

Akademia Górniczo Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie			
Laboratorium Optoelektroniki i Fotoniki, II rok EiT 2023/2024			
Grupa <b>5</b> <b>Czw. 13:15</b> <b>Dawid Makowski</b> <b>Miłosz Mynarczuk</b> <b>Ryszard Mleczko</b>	Numer:	Ćwiczenie numer: 3 <b>Czułość</b> <b>fotoelementów</b> <b>widmowa</b>	Data wykonania ćwiczenia: 9.05.2024 Data wysłania sprawozdania: 21.05.2024

## Opis stanowiska pomiarowego:

- Pomieszczenie do zaciemniania z uchwytem, która trzyma obiekt na poziomie promienia światła emitowanego przez monochromator SPM2.



- Kontroler, który przesyła dane pomiarowe z urządzenia do komputera oraz reguluje długości fal w monochromatorze.



- Oprogramowanie *FOCON*, które analizuje dane i ustala wartości początkowe.

- Fotelementy:

Fotorezystor – półprzewodnikowy komponent, którego rezystancja zmienia się w zależności od ilości padającego na niego promieniowania elektromagnetycznego, na przykład światła widzialnego.

Fototranzystor – optoelektroniczny element składający się z trzech warstw półprzewodnika o różnych typach przewodnictwa, łączący właściwości fotodiody i wzmacniające działanie tranzystora.

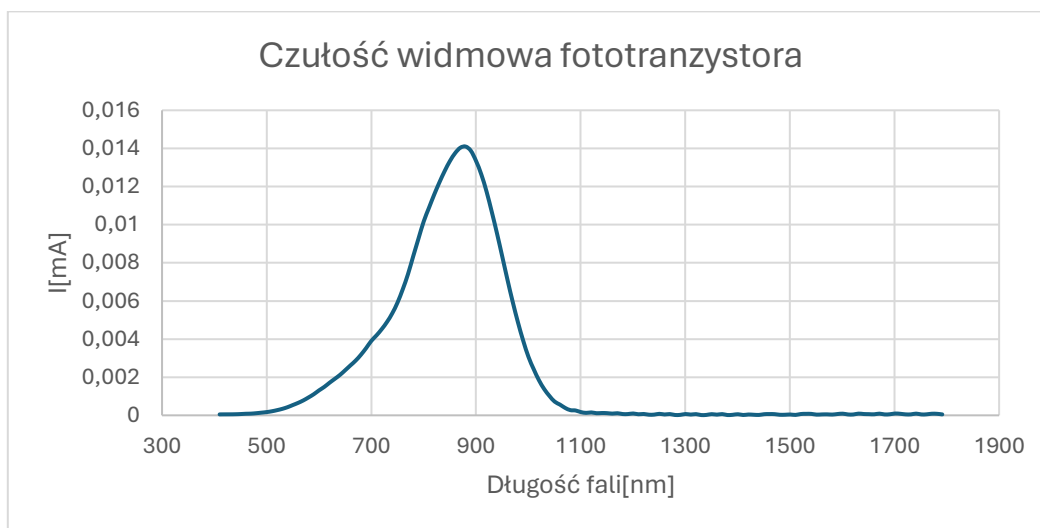
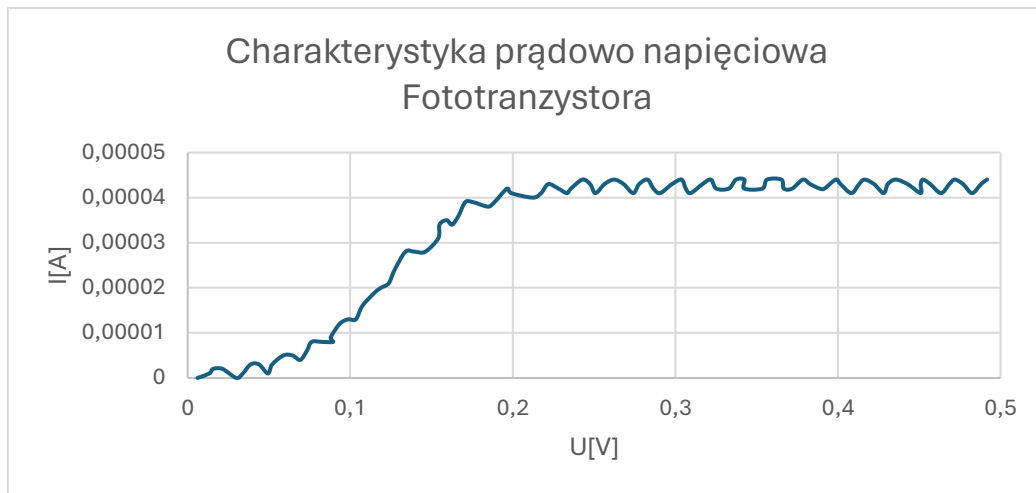
Fotodioda – półprzewodnikowa dioda pełniąca funkcję fotodetektora, wykonana ze złącza p-n lub p-i-n z warstwą samoistną. Fotony padające na złącze są absorbowane, co powoduje powstanie pary elektron-dziura.

## Opis procedury pomiarowej:

Umieściliśmy losowo wybrane elementy na uchwycie, tak aby były jak najlepiej oświetlone przez monochromatyczną wiązkę światła. Następnie zamknęliśmy komorę i ustawiono początkową długość fali na 500 nm. Za pomocą programu *FOCON* wykonano pomiary charakterystyki prądowo-napięciowej oraz charakterystyki czułości widmowej dla każdego fotoelementu.

Ustawiono następujące warunki pomiarowe:

- Początkową długość fali
- Kończącą długość fali
- Wzmocnienie toru pomiarowego
- Krok pomiaru



#### Fototranzystor:

- Charakterystyka Prądowo - Napięciowa przypomina charakterystykę normalnego tranzystora BJT. Na początku narasta liniowo a następnie ustala się na określonym poziomie.
- Wartość czułości osiąga maksimum dla  $\lambda_{\text{foto}} = 880\text{nm}$ .

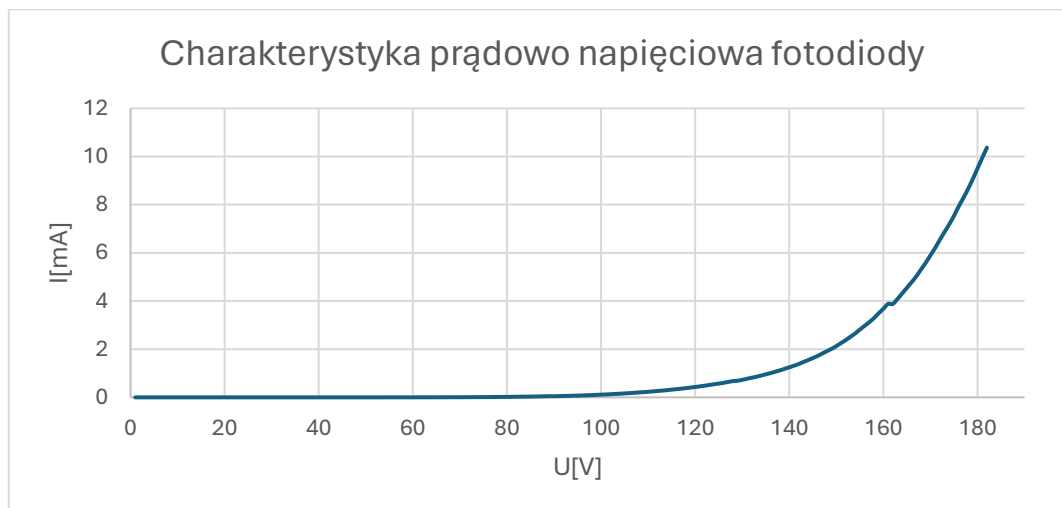
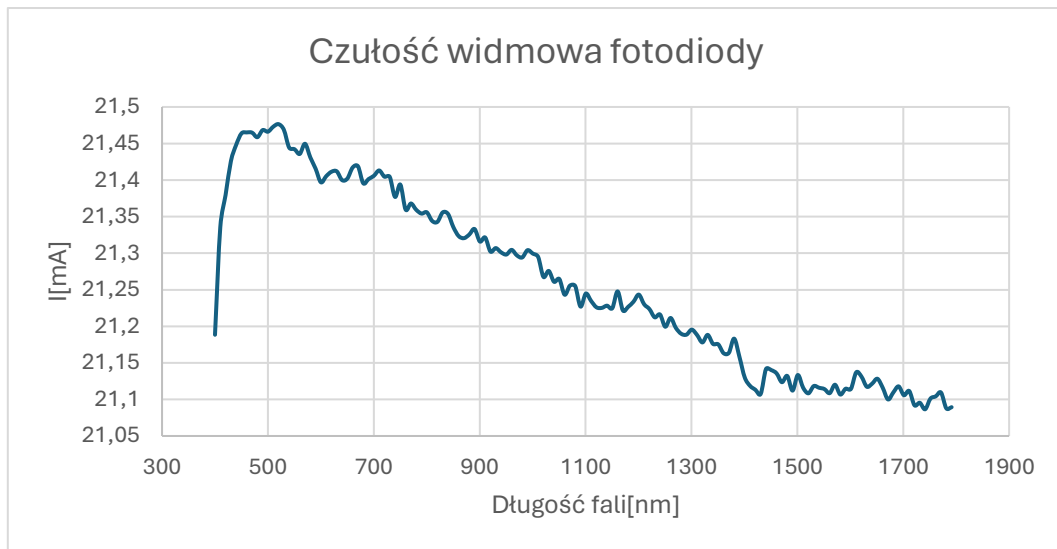
#### Wartość przerwy energetycznej:

$$E_g = \frac{c \cdot h}{\lambda_{\text{foto}}}$$

$$\lambda_{\text{foto}} = 880\text{nm}$$

$$E_g \approx 1,41 \text{ eV}$$

Materiał z którego element został prawdopodobnie wykonany:  
 Arsenek Galu (GaAs)      Wartość tabelaryczna: 1,43 eV



#### Fotodioda:

- Charakterystyka Prądowo - Napięciowa opisana funkcją eksponencjalną.
- Im dłuższa fala świetlna, tym mniejsza czułość fotodiody.

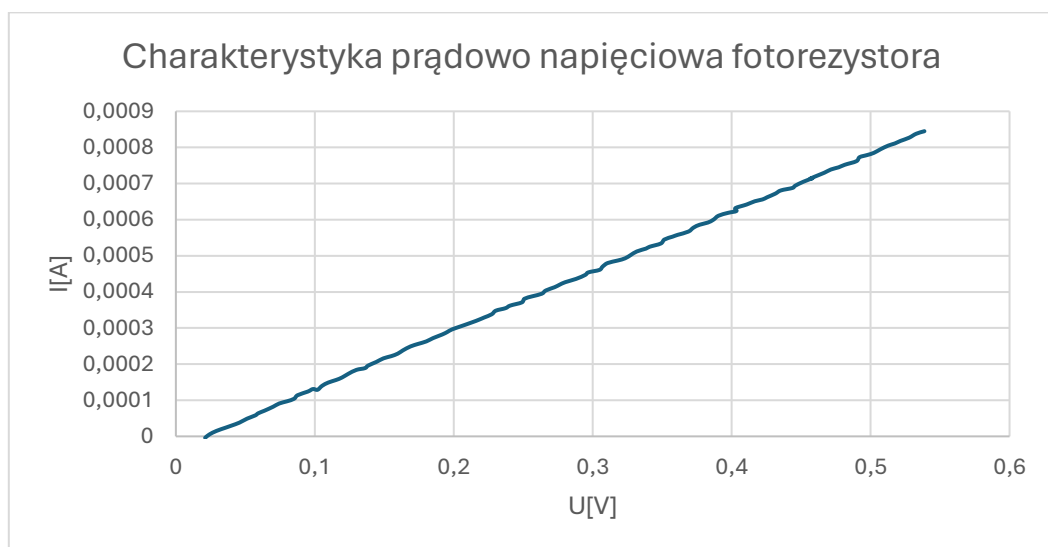
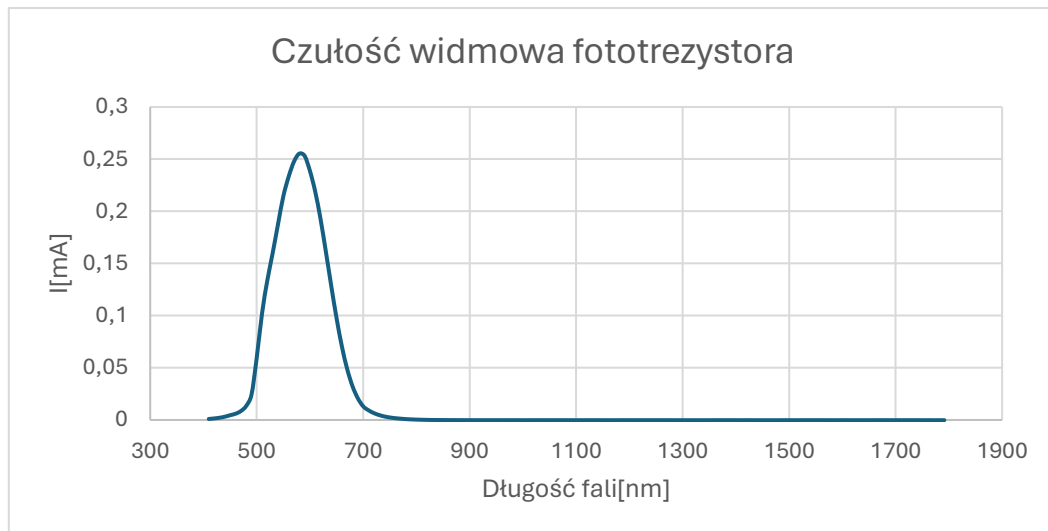
#### Wartość przerwy energetycznej:

$$E_g = \frac{c \cdot h}{\lambda_{foto}}$$

$$\lambda_{foto} = 520 \text{ nm}$$

$$E_g \approx 2,38 \text{ eV}$$

Materiał	z	jakiego	element	został	prawdopodobnie	wykonany:
Siarczek Kadmu (CdS)					Wartość tabelaryczna: 2,42 eV	



#### Fotorezystor:

- Charakterystyka Prądowo - Napięciowa jest opisana funkcją liniową.
- Wartość czułości osiąga maksimum dla  $\lambda_{\text{foto}} = 580\text{nm}$ .

#### Wartość przerwy energetycznej:

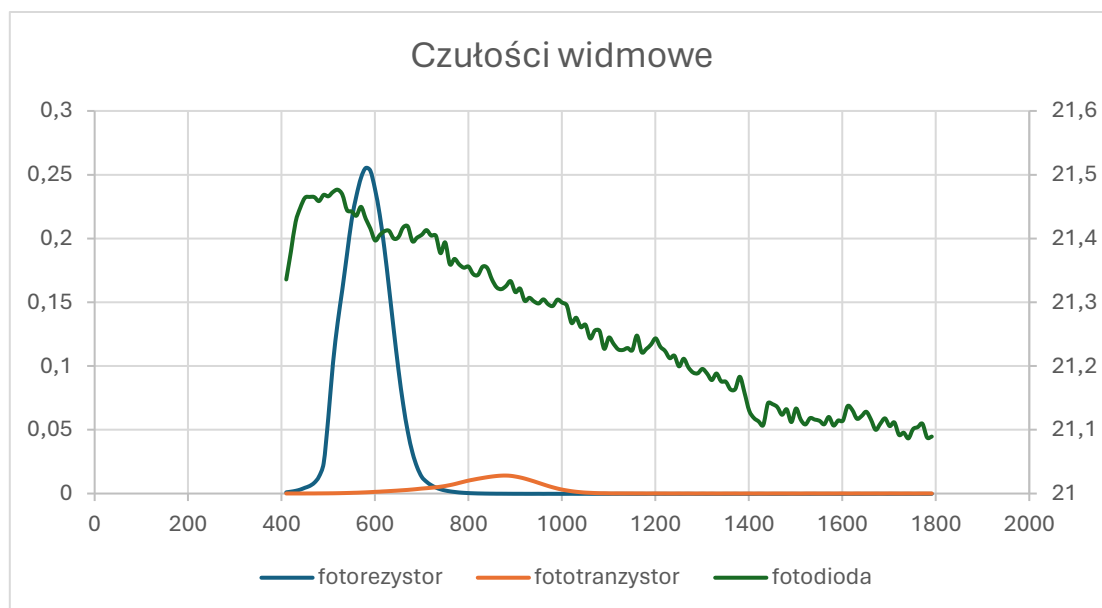
$$E_g = \frac{c \cdot h}{\lambda_{\text{foto}}}$$

$$\lambda_{\text{foto}} = 580\text{nm}$$

$$E_g \approx 2,14 \text{ eV}$$

Materiał z którego element został prawdopodobnie wykonany:  
 Arsenek Glinu (AlAs)      Wartość tabelaryczna: 2,16 eV

### Zestawienie trzech czułości widmowych różnych elementów.



## Przykładowa nota katalogowa fotorezystora :

Seria GL55

### Types and Specifications

Specification	Type	Max. Voltage	Max. power	Environmental temp.	Spectrum peak value
Φ 5 series	GL5516	150	90	-30~+70	540
	GL5528	150	100	-30~+70	540
	GL5537-1	150	100	-30~+70	540
	GL5537-2	150	100	-30~+70	540
	GL5539	150	100	-30~+70	540
	GL5549	150	100	-30~+70	540

Page 1 of 6

SENBA OPTICAL & ELECTRONIC CO.,LTD.

GL55 Series

CdS Photoresistor Manual

Specification	Light resistance (10Lux) (KΩ)	Dark resistance (MΩ)	$\gamma_{10}^{100}$	Response time (ms)		Illuminance resistance Fig. No.
				Increase	Decrease	
Φ 5 series	5-10	0.5	0.5	30	30	2
	10-20	1	0.6	20	30	3
	20-30	2	0.6	20	30	4
	30-50	3	0.7	20	30	4
	50-100	5	0.8	20	30	5
	100-200	10	0.9	20	30	6

### Test Conditions

#### Najważniejsze właściwości fotorezystora:

- Dark resistance - to stopień oporu fotorezystora w warunkach braku oświetlenia. Jest to istotne, gdyż wpływa na poziom zakłóceń w sygnale wyjściowym.
- Light resistance - określa opór fotorezystora, gdy jest na niego skierowane światło o określonej intensywności. Zależy ona od materiału, z którego wykonany jest fotorezystor oraz od długości fali światła.
- Sensitivity - to miara, jak dobrze fotorezystor reaguje na zmiany intensywności światła poprzez zmianę swojej oporności.
- Response time - to czas potrzebny fotorezystorowi na dostosowanie się do zmiany intensywności światła. Zależy on od jego budowy i materiału.
- Spectrum Response Characteristic - to zakres długości fal światła, na które fotorezystor reaguje.



- Temperature-Property - to zakres temperatur, w którym fotorezystor może działać bezpiecznie, zachowując swoje właściwości.
- Max. Power - to maksymalna moc prądowa, jaką fotorezystor może przepuszczać bez ryzyka uszkodzenia.
- Max. Voltage - to największe dopuszczalne napięcie, jakie może być podawane na fotorezystorze.

## Przykładowa nota katalogowa fotodiody:

BPV10NF



## BPV10NF

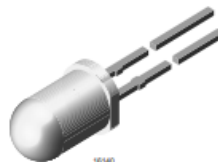
Vishay Semiconductors

### High Speed Silicon PIN Photodiode

#### Description

BPV10NF is a high sensitive and wide bandwidth PIN photodiode in a standard T-1 1/4 plastic package. The black epoxy is an universal IR filter, spectrally matched to GaAs ( $\lambda = 950$  nm) and GaAlAs ( $\lambda = 870$  nm) IR emitters.

BPV10NF is optimized for serial infrared links according to the IrDA standard.



#### Features

- Extra fast response times
- High modulation bandwidth ( $>100$  MHz)
- High radiant sensitivity
- Radiant sensitive area  $A = 0.78$  mm<sup>2</sup>
- Low junction capacitance
- Standard T-1 1/4 ( $\varnothing 5$  mm) package with universal IR filter
- Angle of half sensitivity  $\phi = \pm 20^\circ$
- Lead-free device

#### Applications

Infrared high speed remote control and free air transmission systems with high modulation frequencies or high data transmission rate requirements, especially for direct point to point links.

BPV10NF is ideal for the design of transmission systems according to IrDA requirements and for carrier frequency based systems (e.g. ASK / FSK- coded, 450 kHz or 1.3 MHz). Recommended emitter diodes are TSHF 5...-series or TSSF 4500.

#### Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage		$V_R$	60	V
Power Dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_D$	215	mW
Junction Temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range		$T_{amb}$	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	2 mm from body, $t \leq 5$ s	$T_{sd}$	260	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance Junction/Ambient		$R_{thJA}$	350	K/W

#### Electrical Characteristics

$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward Voltage	$I_F = 50$ mA	$V_F$		1	1.3	V
Breakdown Voltage	$I_R = 100$ $\mu\text{A}$ , $E = 0$	$V_{(BR)}$	60			V
Reverse Dark Current	$V_R = 20$ V, $E = 0$	$I_{10}$		1	5	nA
Diode capacitance	$V_R = 0$ V, $f = 1$ MHz, $E = 0$	$C_D$		11		pF

## Optical Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Open Circuit Voltage	$E_a = 1\text{ mW/cm}^2, \lambda = 870\text{ nm}$	$V_o$		450		mV
Short Circuit Current	$E_a = 1\text{ mW/cm}^2, \lambda = 870\text{ nm}$	$I_k$		50		$\mu\text{A}$
Reverse Light Current	$E_a = 1\text{ mW/cm}^2, \lambda = 870\text{ nm}, V_R = 5\text{ V}$	$I_{ia}$		55		$\mu\text{A}$
	$E_a = 1\text{ mW/cm}^2, \lambda = 950\text{ nm}, V_R = 5\text{ V}$	$I_{ia}$	30	60		$\mu\text{A}$
Temp. Coefficient of $I_{ia}$	$E_a = 1\text{ mW/cm}^2, \lambda = 870\text{ nm}, V_R = 5\text{ V}$	$TK_{Iia}$		-0.1		%/K
Absolute Spectral Sensitivity	$V_R = 5\text{ V}, \lambda = 870\text{ nm}$	$s(\lambda)$		0.55		A/W
Angle of Half Sensitivity		$\varphi$		$\pm 20$		deg
Wavelength of Peak Sensitivity		$\lambda_p$		940		nm
Range of Spectral Bandwidth		$\lambda_{0.5}$		790 to 1050		nm
Quantum Efficiency	$\lambda = 950\text{ nm}$	$\eta$		70		%
Noise Equivalent Power	$V_R = 20\text{ V}, \lambda = 950\text{ nm}$	NEP		$3 \times 10^{-14}$		W/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Detectivity	$V_R = 20\text{ V}, \lambda = 950\text{ nm}$	$D^*$		$3 \times 10^{12}$		$\text{cm}^2\text{Hz/W}$
Rise Time	$V_R = 50\text{ V}, R_L = 50\text{ }\Omega, \lambda = 820\text{ nm}$	$t_r$		2.5		ns
Fall Time	$V_R = 50\text{ V}, R_L = 50\text{ }\Omega, \lambda = 820\text{ nm}$	$t_f$		2.5		ns

## Najważniejsze właściwości fotodiody:

- Sensitivity - to miara, która określa, jak skutecznie fotodioda reaguje na światło. Im wyższa wartość czułości, tym lepiej fotodioda reaguje na słabe źródła światła.
- Range of spectral bandwidth - to zakres długości fal elektromagnetycznych, na które fotodioda jest wrażliwa i reaguje.
- Dark current - to prąd, który płynie przez fotodiodę w warunkach braku padającego światła.
- Forward voltage - to minimalne napięcie, które musi być podane do fotodiody, aby rozpoczęła przewodzenie prądu w odpowiedzi na padające światło.
- Response times - to czas, w jakim fotodioda reaguje na zmiany intensywności padającego światła, określający jej zdolność do szybkiego reagowania na zmiany światła.
- Operating temperature range - to zakres temperatur, w których fotodioda może działać stabilnie, zachowując swoje właściwości.
- Power dissipation - to maksymalna moc prądowa, jaką fotodioda może przepuszczać, nie ryzykując uszkodzenia.
- Reverse voltage - to napięcie, które musi być zastosowane wstecznie do fotodiody, aby utrzymać ją w stanie nieprzewodzenia.

## Przykładowa nota katalogowa fototranzystora:

### BPV11



www.vishay.com

### BPV11

Vishay Semiconductors

## Silicon NPN Phototransistor



12785

### FEATURES

- Package type: leaded
- Package form: T-1 $\frac{1}{2}$
- Dimensions (in mm):  $\varnothing$  5
- High photo sensitivity
- High radiant sensitivity
- Suitable for visible and near infrared radiation
- Fast response times
- Angle of half sensitivity:  $\varphi = \pm 15^\circ$
- Base terminal connected
- Material categorization: For definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)



**RoHS**  
COMPLIANT  
HALOGEN  
**FREE**  
**GREEN**  
(2-3226)

### DESCRIPTION

BPV11 is a silicon NPN phototransistor with high radiant sensitivity in clear, T-1 $\frac{1}{2}$  plastic package with base terminal. It is sensitive to visible and near infrared radiation.

### APPLICATIONS

- Detector for industrial electronic circuitry, measurement and control

PRODUCT SUMMARY			
COMPONENT	$I_{CS}$ (mA)	$\varphi$ (deg)	$\lambda_{0.1}$ (nm)
BPV11	10	$\pm 15$	450 to 1080

#### Note

- Test condition see table "Basic Characteristics"

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	REMARKS	PACKAGE FORM
BPV11	Bulk	MOQ: 4000 pcs, 4000 pcs/bulk	T-1 $\frac{1}{2}$

#### Note

- MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector base voltage		$V_{CBO}$	80	V
Collector emitter voltage		$V_{CEO}$	70	V
Emitter base voltage		$V_{EB0}$	5	V
Collector current		$I_C$	50	mA
Collector peak current	$t_p/T = 0.5$ , $t_p \leq 10$ ms	$I_{CM}$	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 47^\circ\text{C}$	$P_V$	150	mW
Junction temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$
Operating temperature range		$T_{amb}$	- 40 to + 100	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		$T_{stg}$	- 40 to + 100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	$t \leq 5$ s, 2 mm from body	$T_{sd}$	260	$^\circ\text{C}$
Thermal resistance junction/ambient	Connected with Cu wire, 0.14 mm <sup>2</sup>	$R_{\theta JA}$	350	K/W

BASIC CHARACTERISTICS ( $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector emitter breakdown voltage	$I_C = 1$ mA	$V_{BRCEO}$	70			V
Collector emitter dark current	$V_{CE} = 10$ V, $E = 0$	$I_{CEO}$		1	50	nA
DC current gain	$V_{CE} = 5$ V, $I_C = 5$ mA, $E = 0$	$h_{FE}$		450		
Collector emitter capacitance	$V_{CE} = 0$ V, $f = 1$ MHz, $E = 0$	$C_{CEO}$		15		pF
Collector base capacitance	$V_{BE} = 0$ V, $f = 1$ MHz, $E = 0$	$C_{CBO}$		19		pF
Collector light current	$E_s = 1$ mW/cm <sup>2</sup> , $\lambda = 950$ nm, $V_{CE} = 5$ V	$I_{CS}$	3	10		mA
Angle of half sensitivity		$\varphi$		$\pm 15$		deg
Wavelength of peak sensitivity		$\lambda_p$		850		nm
Range of spectral bandwidth		$\lambda_{0.1}$		450 to 1080		nm
Collector emitter saturation voltage	$E_s = 1$ mW/cm <sup>2</sup> , $\lambda = 950$ nm, $I_C = 1$ mA	$V_{CEsat}$		130	300	mV
Turn-on time	$V_S = 5$ V, $I_C = 5$ mA, $R_L = 100 \Omega$	$t_{on}$		6		$\mu\text{s}$
Turn-off time	$V_S = 5$ V, $I_C = 5$ mA, $R_L = 100 \Omega$	$t_{off}$		5		$\mu\text{s}$
Cut-off frequency	$V_S = 5$ V, $I_C = 5$ mA, $R_L = 100 \Omega$	$f_c$		110		kHz

**Najważniejsze właściwości fototranzystora:**

- Sensitivity - określa, jak skutecznie fototranzystor reaguje na światło. Im wyższa delikatność, tym lepiej reaguje na słabe światło.
- Range of spectral bandwidth - obejmuje długości fal elektromagnetycznych, na które fototranzystor reaguje.
- Current gain - określa, ile razy prąd kolektora jest większy od prądu bazy, co wyznacza, ile prądu może być wzmacnione w fototranzystorze.
- Dimensions - określają rozmiar fototranzystora.
- Response time - to czas, jaki potrzebuje fototranzystor na reakcję na zmiany intensywności światła, wyznaczający, jak szybko może reagować na zmiany światła.
- Collector-emitter breakdown voltage - minimalne napięcie, które musi być przekroczone, aby zapewnić przepływ prądu przez fototranzystor.
- Operating temperature range - zakres temperatur, w których fototranzystor może działać bezpiecznie, utrzymując swoje parametry.
- Power dissipation - to maksymalna moc prądowa, jaką fototranzystor może przepuszczać bez uszkodzenia.