

GaN 소자 기술의 군수 적용 동향

이 복 형

(주)삼성탈레스

I. 서 론

GaN 기반 반도체 소자의 기술발전은 민수분야의 통신, 자동차, 항해용 레이더 등 여러 분야에 적용되고 있으며, 제품 개발을 통해 소자기술이 발전하는 선순환 구조로 진행되고 있다. 이러한 기술력의 발전을 토대로 최근에는 GaN 기반 반도체 시장이 급속히 증가하여 2020년에는 5억 달러 이상이 될 것으로 예상되고 있다.

이러한 GaN 반도체 소자 시장 확대를 토대로 군수용 반도체 소자의 시장 또한 꾸준히 증가할 것으로 생각되며, 군수분야의 주요 응용분야로는 레이더 및 전자전 장비의 송신 고출력증폭기(High Power Amplifier), 수신 저잡음증폭기(Low Noise Amplifier) 및 다기능칩(Multi Function Chip) 등이다. 이 중 고출력증폭기 분야에 반도체 소자가 가장 많이 적용되고 있으며, 최근에 각광을 받고 있는 GaN(Gallium Nitride) 기반의 고출력증폭기는 기존 GaAs(Gallium Arsenide) 소자에 비해 월등히 높은 출력 및 효율 특성으로 기존 군수체계의 고출력증폭기에 주로 적용되던 TWTA(Traveling-wave Tube Amplifier) 등 진공관 형태의 증폭기를 대체할 수 있는 소자

로 주목받고 있다^{[1]-[4]}. 이러한 GaN 기반 고출력증폭기는 탐지/추적레이더 등 단위기능 레이더의 반도체 송신모듈(SSPA) 및 능동위상배열 레이더의 송수신모듈(TRM)에 적용되고 있으며, 향후에는 초고주파 탐색기, 전자전 분야의 광대역 송신증폭기로 적용될 것으로 판단된다^[5].

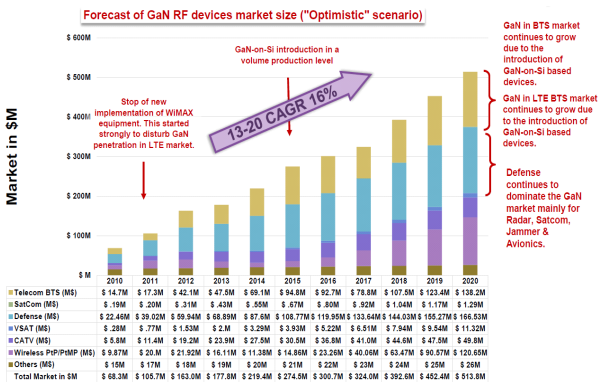
II. 군수용 GaN 기반 고출력증폭기 기술

이러한 다양한 응용분야에 적용되는 군수용 GaN 기반 고출력증폭기 기술은 체계 적용을 위해서 반드시 고려해야 하는 요구조건이 있다. 첫 번째는 <표 1>에서 보인 바와 같이 다양한 주파수에서 운용되고 있는 군수용 체계를 고려하여 넓은 주파수 범위를 만족해야 한다.

두 번째는 한정된 체계의 크기 및 무게 제한으로 인해 높은 출력전력과 우수한 효율 특성이 요구된다.

이러한 요구조건을 만족하기 위해서 높은 전력밀도를 갖는 GaN 기반 HEMT(High Electron Mobility Transistor) 소자가 고출력증폭기에 적용되고 있다.

<표 2>에서 보인 바와 같이 미국을 중심으로 해외 선진국의 경우는 다양한 주파수와 출력전력을 갖는 GaN 기반 HEMT 소자를 상용화하여 판매하고 있다.



(출처 : Yole, 2014)

[그림 1] GaN 기반 반도체 소자 시장 전망

<표 1> 운용주파수에 따른 체계 분류

체계	주파수			
	Land (L-band)	Ship (S-band)	UAV (C-band)	Aircraft (X-band)
군수 레이더				
군수 전자전	Force protection (0.5~2.5 GHz)		Jamming (2~6, 6~18 GHz)	
전술 통신	Broad bandwidth radios (20~512 MHz)		Softwark defined radio (500~3,000 MHz)	
위성 통신	TWT replacements (5~9 GHz)			

<표 2> 해외선진국 상용 GaN HEMT 소자

구분	품명	제조사	주파수 (GHz)	출력전력 (W)	효율 (%)
S-band	CGH35240F	Cree	3.1~3.5	240	57
	CGH31240	Cree	2.7~3.1	240	60
C-band	CGH55030F2/P2	Cree	4.5~6	30	60
	CGH55015F2/P2	Cree	4.5~6	15	60
X-band	TGA2312-FL	Triquint	9~10	60	38
	CMPA801B025F	Cree	8~11	25	36
	CGHV96100F2	Cree	8.4~9.6	145	45
	GH25	UMS	8~11.5	25	38

III. 국내 GaN 소자개발 동향

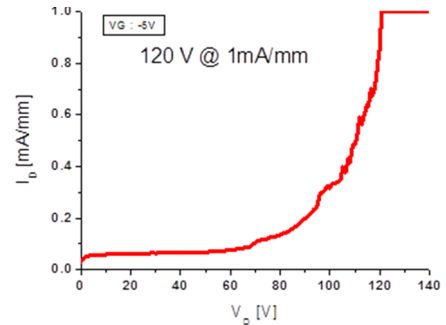
국내의 GaN 소자 개발 동향은 한국전자통신연구원(ETRI) 등 정부출연 연구소와 경북대학교 등 반도체 공정시설을 보유한 연구기관에서 <표 3>과 같이 일부 체계에 적용 가능한 수준의 연구를 수행하고 있다.

이러한 국내 GaN 소자 개발 결과를 군 체계에 적용을 위해서 최근에는 <표 4>와 같이 정부 주관으로 많은 과제들이 진행되고 있으며, 일부 과제의 경우 체계 요구사항을 만족하는 수준의 개발이 진행되었다.

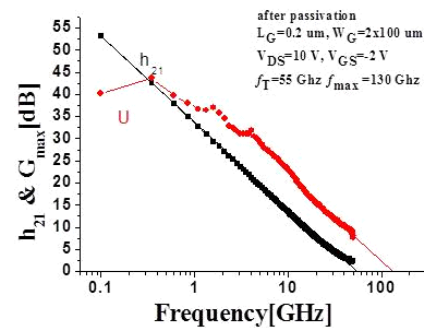
이중 “K대역 고출력증폭기 개발” 과제는 국내 최초로 군 수용 체계에 적용하기 위해 GaN 기반 소자를 개발하고, 이를 통해 반도체 송신모듈(SSPA)를 개발하는 과제로 삼성탈

<표 3> 국내 GaN 소자 개발 동향

업체	RF device	Power device	RF MMIC	IMFET (PKG)
ETRI	○	○	○	○
KANC	×	△	×	×
경북대, 서울대	○	△	×	×
NINT (나노융합기술원)	×	△	×	×
LG전자기술원 (R&D)	×	○	×	×



(a) 항복전압 특성: 120 V 이상



(b) RF 주파수 특성: $f_T = 55$ GHz, $f_{max} = 130$ GHz

[그림 2] K 대역 고출력증폭기 과제 GaN 소자 특성

<표 4> GaN 소자 개발 정부과제 현황

수행과제 명	수행기관	수행연도	과제성격
K 대역 고출력증폭기	삼성탈레스(주), 경북대, ETRI	2011~현재	핵심기술 시험개발
Ku 대역 고출력증폭기	기가레인(주), ETRI	2012~현재	민군겸용 기술개발
Ka 대역 고출력증폭기	ETRI, (주)유텔	2013~현재	민군겸용 기술개발
X 대역 GaN 패키지 모듈 개발	(주)엘이디팩	2011~2012	구매조건부 개발

레스 주관으로 경북대학교와 한국전자통신연구원이 개발에 참여하여 높은 주파수 특성과 출력전력/효율 특성을 갖는 GaN 기반 소자를 개발하고 있다^[6].

이처럼 최근의 GaN 소자 개발의 필요성이 증가하고, 적용 가능한 체계가 계속적으로 증가함에 따라 기존에 일부

출연연과 대학교에서 진행되던 연구가 확장되어 2015년부터는 “차세대 레이더용 RF 전력증폭 소자 공정기술” 개발 과제가 방위사업청 주관으로 진행될 예정이다.

IV. 국내 GaN 기반 고출력증폭기 개발 동향

GaN 기반 고출력증폭기 개발을 위해서는 GaN 소자 제작 기술과 증폭기 설계기술 및 패키지 기술이 종합적으로 필요하며, 특히 체계에 적용하기 위해서는 우수한 방열 특성, 높은 신뢰성 특성 등 고려할 부분이 많다. <표 5>에 국내개발 고출력증폭기 개발현황을 보였으며, 국내의 GaN 기반 고출력증폭기 기술은 크게 GaN 소자를 해외에서 수입하는 경우와 자체 개발하여 적용하는 경우로 나눌 수 있다. 해외에서 GaN 소자를 수입하여 증폭기 설계 및 패키지를 통해 상용화한 대표적인 회사로 RFHIC(주)가 있으며, 저주파 대역인 L~C 대역과 X 대역에서 이동통신 및 레이더 응용분야에 제품을 생산하고 있다. 반면, 국내 개발한 GaN 소자를 사용하여 고출력증폭기를 개발한 경우는 S, X 대역에서 한국전자통신연구원이 현대중공업과 공동으로 항해레이더용 반도체 송신기(SSPA)를 개발하였으며, 정부과제 및 민간개발 과제를 통해 Ku, K 및 Ka 대역에서 개발이 진행 중이다.

V. 국내 GaN 소자 적용 체계 개발

GaN 기반 소자가 적용될 수 있는 체계는 서론에서 언급한 바와 같이, 레이더, 통신, 전자전 및 초고주파 탐색기 등 다양한 분야이다. 최근 군수용 GaN 소자 적용 체계는 크게 기

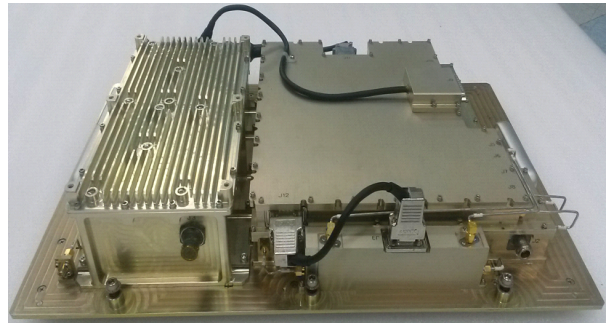
<표 5> 국내 개발 GaN 소자 사용 고출력증폭기 개발 현황 (대표적 성과)

주파수 대역	출력전력	개발기관
S 대역	200 W 이상	ETRI, RFHIC(주), 광운대학교, GP(주)
C 대역	20 W	RFHIC(주)
X 대역	100 W	ETRI, RFHIC(주)
Ku 대역	100 W	ETRI, RFHIC(주)
K 대역	15 W	삼성탈레스(주)

존 개발장비의 국산화 대체 수요와 신규개발로 나눌 수 있다. 특히 레이더와 전자전 분야에서 기존 체계의 진행과 관 증폭기(TWTA)를 대체하는 반도체 송신모듈(SSPA)에 대한 국산화 대체 수요가 증가하고 있다.

대표적인 예로 공군의 단거리 지대공 유도무기(KSAM, 천마) 체계의 탐지레이더 송신기는 기존 수입품이던 TWTA를 국내기술로 GaN 기반 S대역의 반도체 송신모듈(SSPA)로 국산화가 완료되어 2016년부터는 체계에 적용될 예정이다.

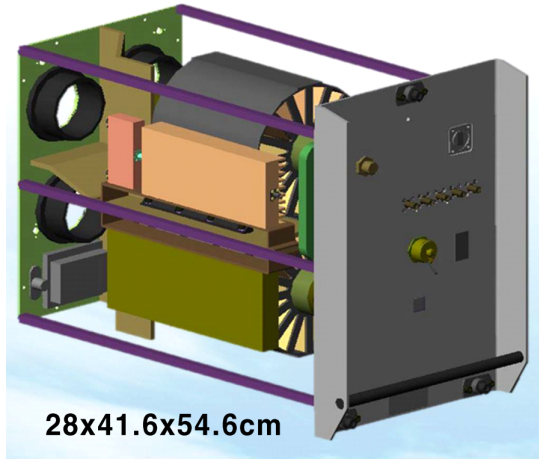
이러한 성공적인 국산화 개발의 결과를 기반으로 소요군과 정부에서는 기존 “핵심부품국산화” 과제의 개발예산을 확장하여 2014년부터 천마 추적레이더의 Ku 대역 TWTA 송신기에 대한 국산화 과제인 “천마추적레이더용 Ku대역 송신기 및 송신기 전원공급기” 과제를 산업체 주관 과제로 진행하고 있으며, 군 운용성 및 정비성에 향상을 위해 향후



[그림 3] 천마 탐지레이더 반도체 송신 모듈



[그림 4] 천마 탐지레이더 체계 적용 시형



[그림 5] 천마 추적레이더 반도체 송신기 개발형상

지속적으로 국산화 수요가 증가할 것으로 판단된다.

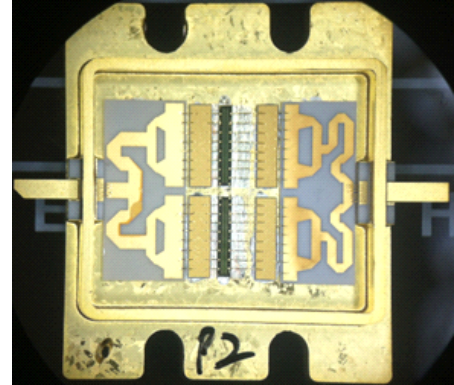
국내 GaN 소자 적용 체계 개발의 두 번째 방안은 신규개발 체계에 GaN 소자기술을 적용하는 것이다. 레이더 체계에 주로 적용되고 있으며, 반도체 송신모듈(SSPA)과 반도체 송수신모듈(TRM) 방식으로 체계 요구사항에 따라 나눠서 적용되고 있다. 최근에 신규로 개발되고 있는 탐지레이더 체계와 향후 개발될 예정인 다기능 레이더 체계에 GaN 기반 소자기술이 적용될 것이며, 대표적인 체계는 <표 6>과 같다.

특히, 2015년부터 개발되는 공군 장거리 지대공 유도무기 체계(LSAM)의 다기능레이더(MFR)는 S대역의 능동위상배열 레이더(AESA)로 개발될 예정이며, 매우 높은 단위채널당 송신출력과 우수한 효율특성을 요구하고 있다.

해외 제품의 경우 미국의 Cree사 등 선진업체에서 유사한 사양의 제품을 판매하고 있지만 수출통제(EL) 항목으로 지정되어 있는 등 공급이 어려운 경우가 대부분이며 또한 주요 사양을 만족하지 못하고 있다. 따라서 성공적인 체계 개

<표 6> GaN 기반 소자 적용 신규 체계개발 현황

체계	주파수	증폭기 구조
공군장거리 고정형 레이더	L 대역	SSPA
차기 대표형 탐지레이더	C 대역	TRM
차기 국지방공 레이더	X 대역	SSPA
LSAM 다기능레이더	S 대역	TRM



출력특성: 280 W 이상, 효율특성: 50 % 이상

[그림 6] 삼성탈레스 자체개발 S 대역 IMFET 전력증폭기

발을 위해서는 체계 요구성능을 만족하고 공급에 문제가 없는 국산화 개발이 필요한 상황이다.

VI. 결 론

최근의 반도체기술 발전과 GaAs 소자를 대체하는 GaN 소자기술의 발달로 인해 군수용 반도체 시장에서도 국산화 및 신규개발 시 GaN 소자를 이용한 고출력증폭기의 수요가 크게 증가하고 있다. 이러한 요구에 맞춰서 국내 기술을 이용한 GaN 소자 기술, 증폭기 설계기술 및 패키지기술이 지속적으로 개발되고 있으며, 정부 주도로 계속적인 투자가 이루어지고 있다. 이러한 대내 외 환경 변화는 미국 등 주요국의 수출통제(EL)를 극복하여 GaN 기반 소자 기술 및 고출력 증폭기 기술을 국산화 할 수 있는 기반이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] R. S. Pengelly, "A review of GaN on SiC high electron-mobility power transistors and MMICs", *IEEE, Transaction on Microwave Theory and Techniques*, 60(6), pp. 1764-1783, Jun. 2012.
- [2] S. M. Wood, "Hybrid and monolithic GaN power transistors for high power S-band radar applications", *IEEE, 42nd European Microwave Symposium*, Oct. 28-Nov. 2, 2012.
- [3] B. J. Kim, "A high power, high efficiency amplifier using

- GaN HEMT", *IEEE, Asia-Pacific Microwave Conference*, 60(6), Jun. 2007.
- [4] K. Chen, "Design of adaptive highly efficient GaN power amplifier for octave bandwidth application and dynamic load modulation", *IEEE, Transaction on Microwave Theory and Techniques*, 60(6), pp.1829-1839, Jun. 2012.
- [5] J. Milligan, "Emerging market opportunities for GaN oppor-
tunities for GaN", *IEEE, IMS 2012*, Montreal Canada, Jun. 2012.
- [6] B. H. Lee, "High RF performance improvement using surface passivation technique of AlGaIn/GaN HEMTs at K-band application", *IEEE, Electronics Letters*, 49(16), pp. 1013-1015, Aug. 2013.

≡ 필자소개 ≡

이 복 형



1999년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)
2006년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학박사)
2006년 2월~2007년 6월: 동국대학교 밀리미터
파 신기술연구센터 연구교수
2007년 7월~현재: 삼성탈레스 주식회사, ISRPGM
연구소 수석연구원

[주 관심분야] Radar System Design, GaN High Power Amplifier, Transmit/Receive Module Design