

# GaAs MESFET을 이용한 DSRC용 LNA MMIC 설계 및 구현

문태정, 황성범, \*김병국, \*하영철, \*허혁, \*송정근, \*홍창희  
경남정보대학 전자정보통신제어계열, \*동아대학교 전자공학과  
전화 : 051-320-1340 / 핸드폰 : 017-558-1109

## The Design and implementation of a Low Noise Amplifier for DSRC using GaAs MESFET

Tae-Jung Moon, Sung-Bum Hwang, \*Byoung-Kook Kim, Young-Chul Ha, Hyuk Hur,  
Chung-Kun Song, Chang-Hee Hong  
Dept. of Electrical Information Communication Control, Kyung-Nam Collage  
of Information & Technology  
\*Dept. of Electrical Electronics Computing Engineering, Dong-A University  
E-mail : moontj@kit.ac.kr

### Abstract

We have optimally designed and implemented by a monolithic microwave integrated circuit(MMIC) the low noise amplifier(LNA) of 5.8GHz band composed of receiver front-end(RFE) in a on-board equipment system for dedicated short range communication using a depletion-mode GaAs MESFET. The LNA is provided with two active devices, matching circuits, and two drain bias circuits. Operating at a single supply of 3V and a consumption current of 18mA, The gain at center frequency 5.8GHz is 13.4dB, Noise figure(NF) is 1.94dB, Input 3rd order intercept point(IIP3) is 3dBm, and Input return loss( $S_{11}$ ) and Output return loss( $S_{22}$ ) is -18dB and -13.3dB, respectively. The circuit size is  $1.2 \times 0.7 \text{mm}^2$ .

### I. 서론

최근 국내에서 단거리전용무선통신(DSRC: Dedicate Short Range Communication) 기술을 위한 5.8GHz 대역의 주파수를 이용한 MMIC에 대한 연구가 활발히

이루어지고 있다. 이 기술은 통신 반경이 수미터에서 수백 미터인 도로변 기지국 장치와 이 통신영역을 통과하는 차량 탑재장치들 사이에 이루어지는 점대점(Point-to-Point) 또는 점대다점(Point-to-Multipoint) 양방향 고속통신 기술이다. 이 기술은 공중 무선 통신망과 달리 도로에서 주행중인 차량을 대상으로 하여 도로변에 비교적 간단한 기지국 시스템을 설치하는 저가의 통신단말기로서 사용자에게 값싼 서비스를 제공할 수 있는 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 적은 비용으로 교통정보수집이 가능하여 인적 및 물적 자원의 원활한 유통을 가능하게 한다. DSRC 방식을 이용한 ITS 서비스가 조기에 정착되고, 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 차량탑재장치(OBE : On-Board Equipment)의 저가격화, 소형화를 최우선적으로 해결해야하며, 이를 위해서는 차량 탑재 장치 내부의 고주파 회로의 MMIC화가 요구되어 진다.[1][2][3]

특히 컨테이너항만 게이트의 자동화를 위하여 자동계이트통관시스템에 5.8GHz대의 주파수를 사용하여 개발되고 있다.[1][4]

국내에서의 DSRC 표준화는 1998년부터 한국정보통신기술협회(TTA:Telecommunications Technology Asso

-ciation)에 의해 추진되었으며, 2000년 10월에 "5.8GHz 대역 노선기지국과 차량단말기간 근거리전용 무선통신 표준안"이 제정되었다.[5] 표준안의 주요파라미터는 표1과 같다.

표 1. DSRC 하향회선의 주요파라미터

주요파라미터	기본값
반송주파수	5.8GHz
채널당대역폭	10MHz
변조방식	ASK
변조지수	0.75-1.0
코딩방식	맨체스터코드
데이터 전송률	1.024Mbps
노변장치송신기의	
- 점유대역폭	8MHz
- 인접채널전력	≤ -40dBc
- 채널간격	2MHz
차량탐재장치(OBE)의 수신기 대역폭	5MHz

단거리전용 무선통신을 위한 차량탐재장치의 RFE (Receiver Front-end) 구성도를 그림1에 나타냈다. RFE는 LNA, Filter(Image Rejection Filter) Mixer로 구성되며, LNA는 안테나에 의해 선택적으로 수신된 5.8GHz 대역의 미약한 신호를 잡음 없이 증폭하기 위해 사용된다. Filter는 수신된 이미지 성분을 제거하기 위해 사용되며, Mixer는 Filter에서 출력된 5.8GHz 대역에 실린 신호를 LO의 5.84GHz와 혼합되어 40MHz대의 IF로 Down Conversion 시키기 위해 사용된다.

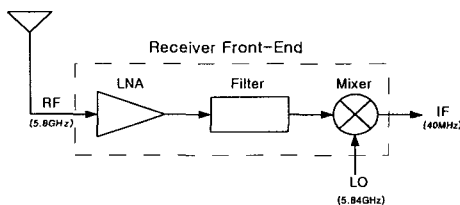


그림 1. OBE 시스템의 RFE 구성도

본 논문에서는 차량탐재장치의 구성요소이면서 전체 수신단의 잡음특성을 결정할 수 있는 주요소자인 LNA를 설계하였으며, 특히 수신단의 중요파라미터인

NF 특성과 선형 특성이 좋도록 노력하였다. 회로 설계는 ADS 툴을 이용하여 설계 및 시뮬레이션을 실시하고 Mento 툴을 이용하여 On-Chip으로 Layout 설계를 하였으며, Chip은 ETRI 0.5 $\mu$ m GaAs MESFET 공정을 이용하여 제작하였다.

## II. 회로설계 및 제작

LNA는 NF 특성과 IIP3, 이득, 입출력 반사손실, 안정도 등이 좋아야한다. 그러나 이들 파라메타 간에는 Trade off 관계에 있으므로 이를 충분히 고려하여 설계해야하며, 본 연구에서는 이들 특성을 만족하게 하기 위하여 GaAs MESFET를 이용하여 공통소스단 2단 LNA 구조로 설계하였으며, 두 단은 Self-biasing 으로 동작하도록 설계하여 DC 3.0V 단일 전압만으로도 동작이 가능하도록 하였다. 사용된 GaAs MESFET의 특성과 최종 설계된 회로도들을 표2와 그림2에 각각 나타냈다.[6]

표 2. GaAs MESFET의 주요 특성

항 목	Min.	Max.
Vth[V]	-0.7	-0.5
Idss[mA]	8	12
gm[mS] at Vgs=0V	30	38

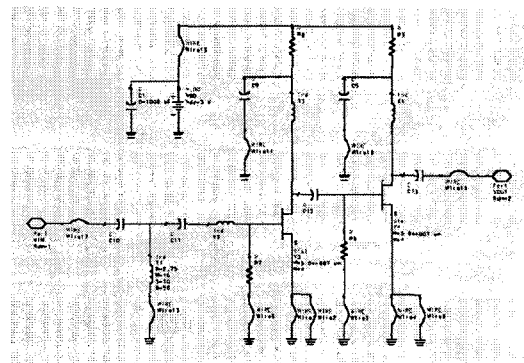


그림 4. 설계한 회로도

LNA의 Noise 특성은 첫째단에 의해서 거의 결정되므로 첫째단 증폭기는 임피던스 정합과 잡음 정합을 동시에 시킬 수 있도록 C-L-C 구조에 L을 추가하여

미세 조정을 통한 최적화로 설계하였고, 첫째단과 둘째단의 드레인 단자에 연결된 L은 출력단의 임피던스매칭과 RF Choke 필터로 작용하여 직류전원으로 유입되는 RF 성분을 제거하는 역할을 겸하도록 하였고 C는 저주파에 의한 발진을 억제하여 안정도를 향상하기 위하여 사용하였다. 소스단자에 연결된 L은 Bonding Wire의 특성을 이용하여 Degeneration 소자 역할을 겸하도록 하여 선형성과 안정성을 개선하기 위한 방법으로 사용하였다. 각 단자에 부착된 wire는 시뮬레이션의 특성과 실제 칩제조시(Package)의 동작 특성의 오차를 최소화하기 위하여 칩제조시의 Bonding wire의 특성을 고려하여 부착하였다. 그림3에 ETRI 0.5 $\mu$ m GaAs MESFET 공정을 통해 구현된 LNA MMIC 사진을 나타냈으며, 전체 회로 면적은 1.2mm $\times$ 0.7mm이다. Layout은 Coupling을 억제하기 위해 Ground Shielding 처리를 하였다.

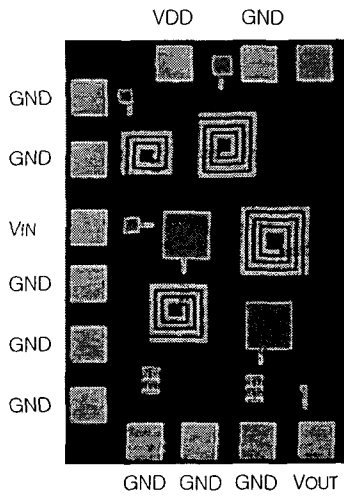


그림 5. LNA MMIC

### III. 측정 결과 및 고찰

그림4는 LNA의 Gain과 NF를 실험한 결과를 나타냈다. 실험 결과, 이득은 13.4dB이고, NF는 1.94dB로 나타났으며, 전형적으로 2단 LNA의 경우 Gain이 15dB 내외가 됨을 고려할 때 적당한 값이며, NF는 LNA에 요구되는 NF는 0.4~약3dB 인데 비해 양호한 특성을 보여주고 있다.

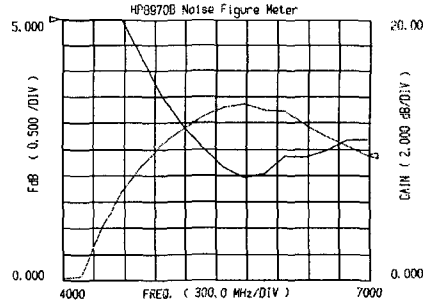


그림 6. NF 및 Gain 측정결과

그림5와 그림6은 LNA의 선형특성을 보기 위해서 Two-tone Test한 결과 및 IIP3점을 각각 보여주고 있다. 측정결과 IMD가 -48.67dBc, IIP3가 3dBm으로 나타났으며, 전형적으로 LNA에 요구되는 IIP3가 -10dBm 이상인 점을 고려할 경우 우수한 선형성을 보여주고 있다.[7]

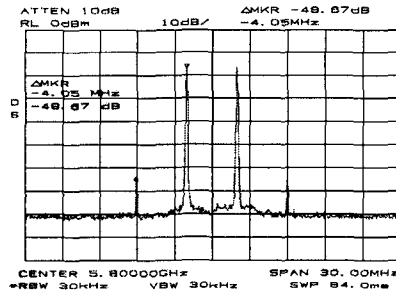


그림 7. Two-Tone 측정결과

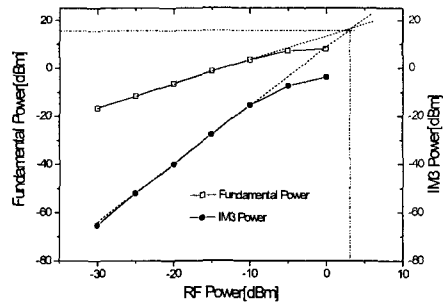


그림 8. 설계한 LNA의 IIP3

#### IV. 결론

본 연구는 항만의 자동게이트통관시스템에 사용되는 OBE 시스템의 RFE 구성요소중 하나인 5.8GHz 대역의 저잡음증폭기를 ETRI의 0.5 $\mu$ m GaAs MESFET을 사용하여 최적으로 설계하고 공정을 통하여 MMIC로 구현하였다. 구현된 LNA MMIC는 NF는 1.94dB이고  $IP3$ 가 3dBm으로 양호한 특성으로 나타났으며, 그 원인으로 회로 설계할 때부터 설계값과 실제 칩제조시의 동작 특성의 오차를 최소화하기 위하여 Bonding wire의 특성을 고려하였기 때문으로 분석되며, 향후 MMIC의 설계시 공정 및 Package 파라미터를 최대한 고려한다면 양질의 MMIC가 제작될 수 있을 것으로 사료된다.

향후 DSRC용 OBE 시스템의 전단부(Front-end) 전체를 RF 모듈화 하기 위한 연구를 수행중에 있다.

본 논문은 2002년도 동아대학교 지능형통합항만관리 연구센터의 지원에 의하여 연구되었으며, 논문의 일부는 IDEC의 TOOL을 사용하였음.

#### 참고문헌

- [1]Eng Chuan Low, Kelvin Yan, H.Nakamura, and Hiroki I. Fujishiro "A Plastic Package GaAs MESFET 5.8-GHz Receiver Front-End with On-Chip Matching for ETC," IEEE Transaction on Microwave Theory Techniques, Vol. 48, No. 2, February 2000
- [2]M. Minagi, M. Toge, K. Ueda, N. Mohri, "The Nonstop Electronic Toll Collection System," MWE'97 Microwave Workshop Digest, pp.194-199, 1997.
- [3]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
- [4]M.Minage,M.Toge,K.Ueda,M.Mohri,"The Nonstop Electronic Toll Collection System", MWE97 Microwave Workshop Digest, pp.194-199, 1997.
- [5]"5.8GHz대역 노선기지국과 차량단말기간 근거리전용 무선통신 표준안",한국정보통신기술협회(TTA), pp.6-8, 2000.

[6]"IDEC MPW 설계설명회 자료집",IDEC, pp4-5, 2000

[7]Behzad Razavi,"RF MICROELECTRONICS", PRENTICS HALL PTR, pp166-205, 1998