

논문 2004-41TC-8

PBG 구조를 이용한 대역통과 여파기 고조파 억제에 관한 연구

(Harmonic Suppression of Band Pass Filter Using Photonic Band Gap Structure)

서 철 헌*

(Chulhun Seo)

요 약

접지면에 PBG와 Aperture를 설치함으로써 고성능 대역통과 여파기를 설계하였다. 대역통과 여파기의 하모닉 특성은 PBG 구조에 의하여 개선되었고 대역폭은 Aperture에 의하여 확대되었다. 세가지 크기를 갖는 PBG 구조가 결합되어 새로운 PBG 구조가 도출되었다. 설계 중심 주파수는 2.2 GHz이었고 대역폭은 Aperture에 의하여 40% 확대되었다.

Abstract

A bandpass filter has been designed by employing the PBG structure and the aperture on the ground together in this paper. The harmonics of band pass filter have been suppressed by employing the PBG structure and the bandwidth of it has been broadened by using the aperture on the ground. The three kinds of PBG structures has been combined to suppress the harmonics of the filter. The center frequency of filter is 2.2 GHz and the bandwidth has been increased from 40% by the aperture and all harmonics were suppressed about 35dBc by the PBG. The insertion loss has been reduced 3.0dB to 2.6dB.

Keywords : PBG, Aperture, 대역통과 여파기

I. 서 론

접지면에 에칭을 함으로써 회로의 성능을 향상시키는 기술이 많이 소개되어 왔다. 이는 부가적인 회로의 연결 없이 성능이 향상되므로 PBG (Photonic Band Gap), Aperture, DGS (Defected Ground Structure) 등 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 많은 연구가 이러한 접지면 에칭을 통하여 안테나, 증폭기, 발진기, 필터 등에 이루어졌다. 대표적인 예를 보면 PBG의 경우 안테나의 방사패턴 향상을 위해 안테나에서 이용되었고, 전력증폭기의 출력전력과 효율을 증가시키기 위하여 사용되었다. 또한 반사기 설계, 광대역 감쇠기, 주파수 선

택기의 분야에서도 적용이 이루어지고 있다[1-3]. 본래 PBG구조는 주기적인 불연속 구조를 갖고 진행파의 일정 대역을 저지하는 저지대역을 형성하는 특징을 갖는다. 이러한 원리는 광학의 브래그(Bragg)격자에 대한 연구에서 비롯되었지만, PBG 이론은 광범위한 주파수 대역에서도 동일한 특성을 갖고 있어 최근에는 마이크로파와 밀리미터파 대역에도 PBG구조를 적용하였다. Aperture의 경우 M(H)MIC 기반의 다중구조로 제작된 결합 스트립 여파기에 적용되어 스트립라인의 결합손실을 보상하는 역할을 하는 구조로 사용되었다. 또한 스트립 라인으로 제작된 필터는 대역폭을 넓게 만들때 어려움이 있는데 이를 Aperture를 통하여 대역폭을 60%까지 향상시킨 결과도 나왔었다. 그리고 안테나에도 적용되어 대역폭을 넓히는데 사용되었다[4-7].

저역통과 여파기는 보통 스텝 라인을 이용한 저역통과 여파기나 계단형 임피던스 라인을 이용한 저역통

* 정회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부

(School of Electronic Engineering Soongsil University)

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

접수일자 : 2003년 12월 10일, 수정완료일:2004년 1월 16일

과 여파기의 두가지로 제작되는데 스티브 라인을 이용한 저역 통과 여파기는 일반적으로 좁은 대역폭을 갖고 회로 설계를 위한 공간이 요구되는 단점을 갖고 있다. 계단형 임피던스 라인을 이용한 저역통과 여파기의 경우 전기적 성능은 다소 좋지 않아 주로 예리한 차단을 요구하지 않는 시스템에서의 적용으로 제한되고 있다. PBG 구조는 일정 저지대역을 형성하고 그 밖의 대역에서는 어느 정도의 통과대역을 형성하고 있으므로 광대역을 요하는 시스템에서는 일정 대역의 저지대역을 갖는 여러개의 여파기의 사용이 요구된다. 또한 PBG 구조를 이용한 여파기도 동작의 한계성을 가지며 각종 저역 통과 여파기의 특성을 이용한 마이크로스트립 회로의 성능개선을 위한 PBG의 적용에서도 제한 요소를 갖게 된다. 따라서 보다 넓은 대역의 저지대역을 형성하는 새로운 구조에 대한 연구가 요구되고 있다. Kelly의 경우 광대역 저지대역을 형성하는 PBG를 구현하기 위하여 크기가 다른 셀들을 배열하여 광대역에 저지대역을 형성하는 구조를 제안하였다. 그러나 회로의 크기가 커진다는 단점이 있고, KTS PBG의 경우 크기의 문제를 해결했으나 리플 및 삽입손실, 반사손실이 안 좋아지는 단점이 있었다.

II. 제안된 PBG구조의 주파수 응답특성 및 분석

위에 나온 문제점들을 해결하기 위하여 기본 구조에서 시작하여 셀의 크기와 간격을 변화시키면서 주파수 응답 특성을 살펴보았다. 그림 1에서 보면 a는 에칭부분의 세로 크기를 나타내고, b는 가로의 크기, c는 에칭한 부분들 사이의 간격을 나타낸다. 기본적인 구조는 5.8GHz에서 저지대역 특성을 갖도록 제작되었다. 따라서 $a = 7.96\text{mm}$, $b = 7.96\text{mm}$, $c = 7.96\text{mm}$ 의 회로도들 기본으로 각각 b와 c를 변화시켜 최적점을 찾고 그 결과를 가지고 a를 변화시켜 PBG 구조의 최적화를 찾게 된다.

다음으로 $c = 1.0\text{ mm}$, $b = 7.96\text{ mm}$ 로 고정을 시키고 a의 길이를 변화시켜가면서 주파수 응답특성을 보면 그림 2와 같다. 이를 보면 기본구조 상태에서 $a = 16 \sim 20\text{ mm}$ 사이 일 때 5.8 GHz에서 주파수 저지 대역이 형성하는 것을 볼 수 있고, 또한 5 GHz부터 우리가 제작할 5.8 GHz ($a = 20\text{ mm}$) 그리고 10 GHz에 이르기까지 길이 a에 의하여 저지대역 특성을 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 2에 나온바와 같이 a는 그 크기가 클수록 넓은 대역에 걸쳐서 주파수 저지대역을 형성하는 것을 볼 수 있다. 그러나 우리가 원하는 특성은 더

넓은 대역에 걸쳐서 주파수 저지대역을 형성해야 하고 그러기 위해서는 다른 크기의 PBG 구조를 추가하여야 한다.

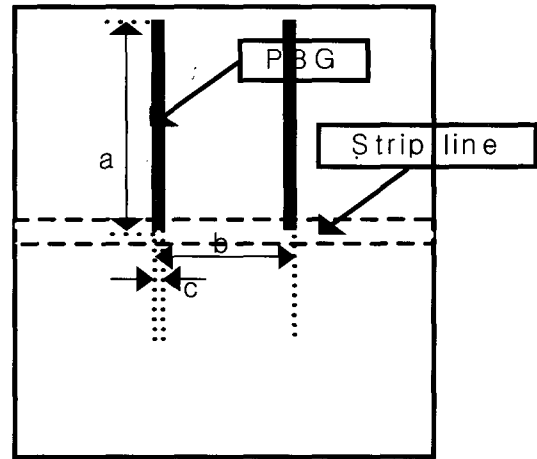


그림 1. 셀의 크기와 간격을 나타내는 PBG 기본모양
Fig. 1. Fundamental PBG showing dimension and distance.

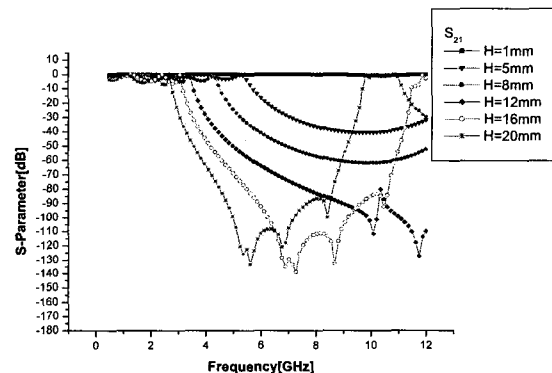


그림 2. a를 변화시켜 가면서 PBG 주파수 응답특성
Fig. 2. Frequency reponse of PBG vs a.

III. 대역통과 여파기의 고조파 제거

대역통과 여파기의 중심주파수는 2.18 GHz로 되었을 때 2차, 3차, 4차, 5차 고조파의 주파수는 각각 4.36 GHz, 6.54 GHz, 8.72 GHz, 10.9 GHz 이다. 설계된 PBG는 접지면에 적용되었으며 각각 셀의 중심주파수는 4.36 GHz, 6.54 GHz, 8.72 GHz, 10.9 GHz 되게 하였다. 그림 3에서 가장 작은 셀에 의해서 2차, 4차, 6차, 8차, 10차등 모든 짝수 차수의 고조파가 억제 되었으며 중간 크기의 셀에 의해서는 3차, 6차, 9차등 3의 배수의 고조파가 억제되었고 가장 큰 셀에 의해서는 5차, 10차등 5의 배수의 고조파가 억제되었다. 따라서 앞의 세 개의

셀을 모두 조합 했을 때 2차, 3차, 4차, 5차, 6차 고조파가 억제되었다.

그림 3은 제안된 PBG 구조의 S-parameter 특성을 보여주며 그림 3의 (a), (b), (c), (d)는 그림 2의 (a), (b), (c), (d) 저지대역 특성을 각각 보여주고 있다.

마이크로스트립 폭은 1.9 mm 이고 특성 임피던스 50 ohm 이었고 각 셀의 크기는 다음과 같다.

그림 3 (a) : 가장 큰 셀

$a = 21.65 \text{ mm}, b = 10.82 \text{ mm}, c = 0.5 \text{ mm}$

그림 3 (b) : 중간 셀

$a = 14.35 \text{ mm}, b = 8.8 \text{ mm}, c = 0.5 \text{ mm}$

그림 3 (c) : 가장 작은 셀

$a = 10.7 \text{ mm}, b = 6.82 \text{ mm}, c = 0.5 \text{ mm}$

그림 3 (a)의 구조는 그림 4 (a)에서 2의 배수 고조파를 억제하고 그림 3 (b)의 구조는 그림 4 (b)에서 3의 배수 고조파를 억제하고 그림 3 (c)의 구조는 그림 4 (c)에서 5의 배수 고조파를 억제하고 그림 3 (d)의 구조는 그림 4 (d)에서 모든 고조파를 억제하고 있는 것을 보여주고 있다.

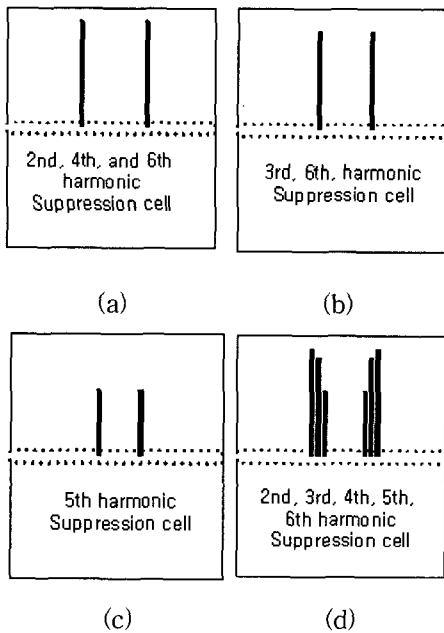
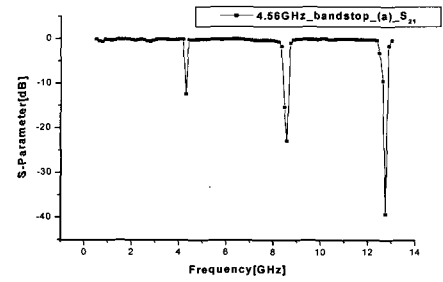


그림 3. 제안된 PBG 구조

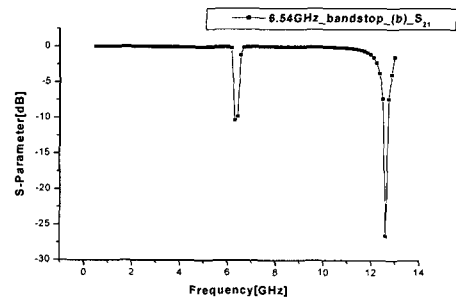
- (a) 2의 배수 고조파 억제 셀
- (b) 3의 배수 고조파 억제 셀
- (c) 5의 배수 조파 억제 셀
- (d) 모든 고조파 억제 셀

Fig. 3. Proposed PBG structure.

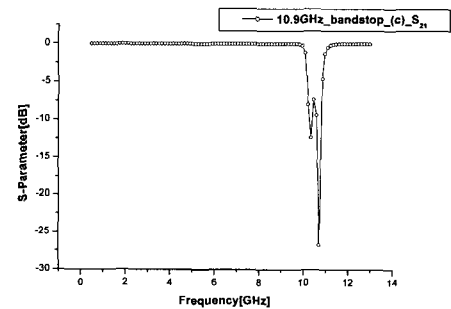
- (a) cells suppressing multiple of 2nd harmonics
- (b) cells suppressing multiple of 3rd harmonics
- (c) cells suppressing multiple of 5th harmonics
- (d) cells suppressing multiple of all harmonics



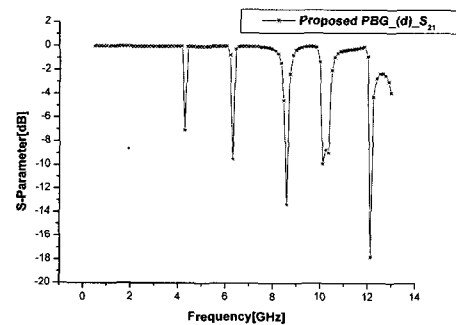
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4 제안된 PBG 구조의 S21 특성

- (a) 가장 큰 셀의 S21 특성
- (b) 중간 셀의 S21 특성
- (c) 가장 작은 셀의 S21 특성
- (d) 복합 셀의 S21 특성

Fig. 4 S21 of Proposed PBG structure.

- (a) S21 of the largest cells
- (b) S21 of the middle cells
- (c) S21 of the smallest cells
- (d) S21 of the combined cells

IV. Conclusion

대역통과가 PBG와 Aperture를 그라운드에 장착함으로써 구현되었다. 하모닉 특성은 PBG 구조에 의하여 향상되었고 대역폭은 Aperture에 의하여 넓어졌다. 크기가 다른 세 종류의 PBG 구조가 결합되어 새로운 PBG 구조가 구현되어 하모닉을 억제하였다.

참 고 문 헌

- [1] David M. Pozar, Microwave Engineering, Addison Wesley, 1990.
- [2] I. Rumsey, P. M. Melinda and P. K. Kelly, "Photonic Bandgap Structures Used as Filter in Microstrip Circuits, IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol.8, no. 10, 1998.
- [3] T.S. Kim, and C. H. Seo, " A Novel Photonic Bandgap Structure for Lowpass Filter of Wide Stopband, "IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol. 10, no. 1, January, 2000.
- [4] Serksun Im, Jaehoon Kim, Chulhun Seo, Naesoo Kim and Youngwan Kim, "Improvement of Microstrip Open Loop Resonator Filter Using Aperture" IEEE MTT 2002 Symposium.
- [5] Fei-Ran Yang; Kuang-Ping Ma; Yongxi Qian; Itoh. T., "A uniplanar compact photonic bandgap (UC-PBG) structure and its applications for microwave circuit" IEEE-MTT, vol.47, no. 11, Aug 1999.
- [6] Rui Qiang; Yunyi Wang; Duxin Chen, "A novel microstrip bandpass filter with two cascaded PBG structures", Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Sym, 2001.
- [7] Lei Zhu, Ke Wu, "Multilayered coupled-microstrip lines technique with aperture compensation for innovative planar filter design", Microwave Conference, 1999 Asia Pacific, Volume2, Dec. 1999.

저 자 소 개

서 철 현(정회원)

대한전자공학회논문지 vol. 31, no. 6 참조