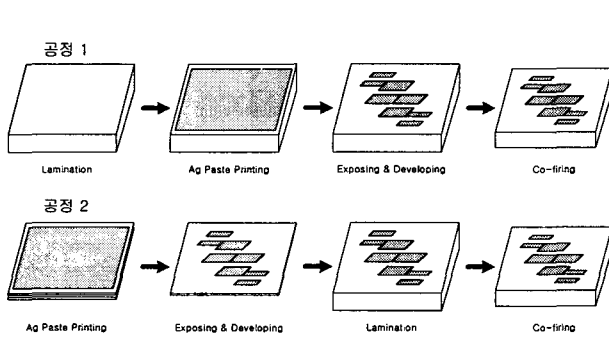


그림 1 후막 리소그라피 공정 순서

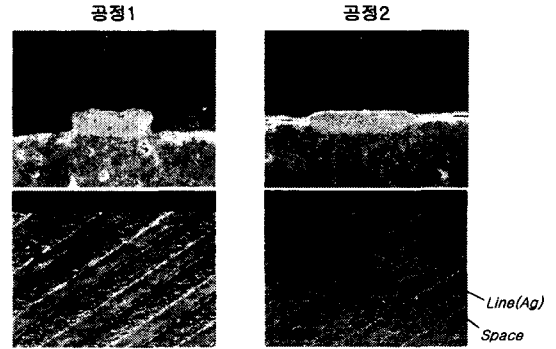


그림 2 후막 리소그라피 공정 순서에 따른 패턴 사진

2.2 BPF 설계 및 특성 측정

K-Band BPF 설계는 3단 microstrip구조로 하였다. 수식 1을 통해 bandpass filter의 각 단의 coupled line의 특성을 제한하고 수식 2에서 coupled line의 even-mode와 odd-mode의 line impedance를 계산 하고 이 값을 이용하여 line의 고주파 특성을 계산하는 tool인 LineCal(Agilent 사)을 이용하여 coupled line의 선폭 및 선 간격, 길이를 계산하는 방법을 이용하여 초기 설계를 하였다. 초기 설계 값을 EM simulation tool인 ADS2002의 Momentum(Agilent 사)을 이용하여 초고주파 line의 fringing fields를 포함한 기생성분들에 대한 보상하는 방법으로 최적화 하였다.

$$Z_{0J_1} = \sqrt{\frac{\pi\alpha}{2g_1}},$$

$$Z_{0J_n} = \frac{\pi\alpha}{2\sqrt{g_{n-1}g_n}}, \text{ for } n=2,3,\dots,N,$$

$$Z_{0J_{N+1}} = \sqrt{\frac{\pi\alpha}{2g_N g_{N+1}}}.$$

수식 1 N+1 coupled line을 갖는 BPF의 설계 방정식

$$Z_{0e} = Z_0 [1 + JZ_0 + (JZ_0)^2]$$

$$Z_{0o} = Z_0 [1 - JZ_0 + (JZ_0)^2]$$

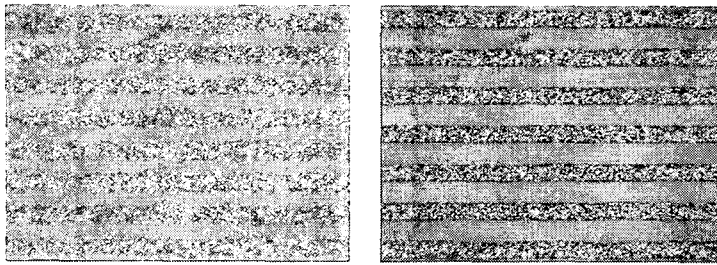
수식 2 Coupled line의 even-, odd-mode의 line impedance

제작된 K-Band BPF는 microstrip구조로 기판 측정이 용이한 test fixture로 WK3001G(ICM 사)를 이용하였고 고주파 특성 측정에 용이한 Vector Network Analyzer인 8722ES(Agilent 사)를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 미세라인 구현 정밀도 비교

동일한 패턴에 대해 스크린 인쇄 방법과 후막 리소그라피 방법을 적용하여 구현한 결과 그림 3에서 보이는 것과 같이 스크린 인쇄 방법의 경우 line의 직진 성이 현저히 불량함을 알 수 있다.



(a) (b)

그림 3 Line 구현 정밀도 비교. (a) 스크린 인쇄 방법 결과 (b)후막 리소그래피 방법 결과

3.2 K-Band microstrip BPF 구현

3단 microstrip BPF의 구조는 그림 4와 같고 위 실험에서 보인 설계 식에 의한 계산을 표 1에 보였다. 또한 Simulation tool을 이용한 최적화 된 값도 표 1에 함께 나타내었고 그림 5에 나타내었다.

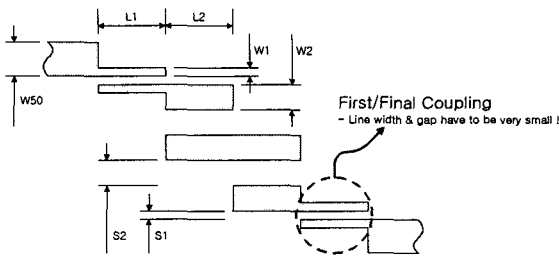


그림 4 3단 microstrip BPF 구조

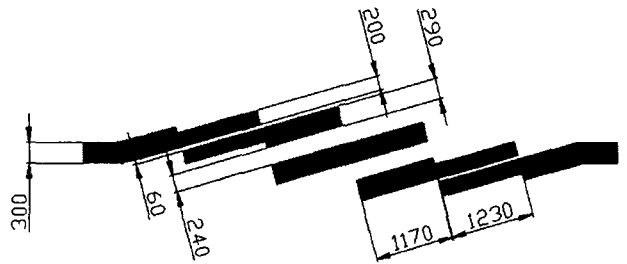


그림 5 설계한 BPF의 Layout

n	g_n	Fractional BW	$Z_0 \times J_n$	$Z_{0e}(\Omega)$	$Z_{0e}(\Omega)$	Initial Value(μm)			Optimized Value(μm)		
						W	S	L	W	S	L
1	1.0315	0.0950	0.3804	76.2511	38.2158	195	91	1331	200	60	1170
2	1.1474	0.0950	0.1372	57.7991	44.0824	268	294	1278	290	240	1230
3	1.0315	0.0950	0.1372	57.7991	44.0824	268	294	1278	290	240	1230
4	1.0000	0.0950	0.3804	76.2511	33.2158	195	91	1331	200	60	1170

표 1 3단 BPF 계산 값

설계한 Layout을 바탕으로 총 8개의 샘플을 제작하였고 샘플 사진을 그림 6에 보였다. 후막 리소그래피 공정의 정확도를 살펴보고자 모든 샘플의 치수를 측정하여 표 2에 나타내었다. 평균적으로 선폭과 선 간격은 설계치보다 작았고 길이는 설계치보다 큼을 알 수 있다.

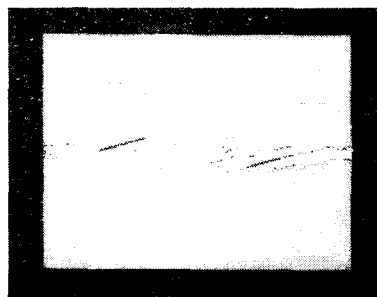


그림 6 제작한 BPF 사진

No.(단위:um)	W50	W1	S1	W2	S2	L1	L2
1	292.96	198.59	54.93	284.51	235.21	1232	1176
2	292.96	195.77	59.15	287.32	235.21	1237	1181
3	290.96	198.59	56.34	287.21	235.21	1237	1177
4	290.14	197.12	54.93	284.51	235.21	1228	1177
5	292.96	197.18	54.93	284.51	236.62	1237	1181
6	292.96	197.18	57.75	284.51	238.03	1237	1177
7	290.14	197.18	54.93	283.10	236.62	1237	1172
8	291.55	195.77	56.34	284.51	238.03	1237	1177
평균	292.08	197.17	56.16	285.02	236.27	1235	1177
설계	300.00	200.00	60.00	290.00	240.00	1230	1170

표 2 BPF의 설계 치수와 실제 제작된 치수

그림 7은 제작된 BPF의 고주파 특성을 측정된 결과를 보인 것으로 2dB 이하의 삽입손실과 13 dB이상의 반사손실 특성을 얻을 수 있었다. Image 대역은 사용하는 시스템의 RF Band와 LO Band의 조합에 따라 달라지는데 만일 image 대역이 20GHz라고 할 경우 본 연구에서 제작된 BPF의 특성은 38dB 정도의 image rejection의 효과를 기대할 수 있겠다. 그림 8은 설계 결과와 제작 후 측정 결과를 비교한 것이다.

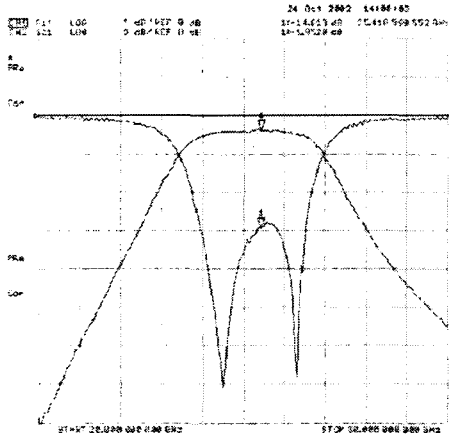


그림 7 제작된 BPF의 고주파 특성 측정 결과

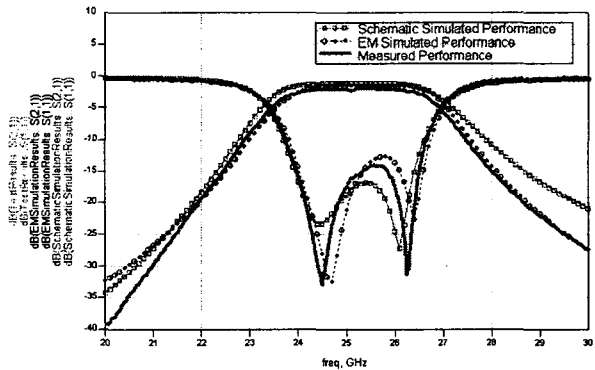


그림 8 제작된 BPF의 설계 및 측정 결과 비교

4. 결론

후막 리소그래피 공정을 이용하여 미세라인 구현 가능성을 확인하고 K-band 대역에서의 BPF를 설계 제작하여 특성을 측정된 결과 2dB 이하의 삽입손실과 13dB 이상의 반사손실 특성을 얻을 수 있었다. 후막 리소그래피의 저비용 공정을 통한 수십 GHz 대역에서의 적용이 가능하고 향후 MCM-C(Multichip Module-Cofired) 기술과 접목시켜 광대역 무선 통신의 부품의 상용화와 소형화에 유용할 것으로 보인다.

References

[1] Behzad Razavi, 'RF MICROELECTRONICS', p.138 (1998).
 [2] David M. Pozar, ' Microwave Engineering', p.512
 [3] 박성대 · 이영신 · 조현민 · 이우성 · 박종철, '후막 광식각 기술을 이용한 미세라인 및 Series Gap Resonator의 구현', 마이크로 전자 및 패키징 학회지, Vol. 8, No. 3 p.69-75 (2001)