

# DGS $\lambda/4$ 전원 전송선을 이용한 드레인 혼합기 설계

김연환, 권영필, 정용채, 임종식, 김철동\*

전북대학교 전자·정보 공학부 및 정보통신 연구센터, \*세원 텔레텍

전화 : 063-270-2458

## Drain Mixer Design using $\lambda/4$ Bias Transmission Line with DGS(Defects Ground Structure)

Youn Hwan Kim, Young Pil Kwon, Yong Chae Jeong, Jongsik Lim, \*Chul Dong Kim

Dept. of Electronics & Information Engineering, Chonbuk National Univ.,

Seoul National University, Seoul, Korea, \*Sewon Teletech

E-mail : sawohwan@hotmail.com

### Abstract

In this paper, active drain mixer using a new  $\lambda/4$  bias transmission line that is added dumbbell-shaped defected ground structure(DGS) on ground plane of the conventional  $\lambda/4$  bias transmission line is proposed. The proposed transmission line can reduce LO signal and RF signal in addition in active mixer by DGS's slow-wave effect. By this reduction characteristics, conversion gain is improved about 0.32dB, the LO signal is reduced about 17dB and the RF signal is removed, which is better than using the conventional low pass filter.

### I. 서론

최근 마이크로파와 밀리미터파 대역에서 전송선로의 접지면에 주기적으로 식각된 패턴을 배열한 PBG (Photonic Band Gap) 구조가 활발히 연구되어 지고 있다[1]. 또한 접지면에 복잡한 배열 대신 단지 하나 또는 그 이상의 패턴의 결함으로 대체한 DGS가 연구되어 지고 있다[4]. 접지면의 주기적 결함(defected) 구조를 갖는 전송선로는 저 손실의 slow-wave 특성과 특정 주파수 대역을 저지하는 특성을 나타낸다. 이러한 특성을 갖는 PBG 구조나 DGS 구조를 이용하여 고효율 증폭기, 혼합기, 여파기 등을 설계한 논문들이 발표되고 있다[2][3][5][6].

혼합기는 RF 시스템에서 주파수를 변환해주는 소자

로, 능동 혼합기와 수동 혼합기로 나누어진다. 수동 혼합기는 전원이 불필요한 다이오드를 이용하여 간단하게 구현 가능하지만 변환 손실이 있다는 단점을 가지고 있다. 능동 혼합기는 DC 전원이 필요한 트랜지스터를 이용하기 때문에 회로 구성이 복잡하지만 변환 이득을 갖는 장점을 가지고 있다. 능동 혼합기의 경우 DC 전원 전력을 신호 증폭의 에너지로 사용한다. DC 전원과 출력 신호 사이의 격리를 위해 일반적으로 종단이 캐패시터로 단락된  $\lambda/4$  전송선로를 사용하거나 방사형 스텐브(radial stub)로 단락된  $\lambda/4$  전송선로를 사용하고, 이러한 전송선로는 짝수 하모닉 신호는 차단 효과를 갖지만 홀수 하모닉 신호에 대하여는 차단 특성을 갖지 못하는 특성을 가지고 있다.

드레인 혼합기는 RF와 LO 신호가 각각 게이트와 드레인 단으로 인가되기 때문에 게이트 혼합기와 같이 입력 커플러가 필요 없어 RF와 LO 신호가 다른 포트에 인가되므로 감쇄 특성이 좋다. Resistive 혼합기에 비해서 선형성은 떨어지지만, 손실이 존재하는 resistive 혼합기와 달리 변환 이득이 존재하는 장점이 있다.

본 논문에서는 캐패시터로 단락된  $\lambda/4$  전송선로에 DGS를 적용하여, 특정 하모닉 성분을 제거하여 IF단의 LO 신호와 RF 신호의 여파기 특성을 더욱더 감쇄시킬 수 있는 드레인 혼합기에 적용해 보았다.

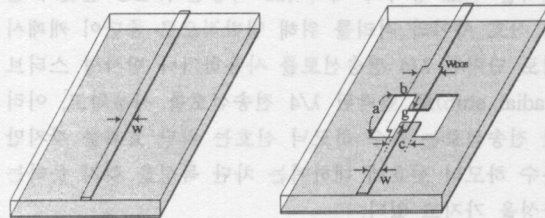
### II. DGS를 이용한 $\lambda/4$ 전원 전송선로 설계

#### 1. 전파지연 효과

그림 1에서 기존의 마이크로스트립 전송선로와 접지면에 결함 구조를 갖는 DGS방식 마이크로스트립 전송선로의 물리적 구조와 그 전기적 특성을 보여주고 있다. 시뮬레이션과 제작된 기판은 유전율이 2.2이고, 두께가 31mil인 ROGERS사의 RT/duroid 5880이다. 전송선로의 접지면에 일부 패턴을 식각 하면 등가적으로 직렬 인덕턴스를 증가시키는 효과를 가진다. 이때 무손실 전송선로의 전파상수( $\beta$ )는 식 (1)과 같다.

$$\beta = \omega_0 \sqrt{LC} \quad (1)$$

여기에서,  $\omega_0$ 는 각 주파수, L과 C는 전송선로의 단위 길이 당 인덕턴스와 캐패시턴스를 나타낸다. 이러한 등가 인덕턴스와 캐패시턴스 값의 증가는 위상상수를 증가시켜 전파지연(slow-wave)효과를 일으킨다. 그림 1(b)에서는 하나의 아령 모양의 DGS를 사용했는데 각 셀의 파라미터는  $a=6\text{mm}$ ,  $b=1\text{mm}$ ,  $g=0.5\text{mm}$ 이고, 기존의 50 $\Omega$  선로 폭인 2.38mm보다 큰  $c=4.76\text{mm}$ 로 하여도 신호전송에 문제가 없으며, 동작 주파수가 커질수록 다른 전파지연 효과가 나타남을 보이고 있다. 이렇게 DGS 구조 전송선로가 갖는 전파지연 특성을 캐패시터로 단락된  $\lambda/4$  전원 전송선로에 적용하였다.



(a)

(b)

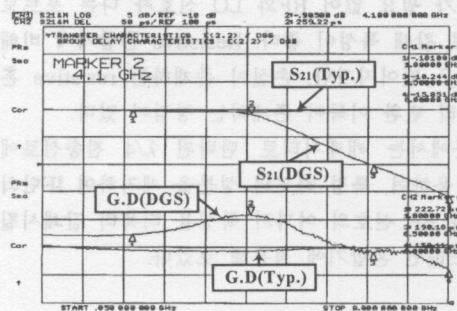


그림 1.(a) 마이크로스트립 전송선로 구조,  
(b) DGS 방식 마이크로스트립 전송선로 구조  
(c) 전달 및 전파지연 특성 비교

이 전원 전송선로가 DGS를 이용하여 전송선로의 주파수에 따른 전파지연 효과를 통한 하모닉 성분들을 제거할 수 있다면 혼합기의 변환이득과 하모닉 제거 특성을 향상시키는데 매우 효과적인 것이다.

2.  $\lambda/4$  전원 전송선로 설계

그림 2는 50 $\Omega$  전송선로에 연결된 2개의 결함을 둔  $\lambda/4$  바이어스 선로의 구조를 보이고 있다. 이때 DGS의 각 셀의 파라미터는  $a=5.6\text{mm}$ ,  $b=2\text{mm}$ ,  $g=0.7\text{mm}$ ,  $c=w=1.2\text{mm}$ ,  $d=10.9\text{mm}$ 이고, 전송선로의 특성 임피던스는 120 $\Omega$  이고, 동작주파수 2.14GHz에서  $\lambda/4$  전송선로 길이는 33mm 이다. 만약 DGS를 사용하지 않은 일반적인 전송선로의 경우는  $w=0.4\text{mm}$ ,  $l=34.2\text{mm}$  이다. 물리적으로는 전송선로의 폭이 3배 정도 커지고 길이는 약간 감소함을 알 수 있다.

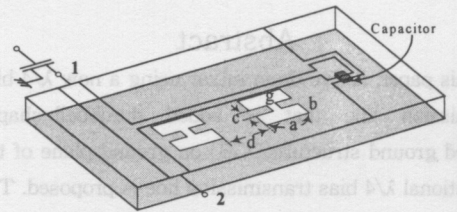
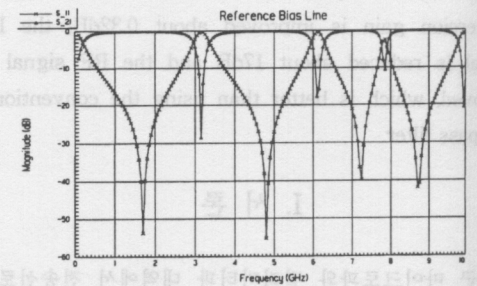
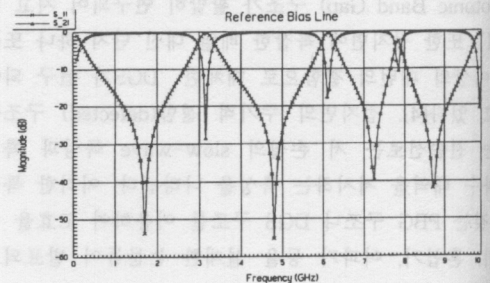


그림 2. DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로의 구조도



(a) 시뮬레이션 결과

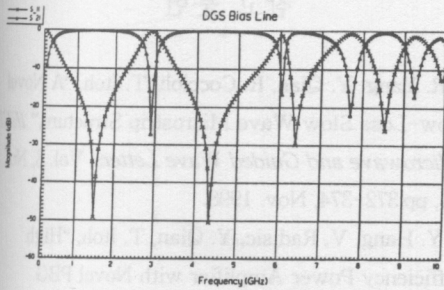


(b) 제작 결과

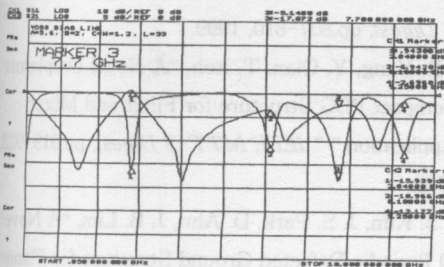
그림 3.  $\lambda/4$  전원 전송선로의 전달 및 반사 특성,



그림 3과 그림 4는 일반적인  $\lambda/4$  전원 전송선로와 DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로를 사용했을 때 신호 전송선로의 EM 시뮬레이션 특성과 실제 제작하여 측정 한 결과를 보여주고 있다. DGS를 사용한 경우 LO 주파수에는 약 17.78dB, RF 주파수 대역에서는 약 13dB 정도의 감쇄 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.



(a) EM 시뮬레이션 특성



(b) 제작 결과

그림 4. DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로의 전달 및 반사 특성,

### III. 혼합기의 제작 및 성능 개선

제안된 DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로의 유용성을 보이기 위해 일반적인  $\lambda/4$  전원 전송선로를 적용한 혼합기와 제안된 DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로를 적용한 혼합기를 제작하였다. 그림 5는 DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로를 적용한 혼합기이다. 제작된 하향 주파수 변환 혼합기의 동작 주파수는 RF는 Mari-time Radar인 9.2-9.3GHz이고, LO 주파수는 7.7GHz, IF 주파수 대역은 1.5-1.6GHz이다. 사용된 트랜지스터는 Fujitsu사의 고주파에서 저 잡음 특성을 갖는 FHX35LG HEMT를 사용하였고, HEMT의 바이어스 조건은 무릎 전압 근처인  $V_{gs}=-0.5V$ ,  $V_{ds}=0.5V$ 에서 제작하였다. 그림 6에서 LO 신호는 6dBm, RF 신호는 -30dBm을 인가하였을 때 일반적인  $\lambda/4$  전원 전송선로를 사용한 드레인 혼합기는

변환 이득은 0.4dBm, LO 신호와 RF 신호의 출력 레벨은 각각 -44.28dBm, -76.9dBm이다. 그림 7에서 DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로를 사용한 혼합기는 변환 이득이 0.71dBm, LO 신호와 RF 신호의 출력 레벨은 각각 -61.36dBm, -82.12dBm이다.

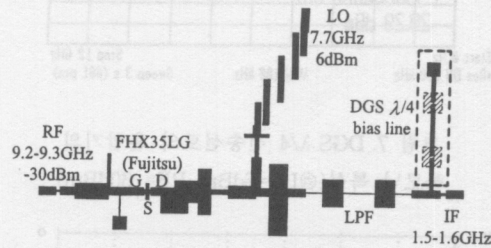


그림 5. DGS 구조  $\lambda/4$  전원 전송선로를 적용한 혼합기

따라서 DGS를 적용한  $\lambda/4$  바이어스 전송선로를 적용한 혼합기가 기존의  $\lambda/4$  바이어스 전송선로를 적용한 혼합기보다 변환 이득은 0.32dB를 더 얻었다. 그리고 하모닉 특성은 LO 신호의 경우 DGS 특성과 비슷하게 17dB 이상의 감쇄 특성을 얻었고, RF신호는 잡음 레벨까지 제거됨을 알 수 있다.

그림 8에서는 LO 입력 신호 레벨에 따른 변환 이득과 LO 출력 신호 레벨을 나타냈다. DGS를 적용한 경우 혼합기는 변환 이득의 경우 0.2-0.7dB를 얻었고, LO 출력 신호는 16-17.8dB의 감쇄 특성을 얻었다.

표 1에서는 LO 신호 레벨이 6dBm이고, RF 신호 레벨이 -30dBm인 9.2-9.3GHz의 주파수를 변화하여 IF 신호 레벨을 나타낸 것이다. 주파수 대역에서 거의 비슷한 결과가 나옴을 알 수 있다.

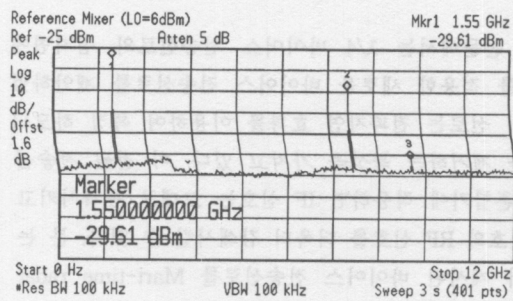


그림 6. 일반적인  $\lambda/4$  전송선로의 혼합기의 하모닉 특성(@LO=6dBm, RF=-30dBm)

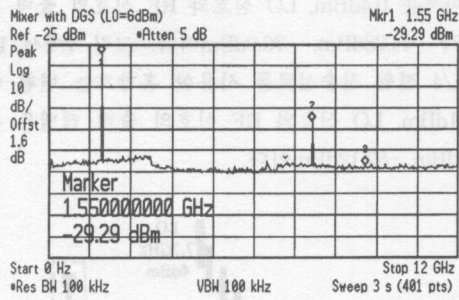


그림 7. DGS  $\lambda/4$  전송선로의 혼합기의 하모닉 특성(@LO=6dBm, RF=-30dBm)

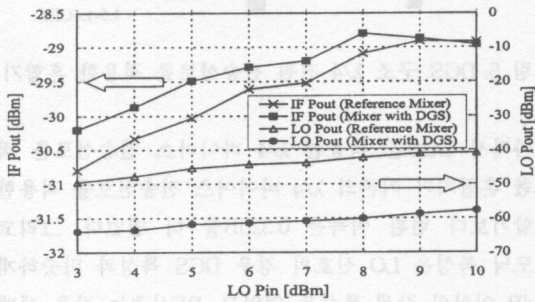


그림 8. LO 입력 신호 레벨에 따른 변환 이득과 LO 출력 신호 레벨

표 1. RF 주파수 변화에 따른 출력 레벨 특성

	Reference Mixer			Mixer with DGS		
	9.2 GHz	9.25 GHz	9.3 GHz	9.2 GHz	9.25 GHz	9.3 GHz
IF Pout [dBm]	-29.66	-26.61	-29.8	-29.4	-29.29	-29.67
LO Pout [dBm]	-44.2	-44.28	-43.42	-62.82	-61.36	-61.05
RF Pout [dBm]	-78.74	-76.9	-78.38	-82.1	-82.12	-83.5

#### IV. 결론

본 논문에서는  $\lambda/4$  바이어스 전송선로의 접지면에 DGS를 적용한 새로운 바이어스 전송선로를 제안하였다. 이 선로는 전파지연 효과를 이용하여 특정 하모닉 성분을 제거하는 특성을 가지고 있다. 이 전원 전송선로를 혼합기에 적용하면 IF 신호는 그대로 통과시키고 LO 신호와 RF 신호를 더욱더 감쇄시킬 수 있다. 본 논문에서 제시된 바이어스 전송선로를 Mari-time radar 대역의 하향 주파수 변환 혼합기에 적용한 결과 동작 주파수에서 기존의 혼합기에 비해 변환 이득은 0.32dB의 개선 효과와 LO 신호는 17dB 이상의 감쇄 특성을 얻었고 RF 신호는 제거된 결과를 얻었다. 그리고 향후

에 연구되어야 할 과정은 IF단의 저역 통과 여파기의 단수를 줄여 DGS 구조  $\lambda/4$  전송선로를 적용한다면 기존의 LO 신호와 RF 신호 감쇄특성은 동일하면서 저역 통과 여파기의 손실이 줄어들어 변환이득의 개선, 용적의 감소의 장점을 얻을 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] F. R. Yang, Y. Qian, R. Coccioli, T. Itoh, "A Novel Low-Loss Slow Wave Microstrip Structure," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol. 8, No. 11, pp.372-374, Nov. 1998.
- [2] C. Y. Hang, V. Radisic, Y. Qian, T. Itoh, "High Efficiency Power Amplifier with Novel PBG Ground Plane for Harmonic Tuning," *IEEE MTT-S Digest*, pp.807-810, 1999.
- [3] F. R. Yang, Y. Qian, T. Itoh, "A Novel Uniplanar Compact PBG Structure for Filter and Mixer Application," *IEEE MTT-S Digest*, pp.919-922, 1999.
- [4] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, J. B. Lim, "A Novel 1-D Periodic Defected Ground Structure for Planar Circuits," *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, Vol. 10, No. 4, pp.131-133, Apr. 2000.
- [5] C. S. Kim, J. S. Lim, J. S. Park, D. Ahn, S. W. Nam, "A 10dB Branch Line Coupler Using Defected Ground Structure," *European Microwave Conference Digest*, pp.68-71, 2000.
- [6] S. G. Jeong, D. K. Hwang, Y. C. Jeong, C. D. Kim, "Amplifier Design using  $\lambda/4$  High Impedance Bias line With Defected Ground Structure," *IEEE MTT-S*, pp.11161-1164, June 2002