

# UHF대역에서 동작하는 마이크로스트립라인을 이용한 VCO 제작 VCO fabrication using Microstrip Line operating at the UHF frequency band

이동희\*, 정진휘.

(Dong Hee-Rhie\*, Jinhwee Jung)

## Abstract

In this paper, we present the results of the design and fabrication of the VCO(Voltage controlled Oscillator) using RF circuit simulator GENESYS and electromagnetic field simulator EMpower. Frequency range is fabricated VCO is 850 Mhz ~ 950 Mhz, which is used Colpitts Circuit. the fabricated VCO is consisted of resonator, oscillator and MSL(Microstrip Line) is used in LC tuning circuit.(operated by negative feedback) MSL(Microstrip Line), Varactor(Plastic package), low noise TR(SOT-23), chip inductor(1608), chip capacitor(1005), chip resistance(1005). 1005 type is used for sample fabrication of VCO. In the fabrication process, circuit pattern is screen printed on the alumina substrates of over 99.9% purity. Center frequency of the sample VCO is 850MHz at  $V_T=1.5V$ , while the simulated value was 1.0GHz at  $V_T=1.5V$ . Variable frequency range of the sample is 860~950MHz in contrast to the 1068~1100MHz of the simulated values

**Key Wards** : VCO, GENESYS, EMpower, 인쇄기법(스크린 프린팅), Microstrip Line, Negative feedback

## 1. 서론

현대 전자 산업을 이끌어가는 가장 큰 동인은 전자회로의 집적화 기술로서, 집적된 전자회로에 대한 소형화(miniaturization), 저전력화(Power saving), 고신뢰화(reliability improvement) 및 저가화(cost reduction)를 위한 연구 개발이 지속적으로 수행되고 있다.

이동통신기기의 경우는 그 대표적인 사례로서 지난 20년간 급격한 용적 및 중량감소를 이루었다. 이는 전자회로의 집적화 및 수동부품의 소형화 그리고 고성능 2차 전지의 개발에 힘입은 바 크다고 하겠다. 이와 같이, 이동통신기기의 소형·경량화를 위해서는 사용 전자 부품의 소형화가 필수적이며, 이중 마

이크로파 유전체가 이용되는 부품으로는 Duplexer, BPF, VCO, Antena 등과 RF용 MLCC, 적층인덕터 등을 대표적으로 들 수 있다.

특히, 이동통신기기의 핵심부품중의 하나인 VCO는 지난 10여년 동안 26×17×10mm 사이즈에서 5.5×5.5×2.0mm 사이즈로 개발 초기의 용적에 비해 거의 1/70 수준으로 초소형화되어 있다.[1]

본 연구에서는 초소형 VCO 제작을 위한 기반기술을 확보하기 위해 발진기의 기본단위인 공진부와 발진부로만 이루어진 VCO 회로를 설계 및 제작하여 그 특성을 검토해 보았다.

## 2. 회로 구성

VCO는 일반적으로 공진부, 발진부, 버퍼부(증폭부)로 구성이 되나 본 연구에서는 발진특성을 검토하기 위해 버퍼부를 제외한 공진부와 발진부로 이루어진 기본적인 VCO를 구성하였다. 버퍼부는 부하의 변동이 발진 특성에 미치는 영향을 억제하는 역할을 한

\* 수원대학교 전기공학과  
(경기도 화성시 봉담읍 수원대학교)  
FAX : 031-220-2494  
E-mail : jinhweej@mail.suwon.ac.kr

다. 즉, 버퍼부는 발진을 일으키는 역할 보다는 VCO의 특성을 향상시키는 회로이므로 본 논문에서는 버퍼부를 제외한 공진부와 발진부로 이루어진 VCO를 제작하여 발진 특성을 검토하였다.

## 2.1 공진부

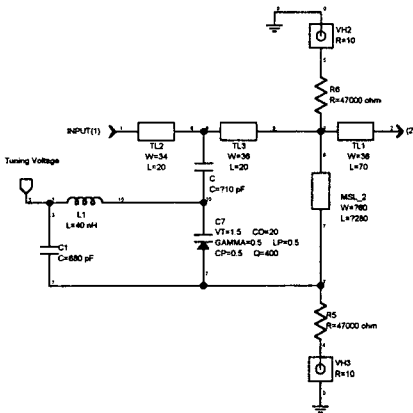


그림 1. 공진부 회로

공진부는 유도성 리액턴스를 갖는 마이크로 스트립라인과 칩 커패시터로 이루어진 LC탱크 공진회로를 이용하였다. 마이크로 스트립라인은 다층기판에 사용하기에 적절하므로 공진기용 소자로 선택하였다. 마이크로스트립라인의 공진부의 설계는 고주파 선형 회로시뮬레이터인 GENESYS와 EM simulator인 EMpower를 사용하였다.

## 2.2 발진부 디자인

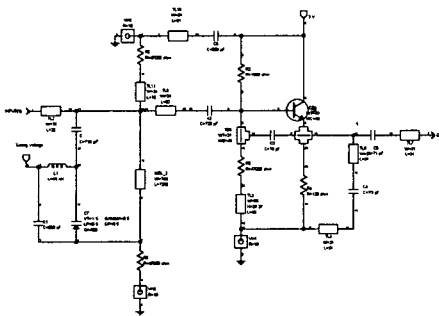


그림 2. 발진부 회로

그림에서 R1, R2, RE는 트랜지스터 Q1의 동작점 Q를 결정하는 바이어스 저항이다. TR의 Collector는

바이패스 커패시터에 의해 접지면과 연결되므로 에미터 접지(Common emitter)로 동작하게 된다. 여기서 트랜지스터 Q1은 귀환 커패시터 C3와 C4에 의해 부성저항(negative resistance)을 얻는다[2],[3]. 특히 시뮬레이터로 임피던스를 확인해 보면 C4의 값을 바꾸어 주었을 때 부성저항의 변화가 크게 나타났다. 이에 의한 부성저항의 역할은 공진부에서 발생하는 손실을 충당하게 되고 바랙터 다이오드, LC탱크 공진회로와 함께 공진부 주파수대역에서 발진하게 된다.

## 3. VCO 제작

### 3.1 레이아웃(layout)

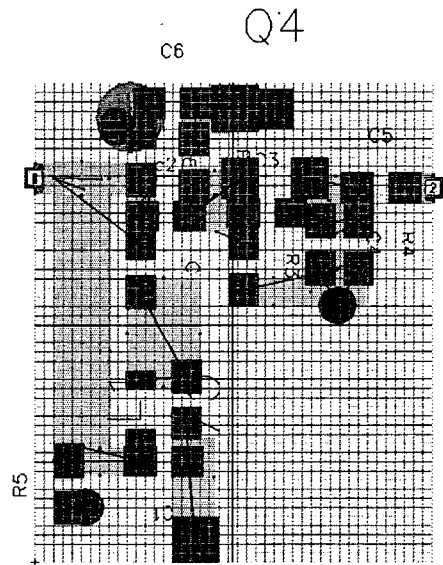


그림 3. 발진회로 Layout

그림 3은 고주파 선형시뮬레이터인 GENESYS의 Schematics에서 설계된 회로를 Layout한 것이다. □ 모양의 분홍색으로 표시된 부분은 소자의 전극부분을 표시한 것으로 실장시킬 때 solder paste가 닿을 부분이다. 그리고 분홍색이기는 하지만 동그란 부분은 접지면과 연결하기 위한 via-hole이 있는 부분이다. 시뮬레이터에서 layout된 패턴은 그림 4와 같이 수정된다. 이 그림은 스크린 프린팅을 하기 위한 해스크린 마스크 제작 도면이다.

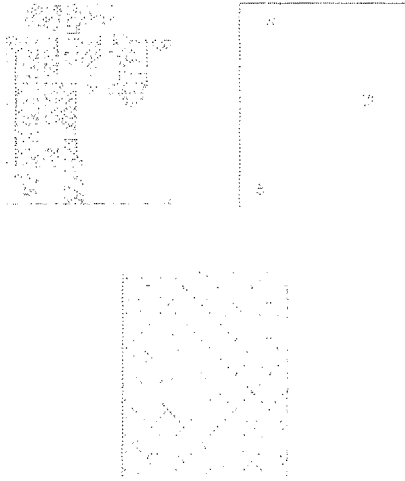


그림 4 스크린을 제작하기위한 도면

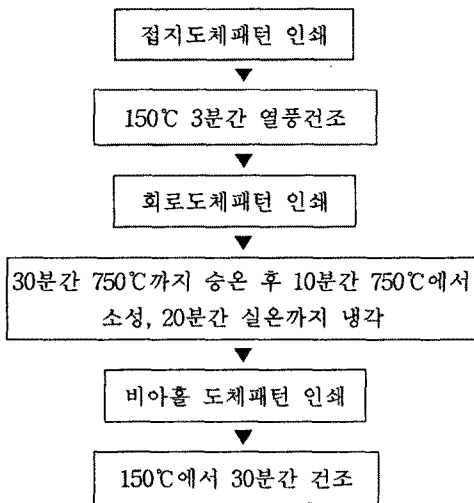


그림 5. 스크린 프린터 인쇄 공정

그림 5는 인쇄공정의 순서도로서 회로의 제작은 인쇄법(스크린 프린팅)을 사용하였다. 회로의 패턴은 스크린 마스크를 이용하여 기판에 인쇄를 하고 건조와 소성 과정을 반복한다. 인쇄공정이 끝난 후 소자를 표면에 실장한다. 기판은 유전율이 10이고 750°C의 온도에서 견딜 수 있는 알루미늄 기판을 사용하였다. 접지도체패턴과 회로도체패턴의 인쇄는 은 도료 DS-7170P를 사용하였다. 비아홀 도체패턴은 DS-7260THK를 사용하여 인쇄하였다. 비아홀용 도료는 회로패턴과 접지도체 패턴에 사용한 도료에 비

해서 점도가 낮은 것을 사용하였다. 그 이유는 인쇄시 도료가 비아홀로 잘 흘러 들어가서 비아홀의 표면에 전극이 잘 묻어야 하기 때문이다. 이때 점도가 맞지 않으면 비아홀의 표면에 도료가 흘러들어가지 않아서 전기적인 연결을 만들지 못하거나 도료가 반대편으로 흘러서 반대편의 패턴과 회로를 단락시키게 된다. 무엇보다도 공정에 있어서 주의해야 할 것이 정렬(align) 문제이다. 정렬 문제가 해결되지 않으면 회로패턴의 홀과 비아홀의 인쇄가 제대로 되지 않게 되고 회로패턴의 반대편인 접지도체면과 연결이 되지 않아 나중에 회로동작에 악 영향을 주게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 스크린 마스크에 정렬표식(alignment mark)을 하였다. 정렬표식은 육안으로 기판의 홀과 스크린 마스크의 홀을 정렬시킬 수 있도록 적절한 모양의 마크를 사용하였다.

### 3.2 회로 소자

그림 2의 발진부 회로에 이용된 용량, 저항 소자는 1005 type(1.0mm×0.5mm)의 chip 부품이다. 그러나 인덕터는 1005type을 구하기가 힘들어 1608type을 사용하였다. 더 작은 소자인 0603type의 chip 부품도 있지만 제작하는데 있어서 따르는 제약이 많아 1005type으로 선택하였다.

능동소자는 잡음지수(Noise Figure)가 작은 TR을 사용하였다. VCO는 원하는 주파수의 신호만을 시스템에 공급해주는 역할을 하는 회로 모듈로서, 달리 말하면 원하는 주파수성분을 제외한 나머지 성분은 필요없다는 것이다. 원치 않는 나머지 성분은 곧 잡음(Noise)가 된다. 이런 노이즈발생의 주요 요인의 하나가 능동소자에서 자체적으로 발생하는 노이즈이다. 제작된 VCO는 NF(Noise Figure)가 1GHz에서 1.1dB인 Toshiba의 Low Noise TR 2SC5084를 사용하였다. 1 GHz에서 NF가 1.1dB정도이면 SOT-23 type중에서 아주 낮은 값에 해당한다. 바랙터는 선형성(linearity)이 좋고  $R_s$ 가 0.22Ω로 작은 Toshiba의 1SV284를 사용하였다. 트랜지스터와 바랙터 또한 VCO의 사이즈를 줄이기 위해서 SOT-23 type과 Plastic Package된 표면 실장용 소자를 사용하였다.

### 4. 회로 특성

VCO 회로의 특성 검사에서는 공급전압, 가변 전압, 발진주파수의 가변 범위 가변 SSB의 위상잡음 특성, 발진주파수와 2차 고조파의 전력을 측정, 정리하였다. 측정기구는 Spectrum Analyzer(ADVANTEST

R3131A), Dual DC Regulated Power Supply HC-2330 AD, P6243 Tektronix 10GHz Active probe를 사용하였다.

표 1의 중심 주파수 전력(Center frequency power)과 2차 고조파 전력(2nd Harmonics power)은 조정(Tuning) 전압  $V_T$ 를 0.3V인 경우의 값을 표시한 것이다.  $V_T=0.3V$ 일 때 2차 고조파 전력이 가장 컸기 때문이다. 이때 2차 고조파 주파수는 1.738GHz이다. Spectrum analyzer로 주파수영역에서 측정한 결과는 그림 6과 같다.

	Mesurement	simulation
Supply Voltage	3 V	3 V
Control Voltage	0~3 V	0~3 V
Variable frequency	860MHz ~950MHz	1068MHz ~1100MHz
Tuning range	30 MHz/V	10 MHz/V
SSB Phase noise	-90 dBc/Hz @75kHz offset	-
Center frequency power	-30 dBm	-
2nd Hamonics power	-56 dBm	-

표 1. VCO 회로특성



그림 6. span 3 GHz에서의 Carrier frequency와 2nd Harmonics

### 5. 결론

제작된 VCO의 발진 특성은 출력이 -30dBm으로 미약하나, 이는 앞으로 후단에 버퍼회로를 부가하여 출력을 올릴 수 있을 것으로 생각된다. 한편 측정 도중 회로가 발진을 멈추는 경우가 있었으나 접지를

안정되게 함으로써  $V_{CC}$ 를 높이지 않고도 안정된 발진 특성을 얻었다.

본 연구에서 제작된 VCO의 발진주파수 가변 전압 범위는 0~3V였으며, 발진 주파수 가변 범위는 90MHz/3V였다.

제작된 VCO는 본래  $V_T=1.5$ 에서 중심주파수가 850MHz가 되도록 설계되었다. 그러나 제작된 시료의 경우  $V_T=1.5$ 에서 그 중심주파수가 약 900MHz에서 나타나므로 50MHz 정도의 튜닝작업이 필요하였다. 본 연구를 통해 RF 회로시뮬레이터를 이용함으로써 RF용 VCO의 설계를 용이하게 할 수 있고 실제 제작된 시료의 발진 특성이 시뮬레이션 결과와 다소 차이는 있었으나 기본적인 설계지침을 제공해 줄 수 있음을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] 염경환, "3V에 동작하는 PCS 단말기용 표면실장용 전압제어발진기의 설계 제작", 한국통신학회논문지, Vol.21 No.3, pp278, 1996
- [2] 박병하, "Voltage-Controlled Oscillator", 2001 RF 회로기술워크샵, 전자파학회, 2001
- [3] Guillermo Gonzalez, "Microwave transistor amplifiers analysis and design", Prentice Hall, Inc., 1984
- [4] Benzad razavi, "RF Microelectronics" Prentice hall, Inc., 1998