단거리 전용통신용 위상잡음 특성을 개선한 유전체 공진 발진기

A Dielectric Resonator Oscillator for Dedicated Short Range Communication with Improved Phase Noise Characteristic

이영준 · 권희준 · 김창범 (광운대, 석사과정)

김현진 · 이형규 (광운대, 박사과정)

홍 의 석 (광운대, 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구 목적
2. 연구 방법
Ⅱ. 이론적 배경
1. 발진기 기본 개념
2. 유전체 공진기 발진기의 분류
Ⅲ. 발진기 설계
Ⅳ. 제작 및 측정
Ⅴ. 결론
참고문헌

Ⅰ. 서 론

1. 연구 목적

전자, 통신, 정보, 제어 등의 첨단기술이 자동차와 도로를 변화시키고 있다. 지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transport Systems)은 도로와 차량 등 기존의 교통 체계의 구성요소에 첨단의 전자, 제어, 정보, 통신 기술을 적용시켜 교통시설을 효율적으로 운영하고, 통행자에게 유용한 정보를 제공하여 안전하고 편리한 통행과 전체 교통체계의 효율성을 기하도록 하는 교통부분의 정보화 사업으로 관심이 더욱 증가하고 있다. 통신 단말기가 차량에 탑재되어 사용되는 ITS 통신 방식인 단거리 전용통신 (DSRC : Dedicated Short Range Communication)은 다양한 ITS 서비스를 제공할 수 있다. 자동요금징수(ETC), 도로정보, 도로 안내, 화물운송관리 등과 같은 ITS 서비스는 하나의 차량 탑재단말기(OBE)로 제공될 것이다.

발진기는 단거리 전용통신의 핵심부품 중 하나로서 전체 시스템의 성능에 직접적인 영향을 미치므로 온도 안정성이 뛰어나고 잡음특성이 우수해야 한다. 특히 발진기의 위상잡음은 아날로그 수신기의 SNR(signal to Noise Rate)을 감소시키고 디지털 통신용 송수신기의 BER(Bit Error Rate)을 높이며 통신 채널간의 간격을 제한시키는 요인이 된다. 그러므로 발진기의 공진부는 안정성이 뛰어나고 온도 변화에 따른 영향이 적고 Q값이 높은 유전체 공진기를 이용하여 설계 및 제작하는데 목적이 있다.

2. 연구 방법

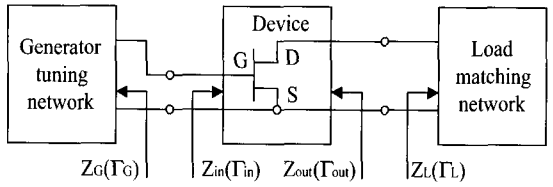
본 연구는 일반적으로 사용되고 있는 직렬 궤환형 유전체 공진 발진기와 제안된 새로운 형태의 병렬 궤환형 유전체 공진 발진기를 설계하여 특성을 비교한다.

이를 위해서, 제2장에서는 직렬 궤환형과 병렬 궤환형 유전체 공진 발진기의 이론적 고찰을 실시하고, 제3장에서는 발진기를 설계를 통해서 모의실험 결과값을 제시하고, 제4장에서는 유전체 공진 발진기 측정 결과와 높은 안정성을 가지는 위상잡음 특성의 결과를 보였으며 5장 결론에서는 설계한 유전체 공진 발진기의 응용분야와 연구방향 등을 기술하였다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 발진기 기본 개념

〈그림 2-1〉은 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 2-1〉 2-단자망 발진기 모델

능동소자를 포함한 2-단자망 해석에서 반사계수와 안정화 계수를 이용한 발진 조건 세 가지는 다음과 같다.

발진조건1 : $K < 1$

발진조건2 : $\Gamma_{in}\ \Gamma_G = 1$

발진조건3 : $\Gamma_{out}\ \Gamma_L = 1$

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

여기서,

K = 능동소자의 안정화 계수

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

Γ_{in} = 능동소자의 입력 반사계수

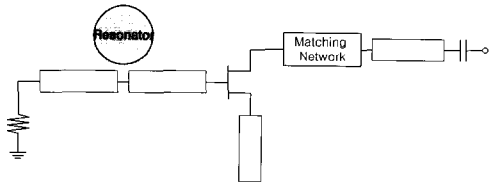
Γ_g = 공진회로의 반사계수

Γ_{out} = 능동소자의 출력 반사계수

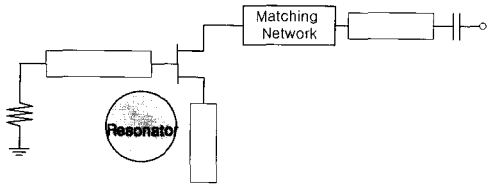
Γ_L = 부하 정합회로의 부하 반사계수

2. 유전체 공진기의 발진기 응용

〈그림 2-3〉 (a)는 직렬궤환형으로 잠재적으로 불안정한 트랜지스터의 입력단에 유전체 공진기를 위치시켜 공진주파수 부근에서 마이크로스트립 라인과 유전체 공진기가 강하게 결합되어, 이때 전력이 트랜지스터로 되반사 되어 트랜지스터는 불안정해지고 발진이 일어나게 된다. 병렬궤환 발진기는 〈그림 2-3〉 (b)와 같이 트랜지스터의 게이트와 소스 또는 게이트와 드레인 사이에 유전체 공진기를 두어 궤환요소로 이용한다.



(a) 직렬궤환 유전체 공진 발진기



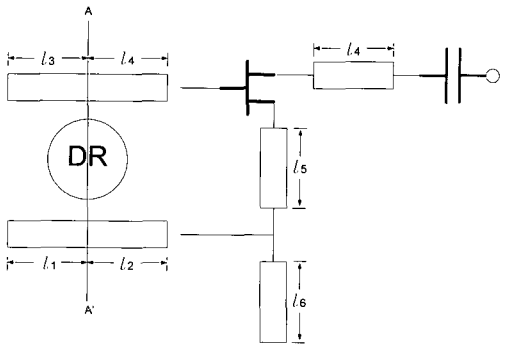
(b) 병렬궤환 유전체 공진 발진기

〈그림 2-3〉 유전체 공진기를 이용한 발진기의 여러 형태의 구조

병렬궤환 형태는 주파수 안정도가 높고 이상 잡음이 좋은 장점이 있지만 튜닝 범위가 좁고 상대적으로 출력이 낮은 단점이 있다. 본 논문에서는 병렬궤환형으로 발진기를 설계하고 제작하였다.

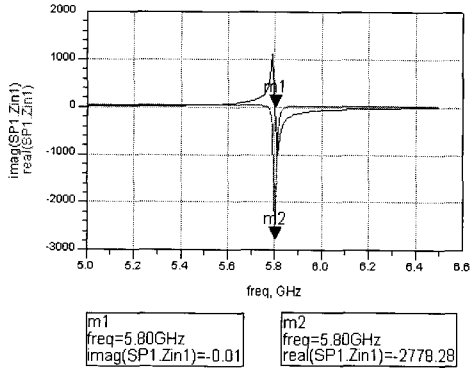
III. 발진기 설계

본 논문에서는 Agilent사의 ADS ver 2001을 이용하여 발진기를 설계하였다. 발진기는 온도 특성이 좋고 위상잡음 특성이 우수한 병렬궤환형을 선택하였다.



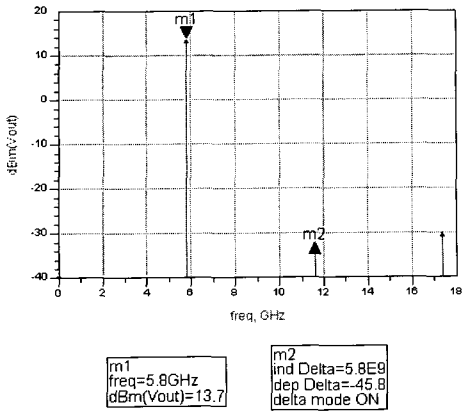
〈그림 3-1〉 제안된 병렬궤환형 발진기 블록도

〈그림 3-1〉에서 유전체 공진부의 AA′면에서 최대의 자기적 결합이 일어나도록 l1, l2, l3, l4를 조절하였으며 l6는 충분한 부성저항을 얻을 수 있도록 개방형 스터브를 이용하여 정합하였다. 즉, FET의 게이트 단을 바라본 반사계수가 최대가 되도록 l6를 최적화하고 공진기의 결합선로 길이 l1, l2, l3, l4를 조절함으로써 발진 주파수를 쉽게 조절할 수 있도록 부성저항 대역폭을 충분히 넓게 설계하였다. 또한 드레인 단에서 능동소자를 바라본 반사계수가 가장 크도록 출력단을 정합하였다. 〈그림 3-2〉는 설계환 유전체 발진기의 초기 발진조건으로 설계 결과로 5.8 GHz의 주파수에서 초기 발진가능성을 보여 주고 있다.



〈그림 3-2〉 유전체 공진 발진기의 발진조건

〈그림 3-3〉은 시뮬레이션 결과로 비선형 해석에 의한 고조파 스펙트럼과 파형으로 약 46 dBc의 2차 고조파 억압특성을 보여주고 있다.



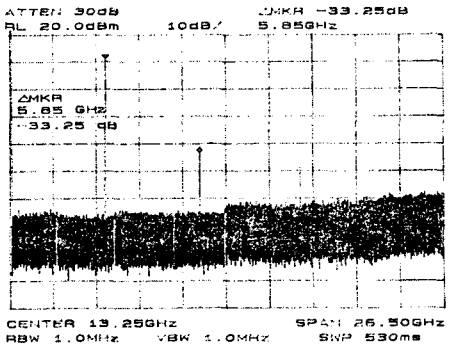
〈그림 3-3〉 유전체 공진 발진기의 전력 스펙트럼

IV. 제작 및 측정

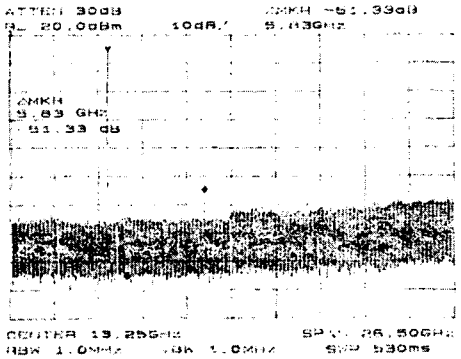
본 연구에서 제안된 유전체 공진 발진기는 기존의 병력궤환 유전체 공진 발진기에서 소스단에 개방형 스터브를 이용하여 특성을 개선한 형태이다. 회로제작을 위해서 비유전율 (ε_r) 2.52, 유전체 높이(H) 0.504mm 그리고 동박 두께가 0.018 mm인 테플론 기판과 Agient 사의 ATF - 13786(MESFET)소자를 이용하였다. 유전체 공진 발진기의 발진 주파수를 측정하기 위한 장비로는 스펙트럼 분석기 HP8563E를 이용하였다.

GaAs FET의 바이어스는 Vds = 4.5 V, Ids = 40 mA이고, 게이트 바이어스는 자기 바이어스 형태를 취하여 기본 주파수의 출력을 높이도록 하였다.

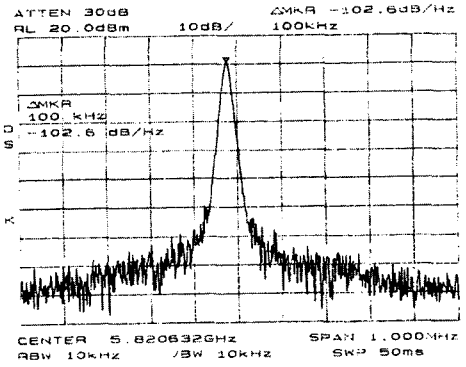
〈그림 4-1〉의 직렬궤환 유전체 공진 발진기의 측정 결과로서 11.1 dBm의 출력과 -33.25 dBc의 고조파 억압 특성을 나타내고 〈그림 4-2〉는 제안된 병렬형 유전체 공진 발진기는 11.53dBm의 출력 특성과 -51.33 dBc 고조파 억압특성으로 향상된 2차 고조파 억압특성을 보이고 있다. 그림 4-3 에서는 직렬궤환 유전체 공진 발진기의 위상잡음특성을 측정한 결과로 100 kHz offset에서 -102.6 dBc/Hz의 특성을 보여주고 있으며며, 그림 4-4 에서는 제안된 병렬형 유전체 공진 발진기의 위상잡음특성을 측정한 결과로 00 kHz offset에서 -109.3 dBc/Hz 의 특성을 보여주고 있다. 〈그림 4-5〉는은 직렬궤환 유전체 공진 발진기 실물사진이고, 〈그림 4-6〉은 제안된 유전체 공진 발진기의 실물 사진이다.



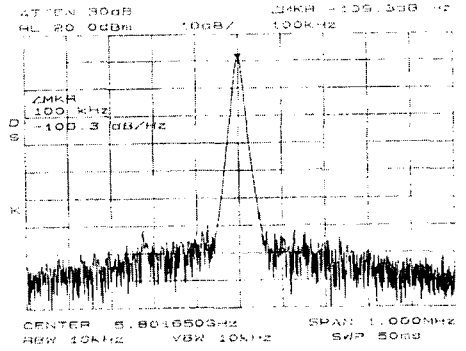
〈그림 4-1〉 직렬궤환 유전체 공진 발진기의 고조파 억압 특성



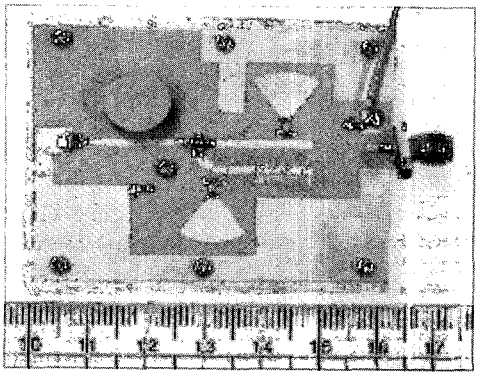
〈그림 4-2〉 제안된 병렬형 유전체 공진 발진기의 고조파 억압 특성



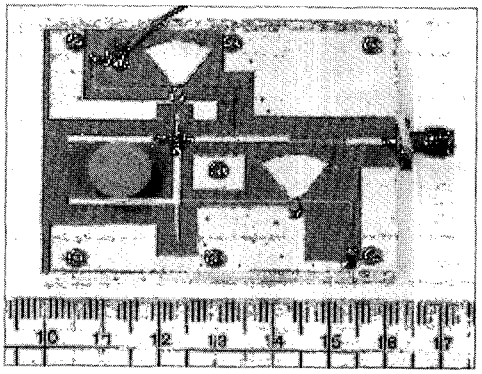
〈그림 4-3〉 100kHz offset에서 직렬궤환 발진기의 위상잡음 특성



〈그림 4-4〉 100kHz offset에서 병렬궤환 발진기의 위상잡음 특성



〈그림 4-5〉 직렬궤환 발진기의 실물사진



〈그림 4-6〉 제안된 병렬궤환 발진기의 실물사진

V. 결 론

본 연구에서는 높은 안정도를 갖는 유전체 공진기와 Agilent사의 ATF-13786(GaAs MESFET)을 이용하여 5.8 GHz의 새로운 형태의 제안된 병렬 궤환형 유전체 공진 발진기를 설계 및 제작하였다. 제안된 병렬형 유전체 공진 발진기는 공진부에서 높은 Q값을 갖기 때문에 높은 안정도의 위상잡음 특성를 나타내었다. 제안된 병렬형 유전체 공진기는 설정 주파수 5.8 GHz에서 11.53 dBm의 출력을 나타내었다.

위상잡음은 100 kHz 떨어진 곳에서 -109.3 dBc/Hz이다. 그러나 제안된 병렬형 유전체 발진기를 이용하여 전압제어 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.

참 고 문 헌

1. 지능형교통체계 기본계획 21, 건설교통부, 2000. 12
2. ITS 정책과 기술, 건설교통부, 1999. 12
3. Eric Holtzman, *Solid-State Microwave Power Oscillator Design*, Artech House, 1992.
4. Boston, London, *Design of FET Frequency Multipliers and Harmonic Oscillators*, Artech House, 1998.
5. Kevin McClaning and Tom Vito, *Radio Receiver Design*, Noble, 2000