

---

# 위상잡음을 개선한 링형 DGS 공진기를 이용한 RF 발진기

김기래\*

RF Oscillator Improved Characteristics of Phase Noise Using Ring type DGS

Girae Kim\*

## 요 약

평면형 마이크로스트립 공진기를 이용한 고주파 발진기의 단점인 위상잡음 특성을 개선하기 위해 본 논문에서는 링형 DGS 공진기를 제안하고, 이것을 이용하여 위상잡음 특성이 개선된 5.8GHz 대역의 발진기를 설계하였다. 링형 DGS 공진기는 50Ω 전송선로 밑면에 링 모양으로 식각된 접지면을 갖는 구조이다. 발진기의 특성은 5.8GHz 기본 주파수에서 6.1dBm의 출력과 -82.7 dBc@100kHz의 위상잡음 특성을 나타내었다. 이것은 λ/4 마이크로스트립 공진기를 이용한 것보다 위상잡음 특성이 9.5dB 정도 개선되었다. 제안된 공진기의 구조적 장점은 에칭된 갭 사이에 비랙터 다이오드 실장이 용이하여 전압으로 공진기의 발진주파수를 가변할 수 있기 때문에 VCO의 설계가 가능하다. 본 논문의 발진기는 평면형 구조로 쉬운 작업공정과 소형화 특성 때문에 MIC 또는 MMIC 분야의 발진기 설계에 응용될 수 있을 것이다.

## ABSTRACT

In this paper, a novel resonator using ring type DGS is proposed for improvement of phase noise characteristics that is weak point of oscillator using planar type microstrip line resonator, and oscillator for 5.8GHz band is designed using proposed DGS resonator. The ring type DGS resonator is composed of DGS cell etched on ground plane under 50Ω microstrip line. At the fundamental frequency of 5.8GHz, 7.6dBm output power and -82.7 dBc@100kHz phase noise have been measured for oscillator with ring type DGS resonator. The phase noise characteristics of oscillator is improved about 9.5dB compared to one using the general λ/4 microstrip resonator. Because it is possible that varactor diode or lumped capacitor is placed on the gaps of ring type DGS, resonant frequency can be controlled by bias voltage. We can design voltage controlled oscillator using proposed ring type DGS resonator. Thus, due to its simple fabrication process and planar type, it is expected that the technique in this paper can be widely used for low phase noise oscillators for both MIC and MMIC applications.

## 키워드

링형 결합접지면구조, RF 발진기, 위상잡음, MMIC

## Key word

Ring type DGS, RF Oscillator, Phase Noise, MMIC

---

\* 종신회원 : 신라대학교 전자공학과 (grkim@silla.ac.kr)

접수일자 : 2012. 04. 23

심사완료일자 : 2012. 05. 18

I. 서 론

마이크로파 통신의 핵심 부품 중의 하나인 발진기는 시스템에서 가장 기본적이고 필수적인 부품으로써 시스템의 국부발진기로 사용되어 시스템의 효율과 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 소자이다. 발진기의 위상 잡음 특성은 시스템의 감도와 선택도를 결정하는 중요한 요소로서 이를 개선하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다[1,2]. 위상잡음의 주요 원인으로는 반도체의 플리커 잡음, 대신호 조건하에서 반도체의 잡음지수, 그리고 공진기의 필터 특성 등으로 보고되어 있다. 반도체 기술의 발달로 플리커 잡음과 잡음지수는 많이 개선되었다. 발진기에서 주파수를 선택하는 공진기의 주파수 집중도를 의미하는 Q값이 발진기의 위상 잡음에 중요한 영향을 미치는 요소가 되었다[3].

초고주파 발진기의 발진 주파수를 결정하는 소자에 대한 연구가 높은 Q값과 공진기의 크기를 줄이는 관점에서 캐비티 공진기, 마이크로스트립 공진기, 유전체 공진기 분야로 나누어져 이루어졌다. 캐비티 공진기는 Q값이 크고 제작이 용이한 장점이 있지만 부파가 크고 무겁기 때문에 집적화가 곤란한 단점을 가지고 있고 마이크로스트립 공진기는 평면구조로 소형이고 회로 구현이 용이하지만 낮은 Q값으로 인해 발진기의 위상잡음 특성이 나쁘다는 단점을 가지고 있다. 유전체 공진기는 회로 구현이 용이하고 높은 Q값, 소형화, 온도 안정화 특성이 우수한 장점을 가지고 있지만 구조가 3차원으로 되어 있기 때문에 MMIC에 부적합한 단점이 있다[4].

본 논문에서는 특정 주파수에서 대역저지 특성을 갖는 결함접지면 구조(DGS)를 이용해 MMIC에 부적합한 유전체 공진기의 단점과 낮은 Q값으로 인해 발진기의 위상잡음이 떨어지는 평면형 마이크로스트립 공진기의 단점을 보완하여 발진기의 위상잡음 특성을 개선하는 연구를 하였다. 본 논문에서는 평면 구조로 대역저지 특성을 갖는 새로운 형태의 링형 DGS를 제안하고, 제안된 DGS 공진기의 성능 평가를 위해 발진기의 공진부에 삽입하여 DGS 발진기를 설계, 제작하였다.

II. 결함접지면 구조(DGS) 공진기

DGS 구조는 평면형 전송선로의 접지면에 식각된 한 개 또는 몇 개의 결함(defect)을 갖는 구조로서, 주기적 결함 배열을 갖는 PBG 구조에 비해 주기적 배열이 없이도 동일한 특성을 얻을 수 있는 구조이다[5]. DGS는 전송 선로의 유효 인덕턴스를 증가시켜 같은 폭의 마이크로스트립 전송선로보다 큰 임피던스를 갖는 특성을 발생하여 큰 특성 임피던스가 필요한 전송선로 구현의 경우 동일한 특성 임피던스를 갖는 기존의 전송선로와 비교하여 더 넓은 선폼을 제공함으로써 수동 부품의 동작 전력 특성을 개선시키는 효과를 기대할 수 있다. 특히 일반적인 DGS는 구조적으로 칩 저항, 인덕터, 커패시터, 그리고 트랜지스터와 같은 외부 집중소자와의 결합이 용이한 구조적 특징을 갖는다[6,7]. 그림 1은 제안된 링형 DGS 구조를 나타내었다. 기판위에 마이크로스트립 선로가 있으며 기판 밑 부분에 DGS 패턴이 식각되어 있는 구조이다. 그림 2에서는 제안된 링형 공진기의 DGS 등가회로를 나타내었다. 그림 3은 제안된 링형 DGS 공진기 구조를 5.8GHz의 발진기에 적용할 수 있도록 설계한 구조를 보여주고 있다. 또한 설계된 공진기의 시뮬레이션 결과는 그림 4에 나타내었다. 설계된 구조는 유전율 2.2, 유전체 두께 0.7874mm, 금속 두께 0.018mm인 기판을 기준으로 HFSS를 사용하여 시뮬레이션 하였다.

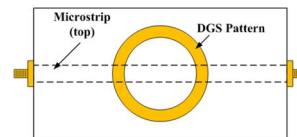


그림 1. 제안된 링형 DGS 구조  
Fig. 1 Structure of Ring type Resonator

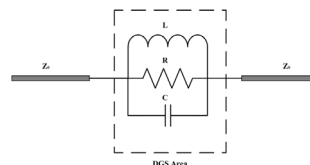
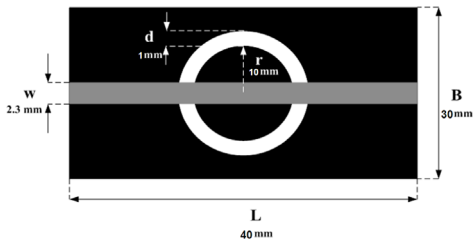


그림 2. 제안된 링형 DGS 등가회로  
Fig. 2 Equivalent Circuit of Resonator



(L=40, B=30, w=2.3, d=1, r=20mm)

그림 3. 설계된 DGS 공진기  
Fig. 3 Designed Ring type Resonator

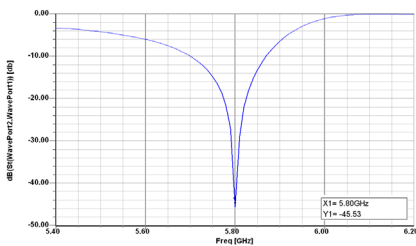


그림 4. 공진기의 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation Result of Resonator

### III. DGS 발진기 설계

본 논문에서는 제안된 평면형 DGS 공진기를 이용하여 발진기를 설계 하였으며, 설계과정은 그림 5와 같은 순서로 진행되었다.

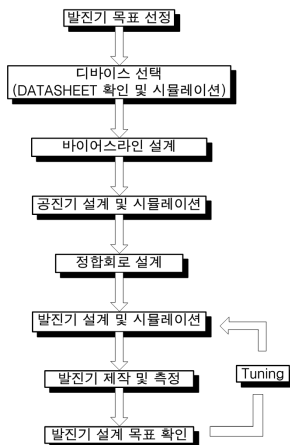


그림 5. 발진기 설계 과정  
Fig. 5 Design Procedure of Oscillator

발진기 설계를 위해 목적에 맞는 트랜지스터를 선정하고 제공된 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 통하여 사용하고자 하는 목적에 맞는지 확인한다. 직류 해석 시뮬레이션을 통해 바이어스 조건에 따라 동작점을 선정하고, 목표로 하는 발진 주파수에 맞도록 바이어스 회로를 설계한다. 다음은 조건에 맞는 공진기를 설계하고 발진기의 구조를 선택하고 설계한다. 발진기 구조와 트랜지스터 특성으로부터 정합회로를 설계한다. 출력 정합회로는 발진 주파수와 출력 전력, 고조파 특성 등을 고려하여 설계한다.

#### 3.1. 발진기의 구조

그림 6은  $\lambda/4$  마이크로스트립 선로 공진기를 이용한 발진기의 기본 구조를 나타내었다. 본 논문에서는 그림 6의 기본 구조에서 발진기의 위상잡음 특성을 개선하고 길이를 단축하기 위해 링형 DGS 공진기를 이용하여 발진기를 설계하였다. 이 회로구조에서 FET의 게이트 단을 바라본 반사계수가 최소가 되도록  $L_1$ 을 최적화하고, 공진기의 결합선로 길이  $L_2$ 를 조절함으로써 발진 주파수를 쉽게 조절할 수 있도록 부성저항 대역폭을 충분히 넓게 설계하였다.

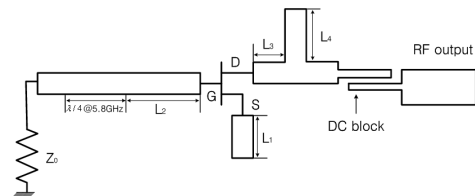


그림 6.  $\lambda/4$  마이크로스트립 발진기의 기본 구조  
Fig. 6 Structure of  $\lambda/4$  Microstrip Resonator

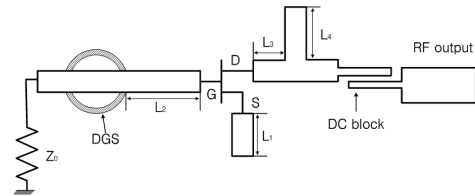


그림 7. 링형 DGS 발진기의 구조  
Fig. 7 Structure of Ring type Resonator

3.2. 소자 및 바이어스회로 설계

발진기를 설계 하기 위해서는 잠재적 불안정 영역을 가질 수 있는 트랜지스터를 선택해야 한다. 본 논문에서는 Agilent사의 ATF 13786을 선정하였다. 선정된 트랜지스터의 정상적인 동작을 위해 트랜지스터에 적절한 바이어를 주는 과정은 매우 중요하다.

바이어스 회로의 구현에는 그림 8에서와 같은 여러 가지 방법들이 있다. 이 중에서 그림 8(d)의 구조를 선택하고 그것의 특성을 그림 9에 나타내었다.

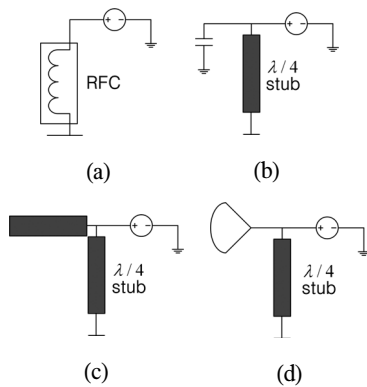


그림 8. 발진기의 바이어스 회로  
 (a) RFC type (b) Stub type (c) RF termination-stub  
 (d) RF termination-radial stub  
 Fig. 8 Bias Circuits of Oscillator  
 (a) RFC type (b) Stub type (c) RF termination-stub  
 (d) RF termination-radial stub

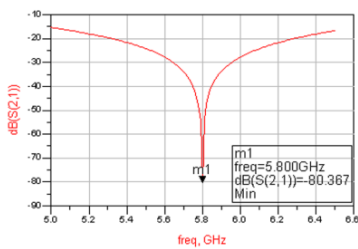


그림 9. 설계된 바이어스 회로의 특성  
 Fig. 9 Characteristic of Bias Circuit

3.3. 발진가능성 조사

그림 10은 소신호에서의 발진가능성을 조사하기 위한 발진기 회로도이며, 그림 11은 이것의 결과를 보여주고 있다. 목표 주파수인 5.8GHz에서 발진이 가능하도록

리액턴스 값을 조정하였고 그림 11의 결과를 보면 5.8GHz에서 발진가능성이 있음을 알 수 있다. 그림 12는 발진기의 대신호 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

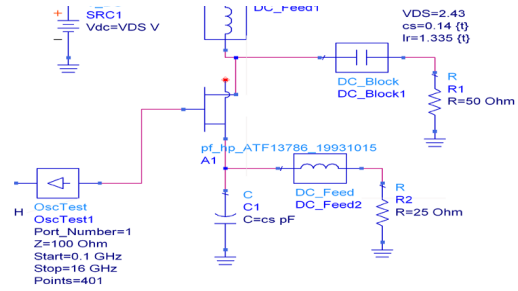


그림 10. 발진 가능성 조사 시뮬레이션  
 Fig. 10 Simulation for Oscillation

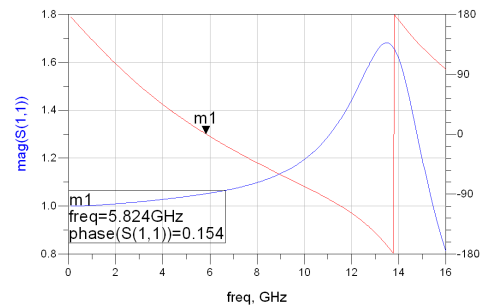
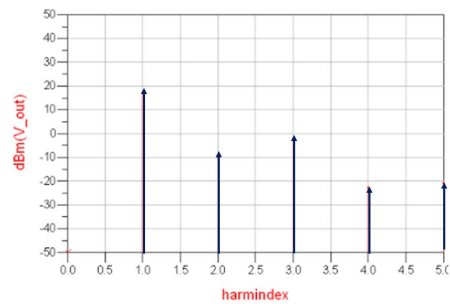


그림 11. 발진 가능성 조사 결과  
 Fig. 11 Simulation Result for Oscillation



harmindex	freq
0	0.0000 GHz
1	5.795 GHz
2	11.59 GHz
3	17.38 GHz
4	23.18 GHz
5	28.97 GHz

그림 12. 발진기 시뮬레이션 결과  
 Fig. 12 Simulation Result of Oscillator

#### IV. 발진기 제작 및 측정

그림 13은 설계된 링형 DGS 공진기를 이용한 발진기의 구조를 나타내며, 그림 14는 제작한 발진기의 샘플 사진을 나타내고 있다. 제작한 링형 DGS 구조의 측정 결과는 그림 15에 나타내었으며, 제작한 링형 DGS 발진기의 출력은 5.8 GHz에서 +6.1dBm의 결과를 가진다.

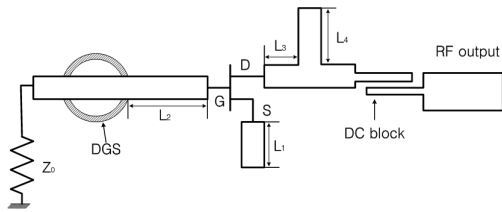
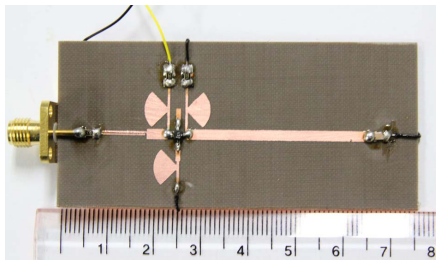
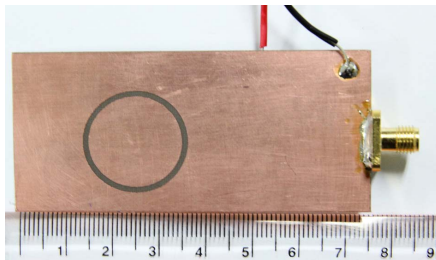


그림 13. 설계된 발진기 구조  
Fig. 13 Designed Oscillator Structure



(a)



(b)

그림 14. 제작된 발진기 사진  
(a) 윗면 (b) 밑면  
Fig. 14 Photograph of Fabricated Oscillator  
(a) Top Side (b) Bottom Side

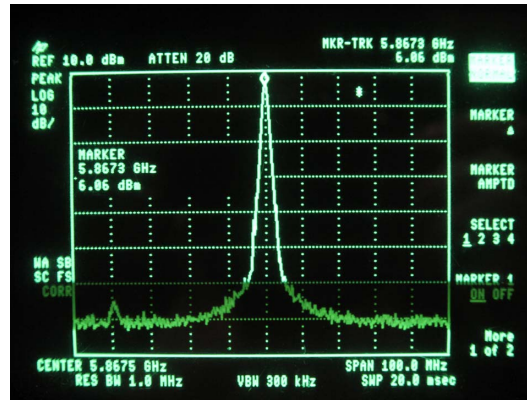


그림 15. 발진기 출력 측정 결과  
Fig. 15 Test Result of Designed Oscillator

#### V. 결 론

본 논문에서는 평면구조에 적용되면서 대역저지 특성을 갖는 DGS를 이용하여 발진기의 위상잡음 감소를 위해 새로운 형태의 링형 DGS 공진기를 제안하였다. 제안된 공진기는 3차원 구조로 MMIC에 부적합한 유전체 공진기의 단점을 보완하면서 발진기의 위상잡음 특성을 개선하기 위해 협대역 공진이 일어나도록 설계하였다. 링형 DGS 공진기를 실제 제작하여 측정된 결과는 공진 주파수가 5.8GHz, 저지대역 특성이 -27.2dB로써 시뮬레이션 결과와 비교해 제작상의오차로 -8dB의 차이를 보였다. 제안된 공진기를 이용하여 그림 13과 같이 발진기를 설계, 제작하였다. 측정 결과, 5.8GHz 기본 주파수에서 6.1dBm의 출력과 -82.7 dBc@100kHz의 위상잡음 특성을 나타내었다. 이것은 위상잡음 특성에서 일반적인  $\lambda/4$  마이크로스트립 공진기를 이용한 것보다 9.5dB 정도 개선되었다.

#### 참고문헌

- [1] Moon-Que Lee, Keun-Kwan Ryu, and In-Bok Yom, "Phase Noise Reduction of Microwave HEMT Oscillators Using a Dielectric Resonator Coupled by a High Impedance Inverter", ETRI J., vol.23, no. 4, pp.199- 201, Dec. 2001.

- [2] K. Hosoya, S. Tanaka, Y. Amamiya, and K. Jonjo, "A low phase noise 38 GHz HBT MMIC oscillator utilizing a novel transmission line resonator", in 2000 IEEE MTT-S Dig. pp.47 -50, 2000.
- [3] 박영배, 김기래, "위상특성을 이용한 공진기의 외적 양호도(Qe) 추출 방법", 한국해양정보통신학회논문지, 제15권 10호, 10, 2011.
- [4] E. Holtzman, Solid State Microwave Power Oscillator Design, Artech House, 1992
- [5] D. Ahn, C. S. Kim, and J. S. Park, "Effect of a Lumped Element on Defected Ground Structure," EUMC, Vol. 2, pp.75-78, 2000.
- [6] Tangyao Xie, Girae Kim, Youngkyu Choi, "A Study on the Novel Rectangular Split Ring Notch Resonators", International Journal of Information and Communication Engineering, vol. 8, no. 4, pp. 365-369, 2010.
- [7] Gi-Rae Kim, "Design of Coupled Resonators Bandpass Filter With Defected Ground Structure", International Journal of Information and Communication Engineering, vol. 9, no. 2, pp. 150-154, 2011.

#### 저자소개



**김기래(Gi-Rae Kim)**

신라대학교 전자공학과 교수  
한국정보통신학회 논문지  
제15권 제8호 참조