

# LTCC Chip 형태의 2.45GHz 대역 Balun-BPF의 설계

A Design of Balun-BPF for 2.45GHz Band of LTCC structure

정을영 최경 황희용, 강원대학교 전기전자정보통신공학부  
Eul-Young Jung, Kyoung Choi, Hee-Yong Hwang  
Dept. of Electrical and Computer Eng. Kangwon National University

### Abstract

This paper presents a LTCC Balun-BPF, which is a BPF(bandpass filter) with a Balun in a single LTCC chip for the direct interface with a MIC chip having balanced inputs. The physical dimension of the designed Balun-BPF is  $2.4 \times 2.0 \times 0.88 \text{mm}^3$  and the used dielectric constant  $\epsilon_r$  is 36. A Balun of three-lines structure with striplines and a BPF of comb-line structure was combined into the Balun-BPF. The simulated result shows 4.8dB of insertion loss, 178~179 degree of the phase imbalance, 14dB of the return

### Keywords

balun, BPF(bandpass filter), LTCC(low temperature co-fired ceramic)

## I. 서 론

최근 Wireless, Bluetooth 등의 무선 통신이 발달하면서 무선 통신 제품들의 성능 발달 수준에 비례하여 소형화와 경량화가 신속히 진행되고 있다. 이에 발맞춰 무선 통신 제품들의 주요 근간을 이루는 RF 부품들의 소형화에 대한 연구도 활발히 진행되어 가고 있고, 또한 소형화만이 아니라 여러 부품들을 하나로 집적화 시키는 것에 대한 연구 및 기술도 진척이 되어가고 있다. 현재 이러한 연구에는 Antenna와 Balun의 합성, Filter와 Mixer의 조합 등 여러 가지 조합과 합성에 대한 연구가 진행 중이며, 집적·소형화를 위해서 사용되는 기술들도 LTCC나 MMIC 등의 여러 가지 공법들이 많이 도입·발달되어가고 있다.

이중에서 본 논문에서는 Balun과 Filter를 LTCC 공법을 이용하여 하나의 Chip 안에 집적시키는 것을 연구하였다. 그러기 위해서 본 논문에서는 Three-line Balun[4]에서 변형된 2-line Coupler Balun을 응용하여 집적에 용이한 다층구조를 갖는 발룬 모형을 설계하였고[1][2][3], Filter 역시 집적에 용이한 Comb-line형 Filter를 응용하여 다층구조를 갖는 BPF를 설계하였다[5][6]. 최종적으로 Balun-BPF의 설계는 이렇게 각각 설계된 Balun과 Filter를 하나의 유전체 Chip에 같이 구현함으로써 완성을 하였다. 이렇게 설계된 Balun-BPF는 LTCC 공법을 이용하여 유전율 36, 2024사이즈의 Chip에 Balun과 Filter를 집적 할 수 있으므로 소형화와 경량화된 부품을 필요로 하는 Bluetooth module, Wireless LAN, 무선통신 시스템 등의 다양한 Application에 적용될 수 있다.

## II. Filter, Balun 설계 및 시뮬레이션

### 1. BPF 설계

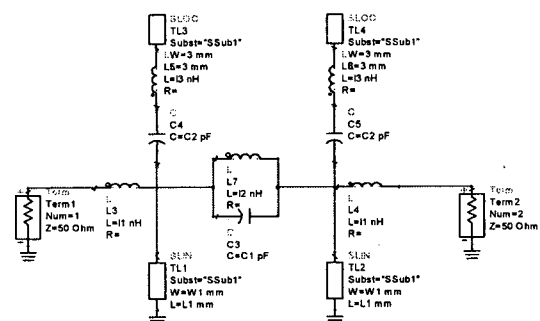


그림 1. 설계된 Filter의 등가회로  
Fig. 1. Designed Filter Circuit

본 논문에서 제안된 Filter는 Comb-line Filter를 응용한 BPF로서 기본적인 회로는 그림 1에 보는 바와 같이 구성되었다[5][6]. 2개의 공진기로 구성된 기본적인 Comb-line Filter 구조에 중심주파수 대역을 중심으로 앞과 뒤의 Skirt 특성을 향상시키기 위하여 공진기 사이와 그 윗부분에 각각 LC 공진부를 삽입하여 Notch를 구성하도록 하였다.

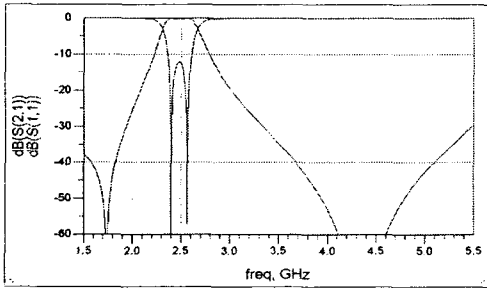


그림 2. 설계된 Filter의 시뮬레이션 결과  
Fig 2. Designed Filter Simulation Result

그림 2는 위에서 제안된 BPF 회로를 시뮬레이션한 S Parameter 결과이다. 중심주파수 2.45GHz를 중심으로 대역폭은 200MHz정도 나왔고, Insertion loss는 1.3dB, Return loss는 12.9dB, 그리고 회로에서 의도했듯이 삽입된 Notch로 인해 중심대역 각각 앞과 뒤에 공진점을 추가시켜서 전체적으로 Skirt 특성이 개선되는 것을 알 수 있다.

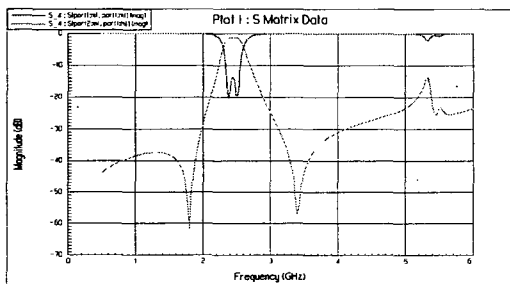


그림 3. Filter 구조체의 시뮬레이션 결과  
Fig 3. Filter Structure Simulation Result

그림 3은 그림 1의 등가회로를 구조체로 바꾼 것을 시뮬레이션한 S Parameter 결과이다. 중심주파수 2.45GHz를 중심으로 대역폭은 100MHz이고, Insertion loss는 1.6dB, Return loss는 15dB, 그리고 중심대역 앞·뒤에 Notch에 의한 공진점도 생기는 것을 볼 수 있다.

## 2. Balun 설계

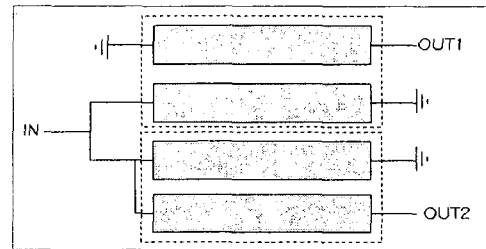


그림 4. Balun의 기본적인 등가회로  
Fig 4. Equivalent Circuit of Balun

본 논문에서 응용한 Balun은 Three-line에서 변형된 2-line couplers Balun이다[1][2]. 이 Balun에 대한 기본적인 등가회로를 그림 4에 나타내었다. 2-line couplers Balun은 Three-line Balun에서 중앙의 line이 2개로 분리되어 전부 4개의 line으로 구성된 Balun이다. Three-line의 단점은 3개의 line이 서로 Coupled line으로 구성이 되기 때문에 3개가 같이 종속적으로 연결이 되어야만 한다. 그러나 2-line couplers balun은 이러한 Three-line에서 중앙의 line을 2개의 line으로 분리하면서 Balun을 전체적으로 2개의 부분으로 구성할 수 있도록 분리를 했다. 2개의 부분으로 나누어짐으로 인해 좀 더 쉽게 Balun을 유전체에 구조적으로 설계할 수 있다.

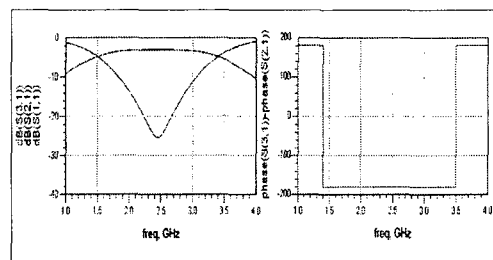


그림 5. Balun 회로 시뮬레이션 결과  
Fig 5. Balun Circuit Simulation Result

위의 그림 5는 그림 4의 등가회로에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 위의 결과에서 보듯이 일반적인 Balun의 주요한 특성인 Amplitude balance는 0.001dB로 출력간의 차이가 거의 없이 3.01dB씩 이상적으로 출력이 되고, 위상특성을 살펴보면 Output port의 위상이 한쪽에서는 90도가 다른 한쪽에서는 -90도가 출력이 되어 전체적으로

는 Output간의 위상차이가 180도가 된다. 따라서 Output Signal이 우리가 원하는 이상적인 Balanced Signal이 됨을 알 수 있다.

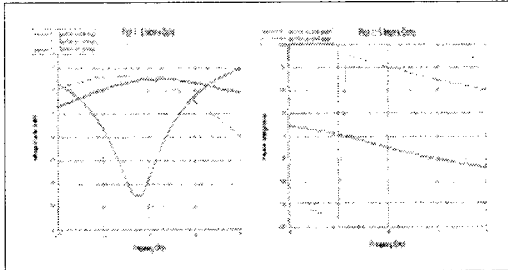
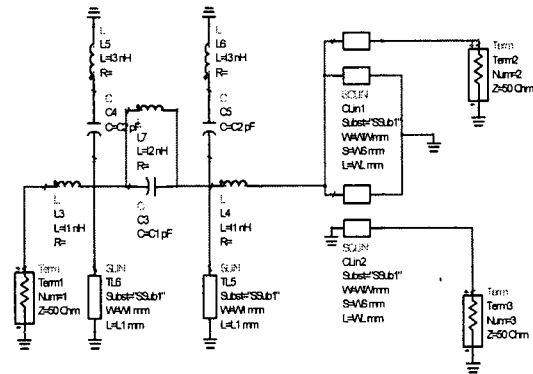


그림 6. Balun-BPF 시뮬레이션 결과  
Fig 6. Balun-BPF Simulation Result

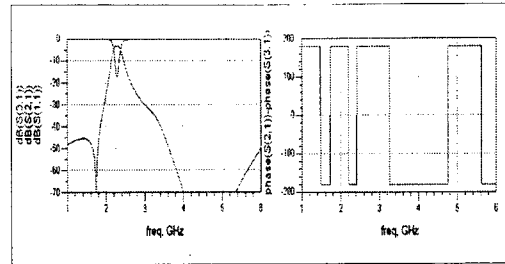
그림 6은 그림 4의 등가회로를 토대로 구조화한 Balun을 시뮬레이션한 결과이다. 2.45GHz를 중심으로 100MHz 대역폭 내에서 Insertion loss는 0.74dB 이고, Balanced Output간의 위상차는 177°~178°가 나왔다.

### III. Balun-BPF 설계 및 시뮬레이션

전체적인 Balun-BPF의 설계는 앞서 각각 설계되었던 Balun과 BPF를 같이 연결하여서 구현을 하였다. Balun과 Filter를 연결하여 설계한 Balun-BPF 회로도와 시뮬레이션 결과를 그림 7에 나타내었다.



(a) Balun-BPF 회로  
(a) Balun-BPF Circuit



(b) 시뮬레이션 결과  
(b) Simulation Result  
그림 7. Balun-BPF 회로 및 시뮬레이션  
Fig 7. Balun-BPF Circuit and Simulation

중심주파수 2.45GHz를 중심으로 대역폭 100MHz 내에서 Return loss는 14dB, Insertion loss는 3.05 dB로 나왔다. 다음으로 Balun의 특성을 살펴보면 Amplitude balance는 0.0001dB이하로 나왔고, Balanced Output의 간의 위상 차이는 전 대역에서 180도로 이상적으로 나옴을 확인하였다.

회로와 마찬가지로 Balun-BPF의 구조 역시 Balun, Filter를 유전체 Chip 안 Ground 층으로 분리된 각각의 층에 구현을 함으로써 설계하였다.

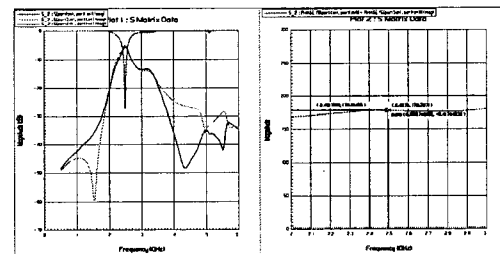


그림 8. Balun-BPF 시뮬레이션  
Fig 8. Balun-BPF Simulation Result

그림 8은 구조체를 시뮬레이션한 결과를 나타낸 것이다. 중심주파수 2.45GHz를 중심으로 대역폭 100 MHz 내에서 Return loss는 14dB, Insertion loss는 4.8dB로 나왔고, Amplitude balance는 0.4dB로 두 출력 port간의 출력차가 조금 있었다. 그리고 다음으로 위상특성은 대역폭 내에서 178°~179°로 Balun의 위상특성을 충분히 만족을 하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 지금까지 각각의 부분으로 구성되어있던 Balun과 Filter를 One single dielectric

body에 집적시켰다. 이를 위해 각각 Balun은 2-line Couplers Balun을 Filter는 Comb-line Filter를 채택하였고 이를 응용하여 Balun-BPF를 설계하였다. 이렇게 설계된 Balun-BPF의 시뮬레이션 결과는 2.45GHz를 중심으로 전체 대역폭 100MHz 내에서 Return loss 14dB, Insertion loss 4.8dB, 출력 Output 간의 Amplitude balance는 0.4dB나왔으며, 위상차는 대역 내에 전체적으로 178°~179°로 180°에 근접하는 수치들이 나왔다. 이상으로 설계된 Balun-BPF는 따로 구성이 되어왔던 Balun과 Filter를 하나의 Chip 으로 만들 수 있으므로 소형, 경량화를 요구하는 무선 통신 기기나 시스템에 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

이 논문은 2005년도 강원대학교 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

This work was supported by the Brain Korea 21 Project of Kangwon National University in 2003.

#### [ 참고 문헌 ]

- [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] 이병화, 박동석, 박상수, "새로운 3-라인 발룬 설계", *한국전자과학회논문지 제 14권 제 7호*, pp750-754, 2003.
- [3] Samir F. Mahmoud, Philip Pieters and Eric Beyne, "Analysis and Design of Two Types of Microwave Baluns", *The 12th International Conference on Microelectronics*, 2000.
- [4] C. M. Tsai and K.C. Gupta, "CAD procedures for planar re-entrant type couplers and three-line baluns.", in *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. dig.*, pp. 1013-1016, 1993.
- [5] 김준연, 손미현, 이성수, 김용준, "다층 인쇄회로 기판에 집적된 Combline 구조의 2.4GHz 대역통

과필터", 대한 전기학회 추계학술대회pp35-37, 2001.

- [6] Dal Ahn, J. S. Lim, I. S. Kim, Y. K. Shin, K. Y. Kwang, "Design of 2-pole Band Pass Filter Using Closed Loop Resonator and Coupled Lines", *IEEE MTT-S*, vol.3, pp 1643~1646, June 1996.