

# 향상된 T-junction 구조를 이용한 광대역 평면구조의 Baluns

## A Broad-Band Uniplanar Baluns Using Enhanced T-junction Structure

이 선 오  
(광운대, 석사과정)

윤 태 순  
(광운대, 박사과정)

김 기 병  
(광운대, 박사과정)

이 종 철  
(광운대, 교수)

E-mail : jclee@daisy.kwangwoon.ac.kr

### 목 차

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| I. 서론                  | III. 광대역 BALUN 설계    |
| II. 평면구조 BALUN의 이론적 배경 | 1. 향상된 T-junction 구조 |
| 1. 슬롯라인 구조의 특성         | 2. 각 Balun의 측정 결과    |
| 2. 코플라나 웨이브가이드 구조의 특성  | IV. 결론               |

## I. 서론

20세기에 시작된 무선 통신 연구는 초기에 동축 선로로부터 시작하여 microstrip, slot-line 및 Coplanar Waveguide(CPW) 등과 같은 다양한 구조물에 대한 연구가 이루어 졌으며, 최근에는 반도체 공정을 이용한 Monolithic Microwave Integrated Circuit(MMIC) 연구가 활발히 진행 중이다. 특히, 1969년에 Wen에 의해 제시된 CPW 구조는 단일 평면상에 구조물이 형성되며, MMIC로의 응용이 용이하다는 장점으로 인해 각광 받고 있다[1, 2].

실제의 통신 시스템에 있어서 이러한 단일 평면 구조를 갖는 CPW, slot-line 및 microstrip 구조의 자유로운 변환이 필요한 경우가 종종 발생한다. 이에 따라 transition에 관한 연구가 진행되었고, 이러한 연구 중에 한 분야를 차지하는 것이 Mixer, Antenna 그리고 Balanced Amp. 등에 폭 넓게 적용되는 Balun이 있다.

Balun이란 대칭 신호와 비대칭 신호의 결합에 쓰이는 소자로서, 대칭 신호라 함은 크기는 같고, 위상차가 180° 나는 신호를 말한다.

최근 Balun은 평면 구조로서 광대역 특성을 갖는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 특히 주목할 만한 내용은 커플링(Coupling)을 이용한 Marchand Balun과 Chang에 의해 제시된 back-to-back transition을 이용한 Back-to-back Balun이다.

본 논문에서는 Chang에 의해 제시된 CPW에서 slotline으로의 변환된 구조에서 역으로 slotline에서 CPW로의 변환을 이용하여 Balun을 설계하여 그 특성에서의 차이점을 비교하였다. 또한, 본 논문에서는 CPW T-junction에 변화를 줌으로써 손실을 줄이고자

하였다.

## II. 평면구조 BALUN의 이론적 배경

Balun이란 용어는 앞서 말한 바와 같이 대칭 신호(balanced signal)와 비대칭 신호(unbalanced signal)에서 만들어 진 것으로 대칭 신호와 비대칭 신호의 결합에 쓰이는 소자를 가리킨다. 따라서, Balun은 transformer의 한 형태라고 할 수 있다. 대칭 구조의 전송선로란 두 개의 선로가 대칭적으로 존재하여 선로 각각이 크기는 같고 위상이 180° 차이가 나는 파를 전송시키는 선로를 말한다. 반면, 비대칭 전송선로는 주 신호 선로로만 파가 전송되는 선로로서, 초고주파 회로에 흔히 사용되는 microstrip 선로와 CPW 선로가 여기에 속한다.

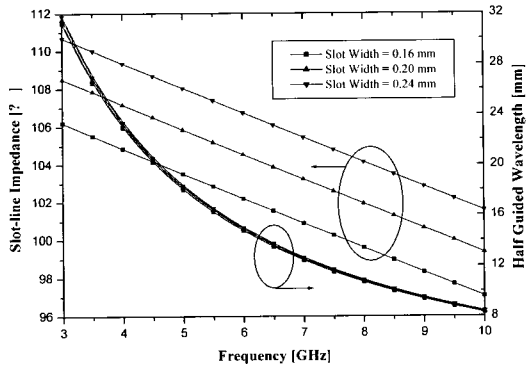
다양한 형태로 연구되어 온 Balun은 초기에 안테나 응용을 위해 동축 선로를 이용하여 설계되었으나, 차츰 평면 구조의 연구가 활발히 이루어졌고, 현재는 평면 구조로 그 크기가 작으며, 혼합기나 push-pull 전력 증폭기에 응용이 용이한 Balun이 개발 중이다.

이러한 평면 구조를 갖는 Balun의 대표적인 것은 Marchand Balun과 Back-to-back Balun으로 기관의 한쪽 면에서 제작이 이루어지므로 상대적으로 크기가 작고, MMIC에 집적이 용이하며, 광대역 특성을 나타내고 있다.

본 논문에서는 Back-to-back Balun을 다루기 위해 먼저 slotline 및 CPW 구조에 대해 살펴본다.

### 1. 슬롯라인 구조의 특성

대칭 구조를 갖는 slotline은 1968년 Cohn에 의해 제시되었다. Slotline은 단일 평면 구조로써 유전체 한 쪽 면에 좁은 slot을 갖는 구조로 높은 임피던스를 갖는 선로 및 직렬 stub 구현이 용이하며, balun, Antenna등에 자주 응용되고 있다. Galerkin's method에 의해 curve-fitting하여 추출된 식에 의한 slot-line의 주파수에 따른 특성임피던스 및  $\lambda/2$  관내 파장은 <그림 1>과 같다[3-5].



<그림 1> 주파수에 따른 Slot-line 임피던스 및  $\lambda/2$  관내파장

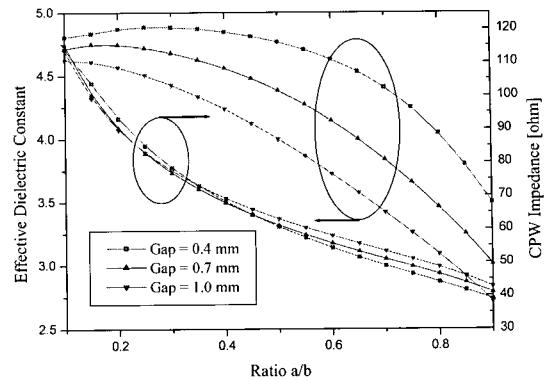
<그림 1>에 의하면 임피던스 및  $\lambda/2$  관내파장은 주파수의 증가에 따라 감소하며, slot의 두께가 얇을수록 임피던스가 감소하는 것을 알 수가 있다.

## 2. 코플라나 웨이브가이드 구조의 특성

CPW 구조는 신호전송로와 접지 면이 동일 평면상에 놓여있는 구조로써 대부분의 필드가 Slot 부분에 집중되어 분산이 적고 공정상 back-side 금속 공정이 필요치 않게 됨에 따라 공정을 단순화시킬 수 있으며 밀리미터 또는 서브밀리미터 대역에서 손실이 기존의 전송선로에 비해 우수하고 회로의 크기를 줄일 수 있어 단일칩 초고주파 집적회로(Monolithic Microwave Integrated Circuit : MMIC)와의 집적이 용이하다는 등 많은 장점을 가지고 있다.

그러나, CPW의 대칭적인 구조가 깨졌을 때, 즉 T-junction과 같은 상황에서는 Slot을 따라 전송되는 파의 전송 길이가 달라지게 됨에 따라 Coupled Slot-mode가 발생하는데, 이러한 mode는 CPW 특성을 감소시키는 기생 성분으로 작용하므로 Coupled Slot-mode를 제거할 필요가 있다. 일반적으로 air-bridge를 통하여 이러한 기생 성분을 억압할 수 있는 것으로 알려져 있다 [6].

대칭적인 CPW 구조의 Aspect ratio에 따른 실효 유전율과 임피던스는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> Aspect ratio에 따른 실효유전율과 임피던스

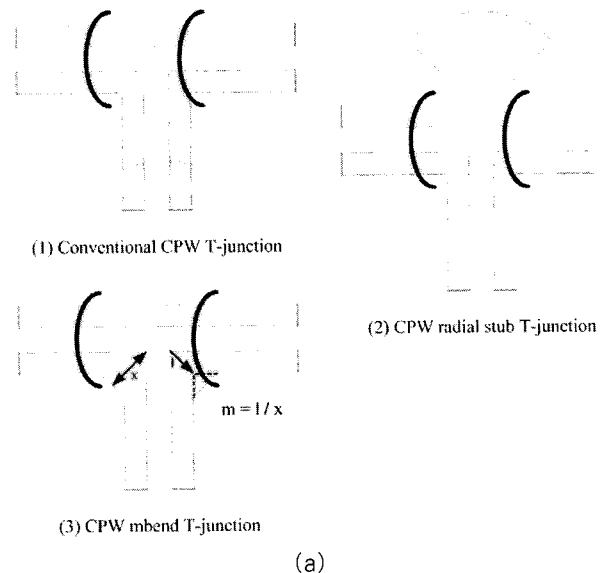
<그림 2>에 따르면 CPW의 특성임피던스는 Aspect ratio에 의해 결정되며, 이는 Gap 크기에 따라 다소 차이를 나타내고 있다. 또한, Gap 크기가 증가하게 되면, 실효유전율이 감소하고 특성 임피던스가 증가함을 나타낸다.

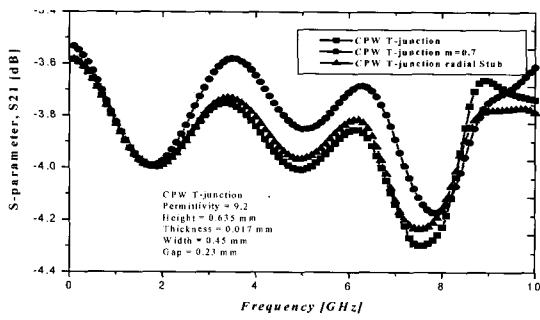
이리하여, 다음과 같이 슬롯라인과 CPW 구조의 특성을 이용한 광대역 Balun를 설계하였다.

## III. 광대역 BALUN 설계

### 1. 향상된 T-junction 구조

본 논문에서는 Chang에 의해 제시된 Balun을 근거로 Zeland사의 IE3D ver. 8.0으로 설계를 하였다. T-junction 부분에서 많은 손실이 발생하게 됨으로, 다양한 구조로써 손실을 개선하고자 하였다. <그림 3>은 향상된 T-junction 구조와 그 특성을 나타낸다.





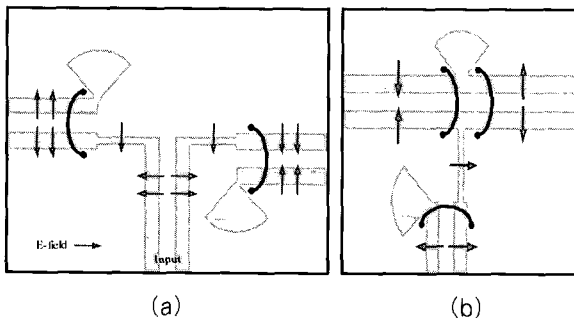
(b)

〈그림 3〉 (a) 향상된 T-junction의 구조 및 (b) 그 특성

그림에서 나타낸 바와 같이 microstrip 선로와 유사하게 m-bend를 형성할 때 가장 좋은 특성을 나타내고 있다. 2~8GHz 대역에서 최적화시켰을 때, 삽입 손실이 최대 0.15dB 정도 개선됨을 알 수 있다.

## 2. 각 Balun의 측정 결과

〈그림 4〉는 Chang에 의해 제시된 CPW-to-slotline Balun과 본 논문에서 제안하는 slotline-to-CPW balun을 나타내고 있다.



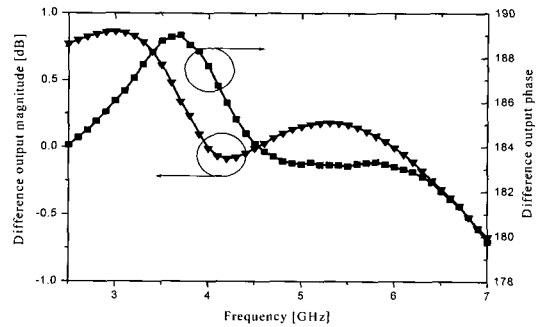
(a)

(b)

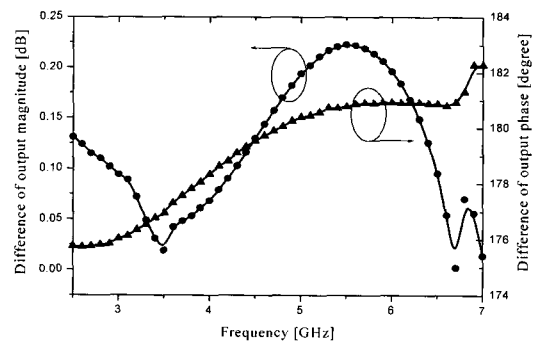
〈그림 4〉 (a) Chang에 의해 제안된 CPW-to-slotline Balun과 (b) Slotline-to-CPW Balun의 구조

〈그림 4〉에서 나타내는 바와 같이 Chang에 의해 제시된 기존의 Balun은 CPW-to-slotline T-junction을 사용하였으나, 본 논문에서는 slotline으로 입력을 주어 CPW 전송선로로 출력을 얻었다. 이때, slot의 두께는 간단한 CPW-to-slotline transition을 통해 최적화하여 설계하였다[2, 4]. 즉, 모의실험을 통해 slot의 두께가 얇아수록 삽입손실이 적음을 확인하고, 이러한 결과를 이용하여 Balun을 제작하였다. 기존의 CPW-to-slotline Balun과 본 논문에서 제안하는 slotline-to-CPW Balun, 그리고 T-junction을 개선한 Balun을 측정하여 비교하였을 때, 본 논문에서 제안하는 Balun은 위상차는 개선되었으나, 출력 크기의

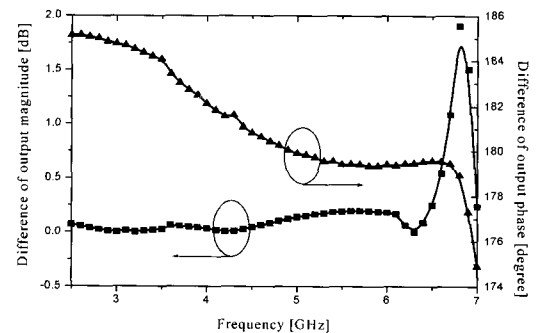
차가 커짐을 〈그림 5〉와 같이 확인하였다.



(a) CPW-to-slotline Balun



(b) Slotline-to-CPW Balun



(c) 향상된 T-junction을 이용한 Balun

〈그림 5〉 각 Balun의 측정 결과

Chang에 의해 제시된 CPW-to-slotline Balun은 위상차는  $10^\circ$  이내이고, 크기의 차는 1.0dB 이내로 측정되었으며, 본 논문에서 제시한 slotline-to-CPW Balun은 위상차는  $5^\circ$  이내, 크기의 차는 2.5dB 이내로 측정되었다. 그리고, 향상된 T-junction을 이용한 Balun은 위상차는  $5^\circ$  이내, 크기의 차는 2.0dB 이내였다. Slotline-to-CPW Balun에서 크기의 차이가 커진 것은 slotline으로 입력을 주입하기 위해 사용한 transition으로 인해 완전한 대칭 구조가 형성되지 못했기 때문이라고 판단된다. 각 Balun의 특성을 정리하면 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉 각 Balun의 특성 비교

Type	Split Magnitude	Split Phase
CPW-slotline Balun (by Chang)	$\pm 1.0\text{dB}$	$180 \pm 10^\circ$
Slotline-CPW Balun	$\pm 2.5\text{dB}$	$180 \pm 5^\circ$
Enhanced T-junction Slotline-CPW Balun	$\pm 2.0\text{dB}$	$180 \pm 5^\circ$

#### IV. 결 론

본 논문에서는 Chang에 의해 제안된 CPW-to-slotline T-junction을 이용한 Balun과 slotline-to-CPW T-junction을 이용한 Balun의 특성을 비교하였다. 또한, CPW T-junction에 m-bend를 형성하였을 때 삽입손실을 최대 0.15 dB 개선할 수 있음을 확인하고, T-junction 부분에 m-bend를 만들어 줌으로써 Balun의 특성을 향상시켰다.

제시된 두 개의 T-junction을 이용한 Balun을 이용하여 CPW와 slotline의 상호 변환을 적절히 활용한다면 결합기, 위상 변위기 뿐만 아니라 Mixer, Amp. 등과 같은 응용에서 광대역 특성을 나타낼 수 있으리라 기대한다.

#### 참고문헌

1. C. P. Wen, "Coplanar Waveguide: A surface strip transmission line suitable for non-reciprocal gyro-magnetic device application", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 17, no. 12, pp. 1087-1090, Dec. 1969.
2. R. N. Simons, *Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems*, Wiley-Interscience, 2001.
3. K. Hettak, N. Dib, and A. Sheta, A. A. Omar, M. Stubbs, S. Toutain, "New Miniature Broadband CPW-to-Slotline Transitions", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol 48, pp. 138-146, Jan. 2000.
4. K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl, and P. Bhartia, *Microstrip Lines and Slotlines*, 2nd edition, Artech House, 1996.
5. R. Mongia, I. Bahl, and P. Bhartia, *RF and Microwave Coupled-Line Circuits*, Artech House, 1999.
6. C. H. Ho, L. Fan, and K. Chang, "New Uniplanar Coplanar Waveguide Hybrid-Ring Couplers and Magic-T's", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol 42, pp. 2116- 2125, Dec. 1994.