

# 연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 확장된 감지파장대역을 갖는 1280×1024 화소수 및 8 $\mu$ m 피치의 SWIR 검출기 개발

## 1. 개요

### 가. 기술의 개념 및 정의

- 적외선(InfraRed) 검출기는 EO/IR 센서 분야의 핵심적인 기술이며, 대부분이 E/L 대상으로 관련 핵심 체계, 부품의 국내 개발이 매우 중요함.
- 확장된 감지파장대역을 갖는 eSWIR(Extended SWIR<sup>1)</sup>) 검출기는, 1.7 $\mu$ m까지 감지대역을 갖는 표준 SWIR에 비해 2 $\mu$ m 이상까지 감지 범위를 넓힌 제품임.
- 표준 SWIR 검출기는 물체에서 반사되는 SWIR 파장 대역을 감지하나, eSWIR는 물체에서 반사되는 SWIR 빛과 물체의 열을 함께 감지하므로 차별화 된 영상 정보를 얻을 수 있음.

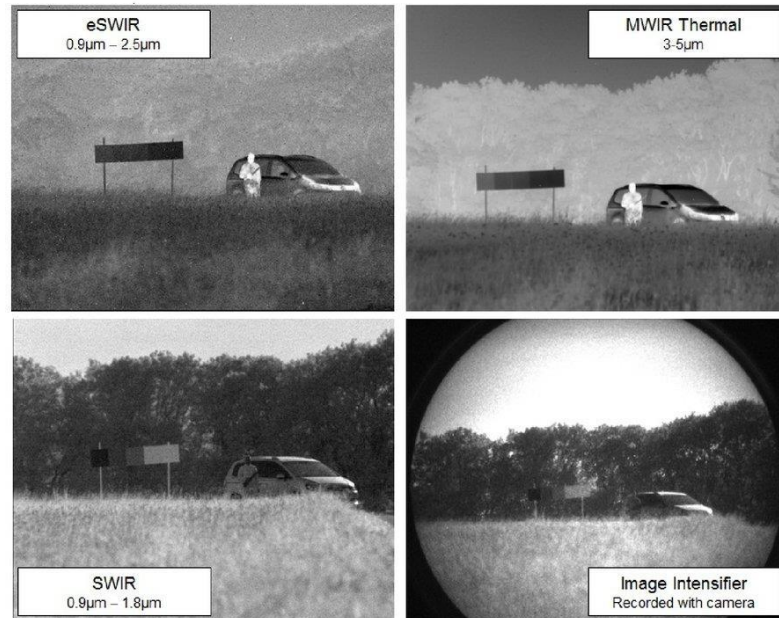


그림 1 파장에 따른 영상 비교

- 표준 SWIR는 InP 기판 위에 격자정합(Lattice-Matched) 된 In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As 재료를 기반으로 하고, 이 재료의 차단파장은 1.7 $\mu$ m 임.

1) SWIR: Short Wave InfraRed (1~3 $\mu$ m 대역 적외선)

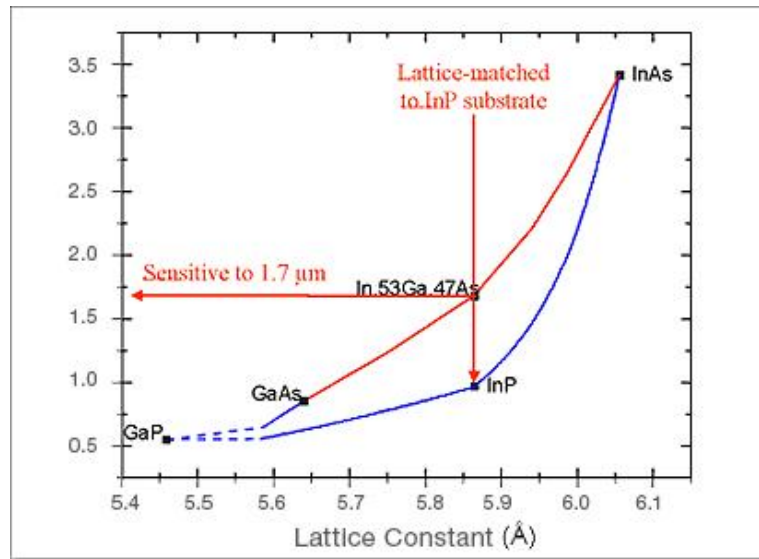


그림 2 재료 및 격자크기 관계

- 감지파장 대역을 확장하기 위해서는 위 그림에서 알 수 있듯이 In의 비율을 53% 보다 높여야 하나, 점차 InP보다 큰 격자상수를 갖게 되므로 격자부정합 (Lattice Mismatch)에 의해 Dislocation 등 결정성이 저하되면서 검출소자의 주요 성능지수인 암전류(Dark Current) 증가의 원인이 됨.
- 그런데 최근 발달된 성장기술을 기반으로, 그림 3과 같이 격자부정합을 억제하면서도 차단파장이 큰 InGaAs 재료의 성장과 수급이 가능해졌고, 이를 기반으로 확장된 감지대역을 갖는 SWIR 카메라(검출기 포함) 개발 가능성이 열렸음.

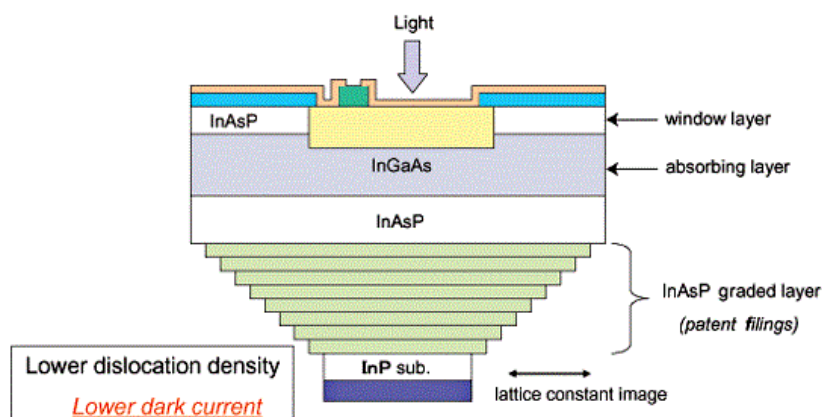


그림 3. eSWIR용 InGaAs 성장 방식(예시)

- 또한 제2형 초격자(Type II SuperLattice, T2SL)를 이용하여 eSWIR 대역을 감지할 수 있음.
- 초격자 구조는 두 개 이상의 이종물질들의 각 층을 수 nm 두께로 규칙적으로 반복하여 적층한 반도체 박막 구조로서, 각 층의 두께와 적층하는 규칙에 따라 양자역학적으로 물질 특성이 변하는 특징을 가짐.
- 초격자 구조의 밴드갭 에너지는 초격자를 구성하는 물질들의 두께와 주기의 변화에 따라 전자와 정공의 미니밴드가 형성되며, 전자 미니밴드의 가장 낮은 값과 정공 미니밴드의 가장 높은 값의 차이로 밴드갭 에너지가 결정됨.
- eSWIR 대역이 검출 가능한 대표적인 초격자 구조로는 InAs/GaSb/AlSb 등이 있으며, 두께와 주기를 조절하여 원하는 차단파장의 설계가 용이하다는 장점이 있음.

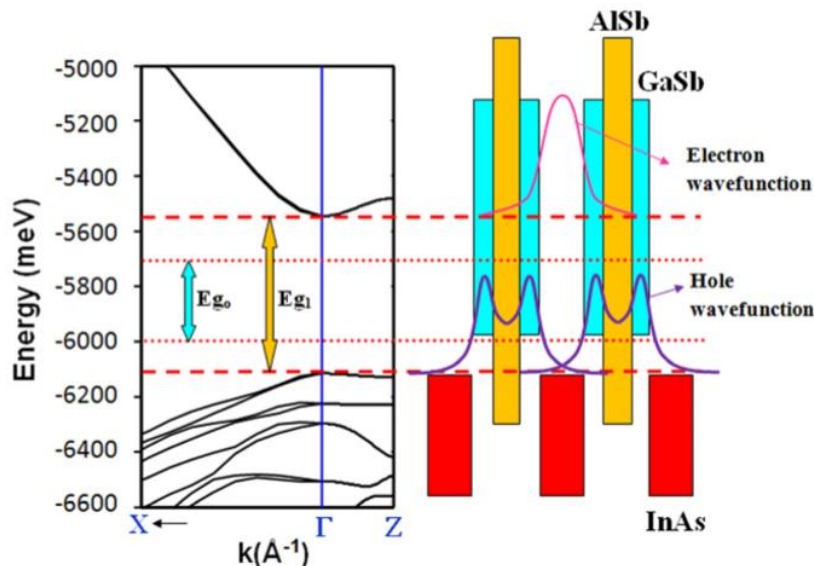


그림 4. InAs/GaSb/AlSb 제2형 초격자의 밴드갭 및 밴드 구조

- eSWIR 검출기의 핵심기술은 그림 5와 같이 감지된  $0.9\sim 2.3\mu\text{m}$  대역의 신호를 전기적 신호로 변환시켜 주는 적외선을 감지하여 전기신호로 변환하는 배열소자 제작 기술과, 변환된 전기적 신호를 규정된 방식으로 순차적으로 처리 가능케 하는 신호취득회로(ROIC: Read Out Integrated Circuit) 기술, 이 두 소자가 접합하기 위한 범프제작 기술과 하이브리트칩(Hybrid chip) 제작 기술 및 적외선 윈도우가 포함된 패키지 통합 기술<sup>2)</sup> 등으로 표현할 수 있음. 필요할 경우 하이브리트칩 온도를 냉각하여 감도를 높일 수 있음.

2) 동작온도에 따라 냉각기 형식은 변동될 수 있음

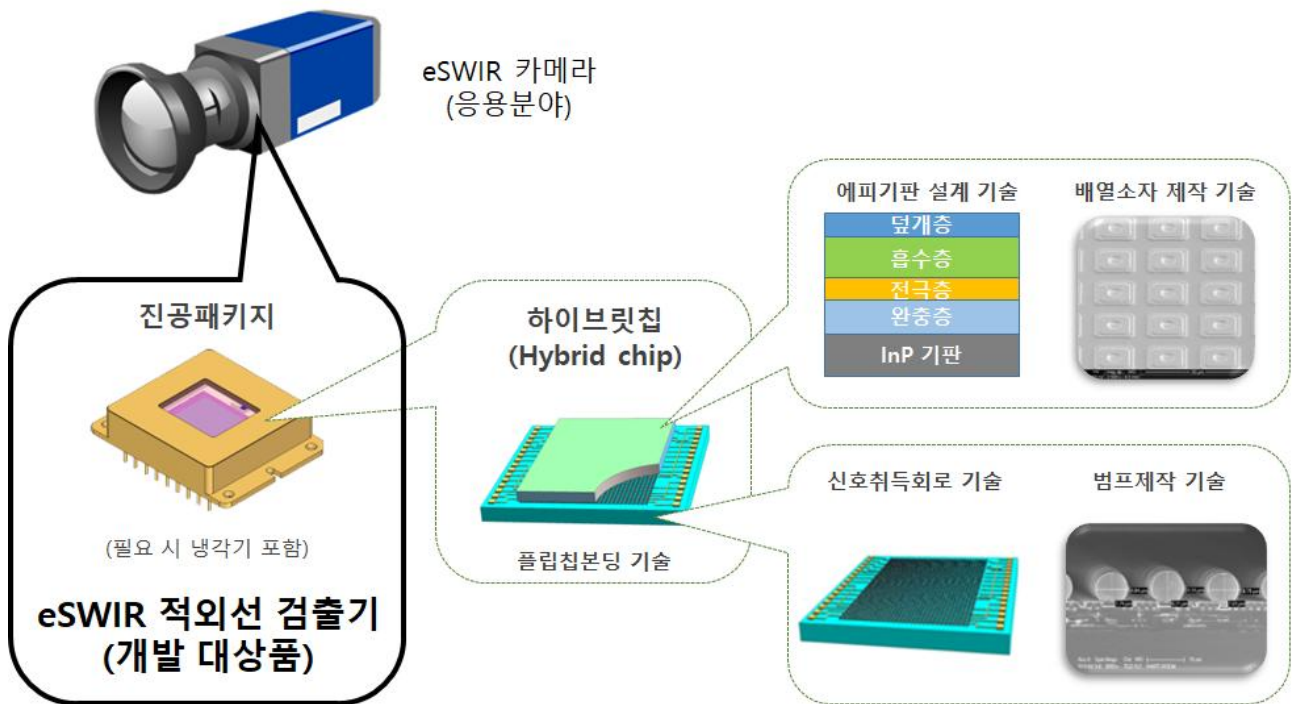


그림 5 eSWIR 검출기 구성품 (예시)

## 나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

### ○ 기술의 중요성/필요성

- 표준 SWIR는 약  $1.7\mu\text{m}$ 의 차단파장 특성을 가지고 있음
- 하지만 많은 분야에서 더 긴 파장의 빛의 감지를 요구하고 있음
  - $1.9\mu\text{m}$  파장의 물흡수(Water Absorption) 특징을 이용한 농수산물의 수분 함유량 측정
  - 맑은 공기의 난기류를 감지하기 위해 비행기에 사용되는 LiDAR<sup>3)</sup>용  $2.05\mu\text{m}$  파장 감지
  - 파장이 길수록 먼지 또는 안개에 대한 투과 특성이 좋으므로, 표준 SWIR보다 감지거리가 길어짐
- 우수한 야간 영상 획득
  - 달빛이 없는 야간일수록 파장이  $1\sim 2\mu\text{m}$  영역의 빛이 많으며, 특히  $1.4\sim 2\mu\text{m}$  대역에서 매우 높음.
  - 표준 SWIR는  $1.7\mu\text{m}$ 까지만 감지가 가능하지만, eSWIR는  $2\mu\text{m}$  이상 감지가 가능하여 부가적인 조명 없이 더욱 선명한 야간 영상을 얻을 수 있음.

3) LIDAR : Light Detection And Ranging

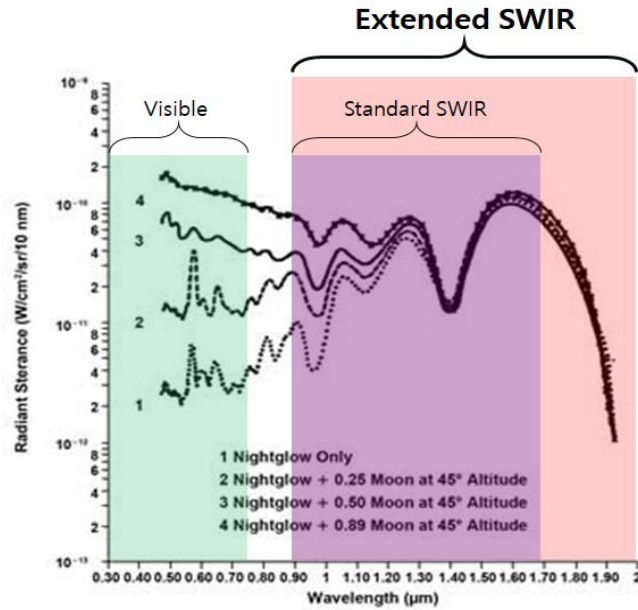


그림 6 개발 범위 파장 (Extended SWIR)

- SAL(Semi Active Laser) 방식의 유도무기 운영 시 사용되는 LD(Laser Designator)의 레이저 파장이, 표준 SWIR 센서로 감지되는 것을 피하기 위해 1.7 $\mu$ m보다 긴 파장을 갖는 QC(Quantum Cascade) 레이저로 옮겨지고 있음. 이러한 레이저빔의 탐지를 위하여 eSWIR 감지 기술이 더욱 중요해지고 있음.
- 이와 더불어 해외에서는 그림 7과 같이 MCT<sup>4)</sup> 기반의 eSWIR 검출기가 저격용 라이플이나 기관총의 타겟팅을 위한 조준경으로도 제작되어 사용되고 있음.



그림 7 기관총에 장착된 eSWIR 조준경(AIM, 독일)

4) MCT : Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe)



- 특히 eSWIR 대역의 가장 큰 장점은 기존 열화상(MWIR<sup>5)</sup> 및 LWIR<sup>6)</sup> 감지 기술)과 달리 유리를 투과하는 특성을 갖고 있어 아래와 같이 감시 및 정찰에 유리함.

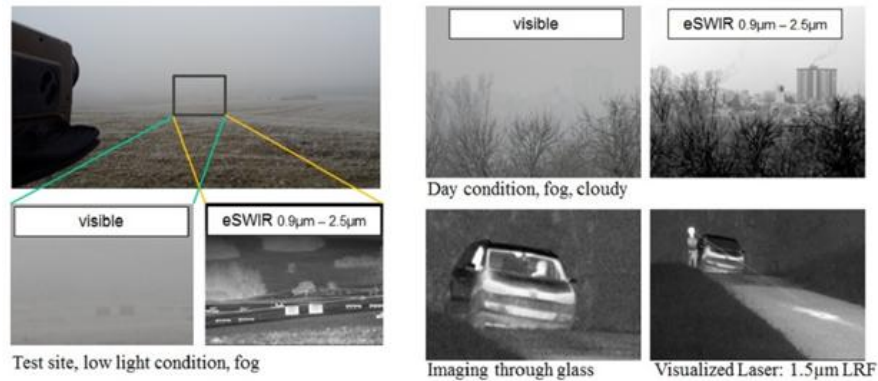


그림 8 eSWIR 특징



그림 9 eSWIR와 Thermal IR(일반 열영상) 비교

#### ○ 기술개발의 시급성

- 국내에서는 In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As에 기반한 VGA급<sup>7)</sup>(640×512) 15μm 피치 표준 SWIR 검출기 개발을 완료하여(산학연주관 선도형핵심기술개발사업, '13~' 18) 초분광영상장비, 무인수색차량, 레이저대공무기 등 체계개발 적용 중이고, 민수 분야 활용도 시작하였음
- 그러나 1.7μm 이상의 SWIR 파장을 감지할 수 있는 기술은 국내 미보유 상태임.
- 현재 상용화된 eSWIR 검출기는 대부분 II-VI족 화합물인 MCT 기반이나, 재료 자체가 E/L 대상이므로 구하기 매우 어렵고, 고가이며 활용성 및 수출이 극히 제한됨.
- 최근 선진국에서는 제2형 초격자(T2SL) 기판을 통해 eSWIR 대역을 감지 할 수 있는 검출기를 개발하고 있음.
- eSWIR 검출기는 군수뿐만 아니라 민수 분야의 활용성도 매우 높으나, 전량

5) MWIR : Mid-Wave InfraRed (3~5μm 대역 적외선)

6) LWIR : Long-Wave InfraRed (8~12μm 대역 적외선)

7) VGA: Video Graphics Array (640×480급)

수입에 의존해야 하므로 이를 활용한 관련 제품의 개발도 거의 이루어지지 않는 실정임.

- 본 개발에서는 E/L 대상이 아닌 일반 상용품으로 구입이 가능한 감지재료를 이용할 예정으로, 소자 및 검출기 제작 공정 개발을 통한 검출기 제작기술 확보를 할 수 있음.
- 이를 바탕으로 세계 수준의 기술 확보 시 군사적, 기술적 및 경제적으로 큰 파급효과가 기대됨.

## 다. 연구개발 최종 목표

### ○ 민·군수용

항 목		단위	목 표 성 능
검출기 제원	검출파장대역	$\mu\text{m}$	0.9 ~ 2.3 (eSWIR)
	배열수	-	1280×1024
	화소크기(피치)	$\mu\text{m}$	8 이하
검출기 성능	ROIC 잡음	e-	100 이하
	동작률	%	99.0 이상
	Peak Detectivity*	$\text{cmHz}^{1/2}/\text{W}$	3.0E12 이상
	화면발생률	Hz	최대 60
신호 취득회로 제원 및 기능	Full Well Capacity	e-	100k 이상
	전하적분시간	sec	조절 기능 보유
	다이오드 바이어스	V	조절 기능 보유
	윈도우 기능	-	Windowing 기능 보유
환경성 (MIL-STD-810H)	고온 저장	℃	+35 ~ +71℃, 1주기 24시간, 7주기
	고온 동작	℃	+35 ~ +71℃, 1주기 24시간, 3주기
	저온 저장	℃	-40℃, 72시간
	저온 동작	℃	-32℃, 2시간
	Random 진동	grms	1.04 grms, 1시간/축당/3축
			4.01 grms, 1시간/축당/3축
			5.35 grms, 15분/축당/3축
	Sine 진동	g	20g, 20-2000Hz, 4분/사이클, 각 사이클당 4회, 축당
	충격	g	반정현파(Half sine) 40g, 11msec, 축당 3회 / 3축

※ Peak Detectivity(최대 검출도)는 응용연구 개발 완료 단계에서 세계적 기술수준, 달성가능성 등을 재판단하여 최종 목표는 조정 가능함

\* 단계평가 및 최종 평가에는 공인 시험 성적서 제출

## 2. 국내와 기술현황 및 전망

### 가. 국내 기술동향 및 전망

- 국내에는 eSWIR 관련 개발 이력은 없음.
- 다만 표준 SWIR 개발 이력이 있음.
  - In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As에 기반한 VGA급(640×512), 15μm 피치 표준 SWIR 검출 개발을 완료하여 (산학연주관 선도형핵심 기술개발사업, '13~'18) 초분광 영상장비, 무인수색차량, 레이저대공무기 등 체계개발 적용이 진행 중이고, 민수 판매도 시작했음.

항목	단위	개발 목표
감지재료	-	InGaAs
검출파장대역	μm	0.9~1.7(SWIR)
배열수	-	640×512
화소크기(피치)	μm	15
동작률	%	99.5 이상
평균 D*	cmHz <sup>1/2</sup> /W	1.0E13 이상
Readout noise	e-	< 100
Full well capacity	e-	100 k(High gain) 1 M(Low gain)
환경조건	-	MIL-STD-810H 온도, 충격, 진동

### 나. 국외 기술동향 및 전망

- 적외선 검출기는 최대 선진국인 미국을 중심으로 독일, 벨기에 등 유럽 선진국이 기술을 보유함.
- 미국은 eSWIR 검출기를 비롯한 전 분야에서 세계 최고 성능의 검출기를 선도하고 있으며, 유럽은 후발주자로 미국 기술에 근접한 수준임.
- MCT와 InGaAs를 기반으로 eSWIR 검출기 개발이 진행되었으나, 최근에는 T2SL을 기반으로 eSWIR 검출기를 개발하고 있음.
- eSWIR 검출기의 주력 제품은 MCT의 경우 30μm 피치이며, InGaAs의 경우 25μm 피치이나, 최근에는 각각 10μm 및 12μm 피치로 기술발전이 이루어지고 있음.
- 피치가 작아짐에 따라 고화소 검출기 개발도 활발한 상태임.



- MCT 기반의 eSWIR 검출기는  $30\mu\text{m}$  피치가 주요 제품의 중심으로, 최근 독일의 AIM사에서  $10\mu\text{m}$  피치로 기술개발이 완료된 상태임. 피치가  $10\mu\text{m}$ 급으로 전환되면서 VGA급( $640\times 512$ ) 이상의 배열이 개발되고 있음.



그림 10 AIM사  $10\mu\text{m}$   $640\times 512$  eSWIR 검출기

- InGaAs 기반의 eSWIR 검출기는 미국의 Princeton Infrared Technologies사에서  $25\mu\text{m}$  피치 대신  $12\mu\text{m}$  피치로 기술 개발 진행 중이나 아직 제품화되지는 않았음. 피치가  $12\mu\text{m}$ 급으로 전환되면서  $1280\times 1024$  이상의 배열이 개발되고 있음.
- T2SL 기반의 eSWIR 검출기는 벨기에의 Xenics사에서  $30\mu\text{m}$  피치로 기술 개발이 완료된 상태이며,  $320\times 256$  이상의 배열이 개발되고 있음.



그림 11 Xenics사  $30\mu\text{m}$   $320\times 256$  eSWIR 검출기

- 피치가 작아지면서 배열크기 증대는 더욱 가속화 되어 고해상화(고선명화)로 발전 예상됨.

### 3. 연구개발 계획

#### 가. 단계별 연구개발 목표

○ 민·군수용

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10<math>\mu</math>m 피치 단위 구성품 설계 및 제작</li> <li>• 성능시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10<math>\mu</math>m 피치 SXGA급 검출배열소자 기본설계, 제작</li> <li>• 10<math>\mu</math>m 피치 SXGA급 하이브릿칩 상세설계 및 제작</li> <li>• 패키지 상세 설계 및 기본 제작</li> <li>• 검출기 시제 제작</li> <li>• 하이브릿칩 시험장비 설계 및 제작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계 보고서</li> <li>• 시제품</li> <li>• 시제 개발 보고서</li> </ul>
시험개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8<math>\mu</math>m 피치 단위 구성품 설계 및 제작</li> <li>• 성능시험, 환경 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8<math>\mu</math>m 피치 SXGA급 검출배열소자 상세설계 및 기본 제작</li> <li>• 8<math>\mu</math>m 이하 피치 SXGA급 하이브릿칩 상세설계 및 제작</li> <li>• 패키지 상세 설계 및 제작</li> <li>• 검출기 시제 제작</li> <li>• 검출기 시험장비 설계 및 제작</li> <li>• 최종시제 성능시험, 환경 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계 보고서</li> <li>• 시제품</li> <li>• 시제 개발 보고서</li> </ul>

※ 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분

연구단계	응 용 연 구			시 험 개 발		
연차	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도	3차년도
연차별 기간	7개월 (20.6~20.12)	12개월 (21.1~21.12)	11개월 (22.1~22.11)	13개월 (22.12~23.12)	12개월 (24.1~24.12)	5개월 (25.1~25.5)
평 가	▲ 진도평가	▲ 진도평가	▲ 단계평가	▲ 진도평가	▲ 진도평가	▲ 최종평가
예산지급	▲	▲	▲	▲	▲	▲

\*재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고

## 나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 5년(응용연구 2.5년, 시험개발 2.5년)
- 총 연구개발비(정부출연금) : 48억원(응용연구 21억, 시험개발 27억)

## 4. 적용 및 파급효과

### 가. 적용분야

- 민수
  - 고속도로 안전관리, 방범 등 공공용도 CCTV
  - 국가 주요 시설, 해안 등의 주·야간 감시 카메라용
  - 화재, 야간 수색, 산불감시 등 재난 대비용 장비



그림 12 화재 상황에서의 영상비교  
(좌) 가시광 영상 (우) SWIR 영상

- 반도체 비파괴 검사 장비

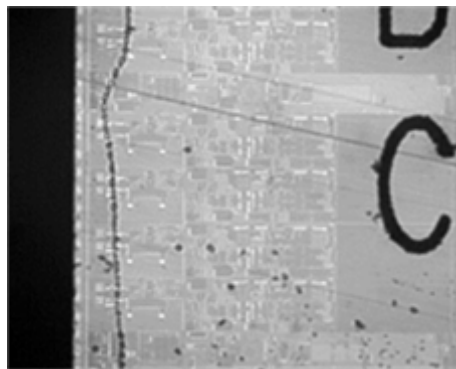


그림 13 Si 기판내의 Dicing Damage 검사

- 드론 탑재 이동형 주·야간 감시 장치
- 농산물, 의약품 등의 선별 장치

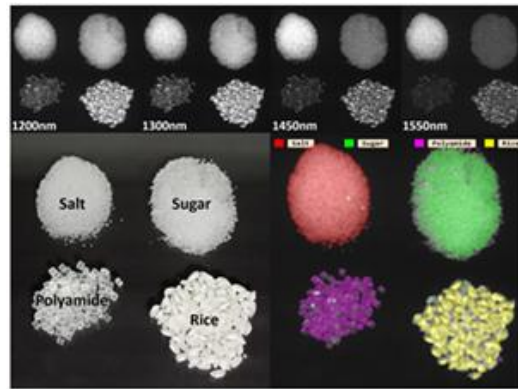


그림 14 선별 비교 영상  
(좌) 디지털 카메라 영상 (우) SWR 초분광 영상

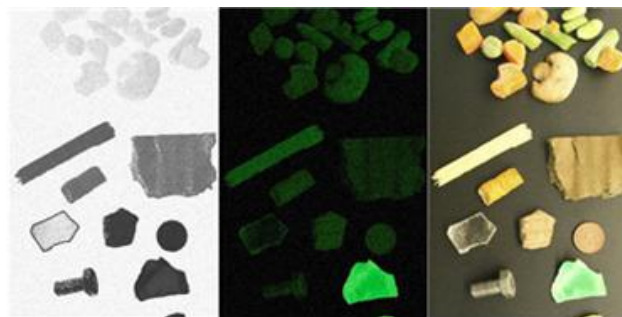


그림 15 수분이 함유된 농산물과 이물질의 구분

- 자율주행 시스템
- 자동차의 야간 주행 보조 장치 등



그림 16 야간 영상 비교  
(좌) 야간 가시광 영상 (우) 야간 SWIR 영상

## ○ 군수

- 복합 소총 및 기관총 등 소화기 주·야간 조준경
- 전차, 장갑차 등 군용 전투차량 야간 운행 장치
- 전방, 해안선 및 주요 시설 감시 장치
- 무인기와 같은 소형 감시 장치 등

## 나. 파급효과

### ○ 기술적 측면

- 세계 최고 수준의 SXGA급 8 $\mu$ m 피치 고해상도 기술의 선제적 확보로, 해외 의존성을 탈피하고 기술을 선도
- 고해상도/검출과장 차별화된 eSWIR 적외선 검출기 기술을 확보하여 고성능을 요구하는 적외선 감지 장비 핵심소요기술 확보
- SXGA급(1280×1024) 130만화소 검출기를 적용한 영상장비 식별력 증대
- 개발되는 고해상도 eSWIR 적외선 검출기 기술은 다양한 분야에 적용 가능한 핵심 요소기술임

### ○ 경제적 측면

- 적외선 검출기 제작 관련 신규 기술 확보 및 신규 인력 양성
- 양산 단계 시 다수의 신규 일자리 창출
- 현재 95% 이상 해외 구매에 의존하는 국내 적외선 카메라의 수입 대체 효과
- 기술 선도에 따른 국내는 물론 수출 시장 확대
- 해상도 기술 개발을 통해 감시 및 환경 검출 등 여러 분야에서 기존시장 대체 및 신규 시장 발굴 가능
- 동일한 사양을 갖는 검출기의 가격은 판매 대상국의 기술 확보 수준에 따라 다양해지는 것이 보통으로, 경쟁력 있는 가격에 검출기를 획득 가능
- SXGA급 8 $\mu$ m 피치 기술 개발 시, 기술 종주국 위치를 벗어나 기술 선도국으로 전환 가능

### ○ 군사적 측면

- 전자광학/적외선(EO/IR<sup>8)</sup>) 장비의 표적 식별력을 향상시킬 수 있는 고해상도 적외선 검출기는 감시정찰기술의 핵심기술로 사전에 적의 징후를 감지하여 대응함으로써 적의 공격 의지를 약화시키거나 타격의 정밀성을 높일 수 있음.
- 미국, 유럽 등의 선진국으로부터 수입 제한이 되고 있는 고성능 UAV 등 각종 감시정찰체계의 핵심 전력인 고성능 적외선 검출기를 국내 독자 기술을 통해 확보할 수 있음.
- 안개뿐만 아니라 최근 미세먼지와 같은 대기 환경의 변화로 인한 감시정찰의 한계를 벗어날 수 있는 기술을 확보할 수 있음.

8) EO/IR (Electro Optics / InfraRed) : 전자광학/적외선

## 5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

### 가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 설계보고서(설계 보고서)
- 시험평가 보고서(성능시험 포함)
- 지식재산권(논문, 특허권, 소프트웨어 등)
- 시제품

### 나. 연구개발 결과 평가항목

항목		단위	평가 내용	시험 구분*
검출기 제원	검출파장대역	μm	0.9~2.3 (eSWIR)	
	배열수	-	1280×1024	
	화소크기(피치)	μm	8 이하	
검출기 성능	ROIC 잡음	e <sup>-</sup>	100 이하	
	동작률	%	99.0 이상	
	Peak detectivity*	cmHz <sup>1/2</sup> /W	3.0E12 이상	
	화면발생률	Hz	최대 60 가능	
신호취득회로 제원 및 기능	Full well capacity	e <sup>-</sup>	100k 이상	
	전하적분시간	sec	조절 기능 보유	
	다이오드 바이어스	V	조절 기능 보유	
	윈도우 기능	-	Windowing 기능 보유	
환경성 (MIL-STD-810H)	고온 저장	℃	+35 ~ +71 ℃, 1주기 24시간, 7주기	
	고온 동작	℃	+35 ~ +71 ℃, 1주기 24시간, 3주기	
	저온 저장	℃	-40 ℃, 72시간	
	저온 동작	℃	-32 ℃, 2시간	
	Random 진동	grms	1.04 grms, 1시간/축당/3축 4.01 grms, 1시간/축당/3축 5.35 grms, 15분/축당/3축	
	Sine 진동	g	20g, 20-2000Hz, 4분/사이클, 각 사이클당 4회, 축당	
	충격	g	반정현파(Half sine) 40g, 11msec, 축당 3회 / 3축	

\* 연구계획서 작성 시 개발자가 제시 (T: Test, I: Inspection, D: Demonstration, A: Analysis)

※ 단, 응용연구 개발 완료 단계에서 세계적 기술수준, 달성가능성 등을 재판단하여 최대 검출도 최종 목표는 조정 가능함



## 6. 참여조건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- ※ 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수(제27조 제4항) 단, 기초연구의 경우에는 기업참여가 필수사항이 아님
- 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

### 가. 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 있다.

### 나. 기타

- 필요 장비 및 시설

장비/시설명	요구사항 / 내용	비고
적외선 검출소자배열 제작 장비	- SXGA급 적외선 검출소자배열 제작을 위한 반도체 공정 장비 일체 접합 형성장비 표면보호막 형성장비, Metal 증착 및 도금 장비 식각장비(Wet 또는 Dry etching) 리소그래피 장비 (정렬도 $\pm 1\mu\text{m}$ 이하)	
하이드릿칩 제작/측정장비	- SXGA급 하이드릿칩 제작 및 측정을 위한 장비 일체 플립칩 본더 (정확도 $\pm 3\mu\text{m}$ 이하) 범프 형성장비 Test Dewar (150K 이하 동작 가능)	
검출기 통합 조립 장비	- 검출기 제작을 위한 장비 일체 진공배기 장비/시설 진공누설 검사장비 공구현미경 ( $1\mu\text{m}$ 급) Wire bonder (1mil급 와이어 가능)	
반도체 공정용 클린룸 시설	- 위에서 제시한 장비들의 설치 및 사용이 가능한 규모와 시설 (Class 10,000이하)	

\* 현재 확보현황을 기술하고, 미확보 장비/시설에 대해서는 확보계획 혹은 활용계획 제시

## 7. 참고문헌

- Progress on MCT SWIR modules for passive and active imaging applications, R. Breiter et al, Proc. of SPIE Vol. 10624 1062403-1, 2018
- Extended SWIR imaging for targeting and reconnaissance, R. Breiter et al, Proc. of SPIE Vol. 10177 1017708-1, 2017
- Atmospheric optical environment, M.L.Vatsia, Research and Development Echnical Report ECOM-7023
- High resolution 1.3 megapixel extended wavelength InGaAs, Martin H. Ettenberg et al, Proc. of SPIE Vol. 10624 1062404, 2018
- Denibstration of shortwavelength infrared photodiodes based on type-II InAs/GaSb/AlSb superlattices, A. M. Hoang et al, Appl. Phys. Lett. 100, 211101, 2012

## 8. 약어

- E/L : Export License
- EO/IR : Electro Optics / InfraRed
- eSWIR : Extended Short Wave IR
- LIDAR : Light Detection And Ranging
- LWIR : Long-Wave InfraRed
- MCT : Mercury Cadmium Telluride (HgCdTe)
- MWIR : Mid-Wave InfraRed
- ROIC: Read Out Integrated Circuit
- SWIR: Short Wave InfraRed

## 9. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	손승찬	042-607-6088