

논문 2006-43TC-4-10

DGS를 이용한 이중대역 무선 랜 송신부 설계

(Design of Dual Band Wireless LAN Transmitter Using DGS)

강 성 민**, 최 재 홍*, 구 경 현**

(Sung Min Kang, Jae Hong Choi, and Kyung Heon Koo)

요 약

본 논문은 입력 주파수대역에 따라 전력증폭기와 주파수 체배기로 동작하는 새로운 이중대역 송신모듈을 제안하고, 그 성능 개선을 위하여 DGS를 이용할 수 있음을 보였다. 일반적인 무선 랜 송신부는 두 주파수 대역에서 동작하기 위하여, 각각의 주파수 대역에서 동작하는 증폭부가 분리되어 구성되어 있으나, 제한한 이중대역 송신모듈은 하나의 송신모듈을 이용하여 입력되는 주파수와 인가하는 바이어스 전압에 따라, IEEE 802.11b/g 신호에 대해서는 증폭기로 동작하고 IEEE 802.11a 신호에 대해서는 주파수 체배기로 동작하여 두 주파수 대역에서 동작 가능하도록 하였다. 또한 출력단의 접지면을 식각하는 DGS를 이용하여, 주파수 체배기로 동작시 입력주파수의 억압뿐만 아니라 증폭기로 동작시 2차고조파를 억압하도록 하였다. 측정결과, 증폭기 모드에서 2차고조파의 억압은 -59dBc 이하이고, 주파수 체배기 모드에서 입력주파수의 억압은 -35dBc 이하였다. 그리고 설계된 이중대역 송신모듈은 증폭기모드와 주파수 체배기모드에서 각각 17.8dBm의 출력P1dB와 10.1dBm의 최대 출력전력을 나타냈으며, 이는 $\lambda/4$ 반사기를 사용한 모듈과 비교하여 각각 0.8dB, 2.8dB의 출력 전력이 향상되었다.

Abstract

This paper has proposed a novel dual band transmitter module which can be operating either as an amplifier or as a frequency multiplier according to the input frequency. A conventional dual band transmitter consists of separate amplifiers operating at each frequency band, but the proposed dual band module operates as an amplifier for the IEEE 802.11b/g signal, and as a frequency doubler for the IEEE 802.11a signal according to input frequency and bias voltage. In this paper, we have obtained sharp stop band characteristics by using microstrip DGS(Defected Ground Structure) to suppress the fundamental frequency of the frequency doubler as well as the second harmonic of the amplifier. From measurement result, second harmonic suppression is below -59dBc in the amplifier mode, and fundamental suppression is below -35dBc in the frequency doubler mode. And the designed module has 17.8dBm output P1dB at 2.4GHz and 10.1dBm power for 5.8GHz output, and the output power in the two modes are 0.8dB and 2.8dB larger than the module with $\lambda/4$ reflector, respectively.

Keywords: Dual band transmitter, frequency doubler, DGS, wireless LAN

I. 서 론

무선 랜은 이동성, 휴대성, 확장성 등의 이점이 많으므로 무선 랜의 응용분야 및 시장은 계속하여 확대되어갈 전망이다. 따라서 무선 랜의 설계 및 구현에 대한 기술 확보는 중요한 연구의 관심주제가 되어가고 있다

며 특히 각기 다른 전송 표준에 의한 별도의 주파수 대역을 갖는 무선 랜의 송수신 모듈을 통합하기 위한 연구는 중요한 연구 분야가 될 것으로 예상된다. 멀티밴드 및 멀티 모드 시스템에 대한 연구는 이전부터 SDR(Software Defined Radio)개발에 있어서 중요 핵심 요소로 간주되어 왔으며, 다양한 표준안을 통합하는 모듈에 대한 연구가 진행되고 있다.^[1-2]

무선 랜의 대표적인 표준에는 IEEE에서 제시한 IEEE 802.11a/b/g가 있다. IEEE 802.11b/g는 2.4GHz대역의 ISM밴드를 사용하고 있으며, IEEE 802.11a는 5GHz 대역을 사용하고 있다. 가장 최근에 표준이 제정

* 학생회원, ** 정회원, 인천대학교 전자공학과

(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)

※ 본 연구는 지역협력 연구센터인 인천대학교 멀티미디어연구센터의 지원을 받아 수행되었습니다. 설계에 사용된 CAD툴은 IT-SoC 사업단 및 IDEC의 지원을 받음.

접수일자: 2005년12월13일, 수정완료일: 2006년4월12일

된 IEEE 802.11g는 기존의 IEEE 802.11b의 2.4GHz 주파수 대역에 OFDM 변조기술을 사용하여 최대 54Mbps로 전송속도를 크게 개선하였다.^[3] 이에 따라 본 논문에서는 IEEE 802.11b/g의 2.4GHz 대역과 IEEE 802.11a의 5.8GHz대역을 동시에 지원할 수 있는 이중대역 무선 랜 송신모듈에 관한 새로운 설계 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 이중대역 송신 모듈은 서로 다른 주파수 대역에서 동작하는 증폭기 및 주파수 체배기의 결합으로 기본개념은 하나의 송신블럭을 사용하여 2.4GHz 대역 신호가 입력되면 증폭기로서 동작을 하고 2.9GHz 주파수대역의 신호에 대해서는 주파수 체배기로 동작하여 5.8GHz의 주파수 체배 출력을 갖는 구조이다. 기존에 저자들에 의해서 제안된 이중대역 송신모듈과는 다르게 출력 정합회로의 접지면에 DGS 구조를 식각하여 2.9GHz에서 4.8GHz의 대역을 저지시켜, 주파수 체배기로 동작시 2.9GHz의 입력주파수를 억압하고, 2.4GHz 증폭기로 동작시 4.8GHz 제2차 고조파를 억압하여 선형성을 향상시켰다.^[4-5]

II. DGS를 이용한 이중 대역 송신부 설계

1. 이중대역 무선랜 송신기 증폭부 구조

일반적으로 이중 대역 무선 랜의 송신부는 2.4GHz 대역과 5GHz 대역의 송신부가 분리된 구조를 갖고 있다. 이러한 구조는 각각의 주파수 대역에 맞는 증폭기 뿐만 아니라 두 개의 VCO(Voltage Controlled Oscillator)가 요구되거나 주파수 가변 범위가 매우 넓은 VCO가 필요하게 된다. 하지만, 본 논문에서 제안한 이중 대역 증폭기로 송신부를 구성하였을 때, 그림 1과 같이 두 주파수 대역을 하나의 블록으로 동작할 수

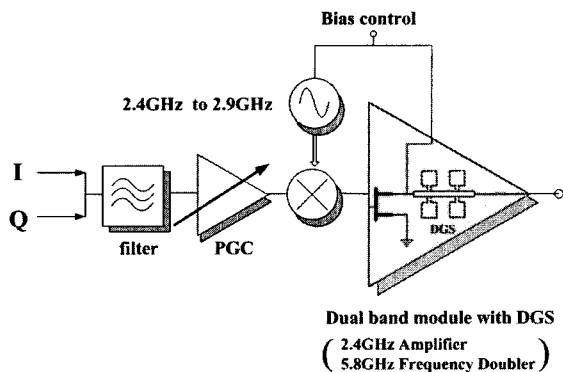


그림 1. DGS를 이용한 제안한 이중대역송신부 블록도.

Fig. 1. Block diagram of the proposed dual band transmitter using DGS.

있을 뿐만 아니라 약 2.4GHz에서 2.9GHz까지의 비교적 작은 가변 대역폭을 갖는 VCO로 구성이 가능하다.^[4-5]

2. DGS 설계 및 특성

주파수 더블러 설계시, 제2차 고조파의 출력이 크고 입력 주파수의 출력을 최소로 하기 위해 기존의 연구에서는 입력주파수에 해당하는 $\lambda_g/4$ 의 길이를 갖는 반사기를 사용한다. 반사기의 경우 입력주파수의 저지 특성은 좋으나, 동작 주파수 대역이 좁아 협대역의 대역 저지특성을 갖는다. 본 논문에서는 이러한 반사기 대신에 출력단의 접지면을 식각하는 DGS를 이용하여, 주파수 더블러로 동작시 입력주파수의 억압뿐만 아니라 증폭기로 동작시 2차고조파를 억압하도록 하였다.

그림 2는 설계한 DGS의 저지대역 특성을 나타내고 있으며, 2.9GHz(주파수 더블러의 입력주파수)와 4.8GHz(증폭기의 2차고조파 주파수)의 주파수 대역에서 광대역 저지특성을 나타냄을 알 수 있다. 출력 $\lambda_g/4$ 바이어스 회로가 4.8GHz 주파수를 억압하기 때문에 본 논문에서 설계된 DGS는 4.8GHz 주파수대역 보다는 2.9GHz

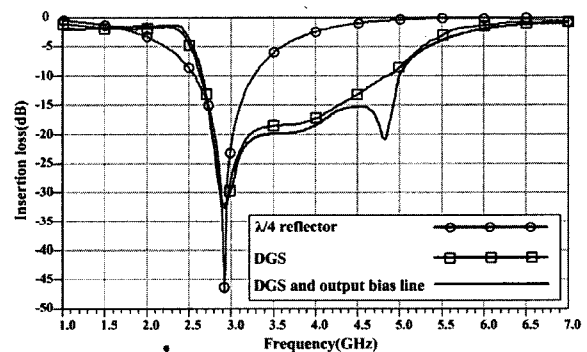


그림 2. 마이크로 스트립 DGS의 저지대역 특성.
Fig. 2. Stopband characteristic of the microstrip DGS.

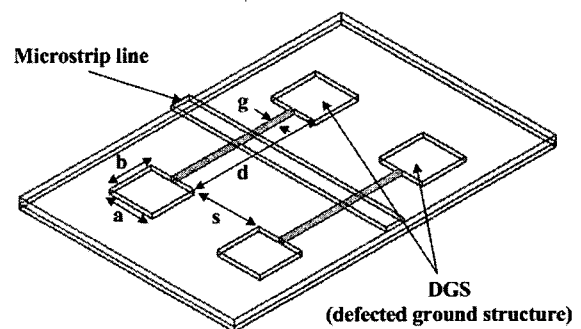


그림 3. 출력의 정합회로에 제안된 DGS 패턴.
Fig. 3. Proposed DGS patterns on the ground plane at the output ($a=4mm$, $b=4.1mm$, $d=10.8mm$, $s=6.7mm$, $g=0.2mm$).

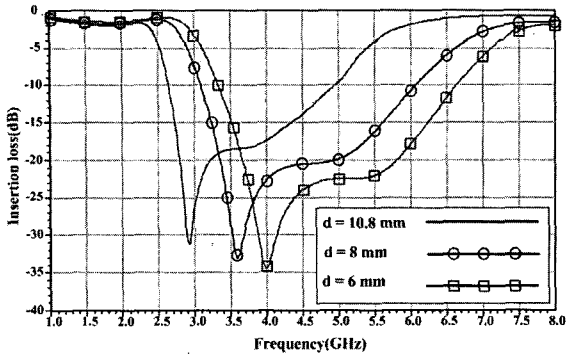


그림 4. 두 개의 직각 형태의 격자사이의 거리 d에 따른 저지대역특성 비교. 격자 면적 $a=4mm$ 이고 $b=4.1m$ 이다.

Fig. 4. Comparison of stopband characteristics with distance, d , between two rectangular lattices. The lattice dimension is $a=4mm$, $b=4.1mm$.

주파수 대역을 억압할 수 있도록 하였다.

DGS는 FEM 시뮬레이션들을 이용하여 설계하였으며, 그림 3은 출력 정합회로의 접지면에 식각된 설계된 DGS 패턴을 나타내고 있다. 사각형 형태의 식각된 격자의 면적과 간격은 마이크로 스트립라인의 캐피시턴스와 인덕턴스와 관련이 있다. 격자의 간격이 감소하면, DGS직렬 인덕턴스는 감소하여 차단주파수가 증가하게 된다.^[6] 격자사이의 간격 g 는 DGS의 캐피시턴스에 영향을 주며 간격이 증가하면 캐피시턴스가 감소하여 넓은 저지대역특성을 갖게 한다.^[7] 일반적으로 DGS는 넓은저지 대역특성을 갖도록 설계되며^[8-9], 본 논문에서는 무선 랜의 이중대역 동작을 위해 주파수 더블러 동작시 5.8GHz신호를 통과시키며 동시에 원하는 대역(2.4GHz ~ 4.8GHz)의 저지대역특성을 갖도록 최적화하였다. 저지대역 특성은 격자사이의 간격 d 를 조절하여 원하는 대역의 저지대역특성을 얻을 수 있다. 그림 4는 간격 d 의 변화에 따른 저지대역 특성을 나타내고 있으며, 거리가 감소함에 따라 저지대역의 대역폭이 감소하는 것을 알 수 있다.

3. 이중대역 송신모듈의 설계 및 시뮬레이션 결과

2.4GHz 대역에서 전력증폭기로 동작하고, 2.9GHz의 입력주파수에 대해서는 5.8GHz 출력의 주파수 체배기로 동작하도록 정합회로를 구성하기 위하여 그림 5와 같이 입력 정합회로는 2.4GHz에서 2.9GHz 대역의 입력 신호에 대해 감쇄 없이 전달되고 출력단에서 입력쪽으로 되돌아오는 5.8GHz 대역의 신호를 차단하기 위해 약 2.9GHz 대역 이하의 주파수가 통과할 수 있는 저대역 통과 필터 구조의 정합회로

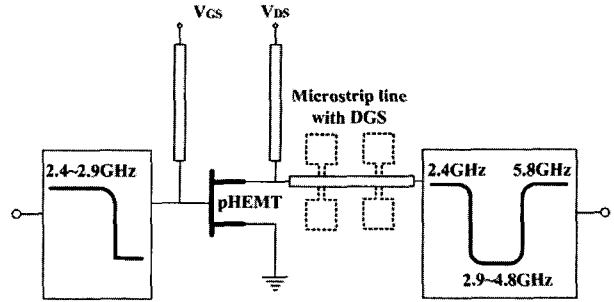


그림 5. 제안한 이중대역 송신모듈의 매칭회로.

Fig. 5. Matching network of the proposed dual band transmitter module.

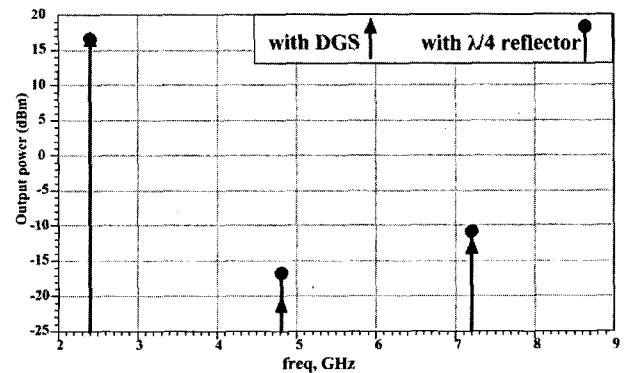


그림 6. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 증폭기 모드에서의 출력 스펙트럼 시뮬레이션 결과.

Fig. 6. Output spectrum simulation results in the amplifier mode with DGS or with $\lambda/4$ reflector.

로 구성하였다. 또한 출력 정합회로는 전력증폭기로 동작 시 2.4GHz 대역과 주파수 체배기로 동작시 2.9GHz 대역의 2체배 주파수인 5.8GHz 대역이 통과하며, 2.9GHz에서 4.8GHz의 대역을 저지시켜, 주파수 체배기로 동작 시 2.9GHz의 입력주파수를 억압하고, 2.4GHz 폭기로 동작 시 4.8GHz 제2차 고조파를 억압하도록 정합회로를 구성하였다.

그림 6은 $\lambda/4$ 반사기를 사용한 경우와 DGS를 사용한 경우의 2.4GHz의 입력 주파수에서 전력증폭기로 동작시의 출력 스펙트럼을 나타낸다. $\lambda/4$ 반사기를 사용한 경우의 제2차 고조파는 약 -35.2dBc 이하로 억압되었으며, 반면, DGS를 사용한 경우 -38.1dBc 이하로 억압되었다. 이는 DGS의 4.8GHz 주파수 대역의 억압특성으로 인한 결과이며 그림 7에 제시된 시뮬레이션 된 전력증폭기모드에서의 출력 P1dB는 $\lambda/4$ 반사기와 DGS를 사용한 경우 각각 17.7dBm, 17.9dBm으로 DGS를 사용한 경우가 약간의 더 큰 출력을 얻을 수 있었다.

그림 8은 $\lambda/4$ 반사기와 DGS를 사용한 경우의 2.9GHz의 입력 주파수에 따른 주파수 더블러 동작시의 시뮬레이션 된 출력 스펙트럼을 나타낸다. $\lambda/4$ 반사기

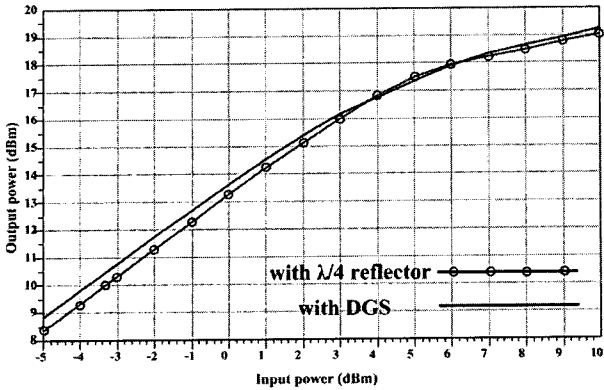


그림 7. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 증폭기 모드에서의 입-출력 전력특성 시뮬레이션 결과.
 Fig. 7. Pin-Pout power characteristic simulation results in the amplifier mode with DGS or $\lambda/4$ reflector.

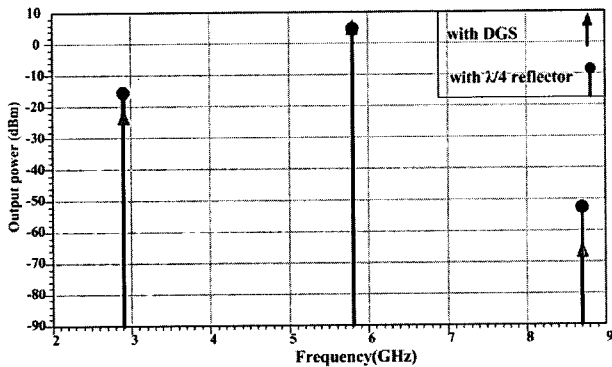


그림 8. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 주파수 더블러 모드에서의 출력 스펙트럼 시뮬레이션 결과.
 Fig. 8. Output spectrum simulation results in the frequency doubler mode with DGS or with $\lambda/4$ reflector.

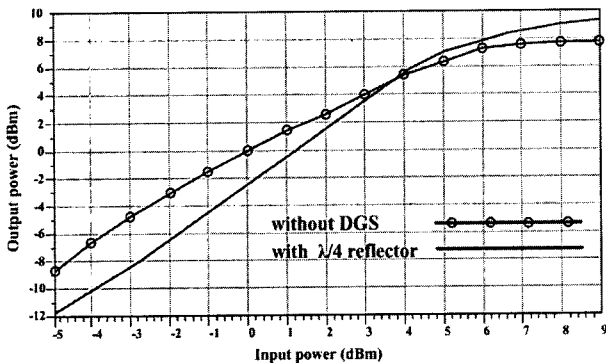


그림 9. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 주파수 더블러 모드에서의 입-출력 전력특성 시뮬레이션 결과.
 Fig. 9. Simulated Pin-Pout characteristic in the frequency doubler mode with DGS or $\lambda/4$ reflector.

를 사용한 경우의 2.9GHz 입력주파수 억압은 약 -20.9dB 이하의 특성을 나타내었으며, 반면, DGS를 사용한 경우 -28.4dB 이하로 억압되었다. 그림 9에서 주파수 더블러 모드에서의 최대출력전력은 $\lambda/4$ 반사기와 DGS를 사용한 경우 각각 8dBm, 9dBm이다.

III. 이중대역 송신모듈의 측정 및 제작

본 논문에서는 Agilent사의 PHEMT 소자인 ATF-34143을 사용하여, 유전율 2.6이고 유전체 두께 0.4mm 인 테플론 기판위에 이중대역 송신모듈을 제작하였다. DGS를 사용하여 제작된 이중모드 송신모듈의 사진을 그림 10에 나타내었다.

그림 11에 2.4GHz 대역에서 전력증폭기 동작 시 출력 특성을 제시하였다. 전력증폭기로 동작 시 이득은 2.44GHz에서 약 13.8dB로써, 5dBm 입력에 7.8dBm의 P1dB 출력을 나타내었다. 또한 2차 고조파는 약 -59dBc 이하로 억압되었다. 2.9GHz 입력 주파수에

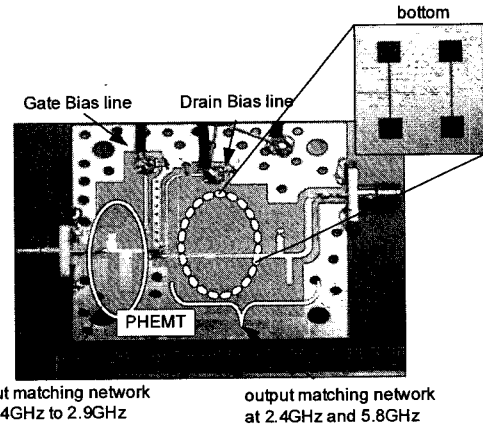


그림 10. 제작된 이중대역 송신모듈.
 Fig. 10. Fabricated dual band transmitter module.

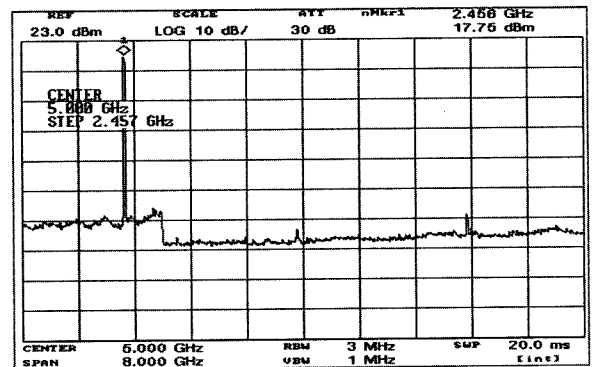


그림 11. 2.4GHz 전력증폭기의 출력 스펙트럼.
 Fig. 11. Measured output spectrum of 2.4GHz amplifier.

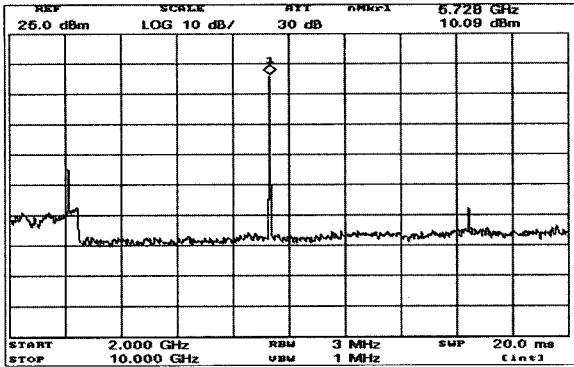


그림 12. 5.8GHz 주파수 더블러의 출력 스펙트럼.
Fig. 12. Measured output spectrum of 5.8GHz frequency doubler.

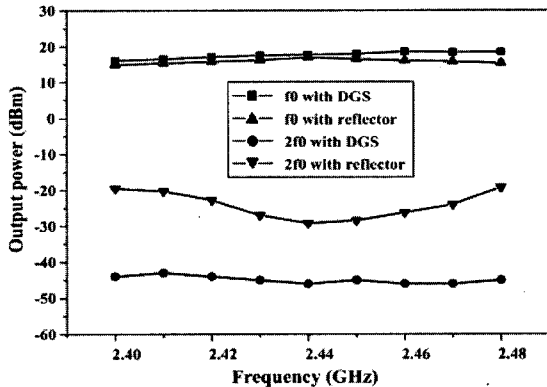


그림 13. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 주파수 증폭기 모드에서의 출력P1dB와 2차 고조파 측정 결과.
Fig. 13. Measured P1dB and second harmonic in the amplifier mode, with the DGS and the $\lambda/4$ reflector, respectively.

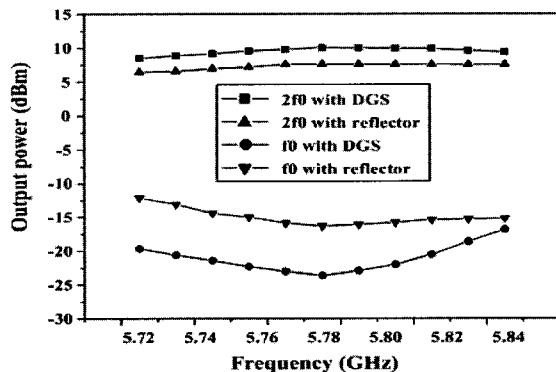


그림 14. DGS와 $\lambda/4$ 반사기를 갖는 주파수 더블러 모드에서의 최대출력 전력과 입력주파수 전력 측정결과.
Fig. 14. Measured maximum power and fundamental power in the frequency doubler mode, with the DGS and the $\lambda/4$ reflector, respectively.

대하여 2체배 주파수인 약 5.8GHz에서 측정된 출력 스펙트럼을 그림 12에 제시하였다. 입력 전력이 8dBm

일때 출력 전력은 약 10.1dBm을 갖으며, 입력주파수 신호는 -35dBc이하로 억압되었다.

그림 13과 14에 무선 랜 표준인 IEEE 802.11b/g의 주파수 대역인 2.4GHz~2.48GHz와 IEEE 802.11a의 5.725GHz~5.825GHz의 주파수 변화에 따른 제작한 이중대역 송신모듈의 측정된 출력전력을 제시하였다. 그림 13과 14에서 살펴볼 수 있듯이 제안한 DGS를 이용한 송신모듈의 경우 $\lambda/4$ 반사기를 사용한 경우와 비교하여 전력증폭기모드에서 출력 P1dB와 2차고조파 억압 특성은 각각 0.8dB, 20dB 향상되었으며, 주파수 더블러 모드에서의 최대출력전력 및 입력주파수 억압특성은 각각 2.8dB, 13dB 개선되어 큰 성능향상을 가져올 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 입력 주파수에 따라 전력증폭기와 주파수 체배기로 동작하는 새로운 이중대역 송신모듈의 설계 및 DGS를 이용한 특성 향상방안을 제시하였다. 이를 이용하면 하나의 송신모듈로 무선 랜 규격인 IEEE 802.11a/b/g의 다양한 주파수 대역을 만족하도록 설계할 수 있었다. 제안한 이중대역 송신모듈은 입력되는 주파수와 인가되는 바이어스 전압에 따라, IEEE 802.11b/g신호에 대해서는 증폭기로 동작하고 IEEE 802.11a 신호에 대해서는 주파수 체배기로 동작하여 두 주파수 대역에서 동작이 가능하였다. 일반적으로 주파수 체배기는 입력 주파수를 억압하기 위하여 출력단에 $\lambda/4$ 반사기를 사용하지만, 이는 협대역의 대역저지 특성을 갖는다. 본 논문에서는 이러한 $\lambda/4$ 반사기대신에 출력단의 접지면을 식각하는 DGS를 이용하여 주파수 체배기로 동작시 입력 주파수의 억압뿐만 아니라 증폭기로 동작시 2차고조파를 억압하도록 하였다. 측정결과, 전력증폭기 동작시 2차 고조파의 억압은 -59dBc 이하이고, 주파수 체배기 동작시 입력주파수의 억압은 -35dBc 이하였다. 그리고 전력 증폭기의 P1dB와 주파수 체배기의 최대출력은 각각 17.8dBm과 10.1dBm을 나타내었다.

본 논문에서 제안한 DGS를 이용한 무선 랜 이중대역 송신모듈은 IEEE 802.11a/b/g의 응용뿐 만아니라 셀룰러/PCS/GSM/W-CDMA등의 다양한 다중대역 모듈 설계에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] B. Klepser, M. Punzenberger, T. Ruhlicke, and M. Zannoth, "5GHz and 2.4GHz dual-band RF-transceiver for WLAN 802.11a/b/g applications," 2003 IEEE RFIC Symp. Dig., pp. 37-40, June 2003.
- [2] S. Mehta, M. Zargari, S. Jen, B. Kaczynski, M. Lee, M. Mack, S. Mendis, K. Onodera, H. Samavati, W. Si, K. Singh, M. Terrovitis, D. Weber, and D. Su, "A CMOS dual-band tri-mode chipset for IEEE 802.11a/b/g wireless LAN," 2003 IEEE RFIC Symp. Dig., pp.427-430, June 2003.
- [3] J. Geier, "Wireless LANs," SAMS, pp.8-32, 2002.
- [4] J. H. Jeon, J. H. Choi, S. M. Kang, T. Y. Kim, W. Choi, and K. H. Koo, "A novel dual band transmitter for WLAN 802.11a/g applications." 2004 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., vol.2, pp.1285-1288, June 2004.
- [5] 강성민, 최재홍, 구경헌, "주파수 체배기를 이용한 이중모우드 증폭부 설계", 대한전자공학회 논문지 TC편, pp. 127-132, 제43권 제1호, 1월, 2006.
- [6] H. Liu, Z. Li, Z. Sun, "An improved 1-D periodic defected ground structure for microstrip line," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 14, no. 4, April 2004.
- [7] D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. N. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 49, no. 1, January 2001.
- [8] Y. C. Jeong, S. G. Jeong, J. S. Lim, and S. W. Nam, "A new method to suppress harmonics using $\lambda/4$ bias line combined by defected ground structure in power amplifiers," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 13, no. 12, December 2003.
- [9] A. B. Abdel-Rahman, A. K. Verma, A. B. Boutejdar, and A. S. Omar, "Control of bandstop response of Hi-Lo microstrip low pass filter using slot in ground plane," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 52, no. 3, March 2004.

저 자 소 개



강 성 민(정회원)

1999년 인천대학교 전자공학과
학사 졸업.

2001년 인천대학교 전자공학과
석사 졸업.

2005년 인천대학교 전자공학과
박사 졸업.

<주관심분야 : 마이크로파 송수신 모듈, 도허티 증폭기, DGS 구조 해석>



최 재 홍(학생회원)

2004년 인천대학교 전자공학과
학사 졸업.

2006년 인천대학교 전자공학과
석사 졸업.

<주관심분야 : 마이크로파 회로
설계, 전력 증폭기 설계 및 선형
화 기법>



구 경 헌(정회원)

1981년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업.

1983년 서울대학교 전자공학과
석사 졸업.

1991년 서울대학교 전자공학과
박사 졸업.

1999년~2000년 UC San Diego 방문학자.

2001년~2002년 대한전자공학회 마이크로파 및
전파연구회 위원장.

2003년~현재 대한전자공학회 평의원, 이사,
통신소사이터디 부회장.

1987년~현재 인천대학교 전자공학과 교수.

<주관심분야 : 마이크로파 회로 및 모듈 설계, 전
력증폭기 선형화, 무선랜 시스템>