

# 민간 응용을 위한 mm-wave IC 연구 개발

- LG 종합기술원

정기웅

LG 종합기술원 RF 소자팀, 서울시 서초구 우면동 16 번지

## mm-wave IC R&D for commercial use – LG CIT

Ki-Woong Chung

RF Device Team, LG Corporate Institute of Technology, 16 Woomyeon-Dong Seocho-Gu Seoul Korea

### 요약

이동 통신의 발달로 가속화된 고주파 반도체 소자 기술 중 새로운 가능성을 가진 mm-wave 대역의 주용 응용 분야를 살펴보았다. 향후 이 분야의 응용을 위한 소요 기술, 주요 소자 기술을 살펴보고 국내의 기술 동향을 알아보았다. 국내 연구 기관 중 LG 종합기술원에서 mm-wave 분야의 기술 개발 방향 및 최근의 개발 결과를 소개하였다.

### I. 서론 : mm-wave 대역의 민간 응용 분야

mm-wave 대역은 30~100GHz 에 이르는 주파수대역을 일컫는 주파수로 전통적으로 군사용 목적으로 주로 사용되어 왔다. 전파의 파장이 짧아짐으로 주요 군사용 system 의 정밀도를 향상하는 목적으로 사용된다. 동작 주파수가 높아지면 상기의 해상도 외에 변조 가능한 대역폭이 증가함으로 많은 사용자가 동시에 사용하거나 많은 양의 data 를 짧은 시간에 전송하는 통신 서비스에 적합하다.

최근 무선통신 서비스의 대중화로 전파수요가 급증하고 있어서 기존의 음성, 데이터 뿐만 아니라 영상 신호에 대한 휴대 서비스, 광통신을 포함한 기존의 고정 통신망에서 제공되는 각종 통신 서비스가 요구되고 있다. 이러한 소비자의 요구에 가장 잘 부응할 수 있는 LMDS 시스템은 사용 주파수가 26~30GHz 대역으로 가장 빨리 사용되는 mm-wave 대역의 주파수 자원이다. LMDS 는 무선망의 초고속화 및 멀티미디어 통신을 제공할 수 있는 ATM 수용구조로 설계되어 있기 때문에

미래의 초고속 무선망 구축을 위한 최적의 고정통신 시스템이 될 것으로 기대된다.

다음으로는 77GHz 대역의 차량 충돌 방지 radar system 이 있다. 이 대역은 전파의 전달 거리가 멀지 않아서 전방 200m 정도내의 물체를 인식하는 radar 로 사용된다. 주된 용도는 고속 주행하는 차량간의 상대 속도 및 물체까지의 거리를 측정, 운전자에게 통보함으로써 충돌을 사전에 경보하는 장치로 쓰인다. 1999 년 현재 Benz 의 고급 기종 차량에 장착되어 사용되고 있으며 향후 일반차량에 까지 사용될 것으로 예상되는 응용 분야이다. 앞으로는 단순한 거리 경보외에 차량의 가속 조절 및 목표물 인식에 의한 충돌방지로 발전할 계획이다.

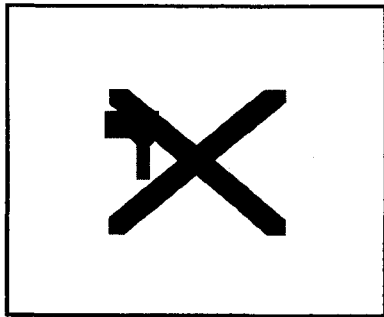
아직 널리 이용되지 않지만 외국의 경우 새로운 응용분야로 연구되는 주파수로는 고속 무선 LAN 용의 60GHz 대역이 있다. 이 대역은 155Mbps 급의 자료 전송이 가능해서 유럽 및 일본등에서 실시간 HD 급의 동화상 전송이 가능한 통신 서비스로 연구되고 있다.

### II. 주요 기술 분석

mm-wave 대역의 IC 기술을 구현하기 위해서는 여러가지 기술이 필요하지만 그동안 많은 연구가 진행되어 온 수 GHz 대역의 IC 기술에 비해서 몇가지 분야의 중요한 기술을 고려해야 한다. 이중 검토하고자 하는 분야는 MMIC 설계 기술, 측정을 위한 조립 기술 및 mm-wave 대역에서 사용하기 위한 반도체 소자 기술 분야이다.

### 2.1 MMIC 설계 기술

수십 GHz 대역의 IC 설계에는 수 GHz 대역에서 사용하는 L,C,R 의 등가회로로 구현되는 lumped element 형태의 수동 소자를 사용할 수 없다. 따라서 기존의 L,C,R 등가회로 대신에 전송선로의 길이, 폭, stub 의 크기 모양에 따라 변하는 특성 impedance 를 사용한다. MMIC 회로에서 보이는 나선형 inductor 대신에 다양한 길이를 가지는 선과 선간의 결합을 이용한 , 그리고 신호 전달 경로가 bend, T, cross 등을 형성함에 따라 각 구조의 고유한 전자기적인 특성을 삽입 설계하여야 한다. 그림 1.에 대표적인 증폭기 IC 의 사진을 보였다.



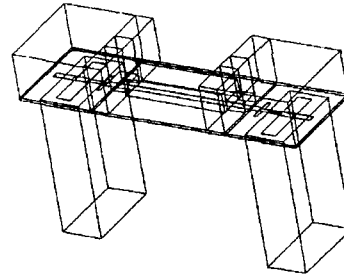
Dielectric

<그림 1> 대표적인 mm-wave IC 사진

효과적인 설계를 위해서는 유한 요소법과 유사한 방법으로 전송 element 의 주파수 특성을 해석하고 전체회로에서의 영향을 분석해가는 방법을 사용한다.

### 2.2 package 기술

mm-wave 대역에서의 신호 전달에는 기존 cable 로는 신호의 손실이 커서 주로 도파관에 의한 신호 전달 방법이 사용되고 외부 system 과 연결되게 된다. 이때 필요한 기술이 개발된 IC 와 도파관까지의 연결을 위한 조립, 연결 기술이 필요하다. 연결방법에는 finline 을 이용해서 microstrip 전송선로로 부터 도파관까지 연결하는 구조, E-plane probe 를 이용해서 도파관으로부터 회로까지 신호를 끌어내는 방법 등이 사용된다. 상기의 기술은 복잡한 구조의 구조물 가공 및 정밀도를 요한다.



<그림 2> E-plane 도파관-마이크로스트립 변환구조

### 2.3 소자 기술

수십 GHz 대역의 회로 개발에 있어서 가장 중요한 요소는 회로를 구성하는 반도체 소자로 GaAs 를 기반으로 HEMT 와 HBT 가 사용된다. 이중 HEMT 는 0.25 $\mu$ m 이하의 gate 길이를 가지는 소자가 제작되어야 원하는 수준의 회로를 용이하게 구현할 수 있다. 이의 개발에는 0.25 $\mu$ m 이하의 패턴을 형성하는 기술과 T-gate 구조를 구현하는 기술이 각 연구기관의 고유한 기술 분야이다. HBT 는 최근에 단일 전원을 사용하는 장점으로 이동 전화기의 전력 증폭기에 보편적으로 사용되는 기술로 HBT 를 mm-wave 대역에 사용하기 위해서는 활성층 주변의 기생 성분을 감소하기 위한 새로운 기술이 필요하다. 현재까지의 기술 동향은 10~20GHz 대역까지는 HEMT 와 HBT 가 같이 사용되지만 이상의 주파수에서는 HEMT 가 주로 사용되고 있다.

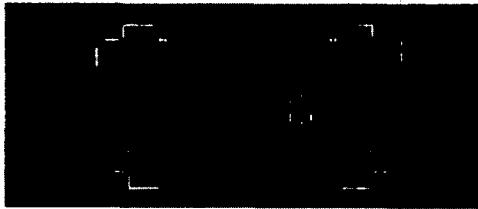
## III. 국내 개발 동향

mm-wave 분야의 IC 기술 연구는 II. 항에서 언급한 소자 기술이 없이는 어려우므로 국내에서는 몇 몇개 산학연 기관을 중심으로 이루어지고 있다. 사용되는 소자는 E-beam lithography 를 이용한 HEMT 의 개발 결과가 일부 발표되고 있다. [1,2,3] 주요 결과는 26GHz 대역의 저잡음 증폭기와 전력 증폭기 결과가 전자통신연구원에서 발표되었고 50GHz 대역폭을 가지는 광대역 증폭기 결과가 서울대 연구진에 의해서 발표되었다. Mm-wave 분야의 package 기술은 2건 정도의 결과가 보고되어있는데 fin line 을 이용한 waveguide to microstrip line 구조를 가지는 소자 조립 방법에 관한 연구결과가 있다. [4,5] II. 항의 주요 기술 중 mm-wave IC 설계 방법에 관한 연구는 전자파 이론을 연구하는

연구진에 의해 구조해석에 관한 연구가 이루어지고 있으나 현재는 상용 simulator를 이용한 설계가 이루어지고 있다. Mm-wave IC 기술 관련한 국내의 연구는 향후 상당한 활기를 보일 것으로 예상된다. 동국대를 주축으로 하는 mm-wave 신기술 연구 센터 (MINT ERC), 서울대의 밀리미터파 국가지정 연구실 등이 국가 program으로 구성되어서 향후 4-5년 이내에 60GHz 대역, 9년기간에 140GHz 대역의 MMIC 기술을 연구할 계획이다.

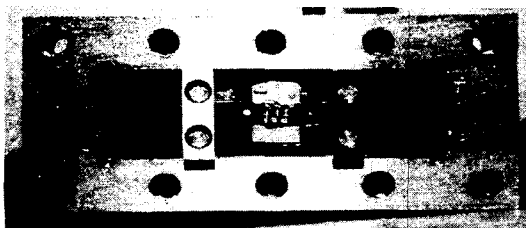
#### IV. LG 종합기술원의 개발 결과

LG 종합기술원에서는 97년부터 mm-wave 분야 기술의 향후 시장 전개를 기대하고 HEMT를 기반으로 하는 MMIC 및 module 제작 기술을 개발하였다. 사용하는 HEMT 소자는 0.25 $\mu$ m급의 저잡음 HEMT와 전력 HEMT를 기반으로 20GHz 대역의 LMDS용 MMIC, 77GHz 대역의 MMIC를 개발 중이다. 그림 3.에는 제작된 전력 증폭기 MMIC를 보이고 있다. 26GHz 대역에서 on wafer 측정으로 25dB의 증폭도를 보이고 있다.

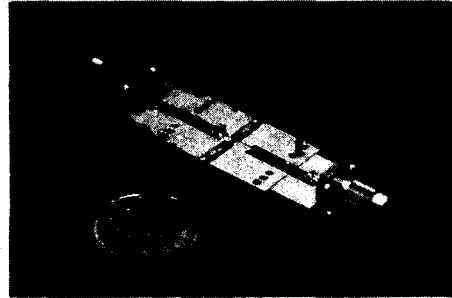


<그림 3> 전력 증폭기 MMIC

그림 4.에는 이를 측정하기 위한 WR-34 waveguide 구조를 가지는 전력 module을 보이고 있다. WR-34 waveguide는 국내의 LMDS 주파수에 맞는 표준 waveguide 규격이다. 그림 5.에는 차량 충돌 방지용 77GHz 대역의 mixer IC를 보이고 있다. 이것은 WR-12 waveguide를 사용해서 측정하면 76.7GHz에서 10dB의 변환 손실을 가지고 있다.



<그림 5> WR-34 waveguide-microstrip 변환 구조의 전력 module



<그림 6> WR-12 module에 장착된 77GHz mixer MMIC

#### V. 결론

mm-wave 대역의 주요 응용 분야를 분석하고 이에 비추어 국내의 연구 동향, 관련 기관의 연구를 살펴 보았다. 국내에서는 그동안 축적된 MMIC 관련 기술을 바탕으로 mm-wave 대역의 연구가 태동 초기 단계로 산학연의 공동 관심 연구 분야를 형성 초기 개발 결과를 보이고 있다. LG 종합기술원에서는 향후 이 분야의 중요성을 인식, mm-wave MMIC의 기반 기술을 확립하고 주요 분야의 일부 분야에서 차별화된 연구 방향을 선정, 초기 연구결과를 보이고 있다.

#### 참고문헌

1. 맹성재, " 광대역 무선 통신용 HEMT MMIC", 1999년 마이크로파 및 밀리미터파 워크샵
2. 서광석, " CPW 기술을 이용한 광대역 GaAs pHEMT distributed Amp.", 1999년 마이크로파 및 밀리미터파 워크샵
3. 김동욱외, "LMDS용 광대역 MMIC 전력 증폭기", 1999년 추계 마이크로파 및 전파 학술대회, pp.85-88.
4. 윤양훈외, " Finline을 이용한 75-90GHz 도파관-마이크로스트립 변환구조 최적설계 및 제작", 1998년 추계 마이크로파 및 전파 학술대회, pp. 101~103
5. 염경환, " 35GHz drop-in형 Gunn diode 전압 제어 발전기의 설계 및 제작", 1996년 마이크로파 및 밀리미터파 워크샵, pp.1-15