

---

# 레이더 시스템용 X-Band 발진기의 설계 및 제작에 관한 연구

손병문\* · 강중순\*\*

A Study on Design and Fabrication on X-Band Oscillator for radar system

Byung-moon Son\* · Joong-soon Kang\*\*

## 요약

본 논문에서는 이동식 레이더, 마이크로웨이브 통신 시스템의 송, 수신단에 사용되는 마이크로파 신호원이나 국부 발진기에 사용할 수 있는 발진기를 헤어핀 공진기를 이용하여 설계 및 제작 하였다. 이동식 레이더 시스템에 적용하기 위해서 비교적 충격에 강한 헤어핀 구조의 공진기를 이용하였고, 또한 위상 잡음 과 출력을 개선시키기 위하여 직렬 궤환 형식의 시스템을 이용하였다.

전체 모의 실험은 모의 실험 프로그램인 HP의 ADS로 했으며, 제작한 제품의 측정 결과 10.525 GHz에서 6.93 dBm의 출력과 -23.9 dBc의 제2 고조파의 억압 효과, 그리고 100kHz offset에서 -57.74 dBc의 위상 잡음을 얻었다.

## ABSTRACT

In this paper, A X-band voltage-controlled hair-pin resonator oscillator(VCHRO) is able to a local oscillator or a signal source in transmitter/receiver of a microwave communication system for mobile radar, is designed and fabricated . In order to apply mobile radar system is used the hair-pin resonator stronger on shock or vibration than the dielectric resonator, and also, in order to improvement the phase noise and output power is used a system of serial feedback format

A hair-pin resonator was simulated by momentum method of HP ADS and then a oscillator circuit was designed that operates at 10.525 GHz by nonlinear method in harmonic balance simulation. The HRO generated output power of 6.93 dBm at 10.525 GHz, phase noise of -57.74 dBc at 100 kHz offset from carrier and the 2'nd harmonic was suppressed -23.90 dBc.

## 키워드

발진기, 헤어핀공진기, 주파수, 레이더

---

\* 홍익대학교 박사과정  
접수일자: 2001. 12. 14

\*\* 울산과학기술대학 전기전자학부 부교수

## 1. 서론

발진기는 DC전력을 RF전력으로 변환시키는 일종의 에너지 변환 회로로써 통신시스템의 핵심 부품중 하나이다. 발진기의 주요 성능으로는 발진 주파수, 주파수 가변 범위, 위상 잡음, 출력 전력, DC-RF변환 효율, 주파수의 안정도 등을 들 수가 있다. 발진 주파수의 한계는 주로 능동소자의 주파수 반응 속도와 관련이 있다. FET의 경우 channel을 통과하는 전자의 transit time으로 표시되며, 주로 게이트의 길이 ( $L_g$ )에 의해 결정된다.

발진기 주파수의 가변 범위는 발진기의 구조와 주파수 가변을 가능케 하는 공진기에 의해 결정된다. 발진회로의 구조는 게이트에 인덕티브 소자나 스테브를 연결하고 게이트에 주파수를 가변할 수 있는 공진기를 결합시키고, 출력단의 부하의 임피던스를 작게 하는 구조가 발진기의 주파수 가변 범위를 높이는 구조로 선호된다. 공진기로는 YIG 공진기와 바랙터 다이오드에 연결한 공진기의 형태가 주로 이용되는데, YIG 공진기의 경우 공진기 하나로 2 ~ 18 GHz 정도의 발진기의 주파수 가변 범위를 얻을 수 있을 정도로 광 대역으로 가변이 가능하다[1]. 그러나 YIG 공진기는 가격이 비싸고, 가변 범위가 넓은 만큼 낮은 Q값을 가지고 있으므로 가격이 비교적 저렴하고 높은 Q값을 가지는 유전체 공진기나 헤어핀 공진기에 바랙터 다이오드를 결합하는 방식으로 사용하는데 이동식 통신 시스템과 같이 충격을 받는 시스템인 경우나 MMIC로 집적화하기 위해서는 공간 차지가 적고 충격에 강한 헤어핀 공진기가 선호된다.

발진기의 출력전력은 능동 소자의 구조, 즉 게이트 범위 ( $L_g \times W_d$ , gate area)와 능동 소자의 RF 동작점에 의해 결정된다. RF 동작점의 경우 보통은 능동 소자가 증폭기로 사용되었을 때 출력전력의 1-dB 포화 영역 근처에서 결정되는 것이 출력 측면에서 유리하다. DC-RF의 변환 효율은 능동 소자의 속도, RF 동작점에 의해 결정이 된다.

발진기에서는 위상 잡음이 매우 중요하다. 위상 잡음 요인은 첫째, 능동 소자의 1/f 잡음원(flicker noise)의 크기. 둘째, 1/f잡음의 up-conversion 효과. 셋째,

발진회로의 external-Q로 위상 잡음이 좌우된다.

능동 소자의 1/f 잡음원만 고려한다면, BJT가 MESFET이나 HEMT에 비해 유리하나 BJT는 구조상 높은 주파수에서 사용할 수 없으므로 높은 주파수에서는 사용이 가능하고 비교적 낮은 잡음원을 가지는 HEMT를 사용하는 것이 발진기를 설계하고 제작하는데 유리하다. 저주파 잡음인 1/f 잡음의 up-conversion 효과는 발진회로내의 발진 신호와 저주파 잡음과의 주파수 혼합에 의해 나타나므로, 회로의 설계에서 DC 동작점, RF 동작점, 각 주파수에서 termination과 임피던스에 의해 영향을 받는다. 발진 회로의 external-Q(Qe)는 전체 회로의 주파수에 대한 변환 특성으로 높은 Q값을 가지는 공진기를 사용하는 경우 위상 잡음을 줄일 수 있다.

발진기의 주파수 안정도는 발진 회로의 Qe 특성과 RF 주파수에서 회로 설계에 의해 영향을 받는다. RF 회로 설계에서 외부의 간섭(perturbation)이 회로에 주는 영향을 최소화하기 위해서는 외란에 대한 발진 주파수의 영향과 출력에 대한 영향이 최소가 되도록 설계를 해야 한다.

본 논문 구성은 2장에서 기본적인 발진기와 공진기의 이론에 대해 살펴 보고, 3장에서는 발진기와 공진기의 모의 실험과 제작에 대해 언급하며, 4장에서는 실제 제작한 발진기의 측정 결과를 검토하였고, 마지막으로 논문에 대한 결론을 맺었다.

## II. 이 론

이 장에서는 발진기 회로설계에 기본이 되는 공진기, 발진기에 대한 이론과 Harmonic balance 방법을 이용하여 발진기를 설계하는 이론을 제시하였다.

### 2.1 발진기

2 단자망 발진기의 기본 구성은 그림 1과 같이 generator tuning network와 load matching network로 구성 된다. Generator tuning network는 동조하여 발진 주파수를 결정하는 회로망이고, load matching network는 부하에 최대 전력을 공급하도록 하는 회로망이다.

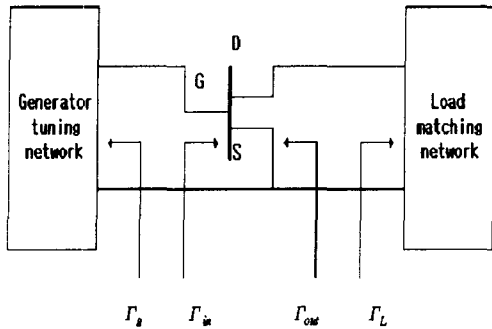


그림1. 2단자망 발진기구성

2-단자망 발진기는 다음과 같은 조건을 만족할 때 발진이 일어난다.

- 발진 조건 1 :  $K < 1$ ,
- 발진 조건 2 :  $\Gamma_{in}\Gamma_g = 1$ ,
- 발진조건3:  $\Gamma_{out}\Gamma_L = 1$  (1)

여기서 K는 능동 소자의 안정 계수이고,

$$K = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|}$$

$$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{21}S_{12}$$

$\Gamma_{in}$  : 능동 소자의 입력 반사 계수,

$\Gamma_g$  : 공진 회로의 반사 계수,

$\Gamma_{out}$  : 능동 소자의 출력 반사 계수,

$\Gamma_L$  : 부하 정합 회로의 부하 반사 계수이다.

K가 1보다 작다는 것은 회로가 불안정한 상태에 있다는 것을 의미하며, 초기의 입력이 들어가면 불안정도의 특징이 시간이 지남에 따라 계속 증폭된다. 이것이 발진기가 발진을 할 수 있는 조건이다. 그러나 여러 주파수에서  $K < 1$ 을 충족할 수 있으나 2,3 조건을 동시에 만족하는 주파수는 단일하다[2].

따라서 발진기에 쓰일 소자는 K가 작고,  $\Gamma_{out}, \Gamma_{in}$ 가 큰 것이 좋다. 그러나 일반적으로 소자의 반사계수의 크기는 1보다 작기 때문에 feedback element를 구성하거나 공통단의 설정에 의해 해결한다. 공통단을 소스나 드레인 중 하나를 설정하여 만드는 방법으로 드레인에 공통단을 설정할 경우 출력의 감소를 일으키

는 경우가 많아서 소스단에 positive feedback element를 구성하여 만드는 경우가 일반적이다.

공진기의 위치에 따라 발진기의 케환 형식이 결정되는데 반사형, 병렬 케환형, 직렬 케환형으로 나누어진다.

반사형은 주로 외부 케환으로 부성저항과 소자 출력에서의 반사이득을 얻는 방법으로 부하의 변동이나 바이어스 변동에 따른 발진 주파수의 변동이 발생하여 위상잡음이 크고 기생발진이 일어나는 단점이 있다. 병렬 케환형은 게이트와 소스 사이에 공진기를 위치해서 만드는 방법으로 공진기의 입력과 출력에 함께 결합하여 발진의 특성이 출력면에서 감소하는 경향이 있고, 해석이 복잡하다. 위와 같은 것 때문에 발진기의 케환 형식을 주로 직렬 케환형을 쓴다. 직렬 케환형은 소자의 입력단에 공진기를 위치해서 공진 주파수 부근에서 전력을 다시 소자에 반사시키는 구조로 만드는 데 이는 전송로의 결합도를 조절하기 쉽고, 공진기에 50 Ω 저항 등을 추가하는 방식 등으로 기생 발진이 일어나는 것을 방지할 수 있으며 부하 변동에 따른 발진 주파수의 변동 가능성이 작다.

또한, 발진기가 일정한 출력을 나타낼 수 있는 이유는 공진기의 공진 형태에 따라 달라지는데, 공진 형태는 병렬 공진과 직렬 공진의 두 가지 형태로 구성되어 있다. 이때 사용되는 능동소자의 등가회로는 출력단자에서 generator 쪽으로 본 반사계수( $\Gamma_g$ )의 주파수 응답으로부터 구할 수 있다.

직렬 공진인 경우, 능동소자의 부성저항은 발진이 시작하는 점에서 부하저항  $R_L$ 보다 커야하며, 발진이 정상상태에 도달하면 공진 조건에 따라 대 신호 동작 하에서 다시  $R_g$ 가 감소 하므로써 발진기의 일정한 출력을 가지게 된다. 병렬 공진인 경우 앞의 직렬 공진과 마찬가지로 능동소자의 부성 컨덕턴스가 발진이 시작하는 점에서 부하 컨덕턴스보다 클 때 공진이 시작되며, 대 신호 동작하에서  $G_g$ 가 다시 감소함으로 발진기의 출력이 일정하게 된다.

소자의 대 신호 모델링과 소 신호 모델링한 소자의 S-파라메타를 가지고 만든 등가회로를 이용하여 공통 소스에 단락 스테브를 연결하여 원하는 주파수에서 발진 조건을 만족하는 새로운 산란 계수를 가진 소자와 헤어핀 공진기를 직렬 케환 형식으로 결합하여

발진기를 구성하였다.

계환된 소자의 새로운 산란 계수를 구하기 위하여 원래의 소자의 2-port 산란 계수와 리액턴스 값을 이용하여 3-port 산란 계수를 정의하고 소스의 단락 스테르브를 반영하였다. 그런 다음 3-port 산란계수를 다음과 같이 다시 2-port 산란 계수  $[S]_{2p}$ 로 변화 하였다[3].

$$[S]_{2p} = \begin{bmatrix} S_{11} + \frac{S_{13}S_{31}\Gamma_S}{1 - S_{33}\Gamma_S} & S_{12} + \frac{S_{13}S_{32}\Gamma_S}{1 - S_{33}\Gamma_S} \\ S_{21} + \frac{S_{13}S_{23}\Gamma_S}{1 - S_{33}\Gamma_S} & S_{22} + \frac{S_{23}S_{32}\Gamma_S}{1 - S_{33}\Gamma_S} \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서  $\Gamma_S$ 는 연결된 스테르브단의 반사 계수로써  $\Gamma_S = \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0}$ 이며,  $Z_S$ 는 스테르브단의 임피던스이다[4].

게이트단에 결합된 공진기가 반사모드로 동작하고, 소자의 게이트로부터 일정거리  $\theta_g$  만큼 떨어진 공진기에 충분히 결합된 반사계수가 절대값이 1이 될 때, 즉 발진조건이 발생할 때 소자의 새로운 반사계수  $\Gamma_N$ 은

$$\Gamma_N = |\Gamma| \exp(-2j\theta_g) \quad (3)$$

가 되며, 발진상태가 정상이 되면

$$1 = S'_{11} \Gamma_N \quad (4)$$

가 된다. 여기서  $S'_{11}$ 은 안정 발진 조건하에서 값이다.

본 논문에서는 그림 2와 같이 기생 발진을 막고자 입력에  $50 \Omega$  저항을 공진기에 연결했고, 위상 잡음과 출력의 특성을 좋게 하기 위해서 직렬 계환 형식으로 설정, 소스에 단락 스테르브를 달았으며, 소스의 스테르브의 길이와 넓이를 조절해 안정된 조건에서 발진 되게 하였으며, 스테르브L의 길이를 조정하여  $\theta_g (= \frac{2\pi L}{\lambda_g})$ 의 값을 바꾸면서 원하는 주파수에서 발진이 일어나도록 하였다. 여기서  $\lambda_g$ 은 발진 주파수에서 마이크로스트립의 관내 파장의 길이이다.

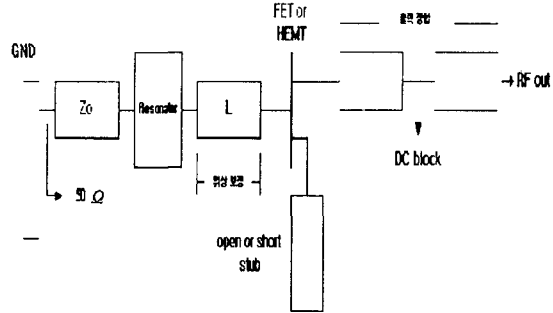


그림 2. 직렬계환 공진기

## 2.2 공진기

발진기의 전체 출력 정합 회로의 구성과 입력정합 회로의 구성으로 발진 주파수와 출력이 결정된다. 그와 더불어 공진기의 자체의 Q값은 발진 회로의 Qe중 가장 큰 비중을 가지고 있어 발진기의 성능을 좌우하는 중요한 요소 중 하나인 위상잡음에 관련함으로써 매우 중요하다고 할 수 있다. 공진기는 주로 시스템이 가지고있는 특징에 관련하여 그 종류를 나눌 수 있는데, 주로 발진기에서는 좋은 위상 잡음 특성과 집적화를 위해 높은 Q값과 작은 용량의 차지하는 유전체 공진기를 선호한다. 그러나 유전체 공진기의 결합은 높은 주파수인 경우 유전체의 크기가 지나치게 작아짐에 따라서 위치에 따른 기본적인 자체 결합이 어려움을 겪게 된다. 즉 유전체 공진기와 마이크로스트립 라인과의 거리가 가까울수록 점점 결합이 증가하나 겹치게 되면 결합이 상쇄되는 유전체 공진기의 특성에 의해서 어느 정도는 거리를 두어야 하는데 거리가 약간이라도 벗어나게 되면 높은 주파수의 특성상 자체 결합이 일어나지 않는 경우가 생긴다. 또한 비교적 유전체 공진기가 온도에 강하다고는 하나, 역시 공진기의 결합은 결국 나중에 마이크로스트립 전송로 근처에 붙이는 형태이므로 마이크로스트립 기판과 유전체 사이의 온도 변화의 영향이 크므로 이동식이나 온도의 상승이 많은 시스템인 경우에는 다른 대안이 필요하다.

이에 반해 hair-pin 구조는 결합 자체가 마이크로스트립 라인에 같이 결합을 함으로써 제작이 용이하고 또한 유전체 공진기에 비해서 충격에는 월등히 강한 면모를 보이므로 레이더 등과 같은 이동식 장비에서 많이 사용을 하고 있다.

### III. 설 계

공진기의 설계 및 제작과, DC 바이어스 회로 설계 방법 및 트랜지스터 모델링을 이용하여 얻은 변환된 소자의 S-Parameter 값을 이용하여 ADS 툴을 이용한, 발진기 설계와 모의실험한결과를 나타냈다.

#### 3.1 공진기 설계

병렬 공진기는 대역 저지 필터와 비슷한 모양으로 만들고, 직렬 공진기는 일반적으로 대역 통과 필터와 비슷한 모양을 가지고 있는데, 이는 입력단에서 들어가는 발진기의 공진기는 직렬 공진기와 병렬 공진기가 있다.

원하는 주파수에서 전체적인 위상 잡음의 크기와 출력을 결정하는 요소이기 때문에 매우 중요하다.

본 논문에서는 병렬 공진기형으로 적용하였으며, 모

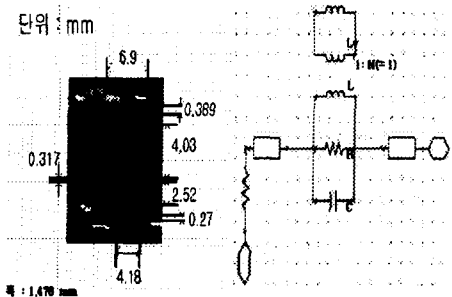
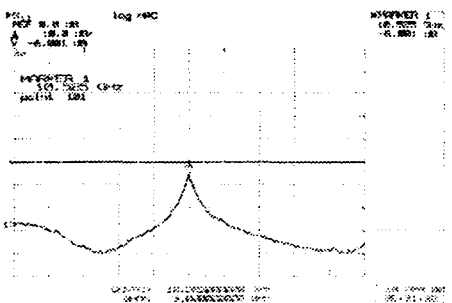
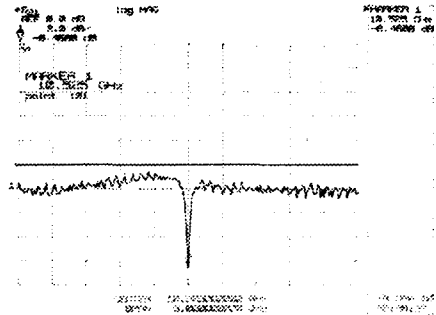


그림 3. 공진기 및 등가회로



(가) S(1,1)



(나) S(2,1)

그림 4. 공진기 측정 결과

의 실험은 ADS를 이용하여 수행하고, 발진 주파수를 동조시키기 위해서 바랙터 다이오드에 역 바이어스 전압을 조정하면서 그림 3과 같이 gap을 트리밍하였다. 제작은 비유전율 2.52, 20mil 두께의 마이크로스트립 기판을 이용했고, 네트워크 분석기로 그림 4와 같이 공진기의 S(2,1), S(1,1) 측정하였다.

#### 3.2 DC 바이어스 회로 설계

DC 바이어스 회로는 능동 소자의 동작점을 결정한다. 따라서 기본적으로 마이크로스트립 라인으로 구성할 때에는 어느 정도 이상의 폭을 가져야 전류가 원활히 흐를 수 있으므로 폭을 결정해야 하나 지나치게 폭이 넓은 경우에는 발진기의 특성이 달라질 수 있다. 따라서 DC와 RF의 완전한 분리가 되어야 하고, 또한 DC에서 오는 저주파 발진을 막아 줄 수 있어야 한다. 따라서 일반적으로 마이크로스트립 라인의 폭을 좁혀서 그 주파수에서의 임피던스를 크게 해준다.

기본적으로 바이어스 회로는 DC와 RF를 분리시켜 주어야 함으로 설계 시 사용할 주파수에서 완전히 반사시키는 것을 목적으로 한다. 또한 낮은 주파수의 1/f 잡음을 줄여주어야 위상 잡음의 특성을 좋게 할 수 있으므로 낮은 주파수가 by-pass할 수 있도록 바이어스 회로를 설계해야 한다[5]. 사각 스티브보다 위치 선정이 용이하고 면적이 작은 radial 스티브를 사용하였다.

그림 5에서 1은 발진하는 주파수에서 큰 임피던스가 되도록 하고 2는 사용하는 주파수의 낮은 임피던스로 되도록 하여 발진 주파수에서 완전 반사가 되도록 하였다. 3과 4는 바이어스 회로를 통과한 RF 에너지를 커패시터를 통하여 저주파 발진을 막고 저항을

통하여 발진기의 기생발진을 막아준다.저주파 발진을 막기 위해서 충분히 큰 커패시터가 필요하다. 본 논문에서는 100pF의 용량의 커패시터를사용하였다[6].

같은 결과를 얻었다.

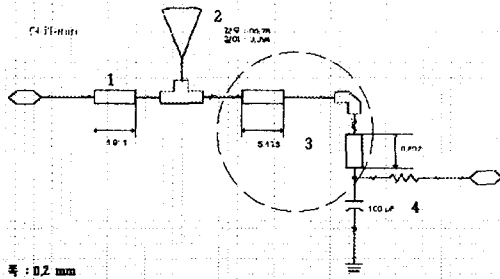
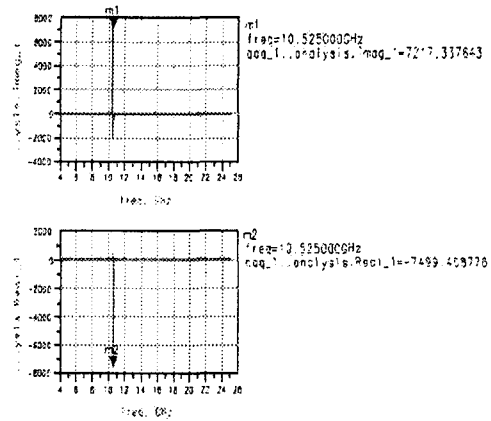


그림 5. 바이어스 회로



(가)

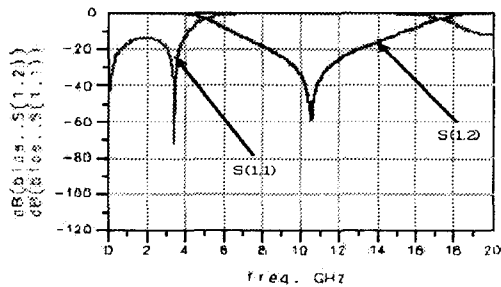
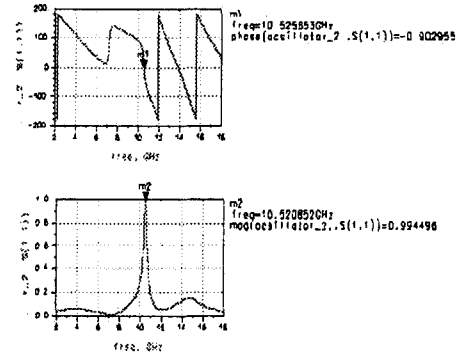


그림 6. 모의 실험 결과



(나)

그림 7. 발진 조건

### 3.3 발진기 설계

발진기의 설계는 선형 설계를 선행한 후 비 선형 설계를 해야 한다. 다음과 같은 방법으로 ADS를 이용하여 선형 설계를 수행 했다..

첫째, 발진기의 출력단에서 바라본 임피던스의 값을 적절한 케환 소자의 길이를 첨가해서 임피던스의 실수가 0보다 작고, 허수부분이 0보다 크거나 0과 같은지 확인하다. 모의 실험 결과 허수는 7217, 실수는 -7499 정도로 원하는 주파수인 10.525 GHz에서 그림 7(가)와 같은 결과를 얻었다. 둘째, 역시 출력단에서 바라보았을 때 loop-gain의 크기가 1이고 위상이 0° 일 때 발진하므로. ADS의 osctest라는 함수를 이용한 모의 실험을 수행한 결과 원하는 발진 주파수인 10.525 GHz에서 loop-gain은 0.99, 위상은 -0.9° 로 그림 7(나)와

두 가지 선형 설계를 맞춘 후 비 선형 설계를 해야 한다. 비록 위의 설계가 잘 되었어도, 소자가 불안정한 부분이 아닌 곳으로 설정 될 때도 있고, 위상 잠음등의 다른 발진기의 특성을 알기 위해서 비 선형 설계를 하기 위해 선형 설계의 결과를 이용해서 비 선형 설계를 하고, 드레인의 정합 회로와 게이트의 스타브의 길이를 조절하면서 반복된 모의 실험을 수행 하였다.

설계서 발진기의 출력을 높이기 위해서는 발진 조건을 만족하는 공진부와 능동 소자가 결합할 때 능동 소자의 등가회로의 저항 R이 최대가 될 때 출력 레벨을 높일 수 있으므로 게이트와 공진부의 스타브의 길이를 계속해 조절해 가면서 설계해야 한다. 그러나 위

상 잡음은 출력에 반비례해서 커짐으로 출력과 위상 잡음의 상호 관계를 유지하면서 비 선형 설계를 해주어야 한다[7].

기본적으로 발진하는 주파수를 맞추기 위해서는 공진기와 능동 소자 사이의 거리와 소스의 스테브의 길이를 계속 조절하면서  $\Gamma_{out}$ 의 최대 지점을 찾아야 한다.

모의 실험 결과 4.22로 1보다 충분히 큰 값을 얻었고, 이 때  $\Gamma_{in}$  은 출력 정합 회로가 연결된 산란 계수이며 발진 조건에 의한 출력 정합 회로 연결 할 때마다 계속 변화하게 되므로 식(1)의 발진조건에 만족할 수 있도록  $\Gamma_g$  값을 변화한다고 해도  $\Gamma_g$ 의 변화는 결국  $\Gamma_{out}$ ,  $\Gamma_{in}$  을 계속적으로 변화시키기 때문에 ADS를 이용하여 최적의 값을 찾아야 한다. 모든 회로를 발진 조건에 맞게 만들었을 때,  $\Gamma_{in}$  은 5.22을 얻었고, 발진기의 정확한 주파수와 출력, 2차 고조파 그리고 위상잡음을 알기 위해서 먼저 구한 최적의 값을 가지고 그림 8,9와 같이 비 선형 설계의 한 종류인 harmonic balance 방식으로 모의 실험을 하였다.

모의 실험은 NEC사의 NE325S01의 HEMT 소자와 기판은 비유전율 2.52, 두께는 20 mil인 기판을 이용하였고, 바레터 다이오드는 M/A-Com사의 MA46470으로 2V에서 0.814 pF을 특성을 가지는 제품을 이용해서 ADS의 비 선형 해석 방식인 harmonic balance로 수행한 결과 주파수 10.540 GHz에서 출력은 4.897 dBm, 제2 고조파는 -22.04 dBc 억압, 위상 잡음은 10 kHz offset에서 -77.098 dBc, 100 kHz offset에서 -97.759 dBc의 결과를 얻었다.

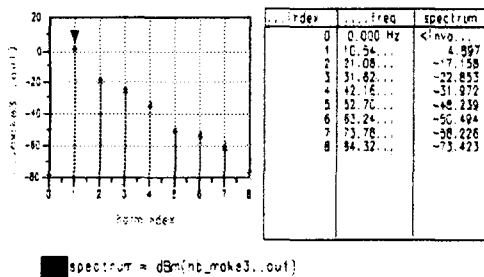


그림 8. Harmonic balance 모의 실험

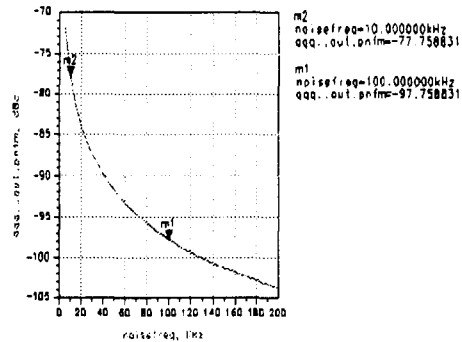


그림 9. 위상 잡음 모의 실험

### IV. 측정 및 검토

발진기의 특성은 스펙트럼 분석기(HP 8593A)로 측정하였다. 모의 실험에서는 출력이 4.897 dBm이고 제 2 고조파는 약 -22.04 dBc이고, 100kHz offset에서 위상 잡음은 -97.759 dBc인데, 측정 결과 제2 고조파는 -23.90 dBc, 출력은 50 MHz span에서 6.93 dBm, 100 kHz offset의 위상 잡음은 2MHz span에서 -57.74 dBc의 특성을 얻었다. 표 1에 모의 실험한 결과와 실제 제작된 발진기의 측정결과를 정리해 놓았다. 표 1에서 보는 바와같이 모의실험결과와 실제 제작된 발진기의 측정결과는 거의 일치하나 100KHz offset에서의 위상잡음은 측정결과가 -57.74dBc로서 일반적인 통신 시스템에서 적용하는 -80~-100dBc이하의 특성과 비교하여 만족할 만한 결과를 얻지 못해서 이 분야에 대한 잡음을 개선하기위한 추가적인 연구가 이루어져야 한다고 생각된다[8]. 그림10에 제작한 발진기의 사진과 그림 11에 측정 결과를 나타냈다.

표 1. 검토

구분	모의 실험 결과	측정
주파수	10.540 GHz	10.525GHz
출력	4.897 dBm	6.93 dBm
제2 고조파	-22.055 dBc	-23.90 dBc
위상 잡음(100KHz offset)	-97.759 dBc	-57.74 dBc

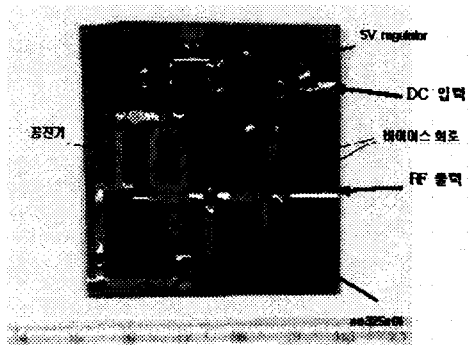
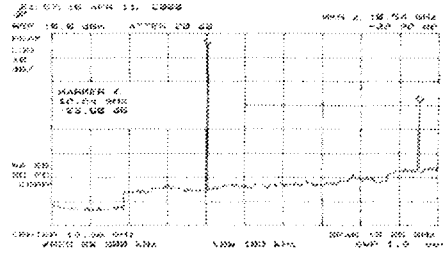
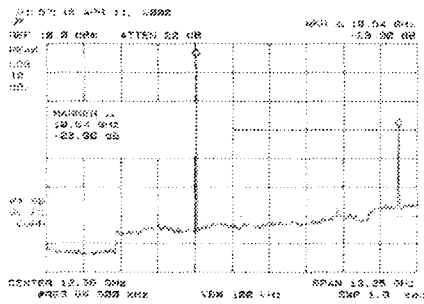


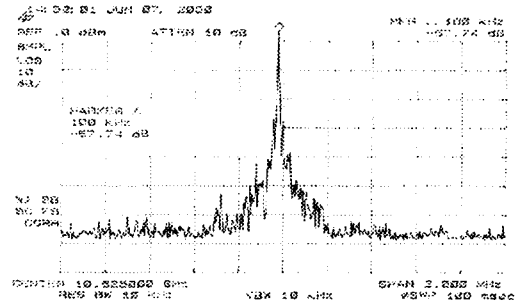
그림 10. 제작한 발진기



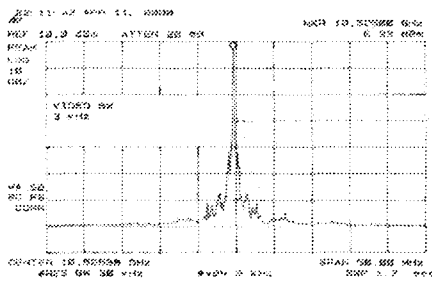
(다) 제2 고조파



(가) Full Span 측정



(라) 위상 잡음 : 100 kHz offset (2 MHz Span)  
그림 11. 측정 결과



(나) 주파수와 출력 (50 MHz Span)

## V. 결 론

헤어핀 공진기를 이용해 일반적인 통신 시스템이나 레이더 시스템에 적용할 수 있는 발진기를 제작하였다.

발진기는 CAD를 이용해서 능동 소자를 모델링한 후 능동 소자의  $R_g$ 를 바탕으로 적절한 Q값을 가지는 헤어핀 공진기를 설계, 제작해서 이를 바탕으로 직렬 케환 회로로 구성해서 발진기를 완성하였다. 또한 위상 잡음을 향상시키기 위해서 바이어스 회로에 R, C를 달아 1/f 잡음을 줄였다.

발진 주파수 10.525 GHz에서 6.93 dBm의 출력과 -23.9 dBc의 고조파 억압 특성을 얻었다. 그러나 위상 잡음은 100 kHz offset에서 -57.74 dBc로 일반적인 통신시스템에서 적용하는 -80 ~ -100 dBc 이하의 특성과 비교하여 만족한 결과를 얻지 못했으나, 위상고정회로를 연결하고 적절한 차폐막을 형성해서 좀 더



향상된 위상 잡음의 특성과 안정된 주파수 특성을 얻는 다면 이동식 레이더 시스템등의 국부 발진기로 사용이 가능하리 라고 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] James C. PAPP, "An 8-18GHz YIG-Tuned FET oscillator" IEEE Transactions on Microwave Theory and Tecnique, Vol., MTT-28, NO. 7, July 1980
- [2] Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifires Analysis and Design" Prentice Hall, 1997
- [3] Amarpal S.Khanna,"Three-port S-parameters ease GaAs FET designing," Microwave & RF., pp.81~84, November 1985
- [4] A.P.S. Khanna, "Determination of loaded, unloaded and external quality factor of a Dielectric resonator coupled to a microstrip resonator." IEEE Trans. Microwave Theory Techniques, vol MTT-31, pp. 261~264, Mar 1983.
- [5] Andy Howard, "Simulate Oscillator Phase noise," Microwave & RF., pp. 64~70, November 1993
- [6] Eric Holzman Solid-State Microstrip Power Oscillator Design. Artech House, pp. 202~209, 1992
- [7] 유근관 외 2, "바이어스 동조를 이용한 위상 고정 유전체 공진 발진기에 관한 연구" 한국 통신 학회 논문지 94-10 Vol.19 No.10 pp.1982~1989
- [8] 양승인, 장인봉, "저주파 부궤환 회로를 이용한 발진기의 위상 감소," HP EEsof 워크샵, 1997, pp. 260~276

### 저 자 소 개



손병문( Byung-moon Son)

1989년 홍익대학교 전자공학과 졸업  
(공학사)

1992년 홍익대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년~1994년 LG정밀연구소 근무

1994년~1997년 진성연구소 근무

1998년~현재 홍익대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

※ 관심분야 : 무선통신, 초고주파통신, 레이더



강중순( Joong-soon Kang)

1983년 울산대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1989년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

1991년~현재 울산과학대학 전기전자학부 교수

※ 관심분야: 무선통신, 초고주파 통신, 이동통신