

# 60 GHz 통신 시스템 송신단의 구현을 위한 V-band MIMIC 상향 주파수 혼합기와 구동 증폭기 설계 및 제작

진진 만, 이상진, 고두현, 안단, 이문교, 이성대,  
임병욱, 조창식, 백용현, 박형무, 이진구  
전화 : 02-2260-8697 / 핸드폰 : 018-260-5855

## Design and Fabrication of V-band Up-Mixer and Drive Amplifier for 60 GHz Transmitter

Jin-Man Jin, Sang-Jin Lee, Du-Hyun Ko, Dan An, Mun-Kyo Lee, Seong-Dae Lee  
Byeong-Ok Lim, Chang-Shik Cho, Yong-Hyun Baek, Hyung-Moo Park, Jin-Koo Rhee

Millimeter-wave INnovation Technology research center, Dongguk University  
E-mail : [jkrrhee@dongguk.edu](mailto:jkrrhee@dongguk.edu)

### Abstract

본 논문은 밀리미터파 대역 무선통신 시스템 송신부의 응용을 위해 CPW 구조를 이용하여 V-band용 상향 주파수 혼합기와 2단 구동증폭기를 설계·제작하였다.

능동소자는 본 연구실에서 제작한 0.1  $\mu\text{m}$  게이트 GaAs Pseudomorphic HEMTs(PHEMTs)를 사용하였으며 입출력단은 CPW를 사용해 정합 회로를 설계하였다. 제작된 상향 주파수 혼합기는 LO power 5.4 dBm, 2.4 GHz IF 신호를 -10.25 dBm으로 입력하였을 때 Conversion Loss 1.25 dB, LO-to-RF Isolation은 58 GHz에서 13.2 dB의 특성을 나타내었다. 2단 구동 증폭기는 측정결과 60 GHz에서 S21 이득 13 dB, 58 GHz ~ 64 GHz 대역에서 S21 이득 12 dB 이상을 유지하는 광대역 특성을 얻었고 증폭기의 P1 dB는 3.8 dBm, 최대 출력전력은 6.5 dBm의 특성을 얻었다.

### I. 서론

최근 무선통신 시장의 확대와 함께 무선, 멀티미디어 서비스 등의 수요 증가로 넓은 주파수 대역폭을 제공할 수 있는 밀리미터파 대역을 기반으로 한 초고속 및 대용량 데이터 통신 기술이 주목받고 있으며 이에 따라 제반 기술 개발의 중요성도 증가되고 있다. 특히 V-band 대역인 60 GHz는 산소 분자의 신호 흡수 특성을

가지고 있어 이 대역에서의 응용을 위한 연구가 진행되고 있으며 초고속 광대역 통신을 위한 실내 무선 통신의 주파수 대역으로 부각되고 있다. 이러한 무선 통신 시스템의 소형화 및 저가격화를 위해 밀리미터파 대역의 부품 개발이 선행되어야 하며 단일칩 집적회로인 MIMIC (Millimeter - wave Monolithic Integrated Circuit)화가 필수적이라고 할 수 있다[1].

본 논문에서는 0.1  $\mu\text{m}$  게이트 GaAs Pseudomorphic HEMTs(PHEMTs)를 설계 제작하고 회로정합을 위한 CPW(Coplanar Waveguide) 및 수동소자 라이브러리를 구축한 후 60 GHz 실내 무선 통신 시스템에 사용 가능한 상향주파수 혼합기(Up-MIXER)와 구동증폭기(Drive Amplifier)를 설계, 제작하였다[2].

### II. V-band MIMIC 설계

실내 무선 통신 시스템에서의 적용을 위하여 60 GHz 대역에서 상향 주파수 혼합기와 2단 구동 증폭기 설계 하였다. 그림 1은 시스템 블록도이며 상향 주파수 혼합기는 2.4 GHz의 IF 주파수와 58 GHz의 LO 주파수, 60.4 GHz의 RF 주파수로 동작하도록 설계하였으며, IF 신호를 -10 dBm으로 입력하고 LO 신호를 2 dBm으로 입력하였을 때 변환 손실을 3 dB 이하의 시뮬레이션 결과를 얻었다. 2단 구동 증폭기는 광대역 이득 특성을 얻기 위하여 58 GHz ~ 62 GHz 대역에서 12 dB 이상, P1 dB는 5 dBm 이상으로 설계하였다.

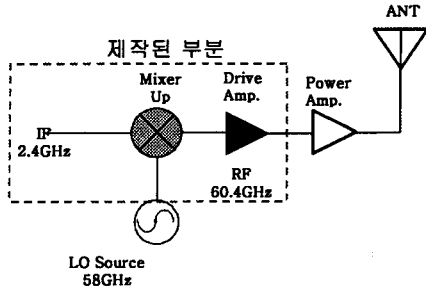


그림 1. 60GHz 대역의 송신단 블록도

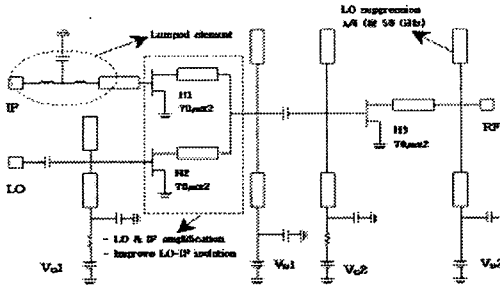


그림 2. V-band MIMIC 상향주파수 혼합기

그림 2와 3은 상향 주파수 혼합기와 2단 구동 증폭기의 회로도를 보여주고 있다. 상향 주파수 혼합기 설계시, IF단과 LO단에 PHEMT를 사용하여 각각의 신호를 증폭하고 S12의 특성으로 IF와 LO단간의 좋은 격리 특성을 나타내도록 설계하였다. RF단과 LO단의 정합회로는 CPW 전송선로를 사용하였으며 IF 주파수는 상대적으로 낮은 주파수이기 때문에 칩 크기를 최소화하기 위해 인덕터와 캐패시터 등의 집중형 소자를 사용하여 정합회로를 설계하였다. IF단의 게이트 바이어스는 측정시의 부에서 바이어스 Tee를 사용하여 인가하였다[3-4].

2단 구동 증폭기 설계시에는 간단한 회로를 이용하여 정합 회로를 설계하였고 저주파에서의 정합을 위하여 입력단에 Open Stub를 추가하였다. 게이트단의 바이어스 라인에는  $\lambda/4$  Short Stub로 설계하여 60 GHz 대역 고주파 신호의 바이어스 쪽으로 손실을 막도록 설계하였으며 저항을 추가하여 저주파 대역의 신호 손실 방지와 안정도를 향상하였다[5-6].

### III. V-band MIMIC 제작

제작된 MIMIC은 CPW 전송 라인과 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>를 유전체로 사용한 MIM 커패시터, Sheet Resistance가 30 ohm인 Ti 박막 저항, 에어브리지, 게이트 길이가 0.1  $\mu$ m인 PHEMT를 칩 내부에 일괄 형성하였다[7]. 그림 4와 5는 각각 제작된 V-band MIMIC 상향 주파수 혼합기와 2단 구동증폭기의 칩 사진이다.

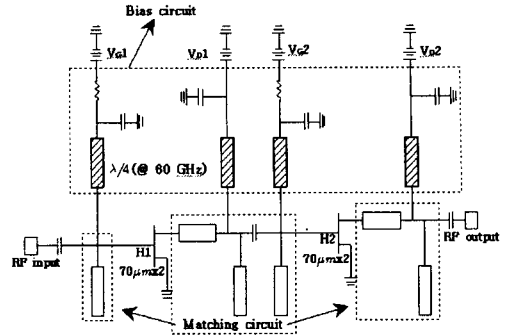


그림 3. V-band 구동 증폭기 회로도

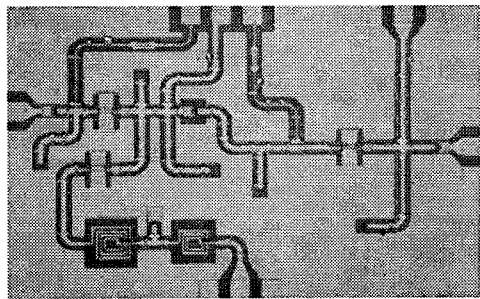


그림 4. Up-Mixer (칩크기: 2.3 mm × 1.6 mm)

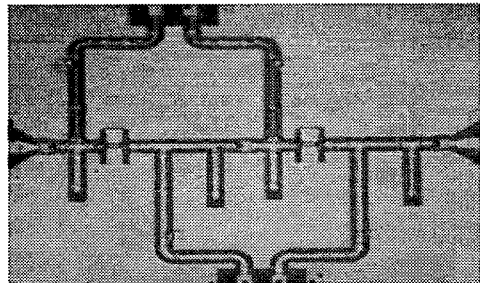


그림 5. V-Band용 구동 증폭기 (칩크기: 2 mm × 1.5 mm)

### IV. V-band MIMIC 측정 및 분석

제작된 칩의 측정은 On-Wafer 상에서 수행하였다. Up-Mixer 측정시 IF 신호와 LO 신호는 Agilent사의 83623B 신호발생기와 믹서를 이용하여 입력하였으며 6629A DC Power Supply로 바이어스를 인가하였고 11974V Preselected RF Selection으로 60.4GHz 신호를 받아 E4407B Spectrum Analyzer를 통하여 출력 특성을 검증 하였다.

구동 증폭기 역시 On-Wafer상에서 측정을 수행하였으며 측정시 85106D Millimeter Wave Vector Network Analyzer를 이용하였고 4156A Precision

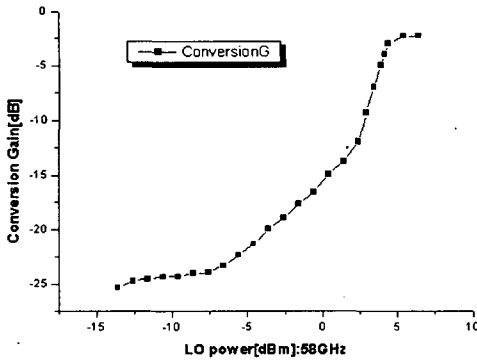


그림 6. LO Power에 대한 변환 이득

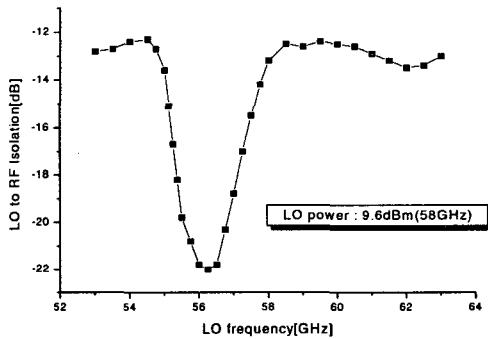


그림 7. LO 주파수에 대한 LO to RF Isolation

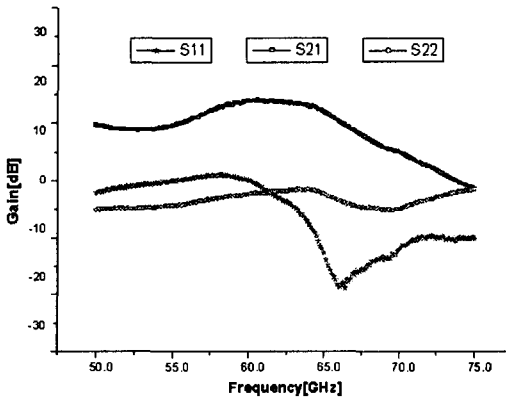


그림 8. 구동 증폭기의 S-Parameter 측정결과

Semiconductor Parameter Analyzer를 이용하여 바이어스를 인가하였다.

출력 특성은 83623B를 이용하여 60 GHz 대역의 출력 전력을 측정하였으며 케이블과 프로브에 의한 신호의 손실은 보상하였다.

그림 6과 그림 7은 상향 주파수 혼합기의 LO Power에 대한 Conversion Gain과 LO 주파수에 대한 LO to RF Isolation의 측정 결과로 각각 LO power 5.4 dBm,

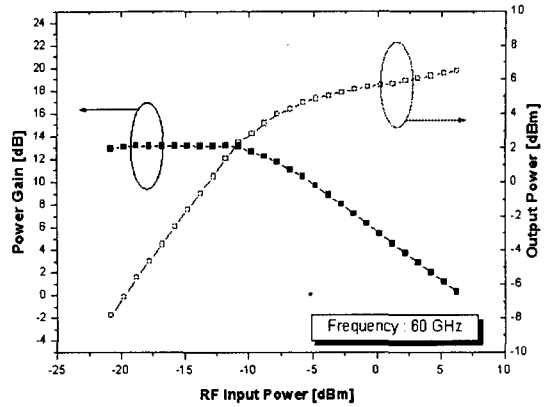


그림 9. Power Gain & Output Power 측정결과

2.4 GHz IF 신호를  $-10.25$  dBm으로 입력하였을 때 Conversion Loss 1.25 dB, 그리고 LO-to-RF Isolation은 58 GHz에서 13.2 dB의 특성을 나타내었다. 그림 8과 9는 설계된 구동 증폭기의 이득과 출력 전력 측정결과를 나타내었으며 60 GHz에서 S21 이득 13 dB, 58 GHz ~ 64 GHz 대역에서 S21 이득 12 dB 이상을 유지하는 광대역 특성을 나타내었다. 증폭기의 P1 dB는 3.8 dBm, 최대 출력전력은 6.5 dBm의 특성을 얻었다.

## V. 결론

본 논문에서는  $0.1 \mu\text{m}$  게이트 GaAs Pseudomorphic HEMTs(PHEMTs)를 설계 제작하고 회로정합을 위한 CPW 구조를 이용하여 V-band용 상향 주파수 혼합기와 2단 구동증폭기를 설계·제작하였다. 설계된 상향 주파수 혼합기는 LO power 5.4 dBm, 2.4 GHz IF 신호를  $-10.25$  dBm으로 입력하였을 때 Conversion Loss 1.25 dB, 그리고 LO-to-RF Isolation은 58 GHz에서 13.2 dB의 특성을 나타내었다. 2단 구동 증폭기는 측정결과 60 GHz에서 S21 이득은 13 dB, 58 GHz ~64 GHz 대역(6 GHz)에서 S21 이득 12 dB 이상을 유지하는 광대역 특성을 얻었고 증폭기의 P1 dB는 3.8 dBm, 최대 출력 전력은 6.5 dBm의 특성을 얻었다. 본 논문에서 설계, 제작된 상향 주파수 혼합기와 2단 구동 증폭기는 무선통신 시스템에 응용 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] A. Yamada, Y. Amano, Y. Motouchi, N/ Tankahashi, E. Suematsu, and H. Sato, "A Compact 60 GHz Sub-Harmonically Pumped Mixer MMIC Intergrated with an Image Rejection Filter," 2002 IEEE MTT-S

- Int. Microwave Symp, Digest*, pp. 1733~1736, 2002.
- [2] Byeong-Ok Lim, Tae-Shin Kang, Bok-Hyung Lee, Mun-Kyo Lee, Jin-Koo Rhee, "The structure of CPW-FET for reducing parasitic capacitance due to air-bridge interconnection," *ITC-CSCC'03*, vol. 1, pp. 314, July 2003.
- [3] Won-Young Uhm, Woo-Suk Sul, Han-Shin Lee, Sam-Dong Kim, Hyung-Moo Park, and Jin-Koo Rhee, "High-Performance V-band Monolithic Quadruple Subharmonic Mixer With Anti-Parallel Diode Pair," *Micro. and Optical Tech. Lett*, vol. 40, no. 5, pp. 349~352, March 2004.
- [4] Won-Young Uhm, Woo-Suk Sul, Hyo-Jong Han, Sung-Chan Kim, Han-Sin Lee, Dan An, Sam-Dong Kim, Dong-Hoon Shin, Hyung-Moo Park, Jin-Koo Rhee, "A high performance V-band monolithic quadruple sub-harmonic mixer," *Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International*, vol. 2, pp. 1319~1322, June 2003.
- [5] Young Yun; Masaaki Nishijima; Motonari Katsuno; Hidetoshi Ishida; Katsuya Minagawa; Toshihide Nobusada; Tsuyoshi Tanaka; "A fully integrated broad-band amplifier MM IC employing a novel chip-size package," *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, Volume: 50, Issue: 12, pp. 2930~2937, Dec. 2002.
- [6] Varonen, M.; Karkkainen, M.; Kangaslah ti, P.; Porra, V.; "Integrated power amplifier for 60 GHz wireless applications," *Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International*, vol. 2, pp. 915~918, 8-13 June 2003.
- [7] Woo-Suk Sul, Byeong-Ok Lim, Seong-Dae Lee, Dong-Hoon Shin, Sam-Dong Kim, Soon-Koo Kim, Yong-Hoh Kim and Jin-Koo Rhee, "Studies on the fabrication of 0.1  $\mu\text{m}$   $\Gamma$ -gate PHEMT's," *Proceedings of ITC-CSCC '01, Tokushima, Japan*, pp. 1017-1021, 2001.