

GaAs MESFET을 이용한 DSRC용 5.8GHz 대역 ASK-PA One Chip 설계

김병국, 하영철, *문태정, *황성범, **김용규, 송정근, 홍창희
동아대, *경남정보대, **거창기능대

전화 : 051-200-6965 / 핸드폰 : 017-858-8513

Design of an 5.8GHz band ASK-PA one-chip operating for DSRC using a GaAs MESFET

Byoung-Gook Kim, Young-Cheol Ha, *Tae-Jung Moon, *Sung-Beom Hwang,
**Yong-Kyu Kim, Chung-Kun Song, and Chang-Hee Hong

School of Electrical, Electronics and Computer Engineering, Dong-A University
*Dept. of Electrical Information Communication Control, Kyung-Nam Collage
of Information & Technology
**Dept. of Mechatronics, Geo-Chang Polytechnic College
E-mail: blueway1024@hotmail.com

Abstract

본 논문에서 단거리전용통신(DSRC)용 OBE에 사용되는 5.8GHz 송신측 ASK와 PA를 one-chip화하여 MMIC로 설계를 및 제작하였다. 설계된 ASK-PA는 3V 단일 공급전원을 사용하였고, 능동 소자로서 GaAs MESFET을 사용하였다. ASK는 회로의 복잡도를 줄이기 위해 직접변조 방식을 채택하였고, 인접채널 간섭의 영향을 줄이기 위하여 드레인 제어 변조회로를 사용하였다. 또한 전력증폭기는 2단으로 하여 AB급으로 동작하도록 전압분배 바이어스회로로 구성하였다. 측정결과 3V의 공급전압에서 전체이득 20.63dB, 송신 출력 7.8dBm으로 나타났다. 공정은 ETRI 0.5 μ m GaAs MESFET 공정을 사용하였고, Chip size는 1.2mm \times 1.4mm이다.

I. 서론

최근 5.8GHz의 주파수대역은 단거리 통신을 위한 주파수로 제공되어 여러 방면에서 널리 사용되고 있다. 특히 지능형교통시스템 (ITS : Intelligent Transport System) 사업의 대안으로 도입된 단거리무선전용통신

(DSRC :Dedicated Short Range Communication) 기술에 사용되어 자동요금지불(ETCS), 교통제어, 차량 데이터전송 등 차량과 기지국 사이의 통신에 사용하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있다.[1][2][3] 단거리무선전용통신기술은 통신 반경이 수미터에서 수백 미터인 도로변 기지국 장치(RSE :Road Side Equipment)와 이 통신영역을 통과하는 차량탑재장치 (OBE :On-Board Equipment) 사이에서 이뤄지는 점대점 또는 점대다점 양방향 고속통신기술이다. DSRC 시스템에 필요한 기술개발은 이미 많은 진척이 이루어져 각 부분의 Module화 단계에 이르렀으나, 시스템을 상용화하는 단계에서는 해결해야 할 여러 가지 문제점이 있다. 그 중 차량 내에 탑재되어야 하는 OBE의 저 가격화, 소형화가 이루어져야 하며, 이를 위해서는 OBE 구성요소 중 RF 회로의 MMIC화가 필요하다. 국내에서의 DSRC 표준화는 1998년부터 한국정보통신기술협회(TTA: Telecommunications Technology Association)에 의해 추진되었으며, 2000년 10월에 "5.8GHz 대역 노선 기지국과 차량단말기간 근거리전용 무선통신 표준안"이 발표되었다. 표준안의 주요파라미터는 표1과 같다.[4]

<표 1> OBE의 파라미터

항목	수치
주파수 대역	5.8GHz
채널 폭	8MHz
채널 간격	2MHz
변조방식	ASK
코딩방식	맨체스터
데이터 전송률	1.024Mbps
변조지수	0.75-1.0
인접채널간섭	≤-40dBc
송신전력	≤10mW

단거리전용 무선통신을 위한 차량탑재장치의 ASK-PA MMIC 구성도를 그림1에 나타냈다. 송신기(Tx)는 ASK 변조기와 전력 증폭기 블록으로 구성되어 있다. ASK 변조 블록의 경우 2.048 Mbaud의 베이스밴드 신호를 구동하기 위한 드라이버와 이 구동된 신호를 가지고 5.8GHz 반송파를 ASK 변조시키기 위한 전치 변조기와 주변조기로 구성되어 있다. 전력증폭기(PA)는 송신단에서 필요한 최종출력을 증폭시켜 안테나로 보내주는 역할을 하며 주로 HBT, HEMT 등의 화합물반도체 트랜지스터를 이용한 MMIC로 개발되어지고 있다.

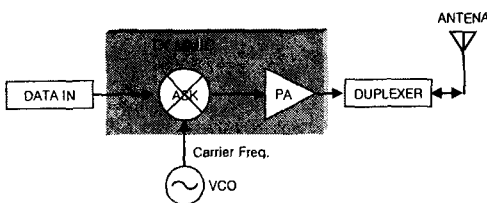


그림 1. ASK-PA MMIC 구성도

본 논문에서는 GaAs MESFET을 이용하여 단거리전용통신(DSRC)을 위한 차량탑재장치(OBE)의 송신단 구성요소중 ASK 변조기와 PA를 일체화하여 MMIC로 설계하였다. 설계된 Tx MMIC의 ASK 변조회로는 회로의 복잡도를 줄이기 위해 직접변조방식을 채택하였으며, 인접채널간의 영향을 줄이기 위해 드레인 제어 변조회로로 구성하였고, 전력증폭회로는 전압분배바이어스 회로를 채택하여 AB급으로 동작되도록 2단으로 구성하였다. 회로 설계는 ADS tool을 이용하여 설계 및 시뮬레이션을 실시하고 Mento tool을 이용하여 One-chip으로 Layout 설계를 하였으며, Chip은 ETRI

0.5μm GaAs MESFET 공정을 이용하여 제작하였다.

II. 회로설계 및 제작

그림 2는 최종 설계된 ASK-PA의 상세 회로도를 나타냈다.

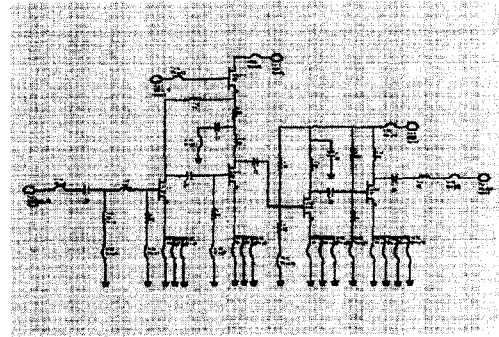


그림 2. 설계한 ASK - PA 회로도

그림2에서 전단은 ASK 회로이며, 후단은 PA 회로로 구성되어 있다. ASK의 경우 2,048Mbaud의 베이스밴드 신호를 구동하기 위한 드라이버와 이 구동된 신호를 가지고 5.8GHz 반송파를 ASK변조시키기 위한 전치변조기와 주변조기로 구성하였다. 설계한 드레인 제어 변조 회로는 3V 단일 공급전압으로 동작하도록 설계되었고, 베이스 밴드 데이터는 드라이버를 통하여 전치변조기와 주변조기 DFET의 드레인에 인가되고 변조기 첫 단은 on/off 비의 증가와 입력 임피던스 정합을 위한 전치 변조기로 설계되었다. 그리고 5.8GHz 송신 캐리어는 베이스 밴드 데이터에 의해 직접 변조된다. 일반적으로 직접변조방식을 사용하는 경우에는 국부발진기와 필터가 필요없기 때문에 회로의 복잡도를 상당히 줄일 수 있다. 하지만 변조의 선형성 확보가 어렵기 때문에 적절한 인접채널간섭을 얻기가 어렵다. 그러나 드레인 제어 송신기 회로의 경우 더 우수한 변조의 선형성과 넓은 변조 범위에 적합한 이점을 갖는다. 후단에 설계된 2단 전력증폭기 회로도 높은 선형성과 높은 이득 및 효율을 얻기 위하여 전압분배 바이어스회로로 3V의 단일공급전압으로 1단은 구동용, 2단은 전력증폭용으로 구성하였으며, 높은 효율을 얻기 위하여 전력증폭기가 AB급으로 동작하게 하였다. ASK와 PA간에는 커패시터를 사용하여 결합하였으며, MESFET의 게이트, 소스 사이의 기생 커패시턴스를 줄여주기 위하여 소스와 그라운드 사이에 본딩 와이어 인덕터를 사용하여 실제 제작시의 본딩와이어 특성을 고려하여 설계하였다.

III. 시뮬레이션 결과

그림3,4는 베이스 밴드 데이터의 on/off에 따른 RF단의 S21의 변화를 모의 실험한 결과이다. 베이스밴드 데이터가 on 일때 5.8GHz에서 33.2dB의 S21의 값을 가졌고, 베이스밴드 데이터가 off 일때는 5.8GHz에서 -21.45dB의 S21값을 가졌다. 따라서 본 논문에서 설계한 ASK-PA는 54.74dB 이상의 on/off비가 우수한 특성을 가짐을 확인하였다.

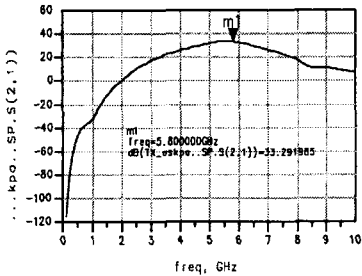


그림 3. 베이스밴드 데이터가 On 일때 S21

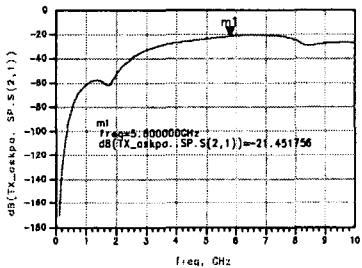


그림 4. 베이스밴드 데이터가 Off 일때 S21

그림5,6은 ASK-PA의 송신출력, 이득, PAE를 모의 실험한 결과를 각각 나타냈다. 시뮬레이션결과 송신출력은 11.3dBm, 이득은 33.2dB, PAE는 6.26%로 나타났다.

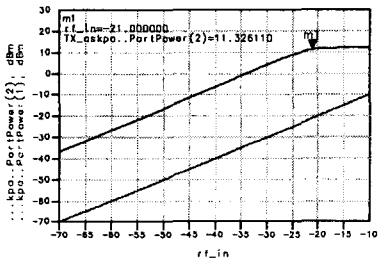


그림 5. 송신출력

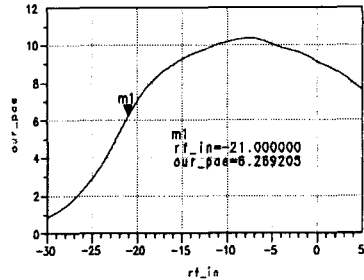


그림 6. PAE

IV. MMIC 제작 및 측정결과

본 연구에서는 ETRI MMIC 공정($0.5\mu\text{m}$ GaAs MESFET 공정)에 적합하도록 Layout 하였다. 전체 회로 면적은 $1.2\text{mm} \times 1.4\text{mm}$ 이며, Layout 결과는 그림7에 나타냈으며, 공정을 통하여 제작된 ASK-PA MMIC의 Bonding 사진을 그림8에 나타냈다. Chip Bonding을 위한 PAD 크기는 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 이며, 설계과정에서 Signal PAD의 간섭을 최소화하기 위하여 Ground Shielding 기법을 도입하였다.

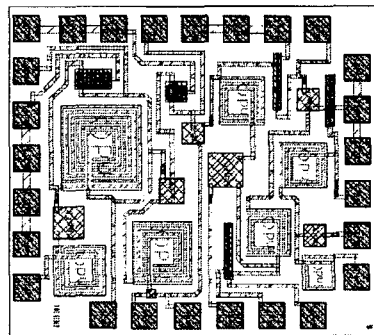


그림 7. 설계한 ASK-PA의 Layout

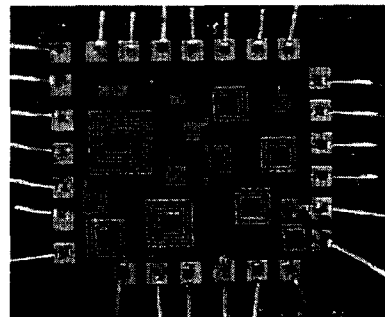


그림 8. 구현된 ASK-PA MMIC chip 형상

그림 8은 data 신호가 On일 때 입력에 따른 출력 파워를 측정한 그래프 이다, 이득은 20.63dB이고, 최대출력 파워의 지표인 P1dB는 7.8dBm로 나타났으며, 시뮬레이션 결과와 차이가 있음을 확인하였다. 그 원인으로 시뮬레이션에서 고려했던 Bonding wire 길이와 제작시의 Bonding wire 길이의 차이로 인하여 기생 인덕턴스 및 커패시턴스 성분이 발생하여 임피던스 매칭 및 회로의 특성에 영향을 미친 것으로 분석된다.

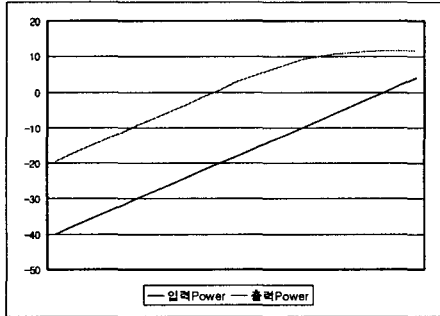


그림 9. data On 일때 출력 power

V. 결론 및 향후연구방향

본 연구는 DSRC 시스템에 사용되는 OBE 시스템의 구성요소 중 하나인 5.8GHz 대역의 ASK-PA를 ETRI의 0.5 μ m GaAs MESFET을 사용하여 설계하고 공정을 통하여 MMIC로 구현하였으며, Chip size 는 1.2 \times 1.4mm²이다. 구현된 ASK-PA의 이득은 20.63dBm이고, P1dB는 7.8dBm으로 설계치보다 낮은 선형성을 가짐을 확인 하였다. 설계값과 실제 칩 제조시의 오차를 최소화하기 위해 시뮬레이션 과정에서 Bonding wire에 대한 특성을 고려하였으며, matching과 회로 size를 줄이기 위해 ASK-PA의 모든 소자를 One-Chip 상태로 하여 설계하였다. 시뮬레이션과 다소차이가 나는 이득과 출력파워는 Bonding wire 작업시 설계한 wire 길이와 실제 wire 길이의 차이로 인하여 기생 인덕턴스 및 커패시턴스 성분이 발생하여 임피던스 매칭 및 회로의 특성에 영향을 미친 것으로 분석된다. 향후 본 연구를 통해 발생한 기생적인 파라미터에 대한 문제점을 보완한다면 양질의 MMIC가 제작될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] M. Minagi, M. Toge, K. Ueda, N. Mohri, "The Nonstop Electronic Toll Collection System", MWE'97 Microwave Workshop Digest, pp.194-199, 1997.
- [2] T. Kunihisa, S. Yamamoto, M. Nishijima, T. Yamamoto, M. Nishitsuji, K.Nishii, and O.Ishikawa,"A 5.8-GHz, 3.0-V single supply power MMIC for electronic toll collection system," IEEE GaAs IC Symp. Dig., PP.169-172, 1998.
- [3] M. D. Pollman, C. Transtanella, M. Shifrin, V. Aparin, and D.Upton, "A Low-cost Package MMIC Chip Set for 5.8GHz ISM Band Application", IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symp., pp.33-36, 1997.
- [4] "DSRC를 이용한 ETC 서비스 및 ITS 서비스 방안 정립"한국전파진흥협회 ITS 및 소출력 주파수 분과위원회, 6. 2000.

본 논문은 동아대학교 지능형통합항만관리 연구센터의 지원에 의하여 연구되었으며, 논문의 일부는 IDEC의 Tool을 사용하였음.