

CPW 구조의 Ka-band Colpitts Oscillator 설계

고정민, *김준일, 지 용
서강대학교 전자공학과
*삼성전기
전화:02-716-3429

Design of Ka-band Colpitts Oscillators with a Coplanar Waveguide Configuration

Jungmin Ko, Junil Kim*, Yong Jee
Department of Electronic Engineering, Sogang University
Samsung Electro mechanics Co.*

E-mail : jm77go@sogang.ac.kr, juniree@naver.com, yongjee@sogang.ac.kr ,

Abstract

This paper presents the design method of a Colpitts type oscillator with coplanar waveguide(CPW) structures in the range of Ka-band frequency for transmitter and receiver modules. Series short stubs of CPW patterns provide inductances and capacitances in the range of Ka-band which can be expressed as a CLC- π equivalent circuit. The experimentation has employed ro4003 substrates as a CPW substrate which has a dielectric constant of 3.38 and a signal and ground space of 100 μ m. A method of momentum simulation for the CPW patterns has performed with an ADS software tool of Hewlett-Packard Corp. Inductance and capacitance circuits of a Colpitts oscillator was interconnected to a MESFET with CPW bend structures of including the input and output impedance matching circuits of the active transistor. Circuit parameters for impedance matching were determined through the network conversion to the equivalent length of CPW transmission lines by using T-network π -network conversion circuit. A Colpitts oscillator was fabricated on the substrate of a area of 8.5mm x 17.4mm with a MESFET of Fujitsu FMM5704X and CPW series short stubs. The design suggested the possibility of realizing oscillators on a planar surface for the wireless system of transmitter and receiver modules in the frequency range of 30GHz

I. 서론

RF 회로나 밀리미터파 회로시스템에서는 많은 영역에서 CPW(Coplanar waveguide) 전송선을 사용하여 시스템 회로를 구성하고 있다. 이는 같은 평면 위에 신호선과 접지면을 지니는 공정상의 장점을 지니고 있어, 마이크로스트립 라인 전송선에서 요구하고 있는 비아 홀 공정이나 반대면 접지면 공정이 요구되지 않기 때문이다.[1] 또한 CPW 패턴을 지닌 회로는 SMT 공정이나 flip chip 등의 패키징 기법으로 RF 회로 모듈의 구현이 가능하고 신호선의 기생 인덕턴스 성분을 제거할 수 있으며, 수동 소자 및 능동소자들의 집적화가 가능하고 모듈을 소형화, 경량화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. CPW 패턴을 이용한 발진기 구조는 이러한 CPW 회로 구조의 장점을 살릴 수 있으며 CPW 패턴 자체가 인덕턴스 및 캐패시턴스 L, C 의 공진회로를 쉽게 형성시키는 장점이 있다. 콜핏츠 발진회로는 CPW 패턴구조를 사용할 경우 간단한 구조로 발진회로를 구성할 수 있어 그 설계 과정을 살펴보았다.[6], [7]

본 실험에서 살펴보는 Ka-band 에서 동작하는 CPW 구조의 콜핏츠 발진기는 CPW 패턴으로 이루어진 인덕턴스와 캐패시턴스와 한 개의 MOSFET 로 이루어져 있다. 발진주파수를 결정하는 설계에서는 capacitance-inductance-capacitance-pi 등가회로로 표현되는 series short

stub 구조를 이용하였으며 트랜지스터와의 신호적 연결 문제를 해결하기 위해 불연속 CPW bend 구조를 이용하여 트랜지스터 입출력단의 임피던스 정합회로를 구현하였다.

II. CPW Colpitts 발진기 설계

2.1 Colpitts 발진기 회로

그림 1 은 콜피츠 발진회로로서 한 개의 MESFET 를 중심으로 한 L, C 증폭회로를 나타낸다. 터미널 1 인 FET 의 게이트 단자로 입력된 신호는 터미널 2 인 드레인 단자로 증폭되어 출력되고, 이 신호는 그림 1 과 같이 다시 두 개의 캐패시턴스 C1 과 C2 를 정해진 소자로 사용하고, 탱크회로로써 L 를 사용하여 고정된 발진 주파수를 결정하면서 터미널 1 인 FET 의 게이트 단자로 케환되어 다시 입력된다. 이 연결구조에서는 Z1 과 Z2 는 같은 리액턴스 성분을 가져야 하며 Z3 과는 다른 리액턴스 성분을 가져야 한다. 이런 구성을 만족시키는 콜피츠형 발진기는 고정된 발진 주파수를 출력시킨다.

[2]

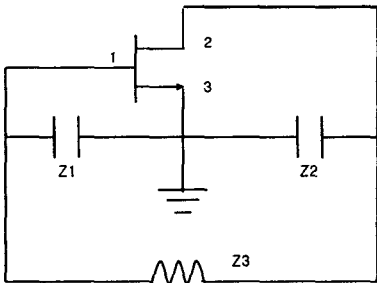


그림 1 일반적인 콜피츠형 발진기

2.2 30GHz colpitts osc L,C 선정

Colpitts L,C 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} \text{ 여기서 } C_T = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2} \text{ 이다.}$$

발진 주파수 30GHz 에서 결정된 인덕턴스 625[pH], 캐패시턴스는 90 [fF]이었다. 이 때 C_T는 45[fF]이었다.

2.3 colpitts osc L,C 패턴 설계

콜피츠 회로 L,C 를 CPW 불연속 구조인 series short

stub 구조를 이용하여 구현하였다. Capacitance-Inductance-Capacitance-π 등가회로를 가지며 구조적 변수인 L, W, H 를 이용하여 L, C 값을 구할 수 있었다. 구조적 변수인 L, W, H 값이 변화할 때 CPW 패턴에 의해 주어지는 전기적 변수의 값의 변화를 선형적으로 얻기 위해서 얻어진 결과는 200<L<575um, 700<W<950um, 200 < H < 600um 의 범위에서 CPW 패턴에 의한 전기적 변수의 값이 다음과 같은 식으로 변화는 것을 볼 수 있었다.

$$L_s = (0.0006 * L - 0.0135) * (W + 1350) - 0.5918 * H + 200$$

$$C_p = (-0.00005 * L + 0.0582) * (W + 630) + 0.1713 * H - 20$$

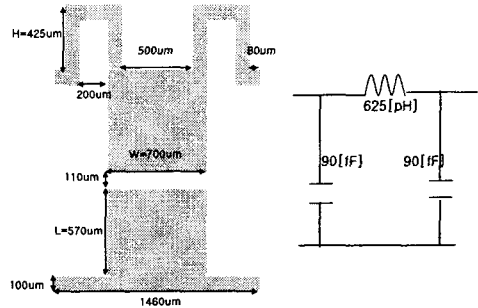


그림 2 30GHz Colpitts L,C

III. CPW 연결 구조

콜피츠형 발진기 L, C 와 보상된 CPW Bend 구조를 이용하여 MESFET 입출력단의 임피던스 정합회로를 구성하였다. 구현과정은 CPW 전송선의 등가길이를 구하여 MESFET 의 입출력단의 임피던스 정합값을 등가길이로 해석한 다음, 출력단의 회로연결구조를 구성하였다.

3.1 CPW 보상된 Bend 구조

그림 3 은 보상된 구조를 갖는 CPW Bend 구조를 나타내고 있다[3],[4],[5]. 이는 CPW 전송선의 전송 손실을 최소화하기 위해서 사용하였으며, 이때 L 을 1.8 배의 선폭으로 할 때 가장 낮은 전송손실 값을 보여 주었다. 이때 L 은 2250um 이었다.

그림 4 와 같은 CLC-π 등가회로는 CPW 전송선의 길이를 알면 이에 해당하는 CLC-π 등가회로의 임피던스

스와 어드미턴스를 제시해 준다. 또한 CLC-pi 등가회로의 임피던스와 어드미턴스를 알면 이에 해당하는 등가회로는 CPW 전송선의 등가길이를 나타내준다.

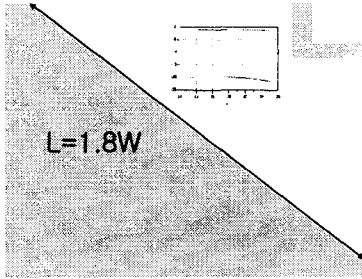


그림 3 보상된 CPW Bend 구조

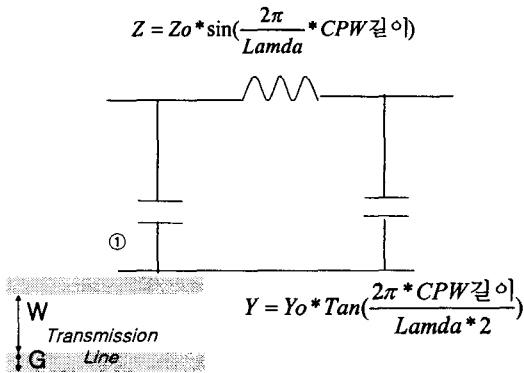


그림 4 CPW 등가길이 구하기

3.2 CPW Bend 연결구조

MESFET 입력단의 임피던스 정합회로는 86.4[fF]의 직렬 캐패시턴스와 220[fF] 병렬 인덕턴스, 309[pH] 병렬 인덕턴스의 값을 필요로 한다. 이를 그림 4의 등가길이 변환과정을 통해 등가길이를 나타내면 1292.07um (0.18472λ)로 나타내어진다. CPW bend 구조가 이 등가길이와 일치하도록 설계하였다. 여기서 CPW bend 구조길이는 0.22λ이며 콜핏츠 회로, LC와 서로 연결하기 위해서 0.75λ의 전송선 길이를 연결하였다. 이에 따라 입력단의 전체 연결 등가길이를 1.18472λ가 되게 하도록 기본구조의 등가길이를 조정하였다.

MESFET 출력단의 임피던스 정합회로는 434.8 [pH] 직렬 인덕턴스와 120[fF]의 병렬 캐패시턴스 필요로 한다. 이를 등가길이로 나타내면 2318.6um(0.33147λ)

로 나타내어진다. 기본구조는 입력단과 같으며 CPW bend 구조길이를 포함한 출력단의 전체 연결 등가길이는 1.33147λ가 되도록 하였다. 그림 5는 입,출력단의 기본 연결 구조를 나타내고 있다.

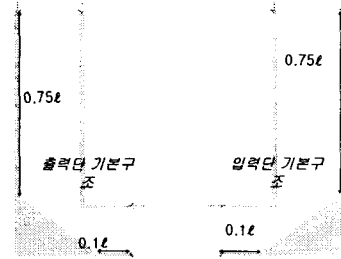


그림 5 입출력단 연결구조의 기본구조

그림 6은 입출력단의 연결구조가 형성된 후의 CPW 패턴을 나타내고 있다. 입력단의 등가길이는 8287.03um이었으며, 출력단의 등가길이는 9313.39um로 나타났다.

그림 7은 ro4003 기판으로 구현되는 Ka-band colpitts osc의 wirebonding 구조와 CPW 수동부품 구조 그리고 보상된 CPW Bend 구조를 이용하여 구성된 콜핏츠 발진 회로를 나타내고 있다. PCB 기판 위에 형성된 CPW 구조의 전송선 선로에 FMM5704X 칩을 이용하여 발진기 회로를 구현하였다.

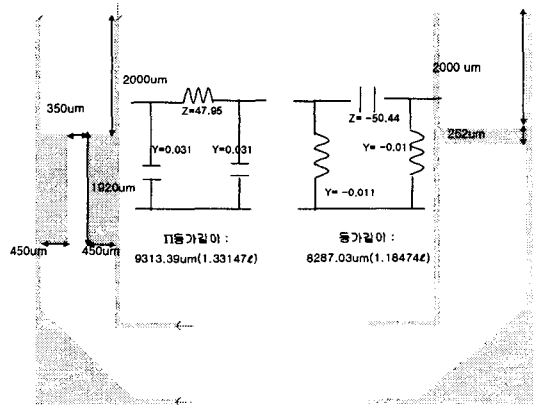
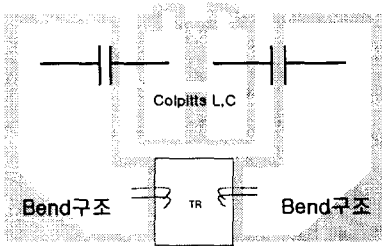


그림 6 입출력단 연결구조의 결과

III. 실험 결과

그림 8은 제작된 CPW 콜핏츠 발진기의 사진이다. 그림 9는 설계 결과로부터 얻어진 데이터를 나타낸다. 내부의 그래프에서는 반사계수의 실수부가 음의 값을

가지므로 부정저항을 나타내고 발진하고 있음을 보여주고 있으며 허수부에서 29.89GHz 에서 0 의 값을 가지므로 위상의 변화가 없음을 보여주어 동작 발진주파수가 29.89GHz 에서 동작함을 볼 수 있었다. power 크기는 15dB(입의 값) 이상으로 발진이 되는 것을 볼 수 있었다.



- Chip 연결 구조 : wire bonding 이용
- PCB substrate 이용 - rogers 4003
- CPW 구조의 전송선로 이용

그림 7 CPW Colpitts 발진기 전체 구성 결과

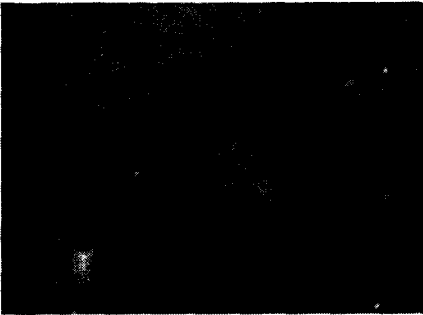


그림 8 CPW Colpitts 발진기 제작된 사진

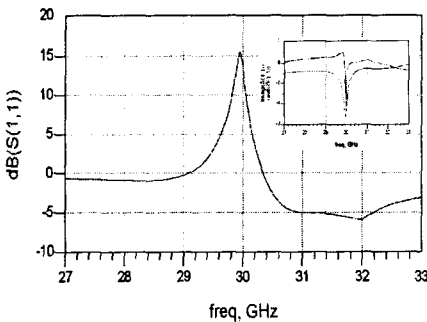


그림 9 CPW Colpitts OSC 최종 결과

IV. 결론

본 논문에서는 CPW 구조를 이용하여 Ka-band 대역에서 동작하는 송수신 모듈의 발진회로인 콜피츠 발진기를 설계 구현하였다. CPW 불연속 구조인 series short stub 구조를 이용하여 30GHz 발진 주파수인 Colpitts L,C 를 설계하였고 신호 전송의 손실을 최소화하기 위해 CPW 전송선 등가길이를 해석하여 구현하였다. 이 구조는 집적도가 요구되는 system-on-a-chip 구현에서 밀리미터파 대역에서의 송수신 무선시스템의 한 부품으로 구현될 수 있음을 보여 주었다.

참고문헌

- [1] R. N. Simons and G.. E. Ponchak, " Modeling of Some Coplanar Waveguide Discontinuities," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-36, pp1796-1803, 1988.
- [2] G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentice Hall, pp411-414, 1997.
- [3] R. N. Simons, Coplanar Waveguide Circuits, Component, and System, Wiley-Interscience, pp247-251,2001.
- [4] A. A. Omar, Y. L. Chow, L. Roy, and M. G. Stubbs, "Effect of Air-Bridges and Mitering on Coplanar Waveguide 90 Bends: Theory and Experiment," IEEE MTT-S Digest, pp.823-826, 1993.
- [5] P. M. Watson and K. C. Gupta, "Design and Optimization of CPW Circuits Using EM-ANN Models for CPW Component," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-45, pp. 2515-2523, 1997.
- [6] A. K. Sharma and H. Wang, "Experiment Models of Series and Shunt Elements in Coplanar MMICs," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Digest, pp.1349-1352, 1992.
- [7] M. H. Mao, R. B. Wu, C. H. Chen, and C. H. Lin, "Characterization of Coplanar Wave-guide Open End Capacitance Theory and Experiment," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-42, pp.1016-1024, June 1994.