INNOVATIONS IN TECHNOLOGY AND SCIENCE EDUCATION
ISSN 2181-371X
https://sr-journals.org/index.php/ITSE

UDK:621.383:620.9

QUYOSHDAN QUVVAT: ZAMONAVIY FOTOELEMENTLAR TEXNOLOGIYASI

N.N. Muradova,
assistent Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

Annotatsiya: Ushbu maqolada yangi avlod fotoelementlarini takomillashtirishga qaratilgan yondashuv ko‘rib chiqiladi. An’anaviy usullardan farqli ravishda, tadqiqotda fotoelement tarkibi yoki materiali emas, balki uning ichki tuzilishi va yupqa qatlamlarning o‘zaro joylashuvi optimallashtiriladi. Taklif etilgan yechim quyosh energiyasini samaraliroq o‘zlashtirish, energiya yo‘qotilishini kamaytirish hamda umumiy samaradorlikni oshirish imkonini beradi. Mazkur yondashuv kelajakda yuqori samarali va iqtisodiy jihatdan samarador fotoelementlar yaratishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: fotoelementlar, quyosh energiyasi, yupqa qatlamlar, legirlash, energiya samaradorligi, yangi texnologiyalar.

Аннотация: В данной статье рассматривается подход к совершенствованию фотоэлементов нового поколения. В отличие от традиционных методов, в работе предлагается изменять не состав или материалы, а внутреннюю структуру и взаимное расположение тонких плёнок в солнечном элементе. Предложенное решение направлено на повышение эффективности поглощения солнечной энергии, снижение потерь и увеличение общей производительности устройства. Данный подход может сыграть важную роль в создании высокоэффективных и экономически выгодных фотоэлементов будущего.\

Ключевые слова: фотоэлементы, солнечная энергия, тонкие плёнки, легирование, энергоэффективность, новые технологии.

Abstract: This article presents an approach to improving next-generation photovoltaic cells. Unlike traditional methods, the study focuses not on changing the material composition but on optimizing the internal structure and the arrangement of thin films within the solar cell. The proposed solution aims to enhance solar energy absorption, reduce energy losses, and increase overall efficiency. This approach can contribute to the development of highly efficient and cost-effective photovoltaic technologies in the future.

Keywords: photovoltaic cells, solar energy, thin films, doping, energy efficiency, advanced technologies.

Bashariyatning zamonaviy turmush tarzini elektr energiyasisiz tasavvur etish mumkin emas. Biroq, qo‘llanilayotgan elektr energiya manbalari atrof-muhitning, ona tabiatning ifloslanishiga sababchi bo’lmoqda. Shuning uchun atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan muqobil elektr energiya manbalarini yaratish hozirgi kunning dolzarb vazifa hisoblanadi.

Quyosh nurlanishi energiyasi kelajakning eng istiqbolli energiya manbalaridan biri hisoblanadi. Bunday energiyani olish arzon va qulaydir. Quyosh Ona Zaminimizni insoniyat ehtiyojlaridan bir necha barobar ortiq bo‘lgan ulkan energiya miqdori bilan ta’minlaydi. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda eng samarali qurilmalar — bu yarimo‘tkazgichli fotoelektrik o‘zgartirgichlar hisoblanadi, chunki bu energiyaning to‘g‘ridan-to‘g‘ri, bir bosqichli o’tishidir.

Quyosh energiyasining o‘ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud. Yerga tushayotgan ushbu manbadan energiya olish foydalanish qiyinlashadi, chunki— bu kuchli tarqalgan va nisbatan kichik energiya oqimidir. Quyosh nurlanishidan ommaviy foydalanish uchun undan juda samarali foydalanishni ta’minlash hamda quyosh elementlarining (quyosh panellari) iqtisodiy ko‘rsatkichlarini mukammallashtirish bu zamon talabidir.

Quyosh elementining samaradorligi nafaqat tushayotgan yorug‘lik intensivligiga, balki uning spektral tarkibiga ham bog‘liq. Quyosh elementlarini ishlab chiqarishdagi parametrlarni taqqoslashni osonlashtirish maqsadida Yer yuzasida va Yer atmosferasi chegarasida quyosh nurlanishining standart spektri va sirt bo‘yicha oqim zichligi belgilangan. Yer yuzasidagi standart spektr **AM1.5G** deb ataladi (G – global, umumiy, ya’ni unda to‘g‘ridan-to‘g‘ri va sochilgan nurlanish ham hisobga olinadi) yoki **AM1.5D** (direct – faqat to‘g‘ridan-to‘g‘ri nurlanishni o‘z ichiga oladi). **AM1.5D** nurlanish intensivligini taxminan **AM0** ga nisbatan 72% deb baholash mumkin (18% – so‘rilishi, 10% – sochilishi hisobiga). Umumiy spektr esa to‘g‘ridan-to‘g‘ri spektrdan 10% ko‘proq. Ushbu ma’lumotlardan foydalanib, nurlanish oqimining zichligi hisoblanganida **AM1.5G** uchun taxminan 970 Vt/m² qiymat olinadi. Biroq amaliyotda, hisob-kitoblarni qulayroq qilish va tushayotgan nurlanishdagi kichik o‘zgarishlarni hisobga olgan holda, **1 kVt/m²** qiymati qo‘llaniladi.

Fototelektrik o’zgartirgichlarda energiyaning o‘zgartirilishi fotoelektrik effektga asoslangan bo‘lib, u quyosh nurlanishi ta’sirida notekis (geterogen) yarimo‘tkazgich tuzilmalarida yuzaga keladi.

Fotoeffekt — bu modda atomlari va molekulalaridagi elektronlarning yorug‘lik nurlanishi ta’sirida qayta taqsimlanish (harakatlanish) jarayonidir. Tashqi fotoeffekt esa — yorug‘lik ta’sirida elektronlar shunchalik katta energiya oladiki, ular modda yuzasidan tashqariga uchib chiqadi.

Fotoeffekt hodisasi 1905 yilda Albert Eynshteyn tomonidan Maks Plankning yorug‘likning kvant tabiati haqidagi gipotezasi asosida tushuntirib berilgan (bu ishlari uchun u 1921 yilda Nobel mukofotini olgan). Eynshteyn ishida muhim yangi gipoteza ilgari surilgan: agar Plank 1900 yilda yorug‘lik faqat kvantlangan porsiyalar ko‘rinishida nurlanadi deb taxmin qilgan bo‘lsa, Eynshteyn esa yorug‘lik aynan shunday kvantlangan porsiyalar shaklida mavjud deb hisoblagan.

Har bir modda uchun fotoeffektning *qizil chegarasi* mavjud bo’lib, unga ko’ra shunday eng kichik chastotaning qiymati mavjudki, undan past qiymatli chastotali foton energiyasi fotoelementdan elektronni “urib chiqarish” uchun yetarli bo‘lmaydi.

Foton energiyasi modda atomini ionlashtirishga va elektronni “irib chiqarish” uchun zarur bo‘lgan ishga sarflanadi, qolgan qismi esa elektronning kinetik energiyasiga aylanadi. Fotoeffekt nazariyasi kvant mexanikasidagi eng dastlabki tadqiqotlardan biridir.

Fotoeffektning asosiy qonunlari A.G. Stoletov tomonidan quyidagicha ta’riflangan:

1. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi nurlanish intensivligiga bog‘liq bo’lmasdam, balki faqat uning chastotasiga bog‘liq bo‘lib, bu katalaiklar o’zaro to‘g‘ri proportsionaldir;
2. Nurlanish chastotasi o‘zgarmas bo‘lganda, fototok kuchi nurlanish intensivligiga proportsional bo‘ladi;
3. Har bir modda uchun, uning sirt holatiga bog‘liq holda, shunday chegaraviy chastota ν_0 mavjudki, $\nu < \nu_0$ bo‘lganda fotoeffekt hodisasi yuz bermaydi. Mos ravishda, $\lambda > \lambda_0$ bo‘lganda ham fotoeffekt kuzatilmaydi. Shu sababli ν_0, λ_0 qiymantlar ***fotoeffektning qizil chegarasi*** deb nomlanadi.

Fotoeffekt hodisasi o‘z xususiyatlari va bajaradigan funksiyalariga ko’ra bir necha turlarga bo‘linadi:

1. Tashqi fotoeffekt (ya’ni – fotoelektron emissiya). Bu holatda modda yuzasidan tashqariga uchib chiqadigan elektronlar **fotoelektronlar** deb ataladi. Ular tashqi elektr maydonida tartibli harakatlanganda hosil qilgan tok esa **fototok** deb yuritiladi.

2. Ichki fotoeffekt, moddaning fotoo’tkazuvchanligiga ta’sir qiladi. Bu hodisa yarimo‘tkazgichlar va dielektriklarda elektronlarning energiya holati va agregat holatiga (qattiq yoki suyuq) qarab qayta taqsimlanishi natijasida yuzaga keladi. Ushbu qayta taqsimlanish yorug‘lik ta’sirida sodir bo‘ladi va natijada moddaning elektr o‘tkazuvchanligi ortadi, ya’ni fotoo’tkazuvchanlik effekti kuzatiladi.

3. Ventilli fotoeffekt — fotoelektronlarning bir modda (jism)dan boshqa qattiq jismlarga (yarimo‘tkazgichlarga) yoki suyuq muhitlarga (elektrolitlarga) o‘tish jarayonidir.

Tashqi fotoeffekt zamonaviy vakuumli fotoelementlarning ishlash printsipini tashkil etadi. Ular shisha kolba ko‘rinishida tayyorlanadi, uning ichki yuzasi qisman yupqa metall qatlam bilan qoplanadi. Qatlamning yupqaligi kichik *chiqish ishini* ta’minlaydi. Kolbadagi shaffof oynacha ichkariga yorug‘lik

o‘tkazadi, ichida joylashgan anod esa (sim halqa yoki disk shaklida) fotoelektronlarni tutib oladi. Anod elektrodini tok manbaining musbat qutbiga ulaganimizda, zanjirhosil bo’lib va undan elektr toki oqib o‘tadi. Demak, vakuumli fotoelementlar relelarni yoqish yoki o‘chirish imkonini beradi.

Tashqi fotoeffekt muhim fizik kashfiyot sifatida sanoat avtomatikasining samarali ishlashiga asos bo‘lib xizmat qiladi.

Fotoelektrik o’zgartirgichlar tuzilmasining notekisligi bir xil yarimo‘tkazgichni turli qo‘shimchalar bilan legirlash orqali (p-n o‘tishlar hosil qilish), yoki taqiqlangan zona kengligi turlicha bo‘lgan yarimo‘tkazgichlarni birlashtirish yo‘li bilan (geteroo‘tishlar hosil qilish), shuningdek yarimo‘tkazgichning kimyoviy tarkibini o‘zgartirish natijasida taqiqlangan zona kengligi gradientini yuzaga keltirish yo’li bilan (varizon tuzilmalar hosil qilish) amalga oshirilishi mumkin. Shuningdek, ushbu usullarning turli kombinatsiyalari ham qo‘llanilishi mumkin.

O‘zgartirish samaradorligi notekis yarimo‘tkazgich tuzilmaning elektrofizik xususiyatlariga, shuningdek fotoelektrik o’zgartirgichlarning optik xossalariga bog‘liq bo‘lib, ular orasida eng muhim rolni fotoo’tkazuvchanlik o‘ynaydi. Bu hodisa yarimo‘tkazgichlar quyosh nuri bilan yoritilganda ichki fotoeffekt natijasida yuzaga keladi.

Fotoelementlar tuzilishining o‘ziga xos xususiyatlari harorat oshishi bilan panellar unumdorligining pasayishiga olib keladi.

Panelning qisman soyalanishi yoritilmagan elementda yuzaga keladigan yo‘qotishlar hisobiga chiqish kuchlanishining kamayishiga sabab bo‘ladi, chunki u zararli parazit yuklama sifatida ishlay boshlaydi. Ushbu kamchilikni paneldagi har bir fotoelementga baypas o‘rnatish orqali bartaraf etish mumkin. Baypas (inglizcha *bypass* — aylanib o‘tish) — bu elektron qurilmada (signalni qayta ishlash, kuchlanishni barqarorlashtirish va boshqalar) kirish signalini barcha funksional bloklarni chetlab o‘tgan holda bevosita chiqishga uzatish imkonini beruvchi funksiyadir.[1] Turli xil relelarda (termorele, fotorele, vaqt relesi va boshqalar) u boshqaruv sxemasi elementlari yoki butun bloklar ishdan chiqqan holatda ham ijrochi qurilmaning ta’minot zanjirini mustaqil ravishda ulash imkonini beradi.

Fotoelektrik panelning ish xarakteristikasidan ko‘rinib turibdiki, eng yuqori samaradorlikka erishish uchun yuklama qarshiligini to‘g‘ri tanlash zarur. Shu sababli fotoelektrik panellar odatda yuklamaga bevosita ulanmaydi, balki panellarning optimal ish rejimini ta’minlaydigan maxsus boshqaruv kontrollerlari orqali ulanadi.

QES (quyosh elektr stansiyalari) yaratish uchun zarur bo’lgan samarali materiallarni yetarlicha miqdorda olish qiyin, chunki dastlabki xomashyo tabiiy zaxiralari cheklangan yoki uni qayta ishlash murakkab hisoblanadi.

Amerikalik fiziklar organik o‘tkazgichdan tayyorlangan yupqa plyonka yordamida fotonlar energiyasidan elektronlarni uzib chiqarish samaradorligini ikki baravar oshirish usulini taklif qilishdi. Qalinligi 5 nanometr bo‘lgan pentatsen qoplamasi yorug‘lik tushganda fotoelementda qo‘zg‘atilgan zarralar sonini ikki baravar oshirish imkonini beradi. Ishlab chiqilgan prototipda hosil bo‘lgan elektronlar sonining yutilgan fotonlar soniga nisbati (tizimning ichki kvant samaradorligi) 160 foizni tashkil etgan.

Oddiy fotoelementda bitta foton yarimo‘tkazgichda aynan bitta elektronni qo‘zg‘atadi va elektr toki hosil qiladi. Yorug‘lik zarralarining ortiqcha energiyasi esa issiqlikka aylanadi. Pentatsen qoplamasi esa har bir yutilgan foton hisobiga ikki tagacha elektron olish imkonini beradi.[3]

Odatda yupqa qatlamli fotoelementlar qattiq shisha asos (podlojka)da tayyorlanadi, bu esa ularning qo‘llanish sohasini sezilarli darajada cheklaydi. Elastik (egiluvchan) variantlari ham mavjud, biroq ular maxsus texnologiyalar asosida va butunlay boshqa materiallardan ishlab chiqariladi.

Quyosh panellarini ishlab chiqarishda, ularning FIK va boshqa ko’rsatkichlarini oshirishda, quyosh panelining kimyoviy tarkibiga doir tahlillarni chetlab o’tgan holda quyidagicha taklifni bayon etmoqchiman. Panelda o’zaro parallel gorizontal holatda joylashgan qatlamlardan voz kechib, ularning o’rniga ko’p sonli navbatlashuvchi vertikal sohalar hosil qilinsa, FIK ni 70 % gacha oshirish mumkin bo’ladi.

Xulosa qilib aytganda, Quyosh energetikasida revolyutsion bu taklifning nazariy yechimi ishlab chiqilmoqda. Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, bu ko'rinishdagi quyosh panellarini legirlash yo'li bilan geografik joylashuviga moslab bir liniyadagi ishlab chiqarishda turli diapazonni qamrash mumkin bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Marti A., Luque A. Next generation photovoltaics. — B&Ph.: Institute of physics publishing, 2004. — 344 c
2. К.А.Насыров, Ю.Н.Новиков В.А.Гриценко Письма в ЖЭТФ 77, 455(2003).
3. Томас Л. Флойд Т. Л. *Цифровая электроника*. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 896 с.
4. Texas Instruments. *74HC595 Shift Register Datasheet*. — Texas Instruments, 2020.
5. N. Romeo, A. Bosio, V. Canevari. Int. J. Solar Energy, 12, 183 (1999).
6. В. В. Ушаков, Ю. В. Клевков // Физика и техника полупроводников. - 2007. - Т. 41, № 2. - С. 140-143 . - ISSN 0015-3222