

질화갈륨소자를 이용한 5Watt급 전력증폭기 모듈

박천선¹, 한상민¹, 임종식^{1*}, 안달¹, 안중출², 박응희³

A 5Watt Power Amplifier Module Using Gallium Nitride Device

Chunseon Park¹, Sang-Min Han¹, Jongsik Lim^{1*}, Dal Ahn¹, Chong-Chul An²
and Ung-Hee Park³

요약 본 논문은 질화갈륨 전력 소자를 이용한 이동통신 시스템용 전력증폭기 모듈에 대하여 기술하고 있다. 전치 증폭단, 구동증폭단, 그리고 전력증폭단을 각각 설계, 제작하여 그 성능을 측정하고, 이를 바탕으로 통합 모듈을 설계 하여 5Watt급 GaN 전력증폭기 모듈을 완성하였다. 하모닉 차단과 ACP를 개선하기 위하여 출력측에 결합접지구조를 삽입하였다. 개발된 질화갈륨 전력증폭기의 성능을 측정한 결과, 2.1GHz대역에서 58dB 이상의 이득, 37dBm 이상의 출력, 50dBc 이상의 하모닉 차단, 2-tone 입력시 35dBc 이상의 IMD3 특성, 그리고 35dBc 이상의 ACP 특성을 얻었다.

Abstract This paper describes a developed 5Watt power amplifier module for mobile communication system using Gallium Nitride (GaN) devices. Three amplification stages such as pre-amplifier, driver amplifier, and power amplifier have been fabricated and measured separately in advance for incorporating the total power amplifier module and estimating the performances. In addition, a defected ground structure is combined with the output stage of the power amplifier module for improving harmonic rejection and adjacent channel power (ACP) characteristics. The measured performances of the GaN power amplifier module include 58dB,min of gain, 37dBm,min of output power, 50dBc,min of harmonic rejection, 35dBc,min of IMD3 for 2-tone input, and 35dBc,min of ACP at 2.1GHz frequency band.

Key Words : Power amplifier, Gallium Nitride, GaN

1. 서론

전력증폭기는 휴대 전화기, 이동통신 장비, 레이더 등에서 RF 신호를 증폭하여 출력단에 전달하는 기능을 하는 핵심부품 중 하나이다. 각종 통신, 방송시스템 기술의 발달과 성능의 고도화 요구 등으로 인하여 이동통신 시스템, 방송 시스템 등에서 전력증폭기에 대한 고집적화 및 고성능화에 대한 중요성이 크게 대두되고 있다.

고출력 증폭기의 출력 특성을 향상하고 선형성과 효율 등을 개선하기 위한 노력이 진행되고있는데, 최근에는 고출력증폭기 분야의 제 3세대 반도체 소자라 불리는 질화갈륨(gallium nitride, GaN) 반도체 소자를 이용하여 출력 특성 향상을 이루는 연구가 서서히 진행중이다. GaN 소

자의 높은 밴드갭 에너지에 따른 높은 포화전력 특성을 사용하여, 출력전력과 효율이 향상된 전력증폭기의 연구 결과가 발표되기도 하였다[1]-[4].

본 논문에서는 GaN 반도체 소자를 이용한 전력 트랜지스터를 사용하여 이동통신 대역에서 최소 5Watt의 출력을 가지는 전력증폭기 모듈을 설계, 제작하여 다양한 측정을 통하여 그 성능을 검증한다. 측정에는 기본적인 전력 이득은 물론, 1-tone, 2-tone 입력시의 성능 측정과 ACP 신호에 대한 성능 측정을 포함한다.

한편 고출력증폭기의 비선형 특성을 보면 하모닉 차단 정도에 따라서 IMD3, ACP와 같은 비선형 특성이 많이 좌우된다. 하모닉 차단을 위한 회로를 출력측에 직접 삽입하면, 전력증폭기의 비선형 특성으로 인한 하모닉이 차

이 연구는 중소기업청에서 주관한 2007년도 산학연컨소시움 사업의 지원으로 수행되었음.

¹순천향대학교

²(주)MA전자

³강원대학교

*교신저자: 임종식(jslim@sch.ac.kr)

단되어 출력측에서의 비선형 특성이 개선된다는 연구결과가 이미 발표된 바 있다[5]. 본 논문에서는 GaN 증폭소자로 이루어진 전력증폭기에서도 이와 같은 특성을 얻기 위하여 하모닉 차단 특성이 우수한 결합접지구조를 결합하여 우수한 하모닉 차단 특성을 얻는다.

본 논문의 제 2장에서는 GaN 전력증폭기 모듈 설계에 대하여 설명하는데, 전치증폭기, 구동증폭기 및 전력증폭기의 단계별 설계를 나누어서 설명한다. 이어서 제 3장에서는 통합설계된 전력증폭기 모듈에 대하여 기술한다. 제 4장에서는 여러 가지 성능을 측정된 결과에 대하여 기술하고 제 5장에서 결론을 정리한다.

한편 본 논문의 GaN 전력증폭기 모듈을 설계하기 위하여 처음에는 각 구성 요소별 증폭단을 별도로 제작하여 성능을 측정한 후, 이를 토대로 하여 전체 증폭단을 통합 설계하여 최종적인 측정결과를 얻었음을 밝힌다.

2. 개별 증폭단의 성능

먼저 설계하고자 하는 전력증폭기 모듈의 설계 규격은 다음 표 1과 같다. 본 논문에서는 2.1GHz대에서 최소 5Watt의 출력전력과 55dB 이상의 전력이득을 갖는 전력증폭기를 설계하는 것을 목표로 하였다. 이 때 새로운 증폭소자의 동작 특성 파악 및 전력증폭기 응용에 대한 연구목적으로 GaN 소자를 최종단 소자로 선택하였다.

[표 1] 설계하고자 하는 전력증폭기 모듈 규격

Parameters	Specifications			Unit
	Min	Typ	Max	
Operating Frequency	2110	-	2170	MHz
Gain	55	60		dB
Output Power (P1dB)	34	37		dBm
Gain Flatness		±0.5	±1	dB
Sat. Output Power	36	39		dBm
ACPR	35	40		dBc
Size	50×100×30			mm ³

전체적인 시스템의 설계 규격을 만족하기 위하여 각 증폭단별 증폭기 또는 증폭소자의 적절한 선택이 필요하다. 전력증폭기 모듈의 가장 앞단에는 소신호 입력에 대한 이득이 높아야 한다는 요구조건이 따른다.

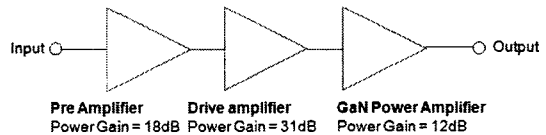
한편 최종단 고출력을 내는 전력증폭단에 앞서서 이를 구동하기 위한 구동증폭기(driver amplifier) 선택도 중요하다. 구동증폭기는 전력증폭단을 구동할 때 선형적인 동작을 해야 한다는 요구조건을 갖는다. 그래야만 최종단

전력증폭단의 출력특성을 조금이라도 더 우수하게 끌어올릴 수 있기 때문이다[6],[7].

최종단 전력증폭단은 본 논문에서 GaN 소자를 사용하여 전체적으로 5Watt 이상의 출력 특성을 보이는 전력증폭기 모듈을 설계하게 된다.

2.1 전치증폭기 및 구동증폭기

그림 1은 설계하고자 하는 전력증폭기 모듈의 블록 다이어그램을 보여 주고 있다. 전치증폭단(pre-amplifier)과 구동증폭단(driver amplifier)을 위해 각각 18dB, 31dB의 선형 이득을 갖는 증폭기를 선택하였는데, 전력증폭단을 구동하기 위해서는 결국 두 개가 같이 연동하여 선형적으로 동작하므로, 본 논문에서는 전치증폭단과 구동증폭단을 합쳐서 편의상 드라이버(driver)라고 부르기로 하였다.

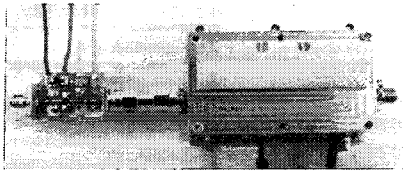


[그림 1] 전력증폭기 모듈 블록 다이어그램

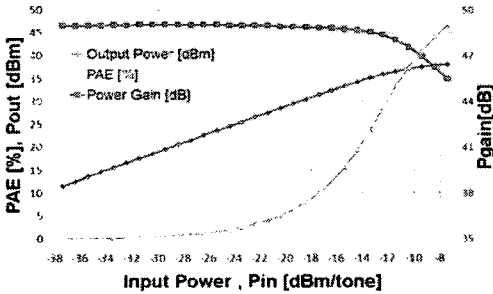
드라이버는 GaN 전력증폭단의 출력특성의 한계 근처까지 구동할 수 있는 입력전력을 생성해야 하므로 특히 선형성이 좋아야 한다. 따라서 전치증폭단과 구동증폭단의 동작 모드는 A급(class A)이다. 최종 전력증폭단은 요구되는 동작 특성에 따라 동작모드가 달라지는데, 높은 출력과 선형성이 요구되면 A급에, 높은 효율이 요구되면 B급에 가깝게 동작시켜야 한다. 본 논문에서는 일단 우수한 출력성능 및 선형성을 위하여 AB급과 A급 사이에 두되, A급에 약간 더 가깝게 하였다[6],[7].

그림 2는 GaN 전력증폭기를 구동하기 위한 전치증폭기, 구동증폭기의 결합인 드라이버의 제작 사진과 성능을 보여주고 있다. 선형적으로 약 46~47dB의 이득을 가지고 있음을 알 수 있는데, -13dBm의 소신호 입력에 대해서도 45dB의 이득을 가지므로 약 32dBm의 출력특성을 갖는다. 따라서 이 32dBm이 전력증폭단의 입력이 되므로 전력증폭단에게 충분한 선형적 입력을 제공할 수 있는 것이다.

본 논문에서는 전치증폭기로 Mini-circuit社의 ERA-33SM를, 구동증폭기로 Freescale社의 MHL21336을 사용하여 드라이버를 구성하였다.



(a) 전치증폭기와 구동증폭기를 합친 드라이버 구성



(b) 드라이버의 측정 결과

[그림 2] 드라이버 회로와 측정 성능

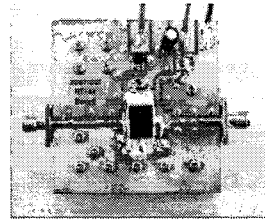
2.2 GaN 전력증폭단

고출력증폭기에서 최종단 전력증폭단은 전체 증폭기의 출력을 결정하는 가장 중요한 역할을 한다. 따라서 고 이득보다는 고출력에 중점을 두어 설계하고, 또한 전기적 특성을 얻을 때에도 출력의 크기에 중점을 뒀다. 본 논문에서는 자세하게 언급하지 않으나, GaN 증폭소자의 제조회사에서 제공하는 고출력 정합점을 이용하여 정합 회로를 설계하였다.

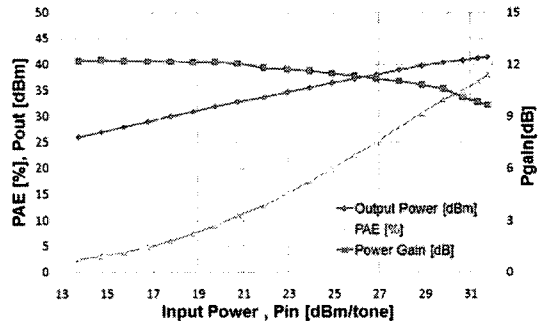
바이어스 회로를 위하여 인덕터 코일 대신 증폭기의 안정도와 하모닉 특성 개선에 유리한 종래의 1/4파장 선로를 이용하였는데, 이때 드레인쪽 전류의 양을 고려하여 선폭을 결정하였다.

그림 3(a)는 GaN 전력 트랜지스터를 이용하여 설계, 제작한 초기 버전의 전력증폭단의 사진을 보여주고 있다. 이 증폭단을 측정하기 위하여 Agilent社의 E8257D 고주파 신호 발생기를 이용하여 신호를 인가하고, 상기 그림 2에서 제작한 드라이버를 이용하여 Agilent社의 E4419B 고주파 전력 계측기를 이용하여 전력을 측정하였다. GaN 소자의 크기는 8mm이며, 바이어스 조건으로는 드레인 전압 28V, 드레인 전류가 600mA 되도록 하였다.

그림 3(b)는 1-tone 테스트 결과를 보여주고 있다. 선형 동작 영역과 1dB 이득 압축(gain compression) 영역 사이에서 측정된 전력이득이 11.2~12.2dB인데, 5Watt(37dBm)의 출력을 얻기 위해서는 입력되는 신호의 크기가 최소한 25.4dBm이어야 함을 알 수 있었다. 예로써 입력신호가 26dBm일 때 11.3dB의 전력이득, 37.3dBm의 출력전력, 그리고 22.5%의 PAE 특성을 나타내었다.



(a) GaN 소자로 구성된 전력증폭단



(b) 전력증폭단의 측정된 성능

[그림 3] 전력증폭단의 회로와 측정된 성능

한편 그림 2에 보인 드라이버가 전력증폭단 측정에 사용되었는데, 드라이버는 32dBm까지의 선형 특성을 가지므로 충분히 선형적으로 전력증폭단을 구동하고 있다고 말할 수 있다. 만약 GaN 전력증폭단을 적극 포화시키기 위하여 P3dB까지 구동시킬 경우 30dBm 정도의 입력전력이 필요한데, 이 경우라 해도 드라이버의 출력이 32dBm까지 가능하므로 충분히 선형적으로 전력증폭단을 구동한다고 할 수 있다. 즉 드라이버에서 먼저 신호가 왜곡되는 일 없이 전력증폭단을 구동하고 있다고 할 수 있는 것이다.

2.3 전체 전력 증폭기 모듈의 라인업(Line up) 구성

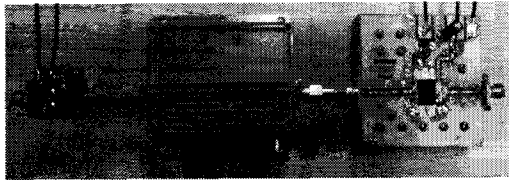
그림 4(a)는 개발하고자 하는 GaN 전력증폭기 모듈 초기버전의 사진이다. 이는 기본 블록 다이어그램인 그림 1의 구성을 충실히 반영하고 있는 초기 버전의 전체 모듈이다. 표 2는 전체 모듈에서 각 증폭단들의 바이어스 조건을 보여주고 있다.

[표 2] 각 증폭단의 바이어스 조건

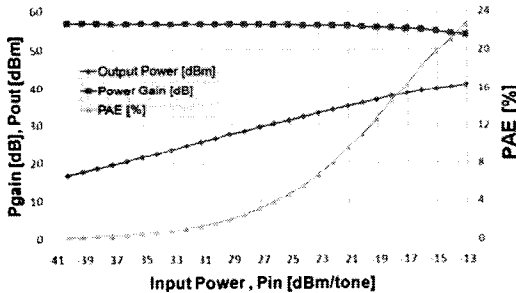
증폭단	VDS	IDS
전치증폭단	12 V	40mA
구동증폭단	28 V	500mA
GaN 전력증폭단	28 V	600 mA

표 2의 바이어스 조건으로 동작시켰을 경우 그림 4(b),(c)의 특성을 나타내었는데, 설계규격인 37dBm의 출력에서 선형적인 동작을 하였다. 이 때 최대 효율은 25% 이고 37dBm의 출력에서는 12%의 효율을 나타냈다. 전체 모듈로 구성할 때 그림 3(b)에 비하여 효율이 나빠지는 이유는 드라이버가 모두 A급으로 동작하기 때문에 발생하는 일반적 현상이다.

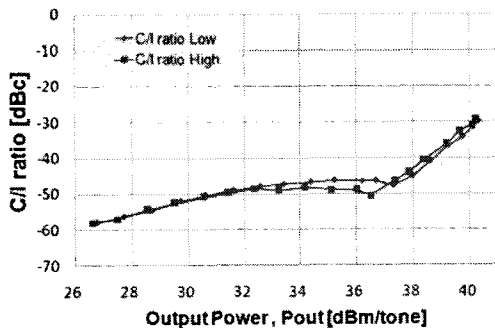
그림 4(a)에 보인 초기버전의 전력증폭기 모듈은 최종적으로 설계될 전력증폭기 통합 모듈에서의 특성을 검증하기 위한 과정에서 제작된 것인데, 비선형 특성을 개선시키기 위한 하모닉 차단 구조와 통합된 전력증폭기 모듈이 하나의 PCB 상에 구현될 것이다.



(a) 개별 증폭단을 연결한 전력증폭기 모듈



(b) 측정된 전력증폭기의 성능(1-tone)



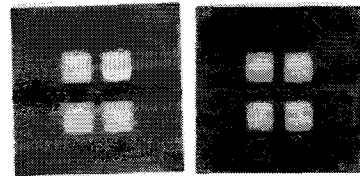
(c) 측정된 전력증폭기의 성능(2-tone)

[그림 4] 각 증폭단을 이용한 전력증폭기 초기 모듈의 라인업 구성과 측정된 성능

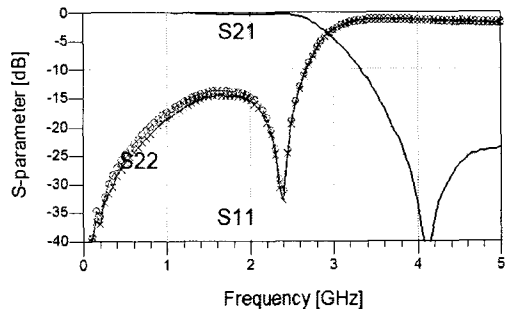
3. GaN 전력증폭기 모듈의 통합구성

3.1 선형성 개선을 위한 DGS 구조

본 논문에서는 하모닉 차단을 위하여 통과대역에서는 삽입손실이 거의 없고 2차 하모닉 이상 고조파에서는 차단 특성이 우수한 결함접지구조(defected ground structure, DGS)를 사용하였다[5]. 본 논문에서는 2.1GHz 대에서의 손실이 없음을 보장하기 위해 주파수 여분(margin)을 고려하여 2.4GHz 이후에 손실이 발생하는 DGS 구조를 사용하였다. 따라서 2.4GHz 이상에서 차단 특성이 서서히 발생하기 시작하여 2차, 3차 주파수(2Fo, 3Fo)인 4.2GHz, 6.3GHz에서는 신호를 전혀 통과시키지 않는 특성을 보이게 된다. 그림 5는 설계된 DGS 구조 및 측정된 S-파라미터 특성을 나타내고 있다.



(a) 제작된 DGS 구조(상, 하면 사진)



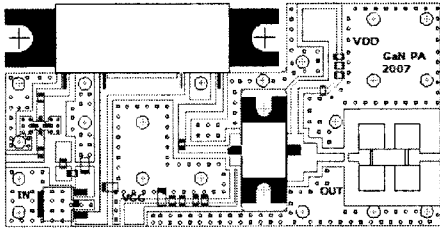
(b) 측정된 S-파라미터 특성

[그림 5] 제작된 DGS 구조 및 측정 결과 (사용 기판 : FR-4 0.8mm)

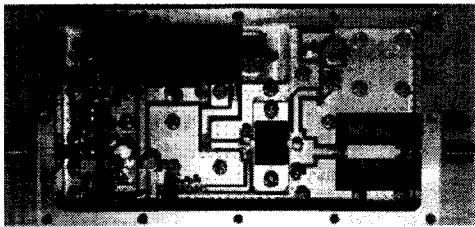
3.2 전력증폭기 통합 모듈

그림 4에 보인 초기 버전의 전체증폭기 라인업을 이제 하나의 PCB에 통합 설계하여 그 결과를 그림 6에 보였다. 전체 증폭단의 입력단에 입사된 신호는 전치증폭단과 구동증폭단을 거쳐서 충분한 크기로 증폭되어 최종단 GaN 전력증폭단의 입력신호가 된다. 전력증폭단에서 증폭된 신호는 통과대역에서 손실이 거의 없는 하모닉 차단 회로로 들어가며, 전력증폭단에서 발생한 하모닉 성분들은 여기에서 차단되므로, 최종 출력단에서는 거의 검출

되지 않는다. 설계된 GaN 전력증폭기 모듈의 PCB는 87mm x 44mm x 25mm의 크기를 갖는다.



(a) PCB 레이아웃

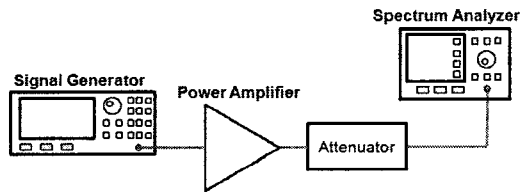


(b) 제작된 모듈 사진

[그림 6] 제작된 GaN 전력증폭기 모듈

그림 7(a)는 제작한 GaN 전력증폭기 모듈에 대하여 기본적인 성능을 측정하고자 1-tone 측정을 하기 위한 블럭 다이어그램과 측정 결과를 보여주고 있다. 중심주파수 2140MHz에서 37dBm의 출력을 얻을 때 58dB의 이득과 최대 25%의 효율을 보이고 있으며, 또한 40dBm 이상의 포화 전력 특성을 얻었음을 알 수 있다.

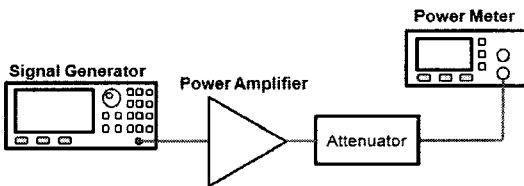
한편 1-tone 측정에서 하모닉 성분의 크기를 그림 8과 같은 측정 셋업과 주파수 분석기(spectrum analyzer)를 이용하여 측정할 수 있다. 측정결과 그림 8(b)에 보인 바와 같이 매우 우수한 하모닉 차단 특성을 얻었는데, 이 그림에 보인 바에 따르면 기본주파수(F_0) 성분의 세 배 주파수 성분($3F_0$)의 크기는 F_0 에 비하여 50dB 이하의 극히 작은 크기를 가졌다. 이 때 $2F_0$ 는 유의미한 값이 검출되지 않을 정도로 차단이 되어 본 논문에는 별도의 그림을 제시하지 않는다.



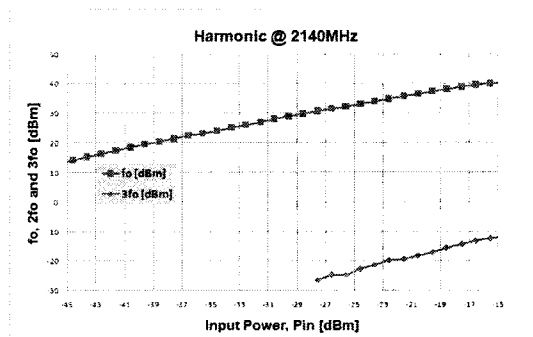
(a) 하모닉 측정을 위한 블럭 다이어그램

4. GaN 전력증폭기 모듈의 성능

4.1 1-tone 측정

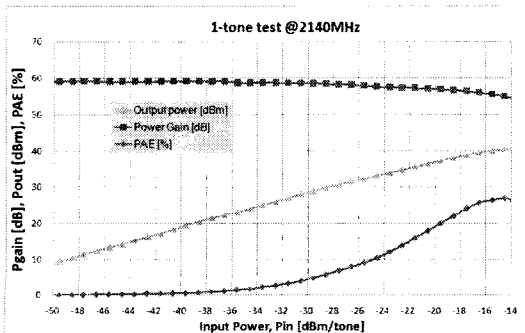


(a) 1-tone 측정 블럭 다이어그램



(b) 하모닉 특성

[그림 8] 하모닉 차단 특성 측정 및 결과



(b) 1-tone 측정 결과

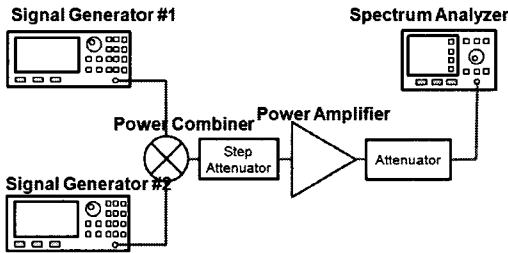
[그림 7] 출력 전력 특성 측정 및 결과

4.2 2-tone 측정

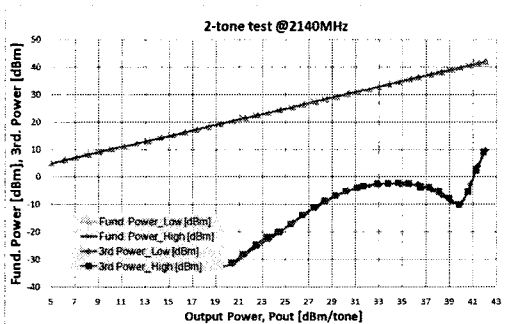
전력증폭기의 대표적 비선형 특성 지표는 2-tone 입력에 대한 IMD(intermodulation distortion) 성분의 크기인데, 특히 기본 주파수 성분에 대하여 가장 가까이 존재하는 3차 IMD (또는 IMD3) 성분이 중요하다. 3차 성분은 두 주파수 성분을 F_1, F_2 이라 했을 때 $2F_1-F_2$ 또는 $2F_2-F_1$ 의 주파수 성분을 갖는다.

그림 9는 2-tone 측정 블럭 다이어그램과 측정결과를

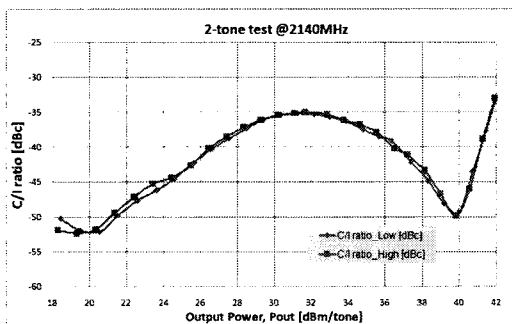
보여주고 있다. 1-tone test와 비슷한 구성을 가지며, 독립된 신호를 생성시켜 줘야 하므로 두 개의 신호발생기를 사용하였다. 측정결과를 보면 37dBm 출력에서 최소 35dBc 이상의 C/I_{3rd} 비율을 가짐을 알 수 있다.



(a) 2-tone 측정 블록 다이어그램



(b) 측정된 Fo와 IMD3 성분의 크기



(c) Fo-IMD3 (C/I_{3rd}) 측정결과

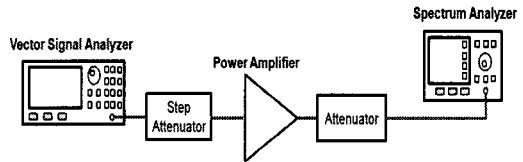
[그림 9] IMD3 측정 및 결과

4.3 ACP 측정

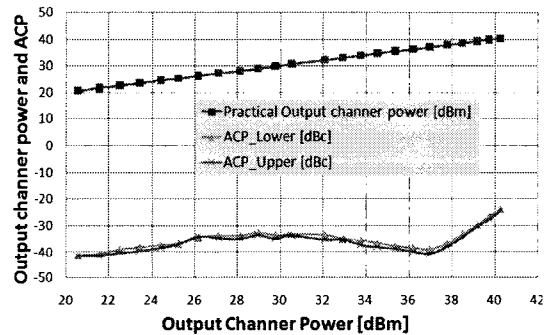
그림 10(a)는 ACP(adjacent channel power) test를 위한 블록 다이어그램을 보여주고 있다. 2.1GHz대 WCDMA 신호를 생성하기 위하여 Agilent사의 E4438C 신호발생기를 사용하였다. 측정 결과 목표 출력 조건인 37dBm의 출력에서 35dBc 이하의 ACP 특성을 갖는 것으로 측정되

었다.

한편 DGS에 의한 하모닉 차단 효과가 ACP 성능개선에 유리함을 보이기 위해 그림 6에서 DGS를 제거한 전력증폭기를 별도로 제작하여 이것의 ACP를 측정하고 비교하였다. 그림 11은 그 비교 결과를 보여주고 있는데, 그림 6처럼 DGS를 가지고 있는 전력증폭기가 DGS가 없는 경우보다 최대 9dB의 ACP 개선 효과가 있음을 알 수 있다.

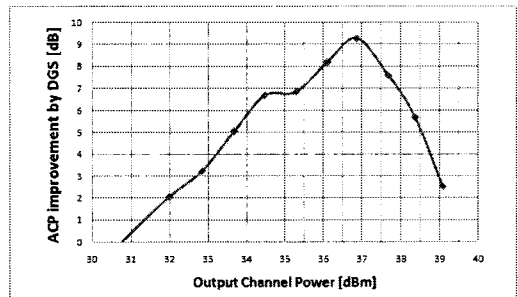


(a) ACP 측정 블록 다이어그램



(b) ACP 측정 결과

[그림 10] ACP 측정을 위한 블록 다이어그램과 측정 결과



[그림 11] DGS가 없는 전력증폭기 대비 DGS를 포함하는 전력증폭기가 개선한 ACP

5. 결론

본 논문에서는 고주파용 GaN 전력 트랜지스터(power transistor)를 이용하여 2.1GHz대 이동통신 대역용 5Watt

급 전력증폭기 모듈을 설계하였다. 먼저 전치증폭기, 구동증폭기, 전력증폭기 부분을 각각 선행 설계, 제작하여 특성을 모두 측정한 후에 이를 통합하여 전체적인 전력증폭기 모듈을 구성하여 그 특성을 사전에 예측 가능하도록 하였다. 또한 비선형 특성을 개선하고자 하모닉 차단 특성이 우수한 결합접지구조를 전력증폭기 모듈의 출력부분에 결합시켜 하모닉 차단은 물론 ACP의 개선효과를 얻었다.

제작된 GaN 전력증폭기의 성능을 측정한 결과 37dBm의 출력전력 상태에서 58dB의 선형 전력 이득, 50dBc 이상의 하모닉 차단 특성, 25%의 효율, 35dBc 이상의 IMD3 특성, 그리고 35dBc 이상의 ACP 특성을 보였다. 상기와 같이 GaN 전력증폭기가 제작되고 그 특성이 측정으로 검증되었으므로, GaN 전력증폭 소자도 이동통신 시스템용 고출력증폭기 개발에 충분히 사용될 수 있는 고출력용 반도체 소자라고 판단한다.

감사의 글

저자들은 GaN 전력소자 관련으로 조언과 도움을 주신 (주)RFHIC에 감사드립니다.

참고문헌

[1] W. Nagy, S. Singhal, R. Borges, J.W. Johnson, J.D. Brown, R. Therrien, A. Chaudhari, A.W. Hanson, J. Riddle, S. Booth, P.Rajagopal, E. L. Piner, K.J. Linthicum, "150W GaN-on-Si RF Power Transistor", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, pp. 483-486, 2005.

[2] Shoichi Narahashi, Yasunori Suzuki Toshio Nojima, "2-GHz Band Cryogenically-Cooled GaN HEMT Amplifier for Mobile Base Station Receivers", *EUMA Proceedings* pp. 399-402, 2007.

[3] K. Joshin, T. Kikkawa, H. Hayashi, T. Maniwa, S. Yokokawa, M. Yokoyama, N. Adachi, and M. Takikawa, "A 174 W high-efficiency GaN HEMT Power Amplifier for W-CDMA base station applications", *2003 IEEE IEDM.*, pp. 633-636, 2001.

[4] Hidenori Shimawaki and Hironobu Miyamoto, "GaN-based FETs for Microwave High-Power Applications", *13th GAAS Symposium2005*. pp. 377-380.

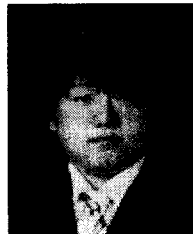
[5] J. S. Lim, Y. C. Jeong, D. Ahn, and S. Nam, "Improvement in Performance of Power Amplifiers by Defected Ground Structure", *IEICE Trans. Electron*, vol. E87-C, no. 1, pp. 52-59, Jan. 2004.

[6] S. C. Cripps, "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", *Norwood, MA, Artech House*, 2006.

[7] John L.B. Walker, "High Power GaAs FET Amplifier", *ARTECH HOUSE*, 1993.

박 천 선(Chunseon Park)

[준회원]



- 2007년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부(공학사)
- 2008년 8월 현재 : 순천향대학교 대학원 전기통신공학과 석사과정

<주관심 분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 고출력증폭기 증폭 소자 및 응용, 선형화기 등.

한 상 민(Sang-Min Han)

[정회원]



- 1996년 2월 : 고려대학교 전파공학과(공학사)
- 1998년 8월 : 고려대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 고려대학교 대학원 전파공학과(공학박사)
- 2003년 10월 ~ 2004년 11월: UCLA Post-Doctoral research Fellow

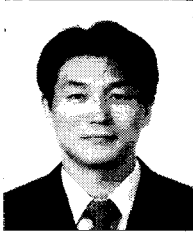
- 2005년 1월 ~ 2007년 8월: 삼성종합기술원 전문연구원
- 2007년 9월 ~ 현재: 순천향대학교 재직중

<주관심 분야>

RF 시스템, Low power RF transceivers, Active integrated antenna systems 등임.

임 증 식(Jongsik Lim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부(공학박사)
- 1993년 2월 ~ 1999년 3월 : 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단, 무선방송기술연구소 선임연구원
- 2003년 3월 ~ 2003년 7월: 서울대학교 BK21 정보기술사업단 박사후 연구원
- 2003년 7월 ~ 2004년 9월: 특허청 특허심사관
- 2004년 9월 ~ 2005년 2월: 한국전자통신연구원 디지털방송통신구단 전파기술연구그룹 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재: 순천향대학교 전기통신공학과 재직중

<주관심 분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등임.

안 달(Dal Ahn)

[정회원]



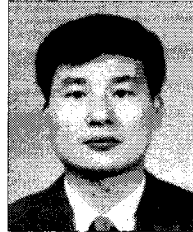
- 1984년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월: 서강대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1990년 8월: 서강대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1990년 8월 ~ 1992년 2월: 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재: 순천향대학교 전기통신공학과 교수

<주관심 분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등임.

안 증 출(Chong-Chul An)

[정회원]



- 1989년 2월: 전남대학교 정밀화학과(공학사)
- 1988년 12월 ~ 1992년 4월: (주)코니전자 연구원
- 1992년 12월 ~ 현재: (주)MA전자 대표이사 재직중

<주관심 분야>

RF, 마이크로파용 전자재료, 전자파흡수체, 자성체 재료 등임.

박 응 희(Ung-Hee Park)

[정회원]



- 1994년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2000년 2월 ~ 2006년 8월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2006년 8월 ~ 현재 : 강원대학교 삼척캠퍼스 전자공학과 재직중

<주관심 분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 고출력증폭기 증폭기 선형화기 분야 등.