

PBG를 이용한 밀리미터웨이브 대역 고출력 증폭기에 대한 연구

◦ 임석순*, 서철현*, 김태원*, 박규호**, 송희석**

숭실대학교 정보통신 전자공학부*

전자부품연구원 무선회로 연구센터**

Study on millimeter wave power amp employing PBG

Serksun Im*, Chulhun Seo*, Taewon Kim*, Kyuho Park**, and Heeseok Song**

School of Electronic Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea.*

Wireless Communication Research Center Korea Electronics Technology Institute.**

Abstract

본 논문에서는 밀리미터 웨이브 대역의 PBG (photonic band gap)를 적용한 고출력 증폭기를 설계하였다. 증폭기의 선형성과 효율을 개선하기 위하여 PBG를 증폭기의 2차 고조파를 제거하도록 설계하였다. 또한 기존의 PBG형태와 비슷한 성능을 가지면서도 출력 대역을 따라서 구현되는 PBG의 길이는 감소하도록 PBG를 변형하여 최적화 시켰다.

I. 서론

PBG 구조는 주기적인 불연속 구조를 갖고 진행파의 일정대역을 저지하는 특성을 가지고 있으며, 이는 광학 분야의 브래그 격자에 대한 연구로부터 시작되어, 이후 마이크로파 대역에서 접지면에 PBG를 이용한 각종 마이크로 스트립 회로의 성능 개선에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 예를 들면 안테나의 방사패턴 향상이나 [1-3], 광대역 감쇄기[4], 전력증폭기의 출력 효율과 선형성을 개선하는 등의 것이다[5-6]. 그 중 PBG를 이용한 전력증폭기 성능개선에 관한 연구는 2.4GHz나 5.8GHz같은 대역에서 주로 이루어졌다. 그러나 앞으로 중요성이 더욱 부각되고, 연구가 활발해질 K-band나 Ka-band와 같은 높은 주파수 대역의 증폭기에의 PBG 적용은 아직 이루어진 바가 없다. 본 논문에서는 PBG를 밀리미터 대역의 전력 증폭기의 출력단에 구현함으로써 출력효율과 선형성 개선에 대한 연구를 수행하였다. 증폭기의 선형성 개선이라는 초점에 맞추어 PBG를 최적화시켜 기존 PBG보다 작은 면적을 차지하면서도

같은 성능을 유지할 수 있도록 설계하였으며 중심주파수 25GHz에 대역폭 150MHz를 가지는 Lange Coupler를 이용한 balanced구조의 전력증폭기를 설계하였다.

II. PBG의 설계

일반적으로 마이크로스트립 라인 구조에서 PBG 구조는 격자의 주기 Λ 와 마이크로스트립 라인 내에서 전파의 파장 λ_g 가 식(1)을 만족하도록 설계한다.

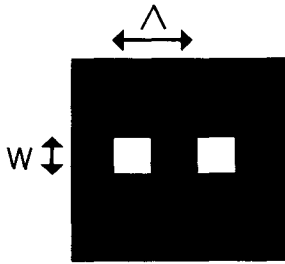
$$\Lambda = \lambda_g/2 \quad (1)$$

[7-8]에서는 각기 다른 격자를 직렬, 또는 병렬로 위치시킴으로써 기존 PBG보다 넓은 저지 대역을 얻어낸 바 있다. 그러나 전력증폭기의 선형성과 효율을 개선하고자 할 때 가장 중요하게 고려되는 부분은 증폭기의 2차 고조파 성분의 제거이다. 따라서 식(1)의 관계보다 더 짧은 격자의 주기구조를 가지면서도 증폭기의 2차 고조파를 제거할 수 있는 격자를 구현할 수 있다면 회로를 소형화 할 수 있게 된다. 따라서 격자의 주기를 짧게 만들기 위한 연구를 수행하였다.

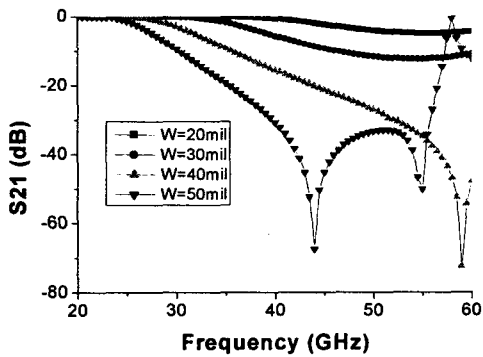
그림 1은 PBG의 폭 W 에 따른 저지대역 특성의 변화를 보여준다. 2개의 격자를 마이크로스트립 라인의 그라운드에 위치하였으며 기판은 두께가 0.254mm이고 유전율 9.8을 가지는 알루미늄 기판을 사용하여 시뮬레이션 하였다. PBG의 주기 Λ 를 고정시킨 채 폭 W 를 증가시킴에 따라 저지대역이 낮은 주파수로 이동하며 저지특성 또한 향상됨을 알 수 있다. 그러나 폭을 지나

치게 증가시키면 통과대역의 리플이 증가할 수 있으므로 이에 주의하여 설계하여야 한다.

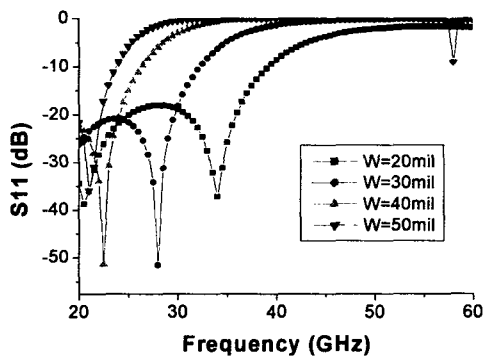
기의 대역이 위치하도록 PBG를 설계하는 것이 바람직하다.



(a)



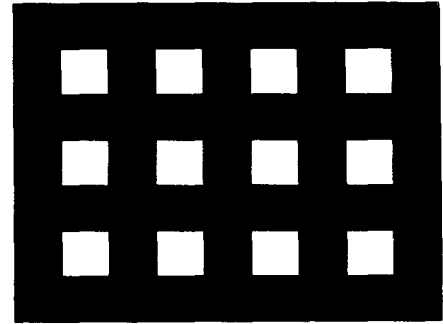
(b)



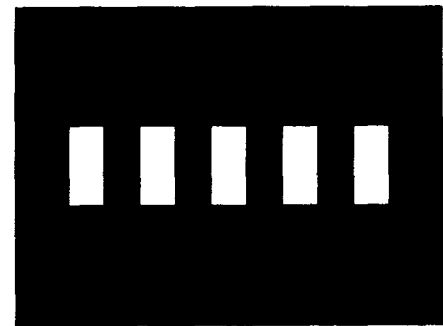
(c)

그림 1. 폭 W 에 대한 PBG의 저지 특성 변화
(a) Simulated PBG structure (b) Simulated S_{21}
(c) Simulated S_{11}

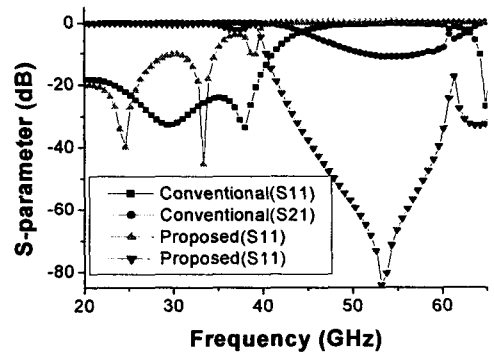
증폭기가 사용하고자 하는 대역폭이 PBG의 통과 대역에 비하여 리플을 무시할 수 있을 정도로 작기 때문에 큰 문제가 되지는 않으나 S_{11} 특성이 좋은 곳에 증폭



(a)



(b)



(c)

그림 2. 기존의 PBG와 제안된 PBG의 특성 비교
(a) Conventional PBG (20*20 mil) (b) Proposed PBG (15*35 mil) (c) Simulated result

그림 2는 기존의 PBG와 최적화된 PBG의 저지 대역 특성을 비교하고 있다. 그림 2의 (a), (b)와 같이 같은 면적안에 최대한의 격자를 나열하였으며 그림 2의 (b)에 제안된 격자의 경우 폭을 증가시킨 대신에 주기를

더 짧게 구현함으로써 동일한 주파수에 저지대역이 나타나도록 하였다. 그림 2에서 보여주듯이 증폭기의 2차 고조파만을 제거하고자 한다면 제안된 구조가 더 작은 면적을 사용하고자도 효과적으로 저지대역을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

III. 밀리미터웨이브 대역 증폭기 설계

본 논문에서는 밀리미터 웨이브 대역에서 동작하는 하이브리드 타입의 전력증폭기를 설계하였다.

소자는 Excelics사의 EFA240BV (GaAs Power FET)를 사용하였다. 일반적으로 밀리미터 대역에서 사용하는 제작방식은 기판을 캐리어에 접착후 캐리어를 다시 하우징에 고정하는 캐리어 타입의 제작방식으로 이에 따른 여러 제반 여건들을 고려하여 시뮬레이션을 행하였다. 증폭기는 24.6GHz - 27.5GHz의 동작대역과 27dBm의 출력을 가지도록 설계하였다.

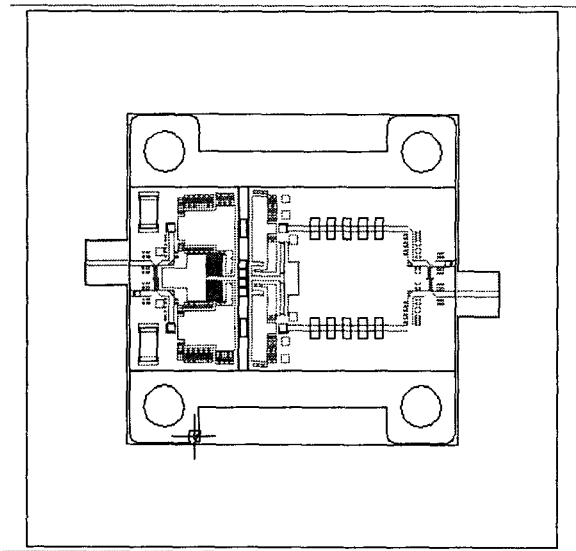


그림 3. 설계된 전력증폭기의 회로도

그림 3은 설계된 전력증폭기의 회로도를 보여준다. 계단형 임피던스 방식을 이용하여 입출력 정합을 하였으며, 소자가 원하는 대역에서 27dBm의 출력을 가지기에 충분치 않기 때문에 Lange coupler를 이용한 Balanced 형태를 가지도록 하였다. 증폭기의 출력부와 Lange coupler의 중간에는 PBG를 접지면에 위치하였다.

그림 4는 설계된 Lange coupler의 특성을 보여주고 있다. 넓은 대역에 걸쳐서 -3dB의 분기가 이루어지고 있으며 -20dB 이하의 S₁₁ 및 S₄₁이 보장되고 있다.

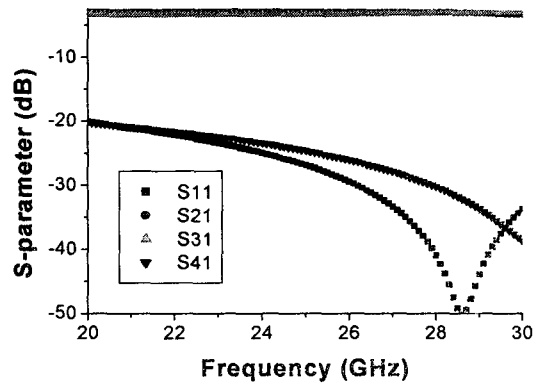


그림 4. 설계된 Lange Coupler의 특성

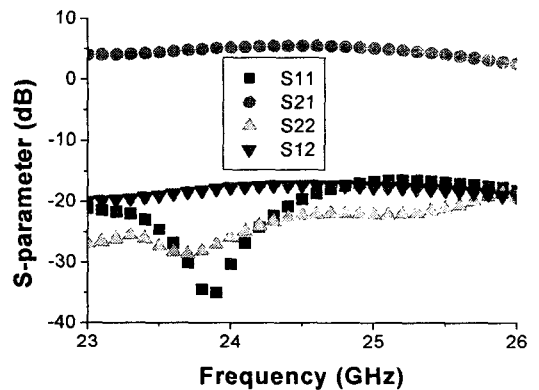
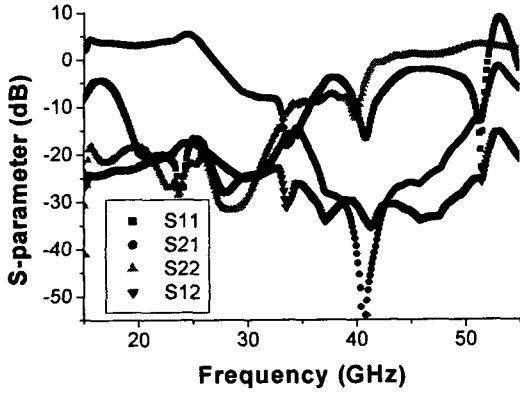


그림 5. 설계된 증폭기의 대역내 특성

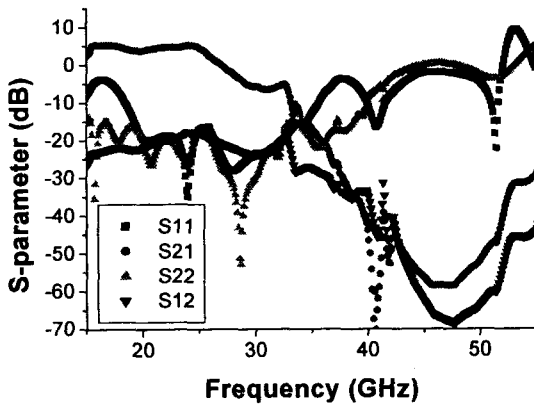
그림 5는 설계된 전력증폭기의 대역내의 S-parameter 특성을 보여준다. 설계된 증폭기는 5dB의 이득을 가지며 S₁₁ 및 S₂₂가 각각 -17dB이하의 S₁₁ 및 -20dB 이하의 S₂₂의 특성을 보여주고 있다.

그림 6은 넓은 대역에 걸쳐서 PBG를 적용한 증폭기와 적용하지 않은 증폭기의 S-parameter를 보여주고 있다. 대역내에서는 두 개의 증폭기가 유사한 특성을 보이지만 2차 고조파성분이 발생하는 50GHz의 대역에서 PBG를 적용한 증폭기의 S₂₁이 35dB이상 낮아진 것을 볼 수 있다.

이는 PBG의 영향으로 2차 고조파 대역에 저지대역이 형성되었기 때문이며 이는 증폭기의 2차 고조파를 제거해줌으로써 선형성과 효율을 향상시킬 수 있다는 것을 말해준다.



(a)



(b)

그림 6. 설계된 증폭기의 광대역 특성

(a) PBG가 적용되지 않은 증폭기

(b) PBG 적용된 증폭기

IV. 결론

본 논문에서는 밀리미터 웨이브 대역에 PBG를 적용한 전력증폭기를 하이브리드 방식을 이용하여 제작할 수 있도록 설계하였다. 증폭기의 2차 고조파를 좀더 효과적으로 제거할 수 있도록 EM simulation을 통하여 기존의 PBG를 변형하여 최적화 시켰으며 설계된 PBG를 Lange Coupler를 이용한 Balanced 구조의 전력증폭기의 출력단에 위치하여 설계하였다.

[1] Y. Horii and M Tsutsumi, "Harmonic Control by Photonic Bandgap on Microstrip Patch Antenna," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 9, pp. 13-15, 1999.

[2] Y. Qian, *et al.*, "A Novel Approach for Gain and Bandwidth Enhancement of Patch Antenna," *RAWCON'98 Proceedings*, pp. 221-224, 1998.

[3] K. Ma, F. Yang, Y. Qian, and T. Itoh, "Nonleaky Conductor-Backed CPW Using A Novel 2-D PBG Lattice," *1998 Asia-Pacific Microwave Conference*, WE2B-5, pp. 509-512, 1998.

[4] F. Yang, Y. Qian and T. Itoh, "A Novel Uiplanar PBG Structure for Filter and Mixer Application," *1999 IEEE MTTT-S Digest*, WE1C-6, pp. 919-922, 1999.

[5] V. Radisic, Y. Qian and T. Itoh, "Broadband power amplifier using dielectric photonic bandgap structure," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, pp. 13-14, 1998.

[6] J. H. Yoon and Chulhun Seo, "Improvement of Broadband Feedforward Amplifier Using Photonic Bandgap," *IEEE Microwave & Wireless Components Lett.*, vol.11, no.11, pp.450-452, Nov. 2001.

[7] T .S. Kim and Chulhun Seo, "Novel Photonic Bandgap Structure for Lowpass Filter of Wide Stopband," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol.10, no.1, pp.13-15, Jan. 2000.

[8] I. Rumsey, P. M. Melinda and P. K. Kelly, "Photonic Bandgap Structures Used as Filters in Microstrip Circuits," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, pp. 336-338, 1998.