

광대역 이동통신 Radio Link 및 MMIC 기술전망

下 相 基

電子部品綜合技術研究所

朴 寅 植

電子部品綜合技術研究所

閔 貞 東

電子部品綜合技術研究所

I. 서 론

최근 이동통신 분야의 눈부신 발전과 더불어 방송, 통신, 컴퓨터 등 각종 정보통신분야가 하나의 종합적인 멀티미디어 통신기술로 융합, 발전하고 있어 종합정보통신망(ISDN : Integrated Service Digital Network)이 출현하게 되었으며 ISDN의 확장개념인 초고속 정보통신 기술인 B-ISDN (Broadband ISDN)의 실현이 가까운 장래에 도래할 것으로 예측되고 있다. B-ISDN의 출현은 기존의 디지털 이동통신 기술, 개인휴대통신(PCN, PCS)기술 분야에 큰 영향을 미치게 되고 특히, 기지국-중계기, 기지국-광대역 이동단말기 및 위성-지상기지국 간의 수십, 수백 Mbit/s에 다다른 데이터 및 영상정보 데이터 교환을 위해 종래의 2GHz 이하의 주파수보다 훨씬 높은 30GHz 이상의 밀리미터파대역에서 동작하는 무선 기술 및 네트워킹 기술이 필요하며 이를 구현하려면 초고속 반도체 소자기술의 개발이 필수적이다. 따라서, 음성신호 전송이 대부분이었던 기존의 저속 반도체 소자 및 각종 부품의 세대교체가 필연적이며 이러한 요구에 따라 현재 위성통신에서 주로 사용되어 온 밀리미터파 전송기술중 60GHz 부근의 MMIC를 이용한 밀리미터파 RF 기술 및 초고속 반도체 소자 기술에 대한 연구가 유럽 등 구미선진국에서 활발하게 진행되고 있다. 구체적으로, 초고속 종합정보통신망의 구축을 위한 유럽의 RACE(Research and technology development in Advanced Communications technologies in Europe), DRIVE(Dedicated Road Infrastructure for Vehicle safety in Europe), COST(European COoperation in the field of Scientific & Technical Research), ESPRIT(European Strategic Programme for R&D in Information Technologies) 계획 등이 수립되어 추진되고 있으며 그 중 RACE계획의 일환으로 MBS(Mobile Broadband System)라는 초고속 정보통신시스템이 개발되고 있으며 이 시스템의 상용화 시기는 그 견해가 정확히 일치하지는 않으나 대략 2005년 정도로 전망되

고 있다.^[1]

따라서, 본 논문에서는 초고속 정보통신 시스템의 개발에 주력하고 있는 유럽의 개발동향을 살펴보고 그 중의 하나인 RACE 계획의 MBS 개발에 관련된 핵심기술 동향을 살펴본다.

또, 향후 초고속 종합정보통신망의 구현에 필수적이고 기반기술인 밀리미터파대용 초고속 반도체 소자, 즉, MESFET, HEMT, HBT 등의 기술개발 동향과 이 소자들을 MMIC화 하여 제작되는 RF 핵심부품인 LNA, Downconverter, Mixer, Oscillator, power Amplifier 등의 기술추세 및 동향에 관해 살펴본다.

II. 초고속 이동통신 시스템의 기술동향

이동통신 분야는 전세계적으로 수요가 급성장하고 있으며 종래의 음성전송에서 다기능 무선 페이지(Paging), 데이터 이동통신 서비스의 중요성이 두각을 나타내면서 유럽의 경우 전체 통신시장의 10%를 넘는 시장점유가 이루어 졌으며 매년 20% 이상의 단말기 판매증가세를 보이고 있다. 이러한 추세를 감안할때 2000년경에는 유럽에서만 약 1억명 정도의 가입자가 형성될 것으로 예측되고 있다.^[2]

따라서, 현재의 이동통신 수요 및 증가경향을 볼 때 GSM(Global System for Mobile telecommunications), DECT(Digital European Cordless Telecommunications), ERMES(European Radio Messaging System)과 같은 제 2세대 이동통신 시스템도 90년대 후반부터는 포화상태에 직면할 것이다. 또, 고정망(Fixed Network)을 통한 ISDN 서비스를 이동통신의 영역에서도 공급받기를 원하는 이동통신 수요자의 욕구가 증대되고 있다.

이러한 이유로 보다 많은 가입자와 보다 높은 데이터 전송율을 지원할 수 있는 제 3세대, 제 4세대 이동통신 시스템의 개념이 출현하게 되었으며 이중 3세대는 2GHz대역의 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)라고 하며 4세

대는 60GHz 대역의 밀리미터파(MMW : MillimetreWave)를 사용하는 MBS가 연구, 개발중이다.

UMTS의 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다.^[1]

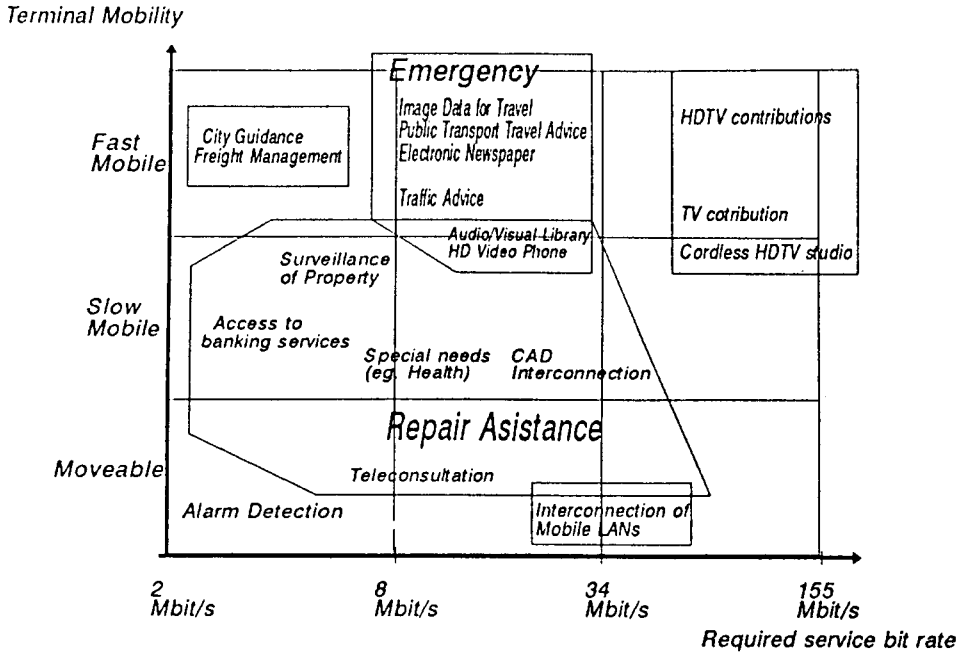
- 2Mbit/s의 고정통신, 이동통신 서비스 제공
- 자동항법(Navigation), 이동체 위치정보(Vehicle Location), 도로교통정보(Road Traffic Information) 제공
- UMTS 단말기를 통한 개인휴대통신 서비스
- 저가의 초소형 pocket형 단말기를 통한 비디오, 데이터 서비스제공
- 이용자의 편의를 위한 Inter-operator Roaming 기능

이에 비하여 MBS는 유럽에서 추진중인 RACE 계획의 일환으로 개발되고 있는 4세대 통신시스템으로 기본기능은 위에서 언급한 UMTS의 그것과 동일한 특징을 가지나 155Mbit/s의 초고속 데이터 전송율을 목표로 UMTS보다 고기능, 고품질의 서비스를 제공한다. 궁극적으로는 UMTS, MBS, B-ISDN이 하나의 IBCN(Integrated BroadBand Communication Network)으로 융합되어 발전할 것으로 전망되고 있다.^[3]

이 MBS를 통한 응용서비스는 매우 광범위하게 제공되는데 현재 고정망에서만 가능한 155Mbit/s의 데이터 전송을 이동통신 사용자가 제공받을 수 있으므로 화물운송관리, 은행서비스 뿐만 아니라 고해상도의 비디오 서비스까지 공급받을 수 있다. 이러한 부가서비스는 도시지역의 경우 30~300m 크기의 마이크로 셀(Microcell)이나 피코 셀(Picocell)의 망구조를 통하여 제공되며 휴대의 용이성을 극대화하기 위해 초소형의 안테나와 사용 주파수 대역의 주파수 재사용(Frequency re-use)이 우수하여야 한다.^{[4][5]}

그림 1에는 RACE 계획에서 제안된 이동체의 속도와 전송 데이터율에 따른 MBS의 응용분야를 나타내었다.

MBS의 구조에 대해 구체적 예를 가지고 설명하면, MBS의 주요 서비스중에 대용량의 화상정보 데이터를 이동체에서 기지국으로 전송하는 대용량 데이터 전송 기능이 있는데 이때 디지털이징된 비디오 데이터 신호의 전송은 밀리미터파대 무선 링



(그림 1) 현재까지 제안된 MBS의 응용분야^[3]

크를 통해 32Mbit/s의 공중비트율(Air Bit Rate)을 가지고 상호 접속되며 서비스 비트율은 10Mbit/s가 된다. 이 비디오 데이터 전송을 위한 Demonstrator는 회로구성의 측면에서 크게 복잡하지 않으면서도 MBS의 필수적인 구성요소를 모두 포함하고 있어 MBS를 이해하는데 많은 도움이 된다.^[6] 이 MBS Demonstrator는 그림 2에서 보는바와 같이 데이터를 전송하는 이동체(Mobile Station)와 전송된 신호를 수신하는 기지국(Base Station)으로 구성된다.

한편, MBS Demonstrator의 핵심인 밀리미터파 트랜시버는 그림 3에 보는 바와 같은 구조를 가진다. 여기서 트랜시버 송신기측의 변조기는 최종 전송 주파수로 Upconverting된 160MHz의 IF 주파수를 생성하게 되고 최종 전송 주파수는 불필요한 잡음신호의 필터링이 쉽고 허용대역에서의 스푸리어스(Spurious) 주파수가 적게 발생되도록 적절히 조정된 몇개의 IF단을 거쳐 만들어진다. 예를 들어 1차의 IF 주파수는 MMIC를 이용하여 저가로 제작이 가능한 밀리미터파 마이크로스트립(Microstrip) 필터를 사용하여 만들게 된다. 일반적으로 전

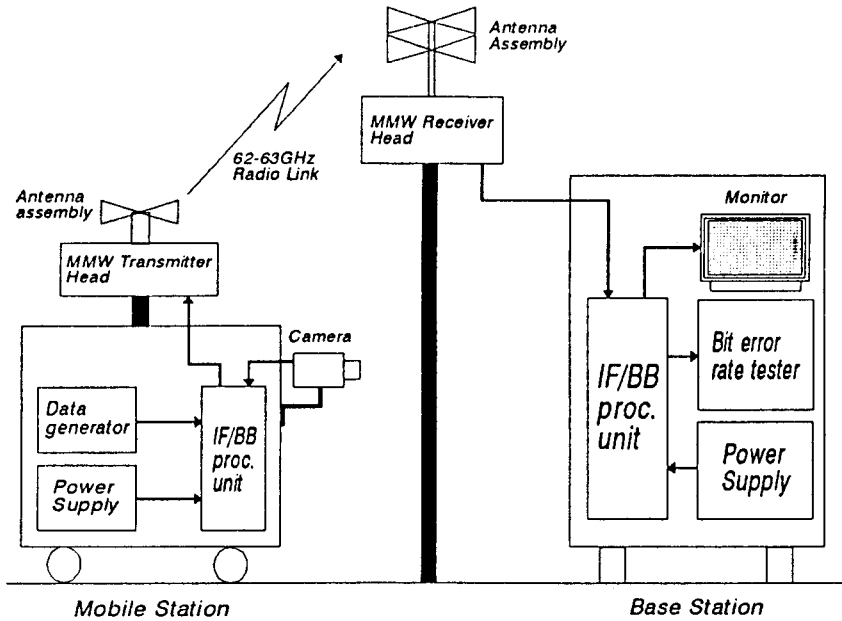
송단에서의 잡음억제는 50dB 이상이 되어야 한다.

밀리미터파 트랜시버는 Demonstrator의 초단에서 데이터를 송수신하기 위해 분리된 안테나를 사용하는 Full Duplex 방식(FDD)으로 설계되며 주파수의 Up과 Downlink사이에는 ITU(International Telecommunications Union)의 주파수 할당에 의해 약 3GHz의 차이가 생기게 된다.^[5] 그리고 트랜시버의 국부발진기(Local Oscillator)는 1차와 2차의 두 개가 사용되며 이것은 송신단과 수신단에 동시에 쓰이게 된다.^[7]

한편, 수신단에서는 입력된 신호를 몇 개의 IF단을 거쳐 다시 160MHz의 신호로 Downconversion을 하며 두 개의 수신 채널이 제공되는데 이것은 밀리미터파 채널의 페이딩현상을 억제하여 양질의 통신 서비스를 제공하기 위한 것이다.^[6]

기능적으로 밀리미터파 트랜시버는 크게 두 부분으로 분류할 수 있는데,^[7] 즉,

- 1차의 송수신 IF 단과 국부발진기로 구성된 밀리미터파 Head
- 저주파수처리 IF단, 3차 국부발진기, 모뎀 및 신호의 등화(Equalization)와 오류정정



〈그림 2〉 MBS Demonstrator

(Error Correction)기능이 포함된 IF/Baseband 처리단으로 구성된 저주파수 처리단

위와 같은 밀리미터파 트랜시버의 구현을 위해서는 초고속 데이터 전송(최고 155Mbit/s)이 가능하고 60GHz대 스펙트럼에 대한 MMIC화 된 시스템 부품(RF, IF, Baseband, Antenna, Terminal) 및 초고속 반도체 소자기술이 필수적이다. 따라서, 트랜시버에 소요되는 MMIC 핵심부품과 반도체 소자기술에 대한 기술동향을 다음 절에서 살펴본다.

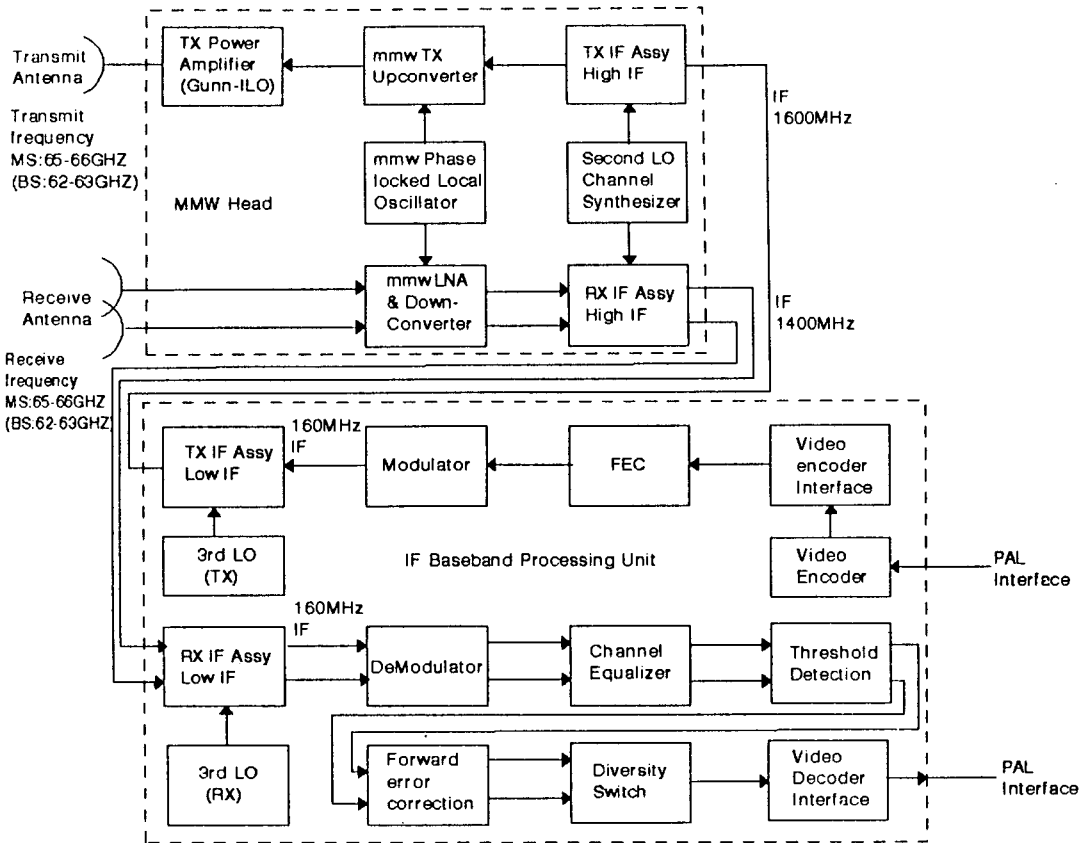
III. 초고속 반도체 소자 기술동향

대용량 광대역 이동통신 서비스를 하기 위해서는 고속 정보통신 RF 시스템을 필요로 하며 이러한 RF 시스템의 효율적인 정보전송을 위하여 초고속 반도체 전자소자를 필요로 한다. 특히 수십, 수백 Mbit/s의 데이터, 영상정보의 무선 송수신을 하기 위해서는 30GHz 이상의 밀리미터파 활용이 필수

적이며, 이러한 요구에 부응하기 위해서는 초고속 디바이스인 MESFET(Metal-Semiconductor Field Effect Transistor), HEMT(High Electron Mobility Transistor) 및 HBT (Heterojunction Bipolar Transistor) 등의 초고속 반도체 소자의 개발 및 특성개선은 필수적이다.

일본과 미국 등 선진각국에서는 이동통신, 위성통신 및 밀리미터파 등에 사용가능한 화합물반도체 소자(MESFET, HEMT, HBT 등)에 관한 연구가 진행되어 실용화 되고 있는 추세이며, 능동소자 및 수동소자와 배선을 단일기판상에 제작하는 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)화가 추진되어 레이더, 전자무기(EW, 2~20GHz), Smart Munition (35GHz), MILSTAR (20~60GHz) 등의 군용무기 시스템에 응용되고 있다.

본 절에서는 이러한 밀리미터파용 초고속 MMIC의 핵심소자인 MESFET, HEMT 및 HBT의 구조 및 특성에 관하여 고찰하고, 능동소자에 따른 MMIC의 특성을 비교 검토하며, 이러한 소자를 이용한 광대역 이동통신용 저잡음증폭기, 전력



〈그림 3〉 밀리미터파 트랜시버 구성도

증폭기, 혼합기, 발진기, Downconverter 등의 핵심부품의 MMIC 개발동향에 대하여 기술하고자 한다.

1. 초고속 능동소자의 구조 및 특성

1) MESFET

MESFET는 반절연(Semi-Insulating) GaAs 기판위에 채널층을 형성하고 그 위에 게이트, 드레인, 소오스의 전극을 형성하는 구조이며, 기존의 실리콘 BJT(Bipolar Junction Transistor) 보다 높은 전자이동도, 낮은 전압에서의 소자구동, 내방사성, 큰 에너지 밴드갭 등의 특성을 이용하여 2GHz 이상의 초고주파대역에서 현재 상업용 및 군수용으로 주로 사용되고 있는 소자이다.

GaAs MESFET는 다이오드보다 고속, 저소비 전력, 소형 등의 장점을 이용하여 스위칭 소자, 고전력용 소자, 감쇠기, 리미터 등과 군사 및 통신시스템에 많이 사용된다.

최근에는 밀리미터파 대역에 사용하기 위하여 Smart Channel 구조연구가 활발히 진행되고 있으며, NTT의 Self Align 기법과 선택적 이온 주입채널층을 가진 0.1um 게이트 길이의 MESFET는 차단주파수 113GHz의 특성을 나타내고 있다.^[9]

2) HEMT(MODFET)

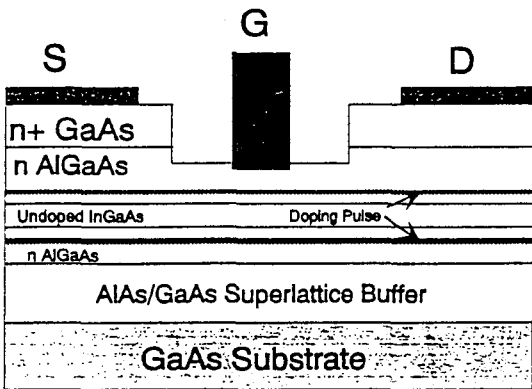
이종접합구조의 특성을 이용한 HEMT는 큰 에너지갭을 갖는 Doped AlGaAs층과 Undoped GaAs의 이종접합면에 Two Dimensional Electron Gas(2DEG)가 생성되고 이곳의 전자는

AlGaAs의 도우너와 분리되어 있어 이온화된 불순물로부터의 산란효과를 줄임으로써 채널의 전자 이동도, Drift 속도 및 광자산란(Phonon Scattering)의 Mean Free Path를 높일 수 있는 구조이다. 장점은 트랜스콘덕턴스가 높고 출력콘덕턴스가 낮아서 이득이 높으며, 저잡음 특성이 특히 우수하다.

HEMT의 구조에 따른 종류로는 Conventional HEMT, Inverted HEMT(IHEMT), Multi-quantum well HEMT(MQW-HEMT) 및 Pseudomorphic HEMT(PHEMT) 등이 있으며, 그 대표적인 PHEMT의 단면도를 그림 4에 나타냈다.

IHEMT는 conventional HEMT에서 GaAs층과 AlGaAs층이 바뀐구조로서 AlGaAs층 위에 좋은 특성을 갖는 GaAs층을 성장시켜야 하는 기술적인 어려움 때문에 많은 관심을 끌지는 못하였지만, doped AlGaAs층이 GaAs 기판으로의 캐리어의 주입을 막는 전위장벽(Potential Barrier)로 동작하므로 소자의 출력콘덕턴스를 개선시키는 장점을 가지고 있다.

MQW-HEMT는 Undoped GaAs층의 양쪽에 2DEG의 채널층을 형성시켜 낮은 도핑농도를 갖고도 높은 전류밀도와 항복전압을 얻을 수 있는 구조로서 채널의 수에 따라 DH-HEMT(Double Heterojunction HEMT) 및 MQW-HEMT라고 불



〈그림 4〉 Pseudomorphic HEMT의 단면도

리우며 고전력용 소자에 많이 이용되고 있다.

PHEMT는 Conventional HEMT의 Undoped GaAs 채널층과 AlGaAs층 사이에 InGaAs층을 포함하는 구조로서, AlGaAs의 낮은 Al Mole Fraction으로 큰 전도대 불연속성을 얻을 수 있고 InGaAs층은 GaAs층보다 우수한 전도도를 갖는다. 또한 C-band에서 W-band까지 Conventional HEMT 보다 저잡음, 고출력, 고효율 특성을 나타내므로 많은 연구가 진행되고 있다.^[10]

HEMT의 기술추세를 보면 이종접합물질로는 AlGaAs/GaAs 구조보다는 InGaAs층을 채널로 하는 AlGaAs/InGaAs pseudomorphic 구조나 InAlAs/InGaAs 구조를 사용하는 추세이며, 소자의 구조로는 평탄한 트랜스콘덕턴스, 우수한 쇼트키 특성 및 높은 항복전압(Breakdown Voltage)을 얻을 수 있는 δ -doping 구조가 많이 사용되고 있다.

현재는 HEMT의 성능 및 구조개선을 위한 연구가 많이 진행되고 있으며, 선택적 습식 게이트 리세스 에칭에 의하여 제작된 T형 게이트 HEMT는 60GHz에서 최소잡음지수 0.9dB, 이득 7dB의 우수한 성능을 나타냈고,^[11] 이중 리세스 구조의 PHEMT(DR-PHEMT)는 초고주파 대역에서 안정된 공정과 항복전압을 향상시켜 전력증폭기로서 가장 각광을 받고 있는 소자로서 39GHz에서 500mW 출력전력이 보고되어 있다.^[12]

3) HBT

HBT는 에미터와 베이스간의 서로 상이한 에너지 밴드 차이를 이용하여 운반자의 주입효율을 높임으로서 실리콘 바이폴라 트랜지스터에 비해 높은 트랜스콘덕턴스, 출력임피던스, 항복전압과 높은 문턱전압 및 저잡음 특성을 갖는 소자이다.

MESFET, HEMT와 같은 수평구조의 화합물반도체 소자에 비해 수직구조인 HBT는 리소그래피 기술에 의한 고속소자 제작의 어려움이 적고 입력 전력에 대한 출력전력의 선형성이 우수하다. 또한 소자의 동작특성은 에미터의 크기에 크게 구애를 받지 않으므로 마이크로파 대역의 HBT를 위한 소자크기도 2 μ m 이상으로 제작할 수 있어 다른 소자에 비해 공정상의 제약을 받지 않는다.

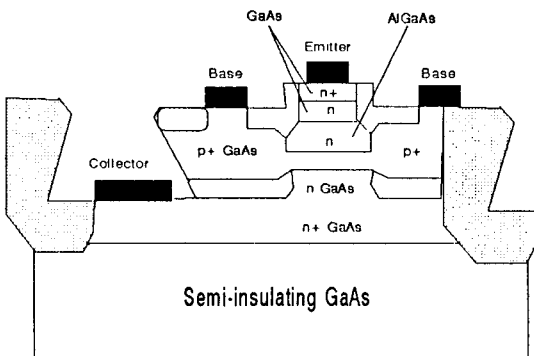
GaAs HBT는 공정상 쇼트키 접촉과 무관하게 오믹접촉 공정만이 사용되고, 높은 차단주파수(cutoff frequency)와 특성 때문에 마이크로파와 밀리미터파 주파수에 이상적인 특성을 갖고, 고주파수 특성과 트랩핑 효과가 적어 광대역증폭기 제조에 용이하다.

HBT의 구조에 따른 종류로는 Graded base structure HBT, Collector-up(inverted) HBT, Double structure HBT(DHBT) 등이 있으며, 일반적인 HBT의 단면도를 그림 5에 나타냈다.

Graded base structure HBT는 베이스의 transit time을 개선하기 위하여 베이스 영역을 경사시킨 구조로서, 에미터에서 콜렉터로의 Al 농도를 감소시켜 GaAs/AlGaAs HBT의 베이스에서 Al 경사를 만들므로써 베이스 영역에 quasi-electric field를 생성시켜 베이스 저항을 감소시키고 전자의 속도를 개선한다.

Collector-up HBT는 소자의 time delay를 개선하기 위하여 매우 높은 초고주파에서 적용가능하도록 콜렉터의 영역을 에미터 영역보다 작게하여 성능을 개선한 HBT를 말한다.

DHBT는 콜렉터와 에미터의 양쪽에 큰 에너지 밴드갭을 갖는 재료로 구성된 HBT 이고, 이 구조의 장점은 포화상태에서 콜렉터로의 호몰의 주입을 막고 에미터와 콜렉터의 상호교환이 가능하며 offset 전압과 포화전압의 제어가 용이하다.



〈그림 5〉 Conventional HBT의 단면도

최근의 HBT의 연구동향은 beryllium이 도핑된 베이스를 가진 HBT에 비해 안정한 전류-전압 특성을 갖는 Carbon이 도핑된 베이스의 AlGaAs/GaAs HBT에 대한 연구가 활발하고, 높은 전자 이동도, velocity overshoot, 낮은 표면 재결합 속도 및 광통신 파장과의 접합성 등의 장점을 갖고 있는 InGaAs/InP HBT에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

2. 밀리미터파 대역 MMIC 부품의 개발동향

위에서 기술된 MESFET, HEMT 및 HBT를 이용한 밀리미터파 대역의 MMIC에 대한 연구현황을 알아보기 위해 최근에 발표된 MMIC중의 핵심 부품인 저잡음증폭기, 혼합기, 발진기, 전력증폭기, Downconverter 등에 대하여 〈표 1, 2, 3, 4, 5〉에 나타냈다.

밀리미터파용 저잡음증폭기는 GaAs MESFET, GaAs HEMT, InP HEMT를 이용하여 다양하게 제작되었으며, 이중 InP HEMT가 가장 우수한 이득과 저잡음 특성을 나타냈다. 3단의 0.1um InAlAs/InGaAs/InP HEMT를 이용한 저잡음증폭기는 100GHz에서 이득 19dB, 잡음지수 4.3dB의 특성을 나타냈으며, 50GHz의 InP HEMT는 9.2dB의 이득과 2.8dB의 잡음지수를 나타냈다.

밀리미터파용 혼합기도 MESFET, HBT 보다는 주로 HEMT를 이용하여 제작되고 있으며, 0.15um AlGaAs/GaAs HEMT를 이용한 혼합기는 60GHz에서 -4.3dB의 변환이득과 5.3dB의 최소 잡음지수를 나타냈으며, 0.1um InAlAs/InGaAs dual-gate HEMT를 이용한 혼합기는 W-Band에서 3dB의 변환이득 특성을 나타냈다.

밀리미터파용 발진기로는 MESFET, HEMT 보다 낮은 잡음특성과 뛰어난 고주파 특성을 갖는 HBT가 더 많이 사용되고 있으며, GaInP/GaAs HBT는 전력이득 차단주파수 100GHz 이상이 보고되고 있다.^[13] HBT를 이용하여 제작된 전압 제어발진기의 경우 37, 39, 40GHz에서 1GHz 이상의 대역폭과 1MHz에서 -100dBc/Hz의 위상잡음 특성을 나타냈다.

밀리미터파 Down-Converter는 저잡음증폭기,

〈표 1〉 MMIC 저잡음증폭기의 개발동향

연도	주파수 대역	Stage	NF(dB)	Gain (dB)	VSWR		Chip Size (mm ²)	제작자	능동소자	참고 문헌
					In	Out				
1993	100GHz	3	4.3	19	-	-	3.35×2.0	TRW	0.1um InAlAs/ InGaAs/InP HEMT	14
1994	60.2GHz	4	4.8	15.1	-	-	4.0×3.0	TRC(Finland)	0.25um GaAs/ InGaAs PHEMT	15
1994	92GHz	2	5.5	8.7	2.0	2.5	2.6×1.3	Optoelectronics	0.15um AlGaAs/ InGaAs HEMT	16
1994	50GHz	2	2.8	9.2	-	-	1.28×0.81	NTT	0.1um InAlAs/ InGaAs/InP HEMT	17

〈표 2〉 MMIC MIXER의 개발동향

연도	방 법	주파수 대역	NF(dB)	Conversion Gain(dB)	Chip Size (mm ²)	제작자	능동소자	참고 문헌
1993	Single balanced structure	60GHz	5.3	-4.3	1.9×1.9	Fujitsu Lab.	0.15um AlGaAs /GaAs HEMT	18
1993	Dual-gate	87~100GHz		3	1.0×1.0	Univ. of Michigan	InAlAs/InGaAs HEMT	19
1993	Resistive	108~114GHz		-12~-13		Chalmers Univ.	AlGaAs/InGaAs /GaAs δ-doped HEMT	20

〈표 3〉 MMIC Oscillator의 개발동향

연도	방 법	주파수 대역	Power (dBm)	Efficiency (%)	Chip Size (mm ²)	제작자	능동소자	참고 문헌
1993	V.C.O	29GHz	8	-	2.3×6.0	Deutsche Aerospace AG	0.25um MESFET	21
1994	V.C.O	14~28GHz	-9~3	10.9~19.6	1.0×1.0	Thomson-csf	GaN/InP/GaAs HBT	22
1994	V.C.O	Ka-Band	10	-	1.4×2.5	Deutsche Aerospace AG	GaN/InP/GaAs HBT	23
1994	-	75GHz	8mW	-	-	Fraunhofer Institute	0.16um PHEMT	24

〈표 4〉 MMIC Down-Converter의 개발동향

연도	주파수 대역	NF(dB)	Conversion Gain(dB)	Chip Size (mm ²)	제작자	능동소자	참고 문헌
1993	54GHz	3	21	5.0×3.0	TRW/S&EG	0.1um InAlAs/ InGaAs/InP HEMT	25
1993	X-Band	4	50	1.3×2.0	Fujitsu	0.3um AlGaAs/ GaAs HEMT	26
1993	Ku-Band	8.5	32	2.0×2.0	Raytheon	GaAs MESFET	27
1993	94GHz	4.9	11	-	Toshiba	0.1um InAlAs/ InGaAs/InP HEMT	28

〈표 5〉 MMIC 전력증폭기의 개발동향

연도	주파수 대역	Stage	Gain (dB)	Power	Effi. (%)	Chip Size (mm ²)	제작자	능동소자	참고 문헌
1993	40GHz	2	7	500mW	15	3.94×2.66	Raytheon	PHEMT	12
1993	Ka-Band	2	9	1.3W	24	—	TRW	AlGaAs/InGaAs GaAs HEMT	29
1993	8~15GHz	2	16	1.4W	48	86×56mils	Westinghouse Corporation	HBT	30
1993	44GHz	6	32.7	16.7dBm	17	1.79×1.79	HP	MESFET	31
1993	Q-Band	2	6.7	26dBm	33	2.0×2.25	Hughes	InP HEMT	32
1993	61.2GHz	1	4	37.2dBm	25.6	1.15×1.15	NEC	AlGaAs/InGaAs HEMT	33
1993	47GHz		16.6	0.46W	11.2	5.0×2.8	COMSAT	0.3um MESFET	34
1993	18GHz	2	8	31dBm	29		Westinghouse		35
1993	45GHz	3	11	725mW	17	3.9×2.6	Raytheon	GaAs PHEMT	36
1994	59.5~63.5GHz	2	20	1.5W	—	—	TRW	0.15um PHEMT	37
1994	40~46GHz	2	7.03	1.01W	15.1	5.0×3.0	TRW	0.15um InGaAs PHEMT	38
1994	59.5~63.5GHz	2	7	370mW	11	3.6×2.5	TRW	0.15um InGaAs PHEMT	39
1994	55GHz	1	—	0.75W	14	200×150mils	Avantek	0.15um PHEMT	40

혼합기 및 IF 증폭기를 단일칩위에 포함하고 있으며, 저잡음, 고이득 특성이 요구되므로 주로 HEMT를 이용하여 제작된다. 최근에는 GaAs계 보다는 InP계 HEMT가 저잡음 및 이득 특성이 우수하여 많은 연구가 진행되고 있으며, 0.1um InAlAs/InGaAs/InP HEMT를 이용한 MMIC Down-Converter의 경우 54GHz에서 21dB의 변환이득과 3.1dB의 잡음지수 특성을 나타냈다.

밀리미터파 전력증폭기는 광대역 이동통신외에 군수용과 우주통신시스템에 광범위하게 사용될 것이며, V-Band에서 cross-links와 Convert communication에 응용을 위해서는 경량이고 소형이며 저가의 고성능 MMIC 전력증폭기가 요구된다. 능동소자는 주로 PHEMT가 사용되며 61GHz에서 37.2dBm의 출력전력과 17%의 효율을 갖는 전력증폭기, Q-band에서 출력전력 26dBm, 효율 33%를 갖는 전력증폭기가 보고되고 있다.

IV. 결 론

지금까지 수십, 수백 Mbit/s에 다다른 데이터

및 영상정보 데이터의 교환을 위해 종래의 2GHz 이하의 주파수보다 훨씬 높은 30GHz 이상의 밀리미터파대역에서 동작하는 무선 기술 및 네트워킹 기술에 대한 기술동향을 알아 보았으며 이의 구현을 위해 필수적인 초고속 반도체 소자의 기술개발에 대해 설명하였다.

이동통신 가입자에게 B-ISDN 서비스를 제공하기 위해서는 초고속의 데이터 전송율이 필요하게 되는데 60GHz 부근의 밀리미터파대 주파수가 적당한 것으로 알려지고 있어 유럽 등에서는 RACE 계획의 일환으로 밀리미터파대역을 사용하는 MBS 등을 개발하고 있다. 위와 같은 초고속 종합정보통신시스템을 구축하고 방대한 서비스의 제공을 위해서는 저렴한 가격에 대량생산성이 있는 밀리미터파 트랜시버의 개발이 이루어져야 하며 이를 위해서는 MMIC 등을 이용한 LNA, VCO, Mixer power Amplifier 등의 핵심부품기술과 Pseudo HEMT, HBT와 같은 초고속 반도체 설계 및 제작기술이 선행되어야 하고 아울러 시스템 통합기술이 병행 개발되어야 한다.

현재의 관점에서 볼 때, MBS 등이 가까운 2, 3년내에 실용화 되기는 불가능하나 데이터 전송 용량과 이동성 측면에서 날로 증가하는 소비자의 욕

구를 생각할 때 현재의 예측보다 가까운 장래에 이 초고속 정보통신기술이 상용화될 수도 있을 것이다. 따라서, 국내에서도 초고속 광대역 이동통신시스템 및 관련 밀리미터파 부품 및 소자에 대한 연구개발 투자가 조속히 이루어져야 향후 국제경쟁에서 대등한 위치를 점유할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Ralf Schafer, "European R & D Activities in Mobile Multimedia Communications and Expectations on Future Services", IEICE Trans. Commun., Vol. E77-B, No. 9, pp. 1083-1088, Sept., 1994
- [2] "차세대 개인휴대통신 시스템 및 관련기기의 기술개발전략에 관한 연구", 전자부품종합기술연구소, 1994
- [3] L. Fernandes, "Progress towards a Mobile Broadband System", Microwave Eng. Europe, Nov., 1993.
- [4] John Burns, "The Applications of Millimetre Wave Technology for Personal Communication Networks in the United Kingdom and Europe", IEEE MTT-S Digest, Vol. 2, pp.635~638, 1994.
- [5] Michael J. Marcus, "Spectrum Management Implications of MillimeterWave Technology", IEEE MTT-S Digest, Vol. 2, pp. 631~633, 1994.
- [6] M. Chelouche, A. Plattner, "Mobile Broadband System(MBS) : Trends and Impact on 60GHz Band MMIC Development", Electronics & Communication Eng. Journal, June, 1993.
- [7] A. Plattner, "Technology and Demonstrator of the RACE Project : Mobile Broadband System", IEEE MTT-S Digest, Vol. 2, pp.639~642, 1994.
- [8] A. Plattner, "A Millimetre Wave Communication System for MAGLEV Application", IEEE MTT-S Digest, Vol.2, pp.745~748, 1994.
- [9] Yasuro Yamane, et al., "0.1um GaAs MESFET's fabricated using ion-implantation and photo-lithography," GaAs IC Symposium, pp.185~188, 1993.
- [10] Stephan X. Bar, et al., "Manufacturing Technology Development for high yield pseudomorphic HEMT," GaAs IC Symposium, pp.173~175, 1993.
- [11] N.Yoshida, et al., "A Super Low Noise V-band AlInAs/InGaAs HEMT processed by Selective Wet gate Recess Etching," 1993 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.645~648.
- [12] John C.Huang, et al., "The Effect of channel dimensions on the Millimeter-Wave Power Performance of a pseudomorphic HEMT," GaAs IC Symposium, pp.177~180, 1993.
- [13] W. Liu, et al., "Microwave Performance of self aligned GaInP/GaAs Hetero-junction Bipolar Transistor," IEEE Electron Device Letters, vol.14, pp.176~178, 1993.
- [14] H. Wang, et al., "A Monolithic W-band Three-Stage LNA using 0.1um InAlAs/InGaAs/InP HEMT Technology," 1993 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.519~522.
- [15] O.P.Lunden, et al., "A 60GHz LNA using commercially available PMHEMT for intersatellite and Mobile Communications," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.1341~1344.
- [16] T.Kashiwa, et al., "Design of W-band Monolithic Low Noise Amplifiers using accurate HEMT Modeling," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.289~292.

- [17] Yohtaro Umeda, et al., "Sensitivity Analysis of 50GHz MMIC LNA on gate Recess depth with InAlAs/InGaAs/InP HEMTs," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.123~126.
- [18] Tamio Saito, et al., "HEMT-Based MMIC Single-Balanced Mixers for 60GHz Indoor Communication Systems," GaAs IC Symposium, pp.57~60, 1993.
- [19] Y. Kwon, et al., "A miniaturized W-band Monolithic Dual-gate InAlAs/InGaAs HEMT Mixer," GaAs IC Symposium, pp. 215~218, 1993.
- [20] Ilcho Angelov, et al., "An F-Band Resistive Mixer based on heterostructure Field Effect Transistor Technology," 1993 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.787~790.
- [21] U.Guttich, et al., "A Monolithic Dielectrically Stabilized Voltage Controlled Oscillator for Millimeter Wave Range," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.667~669.
- [22] H.Blank, et al., "Fully Monolithic Ku and Ka band GaInP/GaAs HBT Wideband VCOs," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.127~130.
- [23] U.Guttich, et al., "Ka-Band Monolithic VCOs for Low Noise Applications using GaInP/GaAs HBTs," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.131~134.
- [24] H.Bangel, et al., "Monolithic Integrated 75GHz Oscillator with High Output Power using A Pseudomorphic HEMT," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.135~138.
- [25] K.W.Chang, et al., "A V-Band Monolithic InP HEMT Downconverter," GaAs IC Symposium, pp.211~214, 1993.
- [26] K. Joshnin, et al., "A High-Gain HEMT Monolithic Downconverter for X-band Direct Broadcast Satellite Application," GaAs IC Symposium, pp.229~232, 1993.
- [27] P.Bacon, et al., "A Dual-channel Ku-band DBS Downconverter," GaAs IC Symposium, pp.233~236, 1993.
- [28] Hiroyuki Yoshinaga, et al., "A 94GHz Band Low Noise Downconverter," 1993 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.779~782.
- [29] M.D.Biedenbender, et al., "A Power HEMT production process for High Efficiency Ka-band MMIC Power Amplifier," GaAs IC Symposium, pp.341~344, 1993.
- [30] Fazal Ali, et al., "A 8-15GHz, 1W HBT Power MMIC with 16dB Gain and 48% Peak Power added Efficiency," GaAs IC Symposium, pp.363~366, 1993.
- [31] Brian Hughes, et al., "MMIC 20GHz Low-Noise and 44GHz Power Amplifiers for Phased Array Communication Antennas designed for manufacturability," GaAs IC Symposium, pp.367~370, 1993.
- [32] A. Kurdoghlian, et al., "High Efficiency InP-Based HEMT MMIC Power Amplifier," GaAs IC Symposium, pp.375~377, 1993.
- [33] M.Funabashi, et al., "High Gain V-band Heterojunction FET MMIC Power Amplifiers," GaAs IC Symposium, pp.379~382, 1993.
- [34] T.Ho, et al., "A 0.6 Watt U-band Monolithic MESFET Power Amplifier," 1993 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.531~534.
- [35] M.Salib, et al., "A 1.8W 6-18GHz HBT MMIC Power Amplifier with 10dB gain and 37% Peak Power added Efficiency," IEEE Microwave Guided Wave Lett., vol. 3, No.9, September, 1993.
- [36] W.Boulais, et al., "A High Power Q-Band

GaAs Pseudomorphic HEMT Monolithic Amplifier," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp. 649~652.

[37] L.Marosi, et al., "1.5 Watts V-band power amplifier using PHEMT Technology," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.653~656.

[38] T.H.Chen, et al., "One Watt Q-band Class A Pseudomorphic HEMT MMIC Amplifier," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.805~808.

[39] A.K.Sharma, et al., "Millimeter-Wave High Power Amplifiers Using Pseudomorphic HEMTs," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp. 813~816.

[40] M.Faulkner, et al., "V-Band PHEMT Power Amplifier using an N-way Chain Combiner," 1994 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp. 265~268.

저 자 소 개



卞 相 基

1950년 5월 23일생
 1974년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1978년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1986년 5월 University of Florida 전자공학과(공학석사)
 1989년 8월 Auburn University 전자공학과(공학박사)
 1978년 6월~1984년 7월 국방과학연구소 선임연구원
 1989년 9월~1992년 2월 현대전자(주) 수석연구원
 1992년 3월~현재 전자부품종합기술연구소 수석연구원

주관심분야 : 고주파/초고주파 부품, 이동통신/위성통신기기, 고주파 회로 및 MMIC 설계 등임

朴 寅 植

'90년 동국대학교 전자공학과 학사
 '92년 동국대학교 전자공학과 석사
 '92년~현재 전자부품종합기술연구소 전임연구원

주관심분야 : 화합물 반도체 소자, 초고주파부품 및 고주파 회로, MMIC 설계 등임



閔 貞 東

'91년 서울시립대학교 전자공학과 학사
'93년 서울시립대학교 전자공학과 석사
'93년~현재 전자부품종합기술연구소 연구원

주관심분야 : 디지털 신호처리, 고주파 부품 및 회로 등임