

## Ka 대역 광대역 MMIC 전력증폭기

백경식, 김영기, 맹성재, 이진희, 박철순

안양대학교 정보통신공학과

\* 한국전자통신연구원 반도체화학물연구실

### PHEMT MMIC Broad-Band Power Amplifier for LMDS

Kyoung-Sik Beak, Young-Gi Kim, Sung-Jae Maeng, Jin-Hee Lee, and Chul-Soon Park

Dept. of Data Communication, Anyang University, 708-113, Anyang 5-Dong, Manan-Gu, Anyang-City,

Kyungki-Do, 430-714, KOREA

+82-343-67-0894(fax), kimyg@aycc.anyang.ac.kr

\* Dept. of Compound Semiconductor, Electronics and Telecommunications Research Institute

161 Kajong-Dong, Yusong-Gu, Taejeon, 305-350, KOREA

+82-42-820-6183(fax), sjmaeng@etri.re.kr

#### Abstract

A two-stage monolithic microwave integrated circuits (MMIC) broad-band power amplifier with AlGaAs/InGaAs/GaAs pseudomorphic high electron mobility transistor (PHEMT) has been developed for the up-link and down-link applications for local multipoint distribution systems (LMDS) in the frequency range of 24 ~28 GHz. The amplifier has a small signal gain of 18.6 dB at 24.5 GHz and 16.7dB at 27.1GHz. It achieved output powers of 19.8 dBm with PAE of 19.8% at 24.5 GHz and 18.8 dBm at 27.1 GHz.

#### 1. 서론

대용량의 초고속 데이터 전송속도에 대한 수요가 증가함에 따라 Ka 대역의 주파수를 이용한 Local Multipoint Distribution Systems(LMDS)가 미래의 각광 받는 무선통신으로 대두되게 되었다. LMDS의 서비스 셀 반경은 서비스 비용과 밀접한 관계를 가지며 Ka 대역 주파수의 출력전력에 의하여 결정된다[1]. 이에 다른 선두 연구 그룹들은 Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor (PHEMT), Hetero-junction Bipolar Transistor(HBT), Metal Semiconductor Field Effect Transistor(MESFET)등의 능동 반도체 소자의 기술을 바탕으로 하는 Ka 대역 전력증폭기를 연구 개발하였다[2], [3], [4]. PHEMT는 Ka 대역의 주파수에서 매

우 우수한 전도특성을 지니고 있기 때문에 고효율과 고증폭 특성이 요구되는 고성능의 전력증폭기에 적합하다. 이온 주입(ion-implanted)을 이용한 MESFET는 그 제작 공정상의 단순성으로 인하여 PHEMT에 비하면 비교적 저가의 회로에 적합하다. Monolithic Microwave Integrated Circuit(MMIC)는 소형화, 재현성, 대량 생산성 등의 장점과 밀리미터 파까지의 높은 주파수회로에서 외부 연결 선에 의하여 발생하는 부작용에 의한 수율 및 성능의 저하가 덜 하고, 마이크로 스트립 라인으로 정합회로를 형성하여도 적은 웨이퍼 면적을 차지하기 때문에 Ka 대역 주파수를 이용하는 LMDS 회로에 매우 적합하다[6]. 양방향 LMDS에서는 중계기단의 출력 주파수 대역과 가입자단의 출력주파수 대역 사이에 주파수 간격을 두어 서로의 신호가 간섭을 일으키지 않게 한다. 이전의 선두 그룹의 연구는 주로 중계기단의 고출력전력 증폭기의 개발을 위주로 하였다[2,3]. 가입자단에서는 24.25GHz ~ 24.75GHz의 주파수 대역을 사용하고 중계기에서는 26.7GHz ~ 27.5GHz의 주파수 대역을 사용하는 양방향 LMDS의 경우는 가입자단에서 요구되는 출력이 중계기에서 요구되는 출력에 비하여 매우 적기 때문에, 본 논문에서는 가입자 단의 출력주파수에 맞는 전력증폭기를 중계기 단의 출력 주파수 대까지 동작하는 광대역으로 개발하여, 중계기단의 전력 구동 증폭기로 사용할 수 있게 하였다.

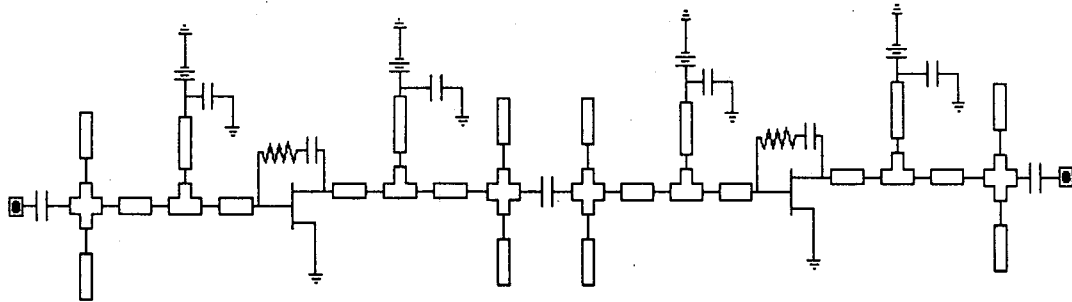


그림 1. 광대역 증폭기 구성도

## II. 설계

광대역 증폭기의 형태로는 분산형 증폭기나 피드백(feed-back) 형태의 증폭기를 들 수 있다. 분산형 증폭기는 23GHz 까지의 매우 넓은 대역폭을 가질 수 있으나, 출력전력특성과 전력증폭특성이 크게 저하되어, 여러 개의 능동소자가 필요하여 실제적으로 넓은 웨이퍼 면적을 차지하므로 Ka 대역의 MMIC 전력증폭기는 비효율적이다[7]. 따라서 본 논문에서는 대역폭이 넓고 정합과 안정화가 용이하고 웨이퍼 면적을 적게 차지하는 피드백의 회로 형태를 취하여 2단으로 그림 1.과 같이 증폭기를 구성하였다. 출력 단에서 입력 단으로 저항을 추가하여 연결한 음의 피드백 형태는 트랜지스터의 안정성을 향상시키고 입력단과 출력단의 임피던스 정합을 보다 용이하게 하는 효과를 얻을 수 있다[8].

폭기로, 8.5 dB 증폭을 얻기위해 둘째단 증폭기로 각각 사용하였다. 양단의 증폭기는 마이크로-스트립 라인을 이용하여 A 급에서 동작하도록 설계하였다. 예상치 않은 발진을 방지하기위해 대형형의 오픈 스타터브로 컨주게이트 정합을 하였다. MIM 커패시터는 공정의 오차를 줄이기 위해서 커플링과 디커플링의 용도로만 사용하였다. 바이어스 네트워크는 높은 임피던스를 갖는 4분의 1 파장 마이크로-스트립 라인과 RF 바이패스를 위해 바이패스 커패시터로 구성하였다. LMDS의 업-다운 링크의 전력을 최적화할 수 있도록 출력 전력, 대역 내에서의 이득 평단도, 정합, 안정성, 효율, 그리고 칩 크기를 고려하여, 마이크로 웨이브 회로 분석 프로그램인 HP EESOF사의 LIBRA를 사용하여, Root FET 모델을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션하여 설계한 회로의 선형 이득, 입력단과 출력단의 광대역 정합 및 안정 계수 K를 그림 3.에 도시하였다.

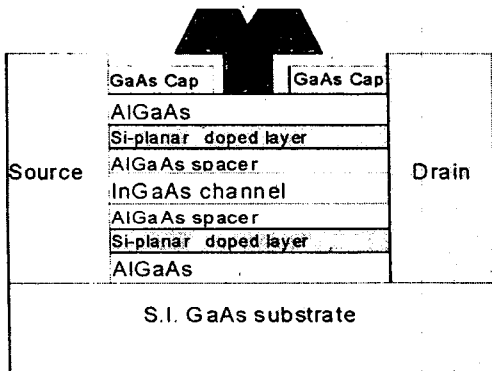


그림 2 PHEMT의 종단면

이 설계에 사용되어진 PHEMT 디바이스는 MBE로 성장시킨 AlGaAs/InGaAs/GaAs 웨이퍼 상에 길이 0.15um의 T-형 게이트 형태를 갖는 구조로 그림 2.에 나타내었다. 게이트 넓이 200 um와 400 um로 이루어진 PHEMT를 10 dB 증폭을 얻기위해 첫째단 증

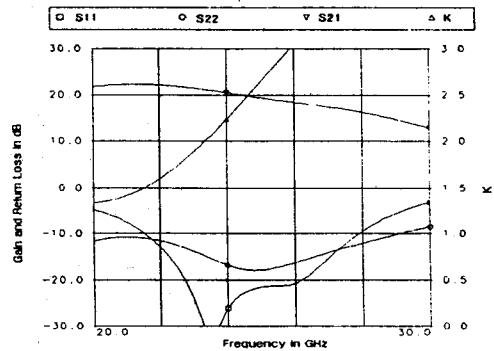


그림 3. 시뮬레이션한 2단 광대역 증폭기의 선형특성

입력 전력의 변화에 따른 출력 전력과 출력 효율을 24.5GHz와 27.1GHz에서 시뮬레이션한 결과를 그림 4.에 나타내었다.

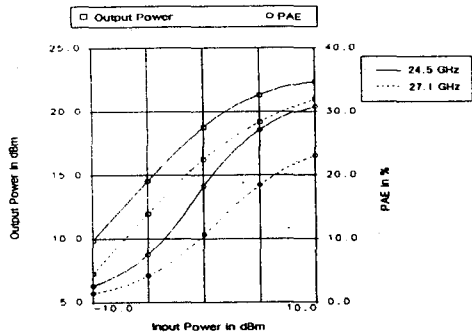


그림 4. 24.5GHz 와 27.1GHz 에서의 출력전력과 전력효율

### III. 제작

두께 100um 의 금으로 된 웨이퍼에 전자통신 연구소의 PHEMT 제작과정을 통해 전력 증폭기를 제작하였고, 소오스 인덕턴스를 줄이고 온도의 발산을 위해 디바이스의 그라운드에 에칭이 되어있는 후면 비아-홀을 이용하여 1.44mm x 2.45mm 크기의 그림 5. 와 같은 2 단 증폭기를 제작하였다.

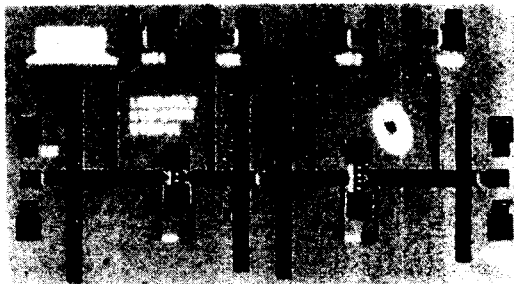


그림 5. 제작된 2 단 증폭기의 사진

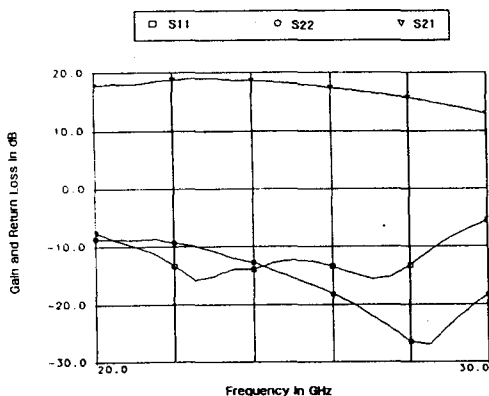


그림 6. 제작 측정되어진 2 단 MMIC 증폭기 선형특성

### IV. 측정 및 분석

드레인단에 3V 의 바이어스를 인가한 2 단 증폭기가 24.5 GHz 에서 18.6 dB, 27.1 GHz 에서 16.7 dB 의 소신호 이득을 얻은 것을 그림 6.에 나타내었다. 측정된 이득은 시뮬레이션한 것에 비교하여 상당히 일치함을 알 수 있다.

그림 7.은 입력 전력을 0dBm 으로 하고, 주파수의 변화에 따른 출력 전력과 출력 효율을 나타내었다.

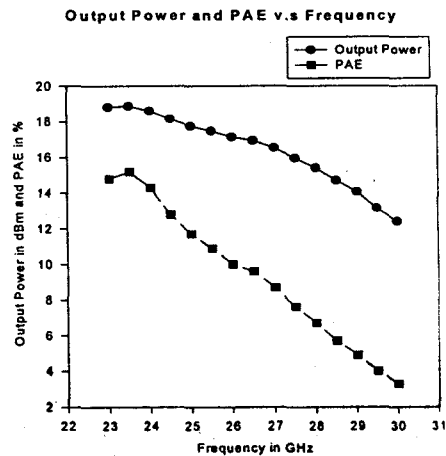


그림 7. 입력 전력을 0dBm 일때 주파수에 따른 출력 전력 특성과 전력 효율

업-링크 전력 증폭기의 24.5 GHz 에서 17.5 dB 의 이득을 갖고 18.5 dBm 의 출력 전력 용량을 그림 8.에 나타내었다. 이 점에서의 전력 효율은 13.5% 이다.

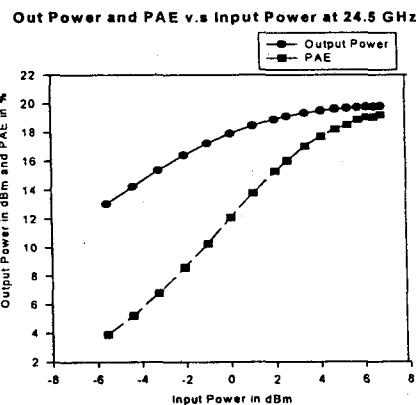


그림 8. 24.5GHz 에서 입력 전력에 대한 출력 전력과 전력 효율

27.1 GHz 다운-링크의 전력 증폭기의 구동 드라이버로 사용되어 질 때 15.7dB 이득을 가지면서 출력 전력은 17.5 dBm 이고 전력 효율은 11%이다. 그림 9.에 나타내었다.

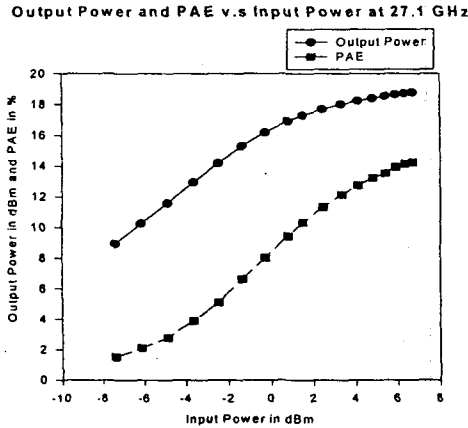


그림 9. 27.1GHz 에서 입력 전력에 대한 출력 전력과 전력 효율

드레인 바이어스를 4V 로 하였을 때, 2 단 증폭기의 출력 특성은 24.5 GHz 에서 19.8 dBm 의 출력 전력과 19.8%의 전력 효율과 27.1 GHz 에서 18.8 dBm 의 출력 전력을 얻을 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서 제시한 MMIC PHEMT 전력 증폭기는 LMDS 용 up-link 전력 증폭기와 down-link 구동 증폭기로 두 가지 역할이 가능함을 제시하였다. Ka-band 에서 안정된 광대역의 증폭기를 설계하는데 있어 피드백 회로 토폴로지가 성공적으로 적용되었다. 이 연구 결과로부터 국내 Ka-band 에 많은 응용분야가 형성되었으면 한다.

## REFERENCES

1. Pauline Tratter and Kate Hewett, "Broadband Wireless Strategies," Ovum Ltd, 1997
2. Mansoor K. Siddiqui, Arvind. Shirma, Leonardo G. Callejo, Chung-Hau Chen, Kin Tan, and Huan-Chun Yen, "A high power and high efficiency power amplifier for local multipoint distribution service," IEEE MTT-S Digest, pp. 701-704, 1997
3. S. Murakami, S. Tanaka, Y. Amamiya, H. Shimawaki, N. Goto, K. Honjo, Y. Ishida, Y. Ishida, M. Yajima and Y. Hisada, "A 3.6-W 26 GHz-band AlGaAs/GaAs HBT power amplifier," IEEE GaAs IC symp. Tech Dig., pp.99-102, 1996
4. Y. Kalayci, R. Tempel, W. Lutke, M. Akpinar, and I. Wolff,

5. "A miniaturized Ka-band MMIC high-gain medium power amplifier in coplanar line technique by using a conventional 0.5  $\mu$ m MESFET technology," IEEE MTT-S symp. Dig., vol. 3, pp.1623-1626, 1995
5. Ron Yarborough, Paul Saunier, and Hua Quen Tserng, "Performance comparison of 1 Watt Ka-band MMIC amplifiers using pseudomorphic HEMTs and Ion-Implanted MESFETs," IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium, pp.21-24, 1996
6. K. W. Kobayashi, H. Wang, R. Lai, L. T. Tran, T. R. Block, P. H. Liu, J. Cowles, Y. C. Chen, T. W. Hauang, A. K. Oki, H. C. Yen and D. C. Streit, "An InP HEMT W-band amplifier with monolithically integrated HBT bias regulation," IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 7, No. 8, pp.222-224, Aug. 1997
7. Keith M. Simon, Ratana M. Wohlert, John P. Wendler, Lisa M. Aucoin and David W. Vye, "K- Through Ka-band driver and power amplifiers," IEEE Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium, pp.29-32, 1996
8. I. D. Robertson, "MMIC design," IEE, 1995