DBpia

논문 02-27-5C-10 한국통신학회논문지 '02-5 Vol.27 No.5C

가변 PBG 천이격자를 이용한 선형증폭기 위상제어 선로 설계

학생회원 윤 진 호, 정회원 서 철 헌

Design of Phase Shift Lines in Linear Power Amplifier Using Shifted Photonic Bandgap

Jinho Yoon ***Student Member***, Chulhun Seo ***Regular Member***

요 약

본 논문에서는 선형증폭기에 사용되는 가변 위상제어기를 PBG 천이격자를 이용해 설계 및 제작하였다. 주파수 대역은 향후 가입자 증대에 따른 증폭기의 선형성 요구에 대응하기 위해서 5.8GHz 무선랜 주파수 대역을 사용하였다. 기존 선형증폭기에 사용되는 가변 위상제어기는 혼합 형태를 가지고 있어서 선형증폭기의 부피증가 요소가 되었다. 본 논문에서 설계된 천이격자 PBG구조는 PBG구조 중 일부의 격자길이를 조절함으로써 최대 80o의 가변 위상을 얻을 수 있었다. 제작된 천이격자 PBG구조는 상용되는 증폭기 신호제거 부분에 적용되어 주신호의 제거를 측정할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, a phase shifter with shifting photonic bandgap(PBG) cell in linear feedforward amplifier is designed and fabricated in 5GHz wireless LAN band. Now a day, the phase shifter has been fabricated with hybrid type. In this paper, a portion of PBG cell is shifted for the tuning phase. The phase shift was achieved maximum 80o in our PBG structure. Shifting PBG cell has been applied in feedforward main loop to cancel the main two tone signal.

I. 서 론

주파수 선택적 공진에 의한 여파기[1]종류는 PBG에 의해 차단되는 대역에서 협대역 주파수를 우수하게 통과시키는 특성을 가지고 있다. 특히 λ/4 천이된 브래그격자는 수식적인[2-4] 특성에서 이러한 원리를 뒷받침 해준다. 하지만 저지대역이 아닌 통과대역에서는 위상을 변화시키는 특성을 동시에 확인할 수 있는데 이러한 원리는 PBG격자 구조를 천이시켜 위상제어용으로 사용될 수 있는 가능성을 보여주는 것이다. 이미 PBG구조는 증폭기, 필터, 믹서등에 사용되어[5-7] 선형화문제, 필터의 하모닉 성분을 해결할 수 있으며 광대역 특성, 고이득 특성, 고효율 등 뛰어난 특성을 지닌 RF 부품을 설계할 수 있음을 보여주었다. 본 논문에서는 PBG 격자 중 하나를 0도에서 90도까지 각각 10도씩 천이하여 10개를 제작하여 적용하였다. 현재로써 격자를 능동적으로 이동 시킬수는 없으나 PBG 격자천이를 이용한 가변 위상제어 기능을 향후 적용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 결국 PBG 격자천이 가변 위상제어는 선형증폭기에 부가적으로 필요한 신호제거경로, 에러제거 경로를 경량화, 단순화를 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다[8]. 하지만 신호제거를 위해서는 정확한 지연시간과 군속도, 위상제어가 필요하기 때문에 오차를 줄이기 위해서는 마이크로스트립 라인의 길이에 세심한 주의를 가져야한다. 마이크로스트립 라인은 전송손실이 케이블 지연선로보다

* 숭실대학교 정보통신 전자공학부 이동 및 위성통신연구실(railgun@hanmail.net)
논문번호 : 010271-1008 접수일자 : 2001년 10월 8일

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

우수하지만 대역폭이 적은 단점 또한 고려해야 할 사항이 된다.

본 논문에서는 PBG 천이격자 해석을 위해 PBG 구조를 EM해석 하였으며 지연선로를 위해 직접 제작한 PBG로 지연시간을 측정하였다. 신호제거경로에서 주신호 제거능력을 측정하기 위해 상용되는 1W급미만 증폭기 신호제거경로에 천이격자 PBG를 적용하여 주신호 제거 가능성을 측정하였다.

Ⅱ. 천이격자 PBG특성

PBG 도파로 위의 반사 격자는 입사 모드의 공간 전파 벡터를 진행파를 역방향 진행파로 결합되도록 변조한다. 모드의 공간 의존도를 $\exp(-j\beta z)$로 표현하고 여기서 β는 모드 전파상수이다. 입사한 모드가 격자에 의해서 다음과 같이 변조 된다.[3-4]

$$\exp(-j\beta z)\cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda}z\right) = \frac{1}{2}\left\{\exp\left[-j\left(\beta-\frac{2\pi}{\Lambda}\right)z\right] + \exp\left[-j\left(\beta+\frac{2\pi}{\Lambda}\right)z\right]\right\} \quad (2)$$

여기서 Λ는 격자의 주기이다. 알맞은 Λ의 선택은 $-\beta$와 $\beta - 2\pi/\Lambda$ 사이에 위상정합조건을 만족시킨다.

$$-\beta = \beta - \frac{2\pi}{\Lambda} \quad or \quad \Lambda = \lambda_0 / 2n_{mode} \quad (1)$$

여기서 λ_0는 자유공간에서 전계의 파장이고 n_{mode}는 전파된 모드의 모드 위상 상수이다.

위의 PBG 저지대역 특성에 부가하여 Kazarinov가 처음으로 다양한 λ/4 천이된 단방향 결합 공진형 반사기를 보고한 반면[9], Haus와 Lai는 최초로 λ/4 천이된 단방향 결합 공진형 반사기의 간략한 형태를 제시하였다[10]. 간략히 설명하자면 선로에서 공진기 형태의 PBG격자로 결합되는 전력의 축적으로 인해 공진기에서 정재파가 존재하게 된다. 따라서, 공진전계는 선로를 따라 진행되는 파에 비해 위상이 π/2 지연되며 공진기에서 선로로 결합되는 전계의 위상은 버스에 비해 위상이 π 지연된다. 공진기의 송신측면에서, 위의 두 전원으로부터의 전계는 상호전파되며, 진폭은 동일하지만 π의 위상차가 나게된다. 이러한 원리는 PBG격자 구조에 따라 저지대역을 형성하는 원리로 동작하지만 통과대역에서는 π의 위상차가 나지 않기 때문에 통과대역을 형성하면서 π/2 미만의 위상변화를 얻을 수 있다.

이런 원리에 따라 그림 1은 일반적인 PBG 구조에서 중심 PBG격자를 π/2 천이한 삼차원 회로도이다.

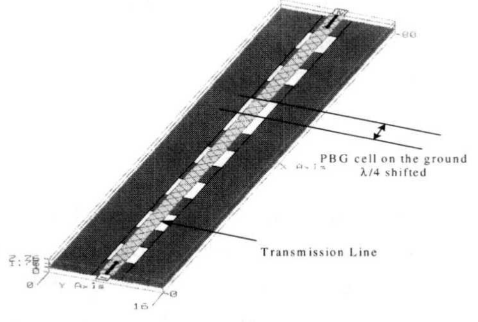

그림 1. 90° 위상천이된 PBG 격자구조

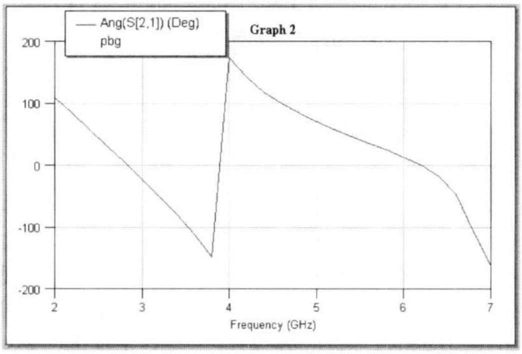

그림 2. PBG 격자 0° 천이된 위상특성

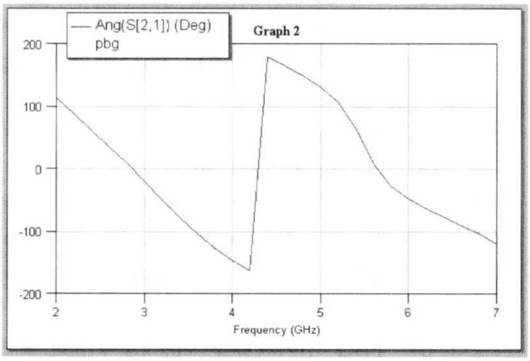

그림 3. PBG 격자 90° 천이된 위상특성

5.8GHz 2, 3차하모닉 대역에서 저지대역을 형성하기 위하여 격자의 크기를 4.1m×3.6m로 두었으면 5개 격자를 사용했을 때 시간지연은 0.6ns이었다.

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

그림 2,3은 EM해석을 통한 위상 측정결과이다. 5.8GHz에서 결과를 보면 PBG 0° 격자천이상태에서는 40°, 90° 격자천이에서는 -40°로 최대 80°의 위상변화를 얻을 수 있었다

Ⅲ. 측 정

선형증폭기의 주신호를 제거하기 위해 출력 특성을 2-tone으로 측정하였다. 측정 단계는 첫째, 증폭기만의 출력 특성과 IMD를 측정후 동일 조건에서 PBG 천이격자를 이용한 지연선로를 증폭기와 3dB 결합기, 방향성 결합기를 이용하여 병렬로 연결하여 주신호 제거특성을 살펴보았다.

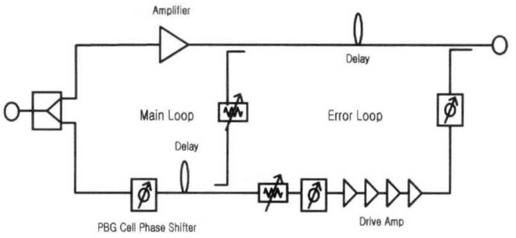

그림 4. Feedforward 선형증폭기에 적용된 천이격자 PBG

그림 4는 전방급전 선형전력증폭기의 회로도이다. 주신호 제거 부분과 에러신호 제거 부분으로 구성된 선형전력 증폭부중 주신호 제거 부분에서 발생되는 IMD를 방향성 결합기와 위상제어기, 가변감쇄기를 이용하여 제거하게 된다. 본 논문에서는 혼합형태 위상제어를 대체하기 위해 PBG 격자를 0°에서 90°까지 천이하여 가변위상을 구하였다. PBG를 이용할 경우 증폭기와 일체형으로 제작이 가능하며 PBG 격자에 따라 증폭기 하모닉 성분 제거가 가능한 장점이 있다.

그림 5는 mini-circuit사의 ZJL-7G 저출력증폭기 증폭 특성이다. 출력 15.36dBm 일 때 IMD는 20dBc의 특성을 보여주고 있다. 이중 주신호를 제거하여 에러증폭루프에서 IMD 신호만을 증폭하여 다시 180° 위상변화를 주어 주신호와 결합하는 것이 선형증폭기의 원리이다.

그림 6은 PBG 천이격자를 이용한 주신호 제거 특성이다. PBG 격자를 12개 사용하였으며 지연선로 및 가변감쇄기의 위상을 고려하더라도 최대 180°의 위상변화를 고려하여야 하기 때문에 PBG 천이격자를 2중으로 사용하였다.

증폭기를 통과한 왜곡신호는 20dB 감쇄기, 방향성 결합기 12dB, PBG선로 및 커넥터 3dB로 총 35dB 감쇄된다. 증폭기를 통한 왜곡신호와 PBG 위상천이를 통과하여 180° 위상변화된 증폭기 입력신호는 서로 결합되어 주신호가 제거된다.

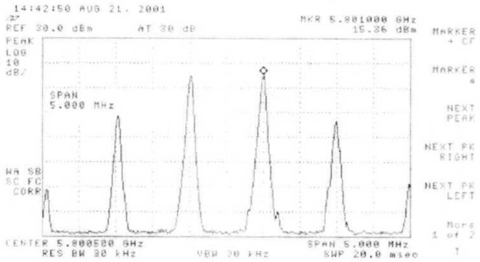

그림 5. 증폭기만의 IMD 특성

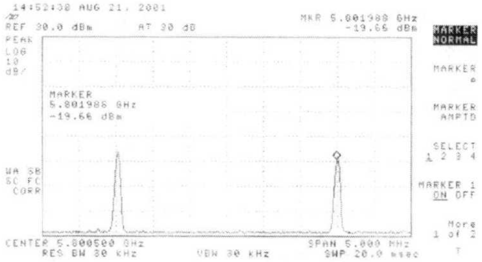

그림 6. PBG 천이격자를 이용한 주신호제거

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 5.8GHz 무선랜 주파수 대역 선형증폭기에 사용되는 가변 위상제어기를 PBG 천이격자를 이용해 설계 및 제작하였다. 본 논문에서 설계된 천이격자 PBG구조는 PBG구조 중 일부의 격자길이를 조절함으로써 최대 80°의 가변위상을 얻을 수 있었다. 제작된 천이격자 PBG구조는 상용되는 증폭기 신호제거 부분에 적용되어 주신호를 효과적으로 제거 할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] H. A. Haus and Y. Lai, "Narrow-Band Optical Channel-Dropping Filter," *Lightwave Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 57- 62, January 1992.

[2] H. A. Haus and W. Huang, "Coupled-Mode Theory," *Proceedings of the IEEE.*, vol. 79, no.

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

10, pp. 1505-1581, Oct. 1991.

[3] H. A. Haus, W. P. Huang, S. Kawakami, and N. A. Whitaker, "CoupledMode Theory of Optical Waveguide," *J. Lightwave Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 16-23, Jan. 1987.

[4] A. Yariv, "Coupled Mode Theory for Guided Wave Optics," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 9, no. 9, pp. 919-933, Sep. 1973.

[5] J. H. Yoon and Chulhun Seo, "Improvement of Broadband Feedforward Amplifier Using Photonic Bandgap," *IEEE Trans. MTT Guided wave letters*, To be published.

[6] T. S. Kim and Chulhun Seo, "Novel Photonic Bandgap Structure for Lowpass Filter of Wide Stopband," *IEEE Trans. MTT Guided wave letters*, vol.10, no.1, pp.13-15, Jan. 2000.

[7] Fei-Ran Yang, Yongxi Qian, and T. Itoh "A Novel Uniplanar Compact PBG Structure for Filter and Mixer Application." *IEEE Trans. MTT-S International Microwave Symposium Digest*. pp. 919-921, 1999.

[8] David Wills, "A Control System for A Feedforward Amplifier," *Microwave Journal*, pp. 22-34, April, 1998.

[9] R. P. Kazarinov, C. H. Henry, and A. Olsson, "Narrow-Band Resonant Optical Reflectors and Resonant Optical Transformers for Laser Stabilization and Wavelength Division Multiplexing," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 23, no. 9, pp. 1419-1425, Sep. 1987.

[10] H. A. Haus and Y. Lai, "Narrow-Band Distributed Feedback ReflectorDesign," *J. Ligl:wave Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 754-760, June 1991.

윤 진 호(Jinho Yoon) 정회원

2000년 2월 : 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(학사)

2000년3월 ~ 현재 : 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정 재학중

<주관심 분야> RF 및 마이크로웨이브 대역 전력증폭기설계, RF 회로설계, RFIC 회로설계.

서 철 헌(Chul-hun Seo) 정회원

한국통신학회논문지 Vol. 23, No. 1 참고

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