

PBG를 이용한 저위상잡음 VCO에 관한 연구

오익수, 서철현, *김형석(중앙대)
 송실대학교 정보통신 전자공학부 이동 및 위성통신 연구실

A Study of Low Phase Noise VCO using PBG

Icsu Oh, Chulhun Seo, *Hyeongseok Kim(Chung-Ang Univ.)
 Soongsil University School of Electronic Eng. Mobile and Satellite Communication Lab

2. 본 론

Abstract - 본 논문에서는 Photonic Bandgap(PBG)를 공진 특성을 이용하여 마이크로 파 발진기의 위상잡음을 줄이기 위한 기술을 제시한다. 마이크로스트립 라인으로 구현한 공진기는 낮은 Q(Quality factor)를 가진다. PBG를 적용했을 때 공진기의 Q값을 높여줌으로써 발진기의 위상잡음 특성이 향상됨을 보이고자 한다.

1. 서 론

무선 통신이 발전과 동시에 무선 통신에 쓰이는 RF부품의 성능을 향상시키기 위한 노력들이 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 많은 연구들 중에서 주기적인 구조를 갖고 진행파의 일정 대역을 저지하는 특성을 가지는 것으로 접지면을 식각하여 증폭기의 효율을 향상시킨다거나, 광대역 저역 통과 여파기 및 안테나의 성능개선에 PBG(Photonic Band Gap)구조를 응용하고 있다. 이러한 PBG 적용에 미약한 국부 발진기(Local Oscillator)에 PBG 기술을 접목시켜서 발진기를 제작해 보고자 한다.

우선 발진기의 설계에 있어서 가장 중요한 변수중에 하나가 위상잡음이다. 모든 RF시스템의 설계를 할 경우에 고려하는 부분으로 저주파 대역에서는 캐패시터나 인덕터를 이용해서 발진기를 만들어도 큰 어려움이 없지만, 주파수 대역이 올라갈수록 발진기는 마이크로 스트립라인을 많이 이용하게 된다. 그런데 마이크로 스트립라인은 낮은 Quality(Q) factor 특성을 가지고 있기 때문에 발진기의 위상잡음을 나쁘게 하는 요인이 된다. 또한 인덕터의 경우에 높은 Quality factor를 얻기 위해 spiral 구조로 인덕터를 만들 경우 회로의 크기에 영향을 미치기 때문에 MMIC로 구현하는데 어려움을 갖게 된다.

마이크로스트립라인의 낮은 Quality factor와 MMIC로의 구현을 위해서 마이크로스트립 기판의 접지면에 PBG를 적용하였다.

본 논문은 발진기의 설계에 있어서 마이크로스트립 라인의 낮은 Quality factor를 개선하기 위해서 접지면에 PBG를 적용하였다.

2.1 광전자 밴드갭의 적용

광전 밴드갭(Photonic Bandgap, PBG) 구조는 일, 이, 삼차원 배열의 홈과 같은 불연속 구간이 주기적으로 형성된 구조로 광학분야에서 이러한 구조에 대한 응용 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 구조는 주기의 차수에 해당하는 파장에 대해 흥미로운 물리적 현상이나 새로운 전파 효과들을 초래한다. 광자들이 주기적인 격자에서 전자와 유사하게 동작하여 PBG 구조로 불려지고 있다. PBG는 광학 분야의 브래그 격자에 대한 연구로부터 비롯되었지만, 마이크로파와 밀리미터파 대역을 포함한 광범위한 주파수 대역에서도 동일한 특성을 갖는다. 이미 알려진 바와 같이 PBG 구조에 의해 형성되는 저지대역의 중심 주파수를 결정하는 중요한 역할을 담당한다. 원하는 주파수에서의 저지대역 형성을 위한 위상 정합조건은 다음과 같다.

$$-\beta = \beta - \frac{2\pi}{\Lambda}$$

$$\lambda_g = 2\Lambda$$

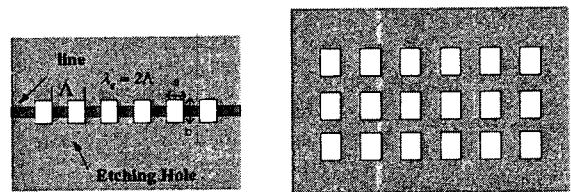


그림 1. 접지면에 PBG를 적용한 마이크로 스트립 선로

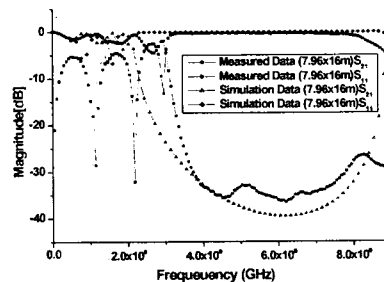


그림 2. PBG 모의실험 및 측정결과

[그림1]은 기본적인 PBG구조를 나타낸 것이고, [그림2]는 제작된 PBG의 모의 실험 및 측정 결과를 나타낸 표이다.

PBG는 마이크로스트립 회로에서 특정 주파수 이상의 주파수에서 저지 대역 특성이나 차단 특성을 갖는 성능을 가지고 있다. 또 이러한 성능은 PBG의 격자 구조 및 형태 - 격자의 주기에 대한 격자의 크기 비, 격자 모양 - 에 따라 여파 특성이 변화하므로 마이크로스트립을 이용한 회로에서 원하고자 하는 성능을 갖는 구조를 만들어서 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

그래서 일반적으로 증폭기나 여파기 등에서 높은 Quality factor를 얻기 위해서 jig같은 하우징 기법이나 Mems 공정을 하지만, 본 논문에서는 마이크로스트립라인에 저역 통과 여파 특성과 차단 주파수 이상에서 광대역의 차단 특성을 갖는 PBG를 적용함으로써 발진기의 고조파 특성을 억제하는데 사용하고자 한다.

발진기에 적용된 PBG구조는 공진부의 임피던스와 부성 저항과의 발진 조건을 만족시켜줘야 하므로 최적화되어야 한다. 또한 PBG가 평면 구조를 가지고 있기 때문에 성능 개선을 위한 다른 회로의 직렬 설계 및 제작이 필요 없으므로 평면 기판에서의 제작을 쉽게 하는 효과를 얻을 수 있다.

결국, 마이크로스트립 발진기의 위상잡음을 개선시키기 위하여 PBG의 공진 특성을 적용함으로써 공진부의 Quality factor를 극대화시켜 위상잡음을 줄일 수 있는 새로운 설계 기술이다.

2.2 발진기 설계 및 제작

보통 발진기의 설계는 트랜지스터를 사용한 2-port 설계를 많이 이용한다. 트랜지스터의 역할은 공진부에서 발생한 공진을 증폭시키고, 케환회로와 함께 쓰여서 부성 저항을 형성하여 발진이 일어날 수 있는 조건을 만든다.

[그림3]은 일반적인 트랜지스터 발진기의 구조도를 보여주고 있다.

트랜지스터와 출력정합회로에 의해 나타나는 부성 저항의 임피던스와 공진부의 임피던스 관계는 다음과 같다.

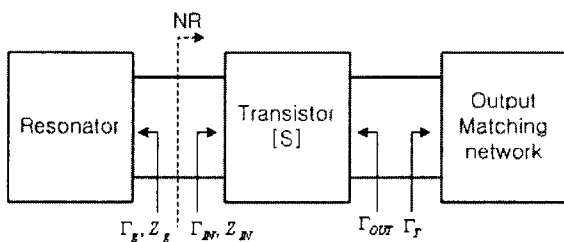


그림 3. 트랜지스터 발진기 구조도

$$|\Gamma_N| > 1 \Rightarrow Z_N < 0 \dots\dots (식 1)$$

$$R_g = |R_N|/3, R_N < 3 \dots\dots (식 2)$$

$$X_g = -X_N \dots\dots (식 3)$$

(식 1)은 부성저항을 나타내는 초기 발진조건이고, (식 2)와 (식 3)은 공진부 설계 파라미터가 된다.

발진기 설계에 사용한 트랜지스터는 NEC사의 super low noise HJ FET인 NE3210S01을 사용하였다. 제작된 발진기는 FET의 Source단에 인덕터와 마이크로스트립 라인을 이용하여 부성저항을 발생시켰다. 그리고 출력정합회로아 발진 조건에 맞게 설계하였으면, 마이크로스트립 라인으로 공진부도 설계를 하였다. 기판은 두께가 0.76mm이고 유전율이 3.2인 Teflon 기판을 사용하였다.

발진기는 HP사의 Advanced Design System(ADS) simulation tool을 사용하여 발진 주파수 2.4GHz의 발진기를 설계하였다.

[표1]은 발진기의 simulation 결과이다.

	X	PBG 적용
발진 주파수(GHz)	2.403GHz	2.397GHz
출력 전력(dBm)	6.192dBm	6.124dBm
위상 잡음(dBc/Hz)	-75.70 @1kHz	-79.76 @1kHz

표 1. Simulation을 통한 발진 결과

2.3 발진기에의 PBG 적용

에칭을 통해 발진기를 제작하여 PBG를 적용하지 않았을 때의 발진 주파수 스펙트럼이 [그림4]이다. 발진주파수는 2.38GHz이고, 출력전력이 3.84dBm이다.

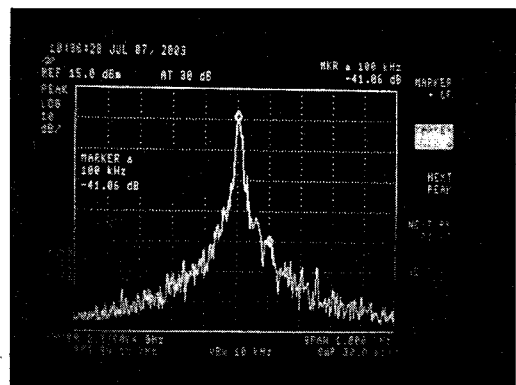


그림 4. PBG를 적용하지 않은 발진 주파수 스펙트럼

위의 발진을 얻은 발진기에 PBG를 적용하여 제작한 실물이 아래 제시되어 있다. 공진부의 마이크로스트립 라인 밑면의 접지 부분을 식각하여 제작된 모습을 [그림5]에서 볼 수 있다.

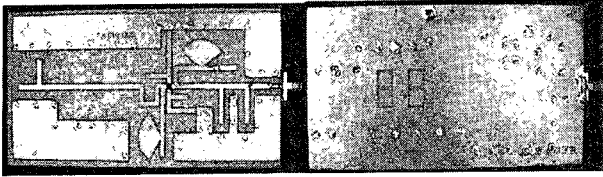


그림 5. 실제 제작한 회로

[그림6]은 앞의 스펙트럼과 비교했을 때 발진 주파수는 PBG의 특성에 의해 약간 천이되어 2.12GHz에서 발진이 일어났지만, 출력 전력은 7.89dBm으로 높아졌다. 또, 발진에 안정적인 모습을 보이고 있고, 그에 따라 위상잡음 특성에 향상을 가져 왔다. 앞서서도 언급했듯이 발진기의 공진부와 트랜지스터 사이의 직렬 마이크로스트립 라인의 밑면에 PBG를 적용하였을 때의 주파수 스펙트럼이 [그림6]이다.

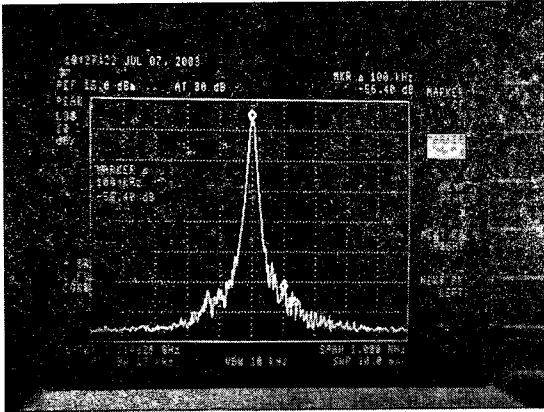


그림 6. 발진기에 PBG를 적용한 회로도

[표2]는 실물 제작된 PBG를 적용했을 때 측정된 결과를 나타내고 있다.

	X	PBG 적용
발진 주파수(GHz)	2.38	2.12
출력 전력(dBm)	3.84	7.89
위상 잡음(dBc/Hz)	-81.06 @100kHz	-96.40 @100kHz

표 2. 실물 제작후 측정 결과

3. 결 론

본 논문에서는 발진기의 공진부에 PBG를 적용함으로써 2GHz 대역의 발진 주파수 내에서 15dBc의 위상잡음 특성 개선과 발진의 안정성이란 효과를 얻었을 뿐만 아니라, 4dBm의 출력전력을 높일 수가 있었다.

이는 PBG와는 다른 구조로 알려져 있는 저역 통과 여파 특성과 저지 대역 특성이 비슷한 Defected Ground Structure(DGS)를 적용하여 발진기의 위상잡음을 향상시킨 경우와 비교해 보았을 때, PBG

역시 발진기에 적용함으로써 위상잡음에 대한 특성이 향상된다는 것을 확인 할 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] J.K.A. Everard and C.D. Broomfield, "Transposed flicker noise suppression in microwave oscillators using feedforward amplifier" IEEE Electronics Letter 28th., vol.36, no. 20, pp.1710-1711, September 2000.
- [2] J.K.A Everard and C.Broomfield, "Reduced Flicker Noise in Microwave Oscillators using Feedforward Amplifier" IEEE MTT-S Digest., pp. 1431-1434, 2001.
- [3] P.A. Dallas and J.K.A Everard, "Characterization of flicker noise in GaAs MESFETs for oscillator applications" IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques., vol.2, pp.245-257, February 2000.
- [4] Young-Taek Lee, Jong-Sik Lim, Jun-Seok Park, Ahn, D.; Sangwook Nam, "A novel phase noise reduction technique In oscillators using defected ground structure" Microwave and Wireless Components Letters, IEEE., vol. 12, Issue: 2, pp. 39-41, Feb 2002.
- [5] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Addison Wesley, 1990
- [6] 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.