DBpia

Aperture와 PBG를 적용한 대역통과 여파기 성능개선에 관한 연구

정회원 이 승 재*, 서 철 헌*

Improvement of Band Pass Filter Using PBG and Aperture

Seung-Jae Lee*, Chul-Hun Seo* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 접지면에 PBG 및 Aperture의 기능을 하는 셀을 에칭함으로써 PBG에의한 광대역 저지대역 여파기특성을 이용하여 본래 스트립라인이 가지고 있는 하모닉 성분(Second, Third Harmonic and etc)을 억제하였으며, Aperture 특성에 의하여 밴드폭이 넓어지는 2가지 효과를 동시에 볼 수 있는 셀을 제안하였다. 대역통과 여파기는 결합 스트립 여파기를 사용하였다[1]. 대역통과여파기의 대역폭은 신뢰할 수 있는 길이인 0.2mm를 구현할 수 있도록 맞추어 설계하여 대역폭을 가능한 넓게 만들었고 기판은 유전율이 3.2인 기판을 사용하였다. 필터의 중심주파수는 2.14GHz, 대역폭은 230MHz를 얻었다. 이를 Aperture를 통해 310MHz까지 80MHz 즉, 34.7%까지 증가시켰으며 PBG를 통하여 하모닉성분(2nd, 3rd, 4th, 5th)을 20-30dB까지 억제하였다.

Key Words : PBG; Aperture; Harmonic suppression; Band pass filter; Coupled strip line filter.

ABSTRACT

Apertures and PBG(Photonic Band Gap) has been employed on the ground plane in the coupled line filter simultaneously. In order to observe the maximum bandwidth, we used the line gap 0.2mm which is can be made in our lab. Band-pass filter type is four-stage coupled strip line filter. Teflon has been used for the substrate (ε_r=3.2). The center frequency and the bandwidth are 2.18GHz and 230MHz, respectively. The bandwidth is broaden from 230MHz to 310MHz (80Mhz, about 34.7%) by aperture effect and harmonic frequencies are suppressed to 20-30dB by PBG effect. So the harmonic frequencies have been suppressed by the PBG effect and the bandwidth are broaden by aperture effect.

I. 서 론

접지면에 에칭을 함으로써 회로의 성능을 향상시키는 기술이 많이 소개되어 왔다. 이는 부가적인 회로의 언결 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, 필터등에 이루어졌다[2-6]. 대표적인 예를 보면 PBG의 경우 안테나의 방사패턴 향상을 위해 안테나에서 이용되었고, 전력증폭기의 출력전력과 효율을 증가시키기 위하여 사용되었다. 또한 반사기 설계, 광대역 감쇠기, 주파수 선택기의 분야에서도 적용이 이루어지고 있다. 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

* 숭실대학교 대학원 정보통신공학과 이동 및 위성통신 연구실 (imnkiwi@empal.com)
논문번호 : 030266-0620, 접수일자 : 2003년 10월 9일
※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어짐..

www.dbpia.co.kr
Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

갖고 있어 최근에는 마이크로파와 밀리미터파 대역에도 PBG구조를 적용하였다. Aperture의 경우 M(H)MIC 기반의 다층구조로 제작된 결합 스트립 여파기에 적용되어 스트립라인의 결합손실을 보상하는 역할을 하는 구조로 사용되었다[7]. 또한 스트립라인으로 제작된 필터는 대역폭을 넓게 만들때 어려움이 있는데 이를 Aperture를 통하여 대역폭을 60%까지 향상시킨 결과도 나왔었다[8]. 그리고 안테나에도 적용되어 대역폭을 넓히는데 사용되었다[9]. 위의 연구들을 살펴보면 Aperture의 적용은 비교적 많이 연구되고 좋은 특성을 보여왔지만, PBG에 대한 특성은 여파기의 $\frac{\lambda}{2}$ 라는 제한된 공간에서 구현되어야 하는 특성과 통과대역에서의 특성을 유지하기 힘든 결과를 보여 왔다. 따라서 일정한 제작방법이 제시되지 못하여 왔었고, 통과대역이 왜곡되거나 리플이 심해지는 특성을 보여왔다. 본 논문에서 제안된 구조는 이러한 PBG와 Aperture의 동시적용을 통해서 하나의 셀처럼 보이지만 두가지 역할을 다하는 셀을 제안하려한다. 그리고 통과대역에서의 특성을 왜곡시키지 않도록 제작되었다.

II. 대역통과 여파기의 제작 및 응답특성

대역통과 여파기는 결합 스트립 여파기를 사용했으며 대역통과여파기의 대역폭은 연구실에서 제작할 수 있고 신뢰할 수 있는 길이인 0.2mm를 구현할 수 있도록 맞추어 설계하여 대역폭을 가능한 넓게 만들었다. 기판은 테프론 기판을 사용했으며, 유전율은 3.2이다. 여파기의 중심주파수는 2.18GHz, 대역폭은 230MHz이다. 통과대역에서의 리플은 0.5dB 미만이고, 삽입손실은 2.3dB이다. 마지막으로 감쇄는 60dB 이상이다. 그림 1은 제작된 필터의 모양을 보여준다.

그림 1. 필터의 모양 (Top)
Fig 1. Filter Type

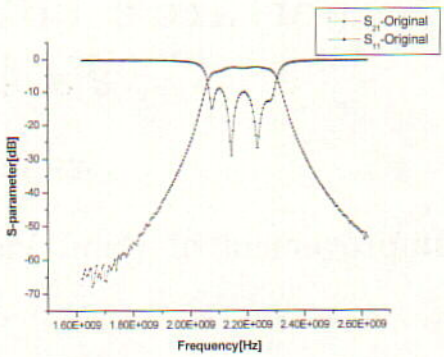

그림 2. 필터의 주파수 응답 곡선(협대역)
Fig 2. Filter response (narrow view)

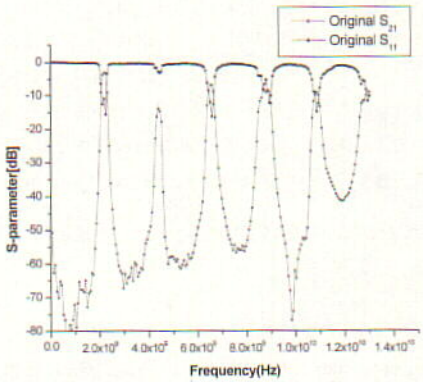

그림 3. 필터의 주파수 응답 곡선(광대역)
Fig 2. Filter response (wide view)

그림 2는 통과대역에서의 특성을 보기 위하여 협대역에서 본 필터의 주파수 응답특성이다. 그림 3은 광대역에서 스트립라인필터의 특성에 의하여 고조파(2nd, 3rd, and etc.) 성분들이 발생하는 것을 보여주고 있다.

III. PBG와 Aperture를 각각 적용했을 때의 주파수 응답 특성

우선 Aperture를 적용했을때의 특성을 보자. 스트립 라인으로 여파기를 제작할 때 스트립라인으로 만든 여파기의 고유한 특성으로 광대역 필터를 제작하기가 어렵고, 밴드폭을 넓히려면 스트립라인 사이의 선폭을 작게 해야 하는데 선폭을 작게 하면 제작도 어렵고 그 오차가 커지게 된다. 이때 Aperture 구조를 적용하면

스트립 라인과 접지면간의 결합은 감소시키고, 두 개의 Line (filter)간의 결합은 증가된다. 따라서 아무것도 적용되지 않았을때의 스트립 라인 여파기 에서보다 밴드폭이 넓어지고 보다 강력한 결합 효과에 의하여 리플특성이 좋아진다. 또한 같은 크기의 라인선폭에서 더 넓은 밴드폭을 가지기 때문에 제작시 어렵지 않고 그 오차도 작아지게 되어 라인폭에 좀더 세밀한 조절이 가능하게 된다. 그림 4는 제작된 여파기의 접지면에 Aperture가 적용된 모양을 보여주고 있다. Aperture는 제작된 필터의 각 단의 사이에 적용되었으며, 가로와 세로의 에칭부분이 커지면 커질수록 강한 결합효과에 의하여 통과대역이 넓어지는 것을 볼수 있다. 그러나 감쇠가 점차 약해지고, 본래의 목적이 PBG와 Aperture가 같이 적용되는 것이기 때문에 필터의 특성이 깨지지 않고, PBG가 적용될 수 있는 공간을 확보하기 위하여 가능한 통과대역을 넓게하고 그림 4와 같은 모양으로 최적화 하였다.

그림 4. Aperture를 적용한 모양(Bottom)
Fig 4. Aperture employed in filter (bottom)

그림 5는 Aperture의 응답특성이 어떻게 일어나는지를 보기 위하여 행해진 Aperture 의 에칭위치와 크기에 따른 변화를 나타내고 있다. "Right 11m"는 그림1(Top Side)에서 볼 때 오른쪽 각단의 라인사이에 에칭을 한 것으로 오른쪽에 붙여서 11m 에칭한 것을 나타낸다. "Left 11m"도 위와 같이 해석하면 된다. 결과를 보면 "Right 11m_Aperture"일 때에는 Electric Coupling 현상이 보이고 "Left 11m_Aperture"일 때에는 Magnetic Coupling 현상이 보인다. 본 논문에서는 필터의 라인 과 같은 길이인 21m에 기초하여 앞으로 나올 데이터를 비교할 것이다.

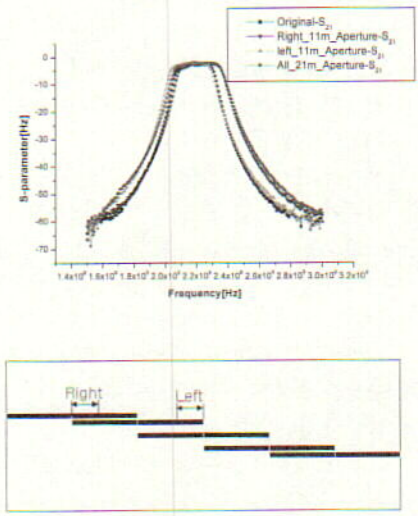

그림 5. Aperture의 주파수 응답특성(Sweep)
Fig 5. Frequency response of Aperture (Sweep)

그림 6은 광대역에서의 Aperture에 따른 특성을 보여주고 있다. Aperture를 적용 했을때와 안 했을때의 차이는 전체적으로 Attenuation이 작아진 것을 볼 수 있는데 이는 결합이 강해짐에 따라 나타나는 현상이며 다른 고조파성분들도 마찬가지로 Aperture 효과가 나타남을 볼 수 있다. Aperture를 적용하여 밴드폭을 310MHz까지 80MHz, 약 34.7% 증가 시켰다.

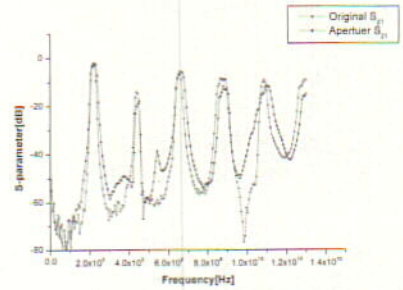

그림 6. Aperture의 주파수 응답특성(광대역, 21m)
Fig 6. Frequency response of Aperture (wide wiew, 21m)

PBG 구조는 본래 가지고 있는 고유 특성인 저지대역 여파기의 특성을 가지고 있다. 이러한 특성에 광대역적인 특성을 가지도록 설계를 하면 Low-Pass Filter처럼 작동을 한다. 이러한 특성을 구현하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 여파기에 있어서의 PBG의 Low-Pass Filter의 적용은 다

른 소자들과는 달리 제작된 여파기의 접지면에 에칭을 함으로서 부가적인 회로의 연결없이 고조파(2nd, 3rd, and etc) 성분들을 제거 할 수 있기 때문에 관심이 대상이 되었었다. 그러나 여파기에 PBG 적용시 어떻게 어디에 적용되는가 하는 문제와 제작시 일정한 제작 방법을 제시한 논문은 아직 부족한 상태이다. 또한 PBG 적용시 필요 이상의 결합현상으로 통과대역이 아주 넓어지거나, 통과대역에서의 리플이 심해지고, 삽입손실이 안좋아지는 등 그 특성을 제어하기가 힘들었다. 그리고 감쇄에 있어서도 20dB 정도 밖에 안되어 뚜렷한 회로에 있어서의 향상을 보기가 어려웠다. 본 논문에서는 이러한 특성을 PBG를 통하여 통과대역의 특성을 깨지않고 고조파 성분들을 대략 20-30dB이상 감쇠하였다.

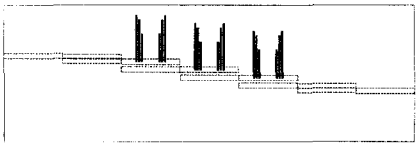

그림 7. 제작된 Floating PBG의 모양
Fig 7. Structure of floating PBG

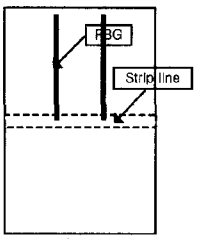

그림 8. Floating PBG
Fig 8. Floating PBG

PBG 모양은 그림 7에 나와 있다. 각 셀은 이른바 "Floating PBG"라고 하여 실제 PBG 와는 다른 모양을 개발하였다. 기본 모양은 그림 8과 같다. 이 모양은 기존의 PBG가 두 개의 셀 이상 되어야 특성이 나오기 때문에 최소한 2 λ이상의 길이가 필요하지만 이 셀은 λ의 길이만 가지고도 그 특성이 형성되기 때문에 실제 구현에 있어서 크기에 영향을 받지 않기 때문에 필터에 구현하기 편한 구조이다. 이러한 모양을 사용한 또다른 이유는 필터의 통과대역를 넓히는 방법으로 Aperture를 적용하기 위하여 그리고 여파기 자체의 통과대역 특성을 유지하기 위하여 사용되었다.

PBG의 모양은 일반적인 PBG의 모양과는 다르게 라인을 통과하지 않는 모양으로 제작되었으며 라인과 PBG가 겹치는 부분은 시뮬레이션 및 실험을 통하여 하모닉 제거 특성을 생각하여 그 크기가 결정되었다. PBG에 의한 주파수 응답 곡선은 그림 9와 같이 PBG가 원하는 주파수에서 하모닉 주파수를 20-30dB 억제하는 것을 볼 수 있다.

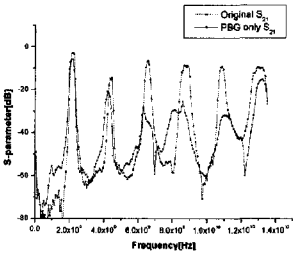

그림 8. PBG의 주파수 응답 특성
Fig 8. Frequency response of PBG

Ⅳ. PBG와 Aperture를 같이 적용했을 때의 주파수 응답 특성

PBG와 Aperture를 동시에 적용하는 것은 각각의 특성상 라인안에서 이루어 져야 하기 때문에 공간의 최적화를 요한다. 이러한 동시적용을 위하여 각각의 라인의 위쪽의 접지면은 PBG를 라인의 아래쪽은 Aperture의 모양을 갖도록 제작되어 하나의 셀처럼 보이지만 통과대역을 넓히는 특성과 하모닉 성분을 제거하는 두가지 동작을 하도록 제작되었다. 제안된 구조는 그림 10과 같으며 결과는 그림 11에 협대역에서 본 결과와 그림 12에 광대역에서 본 결과로 나왔다. 그림11에서 보면 통과대역이 230MHz에서 310MHz (80MHz, 34.7%) 늘어났으며 그림 12에서 보면 Second 하모닉은 20dB 정도 감쇄 되었으며 3rd, 4th, 5th 하모닉은 30dB 이상 감쇄 되었다. 그림 11에서 보면 주파수가 낮은 쪽으로 옮겨진 것을 볼 수 있는데 이는 접지면을 에칭함으로써 "Slow-wave effect"에 의하여 스트립 라인의 길이가 길어진 것처럼 보이기 때문에 주파수가 아래쪽으로 옮겨진 것으로 보인다.

www.dbpia.co.kr
Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

그림 10. Aperture & PBG 여파기의 접지면 모양
Fig 10. Structure of Aperture & PBG

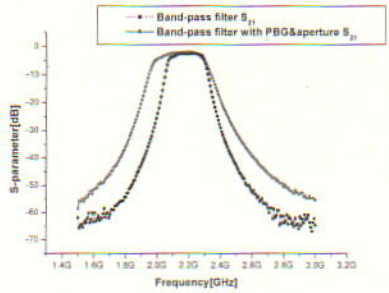

그림 11. Conventional Filter와 Aperture & PBG Filter의 협대역 특성
Fig 11. Frequency response of Narrow band view (conventional filter and PBG filter)

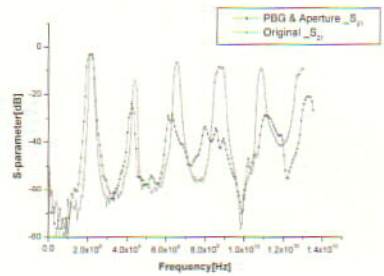

그림 12. Conventional Filter와 Aperture & PBG Filter의 광대역 특성
Fig 12. Frequency response of wide band view (conventional filter and PBG filter)

V. 결론

본 논문에서는 접지면에 이러한 PBG 및 Aperture의 기능을 하는 셀을 에칭함으로써 PBG에 의한 저지대역 특성을 이용하여 필터의 통과대역에서의 특징을 왜곡시키지 않고, 본래 스트립라인이 가지고 있는 고조파 성분을 억제하였다. 또한 Aperture 특성에 의하여 밴드폭이 넓어지는 두가지 효과를 동시에 볼수 있는 셀을 제안하였다. 실험결과 고조파 성분들중 일정 고조파를 저지하려는 특성을 구현하려면 그 주파수에 해당하는 Floating PBG를 에칭하면 된다. 그러나 필터에 에칭할수 있는 공간은 한정이 되어있으므로 다른 고조파 성분들의 저지는 약해지게 된다. 본 논문에서는 일단 광대역에 의한 저지대역을 형성하기 위하여 튜닝을 통하여 전체적인 저지대역 특성을 형성하도록 하였다. 최종적으로 중심주파수는 2.18GHz이며 대역폭이 230MHz인 필터를 310MHz까지 80MHz 즉, 34.7% 증가 시켰으며 PBG를 통하여 고조파를 20-30dB까지 억제 하였다.

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, pp.336-338, 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.*, 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" *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions* on, vol.47, Aug1999, pp.1509-1514

[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, pp.510-513, vol.2

[7] Lei Zhu, Ke Wu, "Multilayered coupled-microstrip lines technique

with aperture compensation for innovative planar filter design", *Microwave Conference*, 1999Asia Pacific, Volume2, Dec 1999 pp. 303-306

[8] Zhu, L.; Bu, H.; Wu, K.:"Broadband and compact multi-pole microstrip bandpass filters using ground plane aperture technique", *Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings*, Volume: 149 Issue: 1 , Feb. 2002 pp. 71 -77

[9] The Nan Chang; Chung-Pei Wu; "Microstripline-fed circularly-polarized aperture antenna" *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1998. IEEE , Volume: 3 , 21-26 June 1998 pp. 1372 -1375 vol.3

이 승 재 (Seung-Jae Lee) 정회원

2002년 2월 : 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(학사)

2002년 3월 ~ 현재 : 숭실대 대학원 정보통신공학과 석사과정

<주관심분야> Filter, 이동 및 위성통신 시스템, RF 부품, RF 모듈

email : imnkiwi@empal.com

서 철 헌 (Chul-Hun Seo) 정회원

email : chulhun@wave.ssu.ac.kr

제23권 제1호 참조