

60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재를 위한 60GHz대역 전력증폭기 모듈 제작

장 우 진, 홍 주 연, 강 동 민, 이 진 희, 윤 형 섭, 심 재 업,
이 문 교*, 전 영 훈*, 김 삼 동*, 이 진 구*, 이 경 호
한국전자통신연구원 무선통신소자연구부
*동국대학교 밀리미터파신기술연구센터

Implementation of a 60GHz Power Amplifier Module for 60GHz Wireless LAN System

Woo-Jin Chang, Ju-Yeon Hong, Dong-Min Kang, Jin-Hee Lee,
Hyung-Sup Yoon, Jae Yeob Shim, Mun-Kyo Lee*, Young-Hoon Chun*,
Sam-Dong Kim*, Jin-Koo Rhee*, and Kyung-Ho Lee
Wireless Communication Devices Department, ETRI
*Millimeter-wave Innovation Technology Research Center, Dongguk University

요 약

본 논문에서는 60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재를 위한 60GHz 대역 전력증폭기 모듈을 개발하였다. 60GHz 대역 전력증폭기 모듈에 실장된 60GHz 대역 전력증폭기 MMIC는 ETRI에서 설계 및 제작한 것으로 칩의 크기는 $2.80 \times 1.75\text{mm}^2$ 이며, on-wafer 측정을 하여 얻은 결과는 동작 주파수 58~62GHz에서 소신호 이득은 12.4dB이고, 최대 소신호 이득은 59~60GHz에서 15dB이며, 출력전력(P_{1dB})은 16.3~16.7dBm을 얻었다. 이와 같은 특성을 갖는 전력증폭기 MMIC를 사용하여 모듈을 제작하였으며, RF feed line을 위해 Rogers 사의 RO3003 기판을 사용하였다. 모듈의 입출력은 동작 주파수 대역에 적합한 WR15라는 waveguide 형태를 사용하였고, DC 바이어스 공급을 위해 3.5mm K-connector를 사용하였다. 제작한 모듈의 크기는 $40 \times 30 \times 15\text{mm}^3$ 이며, 최적의 성능을 얻고자 tuning bar를 상하로 이동하여 최적점을 찾았으며 나사로 고정하여 상태를 유지하도록 하였다. DC 바이어스 및 RF feed line과 칩의 연결은 본딩에 의한 인덕턴스를 최소화하기 위하여 3mil 두께의 리본 본딩을 하였다. 전력증폭기 모듈을 측정한 결과, 동작주파수 60GHz 대역에서 소신호 이득은 6dB 이상, 입력 정합은 -10dB 이하, 출력 정합은 -4dB 이하로 측정되었고, 출력전력은 5dBm 이상으로 측정되었다. 동국대에서 제작한 60GHz 무선 LAN 시스템에 전력증폭기 모듈을 시스템 송신부에 탑재 시험한 결과, 동영상을 실시간으로 전송하는데 성공하였다.

1. 서론

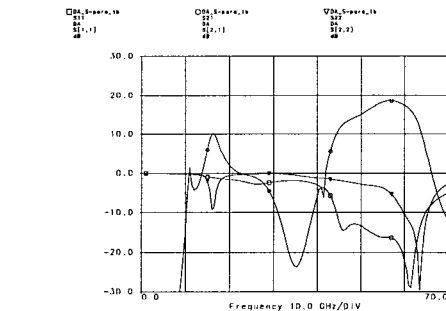
현재 무선통신의 급속한 발달로 인해 문자 및 음성 정보 뿐만 아니라 동영상을 비롯한 대용량의 정보를 무선으로 실시간 송수신하고자 많은 연구가 진행되고 있다. 이중에서 요즘 각광을 받고 있는 2GHz 대역의 무

선 LAN과 5GHz 대역의 무선 LAN에 대한 연구가 활발히 진행중이며 일부 사용하고 있는 실정이다. 그러나, 이보다 더 많은 용량의 정보를 송수신하기 위해서는 전송방법을 개선하여 정보의 용량과 속도를 증가시킬 수도 있지만, RF단의 부품 측면으로 한정시켜 생각한다면 주파수를 올려 대역폭을 넓게 하고 초고속으로 처리하

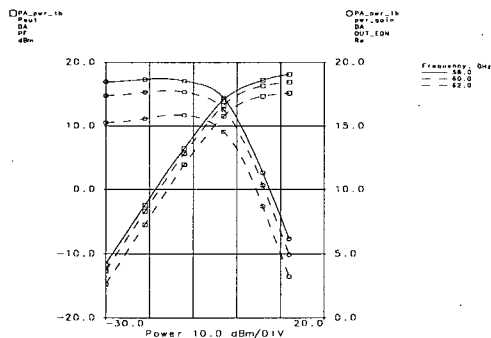
도록 하면 더욱 많은 정보량을 주고 받을 수 있을 것이다. 이런 관점에서 세계적으로도 많은 연구가 이뤄지고 있으며, 본 논문에서도 60GHz대역의 주파수를 사용하여 대용량의 정보를 송수신하고자 60GHz대 전력증폭기 모듈을 개발하여 60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재하여 동영상을 실시간으로 송수신하는데 성공하였다.

II. 60GHz 전력증폭기 MMIC 설계 및 제작

60GHz 전력증폭기 설계를 위하여 사용한 능동소자는 ETRI GaAs 0.15 μ m PHEMT(Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor)이며 gate finger수는 4개, 단위 gate width는 50 μ m인 소자이다. PHEMT소자의 f_T 와 f_{max} 는 각각 90GHz, 140GHz이다. PHEMT소자를 설계에 사용하기 위하여 Root 모델을 사용하였으며, 수동소자로는 DC blocking을 위해 MIM(Metal-Insulator-Metal) capacitor를 사용하였고, NiCr저항과 특히 입출력 정합을 위하여 μ -stripline과 open-stub등을 사용하였다. 그림1은 설계한 60GHz 전력증폭기 MMIC의 설계결과를 나타낸 그림이다. 51~62GHz에서 소신호 이득은 16dB이상이고 이득 평탄도는 3dB, 입력 정합은 -14dB이하, 출력 정합은 -3dB이하이다. 그리고, 출력 전력은 58~62GHz에서 출력 P_{1dB} 는 16dBm이상이다.



(a) 소신호 특성 설계결과



(b) 전력특성 설계결과 (58~62GHz)

그림1. 60GHz 전력증폭기 MMIC의 설계결과

그림2는 설계한 60GHz 전력증폭기 MMIC를 ETRI GaAs 0.15 μ m PHEMT 공정을 이용하여 제작한 사진으로 칩의 크기는 2.80 x 1.75mm²이다. 사진에서 보는 바와 같이 왼쪽과 오른쪽에 각각 RF입력과 RF출력에 해당하는 패드이고, 위쪽과 아래쪽에 각각 gate와 drain에 DC 바이어스를 인가할 수 있도록 한 패드이다.

제작한 60GHz 전력증폭기 MMIC의 특성을 알아보기 위하여 on-wafer 측정된 결과, 그림3에서 보는 바와 같이 동작주파수 58~62GHz에서 소신호 이득은 12.4~15dB로 측정되었으며, 입력 정합은 -6~-12dB이며, 출력 정합은 -3~-13dB로 측정되었다. 출력 P_{1dB} 는 58~62GHz에서 16.3~16.7dBm으로 측정되어 설계와 비슷한 결과를 얻었다.

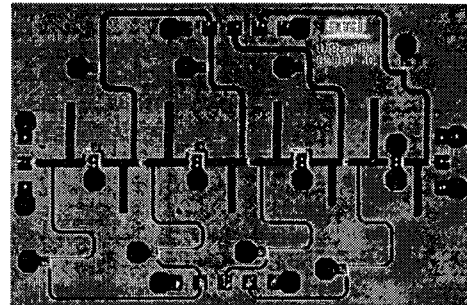
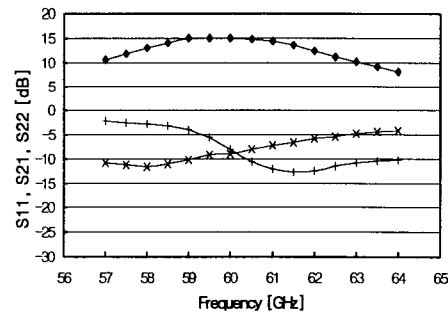
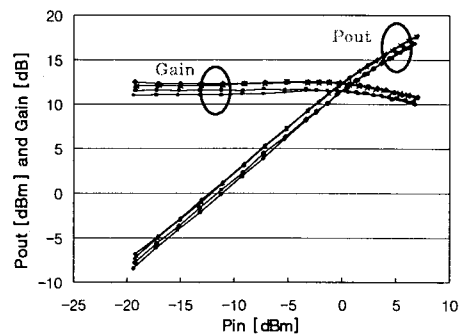


그림2. 제작한 60GHz 전력증폭기 MMIC 사진



(a) 소신호 특성 측정결과



(b) 전력특성 측정결과 (58~62GHz)

그림3. 제작한 60GHz 전력증폭기 MMIC의 측정결과

Ⅲ. 60GHz 전력증폭기 모듈 제작

ETRI에서 제작한 60GHz 전력증폭기 MMIC를 사용하여 모듈을 제작하였으며, 모듈의 크기는 40 x 30 x 15mm³이다. 칩이 금으로 도금한 황동으로 만들어진 하우징에 부착되도록 Ag-epoxy를 사용하였으며, DC 바이어스 공급을 위해 FR4 기판을 사용하였고 RF feed line을 위해 Rogers 社の RO3003 기판을 사용하였다. 모듈의 입출력은 동작 주파수 대역에 적합한 WR15라는 waveguide 형태를 사용하였고, DC 바이어스 공급을 위해 3.5mm K-connector를 사용하였다. 모듈의 최적의 성능을 얻고자 tuning bar를 상하로 이동하여 최적점을 찾았으며 나사로 고정하여 상태를 유지하도록 하였다. DC 바이어스 및 RF feed line과 칩의 연결은 본딩에 의한 인덕턴스를 최소화하기 위하여 3 mil 두께의 리본 본딩을 하였다. DC 바이어스의 ripple 성분 등을 제거해주기 위한 100pF의 캐패시터를 각 바이어스에 연결하였다.

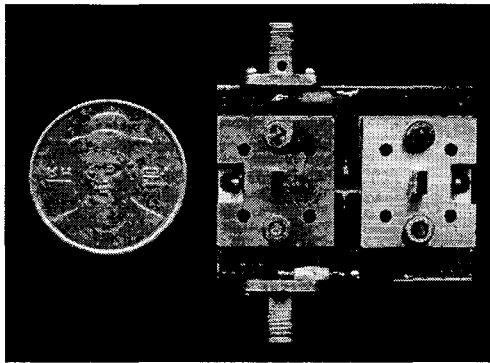


그림4. 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈

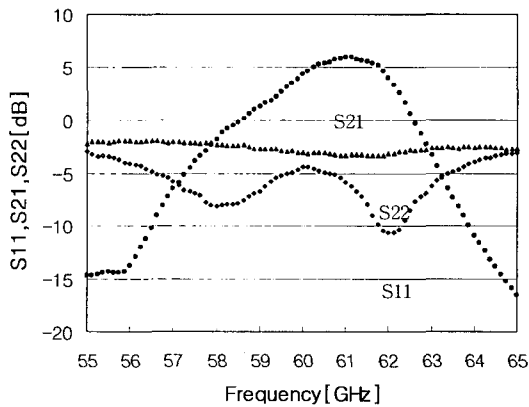


그림5. 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈의 S-parameter 측정결과 (55~65GHz)

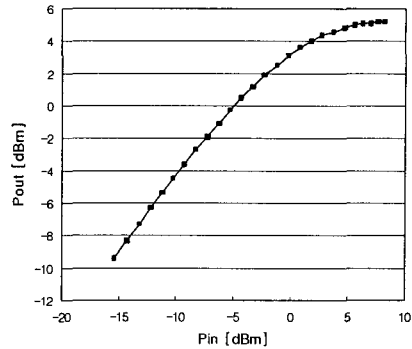
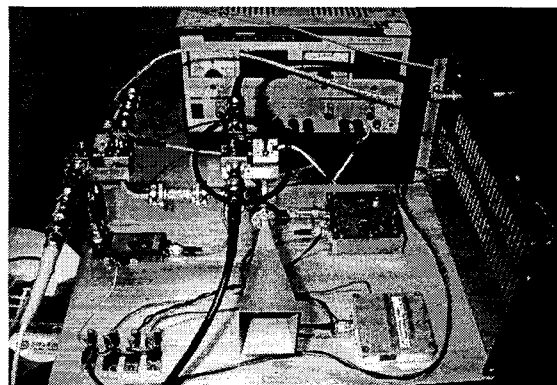


그림6. 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈의 전력특성 측정결과 (61GHz)

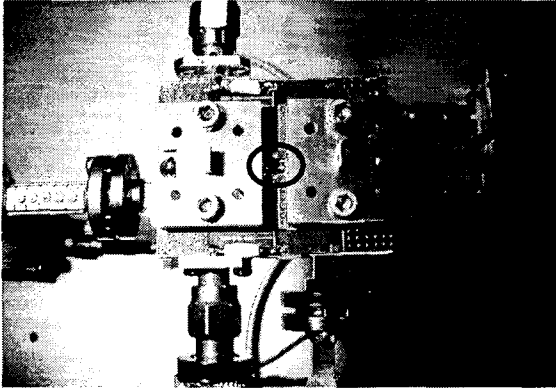
그림4는 이와 같이 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈의 사진이다. 그림5~6은 전력증폭기 모듈을 측정한 결과로, 동작주파수 58~62GHz에서 소신호 이득은 6dB 이상, 입력 정합은 -10dB 이하, 출력 정합은 -4dB 이하로 측정되었고, 61GHz에서 출력전력은 5dBm 이상으로 측정되었다.

Ⅳ. 60GHz 무선 LAN 시스템 탑재 시험

제작한 60GHz 전력증폭기 모듈을 동국대 MINT에서 제작한 60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재 시험한 것이 그림7이다. 그림7(a)에서 타원으로 표시한 부분이 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈이며, 그림7(b)에서 타원으로 표시한 부분이 ETRI의 GaAs 0.15 μ m PHEMT 공정에 의해 제작한 60GHz 전력증폭기 MMIC이다. 신호의 전송되는 경로는 IF 신호와 LO 신호를 혼합하는 mixer를 거쳐서 나오는 RF신호가 필터를 거친 후 60GHz 전력증폭기 모듈로 입력된 신호는 전력증폭기를 거쳐 그림7(a) 하단부에 보이는 사각뿔 모양의 안테나를 통해 전송된다.



(a) 60GHz 무선 LAN 시스템(송신부)에 탑재 시험



(b) 탑재한 60GHz 전력증폭기 모듈의 확대 사진
그림7. 60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재 시험한 사진

그림7에서는 송신부를 나타낸 것이고 수신부와 함께 연동하여 동영상 파일을 실시간으로 송수신하는데 성공하였다. 송신부와 수신부 사이의 거리는 실험실 내부에서 실험하는 관계로 약 5m 정도 되었으며, 송신부와 수신부 사이의 장애물이 있어도 송수신에는 지장이 없었다. 추후 개선할 사항은 모듈의 RF 입출력 feed line에 의한 손실을 줄이는 모듈 개발과 microstrip-to-waveguide transition에 의한 손실을 줄이는 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 60GHz 무선 LAN 시스템에 탑재를 위한 60GHz 대역 전력증폭기 모듈을 개발하였다. 60GHz 대역 전력증폭기 모듈에 실장된 60GHz 대역 전력증폭기 MMIC는 ETRI에서 설계 및 제작한 것으로 칩의 크기는 $2.80 \times 1.75\text{mm}^2$ 이며, on-wafer 측정용 하여 얻은 결과는 동작주파수 58~62GHz에서 소신호 이득은 12.4dB 이상이고, 최대 소신호 이득은 59~60GHz에서 15dB이며, 출력전력(P_{1dB})은 16.3~16.7dBm을 얻었다. 이와 같은 특성을 갖는 전력증폭기 MMIC를 사용하여 모듈을 제작하였다. 제작한 모듈의 크기는 $40 \times 30 \times 15\text{mm}^3$ 이다. 60GHz 무선 LAN 시스템에 제작한 60GHz 전력증폭기 모듈을 탑재 시험한 결과, 동영상을 실시간으로 전송하는데 성공하였으며, 향후 모듈의 RF 입출력 feed line과 microstrip-to-waveguide transition에 의한 손실을 줄이는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] J.H. Lee, C.W. Lee, H.S. Yoon, S.J. Maeng, and K.H. Lee, "Noise and Power Characteristics of AlGaAs/InGaAs/GaAs PHEMT with Two Planar Doping Layers," JKPS, vol. 35, pp. S1084-S1087, Dec. 1999.
- [2] S.S. Choi, J.H. Lee, H.S. Yoon, H.B. Chung, S.Y. Lee, and H.J. Yoo, "Fabrication of a $0.1\mu\text{m}$ T-shaped Gate with Wide Head for Super Low Noise HEMTs," JKPS, vol. 28, No. 6, pp. 768-772, Dec. 1995.