20 GHz Push-Push FET 유전체 공진기 발진기 설계 및 실현

Design and Realization of 20 GHz Push-Push FET Dielectric Resonator Oscillator

정재권*, 김인석**

Jae Kwon Jung* and Ihn Seok Kim**

요 약

본 논문에서는 출력단에 Wilkinson 전력결합기 또는 T 접합 전력결합기를 사용한 20 GHz Push-Push FET 유전체 공진기 발진기를 설계 제작하고 그 특성을 조사·연구하였다. 기본 주파수 10 GHz를 억제하고 제 2 고조파 주파수를 이용하는 20 GHz Push-Push 발진기를 $TE_{01\delta}$ 모드의 유전체 공진기와 GaAs MESFET를 두께 H = 20 mil(ε_r=2.52) 테프론기판 위에 장착하는 구조로 설계하고 제작하였다. Wilkinson 전력결합기를 이용하여 제작된 발진기는 20 GHz에서 출력 전력이 5.67 dBm, 기본 주파수 억압특성은 −29.33 dBc, 위상 잡음은 100 kHz offset에서 −105.5 dBc/Hz 특성을 나타내었으며, T 접합 전력결합기 이용하여 제작된 발진기는 20 GHz에서 출력 전력이 −1.17 dBm, 기본 주파수 억압특성은 −17.84 dBc, 위상 잡음은 100 kHz offset에서 -102.2 dBc/Hz 특성을 나타내었다.

Abstract

Electrical characteristics of two types of 20 GHz Push-Push GaAs MESFET dielectric resonator oscillators having Wilkinson and T-junction power combiners for the output stage have been investigated. The Push-Push oscillator for suppressing fundamental frequency 10 GHz and enhancing 20 GHz has b

een designed and realized in microstrip configuration on 20 mil thick RT-Duroid(ε_r = 2.52) teflon substrate. Two different types of power combiners, T-junction and Wilkinson, have been considered. Whenever one type of the combiners has been adopted for the output circuit, output power, phase noise and fundamental frequency suppression characteristics of the oscillator have been measured. When the Wilkinson power combiner was used, a maximum output power of 5.67 dBm, a phase noise of −105.5 dBc/Hz at an offset frequency of 100 kHz and a fundamental frequency suppression of −29.33 dBc have been measured. When the T-junction power combiner was used, a maximum output power of −1.17 dBm, a phase noise of −102.2 dBc/Hz at an offset frequency of 100 kHz and a fundamental frequency suppression of −17.84 dBc have been measured.

I. 서 론

*(주) 팬택 중앙연구소 연구원 (Central Institute of Pantech)

**경희대학교 전자정보학부 전자파공학연구실(EM Wave Eng. Lab., School of Electronics & Information, KyungHee Univ.)

·논문번호 : 2002-6-7

·접수일자 : 2002년 4월 30일

정보통신 시대로 접어들면서 항행시스템간의 통신 속도가 점차 고속화되고 또한 이용자의 수효도 급속히 증가하는 추세에 있어 많은 정보량을 보낼 수 있는 넓은 대역폭을 확보하기 위해서는 보다 높은 전송 주파수가 필요하다[1][2]. 따라서 이를 수용할 수 있는 주파수로서 K-band 이상의 주파수대에 대한 관심이 높아지고 있다. 마이크로웨이브 통신 및 레이다 시스템의 핵심 부품 중의 하나인 발진기는 DC 전력을 RF 전력으로 변환시키는 회로이며 전체 시스템에 있어서 가장 기본적이고 필수적인 부품중의 하나로써 시스템의 IF 신호를 만들거나 RF 신호를 변·복조 할 때 효율과 안정성 확보에 가장 영향을 크게 미치는 회로이다[3]. 하지만 K-band 이상에서는 FET를 이용하여 기본 주파수로 발진하는 발진기 제작이 쉽지 않다[4]. 그러나 동일한 FET 소자를 이용하면서 기본 주파수의 2배 주파수에서 동작하고, 비교적 개발이 용이한 Push-Push 회로기술을 이용하면 K-band에서의 발진기 설계와 제작이 가능하였다[4] ~ [9]. 그리고 Push-Push 발진기는 높은 출력전력 및 낮은 위상잡음특성을 제공하여 많은 시스템에서 사용되고 있다[8]. 그러나 문헌에 나타난 Push-Push 발진기는 모두 같은 회로 구성을 하고 있지만[4] ~ [9], 출력회로를 T- junction 전력결합기를 채택한 논문[4],[5], Wilkinson 전력결합기를 채택한 논문[6],[7] 그리고 Rat Race를 채택한 논문[9]들이 발표되었다. 그래서 본 연구에서는 출력단자에 T-junction과 Wilkinson 전력 결합기를 출력회로로 구성하여 이들 전력결합기들의 회로특성을 비교하기 위해 K-band 발진기를 설계 및 제작하였다. 안정화된 발진기를 제작하기 위하여 유전체 공진기를 사용하였으며 가격이 저렴하고 위상잡음특성이 좋은 GaAs MESFET를 사용하였다[9].

Ⅱ. 발진기 설계

2-1 발진기이론

초고주파 발진기는 능동소자의 불안정한 특성을 이용하여 DC 전력을 RF 전력으로 변환시키는 소자이며, 통신이나 레이다 시스템에서 가장 기본적이며 필수적인 소자중의 하나이다. 일반적으로 발진기는 다이오드나 트랜지스터와 같은 능동소자를 수동소자와 결합하여 안정된 RF 신호를 만들기 위해 설계된다. 초기 발진은 과도현상 또는 노이즈에 의해 시작되며, 발진출력은 점점 성장하여 정상상태에 이르러 안정된 정현파를 만들어 낸다. 이러한 과정에서 능동소자의 비선형성이 요구되며, 추가로 능동소자는 RF 전력을 생성하기 위해서는 부성저항을 반드시 가져야 한다[8] ~ [11]. 트랜지스터를 이용한 발진기는 해석에 있어 증폭기와 매우 유사하다. 트랜지스터는 단자가 세 개이지만 한 단자는 입력과 출력에 공통으로 이용되므로 2-단자망으로 보고 해석하면 편리하다. 그림 1은 2-단자망 발진기 모델을 보이고 있는데 입력 정합회로와 출력 정합회로로 나뉜다. 입력 정합회로는 발진이 시작되기 위해 $|\Gamma_{OUT}| > 1$이 되도록 해주며 공진기에 의해서 발진 주파수가 결정된다. 출력 정합회로는 부하에 전달되는 전력의 크기를 결정해 준다.

MESFET를 이용한 발진기의 경우에 소신호 S-파라미터를 이용한 회로 설계에서 발진이 일어나기 위해서는 다음 두 조건이 필요하다.

$$|R_{out}(V,\omega_0)| > R_L(\omega_0) \quad (1)$$

$$X_{out}(V,\omega_0) + X_L(\omega_0) = 0 \quad (2)$$

여기서 R_{out}은 부성저항이다. 식 (1)은 $|\Gamma_{out}| > 1$이 되어야 함을 암시하고, 식 (2)는 발진 주파수를 결정한다. 임의의 전압 V에서 $R_{out}(V,\omega_0)$이 R_L 보다 더 커지면 회로는 발진 가능성을 갖게 된다. FET에 공급되는 전압 V_{ds}와 V_{gs}는 변하여 잡음 레벨에서부터 발진현상이 시작되어 발진기의 출력은 소자의 포화상태에 이를 때까지 계속 커진다. 그러므로 주어진 회로에서 발진이 시작되기 위한 트랜지스터의 능력은 잡음 레벨에 의해 결정된다.

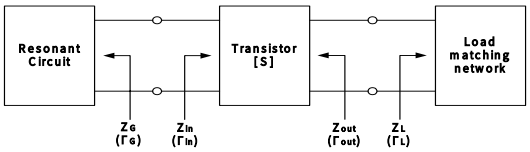

그림 1. 2-단자회로 발진기 모델

Fig. 1. Two-port oscillator circuit model

이는 소신호 분석 방법에 의해 해석이 가능하다. 부성저항을 갖는 R_{out}은 전압의 함수이며 발진 전력이 증가함에 따라 부성저항은 감소하며 부성저항이 감소하여 부하저항보다 작게 되면 발진은 멈추게 된다. 이런 문제는 V=0에서 부성저항의 크기를 부하보다 더 크게 하여 정상상태에서 발진이 지속되도록 할 수 있다. 식 (3)은 실질적으로 출력 정합회로를 설계할 때 자주 사용되는 식이다.

$$R_L(0,\omega_0)+jX_L(0,\omega_0)=-\frac{R_{out}(\omega_0)}{3}-jX_{out}(\omega_0) \tag{3}$$

한편, 능동소자를 포함한 2-단자망 해석에서 반사계수와 안정화 계수를 이용한 발진조건을 표시하면 다음과 같다.

$$\Gamma_{in}\Gamma_G=1 \tag{4}$$

$$\Gamma_{out}\Gamma_L=1 \tag{5}$$

$$K=\frac{1+|\triangle|-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|}<1 \tag{6}$$

여기서 $\triangle=S_{11}S_{22}-S_{12}S_{21}$

$|\Gamma_L|$과 $|\Gamma_G|$가 1보다 작으므로 식 (4)과 식 (5)에서 $\Gamma_{in}>1$, $\Gamma_{out}>1$ 이 되어야 한다. 식 (5)에서 $\Gamma_{out}\Gamma_L=1$ 이면 출력 단자에서 정상상태의 발진을 하게 된다. 한편, 2-단자망 회로에서 능동소자에 대한 입력과 출력 반사계수에 관한 유도된 식은 다음과 같다.

$$\Gamma_{in}=S_{11}+\frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1-S_{22}\Gamma_L} \tag{7}$$

$$\Gamma_{out}=S_{22}+\frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1-S_{11}\Gamma_L} \tag{8}$$

위 식들을 이용하면 발진이 일어났을 때 입력단자와 출력단자에서 발진이 동시에 일어남을 증명할 수 있다. 식 (8)을 식 (5)에 대입하면 다음과 같다.

$$\Gamma_L=\frac{1}{\Gamma_{out}}=\frac{1-S_{11}\Gamma_G}{S_{11}-\Delta\Gamma_G} \tag{9}$$

식 (9)을 Γ_G에 대해 다시 정리하면

$$\Gamma_G=\frac{1-S_{22}\Gamma_L}{S_{11}-\Delta\Gamma_L} \tag{10}$$

이 된다. 또, 식 (7)를 위와 같은 방법으로 식 (5)에 대입하여 Γ_{in}에 대해 정리하면

$$\Gamma_{in}=\frac{S_{11}-\Delta\Gamma_L}{1-S_{22}\Gamma_L} \tag{11}$$

로 표현할 수 있다. 그러므로 식 (10)과 식 (11)에 의해

$$\Gamma_G\Gamma_{in}=1 \tag{12}$$

이 된다. 그러므로 입력단자 역시 발진을 하게 된다. 즉, 발진기가 각각의 단자에서 동시에 발진하고 있음을 의미한다. 두 조건은 서로 상보적 이여서 둘 중 어느 하나를 만족하면 다른 하나도 동시에 만족하게 된다.

식 (6)에서 K는 안정화 계수로서 발진을 하기 위해서 발진 주파수는 소자의 불안정한 영역에 있어야 하므로 1보다 작아야 한다. 따라서 발진기 회로를 설계할 때는 설정 주파수에서 불안정한 특성을 갖는 소자를 초기에 선택하여 사용해야 한다. 그렇지 않으면 공통 단자에 부품을 첨가하여 특성을 변화시켜 불안정하게 만들어 주거나 출력의 일부를 정궤환 시켜주어야 한다.

2-2 유전체 공진기

유전체 공진기는 초고주파 공진기로써 디스크 형

태의 간단한 구조이다. 유전물질로는 전형적으로 30 ~ 40 정도의 높은 유전율의 유전체를 사용한다. 따라서 이러한 형태의 공진기는 유전체와 자유공간 사이 경계에서의 파의 내부 반사를 통해서 전자기 에너지를 함유하게 된다. 이러한 유전체 공진기는 작은 크기, 가벼운 무게, 높은 Q(Quality Factor)를 가지기 때문에 MIC(Microwave Integrated Circuit)의 발진기에서 특별한 가치가 있는 것이다. 최근 상용으로 출시되는 유전체는 뛰어난 온도 안정성을 가

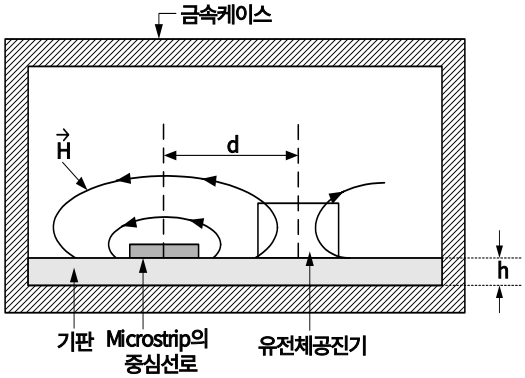

그림 2. 마이크로스트립 선로와 유전체 공진기 사이의 결합

Fig. 2. Coupling between microstrip line and dielectric resonator

지므로 폭넓은 범위의 온도에서 유전체 공진기가 사용되어질 수 있다. 유전체 공진기를 이용한 발진기를 설계함에 있어서 공진기는 대역저지 필터로써 높은 Q값의 특성을 갖는 형태로 설계되어져야 한다. 이 때 공진기의 Q값으로 모의실험에 필요한 모델을 규정지을 수 있다.

공진기와 마이크로스트립 선로와 결합은 자기 쌍극자(Magnetic Dipole) 모멘트 M에 의해서 근사화 될 수 있다. 선로와 공진기 사이의 결합은 마이크로스트립 평면에 수직으로 존재하는 공진기의 자기 모멘트에 기인해 발생하는 것이다. 그래서 공진기의 자기장은 마이크로스트립 선로를 감싸는 형태를 취하게 되는 것이다. 이는 그림 3에 자세히 나타내었다. 마이크로스트립 선로의 근처에 위치한 유전체

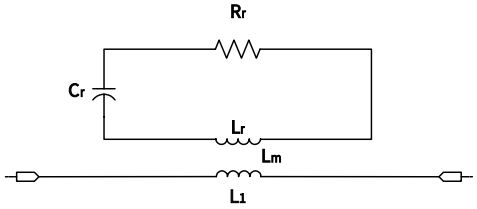

그림 3. 마이크로스트립 선로와 유전체 공진기의 결합구조에 대한 등가회로

Fig. 3. Equivalent circuit of the coupling structure between microstrip line and dielectric resonator

공진기는 공진 주파수의 근처에서 RF 신호를 FET로 반사하는 공진기로 동작한다.

그림 3은 마이크로스트립 선로와 유전체 공진기의 결합구조를 등가 회로를 나타내는 것으로써 R_r, L_r, C_r의 등가 파라미터로 나타낼 수 있다. L_m은 자기적 결합을 L_1은 마이크로스트립 선로의 인덕턴스 성분을 의미한다.

그림 3의 등가회로에서 전송선로와 결합된 공진기의 총 임피던스 Z_t는 다음과 같다.

$$Z_t = j\omega L_1 + \frac{\omega^2 L_m^2}{R_r + j\omega(L_r - 1/\omega^2 C_R)} \tag{13}$$

공진 주파수 근처에서 ωL_1은 무시될 수 있으므로 공진기의 총 임피던스 Z_t는 다음과 같이 다시 표현할 수 있다.

$$Z_t = \omega Q_0 \frac{L_m^2}{L_r} \frac{1}{1 + jX} \tag{14}$$

여기서, X, Q_0 그리고 ω_0는 다음과 같다.

$$X = 2Q_0 \frac{\Delta\omega}{\omega} \tag{15}$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L_r}{R_r} = \frac{1}{\omega_0 R_r C_r} \tag{16}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} \tag{17}$$

공진주파수에서 리액턴스 X=0 이므로, 총 임피던스는 실수가 된다. 따라서 Z_t는 다음과 같이 된다.

$$Z_t = R = \omega Q_0 \frac{L_m^2}{L_r} \tag{18}$$

식 (18)에 의해서 그림 3의 등가회로를 그림 4와 같이 병렬 공진회로의 직렬연결로 다시 나타내면 다음과 같이 R, L, C로 표현이 가능하다.

$$R = \omega Q_0 \frac{L_m^2}{L_r} \tag{19}$$

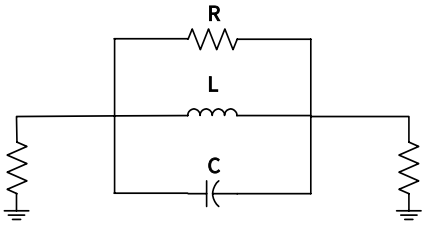

그림 4. 병렬 공진회로로의 등가회로

Fig. 4. Equivalent circuit of the parallel resonant circuit

$$L = \frac{L_m^2}{L_r} \tag{20}$$

$$C = \frac{L_r}{\omega_0^2 L_m^2} \tag{21}$$

공진 주파수에서의 결합계수 β는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\beta = \frac{Z_t(\omega_0)}{R_{ext}} = \frac{R}{R_{ext}} = \frac{R}{2Z_0} = \frac{\omega_0 Q_0}{2Z_0} \frac{L_m^2}{L_r} \tag{22}$$

그런데 공진기의 결합계수는 공진 주파수에서의 전달계수(S_{210})와 반사계수(S_{110})로써 결합계수를 다시 나타낼 수가 있다.

$$\beta = \frac{S_{110}}{1 - S_{110}} = \frac{1 - S_{210}}{S_{210}} = \frac{S_{110}}{S_{210}} \tag{23}$$

식 (22)에서 $R = 2\beta Z_0$이고, 공진기의 측정에 의해서 무부하 Q를 얻을 수 있으므로 다음의 식을 얻어낼 수 있다.

$$\frac{L_m^2}{L_r} = \frac{R}{\omega_0 Q_0} \tag{24}$$

따라서, 식 (19)부터 식(20)까지를 다시 정리해 보면 다음과 같이 된다.

$$R = 2\beta Z_0 \tag{25}$$

$$L = \frac{L_m^2}{L_r} = \frac{R}{2\pi f_0 Q_0} \tag{26}$$

$$C = \frac{L_r^2}{\omega_0^2 L_m^2} = \frac{Q_0}{2\pi f_0 R} \tag{27}$$

이와 같은 방법으로 마이크로스트립 선로와 결합된 유전체 공진기를 모델링 할 수 있다[12][13].

2-3 Push-push 유전체 공진기 발진기 설계

그림 5과 그림 6는 본 논문에서 설계하고자 하는 발진기의 대략적인 구성도이다. 같은 구조의 Push-Push 발진기를 각각의 출력 전력 결합기의 구조를 다르게 시도하였다. 하나는 T형 접합 전력 결합기를 사용하였으며, 다른 하나는 Wilkinson 전력결합기를 사용하였다. Push-Push 발진기에 대한 접근은 원하는 발진 주파수의 1/2 주파수에서 동작하는 단일 FET 발진기의 설계로부터 시작된다. 이러한 방법으로 게이트와 소스회로는 설계되며 출력회로는 반드시 기본 주파수의 2차 고조파 주파수에서 최대 출력을 가지고, 기본 발진 주파수 성분은 최소화 되도록 설계되어야 한다[4]. 이러한 원리를 기초로 하여 Push-Push 유전체 공진기 발진기를 설계하였다.

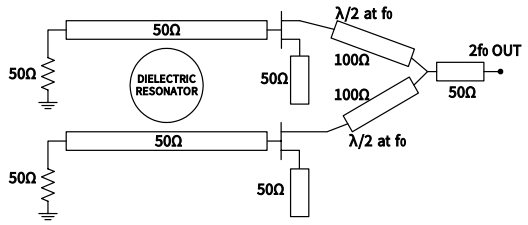

그림 5. T형 접합 전력결합기를 이용한 Push-Push 발진기의 구성도

Fig. 5. Push-push oscillator structure using T-junction power combiner

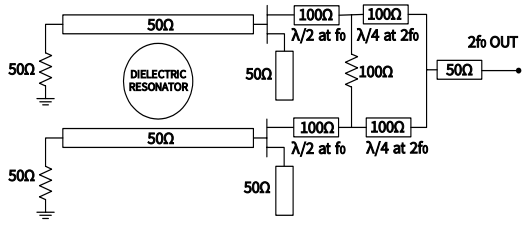

그림 6. Wilkinson 전력결합기를 이용한 Push-Push 발진기의 구성도

Fig. 6. Push-push oscillator circuit configuration using Wilkinson power combiner

본 논문에서 제작된 발진기 구성은 그림 5와 그림 6과 같고 단일 발진기 설계 방법과는 다른 조건 그림 5와 그림 6과 같이 전체적인 발진기의 회로를 이용하여)에서 발진조건을 구한다. 이 때 발진조건이 동시에 만족되면 기본 주파수(10 GHz)에서 두 개의 FET 출력은 위상이 반전되어 발진을 하게 된다. 이 발진된 출력은 각각의 T형 접합 전력 결합기와 Wilkinson 전력 결합기를 통하여 10 GHz는 억제하였고 20 GHz를 출력시켰다.

발진기를 설계하기 위해서는 능동소자의 대신호 모델이 필요하므로 비선형 설계도구인 ADS를 이용하여 Library에서 지원하는 비선형 모델로 설계를 하였다. 공진회로는 유전체 공진기를 등가화하여 10 GHz에 맞도록 설계하였다. 발진기의 형태는 회로구성이 간단하고 부하 변동에 따른 주파수 변화와 출력 변화가 적은 소스 직렬 궤환형으로 설계하였다 [14]. 그림 7와 그림 8는 본 논문에서 구현한 Push-Push 유전체 공진기 발진기의 구조를 나타내고 있다.

L_1 , L_2과 L_3의 길이를 조절하여 초기 발진을 만족하도록 할 수 있다. 공진부의 A-A'면에서 최대의 자기적 결합이 일어나도록 L_1과 L_2를 조절하였으며 L_3는 충분한 부성저항을 얻을 수 있도록 개방스터브를 이용하여 정합 하였다. 즉, FET의 게이트단을 바라본 반사계수가 최대가 되도록 L_3를 최적화하고 공진기의 결합선로 길이 L_1과 L_2를 조절함으로써 발진 주파수를 쉽게 조절할 수 있도록

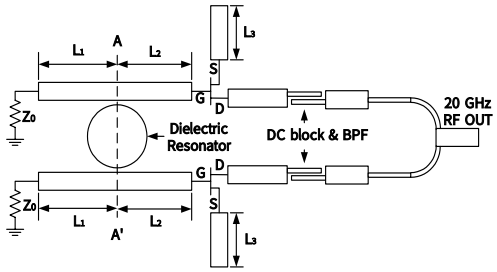

그림 7. T 접합 전력결합기를 이용한 Push-Push 유전체 공진기 발진기의 구조

Fig. 7. Push-push oscillator structure using T-junction power combiner

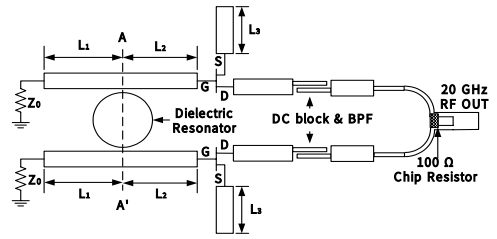

그림 8. Wilkinson 전력결합기를 이용한 Push-Push 유전체 공진기 발진기의 구조

Fig. 8. Push-push oscillator circuit using Wilkinson power combiner

부성저항 대역폭을 충분히 넓게 설계하였다. 발진기를 초기 설계한 후 Harmonic Balance 기법을 이용한 비선형 해석을 통해 기본 주파수와 고조파 출력 특성을 해석하였다.

III. 측정 결과

본 논문에서는 HP사의 ATF-13786(GaAs MESFET)와 ε_r=38인 Murata사의 DRD051UE022의 유전체 공진기를 ε_r=2.5, 높이 H = 0.54 mm, 동박두께 T = 0.018 mm인 Teflon기판상에 장착하여 발진기 회로를 구성하고 실현하였다. 그림 9과 그림 10는 측정된 전체 주파수 스펙트럼이며, 출력전력은 20 GHz에서 각각 −1.17 dBm, 5.67 dBm과 기본

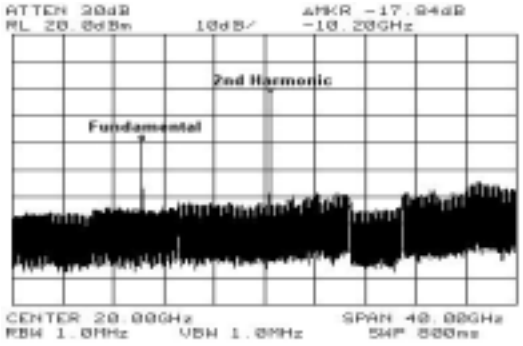

그림 9. T 접합 결합기를 이용한 발진기에서 발생되는 전체 RF 전력 스펙트럼 측정 결과

Fig. 9. Total RF spectrum of Push-push oscillator using T-junction power combiner

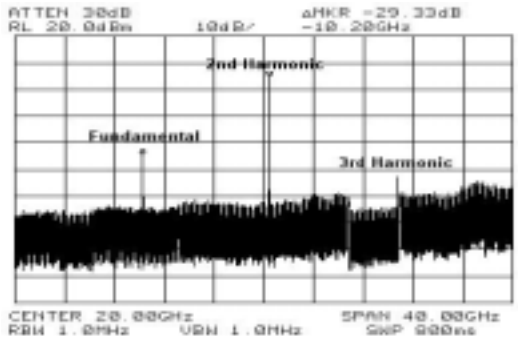

그림 10. Wilkinson전력 결합기를 이용한 발진기에서 발생되는 전체 RF 전력 스펙트럼 측정 결과

Fig. 10. Total RF spectrum of Push-push oscillator using wilkinson power combiner

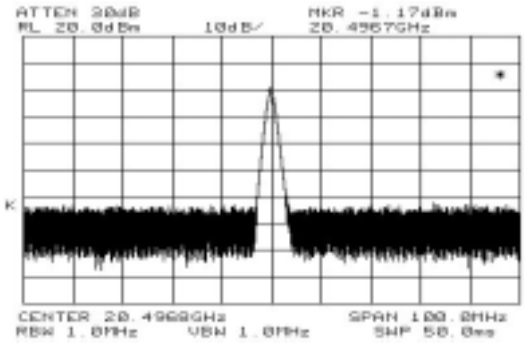

그림 11. T 접합 전력 결합기를 이용한 발진기의 출력 전력(Span 100 MHz)

Fig. 11. Output power of Push-push oscillator using T-junction power combiner(Span 100 MHz)

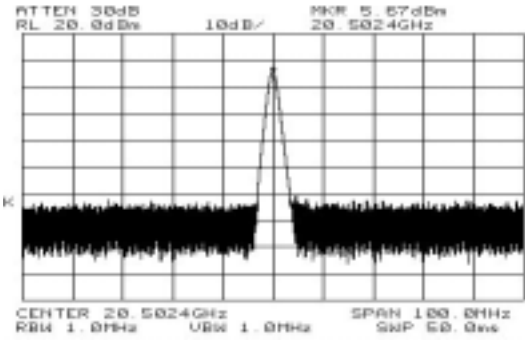

그림 12. Wilkinson 전력 결합기를 이용한 발진기의 출력전력(Span 100 MHz)

Fig. 12. Output power of Push-push oscillator using wilkinson power combiner(Span 100 MHz)

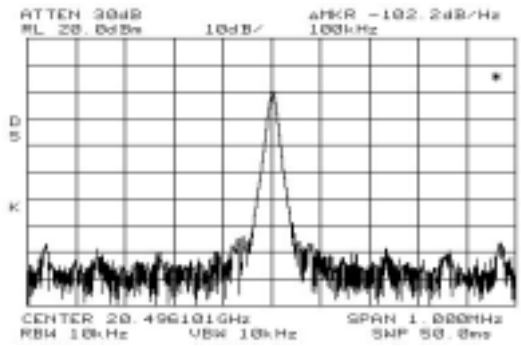

그림 13. T 접합 전력결합기를 이용한 발진기의 위상잡음특성

Fig. 13. Phase noise characteristic of Push-push oscillator using T-junction power combiner

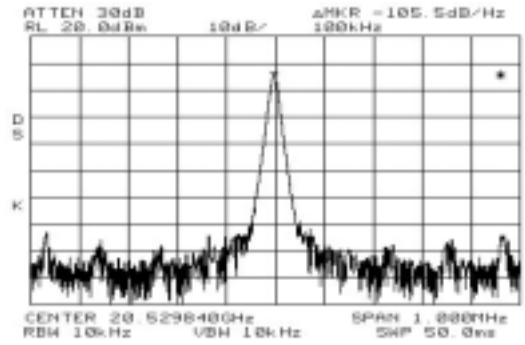

그림 14. Wilkinson 전력 결합기를 이용한 발진기의 위상잡음특성

Fig. 14. Phase noise characteristic of Push-push oscillator using wilkinson power combiner

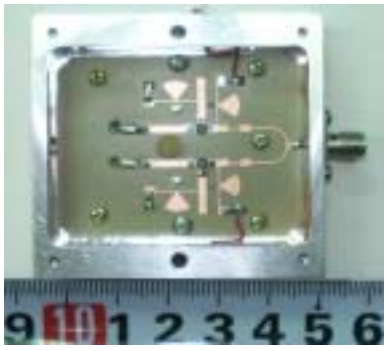

그림 15. T 접합 전력결합기를 이용한 발진기의 제작된 실물 사진

Fig. 15. Photographs of the oscillator using T-junction power combiner

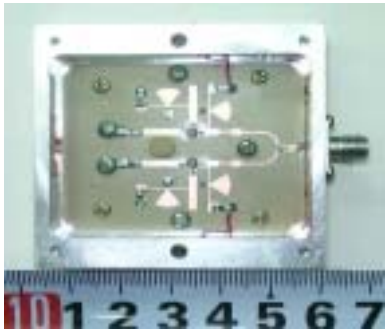

그림 16. Wilkinson 전력 결합기를 이용한 발진기의 제작된 실물 사진

Fig. 16. Photographs of the oscillator using wilkinson power combiner

주파수 억압 특성은 각각 −17.84 dBc, −29.33 dBc 이상의 특성을 나타내었다. 그림 11과 그림 12는 중심 주파수에서의 출력 전력을 Span 100 MHz로 본 것이며, 그림 13와 그림 14은 100 kHz Offset에서 측정된 위상 잡음 특성으로써 각각 −102.2 dBc/Hz와 −105.5 dBc/Hz 이다. 그림 15과 그림 16은 실제 제

표 1. 전력 결합기 구조에 따른 결과 비교

Table 1. Comparison of measurement result according to power combiner structure

	T 접합 전력 결합기를 이용한 발진기	Wilkinson 전력 결합기를 이용한 발진기
출력 (dBm)	−1.17	5.67
위상잡음특성 (dBc/Hz @100 kHz)	−102.2	−105.5
기본 주파수 억압특성(dBc)	−17.84	−29.33

표 2. 발표된 Push-Push 발진기와의 비교

Table 2. Comparison of the other oscillators

	Frequency(GHz)	Output Power [dBm]	[c
This Work	20	5.67	
Sinnesbichler [7]	58	1	
Sinnesbichler [8]	38	−11.5	
An-Sun [9]	18	−1.67	

작된 발진기의 실물 사진이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 Murata사의 유전체 공진기와 HP사의 ATF-13786 (GaAs MESFET)을 이용하여 20 GHz의 Push-push 발진기를 설계 및 제작하였으며, 또한 전력 결합기의 구조를 T 접합 전력 결합기와 Wilkinson 전력 결합기를 이용하여 각각의 특성을 비교, 분석하였다. 출력단자에 Wilkinson 전력 결합기를 이용한 구조가 T 접합을 이용한 구조보다 출력, 위상잡음, 고조파 억압특성이 훨씬 좋은 것을 보여주고 있다. 측정 결과는 표 1에 비교해서 나타내었다. 제작된 발진기는 20.5 GHz에서 각각 출력 전력 −1.17 dBm과 5.67 dBm을 나타내었다. 기본 주파수 억압 특성은 각각 −17.84 dBc와 −29.33 dBc 이하의 특성을 나타내었다. 그리고 측정된 위상잡음 특성은 각각 −102.2 dBc/Hz @100 kHz와 −105.5 dBc/Hz @100 kHz이였다. 결과적으로 Wilkinson 전력 결합기를 이용한 발진기의 특성이 T 접합을 이용한 경우보다 무려 7 dB이상 높은 출력전력, 3 dB 이상의 위상잡음 특성, 12 dB 이상의 기본 주파수 억압특성을 보여주고 있다. [표 2]는 이미 발표된 Push-Push 발진기와 특성을 비교한 것이다. 이 표에서 18 GHz를 출력하는 [5]의 경우보다 본 연구가 20 GHz에서 6 dB 이상 출력레벨을 향상시킨 것을 볼 수 있다. 위상잡음의 경우 15.5 dBc와 기본 주파수 억압특성도 약 7 dB이상 개선시킨 것을 볼 수 있다. [7]과 [8]의 경우는 발진 주파수가 본 연구와 많이 달라 직접적인 비교가 될 수 없는 점을 밝힌다. 향후 VCO(Voltage Controlled Oscillator)와

PLL (Phase Locked Loop)에 응용할 경우 안정성 있는 통신 시스템 신호원으로 사용할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

[1] M. K. Nazami, “Evaluate the Impact of Phase Noise on Receiver Performance”, *Microwave & RF*, pp. 165-172, May 1998.

[2] R. L. Howald, S. Kesler and M. Kam, “BER Performance Analysis of OFDM-QAM in Phase Noise”, *Proc. Int. Conference on Information Theory*, pp.256, Aug. 1998.

[3] H. S. Tada Nakagawa, “An MMIC Local Oscillator for 16-QAM Digital Microwave Radio Systems”, *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol.43, no.6, pp.1230-1235, June 1995.

[4] Anthony M. Pavio and Mark A. Smith, “A 2 0 ~ 40 GHz Push-Push Dielectric Oscillator”, *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.,* vol. MTT-33, no. 12, pp. 1346-1349, December 1985.

[5] An-Sun Hyun, et al, “K-Band Hair-pin Resonator Oscillator”, *IEEE MTT-S Dig.*, 1999, pp. 725-728.

[6] Ch도-Ming Liu and Chen Y.Ho, "On the Design of a Voltage-Tuned Push-Push Dielectric Resonator Oscillator",*Microwave Journal*, Vol.33, No.6, pp. 165-174, June 1990.

[7] F. X. Sinnesbichler, et al, “A 38-GHz Push-Push Oscillator based on 25-GHz f_T BJT's”, *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 9, pp. 151-153, April 1999.

[8] Eric Holzman, *Solid-state Microwave Power Oscillator Design*, Artech House, 1992.

[9] F. X. Sinnesbichler, et al, “Low Phase Noise 58 GHz SiGe HBT Push-Push Oscillator with Simultaneous 29 GHz Output”, *IEEE MTT-S Dig.*, 2001, pp. 35-38.

[10] Philip G Wilson, Richard D Carver, “An Easy-to-Use FET DRO Design Procedure Suited to Most CAD Programs”, *IEEE Trans.* pp.1033-1036. 1989.

[11] I. Bahl and P. Bhartla, *Microwave Solid State Circuit Design*, A Wiley-Inter Science Pub, chap. 9, 1998.

[12] Songxin Qi, Ke Wu, “Hybrid Integrated HEMT Oscillator with a Multiple-Ring Nonradiative Dielectric(NRD) Resonator Feedback Circuit”, *IEEE Trans*. Microwave Theory Tech.,vol .MTT-46, pp. 1552-1558, October. 1998.

[13] Robert Soarse, *GaAs MESFET circuit design*, Artech House, 1998.

[14] Philip G Wilson, Richard D Carver, “An Easy-to-Use FET DRO Design Procedure Suited to Most CAD Programs”, *IEEE Trans*. pp.1033-1036. 1989.

정 재 권(Jae Kwon Jeong)

1999년 2월: 경희대학교 전파공학과(공학사)
1999년 8월: 경희대학교 전파공학과(공학석사)
1999년 8월~현재: (주)팬택 중앙연구소 연구4실
관심분야 : 초고주파 발진기, GSM & GPRS 단말기

김 인 석(Ihn S. Kim)

1974년 2월 : 경희대학교 전파공
학과 (공학사)
1984년 2월 : Univ. of Ottawa, 전기공학과(공학석사)
1990년 10월 : Univ. of Ottawa, 전기공학과(공학박사)
1992년 3월 - 현재 : 경희대학교 전자정보학부 교수
2000년 1월 ~ 현재 IEEE Trans. MTT 편집위원
1999년 3월 ~ 2000년2월 한국전자통신연구원(ETRI) 초빙연구원, 스위스 연방공과대학(ETH)방문교수, 미국 Motorola EM Lab. 방문 연구원
1991년 2월 ~ 1992년 2월 : 한국이동통신(주) 기술개발 1부장
1990년 10월 ~ 1990년 2월 : Canadian Space Agency, David Florida Lab., Research Scientist
1984년 1월 ~ 1985년 8월 : General Instrument of Canada, Div. of Satellite System, Senior Engineer
1983년 2월 ~ 1983년 12월 : Com Dev Ltd, Div. of Satellite System, Technical Staff
1973년 10월 ~ 1980년 8월 : 한국방송공사(KBS) 기술사원
관심분야 : mm-파 발진기회로, 초고주파 및 mm-파 전이구조 및 필터회로, 시간영역 수치해석 방법