

새로운 DGS구조를 이용한 자기 발진 혼합기 설계

정명섭*, 김종욱*, 박준석*, 임재봉*, 김형석**, 조홍구*
 국민대학교 전자정보통신공학부*, 중앙대학교 전자전기공학부**

Design of A Self-Oscillating Mixer Using A Novel DGS

Myung-Sup Joung*, Jong-Ok Kim*, Jun-Seok Park*, Jae-Bong Lim*,
 Heong-Seok Kim** and Hong-Goo Cho*

School of Electrical Engineering, Kookmin Univ.*, School of Electrical and Electronics Engineering, Chung Ang Univ.**

Abstract - Here we describe a unique self-oscillating mixer (SOM) design using a modified defected ground structure (DGS) for down-converter. Proposed SOM is consisted of self-oscillator, which can produce negative resistance and select resonance frequency, and input/output matching filter. As the advantage of this SOM can be reused by module that mix signals with transistor that is used to oscillator, it is simply and low-costly designed. Also, there is easy advantage to be applied in RFIC/ MMIC technology because it offers excellent high Q value in spite of using micro-strip structure. Designed self-oscillating frequency is 1.04GHz and RF frequency established is 0.8GHz. It was achieved 20dB conversion loss and phase noise of -95dBc/Hz at 100KHz offset frequency over intermediate frequency (IF). The equivalent circuit parameters for DGS are extracted by using a three dimensional EM simulator and simple circuit analysis method.

1. 서 론

최근에 마이크로파 통신 기술이 급속적으로 발달함에 따라 부품 개발 기술도 고성능, 소형화, 저가격화 하는 추세에 있다. 자기 발진 혼합기(Self-Oscillating Mixer)란, 혼합기의 국부 신호를 외부에서 인가하지 않고 혼합기에서 자체 발진 시켜서 새로운 주파수를 생성하는 구조의 혼합기이다. 기존의 연구 되어진 송·수신기의 Front-end 단에 적용되는 자기 발진 혼합기에서의 발진기는 Dielect Resonate(DR)와 같은 높은 Q값의 공진기가 요구되어 졌다. 하지만 Dielect Resonate Oscillator(DRO)는 DR의 부피 때문에 RFIC/MMIC 설계에 어려운 점이 있었다. 본 논문에서는 Defected Ground Structure(DGS)의 특성을 이용하여 위상 잡음 특성을 개선시킨 자기 공진 발진기를 설계 하였으며, 이를 이용하여 자기 발진 게이트 혼합기를 설계 하였다. 이 혼합기의 장점은 발진기에 사용되어진 트랜지스터를 이용하여 신호를 혼합하는 모듈로 사용함으로써 구조가 간단하며, 마이크로 스트립 구조이면서도 한 좋은 특성의 Q값을 제공 하므로 RFIC/MMIC 기술에 적용되기가 용이한 장점을 가진다. 또한 구조의 단순화로 저가격에 제작 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 기존의 SOM의 경우는, 능동 소자를 이용한 혼합기로서 변환 이득을 갖는 특성이 있으므로[1] IF의 증폭 단을 감소시킬 수 있는 장점을 갖고있다. 그러나 DGS 구조는 신호의 coupling 특성을 이용한 구조로서 IF 대역같이 비교적 저주파수 대역에서는 입출력에 의한 coupling loss가 발생한다. 이런 이유로 IF 대역에서의 변환 이득에 대한 연구가 더 진행되어야 하겠다. 본 논문에서는 NEC사의 NE4852C FET를 이용하여 SOM을 설계 하였다.

2. 본 론

2.1 DGS를 이용한 발진기의 설계

그림 1은 능동 소자를 장착한 발진기의 레이아웃의 기본 개념도와 등가 회로도이다. 그림 1에서 제시한 DGS 구조는 BJT 또는 FET와 같은 능동소자를 장착하기 위한 유용한 구조로서 능동소자에 전원을 공급하기 위해서 신호 coupling line들이 접지 면과 격리된 구조이다. DGS에 삽입된 캐패시터와 FET는 그림 2와 같이 DGS의 단위격자의 등가회로와 병렬적인 구조로 나타낼 수 있다. 따라서 FET가 삽입된 DGS의 등가 회로는 게이트와 드레인 사이의 병렬 케환이 되는 콜피츠 발진기 구조의 형태를 띠고 있다. 이 발진기의 특징은 DGS를 이용하여 부정 저항이 발생 하도록 케환을 구성 하고 뒷면의 신호 라인을 이용하여 발진 주파수 설계 하는 구조로 동시에 부정 저항 케환 회로와 공진기 역할을 하는 구조이다. 따라서 회로를 간단히 할 수 있는 장점을 갖고 있다.

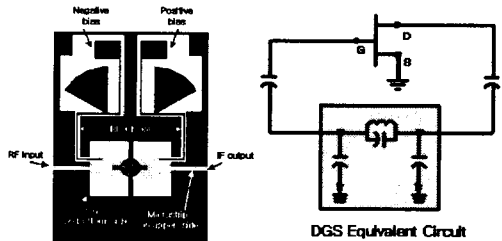
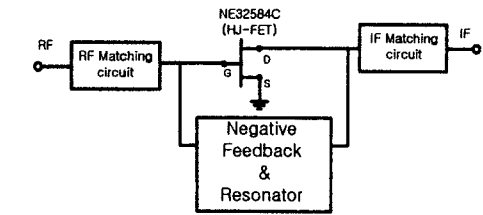


그림 1. DGS 발진기의 기본 회로도

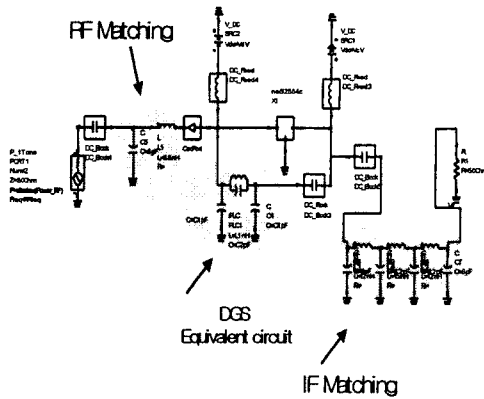
2.2 자기 발진 혼합기(Self-Oscillating Mixer) 설계

SOM의 설계는 첫째로 DGS구조를 이용하여 발진 회로를 설계한 후 RF 신호 입력 단에서 입력 정합회로와 IF 출력 단에서 출력 정합 회로를 설계 한다. 그림 2. (a)는 DGS 구조를 이용한 자기 발진 혼합기의 기본 블록도이며 그림 2. (b)는 시뮬레이션을 위한 회로도이다. 시뮬레이션 주파수는 1.04GHz 출력 레벨이 9dBm인 LO신호를 사용 했으며 RF 입력 단에는 0.8GHz -5dBm 의 신호를 인가하였다. 시뮬레이션 결과 발진 주파수는 혼합기의 입출력 정합 여파기에 영향을 받아 주파수가 이동함을 알았다. 따라서 혼합기의 설계에 있어서 발진 주파수의 결정은 입출력 정합 여파기를 연결시켜서 전체 회로를 구성한 후 필요한 파라미터 값을 추출 하는 방법을 찾아야함을 알았다. 시뮬레이션 툴은 HP사의 ADS 사용하여 결과 값을 예측하였다. 실제 기판 제작은 ADS툴의 DGS등가모델을 추출 후 Ansoft사의 HFSS사의 EM

시뮬레이션을 이용하여 설계 하였다. 사용된 트랜지스터는 NEC사의 NE32584C 이라는 GaAs FET 사용하였으며 사용된 기판은 두께 0.67mm에 유전률이 9.2인 재료로 Duroid사의 TMM-10을 사용하였다.



(a)



(b)

그림 2. (a) SOM 블록도 (b) 회로도

그림 3은 전체 구성 회로의 반사 계수의 크기가 1보다 크고 루프 이득을 갖기 위한 위상이 0이므로 발진 조건을 만족 하는 시뮬레이션 특성을 보여 준다.

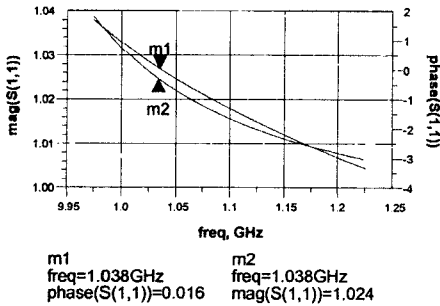


그림 3. 발진 조건

본 논문에서 설계한 혼합기의 정합 회로는 입출력 단에서 정합은 물론 불요 혼합 주파수를 제거 시키는 역할을 할수 있도록 저역 통과 여파기 구조로 설계 하였다. 그림 4는 출력단의 IF 정합을 위해 사용한 저역 통과 여파기의 시뮬레이션 출력 스펙트럼이다. 여파기는 집중 소자를 이용하여 7단으로 구성하였다. 그림 5. (a) (b)는 저역 통과 여파기가 유·무에 따른 출력 특성을 시뮬레이션 한 결과 값을 비교한 그래프이다. 출력 측에 정합용 여파기를 사용할 경우 RF와 LO 신호를 억제함에 따라 평균 전력 측면에서 IF 신호의 크기가 증가함을 보였다. 저역 통과 여파기에 의해 RF 신호는 45dB, LO 발진기 신호는 약 60dB 감소를 얻을 수 있다.

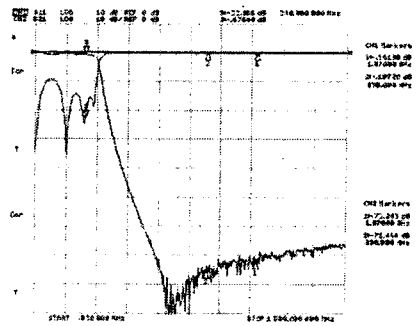
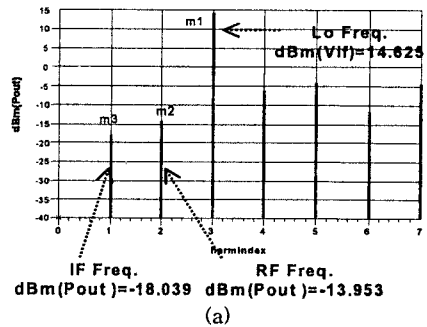
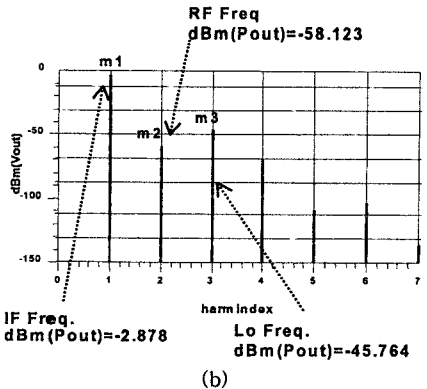


그림 4. IF용 저역 통과 여파기 특성



(a)



(b)

그림 5. 저역 통과 여파기가 유·무에 따른 출력 특성

2.3 측정 및 결과

그림 6은 발진 특성을 네트워크 분석기로 측정한 그림으로 1.038GHz에서 발진 주파수가 발생함을 보여준다.

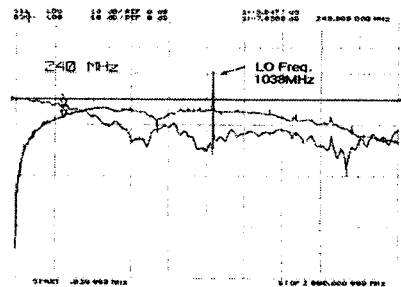


그림 6. DGS 구조를 이요한 발진 특성

그림 7은 실제 제작된 혼합기의 저역통과 여파기 유무에 따른 IF 신호 이외의 불요파 감쇠 정도를 비교한 그래프이다.

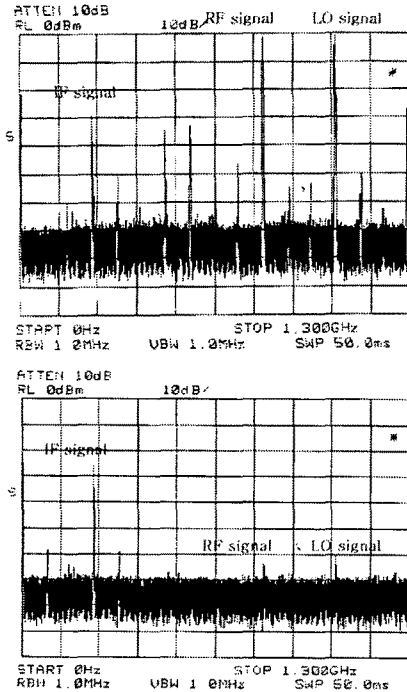


그림 7. 저역 통과여파기 유무에 따른 불요파 감쇠 특성

그림 8은 LPF 유무에 따른 IF 출력의 변화 값을 비교한 데이터이다. LPF가 있는 경우 손실이 약 2.3dB 감소하였다.

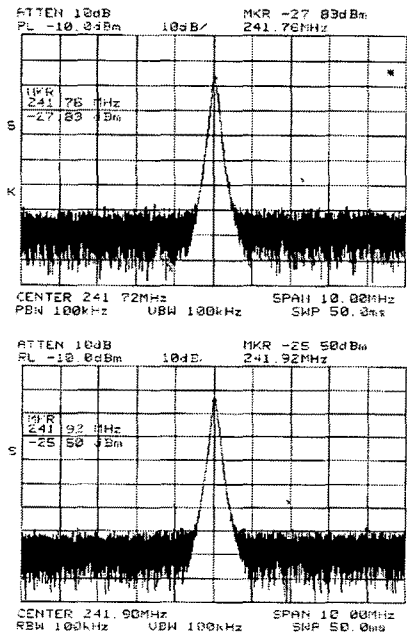


그림 8. 저역 통과여파기 유무에 따른 출력 비교 그래프

실험 결과 국부 발진기 신호는 1.04GHz 출력 레벨 0.5dbm 이며 RF 신호는 신호 발생기를 사용하여 800MHz -5dBm을 인가하였다. IF 신호는 240MHz에서 -25.5dbm이 출력되었다. 이때의 인가된 바이어스 조건은 양 전원 0.7V, 음 전원 -0.74V이다. 시뮬레이션 값과 출력 레벨이 차이가 보인 이유는 이 혼합기는 RF 신호의 coupling 특성을 이용하는 구조인데 FET에서 발생된 IF 신호가 주 신호선으로 coupling할 때 낮은 주파수이므로 결합력이 떨어져서 많은 RF to IF 전환 손실 (Conversion loss)이 발생하는데 원인이 있겠다. 그림 9는 IF 출력 신호의 위상 잡음 특성이 -95.5dBc/Hz (100KHzoffset)임을 보여준다.

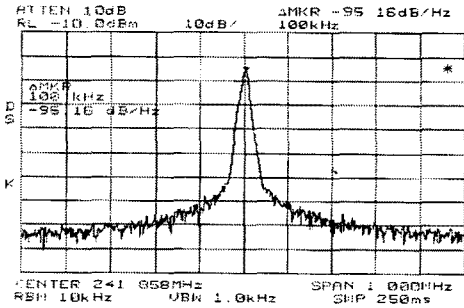


그림 9. IF 출력 신호의 위상 잡음 특성

3. 결론

본 논문에서는 DGS를 사용하여 공진기의 역할과 동시에 발진 제환을 할 수 있는 자기 발진기를 이용하여 별도의 국부 발진기를 사용하지 않는 자기 발진 혼합기를 설계하였다. 이 혼합기의 장점은 발진기에 사용되진 트랜지스터를 이용하여 신호를 혼합하는 모듈로 쓸 수 있으므로 구조가 간단하며, 마이크로 스트립 구조를 바탕으로 한 비교적 높은 Q값을 제공 하므로 RFIC/MMIC 기술에 적용되기가 용이한 장점을 가지고 있으며 또한 저가격에 제작 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 앞으로의 연구 방향은 LO신호를 정확히 locking 하는 문제와 DGS구조의 정확한 모델링을 통한 변환 손실을 줄일 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 한상국, 황철, 최형규, 이종철, 김중현, 이병제, 이근호, 김남영, "Self-Oscillating Mixer를 이용한 2.4GHz 무선 LAN용 Down Converter 설계", 전파학술대회 논문집 VOL.24, No.1 pp. 1413-1446, 2001.
- [2] Y-T. Lee, J-S. Lim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam "A novel phase noise reduction technique in oscillators using defected ground structure," IEEE Microwave and Wireless Components Lett., Vol.12, No.2, pp.39-41, Feb. 2002.
- [3] J-S. Park, J-S. Yun, and D. Ahn, "A design of the novel coupled linebandpass filter using defected ground structure with wide stopbandperformance," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, VOL.50, NO.9, pp.2037-2043, Sep. 2002.
- [4] J-S. Park, J-H. Kim, J-H. Lee, S-H. Kim, and S-H. Myung, "A novel equivalent circuit and modeling method for defected ground structure and its application to optimization of a DGS lowpass filter," 2002 IEEE International Microwave Symposium Dig., VOL.1, pp.417-420, Jun. 2002.
- [5] D. Ahn, C-S. Kim, G-Y. Kim, and J-S. Park, "Effects of alumped element on defected ground structures" 30th European Microwave Conference Dig., VOL.2, PP.75-78, Oct. 2000.