

YARIMO‘TKAZGICHLI FOTOELEKTRIK QURILMALAR

Rahmonqulova Nargiza Baxromjon qizi

Andijon davlat universiteti Fizika matematika fakulteti

Fizika ta’lim yo’nalishi 3-bosqich talabasi

Eraliyeva Nargizaxon Ulug’bek qizi

Andijon davlat universiteti Pedagogika instituti Aniq va Tabiiy fanlar fakulteti

Fizika va astronomiya o’qitish metodikasi yo’nalishi 1-kurs talabasi

Jaxongir Madaminov Shuxratbek o’g’li

Andijon davlat universiteti Fizika matematika fakulteti

Fizika ta’lim yo’nalishi 2-bosqich talabasi

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada yarimo‘tkazgich kristalli negizida p-n-o‘tish yoki Shottki bareri qurish asosida yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish uchun xizmat qiluvchi qurilmalar amaliyotda keng qo‘llaniladigan yarimo‘tkazgichli kremniy haqida so‘z boradi.

Kalit so‘zlar: *Shottki bareri, fotoelektrik qurilma, volt-amper xarakteristikasi, nur qaytishiga qarshi qatlam, o‘tkazuvchanlik zonasi, fotogeneratsiyalangan zaryad.*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается полупроводниковый кремний, широко используемый на практике в качестве устройства для преобразования световой энергии в электрическую на основе построения p-n перехода или барьера Шоттки на основе полупроводникового кристалла.

Ключевые слова: *барьер Шоттки, фотоэлектрическое устройство, вольт-амперные характеристики, просветляющий слой, зона пропускания, фотогенерированный заряд.*

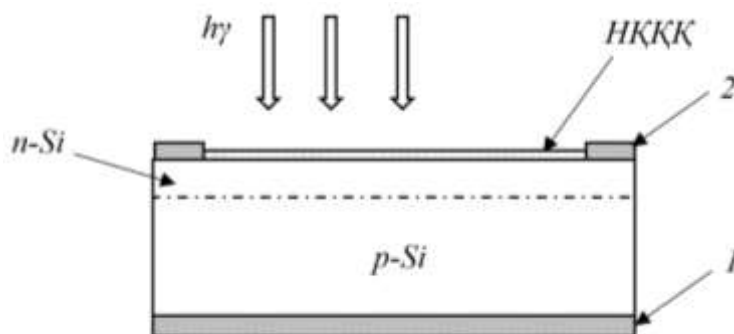
ABSTRACT

This paper discusses the widely used semiconductor silicon in practice as a device for converting light energy into electrical energy based on the construction of a p-n junction or Schottky barrier based on a semiconductor crystal.

Keywords: *Schottky barrier, photoelectric device, volt-ampere characteristics, anti-reflection layer, transmittance zone, photogenerated charge.*

KIRISH

An'anaviy tarzda kremniy asosli fotoelektrik qurilma p -tip asosli plastinaning sirtiga n -tipli yupqa qatlamni shakllantirish yo'li bilan yaratiladi. Rasm-1 da sodda kremniy asosli fotoelektrik qurilmaning sxemasi keltirilgan.



1-rasm.

Kremniy asosli fotoelektrik qurilmaning soddalashgan sxemasi

Fotoelektrik qurilmaning asosiy tashkil etuvchilari p -Si, n -Si, 1-orqa metall elektrod, 2-frontal metall elektrod va frontal sirtga qoplangan nur qaytishiga qarshi qatlam nur qaytishiga qarshi qatlamlardan iborat. Fotoelektrik qurilmaning yassi frontal sirtiga tushgan nurning bir qismi (odatda 30 % atrofida) qaytadi. Uni kamaytirish uchun odatda nur qaytishiga qarshi qatlam qoplanadi. Bunday qatlam sifatida amaliyotda ko'proq yupqa SiO_2 qo'llaniladi. Kremniyda yutilgan fotonlar valentli yoki kirishmali energetik sathlarda joylashgan elektronlarni o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazishi hisobiga zaryad tashuvchilar generatsiyalanadi. Hajmiy p - n -o'tishda hosil bo'lgan ichki barer hisobiga fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilarning asosiylari p -Si o'tishdan o'ta olmaydi va noasosiylari o'tadi, natijada ular ikkiga ajralib, fotoelektrik qurilmaning elektrodlariga kichik iste'molchi ulansa, zanjirdan elektr toki – fototok oqa boshlaydi. Fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilarning p - n -o'tish barerida ajralishi va yarimo'tkazgich bo'ylab harakatlanishini yarimo'tkazgichlar fizikasi va p - n -o'tish nazariyasi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun fotoelektrik qurilmaning xarakteristikasi deganda avvalo p - n -o'tish volt-amper xarakteristikasi (VAX) va undan aniqlanadigan bir qator boshqa xarakteristikalar, shuningdek yorug'lik nurining to'liq uzunligiga sezgirligini ifodalovchi spektral xarakteristikalar tushuniladi.

Fotoelektrik qurilma orqali o'tadigan tok odatdagidek quyidagi formula orqali ifodalanadi [1]:

$$I = I_0[e^{(eU/kT)} - 1] - I_{ph} \quad (1)$$

Bu yerda I - zanjir orqali o'tayotgan tok, I_0 - to'yinish toki, e - elektron zaryadi, U - kuchlanish, k - Bolsman doimiysi, T - absolyut temperatura, I_{ph} - fototok.

Agar fotoelektrik qurilmaga yorug'lik tushmayotgan holat ko'rilsa, ya'ni $I_{ph} = 0$ bo'lsa, u holda (1) ifoda soddalashadi va yoritilmagan ideal fotoelektrik qurilmaning VAXini ifodalaydi:

$$I = I_0[e^{(eU/kT)} - 1] \quad (2)$$

Bu ifodadan foydalanib to'g'ri ulangan ideal fotoelektrik qurilmaning yoritilgan holatdagi kuchlanishi uchun quyidagi ifodani olish mumkin:

$$U = (kT/e) \ln[(I + I_{ph})/I_0 + 1] \quad (3)$$

Boshqacha aytganda, fotoelektrik qurilma yoritilganda p - n -o'tishdagi kontakt potentsiallar farqi U qiymatga pasayadi. Natijada fotoelektrik qurilmaning ikki elektrodleri orasida U ga teng bo'lgan foto EYUK paydo bo'ladi. Elektrodlar orasiga R qarshilik ulansa, undan I elektr tok oqadi. Bunday holatni R qarshilikda elektr energiyasi ajraldi deb hisoblash mumkin. Shunday qilib, p - n -o'tish tok manbaiga aylandi va yorug'lik energiyasi elektr energiyaga aylantirildi [2].

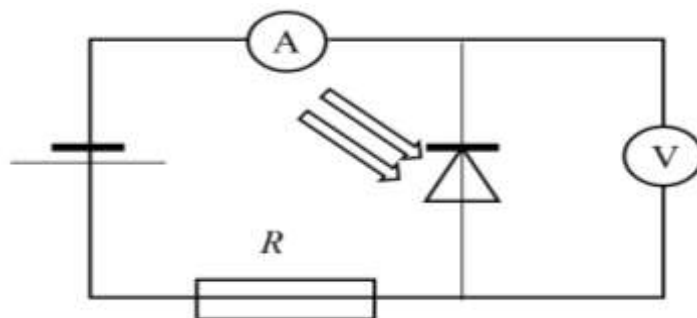
MUHOKAMA VA NATIJALAR

Yuqorida ta'kidlanganidek fotoelektrik qurilma yoritilganda fotonlar energiyasini yutishi hisobiga valent zonasidagi bog'langan elektronlar ancha yuqori energetik sathlarga – o'tkazuvchanlik zonasiga o'tadilar. Bunday fotogeneratsiyalangan elektronlar o'z yashash vaqti davomida zaryad tashuvchi bo'lib xizmat qiladi. Shuning uchun fototok qiymati kremniyga tushayotgan nur oqimiga proporsional bo'ladi:

$$I_{ph} = \alpha F \quad (4)$$

Bu yerda α - nur yutilishi koeffitsiyenti, F - tushayotgan nur oqimi yoki quvvati.

Zanjirdan o'tayotgan elektr tokining kuchi generatsiyalangan fototok va unga ulangan qarshilik qiymatlariga bog'liq bo'ladi. Quyosh elementining zanjirga ulanish sxemasini quyidagicha (rasm-2) deb olinsa, alohida holatlarga e'tibor berish mumkin.

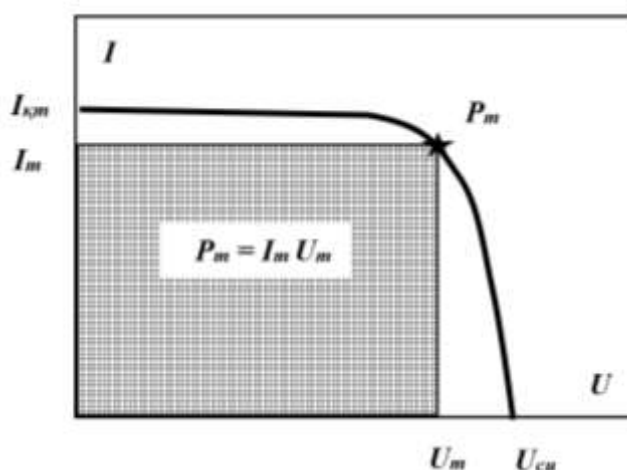


2-rasm. Fotoelektrik qurilmaning zanjirga ulanish sxemasi.

Agar zanjirga ulangan qarshilik nolga teng bo'lsa, ya'ni zanjir qisqa tutushtirilgan bo'lsa, ($U = IR = 0$) oqayotgan tok qiymati maksimal fototok yoki ($I = I_{qt} = 0$) qisqa tutashuv tokiga teng bo'ladi. Mohiyatan bu vaqtda barcha fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilar tashqa zanjirga yetib boradi va $p-n$ -o'tishning potensial farqi o'zgarmaydi. Agar tashqi zanjir uzilgan bo'lsa, u holda zanjirdan tok o'tmaydi va kuchlanish salt ishlash kuchlanishiga teng bo'ladi ($U = U_{si}$). Yuqoridagi ifodalardan bunday holat uchun quyidagi ifodani yozish mumkin [3]:

$$U = U_{si} = (kT/e) \ln[(I_{ph}/I_0)+1] \quad (5)$$

Ko'rsatilgan holatlarga tegishli kattaliklarni grafik ko'rishida quyidagi VAXda ifodalash mumkin (Rasm-3):



3-rasm. Yoritilgan fotoelektrik qurilmaning volt-ampere xarakteristikasi.

Fotoelektrik qurilmaning asosiy fotoelektrik xarakteristikalari yoki parametrlariga yuqorida aytilgan qisqa tutashuv toki va salt ishlash kuchlanishidan tashqari quyidagilar kiradi: P_m - maksimal quvvat, I_t - maksimal quvvat toki, U_m - maksimal quvvat kuchlanishi, FF - to'ldirish koeffitsiyenti va η - foydali ish koeffitsiyenti.

Fotoelektrik qurilmaning P_m - maksimal quvvati grafikdagi (Rasm-3) katakchalar bilan belgilangan maydon yuzasiga teng: $P_m = I_t U_m$.

FF - to'ldirish koeffitsiyenti esa, rasm-3 dagi egri chiziq ostiga (ichki) va tashqarisiga (tashqi) chizilgan to'rtburchaklar yuzalarining nisbatiga teng:

$$FF = (I_t U_m) / (I_{qt} U_{si}) < 1. \quad (6)$$

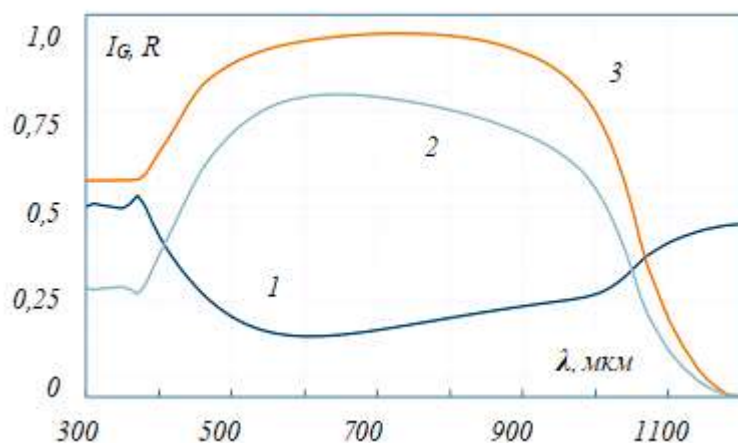
Fotoelektrik qurilmaning η - foydali ish koeffitsiyenti quyidagicha ifoda bilan topiladi:

$$\eta = [FF (I_{qt} U_{si}) / FS] \times 100 \% < 100 \% , \quad (7)$$

bu yerda S – fotoelektrik qurilmaning yuzasi.

Fotoelektrik qurilma fotosezgiriligining yorug‘lik nurining to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi ham muhim xarakteristika bo‘lib, differensial va integral fotosezgirliklarga bo‘linadi. Differensial fotosezgirlik ayni bir to‘lqin uzunligiga nisbatan aytilsa, integral fotosezgirlik fotoelektrik qurilma sirtiga tushayotgan barcha to‘lqin uzunligidagi nurlarga nisbatan aytiladi. Fotoelektrik qurilmaning spektral xarakteristikasi odatda fototokning yorug‘lik nurining to‘lqin uzunligiga bog‘liqligini ifodalaydi $I_{ph}(\lambda)$ [4].

Fotoelektrik qurilmaning optik samaradorligi to‘g‘risida gap ketganda tashqi va ichki kvant samaradorligi deb ataladigan xarakteristikaga katta e‘tibor beriladi. Ichki kvant samaradorlik deganda fotoelektrik qurilma sirtiga tushgan fotonlar oqimiga nisbatan fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilar oqimi miqdorini ko‘rsatuvchi samaradorlik tushuniladi. Tashqi kvant samaradorlik deganda esa, fotoelektrik qurilma sirtiga tushgan fotonlar oqimiga nisbatan fotogeneratsiyalangan va tashqi zanjirda tok hosil qiladigan zaryad tashuvchilar oqimi miqdorini ko‘rsatuvchi samaradorlik tushuniladi. [5]. 4-rasmda [6] usuli bo‘yicha hisoblash yo‘li bilan olingan sirt teksturasi bilan tayyorlangan tuzilmalarning ichki (2) va tashqi (3) kvant samaradorligining nisbiy aks ettirish (1) ga bog‘liqlik chiziqlari ko‘rsatilgan.



4-rasm. Teksturalangan sirdan qaytgan optik nurlanishning spektral bog‘lanishi, shuningdek tayyorlangan kremniy strukturalarning ichki (2) va tashqi (3) kvant samaradorligi.

Yarimo‘tkazgich qatlamlarida yutilish hisobiga nurlanish intensivligi quyidagi formulaga asosan kamayadi:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

bu yerda I_0 yuzadagi nurlanish intensivligi, x-nurlanishning kirish chuqurligi. Fotonlarning energiya yutishi hisobiga elektron-kovak juftligi generatsiyalanadi va yuqoridagi formulani differensiyalash orqali generatsiyalash tezligini quyidagicha yozish mumkin:

$$G = \alpha N_0 e^{-\alpha x}$$

bu yerda N_0 -yuzadagi fotonlar konsentratsiyasi.

Fotoelektrik qurilmalarning VAX xarakteristikalarini o'lchash va asosiy fotoelektrik parametrlarini o'lchash maqsadida jahondagi ko'plab ilmiy ishlab chiqarish korxonalarining standartlashtirilgan o'lchov sinov stendlari ishlab chiqilgan [7]. Ular qatoriga AQShning "Sinton Instrument", "Solmetrix", "PVmeasurements" kompaniyalarining "Instrumentation for Photovoltaics Industry and Research" stendlari, Buyuk Britaniyaning "PCE Instruments", Germaniyaning "PHOTON SOLAR Energy GmbH" va "Lexsolar", Vengriyaning "Semilab Semiconductor Physics Laboratory Co., Ltd." va Xitoyning "Zolix" kabi kompaniyalarining fotoelektrik o'lchov-sinov qurilmalarini qo'shish mumkin.

Fotoelektrik qurilmalarning VAXni o'lchash va uning asosiy fotoelektrik parametrlarini aniqlashda quyosh nurining optik spektriga yaqinlash-tirilgan spektrga ega simulyatsion yoritkichlardan foydalaniladi. Fotoelektrik qurilma sirtining yoritilganlik darajasi sifatida odatda AM0, AM1 va AM1,5 kabi belgilanadigan, nurning atmosferada yutilishi mavjudligi (AM1 va AM1,5) yoki atmosfera sirtidagi (AM0) holatga mos qabul qilinadi.

Yarimo'tkazgichli fotoelektrik qurilmalarni raqamli modellashtirish orqali o'rganish, ularning yangi konstruksiyalarini yaratish va xarakteristikalarini keng maqsadli tadqiq qilish bo'yicha yetakchi texnologik portallar sifatida Avstraliyaning "PVLighthouse" va Oksforddagi A.Rezerford laboratoriyasida ishlab chiqilgan va jahonda keng qo'llaniladigan "Sentaures" larni keltirish mumkin.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, optik nuqtai-nazardan yuqori samaradorlikka ega fotoelektrik qurilma yaratish uchun nur yutish xarakteristikalariga qarab yarimo'tkazgich materialni tanlash, yarimo'tkazgich materialning qalinligi, sirtiga ishlov berilishi sifatiga, sirtidagi nuqsonlar va fotogeneratsiyalangan zaryad tashuvchilarning rekombinatsiyalanishiga olib keladigan turli holatlarni passivlashtirish kabi omillarga e'tibor berish zarur.

REFERENCES

1. Фотоэлектрический эффект и ВАХ. <https://www.solarhome.ru/Basics/solar/pv/techpveffect.htm>;
2. Зиновьев В.В., Бельтюков А.П., Бартенев О.А. Математическая модель фотоэлектрического преобразователя с использованием функции Ламберта. // Известия Института математики и информатики УдГУ. 2016. Вип. 2 (48). С;
3. Зализный Д.И. Модель фотоэлемента для библиотеки SimPowerSystems пакета MatLab/Simulink. // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергетики объединения СНГ. Т. 62, № 2 (2019), с. 135-145;
4. Андреев В.М., Малевский Д.А., Покровский П.В., Румянцев В.Д., Чекалин А.В. Основные фотоэлектрические характеристики трехпереходов солнечных элементов InGaP/InGaAs/Ge в широком диапазоне температур ($-197 \leq T \leq +85$ °C). // Физика и техника полупроводников, 2016, том 50, вып. 10. С. 1374-1379;
5. Зайнабидинов С., Алиев Р., Муйдинова М., Урманов Б. Об оптической эффективности кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. // Гелиотехника (Прикладная солнечная энергетика), том. 50, №5, 2018, С. 3-9;
6. Какурина Н.А., Какурин Ю.Б., Курсай Д.Е., Осипов Н.А. Исследования электрофизических характеристик солнечной панели с помощью компьютеризированного измерительного стенда. // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2016. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3702.