

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIV TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

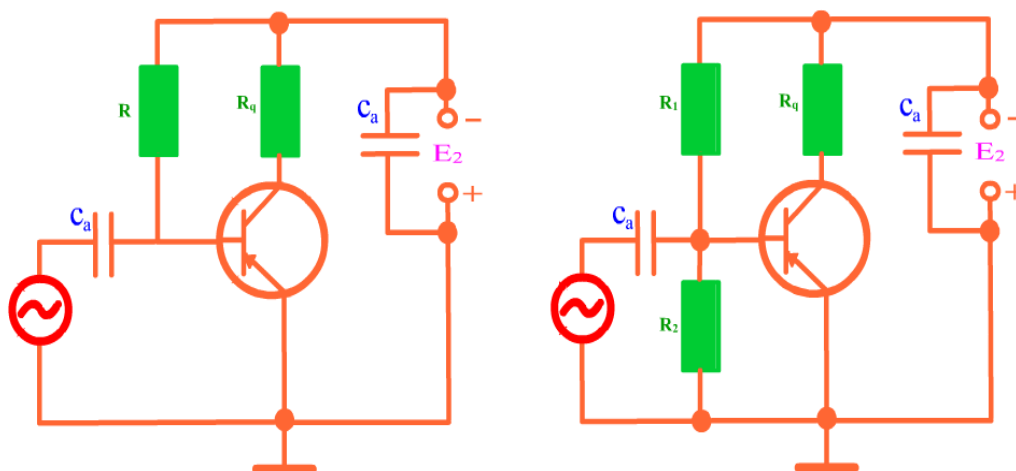
**SAMARQAND DAVLAT VETERINARIYA MEDITSINASI,  
CHORVACHILIK VA BIOTEKNOLOGIYALAR UNIVERSITETI**

**“AGROTEKNOLOGIYA, ISHLAB CHIQRISHNI MEXANIZATSIYALASH  
VA AVTOMATLASHTIRISH” kafedrası**

**60711400 - Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni  
avtomatlashtirish va boshqarish (qishloq xo‘jaligida)  
ta’lim yo‘nalishi uchun “Elektronika va mikroprotssessor texnikasi”  
fanidan “Fotoelektron va optoelektron asboblar” mavzusidagi**

**ochiq ma’ruza mashg‘ulotining**

**ISHLANMASI**



**Samarqand- 2023**

**Tuzuvchi:**

**Mirzaxodjayev Sh.-ToshDAU “Qishloq xo’jaligini mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish” kafedrasida dotsenti, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)**

**Taqrizchilar:**

- Musurmanov A.T.** - “Agrotexnologiya, ishlab chiqarishni mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish” kafedrasida dotsenti t.f.d;
- Djumaboyev S.** - “Agrotexnologiya, ishlab chiqarishni mexanizatsiyalashtirish va avtomatlashtirish” kafedrasida dotsenti t.f.n.

**“Fotoelektron va optoelektron asboblari” ma’ruza mashg’uloti uchun o’qitish texnologiyasi**

<i>aqti – 2 soat</i>	<i>Talabalar soni: 22 nafar</i>
<i>O’quv mashg’ulotining shakli</i>	Axborot, vizual ma’ruza
<i>Ma’ruza mashg’ulotining rejasi</i>	11.Yarim o’tkazgichli nur o’zgartkichlar: fotorezistorlar, fotodiodlar. 2.Yorug’lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish. 3.Yorug’lik tarqatuvchi diodlar, fototranzistorlar. 4.Yarim o’tkazgichli optoelektron asboblari.
<i>O’quv mashg’ulotining maqsadi:</i>	Mavzu to’g’risida umumiy tasavvurlarni shakllantirish
<i>Pedagogik vazifalari:</i> -yarim o’tkazgichli nur o’zgartkichlar: fotorezistorlar, fotodiodlar. -yorug’lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish. -yorug’lik tarqatuvchi diodlar, fototranzistorlar. -yarim o’tkazgichli optoelektron asboblari o’rganish.	<i>O’quv faoliyatining natijalari:</i> Talaba: -yarim o’tkazgichli nur o’zgartkichlar: fotorezistorlar, fotodiodlar. -yorug’lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish. -yorug’lik tarqatuvchi diodlar, fototranzistorlar. -yarim o’tkazgichli optoelektron asboblari o’rganishni o’rganadi.
<i>Ta’lim usullari</i>	Axborot ma’ruzasi, Insert, prezentatsiya,
<i>Ta’limni tashkillashtirish shakli</i>	Ommaviy, jamoaviy, guruhlarda ishlash
<i>Ta’lim vositalari</i>	Proektor, tarqatma material, grafik organayzerlar, doska, bo’r
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	Proektor va kompyuter bilan ta’minlangan auditoriya
<i>Monitoring va baholash</i>	Og’zaki so’rov: - tezkor so’rov

**Ma’ruza mashg’ulotining o’qitish texnologiyasi**

<i>Ta’lim usullari</i>	Ma’ruza, pinbord, aqliy hujum
<i>Ta’limni tashkillashtirish shakli</i>	Jamoaviy va guruhlarda ishlash
<i>Ta’lim vositalari</i>	Ma’ruza matni, kompyuter, grafikli tashkil etuvchilar
<i>Ta’lim berish sharoiti</i>	Maxsus texnik vositalar bilan jihozlangan xona
<i>Monitoring va baholash</i>	Og’zaki so’rov: - tezkor so’rov

### Ma'ruza mashg'ulotining texnologik xartasi

Ish bosqichlari va vaqti	Faoliyat mazmuni	
	Ta'lim beruvchi	Ta'lim oluvchilar
1-bosqich. O'quv mashg'ulotiga kirish (10 daq.)	1.1. Mavzu, uning maqsadi, o'quv mashg'ulotidan kutilayotgan natijalar ma'lum qilinadi.	1.1. Eshitadi, yozib oladi.
2-bosqich. Asosiy (60 daq.)	2.1. Talabalar e'tiborini jalb etish va bilim darajalarini aniqlash uchun tezkor savol-javob o'tkazadi. 2.2. O'qituvchi vizual materiallardan foydalangan holda ma'ruzaning asosiy nazariy qismlarini bayon qiladi. Jalb qiluvchi savollar beradi; mavzuning har bir qismi bo'yicha xulosalar qiladi; eng asosiylariga e'tibor qaratadi; berilayotgan ma'lumotlarni daftarlariga qayd qilishlarini eslatadi. 2.3. Yozuv taxtasida yozilgan tushunchalarga qaytishni taklif etadi. Talabalar bilan fanga taalluqli bo'lmagan va qaytariluvchi ma'lumotlarni olib tashlaydi, muhim asosiy tushunchalarni kiritadi (Pinbord).	2.1. Eshitadi. Navbat bilan bir-birini takrorlamay atamalarni aytadi.  O'ylaydi, javob beradi. Javob beradi va to'g'ri javobni eshitadi. 2.2. Sxema va jadvallar mazmunini muhokama qiladi. Savollar berib, asosiy joylarini yozib oladi. 2.3. Asosiy tushunchalarni muhokama qiladilar. Ma'lumotlarni daftarga qayd qiladilar.
3-bosqich. Yakuniy (10 daq.)	3.1. Mavzuga yakun yasaydi va talabalar e'tiborini asosiy masalalarga qaratadi. Faol ishtirok etgan talabalarni rag'batlantiradi. 3.2. Mustaqil ish uchun vazifa: "Elektronika va mikroprotssessor texnikasi" so'ziga klaster tuzishni vazifa qilib beradi, baholaydi.	3.1. Eshitadi, aniqlashtiradi. 3.2. Topshiriqni yozib oladi.

# MAVZU: FOTOELEKTRON VA OPTOELEKTRON ASBOBLAR

## REJA:

1. Yarim o'tkazgichli nur o'zgartkichlar: fotorezistorlar, fotodiodlar.
2. Yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish.
3. Yorug'lik tarqatuvchi diodlar, fototranzistorlar.
4. Yarim o'tkazgichli optoelektron asboblari.

## Tayanch iboralar va tushunchalar

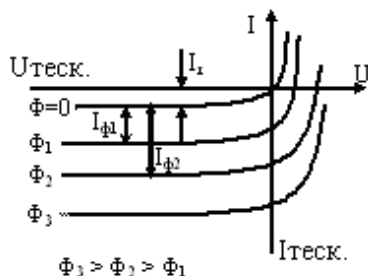
Optoelektron, fotoelektron, yarim, o'tkazgich, fotorezistor, fotodiod, yorug'lik, fototranzistor,  $p-n$  o'tish, fotoelektr, "qorong'ulik" ekstraksiya toki,  $h\nu$  energiya, elektron-kovak, diffuziya, generatsiya, VAX, fotodiod sezgirligi, quyoshli aylantirgich, kvant chiqishi, effektivligi, optoelektron juftlik, optopara, optron, fototranzistor, fototiristor, ichki fotoeffekt, nokogerent, dielektrik, kremniy, germaniy, selen, kolektor, emitter, baza.

### 1. Yorug'lik diodlari. Yorug'lik diodlarni konstruksiyasi va tavsiflari.

#### Optoelektronika diodlari.

*Optoelektronika* – elektronikaning bir bo'limi bo'lib, [axborotni qabul qilish](#), uzatish va qayta ishlash jarayonlari yorug'lik signallarini elektr signallarga aylantirish va aksinchaga asoslangan qurilmalarni nazariyasi va amaliyotini o'rganadi. Optoelektronika elementlari bo'lib fotodiod va yorug'lik diodi hisoblanadilar.

*Fotodiod* deb bitta  $p-n$  o'tishga ega bo'lgan fotoelektr asbobga aytiladi. Fotodiod tashqi kuchlanish manbaili (fotodiodli rejim), hamda tashqi kuchlanish manbaisiz sxemalarga ulanishi mumkin. Tashqi kuchlanish manbai shunday ulanadiki,  $p-n$  o'tish teskari siljigan bo'lsin. Yorug'lik tushurilmaganda diod orqali juda kichik "qorong'ulik" ekstraksiya toki  $I_0$  oqib o'tadi va u berilayotgan kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi.  $n$ -baza sohasiga ta'qiqlangan zona kengligidan ancha katta bo'lgan  $h\nu$  energiyali fotonlardan tashkil topgan yorug'lik tushurilganda, elektron-kovak juftliklar generatsiyalanadi. Agar juftliklar o'tishdan diffuziya uzunligidan oshmaydigan oraliqda hosil bo'lsalar, yorug'lik ta'sirida generatsiyalangan kovaklar o'tishning elektr maydoni ta'sirida ekstraksiyalanadilar va teskari tok uning "qorong'ulik" qiymatiga nisbatan ortadi. Yorug'lik oqimi  $F$  qancha intensiv bo'lsa, diod teskari toki  $I_F$  qiymati shuncha katta bo'ladi. 1-rasmda turli yorug'lik oqimi qiymatlaridagi fotodiod VAXsi keltirilgan. Yorug'likning keng nurlanish chegaralarida fototok yorug'lik oqimiga deyarli chiziqli bog'liq bo'ladi.



1 – rasm. Fotodiodning VAX.

Proporsionallik koeffisienti  $K_{\phi} = \frac{dI\Phi}{d\Phi}$  bir necha mA/mm ni tashkil etadi va **fotodiod sezgirligi** deb ataladi. Fotodiod turli o'lchash qurilmalarida yorug'lik oqimini qabul qilgich, hamda optik – tolali aloqa liniyalarida qo'llaniladi.

Fotodiod rejimidan tashqari fotodiodning ventil (fotovoltaik) rejimi keng qo'llaniladi. Bu rejimda fotodiod tashqi kuchlanish manbaiga ulanmasdan ishlaydi va quyosh energiyasini bevosita elektr signalga aylantirishga xizmat qiladi. Diod ventil rejimida nurlatilganda uning chiqishlarida ventil kuchlanish yuzaga keladi. Fotodiod bu holatda **quyoshli aylantirgich** deb ataladi. Bir biri bilan elektr jihatdan bog'langan aylantirgich va batareyalar kosmik apparatlar va yer usti qurilmalaridagi REAlarni ta'minlash uchun elektr energiya manbai sifatida qo'llanilishi mumkin.

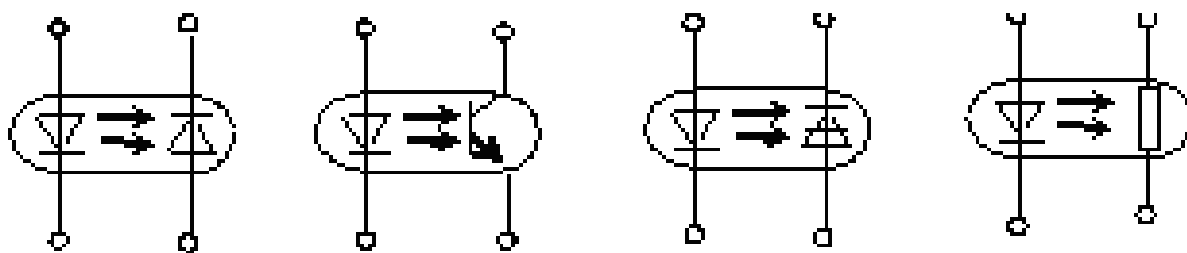
**Yorug'lik diodi** – bu elektr energiyasini nokogerent yorug'lik nuriga aylantiradigan, bitta p-n o'tishga ega bo'lgan yarim o'tkazgichli asbob. Yorug'lik nuri elektron – kovak juftlarining rekombinatsiyasi natijasida yuzaga keladi. [Rekombinatsiya](#), p-n o'tish to'g'ri ulanganda kuzatiladi. Rekombinatsiya doim ham nurlatuvchi bo'lavermaydi va to'g'ri zonali yarim o'tkazgichlarda, jumladan galliy arsenidida sodir bo'ladi. Bunday yarim o'tkazgichlar spesifik xona diagrammasiga ega bo'ladilar.

Nurlanayotgan yorug'lik to'liq uzunligi  $\lambda$  kvant energiyasi bilan aniqlanadi. U esa nurlanuvchi rekombinatsiyada yarim o'tkazgichning ta'qiqlangan zona kengligiga deyarli teng bo'ladi. Galliy arsenididan tayyorlangan yorug'lik diodlari uchun  $\lambda = 0,9-1,4$  mkm. Qizil, sariq va yashil rang nurlatuvchi diodlar galliy fosfati, siyoxrang nurlatuvchi diodlar esa– kremniy karbidi asosida yasaladilar va x.z.

Yorug'lik diodining energetik xarakteristikasi bo'lib **kvant chiqishi** (effektivligi) hisoblanadi. U zanjir bo'ylab o'tayotgan har bir elektronga yorug'lik diodi chiqishida qancha yorug'lik kvanti mos kelishini ko'rsatadi. Zamonaviy yorug'lik diodlari uchun kvant chiqishi 0,01-0,04 ni, ikki va uch yarim o'tkazgichli birikmalardan yasalgan geteroo'tishli yorug'lik diodlarida esa ancha katta (0,3 gacha) bo'ladi. Lekin doim birdan kichik bo'ladi. Volt – amper xarakteristikasi oddiy diodniki kabi eksponensial bog'liqlik bilan ifodalanadi. Yorug'lik diodi  $10^{-7}-10^{-9}$  s da qayta ulanadi, ya'ni yuqori tezlikda ishlovchi yorug'lik manbai hisoblanadi. Yorug'lik diodlari optik aloqa liniyalari, indikator qurilmalar, optoparalar va x.z.larda qo'llaniladi.

Optoelektron juftlik, yoki optopara, konstruktiv jihatdan optik muhitda bog'langan yorug'lik nurlatuvchi va foto qabul qilgichdan tashkil topgan. Yorug'lik nurlatuvchi va foto qabul qilgich orasidagi to'g'ri optik aloqa barcha turdagi elektr aloqalarni bartaraf etadi.

**Optronlar.** Kirish elektr signali ta'sirida yorug'lik diodi yorug'lik nurlatadi, foto qabul qilgich (fotodiod, fotorezistor va x.z.) esa yorug'lik ta'sirida tok generatsiyalaydi.



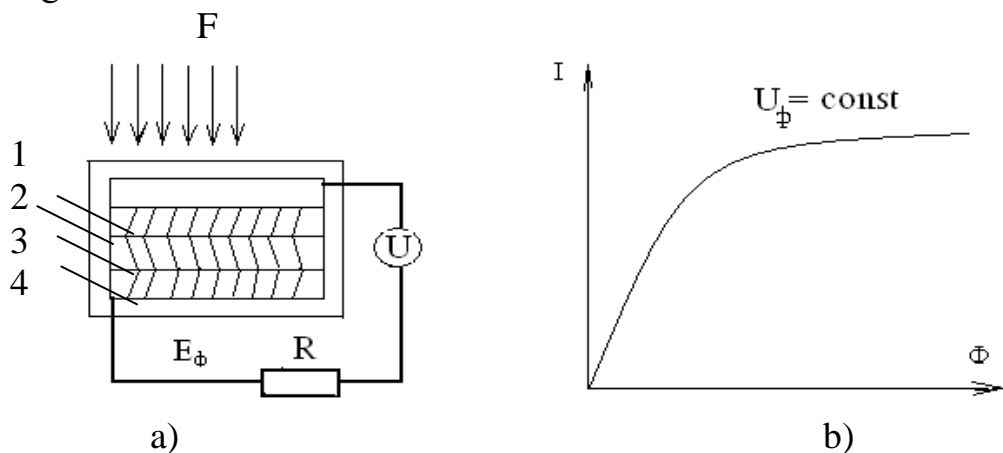
a) b) v) g)

2-rasm. Fotodiodlar.

2-rasmda yorug'lik diodi va fotodiod (a), fototranzistor (b), fototiristor (v), fotorezistor (g) dan tashkil topgan optoparalar keltirilgan. Optoparalar raqamli va impuls qurilmalar, analog signallarni uzatish qurilmalari, yuqori voltli manbalarni kontaktisiz boshqarish avtomatik tizimlari va boshqalarda ajratuvchi element sifatida qo'llaniladi.

Fotodiodlar va ventilli fotoelementlarning ish prinsipi ichki fotoeffekt hodisasiga asoslangan bo'ladi. Ichki fotoelektrik effekt yorug'lik oqimi ta'sirida erkin elektronlar o'zining energetik holatini o'zgartirib, moddaning o'zida qolishi hodisasi bilan xarakterlanadi. Bunda modda ichida ko'cha oladigan erkin zaryadlar hosil bo'ladi. Erkin zaryadlar modda ichida ko'chganda fotoelektr yurituvchi kuchlarni hosil qiladi (ichki fotoeffektli fotoelementlar shu prinsipda qurilgan) yoki elektr o'tkazuvchanlikni o'zgartiradi (fotoqarshiliklar shu prinsipda qurilgan).

Ichki fotoeffektli fotoelementlar ko'pincha ventilli fotoelementlar deb ataladi. Selenli fotoelementlar eng ko'p tarqalgan fotoelementlar hisoblanadi. Selenli fotoelementning tuzilishi va sxemasi 3.a-rasmda, uning tavsifnomasi esa 3 b-rasmda ko'rsatilgan.



3-rasm. Fotoelement va uning tavsifnomasi.

Element (3,a-rasm) yupqa oltin qatlami 1, berkituvchi qatlam 2, selenli qatlam 3 va po'lat taglik 4 dan iborat. Selenning oltin bilan chegarasida berkituvchi qatlam hosil bo'ladi; bu qatlam detektorlik xususiyatiga ega bo'lib, yorug'lik oqimi bilan urib chiqarilgan elektronlarning orqaga qaytishiga imkon bermaydi. Yorug'lik oqimi oltin qatlamidan o'tib, ventilli fotoeffekt hosil qiladi, shunda elektronlar yoritilgan

qatlamlardan yoritilmagan (izolyasion berkituvchi qatlam bilan ajratilgan) qatlamga o'tadi.

**2.Fotodiodlarni ish tavsiflari. Fototranzistorlar.** Qyyosh batareyalar. Qyyosh nurlari. Ideal almashishni samaradorligi. p-n- o'tishli quyosh elementlari. Ularni parametrlariga harorat va radiyasiyani ta'siri.

Fotoelektrik datchiklar avtomatik boshqarish tizimlarini eng ko'p tarqalgan elementlar hisoblanadi. Ular detall o'lchamlarini, maxsulot qalinligini, yuzalarga ishlov berish sifatini, rangini, ko'rinishini, zichligini o'lchaydigan qurilmalarda xamda elektr yoritish vositalarini avtomatik o'chirish va yoqishda, xavodagi tutun miqdorini va suvni loyqaligini o'lchovchi **qurilmalarda**, gaz analizatorlarida, maxsulot sifatini aniqlashda, xisoblash qurilmalarida xamda xilma-xil ximoya vositalarida qo'llaniladi.

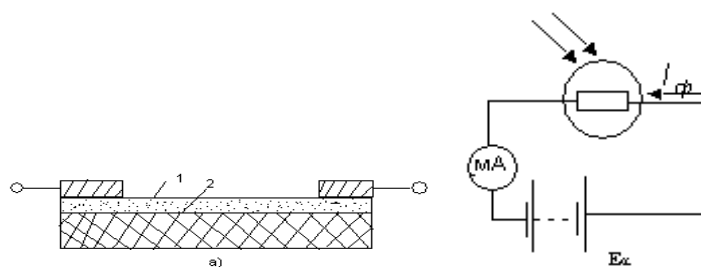
Fotoelektrik datchiklarda ko'proq qabul qiluvchi organlar sifatida vakuumli fotoelementlar, fotorezistorlar, fotodiodlar, fototriodlar fototiristorlar va svetodiodlarda qo'llaniladi. Bunday datchiklarda ularni ishchi yuzasiga tutashgan yorug'lik oqimi asbobni elektr o'tkazuvchanligini o'zgarishiga olib keladi. Fotoelement – shunday qurilmaki, unda yorug'lik energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi.

Qarshiligi yoritilganlikka bog'lik bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga fotorezistor deyiladi. Ular sulfid yoki selenit kadmiy asosida yaratiladi.

Ularda yoritilganlik ortsa qarshilik kamayadi. Fotorezistorlarni tuzulishi (a), shartli belgilanishi (b,) va ulanish sxemasi (ye) 4-rasmda ko'rsatilgan.

### Fotorezistorlar

Fotorezistor – yarim o'tkazgich fotoelektrik asbob bo'lib, bunda foto o'tkazuvchanlik hodisasi qo'llaniladi, ya'ni optik nurlanish ta'sirida yarim o'tkazgichni elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Fotorezistor tuzulishi quyidagi rasmda ko'rsatilgan.



**4-rasm. Fotorezistorning tuzilishi va ulanish sxemasi:**

1-plyonka yoki plastik 2-dielektrik material.

Asosiy kattaliklari:  $S_i = \frac{I}{\phi}$ , qorong'ulik qarshiligi – yoritilmagan

fotorezistorlarning qarshiligi qiymati teng diapazonga ega  $R_k = 10^2 \div 10^9$  Om;

Ishchi kuchlanishi – ishchi kuchlanish qiymati fotorezistor o'lchamlariga bog'liq, ya'ni elektronlar orasidagi masofaga bog'liq ravishda 1-1000 V gacha tanlanadi.



Fotorezistorlarda yorug'lik ta'sirida elektronlar soni ko'payib elektr o'tkazuvchanlik ortadi. Yorug'lik ta'sirida yarimo'tkazgichni o'tkazuvchanligini ortishiga ichki fotoeffekt deb ataladi. Fototok  $I_f$  yorug'lik toki  $I_{y0}$  va qorong'ulik toki  $I_k$  ayirmasiga teng, ya'ni  $I_f = I_{y0} - I_k$ .

Fotodiod yarimo'tkazgichli yorug'lik energiyasini qabul qiluvchi qurilma xisoblanadi va unda yorug'lik ta'sirida elektr zaryadlarini tartibli xarakati sodir bo'ladi. Fotodiodni ishlashi yorug'lik ta'sirida P-n o'tishdagi teskari tokni o'sishiga asoslangan. **Fotodiodga manbaa kerak emas**, chunki o'zi tok generatori xisoblanadi va u tok  $E$  ga proporsional. p-n o'tish yuzasi katta bo'lgan va maxsus yorug'lik energiyasidan elektr energiyasi olish uchun mo'ljallangan fotodiodga quyosh batareyalari deyiladi.

Fotodiodlar yasashda kremniy, germaniy, selenlardan foydalaniladi. Quyosh elementlari koinot kemalarida elektr energiyasi manbai sifatida ishlatiladi.

Fotodiod tuzilishi va ulanishi 4-rasmda ko'rsatilgan.

Fototriodlar (fototranzistorlar) nurlanish energiyasi ta'sirida fototokni kuchaytirish xususiyatiga ega. Uni fotodioddan afzalligi shundaki, uni ishini yorug'lik oqimi bilangina emas balki, bir vaqtda elektr signali orqali ham boshqarish mumkin.

Fototranzistorlarda p-n o'tish – kolektor – baza fotodiodni anglatadi.

Yorug'lik ta'siri asosida elektron va teshiklar xosil bo'ladi. Teshiklar asosning noasosiy tashuvchilari bo'ladi va manbaaning elektr maydoni ta'sirida kollektorli o'tishdan o'tib, foton  $I_f$  ni xosil qiladi.

Elektronlar esa potentsialli to'siq kuchlanishini kamaytirib, teshiklarga emitterdan asosga o'tish imkoniyatini yengillashtiradi. Bu esa fototokni kupaytiradi. Fototranzistorlar fototelegrafda, fototelefondan va xisoblash texnikasida keng qo'llaniladi.

Fototiristor yorug'lik bilan boshqariladigan p-n-p-n o'tishli 4 qatlamli yarim o'tkazgichli asbobdir. Uch va undan ortiq p-n o'tishga ega bo'lgan nurlanishni fotogolvanik qabul qiluvchi asbobga fototiristor deyiladi.

Yorug'lik va boshqaruvchi tok yo'qligida fototiristor yopiq bo'ladi va undan qorong'ulik toki o'tadi. Yorug'lik ta'sirida fototiristor qatlamlarida elektrik teshikli juftlar xosil bo'ladi. Fototiristorning tanasi oddiy tiristorning tanasiga o'xshaydi. Tanasining bir tomoniga yorug'lik o'tadigan darcha qilinadi. Darcha maxsus ximoya oynasi bilan berkitiladi.

**Quyosh energetikasi.** Quyosh fotoenergetikasi deganda fizikada fundamental qonunlardan biri, ichki fotoeffekt qonuni asosida quyosh yorug'lik nurlanish energiyasi elektr yoki issiqlik energiyasiga (isitish tizimi, issiq suv va hakoza) aylantirib berish sohasi tushuniladi. Bunda quyosh yorug'lik nurlanishini yaxshi yutadigan materiallardan (asosan kremniy xom ashyo materiali hisoblanadi) turli xildagi va mexanizmdagi fotoo'zgartkichlar yoki fotoaylantirgichlar, fotoelementlar hosil qilinadi. (tayyorlanadi). Quyosh optik nurlanish energiyasi o'rtacha Yer sharida  $1 \text{ m}^2$  yuzaga 1370 joul energiya tushishi aniqlangan. Bundan ko'rinadiki, kelajakda insoniyat turmush tarzida quyosh energiyasidan foydalanishni yanada takomillashtirish, yangi zamonaviy konstruksiyalarni yaratish va barcha sohalarda energiya manbai sifatida foydalanishni keng joriy etish tabora rivojlanib borishi

kutilmoqda. Quyosh optik nurlanish energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda quyosh fotoelementlari yoki ulardan tashkil topgan quyosh panellari (quyosh batareyalari) va ular asosidagi quyosh fotoelektrik sistemalaridan foydalaniladi.

Nazariy hisob-kitoblarga ko'ra, quyosh energiyasidan dunyo bo'yicha foydalanish 2030 yilga borib dunyoda ishlab chiqirilayotgan elektr va issiqlik energiya manbalarining 30-35 % ini tashkil etadi deb baholanmoqda. Quyosh fotoelektrik qurilmalar (quyosh panellari) asosini quyosh batareyasi tashkil etib, u akkumulyatorlar batareyasini quyoshdan kelayotgan yorug'lik fotonlari energiyasi hisobiga zaryadlab beradi. Quyosh batareyalari (panellari) hozirgi paytda 16-17 % li monokristall yoki polikristall kremniy asosidagi quyosh elementlaridan tayyorlanmoqda. Kelajakda ishlab chiqariladigan quyosh [elementlari samaradorligini](#), xususan kremniy asosidagi quyosh elementlari samaradorligini yanada oshirish ustida tinimsiz butun dunyoda ilmiy tadqiqodlar, izlanishlar olib borilmoqda.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, quyosh elementlari hosil bo'lish fizik jarayonlari juda sodda va tushunarli ko'rinishda tasvirlangan. Bu tushunchalarni yaxshi o'zlashtirgan o'quvchi quyosh energetikaselementlari, ular fizikaning qaysi qonuniyatlari asosida ishlashini bilib olishi o'quvchida unchalik qiyinchilik tug'dirmaydi. Bundan tashqari o'quvchi ushbu jarayonlar to'g'risida bilim hamda ko'nikmalarga ega bo'ladi.

Fotoelement yorug'lik energiyasini bevosita elektr energiyasiga o'zgartirib beradi va ulardan radiozanjirlarni tag'minlash uchun E.Yu.K. manbai sifatida foydalaniladi. Ularning ishlash prinsipi  $r$  va  $n$  sohali yarim o'tkazgichlarni yorug'lik oqimi bilan yoritilganda sohalar orasida foto EYuKni yuzaga keltiruvchi fizik hodisalarga asoslangan. Selenli va kremniyli fotoelementlarning tuzilishi 8.1-rasmda ko'rsatilgan. Selenli fotoelementni tayyorlash uchun metall plastinkaga vakuumda termik bug'latish usuli bilan yupqa selen qatlami  $r$  (R-Se) hosil qilinadi va  $200^{\circ}\text{S}$  harakatgacha qizdiriladi. So'ngra selen qatlami ustiga yupqa kadmiy (Cd), galliy (Ga) yoki indiy (In) pardasi sochiladi. Bundan keyingi termik ishlovlar natijasida Se kristall yuzida  $n$  o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yupqa (50 mkm atrofida) selen qatlami hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan selen va  $r$ -Se chegarasida elektron teshikli  $n$ - $r$  o'tish yuzaga keladi.

Hozir ko'p tarqalgan kremniyli fotoelementlarning asosi bo'lib,  $n$  turli, 1 mm qalinlikdagi kremniy (Si) plastinkasi olinadi. Uning yuzasiga diffuziya yo'li bilan bor (V) yoki aluminiy (Al) 0,4...1 mkm qalinlikda  $r$ -Si yupqa qatlam hosil qilinadi.  $n$  va Si qatlamlarning birlashish chegarasida  $n$ - $r$  o'tish yuzaga keladi. Kontaktlar vakuumda titan sochib hosil qiladi va yupqa kumush parda bilan muhofaza qilib qo'yiladi. Changlatib sochilgan metallning o'ta yupqa pardasi yarim shaffofdir. Plastinkaning orqa tomonida chuqurcha o'yilib, unda  $n$  Si plastinkasiga birlashtirilgan kontakt joylashtiriladi.

Foto EYuK ning yuzaga kelish mexanizmi quyidagicha: o'ta sezgir yarim o'tkazgich materialning  $n$ - $r$  sohalarida yorug'lik ta'siri natijasida, kristall  $n$ - $r$  o'tishi atrofida elektr maydon hosil qiluvchi elektron-teshik jufti yuzaga keladi. Bu juftlar issiqlik harakatida ishtirok etib, turli yo'nalishlarda, shu jumladan,  $n$ - $r$  o'tish yo'nalishida ham harakatlanadi. Elektron  $n$  zonadan  $r$  zonaga potentsiallar to'sig'i yuzaga kelganligi tufayli o'ta olmaydi. Teshik esa, kontakt elektr maydon hosil

qilgan to'siqdan osongina o'tadi. **Aksincha**, r zonadagi elektronlar potensial to'siqdan oson o'tadi, teshiklar esa o'ta olmaydi. Shunday qilib, n-r o'tish yorug'lik ta'sirida unga diffuziyalanayotgan tok tashuvchilarni ajratadi. Bu ajratish jarayoni elektr muvozanati o'rnatilmagunga qadar davom etadi, ya'ni n zonadagi elektronlar va r zonadagi teshiklarning ortiqcha miqdori kristall ichida, kontakt yuzadagi maydonga qarshi yo'nalishda elektr maydon hosil qilmaguncha davom etaveradi. Zaryad tashuvchilarni ajratish jarayoni natijasida yuqorigi kontakt manfiy va pastki kontakt musbat zaryadlanib, potentsiallar farqi yoki foto EYuK hosil bo'ladi. Fotoelementning VAT va yorug'lik karakteristikalari 2- rasmda berilgan.

2-rasm. Yarim o'tkazgichli fotoelementning yorug'lik (a) va volt-amper (b) tavsifi. Fotoelementlarning asosiy parametrlari: integral sezgirlik  $S_i=f(I_f F)S$  (uning qiymati 700 mkA/lm dan ortmaydi). Foto EYuK  $Y_{e\cdot f/e}$  (uning miqdori 0,6 V atrofida bo'ladi): sezgirlikning chegaraviy chastotasi  $f_{cheg}$  (qiymati bir necha yuz Gs dan ortmaydi); FIK, kremniyli quyosh batareyalarning foydali ish koeffitsienti 13 ... 19% atrofida bo'ladi.

### **Tekshirish uchun savollar**

1. Fotoeffekt hodisasi deganda nimani tushunasiz va bu xodisa asosan qaysi moddalarda kuzatiladi.
2. Fotoelektrik qurilmalarni ishlash prinsipini tushuntirib bering.
3. Ichki fotoeffektli fotoelementlar nima deb ataladi.
4. Optik nurlanish ta'sirida fotorezistorda kaysi ko'rsatkich o'zgaradi.

### **Nazorat uchun test savollari**

#### **1. Fotodiod**

- A. fotoelektrik asbob
- B. termoelektrik asbob
- D. elektr o'zgartiruvchi asbob
- E. elektr yoritgich asbob

#### **2. Fotodiod ... ishlatiladi.**

- A. optik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- B. elektr signallarni optik signallarga aylantirish uchun
- D. issiqlik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- E. elektr signallarni elektr signallarga aylantirish uchun

#### **3. Fotodiod .... o'zgartiradi**

- A. optik signalni elektr signalga
- B. issiqlik signalni elektr signalga
- D. elektr signalni elektr signalga
- E. elektr signalni optik signalga

#### **4. Fotodiod .... o'zgartiradi**

- A. optik signalni elektr signalga
- B. issiqlik signalni elektr signalga
- D. elektr signalni elektr signalga
- E. elektr signalni optik signalga

#### **5. Fotorezistor**

- A. fotoelektrik asbob
- B. termoelektrik asbob
- D. elektr o'zgartiruvchi asbob
- E. elektr yoritgich asbob

**6. .... fotorezistor fototoki qiymati o'zgaradi**

- A. yoritilganlik o'zgarishi bilan
- B. atrof muxit temperaturasi o'zgarishi bilan
- D. atrof muxit temperaturasi ortishi bilan
- E. atrof muxit temperaturasi kamayishi bilan

**7. Fototranzistor ... ishlatiladi.**

- A. optik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- B. elektr signallarni optik signallarga aylantirish uchun
- D. issiqlik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- E. elektr signallarni elektr signallarga aylantirish uchun

**8. Nurlanuvchi diod**

- A. elektr yoritgich asbob
- B. fotoelektrik asbob
- D. termoelektrik asbob
- E. elektr o'zgartiruvchi asbob

**9. Nurlanuvchi diod nurining to'liq uzunligi ..... bog'liq**

- A. diod tayyorlangan materialga
- B. diodga berilgan teskari kuchlanish qiymatiga
- D. diodga berilgan to'g'ri kuchlanish qiymatiga
- E. diodning geometrik o'lchamlariga

**10. Nurlanuvchi diod... ishlatiladi.**

- A. elektr signallarni optik signallarga aylantirish uchun
- B. issiqlik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- D. elektr signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
- E. optik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun

**Asosiy adabiyotlar**

1. X.K. Aripov, A.M. Abdullaev, N.B. Alimova, X.X. Bustanov, E.V. Ob'edkov, Sh.T. Toshmatov. Elektronika. Darslik. –Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2011, 432 b.
2. X.K. Aripov, A.M. Abdullaev, N.B. Alimova, X.X. Bustanov, E.V. Ob'edkov, Sh.T. Toshmatov. Sxemotexnika. Darslik. – Toshkent: “Tafakkur bo'stoni” nashriyoti, 2013, 448 b.
3. Xonboboev, N. Xalilov. Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari. Darslik. – Toshkent: “O'zbekiston”, 2000.
4. Dickon Ross, Cathleen Shamieh, Gordon Mc Comb, Electronics For Dummies, John Wiley & Sons Ltd, 2010, 387 p.
5. Charles A. Gross Thaddeus A. Roppel. Fundamentals of Electrical Engineering. CRC Press Taylor & Francis Group, 2012, 465 r.

### **Axborot manbalari**

6. [www.gov.uz](http://www.gov.uz)- O‘zbekiston Ruspublikasi xukumat portali.
7. [www.lex.uz](http://www.lex.uz)- O‘zbekiston Ruspublikasi Qonun xujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.
8. [http www amazon ru](http://www.amazon.ru)
9. [httpwww.teh books ru](http://www.tehbooks.ru)
10. [http www ziyonet uz](http://www.ziyonet.uz)





