

PBG(Photonic Bandgap)를 이용한 평형 저잡음 증폭기의 설계 및 구현

이 상 만, 조 성 희, 서 철 현
승실대학교 정보통신공학과
전화 : 02-816-6775 / 핸드폰 : 011-734-0758

Design and Implementation of Balanced Low Noise Amplifier by Using PBG

Sangman Lee, Sunghee Cho, and Chulhun Seo
School of Electronic Engineering, Soongsil University
E-mail : shout4u@wave.ssu.ac.kr

Abstract

The low noise and balanced amplifier has been designed by using PBG. Usually balanced LNAs used to matching the input and output mismatching that caused by matching the low noise matching point. And the PBG suppresses the harmonics. This paper proposed balanced LNA by using PBG. And this configuration improve the performance - noise figure, VSWR.

I. 서론

평형 증폭기가 실제적으로 응용되는 분야는 BTS나 증계기쪽의 고전력 증폭기이다. 보통 하나의 증폭기로 구성되는 single-ended 방식보다 높은 출력을 얻고자 할 때, 이용하는 방식이다. 예를 들어 최종 증폭기의 출력이 50dBm(100W)일 때, amp의 최종 출력이 200W, 혹은 그 이상이 요구되어 질때, 이 최종 증폭기를 평형 방식으로 사용하면 출력 측의 손실을 제외하고 원하는 높은 출력을 얻을 수 있다. 또한, 입력단의 divider의 매칭특성이 회로 전체의 정합특성을 결정되며, 증폭기의 이득의 차이에 의한 손실을 divider의 저항에서 흡수 함으로 회로를 전체적으로 안정적으로 동작 시킬 수 있는 장점이 있다. 이상과 같은 이유들로

인해 현재의 고출력 전력 증폭기에는 평형방식을 사용한다.

또한 요즘은 저잡음 증폭기에도 평형방식을 이용하는데, 왜냐하면, 저잡음 증폭기의 전체 잡음지수는 초단 증폭기의 잡음계수와 이득이 좌우하기 때문에 초단의 입력정합회로를 보통 증폭기의 최대 이득이 아닌 Noise 정합을 하게 된다. 그러면 이때 입력 쪽에는 심각한 부정합이 발생되고, 안테나 쪽의 부정합과 기타 등등의 시스템 부정합에 의해서 저잡음 증폭기단이 상당히 불안정하게 된다. 그래서 저잡음 증폭기 초단을 평형 방식을 사용하면, 입력 단에 coupler를 사용하게 되므로 초단 증폭기의 S_{11} 의 크기가 작아져서 저잡음 증폭기가 상당히 안정한 영역에서 동작하게 된다. 무선 및 이동 통신의 발달로 인하여 여러 가지 서비스를 동시에 제공하기 위한 듀얼밴드 또는 광대역 증폭기에 대한 연구가 필수적이다.

PBG 특성은 광대역 저지대역을 가지기 때문에 PBG를 이용하여 불필요한 고조파신호를 제거할 수 있게 되고, 증폭기의 잡음지수를 개선 시킬 수 있게 된다.

본 논문에서는 평형 증폭기에 PBG를 적용한 구조에 대한 연구로서, 평형 증폭기에 PBG를 적용하여 고조파 성분들을 제거하여 증폭기의 잡음지수를 개선 시키는 연구이다.

II. PBG를 이용한 평형 저잡음 증폭기

2.1 저잡음 증폭기

저잡음 증폭기는 안테나로부터 들어오는 미약한 신호를 증폭하여 대역 여파기 뒤의 주파수 혼합기로 전달하는 역할을 한다. 공기중으로 오는 신호는 아주 작은 전력을 가지기 때문에 외부의 잡음에 대해 민감하게 영향을 받는다. 따라서 잡음지수를 가능한 낮추어야 하고, 저잡음 증폭기가 수신기의 전단부에 위치해 전체 시스템의 잡음지수와 입력 정현파비를 결정한다. 저잡음 증폭기의 이러한 기능으로 말미암아 무선통신 기기의 품질에 결정적인 영향을 미치게 된다.

2.2 평형 증폭기

평형 증폭기는 여러 가지 이유로 많이 사용하는 데 같은 증폭기를 사용할 때, 각각의 증폭기가 높은 정재파비를 갖더라도 높은 안정도와 낮은 정재파비를 갖는 고 출력 전력의 합은 각각의 증폭기의 두배가 된다. 이 때 동작중 하나의 증폭기가 고장나더라도 이득은 6dB 감소할 뿐, 동작하고, 또한 cascade 하기 쉽다는 장점을 갖는다.

2.3 PBG

광전 밴드갭(Photonic Bandgap, PBG) 구조는 주기적인 불연속 구조를 갖고 진행파의 일정 대역을 저지하는 저지대역을 형성하는 특성을 갖는다. 이러한 원리는 광학 분야의 Bragg 격자에 대한 연구로부터 비롯되었지만, PBG 이론은 광범위한 주파수 대역에서도 동일한 특성을 갖고 있어 최근에는 마이크로파와 밀리미터파 대역에서 PBG 구조의 적용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Bragg 격자 구조는 아래 그림과 같이 도파로를 따라 만들어진 주기적인 불연속 구조로 각각의 격자 주름은 전파된 모드 전력의 일부분을 계속 증가하도록 반사하게 된다

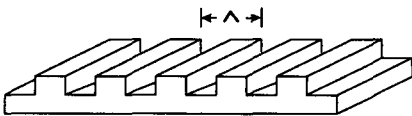


그림 1 Brag 격자구조

Λ 는 격자의 주기로 PBG 구조에 의해 형성되는 저지대역의 중심 주파수를 결정하는 중요한 역할을 담당한다.

고주파 대역에서 저역 통과 여파기는 스텔브 라인을

이용하거나 계단형 임피던스 정합라인을 이용한 방법을 이용한 구현이 일반적이다. 여파기의 직렬연결을 통해 원치 않는 성분 제거 및 성능을 개선시켰지만 마이크로스트립의 접지평면에 구현이 가능한 PBG 구조의 장점을 이용하여 각종 마이크로스트립 회로의 접지평면에 PBG 구조의 여파기를 구현함으로써 회로 크기의 부가적인 증가 없이 구현될 수 있어 전체 시스템의 크기를 줄일 수 있는 장점으로 인해 PBG 구조를 이용한 각종 마이크로스트립 회로의 성능개선에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

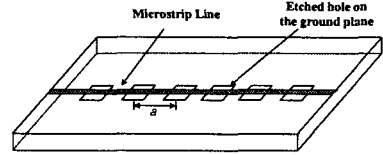


그림 2 광전 밴드갭의 기본구조

$$a = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\mu_r \epsilon_{r,eff}(f)}} \quad (1)$$

여기서 $\lambda_g(f)$ 는 전파된 신호의 파장을 나타내며, $\epsilon_{r,eff}(f)$ 는 마이크로스트립 구조에서의 유효 굴절율을 나타낸다.

2.4 Coupler

고주파로 갈수록 선로자체에서 누설되는 전자파 에너지량이 늘어나는 Coupling현상이 커지므로, 고주파 RF에서는 아예 Coupling을 이용하여 회로를 만들기도 한다. 보통 커플러라 하면 이렇게 Coupling 현상을 적극적으로 활용한 회로구조를 지칭한다.

- i) 하나의 신호전력을 두개 이상의 특정 신호전력으로 배분하는 것
- ii) 특정 신호전력원의 일부 전력만 추출하는 것

이 모든 것이 일종의 Coupling현상을 이용하여 이루어지기 때문에, Coupler라고 불리우는 것이다. 그냥 커플러라고 하면 위의 두가지 다른 역할중 어느 것을 지칭하는지는 알수 없다. 그리고 Coupling이라는 것이 일반적으로는 끊어진 선로간의 에너지 교환이라는 뜻이지만, 꼭 떨어져 있어야 한다는 의미는 아니며, Hybrid Coupler와 같이 연결된 형태도 존재한다. 하지만 위의 두가지 역할은 근본적으로 원리는 같으며, 단지 Coupling을 이용하여 전력을 어떤 비율로 배분하느냐의 문제가 된다. 예를 들어 전력을 반반으로 배분하면 3dB divider가 되고, (3dB는 2배, -3dB는 1/2 이므로.

여기서 -부호가 생략된 것이다) 전력을 20:1로 배분하면 신호 sample을 구하기 위한 것이다. 1번과 같이 전력을 배분하는 식의 응용례는 말 그대로 신호를 분배해야 할 경우에 일반적으로 사용되며, 2번과 같은 샘플러 역할은 특정 신호의 일부 전력만 따서 그 특성을 보고자 할때 많이 사용된다.

Coupler의 장점은 입출력단의 정재파비가 이론적으로 1, 즉 반사없이 신호를 받아들인다는 점이기에 때문에 능동회로의 입출력 매칭 대응으로 애용되기도 하다. 그런 경우 회로가 두개로 분기되어서 크기가 커지게 되며, 분기된 회로는 나중에 Coupler를 꺼꾸로 달아서 combiner의 역할도 한다.

또한 그 자체가 구조크기에 기인하고, 원하는 주파수의 파장길이 (보통 1/4파장을 많이 사용)에 비례하기 때문에 신호의 대역폭이 좁아지는 단점도 있다. Coupler란 것은 이렇게 신호전력을 배분 또는 추출하기 위한 것을 통칭하며, 그 응용범위는 매우 넓다.

III. 증폭기 및 PBG의 설계

본 논문에서 설계한 증폭기는 2.14GHz의 중심 주파수를 갖는 증폭기로서 TR은 NEC사의 NE3210S01을 유전율 3.2 기판을 사용하였다. 설계 틀로는 ADS2002를 사용하였다.

3.1 평형증폭기의 설계

Coupler는 90° hybrid coupler를 설계하였다

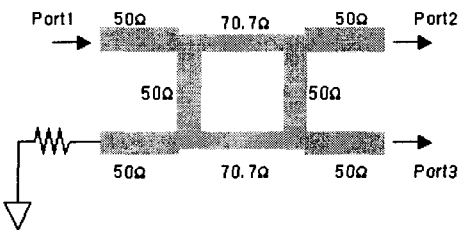


그림 3 90° hybrid coupler

저잡음 증폭기는 1단 구조로 설계하였으며 13dB의 이득을 갖고 0.96의 잡음지수를 갖는다.

Coupler와 증폭기를 연결하여 평형 증폭기를 설계하였고 이때 정재파비는 전체 대역폭에서 1.5이하를 나타냈고, 이득은 13.15dB, 잡음 지수는 1.2dB를 나타냈

다.

3.2 광전 밴드갭의 설계

본 논문에 사용한 광전 밴드갭은 3GHz대역에서 저지대역을 갖는 광전 밴드갭을 사용하였고 다음 그림은 광전 밴드갭의 설계 결과를 나타내고 있다.

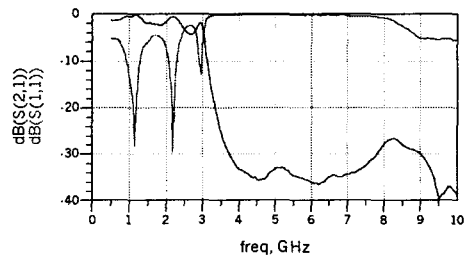


그림 4 광전 밴드갭의 설계 결과

IV. PBG를 이용한

평형 저잡음 증폭기 설계

본 장에서는 앞서 설계한 저잡음 평형 증폭기와 광전 밴드갭을 사용하여 본 논문에서 제시한 광전 밴드갭을 이용한 저잡음 평형 증폭기를 설계하였다. 본 논문에서 제안하는 구조는 다음 그림에서 보는 것과 같다.

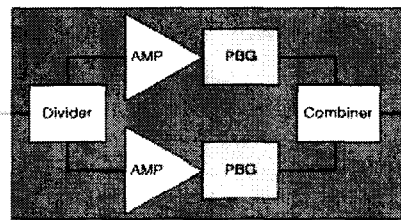
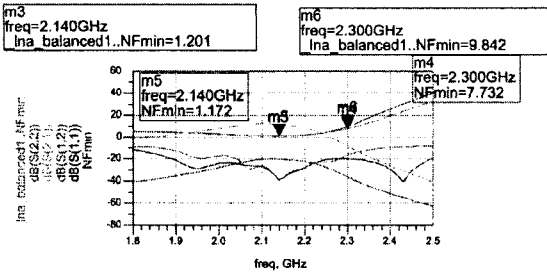


그림 5 제안된 구조

다음의 설계 결과에서 볼 수 있듯이 이득이나 정재파비 등에 큰 변화없이 잡음 지수가 중심 주파수 부근에서는 약 0.1dB정도, 고주파로 갈 수록 더 큰 개선을 볼 수 있다.



V. 결론

저잡음 증폭기는 무선통신환경하에서 매우 중요한 부분이고 광대역 증폭기 또한 차세대 초 광대역 환경에서 간과할 수 없는 부분이다. 따라서 저잡음 광대역 증폭기의 중요성이 더 커지는 추세이다. 따라서 본 논문에서는 광전 밴드갭을 이용한 저잡음 평형 증폭기를 사용하여 저잡음의 광대역 증폭기의 설계를 하였고, 설계 결과를 통하여 광전 밴드갭의 최적화된 셀 구조 등을 통하면 기존의 저잡음 대칭형 증폭기보다 더 좋은 성능을 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 윤진호 외, "PBG를 이용한 광대역 전방급전 전력 증폭기의 성능개선에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 2001
- [2] 김병희 외, "PBG구조를 이용한 전력증폭기의 효율 및 선형성 개선에 관한 연구", 한국전자파학회논문지, 2001
- [3] 이정관 외, "광대역 저잡음 평형 증폭기 설계", 대한전자공학회, 1999
- [4] David M. pozar, Microwave Engineering
- [5] Matthew M. Radmanesh, Radio Frequency and Microwave Electronics