

C-BAND WLAN용 SiGe HBT MMIC 이중평형형 상향주파수 혼합기

서정욱, 정병희, 오영수, 채규성, 김창우
경희대학교 전자공학과

전화 : 031-201-2964 / 핸드폰 : 011-9349-7916

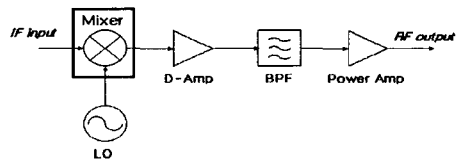
Design of a SiGe HBT MMIC Double Balanced Up-converter for WLAN Applications

Jung-Euk Seo, Byung-Hee Jung, Young-Soo Oh, Kyu-Sung Chae and Chang-Woo Kim
Dept. of Rado Engineering, Kyunghee University
jungeuk@hotmail.com

Abstract

A SiGe HBT MMIC double balanced up-converter has been designed and fabricated for C-band WLAN applications. The up-converter is based on the Gilbert cell mixer with an active baluns for differential inputs of LO and IF signals. The designed up-converter exhibits a conversion gain 12.5dB for a -10 dBm LO power. It also exhibits LO-RF isolation of 19.3dBc , and IF-RF isolation of 23.3 dBc at a 1-dB compression point of -14.2dBm

WLAN 시스템을 비롯한 여러 통신 시스템에서 상향주파수 혼합기는 <그림 1>에 나타낸바와 같이 시스템의 송신단에 위치하여 기저 대역 신호로부터의 IF 신호를 국부발전기에서 발생된 LO 신호와 결합하여 RF 신호를 만들어 내는 역할을 하는 부품으로 변환이득(conversion gain), 단자간 격리도(port isolation)등의 특성이 중요시된다.



< 그림 1 > 송신단(Tx) 블록 다이어그램

I. 서론

최근의 무선통신은 음성위주의 서비스에서 멀티미디어 응용서비스를 지원하는 방향으로 발전하고 있다. 이로 인해 기존의 IEEE 802.11규격에 따르는 무선 LAN 제품은 2.4 GHz대에서 1~2 Mbps의 낮은 전송 속도를 내는 것이 대부분이어서 고속 무선 LAN표준안으로 5 GHz대에서 6~54 Mbps의 전송속도를 갖는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식의 IEEE 802.11a가 확정되었다^[1].

그리고 IEEE 802.11a에서 사용되는 주파수와 같이 초고주파대역에 사용하는 Device중 SiGe HBT는 기존의 Si BJT에 비해 차단주파수(f_t), 최대발전주파수(f_{max}), 전류이득, Eearly전압(V_A)등의 소자특성 면에서 우수한 성질을 지니고 있어 고속 고주파 통신용 반도체 칩 제작에 적합한 기술이다^{[2][3]}.

화합물반도체 칩과 성능면에서는 동등하지만 SiGe 소자는 실리콘 제작기술과 유사한 기술을 이용할 수 있고 가격이 저렴하기 때문에 현재 초고속/초고주파 반도체 소자로 주목받고 있다^[4].

이에 본 논문에서는 SiGe HBT를 이용하여 WLAN

본 논문은 정보통신부 연구진흥원의 대학기초 지원사업의 연구비로 수행되었음.

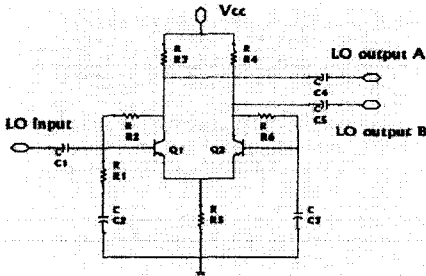
시스템(5.15 ~ 5.25 GHz)에 적합한 상향주파수 혼합기를 MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) 형태로 설계 및 제작하였다.

II. 상향 주파수 혼합기 설계

주파수 혼합기(Mixer)의 회로구성에는 single-ended, single-balanced, double-balanced 등이 있다. 그중에서도 double-Balanced의 회로구성은 변환이득과 단자간 격리도, 짝수 고조파(even-mode harmonic)에서 우수한 역압특성을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 Gilbert - Cell 형태의 double-Balanced 상향 주파수 혼합기를 설계하였다^[5].

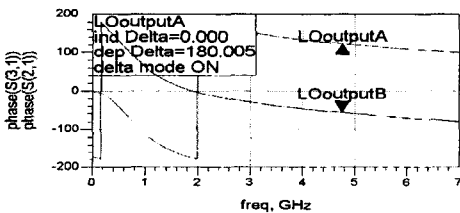
2.1 LO Balun MMIC 설계

Double balanced 상향 주파수 혼합기 설계시의 고려해야 할 것은 회로 구조상 IF, LO의 차동신호 입력을 필요로 한다는 점이다. 그러나, 국부발진기로부터 만들어지는 LO 신호는 하나의 신호이므로, 이를 두개의 차동 신호로 만들어 주는 balun이 필요하게 된다. 따라서 차동신호를 만들어주기 위한 LO balun을 설계하였다.

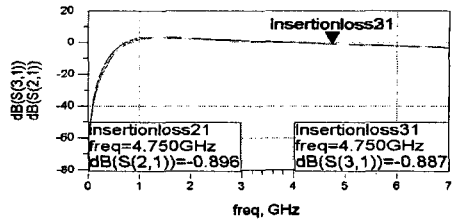


<그림 2> 상향 주파수 혼합기의 LO balun 회로도

<그림 3>에 설계된 LO balun의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. LO balun은 LO주파수 대역인 4.65 ~ 4.75 GHz에 대해서 역상 출력을 나타내고 있으며, 0.1 dB 이상의 삽입손실을 나타내었다.



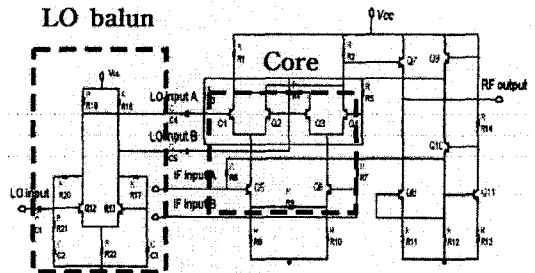
(a) LO balun 출력 위상 특성



(b) LO balun 출력신호의 삽입손실

<그림 3> LO balun 설계결과

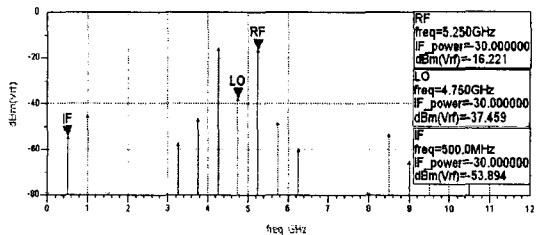
2.2 Double-balanced Mixer Core 설계



<그림 4> WLAN용 상향 주파수 혼합기 회로도

<그림 4>는 LO balun을 포함한 이중평형형 상향 주파수 혼합기를 보이고 있다. Core 부분은 위상이 반전되어 들어오는 두개의 IF 입력에 대하여 동상과 역상의 LO 신호를 입력하여 이중적으로 동작시키는 에미터 결합 회로로 구성되어 있다.

LO단에 연결되어 있는 4개의 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)는 LO의 주기에 따라 트랜지스터를 ON/OFF하는 역할을 하며 IF 단에 연결되어 있는 2개의 소자(Q5, Q6)는 LO의 주기의 전체에 걸쳐 선형동작을 하게 된다^[6]. 여기서 R9는 각 단의 단자간 격리도(port isolation)를 조절하는 기능을 하는 저항이다. <그림 5>에 설계한 상향주파수 혼합기의 출력스펙트럼 시뮬레이션 결과를 나타내었다. LO 입력 -10 dBm신호와 IF 입력 -30 dBm 입력시 LO-RF 격리도는 27.5 dB IF-RF 격리도는 24 dB를 보이고 있으며 이때 변환이득은 13.8 dB를 보이고 있다.



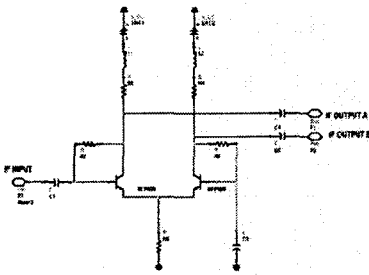
<그림 5> RF 단자에서의 출력 스펙트럼

2.3 IF Balun COB 설계 및 측정결과

상향주파수 혼합기에 차동 IF 입력을 위한 IF balun을 <그림 6>에 나타내었다. IF balun 설계시에는 Infeon (社)의 BFP620 SiGe BJT를 사용하여 상향주파수 혼합기 off-chip 형태를 연결할 수 있도록 설계, 제작하였다. <그림 6>은 제작한 IF balun 회로도 및 사진을 나타낸 것이다.

<그림 7>에서는 제작한 IF balun 만의 측정결과를 나타내었다.

제작된 balun은 3-dB 대역폭 100 MHz ~ 1.4 GHz 와 소신호 이득 8 dB를 가지며 위상차이는 180° ~ 186°의 차동 특성을 가지고 있다.

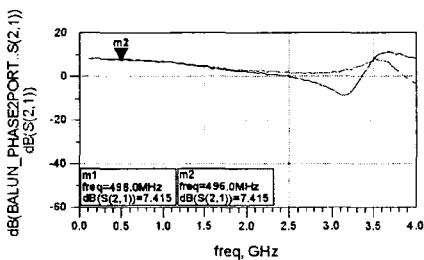


(a) IF balun 회로도

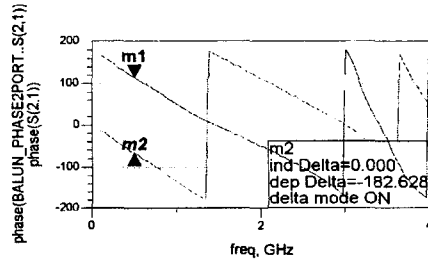


(b) IF balun 제작

<그림 6> IF Balun 회로 및 제작



(a) 소신호 이득 특성



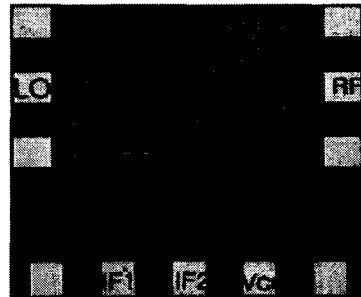
(b) 위상 특성

<그림 7> 제작된 IF balun의 소신호 특성

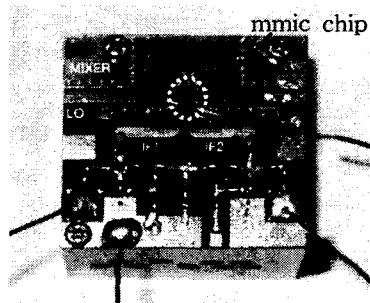
<그림 7> 과 같이 IF 주파수 500 MHz에서 출력 포트 7.4 dB의 소신호이득, 182° 위상 차이가 나는 능동 balun으로 동작하고 있다. 따라서 상향주파수 혼합기에 차동 IF 신호를 입력하기 위한 IF balun으로 사용하였다.

III. Mixer MMIC Chip mixer 제작 및 특성

<그림 4>의 설계된 상향주파수 혼합기를 ST Microelectronics社에서 제공하는 SiGe BiCMOS 공정의 HBT와 수동소자 라이브러리를 이용하여 제작하였다



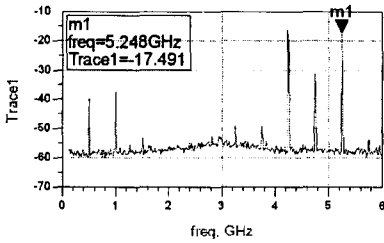
<그림 8> Mixer chip 사진(1mm × 1mm)



<그림 9> IF Balun과 Mixer칩의 COB 사진

<그림 8>은 제작된 상향주파수 혼합기의 chip 사진 (1mm × 1mm)을 나타내었다.

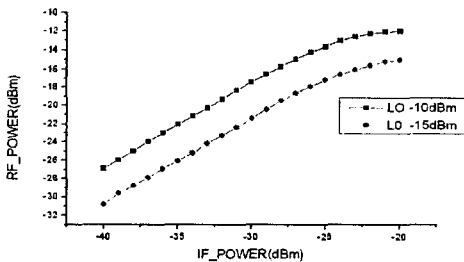
<그림 9>는 ST Microelectronics 社 공정에 의해 제작된 상향주파수 혼합기를 측정하기 위하여 앞절에서 설명한 IF balun과 함께 MMIC chip을 COB 형태로 구성한 사진이다.



<그림 10>LO=-10 dBm, IF=-30 dBm일때 출력스펙트럼

<그림 10>에서 보듯이 LO 주파수와 IF 주파수가 혼합되어 RF 주파수 5.25 GHz가 출력됨을 확인할 수 있다. 능동 Balun 이득을 포함한 전체이득은 13 dB를 얻고 있고, LO-RF 격리도 13.3 dB, IF-RF 격리도는 22.4 dB이다.

<그림 11>에서는 LO_power(-10 dBm, -15 dBm)에 따른 IF_power의 변화에 따른 입·출력 전력특성을 보이고 있으며 포화되기전까지 일정한 변환이득을 가짐을 확인할 수 있다.



<그림 11> IF_POWER변화에 따른 출력특성

3 V 동작전압인가시 5.25 GHz에서 LO입력전력이 -10 dBm 일때 -14.2 dBm의 1-dB이득압축 출력전력 (P_{1-dB})를 가진다. 1-dB 이득 압축 출력전력시 LO-RF 격리도는 19.3 dB IF-RF격리도는 23.3 dB를 보이고 있으며 제작한 상향 주파수혼합기의 IF Balun의 이득 7.4 dB를 제외하면, 순수변환이득은 5.6 dB를 얻고 있다.

IV. 결론

WLAN용 MMIC 상향 주파수 혼합기를 SiGe HBT ST_Microelectronics 社 공정을 이용하여 제작하였다. 사용된 회로형태는 고조파 성분을 억제시키고 단자간 격리도에서 좋은 특성을 보이는 이중평형형 구조로 구성하였으며 설계결과와 측정결과를 <표 1>에 나타내었다.

<표 1>WLAN용 상향주파수혼합기측정결과 (LO_power: -10dBm)

Parameter	설계결과	측정결과
Conversion Gain	13.8 dB	13 dB
1-dB Compression point	-9.4 dBm	-14.2 dBm
LO-RF isolation	17.9 dB	19.3 dB
IF-RF isolation	23.7 dB	23.3 dB

본 논문에서 제작한 MMIC 상향 주파수 혼합기는 C 밴드의 5.15 ~ 5.35 GHz의 WLAN 송신 모듈에 응용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] Richard van Nee and Geert Awater "New High-Rate Wireless LAN Standards", IEEE Communications Magazine Dec. 1999
- [2] J D Cressler, "SiGe HBTs for Mobile Communications," Electronics, Vol. 43, pp.1373-1381 1999
- [3] D. Barlas, G. Henderson, X. Zhang, M. Bopp and A. Schuppen, "SiGe Transistor Technology for RF Applications." Microwave Journal, June, pp 22-39, 1999.
- [4] U. Konig, A. Gruhle and A. Schuppen, "SiGe Devices and Circuits: Where are Advantages over III/V?" IEEE GaAs IC Symposium Digest, 99. 14-17, 1995
- [5] Keng Leong Fong et al, "Monolithic RF Active Mixer Ddsign." IEEE Trans. on Circuits and System-II: Analog and Digital Signal Processing, vol 46, no 3, pp.231-239, March 1999.
- [6] Paul R. Gray et al, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits," John Wiley & Sons, Inc, 1993
- [7] Stephen A. Mass, "Microwave mixer" Artech House, 1993