

동축 선로를 이용한 BALUN의 위상 특성 분석

박응희

강원대학교

The phase characteristic analysis of BALUN using a coaxial cable

Ung-hee Park

Kangwon University

E-mail : uhpark@kangwon.ac.kr

요 약

동축 선로를 이용한 발룬은 쉬운 제작, 높은 동작 전력, 안정적인 동작으로 초고주파 회로에서 자주 이용된다. 하지만, 동축 선로 발룬은 동축 선로와 기판에 존재하는 마이크로스트립 선로와의 연결할 때에 발생하는 기생 리액턴스 성분과 동축 선로 자체가 가지는 인덕턴스와 캐패시턴스 성분에 의해 정확한 발룬 동작 특성을 예상하기 어렵다. 본 논문에서는 역위상 특성을 가지는 동축 선로 발룬 두 출력 단자에서의 위상 특성을 측정하였다. 이를 바탕으로 보다 개선된 동축 선로 발룬 제작 가능성에 대해 살펴보려 한다.

ABSTRACT

Balun using a coaxial lines is often used in microwave circuits due to easy fabrication, high operating power, and stable operation. However, it is difficult to predict an accurate balun operation characteristic due to the parasitic reactance component to be generated when the coaxial line is connected to the microstrip line existing on the substrate, and the inductance and the capacitance component of the coaxial line itself. In this paper, it is measured the phase characteristics at two output ports of the coaxial line balun which should have opposite phase characteristics. Based on these results, it will examine closely the feasibility of making more improved coaxial line balun.

키워드

Balun, Coaxial cable balun, Coaxial cable characteristic

1. 서 론

발룬(Balun)은 푸쉬-풀(Push-pull) 회로, 다이폴 형태의 안테나 등에서 자주 사용되는 회로로서 입력 단자에 입력한 신호에 대하여 동일 세기의 180도 위상차 신호로 분배하여 두 개의 출력 단자로 출력하거나 또는 두 개의 입력 단자로 동일 세기의 180도 위상차 신호가 입력하는 경우 두 신호를 결합하여 하나의 출력 단자에 신호를 공급한다.[1~4] 발룬은 회로 기판 상에서 다양한 형태 또는 소자로 제작 가능한데, 동축 선로를 이용한 발룬은 구현이 용이하고, 높은 동작 전력을 가지며, 광대역에서 구동할 수 있어서 실제 회로에서 많이 사용되고 있다.

동축 선로를 이용한 동축 선로 발룬은 동축 선로를 마이크로스트립 선로 또는 동작 회로에 연

결하는 부분에서 원치하는 기생 리액턴스 성분이 존재하게 된다. 이는 동축 선로 자체가 가지고 있는 내재적인 인덕턴스 성분과 캐패시턴스 성분과 결합되어 발룬의 주파수 동작 범위를 변화시킬 수 있다. 본 논문에서는 동축 선로를 이용한 발룬이 가지는 기본적인 동작 특성을 실험을 통해 확인한 후, 동축 선로 외부 주요 지점에 캐패시터를 연결하여 동축 선로 발룬의 동작 범위의 개선 방안에 대해 살펴보았다.

II. 본 론

그림 1은 가장 간단한 형태의 동축 선로를 이용한 발룬의 블록 다이어그램이다. 블록 다이어그램

램은 언발란스(Unbalance) 단자인 1번 단자를 입력 단자로 하고, 발란스(Balance) 구조의 2번 단자와 3번 단자를 출력 단자로 나타낸 것이다. 실제로 동축 선로의 특성 임피던스가 50 Ω인 경우 입력 단자 1과 연결되는 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스는 50 Ω이고, 출력 단자 2와 3에 연결되는 마이크로스트립 선로는 25 Ω이 되어야 안정적으로 정합 상태가 된다. 하지만, 동작 주파수 범위에 따른 신호 세기와 위상의 분배 특성은 출력 단자 2와 3이 동일한 상태이기 때문에 연결 선로를 50-Ω 마이크로스트립 선로를 연결하여 살펴보아도 특성 분석에는 전혀 문제가 없다. 그림 2는 그림 1의 블록 다이어그램 형태로 제작된 동축 선로 발룬의 실험 측정을 위해 제작된 회로의 모습이다.

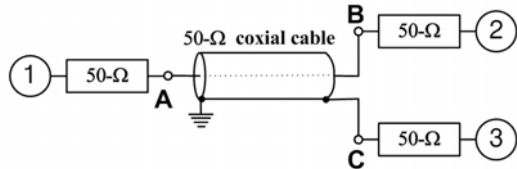


그림 1. 동축 선로 발룬 블록 다이어그램

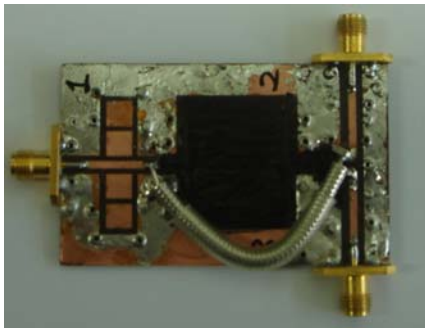


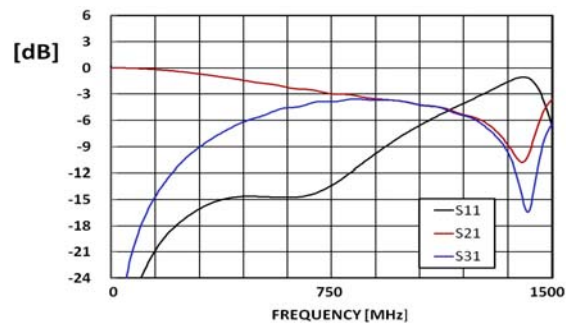
그림 2. 제작된 동축 선로 발룬

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r l}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \quad (1)$$

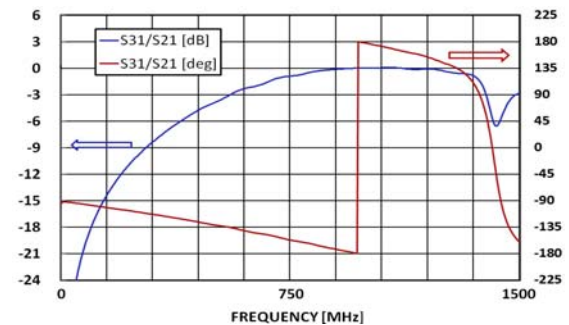
$$L_o = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$

$$L_i = \frac{\mu_0 l}{8\pi} \quad (3)$$

식 (1), (2), (3)은 동축 선로가 가지는 내부 캐패시턴스 값과 인덕턴스 값을 구하기 위한 수식이다.[6] 실험에 사용된 동축 선로는 내경 지름(a)이 0.51mm, 동축 선로 외부 도체의 지름(b)은 1.68mm, 내부 도체와 외부 도체 사이에 존재하는 테플론은 비유전율(ϵ_r) 2인 141 형태인 RG-405 Flexible 선로이다. 이를 수식에 대입하여 길이 50mm인 동축 선로가 가지는 내부 캐패시턴스 C를 계산하면 약 4.69pF가 되고, 중심 선로가 가지는 내부 인덕턴스 L_i 는 약 2.5nH, 동축 선로가 가지는 외부 인덕턴스 L_e 는 약 11.66nH로 총 인덕턴스는 약 14.36nH가 된다. 그림 3의 (a)는 그림 2의 제작된 동축 선로 발룬의 입력 반사 특성 (S_{11}), 두 출력 단자의 전달 특성(S_{21} 과 S_{31})을 나타낸 것이다. 그림 3의 (b)는 출력 단자 2와 3의 값의 세기 차이와 위상 차이를 나타낸 것이다. 동축 선로 자체가 가지는 세기 차이가 0.2dB 이내의 주파수 범위는 880MHz에서 1235MHz로 중심 주파수는 약 1067MHz가 된다. 반면 위상차가 180도 발생하는 주파수는 약 970MHz이다.

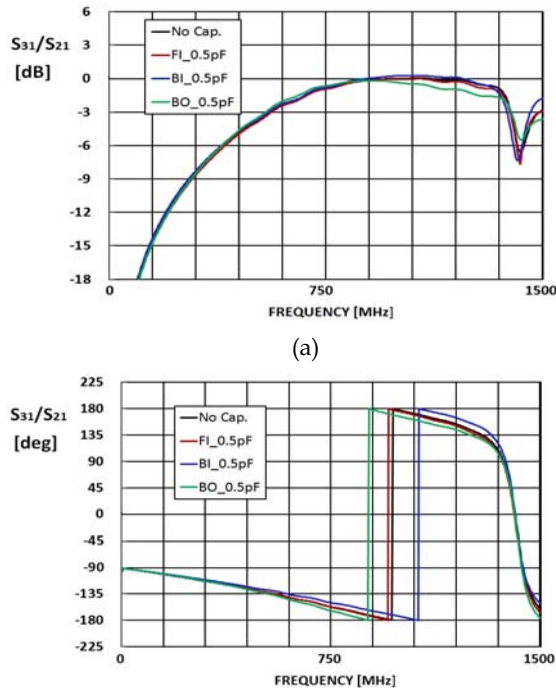


(a)



(b)

그림 3. 길이 50mm 동축 선로 발룬 동작 특성; (a) 세기 특성(S_{11} , S_{21} , S_{31}), (b) 발룬 출력 특성 비교(S_{31}/S_{21} [dB], S_{31}/S_{21} [deg])



(b) (그림 데이터 확인 필요)

그림 4. 제작된 동축 선로 발룬의 외부 캐패시터스 연결에 따른 동작 변화 특성; (a) 세기 (S_{31}/S_{21} [dB]) 특성 변화, (b) 위상(S_{31}/S_{21} [deg]) 특성 변화

그림 4는 그림 1의 A-, B-, C-지점에 캐패시터스 0.5pF를 접지면과 연결하였을 경우에 두 출력 단자의 전달 세기의 차이와 위상 차이를 그림으로 나타낸 것이다. A-지점에 외부 캐패시터를 연결한 값은 FI_0.5pF에 해당하는 빨간색 선으로 아무것도 연결하지 않은 검은색 선인 No Cap와 세기 차 특성과 위상차 특성이 거의 동일한 값을 갖는다. C-지점에 0.5pF 캐패시터를 연결한 데이터는 BO_0.5pF에 해당하는 녹색 선으로 검은색 선인 No Cap와 세기 차이는 거의 변화가 없지만 위상은 880MHz에서 180도 위상차가 발생하여 앞으로 이동하는 것을 볼 수 있다. B-지점에 0.5pF 캐패시터를 연결한 데이터는 BI_0.5pF에 해당하는 파란색 선으로 세기 차 0.2dB 범위로 보았을 때 주파수 범위는 약 830~1250MHz로 검은색 선인 No Cap에 비해 상대적으로 약간 넓어졌으며 위상차가 180도 주파수는 1060MHz로 주파수 범위의 중간으로 옮겨온 것을 볼 수 있다. 선로 길이 50mm는 1060MHz의 전기적 길이 $\lambda/4$ (=90도)에 해당하는 값으로 선로 길이 90도에서 발룬의 동작 특성이 정확히 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

III. 결 론

동축 선로를 이용한 발룬은 쉽게 제작 가능하여 실제 회로에서 자주 사용된다. 동축 선로의 동작 주파수는 일반적으로 선로 길이의 $\lambda/4$ 에 해당된다. 하지만, 실제적으로 동일한 세기와 180도 위상차의 주파수는 선로 길이 $\lambda/4$ 주파수보다 아래 쪽에서 발생함을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 이러한 주파수 변화는 동축 선로에서 발생하는 기생 리액턴스에 의해 일어나는 것으로 판단된다. 동축 선로에서 발생하는 기생 리액턴스를 제거하기 위해 동축 선로의 인입부, 출력부의 선로 외곽, 출력부 선로에 캐패시터를 병렬 연결하여 동축 선로 발룬의 동작 특성을 실험을 통해 확인하였다. 실험을 통해 살펴본 결과로는 동축 선로 출력부 선로에 낮은 캐패시터를 연결하면 이론치와 매우 근접한 값의 동축 선로 발룬을 제작할 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] D.M.Pozar, MICROWAVE ENGINEERING, Addition Wesley, 1990
- [2] U.-H. Park, "A Wilkinson-type balun using a composite right/left-handed transmission line," Journal of information and communication convergence engineering, vol.11, no.3, pp. 147 - 152, Sep. 2013
- [3] U.-H. Park and J.-S. Lim, "A 700- to 2500-MHz microstrip balun using a Wilkinson divider and 3-dB quadrature couplers", Microw. Opt. Technol. Lett., 2005, vol.47, no.4, pp. 333 - 335
- [4] J.-S. Lim, U.-H. Park, Y.-C. Jeong, K.-S. Choi, D. Ahn, S. Oh and J.-J. Koo, "800-5000 MHz ultra-wideband CPW balun", ELECTRONICS LETTERS, Aug. 2006, vol.42, No.18, pp. 1037-1039
- [5] Marco A. Antoniades and George V. Eleftheriades, " A Broadband Wilkinson Balun Using Microstrip Metamaterial Lines", IEEE antennas and wireless propagation Lett., 2005, vol. 4, pp. 209-212
- [6] A. Grebennikov, N. Kumar, and B. S. Yarman, Broadband RF and Microwave Amplifiers, Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, ch. 2, 2016