

유전체 공진기를 이용한 Ka-band 용 Push-push 발진기의 설계 및 구현

김민호, 김병희, 박천석
성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 초고주파 및 안테나연구소
전화 : 031-290-7203

Design and Fabrication of Ka-band Push-push oscillator Using Dielectric Resonator

Min-Ho Kim, Byung-Hee Kim, Cheon-Seok Park
School of Electrical and Computer Engineering, SungKyunKwan University
Microwave and antenna Lab
E-mail : delphinus@mwlab.skku.ac.kr

Abstract

In this paper, the Ka-band Dielectric resonator oscillator has been designed and fabricated. The resonator network was simulated using HFSS program. The design method of an oscillator is the small-signal S-parameter design. The Push-push DRO employs a hetero junction FET (NE32484A). The fabricated Push-push DRO shows such characteristics as the phase noise -106 dBc/Hz at the 100 kHz frequency offset. the output power and fundamental frequency suppression were -6 dBm and -29 dBc, respectively.

I. 서론

최근 이동 통신에 사용되는 주파수 대역의 포화현상과 대용량의 초고속 데이터 전송에 대한 수요가 증가함에 따라 LMDS나 B-WLL과 같은 Ka-band 대역의 주파수를 이용한 통신시스템이 각광 받는 무선통신으로 대두되게 되었다. 이러한 시스템의 송수신단에서 주파수를 상향, 하향변환 시킬때 필요로 하는 마이크로웨이브 모듈내의 국부발진기의 주파수 안정도 및 위

상잡음 특성이 전체 시스템의 데이터 오율특성에 중요한 영향을 미치므로 발진기의 중요성이 점차 부각되고 있다.

발진기의 공진회로를 구성하는 수동소자로는 마이크로스트립, 유전체 공진기가 있으며 유전체 공진기는 도파관에 비하여 부피가 작고 온도변화에 따른 공진 주파수 변화가 매우 적을 뿐만아니라 가격이 저렴하여 고안정화를 요구하는 Microwave Integrated Circuit (MIC) 발진기의 주파수 결정소자로 많이 사용되고 있다.

또 Ka-band 대역의 발진기는 소자 용량의 한계와 제조 기술상의 문제로 인하여 Push-push 발진기의 설계 기술이 이용되고 있다. Push-push 발진기는 낮은 위상잡음과 높은 출력을 나타내는 우수한 성능으로 인해 많은 시스템에서 응용되고 있다. Push-push 발진기의 원리는 원하고자 하는 출력주파수의 절반에 해당하는 주파수를 출력하는 동일한 두 개의 발진기를 이용하여 만들게 된다. 이 두발진기의 출력위상이 180도 차이가 나게 함으로써, 기본주파수는 서로 상쇄되고, 2차고조파를 출력함으로써, 우리가 원하는 주파수를 출력하게 된다. 이때 유전체 공진기는 주파수 결정뿐만 아니라, 위상반전을 결정하는 소자로서 사용된다.

본 논문에서는 높은 Q값을 갖는 유전체 공진기를 이용하여 Push-push 형태의 Ka-band 대역의 발진기를 설계 및 구현하였다.

II. Push-push 유전체 공진 발진기 설계

2.1 유전체 공진기

위상잡음이 좋은 발진기를 설계하기 위해서 Q값이 높은 유전체 공진기를 이용한 발진기를 만들게 되는데, 발진기의 설계방법은 일반적으로는 DRO를 설계하기 위해서 유전체공진기로 이루어진 공진부를 등가 회로로 변환하여 설계하게 된다.

이러한 설계방식은 공진부를 일반 소자값으로 변화시켜 간단하게 시뮬레이션할 수 있다는 장점이 있는 반면 정확한 Q_L (Loaded Q) 값을 얻기가 힘들며 유전체 공진기의 위치와 DRO를 둘러싼 차폐상자의 크기 변화에 대한 공진부의 변화값을 알 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 HP사의 HFSS 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 공진회로를 시뮬레이션한후 그 값을 이용하여 전체 회로를 설계하였다.

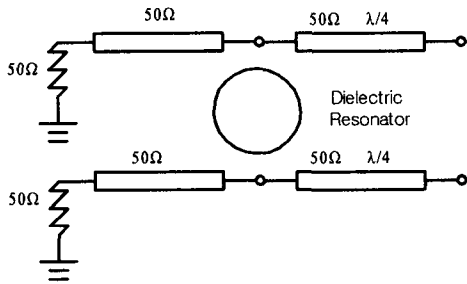


그림 1 시뮬레이션 회로도

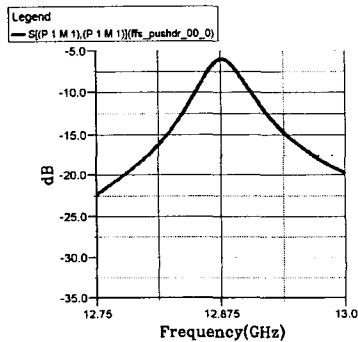


그림 2. 공진부의 Simulation 결과

사용된 유전체 공진기의 제원은 외각지름 5.2 mm, 높이 1.6 mm Q값은 3000으로 시뮬레이션 결과 그림 2와 같이 약 12.87GHz에서 공진하였다.

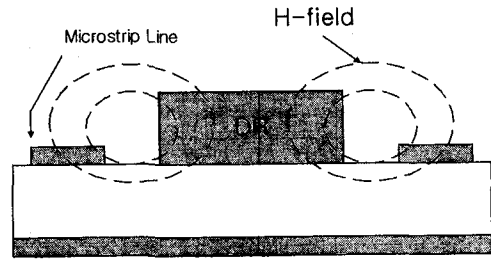


그림 3. Push-push type 공진 회로

Push-push 유전체 공진발진기에서 유전체 공진기는 그림 3 과 같이 두 마이크로스트립라인에 위상차가 180도인 RF current를 여기 하게 된다. 따라서 출력위상 또한 180도의 위상차이가 나게 된다.

2.2 Push-push 유전체 공진 발진기 설계

유전체 공진기의 위치에 따라서 직렬 케환, 병렬 케환, 반사형 케환등의 형태로 나뉜다. 이중에서 입력단에 유전체 공진기를 위치시킴으로써 출력단과의 분리도가 뛰어나며 병렬 케환형 공진발진기에 비하여 높은 출력을 내는 직렬 케환형태로 발진기를 설계하였다. 따라서 본 논문에서도 직렬 케환형 발진기를 이용하여 발진기를 설계하였다.

기본 설계 회로는 그림 4와 같다. Push-push 유전체 공진 발진기는 출력단에서 180도의 위상차를 가지고 두 발진기의 출력이 더해지므로, 기본주파수에서는 그림과 같이 출력단이 단락이 된다.

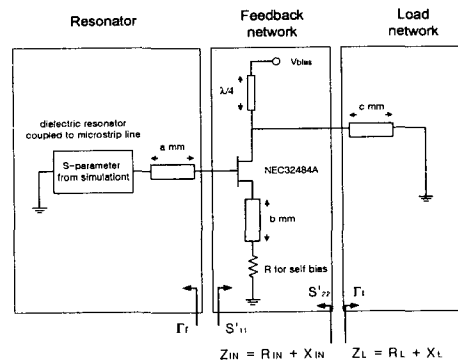


그림 4 Odd mode의 2단자 발진기 회로

발진기의 설계는 소신호 산란계수를 이용하여 그림 4의 회로에서 Γ_L , S'_{11} , S'_{22} , Γ_r 의 값이 발진조건을 만족하도록 마이크로스트립 라인의 값을 구하였다. 발진조건은

$$K < 1, \quad K; \text{ 능동소자의 stability factor } (1)$$

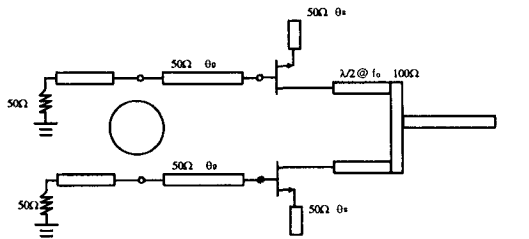


그림 5. 간략화한 Push-push 발진기 회로

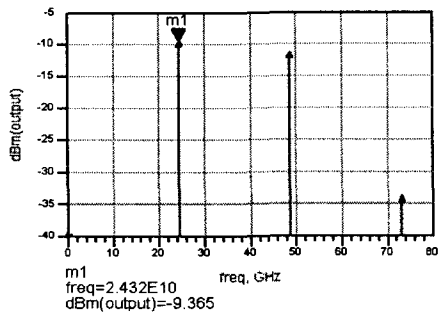


그림 6. 주파수 억압특성

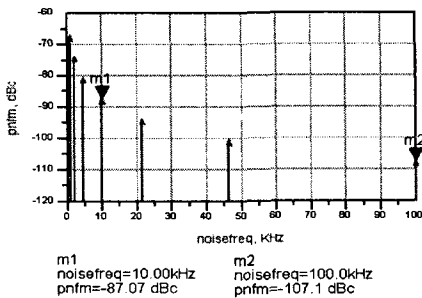


그림 7. 위상잡음특성

$$\Gamma_r * S_{11} = 1 \quad (2)$$

$$\Gamma_{in} * \Gamma_r = 1 \quad (3)$$

으로 식(1),(2),(3)을 만족 시키도록 스트립라인의 길이 a, b, c를 최적화 하였다.

이 값들을 이용하여 그림5와 같이 전체 회로를 시뮬레이션 하였다.

유전체 공진 발진기의 설계는 회로 시뮬레이션 프로그램인 HP ADS 1.1을 이용하였으며 발진기를 이루는 트랜지스터는 20GHz의 고주파 영역까지 저잡음 특성을 가지는 NEC사의 HJ(Hetero Junction)-FET인 32484A를 사용하였다

ADS 시뮬레이션 출력 특성은 그림 6과 같고 그림 7은 위상 잡음 특성을 나타낸다. 시뮬레이션 결과 출

력주파수는 24.32 GHz이며 출력 파워는 - 9.365dBm, 그리고 위상잡음은 10KHz offset 주파수에서 -87.07 dBc/Hz, 100kHz offset 주파수에서 -107.1 dBc/Hz를 나타내었다.

III. Push-push 유전체 공진 발진기의 제작 및 측정결과

본 논문에서 사용한 소자는 NEC사의 NE32484A 이고 기판은 유전율 2.5mm 두께 0.254mm인 metclad사의 mxst-250기판을 이용하여 제작하였다.

주파수 출력특성은 HP사의 8564E 주파수 분석기를 이용하여 측정하였다. 출력특성은 25.80 GHz에서 -6dBm의 출력레벨을 보이며, 그림 8과 같이 -29 dBc의 기본 주파수 억압특성을 보였다. 출력 파형은 그림 9에 나타내었다. 주파수 억압특성이 시뮬레이션과 많이 다르게 나왔는데 이는 이론상 공진기를 기준으로 대칭적인 구조가 되어야 하지만, 실제 device 간의 특성 차이와 제작시 대칭성이 약간씩 어긋나는게 원인으로 작용하여 기본주파수의 신호가 완전히 상호 상쇄되지 못해서 발생하였다. 측정결과 위상잡음은 100KHz offset 주파수에서 -106.87 dBc/Hz를 나타내었으며 10KHz offset 주파수에서 -70 dBc/Hz를 나타내었다.

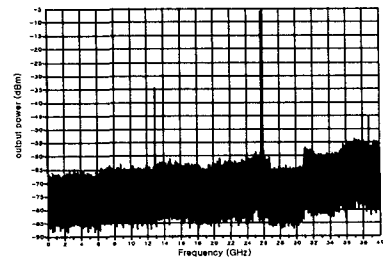


그림 8. 기본주파수 억압 특성

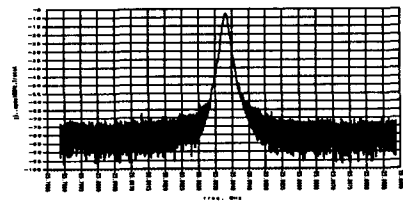


그림 9. Push-push DRO의 출력 스펙트럼

IV. 결론

본 논문에서는 Ka-band대역의 발진기를 Push-push의 구조를 이용하여 유전체 공진기를 이용하여 설계 및 제작하였다. 유전체 공진기를 사용하여 제작된 Ka-band Push-push 발진기는 25.8GHz에서 -6dBm의 출력 레벨을 갖으며, 기본 주파수 억압 특성은 -29dBc를 나타내며, phase noise는 100KHz offset 주파수에서 -106.87 dBc/Hz를 갖는다. 향후 출력 레벨을 좀 더 개선 한다면, Ka-band 대역의 송수신부에 사용할 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- [1] Wilson, P.G., and R.D. Caver, "An Easy-to-Use FET DRO Design Procedure suite to Most CAD Programs," IEEE International Microwave symposium Digest, 1989, pp.1033-1036.
- [2] Eric Holzman, "Solid-state microwave power oscillator design" Artech house, Boston, London, pp303-324.
- [3] A. M. Pavio and M. A. Smith, "A 20 ~ 40GHz Push-push Dielectric Resonator Oscillator", IEEE Trans. Microwave Theory Tech, Vol. MTT-33, pp.1346~1349, 1985.