

논문 2005-42TC-6-9

높은 LO-RF 격리 특성의 W-band MIMIC Single-balanced 믹서

(High LO-RF Isolation W-band MIMIC Single-balanced Mixer)

안 단*, 이복형*, 임병옥*, 이문교*, 이상진*, 진진만*, 고두현*,
김성찬*, 신동훈*, 박형무*, 박현창*, 김삼동*, 이진구*, 박정동**

(Dan An, Bok-Hyung Lee, Byeong-Ok Lim, Mun-Kyo Lee, Sang-Jin Lee, Jin-Man Jin,
Du-Hyun Go, Sung-Chan Kim, Dong-Hoon Shin, Hyung-Moo Park, Hyun-Chang Park,
Sam-Dong Kim, Jin-Koo Rhee, and Jung-Dong Park)

요 약

본 논문에서는 branch line coupler과 $\lambda/4$ 전송라인을 이용하여 W-band MIMIC(Millimeter-wave Monolithic Integrated Circuit) single-balanced 믹서를 설계 및 제작하였다. Single-balanced 믹서의 설계를 위해 branch line coupler와 $\lambda/4$ 전송라인을 이용한 94 GHz balun 회로를 설계하였으며, 시뮬레이션 결과 94 GHz에서 반사계수는 -27.9 dB를 얻었으며, coupling은 -4.26 dB, thru 특성은 -3.77 dB의 결과를 얻었다. 격리도와 위상차는 94 GHz에서 각각 23.5 dB 및 180.2°의 결과를 얻었다. MIMIC single-balanced 믹서는 0.1 μm InGaAs/InAlAs/GaAs Metamorphic HEMT (High Electron Mobility Transistor) 다이오드를 이용하여 설계 및 제작되었다. 제작된 MHEMT는 f_T 는 189 GHz, f_{max} 는 334 GHz의 양호한 성능을 나타내었다. 설계된 믹서는 본 연구에서 개발된 MHEMT MIMIC 공정을 이용해 제작되었다. 94 GHz MIMIC single-balanced 믹서의 측정결과 변환손실 특성은 94 GHz에서 23.1 dB의 특성을 나타내었으며, 입력 P1 dB는 10 dBm, 출력 P1 dB는 -13.9 dBm의 결과를 얻었다. Single-balanced 믹서의 LO-RF 격리도는 94.19 GHz에서 45.5 dB의 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다. 본 논문에서 설계 및 제작된 W-band MIMIC Single-balanced 믹서는 기존의 밀리미터파 대역 믹서와 비교하여 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다.

Abstract

In this paper, high LO-RF isolation W-band MIMIC single-balanced mixer was designed and fabricated using a branch line coupler and a $\lambda/4$ transmission line. The simulation results of the designed 94 GHz balun show return loss of -27.9 dB, coupling of -4.26 dB, and thru of -3.77 dB at 94 GHz, respectively. The isolation and phase difference were 23.5 dB and 180.2° at 94 GHz. The W-band MIMIC single-balanced mixer was designed using the 0.1 μm InGaAs/InAlAs/GaAs Metamorphic HEMT diode. The fabricated MHEMT was obtained the cut-off frequency(f_T) of 189 GHz and the maximum oscillation frequency(f_{max}) of 334 GHz. The designed MIMIC single-balanced mixer was fabricated using 0.1 μm MHEMT MIMIC process. From the measurement, the conversion loss of the single-balanced mixer was 23.1 dB at an LO power of 10 dBm. P1 dB(1 dB compression point) of input and output were 10 dBm and -13.9 dBm, respectively. The LO-RF isolations of single-balanced mixer was obtained 45.5 dB at 94.19 GHz. We obtained in this study a higher LO-RF isolation compared to some other balanced mixers in millimeter-wave frequencies.

Keywords : Single-balanced mixer, MIMIC, MHEMT, Balun

* 정회원, 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 (Millimeter-wave INnovation Technology research center)

** 정회원, 국방과학연구소 (Agency for Defense Development)

※ 본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 (MINT)를 통한 한국과학재단의 우수연구센터 (ERC) 지원금에 의하여 수행되었습니다.

접수일자: 2004년9월2일, 수정완료일: 2005년6월15일

I. 서 론

최근에 군사용 뿐 아니라 상업적으로도 많은 연구가 이루어지고 있는 W-band(75~110 GHz) 대역은 94 GHz의 경우 이전부터 신호 흡수 감쇠가 적어 밀리미터 파 레이더 및 센서, 77 GHz는 차량 충돌 방지 레이더 등의 응용을 위해 연구가 진행되고 있다^[1]. 그러나 W-band 대역에서 동작하는 회로의 경우 75 GHz 이상의 높은 주파수 대역에서 동작을 해야 하기 때문에 우수한 특성을 갖는 회로를 제작하기 어려우며, 고속 동작이 가능한 능동소자의 설계, 제작기술이 필요하다. 따라서 현재 일반적으로 많이 사용되는 PHEMT (Pseudomorphic HEMT) 소자가 아닌 InP HEMT를 이용한 결과들이 보고 되고 있다^[2]. 그러나 InP의 경우 매우 고가이며 3인치 이상의 기판에서 성장하는 것이 어려운 단점이 있어, 기존의 GaAs 기판위에서 성장시킬 수 있는 Metamorphic HEMT(MHEMT)가 최근 활발히 연구되고 있다^[3].

밀리미터파 시스템을 구현하기 위해 소자 기술과 함께 회로 설계 측면에서 믹서는 입력신호를 LO 신호를 이용하여 상향 혹은 하향 주파수로 변환 시켜주는 회로로 전체 시스템에서 매우 중요한 회로이다. 그러나 입력신호를 변환시켜 주기 위한 LO 신호의 경우 일반적으로 매우 큰 출력 특성을 갖기 때문에 LO 신호가 입출력포트로 누설될 경우 신호전송이 왜곡을 받게 된다. 따라서 이러한 신호 누설을 막기 위해 balanced 타입의 믹서 구조가 많이 사용되고 있다. Balanced 믹서의 경우 높은 LO 신호의 격리도 특성을 가지기 위해 우수한 특성의 발룬 회로가 필요하게 된다. 이러한 발룬 회로는 일반적으로 라인사이의 coupling 이용한 구조가 많이 사용되고 있으나, 30 GHz 이상의 밀리미터파 대역의 경우 라인간격이 수 마이크로제작이 어렵기 때문에 정확한 위상차 및 낮은 삽입손실 특성을 구현하기 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제를 개선하고 우수한 성능의 balanced 믹서의 설계 및 제작을 위해 라인 사이의 coupling을 이용한 구조가 아닌 제작이 용이하고 정확한 위상차 구현이 가능하도록 branch line coupler와 $\lambda/4$ 전송라인을 이용한 94 GHz 발룬 회로를 설계하였다. W-band MIMIC single-balanced 믹서는 설계된 발룬 회로를 이용하여 설계되었다.

또한 우수한 성능의 믹서를 개발하기 위해

Metamorphic HEMT 다이오드를 설계, 제작하였으며, 회로 설계를 위한 CPW 라이브러리를 구축한 후 이를 이용하여 94 GHz MIMIC single-balanced 믹서를 설계하였다. Single-balanced 믹서는 높은 LO-RF 격리도 특성과 함께 IF 발룬이 필요 없는 구조로 설계하여 시스템에 쉽게 응용 수 있도록 하였다.

II. W-band single-balanced 믹서의 설계

그림 1에 설계된 94 GHz 발룬의 레이아웃을 나타내었다. 발룬 회로는 branch line coupler과 $\lambda/4$ 전송라인을 이용하여 설계되었다. 발룬회로는 1차적으로 branch line coupler를 통해 90° 위상차가 발생하게 되며, 다음에 라인의 길이를 동작주파수에서 $\lambda/4$ 차이가 발생하도록 설계하여 전체적으로 180°의 위상차를 갖도록 설계하였다. 설계된 발룬은 coupling을 이용한 구조에 비해 공정이 용이하고 정확한 위상차를 구현하여 믹서의 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 설계된 발룬의 시뮬레이션 결과 94 GHz에서 반사계수는 -27.9 dB를 얻었으며, coupling은 -4.26 dB, thru 특성은 -3.77 dB의 결과를 얻었다. 격리도와 위상차는 94 GHz에서 각각 23.5 dB 및 180.2°의 결과를 얻어 이상적인 특성인 180°에서 0.2% 이내의 오차 특성을 얻어 양호한 위상차 특성을 얻었다. 그림 2에 94 GHz 발룬의 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

우수한 성능의 MIMIC 믹서의 제작을 위해 PHEMT에 비해 성능이 우수한 0.1 μm MHEMT를 설계 및 제

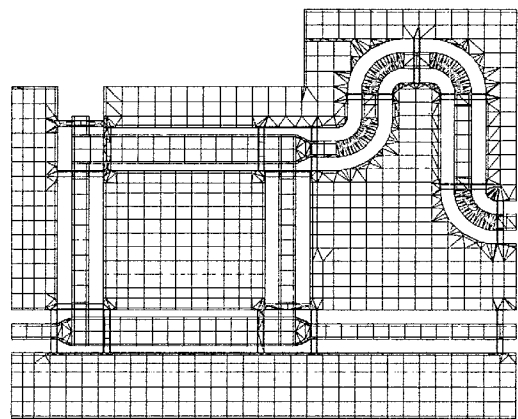
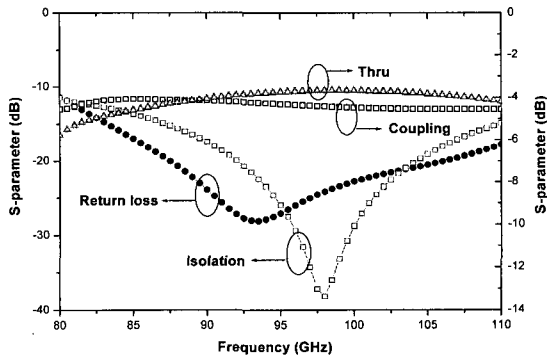
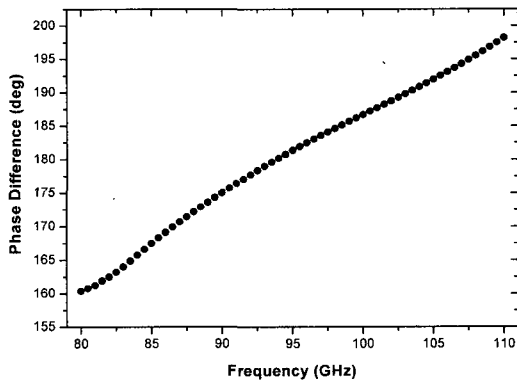


그림 1. 설계된 94 GHz 발룬 레이아웃.
Fig. 1. The designed 94 GHz Balun layout.



(a)



(b)

그림 2. 94 GHz 발룬 시뮬레이션 결과; (a) 반사계수, 전송특성, 격리도 (b) 위상차.
Fig. 2. The 94 GHz balun simulation result; (a) Return loss, Transmission characteristics and Isolation (b) Phase difference characteristics.

작하였다. MHEMT의 공정은 소자의 전기적 격리를 위한 MESA 에칭 공정, AuGe/Ni/Au 계의 금속층을 이용한 오믹 공정, 0.1 μm Γ -gate 공정, 노출된 소자 채널을 보호하기 위한 Si_3N_4 적층 공정 및 RIE(Reactive Ion Etching), 격리된 전극의 연결을 위한 Air-bridge 공정 순으로 제작되었다. 제작된 MHEMT의 측정결과 단위 게이트 폭이 70 μm 이고 핑거 수가 2개인 소자의 I-V 및 전달컨덕턴스 특성으로 핀치 오프 전압은 -1.2 V, 포화전류는 $V_{gs} = 0$ V에서 93 mA 로 드레인 전류 밀도는 665 mA/mm이며, 최대 전달컨덕턴스(G_m)는 691 mS/mm를 얻었다. 제작된 MHEMT의 RF 특성은 ME7808A Vector Network Analyzer를 이용하여 0.1~75 GHz의 주파수 영역에서 측정하였다. 그림 3은 MHEMT의 RF 특성을 나타낸 것으로 전류이득 차단주파수는 189 GHz, 최대공진 주파수는 334 GHz의 양호

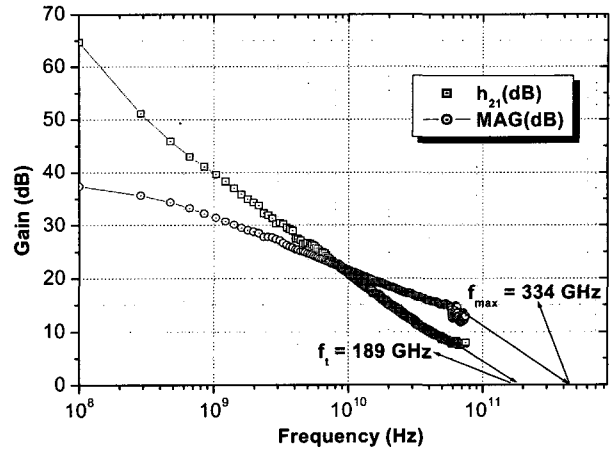


그림 3. MHEMT의 RF 특성 측정 결과.
Fig. 3. The RF measured result of MHEMT.

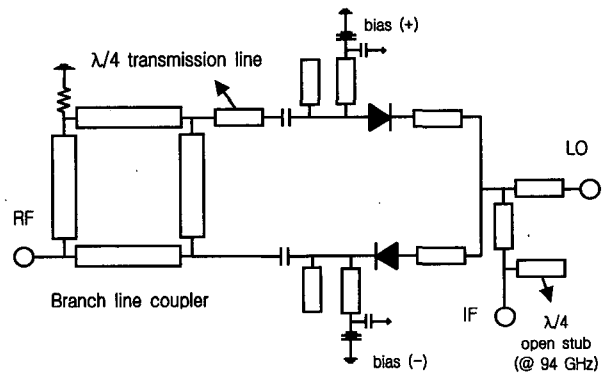


그림 4. W-band MIMIC single-balanced 믹서의 회로도.
Fig. 4. The circuit diagram of W-band MIMIC single-balanced mixer.

한 측정결과를 얻었다.

MIMIC 믹서의 설계를 위해서는 MHEMT의 동작 특성을 표현하는 소자 모델의 개발이 필수적이다. 이를 위해 본 논문에서는 MHEMT의 비선형 모델을 추출하였다^[4]. 비선형 모델링은 단위게이트 폭이 70 μm 이고 핑거 수가 2개인 MHEMT 소자를 추출하였다. 또한 MIMIC 믹서의 설계 및 제작을 위해 CPW(coplanar waveguide) 라이브러리를 구축하였다. CPW는 마이크로 스트립 라인에 비하여 via hole 공정이 필요 없는 장점이 있어 밀리미터파 대역에서 많이 응용되고 있으며, 다수의 회로들이 발표되고 있다^[5]. CPW 라이브러리를 구축하기 위하여 35, 50, 70 Ω 의 특성 임피던스를 갖는 전송 선로를 설계 및 제작하였으며, 불연속 특성을 고려하기 위하여 Curve, Tee, Cross의 라이브러리를 구축하였다.

그림 4에 설계된 MIMIC single-balanced 믹서의 회로를 나타내었다. 능동소자는 추출된 MHEMT 소자 비선형 모델의 소스-드레인을 연결한 MHEMT 다이오드를 사용하여 설계하였으며, 다이오드를 anti-parallel로 연결하여 LO 신호에 대하여 180° 위상차를 가져 LO 신호가 서로 상쇄되게 설계하였다. RF 포트에는 설계된 발룬 회로를 삽입하여 입력된 신호가 MHEMT 다이오드에서 같은 위상을 갖도록 하였다. 또한 IF 발룬 회로가 필요 없도록 설계하여 시스템에 용이하게 적용할 수 있도록 하였다.

믹서 회로의 LO 및 RF 정합회로는 CPW 라인을 이용하여 설계하였으며, 게이트 바이어스 회로는 LO 신호에 대해 $\lambda/4$ short stub를 사용하여 설계하였다. IF 단에는 low pass filter 구조 및 94 GHz $\lambda/4$ open stub를 추가하여 LO, RF 신호 및 고주파 신호의 IF단으로의 누설을 방지하도록 설계하였다. 설계된 전체 회로 패턴은 모멘텀 시뮬레이션을 이용하여 최적화를 수행하였다.

III. W-band Single-balanced 믹서의 제작 및 측정

설계된 94 GHz MIMIC 믹서는 MHEMT MIMIC 공정을 사용하여 제작되었다^[6-7]. 그림 5에 W-band MIMIC 믹서의 제작 공정 단계를 나타내었다. 그림 6은 제작된 W-band MIMIC single-balanced 믹서의 표면 사진으로 칩 면적은 1.9 mm × 1.3 mm이다.

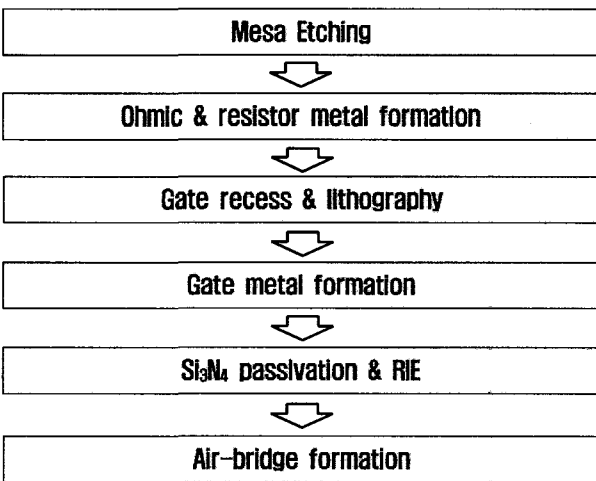


그림 5. W-band MIMIC 믹서의 제작 공정.
Fig. 5. Process procedure of W-band MIMIC mixer.

MIMIC single-balanced 믹서의 변환손실 및 출력전력 측정은 RF 입력 94.075 GHz, 94.240 GHz LO 신호를 10 dBm의 전력으로 입력하여 165 MHz의 IF 신호를 측정하

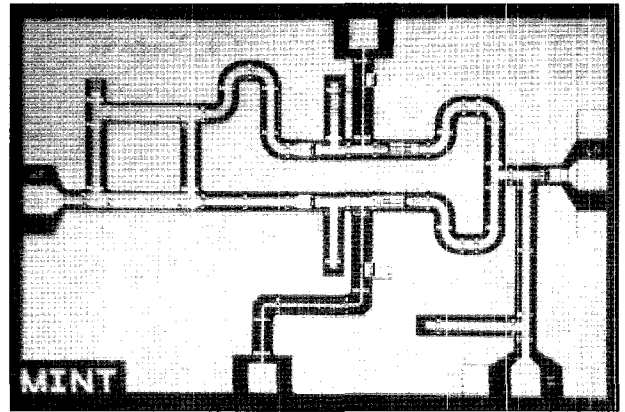


그림 6. W-band MIMIC single-balanced 믹서의 사진.
Fig. 6. The photo of W-band MIMIC single-balanced mixer.

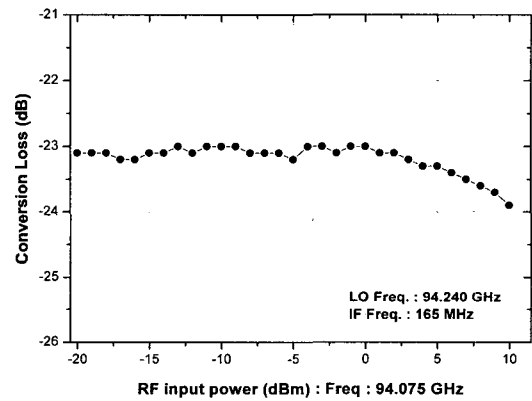


그림 7. RF 입력에 대한 변환손실 특성 측정결과.
Fig. 7. RF input vs. conversion loss measured results.

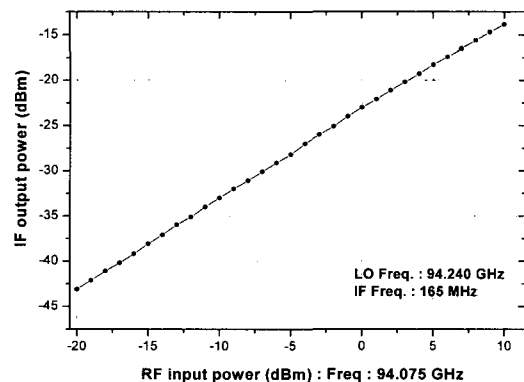


그림 8. RF 입력에 대한 IF 출력 특성 측정결과.
Fig. 8. RF input vs. IF output measured results.

IV. 결 론

본 논문에서는 branch line coupler과 $\lambda/4$ 전송라인을 이용하여 W-band MIMIC single-balanced 믹서를 설계 및 제작하였다. Single-balanced 믹서의 설계를 위해 branch line coupler와 $\lambda/4$ 전송라인을 이용한 94 GHz 발룬 회로를 설계하였으며, 시뮬레이션 결과 94 GHz에서 반사계수는 -27.9 dB, coupling은 -4.26 dB, thru 특성은 -3.77 dB의 결과를 얻었다. 격리도와 위상차는 94 GHz에서 각각 23.5 dB 및 180.2 °의 결과를 얻었다. MIMIC 믹서는 0.1 μm MHEMT 다이오드를 이용하여 설계되었으며, 개발된 MHEMT MIMIC 공정을 이용해 제작되었다. MIMIC 믹서의 측정결과 변환손실 특성은 94 GHz에서 23.1 dB의 특성을 나타내었으며, 입력 P1 dB는 10 dBm, 출력 P1 dB는 -13.9 dBm의 결과를 얻었다. W-band single-balanced 믹서의 LO-RF 격리도는 94.19 GHz에서 45.5 dB의 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다. 본 논문에서 설계 및 제작된 W-band MIMIC single-balanced 믹서는 기존의 밀리미터파 대역 single-balanced 믹서와 비교하여 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] K. W. Chang, G. S. Dow, H. Wang, T. H. Chen, K. Tan, B. Allen, and J. Berenz, "A W-band Single-chip Transceiver for FMCW Radar," *IEEE 1993 Microwave and Millimeter-wave Circuit Symposium*, pp. 41~44, 1993.
- [2] Yun Wei, Sangmin Lee, Krishnan Sundararajan, Mattias Dahlstrom, Muguel Urteaga, and Mark Rodwell, "W-band InP/InGaAs/InP DHBT MMIC Power Amplifier," *2002 IEEE MTT-S Digest*, pp. 917~920.
- [3] C. S. Whelan, W. E. Hoke, R. A. McTaggart, S. M. Lardizabal, P. S. Lyman, P. F. Marsh, and T. E. Kazior, "Low Noise In_{0.32}(AlGa)_{0.68}As/In_{0.43}Ga_{0.57}As Metamorphic HEMT on GaAs substrate with 850 mW/mm output power density," *IEEE Elec. Device Lett.*, vol. 21, no. 1, pp. 5~8, Jan. 2000.
- [4] W. R. Curtice, and R. L. Camisa, "Self-consistent GaAs FET Models for Amplifier Design and Device Diagnostics," *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol. 32, pp. 1573~

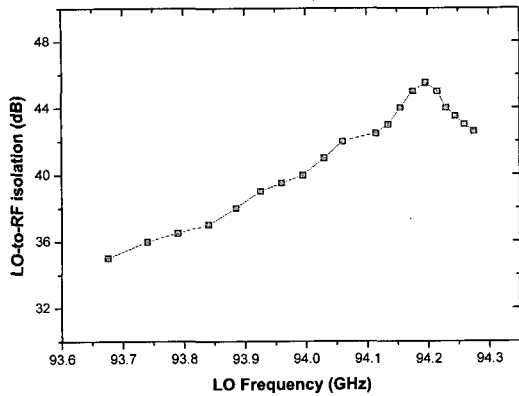


그림 9. MIMIC 믹서의 LO-RF 격리도 특성 측정결과.
Fig. 9. LO-RF isolation measured results.

표 1. 보고된 밀리미터파 single-balanced 믹서.
Table 1. The reported millimeter-waves single-balanced mixer.

Ref.	Frequency (GHz)	LO-RF Isolation (dB)	Device
[8]	77	30.0	GaAs PHEMT
[9]	30	22.0	GaAs FET
[10]	94	27.0	InP HEMT
This Work	94	45.5	GaAs MHEMT

였다. MIMIC single-balanced 믹서의 측정결과 변환손실 특성은 23.1 dB의 특성을 나타내었으며, 입력 P1 dB는 10 dBm, 출력 P1 dB는 -13.9 dBm의 결과를 얻었다. 그림 7에 RF 입력에 대한 변환손실 측정 결과 나타내었으며, 그림 8에 RF 입력에 대한 IF 출력전력 특성을 나타내었다. 그림 9는 W-band MIMIC single-balanced 믹서의 LO-RF 격리도 측정결과로 94.19 GHz에서 45.5 dB 높은 LO-RF 격리도 측정 결과를 얻었다. 설계 및 제작된 믹서의 우수한 LO-RF 격리도 특성은 설계된 발룬이 정확한 위상차를 구현하여 높은 LO-RF 격리도 특성을 얻은 것으로 분석되었다.

표 1은 밀리미터파 대역에서 보고된 single-balanced 믹서의 특성으로 기존 믹서의 LO-RF 격리도 특성이 22.0 ~ 30.0 dB에 비하여 본 논문에서 제작된 MIMIC single-balanced 믹서가 더 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다.

1578, Dec. 1984.

[5] Dan An, Sung Chan Kim, Woo Suk Sul, Hyo Jong Han, Hyung Moo Park, and Jin Koo Rhee, "High Conversion Gain Millimeter-wave $\times 4$ Subharmonic Mixer with Cascode 4-th Harmonic Generator," *Microwave Optical Tech Lett.*, vol. 41, no. 6, pp. 490~493, June 2004.

[6] Bok-Hyung Lee, Dong-Hoon Shin, Sam-Dang Kim, and Jin-Koo Rhee, "High Maximum Frquency of Oscillation of 0.1 μm Off-set Γ -Shaped Gate InGaAs/InAlAs/GaAs Metamorphic HEMTs," *J. Korean Phys. Soc.*, vol. 43, no. 6, pp. 427~430, Sep. 2003.

[7] Tae-Sin Kang, Seong-Dae Lee, Bok-Hyoung Lee, Sam-Dong Kim, Hyun-Chang Park, Hyung-Moo Park, and Jin-Koo Rhee, "Design and Fabrication of a Low-Noise Amplifier for the V-band," *J. Korean Phys. Soc.*, vol. 41, no. 4, pp. 533~538, Oct. 2002.

[8] Ludger Verweyen, Hermann Massler, Markus Neumann, Ulrich Schaper, and William H. Haydl, "Coplanar Integrated Mixers for 77-GHz Automotive Applications," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, no. 1, pp. 38~40, Jan. 1998.

[9] Thomas A. Bos, and Edmar Camargo, "A Balanced Resistive Mixer Avoiding an IF Balun," *2002 IEEE MTT-S Digest*, pp. 245~248.

[10] A. R. Barnes, P. Munday, R. Jennings, and M. T. Moore, "A comparison of W-band monolithic resistive mixer architectures," *2002 IEEE MTT-S Digest*, pp. 1867~1870.

[11] Monolithic Resistive Mixers," *2001 IEEE MTT-S Digest*, pp. 115~118.

[12] Robiner S. Virk, Long Tran, Mehran Matloubian, Minh Le, Mechael G. Case, and Catherine Ngo, "A Comparison of W-band MMIC Mixer Using InP HEMT Technology," *1997 IEEE MTT-S Digest*, pp. 435~438.

[13] K. W. Chang, E. W. Lin, H. Wang, K. L. Tan, and W. H. Ku, "A W-band Monolithic, Singly Balanced Resistive Mixer With Low Conversion Loss," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 4, no. 9, pp. 301~302, Sep. 1994.

저 자 소 개



안 단(정회원)
1998년 동국대학교
전자공학과 졸업(공학사),
2000년 동국대학교 전자공학과
석사과정(공학석사),
2000년~현재 동국대학교
전자공학과 박사과정

<주관심분야: MMIC 설계, 소자 모델링>



김 성 찬(정회원)
1999년 동국대학교
전자공학과 (공학사),
2001년 동국대학교 전자공학과
(공학석사),
2001년 3월~현재 동국대학교
대학원 전자공학과 박사과정

<주관심분야: 밀리미터파 소자 및 회로 설계, 제작>



이 문 교(정회원)
1999년 배재대학교
전자공학과 공학사,
2001년 동국대학교
전자공학과 공학석사,
2001년~현재 동국대학교
전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 무선통신 시스템, MIMIC 설계 >



임 병 옥(정회원)
2000년 동국대학교 전자공학과
졸업(공학사),
2002년 동국대학교 전자공학과
석사과정(공학석사),
2002년~현재 동국대학교
전자공학과 박사과정

<주관심분야 : MMIC 설계 및 공정, RF MEMS>

저 자 소 개



이 북 형(정회원)
1999년 동국대학교 전자공학과
졸업(공학사),
2001년 동국대학교 전자공학과
석사과정 (공학석사),
2001년~현재 동국대학교 전자공
학과 박사과정

<주관심분야 : MMIC 공정, V-band system>



이 상 진(정회원)
2003년 중부대학교 정보통신
공학과 (공학사),
2005년 동국대학교
전자공학과(공학석사),
2005년~현재 동국대학교
전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 반도체 및 RF 집적회로 설계>



진 진 만(정회원)
2003년 한경대학교
전자공학과(공학사),
2005년 동국대학교
전자공학과(공학석사),
2005년~현재 GSI 연구원

<주관심분야 : 반도체 및 RF 집적회로 설계,
MMIC를 이용한 통신 모듈설계>



고 두 현(정회원)
2003년 동국대학교
전자공학과(공학사),
2005년 동국대학교
전자공학과(공학석사),
2005년~현재 에프알텍 연구원

<주관심분야: MIMIC 설계, 밀리미터파 회로 및
시스템>



김 삼 동(정회원)
1984년 서울대학교 재료공학과
(공학사)
1986년 서울대학교 공학 석사,
1992년 스탠포드대학교 공학박사,
1993년~1999년 하이닉스 반도체
선임연구원,

2001년~현재 동국대학교 조교수
<주관심분야 : 미소 고체전자 현상 분석, MMIC
공정>



신 동 훈(정회원)
1982년 동국대학교
물리학과(이학사),
1984년 동국대학교
물리학과(이학석사),
1999년 런던대학교 전기전자
공학과(공학박사),

1999년~현재 동국대학교 MINT 연구교수
<주관심분야 : 밀리미터파 소자 및 회로 설계, 제작>



박 형 무(정회원)
1978년 서울대학교 전자공학과
졸업(공학사),
1980년 한국과학 기술원 전자공
학과 석사과정(공학석사),
1984년 한국과학 기술원 전자공
학과 박사과정(공학박사),

1999년~현재 동국대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : MMIC 설계, 소자 모델링>



박 현 창(정회원)
1986년 서울대학교
전자공학과 학사,
1989년 미국 Cornell University
전자공학과 석사,
1993년 미국 Cornell University
전자공학과 박사,

1993년 미국 University of Virginia, Research
Associate,
1995년~현재 동국대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 반도체 소자, MMIC, MEMS, 무선
응용시스템>

저 자 소 개



이진구(정회원)
 1969년 국립항공대학교
 전자공학과 졸업(공학사),
 1975년 서울대학교 전자공학과
 석사과정(공학석사),
 1982년 Oregon State Univ. 전기
 공학과(공학박사),

1985년 Cray Research Scientist,
 1985년 Microwave Semiconductors, USA,
 Senior Engineer,
 1995년~현재 한국 전자과학회 이사,
 2005년~현재 대한전자공학회 회장,
 1985년~현재 동국대학교 전자공학과 교수,
 1999년~현재 밀리미터파 신기술 연구센터 소장
 <주관심분야: MMIC 설계, 소자 모델링>



박정등(정회원)
 1998년 동국대학교 전자공학과
 졸업(공학사),
 2000년 광주과학기술원 정보통신
 공학과(공학석사),
 2000년~2002년 고등기술연구원
 연구원,

2002년~현재 국방과학연구소 연구원
 <주관심분야: 밀리미터파 회로 및 레이더 시스템>