

# 도넛형 결함접지면 구조를 이용한 주파수 가변 공진기 특성 연구

김 기 래\*

## A Study on Characteristics of Frequency Tunable Resonator using the Donut Type Defected Ground Structure

Girae Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 새로운 형태의 도넛형 결함 접지면 구조를 이용한 공진기의 동작특성과 등가회로를 나타내고, 이것의 접지면에 칩 캐패시터를 추가하여 공진주파수를 가변할 수 있도록 설계하였다. 일반적으로 결함접지면 구조는 병렬 공진 특성을 갖는다. 여기에 집중소자 캐패시터를 추가하면 공진주파수가 낮아지게 된다. 캐패시터 대신에 바랙터다이오드를 이용하면 전압으로써 공진 주파수를 제어할 수 있다. 본 공진기는 전압제어발진기와 가변주파수 대역통과 여파기등에 응용될 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, we represent characteristics and equivalent circuit of donut type resonator of defected ground structure (DGS), and can control resonant frequency with chip capacitor. In General, DGS operates like with parallel LC resonator. We found out variation of resonance frequency when capacitor is placed on slot of DGS. If the chip capacitor replace with varactor diode, the resonance frequencies can be controlled by voltage. This tualable resonator can apply to voltage controlled oscillator and tunable bandpass filter.

### Key Word

Resonator, Voltage Controlled Oscillator, Varactor Diode, DGS, Frequency Tunable

### 1. 서 론

최근에 고주파용 마이크로스트립 또는 CPW(coplanar waveguide) 전송선로에 DGS(defect ground structure)를 인가하여 새로운 전송선로의 특성을 얻어내고 이를 응용하는 연구가 활발히 진행되고

있다[1-3]. 본 논문에서는 기존의 일반적인 결함접지면 구조에서 바이어스 전압이 필요한 능동소자를 이것과 결합하여 사용할 수 있도록 새로운 형태의 도넛형 결함 접지면 구조를 제안한다. 이

\* 신라대학교 전자공학과 교수 (grkim@silla.ac.kr)

#논문번호 : KIIECT2009-04-02

#접수일자 : 2009.10.08

#최종논문접수일자 : 2009.11.10

것의 동작특성을 FHSS에 의한 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교하였다. 그리고 이 특성으로 부터 기본적인 등가 회로를 나타내었다. 이것의 접지면에 칩 캐패시터를 추가하면 공진주파수를 변화시킬 수 있었다. 일반적으로 결합접지면 구조는 병렬 공진 특성을 갖는다. 여기에 집중소자 캐패시터를 추가하면 공진 주파수가 낮아지는 방향으로 변하게 된다. 이와 같은 결합 접지면 공진기 구조에서 칩 캐패시터 대신에 바랙터 다이오드를 이용하면 전압으로써 공진 주파수를 제어할 수 있게되며, 이런 결과는 전압제어발진기와 가변주파수 대역통과 여파기의 설계에 응용될 수 있을 것이다. 특히 마이크로파 대역에서 많이 이용되는 유전체공진기 발진기(DRO) 설계에서 유전체 공진기 대신에 본 논문의 공진기를 사용하면 사이즈와 무게를 줄일 수 있는 장점이 있게 된다.

## II. 도넛형 DGS 공진기

### 1. 공진기의 구조 및 특성

그림 1은 도넛형 DGS 공진기의 구조를 나타낸다. 윗면에는 마이크로스트립 선로를 두었고, 밑면의 접지면에 도넛 모양의 결합 접지면을 두었다. 마이크로스트립 선로의 폭을  $w$ , 도넛의 반경을  $r$ , 도넛의 간격을  $d$  로 나타내었다.

일반적인 DGS는 덤벨형[4], 아령형구조로 되어 있다. 본 논문의 공진기 구조와 일반적인 DGS 공진기 구조와 차이점은 중앙에 랜드를 갖는 도넛형으로 되어 있

다는 점이다. 도넛 구조의 DGS는 도넛의 갭에 캐패시터나 다른 소자를 두어 특성을 가변 할 수 있게 된다. 특히, 바이어스 전압을 필요로 하는 능동형 소자를 공진기와 결합하여 사용할 경우 중앙의 랜드는 전압 바이어스 점으로 이용할 수 있는 장점이 있다.

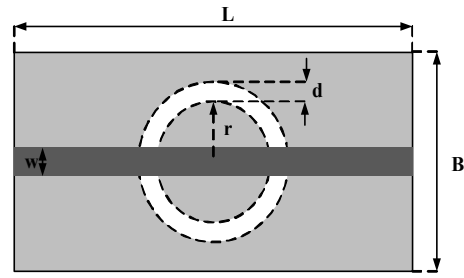


그림 1. 도넛형 DGS 공진기 구조  
Fig 1. Structure of the Donut DGS resonator

그림 1의 구조에 대한 전송 특성을 알아보기 위해 Ansoft사의 HFSS를 이용하여  $w=2.3\text{mm}$ ,  $L=50\text{mm}$ ,  $B=20\text{mm}$ ,  $d=2\text{mm}$ ,  $r=7\text{mm}$  인 구조에 대해 시뮬레이션 결과를 그림 2에 나타내었다.

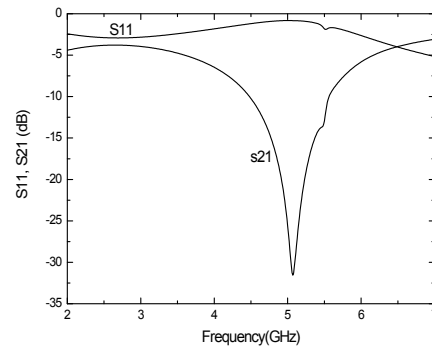


그림 2. DGS 공진기 전송 특성  
Fig 2. Transmission Characteristics for DGS resonator

2. 공진기의 등가회로

그림 2는 DGS 공진기의 전송특성(S21)이다. 이것으로부터 등가회로는 그림 3과 같이 병렬공진 회로로 나타낼 수 있다. 그림 3에서 저항은 삽입손실을 나타내며 매우 적은 값으로 무시할 수 있다.

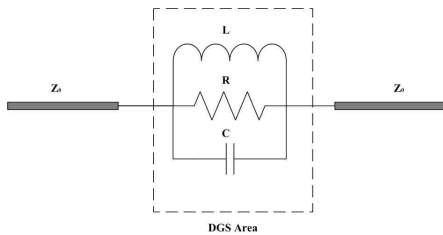


그림 3. DGS 공진기 등가모델  
Fig 3. Equivalent Model of resonator

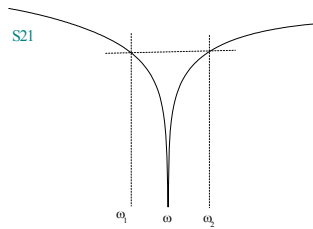


그림 4. 일반적 공진 특성  
Fig 4. General Resonant Characteristic

$$C = \frac{\omega_c}{Z_o g_1} \cdot \frac{1}{\omega_o^2 - \omega_c^2} \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{\omega_o^2 C} \quad (2)$$

여기서  $\omega_o$  는 LC 공진 각주파수이고  $\omega_c$  는 3dB 차단 각주파수이다.

그림 2의 전송 특성으로부터 식(1),(2)을 이용하여 등가회로 소자 값을 계산하면  $L=5.25nH$ ,  $C=0.1877pF$ 이며, 그림 5와 같다. 등가회로의 검증을 위하여 등가회로에 대한 특성을 ADS 시뮬레이션 도구를 이용하여 그림6에 나타내었다. 특성이 그림 2와 거의 일치함을 볼 수 있다. 여기서 오차는 등가회로 예서는 저항을 무시하였기 때문에 나타나는 결과다.

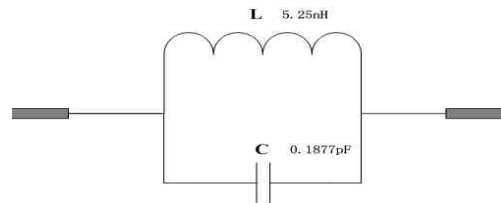


그림 5. 공진기 등가회로  
Fig 5. Equivalent Circuit of resonator

그림 3의 등가회로 L,C 소자 값은 3dB 차단 주파수를 갖는 1-pole 버터워스 저역통과 필터와 등가 관계로부터 유도된 식(1)과 식(2)로부터 얻을 수 있다[5].

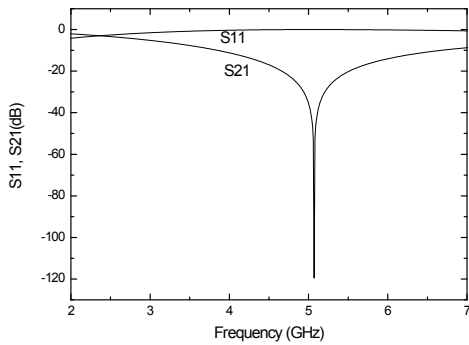
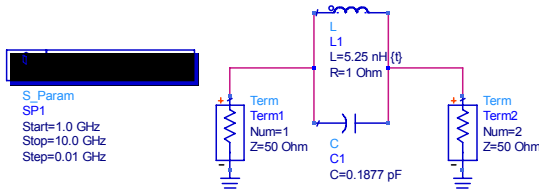


그림 6. ADS에 의한 등가회로의 특성  
Fig 6. Characteristic for Equivalent Circuit using ADS

### III. DGS에서 칩 캐패시터의 영향

그림 2에서는 DGS 공진기의 고유한 전송특성을 나타내었다. 본 장에서는 그림 7과 같이 DGS에 칩 캐패시터를 접속하여 나타나는 특성 변화를 분석하였다. 그림 8은 칩 캐패시터의 용량을 변화시키면서 공진 주파수를 나타내었다. 캐패시턴스가 증가할수록 공진주파수가 낮아짐을 알 수있다. 따라서 이를 설명하기 위해 등가회로로 나타내면 그림 9와 같다. 기본 공진회로에 추가적으로 칩 캐패시터가 병렬로 연결된 구조이다.

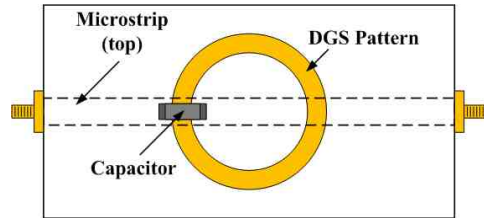


그림 7. 캐패시터를 추가한 공진기  
Fig 7. DGS Resonator with Capacitor

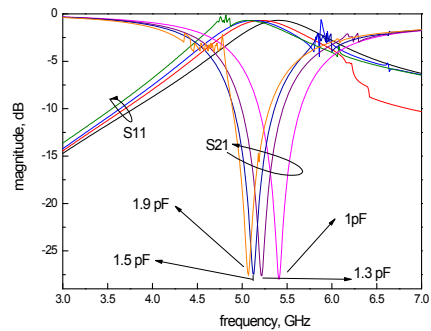


그림 8. 캐패시터를 추가한 공진기의 전송특성  
Fig 8. Transmission Characteristics for DGS Resonator with Capacitor

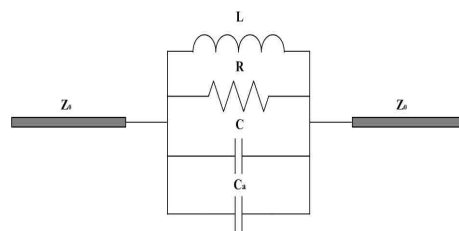


그림 9. 캐패시터를 추가한 공진기의 등가회로

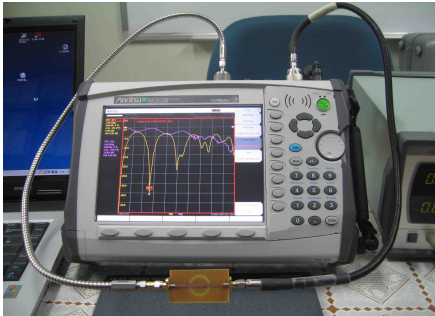
Fig 9. Equivalent Circuit of Resonator with Capacitor

IV. 측정 및 결과

위의 결과를 검증하기 위해 그림 10과 같이 샘플을 제작하여 측정하였다. 측정용 장비로는 Anritsu사의 MS8028B (20 GHz)와 Agilent사의 8753C (6GHz)네트워크 어널라이저를 이용하였다.

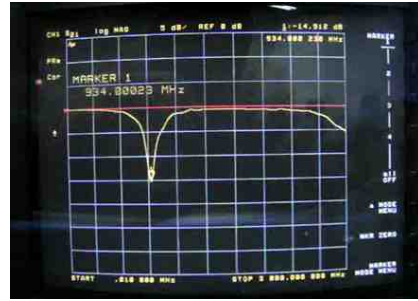


(a)

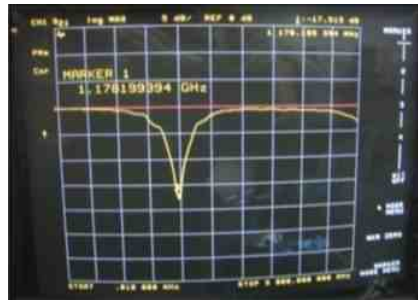


(b)

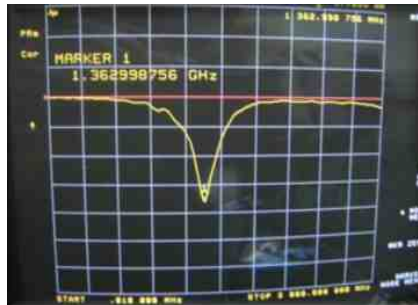
그림 10. 측정용 샘플 및 실험  
Fig 10. Test Sample and Testing



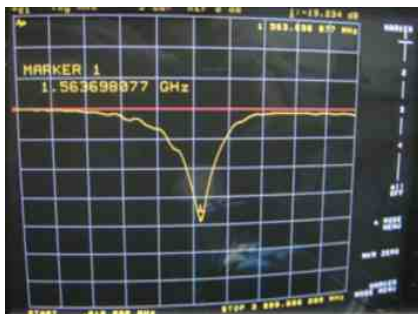
(a) C=1.0pF 일때



(b) C=1.3pF 일때



(c) C=1.5pF 일때



(d) C=1.9pF 일때

그림 11. 측정 결과  
Fig 11. Test Results

V. 결 론

본 연구에서는 일반적인 DGS 구조에서 다른 응용을 위해 칩 커패시터 또는 능동소자를 결합할 수 있도록 하는 새로운 DGS 구조를 제안 하였다. 이것의 공진 특성은 S21의 Isolation 특성이 -30dB 이상으로 우수하다. 여기에 칩커패시터를 부착하여 주파수 천이를 관찰 하였다. 이는 차후 바랙터 다이오드를 대신하면 전압으로 공진 주파수를 제어 할 수 있게 된다. 이것은 전압제어발진기와 가변주파수 대역통과 여파기의 설계에 응용될 수 있을 것이다. 특히 마이크로파 대역에서 많이 이용되는 유전체 공진기 대신에 본 논문의 공진기를 사용하면 사이즈와 무게를 줄일 수 있는 장점이 있게 된다.

참고문헌

[1] C. C. Wong, C. E. Free, "DGS pattern with enhanced effective capacitance", Electronics Letters, vol. 42, no.8, pp.470-471, 2006.

[2] J.S. Park, M.S.Jung, "A novel defected ground structure for an active device mounting and its application to a microwave oscillator", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol.14, no.5, pp.198-200, 2004.

[3] Duk-Jae Woo and Taek-Kyung Lee, "Suppression of harmonics in Wilkinson power divider using

dual-band rejection by asymmetric DGS". IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol. 53, no. 6, pp.2139- 2144, 2005.

[4] N.C. Karmakar, S.M. Roy, and I. Balbin. "Quasi-static modeling of defected ground structure". IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., vol.54, no.5, pp.2160-2168, 2006.

[5] C.S. Kim, J.S. Lim, etc. "Equivalent circuit modelling of spiral defected ground structure for microstrip line", Electronics Letters, vol. 38, no.19, pp.1109-1110, 2002.

저자약력

김기래 (Girae Kim)

1986년 서강대학교  
전자공학과  
(공학사),  
1988년 서강대학교대학원  
전자공학과  
(공학석사)  
1998년 경남 대학교대학원  
전자공학과  
(공학박사)  
1988-1993 삼성전자(주)  
정보통신연구소  
선임연구원  
1993-1999 마산대학  
정보통신과  
조교수  
1999-현재 신라대학교  
전자공학과  
부교수



<관심분야> 마이크로파 회로설계(능동소자, 수동소자), FMCW 레이더, 전자파 해석