

논문 2005-42TC-3-5

위상고정 유전체 공진형 발진기의 설계 및 제작에 관한 연구

(A Study on the Design and Fabrication of Phase Locked Dielectric Resonance Oscillator)

서 곤*, 박 창 현**, 김 장 구*, 최 병 하*

(Gon Seo, hang-Hyun Park, Jang-Gu Kim, and Byung-Ha Choi)

요 약

본 논문에서는 부성저항 특성을 갖는 발진기 이론을 적용하여 직렬 궤환형 유전체 공진 발진기를 구성하고 바랙터 다이오드를 삽입하여 전압 제어 유전체 공진 발진기를 제작한 후, 샘플링 위상비교기와 루프 필터를 결합한 PLL방식을 도입하여 고안정 주파수 발생기인 위상고정 유전체 공진형 발진기를 설계 및 제작하였다. 설계 제작한 PLDRO는 주파수 12.05 GHz에서 13.54 dBm의 출력 전력을 얻었으며, 이때의 주파수 가변 동조 범위는 중심 주파수에서 약 ± 7.5 MHz 이며, 전력 평탄도는 0.2 dBm으로서 매우 우수한 선형 특성 결과를 얻었다. 또한 데이터 전송시 오율특성에 상당한 영향을 미치는 위상 잡음은 carrier로부터 100 KHz 떨어진 offset 지점에서 -114.5 dBc/Hz을 얻었다. 고조파 특성은 2 차 고조파에서 -41.49 dBc 이하의 특성을 나타내었다. 이러한 특성은 위상고정을 하기 전의 전압 제어 발진기보다 더욱 향상된 특성을 보였으며, 종전의 PLDRO보다 위상 잡음과 전력 평탄도면에서 개선시킬 수가 있었다.

Abstract

In this papers, we first, therefore, designed VCO(voltage controlled oscillator) that is composed of the dielectric resonator and the varactor diode, and then designed and fabricated PLDRO(phase locked dielectric resonator oscillator) that is combined with the sampling phase detector and loop filter. The measured results of the fabricated PLDRO at 12.05 [GHz] show the output power is 13.54 [dBm], frequency tuning range approximately ± 7.5 [MHz], and Power variation over the tuning range less than 0.2 [dB], respectively. The phase noise which effects on bits error rate in digital communication is obtained with -114.5 [dBc/Hz] at 100 [KHz] offset from carrier, and The second harmonic suppression is less than -41.49 [dBc]. These measured results are found to be more improved than those of VCO without adopting PLL, and the phase noise and power variation performance characteristics show the better performances than those of conventional PLL.

Keyword : PLDRO, VCO, PLL

I. 서 론

모든 통신 시스템에 필수적으로 사용되는 발진기는 통신용량이 증가함에 따라 보다 높고 안정된 발진주파수를 필요로 하고, 주위 온도 변화에 안정하고 낮은 위상잡음을 가지며 소형화된 발진기가 요구된다. 마이크로웨이

브 통신 시스템은 신호의 IF 변환이나 RF 변·복조를 위한 기준 발진기를 필요로 하며 마이크로파 장치내의 국부 발진기는 직접위성방송(DBS: Direct Broadcasting Satellite) 수신부, 레이더, 위성통신용 중계기 및 군용기기 등과 같은 모든 마이크로파 시스템에서 중요한 신호원으로 사용된다.

최근에는 Ku-Band에서 통신위성을 이용하여 데이터, 음성, 영상 등의 디지털 신호를 송수신하고 있으며, 이러한 디지털 통신 시스템, 특히 위상변조 방식을 사용하는 통신 시스템에서는 마이크로웨이브 장치내의 국부 발진기의 주파수 안정도 및 위상잡음 특성이 전체 시스템의 데이터오율(Bit Error Rate)특성에 중대한 영향을 끼친

* 정희원, 국립 목포해양대학교 대학원
(Division of Marine Electronic & comm. Eng
National Mokpo Maritime University, Mokpo 571-2,
Korea)

** 정희원 : 동국대학교 대학원 전자공학과
(Dept. of Electronics Eng., Dongguk Univ)
접수일자: 2004년10월22일, 수정완료일: 2005년3월11일

다. 이러한 통신 시스템의 국부 발진기로는 수정 발진기를 여러단 체배하는 것이 있으나, 그 장치가 복잡하고 부피가 클 뿐만 아니라 주파수 안정도가 떨어지고 잡음이 많은 단점이 있다. 또 BJT발진기는 낮은 위상잡음과 높은 DC-RF 변환효율을 갖고 있기 때문에 거의 10GHz 이하의 주파수에서 많이 이용되고 있으나, 높은 주파수에서는 성능저하로 인해 MES-FET나 HEMT를 이용한다. 그리고 Gunn발진기는 IMPATT 발진기에 비해 FM 잡음이 작다는 장점을 지닌 반면 효율과 출력이 떨어지는 단점이 있다^[1].

발진기의 공진회로를 구성하는 수동소자로는 마이크로스트립, 유전체 공진기가 있으며 유전체 공진기는 도파관에 비하여 부피가 작고 온도 변화에 따른 공진 주파수 변화가 매우 적을 뿐만 아니라 가격이 저렴하여 안정화를 요구하는 MIC발진기의 주파수 결정소자로 직접 사용되고 있다. 그러나 일반적으로 유전체 공진기의 주파수 안정도는 수 ppm/°C이므로 데이터 신호의 송수신용으로는 부적합하다. 따라서 데이터 신호의 송수신을 위해서는 발진 주파수가 보다 안정하고 위상 잡음을 줄여야 할 필요가 있다. 이에 고안정도를 얻기 위한 최근의 기술 동향은 높은 Q값을 가진 유전체 공진기를 이용하여 마이크로웨이브 주파수대역에서 전압제어 유전체 공진 발진기를 만들고 샘플링 위상비교기를 이용하여 VHF대역의 수정발진기신호에 위상을 고정시키는 위상 고정 유전체 공진형 발진기가 소개되고 있다^{[2][3]}.

본 논문에서는 부성저항 특성을 갖는 발진기 이론을 적용하여 직렬 레환형 유전체 공진 발진기를 구성하고 바랙터 다이오드를 삽입하여 전압 제어 유전체 공진 발진기를 제작한 후, 샘플링 위상비교기와 루프 필터를 결합한 PLL방식을 도입하여 고안정 주파수 발생기인 위상 고정 유전체 공진형 발진기를 설계 및 제작하였다.

II. 위상고정 유전체 공진형 발진기

위상고정 유전체 공진형 발진기(PLDRO)는 기본적인 동작원리가 PLL과 유사한 일종의 주파수 레환회로로서, 기준 신호의 위상과 유전체 공진형 발진기의 출력 신호 위상을 동기 시키는 회로이다. 유전체 공진형 발진기의 발진 주파수를 안정화시키기 위한 위상고정 유전체 공진형 발진기는 다음과 같은 4가지 요소로 구성되며 본 논문에서 제작된 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

- * Reference Oscillator
- * Sampling Phase Detector

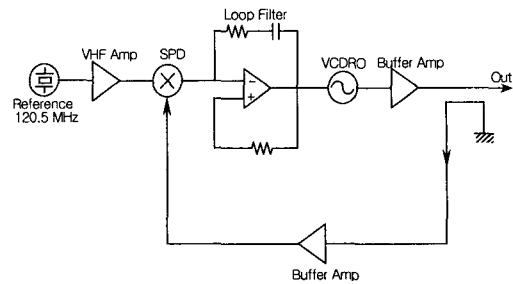


그림 1. 위상고정 유전체 발진기의 시스템 구성도
Fig. 1. Block diagram of PLDRO.

* Loop Filter

* Voltage Controlled DRO

위상고정 유전체 공진형 발진기를 구현하기 위해서는 우선적으로 마이크로웨이브 주파수 대역의 유전체 공진형 발진기를 설계하는 것이다. 유전체 공진형 발진기의 설계 후, 제어 전압에 의해 주파수 변화가 일어나도록 마이크로스트립 라인과 바랙터 다이오드를 이용하여 전압 제어 유전체 공진형 발진기를 설계한다. 전압제어 유전체 공진형 발진기의 주파수 레환을 위해 결합기를 설계하며 위상비교를 위한 샘플링 위상비교기 회로에서는 최대 위상비교 전압이 얻어지도록 한다. 루프 필터의 RC시정수 값을 결정하여 최종적으로 전압제어 유전체 공진형 발진기의 신호가 위상 고정되도록 한다. 기준 신호는 TCXO(Temperature Compensation Crystal Oscillator)와 같은 높은 주파수 안정도와 우수한 위상잡음 특성을 갖어야 한다. 본 논문에서는 120.5 [MHz]의 수정 발진기를 사용하였고, 그 출력 신호가 작아 샘플링 위상비교기에 직접 사용할 수가 없으므로 VHF대역의 증폭기를 구현하여 약 13 [dBm] 이상의 출력을 얻었다. 그리고 페라이트 코어를 이용하여 balun을 제작하였으며 이것은 unbalanced한 수정 발진기 부분과 balanced한 샘플링 위상비교기 부분을 연결하기 위한 것이다.

1. 전압 제어 유전체 발진기

본 논문에서 사용되는 소자로서는 NEC사의 NE32584C MESFET으로서 제조사에서 제공하는 비선형 파라미터를 이용하였고, 주파수 가변에 사용되는 바랙터 다이오드는 M/A COM사의 MA46451, 유전체 공진기로서는 아이텍사의 IDR03을 사용하였다. 설계에 사용된 회로 시뮬레이터는 HP사의 ADS를 이용하여 최적화하였다. 전압 제어 유전체 발진기의 일반적인 구조는 주파수 전압 제어부, 공진부, 소자(FET), 최대의 파워를 갖도록 설계하는 출력 매칭회로 그리고 바이어스로 구성되

어있으며, 이러한 구조를 그림 2에서 보여주고 있다.

그림 2에서의 DR은 두 개의 마이크로스트립 라인과 동시에 자기적 결합을 일으킨다. 이는 대역저지필터의 역할을 하며 길이 l_1, l_2 는 $\lambda/4$ 를 유지하여 AA'면에서 최대 자계 결합을 갖도록 하였다. 유전체 공진기의 공진 주파수를 전기적으로 가변시키기 위해서 바랙터 다이오드를 사용할 경우 AA'에서 바랙터 다이오드를 들여다본 입력 임피던스는 l_3 을 $\lambda/4$ 의 임피던스 변환기를 거치므로 바랙터의 접합용량의 변화는 입력 임피던스의 인덕턴스로 변화로 치환된다. 결합면에서 바라본 입력 임피던스는 다음 수식 (1)과 같이 표현된다.

$$Z_{in} = j\omega Z_0^2 C_v v(t) \quad (1)$$

이때, 변환 인덕턴스 $L_t = Z_0^2 C_v v(t)$ 이고, ab에서 바라본 임피던스

$$Z_{ab} = (j\omega L_t / N_1^2) \quad (2)$$

바랙터에 의한 식(2)의 입력 인덕턴스 변화는 이상적인 변압기를 통해서 공진회로의 총 인덕턴스 L_{et} 를 다음 수식과 같이 변화시킨다.

$$L_{et} = L_e // L_t' = L_e L_t' / (L_e + L_t') \quad (3)$$

그리고 전달 인덕턴스 L_t' 은 다음 수식과 같다.

$$L_t' = L_t / N_1^2 \quad (4)$$

여기서 N_1 은 이상적인 변압기의 권선비이다. 그러므로 총인덕턴스의 변화로 기존의 공진 주파수 ω_0 는 새로운 공진 주파수 ω_o' 에서 공진이 일어난다.

$$\omega_o' = \frac{1}{\sqrt{L_{et} C_e}} \cong \omega_0 \left\{ 1 + \frac{N_1^2 L_e}{2Z_0 C_v v(t)} \right\} \quad (5)$$

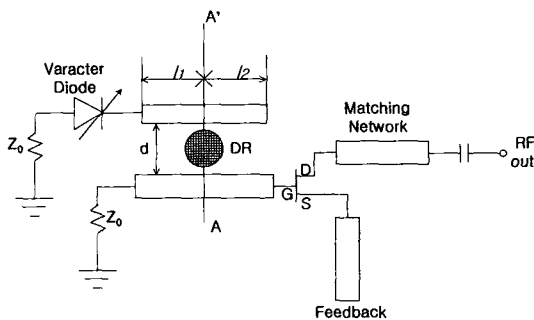


그림 2. 전압 제어 유전체 공진 발진기의 구조
Fig. 2. Configuration of VCDRO.

식(5)에서 공진기와 마이크로 스트립 라인의 결합을 증가시키면 이상적인 변압기의 권선비 N_1 이 증가한다. 따라서 바랙터에 의한 영향이 증가되어 공진주파수의 변화 대역폭이 넓어짐을 알 수 있다. β 와 quality factor와의 관계는 다음 식과 같이된다^[4].

$$Q_u = Q_L(1 + \beta) = \beta Q_e \quad (6)$$

그리고 등가 모델 파라미터 값 R, L, C 값은 β 와 ω_o 와 관계로서 다음 수식과 같다^[5].

$$R = 2Z_0\beta, L = \frac{R}{Q_u\omega_o}, C = \frac{Q_u}{\omega_o R} \quad (7)$$

그림 3은 공진부의 시뮬레이션 결과이며, 초기 발진을 하기 위한 조건은 S_{11} 의 크기가 1보다 커야하며, 칩의 발진가능성을 분석한 결과 발진조건을 만족하지 못하였다. 따라서 안정한 발진 조건을 만족하기 위해서는 소스 측에 케환(feedback)회로를 추가하여 달아야 한다. 케환에는 직렬 케환과 병렬 케환이 있는데 본 논문에서는 직렬 케환 방식으로 open stub를 달았다. 케환을 추가한 결과 원하는 주파수에서 S_{11} 의 크기가 1보다 크고 위상은

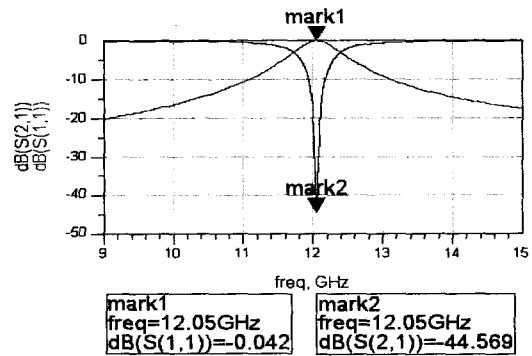


그림 3. 공진부의 시뮬레이션 결과
Fig. 3. Simulated results of resonator.

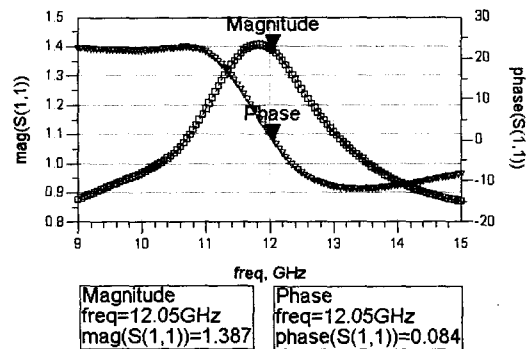


그림 4. 발진 테스트
Fig. 4. Oscillation test.

0도로서 그림 4에서 보여주는 것과 같이 발진조건을 만족하였다.

부하 정합 회로는 설계 주파수에서 최대의 파워를 가져다 주도록 결정하여야하며 부하 임피던스는 일반적으로 다음의 수식으로서 결정된다^[6].

$$R_L(\omega_o) + jX_L(\omega_o) = -\frac{R_{IN}(0, \omega_o)}{3} - jX_{IN}(0, \omega_o) \quad (8)$$

2. 샘플링 위상 비교기

소신호 파라미터에 의해 설계된 발진기 회로에서 계산된 부하 임피던스 Z_L 을 50Ω 과 정합이 되도록 오픈스터브를 사용한 출력 정합 회로를 구성한 후, 발진 특성 예측을 하기 위하여 ADS를 이용하여 하모닉 발란시스

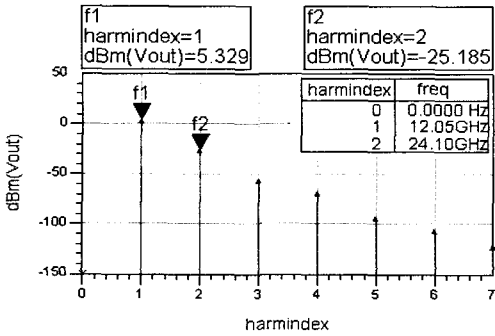


그림 5. 출력 특성
Fig. 5. Output characteristics.

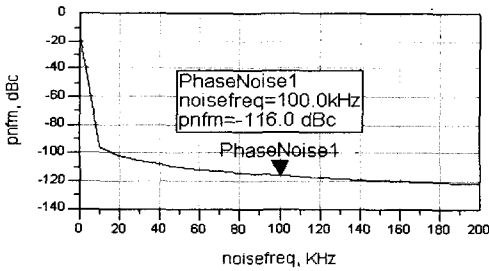


그림 6. 위상 잡음
Fig. 6. Phase noise.

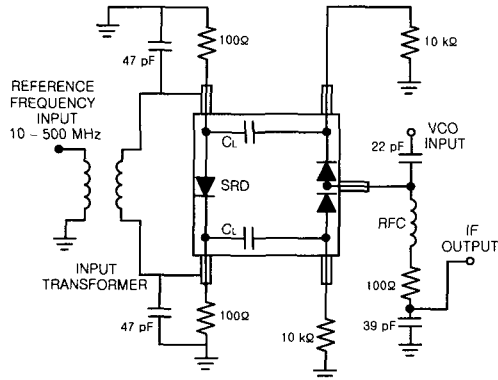


그림 7. 샘플링 위상 비교기
Fig. 7. Sampling phase detector.

시뮬레이션을 하였다.

설계된 VCDRO의 시뮬레이션 결과 출력 특성은 12.05 GHz에 5.8 dBm, 고조파 응답은 기본파 대비 -30 dBc, 그리고 위상 잡음은 100 KHz offset 주파수에서 -116 dBc를 얻었다.

샘플링 위상 비교기에서는 -10 [dB] 방향성 결합기에서 얻은 마이크로웨이브의 출력 신호와 balun으로 연결된 기준 신호가 입력된다. 샘플링 위상 비교기의 내부에는 고조파를 발생하는 SRD(Step Recovery Diode)가 있어 120.5 [MHz]의 기준신호의 100번째 고조파 성분과 전압제어 유전체 공진형 발진기에서 발생한 마이크로웨이브 신호가 샘플링 위상비교기에 인가되어 위상 비교하게 된다. 그림 7에서는 본 논문에서 사용하는 위상 비교기로서 부품화 되어있는 Skywork사의 SPD1103-111을 사용하였다. 샘플링 위상비교기는 마이크로웨이브 입력과 기준 신호가 동시에 존재하는 경우에만 두 신호의 위상 차이 IF출력 전압이 얻어진다.

3. 완충 증폭기

전압 제어 발진기 출력단과 샘플링 위상 비교기 사이에는 완충 증폭기를 삽입하여 일정한 전력을 샘플링 위상 비교기에 공급하여 위상 비교기 이득을 일정하게 유지하였고, 또 최종 출력 단에서의 완충 증폭기는 출력 전력을 일정하게 유지시켜 주었다.

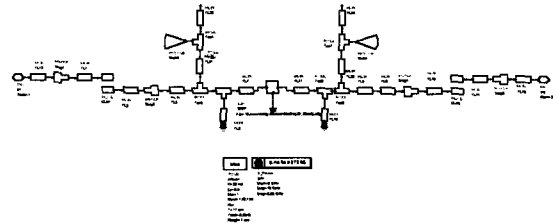


그림 8. 완충 증폭기의 시뮬레이션 회로도
Fig. 8. Simulation circuit for buffer amplifier.

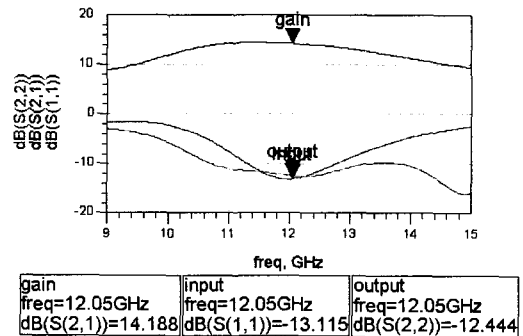


그림 9. 완충 증폭기 시뮬레이션 결과
Fig. 9. Simulated results of buffer amplifier.

완충 증폭기에 사용한 GaAs FET 소자는 NEC사의 NE450284로서 12 [GHz]~26 [GHz]주파수 대역에서 잡음 특성과 이득특성이 우수한 소자이다. 그림 8은 완충 증폭기의 시뮬레이션 회로도이며 시뮬레이션 결과 14 [dB]의 이득과 입·출력 반사손실은 약 -12 [dB]로서 매우 양호한 특성을 얻었으며, 이 결과를 그림 9에서 보여주고 있다.

III. 제작 및 측정 결과

설계에서 최적화시킨 위상 고정 전압 제어 유전체 발진기는 사진 부식 방법으로 TACONIC사의 RF35 기판 위에 제작하였고 이를 측정하기 위하여 HP사의 스펙트럼 분석기 E4407B, Anritsu사의 벡터 회로망 분석기 37169A 및 전원 공급기를 이용하여 전압 제어 유전체 공진형 발진기 부분과 완충 증폭기 부분을 측정을 한 다음 전체적인 측정을 하였다.

1. 전압 제어 유전체 공진형 발진기 측정

그림 10은 전압 제어 유전체 공진형 발진기의 레이아웃을 보여준다. 바이어스 조건은 게이트 전압이 -0.3 [V] 이고 드레인 전압은 2 [V], 그리고 전류는 25 [mA]이다. 또한 바랙터 다이오드는 가변 특성이 좋은 M/A-COM사의 MA46451을 사용하였다. 주파수 특성은 중심 주파수 12.05 [GHz]에서 약 5.8 [dBm]으로서 설계치와 같은 특성을 얻었 수 있었으며, 그림 11에서 보여준다.

바랙터 다이오드에 인가되는 전압이 0 [V]에서 10 [V] 까지 가변 될 때 주파수 동조범위는 약 15 [MHz]로 그림 12에서 보여주며, 그림 13은 이때의 주파수 변화와 출력 변화를 그래프 상으로 나타낸 것이다. 동조 스펙트럼이나 그래프에서 보여주듯이 전력 평탄도는 약 0.2 [dB]로 매우 우수한 선형 특성을 보이고 있다. 시스템의 전체

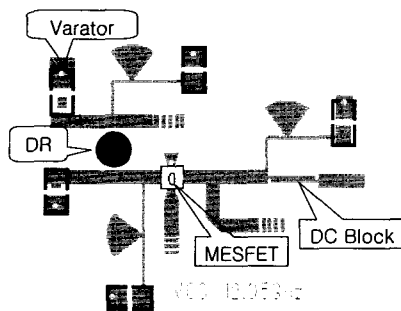


그림 10. VCDRO 레이아웃
Fig. 10. Layout of VCDRO.

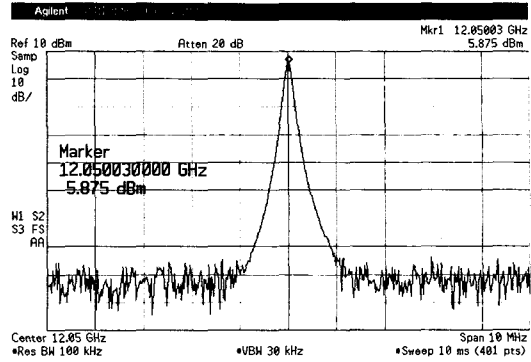


그림 11. 주파수 특성
Fig. 11. Frequency characteristics.

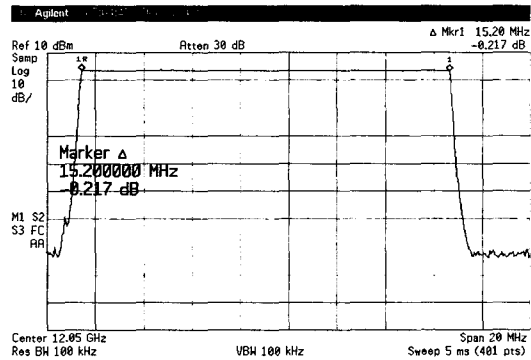


그림 12. 전압 제어 유전체 공진형 발진기의 동조 스펙트럼
Fig. 12. Tuning spectrum of DRVCO.

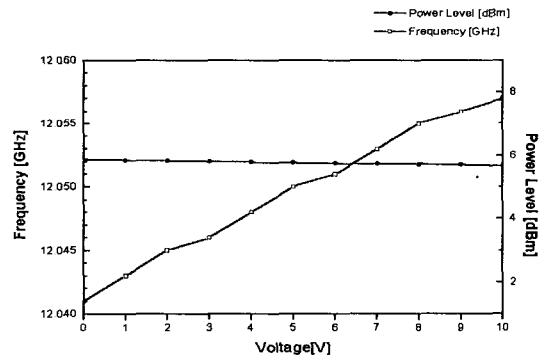


그림 13. 가변 전압에 따른 출력 전력과 주파수 응답
Fig. 13. Output power and frequency response versus tuning voltage.

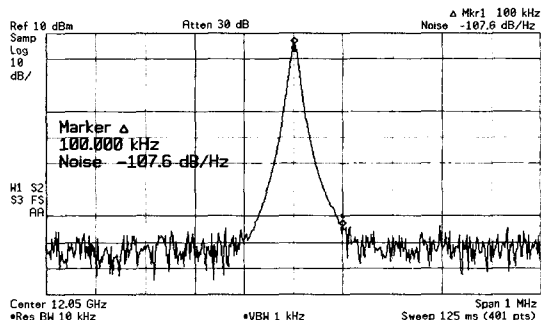


그림 14. 위상 잡음 특성
Fig. 14. Phase noise characteristics.

적인 잡음 특성과 BER에 영향을 주는 발진기의 위상 잡음을 측정된 결과 100 [KHz] offset 주파수에서 약 -107 [dBc]로서 측정되었으며, 고조파 특성은 2차 고조파에서 약 -37 [dBc]로 설계치와 같은 결과를 얻을 수 있었다

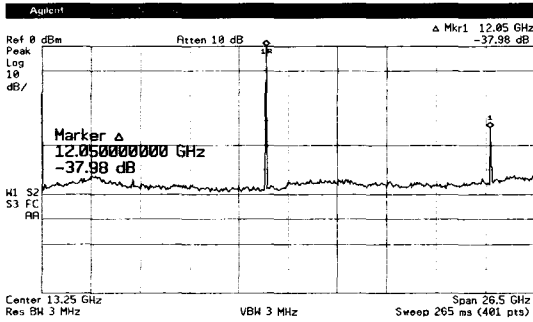


그림 15. 고조파 특성

Fig. 15. Harmonic characteristics.



그림 16. 완충 증폭기의 레이아웃

Fig. 16. Layout of buffer amplifier.

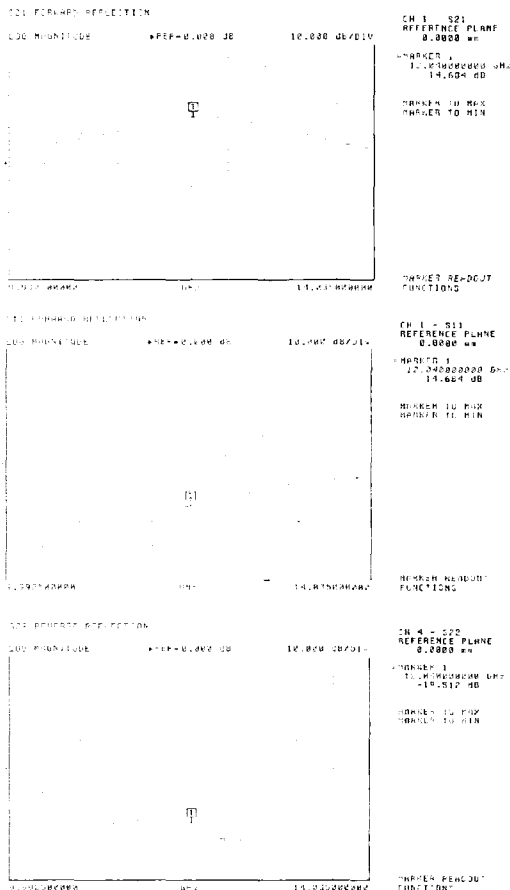


그림 17. 이득 및 입,출력 반사 손실

Fig. 17. Gain and input, output return loss.

2. 완충 증폭기 측정

그림 16은 완충 증폭기의 레이아웃을 보여주며 드레인 전압이 2 V이고 전류는 20 [mA]의 바이어스 조건에서 Anritsu사의 벡터 회로망 분석기 37169A를 이용하여 측정하였다. 측정 결과 이득은 중심 주파수 12.05 [GHz]에서 약 14 [dB]를 얻을 수 있었으며, 입·출력 반사 손실은 -14 [dB]와 -19 [dB]로 각각 측정되었다.

3. 위상 고정 유전체 공진 발진기 측정

위상고정 유전체 공진형 발진기의 구성으로는 전압 제어 유전체 공진형 발진기, 샘플링 위상 비교기, 루프

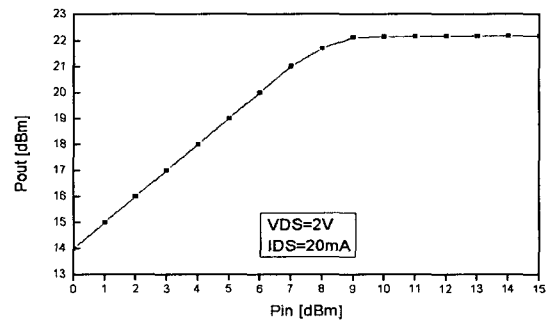


그림 18. 입력 전력에 따른 출력 전력 특성

Fig. 18. Output power characteristic vs input power.

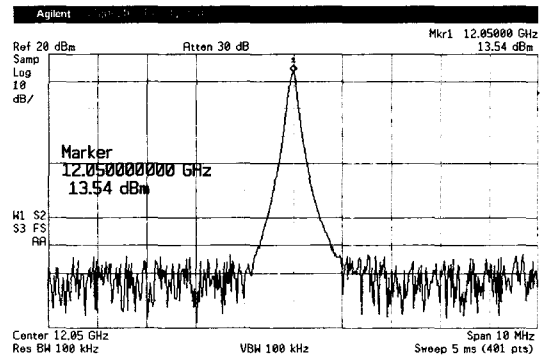


그림 19. PLDRO의 주파수 특성

Fig. 19. Frequency characteristics of PLDRO.

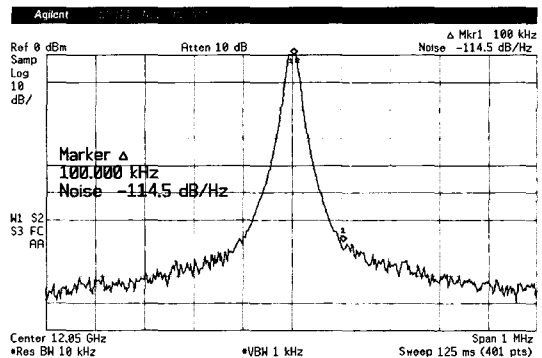


그림 20. PLDRO의 위상잡음

Fig. 20. Phase noise of PLDRO.

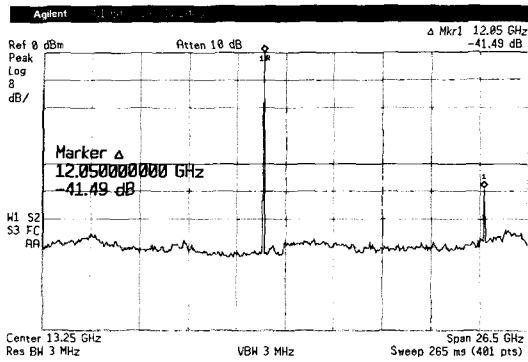


그림 21. PLDRO의 고조파 특성

Fig. 21. Harmonic characteristics of PLDRO.

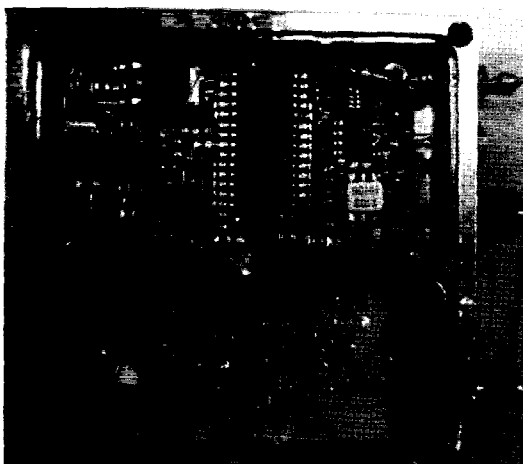


그림 22. 위상고정 유전체 공진 발진기의 실물 사진

Fig. 22. Fabricated picture of PLDRO.

필터, 그리고 완충 증폭기와 VHF대역의 증폭기, 바이어스 회로로 구성되어 있으며,

그림 19는 PLDRO의 출력 주파수 특성을 측정한 결과이다. 그림 20은 위상이 고정된 PLDRO의 위상 잡음을 측정한 결과로서 중심 주파수 12.05 [GHz]에서 측정된 위상 잡음은 100 [KHz] offset에서 약 -114 [dBc]로 더욱 안정된 위상 잡음 특성을 나타냄을 알 수가 있다.

그림 21은 발진기의 고조파를 측정한 것으로, 기본 주파수와 2차 고조파와는 -41 [dBc]로 매우 우수한 성능을 보이고 있으며, 이러한 특성은 완충 증폭기의 정합회로 및 바이어스 조정으로 향상된 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 낮은 위상잡음 특성을 가지면서 매우 안정된 주파수 발진을 하기 위한 위상고정 유전체 공진형 발진기를 설계 및 제작하였다. 이를 위하여 전압 제어

유전체 공진형 발진기에 샘플링 위상 비교기를 첨부하여 위상고정 유전체 공진형 발진기를 설계 및 제작하는데 주요 목표를 두었다. 설계 제작한 위상고정 유전체 공진형 발진기는 설계 주파수 12.05 [GHz]에서 13.54 [dBm]의 출력 전력을 얻었으며, 이때의 주파수 가변 동조 범위는 중심 주파수 12.05 [GHz]에서 약 ±7.5 [MHz]이고, 전력 평탄도는 0.2 [dB]로서 매우 우수한 선형 특성 결과를 얻었다. 또한 데이터 전송시 BER 특성에 상당한 영향을 미치는 위상잡음은 반송파로부터 100 [KHz] 떨어진 offset 지점에서 -114.5 [dBc/Hz]을 얻었다. 고조파 특성은 2차 고조파에서 -41.49 [dBc]이하의 특성을 나타내었다. 이러한 특성은 위상고정을 하기 전의 전압 제어 유전체 공진형 발진기보다 더욱 향상된 특성을 보였으며, 종전의 PLDRO보다^{[7][8]} 위상 잡음과 전력 평탄도면에서 개선시킬 수가 있었다. 또한 뒷단에 체배기를 사용한다면 더욱 높은 마이크로파 주파수대에서 안정된 신호원으로 사용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Inder Bahl and Parakash Bharia, *Microwave Solid State Circuit Design*, John Wiley & Son, New York, 1988.
- [2] Gamma Microwave Inc., "Ruggedized Phase-Locked Oscillator for military Application" *Microwave Journal*, pp. 197-199, June, 1988.
- [3] Gamma Microwave Inc., "18 to 23GHz Phase Locked Oscillator", *Microwave Journal*, pp. 182-183, June, 1988.
- [4] Aps Khanna and Y. Garault, "Determination of Loaded, Unloaded, and External Quality Factors of a Dielectric Resonator Coupled to a Microstrip Line", *IEEE MTT-31*, No 3, March, 1983.
- [5] G. Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design" *Prentice-Hall Inc.*, 1997.
- [6] Eric Holzman, "Solid State Microwave Power Oscillator Design" *Artech House*. 1992.
- [7] 주한기, 장동필, "20GHz 고정국용 위상고정 VCDRO" *한국전자과학회논문지*, 10권, 6호, pp. 816-824, 1999년, 10월.
- [8] 성형제, 손병문, 최근석, "위상고정 회로를 이용한 X-band DRO 설계 및 제작에 관한 연구", *한국전자과학회논문지*, 11권, 5호, pp. 715-722, 2000년, 8월.

저 자 소 개



서 곤(정회원)
 1977년 목포해양대학교 통신과
 1983년 광운대학교 전자통신
 공학과 공학사
 2000년 목포해양대학교 해양전자
 통신공학과 공학석사
 2001년 ~ 현재 목포해양대학교
 해양전자 통신공학과
 박사과정
 1984년 ~ 현재 목포 MBC 기술 국장
 <주관심분야 : 안테나, 위성통신, 해상전자 통신
 시스템등>



김 장 구(정회원)
 2001년 국립목포해양대학교
 해양전자·통신공학부
 공학사
 2003년 국립목포해양대학교
 대학원 전자·통신공학과
 공학석사
 2004년 ~ 현재 국립목포해양대학교 해양전자·
 통신공학부 조교
 <주관심분야 : 초고주파 회로설계, 마이크로파 통
 신, 집적회로(MMIC), MEMS >



박 창 현(정회원)
 2002년 2월 국립 목포 해양대학교
 해양 전자·통신공학부
 공학사
 2002년 3월 ~ 2004년 2월
 국립 목포해양대학교
 대학원 전자·통신공학과
 공학 석사
 2004년 8월 ~ 현재 동국대학교 전자공학과 박사
 과정
 <주관심분야 : 마이크로파 능동 및 수동소자, 이
 동통신, MEMS>



최 병 하(정회원)
 1965년 ~ 1969년 한국항공대학교
 항공전자공학과 공학사
 1981년 ~ 1983년 건국대학교
 대학원 전자공학과
 공학석사
 1987년 통신기술사
 1988년 ~ 1993년 한국항공대학교 대학원 항공전자
 공학과 공학박사
 1972년 ~ 현재 국립목포해양대학교 해양전자·
 통신공학부 교수
 <주관심분야 : 안테나, 해상이동통신 및 위성통
 신>