

## 특 집

# RF 대역 MMIC 기술

이 재 진

(주)텔트론 통신회로연구소

## I. 서 론

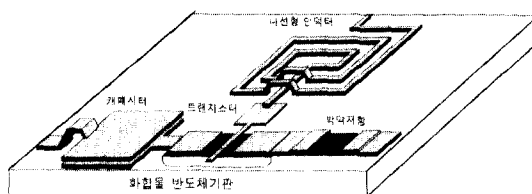
현대사회가 산업사회에서 정보화사회로 발전함에 따라 산업사회의 최대가치인 자본은 정보가 그 역할을 대체하였고, 산업사회의 인프라인 공장은 통신으로 대체되었다. 산업사회에서는 대량생산에 의한 저가격화가 가장 큰 쟁점이었다면 정보사회에서는 정보가공기술에 의한 적재적소에 가장 빠르게 제공하는 기술이 이슈화되어있다. 이러한 패러다임의 변화에 따라 시간과 장소에 제약받지 않는 통신방식이 요구되었고 무선이동통신은 이러한 사회의 요구에 가장 잘 부응한 기술로 대두되었다.

무선통신의 발달에 따라 고주파 자원이 필요하게 되었고, 고주파에서 동작하는 재료, 소자 및 회로가 요구되었으며 이들은 주파수가 높은 영역에서 사용하므로 RF(Radio Frequency)부품이라고 분류하고 있다. RF IC(Radio Frequency Integrated Circuit)와 MMIC(Monolithic Microwave IC)는 같은 개념으로 사용되고 있지만 MMIC는 마이크로 주파수 대역에서 능동소자와 수동소자를 집적화 하는 개념에서 출발하였고, RF IC는 마이크로웨이브보다도 낮은 주파수에서 능동소자와 수동소자로 집적화 한다는 개념의 차이가 있다. 따라서 Monolithic IC 라면 이들은 모두 통칭한다고 볼 수 있다.

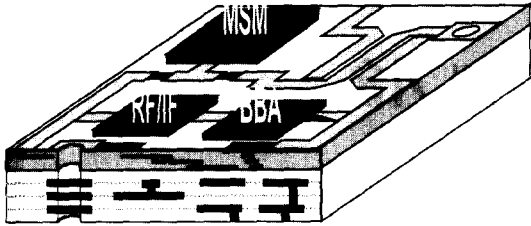
시스템의 RF 부분은 하이브리드 모듈, 모노리식 IC, 개별소자 등으로 구성할 수 있는데 개별소자는 RF다이오드, RF트랜지스터, RF수동소자 등이며 모노리식 IC는 반도체 공정을 이용하여 개

별소자를 집적화 한 것이고 하이브리드는 PCB나 세라믹 기판을 이용하여 개별소자로 그 성능을 나타내도록 한 것이다. 즉 모노리식 IC와 하이브리드 모듈은 그 목표하는 성능은 같으나 부피, 무게, 가격측면에서 모노리식 IC가 유리하다. 그러나 저가격화를 위하여 대량생산을 하여야 한다는 점이 때로는 단점으로 작용하고 있다.

1970년대까지 군사용으로만 제한되어 사용된 GaAs 기술이 이동통신의 출현으로 민수용으로 대대적으로 사용되기 시작하여 산업의 일익을 담당하게 되었고, 대중화를 위한 저가격화 요구에 대하여 SiGe 기술과 Si 기술이 발전하는 계기를 가져왔다. 소자측면에서도 초기에는 GaAs MESFET 이 주로 적용되었으나 시스템의 요구사항에 따라 HEMT, HBT, Bipolar 및 Bi-CMOS 등이 사용되고 있다. 이러한 기술추세에서 반도체기술의 발전에 따라 하나의 반도체 기판에 능동소자 뿐만 아니라 수동소자 까지 집적화하려는 <그림 1>과 같은 MMIC 기술이 등장하였고, 시스템의 요구에 따라 SoC(System on a Chip)의 개념이 도입되기 시작하면서 RF 전단부와 디지털부의 단일칩화 요구에 따라 칩의 집적화가



<그림 1> 저항, 인덕터, 캐패시터가 하나의 반도체 기판에 공정한 MMIC 칩



〈그림 2〉 디지털회로, 아날로그회로, MMIC 칩을 다층 기판에 집적한 MCM(Multi Chip Module)

대대적으로 이루어지고 있다. 시스템측면에서 단일칩 제작이 어려운 디지털 회로와 RF회로 등은 Bare칩 형태로 기판에 제작하여 〈그림 2〉와 같이 소형화 경량화 할 수 있는 데 이것이 MCM (Multi-chip Module) 기술이다.

또한 같은 개념으로 수동소자를 기판에 제작하고 능동소자를 하나의 패키지에 수용하려는 LTCC 기술이 있다.

본고에서는 이러한 RF 대역 MMIC의 재료기술, 소자기술 및 10GHz 대역 이하의 시스템에 적용한 IC의 발전동향에 대하여 알아보고 국내의 연구현황에 대하여 알아본다.

## II. RF IC기술 동향

### 1. RF IC재료기술

RF IC를 이루는 능동소자의 재료는 III-V 화합물반도체와 Si 반도체에 의하여 제작되고 있다. III-V 화합물반도체인 GaAs는 기판자체가 반절연성이므로 고주파수 대역에서 전송특성이 양호한 반면 Si 반도체기판의 경우 반절연성을 이루기 위하여 저항이 높은 기판가공기술을 필요로 한다. 일반적으로 GaAs는 전자이동이 Si 보다 5배 이상 빠르므로 고속 IC의 제조가 가능하다, 이같은 특성으로 실리콘 기판은 현재 5GHz 이하 주파수를 처리하나 갈륨비소기판은 이보다 10배 이상의 고주파수 대역을 처리한다. GaAs 재료를 사용하는 MESFET, HEMT, HBT 등의 기본소자와 수동소자를 일괄공정으로 제작해

기능 및 성능을 집적한 것이 MMIC이다. IV-IV족 반도체인 SiGe는 GaAs와 Si의 장점만을 가진 재료로 고주파 특성이 양호하고 잘 개발된 실리콘 반도체 공정기술을 그대로 사용할 수 있어서 좋은 재료로 각광을 받고 있다. 즉 GaAs 반도체와 거의 비슷한 고주파 대역 신호처리가 가능할 뿐만 아니라 디지털 회로와 아날로그 회로를 하나의 다이(Die)에 집적할 수 있어 향후 시스템 온 칩을 구현하는 데 있어 더욱 유리하다. IBM, ST, TEMIC 등 일부기업에서 저잡음 증폭기(LNA), 전압제어 오실레이터(VCO), 전력 증폭기, 트랜지스터 등 단일기능을 갖춘 제품상용화에 성공, 2002년까지 이동통신 단말기에 쓸 수 있는 단일칩을 출시할 계획이다. 생산가격 측면과 기능구현 측면에서 GaAs는 고기능화 및 집적화는 유리하나 생산 단가가 높고 Si는 RF 고기능 화에 아직은 연구가 필요하나 집적화 및 생산단가가 낮은 장점이 있으며 SiGe는 이들 두 가지 기술의 장점만 가진 유망한 기술이다.

현재 고주파 부품의 재료기술은 이러한 기술의 특성 때문에 고유영역에 특정하여 쓰이지 않고 서로 대체하며 발전을 하고 있다. 예를 들면 RF MMIC는 개발초기에 GaAs에 의한 개발이 이루어지고 SiGe의 대체 그리고 Si 재료에 의한 대체가 이루어지고 있다. 그것은 화합물 반도체 재료는 IC 제작시 에피기판 등을 사용하여 약 12단계의 마스크 공정을 거치는 간단한 공정이나 재료자체가 고가인데 비하여, Si계인 Bi-CMOS는

〈표 1〉 재료별 용도 및 특성 비교(2GHz 대역 이하)

구분/재료	Si	SiGe	GaAs	InP
면적당 단가 (\$/mm <sup>2</sup> )	0.1	0.4	1	10
기술 가능성	휴대단말 one-chip 화 가능	휴대단말 one-chip 화 가능	RF Front-end 집적화 가능	고주파, 초고속분야
기술 사용시기	2004	2002	현재	2005
사용 내역	실험 시제품	약 7종 상용화	고주파소자 95%	특수분야

약 28단계의 복잡한 마스크공정을 거치게 되나 웨이퍼의 크기가 커서 값싼 칩을 생산할 수 있기 때문이다. 한편 소자의 고주파 특성은 게이트 길이가 작을수록 고주파 특성이 좋아지므로 극한적인 리소그래피 기술을 요구하며 작을수록 마스크 가격 또한 상승하게 되어 Si 재료계통은 대량 생산을 하지 않으면 생산단가를 맞추지 못한다. <표 1>에는 몇 가지 이러한 RF MMIC 재료와 기술특성에 대하여 나타내었다.

## 2. RF IC 소자기술

RF IC에 이용되는 소자기술은 MESFET, HEMT, HBT, Bi-CMOS 등으로 주로 증폭기, 합성기, 혼합기, 송신기, 수신기 등의 RF IC 또는 RF모듈을 제작한다.

MESFET 기술은 저 잡음 특성과 전력특성을 이용하여 증폭기 및 전력 증폭기를 제작하는 데 낮은 동작전압과 양호한 고주파 특성 때문에 저 잡음 증폭기로 휴대전화기, 위성단말기, 저능형 교통 시스템 단말기 등의 수신부 IC에 가장 광범위하게 사용되며 송신부 IC의 구동 증폭기, 혼합기 등에도 쓰인다. 일반적으로 RF IC의 소자기술로 가장 많이 오래 전부터 사용하여 왔으며 현재에도 사용되고 있다. 그러나 게이트 바이어스 때문에 음원전압이 필요하여 단말기의 경우에는 직류-직류 변환기 칩을 별도로 사용해야 하며 칩의 크기는 이종접합 소자에 비하여 크다. 전력증폭기로는 low-high 도핑기술을 이용하여 선형성을 향상시키고 저소비전력 저전압 동작을 가능하게 하여 휴대 단말기의 전력 증폭기로 응용되고 있으며 Mitsubishi에서 생산공급하고 있다.

HEMT 기술은 이종반도체 예를 들면 GaAs-AlGaAs와 같은 서로 다른 물질의 반도체를 접합하여 제작한 것으로 전자의 이동도가 빨라 고주파특성이 좋으므로 저잡음증폭기를 제작하고 있다. 기본 능동소자 중 저잡음 특성이 가장 좋아 수신단에 많이 쓰인다. 수신단에 사용하는 MESFET에 비하여 에피피판 사용 및 게이트 길이가 짧은 공정을 채택 이용하므로 상대적으로 고가격이다. PHEMT는 (Pseudo-morphic

High Electron Mobility Transistor)는 GaAs 기판 위에 에피를 형성 할 때 GaAs의 결정격자보다 크거나 작은 물질인 InGaAs 등과 같은 재료를 형성하여 만든 소자로 격자 부정합에 의한 전자의 이동도를 더 크게 하여 선형성과 높은 고주파특성을 얻는 것이다.

HBT 소자는 이종접합특성과 p형과 n형 불순물을 사용하여 양전압 전원으로 동작하게 한 것으로 전자와 정공을 모두 이용하므로 전류의 흐름을 크게 할 수 있어 전력증폭기에 많이 채택하여 사용하고 있다.

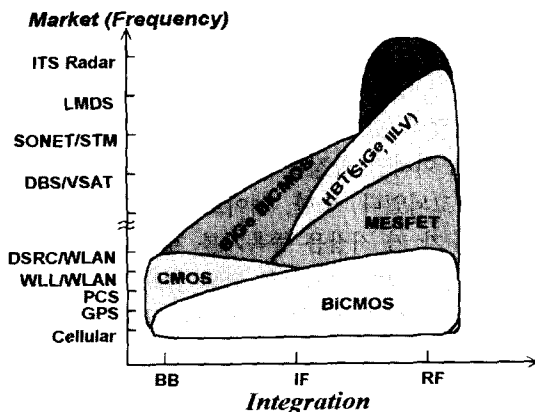
CMOS는 Si 재료를 이용한 상보성 금속산화막 반도체로서 미세가공 기술이 발전함에 따라 좋은 고주파특성을 얻고 있는 소자이다. 차단주파수가 근자 50년 동안 150GHz 까지 성능이 향상되고 있으며 IC화하고 있다. Si를 기반으로 하므로 잘 개발된 공정기술을 그대로 이용하여 저가격화 된 칩을 제작할 수 있을 뿐만 아니라 SoC의 경우 시스템의 중간주파수밴드, 디지털부까지 집적화 할 수 있어서 단일칩화 하는데는 제작경비상 가장 적합한 기술로 부상되어 있다. 현재는 대학수준에서 0.25um CMOS 공정기술로 저잡음증폭기, 주파수 혼합기, 주파수합성기 등을 단일칩으로 구현하는데 성공하고 있으며 일부회사에서는 0.18um CMOS 공정을 이용하여 단말기의 디지털부, 아날로그부 및 RF 기능을 집적하여 단일칩으로 출시를 하고 있다. CMOS는 전환전도특성(Gm)이 낮으므로 동일한 이득을 얻으려면 많은 전류가 필요하게 되어 소자의 소비전력이 큰 단점이 있어 전지를 사용하는 유한한 전력 공급원을 사용하는 휴대전화기 등에는 불리한 점이 있다. 이러한 단점은 디자인 룰이 0.13um 이하인 공정을 사용하면 제거 될 수 있다고 보고되었다. 또한, 게이트의 직렬 저항으로 잡음지수가 커 저잡음 증폭기를 제작하면 상대적으로 잡음특성이 커지므로 단말기에 이용할 경우 감지도가 떨어지게 된다. 따라서 현재는 게이트 저항을 줄이기 위하여 다결정실라콘, 실리사이드 등의 재료를 채택하여 잡음특성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 이외에도 Si 기판자체가

RF신호의 손실을 크게 하므로 저항성을 크게 하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 고주파 특성을 좋게 하기 위하여 게이트 길이를 작게 하고 있으나 상대적으로 ESD(Electro-Static Discharge) 문제가 대두되어 이의 해결책이 모색되어야 한다.

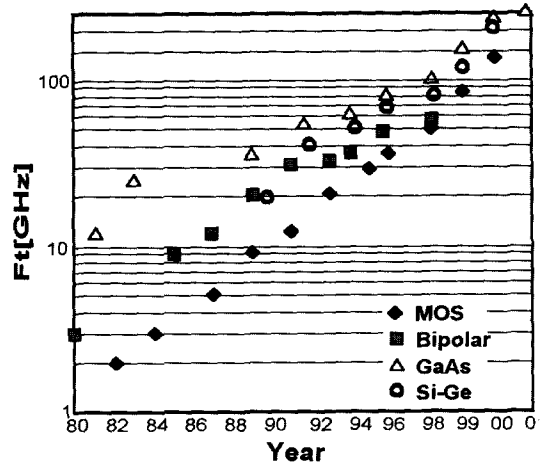
Bi-CMOS는 Bipolar 소자와 CMOS 소자를 Si 기판 위에 동시에 구현한 것으로 Bipolar 소자재료를 Si에서 SiGe 재료로 사용하면 Bipolar와 CMOS 소자의 장점을 취할 수 있는 각광받는 소자기술로 기존의 잘 정립된 Si 반도체 기술에 SiGe 재료 기술을 더하여 고기능화 저가격화를 꾀할 수 있다. Bipolar 소자는 FET소자에 비해 같은 전류밀도에서 RF특성이 우수하여 저 전력용 RF IC 설계에 유리하며 Bipolar와 CMOS 소자를 동시에 제작하는 BiCMOS 기술은 현재 1~3GHz 대역 고주파 부분에 많이 사용되며, 그 이상의 주파수에는 RF 성능이 우수한 SiGe-BiCMOS기술이 될 것으로 기대되고 있다.

이러한 소자기술은 시스템에서 요구하는 주파수, 기능, 저가격화라는 관점에서 채택이 이루어진다. <그림 3>은 현재의 시스템기술에 따라 소자재료의 사용범위를 영역별로 나타낸 것이다.

현재 무선통신시스템의 수신부에서는 GaAs 재료계를 이용한 MESFET이 RF MMIC 부분에서 주종을 이루고 있으며, 더욱 미약한 신호 증폭 및 고주파 분야에서는 잡음특성이 좋은 HEMT



<그림 3> 고주파 소자별 시스템의 대역별 사용범위



<그림 4> 고주파 소자별 재료별 주파수 기술추이

<표 2> RF 수신기용 반도체소자기술특성

	목표	MESFET	MOS	Bipolar	HBT
NF	L	L	H	M	L
IIP3	H	H	M	M	H
소비 전류	L	L	M	M	L
집적도	H	H	L	L	H

가 사용되고 있고 일부 SiGe이 대체되어 사용되고 있는 실정이다. <그림 4>는 연구수준을 비교하였을 때 주파수 특성을 얻은 결과를 종합한 것이며 <표 2>는 RF 수신기용 반도체소자의 기술특성을 정리한 것이다.

송신부의 구동증폭기, 상향주파수 혼합기 등도 10GHz 이하에서만 GaAs 재료계의 MESFET이 가장 많이 사용되고 있으며 고출력을 요하는 전력증폭기는 HBT가 주종을 이루고 있다.

### III. 시스템용 RF IC 동향

#### 1. 이동통신 단말기용 RF IC

이동통신 단말기 부품은 보급에 의한 시장확대

를 위하여 저가격화, 한정된 전지 전원을 사용하므로 장시간 사용을 위하여 저전력화 및 휴대를 위하여 초경량화 하여야한다. RF IC도 같은 맥락에서 이러한 시스템의 요구조건에 맞게 개발되어야 시장에 진입할 수 있다. 이러한 추세에 맞추어 단말기 부품은 여러 개의 칩셋을 반도체 공정 기술을 이용하여 하나의 칩으로 집적화하는 IC 기술, 능동소자와 수동소자 등을 Bare 칩 상태로 하여 하나의 패키지에 수용하는 MCM(Multi-Chip Module) 기술 등이 있으며 이 기술들은 최종적으로 시스템을 단일칩화 하는 SoC(System-on-Chip)를 추구하는 방향으로 전개되고 있다. 이러한 기술은 반도체 소자의 개발 및 제조 기술 뿐 만 아니라 부품 설계 기술과 더불어 시스템 설계 기술의 고도화에 의해 달성될 수 있다. 이러한 칩의 집적화를 나타낸 것이 <그림 4>이다.

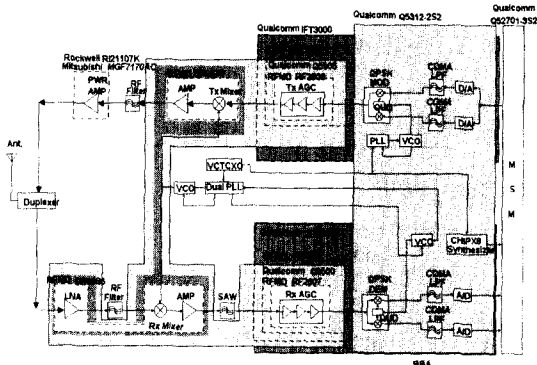
이동통신 단말기의 전원 전압은 초창기에는 12V를 사용하다가 7.2V, 4.7V, 현재의 3.3V를 거쳐 2002년에는 2.2V까지 낮아질 것으로 예상된다. 그리고 무게 또한 1980년 대 1kg에서 2001년 50g 까지 발전하여 왔다. 그러나 공급 전력의 감소에도 불구하고 전력 증폭기의 PAE(power-added efficiency) 특성의 향상 및 저잡음 증폭기의 저잡음 특성, IIP3특성 향상 등 고기능을 요구하고 있다.

RF IC 기술은 소자 제작기술, 회로 설계기술 및 고주파 패키지 기술의 조합으로 이루어지며 각 기술이 균형적으로 발전하여야만 경쟁력이 있

는 MMIC를 개발할 수 있으므로 개인통신 등 수년 내에 상용화될 5GHz 이하의 MMIC에서 가장 큰 비중을 차지하는 것이 제작단가의 절감에 대한 연구이다. 이를 위하여 공정을 단순화하고 안정화하여 공정단가를 줄이는 연구가 필요하고, 집적도 향상에 대한 연구를 통해 생산력을 향상 시켜야 할 뿐 아니라 저가의 고주파 패키지의 개발 필요하다.

또한 각 주파수 대역에서 사용될 시스템들은 국가마다 사용주파수와 규격이 다양하므로 단기간에 규격을 만족하는 MMIC를 개발할 수 있는 설계능력이 필수적이다.

앞으로 무선통신 단말기용 RF IC시장에서는 현 상태보다 발전된 고집적화가 대세이며 GaAs 기술로는 적용하기가 어려운 부분으로 2GHz 이하에서는 Si(Bipolar, SiGe, MOS) 기술이 현재도 대부분을 차지하고 있고 향후에는 그 점유율이 더욱 높아질 예정이며 GaAs는 2GHz 이상에서 우세할 것으로 예상된다. 그러나 PA에서는 2GHz 이하에서 GaAs 기술이 InGaP 기술로 전환되고 있으며, GSM 단말기용으로는 discrete LDMOS module과 SiGe이 사용되고 있다. 2GHz 이하의 Front-end receiver의 경우에는 현재는 GaAs 기술이 우세하나 향후 Si 기술로 대체되어가고 있는 현실이다. 이러한 각 부품의 진화를 나타낸 것이 <그림 5>이다. <표 3>에는 RF 부품의 요구기술과 소자기술을 나타

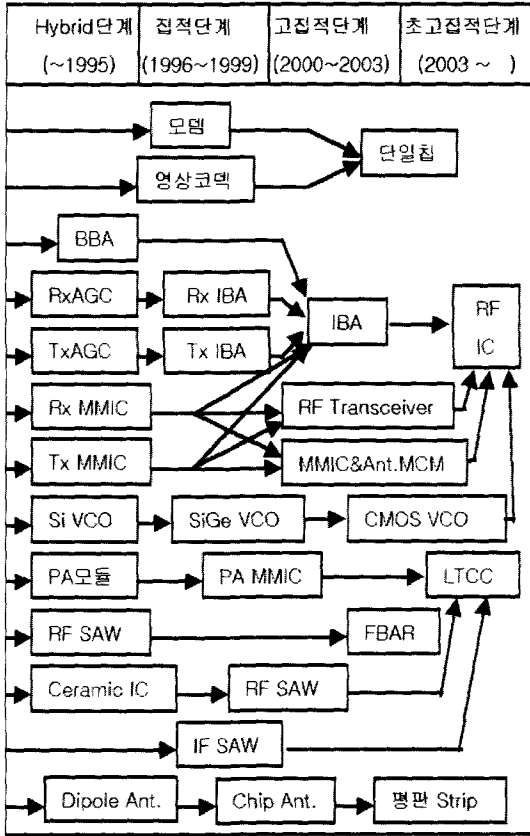


<그림 5> 휴대단말기용 RF/IF 칩 제작동향

<표 3> 휴대단말용 RF 소자의 요구기술

종류	요구기술	소자기술
LNA	저잡음	GaAs, BiCMOS
혼합기 (하향주파수 변환기)	고선형성 직접이득	GaAs, BiCMOS
주파수합성기	저 위상잡음 고 안정성	BiCMOS
전력증폭기	고 전력출력 : 30~35 dBm 고 선형성 높은 전력효율	Bipolar GaAs, InGaP MOS

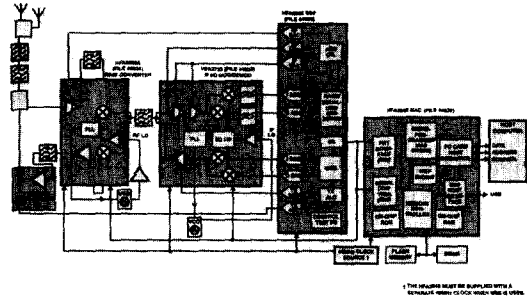
〈표 4〉 휴대단말기 부품의 변화추세



내었으며 〈표 4〉는 이러한 부품들의 집적화 경향을 나타내었다. 소형화 경향화 저자격화 저전력화는 유한한 전원을 사용하는 휴대용에서는 끝없이 기술이 진전될 것이다.

2. 무선 LAN용 RF IC

노트북으로 이동통신기기의 장점인 언제 어디



〈그림 6〉 Intersil사의 WLAN 칩 솔루션

서나 누구에게나 통신을 가능하게 하자는 것이 무선 LAN의 장점이다. 캠퍼스 내 통신, 빌딩 내 통신, 도서지방의 통신은 무선 LAN이 이용될 수 있는 가장 좋은 환경이다. 무선 LAN을 이루고 있는 무선 LAN 카드는 고주파 소자가 RF Front-end에 사용되어야 하는 데 현재 무선 LAN의 표준화는 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 밴드의 2.4GHz를 사용하여 2Mbps 까지 전송할 수 있는 802.11, 기존 802.11 변복조 기술을 이용하여 전송속도를 11 Mbps까지 고속화 한 802.11b, 5GHz 대역에서 6~54 Mbps의 전송속도를 제공하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식의 IEEE 802.11a 규격이 있다. 한편, 고속 WLAN의 표준안인 IEEE 802.11a와 HiperLAN/2에서는 2.4GHz에 비해 상대적으로 주파수 대역폭이 넓은 5GHz 대의 무선 주파수를 사용하고 고속의 데이터 전송에 적합하며 주파수효율이 높은 OFDM 변복조 방식을 공통적으로 사용한다. 〈그림 6〉은 Intersil사의 무

〈표 5〉 고주파부 소자기술 및 특성

소자별	IF Amp.	접속부	리미터이득 (dB)	출력 (dBm)	리미트 (dB)	위상변동	RSSI특성 (mV/dB)
MESFET	Single-end	캐패시터	60	1.7	65	12도	34±2dB
HBT	차동	DC직결형	60	0	65	7도	7±3dB
Si Bipolar	차동	캐패시터	60	N/A	65	4도	6±1.5dB

\* RSSI : Received Signal Strength Indicator

선 LAN 칩 구성도를 나타내었다. <표 5>에는 지금까지 연구된 고주파부의 소자기술과 그 특성을 종합하였다.

### 3. RFID

출입통제, 보안, 물류유통, 재고과약 등을 원격 제어하기 위하여 RF 단거리 통신이 필요한 데 현재 ISM 밴드인 13.56MHz, 900MHz, 2.4GHz, 5.8GHz 대역이 이용되고 있다. 비접촉식은 카드내에 유도코일을 장착하여 안테나 역할을 하게 하여 판독기와 통신을 하고 전자유도에 의해 전원도 공급을 받는다. 밀착형은 정전결합에 의하여 전원을 얻는다. 일반적으로 카드는 <그림 7>과 같이 구성되어있으며 종류는 <표 6>에 나타내었다.

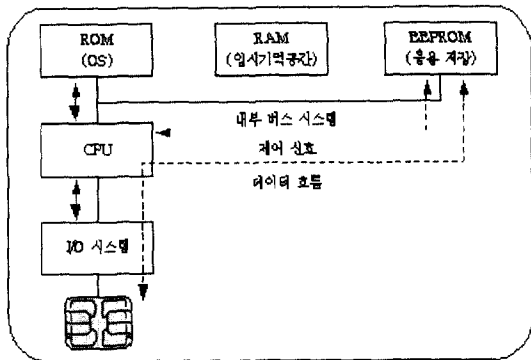
카드에 사용되는 칩은 일반적으로 단일칩으로 제작되고 있으며 MCM 방법이 이용되기도 한다. ISM 대역인 220~870MHz와 902~928MHz 범위에서 1~10kbps의 단거리 데이터 전송용이 Philips에서 PT800이라는 칩을 0.5um의 Bi CMOS기술을 기반으로 개발하였다. 칩은

프로그래머블 신시사이저, 주파수제어 블록을 포함하며 전력소모는 8mW, 개활지에서 전송거리는 150m이며 수요는 세계적으로 9천만~1억천만개, 시장은 연간 7%씩 성장하고 있다. 3, 4개의 벽면 통과시 30m까지로, 다른 솔루션보다 1.5~6배 더 길다. 이 트랜시버는 32핀 LQFP 패키지로 제작되며 대량구매시 개당 4달러에 공급될 예정이다.

## IV. 국내연구 현황

### 1. RF MMIC 연구수행 내역

1993년에서 1999년까지 정보통신연구진흥원(IITA) (49), 산업기술평가원 ITEP(13), 과학기술정책연구원STEP(3), 한국과학재단 KOSEF(8) 등 국내에서 RF IC에 대하여 수행한 73개국책기술개발사업, 산학연공동개발사업, 대학기초연구지원과제에 대하여 분석한 결과 다음 <표 7>과 같았다. 응용시스템별로는 이동통신 30%를 제외한 무선 LAN, GPS 등 무선통신 분야가 53% 이상을 차지하였으며 위성통신 분야는 3%,



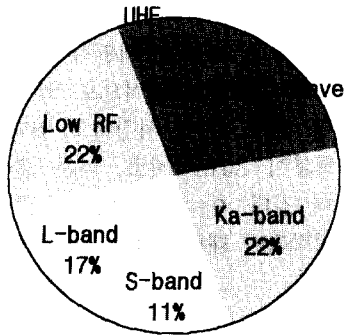
<그림 7> RF ID카드 블록 다이어그램

<표 6> 비접촉식 RFID 카드

종 류	표 준	접근 거리	통신주파수	
밀착형	ISO10536	~2mm	4.91MHz	
리모트형	Proximity	ISO/IEC14443	~20cm	13.56MHz
	Vicinity	ISO/IEC15693	~1m	13.56MHz
	RF		수m	2.45GHz

<표 7> 국내 RF IC 연구수행 분야

구 분	내 용
응용분야	무선통신(53%), 이동통신(30%), 방송(8%), 위성통신(3%), 교통시스템(2%), 기타(4%)
기술분야	소자(33%), 모듈(33%), 시스템(16%), 재료 공정(15%), 기타(3%)
부품기술	전력 증폭기(26%), VCO(20%), Mixer(17%), LNA(14%), Passive(8%), Amp.(6%), 스위치(2%), 기타(7%)
소자재료	GaAs(50%), III-V(22%), Si(28%)
소자기술	LD(30%), HBT(14%), HEMT(9%), MESFET(9%), Passive(18%), CMOS(3%), 기타(17%)
집적기술	개별소자(63%), MMIC(33%), 기타(4%)



〈그림 8〉 국내 RF IC 주파수별 연구분야

교통시스템 분야는 2%를 차지하였다. 연구분야는 시스템의 RF 모듈에 관한 것이 33%, 소자에 관한 연구가 33%로 거의 대부분을 차지하였으며 RF 위주의 소형 시스템 분야와 고주파소자재료 및 공정이 16%와 15%를 각각 차지하였다.

부품별로는 전력증폭기 분야가 26%, VCO, 혼합기, 저잡음 증폭기 분야가 각각 20%, 17%, 14%로 거의 고른 연구가 이루어졌음을 볼 수 있다. 그러나 이들 부품이 국산화 개발로 이루어지지 못하고 현재 수입에만 의존하는 것은 상품화에 대한 연구가 조금 더 적극적으로 이루어져야 한다는 것을 암시해주고 있다.

연구분야를 주파수 별로 나누어보면 UHF 대역을 포함하여 Ka-band 이상의 높은 주파수 대역까지 고르게 거의 같은 비율을 차지하고 있음을 볼 수 있다. 현재 주파수 대역은 상품화 및 연구차원에서 L-band가 시장의 대부분을 차지하고 있으므로 당연히 이 대역의 연구가 집중되어야 하나 상대적으로 연구가 부족한 내용이었다. 그것은 연구대상 대역의 중복성이 있으면 과제화되지 않는 측면이 있으며 한편으로는 과제화를 위한 연구신청이 있었을 수도 있다. 재료측면에서는 III-V 화합물에 관한 연구가 72%로 단연 많았으며 이 중 GaAs가 50% 이상을 점유하여 GaAs 위주의 연구가 이루어졌음을 알 수 있다. 이에 비하여 Si 재료에 대한 연구는 28%로 그다지 활발하게 이루어지지 못하였음을 반증하고 있다. 소자별 연구에서도 CMOS는 연구가 많이 수행되지 못하였다. GaAs분야는 주로 HBT,

HEMT, MESFET 연구가 이루어졌으며 30% 이상은 광소자인 LD가 차지하고 있다. 즉 RF IC에 대한 연구는 전체에서 32% 정도로 광소자와 수동소자를 합한 지원 수를 감안하면 연구지원이 많다고는 볼 수 없다. 그나마도 개별소자 위주로 연구가 진행됐으며 MMIC 분야는 상대적으로 아주 작은 부분에서 연구가 이루어져 왔다고 볼 수 있다. 이는 집적화를 위한 장비상의 문제점일 수도 있고 그 만큼 연구층이 얇다는 반증도 된다.

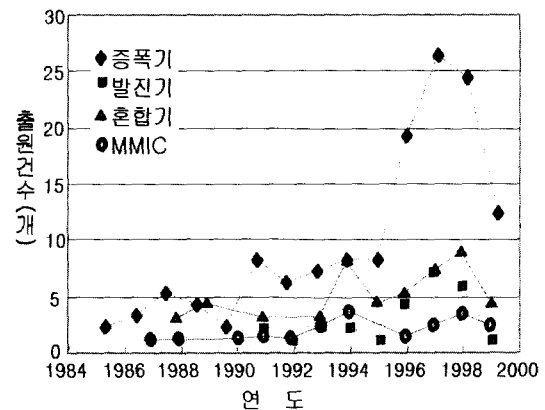
그러나 이러한 연구지원 횟수에도 불구하고 연구의 결과가 상품화로 연결되기 위하여 인력과 장비와 개발기술을 잘 활용하는 지혜가 현실점에서 중요하다고 하겠다.

## 2. 특허출원 현황

1984년부터 1999년까지 국내에 출원된 특허를 증폭기, 발진기, 혼합기 및 MMIC 부분으로 분류하여 보면 〈그림 9〉와 같이 총 217건 정도로 증폭기 관련기술이 120건, 발진기 28건, 혼합기 51건, MMIC 18건 정도가 출원되었다. 국적별로는 한국이 183건으로 거의 대부분을 차지하며 미국과 일본이 각각 17건 정도이다.

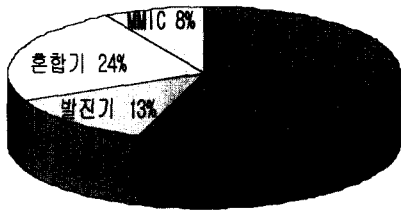
1999년에는 국내 경제상황이 IMF 지배하에 들어감에 따라 구조조정 등의 여파로 출원건수가 대폭 감소하였음을 간접적으로 나타내고 있다.

분야별로 보면 〈그림 10〉과 같이 증폭기 분야



〈그림 9〉 연도별 고주파 분야 국내특허출원 동향





〈그림 10〉 국내 고주파분야 특허출원 구성비

가 55%, 발진기 13%, 혼합기 24%, MMIC 8%의 구성비를 보이며 출원은 90% 이상이 산업체에서 출원한 내용이었다. 1994년 이 후 이동통신의 연구와 서비스가 개시됨에 따라 단말기 및 시스템에서 중요한 부품의 비율대로 출원수가 많은 것을 알 수 있고 연구과제 지원이 제일 많은 분야로 나타나있다. 이는 과제의 지원이 얼마나 중요한지 간접적으로 나타내주고 있다.

증폭기, 혼합기, 발진기는 개별소자 형태의 능동소자를 구입하여 제작한 모듈 형태의 연구가 주종을 이루고 있으며 MMIC 형태의 증폭기, 혼합기, 발진기의 상품화가 아직도 안된 것은 MMIC 분야의 연구과제 지원이 8%로 상대적으로 작다는 것과 관계가 있을 수 있다. 이동통신, 광통신, 위성통신 등의 서비스가 증대됨에 따라 부품에 대한 요구도 크기 때문에 이들을 제작할 수 있는 MMIC 기술개발에 중점적으로 지원을 하는 것도 한정된 연구비의 선택과 집중에 의한 개념에도 잘 부합된다고 여겨진다.

## V. 결 론

무선이동통신의 발달에 따라 고주파 부품수요도 증대되므로 향후 통신의 발달에 따른 산업적 측면에서 고주파 부품의 생산이 절실하다. 20여년 간 메모리 반도체사업을 통해 확보한 생산기술을 심분 활용하여 부품생산 인프라와 다양한 아이디어 및 기술력과 결합된다면 고주파 부품의 생산기반도 강화되어 부품강국도 가능하다. RF 대역 MMIC의 재료기술, 소자기술은 많은 발전

을 해온 것이 사실이고 이제는 시스템에 맞는 회로를 어떻게 만드느냐가 관건으로 이에 따라 정보화사회에서 선진국에 진입할 수 있는 바탕을 만들 수 있다.

더욱이 고주파 부품의 미확보로 인하여 시스템 개발 지연과 서비스 시기의 연장같은 일을 초래하지 않도록 서둘러 개발하는 것이 무엇보다도 중요하다.

## 감사의글

특허정보를 제공해주신 (주)인포베이스의 정호석 대표이사님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 한국전자통신연구원 지식정보센터, 주간기술동향 통권 1000호, 6월13일 2001.
- (2) 특허청 반도체심사관실, 고주파반도체소자, 특허청 pp 15~160, 11월 2001
- (3) 이한규 FEM 기술동향, 전자부품연구원 주간전자정보 vol. 4 no. 37 1월 2002
- (4) 정지연, 김용석 이동전화기 다중밴드 RF칩 개발 활기 전자신문 5월28일 2001

## 저 자 소 개



### 李 載 珍

1952년 9월 1일생, 1975년 2월 공주사범대학 이학사, 1982년 8월 동국대학교 대학원 이학석사, 1987년 2월 동국대학교 대학원 이학박사, 1982년 9월~1986년 8월 : 광운대 상명대 시간강사, 1986년 8월~2000년 2월 : 한국전자통신연구원 실장, 팀장, 1991년 6월~1992년 6월 : 미국 MIT 객원연구원, 2000년 3월~현재 : (주)텔트론 대표이사, 통신회로연구소장, <주관심 분야 : 화합물반도체 설계 공정>