900MHz ZigBee System 응용 분포소자형 Band Pass Filter 설계

*이중근, 유찬세, 김동수, 원광호, 이우성
전자부품연구원
e-mail : neweins@yonsei.ac.kr, ychs@keti.re.kr

Design of Distributed Band Pass Filter for 900MHz ZigBee System applications

*Joong-Keun Lee, Chan-Sei Yoo, Dong-Su Kim,
Kwang-Ho Won, Woo-Sung Lee
Korea Electronic Technology Institute

Abstract

Multilayer LTCC technology enables RF modules to be reduced dramatically by taking advantage of the three dimensional flexibility. Compared to a conventional two dimensional PCB, LTCC allows higher density, reduced size, and lower cost.

In this research, BPF based on LTCC for 900MHz ZigBee application was implemented which can replace SAW filter with using the material of the Dupont9599's dielectric constant 7.8. And ㅇistributed band pass filter for 900MHz ZigBee system applications is presented. Using resonator stripline and capacitance, 2nd order band pass filter was designed. Adjusting resonator's length and capacitance is easy to tune at accurate center frequency by shifting band because ZigBee system is using narrow bandwidth, 902MHz~928MHz. Also resonator has no limitation in space, so reducing size is possibile. Designed filter had I.L. 2.8dB at 915MHz and attenuation at 815MHz, 1015MHz was 16dB, 15dB, respectively. Therefore, the sharpe cut-off and good insertion loss for ZigBee system application.

I. 서론

무선통신시장이 지속적으로 성장함에 따라 RF 모듈의 집적화가 증가하고 있는 추세에 맞추어 MCM-L, MCM-C, and MCM-D와 같은 다양한 LTCC(Low Temperature Co-fire Ceramic)multi-chip 모듈 기술이 중추적인 역할을 담당하고 있다. LTCC 공정 기술은 passive component을 세라믹 내부에 집적시켜 사이즈 축소화와 고주파영역에서의 안정된 특성을 얻을 수 있어 무선통신에서 널리 사용되는 기술이다. 본 논문에서는 저전력 근거리 무선통신 기술인 ZigBee system의 RF part 중 Band pass fitler를 설계하였다. 일반적으로 ZigBee system에서 사용되는 band pass filter는 높은 cut-off 특성과 낮은 insertion loss가 요구되어 SAW(Surface Acoustic Wave) filter가 사용되어 왔으나, 전체 모듈의 사이즈 축소화를 위해 구성되는 소자들을 LTCC 내부에 embedded 시켰다.

II. 본론

2.1 circuit design

주파수 대역이 좁은 902MHz~928MHz을 사용하기

때문에 component 용량에 따른 밴드의 shifting 현상이 민감하게 반응하여 이에 따른 tuning의 민감도도 증가한다. 그래서 본 논문에서 설계된 2nd order J-inverter 응답을 사용하였고 shunt 공진회로단을 open stub 와 short stub의 shunt 공진 구조로 구현하였다. 이는 band shifting현상을 line의 길이만으로 tuning함으로써 passband의 왜곡 없이 구현할 수 있다는 장점이 있다. 또한 stripline 구조로 설계하여 외부로부터의 shielding 효과를 가지도록 하였다.

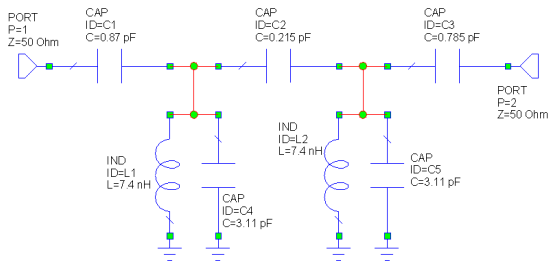

그림 1. The ideal lumped circuit

그림1은 이상적인 집중소자로 구성하여 2nd order Band pass filter을 구현하였다. shunt 공진 회로는 인덕터와 커패시터의 조합을 통해 900MHz에서 공진을 구현할 수 있도록 J-inverter response을 사용하였다. 이에 대한 시뮬레이션 결과는 그림2와 같다.

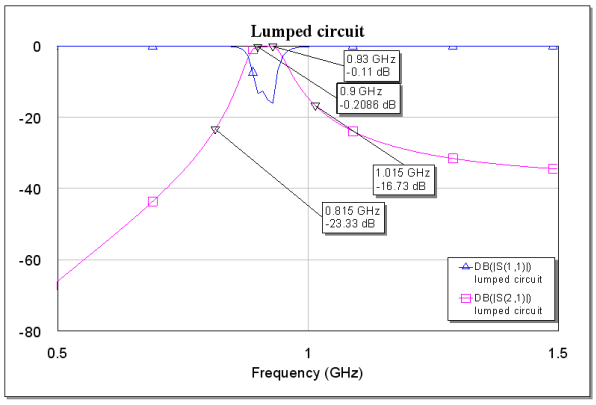

그림 2. simulated response

upper frequency 1.015GHz에서 attenuation 20dB이상을 확보해야 하는 조건에서 이 결과는 J-inverter의 특성상 upper attenuation을 개선 시킬 수 없는 문제가 있다. 또한 tuning point을 조정하기 위해선 공진회로의 lumped 소자를 각각의 tuning을 요구한다. 그래서 shunt 공진회로를 분포소자형으로 구현하여 길이의 tuning만으로 tuning point을 조절할 수 있는 구조를 고안하였다. 그래서 그림 3과 같이 transmission line으로 shunt 회로를 대체하였다.

LTCC 공정 조건을 고려해서 선폭 300um으로 구현하였고, 이 구조는 기존의 집중소자형 회로에 배해 공간의 효율성을 극대화 시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 그림 4의 시뮬레이션 결과와 같이 분포소자는 주기적인 특성을 가지고 있기 때문에 upper band에서 notch을 형성함으로서 J-inverter 특성으로 인한 attenuation이 확보되지 않는 문제를 해결할 수 있었다.

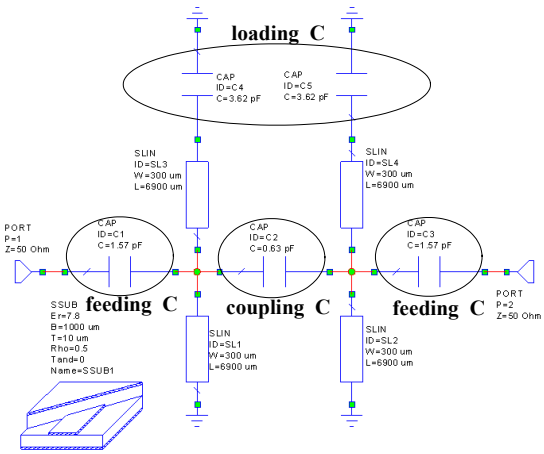

그림 3. The ideal distributed circuit

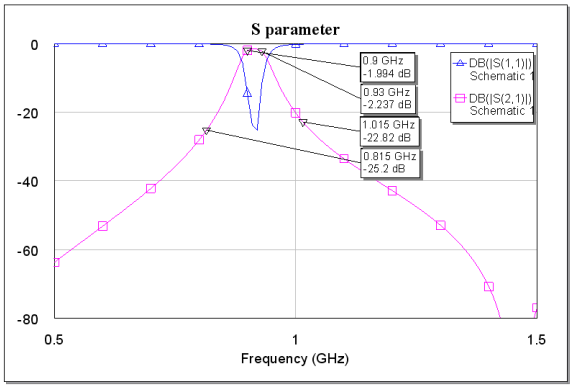

그림 4. Simulated response

coupling C는 bandwidth을 조절한다. 이부분은 실제 structure model에서는 두 line 간의 간격을 조절함으로서 coupling양을 결정할 수 있는 구조로 하였다. 본 연구에서는 LTCC 공정조건에서 가능한 line간의 간격인 80um을 유자하면서 coupling pattern 을 추가하여 coupling을 강화하였다. 역시 loading C는 open stub와 Ground layer와의 coupling양 증가시키기 위한 목적으로 사용되었다. feeding C는 matching point을 조절함으로 return loss을 줄일 수 있다.

2.2 Multi-layer structure design

유전율 7.8, tanδ 0.003인 ceramic 재료를 사용하였고, 도체 paste Ag 6.173×10^{7}을 사용하였다. 사이즈는 6.2×6.2mm으로 구현하였으나, ZigBee module에 삽입할 때 line의 구조를 펼친다면 2.4×6.2mm까지 축소시킬 수 있다. 그림 5는 각 component에 대해 구현된 structure을 보여준다.

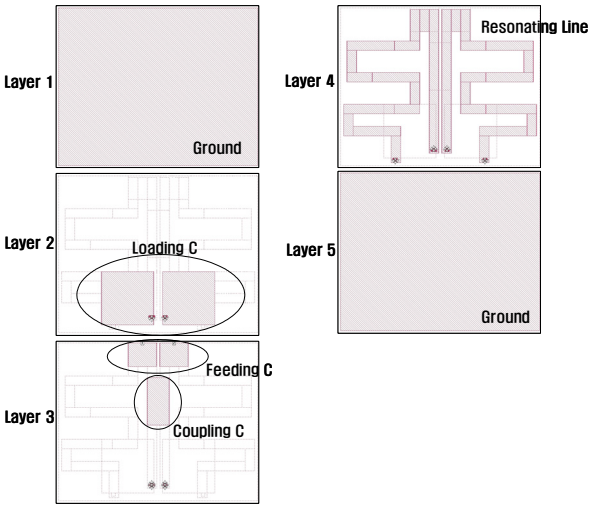

그림 5. The components in the Each layer

그림 6은 구현된 전체 structure을 보여준다. 전체 두께 1mm이고 top과 bottom에 Ground plane이 있는 stripline 구조이다.

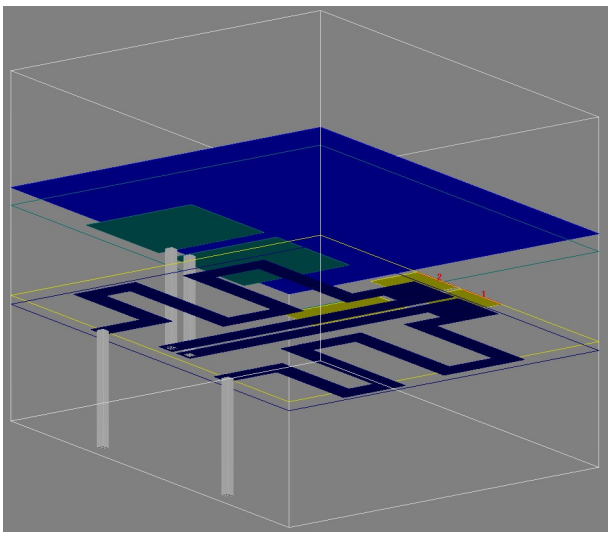

그림 6. The full multi-layer structure

그림 7는 EM structure simulation을 수행한 결과이고 line의 길이 변화에 따른 passband의 주파수 이동경향을 그림8에 나타내었다. 일반적으로 임의의 성분의

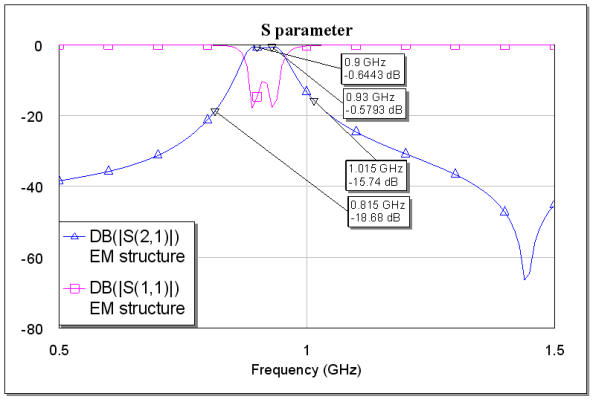

그림 7. The Electro-magnetic simulated response

tuning을 하면 matching point가 달라져 passband의 shape의 왜곡현상이 나타나는데 반해, 이 구조에서는 왜곡현상을 무시할 수 있었다.

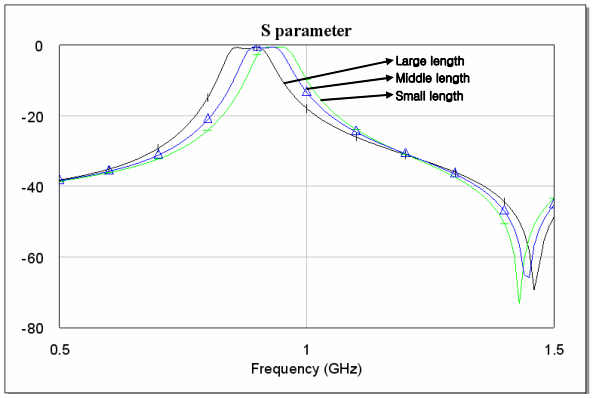

그림 8. The response of line length variation

그림 9은 coupling C 변화에 따른 bandwidth tuning을 보여준다. 역시 파형의 왜곡없이 width 확보가 가능하였으나 passband의 center에 pole이 발생하여 matching point가 달라졌다.

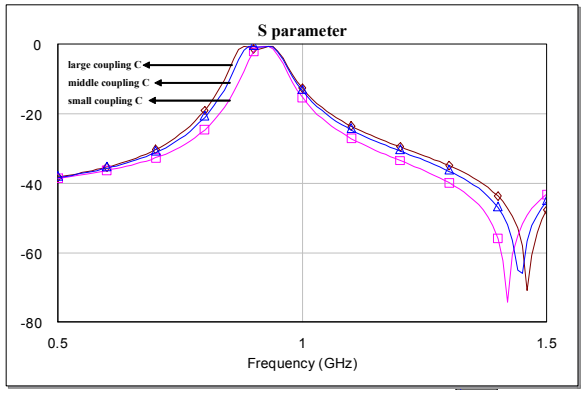

그림 9. The response of the coupling Cap.

2.3 Measurement & result

시뮬레이션 결과의 경향성을 반영하여 line의 길이 변수를 주어 LTCC 공정을 이용하여 제작하였다. 이는 공정시 발생하는 printed pattern구현의 오차와 수축율로 인해 line 길이의 variation을 보상하기 위함이다.

그림 10. The measured result

그림 10은 측정한 결과로서 시뮬레이션과 유사한 결과을 보여주었다. 유전체의 loss tangent가 고려됨으로서 삽입손실의 증가를 초래한 것으로 예상된다. lower와 upper band에서의 attenuation이 각각 15dB, 10dB을 가졌고, insertion loss가 2.5dB이었다.

III. 결론

본 논문에서는 LTCC 공정을 이용해 ZigBee system 응용 band pass filter을 설계하였다. 분포소자형으로 구현함으로서 upper band의 attenuation 확보와 사이즈 축소, tuning과정의 효율성을 극대화하였다. 앞으로 이는 ZigBee system 의 RF front-end단에 삽입 되어 SAW filter 대체할 수 있을 것이고, 특히 사이즈 축소화에 활용도가 높을 것이라 예상된다.

참고문헌

[1] David M. pozar, "Microwave engineering", John Wiley, p. 162, 1998.

[2] G. L. Mattahaei, L. Young, and E. M. T. Jones, "Microwave Filters, Inpedance-Matching Networks, and Coupling Structures", Dedhan, MA: Artech House, (1980).