

K-band GaN HEMT 광대역 전력 증폭기

*박인수, 김정현
*한양대학교 전자공학과

gms06238@hanyang.ac.kr, junhkim@hanyang.ac.kr

K-band GaN HEMT broadband power amplifier

*Park In Su, Kim Jung Hyun

*Department of Electrical and Electronic Engineering Hanyang Univ.

요약

본 연구에서는 GaN HEMT 공정 기반의 전력증폭기를 설계하여 20~27 GHz 대역에서의 광대역 동작을 목표로 하였다. 설계된 증폭기는 20~27 GHz 구간에서 분수 대역폭 약 30%를 확보했으며, 측정 결과 최소 7 dB의 소신호 이득, 38 dBm 이상의 포화 출력전력, 16 % 이상의 PAE를 확인하였다.

I. 서론

전자전(Electronic Warfare)과 레이더/통신 분야에서는 Ku-K 대역에 걸친 넓은 주파수 자원이 활용되며, 특히 18~27 GHz(K-band) 구간은 정찰 레이더, 링크, 재밍 송신 등에서 핵심 대역으로 주목받고 있다. 이와 같은 응용에서는 특정 협대역에서의 최고 효율보다 대역 전 구간에서의 일정한 이득과 출력 성능이 더 중요하다.

최근 GaN HEMT는 높은 항복 전압과 전력 밀도, 우수한 열 특성으로 인해 K-band 고출력 송신에 적합한 소자로 자리 잡았다. 다만 K-band에서는 소자 및 배선의 기생 성분 때문에, 18~27 GHz 전 대역에서 평탄한 이득과 충분한 출력 레벨을 동시에 확보하는 것이 쉽지 않다. 또한 단일 스테이지 구조에서의 소자 결합 손실 최소화와 대역 일관성 확보는 설계의 핵심 과제로 남아 있다.

본 논문에서는 이러한 요구에 부응하기 위해, GaN HEMT 기반 1-stage 광대역 전력 증폭기 MMIC를 제안한다. 제안한 회로는 20~27 GHz 목표 대역에서 대역 전 구간의 이득 변동을 최소화하고, 안정적인 출력 전력을 제공하도록 입력/출력 정합 및 결합 구조를 최적화하였다.

II. 본론

광대역 PA MMIC 설계에서 다양한 주파수에 걸쳐 정확하게 임피던스를 매칭하는 것은 매우 어려운 과제이다. 설계된 증폭기는 20~27 GHz 대역에서 평탄한 성능 특성을 확보하기 위해 로드풀 시뮬레이션을 통해 주파수별 최적의 임피던스를 추출하고 3 단 출력 매칭 네트워크로 광대역 정합을 구현하였다.

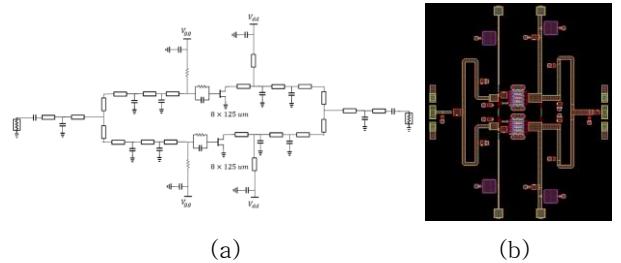


그림 1. 제안한 광대역 전력 증폭기의 (a) 회로도 및 (b) 레이아웃

설계된 전력증폭기는 드레인 전압 25 V, 게이트 전압 -2.5 V에서 동작하며, 회로의 크기는 $2.14 \times 2.47 \text{ mm}^2$ 이다.

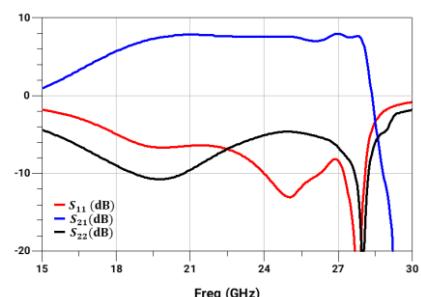


그림 2. 광대역 전력 증폭기의 S-파라미터 시뮬레이션 결과

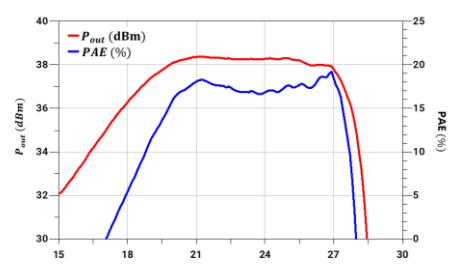


그림 3. 광대역 전력 증폭기의 대신호 특성 시뮬레이션 결과

그림 2, 그림 3 은 설계된 광대역 전력 증폭기의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 소신호 결과에서는 20-27 GHz 대역의 구간은 7 dB 이상의 이득 특성을 보이며, 대신호 시뮬레이션에서 포화 출력전력과 효율은 전 대역에서 38 dBm, 16 % 이상의 특성을 보인다.

III. 결론

본 연구는 20-27 GHz 범위에서 동작하는 광대역 PA MMIC 설계를 목표로 하며, 해당 증폭기는 7 dB 이상의 이득을 달성하였으며, 주파수 대역 전반에 걸쳐 38 dBm 이상의 출력 전력을 안정적으로 유지하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00358687)

참 고 문 헌

- [1] M. Li, Z. Li, Q. Zheng, L. Lin and H. Tao, "A 17–26.5 GHz 42.5 dBm Broadband and Highly Efficient Gallium Nitride Power Amplifier Design," in *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, vol. 23, no. 2, pp. 1–5, February 2022
- [2] M. R. Duffy, G. Lasser, G. Nevett, M. Roberg and Z. Popović, "A Three-Stage 18.5–24-GHz GaN-on-SiC 4 W 40% Efficient MMIC PA," in *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 54, no. 9, pp. 2402–2410, Sept. 2019