

위상잡음 특성을 개선한 DSRC용 유전체 공진 발진기

A Dielectric Resonator Oscillator for DSRC with Improved Phase Noise Characteristic

이영준*(Young-Joon Lee), 김현진**(Hyun-Jin Kim), 홍의석*** (Ui-Seok Hong)

Key Words : DSRC, DRO, 위상잡음, 병렬 케환형, 고주파 억압 특성

요 약

본 논문에서는 높은 안정도를 가지는 DSRC(Dedicated Short Range Communication)용 유전체 공진 발진기(DRO : Dielectric Resonator Oscillator)를 설계 및 제작하였다. 제안된 유전체 공진 발진기는 기본 주파수로부터 100 kHz 떨어진 곳에서 -109 dBc/Hz의 위상잡음 특성을 나타내었다. 5.8 GHz에서의 출력은 11.53 dBm을 나타내었고, 55.33 dBc의 2차 고주파 억압 특성을 나타내었다. 이와 같이 위상잡음 특성의 높은 안정성을 갖는 유전체 공진 발진기는 DSRC용 시스템에 응용할 수 있으리라 예측된다.

ABSTRACT

In this paper, a DRO (Dielectric Resonator Oscillator) with high stability in DSRC(Dedicated Short Range Communication) is designed and fabricated. The DRO shows the phase noise characteristic of -109.3 dBc/Hz at 100 kHz offset from the fundamental frequency. The output power of 11.53 dBm, and the second harmonic suppression of 55.33 dBc for the DRO are obtained. This DRO with high stability of the phase noise characteristic can be used for the system in DSRC.

I. 서 론

1. 연구 배경

최근 교통량의 증가에 의하여 정보통신, 전자 제어 등 첨단기술을 활용한 새로운 교통시스템 개발로서 명명된 지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transport System)의 발전이 가속화되고 있는 상황이다. 기존 교통체계의 문제점으로 지적되던 교통체계 구성 요소간 정보흐름의 단절성을 발달된 정보통신기술을 활용을 위한 대표적인 무선 통신 수단으로 단거리 전용통신(DSRC)이 제시되고 있다. 이러한 기술적 측면에는 화상/신호처리, (유)무선통신, 및 통신시스템의 기반이

되는 RF 및 Microwave 분야가 요구되어 진다. 그 중 ITS의 가장 기반이 되는 기술이 RF 및 Microwave 분야라 할 수 있다. 초고주파 통신의 핵심 부품인 저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier), 발진기(Oscillator), 혼합기(Mixer), 중간 증폭기(IF Amplifier) 등의 설계 기술이 발전하고 있다. 하지만 국내의 기술수준은 초고주파대의 무선기술 부족과 RF관련 핵심 부품기술의 낙후 등의 문제로 국내 자체 개발에 어려움이 있다. 이를 극복하기 위해서는 초고주파 핵심 부품 기술(ASIC, MMIC) 등의 빠른 확보가 필요하다.

초고주파 시스템의 성능과 용량에 가장 영향을 주는 직접기술은 RF 회로이다. 초고주파 시스템에 사용하기 위한 국부 발진기는 마이크로

* 학생회원, 광운대, 석사과정, ** 학생회원, 광운대, 박사과정, *** 중신회원, 광운대, 교수
논문접수일 : 2002. 10. 11

통신시스템의 모든 신호원과 같이 고안정성이 요구된다. 발진기는 정보량이 많아지므로 높은 발진 주파수를 필요로 하게 되었고 주파수의 안정도와 위상잡음이 전체 시스템의 데이터 오류 특성에 중요한 영향을 미치므로 발진기의 발진 주파수를 안정화시키려는 여러 가지 기법들이 사용되었다.

2. 연구 목적

DSRC는 제한된 장소 및 시간에서 차량 단말과 도로변에 설치된 통신장치간의 고속 무선 데이터 통신을 하기 위한 것으로서, 통신방식에는 노변 기지국인 RSU(Road Side Unit)와 이동하는 차량의 OBU(On-Board Unit)사이의 송수신기를 구현하는 방법에는 능동방식과 수동방식으로 대별된다. 수동방식은 단말기를 간단하게 구현하기 위해 단말기내 주파수 발진기를 내장하지 않고 기지국에서 연속적으로 반송파를 송신함으로써 단말기가 수신된 연속파를 내부 주파수 발진기 신호로사용하는 방식으로서 주파수 재 사용률이 저하되고 기지국 가격이 상승하고 전파세기가 강하게 되며 통신반경이 협소해지는 기능 저하로 다양한 개별 서비스나 타 시스템 또는 다른 부가통신서비스와 연동이 어렵게 되는 단점이 있다. 능동방식은 우리나라와 일본을 중심으로 개발되어 이동중인 차량 단말기와 노변 기지국간 무선 패킷 데이터 통신을 수행하며, 통신 영역의 크기가 수십 미터에서 수백 미터이고, 주파수 대역은 5.8GHz 대역을 사용한다.

RSU와 OBU 양측에 발진기를 내장하여 독립적인 통신채널을 사용하며, OBU에 발진기를 내장하므로 회로가 복잡하다. 그러나 현대의 노변 기지국이 여러 대의 차량 단말기와 다중접속을 지원하며, 주파수 재사용을 위한 노변 기지국간 거리가 60m정도이므로 주파수 재사용 특성이 우수한 정점이 있으며 수동방식에 비해 셀 크기가 크기 때문에 통신시간을 길게 하여 서비스 시간이 상대적으로 여유가 있다. 따라서 기지국 가격이 저렴하고 소출력 전파통신에 의해서도 넓은 통신영역을 확보할 수 있다.

본 논문에는 능동방식에 사용할 수 있는 주파수 선택도가 높고, 온도 특성 및 잡음 특성이 우수한 유전체 공진기를 사용하여 유전체 공진 발진기(DRO: Dielectric Resonator Oscillator)를 설계하였으며 5.8 GHz의 기본 주파수를 출력으로

얻도록 하였다.

II. 발진기 이론

1. 유전체 공진 발진기

1) 발진기 이론

초고주파 발진기는 능동소자의 불안정한 특성을 이용하여 DC 전력을 RF 전력으로 변환하는 것이다. 일반적으로 발진기는 내부 증폭기, 공진기, 정제환 회로 등으로 이루어진다. 초기 발진은 능동소자에 공급되는 DC 전력이 변하여 노이즈 레벨에서 발진이 시작된다. 발진 출력은 점점 성장하여 정상상태에 이르러 안정된 정현파를 만들어 낸다. 이때 소자는 출력단에서 RF 전력을 생성함으로 부성저항을 가져야 한다.

IMPATT 다이오드나 Gunn 다이오드와 같은 능동소자를 이용한 발진기는 그 기본 원리를 1-단자 회로망으로 설명할 수 있는데 그림 1은 등가회로를 이용한 부성저항 발진기에 대한 모델이다. $Z_{in} = R_{in} + jX_{in}$ 으로 능동소자의 임피던스로 전류 또는 전압, 그리고 주파수에 대한 함수이므로

$$Z_{in}(I, j\omega) = R_{in} + jX_{in}(I, j\omega) \quad (1-1)$$

이다. 또한 회로의 부하 임피던스는 $Z_L = R_L + jX_L$ 로 종단되어 있다. 페루프에서 키르히호프의 전압법칙(Kirchhoff's Voltage Law)을 적용하면

$$(Z_L + Z_{in}) I = 0 \quad (1-2)$$

이 된다. 따라서 발진이 일어나서 RF 전류 I 가 흐른다면 이 회로는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$Z_L + Z_{in} = 0 \quad (1-3)$$

$$X_L + X_{in} = 0 \quad (1-4)$$

식 (1-3)에서 부하는 $R_L > 0$ 이므로 $R_{in} < 0$ 인 부성저항을 가져야 하며 이는 에

너지원이 됨을 의미한다. 또한 식 (1-4)의 조건은 주파수의 함수이므로 발진 주파수를 결정하게 된다. 발진 과정은 Z_{in} 의 비선형 동작에 의존하고 있으며 초기에 $R_{in}(I, j\omega) + R_L < 0$ 이면 발진을 하게 된다. 전류 I 가 증가함에 따라 전류 I_o 가

$$R_{in}(I_o, j\omega_o) + R_L = 0$$

때까지 $X_{in}(I_o, j\omega_o) + X_L(j\omega) = 0$ 에 도달할 때까지 $Z_{in}(I, j\omega)$ 은 음수가 되어야 하고 발진기는 정상상태에 이르게 된다.

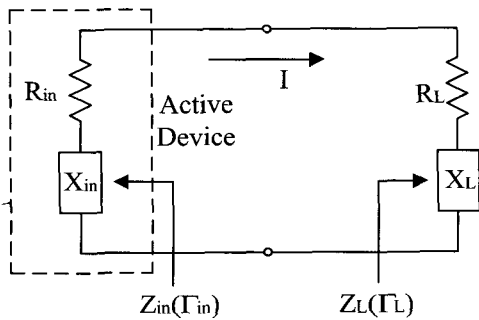


그림 1. 1-단자망 발진기 모델

트랜지스터나 FET를 이용한 발진기는 해석에 있어 증폭기와 매우 유사하다. 트랜지스터는 단자가 세 개이지만 한 단자는 입력과 출력에 공동으로 이용하므로 한 단자는 입력단자로 다른 하나는 출력단자로 취급하는 2-단자망으로 보고 해석하면 편리하다. 그림 2는 2-단자망 발진기 모델을 보이고 있는데 입력 정합회로와 출력 정합회로로 나뉜다. 입력 정합회로는 발진이 시작되기 위해 $|\Gamma_{out}| > 1$ 이 되도록 해주며 공진기에 의한 발진 주파수를 결정한다. 출력 정합회로는 부하에 전달되는 전력의 크기를 결정해 준다.

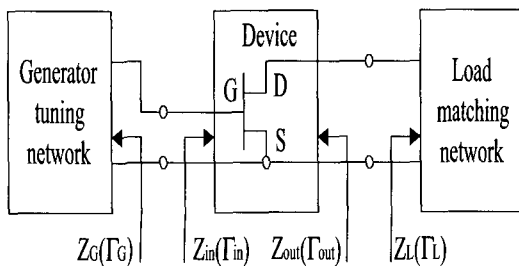


그림 2. 2-단자망 발진기 모델

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

$$|R_{out}(V, \omega_o)| > R_L(\omega_o) \quad (1-5)$$

$$X_{out}(V, \omega_o) + X_L(\omega_o) = 0 \quad (1-6)$$

여기서 R_{out} 은 부성저항이다. 식 (1-5)은 $|\Gamma_{out}| > 1$ 이 되어야 함을 나타내고 식 (1-6)은 발진 주파수를 결정한다. 임의의 전압 V 에서 $R_{out}(V, \omega_o)$ 이 R_L 보다 더 커지면 네트 워크는 발진 가능성을 갖게 된다. 공급되는 전압 V_{ds}, V_{gs} 가 변하여 노이즈 레벨에서 발진이 시작되고 발진기의 출력은 소자의 포화상태에 이를 때까지 계속 커진다. 그러므로 주어진 회로에서 발진이 시작되기 위한 트랜지스터의 능력은 노이즈 레벨에 의해 결정된다. 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 $V=0$ 에서 부성저항의 크기를 부하보다 더 크게 하여 정상상태에서 발진이 지속되도록 할 수 있다. 식 (1-7)은 실질적으로 출력 정합회로를 설계할 때 자주 사용되는 식이다.

$$R_L(0, \omega_o) + jX_L(0, \omega_o) = -\frac{R_{out}(0, \omega_o)}{3} - jX_{out}(0, \omega_o) \quad (1-7)$$

한편, 능동소자를 포함한 2-단자망 해석에서 반사계수와 안정화 계수를 이용한 발진 조건을 표시하면

$$\Gamma_{in} \Gamma_G = 1 \quad (1-8)$$

$$\Gamma_{out} \Gamma_L = 1 \quad (1-9)$$

$$K = \frac{1 + |\Delta| - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{12}S_{21}|} < 1 \quad (1-10)$$

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

이다. $|\Gamma_L|$ 과 $|\Gamma_G|$ 가 1보다 작으므로

식 (1-8)과 식 (1-9)에서 $\Gamma_{in} > 1$, $\Gamma_{out} > 1$ 이 되어야 한다. 식 (1-9)에서 $\Gamma_{out} \Gamma_L = 1$ 이면 출력 단자에서 정상상태의 발진을 하게 된다. 한편, 2 단자망 회로에서 능동 소자에 대한 입력과 출력 반사계수에 관한 유도된 식은

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

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

이다. 위 식들을 이용하면 발진이 일어났을 때 입력단자와 출력 단자에서 발진이 동시에 일어남을 증명할 수 있다. 식 (1-12)을 식 (1-9)에 대입하면

$$\Gamma_L = \frac{1}{\Gamma_{out}} = \frac{1 - S_{11}\Gamma_G}{S_{11} - \Delta\Gamma_G} \quad (1-13)$$

이다. 식 (1-13)을 Γ_G 에 대해 다시 정리하면

$$\Gamma_G = \frac{1 - S_{22}\Gamma_L}{S_{11} - \Delta\Gamma_L} \quad (1-14)$$

이 된다. 또, 식 (1-11)을 위와 같은 방법으로 식(1-8)에 대입하여 Γ_{in} 에 대해 정리하면

$$\Gamma_{in} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \quad (1-15)$$

로 표현할 수 있다. 그러므로 식 (1-14)과 식 (1-15)에 의해

$$\Gamma_G \Gamma_{in} = 1 \quad (1-16)$$

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

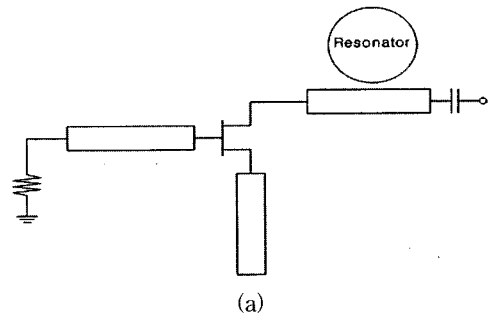
동시에 만족하게 된다.

식 (1-10)에서 K 는 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 공동 단자에 부품을 첨가하여 특성을 변화시켜 불안정하게 만들어 주거나 출력의 일부를 정제환 시켜 주어야 한다.

2) 유전체 공진 발진기의 응용

유전체 공진기를 MIC(Microwave Integrated Circuit) 발진기에 응용하는 경우는 free-running 발진기에 결합하여 수동 안정화 소자로 이용하는 경우와 발진기의 주파수 결정소자로 직접 이용하는 경우가 있다. 전자는 반사형으로 발진주파수를 안정화시키기 위하여 그림 2-1(a)와 같이 유전체 공진기를 출력단에 위치시킨 것으로 대역저지필터로 작용한다. 이러한 형태는 부하변동이나 바이어스 변동에 따른 발진주파수의 변동이 발생하여 위상잡음이 많고 기생발진이 일어나는 문제점이 있다. 반면 후자는 케환형으로 병렬 케환과 직렬 케환이 있다.

그림 2-3(b)는 직렬 케환형으로 잠재적으로 불안정한 트랜지스터의 입력단에 유전체 공진기를 위치시켜 공진주파수 부근에서 마이크로스트립 라인과 유전체 공진기가 강하게 결합되어, 이때 전력이 트랜지스터로 되반사 되므로 트랜지스터는 불안정해지고 발진이 일어나게 된다. 병렬 케환 발진기는 그림 2-3(c)과 같이 트랜지스터의 게이트와 소스 또는 게이트와 드레인 사이에 유전체 공진기를 두어 케환 요소로 이용한다. 병렬 케환 형태는 주파수 안정도가 높고 위상 잡음이 좋은 장점이 있지만 튜닝 범위가 좁고 상대적으로 출력이 낮은 단점이 있다. 본 논문에서는 병렬 케환형으로 발진기를 설계하고 제작하였다.



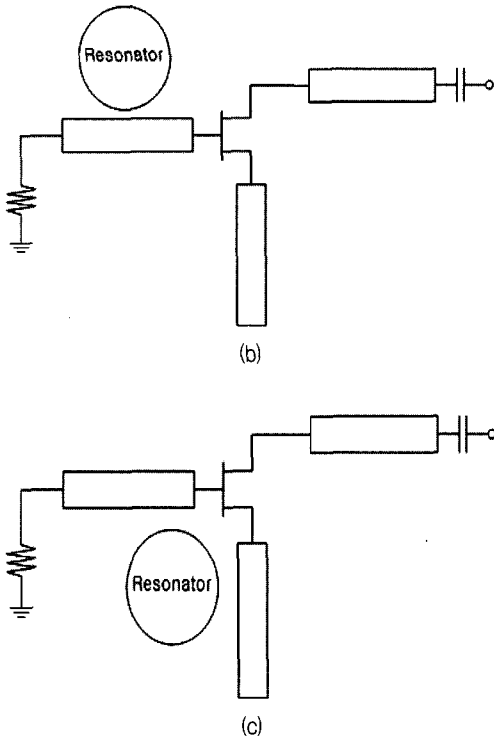


그림 2-1. 유전체 공진기를 이용한 발진기의 다양한 케환 구조

- (a) 반사형 유전체 공진 발진기
- (b) 직렬케환형 유전체 공진 발진기
- (c) 병렬케환형 유전체 공진 발진기

III. 설계 및 제작

본 논문에서는 발진기의 설계를 위해서 초고 주파 비선형 설계도구인 Agilent사의 ADS ver. 2002를 이용하여 library에서 지원하는 비선형 모델로 설계를 하였다. Line Calculation을 통해 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스에 해당하는 폭과 파장을 구하였으며 공진부는 유전체 공진기 형태로 주파수는 5.8GHz에 맞도록 설계하였다. 유전체 공진기는 Murata사의 DRO type의 R s series를 사용하였다. 능동소자로는 저 잡음 지수를 갖고 위상잡음을 최소화할 수 있으며 부성자항을 쉽게 얻을 수 있는 소자인 GaAs MESFET인 HP Agilent사의 ATF - 13786을 이용하였다. 기판은 $\epsilon_r=2.52$, H=0.54 mm, T=0.018 mm인 Chukoh사의 Teflon 기판을 사용하였다.

1. 직렬 케환형 발진기 설계 및 제작

제안된 유전체 공진 발진기와 비교를 위해서 실무에서 가장 많이 사용하는 회로구성이 간단하고 부하 변동에 따른 주파수 변화와 출력 변화가 작은 소스 직렬 케환형으로 구성하였다.

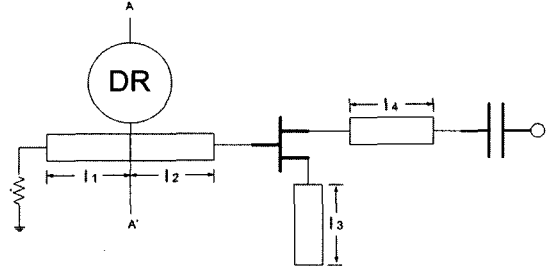


그림 3-1. 직렬 케환형 발진기의 구조

그림 3-1에서는 직렬 케환형 유전체 공진 발진기의 구조를 나타내고 있다. 이때 마이크로스트립 선로에 결합한 공진기는 대역 통과 필터 특성을 갖게 된다. 초기 발진조건은

$$R_e[Z_{out}] < 0 \tag{3-1}$$

$$I_m[Z_{out}] = -I_m[Z_L] \tag{3-2}$$

이다.

식 (3-1), (3-2)에서 실수부는 부성저항 값을 나타내며 허수부는 0을 나타낸다. l_1, l_2 와 l_3 의 길이를 조절하여 위상조건과 부성저항 발생 조건을 만족시킬 수 있다. 그림 3-1에서 유전체 공진부의 AA'면에서 최대의 자기적 결합이 일어나도록 l_1 과 l_2 을 조절하였으며 FET의 게이트 단을 바라본 반사계수가 최대가 되도록 l_3 을 최적화하고 공진기의 결합선로 길이 l_1 과 l_2 을 조절함으로써 발진 주파수를 쉽게 조절할 수 있도록 설계하였다.

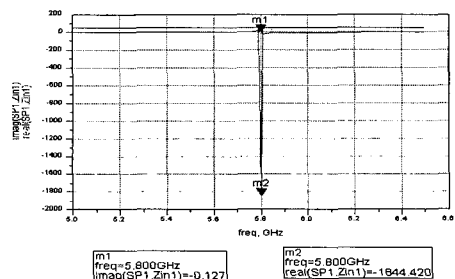


그림 3-2. 직렬 케환형 유전체 공진 발진기의 발진조건

그림 3-3는 시뮬레이션 결과로 비선형 해석에 의한 고조파 억압성분이 -42 dBc이상 나오는 것을 보여주고 있다.

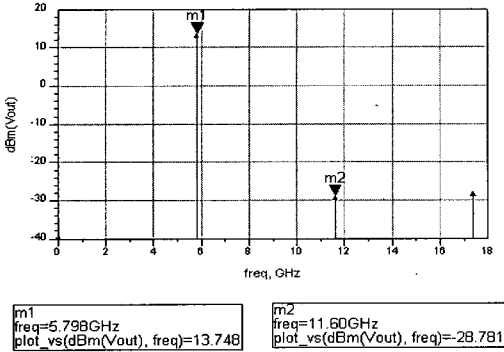


그림 3-3. 직렬 제한 유전체 공진 발진기의 전력 스펙트럼

2. 제안된 병렬케환형 발진기 설계 및 제작

본 논문에서는 Agilent사의 ADS ver 2002를 이용하여 발진기를 설계하였으며 온도 특성이 좋고 위상잡음 특성이 우수한 병렬 케환형을 선택하였다.

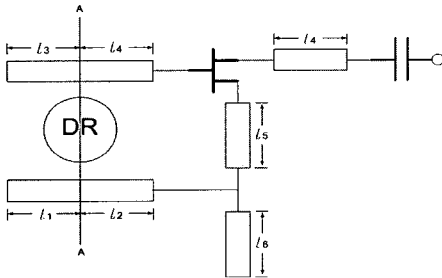


그림 3-4. 제안된 병렬 케환형 발진기 블록도

그림 3-4에서 유전체 공진부의 AA'면에서 최대의 자기적 결합이 일어나도록 l_1, l_2, l_3, l_4 를 조절하였으며 l_6 는 충분한 부성저항을 얻을 수 있도록 개방형 스테브를 이용하여 정합 하였다. 즉, FET의 게이트 단을 바라본 반사계수가 최대가 되도록 l_6 를 최적화하고 공진기의 결합선로 길이 l_1, l_2, l_3, l_4 를 조절함으로써 발진 주파수를 쉽게 조절할 수 있도록 부성저항의 대역폭을 충분히 넓게 설계하였다. 또한 드레인 단에서 능동소자를 바라본 반사계수가 가장 크도록 출력단을 정합 하였다. 그림 3-5는 제안된 병렬 케환형 유전체 발진기의 초기 발진조건으로 설계 결

과로 5.8 GHz의 주파수에서 초기 발진 가능성을 보여 주고 있다.

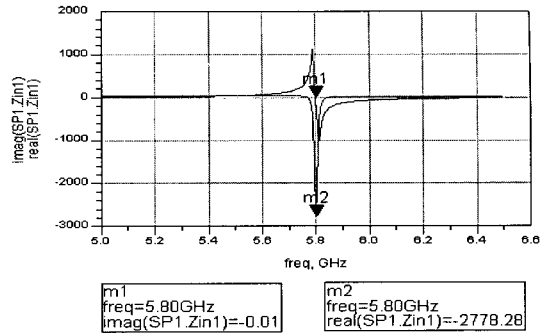


그림 3-5. 제안된 병렬 케환형 발진기의 발진조건

그림 3-6은 시뮬레이션 결과로 비선형 해석에 의한 고조파 스펙트럼과 파형으로 -46 dBc/Hz이상의 2차 고조파 억압특성을 보여주고 있다.

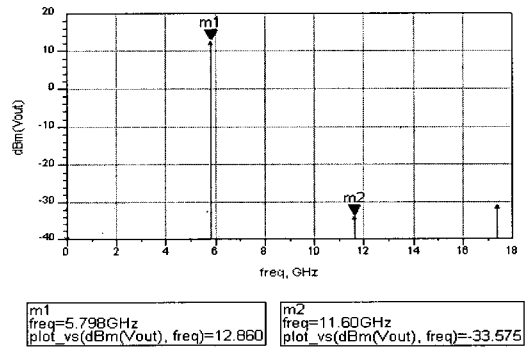


그림 3-6. 제안된 병렬 케환형 발진기의 전력 스펙트럼

IV. 측정 및 고찰

본 연구에서 제안된 유전체 공진 발진기는 기존의 병렬 케환형 유전체 공진 발진기에서 소스단에 개방형 스테브를 이용하여 특성을 개선한 형태이다. 회로제작을 위해서 비유전율 (ϵ_r)은 2.52, 유전체 높이(H)는 0.54 mm 그리고 동박 두께가 0.018 mm 인 테플론 기판과 Agilent사의 ATF-13786 (MESFET)소자를 이용하였다.

유전체 공진 발진기의 발진 주파수를 측정하기 위한 장비로는 스펙트럼 분석기 HP8563E를 이용하였다. GaAs FET의 바이어스는 $V_{ds} = 4.5$ V, $I_{ds} = 20$ mA 이고, 게이트 바이어스는 자기 바이어스 형태를 취하여 기본 주파수의 출력을 높이도록 하였다.

그림 4-1의 직렬 케환형 유전체 공진 발전기의 측정 결과로서 11.1 dBm의 출력과 -33.25 dBc의 고조파 억압 특성을 나타내고 그림 4-2는 제안된 병렬 케환형 유전체 공진 발전기는 11.53 dBm의 출력 특성과 -51.33 dBc 고조파 억압특성으로 향상된 2차 고조파 억압특성을 보이고 있다. 그림 4-3에서는 직렬케환 유전체 공진 발전기의 위상잡음특성을 측정 한 결과로 100 kHz offset에서 -102.6 dBc/Hz의 특성을 보여 주고 있으며, 그림 4-4에서는 제안된 병렬 케환형 유전체 공진 발전기의 위상잡음특성을 측정 한 결과로 100 kHz offset에서 -109.3 dBc/Hz의 특성을 보여주고 있다. 그림 4-5은 직렬케환 유전체 공진 발전기 실물 사진이고, 그림 4-6은 제안된 병렬 케환형 공진 발전기의 실물 사진이다.

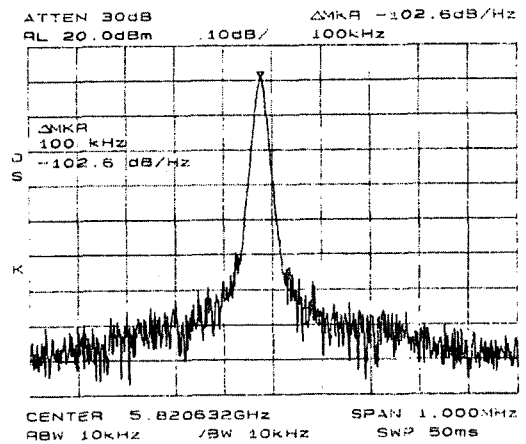


그림 4-3 100kHz offset에서 직렬 케환형 발전기의 위상잡음 특성

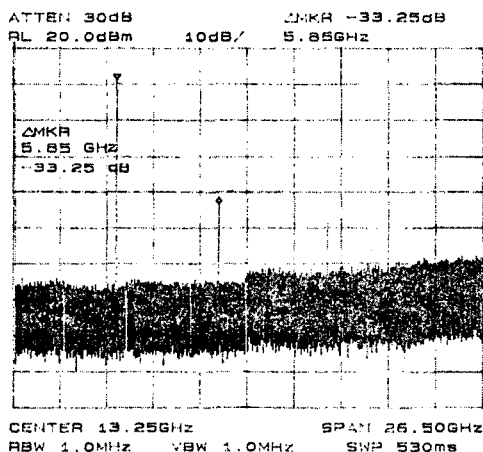


그림 4-1. 직렬 케환형 발전기의 고조파 억압 특성

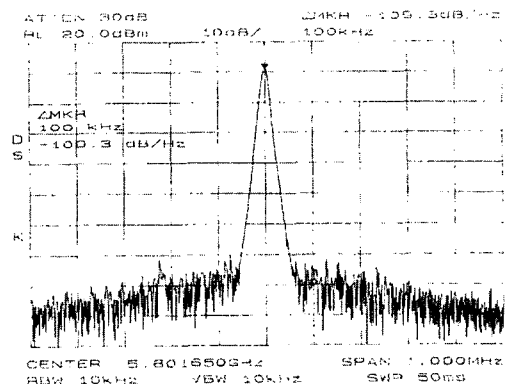


그림 4-4. 100 kHz offset에서 병렬 케환 발전기의 위상잡음 특성

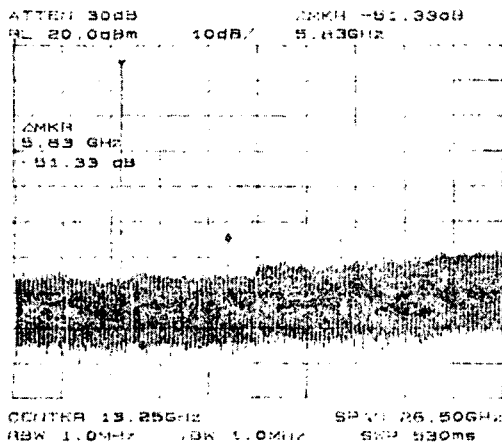


그림 4-2 제안된 병렬 케환형 발전기의 고조파 억압 특성

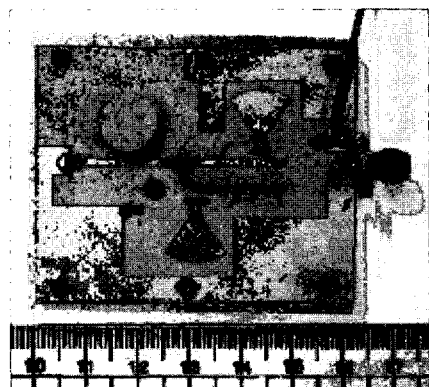


그림 4-5. 직렬 케환형 발전기의 실물 사진

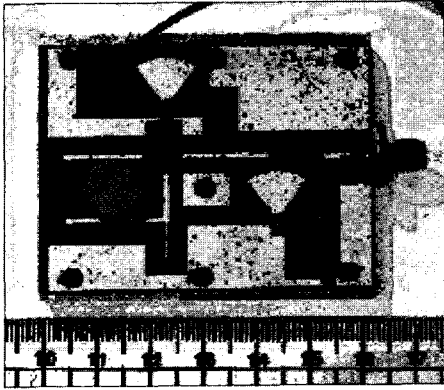


그림 4-6. 제안된 병렬 케환형 발진기의 실물사진

<표 1> 직렬케환 발진기와 제안된 발진기의 특성비교

	직렬 케환형 발진기	제안된 병렬 케환형
주파수	5.8 GHz	5.8 GHz
출력 전력	11.1 dBm	11.53 dBm
위상잡음 (@ 100 kHz)	-102.6 dBc/Hz	-109.3dBc/Hz
고조파 억압	-33.25 dBc	-55.33 dBc

V. 결론

본 연구에서는 높은 안정도를 갖는 유전체 공진기와 Agilent사의 ATF-13786(GaAs MESFET)을 이용하여 5.8 GHz의 새로운 형태의 병렬 케환형 유전체 공진 발진기를 설계 및 제작하였다. 제안된 병렬형 유전체 공진 발진기는 공진부에서 높은 Q값을 갖기 때문에 높은 안정도의 위상잡음 특성을 나타내었다. 제안된 병렬 케환형 유전체 공진기는 설정 주파수 5.8 GHz에서 11.53 dBm의 출력 특성과 -51.33 dBc 고조파 억압특성을 보이고 있다. 위상잡음은 100 kHz 떨어진 곳에서 -109.3 dBc/Hz이다. 이는 DSRC 규격인 10 dBm 출력과 -40 dBc 이하의 고조파 억압특성을 만족하며 능동방식의 고속데이터 QPSK 변

조방식의 100 kHz 떨어진 곳에서 -90 dBc/Hz보다 우수한 특성을 얻었다. 그러나 제안된 병렬 케환형 유전체 발진기를 이용하여 전압 제어 발진기로서 응용방안이 향후 과제로 남는다. 그리고 앞으로 통신 단말기가 차량에 탑재되어 사용되는 ITS 통신방식중 하나인 5.8 GHz 단거리 전용통신(DSRC: Dedicated Short Range Communication)에 응용할 경우 안정성 있는 통신 시스템 부품으로 사용되리라 기대된다.

참고문헌

- [1] 한국전파진흥협회의회(2001), "전파방송산업연보", p.269
- [2] 한국전산원(2001), "차세대 노변-차량통신 기술 표준화 연구", p.4-6
- [3] Eric Holtzman (1992), "Solid-State Microwave Power Oscillator Design", Artech House, p. 202
- [4] Boston, London (1998), "Design of FET Frequency Multipliers and Harmonic Oscillators", Artech House, p.127-143
- [5] Kevin McClaning and Tom Vito (2000), "Radio Receiver Design", Noble, p.352-364
- [6] A. Sweet (1990), "MIC&MMIC Amplifier and Oscillator Circuit Design", Artech House, p.175-216
- [7] S. J. Friedziuszeko (1986), "Microwave Dielectric Resonators", Microwave Journal, vol. 29, no. 9, p.189-200



이영준

2001년 2월 관동대학교 전자공학부 학사

2003년 3월 현재 광운대학교 전자공학과 석사과정

<주관심분야> RF/Microwave회로 설계



김현진

2000년 2월 광운대학교 전자공학부 학사
2001년 2월 광운대학교 전파공학과 석사
2003년 3월 현재 광운대학교 전파공학과 박사과정

<주관심분야> RF/Microwave회로 설계



홍의석

1968년 2월 광운대학교 통신공학과 학사
1973년 9월 연세대학교 전자공학과 석사
1982년 11월 독일 Aachen 공대 전기공학과 박사

1986년~1987: 미국Univ. of Texas 객원교수
2001년1월~2001년12월: 한국 통신학회 회장
2002년 5월~현재: 한국ITS학회 초대 회장
2003년 3월 현재: 광운대학교 전자공학부 교수

<주관심분야> RF/Microwave회로 설계 및 MMIC 설계