

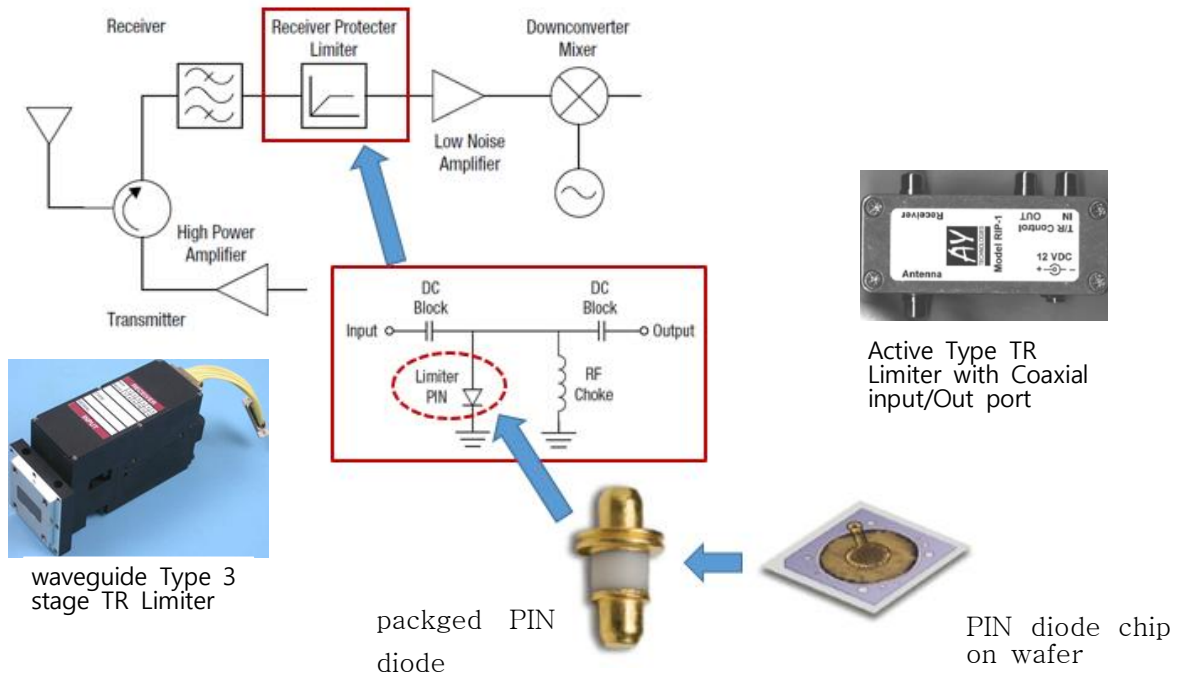
연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 20dB급 감쇠 특성의 PIN diode와 2kW급 전력 제한기 개발

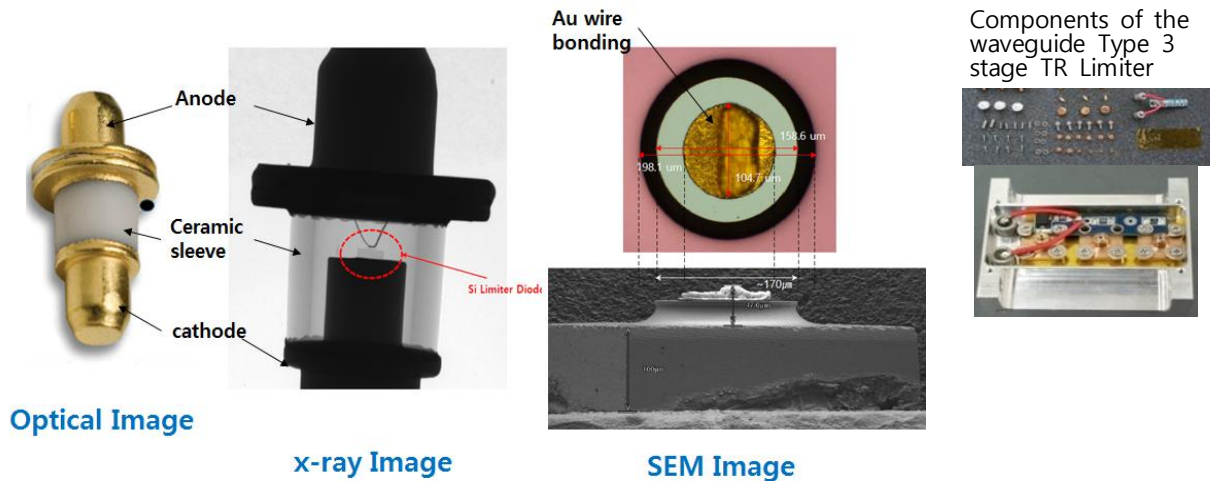
1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 무선 응용 장비 및 모듈의 수신부에 고전력 신호가 입력되면 미약 신호를 수신 처리하는 수신부 회로의 손상 및 파괴 가능성이 매우 높으므로 이를 보호하기 위한 수신부 보호용 전력제한기(Receiver Protector Limiter)가 사용됨.
- 전력 제한기와 핵심 부품인 PIN Diode는 전량 수입에 의존하고 있으므로, 레이더, 드론, 그리고 전투 로봇 등의 군수용 장비와 민수용의 무선 장치 수신부를 고전력 신호로부터 보호할 수 있는 “20dB급의 감쇠 특성을 가지는 PIN diode 칩과 패키지 기술, 그리고 이를 적용한 2kW 급 전력제한기 모듈을 개발” 하는 것임.



< 무선 송수신기 블록다이어그램과 1단 전력제한기와 PIN diode (예) >



< PIN diode 패키지 구조 및 칩의 형태와 3 단 전력제한기 모듈 (예) >

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술의 중요성/필요성

- 현대 전자전에서는 레이더뿐만 아니라 드론, 무인기, 전투 로봇 등 무선 응용 장치를 사용하는 수신부에 대하여 통신 교란 및 수신기 회로 파괴 등을 목적으로 고출력 전자파 무기를 사용할 수 있으므로 수신기 보호 장치 역할이 매우 중요함.
- IoT 모듈, 자율 주행 자동차용 레이더, 공장 자동화 로봇 등의 제어를 위해서도 다양한 무선 송수신 모듈이 사용되면서 전자파 교란 및 간섭에 의한 수신기 보호 모듈이 필요함.

○ 기술개발의 시급성

- 전력제한기 및 고전압·대전력 PIN diode는 전량 수입에 의존하고 있는 실정으로, 해외 수출국이 수출 제한 품목으로 지정할 경우, 국내 모든 민/군 레이더와 전자전 장비에 장착되는 전력제한기는 수입이 불가능하게 되고, 해당 장비의 유지 보수도 불가능하게 됨
- 일본의 초계기 사건과 최근 한반도 인접국들의 국제 상황을 고려할 때, 고출력 전자파 공격을 대비한 전력제한기 국산화는 매우 시급함

다. 연구개발 최종 목표

○ PIN diode 기술

항 목	목 표 성 능			
	type I	type II	type III	측정 조건
Breakdown Voltage, Min to Max (V)	30 to 60	120 to 180	250(Min)	$I_R=100\mu A$
Total Capacitance(Typical), $C_T(pF)$ @ 0V	0.37	0.45	0.51	0V, 1MHz
max. Series Resistance, $R_s(\Omega)$	2.5	2.0	1.5	10mA, 500MHz
*max. Pulsed Input Power, $P_{in,pulsed}$ (dBm)	47	50	66	2.6GHz, $Z_o=50\Omega$ 1us pulse width, pulse freq.=10kHz, 0.1% duty
*Output Power @ max. pulse input P_{out} (dBm)	21	27	44	

* 제작된 PIN Diode 입출력 감쇄 특성은 1단 전력 제한기에서 측정함. 구조는 PIN Diode와 병렬로 22nH RF Choke, 그리고 입출력단에 직렬 100pF DC Blocking 사용함.

** 참고: Skyworks Data Sheet(July, 2017), CLA 4609-210, CLA 4607-210, CLA 4604-210

○ 전력제한기 기술

항 목	제한기 모듈 구조별 목표 성능	
	군수용	민수용
operation frequency (GHz)	X-band (8.9 ~ 9.0)	S-band (2.7~3.5)
peak power(kW) (duty cycle 0.01)	> 2.5	> 2.0
pulse width (μs) (duty cycle 0.01)	> 5.0	> 100
insertion loss (dB)	< 1.0	< 0.8
VSWR	< 1.4:1	< 1.4:1
spike leakage power (mW)	< 1000	< 500
flat leakage power (mW)	< 20	< 50
recovery time (μs)	< 1.0	< 2.0
operation temperature ($^{\circ}C$) (습도 95% 이하)	-30 ~ 75	-30 ~ 60
Interface	WR90	SMA

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 수신부 보호용 전력제한기 대부분은 해외 수입에 의존하고 있고, 특히 핵심 반도체 소자인 PIN diode는 전량 수입에 의존하고 있음
- 국내 A사는 '14년 해외 PIN diode를 활용하여 전력제한기 시제품을 개발한 바 있으며, '18년 B연구소와 Planar type PIN diode를 설계/제작한 바 있으나, 실용화를 위한 개발이 필요함
- 국내에서도 전력제한기 뿐 아니라, 핵심 부품인 PIN diode 반도체 기술의 국산화가 시급한 실정임

나. 국외 기술동향 및 전망

- 전력제한기 및 PIN diode는 미국의 Skyworks, MACOM, CPI, Microsemi 및 영국의 e2V사 등 RF 전문기업들이 다양한 조건 및 환경에 따라 다품종 개발을 생산하고 있으나, 군수용의 경우 세부적인 사양이나 구체적인 정보는 노출되지 않고 있음
- 수신부 보호장치는 단순한 회로 차단기를 이용하여 과다 신호를 차단하는 기능만 있었으나, 최근 고급 제한기에는 PIN diode를 적용하여 수신하고자 하는 원래의 미약한 신호는 보존하면서 비정상 과대 신호만을 감쇄시키는 기술로 발전하고 있는 추세임
- 최근에는 제한기를 보호하는 동시에 더 큰 전력을 효과적으로 감쇄시키고자 고성능의 고전압·대전력 PIN diode 반도체 및 패키지 기술 개발에 중점을 두고 있으며, 동시에 전력제한기를 1단에서 3단까지 집적시키는 기술을 개발하고 있음

3. 연구개발계획

가. 연구개발 목표 및 내용

○ 민·군수용

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
시험개발	1. 다. 연구개발 최종목표 참조	<ul style="list-style-type: none"> • PIN diode 설계 및 핵심 공정기술 개발 • PIN diode 패키지 설계 및 공정기술 개발 • 3종 PIN diode 패키지 기술개발 • 단일구조 전력제한기 모듈 설계 및 공정기술 개발 • PIN diode 및 전력제한기 성능시험 및 측정 	5.가. 연구개발 결과 최종 제시물 참조

※ ① 연구개발 목표를 달성하기 위해 수행하는 연구개발 내용 및 결과물은 추가제안 가능

② 최종목표의 달성 여부는 공인시험기관의 시험성적서를 평가에 반영하여 판단

※ 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분

연구단계	시험개발			
연차	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
연차별 기간	7개월 (20.6~20.12)	12개월 (21.1~21.12)	12개월 (22.1~22.12)	5개월 (23.1~23.5)
평가	진도평가▲	진도평가▲	진도평가▲	최종평가▲
예산지급	▲	▲	▲	▲

*재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고

나. 사업기간 및 연구개발비

○ 사업기간 : 3년(시험개발 3년)

○ 총 연구개발비(정부출연금) : 34억원 이내(시험개발 34억원)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

○ 민수 : 로봇, IoT 모듈, 자율 주행 자동차 및 비행체 등 대부분의 무선기기

○ 군수 : 레이더 제어기 수신부, 무인기, 전투로봇 등 대부분의 무선기기

나. 파급효과

○ 기술적 측면

- 전량 수입에 의존하던 PIN diode와 수신기 보호 전력제한기의 국산화 기술 확보
- 다양한 모델의 PIN diode 제작 기술을 기반으로 사용 주파수와 응용 분야에 따른 도파관 구조 및 동축형 모델의 수신기 보호 전력제한기 모듈 개발 가능
- Pin Diode 제품은 빔 포밍 안테나의 위상 변위기 구성 핵심 부품으로, 향후 본 제품 개발 기술을 기반으로 다양한 위상 변위기와 RF 스위치 개발에 적용 가능함.
- 저손실 고방열 패키지 기술은 드론, 무인기, 잠수정 및 자율주행자동차 등 E-모빌리티 분야의 수신기 보호 전력제한기 뿐 아니라 다양한 RF/센서/전원 부품 등으로의 응용이 가능함

○ 경제·산업적 측면

- 국내 반도체 및 패키지 기업의 활성화 및 육성을 통해 연간 50억원 이상의 매출 증대 효과와 연간 10명 이상의 고용 창출 효과가 기대됨
- PIN Diode 및 수신기 보호 모듈의 국산화를 통해 국내 민수 및 방산 시장 뿐 아니라 개발 도상국가의 민군 방산 시장 진출이 가능함.
- 위상 변위기와 RF 스위치 관련 부품 시장 응용과 빔 포밍 안테나 핵심 부품 적용 등으로 관련 산업과 기업의 동반 성장이 기대됨

○ 군사적 측면

- 전량 수입에 의존하고 있는 PIN diode와 전력제한기의 국산화를 통해 해외 부품 수입 시, 가격 협상이 용이해 지고, EL 품목으로 지정할 경우에도 대비가 가능함
- 미래 전투 현장에서 임무를 수행하는 전투 로봇과 전투 드론, 그리고 전자전 장비의 전자파 공격 대응 모듈 국산화로 국방 전자 장비의 전투력 유지 및 보수 능력 증대

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- PIN diode 3종 (Breakdown Voltage 60V/180V/250V)
- 전력제한기 2개 모델 (X-band 와 S-band 용)
- 연차별 연구 개발 보고서

나. 연구개발 결과 평가항목

- 1-다 항의 “연구 개발 최종 목표”의 평가항목은 공인기관의 인증을 받을 것
- 환경시험은 MIL-STD 810H를 기준으로 함

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있음.

다. 기타

- PIN diode 및 전력제한기 모듈의 국산화가 목표이므로, PIN diode의 자체 제작이 가능한 반도체 설계 및 6인치 공정 시설 및 기술과 관련 측정 장비를 보유한 기관의 참여가 필수임.

7. 참고문헌

- B. M. Coaker et al., “High-power multi-function radar receiver protection,” Proceedings of the 3rd European Radar Conference, Sep. 2006, pp. 253-256
- Brian M. Coaker et al., “Planar limiters and receiver protectors,” Proceedings of the 37th European Microwave Conference, Oct. 2007, pp.1684-1687
- Skyworks application note, “PIN limiter diode in receiver protectors,” Aug. 2008
- S. Marathe et al., “Robustness of PIN limiter diodes to an ESD event based on VF-TLp characterization,” Letters on Electromagnetic Compatibility Practice and Applications, Vol.1, No.1, March 2019, pp.9-13

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	방충혁	042-607-6047