

논문 2006-43TC-7-18

저지대역 개선을 위해 EBG구조를 집적한 DBR 마이크로스트립 대역통과 여파기

(A Microstrip Bandpass Filters Using Dual-Behavior Resonators Integrated with EBG Structures to Improve Stopband Response)

석 창 현*, 장 재 삼*, 임 정 섭*, 황 호 순*, 정 영 호*, 이 동 철*, 이 문 수*

(Chang-heon Seok, Jae-sam Jang, Jung-sup Lim, Ho-soon Hwang, Young-ho Jung,
Dong-cheol Lee, and Mun-soo Lee)

요 약

2.3 GHz대 WLAN용으로 DBR(Dual-Behavior Resonator)를 사용한 협대역 대역통과여파기와 이 여파기의 고조파를 제거하기 위해 EBG(Electromagnetic Bandgap)구조를 적용한 여파기를 설계한다. 여파기의 삽입 손실과 크기를 최소화하기 위해 2개의 DBR을 선택한다. 여파기의 중심 주파수는 2.35GHz이고, 대역폭은 140MHz이다. 두 가지(EBG구조를 가지는 경우와 가지지 않는 경우) DBR 여파기의 응답특성을 계산하고, 측정결과와 비교한다. 실험결과 계산치와 매우 잘 일치한다 : EBG구조를 가지는 여파기의 대역폭과 삽입손실은 각각 3.8%와 1.7dB이다. 그러나 EBG구조를 가지지 않는 여파기의 대역폭과 삽입손실은 각각 7%와 1.23dB이다. 여파기의 삽입손실이 증가하고, 대역폭이 감소한 것은 EBG구조를 적용한 결과이다. 또한 EBG구조를 적용한 여파기의 저지대역 특성은 EBG 구조가 없는 여파기에 비해 매우 향상된다.

Abstract

A Microstrip Bandpass Filter Using DBRs for WLAN (2.3~2.4GHz) applications is designed and an EBG structure is employed in the ground plane of the filter to suppress the stopband responses of the filter. The number of DBRs is chosen as two in consideration of low insertion loss and small size of two filter. The center frequency of the filter to be designed is 2.35GHz and its bandwidth is 140MHz. The responses of two kinds of DBR filters (one with EBG and the other without EBG) are calculated and compared with the measurements. The experimental results are in good agreement with the calculations: The bandwidth and insertion loss of the filter with EBG structure are 3.8% and 1.7dB respectively, while those of the filter without EBG structure are 7% and 1.23dB. It is shown that the insertion loss of the filter is increased and its bandwidth is decreased due to the EBG structure. Also the stopband responses of the filters with EBG structures are shown to be much improved compared with those without EBG.

Keywords : Filter, DBR, EBG

I. 서 론

WLAN, IMT2000과 같은 이동통신에 가장 많이 사용되는 부품은 여파기이며, 이 여파기는 협대역 특성을 가지면서 저가로 제작 가능해야 한다. 일반적으로 사용되는 SAW여파기는 성능은 우수하지만, 제조비용이 많

이 든다. 반면에, 마이크로스트립 여파기는 제작비용은 저렴하지만, 대역폭의 협대역성, 삽입손실, 그리고 슬롭 특성이 양호한 편이 아니다. 따라서 이와 같은 마이크로스트립 여파기의 특성에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

마이크로스트립 여파기중 DBR (Dual-Behavior Resonator)를 이용한 여파기는 주 전송선로에 서로 다른 두개의 병렬 개방 스텝의 결합으로 구성된다^[1]. 각 스텝이 기본 공진 조건에 따라 전송영점을 가진다. DBR은 통과대역과 저지대역에서의 주파수응답을 독립

* 정희원, 경상대학교 공학연구원(컴퓨터정보통신연구소)
(Engineering Research Institute(RICIC),
GyeongSang National University)
접수일자: 2006년4월20일, 수정완료일: 2006년7월14일

적으로 제어 할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여, 협대역 여파기를 구현하는 것이 가능하다.

또한, 마이크로스트립 여파기에서 발생하는 고조파 성분은 다른 통신 시스템과 상호 간섭을 일으킨다. 이러한 고조파 성분은 EBG(Electromagnetic Band Gap) 구조를 사용하여 억제시킬 수 있다^{[2][3]}. EBG 구조의 기본형은 원형 슬롯과 정방형 슬롯이 주로 사용된다.

본 논문에서는, DBR의 독립적으로 제어 가능한 전송영점을 통과대역에 근접시켜 무선 LAN 주파수인 2.3GHz 대역에서 대역폭이 100MHz 정도인 협대역 대역통과 여파기를 설계한다. 그리고, 마이크로스트립 여파기에서 발생하는 고조파 성분을 억제하기 위해서 EBG 구조를 도입한다. EBG 구조의 기본형은 계산상의 편의를 위해 정방형 슬롯을 선택한다. DBR구조와 접지면에 EBG 구조를 사용한 여파기 설계에는 Moment법을 이용한 Ensemble 5.0을 이용하여 최적 설계하였고, Vector Network Analyzer (Anritsu 37369A)로 여파기의 특성을 실험적으로 고찰한다.

II. DBR(Dual-Behavior Resonators)

DBR의 일반적인 구조는 그림 1과 같이, 등가 입력임피던스 Z_{S1} 와 Z_{S2} 를 가지는 서로 다른 두개의 대역저지 구조가 병렬 결합된 것으로 나타낼 수 있다. 이 구조의 전체 입력임피던스는

$$Z = (Z_{S1} Z_{S2}) / (Z_{S1} + Z_{S2}) \quad (1)$$

이다. 이 식에서 $Z=0$ 즉, $Z_{S1}=0$ 또는 $Z_{S2}=0$ 일 때 항상 나타나는 전송 영점이 나타나지 않음을 알 수 있다. 이때 각각의 대역저지 구조는 그대로 존재한다. 그러나, 등가 입력 임피던스 Z_{S1} 과 Z_{S2} 가 크기는 같고 역 위상일 때 대역통과 특성을 생성할 수 있다. 이 경우 전체 입력 임피던스는 ∞ 가 된다.

그림 2는 50Ω 선로에 연결된 개방 스텁(open-ended

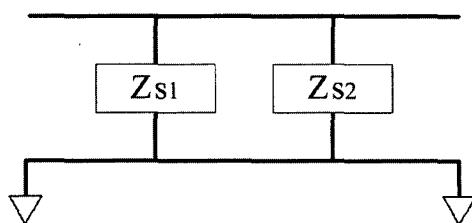


그림 1. DBR : 기본 공진 구조

Fig. 1. DBR : the basic resonant structure.

stub)의 주파수특성(S_{21})이다. 이 구조의 전송영점은 스텁 길이가 $L = (2k+1) \lambda_0/4$ 인 주파수에서 전송 영점이 발생한다. 길이가 L인 이 스텁을 특성임피던스와 길이가 (Z_1, l_1), (Z_2, l_2)인 두개의 전송선으로로 분리하여 구성하면 전송영점을 변화시킬 수 있다.

이 때, 그림 2에서 한 개의 스텁을 구성하는 두 전송선로의 특성임피던스 비 Γ ($\Gamma = Z_1/Z_2$ 여기서, Z_1 은 T접합에서 먼 쪽 선로의 특성임피던스, Z_2 는 가까운 쪽 선로의 특성임피던스)가 1 보다 크면 전송영점이 감소하고, 1 보다 작으면 전송영점이 증가한다.

따라서, $\Gamma < 1$ 인 구조와 $\Gamma > 1$ 인 구조를 병렬로 결합하고, 스텁 길이($L = l_1 + l_2$)를 조정하면, 그림 3처럼 중심주파수 f_0 와 양쪽 전송영점을 조절할 수 있는 대역통과 여파기를 설계할 수 있다. 이 대역통과 여파기의 차수는 DBR의 수 n과 같으며, 통과대역 내에 n개의 극점이 있고, 통과대역 양쪽의 저지대역내에 각각 n개의 전송영점이 있다.

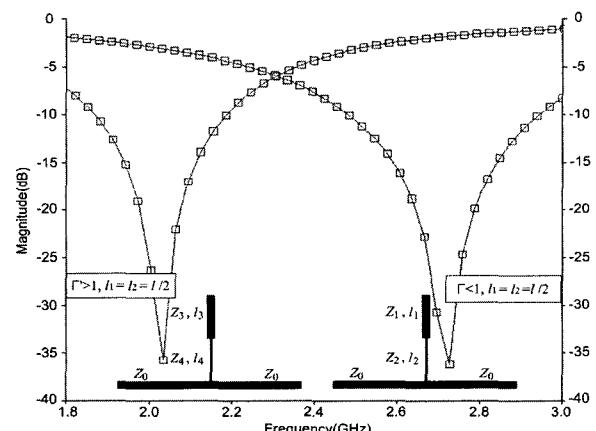


그림 2. $\Gamma < 1$ & $\Gamma > 1$ 인 Stepped Impedance
Fig. 2. Stepped impedance stub with $\Gamma < 1$ & $\Gamma > 1$.

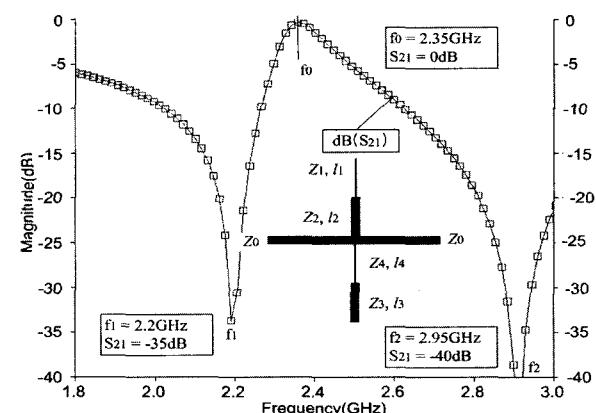


그림 3. DBR 구조

Fig. 3. DBR structure.

III. DBR를 사용한 여파기 설계

1. 일반적인 DBR 설계 이론

n 차 필터에서, 하나의 전송영점은 $2n$ 개의 스텝 중 하나 즉, n 개의 DBR 중 하나와 관련이 있으며, 그 위치는 그림 4와 같은 DBR의 스텝 등가입력임피던스 Z_{s1} 과 Z_{s2} 를 이용하여 구할 수 있다.

간단히 하기 위해, 스텝을 구성하는 각 선로의 길이를 l 로 하면, 각 스텝의 입력임피던스 Z_{s1} 과 Z_{s2} 는

$$\frac{Z_{s1}}{Z_0} = j \frac{Z_2}{Z_0} \cdot \frac{Z_2 \tan^2(\theta) - Z_1}{(Z_2 + Z_1) \tan(\theta)} \quad (2)$$

$$\frac{Z_{s2}}{Z_0} = j \frac{Z_4}{Z_0} \cdot \frac{Z_4 \tan^2(\theta) - Z_3}{(Z_4 + Z_3) \tan(\theta)} \quad (3)$$

이다, 여기서, θ 는 $\theta = (2\pi \cdot f)l/c$ 이고 c 는 광속도이다.

전송영점은 두 개의 스텝 입력 임피던스 중 어느 하나를 영으로 놓고 구할 수 있으므로

$$\tan^2(\theta_1) = Z_1/Z_2 \quad (4)$$

$$\tan^2(\theta_2) = Z_3/Z_4 \quad (5)$$

이 된다. 여기서

$$\theta_1 = \frac{2\pi k_1 f_0}{c} l \quad (6)$$

$$\theta_2 = \frac{2\pi k_2 f_0}{c} l \quad (7)$$

이고, f_0 는 중심주파수, $k_1 f_0$ 는 첫 번째 stub의 전송영점, $k_2 f_0$ 는 두 번째 stub의 전송영점이 되는 주파수이다.

중심주파수 f_0 에서는

$$Z_{s1} + Z_{s2} = 0 \quad (8)$$

의 관계가 있으므로

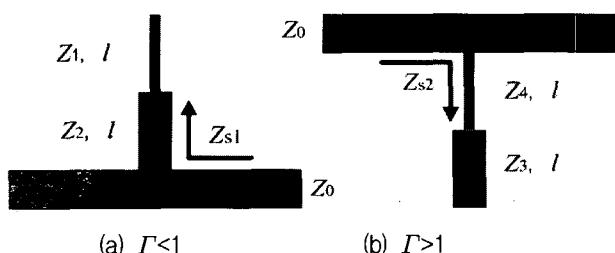


그림 4. 등가입력임피던스 Z_{s1} 과 Z_{s2}

Fig. 4. Equivalent input impedances Z_{s1} and Z_{s2} .

$$\tan^2(\theta_0) = \frac{Z_1 Z_2 (Z_3 + Z_4) + Z_3 Z_4 (Z_1 + Z_2)}{Z_2^2 (Z_3 + Z_4) + Z_4^2 (Z_1 + Z_2)} \quad (9)$$

로 쓸 수 있다. 중심 주파수 f_0 를 중심으로 한 여파기의 통과대역폭은

$$b = \left. \frac{\omega_0}{2} \frac{\partial B(\omega)}{\partial \omega} \right|_{\omega_0} \quad (10)$$

로 정의되는 슬롭 파라미터(Slope parameter)를 이용하여 구할 수 있으며, 여기서 $B(\omega)$ 는 서셉턴스, ω 는 각주파수, ω_0 는 중심각주파수이다.

DBR의 전체 어드미턴스는

$$\frac{Y}{Y_0} = Z_0 \left(\frac{Z_{s1} + Z_{s2}}{Z_{s1} Z_{s2}} \right) \quad (11)$$

이고,

$$B(\omega) = \text{Im}\{ Y/Y_0 \} = P(\omega)/Q(\omega) \quad (12)$$

로 놓으면, $\partial B(\omega)/\partial \omega$ 는

$$\left. \frac{\partial B(\omega)}{\partial \omega} \right|_{\omega_0} = \frac{P'(\omega_0)Q(\omega_0) - P(\omega_0)Q'(\omega_0)}{Q^2(\omega_0)} \quad (13)$$

로 쓸 수 있다. 주파수 f_0 에서 식(8)의 조건을 적용하면 $P(\omega_0) = 0$ 이므로

$$\left. \frac{\partial B(\omega)}{\partial \omega} \right|_{\omega_0} = \frac{P(\omega_0)}{Q(\omega_0)} \quad (14)$$

이 된다. 식 (14)에서 $P(\omega_0)$ 와 $Q(\omega_0)$ 는

$$P(\omega_0) = \frac{Z_0 l}{c_0} (1 + \tan^2(\theta_0)) [R + S(\omega_0)] \quad (15)$$

$$Q(\omega_0) = -Z_2 Z_4 \frac{Z_2 \tan^2(\theta_0) - Z_1}{(Z_2 + Z_1) \tan(\theta_0)} \cdot \frac{Z_4 \tan^2(\theta_0) - Z_3}{(Z_4 + Z_3) \tan(\theta_0)} \quad (16)$$

로 쓸 수 있고, 여기서, R 과 $S(\omega_0)$ 는 다음과 같다.

$$R = \frac{Z_2^2}{(Z_2 + Z_1)} + \frac{Z_4^2}{(Z_4 + Z_3)} \quad (17)$$

$$S(\omega_0) = \frac{1}{\tan^2(\theta_0)} \left[\frac{Z_2 Z_1}{(Z_2 + Z_1)} + \frac{Z_4 Z_3}{(Z_4 + Z_3)} \right] \quad (18)$$

간단히 하기 위해, 스텝을 구성하는 각 전송선로 길이를 l 로 하였지만, 앞에서 유도된 식들이 복잡하므로 실제 여파기 설계에는 이용하기가 어렵다. 따라서 다음

절에서와 같이 DBR에 대한 몇 가지 단순화 과정을 통해 DBR설계를 간단히 할 수 있다.

2. DBR 설계의 단순화

한 DBR구조에서 전송 영점 주파수는 Γ 와 Γ' 에 관계 되며 간단히 하기 위해 $\Gamma' = 1/\Gamma$ 로 한다. 이때 $Z_4 = Z_1$, $Z_3 = Z_2$ 가 되어 식 (15)-(18)은 크게 간단해진다. 한편 중심 주파수와 대역폭이 독립적이면 상·하 전송 영점은 Γ 에 따라 다르게 될 수 있다. 따라서 상·하 전송 영점은 별도로 정할 수 없다.

단순화된 기본 DBR에서 식(4)와 (5)를 다시 쓰면

$$Z_2 \tan^2(\theta_1) = Z_1 \quad (19)$$

$$Z_1 \tan^2(\theta_2) = Z_2 \quad (20)$$

이다. 스텝의 각 부분의 길이 l 은 다음과 같다.

$$l = c_0 / (4f_0(k_1 + k_2)) \quad (21)$$

식 (9)에 $Z_4 = Z_1$, $Z_3 = Z_2$ 를 대입하여 전개하면

$$\tan^2(\theta_0) = 2Z_1Z_2 / (Z_2^2 + Z_1^2) \quad (22)$$

이다. 전송 영점 편이는 다음과 같이 k_1 과 k_2 간의 관계로 나타낼 수 있다.

$$\cos(\pi\delta/2\sigma) = \sqrt{2} \sin(\pi/2\sigma) \quad (23)$$

여기서,

$$\delta = k_2 - k_1 \quad (24)$$

$$\sigma = k_1 + k_2 \quad (25)$$

이다. σ 를 정하면, 식 (23)에서 δ 를 구할 수 있으므로 k_1 과 k_2 를 쉽게 구할 수 있다. k_1 과 k_2 가 구해지면, Z_1 과 Z_2 도 구할 수 있다. 식 (19)와 (22)를 사용하면

$$\tan^2(\theta_0) = 2\tan^2\theta_1 / (1 + \tan^4\theta_1) \quad (26)$$

식 (19)와 (26)을 식 (15)-(18)에 대입하면

$$P'(\omega_0) = Z_0 \frac{l}{c_0} 2 \cdot Z_2 [1 + \tan^2\theta_1] \quad (27)$$

$$Q(\omega_0) = \frac{Z_2^2}{2} \tan^2\theta_1 \frac{(1 - \tan^2\theta_1)^2}{1 + \tan^4\theta_1} \quad (28)$$

이다. 슬롭 파라메터 b 를 정의한 식 (10)을 사용하면,

$$\frac{Z_2}{Z_0} = \frac{(\tan^2\theta_1 + 1)(\tan^4\theta_1 + 1)\pi}{\tan^2\theta_1(1 - \tan^2\theta_1)^2(k_1 + k_2)b} \quad (29)$$

이다.

이제 단순화된 DBR은 등가 슬롭 파라메터 b 로 모델링 할 수 있다. n 차 여파기 설계는 고전적 설계 결과를 이용한다^[4]. b_j 계수로 공진기가 정해지면,

$$Z_{cj,j+1}/Z_0 = 1/J_{j,j+1} \quad (30)$$

로 정의되는 $\lambda/4$ 어드미턴스 인버터의 특성 임피던스를 계산할 수 있다. 여기서

$$J_{01} = \sqrt{\frac{G_a \cdot b_1 \cdot w}{\omega_1 \cdot g_0 \cdot g_1}} \quad (31)$$

$$J_{j,j+1} = \frac{w}{\omega_1} \sqrt{\frac{b_j \cdot b_{j+1}}{g_j \cdot g_{j+1}}} \quad (32)$$

$$J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{G_b \cdot b_n \cdot w}{\omega_1 \cdot g_n \cdot g_{n+1}}} \quad (33)$$

$$w = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \quad (34)$$

이다. 이를 공식에서 g_j 는 등가 프로토타입 저역통과 여파기의 체비세프 계수이며, ω_1 은 저역통과 여파기의 차단 주파수, G_a 와 G_b 는 종단 컨덕턴스, ω 는 비대역폭이다.

IV. 스파리어스 억제를 위한 EBG 구조

EBG구조는 주기적 격자구조로서 특정 주파수 대역의 전송이 저지된다. 마이크로파 대역에서 EBG 구조는 안테나의 방사패턴개선, 전력 증폭기의 출력전력 및 효율증대, 광대역전파흡수체, 주파수선택표면 등에도 이용된다^[5].

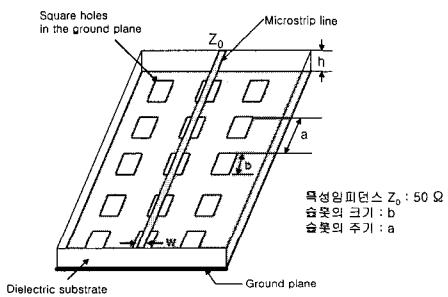


그림 5. EBG구조의 3차원 그림

Fig. 5. Three-dimensional view of the EBG structure.

그림 5는 50Ω 마이크로스트립 전송선로의 접지면에 정방형 슬롯을 3×5 으로 2차원 배열시킨 것이다. 그림 6은 단위 EBG 구조의 등가회로로서 단위 셀은 슬롯과 그 양쪽에 전기적 길이가 $k_0d/2$ 인 전송선로로 구성되고, 슬롯은 RLC병렬 공진회로로 나타낼 수 있으며, R, L, C 값은 다음과 같다^[6].

$$R = \frac{2Z_0}{\sqrt{\frac{1}{|S_{11}(\omega)|^2} - \left(2Z_0\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)\right)^2} - 1} \quad (35)$$

$$L = 1/(4\pi^2 f_0^2 C) \quad (36)$$

$$C = (\omega_c)/(2Z_0(\omega_0^2 - \omega_c^2)) \quad (37)$$

여기서, ω_0 는 저지대역의 중심주파수이고 ω_c 는 차단주파수를 나타낸다.

그림 6에서, EBG 구조 단위 셀의 ABCD 파라미터를 구하면

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos k_0d + \frac{jZ}{2Z_0} \sin k_0d & \frac{Z}{2} \cos k_0d + jZ_0 \sin k_0d + \frac{Z}{2} \\ \frac{Z}{2Z_0^2} \cos k_0d + \frac{j}{Z_0} \sin k_0d - \frac{Z}{2Z_0^2} & \cos k_0d + \frac{jZ}{2Z_0} \sin k_0d \end{bmatrix} \quad (38)$$

이 된다. EBG 단위 셀의 ABCD 파라미터를 S-파라미터

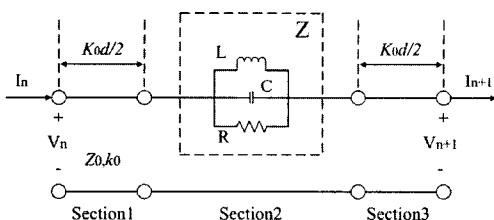


그림 6. EBG구조의 단위 셀

Fig. 6. Unit cell for EBG structure.

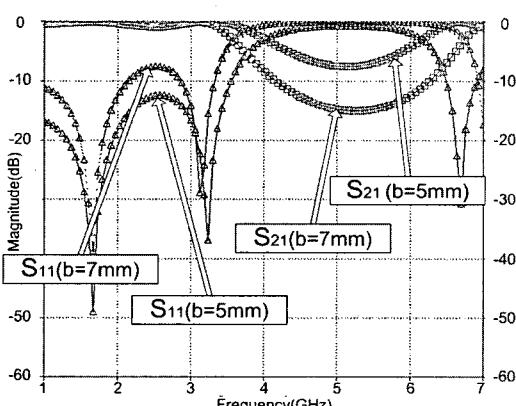


그림 7. EBG 마이크로스트립 라인의 계산된 S-파라메터
Fig. 7. Calculated S-parameters for the EBG microstrip line.

로 변환하면 EBG 구조의 주파수특성을 계산할 수 있다.

그림 5의 50Ω 마이크로스트립 선로의 이면에 에칭된 EBG 구조의 주기 $a=11.4\text{mm}$ 로 고정시키고 정방형 슬롯크기 b 를 5 mm , 7 mm 로 변화시켰을 때, 선로의 전송특성을 계산한 결과는 그림 7과 같다. 이 그림에서 슬롯크기가 작을수록 저지대역폭이 좁아지고, 반대로 슬롯크기가 커지면 저지대역폭이 넓어지고 삽입손실이 증가하며 통과대역내의 리플이 증가함을 알 수 있다.

V. 설계 및 실험

1. DBR을 사용한 2차 여파기 설계

표 1은 설계하고자 하는 여파기의 규격이고, 여파기 설계에 사용된 기판은 RT/Duroid 3010(유전율 : 10.2, 두께 : 50mil)이다.

그림 8은 DBR을 사용한 대역통과여파기의 설계도이고, 표 2는 여파기의 설계값을 나타낸 것이다.

표 1. 여파기의 규격

Table 1. Specification of the filter.

| | |
|--------|--------------------------|
| 중심 주파수 | $f_0 = 2.35 \text{ GHz}$ |
| 대역폭 | 2.28 ~ 2.42 GHz |
| DBR의 수 | $N = 2$ |

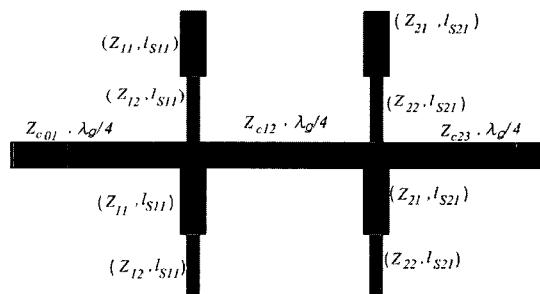


그림 8. DBR을 사용한 대역통과 여파기의 배치

Fig. 8. Layout of bandpass filter using DBR.

표 2. 여파기의 치수

Table 2. Details of the filter dimension.

| 전송선로 특성임피던스 | 스텝선로 특성임피던스 | 전송 영점 계수 | 스텝의 길이 |
|-------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|
| $Z_{C01}: 49.71 \Omega$ | $Z_{11}: 51.79 \Omega$ | $k_{11}: 0.893$ | $l_{S11}: 5.6 \text{ mm}$ |
| $Z_{C12}: 51.79 \Omega$ | $Z_{12}: 76.88 \Omega$ | $k_{12}: 1.276$ | $l_{S21}: 5.4 \text{ mm}$ |
| $Z_{C23}: 56.67 \Omega$ | $Z_{21}: 51.79 \Omega$ | $k_{21}: 0.893$ | $l_{S22}: 94.41 \Omega$ |
| | | $k_{22}: 1.276$ | |

k_{11} : 제 1 스텝의 하측전송영점계수, k_{12} : 제 1 스텝의 상측전송영점계수, k_{21} : 제 2 스텝의 하측전송영점계수, k_{22} : 제 2 스텝의 상측전송영점계수

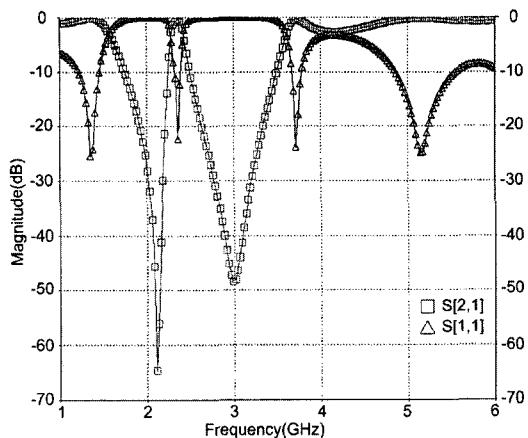


그림 9. DBR을 사용한 대역통과 여파기의 계산된 특성
Fig. 9. Calculated Characteristics of the bandpass filter using DBR.

그림 9는 DBR를 사용한 2차 여파기의 계산 결과를 나타낸 것으로 3 dB 대역폭은 중심주파수 2.35 GHz에서 약 6.0 %이고, 통과대역의 대부분 영역에서 삽입손실은 0.4 dB 정도로 작게 나타났지만, 3.7 GHz와 5.1 GHz부근에서 스퍼리어스 성분들이 발생한다는 것을 알 수 있다.

2. EBG 구조를 사용한 여파기 설계

マイクロスト립여파기에 고조파 대역을 억제시키기 위해서 그림 10과 같이 여파기 이면에 정방형 슬롯으로 구성된 EBG 구조를 적용한다. 설계된 EBG는 3개의 슬롯을 가지며, 슬롯의 크기 b 는 7mm이고, 주기 a 는 11.4mm이다.

그림 11은 DBR을 사용한 대역통과여파기에 고조파 성분을 억제하기 위해 여파기 이면에 정방형 슬롯으로 구성된 EBG 구조를 접지면에 정방형 슬롯으로 적용한 결과이다. 그림 12는 EBG구조를 적용한 DBR여파기의 삽입손실과 반사 손실을 계산한 결과로서 3 dB 대역폭은 4.7 %로 EBG를 적용하지 않은 여파기보다 1.3 % 좁아졌으며, 삽입손실도 0.6 dB로 0.2 dB정도 높아졌다.

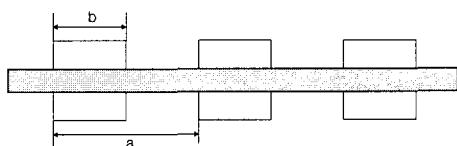


그림 10. 접지면에 정방형 슬롯의 EBG 구조를 가지는 50Ω 마이크로스트립 전송선
Fig. 10. 50Ω microstrip transmission line with an EBG structure of the square slots in the ground plane.

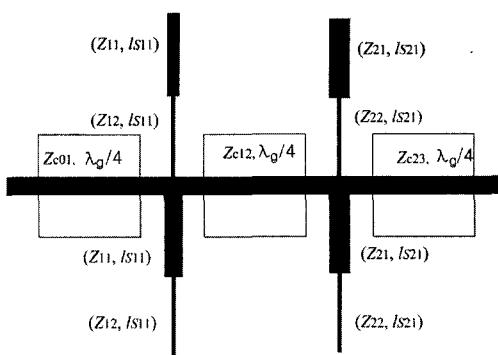


그림 11. 접지면에 정방형 슬롯 EBG를 가지는 DBR을 이용한 대역통과 여파기의 배치
Fig. 11. Layout of the bandpass filter using DBR with square slot EBG structures in the ground plane.

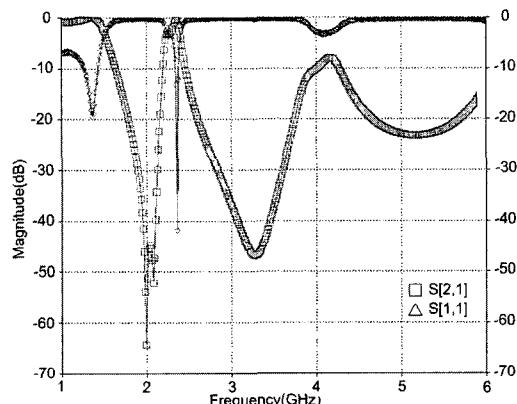


그림 12. 접지면에 정방형 슬롯의 EBG구조를 가지는 여파기의 계산된 삽입손실과 반사손실
Fig. 12. Calculated insertion loss and return loss of the filter with an EBG structure of the square slots in the ground plane.

3. 여파기 특성 측정

제작된 여파기의 사진은 그림 13과 같으며, (a)는 EBG 구조가 없는 경우이고 (b)는 EBG 구조가 있는 경우이다.

그림 14는 EBG 구조가 적용되지 않은 DBR을 사용한 대역통과여파기의 반사손실과 삽입손실을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 중심주파수에서 삽입손실은 1.231 dB이고 7 %의 대역폭을 가지며 통과대역 좌우에 전송 영점이 나타남을 보이며, 3.7 GHz와 5 GHz 근처에서 고조파 성분들이 발생한다는 것을 알 수 있다.

그림 15는 정방형 EBG 구조를 적용한 대역통과여파기의 반사손실과 삽입손실을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 중심주파수의 삽입손실은 1.708 dB이고 대역폭은 3.8 %이다. 그림 14와 비교한 결과 3.7GHz와 5GHz에서 발생하던 고조파 성분들이 -10 dB이하로 억제되어 저지대역이 크게 확장됨을 알 수 있다.

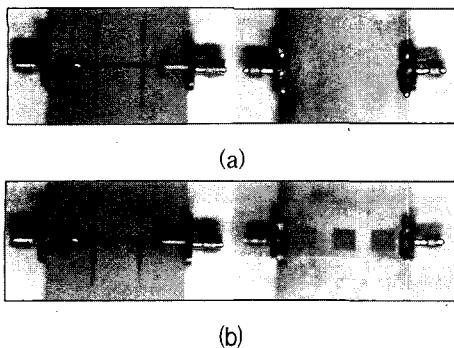


그림 13. DBR을 이용하여 제작된 대역통과 여파기의 사진 : (a) EBG구조가 없는 윗면과 아랫면, (b) 정방형 EBG구조를 가지는 윗면과 아랫면

Fig. 13. Photographs of the fabricated bandpass filters using DBR : (a) top & bottom view without EBG structures, (b) top & bottom view with square EBG structures.

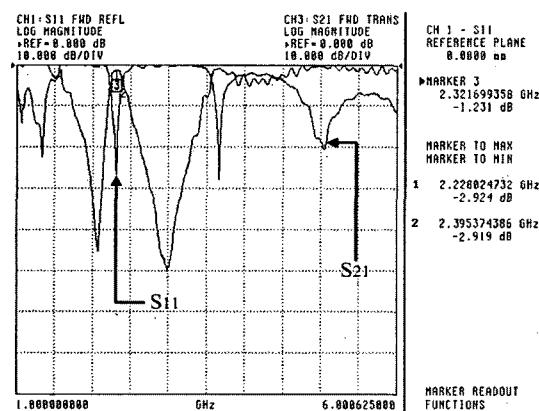


그림 14. DBR을 이용한 대역통과 여파기의 측정된 특성
Fig. 14. Measured characteristics of the bandpass filter using DBR.

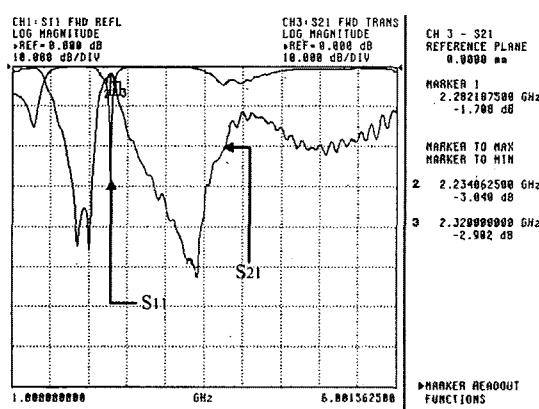


그림 15. 접지면에 EBG구조를 가지는 DBR을 이용한 대역통과 여파기의 측정된 반사손실과 삽입손실

Fig. 15. Measured return loss and insertion loss of the bandpass filter using DBR with EBG structures in the ground plane.

VI. 결 론

WLAN용으로 DBR을 사용한 협대역 대역통과여파기와 이 여파기의 고조파를 제거하기 위해 EBG 구조를 적용한 여파기를 설계·제작하였다. 50 Ω 전송선에 두개의 병렬 스터브를 가진 DBR로 설계한 여파기는 기본모드에서 대역통과 여파기로 동작한다. DBR을 사용한 여파기는 스텝의 임피던스 비에 따라 임의의 위치에 전송영점을 놓을 수 있다. 따라서 두개의 전송영점을 서로 가까이 놓으면 협대역 대역통과여파기를 설계할 수 있다. 그리고, 여파기에서 발생하는 고조파를 제거하기 위하여 정방형 슬롯의 EBG 구조를 적용하였다.

마이크로스트립여파기(중심주파수 2.35 GHz, 대역폭 140 MHz)를 설계하여 시뮬레이션한 결과, 중심주파수 2.35 GHz, 대역폭 140MHz로 6 %이고 삽입손실은 0.4 dB이다. 대역통과여파기의 고조파를 제거하기 위해 EBG를 적용한 결과, 대역폭은 4.7 %이고 삽입손실은 0.6dB로 나타났다. 측정결과, 중심주파수는 2.32 GHz, 대역폭은 7 %이고 삽입손실은 1.231 dB이다. EBG를 적용하여 제작된 대역통과여파기를 측정한 결과, 대역폭 3.8 %이고 삽입손실은 1.708 dB이다.

DBR를 사용한 대역통과여파기의 고조파 성분을 제거하기 위해 EBG 구조를 적용한 결과, EBG가 없는 여파기보다 저지대역이 크게 확장되고 대역폭이 감소하지만 삽입손실이 다소 증가함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Cedric Quendo, Eric Rius, and Christian Person, "Narrow Bandpass Filters Using Dual-Behavior Resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, Vol. 51, no. 3, pp. 734-743, March 2003.
- [2] Ferran Martin, Francisco Falcone, Jordi Bonache, Txema Lopetegi, Miguel A. G. Laso, Mario Sorolla, "New Periodic-Loaded Electromagnetic Bandgap Coplanar Waveguide with Complete Spurious Passband Suppression," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 12, no. 11, pp. 435-437, Nov. 2002.
- [3] E. Yablonovich, "Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics," *Physical Review lett.*, Vol. 58, no. 20, pp. 2059-2062, May 1978.
- [4] G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones,

- "Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures," Artech House, pp.427-433, 1980
- [5] Vesna Radisic, Yongxi Qian, Tatsuo Itoh, "Broad-Band Power Amplifier Using Dielectric Photonic Bandgap Structure," *IEEE Microwave and Guided wave letters*, Vol. 8, no. 1, pp. 13-14, Jan. 1998.
- [6] 김상철, "PBG 구조가 적용된 평행 결합 마이크로 스트립 대역통과 여파기 설계에 관한 연구," 경상 대학교, 석사학위논문, 2001.

저 자 소 개



석 창 현(정회원)
 2002년 경상대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2004년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2004년 ~ 현재 (주)RN2
 Technologies 주임연구원

<주관심분야 : 통신, 컴퓨터, 칩안테나>



장 재 삼(정회원)
 1997년 경상대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1999년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2002년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사과정
 1999년 ~ 현재 A-Telecom 선임 연구원

<주관심분야 : 무선통신시스템, 마이크로파회로>



임 정 섭(정회원)
 1998년 경상대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2000년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2001년 ~ 현재 경상대학교 전자공
 학과 박사과정

<주관심분야 : 마이크로파, 이동통신, 안테나>



황 호 순(정회원)
 1978년 목포해양전문학교
 통신과 졸업
 1997년 진주산업대학교
 전자계산학과 학사 졸업.
 2002년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2002년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과
 박사과정

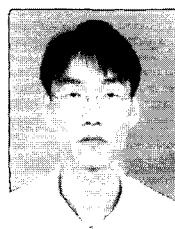
<주관심분야 : 무선통신, 안테나, RF>



정 영 호(정회원)
 1996년 경상대학교 전자공학과
 학사 졸업
 2001년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업
 2003년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사 과정

1997년 ~ 현재 한국항공 선임연구원

<주관심분야 : 무선통신, 안테나>



이 동 철(정회원)
 1992년 경상대학교 전자재료
 공학과 학사 졸업
 1994년 경상대학교 전자공학과
 석사 졸업
 1997년 ~ 현재 경상대학교
 전자공학과 박사 과정
 1997년 ~ 현재 데이콤종합연구소 선임연구원

<주관심분야 : 무선통신, 무선랜, 안테나>



이 문 수(정회원)
 1970년 한국항공대학교 통신공학과 학사 졸업.
 1980년 한양대학교 전자통신공학과 석사 졸업.
 1984년 한양대학교 전자통신공학 박사 졸업.
 1981년 ~ 1986년 제주대학교 통신공학과 부교수.
 1986년 9월 ~ 1987년 8월 미국 COMSAT 연구소 연구원.
 1999년 6월 ~ 1999년 8월 Syracuse 대학교 방문교수.

2004년 1월 ~ 2005년 2월 미시시피 대학교 방문교수.

1987년 ~ 현재 경상대학교 전자공학과 정교수.

<주관심분야 : 마이크로파, 무선통신, 안테나>