
게이트 전압 제어에 의한 마이크로파 고안정 위상동기발전기의 위상잡음 특성 분석

김성용*, 이영철**

Analysis of Phase Noise of High Stable Microwave Phased Locked Oscillator with Gate Voltage Tuning

Seong-Yong Kim*, Young-Chul Rhee**

본 연구는 2003학년도 경남대학교 학술연구비에 의하여 이루어졌습니다.

요약

본 논문에서는 pHEMT의 게이트 전압을 제어하여 저 위상잡음과 고 안정 특성을 나타내는 Ku-band 위상 동기유전체공진 발전기를 설계하였다. 발전기를 설계에서 위상잡음에 영향을 주는 P-HEMT의 비선형소자를 선정하고 게이트 전압에 따라 최소 위상잡음을 나타내도록 최적화 시켰으며 바이어스에 따른 산란계수를 이용하여 전압제어 마이크로파 발전기를 설계한 후 안정특성을 위하여 위상동기회로를 적용하였다. 디지털 마이크로파 통신시스템에 이용되는 10.75GHz의 주파수에서 동작되는 고안정 위상동기발전기는 전치분주기 형태로 제작하였으며 설계된 마이크로파 발전기는 9.17dBm 출력전력과 -88 dBc/Hz @10KHz의 위상잡음 특성을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, we design a high stable Ku-band phase-locked dielectric resonant microwave oscillator with the gate voltage controls of p-HEMT. By adapting the nonlinear equivalent elements which affects phase noise of microwave oscillator, we optimize the nonlinear elements of p-HEMT to have low phase noise operation. Using the scattering parameters according to bias voltages, we designed the gate voltage control microwave dielectric resonant oscillator and phase-locked loop circuits is applied to have the high stable operations. Designed microwave oscillator as a local oscillator of digital microwave communication shows that output power is 9.17dBm at 10.75GHz and its phase noise is -88dBc/Hz at 10KHz offset frequency.

1. 서론

디지털 미디어 전송기술의 발전과 통신 서비스의 다양함으로 기존의 음성신호와 데이터 및 저속 영상신호를 중심으로 전송하던 이전의 통신시스템에서 지금은 다중반송파에 의하여 많은 채널에서 음성, 영상에 의한 대용량의 멀티미디어 신호

를 효율적으로 전송하는 무선디지털 통신시스템으로 변화되었다. 이러한 디지털 미디어 통신시스템은 대용량의 정보를 고속으로 전송하기 위해 QPSK나 QAM과 같은 디지털 변조 방식을 이용하여 사용 주파수 대역에서 효율적인 스펙트럼 활용과 인접신호와와의 페이딩에 의한 영향이 작고, 고속 전송 및 안정성과 신뢰도가 높도록 하고 있

* 경남대학교 정보통신공학과 전파통신연구실 (micropt@kyungnam.ac.kr)

접수일자 : 2003. 10. 6

다[11]. 이러한 디지털신호 전송시스템에서 수신시스템은 주파수 대역에 따라 비교적 높은 주파수 영역에서는 슈퍼헤테로다인 수신방식이 이용되고 있으며 RFIC에 의한 칩셋 설계가 가능한 이동통신 주파수 대역을 중심으로 직접변환(direct conversion) 방식이 이용되고 있다.

그러나 응용하는 디지털 무선통신시스템에서 국부발진기의 위상잡음특성은 수신신호에 대한 C/N0와 BER과의 관계 등에 직접적으로 영향을 미치므로[2,3], 직접변환 디지털 통신시스템의 트랜시버(transceiver)에 적용되는 국부발진기는 고안정특성과 저위상잡음특성을 요구한다. 이러한 국부발진기의 요구사항을 만족시키기 위하여 저위상잡음특성과 발진주파수의 주변영향 및 온도특성에 대하여 매우 안정된 발진주파수를 출력할 수 있도록 Q값이 높은 유전체 공진형 마이크로파 발진기에 위상고정루프(PL-DRO)를 사용하며 PL-DRO의 각 구성부에서의 위상잡음 영향 중 발진기의 능동소자에서 형성되는 위상잡음이 마이크로파 발진기의 위상잡음을 주도하게 되므로 [4] 마이크로파 능동소자에서 나타나는 등가모델에서 위상잡음에 가장 크게 영향을 미치는 비선형 소자가 무엇인가를 분석할 필요가 있다. 능동소자의 비선형 분석[5]을 통하여 예상되는 위상잡음을 마이크로파 발진기의 위상잡음모델의 기준이 되는 Leeson's 모델[6]에 의해 비교 해석할 수 있다 [7].

일반적으로 알려진 능동소자의 비선형 파라미터의 분석[5,7]에 의하여, 마이크로파 능동소자 중 위상잡음에 영향을 미치는 비선형 등가회로를 선정하기 위하여 본 논문에서는 능동소자의 비선형 해석에 TOM 모델[8]을 이용하였으며 능동소자의 비선형 해석은 대신호 등가모델을 이용한 I-V 특성곡선 분석 및 소 신호 산란파라미터 해석을 통하여 최적시켜 비선형 등가 파라미터를 구하고 최적화된 비선형 파라미터를 적용하여 저 위상잡음 특성을 나타내는 Ku-대역에서의 마이크로파 유전체 발진기를 설계하고자 하며 특히 발진기 구조에 의한 위상잡음을 감소할 수 있는 방안에 대해서 연구하였다.

II. 마이크로파 발진기의 위상잡음

마이크로파 발진기에서 발생하는 높은 위상잡음은 무선 통신 시스템의 하향변환기의 데이터 수신율을 저하시키므로, 그 출력 발진 신호는 최대한 안정되도록 하여야 하며 이를 위해 위상동기 유전체공진 발진기(PL-DRO)를 많이 사용한다 [9,10]. 그러나 위상동기 마이크로파 발진기의 위상잡음은 PLL의 기준신호(reference)발진기와 위상검출기, 루프 필터에 의한 각각의 위상잡음성분과 전압제어발진기에서의 위상잡음성분이 선체 루프를 통해 최종 출력 위상잡음으로 나타나게 된다[11]. 위상고정 루프의 출력 위상잡음에 미치는 위상잡음들을 그림 1과 같이 나타낼 수 있으며 PL-DRO에서 가장 큰 위상잡음 성분은 전압제어 발진기에서 발생하는 위상잡음이다.

전압제어발진기가 저 위상잡음을 가지도록 설계하기 위해 발진기의 위상잡음에 대해 분석한 식 (1)의 Leeson's 모델[6]을 이용하여야 한다.

$$L(f_m) = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\omega^2}{4\omega_m^2} \left(\frac{P_{in}}{\omega_o W_e} + \frac{1}{Q_{unt}} + \frac{P_{sig}}{\omega_o W_e} \right)^2 \right] \times \left(1 + \frac{\omega_c}{\omega_m} \right) \frac{NFKT_o}{P_{avs}} \text{ dBc/Hz} \quad (1)$$

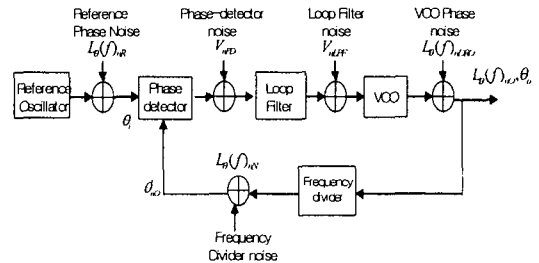


그림 1. 위상잡음원이 추가된 위상고정루프의 구성도
Fig.1. Blockdiagram of phase locked loop with including phase noise components.

Leeson's 모델에 의해 저 위상잡음 마이크로파 발진기를 설계할 때 식(1)에서와 같이 무 부하 공진계수 Qunt를 크게 하고, 리액티브에너지(We)를 최대로 할 필요가 있으며 능동소자는 작은 잡음지수(NF)와 위상변동이 작은 능동소자를 사용하여

야 한다. 마이크로파 발전기가 저 위상 잡음을 가지도록 하기 위해서는 이용된 능동소자의 비선형 분석을 통하여 잡음지수에 대한 최적의 바이어스 동작점 선정과 높은 Q값을 가지는 DR을 이용한 발전기인 DRO를 이용하여야 하는 것을 알 수 있다. 전압동조(voltage tuning)형 DRO에 이용되는 능동소자는 선정된 바이어스 동작점에 의해 등가회로의 파라미터들은 일정한 값으로 결정되어지고, 이러한 비선형 파라미터들에 의해 능동소자의 잡음지수가 결정되어진다[7,12]. 능동소자의 잡음지수의 값이 식(1)에서와 같이 전압동조형 DRO의 전체 위상잡음에 큰 영향을 미치게 되며 또한 발전기의 공진회로형태가 위상잡음 값에 영향을 주게 되므로, 잡음지수가 적은 능동소자를 선정하고 선정된 능동소자의 등가회로에서 잡음지수와 발전기 설계시 위상잡음에 영향 미치는 비선형 등가 파라미터를 구하므로써 능동소자에 의한 저 위상잡음 특성을 구현할 수 있다[13]. 선정된 능동소자의 비선형 파라미터를 이용하여 마이크로파 발전기를 설계하며 저 위상잡음을 위하여 고안정 유전체공진(dielectric resonant)을 이용한 발전기형태의 설계가 요구된다. 발전기 설계에서 DR공진부의 Q값 저하가 일어나지 않고 제어 전압에 의해 주파수 변동이 작게 하기 위하여 유전체발전기(DRO)의 주파수 안정도에 기여하는 게이트 전압제어에 의한 마이크로파 위상동기발전기를 설계할 필요가 있다.

III. 능동소자의 비선형소자와 위상잡음 관계

마이크로파 전압제어 발전기에 이용되는 p-HEMT와 같은 발전용 능동소자는 마이크로파 영역에서 발전조건을 쉽게 만족시킬 수 있도록 등가회로의 분석이 필요하며 등가회로의 분석에 의하여 발전기의 발전조건을 유도할 수 있다. 특히 능동소자의 바이어스 조건에 따라 나타나는 발전조건과 잡음지수 및 위상잡음 등 능동소자의 특성을 분석하기 위하여 능동소자의 비선형 파라미터를 설정해야 한다[12]. 특히 발전기용 능동소자의 등가회로에서 위상잡음에 영향을 미치는 파라미터는 능동소자의

잡음지수이므로 비선형 해석을 통한 p HEMT의 잡음지수의 분석과 능동소자의 최적의 위상잡음을 나타내는 능동소자의 발전 바이어스 동작 점 선정되어야 한다.

본 논문에서는 능동소자의 비선형 모델링 방법 [13]에서 타 모델에 비해서 능동소자의 핀치오프 전압 이상에서 해석 가능하고 온도변화에 대한 비선형 파라미터의 변화 관계를 해석할 수 있는 TOM모델[8]을 선정하였다.

그림 3은 TOM 모델을 이용한 소 신호 비선형 등가 회로를 나타내었다. TOM 모델에서 분석된 비선형 파라미터 중 위상잡음에 영향을 미치는 파라미터는 게이트단의 입력 바이어스 전압 V_{gs} 와 드레인단의 입력바이어스 V_{ds} 의 변화에 대해서 변화되는 성분인 비선형 커패시턴스 C_{gd} , C_{gs} 와 전달 컨덕턴스 g_m 으로 선정하였다.

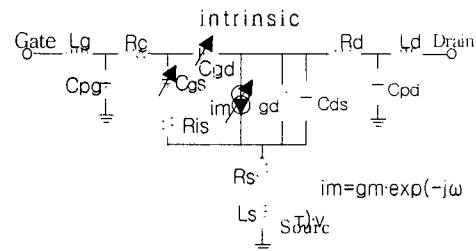


그림 2 p-HEMT 소자의 소신호 비선형 등가회로
Fig.2 Small signal nonlinear equivalent circuits of p-HEMT

비선형 분석에 의한 능동소자의 잡음지수에 영향을 미치는 전류 잡음원 $\overline{i_g^2}$, $\overline{i_d^2}$ 은 다음과 같다 [14].

$$\overline{i_g^2} = 4kTR\Delta f \frac{\omega^2 C_{gs}^2}{g_m}$$

$$\overline{i_d^2} = 4kTG_m P \Delta f \tag{2}$$

이 때, P는 다음과 같다.

$$P = \frac{I_{ds}}{E_i L_g g_m} \tag{3}$$

윗식에서 I_{ds} 는 DC드레인 전류이고, E_i 는 이상

적인 $v-E$ 관계의 임계필드이며, L_g 는 게이트 길이고 g_m 은 전달 컨덕턴스를 나타낸다. 능동소자의 잡음지수에 대한 정의식은 다음과 같다 [14].

$$NF_{im} = 1 + 2 \frac{f}{f_c} \cdot \sqrt{PR(1-C^2)} \quad (4)$$

이때, C 는 전류 잡음원과 연계되는 식으로 식 (5)와 같이 나타내어진다.

$$C = \frac{\overline{i_g i_d^*}}{\sqrt{i_g^2 i_d^2}} \quad (5)$$

식(4)와 (5)에서 능동소자의 잡음지수 NF 는 식 (1)의 Leeson's 위상잡음 모델식에 직접적으로 영향을 미치므로 능동소자의 비선형 모델에 의하여 전류원에 따르는 바이어스와 제시하는 발진기의 위상잡음과의 정의관계식을 이용하여 발진기에서 발생하는 위상잡음을 분석할 수 있게 된다.

IV. 비선형 모델링된 능동소자를 이용한 게이트 전압제어 발진기의 설계 및 모의 실험 결과

본 논문에서는 마이크로파 발진기용으로 많이 이용되는 Agilent사의 p-HEMT 능동소자 ATF-36077 소자를 선정하였으며 TOM 모델을 이용하여 위상잡음에 가장 많이 영향을 주는 비선형 파라미터중에서 커패시턴스 C_{gs} 와 C_{gd} , 전달 컨덕턴스 g_m 을 선택하였으며 세가지 소자를 중심으로 바이어스에 따르는 잡음지수관계를 분석하고 이에 따라 설계된 발진기의 위상잡음 관계식에서 저 위상잡음과 설계된 마이크로파 발진기의 출력 전력(P_{out})과의 관계를 고려하여 능동소자의 바이어스 동작점을 최적화 시켰다. 마이크로파 발진기는 Ku-대역 DRO형태로 게이트전압에 따라 주파수를 튜닝 할 수 있도록 발진기를 설계하였다. 설계된 게이트 전압제어형 마이크로파 유전체 발진기의 모의실험 결과를 분석하여 전압제어 발진기

가 저 위상잡음과 최대출력을 나타내도록 하였으며 발진기의 고안정특성을 위하여 위상동기회로(PLL)을 적용하였다[15,16,17].

그림 3은 사용한 능동소자의 DC 파라미터를 모델링하여 분석된 데이터와 회사에서 제공된 데이터를 비교한 I-V 특성곡선을 보여 주고 있으며 제공된 값에 의한 I-V 특성곡선과 비선형 모델링에 의한 I-V 특성 곡선이 유사한 것을 알 수 있다.

한편 능동소자의 AC파라미터 분석은 DC 파라미터 분석을 통하여 일정한 바이어스 동작점을 선정 한 후 이루어지므로 본 논문에서는 최적화 과정을 통하여 구한 $V_{ds}=2V$, $V_{gs}=-0.2V$, $I_{ds}=12mA$ 바이어스점에서 AC 파라미터를 분석하였다. 그림 4은 AC파라미터 분석에 의해 7GHz~14GHz까지 최적화된 산란계수를 보인다. 비선형 파라미터들인 C_{gs} , C_{gd} , g_m 이 바이어스에 따라 그 값이 변할 때 잡음 지수 값도 변하게 되며, 분석한 결과는 그림5와 같다.

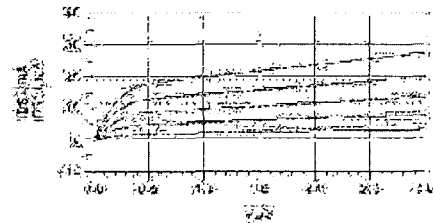
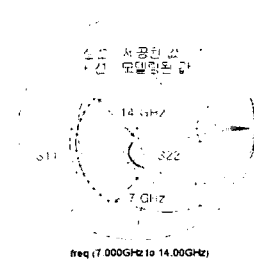
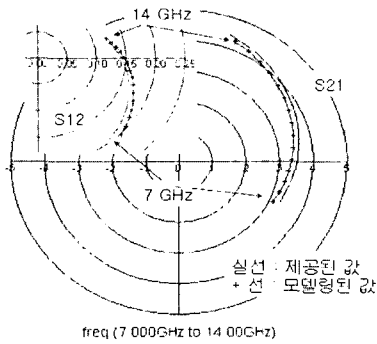


그림 3. I-V 특성곡선
Fig.3. Curve of I-V



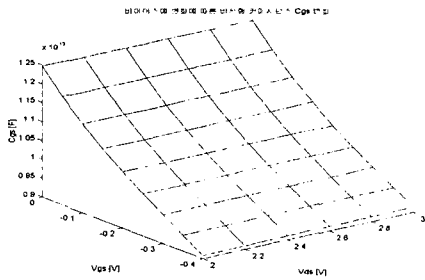
(a) S11, S22



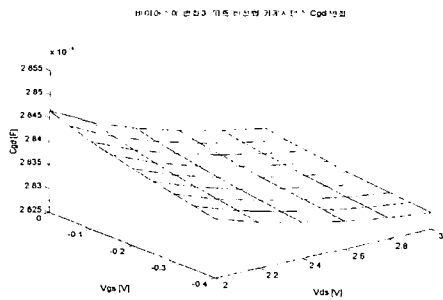
(b) S12,S21

그림 4. 최적화된 S-파라미터
Fig.4. Optimized Scattering parameters

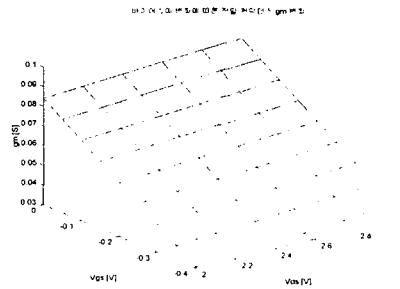
그림 6은 잡음지수의 특성을 보인 것으로 $V_{ds}=3V$, $V_{gs}=0V$ 일 때 가장 낮은 잡음 지수를 가지는 것을 알 수 있었으며 이 바이어스를 능동소자의 동작점으로 선정하게 된다.



(a) Cgs



(b) Cgd



(c) gm

그림 5. 바이어스 변화에 따른 비선형 파라미터변화
FIG.5 Variations of Nonlinear elements with bias voltages.

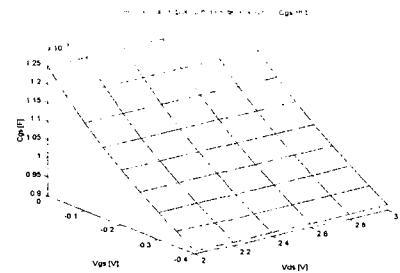
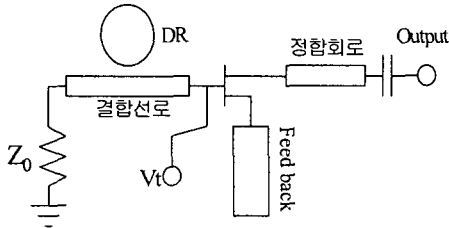


그림 6. 바이어스 변화에 따른 잡음지수 변수
Fig.6 Noise Figures with bias voltages

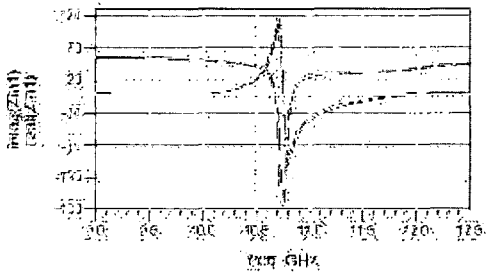
저 위상잡음 특성을 가지는 게이트전압제어 발진기를 설계하기 위하여 전압제어 발진기의 형태는 일반적으로 사용되어지는 방식인 바랙터 다이오드를 이용한 전압제어방식이 아닌 능동소자의 게이트 전압 제어 방식을 이용하였다. 바랙터 다이오드를 이용한 전압제어발진기는 주파수 튜닝 영역은 바랙터 다이오드와 유전체 공진회로와의 결합에 의해 증가하지만 추가된 결합 선로로 인해 공진부의 Q값의 저하가 일어나 위상잡음 증가의 원인이 된다[18]. 본 논문에서는 그림 7과 같이 p-HEMT 능동소자의 게이트단에 바이어스에 의한 전압제어가 가능하도록하였으며 이 방식은 주위 온도 변화, 소자 수명에 의한 주파수 흐름을 보상해 주기 충분하며, 바랙터 다이오드를 이용한 방식에 비해 유전체 공진기가 하나의 마이크로 스트립라인과 결합하므로 Q값 손실이 적어 좋은 위상잡음 특성을 얻을 수 있다.

전압제어 유전체 발진기 저 위상잡음 특성을

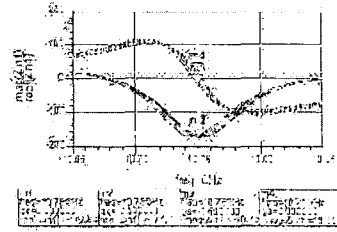
가지도록하기 위하여 잡음지수가 가장 낮은 바이어스 동작점을 선정하였으며 큰 부성저항과 작은 위상 지연을 가지는 안정적인 발진 신호를 얻기 위해 소스접지(source common)구조를 가지도록 설계하였다[18]. 그림8는 게이트 전압이 -0.5V에서 0V까지 0.1V 단위로 가변 될 경우의 발진특성 분석결과를 보인 것으로 10.75GHz의 발진 주파수 일 때, 게이트 전압에 따라 수MHz 범위에서 가변됨을 알 수 있으므로 게이트전압에 의하여 안정된 발진기를 설계할 수 있다. 이러한 모의실험의 분석결과는 게이트에 인가되는 바이어스 전압을 변화시켜 발진주파수를 가변 시킬 수 있으며 게이트 전압 변화에 따른 발진기 출력 위상잡음의 변화는 그림 9과 같으며 V_{gs} 가 0V에서 -0.5V까지 가변될 때 출력 단에서의 위상잡음은 0.302dBc 차이가 있음 알 수 있다.



이크로파 유전체 발진기의 구조
Fig.7 Structure of gate voltage tunned microwave dielectric oscillator



(a) 발진주파수 특성
(a) Oscillation frequency of designed oscillator



(b) 확대한 발진 주파수 대역
(b) Enlarged oscillation frequency ranges.

그림 8. 게이트 전압 변화에 따른 발진
Fig.8 Oscillation with gate tunned voltages.

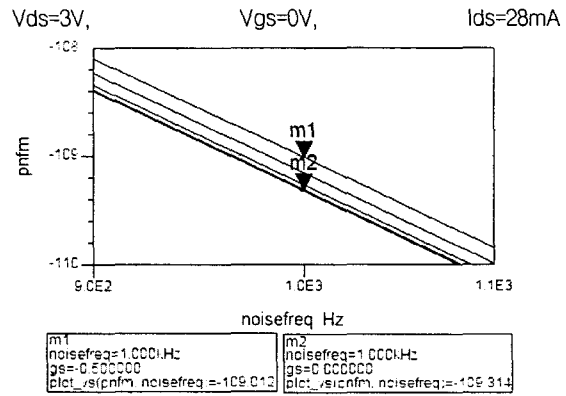


그림 9. 게이트 전압 가변에 따른 위상잡음
Fig. 9 Phase noise with gate tunned voltages

V. 실험 및 결과 고찰

앞에서 게이트전압에 따라 주파수가 제어되고 게이트전압 제어 발진기가 최소 위상잡음을 갖기 위하여 능동소자의 비선형 파라미터 중에서 위상잡음에 가장 크게 영향을 미치는 비선형소자를 중심으로 바이어스에 따라 발진기가 최소 위상잡음을 나타내도록 최적화 분석을 한 결과 발진기의 바이어스 동작점은 $V_{ds}=3V$, $V_{gs}=0V$, $I_{ds}=28mA$ 이었다. 이와 같은 바이어스점을 중심으로 게이트 전압제어형 유전체 공진 마이크로파 발진기(gate voltage tunned dielectric resonant microwave oscillator)를 설계하였으며 설계된 마이크로파 발진기(GVT-DRO)에 위상제어회로(phase locked loop)를 추가시켜 설계한 마이크로파 발진기가 온

도 및 주변의 영향으로 부터 고 안정(high stable) 상태를 유지하도록 하였다. 설계된 위상동기형 마이크로파 발진기(PL-DRO)를 설계할 때 유전율 2.5이고 $t=0.508\text{mm}$, $h=0.018\text{mm}$ 인 테프론 기판을 이용하였으며, 유전체 공진기(DR)는 Trans-Tech사의 8700시리즈로 Q값이 10000으로 가능한 우수한 위상잡음이 나타나도록 큰 값을 설정하였다. 설계된 게이트전압제어 마이크로파 발진기의 출력주파수는 10.75GHz이며 PLL회로는 Hittite사의 HMC365S8G 주파수 분주기를 통하여 4분주 시켜 2.6875GHz를 출력시켜 분주기를 통한 출력 신호가 Motorola사의 MC12179에 입력시켰다. 사용한 PLL-IC는 위상검출기와 256분주기, charge pump를 가지고 있어 비교적 쉽게 루프를 구성할 수 있다. 위상동기회로에서 루프필터는 PLL-IC 내부에서 charge pumping작용에 의하여 OP앰프를 사용한 능동필터를 필요로 하지 않으므로 수동필터를 사용하여 제작하였으며 루프 필터는 2차 혹은 3차 구조를 가지도록 할 수 있으나, 본 논문에서는 2차 구조의 루프필터에 비해 극점을 하나 더 추가시킴으로서 PL-DRO의 위상잡음을 개선시킬 수 있도록하였다. 설계한 PL-DRO에서 사용한 표준발진기(reference oscillator)는 10.49804MHz인 TCXO 크리스탈 발진기를 이용하였으며 그림10은 설계방안에 따라 제작된 10.75GHz의 위상동기 유전체공진 마이크로파 발진기를 보여주고 있다. 그림 11는 설

10.75GHz에서 출력전력(Pout)은 9.17dBm, 위상잡음은 $-88\text{dBc}/10\text{KHz}$ 을 보이고 있다.

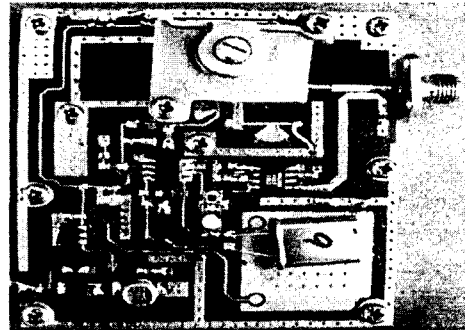


그림 10. 실제 설계된 마이크로파 발진기(PL-DRO)
Fig.10 Designed microwave oscillator(PL-DRO)

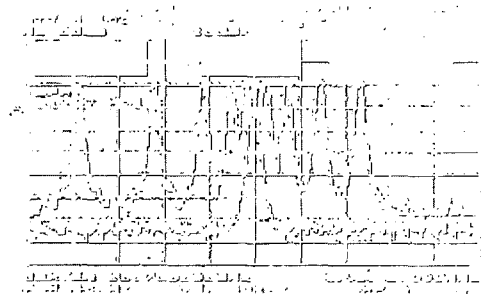


Fig.11 Vgs 에 따른 발진주파수
Fig.11 Variable voltage of Vgs and oscillation frequency

계된 게이트 전압 제어 발진기에 게이트 전압을 0.5V ~ -0.5V까지 가변시켰을 때 발진기의 출력단에 나타난 출력주파수를 보여주고 있다. 게이트 전압에 따라 이동하고 발진주파수가 전압 제어되고 있음을알 수 있다. 그림12은 게이트전압에 따라 가변되는 발진주파수와 출력전력의 관계를 보여 주고 있으며 바이어스에 따라 발진기의 특성이 가변되므로 발진기의 안정화를 위하여 발진기에 위상동기 회로를 부가하여 게이트 전압제어 PL-DRO가 주파수 동기(locking) 될 때 출력주파수는 그림 13과 같으며 이때 고안정 마이크로파 발진기의 위상잡음은 그림14와 같다. 이론에 따라 제작된 마이크로파 고안정 PL-DRO는 발진기는 설계사양을 만족시키고 있으며 출력주파수는

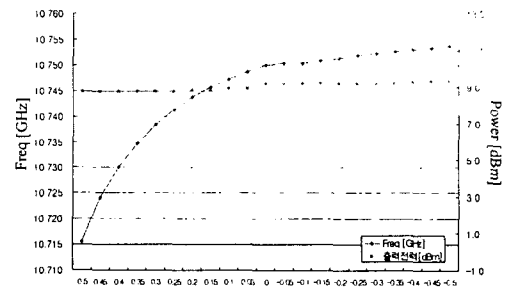


그림 12 Vgs에 따른 출력발진주파수 와 출력전력
Fig.12 Oscillator output power and frequency variation with Vgs

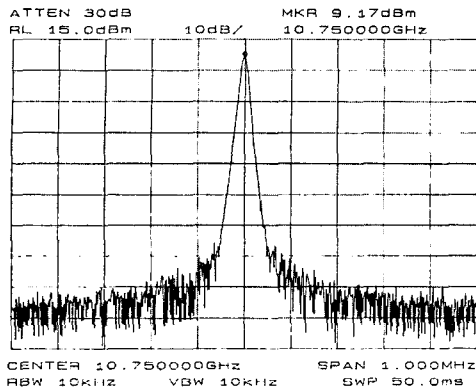


그림 13. 고안정 PL-DRO의 출력스펙트럼
Fig.13 Output spectrum of high stable PL-DRO

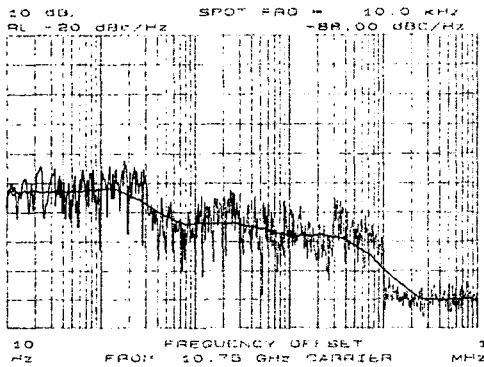


그림 14. 고안정 PL-DRO의 위상잡음
Fig.14. Phase noise of high stable PL-DRO

IV. 결론

다양한 음성, 데이터 및 동영상등 디지털 미디어 통신시스템의 발전에 따라 무선 디지털 미디어 통신시스템은 대용량의 정보를 고속으로 전송하기 위해 Ku-대역에까지 높은 주파수를 사용하고 있으며 이러한 대역에서 효율적인 스펙트럼 활용과 인접신호와의 페이딩에 의한 영향이 작고, 고속 전송 및 안정성과 신뢰도가 높도록 고안정 RF전단부의 설계를 요구하고 있다. 디지털 무선통신시스템에서 국부발진기의 위상잡음특성이 수신신호에 대한 C/N0와 BER과의 관계 등에 직접적으로 영향을 미치므로 디지털 통신 시스템에 적용되는 국부발진기는 매우 낮은 위상잡음과 주파수와 온

도변화등 외부의 영향에 대하여 매우 안정된 발진 주파수를 요구하고 있다.

본 논문에서는 이러한 마이크로파 대역에서의 저위상잡음을 나타내고 고 안정 특성을 나타내는 국부발진기를 설계하였다. 국부발진기의 위상잡음을 최소화시키기 위하여 위상잡음에 영향을 미치는 능동소자의 세가지 비선형 파라미터를 TOM 모델을 이용하여 분석하였으며 발진기 공진조건과 함께 능동소자의 바이어스전압과 위상잡음 사이를 게이트전압을 제어하여 최적화 시켰으며 이때 국부발진기는 고안정 특성을 나타내기 위하여 유전체공진 발진기를 택하였다.

저 위상잡음 특성을 나타내는 Ku-대역 유전체 발진기에 위상동기회로를 적용하여 온도 및 주변환경의 변화에 안정된 동작특성이 나타나도록 PL-DRO를 설계하였다. 설계한 게이트 전압제어 마이크로파 PL-DRO는 10.75GHz의 출력 발진 주파수를 보였으며 9.17dBm의 출력전력, -88dBc/Hz@10KHz의 위상잡음을 가지는 것을 확인하였다. 출력과 위상잡음은 현재 이용되는 디지털변조 신호에 적합한 위상잡음 특성을 보여주며 향후 OFDM과 같은 멀티 채널 환경에서 마이크로파 발진기의 위상잡음과 수신신호와의 관계를 분석하여 멀티 채널에 적합한 저위상잡음 마이크로파 발진기를 설계하여야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Sathananthan.K., " Performance Analysis of an OFDM System with Carrier Frequency Offset and Phase Noise," IEEE Proc. of Vehicular Techn. Conference, 54th, Vol.4, 2001 pp. 2329- 2332
- [2] M. K. Nazami, "Evaluate the Impact of Phase Noise on Receiver Performance" ,Microwave & RF, May. 1998, pp.165-172,
- [3] K.Hamaguchi,Y.Shoji," BER Performance of Coherent-QPSK Transmissions Affected by Phase Noise from Frequency Converters." IEEE Proc. of Vehicular Technology Conference, 54th , Vol.4, 2001,pp 2281-2284
- [4] H. Siweris, B.Schiek, "Analysis of Noise

- Upconversion in Microwave FET Oscillation." IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., Vol.33 No.3, March 1985, pp 233-241
- [5] J. Verdier, O. Llopis and R. Plana, "Analysis of Noise Up-Conversion in Microwave Field Effect Transistor Oscillators." IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., Vol.44, No.8, Aug. 1996, pp.1478-1483
- [6] D.B. Leeson, "A Simple model of feedback oscillator noise spectrum," proc. IEEE, Vol.54, No.2 Feb. 1966, pp.329-330
- [7] C.L. Chen, B.X. Gao and X.N. Hong, "A New kind of noise analysis model for simulation accurate phase noise in microwave MESFET oscillators," Proc. of European microwave Conference, Sep. 1995 pp.1241-1244
- [8] Hermann Statz, Paul Newman, IRL W. Smith, Robert A. Pucel, Hermann A. Haus "GaAs FET Device and Circuit Simulation in SPICE", IEEE Transaction on Electron Devices No.2, Feb. 1987 pp.160~168,
- [9] Eric Drucker "Model PLL Dynamics And Phase Noise Performance", part 1~3 Microwaves & RF, May. 2000.
- [10] Ulrich L. Rohde "Microwave and Wireless Synthesizers" John Wiley & Sons, INC 1997.
- [11] Venceslav F. Kroupa "Noise Properties of PLL Systems" IEEE Trans. on Commun., Vol.30. No.10, Oct. 1987, pp.2244~2252,
- [12] J.C. Nallatamby, M. Prigent, et al., "Extension of Leeson Formular to Phase Noise Calculation in Transistor Oscillators with complex Tanks," IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., Vol.51, No.3, March 2003, pp.690-696
- [13] T.J. Brazil and J.O. Scanlan "A Non-Linear Design and Optimization Procedure for GaAs MESFET Oscillators", IEEE MTT-S Digest pp. 907~910, 1987
- [14] A. Cappy, "Noise Modeling and Measurement Techniques," IEEE, Transaction on MTT, Vol.36, No.1, January 1988 pp.1-10
- [15] CEL, "Design Considerations for a Ku-Band DRO in Digital Communication Systems", NEC Application Note, AN1035, 1999
- [16] Avi Brilliant "Understanding Phase-Locked DRO Design Aspects", Microwaves Journal Sept. 1999, pp. 22~42
- [17] Phillip G Willson & Richard D Carver "An Easy -to-use FET DRO Design Procedure Suited to Most CAD Programs." IEEE Proc. of IMS. Digest, 1999, pp. 1033~1036.
- [18] H.C. Chang, A. Borgioli, "Analysis of Oscillators with Feedback Loop for Improve Locking Range and Noise Reduction," IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech., Vol. 47, No.8, Aug. 1999, pp.1535-1542