

# 결함 접지 구조를 이용하여 소형화한 증폭기의 개선된 전력 성능

## Improved Power Performances of the Size-Reduced Amplifiers using Defected Ground Structure

임종식 · 정용채\* · 한재희 · 이영택 · 박준석\*\* · 안 달\*\* · 남상욱

Jong-Sik Lim · Yong-Chae Jeong\* · Jae-Hee Han · Young-Taek Lee ·

Jun-Seok Park\*\* · Dal Ahn\*\* · Sang-Wook Nam

### 요 약

본 논문은 결함 접지 구조(defected ground structure, DGS)를 삽입하여 소형화한 증폭기의 개선된 전력 성능을 언급하고 있다. DGS에 의한 추가적인 등가성분에 의하여 전파 지연 특성과 전기적 길이 증가 현상이 나타나는데, 이 성질을 이용하면 DGS를 포함한 전송 선로의 전기적 길이를 원래와 같게 유지하기 위하여 물리적 길이를 줄일 수 있다. 물리적 길이를 줄이더라도 전기적 길이는 같으므로 표준 증폭기(original amplifier)의 정합과 성능이 그대로 유지된다. DGS를 삽입하여 길이를 줄인 전송 선로는 증폭기의 원하는 동작주파수에서는 손실이 거의 없지만 하모닉 주파수에서는 일정량의 손실이 있으므로, 소형화된 증폭기(size-reduced amplifier)가 표준 증폭기보다 더 우수한 하모닉 차단 특성을 근본적으로 내재하고 있다. 따라서 출력측에서 검출되는 하모닉 성분의 크기가 표준 증폭기보다는 더 작을 것으로 예측할 수 있다. 이를 확인하기 위하여 표준 증폭기와 DGS로 소형화한 증폭기의 전력 성능을 측정하여, 소형화한 증폭기의 2차 하모닉, IMD3 성분, ACPR이 각각 5 dB, 2~6 dB, 1~4 dB가 개선되었다.

Key words : 결함 접지 구조, 증폭기, 소형화, 하모닉, IMD3

### Abstract

This paper discusses the improved power performances of the size-reduced amplifier using defected ground structure (DGS). The slow-wave effect and enlarged electrical length occur due to the additional equivalent circuit elements of DGS. Using these properties, it is possible to reduce the length of transmission lines in order to keep the same original electrical lengths by inserting DGS on the ground plane. The matching and performances of the amplifier are preserved even after DGS patterns have been inserted. While there is no loss in the size-reduced transmission lines at the operating frequency, but there exists loss to some extent at harmonic frequencies. This leads to the more excellent inherent capability of harmonic rejection of the size-reduced amplifier. Therefore, it is expected the harmonics of the size-reduced amplifier are smaller than those of the original amplifier. The measured second harmonic, third order intermodulation distortion (IMD3), and adjacent channel power ratio (ACPR) of the size-reduced amplifier are smaller than those of the original amplifier by 5 dB, 2~6 dB, and 1~4 dB, respectively, as expectation.

Key words : Defected Ground Structure, DGS, Amplifiers, Harmonics, IMD3

「이 논문은 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었습니다.」

서울대학교 전기컴퓨터공학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University)

\*전북대학교 전자정보공학부(Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University)

\*\*순천향대학교 정보기술공학부(Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University)

· 논문 번호: 20020525-03S

· 수정완료일자: 2002년 7월 23일

### I. 서론

마이크로스트립이나 CPW(Coplanar Waveguide) 전송 선로에 주기 구조를 결합시켜 다양한 특성을 얻어내는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 초기에는 전송 선로 특성 자체에 많은 관심이 집중되었으나, 이제는 마이크로파 회로에 응용하는 분야에 관심이 높아지고 있다. 대표적인 전송 선로용 주기 구조로는 PBG(Photonic Band Gap)와 DGS(Defected Ground Structure)가 있다.

기존에 발표된 마이크로스트립 선로용 PBG 패턴으로는 여러 가지가 있는데 이를 살펴보기로 하겠다. 우선 마이크로스트립 선로 주변 유전체에 주기적으로 구멍을 만들어 주거나<sup>[1]</sup>, 바닥 접지면에 주기적인 구멍을 선로를 따라서 만들어 주거나<sup>[2],[3]</sup>, 선로를 따라서 접지면에 두 가지의 PBG 패턴을 연속적으로 배열하거나<sup>[4]</sup>, 접지면에 이론적으로 무한대의 동일한 격자구조를 사방으로 만들어 주거나<sup>[5]</sup>, 또는 마이크로스트립 선로 가운데 미세 패턴을 주기적으로 삽입하여 PBG 구조를 만들어 내는 방법이 있다<sup>[6]</sup>.

CPW 전송 선로용 PBG 패턴으로는 CPW 선로 양 접지면에 일정 모양의 사각형 패턴을 주기적으로 식각해 주는 비교적 단순한 형태가 있는가 하면<sup>[7]</sup>, 마이크로스트립 선로에 쓰인 무한 접지면 PBG 격자를 CPW에서도 응용한 경우가 있고<sup>[5]</sup>, 뒷면에 금속 접지면이 있는 경우의 CPW에 대하여 등가의 인덕턴스-캐패시턴스 성분을 3차원 구조로 강제적으로 인가하여 원하는 특성을 얻어내는 방법도 있다<sup>[8]</sup>.

기존에 제시된 PBG들은 나름대로 각각의 특성을 지니고 있으나 문제점들을 지적해 보면 다음과 같다. 우선 [1]~[3]의 경우는, 기본적으로 다수의 원을 선로를 따라서 바닥 접지면 또는 유전체를 관통하도록 구현해 줘야 한다. 특히 유전체에 관통할 경우에 제작 공정상 다소 번거로운 과정을 요구한다. 또한 원형 PBG 패턴들이 마이크로스트립 선로를 따라서 계속 분포하여야 한다. [4]는 서로 모양이 다른 두 가지의 PBG 패턴을 차례로 배열하여 차단 특성을 개선하고자 하였으나, 앞의 경우와 마찬가지로 마이크로스트립 선로를 따라서 길게 배열을 하여야

하며, 그 응용에 있어서도 전 접지 영역에 PBG 패턴을 구현해 줘야 한다는 문제가 있다. [5]는 PBG 패턴이 매우 복잡할 뿐만 아니라, 전송 선로의 입출력 기준으로 단위 2단자 소자의 시작점과 끝점에 대한 정의가 불명확하여 등가회로 분석이 사실상 불가능하다. 또한 무한히 분포된 격자의 위치 대비 마이크로스트립 선로의 위치(각도)에 따라서 전파 지연 상수가 서로 달라지는 문제점이 있다. [6]은 앞의 다섯 가지에 비하여 다소 다른 방법을 제시하고 있는데, 접지면은 그대로 놓고 마이크로스트립 선로 가운데에 일정 모양의 패턴을 삽입하여 PBG 특성을 얻는 방법이다. 그러나 이 방법을 사용하려면, 기판의 두께가 매우 두꺼워서 마이크로스트립 선로의 폭도 또한 넓어야만 가능하다. 그러나 현실적으로 마이크로파 회로 제작에 널리 사용하는 일반적인 기판들의 두께가, 예외적인 경우가 있지는 않지만, 대부분 20~30 mil 이내이므로, 얼마 되지 않는 마이크로스트립 선폭 내에서 다시 미세 패턴을 삽입한다는 것은 제작과정도 까다로울 뿐 아니라 불필요한 불연속과 기생 성분이 너무 많이 생긴다는 문제가 있다. 또한 더욱 심각한 문제는, 미세 패턴을 식각하므로 역시 구현된 선로와 패턴간 간격이 미세 패턴이어서 고출력 응용이 불가능하다는 점이다.

CPW 전송 선로용 PBG의 문제점을 살펴보면, 우선 [7]은 모양이 비교적 단순하지만 등가적으로 인덕턴스 성분만 있기 때문에 차단 특성의 기울기가 매우 완만하다. 따라서 급격한 기울기가 요구될 때는 많은 개수의 PBG 패턴을 필요로 하는데, 이는 곧 크기가 커짐을 의미한다. 따라서 회로 응용에 있어서 매우 제한적일 수 밖에 없다. [8]은 등가적으로 인덕턴스뿐만 아니라 캐패시턴스도 구현하기 위하여 다소 복잡한 패턴을 취하고 있다. 가느다란 중심 선로에 다시 가는 선로를 십자형으로 교차시킨 후, 접지면 방향으로 넓은 패턴을 삽입하여 접지면과의 사이에서 캐패시턴스가 구현되도록 하였다. 그러나 이 구조는 복잡할 뿐만 아니라, 결정적으로 접지면과 신호선로가 서로 만나지 않도록 하기 위하여 3차원의 에어 브리지(air bridge) 구조를 요구한다는 문제가 있다. CPW 선로의 큰 장점 중 하나는, 비록 불연속 소자에서 에어 브리지 구조를 필요로 하지만, 기본적으로 단일 평면 구조라는 것이다. 그런

데 PBG 패턴을 구현하기 위하여 다시 3차원 에어 브리지를 필요로 한다는 점에서 큰 문제가 된다. 또한 구조의 복잡성에 따른 크기 문제도 있다. 그리고 CPW 중심 선로의 선평이 등가의 인덕터를 위하여 매우 가늘게 구현되어야 하므로 이 역시 고출력 응용에 문제를 안게 된다.

위와 같이 기존 평면형 전송 선로용 PBG 패턴들이 나름대로 특성과 함께 개선되어야 할 단점을 가지고 있는데, [9]에서 제시된 DGS는 이런 문제점들을 해결하면서 보다 나은 회로 응용 능력을 갖는 것으로 지금까지의 연구 결과로 평가되고 있다. DGS는 무한 평면이나 무한 길이를 따라서 주기적으로 식각해 주지 않아도 일반적인 주기 구조의 특성을 모두 보일 수 있다. 단위 소자에 대한 2단자 정의가 가능하여 등가회로 소자값 추출도 상대적으로 용이하다. 또한 등가적으로 인덕터 뿐만 아니라 좁은 슬롯(slot)에 기인한 캐패시턴스가 존재함으로 인하여 불과 2~3개의 연속적인 배열로도 매우 가파른 차단 특성을 얻어낼 수 있다. 회로에의 응용성도 뛰어나서 DGS를 이용한 회로로는 증폭기의 하모닉 차단<sup>[10],[11]</sup>, 증폭기의 소형화<sup>[12]</sup>, 발진기<sup>[13]</sup>, 여파기<sup>[14]</sup>, 커플러<sup>[15]</sup>, 전력 분배기<sup>[16]</sup>가 이미 발표되었고, 그 외에도 다양한 회로들이 설계되었거나 연구 중이다.

본 논문에서는 앞서 언급한 PBG와 DGS의 선행 연구 내용들을 바탕으로, DGS 응용 가운데 하나인 증폭기 소형화와 그에 따른 전력 특성 개선에 대하여 고찰하고자 한다. 증폭기의 정합 회로를 설계할 때, 스미스 선도상에서 가능한 한 최단 거리의 궤적을 따라가도록 하는 방법이 가장 일반적인 소형화 방법이다<sup>[17]</sup>. 그 외에도 많은 방법이 있겠으나, DGS를 이용하여 정합 회로의 크기를 줄이는 방법이 이미 발표된 바 있다<sup>[12]</sup>. 본 논문에서는 [12]에서 미처 다루지 못했던 개선된 전력 특성에 대하여 기술하고자 한다. 따라서 이미 언급된 두 증폭기(표준 증폭기와 소형화된 증폭기)가 여전히 측정용으로 사용된다.

본 논문의 전반부는 증폭기의 소형화에 관련된 것으로 이미 발표했던 내용을 다시 한 번 간략히 소개하고 있으며, 후반부는 전력 특성 실험 결과에 대하여 서술하고 있다. 전력 특성 비교 항목으로는 2차 하모닉 차단 특성, 2-톤(tone) 인가시의 IMD3

(3rd Intermodulation Distortion), 그리고 ACPR(Adjacent Channel Power Ratio) 측정 결과이다.

## II. DGS 삽입에 따른 전송 선로의 전기적 길이 증가

그림 1은 마이크로스트립 선로에 결합된 단위 DGS 패턴이다. 사용된 DGS는 [9]에서 처음 제시된 기본 패턴, 즉 아령 모양을 하고 있다. 접지면에 이와 같은 DGS를 삽입해 주면 결합 외각선에서 기인하는 등가의 인덕턴스와 슬롯에서 생기는 캐패시턴스 성분이 발생한다. 인덕턴스와 캐패시턴스가 동시에 존재하므로 어느 특정 주파수에서의 공진이 존재하고 이어서 차단 특성이 생성된다.

증폭기 제작에 사용된 것과 동일한 기판을 이용하여 마이크로스트립 선로에 그림 1의 치수대로 DGS를 삽입하면 그림 2와 같은 전달 특성을 얻을 수 있다. 당연히 DGS를 구성하는 치수에 따라 달라 이 특성은 달라진다. 비교적 단순한 DGS 구조이므로 어떠한 시뮬레이터를 사용하여도 유사한 결과를 얻을 수 있으며, 실제 측정 결과도 이와 거의 같다. 본 논문에서는 Microwave Studio V3.0을 사용하였다.

그림 3은 DGS에 의한 전기적 길이의 증가를 알아보기 위하여 길이  $G(=2\text{ mm})$ 인 두 선로의  $S_{21}$  위상을 비교한 것이다. 하나는 표준형 마이크로스트립 선로 2 mm이고, 다른 하나는 그림 1의 DGS가 삽입된 같은 길이의 마이크로스트립 선로

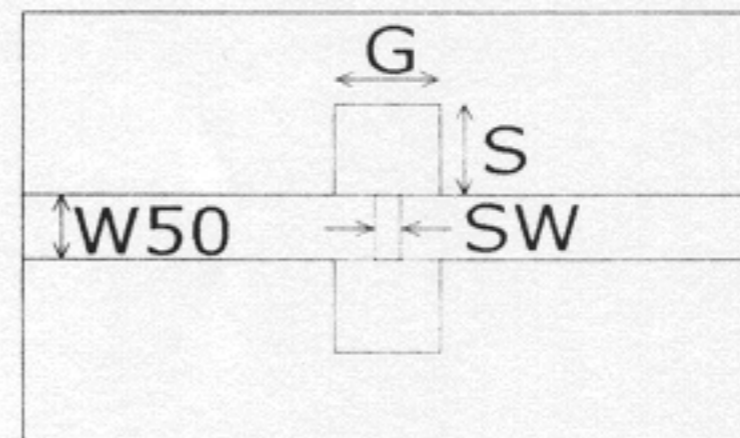


그림 1. DGS 패턴을 지닌 마이크로스트립 선로( $\epsilon_r=2.6$ , 기판 두께=0.5,  $W50=1.4$ ,  $SW=0.5$ ,  $G=S=2$ , 단위 mm)

Fig. 1. A microstrip line with a unit DGS pattern ( $\epsilon_r=2.6$ , substrate thickness=0.5,  $W50=1.4$ ,  $SW=0.5$ ,  $G=S=2$ , unit: mm).

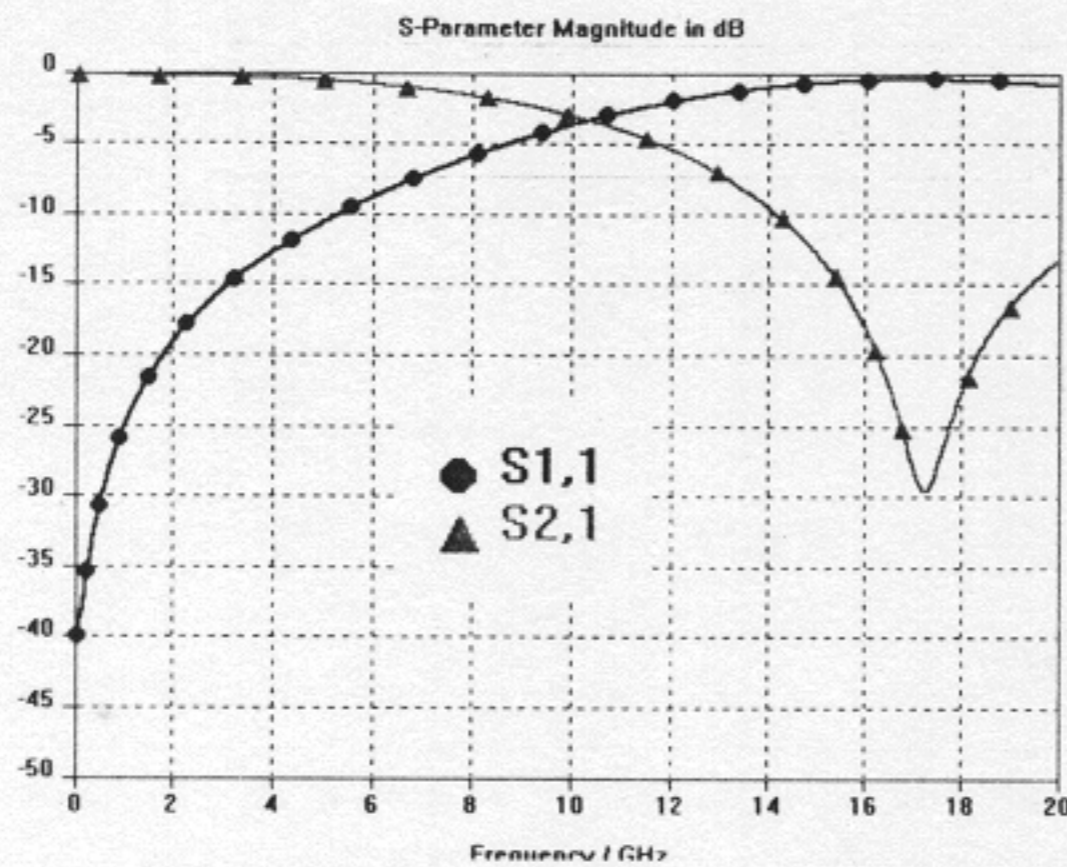


그림 2. 그림 1의 전송 선로에 대한 전달 특성  
Fig. 2. Transfer characteristics of the transmission line of Fig. 1.

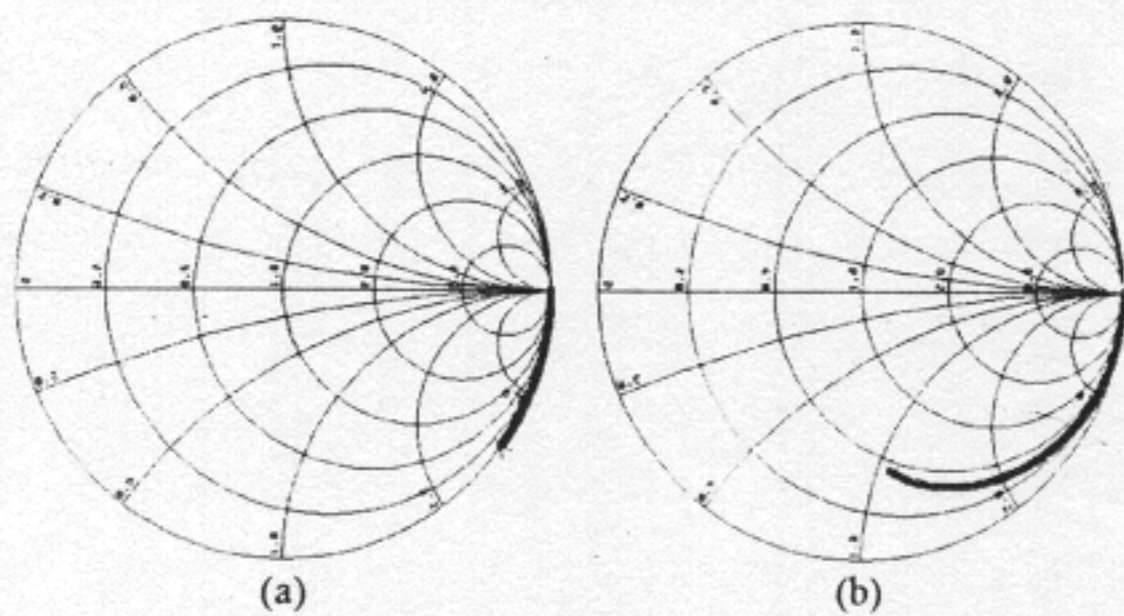


그림 3. (a) 표준형 마이크로스트립 선로 2 mm에 대한  $S_{21}$  위상, (b) 그림 1의 DGS가 결합된 마이크로스트립 선로 2 mm에 대한  $S_{21}$  위상 (~10 GHz)  
Fig. 3.  $S_{21}$  phases of the (a) standard microstrip line, length 2 mm and (b) microstrip line with the unit DGS and length 2 mm shown in Fig. 1 (~10 GHz).

(이하 "DGS 선로")이다. 이 그림은 같은 길이 2 mm 일지라도 DGS 삽입으로 전기적 길이가 달라졌음을 보여주고 있다.

그림 3의 특성을 이용하면 증폭기의 정합 회로에 포함되어 있는 어느 직렬 전송 선로에 DGS를 삽입함으로써 물리적 길이는 줄이면서도 동일한 전기적 길이를 유지할 수 있도록 할 수 있다. 동일한 전기적 길이를 유지하는 것이 매우 중요한 이유는 처음의 정합을 유지하기 위하여 스미스 선도에서 동일한 전기적 길이만큼만 이동시켜야 하기 때문이다.

이 때 중요한 것은 정합하고자 하는 주파수, 즉 증폭기의 동작주파수에서 DGS 삽입에 따른 손실이 없어야 한다는 것이다. 이것은 그림 2를 통하여 보장되고 있음을 알 수 있다. 증폭기의 동작주파수를 2 GHz대로 한다면 DGS에 의한 선로의 손실이 무시할 만함을 알 수 있다. 따라서 DGS를 삽입해도 손실 없이 표준 증폭기의 정합 특성을 그대로 유지할 수 있다.

### III. DGS를 이용한 증폭기의 소형화<sup>[12]</sup>

DGS 삽입에 의한 전기적 길이의 증가 현상을 역으로 생각해 보면, 동일한 전기적 길이를 유지하기 위해 DGS를 삽입한 후 주변 선로의 길이를 줄일 수 있다는 뜻이 된다. 이것을 증폭기의 정합 회로에 응용하면 원래의 크기를 크게 줄일 수 있다. 그림 4 (a)는 표준형 마이크로스트립 선로만을 이용하여 설계한 증폭기(표준 증폭기, original amplifier)를 보여주고 있다. 정합 회로 내에 L1, L2의 길이를 갖는 마이크로스트립 선로가 길이 축소의 대상이 된다.

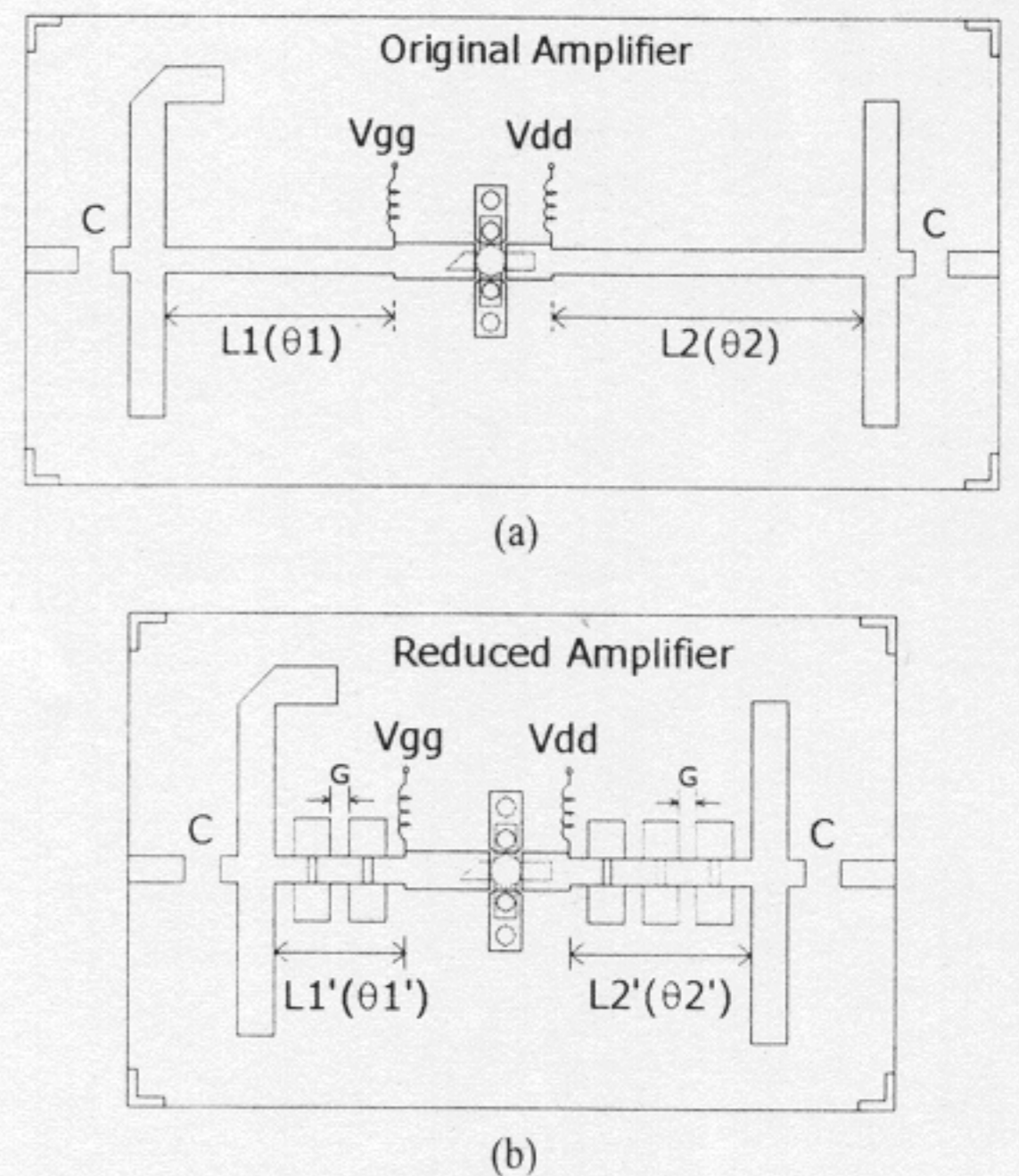


그림 4. (a) 표준 증폭기와 (b) 소형화된 증폭기의 레이아웃(G=1 mm)

Fig. 4. Layouts of the (a) original amplifier and (b) reduced amplifier(G=1 mm).

여기에 그림 1의 치수를 갖는 DGS패턴을 삽입하면 그림 4 (b)와 같이 크기가 줄어든 증폭기(소형화된 증폭기, reduced amplifiers)가 얻어진다. 표준 증폭기의 L1, L2가 각각 13 mm, 18 mm인 반면, L1', L2'은 7 mm, 10 mm로, 원래 길이의 54 %, 56 %에 불과하다. DGS의 개수가 많을수록 L1', L2'가 더욱 작은 값을 갖겠지만, DGS 패턴이 차지하는 면적에 제한이 있으므로, 여기에서는 입, 출력측에 각각 2개와 3개가 사용되었다.

여기에서 중요한 것은 소형화된 증폭기의 동작 성능이 표준 증폭기와 크게 다르지 않아야 한다는 것이다. 그림 5 (a)는 표준 증폭기의 측정된 성능을 보여주고 있다. 동작 주파수 대역에서 약 15 dB의 이득특성을 보여주고 있는데, 소형화된 증폭기에서도 비슷한 결과가 얻어져야 한다. 그림 5 (b)는 소형화된 증폭기의 측정된 성능이다. 동작 주파수를 2~2.3 GHz로 취한다면 여전히 15 dB 정도의 이득을 보여주고 있으며, 입력 반사계수도 표준 증폭기와 거의 유사하다. 실제로 미세한 차이가 없을 수는 없겠지만, 설정한 동작 주파수에서 심각한(critical) 차이는 보이지 않는다. 따라서 소형화된 증폭기의 특성이 원하는 동작주파수에서 표준 증폭기와 거의 유사하다고 말할 수 있다.

#### IV. 개선된 전력 성능 특성

본 절에서는 DGS로 소형화한 증폭기의 전력 성

능에 대하여 고찰하고자 한다. 여기에서 사용된 증폭 소자가 비록 Watt 급 수준의 고출력 소자는 아니지만, 전력 증폭기에 적용할 수 있는 가능성 탐구에 의미를 부여할 수 있다.

그림 2에서 알 수 있듯이 DGS 선로의 통과대역은 표준형 마이크로스트립 선로에서처럼 초광대역(Ultra wide band)이 아니고, 등가의 인덕턴스-캐패시턴스가 존재하기 때문이 어느 정도 제한된 대역폭을 갖게 된다. 처음 발생하는 공진 특성의 Q 계수(quality factor)가 무한대가 아니기 때문에 0이 아닌 차단 기울기가 존재하게 된다. 물론 이 기울기는 처음에는 낮은 값이지만 공진주파수에 가까울수록 점점 더 급격해진다. DGS 패턴의 개수가 많을수록 이 기울기는 더욱 급격하게 될 것이다. 만약에 증폭기의 동작주파수가 손실이 거의 없는 DGS 선로의 통과대역에 걸쳐 있다면, 그리고 하모닉 주파수가 DGS 선로의 차단대역에 포함되어 있다면, DGS로 소형화한 증폭기의 출력측에서 검출되는 하모닉 성분의 크기는 표준 증폭기의 하모닉 성분보다 더 작게 될 것이다.

그림 6의 (a)와 (b)는 두 전송 선로의 측정된 특성을 보여주고 있다. 하나는 표준 증폭기의 출력측 정합 회로에 있는, 길이가 L2인 표준형 마이크로스트립 전송 선로의 특성이고, 다른 하나는 소형화된 증폭기의 출력측 정합 회로에 있는, 길이가 L2'의 DGS 선로의 특성이다. 표준형 마이크로스트립 선로가 단순한 광대역 통과 특성만을 지니고 있는데

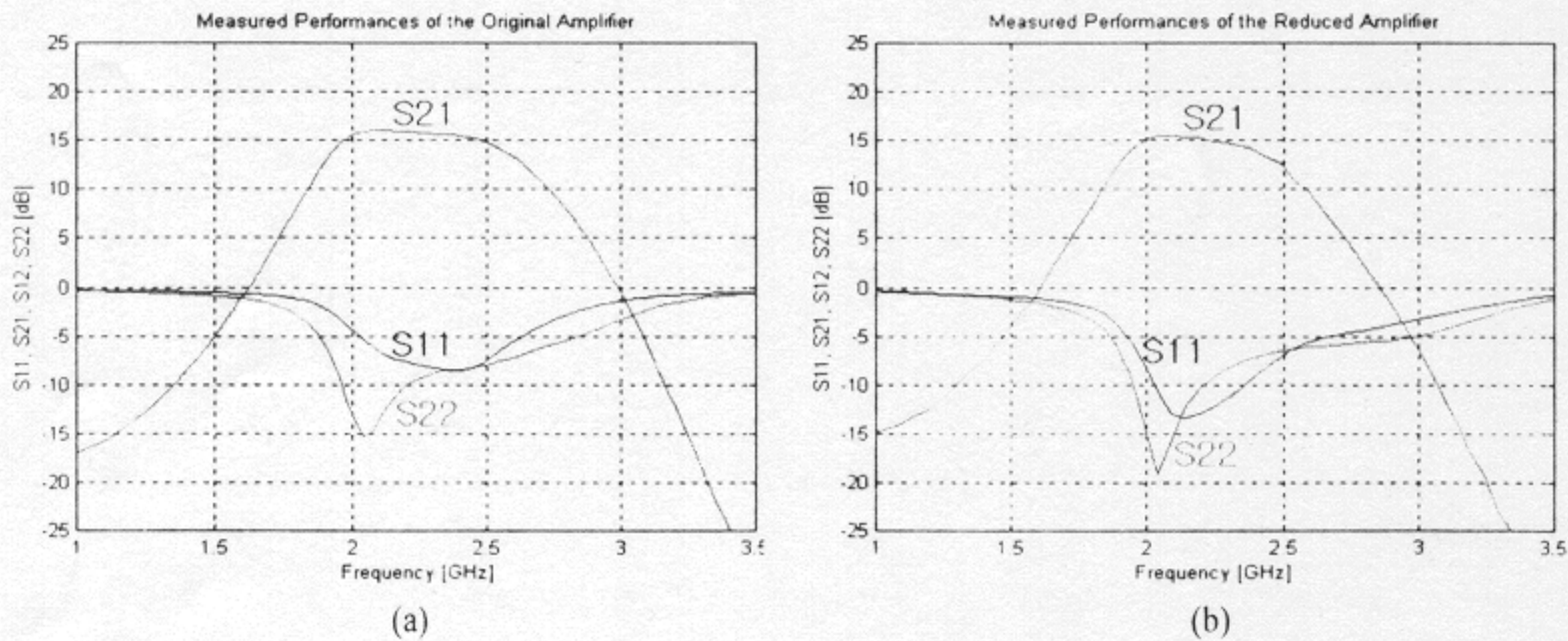


그림 5. (a) 표준 증폭기와 (b) 소형화된 증폭기의 측정된 S-파라미터 성능  
Fig. 5. Measured S-parameters of the (a) original amplifier and (b) reduced amplifier.

비하  
다소  
씨  
4.28  
합  
다  
닉  
은  
도  
이  
데  
안  
  
2차  
비  
영  
이  
조  
비  
다  
상  
관  
영  
파  
파  
기

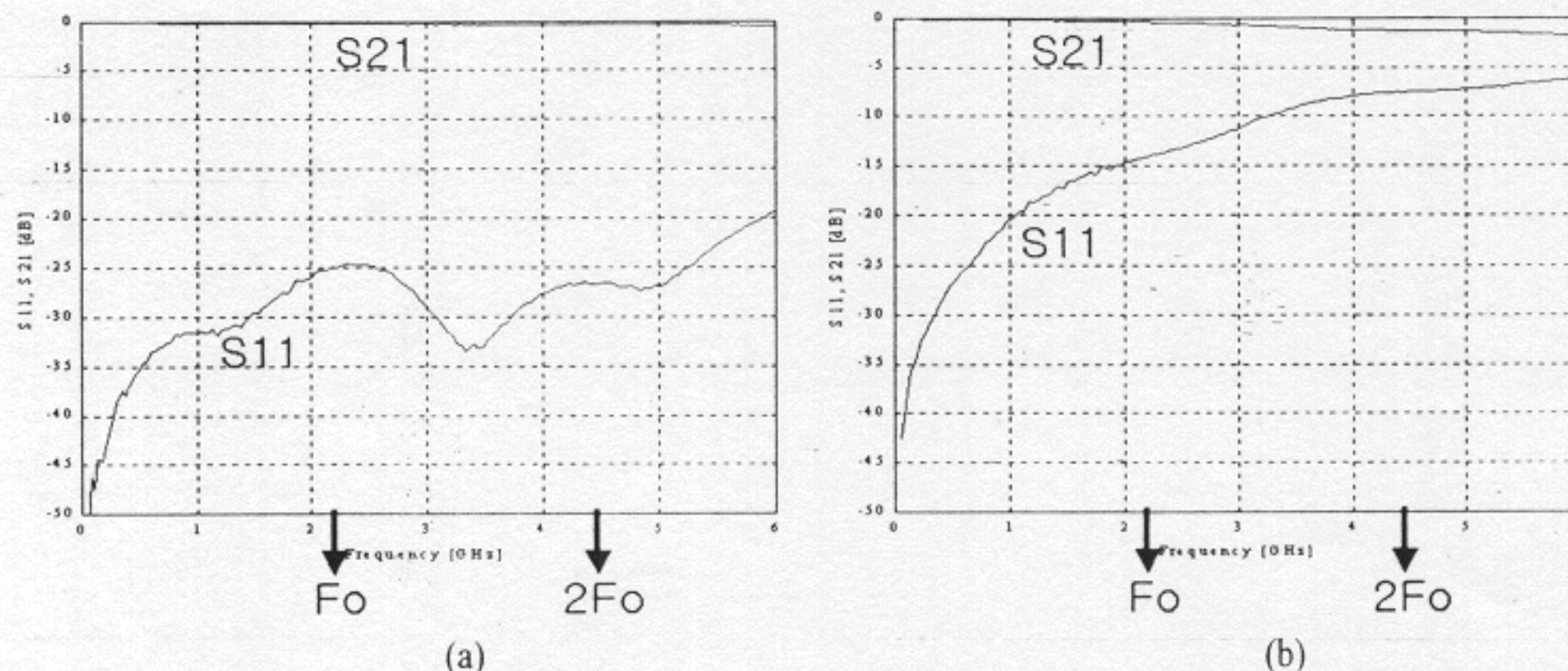


그림 6. 그림 4에서 길이가 (a) 길이가  $L_2$ 인 표준형 마이크로스트립 선로와 (b) 길이가  $L_2'$ 인 DGS 선로의 측정된 전달 특성

Fig. 6. Measured characteristics of the (a) standard microstrip line with length  $L_2$  and (b) DGS line with length  $L_2'$  shown in Fig. 4.

비하여, DGS 선로는 2차 하모닉( $2F_0$ ) 주파수에서 다소간의 차단 특성을 보여주고 있다. 만약에, 예로써 기본 주파수( $F_0$ )를 2.14 GHz라고 한다면,  $2F_0$ 인 4.28 GHz 신호는 DGS를 포함하고 있는 출력측 정합 회로에 의하여 보다 심한 차단을 겪게 될 것이다. DGS에 의하여 조금이라도 더 우수한 2차 하모닉 차단 효과가 정합 회로에 내재되어 있다는 사실은 매우 주목할 만하다. 더구나 정합 회로에 2차 하모닉을 차단하기 위한 추가적인 노력이 가해진 것이 아니라, 단지 DGS를 삽입하여 소형화만 피했는데도 이런 효과가 있다는 것은 큰 장점으로 여겨져야 한다.

그림 7은  $F_0$  성분과  $2F_0$  성분의 차이를 보여주는 2차 하모닉 억압( $F_0-2F_0$ [dBc])의 크기를 측정하여 표시한 그림이다. 두 증폭기의 비슷한 이득값을 반영하듯  $F_0$ 는 비슷하게 측정된 반면, DGS를 삽입한 증폭기의  $2F_0$  성분의 크기가 모든 바이어스 영역에서 약 5 dB 정도 더 적게 검출되었다. 비록 5 dB 정도의 개선 정도가 주목할 만하게 큰 개선은 아니라고 평가할 수도 있겠지만, 이런 개선은 하모닉 주파수에서의 DGS의 차단 특성에 기인하는 것이며, 또한 추가적인 장치 없이 증폭기 자체만으로 하모닉 성분을 조금이라도 더 차단한 것이기 때문에 매우 바람직한 현상이라고 할 수 있다. 표준형 마이크로스트립 선로를 사용하는 표준 증폭기에서는 이런 효

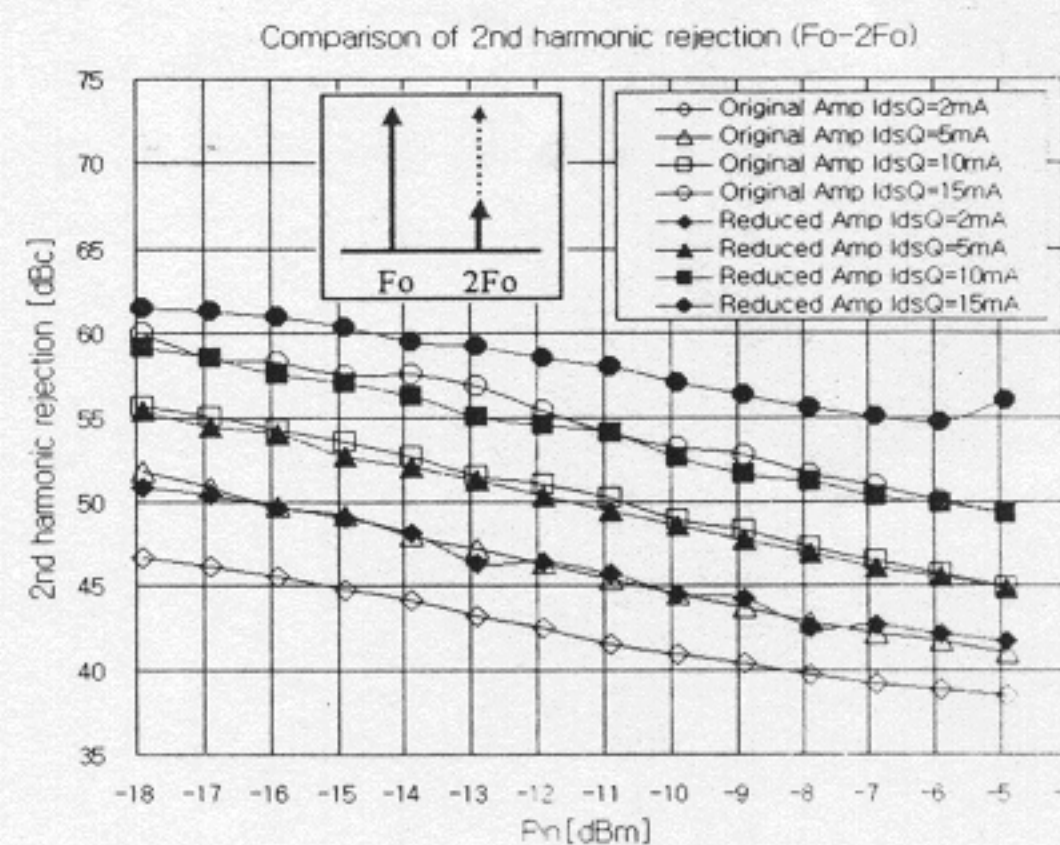


그림 7. 두 증폭기의 측정된 2차 하모닉 차단 특성 ( $F_0-2F_0$ )

Fig. 7. Comparison of the second harmonic suppressions of two amplifiers( $F_0-2F_0$ ).

과를 기대할 수 없음을 명심할 필요가 있다.

그림 8은 2차 하모닉 발생량이 작음을 보여주는 또 하나의 단서를 보여주는 것으로, 입력 전력의 크기를  $-4$  dBm으로 했을 때 2차 하모닉의 궤적을 그린 것이다. 여기서 별표 (1)과 (2)는 각각 표준 증폭기와 소형화된 증폭기의 2차 하모닉 주파수에서의 출력 정합 회로의 입력 임피던스를 표시한 것이다. 분명히 소형화된 증폭기의 출력측이 2차 하모닉 성분이 더 적게 나타나도록 정합이 이루어졌음을 알

수 있다. 따라서 그림 7의 결과가 충분히 이해될 수 있는 단서가 된다.

일반적으로 하모닉 성분의 감소는 IMD3의 감소와 관련이 있고<sup>[18]</sup>, IMD3의 감소는 ACPR의 감소와 관련이 있는 것으로 알려져 있다<sup>[19],[20]</sup>. 따라서 여기에서 DGS로 소형화된 증폭기의 2차 하모닉 성분의 감소 효과 때문에 2-톤 측정에서의 IMD3와 CDMA 신호 입력 측정에서의 ACPR의 감소를 기대할 수 있다. 그림 9는 측정된 두 증폭기의 C/IMD3 (2-톤 측정에서 Carrier/IMD3)와 ACPR를 보여주고 있다. 바이어스 조건에 따라 다소간의 차이가 있으나, C/IMD3 성능이 2~6 dB가 개선되었고, ACPR은 1~4 dB가 개선되었다. 예상대로 소형화된 증폭기의 C/IMD3와 ACPR이 표준 증폭기보다 더 작게 측정되었음을 보여 준다. DGS 삽입으로 증폭기 소형화만 해줬을 뿐, 다른 어떤 선형화 수단도 인가하지 않았음을 생각해 볼 때, 여기에서 얻은 개선 효과가 비록 적은 양이라고 하더라도 대단히 의미가 깊은 결과라 하겠다.

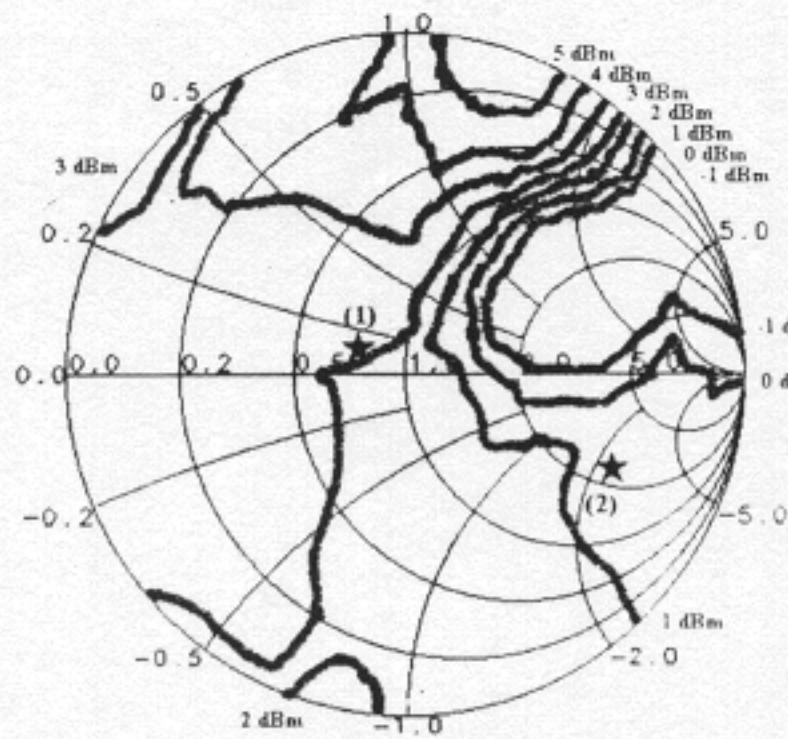


그림 8. 입력 전력이 -4 dBm일 때 2차 하모닉의 제적. 표준 증폭기의 출력 정합 회로의  $2F_0$ 에서의 입력 임피던스(별표 (1)), 그리고 소형화된 증폭기의 출력 정합 회로의  $2F_0$ 에서의 입력 임피던스(별표 (2))

Fig. 8. Power contours of the second harmonic component when the fundamental input power is -4 dBm, and the input impedances of the output matching networks of the original amplifier (star mark (1)) and reduced amplifiers (star mark (2)) at the  $2F_0$  frequency.

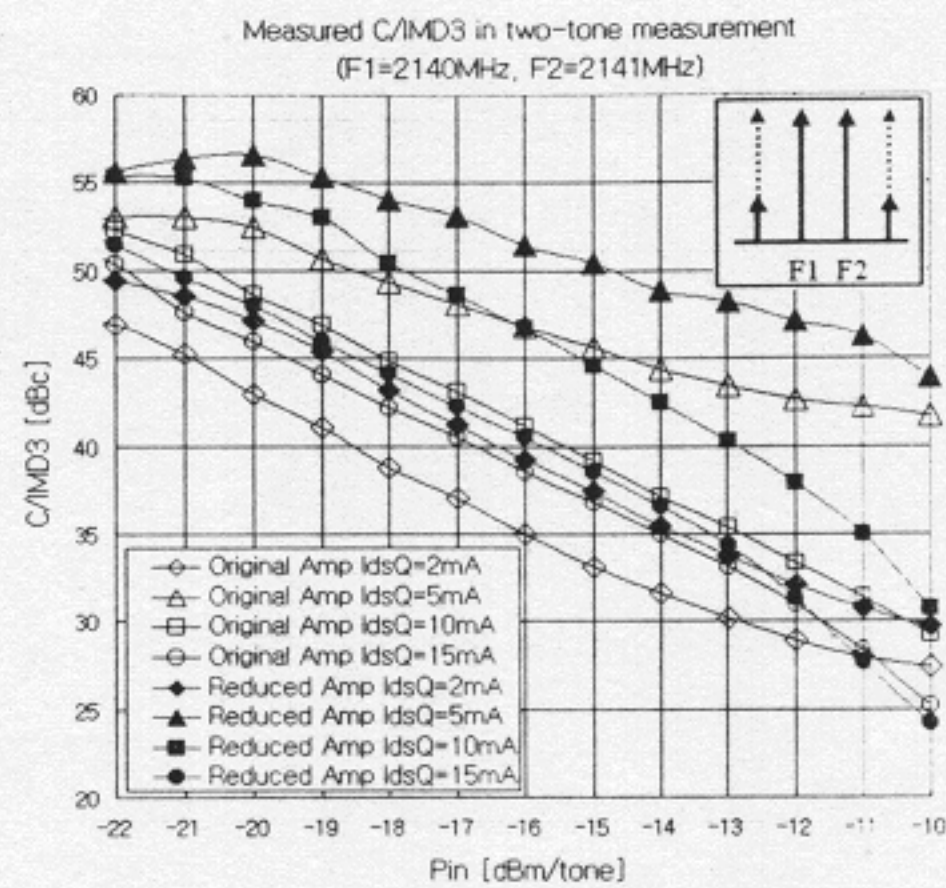


그림 9. 2-tone 측정에서의 C/IMD3 특성  
Fig. 9. Comparison of the C/IMD3 in two-tone measurement.

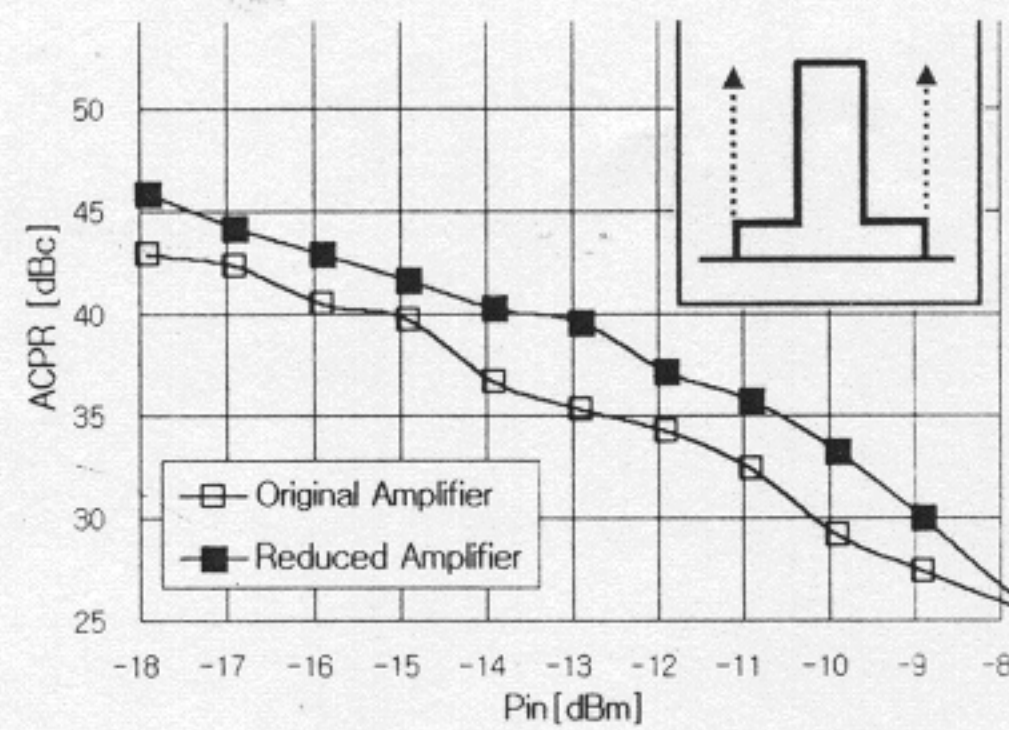


그림 10. 측정된 ACPR 특성( $I_{dsQ}=10\text{ mA}$ )  
Fig. 10. Comparison of the measured ACPR( $I_{dsQ}=10\text{ mA}$ ).

### V. 맺음말

본 논문에서는 먼저 기존에 발표된 여러 가지 형태의 평면형 전송 선로용 주기 구조인 PBG와 DGS에 대하여 개괄하고 각각의 문제점들에 대하여 기술해 보았다. 이어서 DGS의 장점과 우수한 회로 응용 능력에 대하여 소개하고, 마이크로스트립 전송 선로에 DGS를 삽입하여 전기적 길이가 길어지는 효과를 이용하여 증폭기의 정합 회로를 소형화하는 예를 언급하였다. 제시된 방법으로 제작한 소형화된 증폭기는 표준 증폭기와 거의 유사한 S-파라미터 특성을 지니고 있었다.

표준형 마이크로스트립 선로가 단순한 광대역 통

과 특  
수  
착인  
많이  
하였  
IMD  
선들  
이트  
기  
음  
은  
선  
트

[1

[2

[3

[4

과 특성만을 갖는데 비하여, DGS 선로가 어느 주파수 이후부터는 서서히 차단 특성을 갖는다는 점에 착안하여, 소형화된 증폭기의 하모닉 성분이 보다 많이 차단됨을 예측하고 이를 측정을 통하여 확인하였다. 또한 하모닉 성분의 감소가 2-톤 인가시의 IMD3 특성과 CDMA 신호 인가시의 ACPR 특성 개선을 가져온다는 것을 측정을 통하여 확인하였다. 이로써 정합 회로 내에 삽입된 DGS에 의하여 증폭기 자체에서 이미 하모닉과 IMD3 개선 효과가 있음이 확인되었다. 고출력의 증폭소자를 이용하여 같은 방법을 적용하면, 보다 작으면서 조금이라도 개선된 전력 특성을 갖는 고출력증폭기가 얻어질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] V. Radisic, Y. Qian and T. Itoh, "Broad-Band Power Amplifier Using Dielectric Photonic Bandgap Structure", *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol. 8, no. 1, pp. 13-14, Jan. 1998.

[2] 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.

[3] I. Rumsey, M. Picket-May and P. K. Kelly, "Photonic Bandgap Structures Used as Filters in Microstrip Circuits", *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol. 8, no. 10, pp. 336-338, Oct. 1998.

[4] T. Kim, C. Seo, "A Novel Photonic bandgap Structure for Low-Pass Filter of Wide Stop-band", *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol. 10, no. 1, pp. 14-16, Jan. 2000.

[5] 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.

[6] Q. Xue, K. M. Shum and C. H. Chan, "Novel 1-D Microstrip PBG Cells", *IEEE Microwave Guide Wave Lett.*, vol. 10, no. 10, pp. 403-405, Oct. 2000.

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

[8] S.-G. Mao, M.-Y. Chen, "A Novel Electromagnetic Bandgap Structure for Finite- Width Conductor-Backed Coplanar Waveguides", *IEEE Microwave and Wireless Comp. Lett.*, vol. 11, no. 6, pp. 261-263, Jun. 2001.

[9] 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, pp. 131-133, Apr. 2000.

[10] J. S. Lim, H. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and S. Nam, "A Power Amplifier with Efficiency Improved Using Defected Ground Structure", *IEEE Microwave and Wireless Component Lett.*, vol. MWCL-11, no. 4, pp. 170-172, Apr. 2001.

[11] 정시균, 서규재, 이효아, 정용채, 김철동, "DGS를 이용한  $\lambda/4$  고임피던스 바이어스 선로 증폭기 설계", 2002년 춘계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, 25(1), pp. 279-282.

[12] 임종식, 박준석, 김철수, 이영택, 안달, 남상욱, "결합된 접지 구조를 이용한 증폭기의 소형화 방법", 한국전자파학회 논문지, 13(5), pp. 436-444, 2002년 6월.

[13] Y. T. Lee, J. S. Lim, J. S. Park, D. Ahn and S. Nam, "A Novel Phase Noise Reduction Technique in Oscillators Using Defected Ground Structure", *IEEE Microwave and Wireless Component Lett.*, vol. MWCL-12, no. 2, pp. 39-41, Feb. 2002.

[14] D. Ahn, J.-S. Park, C.-S. Kim, J. Kim, Y. Qian and T. Itoh, "A Design of the Low-Pass Filter Using the Novel Microstrip Defected Ground Structure", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, no. 1, pp. 86-93, Jan. 2001.

[15] J. S. Lim, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and S. Nam, "Design of 10dB 90o branch line coupler using microstrip line with defected ground structure", *IEE Electronics Lett.*, vol.



36, no. 21, pp. 1784-1785, Oct. 2000.

[16] J. S. Lim, S. W. Lee, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and S. Nam, "A 4:1 Unequal Wilkinson Power Divider", *IEEE Microwave and Wireless Components Lett.*, vol. 11, no. 3, pp. 124-126, Mar. 2001.

[17] G. Gonzalez, *MICROWAVE TRANSISTOR AMPLIFIERS Analysis and Design*, Prentice-Hall, 1984.

[18] N. B. Carvalho, J. C. Pedro, "Two-Tone IMD Asymmetry in Microwave Power Amplifiers",

2000 *IEEE MTT-S Digest*, pp. 445-448, June 2000.

[19] J. C. Pedro, N. B. Carvalho, "On the Use of Multitone Techniques for Assessing RF Components' Intermodulation Distortion", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 47, no. 12, pp. 2393-2402, Dec. 1999.

[20] S. J. Yi, S. Nam, S. H. Oh and J. H. Han, "Prediction of a CDMA Output Spectrum Based on Intermodulation Products of Two-Tone Test", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, no. 5, pp. 938-946, May 2001.

임 종 식



1991년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)  
 1993년 2월: 서강대학교 대학원 전자공학과 초고주파 전공 (공학석사)  
 1993년 2월~1999년 3월: 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단, 무선방송기술연구소 선임연구원

1999년 3월~현재: 서울대학교 전기공학부 박사과정  
 [주 관심분야] MIC, MMIC 초고주파 회로 설계, 능동/수동 소자 모델링, 위성중계기용 시스템 및 부품, 고출력 증폭기, 전력분배기/합성기 설계, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등

한 재 희



1996년 2월: 서울대학교 전기공학부 (공학사)  
 1998년 2월: 서울대학교 대학원 전기공학부 (공학석사)  
 2002년 8월: 서울대학교 대학원 전기공학부 (공학박사)  
 [주 관심분야] 초고주파 회로 설계, 선형 전력 증폭기 개발 등

정 용 채



1989년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)  
 1991년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1996년 8월: 서강대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1991년 2월~1998년 2월: 삼성전자 정보통신본부 선임연구원

1998년 3월~현재: 전북대학교 전자정보공학부 조교수, 전북대학교 공학연구원 정보통신연구센터 연구원  
 [주 관심분야] RF 및 Microwave 회로 해석 및 설계

이 영 택



1998년 2월: 서울대학교 전기공학부 (공학사)  
 2000년 2월: 서울대학교 대학원 전기공학부 (공학석사)  
 2000년 3월~현재: 서울대학교 전기공학부 대학원 박사과정  
 [주 관심분야] 마이크로파 발진기, 저위상잡음 발진기, 공진기, 주기구조 응용 등

박 준 석



1996년: 국민대학교 전자공학과 (공학박사)  
1997년: UCLA Post Doc.  
1998년~현재: 순천향대학교 정보 기술공학부 교수  
[주 관심분야] RF, 마이크로파 회로 설계 및 모델링 등

남 상 욱



1981년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
1983년 8월: 한국과학기술원 전기 전자공학과 (공학석사)  
1989년 5월: University of Texas at Austin 전기공학과 (공학박사)  
1990년~현재: 서울대학교 전기공학부 교수  
[주 관심분야] 전자파 수치 해석, 안테나 및 초고주파 회로 설계 등

안 달



1990년: 서강대학교 전자공학과 (공학박사)  
1990년~1992년: 한국전자통신연구원 선임연구원  
1992년~현재: 순천향대학교 정보 기술공학부 교수  
[주 관심분야] RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등

# 한국전자파학회논문지

(ISSN 1226-3133)

제 13 권 제 8 호 통권 65호(특집호)

차 례

2002년 9월

## 논 문

- 유도성 아이리스를 이용한 NRD 가이드 필터의 설계 및 제작 ..... 김영수 · 류원렬 · 최형동 · 유영근 (741)
- 저잡음 특성을 갖는 새로운 RF 능동 대역통과 여파기 ..... 이재룡 · 윤상원 (748)
- 결합 접지 구조를 이용하여 소형화된 증폭기의 개선된 전력 성능  
..... 임종식 · 정용채 · 한재희 · 이영택 · 박준석 · 안 달 · 남상욱 (754)
- SiGe HBT 공정을 이용한 2 GHz Down Conversion MMIC Mixer 개발  
..... 허석문 · 주재홍 · 류승용 · 최진성 · 노영화 · 김병성 (764)
- 균일한 슬롯 폭을 갖는 5 GHz 대역 보우타이 형태의 미앤더 슬롯 안테나  
..... 위상혁 · 김정민 · 유태훈 · 육종관 · 박한규 (769)
- Subclass 개념을 이용한 넓은 관측각에서의 레이더 표적인식 성능향상에 관한 연구  
..... 서동규 · 김경태 · 김효태 (777)
- 도파관 내에서 공간적으로 결합된 V-Band MMIC 결합 발진기 Array  
..... 최우열 · 김홍득 · 강경태 · 임정화 · 권영우 (783)
- 목조 건축물의 비파괴 검사를 위한 표면하부 탐사 레이더의 적용 가능성 검토 : FDTD 모의계산과 실험 측정  
..... 현승엽 · 김세윤 (790)
- 라이시안 감쇄 채널에서의 위상오류 분포 ..... 김민중 · 한영열 (797)
- W-CDMA 시스템의 최적의 SSDT 전력 제어용 셀 식별 부호 ..... 송영준 · 김봉희 · 정 해 (804)
- 고조파 억압을 위한 단락판-슬롯 적재 안테나에 관한 연구 ..... 권세웅 · 이성호 · 이병무 · 김형락 · 윤영중 (811)
- 무선랜 대역용  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  박막을 이용한 가변 대역 통과 여파기  
..... 김기병 · 윤태순 · 이종철 · 김일두 · 임미화 · 김호기 · 김종현 · 이병제 · 김남영 (819)
- Chebyshev 다항식을 이용한 병렬급전 구조를 가진 LMDS 수신용 마이크로스트립 배열 안테나에 관한 연구  
..... 문동권 · 안성훈 · 박명렬 · 정천석 (827)
- Duffy 방법을 이용한 임의 형상 도체의 전자파 산란 해석 ..... 이승학 · 김채영 · 이창원 (834)
- 야외시험장과 전자파 완전무반사시험장과의 상관성 ..... 안형배 · 주은정 · 이황재 · 강대현 · 이종악 (843)

“이 논문지는 한국과학기술단체총연합회의 일부 재정지원에 의하여 발간되었음”

“이 책은 2001년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 출판되었음”