

## 2.45GHz 대역 Balun BPF의 설계

김명철, 정을영, 류재수, 황희용, 최경, 정중성, 최세하  
 강원대학교 전기전자정보통신공학부, ㈜아모텍, 한국도로정보협회

### A Design of Balun BPF for 2.45GHz Band

Myung-Chul Kim, Eul-Young Jung, Jae-Su Ryu, Hee-Yong Hwang, Kyoung Choi, Joong-Sung Jung, Se-Ha Choi  
 Dept. of Electrical and Computer Eng. Kangwon National University, AMOTECH. CO. LTD, Korea Road Information Society

**Abstract** - Balanced input 단을 갖는 IC chip 과의 interface를 위하여 2.4GHz 대역의 Balun BPF를 설계하였다. 2.4 × 2.0 (mm) 크기의 LTCC chip 형태로 제작하기 위하여 LPF-HPF 형태를 응용한 집중소자형 Balun을 설계하고 Comb-line 형태의 BPF를 접합하여 설계 및 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 결과 Balun BPF의 삽입손실은 3.03dB, 위상차는 170°, Amplitude balance는 0.09dB이다.

피던스와 정확히 일치하고 두 Balanced output의 출력은 180°의 차이를 나타낸다. Network은 각각 병렬공진인 형태로 구성하였고 입력측과 출력측 사이 Network 영역의 특성임피던스를 고려해 Insertion Loss를 최소화 하였다. 원하는 주파수에서의 Balun 특성을 만들기 위한 Capacitor와 Inductor의 조건은 다음과 같다.

### 1. 서 론

Balun은 1944년 Marchand에 의해서 제안된 이후 다양한 구조로 제시되어 왔다. Balun은 Microwave circuit에서 중요한 위치를 차지하는 소자로서 Balanced signal을 Unbalanced signal로 변환해주는 회로·구조물을 통칭한다. 또는 그 반대의 변환 기능을 할때도 똑같이 Balun이라고 부른다. Balun의 출력특성은 하나의 Unbalanced input과 두개의 Balanced output을 가지며 특정 주파수영역에서 두 출력단의 Equal magnitude와 180° 위상차를 만족시켜야 한다.[1][2]

무선 통신이 발달하면서 RF부품들의 소형화 연구가 활발히 진행되고 있는 현 시점에서 본 논문에서는 집적회로에 적합한 Lumped-element를 사용하여 Simple한 구조의 발룬 모형을 제시하였고 나아가 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술을 이용하여 Band Pass Filter와 Balun을 하나의 One single dielectric body에 집적시켜 Bluetooth module 등 다양한 Application에 적용될 수 있는 2.45GHz 대역의 소형 Balun Filter를 구현하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 Balun 설계 [4]

제안된 발룬은 'Lattice-type' Balun으로 알려진 구조를 이용하여 구성하였으며, High pass section과 Low pass section으로 구성되어 Input에 함께 연결된다. 이 Balun은 두개의 Capacitor와 두개의 Inductor로 구성되며 ±90°의 Phase shift를 야기시키는 구조이다.

입력측에 인가되는 Unbalanced signal은 High/Low pass network을 통해 서로 다른 Phase 특성을 가지게 된다. 두 개의 Network의 Unbalance측에서 바라본 임피던스는 출력측의 임

$$w = 2\pi f \tag{1}$$

$$Z_C = \sqrt{R_L R_C} \tag{2}$$

$$L = \frac{Z_C}{w} \quad C = \frac{1}{Z_C w} \tag{3}$$

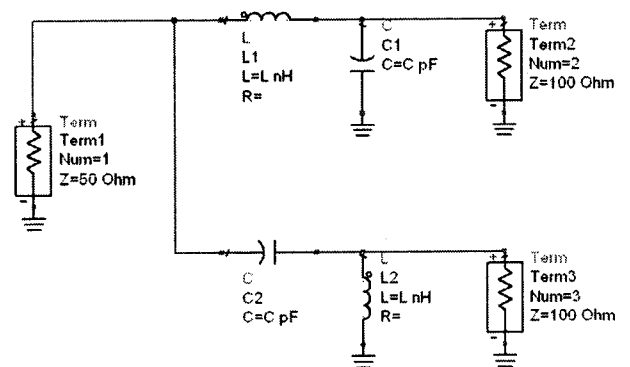
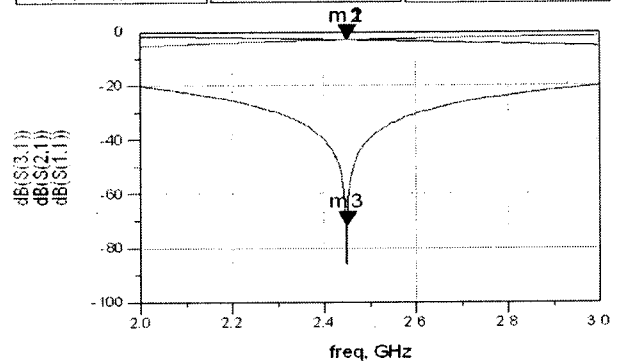
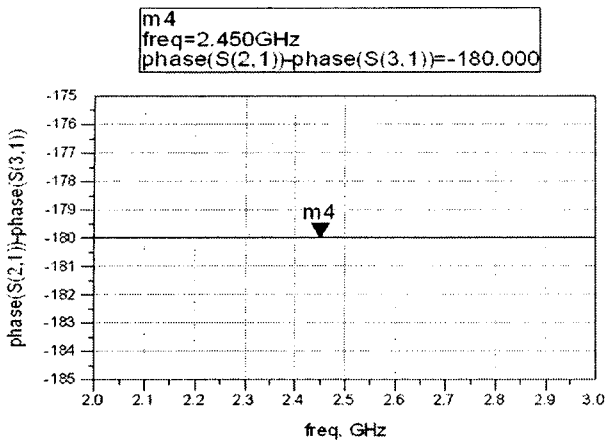


그림 1. Balun 회로도

m1 freq=2.450GHz dB(S(2,1))=-3.015	m2 freq=2.450GHz dB(S(3,1))=-3.006	m3 freq=2.450GHz dB(S(1,1))=-71.959
--	--	---



(a) S-Parameter



(b) Phase

그림 2. Balun 시뮬레이션 결과

[그림 1]은 설계된 Balun 구조를 나타낸 것이고, [그림 2]는 시뮬레이션 결과이다. Balance 출력포트 간 Amplitude balance는 0.01dB, 180° 위상 차이를 나타냄을 확인할 수 있다.

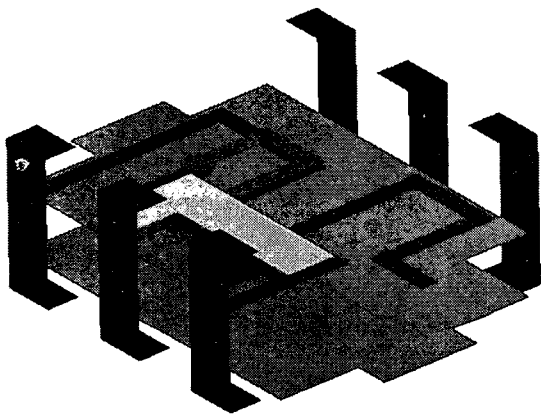
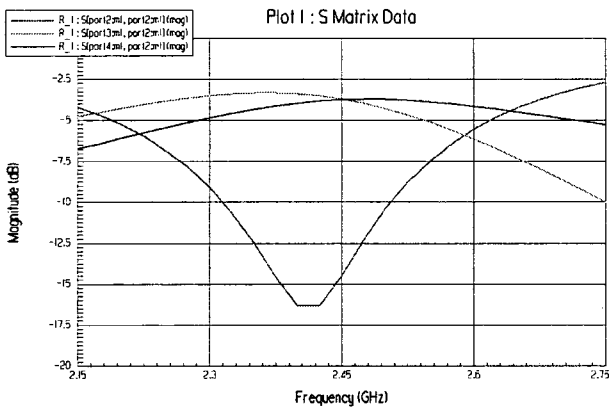
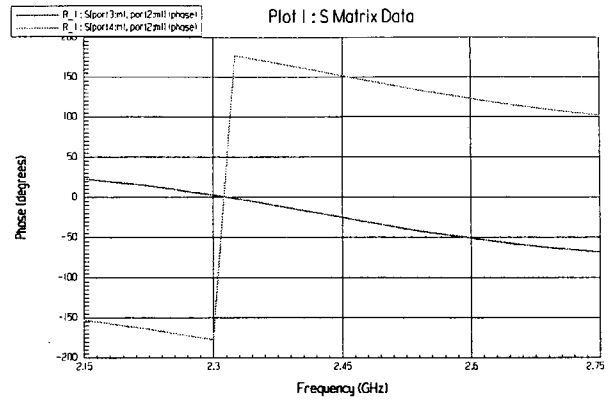


그림 3. Balun 구조



(a) S-Parameter



(b) Phase

그림 4. HFSS 시뮬레이션 결과

[그림 3]은 LTCC 모형을 위한 입체 구조를 나타낸 것이고, [그림 4]는 HFSS를 이용하여 시뮬레이션한 결과이다. 2.45GHz대역에서 삽입손실은 0.74dB, 위상차는 176°~177°이다.

## 2.2 Band Pass Filter 설계

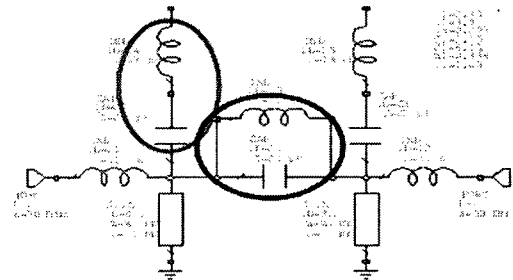


그림 5. 설계된 BPF 회로

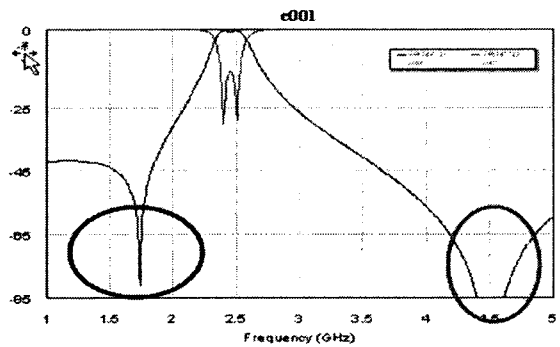


그림 6. BPF 시뮬레이션 결과

[그림 5]는 제안된 BPF의 회로이다. 기본적인 Combline Filter 구조에 Skirt 특성을 향상시키기 위해 Notch를 구성하였다. [그림 6]은 BPF 시뮬레이션 결과로서 대역폭은 2.45GHz를 중심으로 200MHz, 삽입손실은 1.3dB이고 삽입된 Notch로 인해 Skirt 특성이 개선되었다.

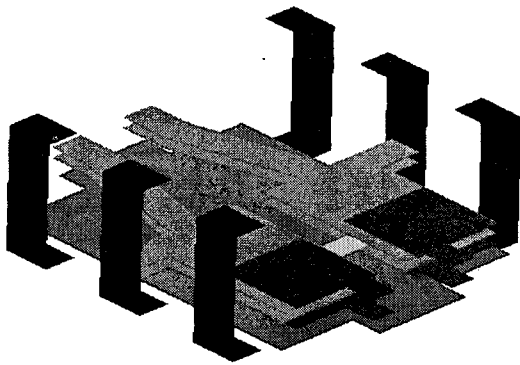
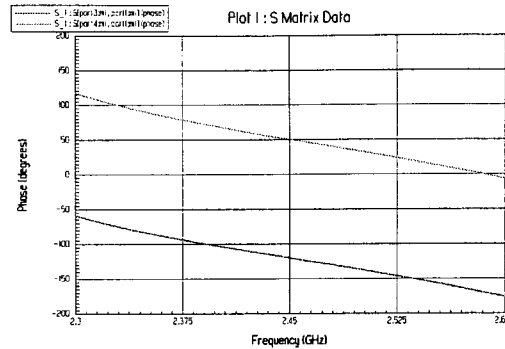


그림 7. BPF 구조



(b) Phase

그림 9. Balun BPF 시뮬레이션 결과

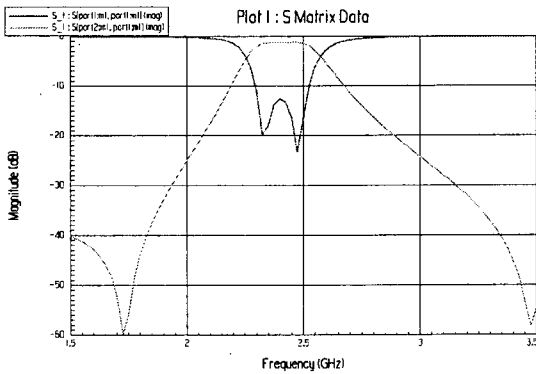


그림 8. HFSS 시뮬레이션 결과

[그림 9]는 Balun과 BPF를 합친 Balun BPF를 시뮬레이션한 결과로서 대역폭은 2.45GHz를 중심으로 100MHz, 삽입손실은 3.03dB, 위상차는 170°이다.

### 3. 결 론

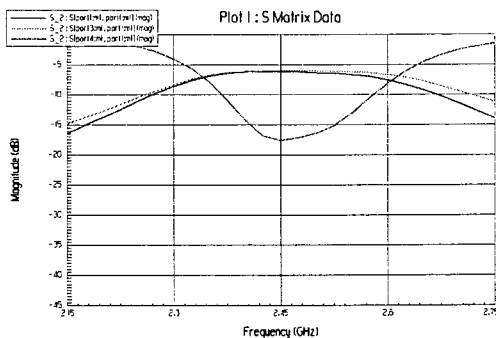
본 논문에서는 지금까지 각각의 부분으로 구성되어있던 Balun과 Filter를 하나의 소자로 구현하고자 하였다. 제작에 앞서서 시뮬레이션 검증응을 통하여 최적화된 Balun Filter를 특성을 얻고자 하였다. 시뮬레이션된 Balun BPF 특성은 2.45GHz 대역에서 삽입손실 3.03dB, 위상차는 170°이다. 앞으로 Balun 부분과 BPF 부분의 정합과 위상차의 보정 등이 연구 과제이다.

### 감사의 글

본 연구는 2004년도 강원대학교 두뇌한국21사업과 산업자원부 지원의 기초전력공학공동연구소 (R-2003-0-291)의 지원으로 수행된 과제입니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Choonsik Cho, "A New Design Procedure for Single-Layer and Two-Layer Three-Line Baluns", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol., 46, No. 12, 1998.
- [2] Samir F.Mahmoud, Philip Pieters and Eric Beyne, "Analysis and Design of Two Types of Microwave Baluns", The 12th International Conference on Microelectronics, 2000.
- [3] 김준연, 손미현, 이성수, 김용준, "다층 인쇄회로기판에 집적된 Compline 구조의 2.4GHz 대역통과필터", 대한전기학회 추계학술대회(pp35-37), 2001.
- [4] (16 July, 2004), "RF & Microwave Circuit Tutorials", RF, RFIC & Microwave Theory, Design, <http://www.odyssey.nildram.co.uk/RFMicrowave\_Circuit\_s\_Files/Balun%20Design.pdf>. (16 May, 2004).



(a) S-Parameter

[그림 7]은 LTCC 모형을 위한 입체 구조를 나타낸 것이다. 탭입력을 사용하였다. [그림 8]은 HFSS를 이용하여 시뮬레이션한 결과이다. 2.45GHz대역에서 삽입손실은 1.2dB, 대역폭은 200MHz이다.

### 2.3 Balun Filter 시뮬레이션

앞서 시뮬레이션한 Balun과 BPF의 결과를 토대로 두가지를 모델을 합하여 시뮬레이션을 하였다.