

해상통신 시스템 응용을 위한 초소형 RF 수동소자의 개발

이동환·김충열·박영배·이경식·윤영

development of Miniaturized RF Passive Components
for Application Marine Communication System.

Dong-hwan LEE+, Choong-ryul Kim++, Young-bae Park+++, Kyung-sik Lee++++,
Young YUN+++++

Abstract : This paper proposed a miniaturization passive element employing the multiple microstrip line. As a result of this method, we realized the transmission line miniaturized. The applying structure designed and evaluated a power divider on GaAS MMIC circuit. It draws a plan in a center Frequency as the observation could do good characteristic.

Key words : Multiple line, Power Divider.

1. 서론

GaAS 또는 Si 전력증폭기, RFIC/MMIC 등의 전자소자에는 전력결합/분배기(power coupler/divider)가 필요하다. 윌킨슨 전력분배기는 선로길이가 $\lambda/4$ 길이에 비례하고, 이 점은 제작에 있어서 제품의 크기가 커지고 더 많은 비용이 들게 한다. 본 논문에서는 GaAs MMIC상의 수동소자의 소형화를 위하여, 다중결합 선로를 제안한다. 이에 실제로 5.5GHz용 윌킨슨 전력분배기를 설계하였다.

2. 다중결합선로

그림 1은 종래의 $\lambda/4$ 선로를 보여준다. 그림 2는 High impedance 전송선로와 병렬커패시터를 사용하여 길이를 줄인 회로의 등가회로이다.

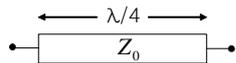


Fig. 1 $\lambda/4$ transmission line.

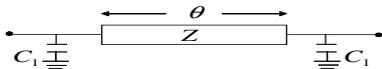


Fig. 2 Miniaturized equivalent circuit with high impedance transmission line and shunt capacitor.

위 그림 1의 ABCD 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & jZ_0 \\ j/Z_0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

위 그림 2의 ABCD 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ j/Z & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & jZ\sin\theta \\ j\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & Z \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$= \begin{pmatrix} \cos\theta - \omega C_1 Z \sin\theta & jZ \sin\theta \\ j\sin\theta + 2\omega C_1 \cos\theta - (\omega C_1)^2 Z \sin\theta & \cos\theta - \omega C_1 Z \sin\theta \end{pmatrix}$$

위 식으로부터 특성 임피던스와 병렬 커패시터의 값을 알 수 있다.

$$Z = \frac{Z_0}{\sin\theta}, \quad \omega C_1 = \frac{\cos\theta}{Z} \quad (3)$$

위 값을 이용하면 특성 임피던스가 너무 높으며, MMIC상의 수동소자의 구현에 제약 요인이 된다. 이런 제약을 극복하기 위해 공진회로를 삽입한 모습에서 coupled line 구조[4]로 하면 길이는 줄어들고 선로 임피던스도 비교적 낮다. 이 구조는 그림 3에서 보여준다.

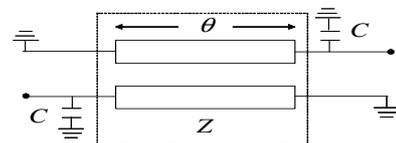


Fig. 3 Equivalent $\lambda/4$ transmission line circuit using shorted coupled-line pair.

그림 1, 2, 3의 구조가 등가가 되기 위한 조건은 다음과

+ 이동환 (한국해양대학교 전파공학과) E-mail : youyoung@bada.hhu.ac.kr tel) 051)410-4426
 ++ 김충열 한국해양대학교 전파공학과
 +++ 박영배 한국해양대학교 전파공학과
 ++++ 이경식 한국해양대학교 전파공학과
 +++++ 윤 영 한국해양대학교 전파공학과

같다.

$$L_0 = \frac{Z_0 \tan \theta}{\omega}, \quad C_0 = \frac{1}{\omega^2 L_0} \quad (4)$$

$$C = C_0 + C_1 \quad (5)$$

이러한 결합선로를 사용하는 경우, 선로자체의 임피던스가 낮아짐으로서 실제 제작이 용이하게 되었다.[4] 본 논문에서는 선로의 coupling 용량을 이용하여 선로 길이를 더욱 축소하기 위해 그림 4와 같은 3중 결합 선로[1]~[3]를 이용하였다.

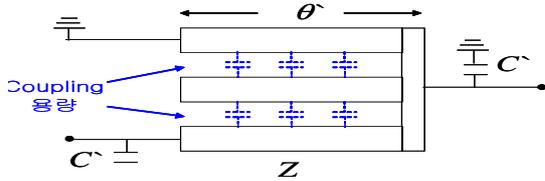


Fig. 4 The final equivalent $\lambda/4$ transmission line circuit.

즉, 그림 4의 구조에서 선로사이에 발생하는 coupling 용량을 이용함으로써 선로의 길이가 줄어들고, shunt 용량도 대폭 줄어들었다.

3. MMIC용 5.5GHz 윌킨슨 전력분배기의 응용

본 논문의 다중 결합선로를 이용한 소형화를 입증하기 위해서 전력증폭기(PA) 또는 믹서(Mixer)등에 사용되는 윌킨슨 전력 분배기를 5.5GHz의 주파수에서 동작하도록 MMIC상에서 설계하였다. 윌킨슨 전력분배기는 동위상 전력분배특성을 가진다.

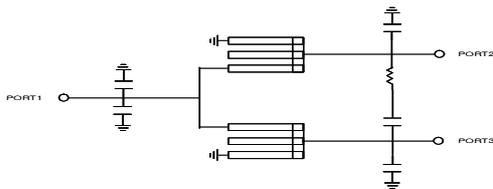


Fig. 5 Equivalent reduce-size power divider using shorted coupled-line.

예를 들어 그림 5에서 포트1에 입력신호를 가하는 경우, 포트2와 포트3에서 출력되는 전력은 서로 동위상, 동전력 특성을 가진다. 그리고 포트 2와 3은 서로 절연되어야 한다. 그림 5과 같이 종래의 선로구조를 이용하여 5.5GHz 주파수에서 10Ω 선로인 선로폭 W 800um의 선로를 기판 높이 100um의 GaAs 기판 상에 설계하는 경우 그 선로의 길이는 4200um이며, 반면 다중 결합선로를 이용하여 설계하는 경우는 길이는 약 260um로 약 1/16 정도로 길이가 축소된 것을 알 수 있다. 직렬 커패시터의 역할은 포트2와 포

트3의 절연(isolation)을 향상[5]시키기 위해서이다. 그림 6은 절연포트 특성을 나타낸다. 5.5GHz에서 측정치는 -9.6dB, 시뮬레이션 값은 -13.5dB로 포트2, 3 절연 특성이 나옴을 알 수 있다.

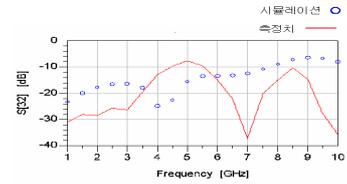


Fig. 6 Calculated and measured Isolation.

그림 7과 8은 소형화된 윌킨슨 전력분배기의 동위상 전력분배 특성과 위상분배 특성을 보여준다. 시뮬레이션 툴로는 ADS가 사용하였고 다중결합선로는 모멘텀 방법에 의해 계산하였다. 선로폭은 20um 선로간격은 20um 길이는 260um을 shunt capacitor는 1.83pF를 사용하였다. 중심주파수 5.5GHz에서 포트 2 출력은 측정치는 -3.4dB 시뮬레이션 값은 -3.2dB이며 포트 1에서의 반사계수는 측정치 -17.5dB 시뮬레이션 값 -18dB이며, 위상차는 0도로써 양호한 특성을 보여준다. 포트1, 2, 3은 모두 10Ω을 사용하였다. 중심주파수 5.5GHz에 대해서 양호한 동위상 분배특성이 관찰되었다.

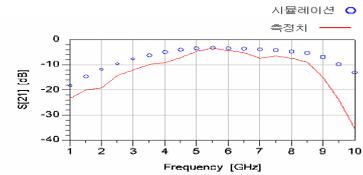


Fig. 7 Calculated and measured Insertion loss S21, S31

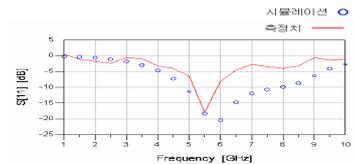


Fig. 8 Calculated and measured Reflection loss S11

GaAs 기판 상에 MMIC로서 설계한 경우는 전력분배치가 -3.4 dB이며 이상적인 전력분배 특성인 -3 dB보다 0.4 dB 손실이 있다.

4. 결론

본 논문에서는 GaAs MMIC상에 소형화 수동소자를 구현하기 위하여 다중 결합선로를 제안 하였고, 그 결과 선로의 축소를 실현하였다. 위 구조를 이용하여 GaAs 기판 상에 MMIC용 윌킨슨 전력분배기를 설계 측정 평가하였다. 선로길이는 종래보다 1/16(종래:4200um, 결합선로:260um) 정도로 축소하였고, 면적은 1/7 정도로 축소하였다. 위 윌킨슨 전력분배기는 중심주파수 5.5GHz에서 양호한 특성을 관찰할 수 있었다.