

전극 및 유전체 특성이 공진기 특성에 미치는 영향 연구

유찬세, 이우성, 김진완*
전자부품연구원, 아비코전자*

Study on the effect of the characteristics of conductor and dielectric material on that of resonator

Joshua Yoo, W.S. Lee, and J.W. Kim*
Korea Electronics Technology Institute, ABCO electronics*

Abstract

In RF application of resonator, cylindrical and transmission line(TRL) type are used generally, especially in ceramic modules the latter is used widely. TRL type resonators are used in VCO and RF filters etc.. TRL type resonators are divided stripline and microstripline and their characteristics depend on that of conductor and dielectric materials.

In this study, the effect of material properties on the stripline resonator is measured and analyzed. Besides, the optimum design rule of resonator is presented.

Key Words : resonator, transmission line, stripline, material properties

1. 서론

세라믹 재료를 이용한 부품 및 모듈에 대한 개발이 활발히 이루어지면서 R, L, C 이외에 공진기에 대한 연구도 함께 이루어지고 있다. 이러한 공진기는 고주파 필터나 VCO 등에 활용되고 있는데 주로 stripline 형태가 주류를 이루고 있다. 높은 Q 값을 얻기 위해서는 손실이 작은 유전체를 사용해야 하는데 이 뿐만 아니라 유전율, 도체의 유효 전기전도도, 그리고 적용 구조를 최적화함으로써 Q 값을 향상시킬 수 있다. 적용 구조에 대해서는 본 학회에 이미 발표한바 있다. 본 논문에서는 유전율 및 도체의 특성에 따른 공진기 특성을 관찰하여 Q 값 최적화를 제안하고자 하였다.

2.1 사용 재료

서론에서 언급한 바와 같이 유전율의 영향을 보기 위해 유전율이 다른 2종의 유전체를 사용하였고 도체도 금속 함량 차이에 따른 유효 전기전도도 차이를 갖는 두종류의 페이스트를 사용하였다. 사용한 유전체와 도체의 특성이 표 1,2에 나타나있다.

표 1. 유전체 특성

	A	B
Er	7.8	5
tan δ (6GHz)	0.003	0.002
τf(ppm/°C)	7	6

2. 실험

표 2. 도체 특성

	1	2
Metal content(%)	86	70

유전체는 유전율만 차이가 나고 손실값과 온도계수는 거의 일치하는 재료를 사용하였다. 그리고 도체도 금속함량 외에 점도나 입자 특성을 유사하게 하여 인쇄특성을 동일하게 확보할 수 있도록 하였다.

2.2 시편 제작 및 측정

공진기 시편 제작은 tape casting에서 소성에 이르는 적층 공정을 활용하였고 측정을 위해서는 probe station(cascade microtech)과 Network analyzer(Agilent 8753D)를 사용하였다. 그리고 측정에 앞서 특성을 예측 관찰하기 위해 ADS(Agilent 1.3)을 활용을 병행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유전율에 의한 영향 simulation

유전율이 변하면 stripline 의 특성 임피던스 뿐만 아니라 stripline 길이의 전기적 유효길이도 변하기 때문에 시편 제작 측정에 앞서 그 영향을 modeling 해보았다.

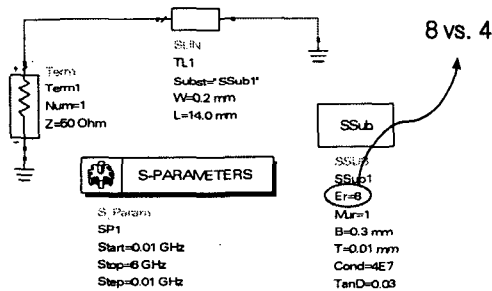


그림 1. 유전율에 의한 영향 고찰을 위한 modeling

유전율이 8인 경우와 4인 경우를 비교해 보았는데 stripline 길이는 동일하게 14 mm로 하였다.

그 결과가 아래 그림에 나타나있다.

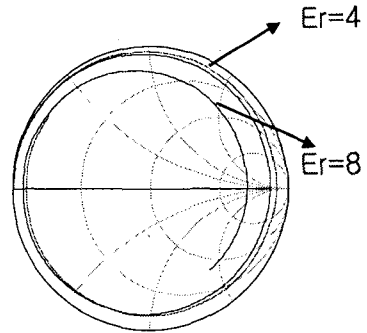


그림 2. 유전율에 의한 공진기 궤적 변화

유전율에 의한 변화를 알아 보기 위해 특정 주파수(900MHz)에서의 임피던스 값을 비교해 보았다.

표 3. 유전율에 따른 임피던스 비교

Er	Real(Ω)	Imag.(Ω)
4	0.764	23.14
8	1.068	25.95

위의 표에서 보면 유전율이 낮아질 경우 공진기의 특성 임피던스가 증가하여 리액턴스 성분이 증가하리라고 예상했는데 그렇지 않았다. 이는 유전율 감소에 의해 공진기의 전기적 길이도 감소했기 때문이다. 위의 결과에 대해 특성 임피던스와 전기적 길이를 비교해 보았다.

표 4. 특성 임피던스와 전기적 길이 비교

Er	Zo(Ω)	Electrical lenth(@900MHz)
4	39.7	$\lambda/12$
8	28.4	$\lambda/8$

3.2 공진기 제작 및 측정

앞에서 언급한 대로 적층 공정을 이용하여 공진기 시편을 제작하였다. 공진기 제작에 사용된 패턴은 아래와 같다.

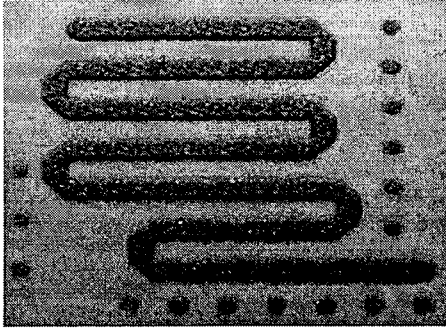


그림 3. 공진기 패턴 형태

유전체 A, B 에 대해 동일한 패턴과 동일한 전극을 적용하였고 그 특성을 비교하였고 전극에 대해서도 유전체와 패턴을 동일하게 하여 비교하였다. 은전극의 경우 이상적인 경우 전기전도도가 6.173×10^7 S/m 로 알려져 있지만 페이스트의 경우 유기물과 glass 성분이 포함되어 있기 때문에 전기전도도는 감소하게 된다. 본 연구에서 사용한 두종류의 전극에 대해 60 mm 이상의 길이를 확보하여 dc 저항을 측정 한 후 이를 통해 유효 전기전도도를 추출하였다.

표 5. 유효 전기전도도 추출

Conductor	Electrical conductivity(S/m)
1	5.2×10^7
2	2.8×10^7

같은 종류의 금속 페이스트라고 하더라도 금속 함량에 따라 큰 차이를 나타내었다.

유전체 A에 대해서 도체를 1,2로 각각 적용하여 공진기를 제작 측정하였는데 이에 대한 특성 비교가 아래 표에 나타나있다.

표 6. 도체에 따른 공진기 특성 비교

Conductor	Real(Ω)	Imag(Ω)	Q
1	0.6	28.86	48
2	1.13	31.9	28

동일한 유전체와 패턴에 대해 도체의 변화만으로도 Q값이 20이나 증가함을 알 수 있다. 공진기나 인덕터와 같이 높은 Q값을 요하는 경우에는 금속 함량이 높은 전극을 사용하는 것이 유리함을 알 수 있고 그 차이도 현저함을 알 수 있다.

동일한 패턴과 전극 1을 적용하여 유전을 변화에 의한 공진기 특성 변화를 관찰해 보았다.

표 7. 유전체에 따른 공진기 특성 비교

Dielectric	Real(Ω)	Imag(Ω)	Q
A	0.6	28.86	48
B	0.53	25.07	47

앞의 modeling 결과에서도 언급했듯이 유전율이 낮아질 경우 공진기의 특성 임피던스가 증가하기 때문에 같은 공진기 길이를 가지고 더 큰 리액턴스 성분을 얻으리라고 생각되었지만 유전율이 감소함에 따라 공진기의 전기적 길이도 같이 감소하기 때문에 같은 리액턴스를 얻기 위해 추가의 길이를 필요로하게 되고 이 때문에 실수 저항 성분도 같이 증가하게 되어 결과적으로 Q값에는 별 이득을 얻지 못하는 결과를 나타내었다. 본 저자에 의해 기 발표되었듯이 stripline 공진기의 ground간 거리를 증가시켜서 특성 임피던스를 증가시킬 경우 공진기의 전기적 길이가 변하지 않기 때문에 실수 저항 성분의 증가없이 더 큰 리액턴스 성분을 얻게 되고 이 때문에 Q값을 증가시킬 수 있게 된다. 다만 이렇게 할 경우 공진기 구조 전체의 두께가 증가하기 때문에 모듈전체의 두께도 같이 증가하는 기하학적인 단점을 지니게 된다.

4. 결론

같은 재질의 전극이라도 그 페이스트 조성에 따라 전기적 특성의 큰 차이를 나타내었다. 본 연구에서 1번 페이스트를 사용함으로써 2번 적용시보다 Q값을 20정도 향상시킬 수 있었다.

유전율이 낮아지면 특성 임피던스가 증가하나 공진기의 전기적 길이가 짧아지기 때문에 공진기 Q값을 향상시키는데는 영향을 미치지 못했다.

참고 문헌

- [1] 유찬세, "저온 소성 유전체 세라믹 시스템에
서의 전송선로 특성 해석", 전기전자재료학회
춘계학술대회, 2002.
- [2] Pozar, "Microwave engineering", WILEY,
p153-165.
- [3] HARLAN HOWE, JR. "STRIPLINE CIRCUIT
DESIGN", ARTECH HOUSE, INC. p33,
1973
- [4] Brian C. Wadell, " Transmission Line
Design Handbook" ARTECH HOUSE, p45
1991