

X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC 설계에 관한 연구

노윤섭, 김성일, 이상홍, 안호균, 임종원

한국전자통신연구원

nohys@etri.re.kr, sikim@etri.re.kr, shlee@etri.re.kr, hkahn@etri.re.kr, jwlim@etri.re.kr,

A Study on the X band GaN Single-chip Transceiver MMIC Design

Noh Youn Sub, Kim Seong Il, Lee Sang Heung, Ahn Ho Kyun, Lim Jong Won

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 X대역 레이더 시스템에 적용이 가능한 GaN 단일칩 송수신 MMIC로 송신 구동증폭기, 전력증폭기, 수신 구동증폭기, 수신 저잡음증폭기, SPDT 스위치의 5종의 회로를 집적한 칩의 개발 결과를 소개한다. X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC는 9~10.5GHz 대역에서 수신 이득 38dB, 수신 잡음지수 2.8dB, 송신 이득 36dB, 송신 출력전력 42.8dBm 및 효율 28% 수준의 성능을 보이며, 모든 회로를 단일칩으로 제작한 집적회로의 크기는 모든 정합회로를 포함하고 있으며 6mm X 3.6mm이다.

I. 서 론

GaN 소자의 고전력 전달특성을 기반으로 전력증폭기에 우수한 소자이며 고전력 스위치가 가능하며 또한 저잡음증폭기는 큰 입력전력에 강한 특성으로 레이더 시스템의 TR 모듈의 핵심 부품에 모두 적용이 가능하다.

따라서 GaN 기반 송수신 단일칩 MMIC 개발이 진행되었고, X대역에서 최대 17W의 출력전력의 단일칩이 보고되고 있다[3].

II. 본 론

본 논문에서는 X대역 전력증폭기를 설계하기 위하여 단위소자가 8F100(8-finger, 1000um gate width)인 Angelov HEMT 모델을 사용하여 3단 캐스케이드 구조로 설계하였고, 출력단에는 8개의 HEMT가 사용되었다. 저잡음증폭기를 설계하기 위하여, 단위소자가 4F50(4-finger, 50um gate width)과 4F100인 HEMT를 noise parameter 측정을 바탕으로 한 모델을 사용하여 2단 캐스케이드 구조로 설계하였다. 노이즈 모델은 드레인전압 20V와 드레인전류 100mA/mm에서 측정된 모델이다. 송신 구동증폭기는 8F100 HEMT 1단으로 설계하였고, 수신 구동증폭기는 4F100 HEMT를 이용하여 2단 증폭기로 설계하였다. 스위치는 일반적인 Series-Shunt-Shunt 구조를 사용하였고, Series FET는 7F110 HEMT를 Shunt FET는 3F75 HEMT를 사용하였다.

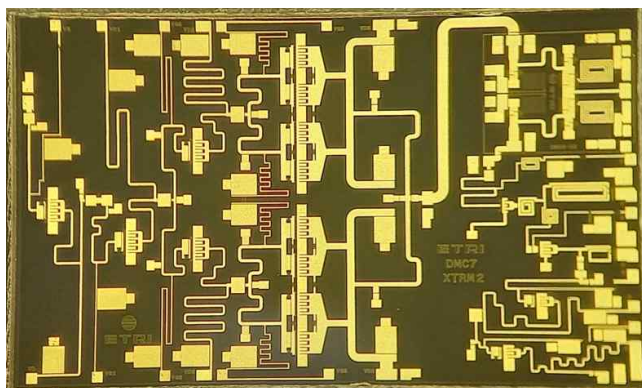


그림 1. 제작된 X 대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC

제작된 집적회로는 그림1과 같으며, 한국전자통신연구원의 0.2um GaN HEMT 공정으로 개발되었으며 그 크기는 6mm X 3.6mm 이다.

제작된 MMIC 측정을 위하여 그림2와 같이 시험치구를 조립하였다. MMIC는 CPC 캐리어에 유테틱 다이본딩을 하였고, RF 기판은 8mil RO4003C 기판을 사용하였다. 송신 RF 성능의 바이어스 조건은 송신 구동증폭기 및 전력증폭기의 드레인전압을 28V로 하고 수신 증폭기는 오프 상태로 하며, 스위치는 송신부가 턴-온이 되도록 설정하고 시험을 수행하였다. 그리고 수신 RF 성능의 바이어스 조건은 수신 구동증폭기의 드레인 전압은 28V, 저잡음증폭기의 드레인 전압은 20V이며 송신부 증폭기는 오프 상태로 하며, 스위치는 수신부가 턴-온이 되도록 설정하고 시험을 수행하였다.

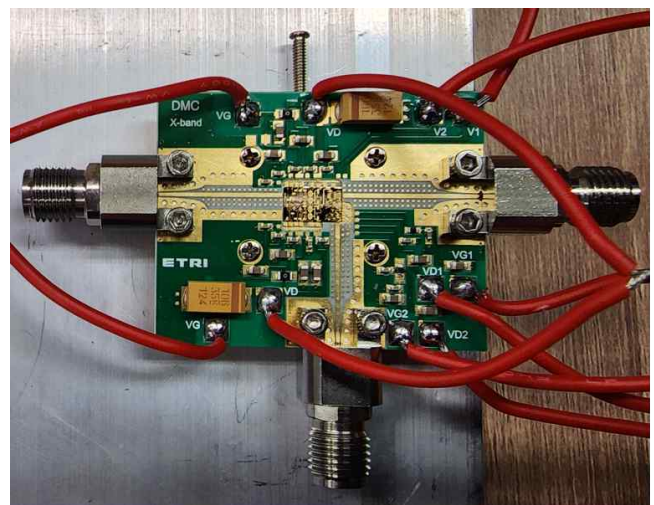


그림 2. 제작된 X 대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC 시험치구

X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 수신 성능은 그림 3과 같이, SPDT 스위치와 2단의 저잡음증폭기 및 2단의 수신 구동증폭기로 구성된 경로에서 9~10.5GHz 대역에서 수신부 이득은 38dB이며 잡음지수는 2.8dB 수준으로 측정되었다.

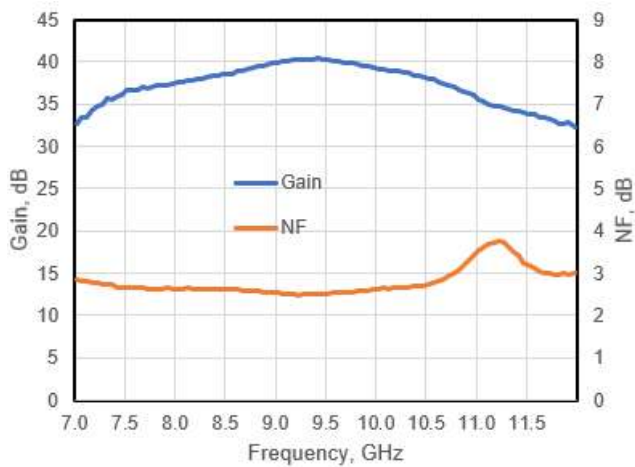


그림 3. X 대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 수신부 이득 및 잡음지수 측정결과

X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 송신 성능은 그림 4와 같이, 1단의 송신 구동증폭기와 3단의 전력증폭기 및 SPDT 스위치로 구성된 경로에서 9~10.5GHz 대역에서 송신부 이득은 36dB 수준으로 측정되었다.

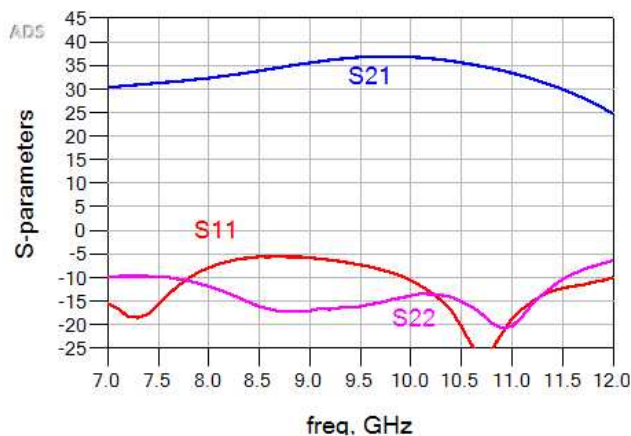


그림 4. X 대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 송신부 이득 측정결과

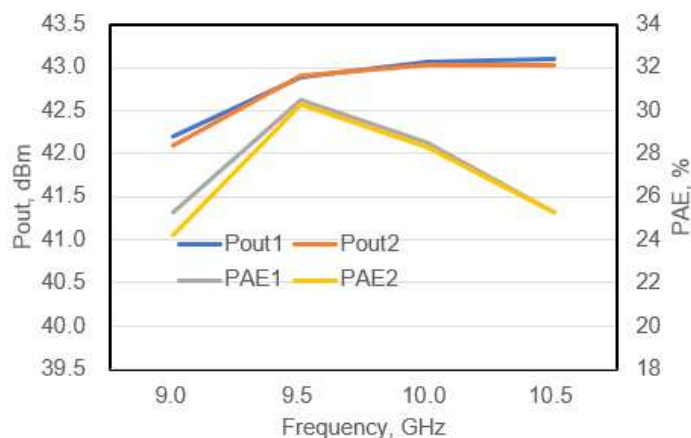


그림 5. X 대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 송신부 출력전력 및 효율 측정결과

X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 송신 출력전력은 Duty 10%(PRF 1KHz) 조건에서 시험하였으며, DC 바이어스 인가조건에서 RF 펄스 입력

을 인가하여 출력전력 측정 및 전류 프로브를 이용한 전류값 측정으로 효율을 계산하였다. 측정결과 9~10.5GHz 대역에서 출력전력은 42.8dBm 수준이며 효율은 28% 수준으로 측정되었다.

개발한 X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC의 수신이득, 송신이득 및 송신출력은 세계 최고 기록이며, 수신 NF 및 송신 효율 또한 세계 최고 수준의 성능을 보이고 있다(표 1).

표 1. X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC 성능비교

Ref.	주파수	수신 이득	수신 NF	송신 이득	송신 출력	송신 효율	칩크기
[1]	9-12	11-19	3.2-4.4	24	38	26	3.6x3.3
[2]	8.6-11.2	15-16	2.5-3	22.5-25	39	25	3x3
[3]	7.7-12.2	13.5-14.5	2.8-3.2	34-36	42.2	22.5-29	4.8x2.7
본 논문	9-10.5	38	2.8	36	42.8	28	6x3.6

III. 결론

국내 최초로 ETRI 공정으로 개발된 X대역 GaN 단일칩 송수신 MMIC를 성공적으로 소자 모델링, 회로 설계, MMIC 제작 시험을 완료하였으며, 송수신 이득 및 송신 출력 특성은 세계 최고 기록으로 성공적으로 개발을 완료 하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2019년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 “국방 무기체계용 핵심 반도체부품 자립화 플랫폼 개발” 융합연구단사업(No. CRC-19-02-ETRI)의 지원을 받아 수행된 연구 결과임.

참 고 문 헌

- [1] S. Masuda, M. Yamada, Y. Kamada, T. Ohki, K. Makiyama, N. Okamoto, K. Imanishi, T. Kikkawa, and H. Shigematsu, “GaN singlechip transceiver frontend MMIC for X-Band applications,” in IEEE International Microwave Symposium Digest, Jun. 2012, pp. 1-3.
- [2] A. Biondi, S. D'Angelo, F. Scappaviva, D. Resca, and V. A. Monaco, “Compact GaN MMIC T/R module front-end for X-band pulsed radar,” in European Microwave Integrated Circuit Conference Proceedings, Oct. 2016, pp. 297-300.
- [3] P. Schuh, H. Sledzik, and R. Preber, “High Performance GaN Single-Chip Frontend for Compact X-band AESA Systems,” in European Microwave Integrated Circuit Conference Proceedings, Oct. 2017, pp. 41-44.