

광대역의 우수한 이득평탄도를 갖는 V-밴드 전력증폭기 MMIC

장우진, 지홍구, 임종원, 안호균, 김해천, 오승엽*
한국전자통신연구원 초고주파소자팀
*충남대학교 전자공학과

V-Band Power Amplifier MMIC with Excellent Gain-Flatness

Woo Jin Chang, Hong-Gu Ji, Jong-Won Lim, Ho-Kyun Ahn, Haecheon Kim
and Seung-Hyueb Oh*

Microwave Devices Team, ETRI

*Electronics Engineering Department, Chungnam National University
E-mail: wjchang@etri.re.kr

Abstract

In this paper, we introduce the design and fabrication of V-band power amplifier MMIC with excellent gain-flatness for IEEE 802.15.3c WPAN system. The V-band power amplifier was designed using ETRI's 0.12 μm PHEMT process. The PHEMT shows a peak transconductance ($G_{m,peak}$) of 500 mS/mm, a threshold voltage of -1.2 V, and a drain saturation current of 49 mA for 2 fingers and 100 μm total gate width (2f100) at $V_{ds}=2$ V. The RF characteristics of the PHEMT show a cutoff frequency, f_T , of 97 GHz, and a maximum oscillation frequency, f_{max} , of 166 GHz. The gains of the each stages of the amplifier were modified to have broadband characteristics of input/output matching for first and fourth stages and get more gains of edge regions of operating frequency range for second and third stages in order to make the gain-flatness of the amplifier excellently for wide band. The performances of the fabricated 60 GHz power amplifier MMIC are operating frequency of 56.25 ~ 62.25 GHz, bandwidth of 6 GHz, small signal gain (S_{21}) of 16.5 ~ 17.2 dB, gain flatness of 0.7 dB, an input reflection coefficient (S_{11}) of -16 ~ -9 dB, output reflection coefficient (S_{22}) of -16 ~ -4 dB and output power (P_{out}) of 13 dBm. The chip size of the amplifier MMIC was $3.7 \times 1.4 \text{ mm}^2$.

I. V-밴드 전력증폭기 MMIC 설계

V-밴드 전력증폭기 MMIC 는 ETRI 자체에서 보유 하고 있는 0.12 μm GaAs PHEMT 4 인치 공정 및 라이브 러리를 사용하여 설계 및 제작하였다. 설계에 사용한 PHEMT 모델은 IC-CAP 으로 추출한 Root 모델을 사용 하였고 Libra 를 사용하여 설계하였다. PHEMT 의 차단주 파수 (f_T)는 97 GHz 이며 최대발진주파수 (f_{max})는 166 GHz 이며 최대 G_m 은 500mS/mm 이고 문턱전압은 -1.2V, 드레인 포화 전류는 $V_{ds}=2$ V 에서 490mA/mm 이다. 설계 에 사용한 PHEMT 는 단위 게이트 두께는 50 μm 이며 게 이트 갯수가 2, 4, 8 개인 총 게이트 두께가 100 μm 인 소 자 1 개, 200 μm 인 소자 1 개, 400 μm 인 소자를 2 개를 사 용하였다. 입출력 정합 및 단간 정합은 microstripline, open stub, 필터를 이용하여 4 단으로 구성된 증폭기를 설계하였고 PHEMT 의 바이어스를 회로의 상단에 게이 트 바이어스와 회로의 하단에 드레인 바이어스를 사용 하도록 바이어스 회로를 설계하였으며, 이와 같이 바이 어스가 구성될 경우 추후 패키지 제작에 용이하다. 게 이트 바이어스가 인가되는 부분에 큰 저항값을 갖도록 NiCr 박막저항을 사용하여 게이트 바이어스로 RF 신호 가 유입되는 것을 방지하여 이득의 감소를 막는 구조를

사용하였다. 이득 평탄도를 광대역으로 우수하게 제작하기 위하여 각 단의 이득을 조정하였는데 첫번째 단과 네번째 단은 입출력 정합의 광대역 특성을 위하여 이득과 입출력 정합이 광대역 특성을 갖도록 하였으며 이와 같이 설계할 경우 동작주파수 대역의 중앙부분에서 이득이 상대적으로 크게 얻어지므로 두번째 단과 세번째 단은 동작주파수의 낮은 주파수 대역과 높은 주파수 대역의 이득이 크도록 설계하였다. 이와 같은 방법으로 설계하여 광대역의 우수한 이득 평탄도를 갖는 전력증폭기를 제작할 수 있었다. 증폭기의 발진을 방지하기 위하여 안정도($K > 1$)를 만족시켜야 하는데 이를 위하여 DC blocking 용으로 사용하는 MIM 캐패시터 대신에 필터를 사용하여 안정도를 만족시켰으며 특히 안정도를 향상시키는 방법으로 능동소자의 입력단과 출력단 사이에 부궤환회로를 사용하는데 이로 인하여 능동소자의 이득이 감소하는 효과를 가져오게 되어 증폭기 전체의 이득이 감소하게 된다. 부궤환 회로로 인한 이득의 감소없이 안정도를 만족시키는 방법으로 필터를 사용하였다. MIM 캐패시터에 비하여 주파수가 낮을수록 크기가 큰 관계로 낮은 주파수 대역에서 사용하여 MMIC 설계 및 제작이 용이하지 않은 점이 있다. 그러나, 본 논문에서 설계 및 제작한 전력증폭기는 V-밴드 대역이므로 필터의 크기 측면에서는 설계 및 제작이 가능하다.

II. 측정

제작한 V-밴드 전력증폭기 MMIC의 성능은 동작주파수 56.25 ~ 62.25GHz로 주파수 대역폭은 7GHz인 광대역 특성을 갖으며 소신호 이득(S_{21})은 16.5 ~ 17.2 dB, 이득평탄도는 0.7 dB, 입력정합(S_{11})은 -16 ~ -9 dB, 출력정합(S_{22})은 -16 ~ -4 dB, 최대출력전력(P_{out})은 13dBm으로 측정되었다. 60GHz 전력증폭기 MMIC의 크기는 $3.7 \times 1.4 \text{ mm}^2$ 이다.

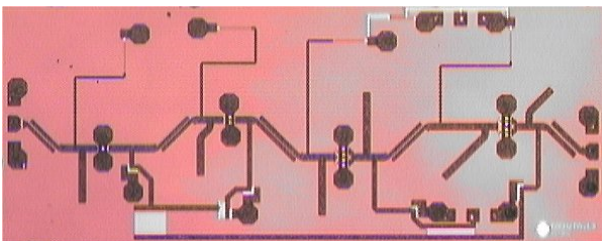


그림 1. 제작한 V-밴드 전력증폭기 MMIC

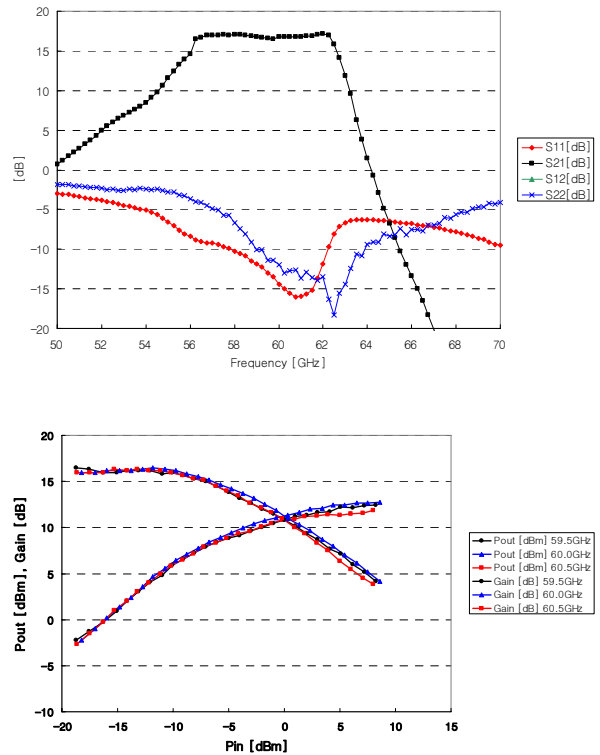


그림 2. 제작한 V-밴드 전력증폭기 MMIC의 측정결과

III. 결론

제작한 V-밴드 전력증폭기 MMIC의 성능은 동작주파수 56.25 ~ 62.25GHz로 주파수 대역폭은 7GHz인 광대역 특성을 갖으며 소신호 이득(S_{21})은 16.5 ~ 17.2 dB, 이득평탄도는 0.7 dB, 입력정합(S_{11})은 -16 ~ -9 dB, 출력정합(S_{22})은 -16 ~ -4 dB, 최대출력전력(P_{out})은 13dBm으로 측정되었다. 60GHz 전력증폭기 MMIC의 크기는 $3.7 \times 1.4 \text{ mm}^2$ 이다. 제작한 V-밴드 전력증폭기는 IEEE 802.15.3c WPAN 시스템에 적용가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] David M. Pozar, Microwave Engineering, John Wiley & Sons Inc., 1998.
- [2] S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, John Wiley & Sons Inc., 1981.
- [3] Jong-Won Lim *et al*, "0.12 μm Gate Length T-Shaped AlGaAs/InGaAs/GaAs PHEMT Fabricated Using a Plasma Enhanced CVD SiNi-Assisted Process", JJAP, Vol. 43, No. 12, pp. 7934-7938, 2004.