

결합된 결합 접지면 구조(C-DGS)를 이용한 대역 저지 여파기 및 믹서 응용

A Bandstop Filter Using C-DGS(Coupled-Defected Ground Structure) and the Mixer Application

정상운 · 장재원 · 임영광 · 이해영

Sangwoon Jung · Jaewon Jang · Young-Kwang Lim · Hai-Young Lee

요 약

본 논문에서는 부정 자계 결합을 이용한 C-DGS를 제안하고, 이를 이용하여 차단 특성이 향상된 대역 저지 여파기(Bandstop Filter: BSF)를 설계하였다. 제안된 C-DGS는 부정 자계 결합을 이용하기 위해서 DGS 사이의 거리를 좁힌 구조로 부정 자계 결합의 효과로 인하여 차단 특성이 크게 향상된다. C-DGS를 이용한 BSF는 기존 연구 보고된 양면 BSF의 DGS 및 변형된 마이크로스트립 사이의 거리를 좁힘으로써 DGS 사이에 부정 자계 결합을 발생시킨 구조로 차단 특성은 3단 구조에서 -64.3 dB/GHz, 5단 구조에서 -108 dB/GHz 가지며, 4~11.3 GHz의 -10 dB 저지 대역을 가진다. 특히, Bragg 법칙의 최대 반사 조건을 만족하는 BSF의 3단 구조와 비교하여 차단 특성을 3.8배 향상시켰고 크기를 35.2 % 감소시켰으며, 5단 구조와 비교하여 차단 특성을 2.4배 향상시켰고 크기를 40 % 감소시켰다. 또한, C-DGS를 이용한 BSF를 이용하여 단일 게이트 혼합기를 설계하여 6.6 dB의 변환 이득을 가짐을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a coupled-defected ground structure(C-DGS) using negative inductive coupling is proposed and a bandstop filter(BSF) using C-DGS is designed and fabricated. The proposed C-DGS is the closely-located DGS cells for the negative coupling, the negative coupling of ground currents between adjacent DGS cells greatly improves the stopband characteristics. The proposed BSF utilizing the sharp cutoff response of the C-DGS has a -10 dB rejection band from 4 GHz to 11.3 GHz. A maximum attenuation rate is -64.3 dB/GHz in 3 cell structure, -108 dB/GHz in 5 cell structure. The C-DGS BSF shows the improved attenuation rate 3.8 times in 3 cell structure, 2.4 times in 5 cell structure. Also, the C-DGS BSF is reduced to 35.2 % and 40 % of the DGS BSF, respectively, due to the closely-located DGS cells. We fabricated the single gate mixer using C-DGS BSF. The single gate mixer has 6.6 dB conversion gain.

Key words : BSF, C-DGS, DGS, Mixer, PBG

I. 서 론

무선 통신의 필수 요소인 초고주파 및 밀리미터 파 회로 설계에 있어서, 여파기는 회로의 성능을 결

정하는 대표적인 수동 소자 중의 하나이다. 특히, 무선 통신 시스템의 front-end단에 사용되는 고주파 여파기(RF-filter)는 신호의 왜곡과 간섭을 줄여 시스템 성능을 극대화 시키는 매우 중요한 소자라 할 수 있

「이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-D00499).」

아주대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, Ajou University)

· 논문 번호 : 20070502-052

· 수정완료일자 : 2007년 7월 25일

다. 그러나 기존의 여파기들은 차단 특성(cut-off response) 및 저지 대역(stopband) 특성을 향상시키기 위해, 높은 차수(order)의 여파기를 사용해야 하기 때문에 크기가 커지는 단점을 가지고 있다^[1].

한편, DGS(Defected Ground Structure)는 접지면을 식각한 구조로서 접지면에 흐르는 귀환 전류의 흐름을 방해하여 전송 선로의 유효 임피던스를 증가시킨다^[2]. 특히, 주기적인 배열을 통한 주파수 대역 저지 특성을 이용하여 증폭기 및 혼합기의 성능을 개선한 연구 결과들이 발표되었으며, 증가된 인덕턴스 및 커패시턴스에 의한 slow wave 효과를 이용하여 초고주파 회로의 소형화에 관한 연구가 활발히 진행되었다^{[3]~[5]}. 또한, 단일 면이 아닌 양면 중첩 기법을 이용하여 우수한 차단 특성 및 넓은 저지 대역을 형성할 수 있다는 연구 결과도 발표되었다^[6]. 단일 DGS는 접지면의 식각 구조를 인덕턴스 및 커패시턴스 그리고 구조 자체의 손실을 고려한 등가 회로로 분석되었고, 최근에는 단일 식각 구조를 ABCD-matrix로 해석하여, N개의 식각 구조에 대해서 분석한 연구도 진행되었다^{[7]~[9]}.

일반적으로 차단 특성 및 저지 대역 향상을 위해서 Bragg 법칙의 최대 반사 조건을 만족시키도록 설계를 한다. 하지만, 향상된 차단 특성을 얻기 위해서는 높은 차수의 DGS를 사용해야 하기 때문에 크기가 커지는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 Bragg 법칙의 최대 반사 조건이 아닌 DGS 사이에서 부성 자체 결합을 발생시킴으로써 날카로운 차단 특성을 갖는 새로운 형태의 C-DGS(Coupled-Defected Ground Structure)를 제안하고 이를 이용해서 대역 저지 여파기(Bandstop Filter: BSF)를 제작 및 측정하였다. 제안된 C-DGS는 단순히 DGS 사이의 거리를 조합으로써 부성 자체 결합을 발생시킨 구조로 기존 ABCD-Matrix를 이용한 해석 방법으로는 접근할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 부성 자체 결합을 고려한 새로운 등가 모델을 제시하고 이를 EM 해석 및 측정 결과를 통해서 타당성을 검증하였다. 또한, C-DGS를 이용한 BSF는 양면 DGS BSF^[6]의 DGS 및 변형된 마이크로스트립 사이의 간격을 줄여 DGS 사이에서 부성 자체 결합을 발생시킨 구조로 3단 구조에서 -6.43 dB/100 MHz, 5단 구조에서 -10.8 dB/100 MHz의 차단 특성을 가지며, 6 GHz의 저지 대역을

가진다. 특히, Bragg 법칙의 최대 반사 조건을 만족시킨 양면 DGS BSF와 비교해서 3.8배 향상된 차단 특성 및 35.2 % 감소된 크기를 가지며, 5단 구조에서 2.4배 향상된 차단 특성 및 40 % 감소된 크기를 가진다. 또한, 제안된 C-DGS BSF를 사용하여 단일 게이트 혼합기를 설계하였다. 제작된 C-DGS BSF 단일 게이트 혼합기는 6.6 dB의 변환 이득을 가지며, 1 dB 이득 압축점(1 dB Gain Compression Point: P1dB)은 2.6 dBm을 가짐을 확인하였다.

II. 본 론

2-1 결합된 DGS(C-DGS)의 구조 해석

일반적인 DGS의 2셀 구조는 단일 DGS의 인덕턴스(L)와 커패시턴스(C) 그리고 식각된 구조 자체에서의 손실과 방사 전력을 나타내는 저항(R)을 ABCD-matrix를 통해서 해석할 수 있다. 여기에서, 단일 DGS의 인덕턴스와 커패시턴스는 해석된 주파수 응답 특성으로부터 다음과 같이 계산되며,

$$C = \frac{\omega_c}{2Z_0(\omega_0^2 - \omega_c^2)} \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \quad (2)$$

식각된 구조 자체의 손실 및 방사 전력을 나타내는 저항(R)은 계산된 인덕턴스 및 커패시턴스 그리고 해석된 주파수 응답 특성으로부터 다음과 같이 계산된다^{[2],[7]}.

$$R = \frac{2Z_0}{\sqrt{\frac{1}{|S_{11}(\omega)|^2} - \left[2Z_0\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)\right]^2 - 1}} \quad (3)$$

여기에서, ω_0 는 저지 대역의 중심 각 주파수($1/\sqrt{LC}$), ω_c 는 3 dB 차단 각 주파수, $S_{11}(\omega)$ 은 해석된 S_{11} 을 나타낸다.

계산된 단일 DGS의 R, L, C와 DGS 셀 간의 거리를 고려하여 등가 모델을 만들 수 있으며, 등가 모델은 식 (4)의 ABCD-matrix를 통해서 해석할 수 있다. 여기에서, kd는 DGS의 전기적 길이(electrical length), Z_0 는 전송 선로의 특성 임피던스, z는 DGS의 임피던스를 나타낸다^{[8],[9]}.

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \frac{kd}{2} & jZ_0 \sin \frac{kd}{2} \\ jY_0 \sin \frac{kd}{2} & \cos \frac{kd}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \frac{kd}{2} & jZ_0 \sin \frac{kd}{2} \\ jY_0 \sin \frac{kd}{2} & \cos \frac{kd}{2} \end{bmatrix}$$

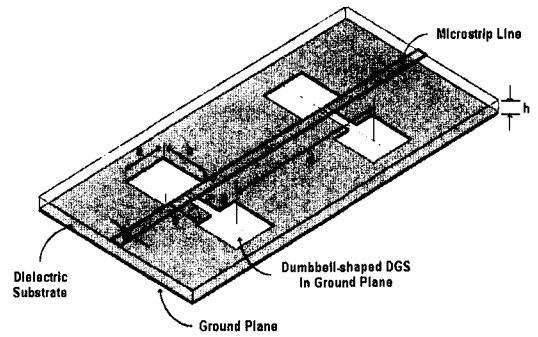
$$= \begin{bmatrix} \cos kd + \frac{jZ}{2Z_0} \sin kd & \frac{Z}{2} \cos kd + jZ_0 \sin kd + \frac{Z}{2} \\ -\frac{Z}{2Z_0} \cos kd + \frac{j}{Z_0} \sin kd - \frac{Z}{2Z_0} & \cos kd + \frac{jZ}{2Z_0} \sin kd \end{bmatrix}$$

그림 1은 일반적인 DGS의 2셀 구조와 등가 회로는 나타낸 것으로 단일 DGS가 가지고 있는 R, L, C와 전기적 길이를 이용하여 등가 모델화 시킬 수 있다. 식 (1), (2), (3)의 결과를 이용하여 그림 1(b)의 등가 모델을 S-parameter로 변환시킬 수 있으며^[10], 이에 대한 결과를 확인하기 위해 DGS 2셀 구조를 전자장 수치 해석 프로그램인 HFSS V10을 사용하여 해석하였다. 해석에 사용된 기판은 유전율(ε_r)이 10.2, h=0.635 mm이고, a=2.5 mm, b=2.6 mm, c=2 mm, g=0.5 mm, w=0.58 mm 그리고 셀 사이의 간격 d=10 mm이다. 그림 2는 해석 결과 및 측정 결과 그리고 ABCD-matrix를 이용한 주파수 응답 특성을 나타낸다. 식 (1)~(3)을 통해서 전송 선로 이론으로 계산된 S-parameter 결과와 해석 결과 그리고 측정 결과가 일치함을 확인하였다.

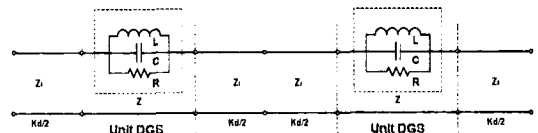
C-DGS는 셀 사이의 간격이 좁아진 구조로서, 단일 DGS가 서로 결합 구조가 되면 그림 2에서는 볼 수 없는 새로운 감쇄 극이 형성된다. 그림 3는 d=3 mm일 때 EM 해석 및 측정 결과와 전송 선로 이론으로 계산된 해석 결과를 비교한 그래프이다. 전송 선로 이론으로 계산된 해석 결과에서는 볼 수 없는 추가적인 감쇄 극이 C-DGS의 EM 해석 및 측정 결과에서 발생하였다.

C-DGS의 추가적인 감쇄 극은 DGS 사이에서 발생하는 전류 방향을 고려했을 때, 부성 자계 결합에 의한 현상으로 해석할 수 있으며^[11], 셀 사이의 간격이 좁아질수록 DGS 사이에서 발생하는 자계 결합이 커지면서 두 감쇄 극이 점점 양 쪽으로 벌어진다. 그림 4은 셀 사이의 간격 변화에 따른 측정 결과의 삽입 손실을 비교한 그래프로 셀 사이의 간격이 줄어들면서 DGS 사이에서 발생하는 부성 자계 결합이 점점 증가하기 때문에 하나의 감쇄 극이 양 쪽으로 벌어지는 것을 확인하였다.

기존의 ABCD-matrix로는 해석이 불가능하여 본 논문에서는 DGS 사이에서 발생하는 자계 결합과 인덕턴스 및 커패시턴스의 변화를 바탕으로 새롭게 등



(a) 2단 DGS 구조
(a) 2 cell DGS structure



(b) 등가 모델
(b) Equivalent circuit

그림 1. 일반적인 DGS 2단 구조 및 등가 모델
Fig. 1. Conventional 2 cell DGS structure and equivalent circuit.

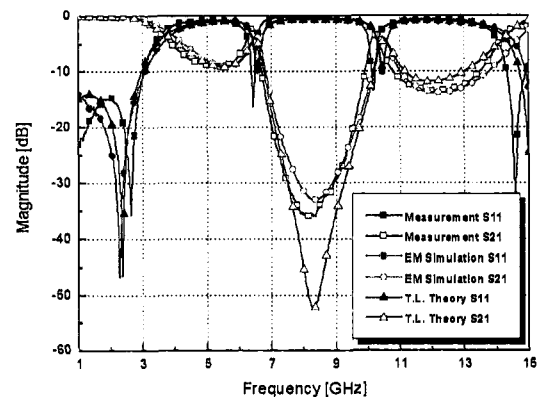


그림 2. d=10 mm에서 측정 및 해석 결과
Fig. 2. Measured and simulated result at d=10 mm.

가 모델화하여 해석하였다.

그림 5은 제안된 C-DGS의 구조 및 등가 모델 그리고 해석 및 측정 결과를 나타낸다. 자계 결합 및 인덕턴스, 커패시턴스 변화에 따른 회로 해석 결과와 EM 해석 결과 그리고 측정 결과가 일치함을 확인하였다. 일반적으로 DGS 사이의 간격이 좁혀지면 단일 DGS가 가지고 있는 인덕턴스 성분 및 추가적으로 큰 인덕턴스 성분으로 인하여 전체 인덕턴스가

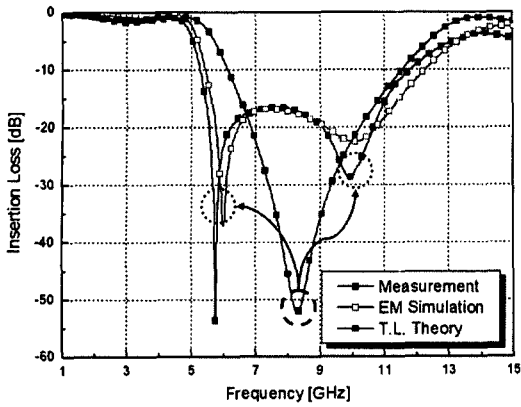


그림 3. $d=3$ mm에서 삽입 손실 비교
Fig. 3. Comparison of insertion loss at $d=3$ mm.

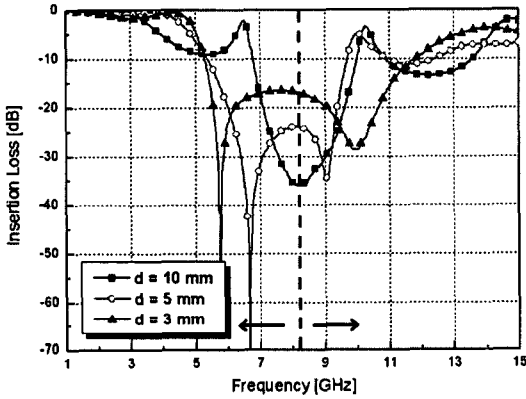
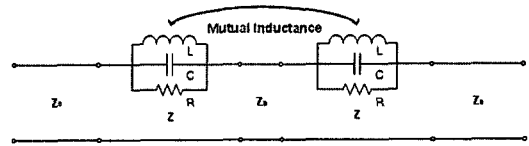


그림 4. 부정성 자계 결합의 효과
Fig. 4. The negative inductive coupling effect.

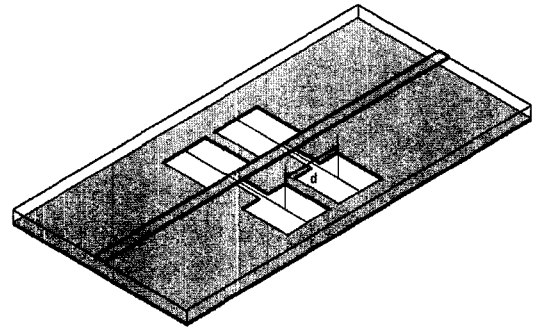
커져 차단 특성이 완만해져야 한다. 하지만, 제안된 C-DGS는 DGS 사이의 거리를 줄임으로써, 차단 특성이 점점 향상되기 때문에 자계 결합을 고려하여 등가 모델화 하여야 해석이 가능하다.

2-2 제안된 C-DGS를 이용한 대역 저지 여파기 (Bandstop Filter: BSF)

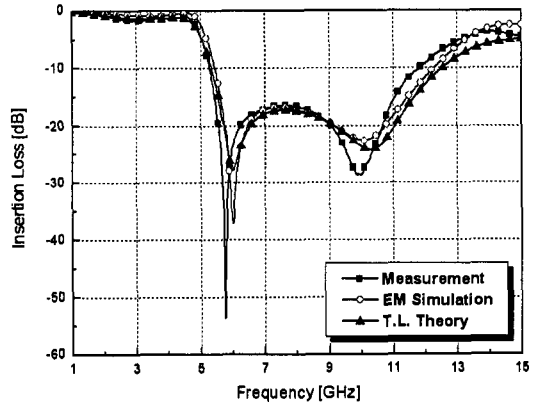
그림 6은 제안된 C-DGS를 이용한 BSF의 3단 구조를 나타낸다. C-DGS BSF는 DGS BSF^[7]의 DGS 사이에 부정성 자계 결합을 발생시키기 위해서 변형된 마이크로스트립과 DGS 사이의 간격을 좁힌 구조이다. 제작 및 해석을 위해서 기판은 Rogers Duroid 6010 ($\epsilon_r=10.2$, 두께=0.635 mm)을 사용하였으며, $a_1=2.5$ mm, $a_2=2.8$ mm, $w=3.5$, $b_1=2.5$ mm, $b_2=2.8$ mm



(a) 부정성 자계 결합을 고려한 C-DGS 등가 회로
(a) The C-DGS equivalent circuit consist of the negative inductive coupling



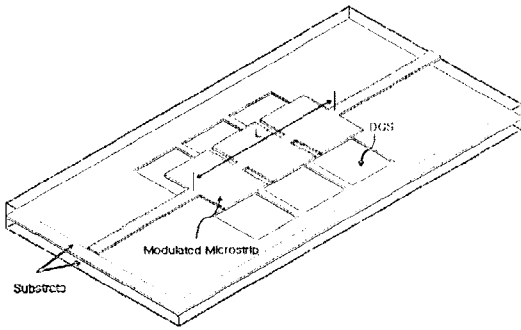
(b) C-DGS 구조
(b) C-DGS structure



(c) 해석된 주파수 응답 특성
(c) Simulated and measured response

그림 5. 부정성 자계 결합을 이용한 C-DGS
Fig. 5. C-DGS using the negative inductive coupling.

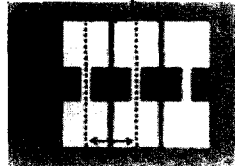
그리고 $L=8.1$ mm로 설정해 주었으며, DGS의 직렬 커패시턴스를 증가시키기 위해서 기판과 동일한 추가적인 유전 기판을 DUT 아래에 부착하였다^[6]. 제작 공정상 셀 사이의 간격(d)은 0.3 mm로 하였다. 그림 7은 C-DGS BSF 3단 구조 및 5단 구조의 측정 및 해석 결과를 나타낸다. 4~11.3 GHz의 -10 dB 저지 대역을 가지며, 차단 특성은 3단 구조에서 -64.3 dB/GHz, 5단 구조에서 -108 dB/GHz로 해석 및 측



(a) C-DGS BSF 구조
(a) C-DGS BSF structure



(b) 신호선
(b) Signal line



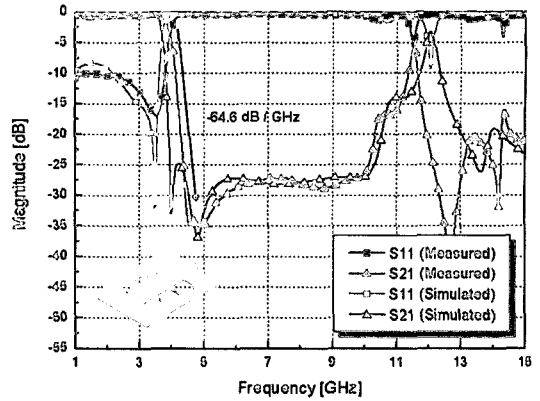
(c) 접지면
(c) Ground

그림 6. C-DGS를 이용한 BSF
Fig. 6. The BSF using the C-DGS.

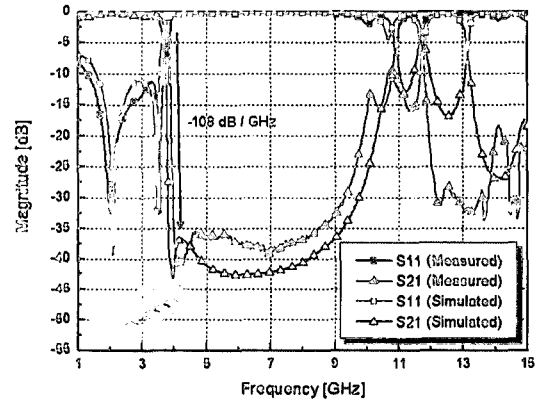
정 결과가 일치함을 확인하였다. 그림 8은 Bragg 법칙을 이용한 양면 DGS BSF와 C-DGS BSF의 3단 및 5단 구조에 대한 삽입 손실을 비교한 그래프를 나타낸다. 차단 특성을 살펴보면 Bragg 법칙을 만족시킨 양면 DGS BSF^[6]의 차단 특성은 3단 구조에서 -15 dB/GHz, 5단 구조에서 -45 dB/GHz로 DGS를 C-DGS로 바꿔줌으로써, 차단 특성을 각각 4.3배, 2.4배 향상시켰다. 또한, 전체 크기는 셀 간의 간격이 줄어들어 양면 DGS BSF는 3단 구조에서 12.5 mm, 5단 구조에서 22.5 mm이며, C-DGS BSF는 3단 구조에서 8.1 mm, 5단 구조에서 13.7 mm로 각각 35.2%, 40% 감소된 크기를 가진다. 하지만, 변형된 마이크로스트립 사이의 간격이 줄어들면서 기생 커패시턴스 성분의 증가로 인하여 저지 대역이 줄어들었지만, 기존 Bragg 법칙을 만족시키는 DGS BSF보다 크기가 줄어들면서 차단 특성이 향상된 것을 확인하였다. 이는 C-DGS의 차단 특성이 BSF 설계에 그대로 반영되었다는 것을 의미한다.

2-3 C-DGS BSF를 이용한 단일 게이트 혼합기

일반적으로 RF Front-End 단에서 능동 소자의 비



(a) 3단 C-DGS BSF
(a) 3 cell C-DGS BSF

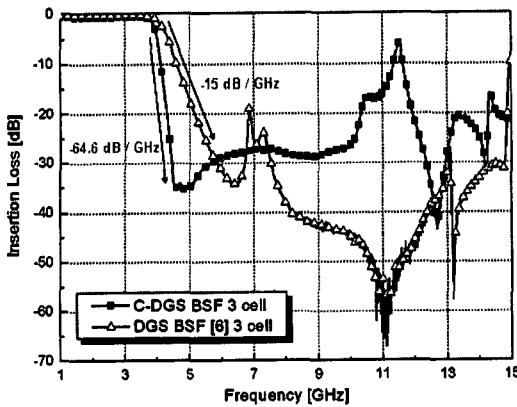


(b) 5단 C-DGS BSF
(b) 5 cell C-DGS BSF

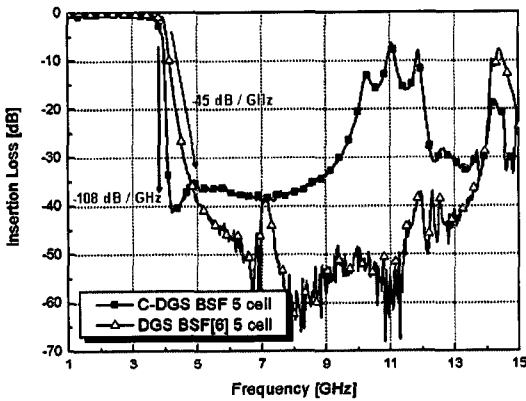
그림 7. C-DGS BSF 주파수 응답 특성
Fig. 7. Simulated and measured response of C-DGS BSF.

선형 특성으로 인한 고조파(harmonic) 성분은 전체 시스템 성능을 열화시킨다. 따라서 이를 제거할 수 있는 여파기(filter)의 성능이 전체 시스템 성능 향상에 큰 영향을 미치게 된다. 또한, 여파기의 크기를 소형화시킬 수 있는 것이 전체 시스템 크기를 줄일 수 있는 요소가 된다. 그림 9는 일반적인 RF front-end 단을 나타낸 것으로 접선 부분의 구조를 C-DGS BSF를 이용하여 제작하였다.

그림 10은 제작된 단일 게이트 혼합기를 나타낸 것으로 혼합기 설계에서 사용된 트랜지스터는 에이질런스사의 AFT-54143 FET를 사용하였다. FET 바이어스는 $V_{DD}=0.5$ V, $I_D=22$ mA이며, C-DGS의 날카로운 차단 특성을 확인하기 위해서 RF 주파수와 국부 발진기의 주파수를 각각 4 GHz, 3.6 GHz로 설계



(a) 3 단
(a) 3 cell



(b) 5 단
(b) 5 cell

그림 8. Bragg 법칙을 이용한 DGS BSF^[6]와 C-DGS BSF의 삽입 손실 비교
Fig. 8. Comparison of insertion loss of DGS BSF and C-DGS BSF.

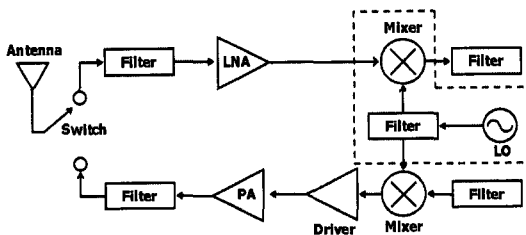


그림 9. 무선 통신 시스템의 front-end
Fig. 9. RF front-end.

하였으며, 혼합기를 거쳐 나온 IF 주파수는 400 MHz 이다. 그림 11은 제작된 단일 게이트 혼합기의 LO power에 따른 변환 이득을 나타낸 그래프이다. C-

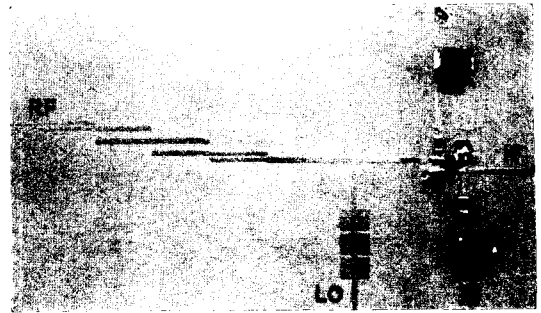


그림 10. C-DGS BSF를 적용한 단일 게이트 혼합기
Fig. 10. The single gate mixer using C-DGS BSF.

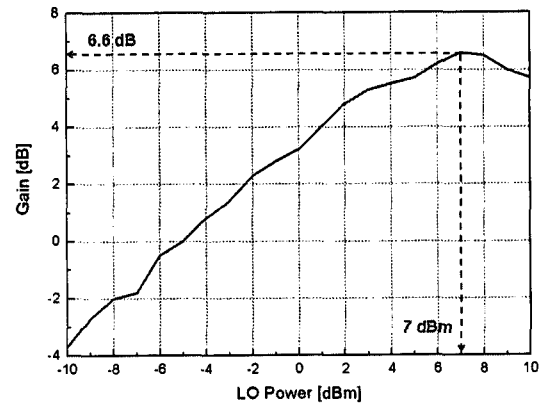


그림 11. C-DGS BSF를 이용한 단일 게이트 혼합기의 변환 이득
Fig. 11. Conversion gain of single gate mixer using C-DGS BSF.

DGS BSF를 이용한 단일 게이트 혼합기는 LO power=7 dBm에서 최대 6.6 dB의 변환 이득을 가진다. 또한, 그림 12에서 최대 변환 이득에서의 RF power에 대한 변환 이득을 살펴보면 1 dB 이득 압축 점은 2.6 dBm으로 나타났다. 제안된 C-DGS BSF는 기존 DGS BSF보다 크기를 줄였으며, 차단 특성을 향상시켰으므로 이를 이용하여 시스템을 설계할 경우, 전체 시스템의 성능 향상 및 크기의 소형화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 DGS 사이에서의 자계 결합을 이용할 수 있는 새로운 C-DGS를 제안하고, 이를 이용하여 차단 특성이 향상된 BSF를 설계하였다. 제안된 C-DGS BSF는 4~11.3 GHz의 저지 대역을 가지며, 3

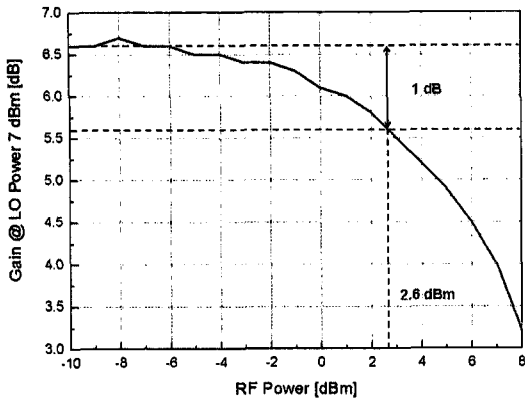


그림 12. C-DGS BSF를 이용한 단일 게이트 혼합기의 P1 dB

Fig. 12. 1 dB gain compression point of single gate mixer using C-DGS BSF.

단 구조에서 -64.6 dB/GHz, 5단 구조에서 -108 dB/GHz의 최대 차단 특성을 가진다. 특히, DGS BSF와 비교해서 3단 구조는 최대 차단 특성을 4.3배, 5단 구조는 2.4배 향상시켰으며, 크기는 각각 35.2%, 40% 감소시켰다. 또한, 실제 RF Front-End에 적용할 수 있는 단일 게이트 혼합기를 C-DGS BSF를 이용하여 설계하여 6.6 dB의 변환 이득 및 2.6 dBm의 P1 dB를 확인하였다. 일반적으로 고성능 여파기의 설계에 있어서 Bragg 법칙의 최대 반사 조건을 만족하도록 설계를 하지만, 본 논문에서 제안하는 C-DGS를 이용하여 여파기를 설계할 경우 DGS 사이에서 발생하는 부성 자계 결합에 의한 영향으로 날카로운 차단 특성을 가지는 여파기를 설계할 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] T. Kim, C. Seo, "A novel photonic bandgap structure for low-pass filter of wide stopband", *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 10, no. 1, pp. 13-15, Jan. 2000.

[2] D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 49, no. 1, pp. 86-93, Jan. 2001.

[3] Jong-sik Lim, Young-Taek Lee, Chul-Soo Kim, Dal

Ahn, and Sang-wook Nam, "A vertically periodic defected ground structure and its application in reducing the size of microwave circuits", *IEEE Trans. Microwave and Wireless Component Lett.*, vol. 12, no. 12, pp. 479-481, Dec. 2002.

[4] Y. S. Cha, B. G. Kang, Y. T. Kim, S. H. Kim, J. S. Park, and J. B. Lim, "A new design method for performance improvement of high power amplifier by using the matching circuit of defected ground structure", *Eur. Microwave Conf.*, vol. 3, pp. 1341-1344, Oct. 2003.

[5] K. B. Kim, T. S. Yun, and J. C. Lee, "A single balanced diode mixer with defected ground structure (DGS) lowpass filter(LPF)", *Eur. Microwave Conf.*, vol. 1, pp. 197-200, Oct. 2004.

[6] Jin-Yang Kim, Hai-Young Lee, "Wideband and compact bandstop filter structure using double-plane superposition", *IEEE Microwave and Wireless Components Lett.*, vol. 13, no. 7, pp. 279-280, Jul. 2003.

[7] I. S. Chang, B. S. Lee, "Design of defected ground structures for harmonic control of active microstrip antenna", *IEEE, AP-S Int. Symp.*, vol. 2, pp. 16-21, Jun. 2002.

[8] H. M. Kim, B. S. Lee, "Analysis and synthesis of defected ground structures(DGS) using transmission line theory", *Eur. Microwave Conf.*, pp. 397-400, Oct. 2005.

[9] H. M. Kim, B. S. Lee, "Bandgap and slow/fast-wave characteristics of defected ground structures (DGSs) including left-handed features", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 54, no. 7, pp. 3113-3120, Jul. 2006.

[10] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Second Edition, John Wiley, pp. 206-213, 1998.

[11] G. Zhang, F. Huang, and M. J. Lancaster, "Superconducting spiral filters with quasi-elliptic characteristic for radio astronomy", *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 53, no. 3, pp. 947-951, Mar. 2005.

정 상 운



2006년 2월: 서경대학교 정보통신학과 (공학사)
2006 3월~현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 초고주파 수동회로 설계, SI/EMC

임 영 광



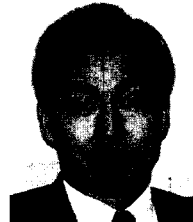
2005년 2월: 아주대학교 전자공학부 (공학사)
2005년 3월~아주대학교 전자공학과 석, 박사 통합과정
[주 관심분야] 초고주파 회로 설계, MMIC 패키지

장 재 원



2007년 2월: 아주대학교 전자공학부 (공학사)
2007년 3월~현재: 아주대학교 전자공학부 석사과정
[주 관심분야] 초고주파 수동 소자 개발 및 RFIC

이 해 영



1980년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1982년~1986년: 국방부 연구사무관
1989년 12월: The University of Texas at Austin (공학박사)
1990년~1992년: LG 기술원 기초 1실장
1992년~현재: 아주대학교 전자공학부 정교수
[주 관심분야] 고속/고밀도 System in Package, RF 소자 및 광전소자의 설계/측정, 고속 반도체 테스트 기술