[첨부 제4호]

1060nm 파장대역 Multi-Cell 실리콘 포토디텍터 기술



박건식 (kunsik@etri.re.kr)
IT융합부품연구실

ETRI 한국전자통신연구원
www.etri.re.kr
정보통신부품소재연구소



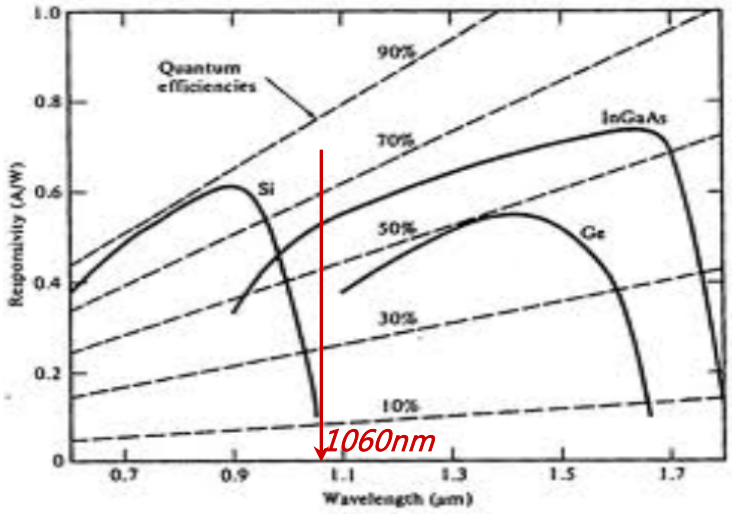
목 차

1. 기술의 개요
2. 기술이전 내용 및 범위
3. 경쟁기술과 비교
4. 기술의 사업성
5. 기술이전 업체조건 및 제약사항

▣ 1060nm 파장대역 Multi-Cell 실리콘 포토디텍터

- 1000nm ~ 1100nm 대역의 Photo Detector는 Laser Detection 및 Guidance, High Speed Photometry, Near-IR Pulsed Light Sensor 등 다양한 응용분야에서 사용되고 있으며, 특히 항공/의료/방산 등의 분야에서 Laser Tracker용으로 사용되고 있음
- Silicon 기반의 일반적인 Photo Detector는 1000nm ~ 1100nm 분광감응도가 낮음.
- InGaAs PD는 15㎜ x 15㎜ 크기의 PD 제작이 힘들고(단가 등), 누설전류가 크며, 빠른 Response Time을 위해 필요한 높은 Reverse Bias를 견디지 못함.

→ 1000nm~1100nm 대역에서 높은 분광감응도를 가지는 Si 기반 Detector 개발 필요 !



< 반도체 PD의 일반적인 분광감응도 >

2. 기술이전 내용 및 범위

▣ 기술이전 내용

❖**1060nm 파장대역 Multi-Cell 실리콘 포토디텍터 소자/공정 설계 및 제조 기술**

- 수광부 직경 (Active Area): 1.4cm ±10%, 4분할 수광부간 거리: < 200㎛
- 역방향 항복전압: > 180V (@10㎂)
- 누설전류: < 100nA (@150V)
- 감응도(Responsivity): > 0.4 A/W (@1060nm, Vr=150V)
- Rising Time: < 20ns (@1060nm, Vr=150V, Load Resistance=50Ω)

▣ 기술이전 범위

❖**1060nm 파장 대역 Multi-Cell 실리콘 포토디텍터 소자/공정 설계 기술**

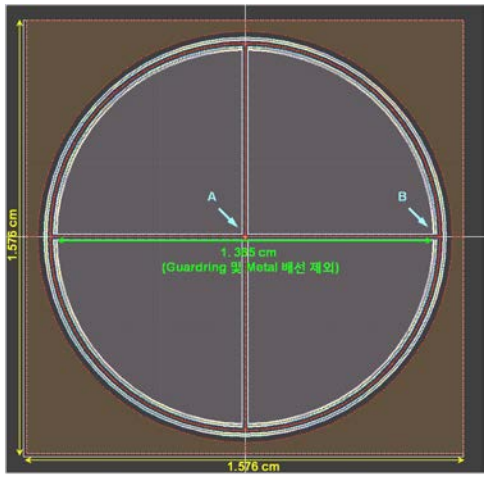
- 1060nm 파장대역 실리콘 포토디텍터용 기판 선정
- 실리콘 포토디텍터 구조
- 실리콘 포토디텍터 Chip Layout (마스크 설계 Data)
- 실리콘 포토디텍터 제작 Process Integration 기술 (Process Flow)

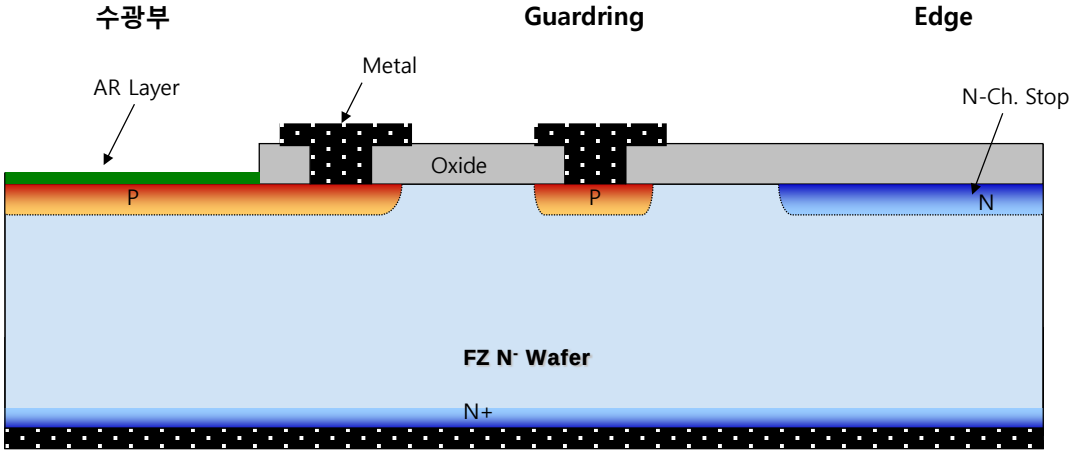
❖**1060nm 파장 대역 Multi-Cell 실리콘 포토디텍터 제작 기술**

- 실리콘 포토디텍터 수광부 및 가드링 형성 기술
- Anti-Reflection Layer 형성 기술
- Metal 배선 공정 기술
- 실리콘 포토디텍터 제작에 필요한 제반 단위 공정 조건 (공정 Recipe)
- 실리콘 포토디텍터 제작을 위한 Process Sheet

2. 기술이전 내용 및 범위

▣ 1060㎚ Multi-Cell (4분할) Silicon PD 개발 구조



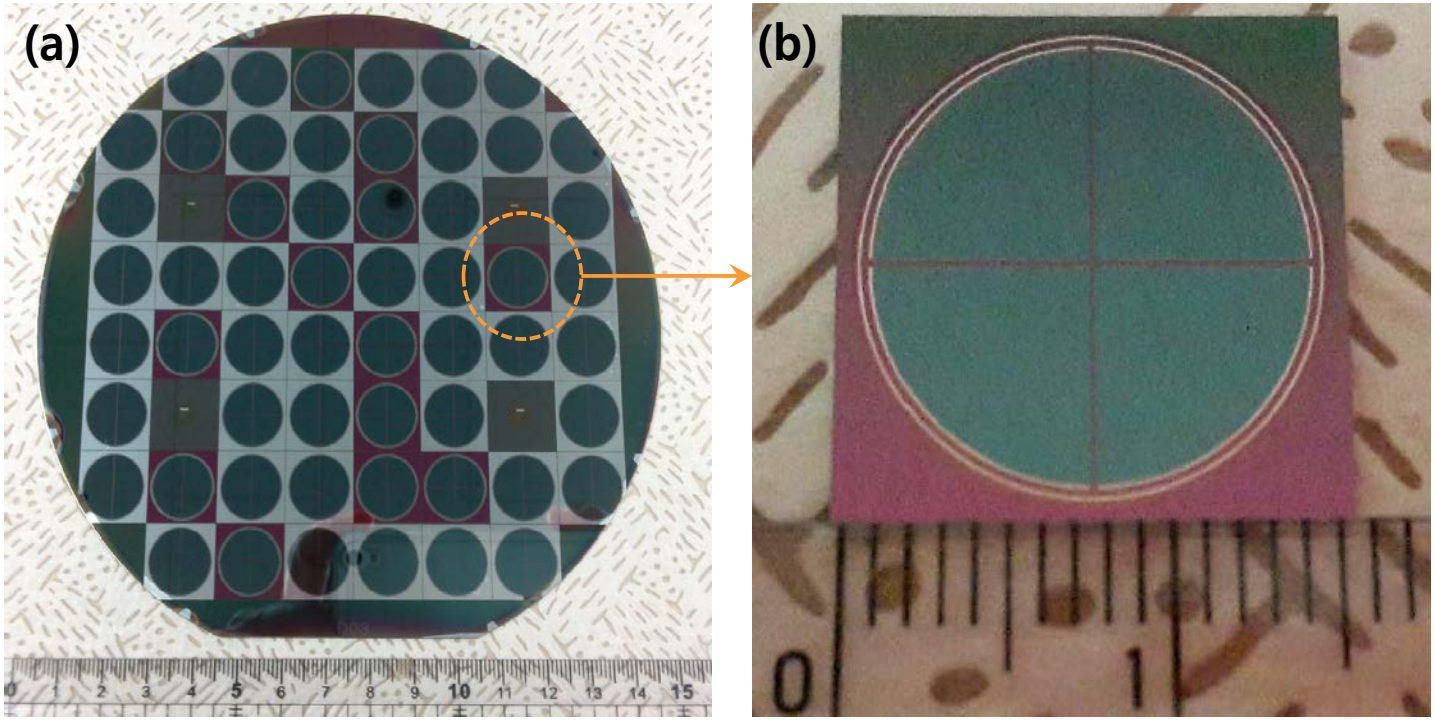


▣ 개발 기술

- 1060nm 파장대역 Silicon Photo-Detector용 기판 선정
- 4분할 Photo-Detector 소자 구조 설계 및 Layout 설계 기술
- Photo-Detector 수광부 및 Guardring 형성 기술
- Anti-Reflective Layer 형성 및 Metallization 기술
- Silicon Photo-Detector 제작 Process Integration 기술

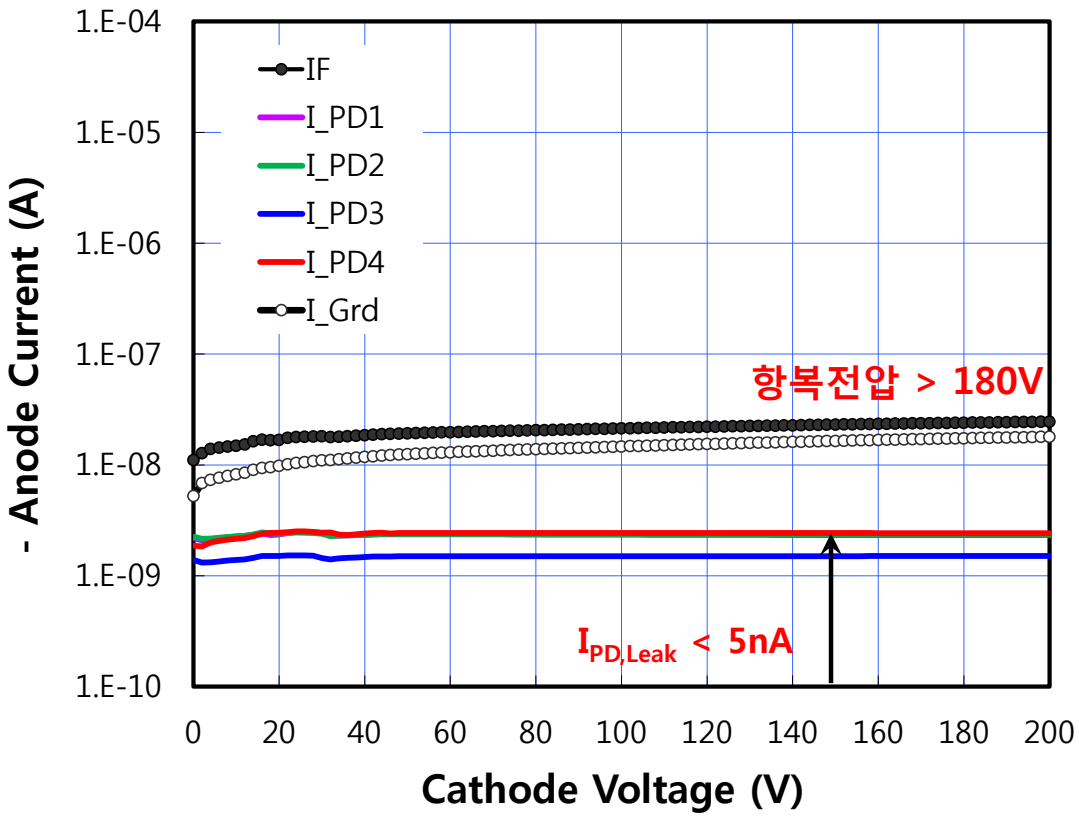
☞ *관련 출원/등록 특허는 없으며, IT융합부품실험실 보유 Know-How 기술로 개발 !*

▣ 기술개발 현황



< 4분할 포토디텍터 : (a) 제작 Wafer, (b) Sawing 샘플 >

▣ 기술개발 현황: 항복전압 및 누설전류



2. 기술이전 내용 및 범위

▣ 기술개발 현황: Responsivity (1060nm, V_R=150V)

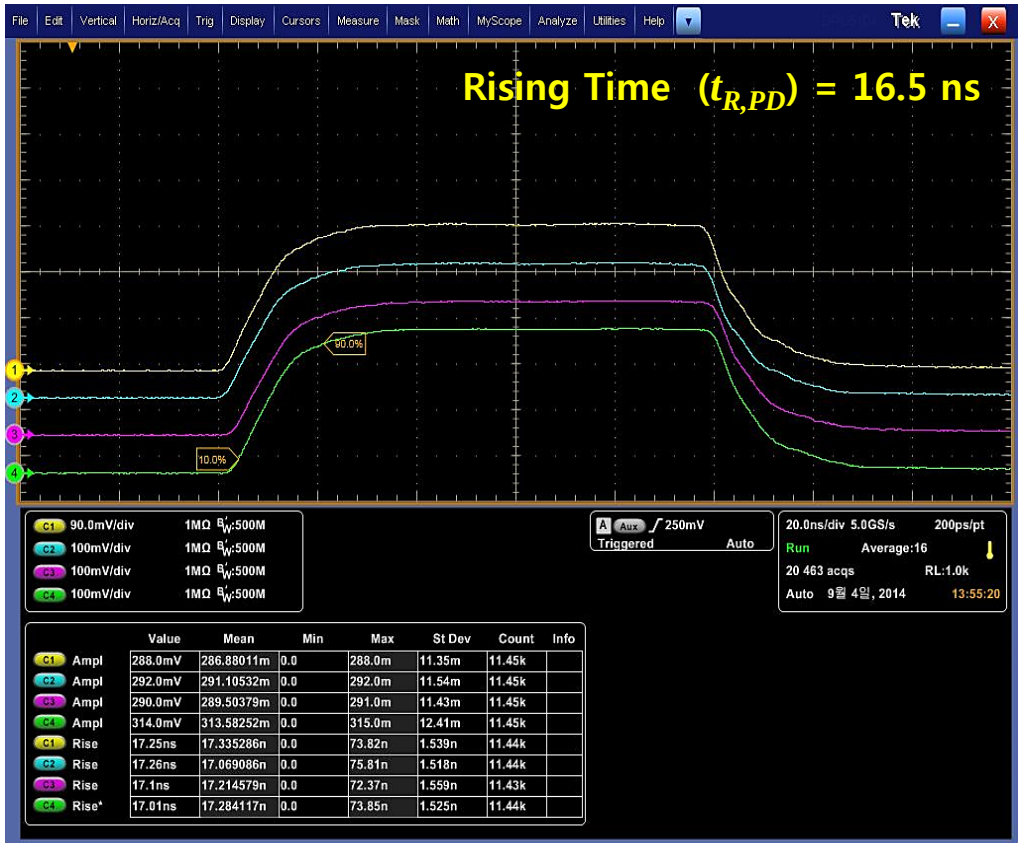
* 기술이전 대상업체 평가 결과

구 분	입사광량 (μW)	측정전류 (μA)	Responsivity (측정값) (A/W)	Responsivity (Calibration) (A/W)
Reference PD	460	126	0.274	0.26
PD1	460	212	0.461	0.447
PD2	460	212	0.461	0.447
PD3	460	210	0.457	0.443
PD4	460	209	0.454	0.440
Average	**460**	**211**	**0.458**	**0.444**

2. 기술이전 내용 및 범위

▣ 기술개발 현황: Rising Time (1060nm, V_R=150V, R_L=50Ω)

*** 기술이전 대상업체 평가 결과**



	Value	Mean	Min	Max	St Dev	Count	Info
C1 Ampl	288.0mV	286.88011m	0.0	288.0m	11.35m	11.45k	
C2 Ampl	292.0mV	291.10532m	0.0	292.0m	11.54m	11.45k	
C3 Ampl	290.0mV	289.50379m	0.0	291.0m	11.43m	11.45k	
C4 Ampl	314.0mV	313.58252m	0.0	315.0m	12.41m	11.45k	
C1 Rise	17.25ns	17.335286n	0.0	73.82n	1.539n	11.44k	
C2 Rise	17.26ns	17.069086n	0.0	75.81n	1.518n	11.44k	
C3 Rise	17.1ns	17.214579n	0.0	72.37n	1.559n	11.43k	
C4 Rise*	17.01ns	17.284117n	0.0	73.85n	1.525n	11.44k	

$$t_{R,PD} = \sqrt{(t_{R,measured})^2 - (t_{R,source})^2}$$

$$= \sqrt{(17.2)^2 - (5.0)^2}$$

$$= 16.5 \quad ns$$

2. 기술이전 내용 및 범위

▣ 기술 개발 현황

❖ 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level) 단계 : (6)단계

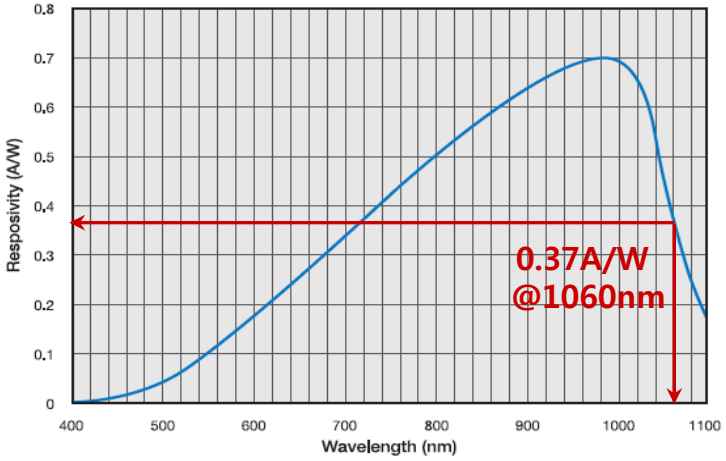
구 분	단계	정 의	세 부 설 명
기초 연구 단계	1	기초 이론/실험	▪기초이론 정립 단계
	2	실용 목적의 아이디어 및 특허 등 개념정립	▪기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계
실험 단계	3	실험실 규모의 기본성능 검증	▪실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 ▪개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가	▪시험샘플을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 ▪3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 ▪컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계
시작품 단계	5	확정된 소재/부품/시스템 시작품 제작 및 성능 평가	▪확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 ▪개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 ▪경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계
	6	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	▪파일롯 규모(복수 개~양산규모의 1/10정도)의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 ▪파일롯 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 불량률 등 제시 ▪파일롯 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 ▪생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 ▪성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보
실용화 단계	7	신뢰성평가 및 수요기업 평가	▪실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 ▪부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일롯 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) ▪가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출
	8	시제품 인증 및 표준화	▪표준화 및 인허가 취득 단계
사업화	9	사업화	▪본격적인 양산 및 사업화 단계 ▪6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

3. 경쟁기술과 비교

▣ 해외 상용제품 (1): OSI Optoelectronics (미국)



- **APPLICATIONS**
  - Nd:YAG Pointing
  - Laser Pointing & Positioning
  - Position Measurement
  - Surface Profiling
  - Guidance Systems
- **FEATURES**
  - Nd:YAG Sensitivity
  - High Breakdown Voltage
  - Large Area
  - High Speed
  - High Accuracy

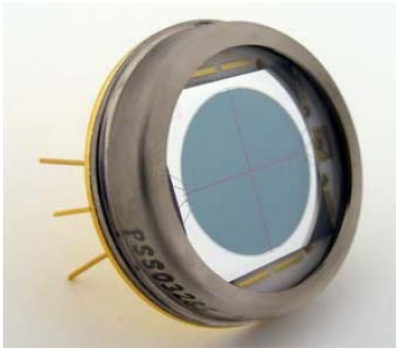


Model Number	Active Area Per Element		Peak Responsivity Wavelength	Responsivity (A/W)	Element Gap	Dark Current (nA)		Capacitance (pF)		Rise Time (ns)	NEP (W/√Hz)	Reverse Voltage (V)	Temp Range (°C)		Package Style ¶
	Area (mm^2)	Dimension (mm)	λ_P nm	1000nm	mm	-180 V		-180 V		1064 nm -180 V 50 Ω	1064 nm -180V	100 µA	Operating	Storage	
			typ.	typ.	typ.	typ.	max.	typ.	max.	typ.	typ.	max.			
Nd:YAG Optimized Quadrant Photodetectors**															
SPOT-9-YAG	19.6	10 ϕ	1000	0.6	0.1	35	250	8	15	7	3.2 e-14	200	-20 ~ +60	-20 ~ +80	20 / Metal
SPOT-15-YAG	38.5	14.0 ϕ			0.2	1000	3000	15	30	8	3.4 e-14				

† Measured at Vbias = -180V, T=23°C
¶ For mechanical drawings please refer to pages 58 thru 69.
** Specifications are per element

3. 경쟁기술과 비교

▣ 해외 상용제품 (2): First Sensor (미국)



FEATURES

- ∅ 14.0 mm active area
- Low dark current & capacitance
- Fast rise times
- High QE at 1064 nm

DESCRIPTION

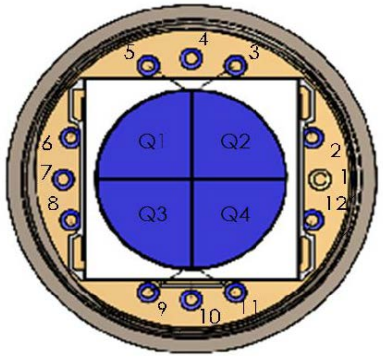
4 X 38.5 mm ^{2} NIR enhanced Quadrant PIN Photodiode with 100 µm gaps. Packaged in a case isolated jumbo TO-8 with a fused silica window cap.

APPLICATIONS

- Pulsed 1064 nm laser detection
- NIR pulsed light sensor
- High speed photometry

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS @ 23 °C PER ELEMENT

SYMBOL	CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I_D	Dark Current	V_R = 150 V; @ 23 °C	---	20	---	nA
		V_R = 150 V; @ 60 °C	---	600	---	
C	Capacitance	V_R = 150 V	---	25	---	pF
	Responsivity	V_R = 150 V; λ = 1064 nm; @ 23 °C	---	0.30	---	A/W
		V_R = 150 V; λ = 1064 nm; @ 60 °C	---	0.40	---	
V_{BR}	Breakdown Voltage	I_R = 10 µA	250	---	---	V
t_r	Rise Time	V_R = 150 V; λ = 1064 nm; RL = 50 Ω	---	6	---	ns
	Uniformity of Response	V_R = 150 V; λ = 1064 nm; @ 23 °C	---	2	5	%
	Cross talk	V_R = 150 V; λ = 1064 nm; @ 23 °C	---	2	5	%



Features

- Quadrant detector
- Low dark current
- Fast rise time, low capacitance
- High QE at 1064 nm
- Including heater and temperature sensor

Description

Circular active area quadrant PIN detector with 14 mm diameter and 70 µm gaps, optimized for 1064 nm. Metal can type hermetic, isolated TO package with ceramic heater and flat clear glass window.

Application

- 1064 nm laser detection
- High speed photometry
- NIR pulsed light sensor
- Laser guidance

Electro-optical characteristics @ 23 °C

Symbol	Characteristic	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
	Number of elements			4 quadrants		
	Active area	diameter		14		mm
	Active area	per element		38.5		mm²
	Gap	between elements		70		µm
I_D	Dark current	V_R = 150 V, per element		10	30	nA
C	Capacitance	V_R = 150 V, per element		14	20	pF
	Responsivity	V_R = 150 V; λ = 1064 nm; R_L = 50 Ω	0.42	0.48	0.65	A/W
t_R	Rise time	V_R = 180 V; λ = 1064 nm; R_L = 50 Ω		12		ns
V_{BR}	Breakdown voltage	I_R = 2 µA	250			V

▣ 활용분야 및 사업성

- 1000nm~1100nm 대역의 Laser Detector는 항공/운수/방산 분야 뿐만 아니라 Laser Guidance, High Speed Photometry, Near-IR Pulsed Light Sensor 등 다양한 응용분야에서 사용됨.
- 1000nm~1100nm 대역의 Laser Detector는 전량 수입에 의존하고 있으므로 본 기술이전을 통한 국산화는 광반도체 산업에서 Laser Detector 제품의 수입대체 및 수출 효과가 기대됨.
- 본 기술이전을 통한 제품 국산화를 통해서 디자인 및 파장대역을 달리한 다양한 Photo-Detector의 개발로 사업화 제품의 다변화를 꾀할 수 있음.

5. 기술이전 업체 조건 및 제약사항

▣ 기술이전 업체 조건

- ❖ 사업화 예상 소요 기간 : ~1년
- ❖ **필요 인력:** 포토디텍터 관련 전문 기술인력이 2명 이상 필요함.
- ❖ **필요장비:** 실리콘 포토디텍터소자 제작, 패키징 및 테스트 관련 장비 일체가 필요하며, Foundry 업체와 외부업체에 의뢰 가능하여야 함.
- ❖ **기술지도 또는 현장상용화 기간:** 기술이전업체 요구시 1~3개월

▣ 사업화시 제약 조건

- ❖ **상용화를 위한 기술이전 업체의 제약조건 및 극복 방안**
  - 생산을 위한 기술이전 업체 또는 Foundry 업체에의 공정기술 접목
  - 반도체 소자 제작을 위한 Clean Process 필요.
  - 패키징 공정 수행 및 테스트 환경 구축 : 외부업체 의뢰 또는 자체 개발
  - Starting Material 확보 : 외부 업체 의뢰
- ❖ ETRI 제작 기술에 대한 특허 침해여부는 기술이전 업체가 검토해야 함
- ❖ 디자인 및 파장대역을 달리한 다양한 Photo-Detector 개발을 통한 응용제품 다변화

감사합니다.



www.etri.re.kr

※ 하단의 문의처 소개후, 발표후 개별기술 상담이 가능함을 다시 한 번 안내함

♣ 연락처 : 정보통신부품소재연구소, 박건식책·연 (042-860-6371, kunsik@etri.re.kr)