

군사용 MMIC 기술과 그 응용 시스템

김범만 · 윤태환* · 전병태*

포항공과대학교 전자파특화연구센터/
전자전기공학과, 국방과학연구소*

I. 서 론

1970년에 시작한 GaAs를 이용한 MMIC 기술의 발달은 정보획득용 군수장비에 혁신을 가져왔으며 μ -wave 대역에서 출발하여 이제는 mm-wave 시스템이 보편화 되게 되었다. 본 논문에서는 군사용 MMIC 기술개발의 근간이 된 미국의 MIMIC program을 소개하였다. MMIC 기술이 확립됨에 따라서 더욱 다양한 가능성을 갖는 소형 경량의 시스템의 개발이 진행되고 있으며 이 분야의 대표적인 기술은 MCM/multilayer circuit, MEMS 및 3DIC로 분류할 수 있으며 기술에 관해서 간단히 소개하고 이러한 기술을 바탕으로 개발된 군사용 mm-wave 시스템과 장래에 진행될 군사용 RF 시스템의 진행 방향을 요약한다.

II. MMIC 기술

무기체계를 위한 MMIC 개발은 미국이 단연 우위를 점하고 있으며 그 중 가장 중요한 연구개발은 DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)에서 주관하고 미국 육·해·공군에서 자금을 지원하여 수행한 microwave and mm-wave monolithic integrated circuit(MIMIC) program이다. 이 연구는 4단계로 나누어져 있고 0단계는(1987~1988) 1년간 과제의 내용을 정리하는 단계로 16개 팀이 참여하였다. 1단계 연구가 1988년에 시작되어 1991년에 완료되었고, 2단계 연구가 1991~1995년 사이에 완료되었으며, 3단계 연구가 최종적으로

(1995~1998) 진행되었다. 연구비 총액은 1단계가 \$235M, 2단계가 \$228M, 3단계가 \$56M인 대규모 과제이며, 1단계에서는 주로 MMIC 개발이 중심이며, 우수한 성능의 생산성 있는 MMIC 칩 개발이 그 목표였다. MMIC, processing, CAD/CAM, packaging 기술을 확보하여 pilot line과 foundry를 설립하고 칩과 모듈을 제작하여 시스템 brassboard 제작에 응용하는 기술 확립이 주안점이었다. 여기에는 27회사가 4개의 team으로 연구에 참여하였다. 그 내용을 <표 1>(a)~(d)에 정리하였다. 표에서 보는 바와 같이 1~100 GHz band의 레이더, Smart weapon, Communication, Electronic warfare 등의 무기체계에 사용되는 제반의 칩들을 개발하여 생산과정으로 연결하고 있다.

2단계 연구에서 Martin Marietta/ITT는 제외되어 나머지 3개 팀에서 각종 군수장비용 MMIC 칩을 개발하였다. MMIC 칩 수율 향상 및 소형화로 가격 저렴화를 추구하고 시스템에 실제 적용하는 연구를 수행하였다. HARM(High-speed Anti-Radiation Missile), Gen-X(Navy decoy), MOFA(Multi-Option Fuse for Artillery), AMRAAM(Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile), F-22의 Radar 및 electronic-warfare system 등에 실제로 이 기술을 적용하였으며 TRW에서는 millimeter-wave frequencies의 MMIC 기술을 육군의 Longbow 시스템에 적용시켰다.

3단계 연구는 주로 기반기술 연구 과제였으며, 이 MIMIC program은 MMIC 기술 전반에 파급효과를 미치는 방대한 연구계획이었다. MIMIC program을

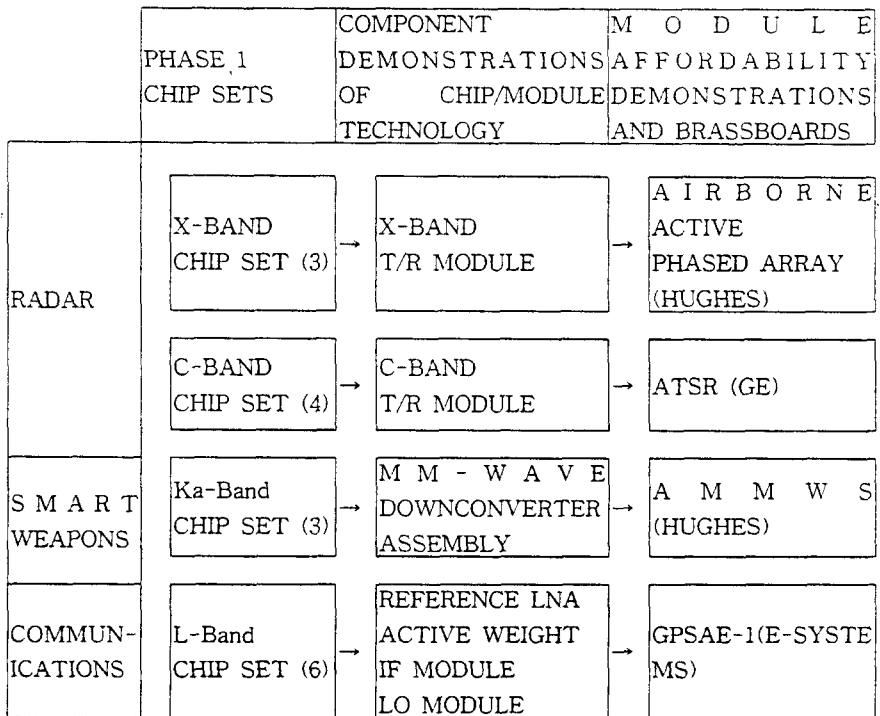
성공적으로 추진한 미국의 DARPA에서 개명된 ARPA(Advanced Research Project Agency)는 추가로 MAFET(Microwave and Analog Front End Technology)을 추진하였다. 이 program 목적은 RF front-end의 가격을 저렴화하고, 칩의 functionality를 증가시켜서 궁극적으로 무기체계의 성능 향상을 도모하고자 하였다. 이런 대규모 기술 개발로 MMIC는 군수장비의 성능개선을 위한 중요 기술로 자리 GaAs를 이용한 MMIC가 군수용 RFIC의 근간을 이루고 있으나 mm-wave에서 특성이 우수한 InP를 이용한 회로의 개발이 1990년에 급속히 진행되었다. 특히 저잡음 소자로써는 확고한 자리를 잡고 있으며 사용주파수대역도 150~200 GHz 대역으로 확산되고 있다. 또한 고출력을 위한 소자로써는 GaN와 SiC를

이용한 소자들이 개발되고 있으며 GaAs 소자보다 5~10배 정도의 많은 출력을 내고 있다. 특히 GaN 소자는 mm-wave 대역에서도 높은 출력을 낼 수 있기 때문에 현재 많은 연구가 진행되고 있다.

Ⅲ. 다층구조 회로기술

MMIC 기술이 확립됨에 따라서 RF 회로의 functional integration을 위한 기술의 개발이 진행되고 있으며, 그 변천사를 <표 2>에 나타내었다. 표에서 보는 것처럼 현재에는 MCM과 multilayer 기술로 integration하여 single module system을 구현하고 있으며 이런 시도는 특히 mm-wave 대역에서 많이 이루어지고 있다. 그 초보단계는 MCM기술에 의한

<표 1(a)> Hughes Team's Hardware 구현



TOTAL CHIP TYPES (16)

〈표 1(b)〉 Raytheon/TI Team's Hardware 구현

	PHASE 1 CHIP SET	COMPONENT DEMONSTRATIONS OF CHIP/MODULE TECHNOLOGY	MODULE AFFORDABILITY DEMONSTRATION	S Y S T E M APPLICATIONS
ELECTRO N I C WARFARE	WIDEBAND CHIP SET (6)	→ GEN-X DECOY RF ASSEMBLY	EW TRANSMITER M O D U L E BRASSBOARD(3)	JAMMERS AND DECOYS • EWAA • INEWS • AAED • S ³ D • ASAP
RADAR	Ku-BAND CHIP SET(4)	→ Ku-BAND T/R MODULE	————→	A I R B O R N E MULTI-MODE RADAR
S M A R T WEAPONS	MILLIMETER WAVE CHIP SET(4)	→ K a - B A N D M I S S I L E FRONT END	————→	A D V A N C E D MULTI-MODE MISSILES
COMMUNI CATIONS		→ Ka-BAND VCO	————→	SADARM (AEROJET)
		→ Q-BAND	————→	MILSTAR (MAGNAVOX)

TOTAL CHIP TYPES (14)

집적화이다. [그림 1]에서 LTCC 기판을 이용한 MCM 구성도를 보여주고 있다. 여러 가지 functional MMIC chip들이 integration 되어 있다. [그림 2]에서의 여기에 사용된 multilayer circuit 구성도를 보여주고 있다. 레이더 등의 시스템 제작시 각 부품 간의 연결에 필요한 본딩 와이어가 모듈의 결합에 가장 큰 영향을 미치는데, 본딩 와이어를 줄이고 성능을 향상하기 위해서도 다층구조를 응용할 수 있

다. 또한 유전체로 패키징하고 via-hole 공정등을 통해 입출력 포트와 직류 전원 포트들을 뽑아내고, 이렇게 제작된 부품들을 수직으로 적층하여 via-hole 을 통해 신호를 연결하거나, 패드에 범프를 제작하여 플립칩 공정을 통해 수평으로 각 부품을 연결하게 되는 것이다. 이런 MCM 방식으로 제작된 시스템개발이 지속적으로 시도되고 있는데, 유럽에서 1993년에 제작된 COBRA(COunter Battery RAdar)

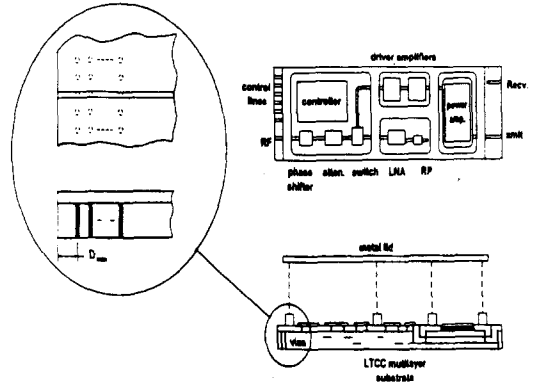
〈표 1(c)〉 TRW team's Hardware 구현

	PHASE 1 CHIP SETS	COMPONENT DEMONSTRATIONS OF CHIP/MODULE TECHNOLOGY	BRASSBOARD DEMONSTRATIONS
SMART WEAPONS	C-BAND CHIP(1)	→ TRANSCEIVER	→ M O F A (HMC)
	MM-WAVE CHIP SET(4)	→ RECEIVER AND OSCILLATOR	→ A A A M (GD)
	K a - B A N D CHIP SET(2)	→ TRANSCEIVER AND RECEIVER	→ S A D A R M (HI)
	MLRS CHIP SET(6)	→ UPCONVERTER AND SYNTHESIZER	→ MLRS/TGW (TRW)
ELECTRONIC WARFARE	EW CHIP SET (3)	→ SYNTHESIZER CHANNELIZER.& TUNER	→ EW (TRW)

TOTAL NUMBER OF CHIPS : (16)

〈표 2〉 Functional integration 기술

기반기술	개발시기	패키징
Waveguide	1960's	패키징된 개별소자
Microstrip	1970's	패키지된 개별소자 및 칩
Hybrid	1980's	개별소자 및 MMIC 칩
MMIC	1990's	MMIC
MCM	1990's	개별소자 및 MMIC
Future	Future	Multilayer Embedded Passive and MMIC



[그림 1] LTCC를 이용한 MCM 구성도

레이다 시스템은 이런 기술을 응용한 예이다. [그림 3]은 COBRA에 사용된 MCM 기술을 보여주는 것이다.

한걸음 더 나아가서 다층구조를 이용한 MMIC의 연구도 활발히 진행되고 있다. 다층구조는 유전체를

-현재 많이 쓰이는 유전체는 폴리이미드(Polyimide), BCB 등이 있다. - 통해 적층이 가능하기 때문에 여러 가지 구조들이 가능하며 이런 이유로 설계시 평면 구조보다 더 나은 flexibility를 제공해 준

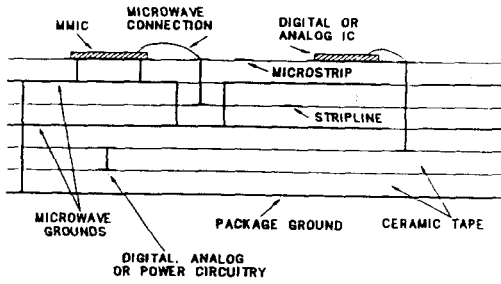
〈표 1(d)〉 ITT/Marietta Team's Hardware 구현

	PHASE 1 CHIP SETS	COMPONENT DEMONSTRATIONS OF CHIP/MODULE TECHNOLOGY	M O D U L E AFFORDABILITY DEMONSTRATIONS AND BRASSBOARDS
ELECTRONIC WARFARE	EW CHIP SET (2,3)	AN/ALQ-136 RECEIVER SRU TRANSMITTER SRU LOG VICEO SRU SEARCH LOCK OSCILLATOR SRU(11)	AN/ALQ-136(ITT)
		AN/ALQ-165 HIGH BAND TRANS DRIVER LOW BAND TRANS DRIVER HIGH BAND AUG MODULE DIGITL RG MEMORY(19)	AN/ALQ-165(ITT)
SMART WEAPONS	SMART WEAPONS CHIP SET(5)	Longbow TRANSCIVER MODULE	Longbow(M.M)
		SADARM TRANSMITTER MODULE RECEIVER MODULE	SADARM(ALPHA)
		MLRS/TGW DOWNCONVERTER/LNA	MLRS/TGW(M.M)
COMMUNICA TIONS	COMMUNIC ATIONS CHIP SET(5)	SHF DOWNCONVERTER SHF VCO UHF DOWNCONVERTER VHF UP CONVERTER UHF UP CONVERTER 7 COMMON CHIPS	S H F SATCOM(HARRIS)

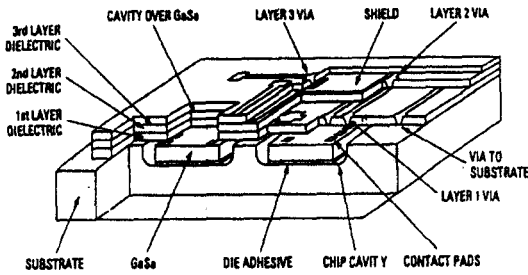
TOTAL NUMBER OF CHIP (33)

다. 또 기존의 MS Line, Coplanar Waveguide, Slotline 및 Inverted MS line 등을 조합하여 회로에 따라 최적의 구조를 선택할 수 있다. 또한 각 층간에 접지층을 뒀으로써 층 사이의 간섭효과를 최소화할 수 있다. [그림 4]에 다층구조를 이용한 3D MMIC

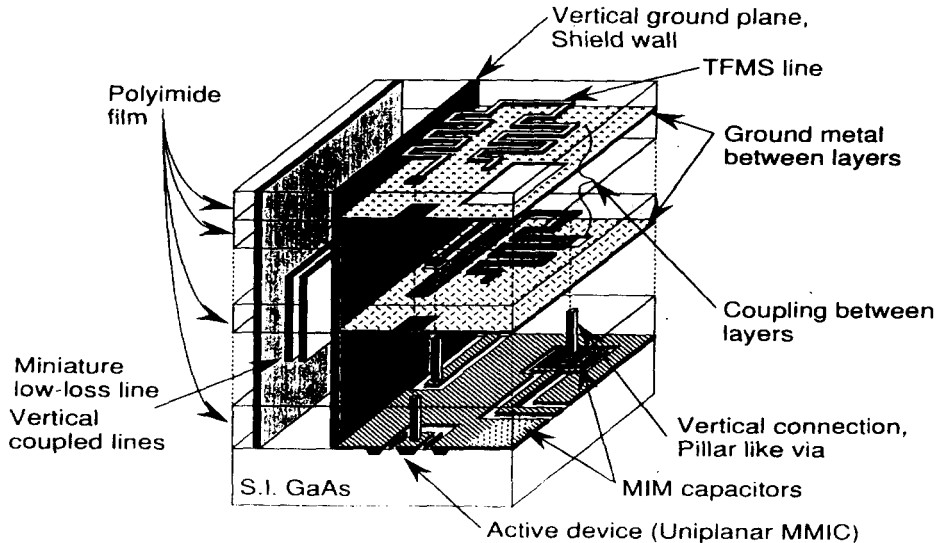
회로를 보여주고 있다. 다층구조 기술은 초기에는 제작이 용이한 Coupler, Filter, Balun 등의 수동회로를 주로 제작하였으며, 최근에는 LNA, PA, VCO 등의 초고주파 부품들이 다층구조로 제작되고 있다. 수동회로인 경우 Branch line coupler나 magic-Ts



[그림 2] MULTI-LAYER CIRCUIT 구성도



[그림 3] COBRA의 MCM 구조



[그림 4] 다층구조를 이용한 3D 회로

등에서 실제 평면 구조보다 더 나은 특성을 얻는 회로가 제작된 바 있다. 또한 다층구조 필터의 경우에는 삼차원적 배열이 가능하기 때문에 평면 구조보다는 더 큰 Coupling을 얻을 수 있어서 기존의 평면 구조 필터에서의 한계점 - Coupled line 방식 필터 : 15% bandwidth, end-coupled 방식 필터 : 20% (MS line 간의 간격 제한 때문) - 을 극복할 수 있다. 또 다층구조로 제작하면 기존의 회로보다 더 넓은 주파수 대역에서 동작하게 할 수 있다. 이러한 특성은 현재의 레이다 시스템들이 여러 가지 기능을 동시에 수행하도록 설계 및 제작되어지는데, 주파수 별로 최적의 성능을 가지는 것이 다르므로 다기능 시스템은 broadband 특성을 지녀야 하는데 다층구조 회로는 이런 시스템에도 적합하다. 능동 회로의 경우에도 기존의 회로보다 더 작은 크기로 제작할 수 있으며, 능동 소자와 수동 소자 및 정합 회로들을 같이 제작할 필요가 없으므로 더 나은 생산성을 기대할 수 있다.

다층구조 회로의 제작은 능동소자를 제외한 나머지

지 부분을 제작하여 수동소자를 마운트하는 방법이나 직접 GaAs 기판위에 소자를 제작하고 그 위에 유전체를 적층하여 회로들을 제작하는 방법 등이 있다. 현재 다층구조로 제작된 부품의 예를 <표 3>에 열거하였다.

최근에는 주로 silicon 기판위에 반도체 미세가공 기술을 이용한 MEM(microelectro-mechanical) 구

조의 RF 회로 개발도 활발하며 그 예로 [그림 5]에 membrane 스위치를 보여 주고 있다. 상기한 각종 회로가 3D로 구성되어 안테나를 포함한 RF system 이 한 개의 module로 선 보일날도 멀지 않았다. 그런 기술은 특히 군수용 mm-wave대역 시스템을 target으로 하고 있다.

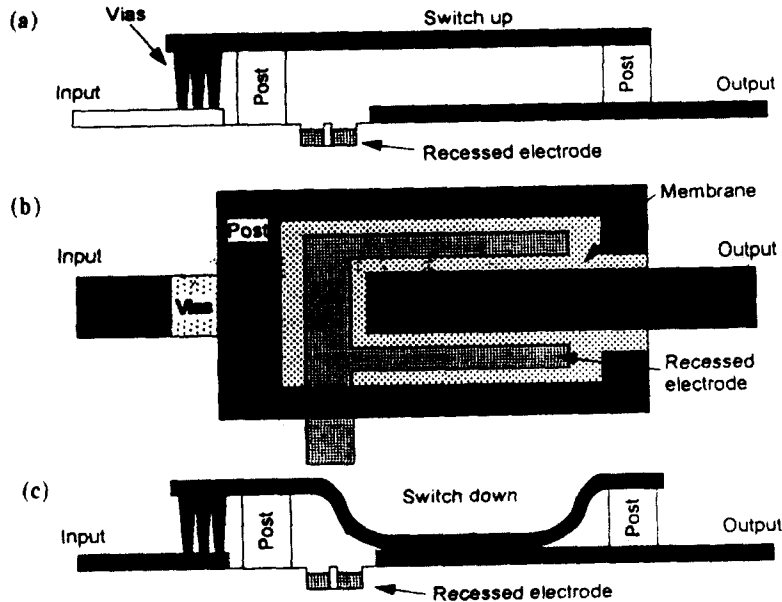
<표 3> 다층구조 부품의 특성

사용소자 또는 회로	주파수	Gain/NF(dB/dB) /(Pout(dBm))
LNA HEMT chip	10~14 GHz	20/2.6/-
Wide Amplifier	16~26.5 GHz	8/5/-
Balanced Amplifier	18~22 GHz	5.4/-/-
MMIC Distributec Amplifier	0.5~18 GHz	5/-/-
Power Amplifier	2 GHz	37.1/-/25.6

IV. 응용시스템

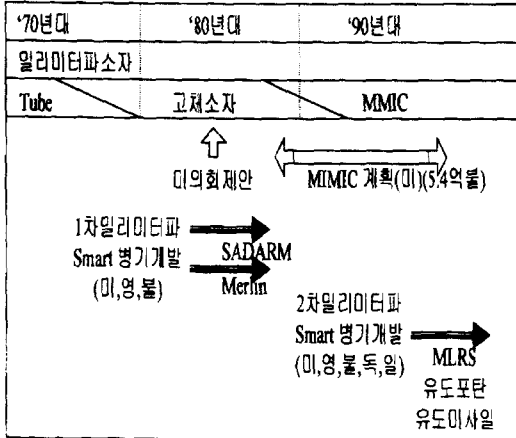
GaAs MMIC를 이용한 초고주파 부품의 신기술 도입은 정보 획득 센서용 군수장비 성능개선 및 경량화에 혁신을 가져오고 있다. 기존의 tube를 사용하던 시스템에서 고체소자를 이용한 waveguide형의 과정을 거쳐서 MMIC화되는 과정을 거쳤다. <표 4>에 mm-wave 기술개발 경위를 요약하였다.

이렇게 개발된 MMIC는 각종 군수 장비에 소요 되는데 그 중요 소요량과 시스템응용 사례를 <표 5>



[그림 5] A single-pole single-throw membrane switch

〈표 4〉 MM-W 기술개발 경위



〈표 6〉 mm-wave 시스템 응용개발사례

무기 체계	종 류	특 징
Smart 탄	SADARM	미국, 94 GHz, 대전차장갑관 고사포탄
	MERLIN	영국, 94 GHz, 대전차, 종말유도형
	GRIFFIN	영국/프랑스, 종말유도형, 박격포탄
	ACED	프랑스, 대전차 박격포탄
	STAFF	미국, 대전차 기폭병기
레이다	AN/SPN*	27-40 GHz, 해군용 표면탐지
	AN/APQ*	Ka-band, 공군용 탐지
	AN/APQ-62	70 GHz, 측면관측용 Mapping
	AN/MPS-29	70 GHz, 탐지 및 감시
	Flycatcher	30 GHz, 추적
	STARTLE	94 GHz, 대전차 탐지

〈표 5〉 군사용 MMIC의 소요량

SYSTEMS CATEGORY	TIME PERIOD (CALENDAR YEAR)		
	1991~93	1994~96	1997~2000
· RADAR	2.0 M	3.6 M	7.3 M
· ELECTRONIC WARFARE	1.4 M	4.0 M	8.0 M
· SMART WEAPONS	400 K	700 K	1.0 M
· COMMUNICATIONS	300 K	500 K	600 K

및 〈표 6〉에 나타내었다.

상기에서 보는 바와 같이 MMIC의 대량소요처는 phase-array radar와 소모성 무기이다. Microwave decoys, smart munitions and weapons 및 fuse 등이 소모성 무기에 속한다고 하겠다. 이 소모성 무기는 우수한 성능의 초고주파 부품인 MMIC의 출현으로 기술적 혁신의 국면을 맞고 있다. 성능의 우수성뿐만 아니라 MMIC는 매우 소형의 subsystem/system을 구성할 수 있어서 system에 적합한 크기로 만들 수 있으며 다량의 소요는 가격의 저렴화를 유도할 수 있기 때문이다. 상기의 조건은 phased-array radar경우도 마찬가지여서 ATF(advanced tactical fighter)용 array 경우 소형의 MMIC 칩이 없이는

불가능하다고 하겠다. 이 radar T/R module 기술은 현재 그 중요성이 급격히 부각되고 있는 SAR의 front end에도 그대로 사용될 수 있다.

Seeker는 weapon/munition 용이 주를 이루며 그 정의 및 중요 무기체계를 〈표 7〉에 소개하였다. IR Sensor는 대기 중에서의 감쇠 및 특히 안개, 비 또는 눈이 오는 환경에서는 사용이 매우 제한되나 현재까지

〈표 7〉 Infrared and Millimeter-Wave Seeker/Sensor 성능비교표

Condition	Infrared	Millimeter Wave
Clear Weather	X	X
Smoked And Dust		X
Fog		X
Rai, Moderate	X	X
Chaff	X	
Radar Corner Reflections	X	
Flares, Burning Fuel, Sunglints	X(1)	X
X = unimpared Operation (1) Two-Color IR Sensor		

지 가장 성능이 우수한 sensor로 쓰이고 있다. mm-Wave Seeker는 아직 개발단계에 있어서 성능이 예상치에 못 미치고 있으나 최근에 와서 그 성능의 문제점이 mm-Wave의 clutter 및 target 반사판의 특성을 정확히 알고 있지 못하여 생긴다는 것이 알려진 후 급격한 향상을 보이고 있다. 특히 Ka-band (35 GHz)에서는 안개, 비 혹은 눈의 영향이 극소화되어 많은 무기 system에서 사용하는 주파수 대역이 되고 있다.

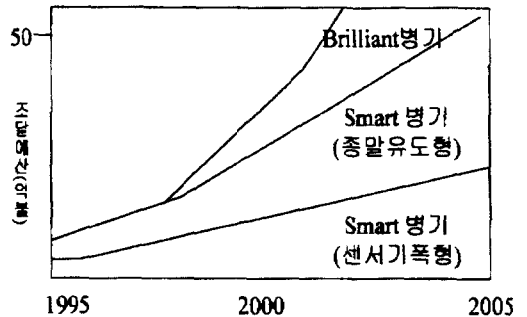
V. Future 군용시스템 기술의 발전상

소련의 붕괴와 중국의 급속한 변천은 cold-war의 상황에서 peace era로의 변화를 가져와 군사적 대변환을 야기시키고 있다. 기존의 전면전보다 현재는 국지전의 양상을 띠게 될 것이다. 따라서 화생방전이나 핵무기를 사용한 국경 없는 거리에서의 전투양상을 펼 가능성이 많아지고 있다. 이런 상황에서는 기동성이 강한 electronics technology로 무장된 군이 요구되고 있고 기존의 strategic bomber나 tanks, artillery의 효용성은 줄어들게 된다. 즉, combat threat에 대응하기 위해서는 man power에 의해서 대응하기보다는 superior technology를 기반으로 하는 새로운 전술개념의 도입이 필요하게 되었다.

이에 대응하기 위해서 미국에서는 Concept Re-development Center를 구성하여 RMA(Revolution in Military Affairs)에 관한 종합적인 연구에 착수하였다. 기본적인 변천을 요약하면 2005년에서 2010년 사이에는 고도로 발전된 missile의 출현으로 비행기의 효용이 제약될 것이며 2010~2025년 사이에는 적군의 비행기나 미사일에 노출되지 않는 short-range lasers에 의존하는 비행기가 출현할 것이며 2025년 이후에는 military concept이 상상할 수 없는 급진적인 변천을 가져 올 것으로 예측하고 있다. 지상에 배치되어 있는 정보획득용 군사기지는 우주공간으로

이동할 것이다. 여기에 대두되는 기술은 고속의 정보획득 및 처리와 정밀한 weapon이 부각되는 것이다. 고속 data를 처리하기 위해서는 좀더 높은 주파수 대역으로 시스템이 천이 할 것이다. 여기에 새로이 부각되는 system을 몇 개 소개하면 Northrop Grumman Corp에서 개발하고 있는 DIRCM(Directional Infrared Counter Measures)이 있으며 이 시스템은 미사일 발사대와 발사된 missile의 고도를 정확히 산출하여 focused된 전자 beam으로 missile을 파괴 시키는 시스템이고, Boeing에서 개발하고 있는 ABL(Airborne Laser)는 10,000 W 이상의 고출력 COIL(Cheical Oxygen Iodine laser)를 이용하여 ballastic missile을 격추시키고자 한다. 정보획득 임무를 수행하기 위한 UAL(Unmanned Aerial Vehicle)도 중요한 연구 테마이다.

이러한 military 상황의 변천에 따른 연구가 defense budget이 감소하는 환경에서 수행되어야 하며, 따라서 더욱 중요성에 대두되는 electronics system에 관한 연구에 focus가 맞추어져서 진행되고 있다. 따라서 군수산업에서 RF 부품의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. [그림 6]에서는 미 육군의 smart 병기 조달계획량을 보여주고 있다. 이 표는 명확한 상승추세를 나타내고 있다. 새로운 smart 병기의 대부분이 mm-wave 기술을 사용하고 있다. '70~'80년대에는 commercial electronics는 초기단계



[그림 6] 미육군의 Smart병기 조달 계획

로써 scientific research/development를 military system에서 선도하였지만 현재는 민수용전자기술의 급속한 발전으로 오히려 반전되는 양상을 보이고 있다. 따라서 COTS(Commercial - off - the - shelf) 개념이 강하게 대두되고 있다. 핵심은 민수용으로 개발된 기술/제품을 군수용으로 즉각 사용하는 것이며 모든 제품에 적용할 수는 없겠지만 사용을 확대하기 위해서 mil-spec을 강조하는 것이 아니라 사용 불가의 근거가 없으며 commercial product를 그대로 사용하자는 것이며 이 부류로 생각할 수 있는 것이 민수용 중에서 QML(Quality Manufacturing List)를 만들어서 직접 군수용으로 사용하는 것이며 많은 성과를 얻고 있다. 이와 같은 Dual-use program을 진작시키기 위해서 Mantech program이 다년간 수행되고 있으며, 이것의 핵심은 commercial manufacturing 기술을 military 기술로 전환하여 비용을 감소시키자는 개념이다.

대표적인 예는 Hughes Aircraft사와 Delco Electronics(GM사)의 합작 회사인 HE Microwave사에서 개발한 버스운전자가 후진할 때 blindspots을 감시하는 radar 시스템을 들 수 있다. 이것은 X-band 군용 radar chip 기술을 그대로 적용한 것이다. 이 회사는 일주일에 3일은 군용 chip을 2일은 민수용 chip을 생산하고 있으며 생산라인을 상호 변환하는데 1/2 시간 정도 소모된다고 한다. 민수용 제품을 생산함으로써 생산량을 대폭 증가시킬 수 있고 따라서 생산성 learning curve에 따라서 수율을 대폭 향상시킬 수 있었다고 한다. 지금은 트럭 옆의 상황을

감지하는 24 GHz 대역 radar와 전방을 감지하거나 adaptive cruise control을 하는데 사용되는 76~77 GHz대역의 radar를 개발하고 있다. 웨스팅 하우스에서는 military fire-control system을 비행기에서 기후를 관측하는 MODAR(Modular Aviation Radar System)에 응용시켰다.

이외에도 기존의 군사통신의 보안을 위해서 개발된 spread spectrum 기술이 이동통신의 CDMA 기술로 자리 잡았고 24 Satellite를 이용한 Navstar 인공위성을 이용한 GPS의 민/군겸용 이용하나 Milstar를 이용한 위성통신 등 매우 다양하다고 하겠다.

VI. 결 론

Microwave/mm-wave를 이용한 군수장비의 핵심 기술인 MMIC와 그 집적화 기술발달 상황을 요약하여 보았다. 80, 90년대에 비약적인 기술력 발전을 거듭하였으며 많은 새로운 첨단 군사용 시스템을 출현시켰다.

현재는 전술개념이 바뀌고 있으나 이 변천은 더욱 고도화된 기술을 요하게 되었고 따라서 핵심기술 개발은 지속적으로 요구되고 있다. 비용절감을 위한 Dual-usage 개념로 강하게 재기되는 상황이다. 우리나라는 첨단전술시스템을 이한 RF 기술이 매우 열악하나 이동통신을 위한 민수용을 위한 핵심기술개발이 활발히 진행되고 있으며 이 기술을 군수용과 점복시켜서 발전시켜 나가는 노력이 필요한 시점이다.

≡필자소개≡

김 범 만

1972년: 서울대학교 공과대학 전자과(공학사)

1974년: Univ. of Texas at Austin(공학석사)

1979년: Cornege-Mellon University(공학박사)

1978~1981년: GTE Labs, 연구원 Fiber Optic Network Component

1981~1989년: Texas Instruments Inc. 중앙연구소 책임연구원

1989~현재: 포항공대 교수

1994~현재: 국방부 위촉 전자파특화연구센터 소장

1998~현재: 포항공대 교무처장 및 대학원장, 한국과학기술한림원 및 공학원 회원



윤 태 환

1971년 3월~1975년 2월: 서울대학교 전자공학과(공학사)

1975년 3월~1977년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)

1984년 9월~1990년 5월: Univ. of Florida(Electrical Eng.(공학박사))

1977년 3월 1일~1984년 8월 31일: 국방과학연구소

1990년 9월 16~현재: 국방과학연구소



전 병 태

1986년 3월: 경북대학교 전자공학과(공학사)

1988년~1993년: 한국과학기술원 전자공학과(공학석·박사)

전공분야: 화합물반도체 초고주파 소자

1993년~현재: 국방과학연구소 기술개발

[주 관심분야] MIC/MMIC, 초고주파모듈 설계/제작, 레이더 및 전자전

