

## Spiral-DGS 로 소형화한 증폭기의 개선된 성능 연구

\*임종식<sup>o</sup>, \*\*정용채, \*안달, \*\*\*남상욱

Soonchunhyang University School of Information Technology Engineering \*\*Chonbuk National University School of Electronics and Information Engineering \*\*\*Seoul National University School of Electrical Engineering and Computer Science

### Improved Performances of Size-Reduced Amplifiers Using Spiral-DGS

\*Jong-Sik Lim<sup>o</sup>, \*\*Youg-Chae Jeong, \*Dal Ahn, and \*\*\*Sangwook Nam

*\*Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University*

*\*\*Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University*

*\*\*\*School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University*

#### Abstract

The improved performances of the size-reduced amplifiers by spiral-DGS are presented in this paper. Spiral-DGS patterns having the resonance at the second and/or third harmonic frequency of the amplifiers are used to shorten the size. The size-reduced amplifiers show the characteristics of not only the harmonic rejection, but increased output power and efficiency, and decreased intermodulation products through the further measurement.

#### I. 머리말

최근 들어서 무한/유한의 주기구조를 전송선로와 결합시켜서 새로운 초고주파 특성을 얻어내는 연구가 활발하게 진행되고 있다[1-4]. 평면형 전송선로에 사용된 Photonic bandgap(PBG) 구조가 있으나, 실제 회로에 삽입하여 응용되기가 어렵다고 등가회로 모델링이 어렵다는 단점이 있다. 이와 달리 DGS는 단위 소자에 대한 등가회로 모델링이 가능할 뿐 아니라, 소수의 주기성만으로도 충분히 주기적인 특성을 얻어낼 수 있고, 초고주파 회로 응용 능력이 뛰어나다는 장점이 있다.

DGS는 수동회로뿐만 아니라 마이크로파 증폭기에서도 응용되었는데, 회로의 소형화 및 고출력증폭기의 성능 개선 등에 사용된 적이 있다[5,6]. 한편, [7]에는 증폭기의 하모닉 주파수에서 공진주파수를 갖는 Spiral-DGS를 정합회로에 직접 삽입하여 하모닉 주파수를 직접 차단하는 기능을 갖는 소형화 방법이 제시된 적이 있다. 그러나 [7]에서는 하모닉 성분 차단 기능만 주요 목적

으로 하여 성능 측정 항목이 다소 제한적이었다. 본 논문에서는 하모닉 차단용 Spiral-DGS가 처음 목적인 하모닉 차단은 물론이고, 증폭기의 출력, 효율, 혼변조 성분과 같은 주요 성능까지 개선해 줄을 보이고자 한다.

#### II. Spiral-DGS의 구조 및 증폭기의 소형화

Spiral-DGS는 마이크로스트립 선로의 경우에 바닥 접지면에서 두 맴돌이형 결합이 상하 대칭을 이루면서 한 슬롯에 의하여 연결되어 있는 구조를 취하고 있다. CPW의 경우라면 당연히 신호선 양 옆의 접지면에 동일한 맴돌이 구조가 상하에 존재하는 구조가 될 것이다. 그림 1은 마이크로스트립 선로에서의 Spiral-DGS의 구조를 보여주고 있다.

그림 2는 [7]에 이미 제시된, Spiral-DGS를 삽입하여 소형화한 증폭기와 원래 증폭기의 레이아웃을 보여주고 있다. Spiral-DGS에 의하여 증가한 전기적 길이로 인하여 임피던스 정합은 유지하면서 실제 크기는 크게 줄어

은 증폭기를 얻었다. 소형화된 상태에서도 임피던스 정합 상태는 유지되므로 두 증폭기의 기본적인 선형 S-파라미터 성능은 거의 동일하다.

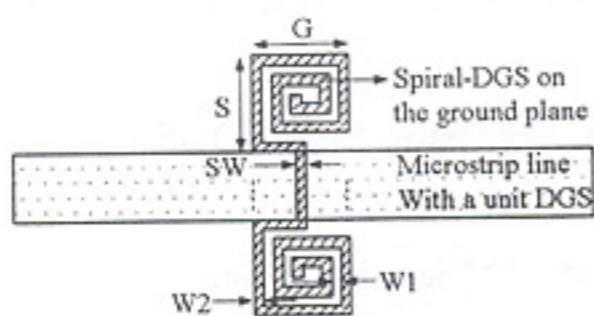


그림 1 마이크로스트립 선로용 Spiral-DGS 의 기본 구조  
Fig. 1. Basic structures of spiral-DGS for Microstrip lines

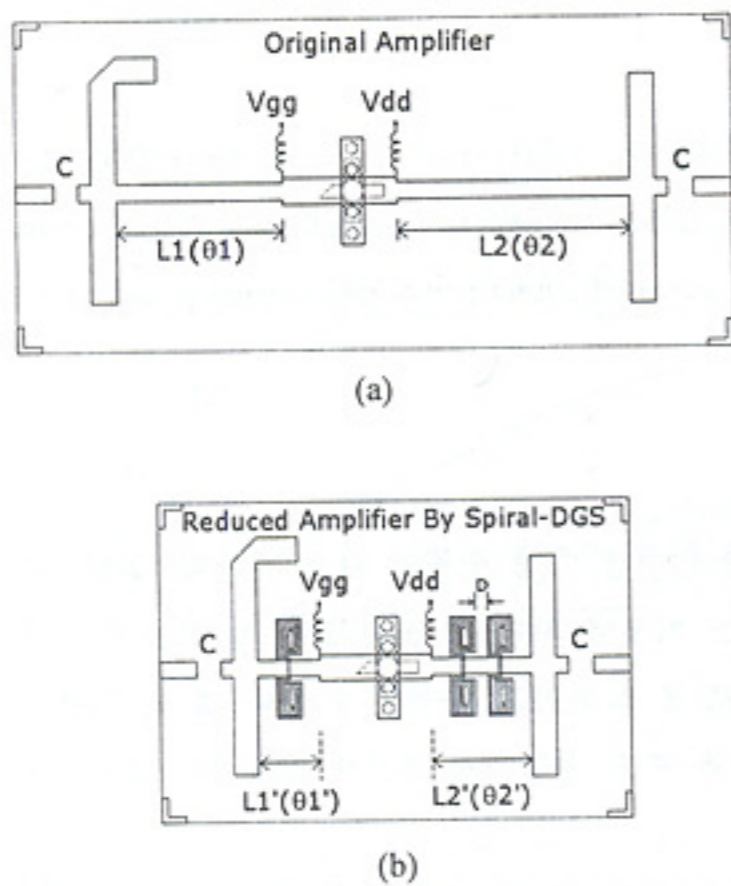


그림 2 증폭기의 레이아웃 (a)원증폭기 (b)멤돌이형 DGS 에 의하여 소형화된 증폭기  
Fig. 2. Layout of the (a) original amplifier (b) reduced amplifier by Spiral-DGS

Spiral-DGS 가 증폭기의 소형화와 하모닉 성분의 차단 을 위하여 매우 효과적으로 사용될 수 있음이 이미 제 시되었다[7]. Spiral-DGS 는 증폭기의 2 차 하모닉(2Fo) 또는 3 차 하모닉(3Fo) 주파수에서 급격한 공진 특성을 갖도록 설계할 수 있으므로, 증폭기의 소형화를 위하여 삽입된 정합회로 내에서 별도의 하모닉 차단 장치 없이 본래적인(inherently) 하모닉 차단 특성을 장점으로 갖는

다. 선행 연구에 의하면 Spiral-DGS 에 의하여 증폭기의 정합회로는 약 50% 이하의 크기로 축소되었으며, 2 차 및 3 차 하모닉은 최하 10dB 이상이었다. 그러나 선행연구에서는 Spiral-DGS 의 하모닉 차단에만 주안점을 두어 서, 증폭기의 다른 중요한 특성 파라미터들-예를 들면 출력 전력, 효율 및 혼변조 성능 등-의 개선된 성능에 대하여는 미처 간과한 면이 있었다.

### III. Spiral-DGS 에 의한 증폭기의 성능 개선 결과

#### 1. 2Fo Spiral-DGS 를 사용한 증폭기

증폭기의 대표적인 성능 파라미터로는 출력 전력 (Pout)의 크기, 전력부가효율(Power Added Efficiency, PAE), 3 차 혼변조 성분의 크기 등이 있다. 매 측정마다 얻어 진 성능 곡선들의 변화 경향 및 기울기 등도 경우에 따 라서는 중요한 파라미터가 되겠으나, 본 논문에서는 편 의상 위의 3 가지 항목에 대한 측정 결과를 대상으로 논하기로 한다. 일반적인 관점에서 볼 때 이 정도의 항 목만으로도 증폭기의 성능 개선 효과가 이루어졌다고 여겨질 수 있기 때문이다.

그림 3 은 2Fo 하모닉 차단용 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 Pout 과 효율의 개선 효과를 보여주고 있다. 비록 측정에 사용된 트랜지스터의 전력 수준 이 낮은 수준이기는 하지만, 다양한 동작 class 에서의 개선 정도를 비교하기 위하여 4 가지의 바이어스 전류 를 인가하였다. 출력 전력의 측정된 결과는 다소 예상 할 수 있는 바와 같은데, 바이어스 전류가 가장 낮은 상태(class B 에 가까운 상태)에서의 출력 전력 개선이 상대적으로 가장 높았다. 이것은 class B 일수록 비선형 성분이 크게 나타나므로 이에 의한 하모닉 차단에 의한 기본주파수 성분(fundamental frequency component)의 개 선이 상대적으로 크다는 것을 증명하는 것이다.

이 증폭기에 대한 PAE 측정에 있어서도 그 개선 정 도에 있어서 위와 비슷한 경향이 나타났다. 즉, 출력 전 력의 개선량이 큰 것에 비하여 DC 전류가 크게 변하지 않음으로 인하여 PAE 의 개선이 Ids 가 적을 때 가장 크

게 나타났다. 보통 DC 전류가 크 게 되면서는 자연스러운 결과라 하겠다.

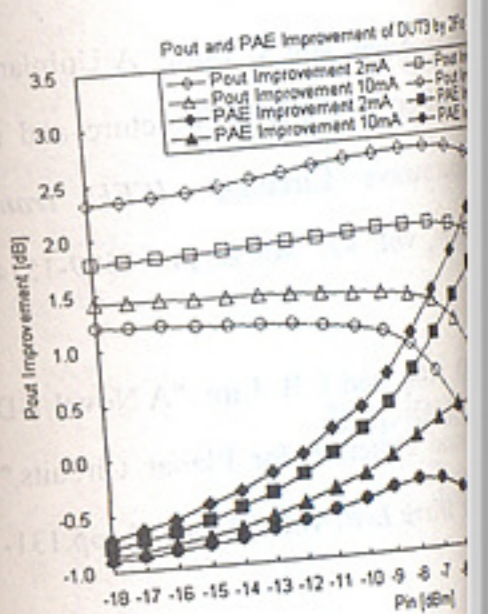


그림 3 2Fo 하모닉 차단용 Spiral-DGS 를 사용한 증폭기의 Pout 과 효율의 개선 효과  
Fig. 3 Improved output power and efficiency of a 2Fo harmonic suppressed amplifier using the 2Fo spiral-DGS

그림 4 는 그림 2 에 보인 멤돌이형 증폭기(Intermodulation) 특성의 개선 정도를 정성적, 정량적인 해석이 어려운 상태에서는 IMD3 의 개선 정도를 생각해 볼 때 [6,8,9], 2Fo 하모닉 차단은 당연한 결과라 하겠다.

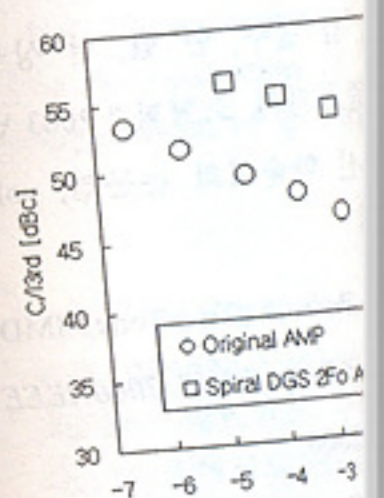


그림 4 소형화된 증폭기 특성(C/I3rd)의 개선  
Fig. 4 Improved intermodulation characteristics of a reduced amplifier using the 2Fo spiral-DGS

나타났다. 보통 DC 전류가 크게 변하지 않는 상황에서는 자연스러운 결과라 하겠다.

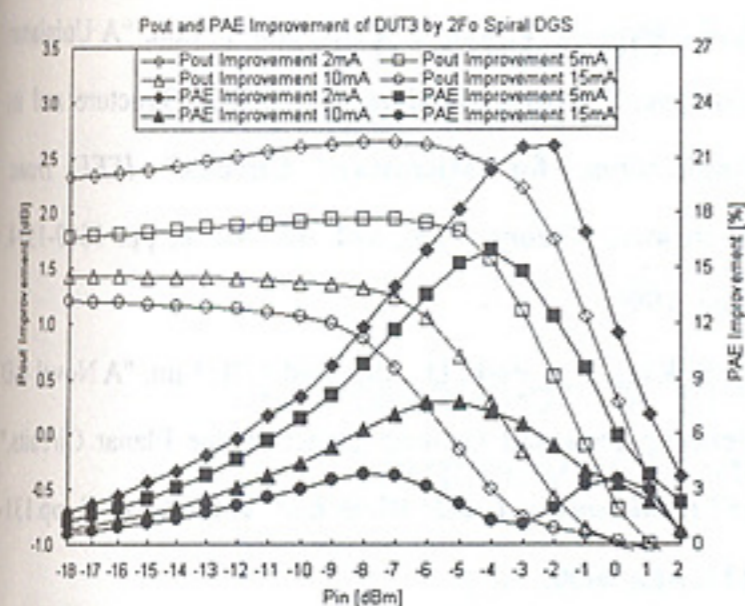


그림 3 2Fo 하모닉 차단용 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 Pout 과 효율의 개선

Fig. 3 Improved output power and efficiency of the reduced amplifier using the 2Fo spiral-DGS

그림 4는 그림 2에 보인 소형화된 증폭기의 3차 혼변조(intermodulation) 특성의 개선을 보여주고 있다. 비록 정성적, 정량적인 해석이 아직 이루어지지 않은 상태이지만, IMD3의 생성에 기여하는 2Fo의 역할을 생각해 볼 때 [6,8,9], 2Fo의 감소에 따른  $C/I_{3rd}$ 의 개선은 당연한 결과라 하겠다.

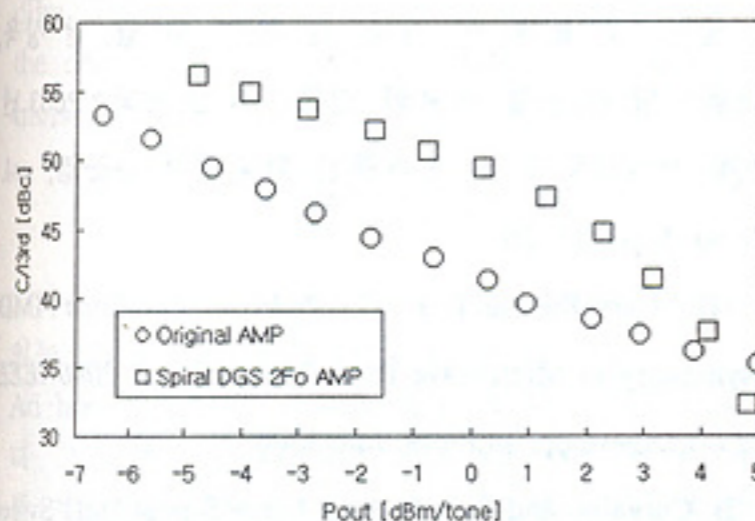


그림 4 소형화된 증폭기의 3차 혼변조(intermodulation) 특성( $C/I_{3rd}$ )의 개선

Fig. 4 Improved intermodulation characteristics ( $C/I_{3rd}$ ) of the reduced amplifier using the 2Fo spiral-DGS

## 2. 3Fo Spiral-DGS 를 사용한 증폭기

IMD3의 생성에는 2Fo 하모닉 뿐만 아니라 3Fo 하모닉도 일정 부분 역할을 하는 것으로 알려져 있다[6,8,9]. 따라서 3Fo 하모닉 차단용 Spiral-DGS 를 삽입하여도 이와 유사한 효과를 기대할 수 있다. 3Fo 주파수에서 공진 특성을 갖는 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 경우도 원증폭기와 기본적인 S-파라미터에 있어서 거의 동일한 특성을 갖는다. 또한 예상대로 본래적인 하모닉 차단 특성을 갖는다.

그림 5는 3Fo 하모닉 차단용 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 레이아웃과 출력전력과 효율의 개선, 그리고 3차 혼변조 성분의 개선을 보여주고 있다. 여전히 소형화와 더불어서 중요한 특성 파라미터들의 개선이 이루어지고 있음을 보여주고 있다.

## IV. 맺음말

본 논문에서는 특정 하모닉에서 차단 특성을 갖는 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 출력 전력과 전력 부가 효율 및 혼변조 성분의 개선에 대하여 살펴 보았다. 하모닉 성분이 혼변조 성분의 생성에 크게 기여한다는 사실이 이미 알려져 있으므로, 소형화된 증폭기의 정합회로가 본래적으로 지닌 하모닉 차단 특성이 혼변조 성능의 개선을 가져올 것이라는 예상을 충분히 할 수 있었다. 또한 각 증폭기의 성능을 측정하여, 이러한 예상이 실험적으로 충분히 뒷받침된다는 결과를 얻을 수 있었다.

향후에 저자들은 2Fo 와 3Fo 를 동시에 차단하는 기능을 갖는 소형화된 증폭기의 성능에 대한 연구 및 추가적인 측정을 지속할 예정이다. 또한 비교적 높은 수준의 고출력소자에서 동일한 특성을 얻어내고 분석하는 연구 및 CPW 증폭기를 대상으로 하는 연구를 진행할 예정이다.

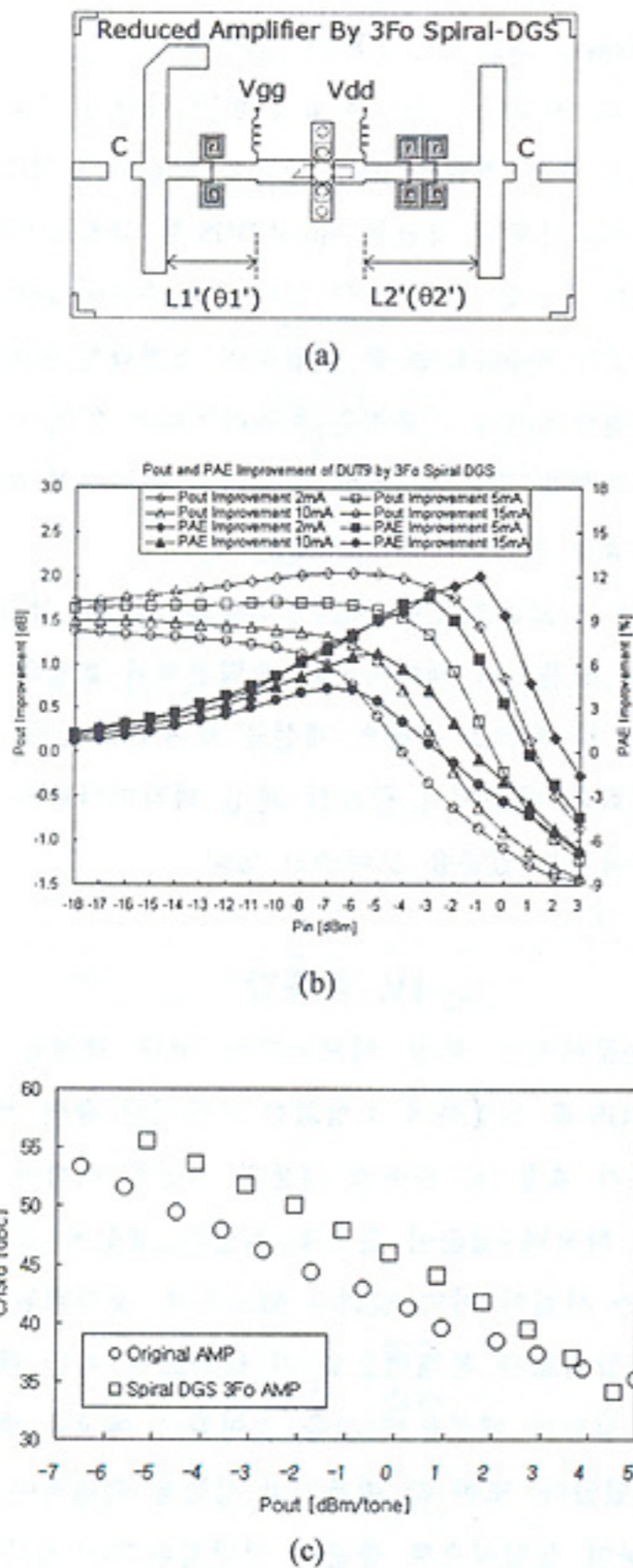


그림 5 (a) 3Fo 주파수에서 공진특성을 갖는 Spiral-DGS 를 삽입하여 소형화된 증폭기의 레이아웃 (b) Pout 과 효율의 개선 (c) C/I<sub>3rd</sub>의 개선

Fig. 5 (a) Layout of the reduced amplifier by 3Fo Spiral-DGS (b) improved output power and efficiency (c) improved C/I<sub>3rd</sub>

감사의 글

이 논문은 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터의 지원에 의한 것입니다. (R12-2002-052-02004-0)

참고문헌

[1] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel 2-D

Photonic bandgap Structure for Microstrip Lines," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.* vol. 8, no. 2, pp.69-71, Feb. 1998.

[2] F. R. Yang, K. P. Ma, Y. Qian, and T. Itoh, "A Uniplanar Compact Photonic-Bandgap (UC-PBG) Structure and its Applications for Microwave Circuits," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, No. 8, pp. 1509-1514, Aug. 1999.

[3] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and J. B. Lim, "A Novel 1-D Periodic Defected Ground Structure for Planar Circuits," *IEEE Microwave Guide Wave Lett.* vol. 10, No. 4, pp.131-133, Apr. 2000.

[4] T. Y. Yun and K. Chang, "Uniplanar One-Dimensional Photonic-Bandgap Structures and Resonators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, no. 3, pp. 549-553, Mar. 2001.

[5] J.-S. Lim, J.-S. Park, Y.-T. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Application of Defected Ground Structure in Reducing the Size of Amplifiers," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 12, no. 7, pp. 261-263, July 2002.

[6] J.-S. Lim, Y.-C. Jeong, D. Ahn, and S. Nam, "Improvement in Performance of Power Amplifiers by Defected Ground Structure," *IEICE Trans. Electron*, vol. E87-C, no. 1, pp. 52-59, Jan. 2004.

[7] 임 종식, 정 용채, 이 영택, 김 철수, 안 달, 남 상욱, "멤돌이형 DGS 를 이용한 증폭기의 소형화," 2003년 춘계 마이크로파 및 전파통신 학술대회 논문집, vol. 26, no. 1, pp. 23-26.

[8] N. B. Carvalho and J. C. Pedro, "Two-Tone IMD Asymmetry in Microwave Power Amplifiers," *2000 IEEE MTT-S Digest*, pp. 445-448, Jun. 2000.

[9] N. B. Carvalho and J. C. Pedro, "Large Signal IMD Sweet Spots in Microwave Power Amplifiers," *1999 IEEE MTT-S Digest*, pp. 517-520, Jun. 1999.

High performance, -converter module detection scheme to have been design CPW-connected t implemented up-con of 13 dB and the o IF frequency of 140 58 GHz. The down gain of 40 dB w dBm. These conve the demonstration transmission of 25

최근 대용량의 미 있는 WPAN(Wirele Ad-hoc 네트워크 다. 그 중에서도 60 를 이용한 광대역 있다[1]-[3]. 밀리 heterodyne 방식을 역의 국부발전기(LC 상잡음을 가지는 많은 어려움이 있다 하기 쉽고 간단하 능하게 하는 self