

GHz용 적층 LC필터의 삽입손실에 대한 Test Board의 영향

전명표, 조정호, 김병익
 요업(세라믹)기술원

Effect of Test Board on Insertion Loss of GHz Multilayer LC-Filter

Myoung-pyo Chun, Jung-ho Cho, Byung-ik Kim

Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology (KICET)

Abstract : The effects of PCB Board on the filter characteristics such as insertion loss and transmission characteristics were investigated for the measurement of 5GHz LC filter. Insertion loss measured with PCB Board of Teflon is 0.3 dB lower in comparion with FR-4. The filter characteristics measured in the passband were different from the calculated results. In comparison with the calculated value, the measured value shows that center frequency is 20MHz lower, passband is narrower and insertion loss is larger. The difference of insertion loss between Teflon and FR-4 increases with increasing measurement frequency.

Key Words : LC-Filter, 삽입손실, Test Board, FR-4, Teflon

1. 서 론

최근 적층 LC필터는 이동통신용 단말기의 소형화 및 경량화와 함께 점차 시장이 확대되고 있다. 적층 LC필터는 SAW 필터와 비교하여 고주파영역의 필터 제조가 용이하며, 유전체필터에 비해서는 소형화에 유리하다. 따라서, 최근 W-LAN 및 블루투스 등의 이동통신분야에서 대역필터로써 채용이 증가되고 있다. 따라서, LC필터에 대한 연구는 많은 사람들에게 의하여 수행되어져 왔으며, 다양한 형상의 필터들이 고안 및 개발되어졌다[1-4].

5GHz 적층 LC필터는 최근 W-LAN 및 W-DECT 분야에서 적용되고 있다. 5GHz의 WLAN은 기존의 2.45GHz에 비하여 데이터 전송속도가 5배 정도 빠르며, 주파수 할당 영역이 넓어 혼선이 적고, 신호감도가 좋다. 단점으로는 사용 가능거리가 짧고, 개발이 어려우며, 단가가 높다는 것이다. 한편, 이러한 단점들은 신속히 해결될 것으로 예상되므로 5GHz 대역의 고주파 영역의 응용분야 수요는 향후 급격히 증가될 것으로 사료된다.

본연구에는 고주파영역 측정시 주요한 문제중의 하나인 손실의 영향을 줄이기 5GHz용 적층 LC필터 및 보정용 Through PCB에 대한 PCB Board의 재질의 영향을 조사하였다.

2. 실험

본실험에서는 적층LC필터 및 측정 보정용 Through PCB의 삽입손실에 대한 PCB Board의 재질의 영향을 조사하였다. PCB Board는 유전율이 4.8이고 유전손실이 0.02인 FR-4와 유전율이 2.1이고 유전손실이 0.0005인 Teflon이 사용되었다. 그림 1은 삽입손실 측정을 위한 측정시스템의 모식도를 보여준다. Network Analyzer의 port1과 port2에 각각의 PCB Board를 연결한 후 S-parameter인 S21을 측정한다.

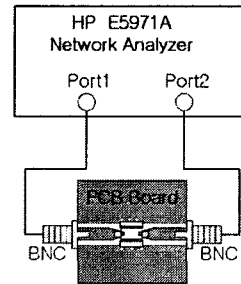


그림 1. 삽입손실 측정을 위한 측정시스템의 모식도

Network analyzer로 삽입손실을 측정하기전 측정 케이블 및 test board에 기인한 측정 에러를 줄이기 위하여 calibration을 실시하였다. 우선, 측정 port 케이블의 끝점에서 2-port calibration을 실시한다. 그 후 그림 2(a)에서 보여지는 보정용 through PCB Board를 측정 port 케이블에 연결하고 삽입손실을 직접 측정하여 전체의 삽입손실에서 빼줌으로써 그림 2(b)의 측정용 PCB Board에 기인한 전송선로 에러를 줄일 수 있다.

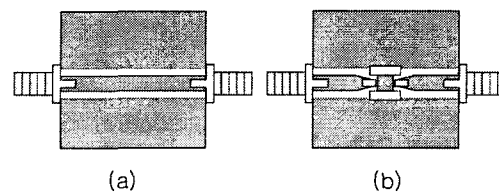


그림 2. 측정 PCB Board (a), 보정 Thru PCB Board (b)

적층LC필터는 Al₂O₃-SiO₂-CaO-BaO로 구성된 저온동시 소성용 유전체재료 (LTCC)가 사용되었으며, 유전율은 6.8 이고, Q값은 750 이다. 그림 3은 적층 LC필터의 제조공정

을 보여준다. 먼저, 원료분말과 바인더용액을 볼밀에서 혼합 및 분쇄하여 슬러리를 만든다. 제조된 슬러리를 성형기를 이용하여 필름위에 sheet로 성형한다. 그후 성형 sheet 위에 각 층별 설계 패턴을 스크린 인쇄기로 적절한 두께의 인쇄막을 형성한다. 인쇄된 sheet는 적층 plate 위에 놓은 후 적층작업을 거쳐 Bar를 제조한다. Bar를 절단하여 각각의 green 상태의 LC필터를 제조한다. Green 상태의 LC필터를 소성하고, 외부전극을 형성시킨 후, 도금을 시킴으로써 LC필터가 완성된다. 이렇게 완성된 LC필터를 Network analyzer (E5071A, 에이질런트사)를 이용하여 삽입손실을 측정한다.

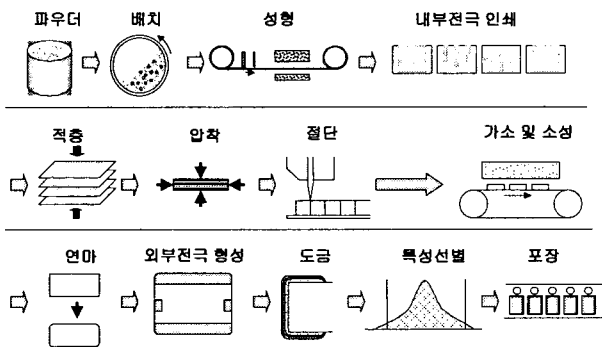


그림 3. 적층 LC필터 제조 공정도

3. 결과 및 검토

본연구에서는 5GHz 대역의 적층 LC필터의 삽입손실에 대한 PCB Board의 영향을 조사하였다. 일반적으로 측정용 PCB로는 가격이 저렴하고, 제조가 간편한 FR-4가 사용된다. 한편, 주파수가 높아짐에 따라 측정시 외부조건, PCB와 측정하고자하는 칩간의 접촉상태 그리고 측정 PCB의 재질 등에 민감한 영향을 받는다. 표 1은 5GHz 필터의 삽입손실에 대한 PCB 재질로 사용된 Teflon과 FR-4의 차이를 보여준다. 고주파 전자기해석 S/W (HFSS, An-soft)로 설계한 설계치는 PCB재질에 관계없이 비교적 유사한 값을 보이고 있다. 한편, 측정값에 있어서는 Teflon의 경우가 FR-4에 비하여 작은 삽입손실을 나타낸다

표 2. 5GHz 필터의 삽입손실에 대한 PCB 재질의 영향

PCB Type		중심주파수(MHz)	Insertion Loss (dB)		
			5150	5487.5	5825
설계치	FR-4	5533	0.621	0.481	0.518
	Teflon	5573	0.721	0.447	0.480
측정치	FR-4	5484	1.242	1.143	1.081
	Teflon	5519	0.938	0.811	0.847

그림 4는 통과대역인 5150~5825MHz에서의 삽입손실에 대한 PCB재질의 영향을 보여준다. 통과대역에서 Teflon이 작은 삽입손실을 보이는 이유는 다음과 같은 2가지로 해석된다. Teflon의 경우가 유전율이 2.1로 작고, 유전율

변동이 작으므로 50옴 매칭시 보다 유리할 것이다. 이에 비하여 FR-4의 경우는 유전율 변동이 4.4~5.2로 비교적 크다. 또한, Teflon의 DF가 FR-4에 비해 1/10 정도가 작으므로 손실에 대한 측정오차가 작고, 정밀한 실제값을 나타낸다고 사료된다.

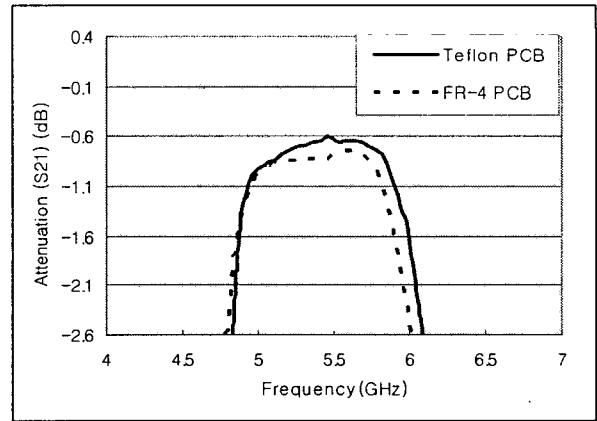


그림 4. 통과대역에서의 PCB재질에 따른 삽입손실 측정값

그림 5(a)와 (b)는 Teflon과 FR-4 PCB의 삽입손실에 대한 측정값과 시뮬레이션값의 차이를 보여준다. 측정값은 PCB 재질에 관계없이 시뮬레이션값과 비교하여 통과대역폭이 좁으며, 중심주파수가 저주파쪽으로 20MHz 정도 이동하였고, 큰 삽입손실을 보여주었다. 측정값과 시뮬레이션값 간의 이러한 차이는 제작된 LC필터가 설계값과 동일하지 않고 차이가 있기 때문이며, 다른 한편으로는 calibration 등 측정 에러에 기인하는 것으로 사료된다. 중심주파수는 필터를 형성하는 공진기의 c값에 크게 의존하며, c값이 증가하면 중심주파수는 저주파로 이동하게된다. 통과대역폭은 공진기에 연결되는 입력 및 출력단의 위치에 주로 의존하며, 입출력단의 위치가 ground로부터 멀어질수록 통과대역폭은 증가되는 경향이 있다. 또한, 삽입손실은 PCB 및 전송선로를 구성하는 도체의 손실에 의하여 결정된다.

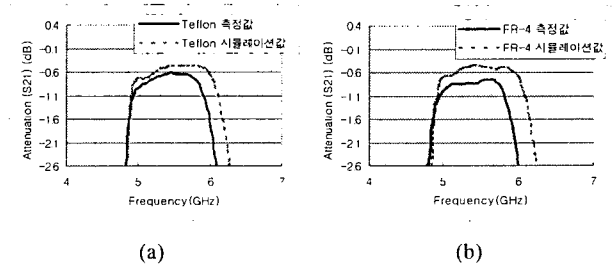


그림 5. 측정값과 시뮬레이션값 간의 필터특성 차이 (a) Teflon, (b) FR-4

그림 6은 50옴 마이크로스트립 라인 보정용 Through

PCB 재질별 삽입손실 (S21)의 주파수 의존성을 보여준다. Teflon의 유전손실 (DF)가 작으므로 S21이 상대적으로 작고, Transmission이 잘 됨을 알 수 있다. 측정주파수가 증가할수록, 즉, 고주파가 될 수록 Teflon과 FR-4의 삽입손실의 차이는 증가함을 보여준다. 따라서, 고주파영역에서의 필터특성 측정 PCB Board 및 보정용 Through PCB는 Teflon과 같이 손실이 작은 PCB를 사용해야만 할 것이다. 따라서, 5GHz 필터의 측정시 Teflon PCB와 같이 유전율 변동이 작고, Q값이 우수한 재질의 PCB를 사용해야만 정확한 필터 특성을 얻을 수 있다.

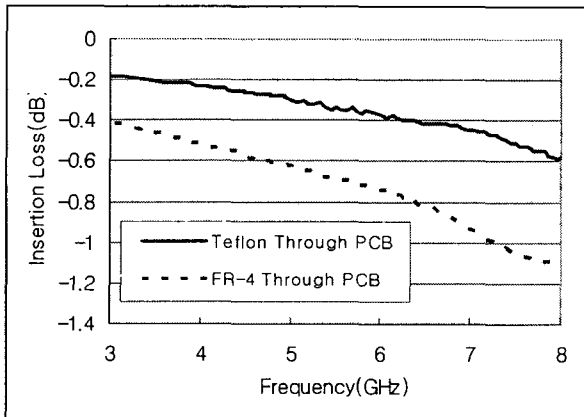


그림 6. PCB재질에 따른 마이크로스트립 라인의 손실

4. 결론

본연구에서는 5GHz 적층 LC필터의 삽입손실을 정확히 측정하기 위해 Test Board 재질에 따른 삽입손실의 영향을 조사하였다.

- (1) PCB 재질 (Teflon, FR-4) : 적층 LC필터의 통과대역에서 Teflon이 FR-4에 비하여 0.3dB 정도 작은 삽입손실을 보였다. 따라서, 5GHz 정도의 고주파에서는 정확한 필터 특성을 측정하기 위해서는 Teflon과 같이 손실이 작은 PCB Board를 사용해야만 한다.
- (2) 측정값과 시뮬레이션값 : PCB 재질에 관계없이 필터 특성의 측정값과 시뮬레이션값은 아래와 같이 유사한 차이점을 갖는다. 측정값은 시뮬레이션값과 비교하여 통과대역폭이 좁고, 중심주파수가 20MHz 정도 저주파로 이동하였으며, 삽입손실은 Teflon의 경우 0.2dB 그리고 FR-4의 경우 0.5dB 정도 증가를 보여준다. 따라서, 측정값과 시뮬레이션값 간의 차이는 Teflon PCB의 경우가 FR-4에 비하여 0.3dB 정도 작았다.
- (3) 마이크로스트립 라인의 삽입손실 : Teflon의 경우가 측정주파수의 전영역에 걸쳐 FR-4에 비하여 우수한 삽입손실 특성을 보여준다. 또한, 측정주파수가 증가할수록, 즉, 고주파가 될수록 Teflon과 FR-4의 삽입손실의 차이는 증가함을 보여준다. 따라서, 고주파영역에서의 필터특성 측정 PCB Board 및 보정용 Through PCB는 Teflon과 같이

손실이 작은 PCB를 사용해야만 할 것이다.

참고 문헌

- [1] K.M. Jee, S.K. Ko, D.C. Park, S.Y. Hong, Asia-Pacific Microwave Conference Proc., p. 809, 1997.
- [2] T. Ishizaki, T. Uwano, IEEE MTT-S Digest, p. 617, 1994.
- [3] T. Ishizaki, M. Fujita, H. Kagata, T. Uwano, H. Miyake, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 42, No. 11, p. 2017, 1994.
- [4] T. Kitamura, M. Geshiro, T. Ishizaki, T. Maekawa, S.Sawa, IEIC Trans. Electron., Vol. E81-C, No. 12, p. 1793, 1998.