

Dioda electroluminiscentă. Fotodioda.

În continuare, vom afla mai multe despre: Dioda electroluminiscentă. Fotodioda.

LED (Light Emitting Diode) – este o diodă care are proprietatea de a emite lumină atunci când este polarizată direct.

LED-ul este construit dintr-o structură semiconductoare pn cu suprafață foarte mică (**Anexa 1**), care emite lumină. Această structură se realizează din aliaje semiconductoare speciale. La construcția structurii semiconductoare nu se utilizează Siliciu sau Germanium, deoarece acestea se încălzesc și nu emit bine lumină. Această structură, care mai poartă denumirea de **diodă**, este amplasată într-o **cupă reflectoare (Anexa 1)** și este conectată la terminalele diodei (**ANOD** și **CATOD**). Toate aceste elemente sunt încapsulate. Aceste capsule se realizează din rășini sintetice de diverse culori și sub diverse forme. Culoarea radiației luminoase depinde de aliajul utilizat la realizarea structurii semiconductoare:

roșu, infraroșu – AlGaAs (Aluminiu – Galiu - Arsen);

- verde – AlGaP (Aluminiu - Galiu - Fosfor);
- roșu-orange, orange, galben, verde – AlGaInP (Aluminiu–Galiu–Indiu-Fosfor);
- roșu, roșu-orange, orange, galben GaAsP (Galiu - Arsen - Fosfor);
- roșu, galben, verde – GaP (Galiu -Fosfor);
- verde, verde-smarald, albastru – GaN (nitrură de galiu);
- ultraviolet apropiat, albastru-verzui, albastru – InGaN (nitrură indiu-galiu);
- albastru – ZnSe (zinc-seleniu);
- ultraviolet – Diamant (C) (Carbon);
- de la ultraviolet apropiat până la ultraviolet îndepărtat–AlN, AlGaN (nitruri Al, Ga).
-

Principiul de funcționare a LED-ului

Între semiconductorul de tip N și semiconductorul de tip P al diodei LED-ului se formează o joncțiune PN. La frontierele joncțiunii, electronii difuzează din partea N în partea P și se recombina cu golurile de aici, iar golurile difuzează din parte P în partea N și se recombina cu electronii de aici. În consecință se formează o **regiune sărăcită de purtători**, în care nu există nici electroni liberi și nici goluri libere, ce formează o barieră care nu mai permite recombina electronilor din partea N, cu golurile din partea P.

Prin polarizarea directă a joncțiunii PN, bariera creată de regiunea sărăcită de purtători, este străpunsă, electronii din partea N fiind atrași către terminalul pozitiv al sursei de alimentare, iar golurile din partea P sunt atrase către terminalul negativ al sursei de alimentare. Atât electronii cât și golurile ajung în regiunea sărăcită de purtători, unde se recombina și eliberează energie sub formă de căldură și lumină.

La LED-uri, prin construcția acestora, majoritatea combinărilor electron-gol, eliberează fotoni sub formă de lumină în spectrul vizibil. Acest proces se numește **electroluminescență**.

Intensitatea radiațiilor luminoase produse de LED sunt direct proporționale cu intensitatea curentului direct prin joncțiunea PN a LED-ului.

Un LED emite lumină într-un anumit domeniu de lungimi de undă (în funcție de aliajul utilizat la construcția diodei LED-ului). Lungimea de undă (λ) este exprimată în nanometri (nm) și încadrează lumina în spectrul vizibil sau invizibil:

$\lambda = 460 \text{ nm}$ –lumină albastră (400nm–540 nm)

$\lambda = 540 \text{ nm}$ –lumină verde (460 nm – 620 nm)

$\lambda = 590 \text{ nm}$ – lumină galbenă (520 nm – 680 nm)

$\lambda = 660 \text{ nm}$ – lumină roșie (580 nm – 740 nm)

$\lambda = 940 \text{ nm}$ – radiație invizibilă (infraroșu) (740 nm – 20.000 nm).

Parametrii electrici ai LED-urilor:

Curentul direct (IF) – reprezintă curentul maxim suportat de LED-uri la polarizarea directă.

Valoarea maximă a acestui curent este de 50 mA pentru LED-urile ce emit în spectrul vizibil, respectiv 100 mA, pentru LED-urile ce emit în infraroșu.

În majoritatea cazurilor se alege $IF = 20 \text{ mA}$;

Tensiunea directă (VF) – reprezintă tensiunea ce trebuie aplicată la bornele LED-ului pentru ca acesta să emită radiații luminoase.

Valoarea acestei tensiuni variază între 1,6 V și 4,5 V, în funcție de culoarea luminii emise;

Tensiunea inversă (VR) – reprezintă tensiunea maximă inversă, care o poate suporta LED-ul fără a se distruge (tipic **3V – 10V**).

Identificarea terminalelor și verificarea diodei electroluminiscente.

Identificarea terminalelor unui LED se face vizual sau prin măsurarea cu multimetrul.

La identificarea vizuală, (**Anexa. 4 a**) **ANODUL (+)** are terminalul **mai lung** sau **mai subțire**. Dacă capsula este rotundă și prezintă o teșitură, în dreptul teșiturii este **CATODUL (-)** al LED-ului.

Identificarea terminalelor prin măsurarea cu multimetrul se face astfel:

- se fixează comutatorul multimetrului pe o poziție pe care
- se activează butonul, iar pe display, în stânga-sus ,trebuie să apară;
- tastele multimetrului la terminalele LED-ului, în sensul în care acesta
- indică tensiune (**Anexa. 4 b**). În această situație, terminalul LED-ului pe care este
- **tasta + a multimetrului va fi ANODUL (+) LED-ului;**

dacă se schimbă polaritatea tastelor la terminalele LED-ului, multimetrul indică 0 V (**Anexa .4**

Fotodioda

Fotodioda este un dispozitiv optoelectronic, realizat dintr-o joncțiune pn fotosensibilă, care funcționează în **polarizare inversă**.

Capsula fotodiodei prezintă o fantă transparentă, sub forma unei ferestre plane sau a unei lentile, care permite pătrunderea luminii către joncțiunea pn (**Anexa. 5**).

În structura fotodiodei materialul de bază este siliciul dopat **N**. La suprafața stratului N este creat un strat subțire **P**, prin implantarea ionică sau difuzia termică a unui material adecvat (de obicei se utilizează bor). Suprafața activă a fotodiodei este acoperită cu un strat subțire de protecție, care este și antireflectorizant și care poate fi monoxid sau bioxid de siliciu.

Între cele două substraturi, P și N, se formează **joncțiunea PN**. Regiunea care se formează în vecinătatea joncțiunii PN se numește **“regiune sărăcită de purtători”**, deoarece în această regiune siliciul „este golit” de purtători de sarcină liberi. Această regiune este foarte importantă în funcționarea fotodiodei, ea își modifică adâncimea în funcție de valoarea tensiunii inverse, aplicată la terminalele fotodiodei.

Capacitatea joncțiunii PN depinde de grosimea acestei regiuni. Cu cât tensiunea de polarizare inversă a fotodiodei crește, se mărește adâncimea regiunii și scade capacitatea joncțiunii PN.

Identificarea terminalelor și verificarea fotodiodei

La fotodiode terminalul mai **lung** este **Anodul (+)**, iar terminalul mai **scurt** este **Catodul (-)**.

La fotodiodele în capsulă metalică, terminalul de lângă **cheiță** este **Anodul (+)**.

La fotodiodele în capsulă transparentă, electrodul mai **subțire** este **Anodul (+)**.

Pentru identificarea terminalelor și verificarea fotodiodei cu multimetrul, se parcurg următoarele etape:

- se fixează comutatorul multimetrului pe poziția;
- se activează butonul, iar pe display în stânga-sus, trebuie să apară; **Anexa.8**
- se fixează tastele multimetrului la terminalele fotodiodei, în sensul în care acesta indică tensiune (**Anexa.8 a**). În această situație, terminalul fotodiodei pe care este

tasta + a multimetrului va fi **catodul (-) fotodiodei**;

- pentru a verifica funcționarea fotodiodei, se acoperă capsula acesteia, situație în care tensiunea indicată de multimetru trebuie să se modifice (**Anexa 8 b**);
- dacă se modifică fluxul de lumină pe capsula fotodiodei (prin iluminare sau

întunecare), trebuie să se modifice tensiunea la bornele acesteia.

După cum am precizat anterior, regiunea „sărăcită de purtători” din jurul joncțiunii PN este foarte importantă în funcționarea fotodiodei. Prin polarizarea inversă a fotodiodei, această regiune se adâncește și permite curentului electric produs de radiațiile luminoase să traverseze joncțiunea PN a fotodiodei. Când lumina este absorbită în aria activă a fotodiodei, se generează termic, în regiunea golită, o pereche electrongoal.

Această pereche este separată de câmpul electric produs în regiunea sărăcită prin polarizarea inversă a fotodiodei, **electronii** trecând în regiunea **N** iar **golurile** în regiunea **P**.

Această separare de sarcini poartă denumirea de “**efect fotovoltaic**”, iar curentul corespunzător se numește **curent de lumină (ISC)**. Curentul prin diodă crește proporțional cu intensitatea luminii. Când joncțiunea nu este luminată, curentul este aproape neglijabil și se numește **curent de întuneric (ID)**. În cataloagele de fotodiode se indică curentul de scurtcircuit ISC, deoarece fotodioda se comportă ca o sursă de curent.

Când asupra unei fotodiode polarizată invers, acționează un flux de lumină, fotodioda modifică curentul din circuitul în care este conectată.

În schema din **Anexa. 9 a**, întrerupătorul **K** este **deschis**, lampa **H** este **stinsă** iar fotodioda **FD1** este blocată, deci prin circuitul bazei tranzistorului **T1**, nu circulă curent. În această situație, tranzistorul este **blocat**, iar **LED1** este **stins**.

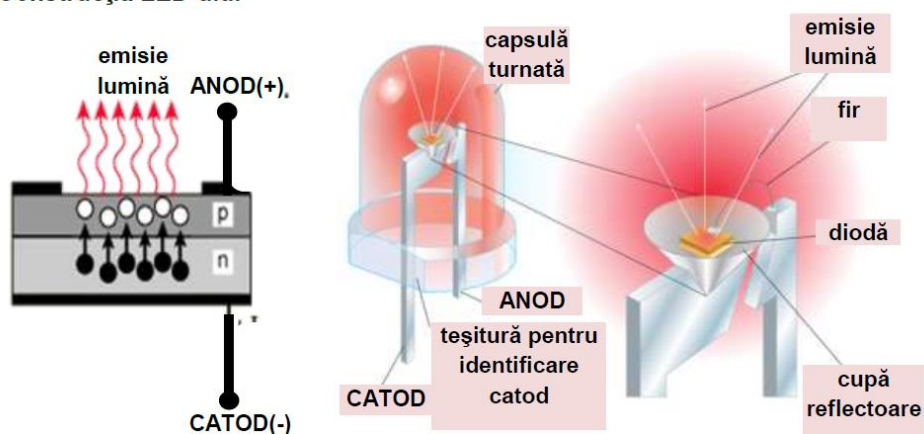
În schema din **Anexa. 9 b**, întrerupătorul **K** este **închis**, lampa **H** **luminează** iar fotodioda **FD1** intră în conducție, deci, prin circuitul bazei tranzistorului **T1**, circulă curent. În această situație tranzistorul **conduce**, iar **LED1** **luminează**.

PARAMETRII PRINCIPALI AI FOTODIODELOR:

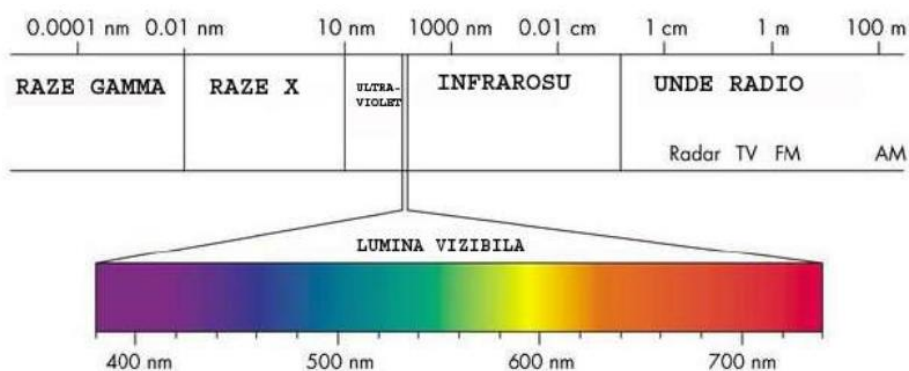
- Tensiunea inversă (Reverse voltage) - [VR];
- Puterea disipată totală (Total power dissipation) - [Ptot];
- Curentul direct (Forward current) - [IF];
- Curentul de întuneric (Dark current) - [IR];
- Curentul de lumină sau scurtcircuit (Short-circuit current) - [ISC].

Anexa. 1

Construcția LED-ului

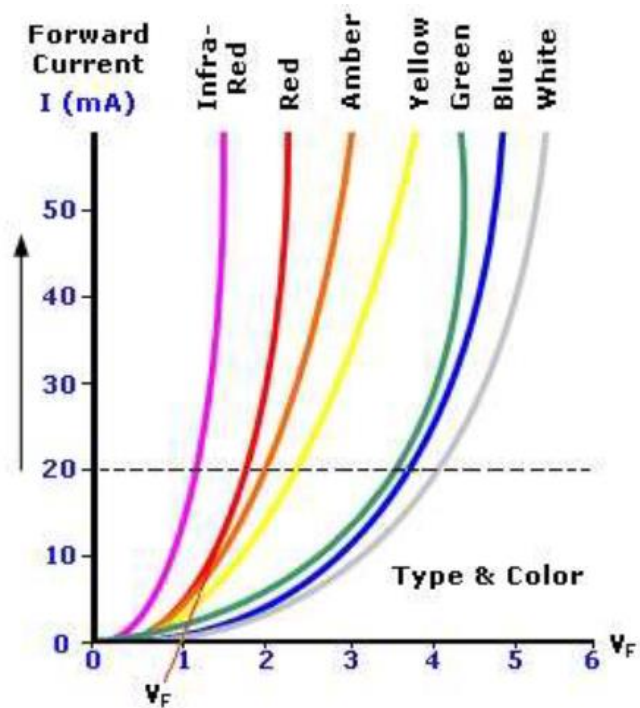


Anexa. 2

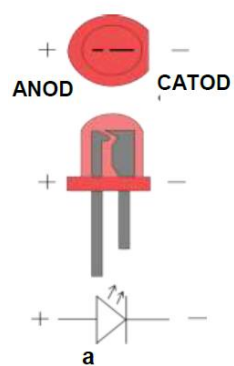


Anexa. 3

Culoare LED	TENSIUNE DIRECTĂ		CURENT DIRECT	
	TIPIC	MAXIM	TIPIC	MAXIM
ROȘU	1,6 V	2 V	10 mA	20 mA
VERDE	2,2 V	3 V	10 mA	20 mA
GALBEN	2,2 V	3 V	10 mA	20 mA
ALBASTRU	3,8 V	4,5 V	20 mA	20 mA



Anexa. 4

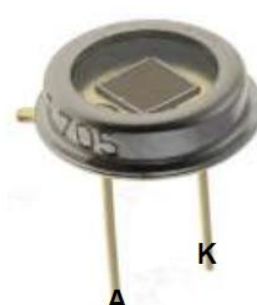
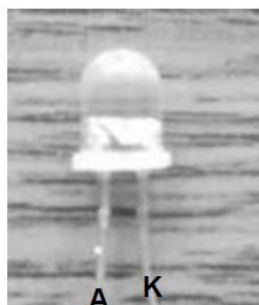


b

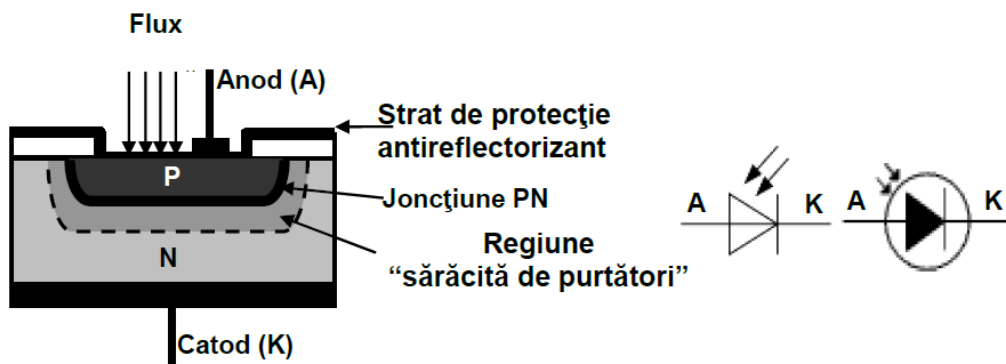


c

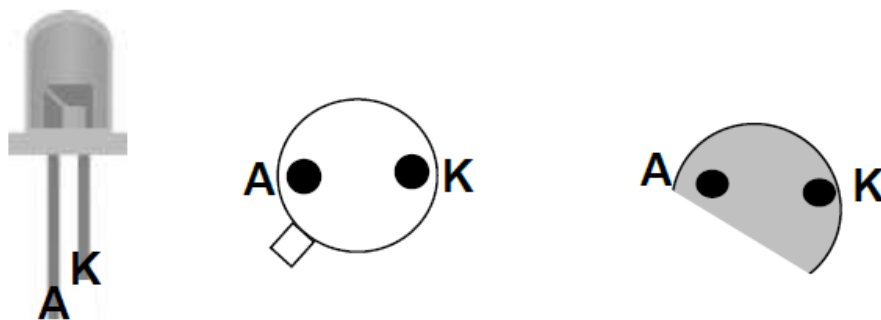
Anexa. 5



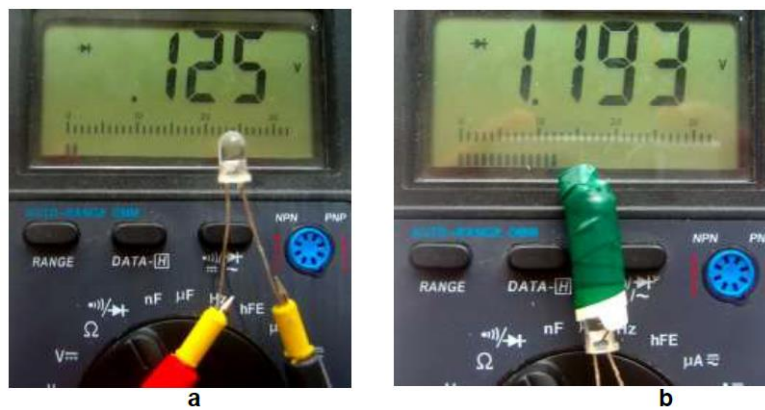
Anexa. 6



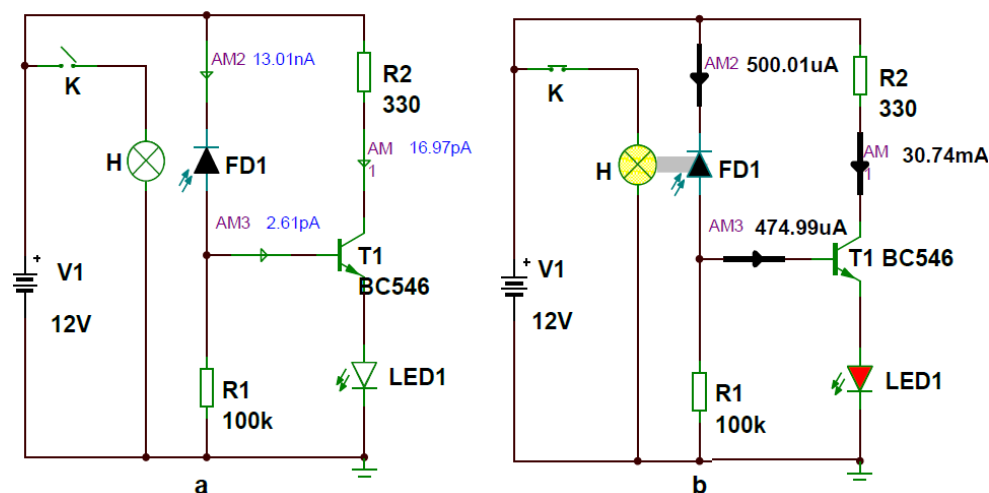
Anexa. 7



Anexa. 8



Anexa. 9



Anexa. 10

Scopul lucrării: Ridicarea caracteristicii volt-ampere a fotodiodei în regim fotodiodic, determinarea parametrilor de bază.

Noțiuni teoretice:

Fotoefectul- este acțiunea luminii asupra proprietăților electrice a materialului. Fotoefectul poate fi de două tipuri: intern și extern. La rândul său, fotoefectul intern, de asemenea, este de două tipuri: efect fotorezistiv – micșorarea rezistenței electrice a semiconductorului sub acțiunea luminii incidente; efect fotogalvanic – apariția diferenței de potențiale pe joncțiunea p-n sub acțiunea luminii.

Pe baza fotoefectului intern funcționează dispozitivele fotoelectronice semiconductoare: fotorezistorul, fotodiada, fototranzistorul, fototiristorul.

Fotodiada este un dispozitiv optoelectronic realizat dintr-o joncțiune p-n sau un contact metal-semiconductor polarizat invers, cu regiunea de trecere excitată de un flux luminos. Structura și simbolul grafic ale fotodiodei sunt în figura. 1.

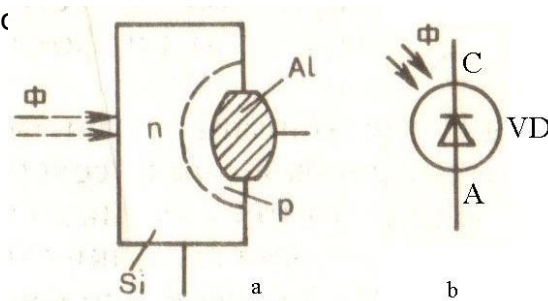


Figura 1 - Structura și simbolul grafic ale fotodiodei

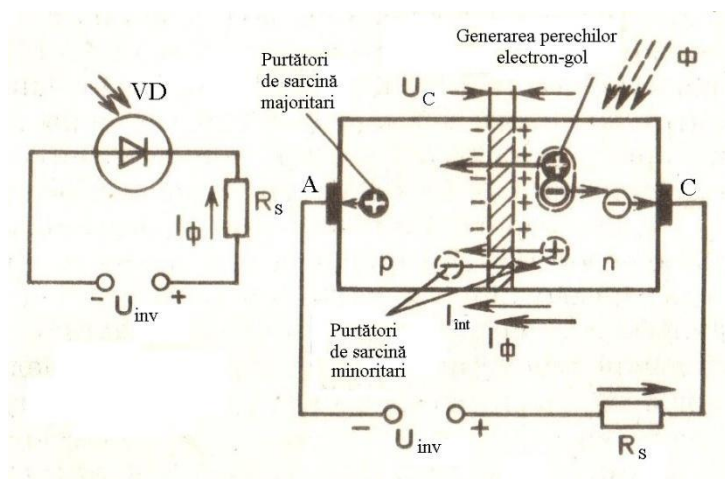


Figura. 2 – Funcționarea fotodiodei în regim fotodiodic.

Cînd $\Phi=0$, $U=0$ pe joncțiunea p-n a fotodiodei se formează bariera potențialelor de contact.

Cînd $\Phi=0$, $U=U_{inv}$ prin fotodiodă curge curentul invers de valoare foarte mică al joncțiunii p-n, numit curent de întineric (I_{int}).

Cînd $\Phi \neq 0$, $U=U_{inv}$ în regiunea n, pe care este îndreptat fluxul de lumină are loc generarea perechilor electron-gol.

În regim fotodiodic, sub acțiunea fluxului de lumină, crește curentul invers prin joncțiunea p-n, iar rezistența inversă a fotodiodei se micșorează.

Caracteristica volt-ampere a fotodiodei, reprezintă dependența fotocurentului de la tensiunea inversă, aplicată, cînd fluxul de lumină este constant și este prezentată în **figura 3**.

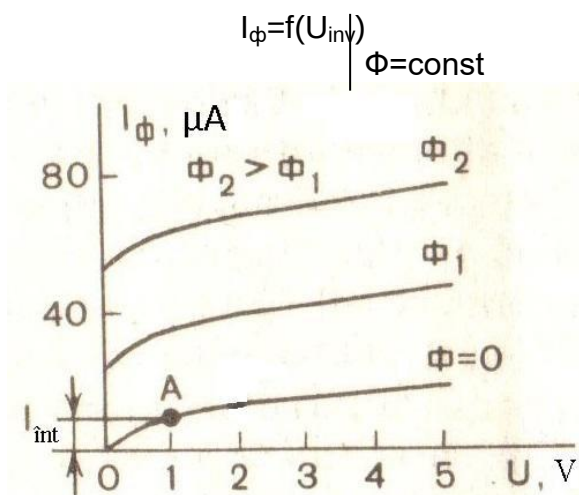


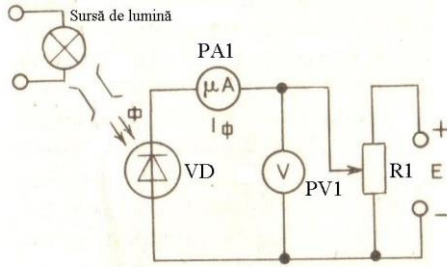
Figura. 3 - Caracteristica volt-ampere a fotodiodei.

Parametrii de bază a fotodiodei:

- 1) Sensibilitatea fotodiodei S: $S = \frac{I_{\Phi}}{\Phi}$; mA/lm
- 2) Curentul de întuneric I_{int} , μA ;
- 3) Rezistența diferențială r_{dif} : $r_{\text{dif}} = \frac{\Delta U}{\Delta I_{\text{int}}}$; Ω .

Parcursul lucrării:

- 1) Montați circuitul de ridicare a caracteristicii volt- amper (CVA) a fotodiodei conform schemei:



Echipamentul necesar: $R_1=4,7k\Omega$
(variabil);

VD1-ФДК9;

PA1, PV1 –

-aparate de măsură universale de tipul GDM-8245.

Figura 3 – Circuitul de ridicare a caracteristicii volt-amper a fotodiodei

- 2) Ridicați datele pentru CVA a fotodiodei pentru diferite valori a fluxului de lumină și le înregistrați în tabelul 1.

[illegible]

Tabelul. 1 – Datele măsurărilor la polarizarea inversă a fotodiodei

[illegible]
$$\Phi_3$$

U, V											
I_{ϕ} , μA											

3) Construiți graficul caracteristicii volt-ampere a fotodiodei, conform datelor din tabele și determinați din caracteristică:

- Curentul de întuneric I_{int} .

4) Calculați rezistența diferențială a fotodiodei conform expresiei:

$$r_{dif} = \Delta U / \Delta I_{int}.$$