

## 세라믹 VCO의 Block 특성 분석을 통한 주파수 튜닝

유찬세\* · 이우성

전자부품연구원

### The Tuning of Oscillation Frequency by the Analysis of Characteristics of each Block in Ceramic VCO

Chan-Sei Yoo\* and Woo-Sung Lee

Korea Electronics Technology Institute

**초 록:** 세라믹 모듈 내부에 내장되는 인덕터와 캐패시터와 같은 수동소자들은 주변 소자 및 패턴의 영향으로 모듈 내부에서는 변형된 특성을 갖게 된다. 이 때문에 수동소자들의 특성을 모듈내부에 내장된 상태로 추출하는 것이 가장 정확하다. 본 연구에서는 세라믹 VCO를 개발함에 있어서 전체 회로를 공진부와 발진부로 나누어서 각 block의 특성을 측정하였고 이를 통해 VCO의 고주파수 거동을 예측하여 개발에 활용할 수 있도록 하였다.

**Abstract:** Ceramic components and modules using LTCC passives are being performed and on the passives included in modules have been studied nowadays. However the characteristics changes of passives in ceramic module due to the coupling between patterns, so each block in module, must be analyzed in the state of module including coupling factors. In our research, characteristics of each block of VCO, resonator part, oscillator part, output part were measured and analyzed to allow the prediction of behavior of VCO.

**Keywords:** Ceramic module, Coupling, Each block of VCO, Resonator part, Oscillator part

## 1. 서 론

최근에 저온 소성 세라믹 재료를 이용한 수동소자 및 모듈을 개발하는 연구들이 많이 수행되고 있다. 그 중 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 한 예인데 낮은 위상잡음을 얻어야 하기 때문에 손실값이 작은 세라믹 재료들이 이용되고 있다. 세라믹 모듈의 경우 각 부품들에 대한 조절이 쉽지 않고 전극 패턴간의 coupling에 의한 특성 왜곡이 심하기 때문에 개별 부품이 아닌 block 전체의 특성들을 측정하고 조절하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 block의 특성들을 추출하여 발

진 가능성 및 주파수를 예측하였고 발진이 일어나도록 튜닝할 수 있었다.

## 2. 실험방법

### 2.1 사용재료

사용재료는 크게 유전체와 도체로 구분되어진다. 유전체는 상용재료로 유전율이 7.8이고 손실값이 0.003(6GHz), 온도계수는 7ppm/°C 정도되는 Dupont사의 9599 재료를 직접 casting하여 사용하였고 도체는 도체 손실값을 줄이기 위해 전기전도도가 좋은 metal content 86%의 Ag 페이스트를 사

\*Corresponding author  
E-mail: ychs@keti.re.kr

용하였다.

2.2. 제작 공정 및 측정

VCO제작에는 자체 설계한 3차원 회로도를 이용하였고 casting 된 green sheet 에 via hole을 형성하고 도체 패턴을 인쇄한 후 여러 층을 쌓아서 제작하게 되는 적층공정(multilayer process)을 적용하였다.

제작한 sample의 각 block 측정에는 probe station (cascade microtech社)을 이용하였고 계측기는 network analyzer(Agilent社, 8753D)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 분석에 사용한 VCO는 2.33 GHz 대역으로 그 기본 회로도가 Fig. 1에 제시되어 있다.

위의 Fig. 1에서 알 수 있듯이 크게 공진부와 발진부로 나뉘어진다. 발진부는 발진현상을 만들어내는 부분이고 공진부는 발진현상이 특정 주파수에서 일어나도록 하는 역할을 한다. 제작한 세라믹 모듈에는 트랜지스터와 다이오드를 제외한 20여개의 수동소자들이 내장되어 있다.

Fig. 2에는 제작한 세라믹 VCO의 top 모양이 나타나 있다. Fig. 1의 2차원 회로를 3차원으로 배열하였을 경우 Fig. 2의 a점이 발진단의 시작점이 되고 b점이 공진부의 시작점이 된다.

두 지점 사이를 끊고 Probe를 이용하여 두 지점을 측정하면 공진단 특성과 발진단 특성이 어떻게 나타나고 있는지 쉽게 관찰할 수 있다. Fig. 3에 공진부 특성이 나타나 있다.

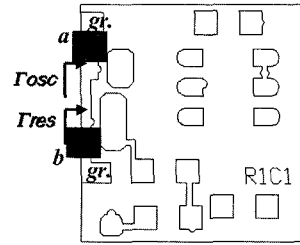


Fig. 2. The top pattern of ceramic VCO.

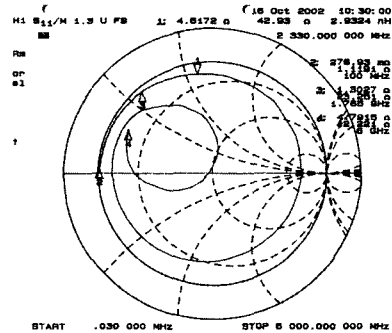


Fig. 3. The characteristics of resonator part.

공진단 특성을 보면 허수성분 임피던스가 43 Ω 정도이고 실수부가 4.6 Ω 정도되어 공진부 전체의 Q값이 약 10 정도됨을 알 수 있다.

발진단 특성을 보면 목표 주파수 근방에서 부성저항을 나타내고 있다. 2.33 GHz에서의 실수 저항이 -5.3 Ω 허수 성분이 -40 Ω 정도되어 발진을 일으킬 수 있음을 측정 결과를 통해 쉽게 파악할 수 있다.

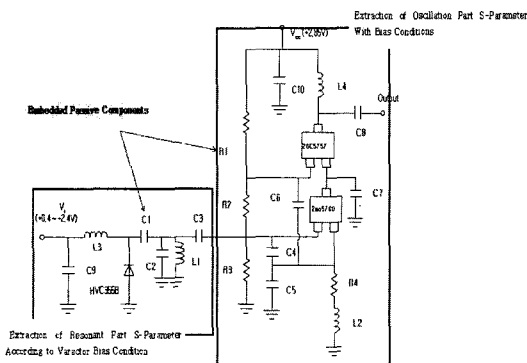


Fig. 1. The circuit of VCO.

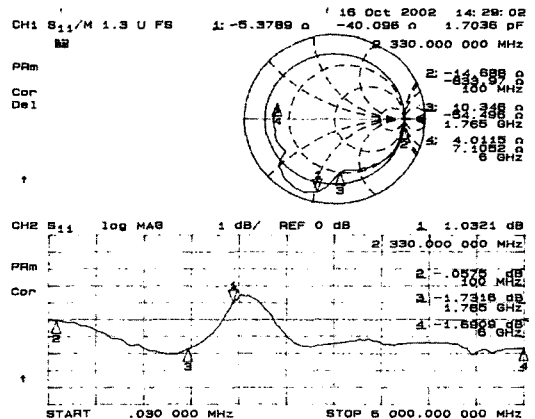


Fig. 4. The characteristics of oscillator part.

위의 방법을 이용하여 공진 및 발진부의 특성과 발진 가능성들을 파악할 수 있으나 공진부와 발진부의 경계를 전기적으로 끊어야 하기 때문에 VCO 전체의 특성을 측정하기 위해서는 다시 연결해야 하고 이 과정에서 특성이 변할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구과정에서 'nodecheck' 이라는 방법을 고안하였다. 발진이 일어나기 위해서는 위에서 측정하였던 것처럼 공진부와 발진부의 허수 성분이 상쇄되어야 하고 실수 성분이 부성이어야 하는데 공진부와 발진부 경계를 끊지 않고 측정한다면 스미츠 차트상에서 위상이  $0^\circ$  이고 크기가 1 이상이어야 한다. Nodecheck 방법은 바로 이러한 특성을 이용한 것인데 공진부와 발진부의 경계지점을 probe로 측정하면 발진 가능성을 쉽게 판별할 수 있다. Fig. 5에는 nodecheck 방법의 적용 예가 나타나있다.

Fig. 5에서 보면 원하는 주파수인 2.33 GHz에서는 위상이 0이 되지 않고 2.417 GHz에서는 nodecheck 결과 발진조건을 만족하고 있음을 알 수 있다. sample을 spectrum analyzer(Agilent E4407B)로 측정한 결과 2.417 GHz에서 1.83 dBm의 power를 나타내었다. 원하는 주파수에서 발진할 수 있는

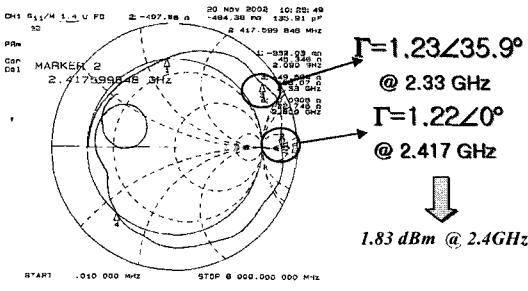


Fig. 5. The result of nodecheck test of VCO.

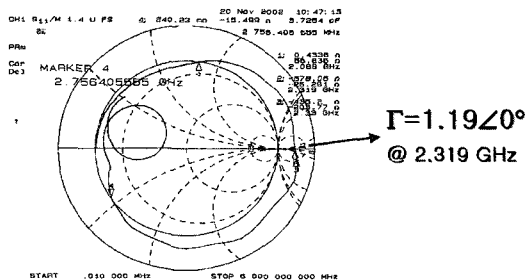


Fig. 6. The result of nodecheck test of VCO.

sample을 위의 방법으로 선별하여 nodecheck test 를 해보았는데 그 결과가 Fig. 6에 나타나있다.

위의 sample의 발진특성 측정 결과 2.32 GHz에서 -1.7 dBm 정도의 power를 나타내었다. 이 sample의 VCO 특성 측정 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

#### 4. 결 론

3차원 회로를 이용한 세라믹 VCO의 분석에 있어서 내장된 소자들을 측정하기 어렵기 때문에 특정 block 즉 공진단과 발진단의 특성을 개별 측정하여 각 block이 설계치와 잘 일치하게 구현되었는지를 확인할 수 있었고 이 과정에서 'nodecheck' 이라는 독자적인 방법을 도입하여 시편의 손상없이 제작한 VCO sample의 발진 가능성 및 발진부

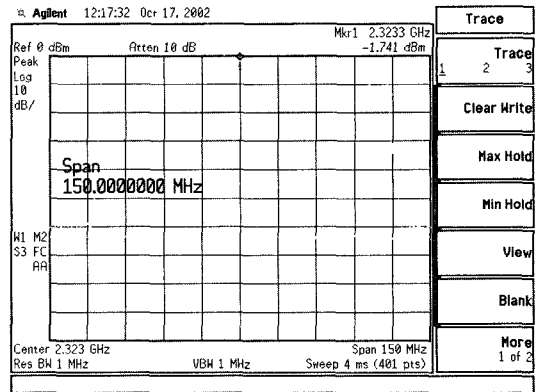


Fig. 7. The Power of ceramic VCO.

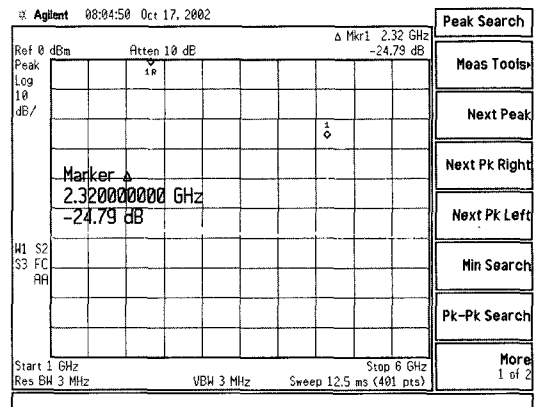


Fig. 8. The Harmonics of ceramic VCO.

파수를 예측할 수 있었다. 또 이를 통하여 발진이 일어나지 않는 시편에 대해 그 원인을 명확히 분석하여 발진이 일어나도록 튜닝할 수 있었다.

### 참고문헌

1. 유찬세, “저온소성 유전체 재료를 이용한 초소형 VCO 제작에 관한 연구”, 전기전자재료학회 하계 학술 대회, (2002).
2. Pozar, “Microwave engineering”, WILEY, p153-165.
3. HARLAN HOWE, JR. “STRIPLINE CIRCUIT DESIGN”, ARTECH HOUSE, INC. pp. 33.
4. J..Muller, H.Thust, K.H.Drue, “RF-Design Considerations for Passive Elements in LTCC”, ISHM '94 Proceedings, pp. 357-362, (1994).