

메타메타리얼을 이용한 저위상전압 제어 발진기의 연구

장현석, 문 용

송실대학교

seejhs21c@naver.com, moony@ssu.ac.kr

A study on Low Phase Noise Voltage Controlled Oscillator using Metamaterial

Jang hyeon seek and Moon Yong

Soongsil University

요 약

In this paper, low phase noise VCO using SRR(split ring resonator) is proposed. The advantages of SRR are very small size, low insertion losses in passband and high rejection level in stopband with sharp cutoff frequency and large coupling coefficient value. So, the proposed VCO has high Q value and reduce phase noise. The oscillator frequency of VCO is 5.773 ~ 5.862 GHz and the phase noise is -131.45 ~ -133.59 dBc/Hz at 100KHz offset.

I. 서 론

최근 이동통신 서비스가 발전하면서 소형화, 고성능화 되어진 고주파 부품의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 RF 시스템에서 주파수원을 공급하는 발진기는 RF의 핵심 부품 중의 하나로 중요성이 커지고 있다. 발진기 설계 시, 위상잡음은 발진 성능을 나타내는 중요한 지표중의 하나로 사용 되는 값이다. 이러한 위상 잡음은 공진기의 Q값에 영향을 받는다고 알려져 있다. 본 논문에서는 CMOS와 마이크로스트립으로 구현한 공진기보다 Q값을 높이기 위하여 메타물질 특성을 이용하고자 한다. 메타물질은 특정 주파수에서 자연 상태의 물질로는 존재하지 않는 음의 유전율 또는 음의 투자율을 가지는 구조로 이루어져 있으며, LHM(left handed material)이라고 한다[1][4]. 이는 기존의 기술로는 불가능했던 주파수 독립적인 파장, 위상 및 굴절률 제어를 바탕으로 한 신개념의 차세대 기술, 전자 제품 등의 초소형화, 고성능화 등의 실현이 가능하여 미래의 전·후방 산업에 중요한 핵심기술로 주목하고 있다.

해 Q값은 300 이상의 높은 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

그림1의 구조를 저지특성(S21)과 더 높은 Q값을 가지기 위하여 그림3과 같이 주기적인 구조로 배열하였다. 단위구조를 주기적인 구조로 반복 배열 횟수를 증가시킬수록 S21과 Q값은 더 좋은 특성을 가지게 되나, 면적을 고려해야 하므로 적절한 배열 횟수가 필요하다.

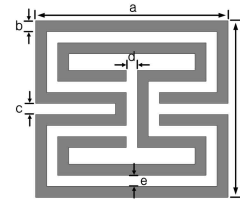


그림1. 결합 커패시터를 높인 형태

II. 5.8GHz 공진기 설계

본 논문에서 5.8GHz 공진기를 설계하기 위해 Pendry에 의해 증명되었던 LHM 특성을 가진 SRR 구조를 이용하고자 한다[2]. SRR구조는 LHM 특성을 인공적으로 구현하는 방법 중 가장 많이 이용하는 방법이다. 이 SRR 구조를 통해 공진기를 설계하였다. 공진기의 Q값은 커패시터 값이 클수록 좋은 특성을 나타낸다. 그림1은 HFSS를 이용하여 SRR 구조를 결합 커패시터를 최대한 크게 할 수 있는 방향으로 구조를 만든 단위구조이다[3]. 기존의 SRR구조와 동일하게 감은횟수는 2번을 사용하였고, 원형의 구조를 사각형의 형태로 변형 함으로서 결합 커패시터를 높였다. 그리고 또한 프랙탈 구조를 적용하여 역시 커패시터 값을 높일 수 있는 방향으로 구조를 변형하였다. 각 변수의 값은 a=3.2mm, b=0.2mm, c=0.2mm, d=0.2mm, e=0.2mm, f=3.2mm 이고 모의실험 결과 5.8GHz에서 S21의 값이 -30.91dB를 보였다. 그림2에는 모의실험 결과를 보여주고 있고, 이를 통

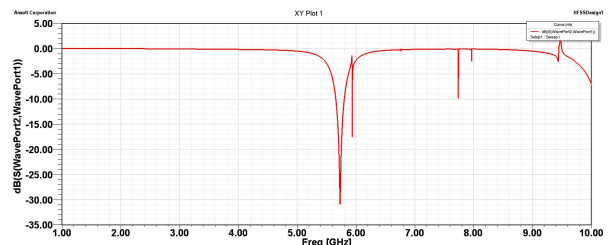


그림2. HFSS 통한 공진기 시뮬레이션

본 논문에서는 4번의 주기적인 구조를 사용 하였고, 이 때 저지특성 S21 값은 5.8GHz에서 -85.77dB를 보이며, 단위구조만 사용하였을 때보다 저지특성이 -54.86dB가 향상 됨을 볼 수 있었다. 그림3 에는 4번의 주기적인 모습을 보여주고 있고, 그림4에는 주기적인 구조를 통한 모의실험 결과를 나타내었다. 모의실험 결과 Q값도 400이상의 높은 값을 나타내어 주기적인 배열을 통해 높은 성능 향상을 보였다. 여기서는 각각의 단위구조

사이에서 생기는 분산 커패시터가 존재하므로 각 단위구조의 간격 또한 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 단위구조 사이의 간격(S)을 1mm로 하였다.

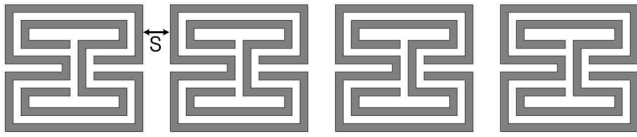


그림3. 주기적인 구조를 적용한 공진기

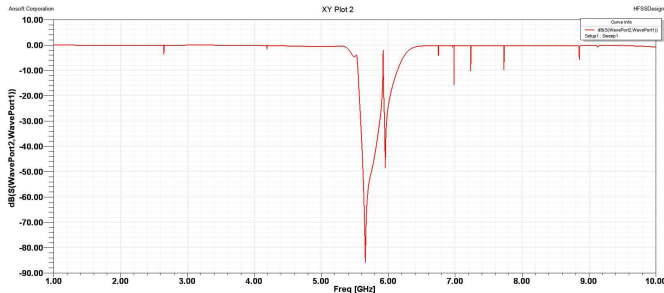


그림4. 4번의 주기적인 구조 공진기 모의실험 결과

III. 5.8GHz VCO 설계

HFSS로 구현한 공진기의 특성을 이용하여 VCO를 구현하였고 이를 ADS로 검증하였다. 제안된 전압 제어 발진기는 두께가 31mil이고, 유전율이 3.2인 Taconic사의 TLC 기판으로 제작되었고, NEC사의 NE661M04 BJT 트랜지스터와 M/A-COM 사의 MA46H202 버랙터 다이오드를 이용하여 설계되었다. 그림5 에서 보인 것처럼 BJT는 4단자를 사용하였으며 에미터쪽에 에너지 보상을 위하여 부정저항을 달았다. DC바이어스 부분은 BJT의 베이스와 컬렉터에 바이어스를 가하기 위함이고 레귤레이터를 통해 전압이 공급이 되며, 전송라인 상에서는 5.8GHz에서 개방으로 보이게 되어 5.8GHz 주파수의 손실을 방지 하게 된다. 공진기의 앞단에는 버랙터 다이오드를 구동하기 위해 0~26V의 가변전압이 가해 지게 되며 이에 따라 주파수 가변을 가지게 된다. 표1에는 버랙터 다이오드에 1V전압을 가하였을 때, 발진주파수와 하모닉 주파수를 나타내고 있다. 제안된 전압제어 발진기는 시뮬레이션 결과 5.773 ~ 5.862GHz 의 주파수 범위와 100KHz의 오프셋 주파수에서 -131.45 ~ -133.59 dBc/Hz의 위상 잡음 특성을 갖는다.

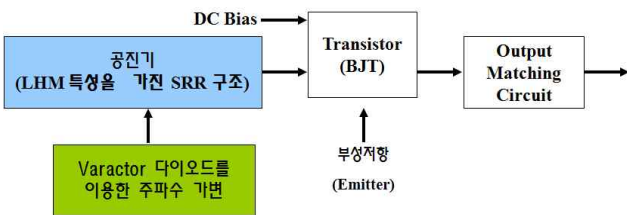


그림5. 전체적인 VCO 구조도

그림6는 버랙터 다이오드에 1V전압이 가해졌을 때의 위상잡음을 보여주고 있다. 이는 CMOS로 구현한 전압제어발진기[5] 보다 약 23dB 정도 개선되었다. 그림7은 VCO의 출력 파형으로 안정적인 동작을 하고 있음을 보여 주고 있다.

표1. 발진주파수 및 하모닉 주파수

harindex	freq
0	0.0000 Hz
1	5.858 GHz
2	11.72 GHz
3	17.57 GHz

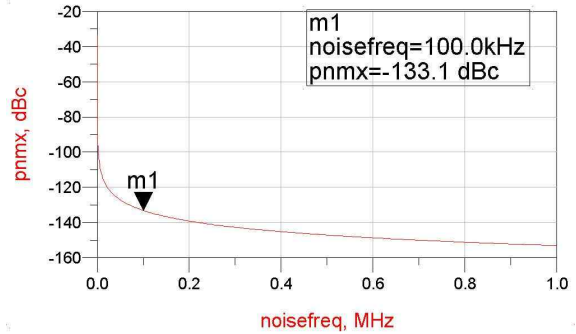


그림6. VCO의 위상잡음

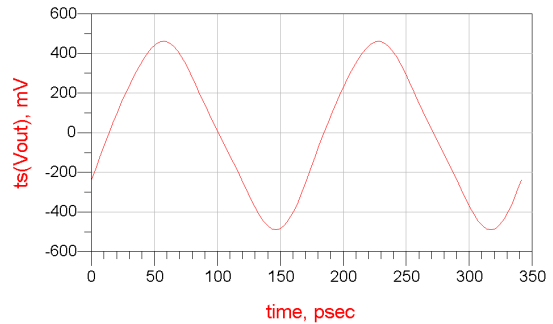


그림7. VCO의 출력전압

IV. 결론

본 논문에서는 VCO의 위상잡음 특성 개선 및 Q값을 향상시키기 위하여 메타물질 특성을 이용한 공진기를 이용하였다. 기존의 제기되었던 SRR 형태를 결합 커패시터를 높이기 위한 형태로 구현 되었으며, 이는 3차원 설계를 통한 결과를 보기 위해 HFSS를 이용하였다. 제안한 형태를 통하여 높은 Q값을 구현 하였으며, 마이크로 스트립 전송선로를 이용하여 VCO를 구현 하였다. VCO 주파수는 5.773 ~ 5.865 GHz 이며, 위상잡음은 -131.45 ~ -133.59 dBc/Hz @100kHz 의 값을 얻을 수 있었다. 상기 구조는 높은 Q값이 필요한 응용분야에 적용이 가능 하다.

참고 문헌

- [1] Lai, A, Itoh, T, Caloz, C, "Composite right/left-handed transmission line metamaterials", IEEE. Microwave Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 34-50, Sept. 2004.
- [2] J. B. Pendry, A. J. Holden, D. J. Robbins, and W. J. Stewart, "Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena", IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 47, no. 11, pp. 2075-2084, Nov. 1999.
- [3] S. S. Karthikeyan and M. Arulvani, "Double Negative Metamaterial Design Using Open Split Ring Resonator," IEEE students' Technology Symposium, April 2010.
- [4] C. Caloz, T.Itoh. Electromagnetic Metamaterials, Transmission Line Theory and Microwave Application, John Wiley & Sons Inc., 2006.
- [5] Dudulwar, P, shah., K, Le, H, Singh, J, "Design And Analysis of Low Power Low Phase Noise VCO", MIXDES 2006. Mixed Design of integrated, pp. 256-259, June 2006.