

94 GHz Single-Balanced 믹서의 설계 및 제작에 관한 연구

홍승현, 이문교, 이상진, 백태중, 한 민, 백용현, 최석규, 이진구

동국대학교 전자공학과 밀리미터파 신기술 연구센터

e-mail : jkrhee@dgu.edu

94-GHz Single Balanced Mixer

Seung-Hyun Hong, Mun-Kyo Lee, Sang-Jin Lee, Tae-Jong Baek, Min Han Young
Hyun Baek, Seok Gyu Choi and Jin-Koo Rhee

Millimeter-Wave Innovation Research Center, Electronic Engineering
Department, Dongguk University

Abstract— The high performance 94 GHz MMIC(Monolithic Micro-wave Integrated Circuit) single balanced mixer was designed and fabricated, using MHEMT structure based diodes and a CPW(Coplanar Waveguide) tandem coupler. A novel single-balanced structure of diode mixer is proposed in this work, where a 3-dB tandem coupler with two sections of parallel-coupled line. Implemented air-bridge crossover structures achieve wide frequency operation and the fabricated mixer exhibits excellent LO-RF isolation, larger than 30 dB, in the 5 GHz bandwidth of 91-96 GHz. A good conversion loss of 7.4 dB is measured at 94 GHz. The proposed MHEMT-based diode mixer shows superior LO-RF isolation and conversion loss to those of the W-band mixers reported to date.

I. 서론

무선 통신 기술의 발달과 증가 되는 수요로 인하여 보다 높은 주파수 대역에서 사용 가능한 소자의 개발에 대한 요구가 점점 더 증가 되고 있다. HEMT (High Electron Mobility Transistor)는 밀리미터파 대역에서 사용 가능한 소자로서 최근 주목을 받고 있다. HEMT 기반의 MMIC는 밀리미터파 대역의 Radar, imaging system에 사용 되고 있다. 또한, LNA를 포함한 one-chip 시스템 등에 적용하기 위하여 많은 연구가 진행 되고 있다. 본 연구에서 이용한 MHEMT구조는 높은 스위칭 속도로 인한 낮은 삽입 손실을 갖는 InP 기반의 HEMT의 단점인 높은 가격과 취급의 어려움을 보완하기 위하여 InP 기반 대신에 GaAs 기반 위에 metamorphic 버퍼층을 성장 시켜 높은 indium 물분율을 갖는 구조 이다 [1].

본 논문에서는 MHEMT 구조를 이용한 다이오드와 CPW tandem coupler를 이용하여 공기중 신호흡수 감쇠특성이 우수한 94 GHz single-balanced 믹서를 설계 및 제작하였다. 설계된 MMIC 타입의 믹서는 CPW 전송선로를 사용하여 제작하였으며 기존의 MMIC 타입 믹서에 비해 우수한 변환손실 및 LO-RF 격리도 특성을

을 가지고 있다.

II. 회로 설계

설계된 single-balanced 다이오드 믹서의 회로도를 그림 1에 나타내었다. 넓은 주파수대역에서 높은 LO-RF 격리도 특성을 얻기 위해 광대역 특성을 갖는 W-band tandem coupler를 적용하였다. 기존에 발표된 다수의 tandem coupler는 교차 연결을 이루기 위해 다층구조 또는 wire bonding이 수반되어야 했지만 보다 정확한 재연성과 제작성이 우수한 air-bridge 구조를 사용하여 구현하였다. RF-LO의 격리도 특성을 우수하게 하기 위해 90° coupler 뒤에 $\lambda/4$ 전송선로를 추가하여 180° 위상차를 갖게 하였다. DC 바이어스 회로에는 $\lambda/4$ short stub를 이용하여 신호의 누설을 최소화 하였다. 인가된 RF 신호와 LO 신호는 tandem coupler를 통해 다이오드에서 혼합되게 되고, IF 신호는 band reject filter를 통하여 추출되게 된다. 다이오드 믹서는 $2 \text{ finger} \times 20\mu\text{m}$ MHEMT 다이오드를 사용하였다.

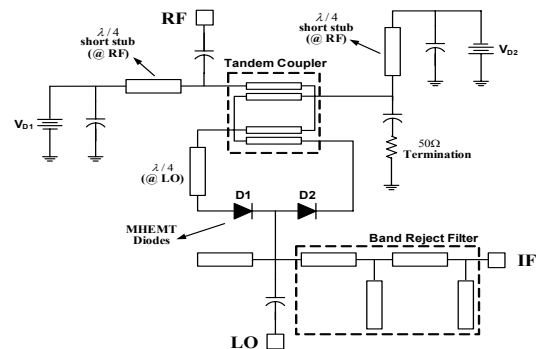


그림. 1. MHEMT기반의 diodes 와 3-dB tandem coupler 를 사용한 single-balanced diode mixer 의 회로도

III. 제작 및 성능

다이오드 믹서는 본 연구에서 개발된 MHEMT 기반의 MMIC 공정기술을 사용하여 MIM capacitor,

MHEMT 다이오드, CPW, Ti thin-film resistor를 집적화시켜 제작하였다 [2]. 그림 2는 제작된 94 GHz MMIC 다이오드 믹서의 SEM 이미지를 나타내고 있다 (chip size = 1.9×1.3 mm²).

제작된 믹서의 변환손실과 격리도 특성은 Agilent E4407B spectrum analyzer를 사용하였으며 RF 주파수는 -20 dBm 인 94 GHz를 사용하였고 LO 주파수는 8.6 dBm 인 94.5 GHz를 사용하였다. 그림 3은 RF 주파수에 대한 변환손실을 나타내고 있다. 91~96 GHz의 주파수 범위에서 변환손실은 7.0~7.8 dB를 얻었으며, 94 GHz에서 7.4 dB의 우수한 변환손실이 측정되었다. 그림 4는 제작된 믹서의 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다. 격리도 특성은 94 GHz 대역에서 30 dB 이상으로 측정되어 매우 우수한 LO-RF 격리도 특성을 보임을 알 수 있다. 이러한 LO-RF 격리도 특성은 뛰어난 phase balance를 갖는 air-bridge 구조의 tandem coupler를 회로에 적용하였기 때문이다.

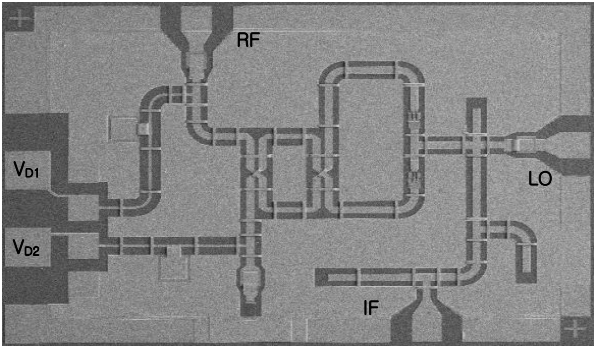


그림 2. 제작된 94 GHz MMIC diode mixer의 SEM 이미지.

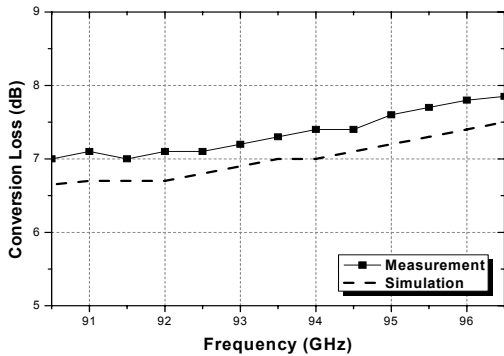


그림 3. 주파수에 대한 변환손실(RF 입력 파워: -20 dBm, LO 입력 파워: 8.6 dBm, IF : 500 MHz).

표 1 기존 W-band Passive Mixer와의 비교표

Ref.	Freq. (GHz)	Circuit structure	LO-RF Isolation (dB)	Conversion Loss (dB)
[2]	93~95	MHEMT, Resistive mixer	>29.4	8.9~9.3
[3]	93~94	PHEMT, Diode mixer	<27	7.5~8.5
[4]	95	HBT, Diode mixer	27	8.8
This work	91~96	MHEMT, Diode mixer	>30	7.0~7.8

제작된 믹서는 W-band 주파수 대역에서 동작하는 기존의 믹서와 함께 표 1에 비교하였다 [2-4]. 기존 믹서의 경우 7.5~9.3 dB의 변환손실과 27~29.4 dB의 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다. 위의 결과는 제작된 다이오드 믹서가 기존의 믹서와 비교하여 우수한 변환손실과 LO-RF 격리도를 가짐을 알 수 있다.

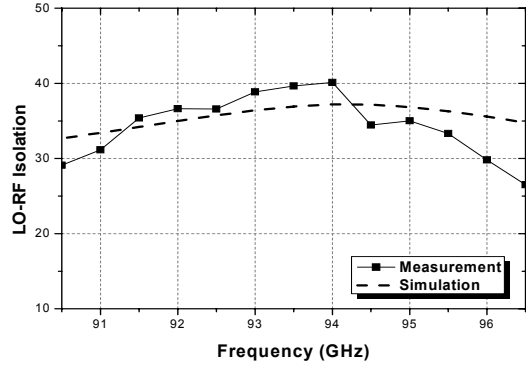


그림 4. LO-RF 격리도 특성.

IV. 결론

본 논문에서 94 GHz 다이오드 믹서를 Air-bridge구조의 CPW tandem coupler를 적용하여 제작하였다. 제작된 믹서는 91~94 GHz의 넓은 주파수 대역에서 30dB이상의 LO-RF 격리도 특성과 7.4 dB의 변환손실을 얻었다. 기존의 밀리미터파 대역 single-balanced 믹서와 비교하여 높은 LO-RF 격리도 특성을 나타내었다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음 (R11-1999-058-02005-0)

참고문헌

- [1] D. An, B.-H. Lee, B.-O. Lim, M.-K. Lee, S.-C. Kim, J.-H. Oh, S.-D. Kim, H.-M. Park, D.-H. Shin, and J.-K. Rhee, "High Switching Performance 0.1- Ω m Metamorphic HEMTs for Low Conversion Loss 94 GHz Resistive Mixers," *IEEE Electron Device Lett.*, vol.26,no.10,pp.707~709, Oct. 2005.
- [2] D. An, S.-C. Kim, J.-D. Park, M.-K. Lee, H.-C. Park, S.-D. Kim, W.-J. Kim, and J.-K. Rhee, "A Novel 94-GHz MHEMT Resistive Mixer Using a Micromachined Ring Coupler," *IEEE Microwave and Wireless Component Lett.*, vol.16,no.8,pp.467~469, Aug. 2006.
- [3] K. W. Chang, H. Wang, K. L. Tan, B. Bui, T. Chen, G. S. Dow, J. Berenz, T.-N. Ton, D. C. Garske, T. S. Lin, and L. C. T. Liu, "A W-Band Monolithic Downconverter," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.39,no.12,pp.1991~1979, Dec. 1991.
- [4] H. Matsuura, K. Tezuka, I. Aoki, A. Miura, M. Yamanaka, T. Yakihara, S. Kobayashi, S. Oka, T. Fujita, and D. Murata, "A monolithic W-band CPW rat-race mixer with HBT IF amplifier," in *IEEE MTT-S Int. Dig.*, San Francisco, CA, pp.389~392, Jun. 1996.