

DGS를 이용한 WLAN 대역 통과 여파기의 구조변화에 따른 특성 연구

조영균, 김형석, 송희석*, 박규호*
 중앙대학교 전자전기공학부, *전자부품연구원 무선통신연구센터

A study on the effect to altered geometry of band pass filter with Defected Ground Structure for wireless LAN

Yeong-kyun Cho, Hyeong-seok Kim, Hee-seok Song*, Kyu-ho Park*
 Chung-Ang University, *Korea Electronics Technology Institute

Abstract - Effect to altered geometry of a suggested defected ground structure(DGS) unit cell was investigated. And equivalent circuit model was extracted from the DGS unit cell. A microstrip band pass filter with DGS has been designed in this paper. The BPF with DGS was fabricated and obtained experimental results with network analyzer HP8510C. Experimental results show the center frequency of 2.45GHz, the insertion loss of 0.85dB, and the 3-dB bandwidth of 470MHz (19.5%). The center frequency of BPF is 2.4GHz which is available for wireless LAN.

1. 서 론

최근 다양한 형태의 식각패턴을 적용한 PBG (Photonic bandgap)구조와 DGS(Defected Ground Structure) 구조가 마이크로파 대역이나 밀리미터파 대역에서 그 응용범위를 넓혀가고 있다.

이러한 구조들은 전파지연효과와 전송선로의 유효 인덕턴스를 증가시키는 특성을 가지므로 부품의 크기를 줄일 수 있으며 우수한 저지 대역을 가진다. 그러나 PBG 구조는 주기적인 구조를 나열해야 하기 때문에 크기가 커지는 단점이 있다. 그에 비해 DGS 구조는 단지 하나 또는 몇 개의 식각 패턴을 사용하면 특정주파수 대역에서 우수한 저지대역 특성을 갖기 때문에 상용 회로에서 요구하는 소형화에 더욱 유리하리라 사료된다. [1] [2]

초고주파 대역에서 여파기는 회로의 성능에 많은 영향을 미치는 소자로서 그 중요성이 매우 크다. 일반적인 여파기는 그 특성을 개선시키기 위해 셀의 차수를 증가시켜야 하기 때문에 크기가 커지고 저지대역 내에 고조파 성분이 발생하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 DGS 구조를 이용하여 넓은 저지대역을 갖는 대역 통과 여파기를 설계하였다. 이를 위해 접지면에 특정 형태의 식각

패턴을 삽입하여 DGS 단위격자를 설계하였으며 이 격자를 적당한 형태로 배열하여 고조파 통과 대역의 저지 특성이 뛰어난 중심주파수 2.4GHz의 DGS 대역 통과 필터를 설계하고 제작하였다.

2. 본 론

2.1 단위 DGS 격자

DGS 구조는 PBG 구조와는 달리 하나 또는 몇 개의 식각패턴만을 이용하여 우수한 대역 특성을 얻을 수 있다. 이를 위해서 다양한 패턴의 식각 형태가 제안되고 있으며 점차 소형의 크기가 요구되어 지고 있기 때문에 격자의 수를 줄이는 노력이 필요하게 되었다. 이를 위해서는 단위격자 형태의 분석이 요구되며 본 논문에서는 U자 형태의 격자를 적용하여 그 형태의 변화에 따른 특성을 분석하였다.

2.1.1 단위 DGS 격자의 구조

그림 1은 설계된 DGS 단위격자의 구조를 나타내고 있다.

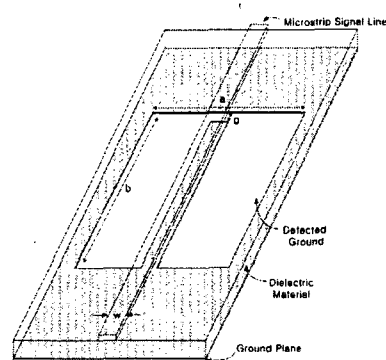


그림 1. DGS 단위격자의 구조

그림 1의 접지면 부분에 있는 식각 부분 중에서 마이크로스트립 선로의 아래에 위치하는 작은 간격(g)은 커패시턴스 성분을 유발하고 나머지 식각 부분에 의해 인덕턴스 성분이 발생하게 되어 특정 주파수에

대한 차단 특성이 발생하게 된다. 이 두 가지 특성은 서로 독립적으로 발생하는 것이 아니라 식각 구조 변화에 의해 상호 작용하며 변화한다. 식각 간격은 그 길이를 크게 변화시키는데 한계가 있지만 식각 면적은 비교적 큰 폭의 조절이 가능하므로 인덕턴스의 값을 크게 변화시킬 수 있다. 따라서 DGS 구조는 유효 인덕턴스의 변화를 주로 이용하게 된다.

2.1.2 단위 DGS 격자의 특성

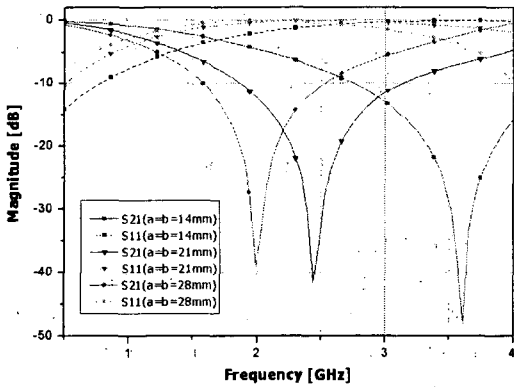


그림 2. 격자의 면적(a,b)을 변화시킬 때의 특성 (g=0.4mm)

그림 2는 신호선 아래의 식각 간격(g)을 0.4mm로 고정시키고 격자의 면적(a,b)만 변화시키면서 DGS 단위격자의 특성을 살펴본 결과이다. 그림 2에서 격자의 크기가 커질수록 공진 주파수는 낮아지고 있음을 알 수 있다. 이는 격자의 면적이 커짐에 따라 인덕턴스 성분이 우세하게 증가함에 따라 일어나는 현상이다.

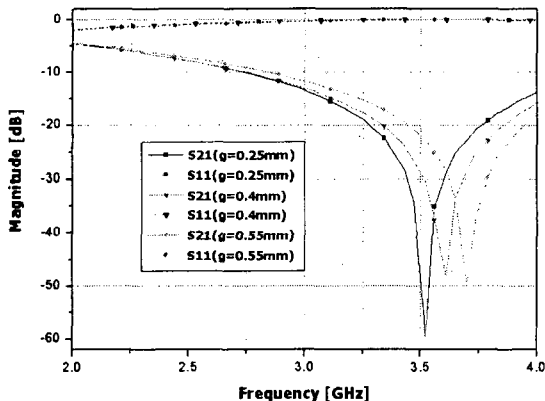


그림 3. 신호선 아래의 식각 간격(g)을 변화시킬 때의 특성 (a=b=14mm)

그림 3은 식각 격자의 면적(a,b)은 각각 14mm로 고

정시키고 신호선 아래의 식각 간격(g)만 변화시켰을 때의 특성을 나타낸다. 여기서 간격이 좁아질수록 공진 주파수는 낮아짐을 확인할 수 있는데 이는 간격이 좁아질수록 커패시턴스 성분이 커지기 때문에 발생하는 특징이다.

2.1.2 단위 DGS 격자의 등가화

격자의 면적과 신호선 아래의 식각 간격을 변화시킬 때 발생하는 위와 같은 특성 경향은 소자를 설계하는데 있어 유용하게 적용된다. 이 특성들을 면밀히 분석하기 위해 등가 파라미터를 추출함으로써 식각 격자의 변화에 따른 인덕턴스와 커패시턴스의 변화를 살펴보았다.

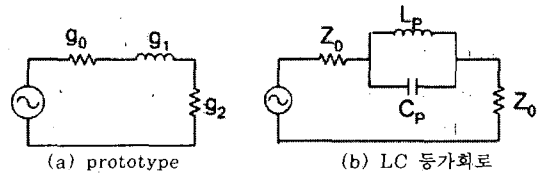


그림 4. 단위격자의 등가회로

그림 4의 (a)는 Butterworth Lowpass prototype의 등가회로를 나타낸 것이다. 직렬 리액턴스의 값은 Butterworth Lowpass prototype의 계수로부터 간단히 얻어 낼 수 있다.[3]

대역저지 형태로의 주파수 변환은 식 (1)을 통해 얻어 낼 수 있다.

$$\Omega = \frac{\Omega_c FBW}{(w_0/w - w/w_0)} \quad (1)$$

$$(u_0 = \sqrt{u_1 u_2} \quad FBW = \frac{u_2 - u_1}{u_0})$$

여기서 Ω 은 주파수 변환을 위한 주파수 변수이며 FBW는 Fractional bandwidth를 나타낸다. w_0 는 공진지점의 각주파수이고 w_1 와 w_2 는 cutoff되는 지점의 각주파수이다. 식 (1)에 Lowpass prototype의 reactive 성분 g_n 을 적용하면 식 (2)를 얻을 수 있다.

$$j\Omega g_1 \rightarrow \frac{1}{ju} FBW \Omega_c w_0 g_1 + ju \frac{FBW \Omega_c g_1}{w_0} \quad (2)$$

식 (2)에서 구한 Lowpass prototype의 인덕턴스와 커패시턴스 성분을 대역저지 여파기의 병렬 LC 공진 회로로 변환시킬 때의 커패시터(C_p) 값을 구해보면 식(3)과 같이 된다.[4]

$$C_p = \left(\frac{1}{FBW w_0 \Omega_c} \right) \frac{1}{\gamma_0 g_1} \quad (\gamma_0 = Z_0 / g_0) \quad (3)$$

공진회로의 병렬 인덕터(L_p)의 값은 위에서 구한 병렬 커패시터 값을 식 (4)에 적용하여 쉽게 얻을 수 있다.

$$L_p = 1 / (\omega_0^2 C_p) \quad (4)$$

위의 식(3)과 (4)를 이용하여 DGS 단위격자의 등가 파라미터를 추출하였고 그 결과를 표 1과 2에 나타내었다.

표 1. 격자의 면적 변화에 따른 등가파라미터 ($g=0.4mm$)

	DGS dimension		
	a=b=14mm	a=b=21mm	a=b=28mm
Inductance(nH)	7.1799	10.901	12.3853
Capacitance(pF)	0.2715	0.3919	0.5191
Cutoff Freq.(GHz)	1.72	1.14	0.0975
Resonant Freq.(GHz)	3.61	2.44	1.985

표 2. 신호선 아래의 식각 간격을 변화시킬 때의 등가파라미터 ($a=b=14mm$)

	DGS dimension		
	g=0.25mm	g=0.4mm	g=0.55mm
Inductance(nH)	7.3790	7.1799	7.3139
Capacitance(pF)	0.2778	0.2715	0.2537
Cutoff Freq.(GHz)	1.67	1.72	1.71
Resonant Freq.(GHz)	3.52	3.61	3.695

표 1은 격자의 면적을 변화시킬 때 등가 파라미터 값을 나타낸 것이고 표 2는 신호선 아래의 식각 간격(g)을 변화시켰을 때의 등가파라미터 값을 나타낸 것이다.

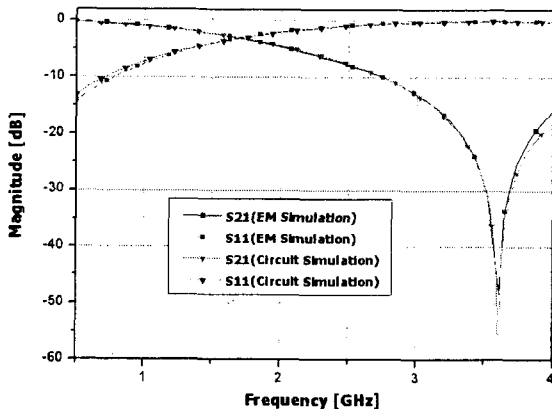


그림 5. DGS 단위격자의 EM 시뮬레이션과 그 등가회로의 Circuit 시뮬레이션 결과 비교

그림 5는 DGS 단위격자를 HFSS 8.0을 이용하여

EM 시뮬레이션 한 결과와 추출해 낸 등가회로를 ADS를 사용하여 Circuit 시뮬레이션 한 결과를 비교한 그래프이다. 이 그래프를 통해 추출한 등가파라미터가 타당함을 확인할 수 있다.

2.2 2.4GHz 대역 통과 여파기 설계

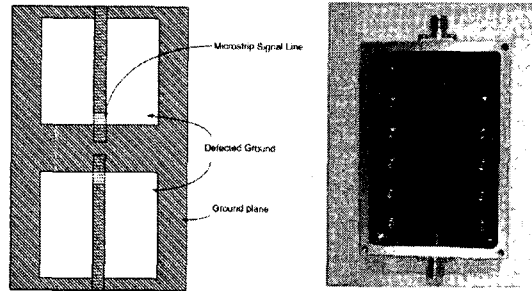


그림 6. 설계된 대역 통과 여파기의 구조

그림 6은 설계된 대역 통과 여파기를 위에서 본 평면도와 실제 제작된 회로의 모습이다. 마이크로스트립 신호선이 비유전율 2.2의 RT/Duroid5880 기판 위에 놓여져 있다. 신호선 중간에 간격을 두어 커플링이 일어나도록 설계하였다. 접지면에는 U자 모양의 식각 격자를 대칭 모양으로 배치하였다.

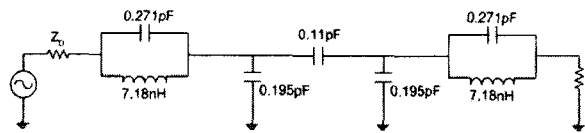


그림 7. 대역 통과 여파기의 등가회로

그림 7은 제안된 대역 통과 여파기의 등가회로이다. 단위격자의 등가 파라미터 값을 이용하여 두 개의 단위격자 사이의 관계를 추출하였다.

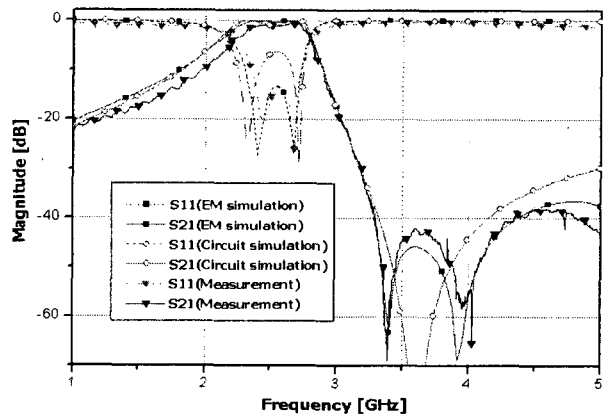


그림 8. 대역 통과 여파기의 시뮬레이션 특성과 측정 결과 비교

그림 8은 설계한 BPF를 HFSS 8.0을 이용하여 해석한 결과와 그 등가회로를 ADS에서 해석한 결과, 그리고 제작된 회로를 Network Analyzer로 측정된 결과를 보여주는 그래프이다. 이 그래프를 통해 해석 결과와 실제 제작된 회로의 측정 결과가 일치하고 있음을 볼 수 있다. 제안된 대역 통과 여파기의 중심주파수는 2.45GHz이고 삽입손실은 0.85dB이며 3-dB 대역폭은 470MHz(19.5%)이다. 이는 설계 목표였던 2.4GHz 대역의 무선랜 통신 장비에 사용할 수 있는 대역 특성이다.

3. 결 론

본 논문에서는 DGS 단위격자의 기하학적 구조를 변화시키면서 그 특성의 변화를 살펴보고 2개의 단위격자를 이용하여 마이크로 스트립 구조의 대역 통과 여파기를 구현하였다. DGS의 각 요소를 변화시키면 유효 인덕턴스와 커패시턴스 값에 영향을 미친다는 사실을 확인하였다. 설계된 대역 통과 여파기를 실제 제작하여 Network Analyzer HP8510C를 사용하여 측정된 결과 중심주파수 2.45GHz에 3-dB 대역폭이 470MHz (19.5%)였다. 삽입손실은 0.85dB로 매우 작았다. 이는 2.4GHz 대역을 사용하는 무선랜 통신에 사용되어 질 수 있다. 현재 연구 결과를 바탕으로 하여 소자의 크기를 소형화 하고 특성을 향상시키는 연구가 진행 중이다.

(참 고 문 헌)

- [1] F. R. Yang, Y. Qian and T. Itoh, "A Novel Uniplanar Compact PBG Structure for Filter and Mixer Applications", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 3, pp.912-922, June 1999.
- [2] J. S Park, J. S Yun, and D Ahn, "A Design of the Novel Coupled-Line Bandpass Filter Using Defected Ground Structure With Wide Stopband Performance", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 50, NO.9, September 2002.
- [3] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*. Addison-Wesley, pp.422~473, 1998
- [4] J. S Hong, M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. Wiley-Interscience, pp.29~56, 2001