

# 결합 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스 변화를 이용한 VCDRO의 설계 및 제작

정회원 황영대\*, 최현철\*\*

## Design and Fabrication of VCDRO by Changing Characteristic Impedance of Coupled Microstrip Line

Young-Dae Hwang\*, Hyun-Chul Choi\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 유전체 공진 발진기의 주파수를 전기적으로 가변 시키기 위해 사용되는 바랙터와 마이크로스트립 선로로 구성된 결합 공진회로의 마이크로스트립 선로 특성임피던스 변화에 따른 발진기의 특성을 조사하여 위상잡음 특성을 크게 저하시키지 않고도 가변범위가 큰 전압제어 유전체 공진 발진기를 설계 및 제작하였다. 먼저 마이크로스트립 선로와 결합하는 유전체 공진기의 등가회로를 이용하여 발진기의 가변범위에 관한 수식을 도출하였다. 가변범위에 영향을 주는 요소들 중 결합 공진회로의 선로 임피던스 변화에 따른 발진기 특성을 비교하여 결합선로 임피던스를 작게 함으로서 위상잡음을 크게 저하시키지 않고도 주파수 가변범위를 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다. 결합 마이크로스트립 선로의 특성임피던스가 37.5Ω일 때 발진주파수 5.15GHz에서 출력전력 8.33dBm, 위상잡음 -116.9dBc/Hz @100kHz, 주파수 가변범위 8.63MHz 그리고 37.5dBc의 고조파 특성을 가지며 TVRO(Television Receive Only) 시스템의 국부발진기에 응용 가능하다.

### ABSTRACT

A Voltage Controlled Dielectric Resonator Oscillator(VCDRO) having larger frequency deviation with small degradation in the phase noise performance by investigating the influence of changing the microstrip line impedance of the varactor-microstrip resonant circuit, was designed and fabricated. We obtained larger frequency tuning range by means of lowering the microstrip line impedance of the resonant circuit. When the microstrip line impedance is 37.5Ω the VCDRO shows output power of 8.33dBm without significant deviation over the full tuning range of 8.63MHz, a stable low phase noise of -116.9dBc/Hz at 100kHz away from the carrier frequency of 5.15GHz, harmonic characteristic of 37.5dBc and is applicable to Television Receive Only(TVRO) system as the local oscillator.

### I. 서론

통신 시스템에서 신호의 변조, 복조를 이용하여 Up/down Conversion을 하는 경우 반드시 필요한 국부발진기는 전체 시스템에 중대한 영향을 끼치므로 주위 온도변화에 안정하고 낮은 위상잡음과 높은 주파수 안정도를 가진 발진기가 필요하게 된다. 구조가 간단하고 소형이면서 온도 변화에 따른 주

파수 안정도가 뛰어난 유전체 공진 발진기(DRO)가 마이크로파 및 밀리미터파 신호원으로 많이 사용되고 있다.<sup>[1]</sup> 주파수 가변 유전체 공진 발진기에 위상 고정루프를 이용하면 발진신호를 안정화시켜 저잡음의 신호원을 얻을 수 있다. 주파수 가변 유전체 공진 발진기의 주파수 동조는 크게 전기적 동조와 기계적 동조로 구분되며 전기적 동조인 경우 바랙터 동조, 페라이트 동조, 바이어스 동조와 광학적 동조

\* 삼성전자 CDMA2000시스템개발실(e19300@hanmail.net), \*\* 경북대학교 전자전기공학부 초고주파연구실(hcchoi@ee.knu.ac.kr)  
논문번호 : 00157-0505, 접수일자 : 2000년 5월 5일

등을 이용할 수 있다.<sup>[2]</sup> 발진기의 주파수 동조 방법 중 바랙터를 사용해서 주파수를 동조하는 것이 일반적인 방법으로 자리잡혀 왔으며 이는 바이어스 전압을 인가해 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변화시킴으로써<sup>[3]</sup> 유전체 공진기와 결합된 마이크로스트립 선로의 실효 파장을 변화시켜서 발진주파수를 동조시키는 방법이다. 위상고정루프에 사용되는 전압제어 유전체 공진 발진기는 주파수 가변범위가 클수록 Locking Range가 크게되는 장점이 있으므로 주파수 가변범위 내에서 급격한 출력전력의 변화 없이 가변범위를 크게 만들 필요성이 있다. 그러나 가변범위를 증가시키기 위해 유전체공진기와 결합선로의 결합도를 증가시키면 가변범위는 증가하나 위상잡음 특성이 매우 나빠지게 된다.<sup>[4]</sup>

일반적으로 사용되어지는 DRO의 튜닝 방법은 페라이트를 사용하여 DR의 외부 자장을 변화시켜 튜닝하는 법, DR의 뒷면에 빛에 예민한 레이어를 두어 빛으로 DR의 전도도를 튜닝하는 방법, 발진기 자체의 바이어스 조건을 변화시켜 발진기 특성의 변화로 튜닝하는 방법, 바랙터의 커패시턴스를 변화시켜 튜닝하는 방법 등이 있다.

본 논문에서는 바랙터와 마이크로스트립 선로로 구성된 결합 공진회로와 유전체 공진기의 동가회로부터 주파수 가변범위에 대한 수식을 도출하여 가변범위에 영향을 주는 요소들 중 결합도는 일정하게 유지하고, 결합 마이크로스트립 선로의 특성임피던스 변화를 이용하여 위상잡음 특성을 크게 저하시키지 않으면서 저잡음 특성을 얻고, 주파수 가변범위를 증가시킬 수 있는 방법으로 전압제어 유전체 공진 발진기를 제작하고자 한다.

## II. 설계 방법

### 1. 공진부의 구성

직경  $d$ [mm]이고 높이  $H$ [mm]인 고립된 원통형 유전체 공진기의 공진 주파수는  $TE_{010}$  모드에서 다음과 같은 근사식으로 표현된다.<sup>[2]</sup>

$$f [GHz] = \frac{68}{d [mm] \sqrt{\epsilon_r}} \left( \frac{d [mm]}{H [mm]} + 3.45 \right) \quad (1)$$

여기서,  $\epsilon_r$ 은 공진기의 비유전율을 나타내는데,  $1 < d/H < 4$ 와  $30 < \epsilon_r < 50$ 의 범위에서 2% 이내의 오차를 갖는다.

고주파 발진기에서 공진기는 발진기의 특성을 결정하는 중요한 부분이며, 유전체 공진기와 결합하는

마이크로스트립 라인, 주파수 조정을 위한 튜너, 지지대 등으로 구성되는 유전체 공진기의 구성도는 그림 1과 같다.

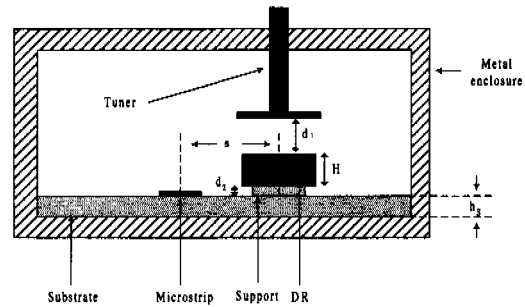


그림 1. 유전체 공진기의 구성도

공진기의 스푸리어스 모드(Spurious mode)를 막기 위해서는 직경( $d$ )과 높이( $H$ )의 비가 2.2~3이 되도록 선택하는 것이 바람직하다.<sup>[5]</sup> 유전체 공진기는 비유전율이 38.6, 직경( $d$ )이 10.8[mm], 높이( $H$ )는 4.8[mm]인 Trans-Tech.사의 유전체 공진기를 사용하였고, 위상잡음을 줄이기 위해 비유전율이 3.0, 직경( $d_2$ )이 5.0[mm], 높이는 0.5[mm]인 지지대를 사용하였다.  $d_1$ 의 감소는 공진 주파수를 높이지게 하며,  $d_2$ 의 증가는 공진 주파수를 낮아지게 한다. 마이크로스트립 선로와 결합되는 유전체 공진기의 상대적인 위치가 발진기의 출력전력과 위상잡음에 결정적인 영향을 준다.<sup>[4]</sup> 그림 2는 유전체 공진기와 마이크로스트립 선로 사이의 거리  $s$ 에 따른 유전체 공진기의 반사계수( $\Gamma_R$ )와 부하 양호도( $Q_L$ )의 특성을 보여준다.

여기서  $s$ 가 증가함에 따라  $Q_L$ 이 증가하는데 이는 발진기의 위상잡음이 감소될 수 있음을 의미한다. 또한  $s$ 의 증가는 결합계수의 감소로 인한  $\Gamma_R$ 의 감소를 의미하며 출력전력이 낮아지게 된다.  $s$ 와  $d_2$ 가

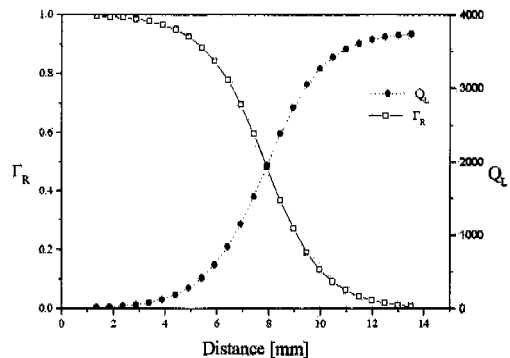


그림 2. 간격( $s$ )에 따른 반사계수( $\Gamma_R$ )와 양호도( $Q_L$ )의 변화

줄게 되면 유전체 공진기와 마이크로스트립 선로 사이의 결합이 강하게 되어 높은 출력전력을 얻게 되나 부하 양호도값을 낮추게 되어 위상잡음이 나빠지게 된다.<sup>[4]</sup> 따라서 출력전력과 위상잡음의 상보적인 특성을 고려하여 시스템의 사양에 맞도록 s의 길이를 적절히 선정해야 한다. Fig 2. Reflection coefficient( $\Gamma_R$ ) and Quality factor( $Q_L$ ) for spacing(s) variation

2. 발진기 이론

2-단자망 발진기는 일반적으로 그림 3과 같이 공진부, 능동소자부, 부하로 구성되며, 능동소자에서의 입력반사계수( $\Gamma_{IN}$ )와 출력반사계수( $\Gamma_{OUT}$ )는 공진기의 반사계수( $\Gamma_R$ )와 부하 반사계수( $\Gamma_L$ ) 및 트랜지스터의 소신호 산란계수[S]에 의해 다음과 같이 결정된다.<sup>[6]</sup>

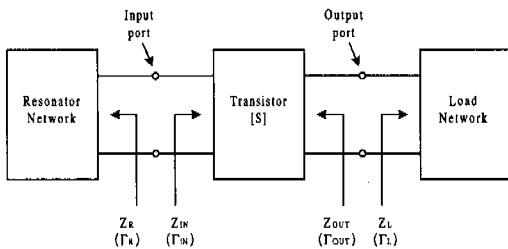


그림 3. 2-단자망 발진기 모델

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \quad (2)$$

$$\Gamma_{OUT} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_R}{1 - S_{11}\Gamma_R} \quad (3)$$

발진기의 설계에 있어 트랜지스터의 불안정성은 식 (4)로 표현된다.

$$k = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \quad (4)$$

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

여기서, k는 트랜지스터의 안정도계수이며 발진조건을 만족하기 위해서는 1보다 작아야 된다. 만약 안정도계수가 1보다 큰 값을 가질 경우에는 트랜지스터의 공통단자를 바꾸거나 케환을 첨가하여 안정도계수를 1보다 작게 해야 한다.

발진기가 초기 발진을 시작하여 정상상태에 도달하는 과정에서 트랜지스터의 소신호 산란계수는 전력의 증가로 인해 대신호 산란계수로 변하게 된다.

따라서 발진기는 식 (5), 식 (6)과 같은 초기조건을 만족하도록 설계되어야 한다.

$$1.2|R_R| < -R_{IM} \quad (5)$$

$$X_R = -X_{IM} \quad (6)$$

이 초기조건은 발진을 시작하기 위해서는 능동소자의 부성저항이 부하저항보다 약 20% 정도를 초과해야 함을 나타내는 것이며, 발진기가 발진을 계속하여 정상 상태로 도달함에 따라 능동소자의 부성저항은 다음 식과 같이 정상상태 발진조건을 만족하는 값에 도달하게된다.

$$\Gamma_{IN} \cdot \Gamma_R = 1 \quad (7)$$

$$\Gamma_{OUT} \cdot \Gamma_L = 1 \quad (8)$$

3. DRO 설계

DRO에서는 발진주파수를 안정화시키기 위해서 유전체 공진기(DR)를 직렬 케환성분 및 병렬 케환성분의 두 가지 형태로 사용한다. 즉 직렬 케환형과 병렬 케환형으로 나눌 수 있다. 병렬 케환형은 유전체 공진기를 케환요소로서 직접 이용한 형태로 해석이 복잡하고 마이크로스트립 선로와의 결합도를 조절하기 어려우며 주파수 가변범위가 좁을 뿐만 아니라 출력전력이 낮다. 직렬 케환형은 공진기와 선로간의 결합관계를 모델화하기 쉽고 부하에 대하여 발진주파수 변화 및 출력전력 변화가 작다는 장점을 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 병렬 케환형의 단점을 보완할 수 있을 뿐만 아니라 회로 구조가 간단한 직렬 케환형 발진기를 선택하였으며 그 구조는 그림 4와 같다.<sup>[2]</sup>

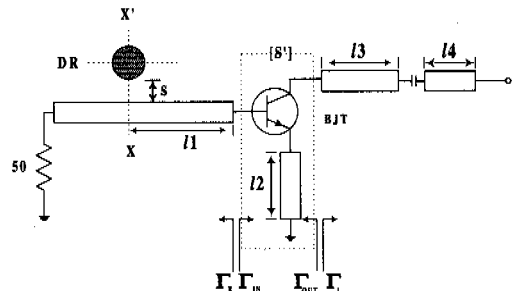


그림 4. 유전체 공진 발진기의 구성도

길이  $l_1$ 은 유전체 공진기 반사계수의 위상을 결정하며, 길이  $l_2$ 는 이미터단에서 케환량을 결정한다

다. 그리고 길이  $l_3$ 와  $l_4$ 는 출력정합 회로를 구성하는 선로 길이이다. 트랜지스터는 HP사의 AT-42070을 사용하였으며 각 마이크로스트립 선로의 길이  $l_1, l_2, l_3, l_4$ 는 다음과 같은 과정에 의해 최적치를 구하였다.

먼저 선택한 BJT의 이미터단자에 캐환성분  $l_2$ 를 달아서 설계주파수에서 불안정하도록 새로운 산란계수[S']를 얻은 후 소신호에서 베이스단에서의 입력반사계수의 크기  $|\Gamma_{IN}|$ 이 1보다 크게 되도록 출력 안정도원의 불안정 영역에서  $\Gamma_L$ 을 선택하여  $l_3, l_4$ 로 출력 정합회로를 구성한다. 그리고 정상 상태에서의 입력반사계수를 구하기 위해 이 회로를 Serenade에서 능동소자의 비선형 모델을 이용해서 구성하고, 입력전력에 따른 베이스단에서의 입력반사계수를 구해서 입력반사계수 중  $|\Gamma_{IN}| = 1/|\Gamma_R|$ 을 만족하는 입력반사계수의 위상으로부터 유전체 공진기가 놓여질 물리적 길이  $l_1$ 를 구한다.  $l_1$ 은 회로에 미치는 기생발진과 히스테리시스를 제거하기 위해 특성임피던스  $Z_0$ 인 침저항을 사용하여 종단시킨다.

베이스단에 결합된 유전체 공진기는 반사모드(reflection mode)로 동작하고 결합된 유전체 공진기의 반사계수의 절댓값은 0.75이며 BJT의 베이스로부터 일정거리  $\theta$  만큼 떨어진 유전체 공진기의 반사계수  $\Gamma_R$ 은 식 (9)와 같이 표현된다.

$$\Gamma_R = |\Gamma_R|e^{-j2\theta} \quad (9)$$

베이스단에서의 정상상태 발진조건인 식 (7)에 대입하면 다음과 같이 표현되며 식 (11)의 조건을 만족해야 한다.

$$1 = \Gamma_{IN} \cdot \Gamma_R = \Gamma_{IN} \cdot |\Gamma_R|e^{-j2\theta} \quad (10)$$

$$|\Gamma_R| = 1/|\Gamma_{IN}|, \theta = \frac{1}{2} \arg \Gamma_{IN} + n\pi \quad (11)$$

$n=0, 1, 2, \dots$

이 조건으로부터 베이스단과 유전체 공진기의 기준면과의 물리적 거리  $l_1$ 은 식 (12)와 같이 구해진다.

$$l_1 = (\theta/2\pi)\lambda \quad [\text{m}] \quad (12)$$

실질적으로 거리  $L_1$ 이 공진기의 직경보다 작을

경우에는  $n=0$ 이외의 값이 선택된다.<sup>[7]</sup> 여기서  $\lambda$ 는 마이크로스트립의 관내파장이다. 표 1은 입력전력에 따른 입력반사계수와 공진부 반사계수의 크기를 나타낸다.

표 1. 입력전력에 따른 반사계수

입력전력 [dBm]	$\Gamma_{IN}$		$\Gamma_R$
	$ \Gamma_{IN} $	$\angle \Gamma_{IN}$	$1/ \Gamma_R $
-5	1.35	-81.2	1.33
0	1.35	-78.6	1.33
8	1.33	-68.6	1.33
15	1.08	-50.1	1.33
20	0.75	-45.4	1.33

입력전력이 8dBm일 때 발진 크기조건이 만족되며 이 때의 입력반사계수의 위상으로부터 공진기가 놓여질 물리적 길이  $l_1$ 을 구할 수 있다. 이렇게 결정된 마이크로스트립 선로의 길이를 초기치로 하여 초고주파 해석도구인 Serenade를 이용하여 설계주파수에서 발진이 일어나도록 선로의 길이들을 최적화 하였다. 최종 설계된 발진기의 마이크로스트립 라인 길이를 표 2에 나타내었다.

표 2. 최종 결정된 마이크로스트립의 길이[mm]

	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	RF choke
길이	18.2	10.0	2	3	9.62

그림 5는 설계된 발진기의 발진 가능성을 나타내고 있으며 설계주파수인 5.15GHz 부근에서 허수부분이 "0"을 교차할 때 실수부분이 부정저항 특성을 보이므로 발진이 일어남을 알 수 있다.

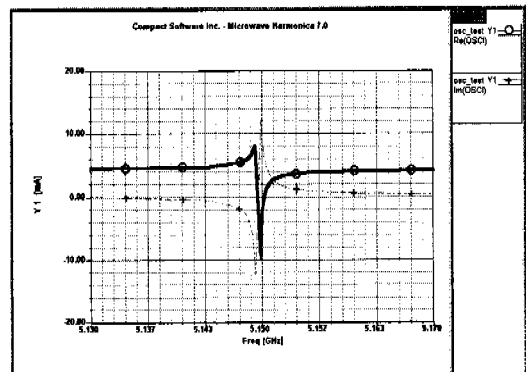


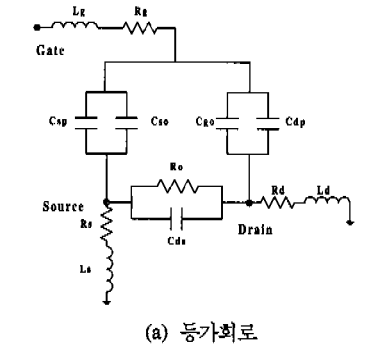
그림 5. 유전체 공진 발진기의 발진 가능성

4. 전기적인 동조

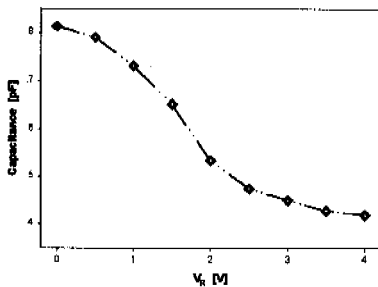
설계된 유전체 공진 발진기의 주파수를 전기적으로 동조하기 위해 MESFET 바랙터를 장착하였다. 그림 6(a)는 바랙터의 등가회로이며 그림 6(b)는 측정된 산란계수로부터 등가회로를 통하여 구한 ATF10136 MESFET의 바이어스 전압에 따른 게이트 depletion 커패시턴스의 변화를 나타내고 있다.

그림 7은 유전체 공진기의 공진 주파수를 전기적으로 가변시키기 위해 MESFET 바랙터와 마이크로 스트립 선로로 구성된 공진 회로를 장착한 전압제어 유전체 공진 발진기와 그 등가회로를 나타내고 있다. 등가회로에서  $R_r$ ,  $C_r$ ,  $L_r$ 은 유전체 공진기의 등가 파라미터들이고 유전체 공진기와 마이크로 스트립 선로의 결합은 권선비가 각각  $N_1$ 과  $N_2$ 인 이상변압기로 나타낸다.

두 개의 마이크로 스트립 선로 사이에 DRO가 존재하므로 두 개의 마이크로 스트립 선로 사이의 커플링에 대한 정확한 해석을 하기 어렵다. 두 개의 마이크로 스트립 선로 사이의 커플링이 DRO를 통해서 이루어지므로 공진 주파수는 커플링을 이용하여 Coupling Plane에서 MESFET 바랙터를 들여다 본 입력 임피던스를 나타내고, 공진기측에서 바라본 임피던스를 나타내어서 유전체 공진기의 새로운 공진 주파수를 구한다.

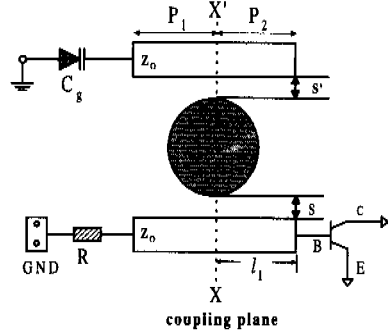


(a) 등가회로

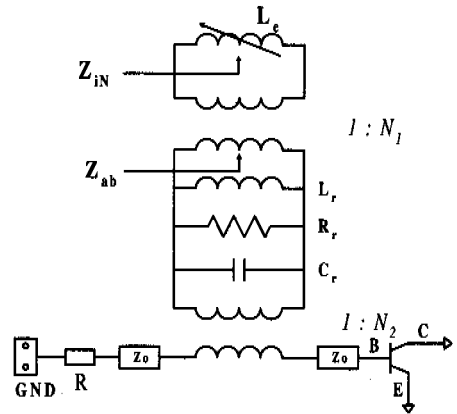


(b) 커패시턴스 변화

그림 6. 전압에 따른 MESFET의 커패시턴스



(a) VCDRO의 구성도



(b) VCDRO의 등가회로

그림 7. VCDRO의 구성도와 등가회로

그림 7(a)의 XX'에서 MESFET 바랙터를 들여다 본 입력임피던스는 식 (13)으로 표현된다.

$$Z_{in} = j\omega Z_0^2 C_g = j\omega L_e \tag{13}$$

where,  $L_e = Z_0^2 C_g$

그리고 공진기 측에서 바라본 임피던스는 다음 식과 같다.

$$Z_{ab} = \frac{Z_{in}}{N_1^2} = \frac{j\omega Z_0^2 C_g}{N_1^2} = j\omega L_t \tag{14}$$

where,  $L_t = \frac{Z_0^2 C_g}{N_1^2} = \frac{L_e}{N_1^2}$

최종적으로 유전체 공진기의 새로운 공진 주파수를 구하면 다음의 식과 같이 표현된다.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L//L_t) \cdot C}} \tag{15}$$

$$\approx \omega_0 \cdot \left(1 + \frac{N_1^2 L}{2 Z_0^2 C_g}\right)^{1/2}$$

여기서 L은 이상변압기 N<sub>2</sub>에 의해 변환된 유전체 공진기의 등가 인덕턴스이며 이 식으로부터 MESFET 바랙터의 게이트 바이어스 전압 변화에 따른 Modulation Sensitivity에 관한 수식을 구해보면 식 (16)으로 표현된다.

$$\Delta\omega = \omega_0 \cdot \frac{N_1^2 L}{2Z_0^2 (C_{gV1} - C_{gV2})} \quad (16)$$

이 식으로부터 가변범위는 MESFET 바랙터의 게이트 depletion 커패시턴스가 작을수록, 선로와의 결합이 강할수록 그리고 결합선로의 임피던스가 작을수록 넓어지게 됨을 알 수 있다. 그러나 가변범위를 크게 하기 위해 선로와의 결합을 강하게 하면 위상잡음이 나빠지게 된다. 유전체 공진기와 마이크로스트립선로사이의 거리가 짧게 되면 강한 결합이 일어나게 되어 높은 출력 전력을 얻게 되나, 강한 결합은 QL값을 낮추게 되어 결국은 나쁜 위상잡음을 얻게 된다. 본 논문에서는 결합선로와 공진기 사이의 결합은 일정하게 유지하고 결합선로의 임피던스 변화에 따른 가변범위와 위상잡음과의 관계를 조사하기 위해서 결합 마이크로스트립 선로의 임피던스를 표 3과 같이 3가지 경우로 나누어서 전압제어 유전체 공진 발진기를 제작하였다. 결합 마이크로스트립 선로의 개방면은 단축효과를 고려하였다.<sup>[9]</sup>

표 3. 특성임피던스에 따른 결합선로의 치수

	Case I	Case II	Case III
Z <sub>0</sub> [Ω]	62.5	50.0	37.5
W [mm]	1.21	1.80	2.74
λ/4 P1[mm]	9.19	9.04	8.86
Open End Effect를 고려한 P2 [mm]	8.84	8.65	8.39

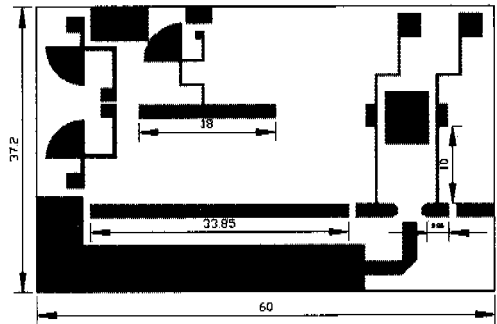
### III. 측정 및 결과 고찰

제작에 사용된 기판은 GML 1000(ε<sub>r</sub>=3.25)이며 능동자는 AT42070을 사용하였다. 설계한 회로를 제작하는데 사용한 설계도면과 제작된 치구는 그림 8과 같다. 측정은 HP-8563E 스펙트럼 분석기를 사용하였으며 바이어스 상태는 V<sub>CE</sub> = 8V, I<sub>c</sub> = 33mA가 되게 인가시켜 스펙트럼 분석기로 전압제어 유전체 공진 발진기의 특성을 측정했다.

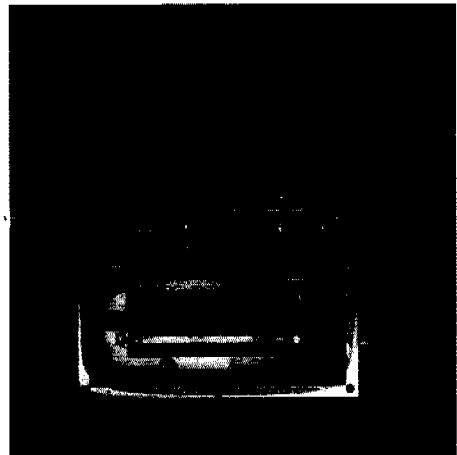
표 4는 결합선로의 임피던스가 각각 37.5Ω, 50

Ω, 62.5Ω일 때의 전압제어 유전체 공진 발진기의 전체적인 특성을 나타내고 있다. 바랙터 바이어스 전압을 0V에서 -4V까지 인가하였을 때 바랙터와 결합된 유전체 공진기의 등가회로에서 도출한 수식에서 예측되었던 대로 결합선로의 임피던스가 작아질수록 주파수 가변범위가 넓어지는 것을 확인할 수 있다.

바랙터의 전압을 변화시켜서 발진주파수를 5.15GHz로 조정하였을 때 결합 공진회로의 마이크로스트립 선로 임피던스가 작아질수록 위상잡음 특성이 약간 나빠지나 고조파 특성과 스퓨리어스 특성은 모든 경우에 사양을 만족하였다.



(a) 설계도면



(b) 제작된 치구

그림 8. 제작된 VCDRO

그림 9는 MESFET 바랙터의 게이트 바이어스 전압에 따른 발진주파수의 변화를 나타낸다.

MESFET의 pinch-off 전압이 -4.0V이므로 약 -3.0V 이하의 바이어스 전압에서는 게이트 depletion 커패시턴스의 변화가 거의 없게 되므로 바이어스 전

압  $V_R$ 에 따른 발진주파수의 변화도 미세하게 변하는 것을 알 수 있으며 -0.5V에서 -2.5V사이에서 0.14%의 선형구간을 가진다. 표 4와 그림 9로부터 결합선로의 임피던스가 37.5Ω일 때 위상잡음의 큰 저하 없이 넓은 가변범위를 얻을 수 있으므로 이를 이용하여 위상 고정루프에 사용 가능한 전압제어 유전체 공진 발진기를 제작하였다.

표 4. 결합선로 임피던스에 따른 발진기 특성

$Z_0$ [Ω]	62.5	50	37.5
총가변범위 [MHz]	5.23	7.43	8.63
위상잡음 @100kHz [dBc/Hz]	118.3	117.3	116.9
출력전력 [dBm]	8.67	8.50	8.33
Harmonic [dB]	43.50	31.34	37.50
Spurious [dB]	79.0	80.3	78.3

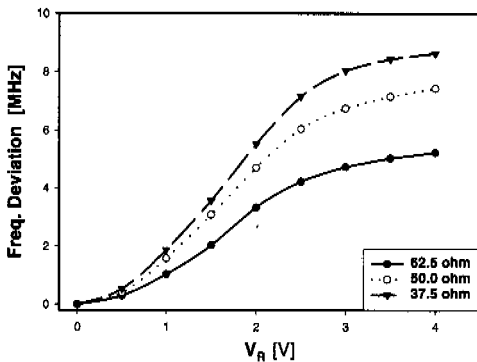


그림 9. 바랙터 전압에 따른 주파수 가변 특성

그림 10은 제작된 전압제어 유전체 공진 발진기의 고조파 특성을 나타내고 있으며 주파수 범위를 30kHz에서 26.5GHz까지의 대역에서 본 것으로, 기본주파수와 2차 고조파와는 37.5dB의 성능을 보이고 있다. 이것은 25dB인 발진기의 2차 고조파 사양을 만족함을 나타낸다.

스펙트럼 분석기의 스패를 10MHz로 한 경우 기본 발진주파수의 스펙트럼을 그림 11에 나타내었다. 바랙터 바이어스 전압을 변화시켜 발진주파수를 5.15 GHz로 조정했을 때 기본주파수에서의 출력 전력은 8.33dBm이며, 주파수 안정도가 중심 주파수에서 매우 우수하다.

그림 12는 제작된 전압제어 유전체 공진 발진기의 발진주파수를 GaAs MESFET 바랙터의 게이트 바이어스 전압을 가변시켜서 5.15GHz로 조정했을 때

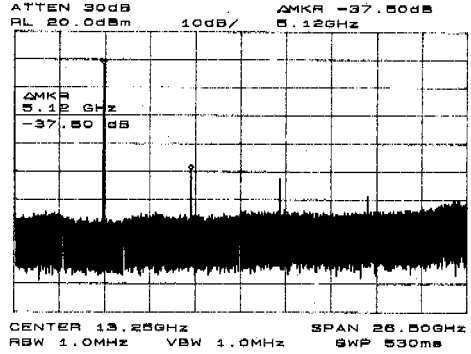


그림 10. 발진기의 고조파 특성

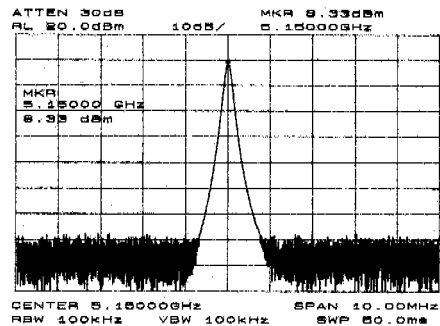


그림 11. 스패인 10MHz일 때 VCDRO의 스펙트럼

의 위상잡음 특성을 나타낸다. 오프셋이 100kHz에서 위상잡음 특성은 결합선로의 특성임피던스가 37.5Ω일 때 -116.9dBc/Hz로 선로 특성임피던스가 감소할수록 위상잡음이 약간 증가하였다.

그림 13은 MESFET 바랙터의 게이트 바이어스 전압을 0V~4V로 변화시켰을 때의 발진주파수 가변특성을 나타낸 것이며 중심주파수 5.15GHz에서의 출력전력은 8.33dBm이고 가변범위 내에서 출력전력의 변화는 0.83dB로써 8.63MHz의 전체 가변범위 내에서 거의 일정한 출력전력을 제공함을 알 수 있다.

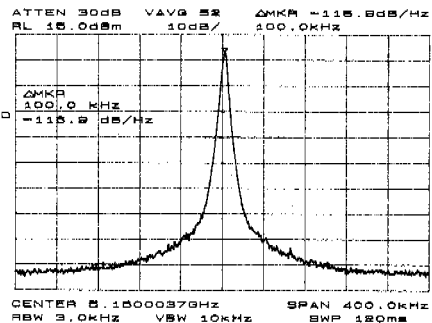


그림 12. VCDRO의 위상잡음

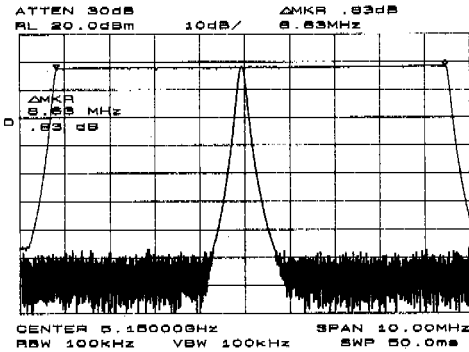


그림 13. VCDRO의 주파수 가변 특성

#### IV. 결론

본 논문에서는 유전체 공진 발진기의 주파수를 전기적으로 가변 시키기 위해 사용되는 바랙터와 마이크로스트립 선로로 구성된 결합 공진회로의 마이크로스트립 선로 특성임피던스 변화에 따른 발진기의 특성을 조사하여 위상잡음 특성을 크게 저하시키지 않고도 가변범위가 큰 전압제어 유전체 공진 발진기를 설계 및 제작하였다. 마이크로스트립 선로와 결합하는 유전체 공진기의 등가회로를 이용하여 발진기의 가변범위에 관한 수식을 도출하였으며 이로부터 가변범위에 영향을 주는 요소들 중 선로 임피던스를 작게 하면 가변범위를 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

선로 임피던스의 변화가 발진기 특성에 미치는 영향을 비교하기 위해 결합 공진회로의 선로 임피던스를 변화시킨 발진기를 제작하여 그 특성을 비교하였다. 37.5 Ω ~ 62.5 Ω의 선로 임피던스에서 출력전력은 8 dBm 이상, 위상잡음은 100 kHz 오프셋에서 -116.9 dB 이하, 고조파 특성은 31.34 dB 이상 그리고 스퓨리어스 특성은 79 dB 이상이었다. 가장 넓은 가변범위를 가지는 37.5 Ω의 경우 위상잡음 특성은 선로 임피던스가 62.5 Ω인 경우에 비해 1.4 dB 저하되거나 가변범위는 65% 증가하였다. 이로부터 예측한 바와 같이 결합 마이크로스트립 선로의 임피던스를 작게 함으로서 위상잡음을 크게 저하시키지 않고 더 넓은 가변범위를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 전압제어 유전체 공진 발진기의 튜닝곡선은 MESFET 바랙터 자체의 전압-커패시턴스 특성으로 인해 비선형적인 특성을 보이나 0.14%의 선형적인 구간을 가진다. 선로 임피던스가 37.5 Ω인 경우는 출력전력 8.33 dBm, 위상잡음 -116.9 dB/Hz @ 100 kHz, 주파수 가변범위 8.63 MHz 그리고 37.5 dB의 고조파

특성을 가진다.

#### 참고 문헌

- [1] J. K. Plourde, Ren, "Application of dielectric resonators in microwave components," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT-29, pp. 754-770, Aug., 1981.
- [2] Kajfez, *Dielectric resonator*, Artech House, pp. 509-512, 1986.
- [3] Chen, Shur, "A capacitance model for GaAs MESFETs," *IEEE Trans. Electron Device*, Vol. ED-12, pp. 883-891, May, 1985.
- [4] Lim, "A soft-substrate k-Band VTDR with Low Phase Noise," *Asia Pacific Microwave conference*, pp. 127-130, 1995.
- [5] Itho, Rudokas, "New method for computing the resonant frequencies of dielectric resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT-25, No. 1, pp. 52-54, Mar., 1979.
- [6] Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design*, Prentice-Hall, pp. 397-399, 1984.
- [7] Podcameni, "Large Signal Design of GaAs FET Oscillators Using Input Dielectric Resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. MTT-31, No. 4, pp. 358-361, Apr., 1983.
- [8] Mitsumoto, "GaAs FET Direct Frequency-modulators for 42-GHz-band HDTV Radio Cameras and 7-GHz-band Field Pick-up Transmitters," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 663-666, 1993.

황 영 대(Young-Dae Hwang)

정희원



1998년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업

2000년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사

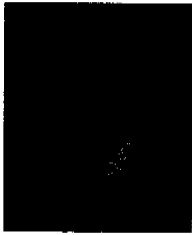
2000년 3월~현재 : 삼성전자 CDMA200시스템개발 연구원

<주관심 분야> 고주파회로 설계, RF 시스템 설계



최 현 철(Hyun-Chul Choi)

정회원



1982년 2월 : 경북대학교 전자  
공학과 졸업

1984년 2월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 석사

1989년 2월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 박사

1990년 3월~현재 : 경북대학교 전기·전자공학부 부  
교수

<주관심 분야> 전파전파 및 역산란해석, 초고주파회  
로 및 시스템 설계, EMI/EMC 등