

QUYOSH ENERGIYASINI ELEKTR ENERGIYASIGA AYLANTIRISH SAMARADORLIGI.

Turaxujayev Anvarxuja Abbosxuja o'g'li

Qo'qon davlat universiteti o'qituvchisi,

Rahimova Mohidil Alisher qizi

Qo'qon davlat universiteti talabasi

e-mail: atoraxojayev@gmail.com

Anotatsiya: *Ushbu maqola texnika oliy ta'lim muassalarid ta'labalarning quyosh elementlar fizikasi faniga bo'lgan qiziqishlarini orttiradi. Talabalarda quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish samaradorligi, yarim o'tkazgichli kristallarning optik va elektrik xususiyatlari, yarim o'tkazgichli quyosh elementlarida optik nurlanishni elektr energiyasiga aylantirish, hamda keng tarqalgan kremniy asosidagi quyosh energiyalarini konstruksiyasi qarama-qarshi turdagi p – va n – materialning bir-biriga yaqin tutashtirishdan hosil bo'lishi, arim o'tkazgich material ichidagi p – va n – tip materiallar orasidagi o'tish sohasi(chegara xududi) elektron- teshik yoki p-n o'tishlarini yaqindan tushunib boradi. Bu esa ta'labalarda texnikaga bo'lgan qiziqishlarini hamda bilimlarini yanada takomillashtiradi.*

Kalit so'zlar: *Quyosh elementlari, Quyosh energiyasi, Quyosh panellari, Yarim o'tkazgichli kristallarning optik va elektrik xususiyatlari, Quyosh elementlari konstruksiyalari, hamda kasbiy tayyorgarlikni shakllantirish.*

KIRISH

Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish samaradorligi bugungi kunda jahon energetika tizimining barqaror rivojlanishini ta'minlashda muhim omillardan biri hisoblanadi, chunki an'anaviy yoqilg'i manbalarining kamayib borishi, ularning narxi oshishi hamda ekologik muammolarning keskinlashuvi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan keng foydalanishni taqozo etmoqda.

Quyosh nurlanishi eng toza va cheksiz energiya manbalaridan biri bo'lib, uni elektr energiyasiga aylantirish asosan fotoelektrik effekt asosida amalga oshiriladi.

Bunda quyosh panellari (fotoelementlar) yordamida yorug'lik energiyasi bevosita elektr tokiga aylantiriladi, ammo ushbu jarayonning samaradorligi bir qator omillarga, jumladan, yarimo'tkazgich materiallarning xossalari, qurilmaning konstruktiv tuzilishi, harorat, quyosh nurlanish intensivligi va tashqi muhit sharoitlariga bog'liq bo'ladi.

Hozirgi kunda ilmiy tadqiqotlar asosan yuqori samaradorlikka ega yangi avlod materiallarini yaratish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish, ko'p qatlamli fotoelementlardan foydalanish va quyosh panellarining ishlash muddatini uzaytirishga qaratilmoqda.

Shu bilan birga, quyosh energetikasining iqtisodiy samaradorligini oshirish, ya'ni ishlab chiqarish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish ham muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Natijada, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish samaradorligini oshirish nafaqat energiya ta'minotini diversifikatsiya qilish, balki ekologik barqarorlikni ta'minlash va "yashil energetika"ni rivojlantirishda ham muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Yarim o'tkazgichli quyosh eleyemyentlarida optik nurlanishni elektr energiyasiga aylantirish.

Fotoelektrik effektga asoslangan yarim o'tkazgichmateriallarda p-n o'tishli tuzilmalardan iborat quyosh elementlari da, ularga tushayotgan Quyosh nuri bevosita elektr energiyasiga aylantiradi. Shuning uchun, quyosh elementlari fotoqabullagich va fotoqarshiliklardan farqli ravishda, tashqi kuchlanish manbaiga muhtoj emas. Bu effekt yuz yildan ortiq vaqt davomida selen va mis oksidining fotoelektrik xususiyatlari sifatida o'rganib kelingan, ammo ularning foydali ish koeffitsiyenti (F.I.K.) 0,5 % oshmagan.

Bu muammoning nisbatan faol yechilishi yarim o'tkazgichmateriallar elektron tuzilishining soha nazariyasi yaratilganidan keyin, materiallarni kirishmalardan tozalash va kirishmalarni nazoratli ravishda kiritish texnologiyasi, hamda p-n o'tishning nazariyasi yaratilishi bilan bog'liqdir.

So'nggi 35 yil davomida energiya manbai sifatida yuqori samarali Si, GaAs, InP, CdTe va ularning qattiq qotishmalari asosida F.I.K. 20-24 % bo'lgan quyosh elementlari yaratildi.

Kaskadli quyosh elementlari larda esa F.I.K. 30 % gacha yetkazildi. Quyosh elementlari konstruksiyalari.

Keng tarqalgan kremniy asosidagi quyosh elementlari lari konstruksiyasi qarama-qarshi turdagi p – va n – materialning bir-biriga yaqin tutashtirishdan hosil qilinadi. Yarim o'tkazgichmaterial ichidagi p – va n – tip materiallar orasidagi o'tish sohasi(chegara xududi) elektron- teshik yoki p-n o'tish deyiladi.

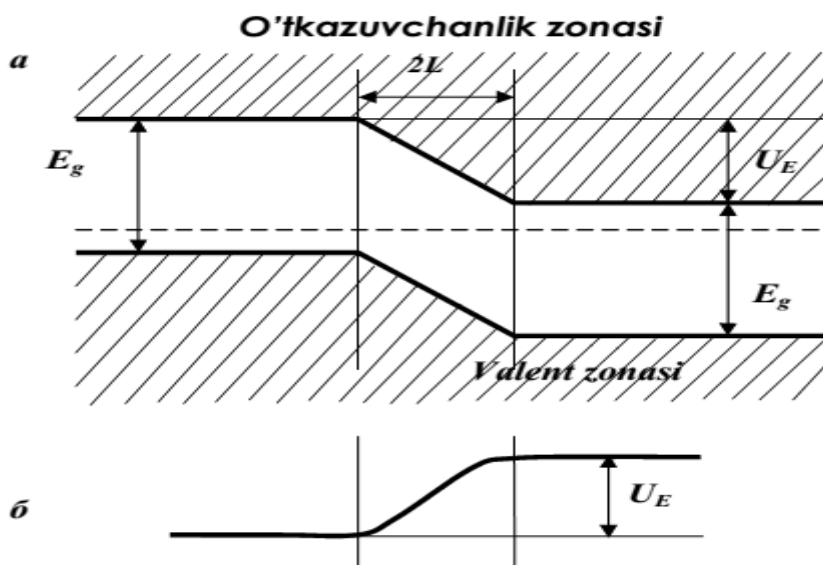
p-n o'tishga diffuziyalangan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar, potensial to'siq bo'lganligi sababli, ikkiga ajratiladi. Ortiqcha hosil bo'lgan (to'siq yordamida ajratilgan) va to'plangan, n-sohadagi elektronlar va p-sohadagi teshiklar p-n o'tishdagi mavjud hajmiy zaryadni kompensatsiya qiladi, ya'ni mavjud bo'lgan elektr maydoniga qarama-qarshi elektr maydonini hosil qiladi.

Yoritilish tufayli tashqi elektrolarda potenciallar ayirmasi hosil bo'lishi bilan birga yoritilmagan p-n o'tishdagi mavjud potensial to'siqning o'zgarishi ro'y beradi.

Hosil bo'lgan fotoEYuK bor bo'lgan potensial to'siq qiymatini kamaytiradi. Bu esa o'z navbatida qarama-qarshi oqimlarning paydo bo'lishini ta'minlaydi, ya'ni elektron qismdan elektronlar oqimini, p-qismdan teshiklar oqimini hosil qiladi.

Bu oqimlar p-n o'tishga qo'yilgan elektr kuchlanishi ta'siri natijasida to'g'ri yo'nalishdagi tok bilan deyarli teng bo'ladi.

Yoritilish jarayoni boshlangan vaqtdan boshlab ortiqcha (muvozanatdagiga nisbatan) zaryadlarning to'planishi (elektronlarning n-sohada va teshiklarning p-sohada) potensial to'siq balandligini kamaytiradi, yoki boshqacha qilib aytganda elektrostatik potensialni pasaytiradi (1-rasmga qarang).



1-rasm. Yoritilmagan p-n o'tishli yarim o'tkazgichda energetik sohalar strukturasi (a), elektrostatik potensial taqsimoti (b). $2L$ – hajmiy zaryad sohasining kengligini, U_E – p- va p- sohalar chegarasidagi muvozanat xol uchun elektrostatik potensial, E_g – man qilingan soha kengligi, shtrixlangan chiziq – muvozanat holi uchun Fermi sathi.

Bu esa o'z navbatida tashqi yuklanmadan oqayotgan tok kuchini oshiradi va qarama-qarshi oqimlar hosil qiluvchi elektronlar va teshiklar oqimini p-n o'tish orqali o'tishini ta'minlaydi. Yorug'lik tufayli hosil bo'lgan ortiqcha juftliklar soni p-n o'tish yoki tashqi yuklanma orqali ketayotgan juftliklar soniga teng bo'lganda statsionar muvozanat hosil bo'ladi. Odatda bu hol yoritilish jarayonining mingdan bir soniyasi davomida ro'y beradi.

Quyosh elementlari qisqa tutashuv toki I_{qt} ni, tushayotgan optik nurlanish zichligi va spektral tarkibiga bog'liq holda o'rganish element tuzilmasi ichida bo'layotgan har bir nurlanish kvantining elektr energiyasiga aylanish jarayoni samaradorligi haqida tasavvur hosil qilish imkoniyatini beradi. Ma'lum yorug'lik oqimi zichligi tushayotgan quyosh elementlari uchun quyidagi tenglamani keltirish mumkin.

$$I_{qt}(\lambda) = \frac{I_{qty}(\lambda)}{[1 - r(\lambda)]}$$

bu yerda $I_{qt}(\lambda)$ va $I_{qty}(\lambda)$ – quyosh elementlari qisqa tutashuv tokining qiymati, berilgan intensivlikdagi tushayotgan va yutilgan nurlanish uchun, $r(\lambda)$ - birlamchi qaytish koeffitsiyenti. Keltirilgan uchchala kattaliklar ham bir xil to'lqin uzunligi bo'lgan hol uchun to'g'ridir.

Quyosh elementlari ni tahlil qilish va sifatini baholash uchun uning I_{qt} tokining spektral xarakteristikasini yutilgan har bir kvant nur uchun hisoblash o'ta muhimdir. Bu kattalikni quyosh elementining effektiv kvant chiqishi deyiladi va quyosh elementlari_{ff}

bilan belgilanadi. Agar N_0 – Yarim o'tkazgich material sirtining birlik yuzasiga tushayotgan kvantlar soni bo'lsa, u holda

$$\text{Quyosh elementlari}_{ff} = I_{qt} / N_0 \quad (4)$$

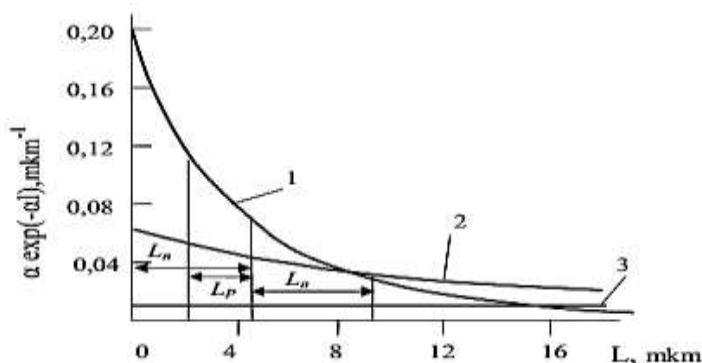
bo'ladi, bu yerda I_{qt} elek/soniya da o'lchanadi, va quyosh elementlari_{ff} elek/kvant (foton) larda olinishi kerak.

Quyosh elementlari effektiv kvant chiqishi ikki parametrga bog'liq bo'lib, u

$$\text{Quyosh elementlari}_{ff} = \beta \gamma \quad (5)$$

Kabi ifodalanadi. β -ichki fotoeffektning kvant chiqishidir. Bu kattalik har bir yutilgan kvant uchun fotoionizatsiya jarayonida Yarim o'tkazgichida hosil bo'ladigan elektron-teshik juftliklarni ko'rsatadi. γ – p-n o'tish potensial to'siqning tok tashuvchilarni yig'ish (jamlash) koeffitsiyentidir. Boshqachasiga aytganda tok tashuvchilarning ajratish koeffitsiyenti ham deyiladi. Bu koeffitsiyent optik nurlanish yordamida hosil bo'lgan umumiy juftliklardan qancha qismi qisqa tutashuv tokida ishtirok etishini ko'rsatadi. Tashqi o'lchash asbobi ulangan hol uchun, $\beta=1$ bo'lsa, har bir kvant bitta juftlik hosil qila olishini ko'rsatadi.

Har xil to'lqin uzunlikka ega bo'lgan optik nurlanish, materialda har xil chuqurlikka kira oladi (kvantlarning chuqurlikka kirish qobiliyati ularning energiyasiga bog'liqdir). Yarim o'tkazgich materiallarda yutilgan kvantlar hisobiga hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklar materialda fazoviy taqsimot hosil qiladi. (2-rasm).

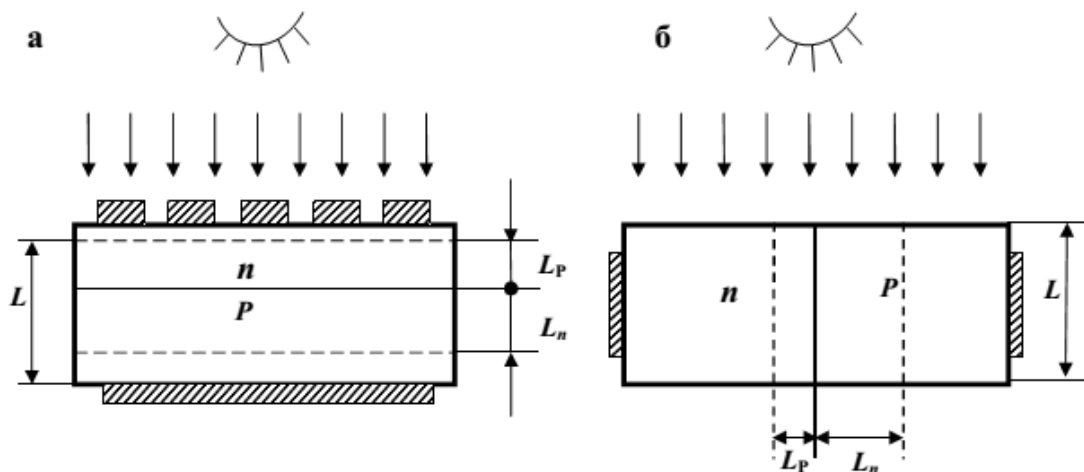


2-rasm

Har xil to'lqin uzunlikka ega bo'lgan nurlanishning kremniy asosidagi p-n o'tishga perpendikulyar tushgan hol uchun hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklarining taqsimlanishi.

Hosil bo'lgan juftliklarning keyingi taqdiri yarim o'tkazgich materiallarning diffuzion yo'li uzunligiga bog'liqdir. Agar bu parametr kattaligi yetarlicha bo'lsa, u holda nurlanish tufayli hosil bo'lgan ortiqcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar faqat diffuziya jarayoni tufayli p-n o'tishga kelib uning elektr maydoni orqali ajratilishi mumkin. Optik nurlanishni aylantirilishi jarayonida muhim rolni elektronlarning diffuziya yo'li uzunligi (L_p) va p-n o'tish chuqurligi (ℓ) o'ynaydi, chunki hosil bo'layotgan va ajratilishi kerak bo'lgan juftliklar ularga bog'liqdir.

Optik nurlanishning yarim o'tkazgich materialga tushish yo'nalishiga qarab p-n o'tish konstruksiyasining ikki xili mavjud va ularni quyidagi 9- rasmda keltirilgan holi uchun ko'rib o'tamiz.



3-rasm. Yarim o'tkazgichli kristalda p-n o'tishlarning joylashish sxemalariga qarab (a) perpendikulyar va (b) parallel p-n o'tish tekisligi uchun optik nurlanishning tushishi. L_n, L_p – p- va n- sohalarda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunliklari; ℓ - yarim o'tkazgichda nurlanishning kirish chegarasi; shtrixlangan sohalar p- va n- sohalaridagi metall kontaktlarning ko'rinishi.

1-hol. Optik nurlanish yo'nalishiga p-n o'tish perpendikulyar joylashgan hol. Optik nurlanish qalinligi ℓ ga teng bo'lgan Yarim o'tkazgichmaterialning butunlay oxirigacha kiradi.

2-hol. Optik nurlanish yo'nalishiga p-n o'tish parallel joylahgan hol. Nurlanish kengligi d ga teng bo'lgan tuzilmaga tushadi.

Perpendikulyar va parallel joylashgan p-n o'tishlar uchun yig'ish (jamlash) koeffitsiyenti quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi.

$$\gamma = (L_n + L_p) / \ell \quad (6) \quad \text{va} \quad \gamma = (L_p + L_n) / d \quad (7)$$

bu yerda, L_n va L_p – mos arvishda elektron va teshiklarning diffuziya yo'li uzunligi.

Birinchi qarashda p-n o'tishning parallel joylashishi afzalroq ko'rinadi. Chunki hosil bo'lgan zaryad juftliklarini to'raligicha yig'ish va ajratish uchun Yarim o'tkazgichmaterial qalinligiga va p-n o'tishga nisbatan ularning taqsimlanishi muhimdir. Yarim o'tkazgichida juftliklarning material chuqurligiga nisbatan bir tekis hosil bo'lishi ularning p-n o'tish tomon diffuziya hodisasi orqali ajratilish jarayoni uchun o'ta muhimdir. Shuning uchun, ko'p p-n o'tishlarga ega bo'lgan quyosh elementlarida (fotovoltlap-ko'p sonli mikro quyosh elementlaridan iboratlarda), ularning p-n o'tishlari tushayotgan optik nurlanishga parallel joylashtiriladi. Optik nurlanishning uzun to'lqinli qismida, bu konstruktsiya zaryad tashuvchilarning yig'ishning yuqori samaradorligiga ega bo'ladi, hamda bir birlik yuzadan katta miqdordagi fotoEYuK olishga imkon yaratadi.

Takidlash lozimki, nisbatan kichkina o'lchamli parallel joylashgan p-n o'tishlarga ega bo'lgan mikro quyosh elementlarida rekombinatsiya hodisasining perpendikulyar joylashgan p-n o'tishlarga nisbatan kattaligi nazariy va amaliy jihatdan aniqlandi. Shuning uchun, bu turdagi quyosh elementlarining quyosh nurlanishiga qaratilgan yuzasida qisqa to'lqinli nurlar spektral effektivligini oshirish uchun, qo'shimcha

kirishmalar kiritilgan teskari tipdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qo'shimcha yupqa qatlam hosil qilish maqsadga muvofiqdir. Ya'ni, yana qisman perpendikulyar konstruksiya elementiga qaytish maqsadga muvofiqdir.

Parallel joylashgan p-n o'tishli quyosh elementlarida hosil bo'lgan elektron-teshik juftliklar konsentratsiyasi (M) material yuzasidan ichkarisiga qarab o'zgaradi. Perpendikulyar joylashgan p-n o'tishli quyosh elementlari konstruksiyasi uchun esa n-turdagi material uchun ham p-tipdagi uchun ham hosil bo'layotgan juftliklarning aksariyati p-n o'tishga yaqin joyda hosil bo'ladi. Hosil bo'ladigan elektron-teshik juftliklar birlik chuqurlikda quyidagi tenglama orqali aniqlanadi.

$$M = N_0 \alpha \exp(-\alpha \ell) \quad (8)$$

bu yerda, N_0 -bir birlik yuzaga tushayotgan kvantlar soni. Juftliklar soni, ichkariga qarab kamayib boradi. Ularning sonini Yarim o'tkazgich materialda yutilishi mumkin bo'lgan sohada α (E) ni aniqlash mumkin. Kremniy uchun natijasi, bir necha qiymatga ega bo'lgan to'lqin uzunliklaridagi hisoblashlar n- va p-turdagi materiallardagi zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunliklari sohalarini, p-n o'tish perpendikulyar bo'lgan hol uchun zaryad tashuvchilar jamlash jarayonini baholash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Аношин Ю. А. Тонкопленочные солнечные элементы с КПД свыше 21%. // Экспресс-информация. «Электроника», 1991, № 5, с. 7 - 9.
2. Аут И., Генцов Д., Герман К. Фотоэлектрические явления. — М.: Мир, 1980.
3. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. — М.: ИЛ, 1962.
4. Лашкарев В. Е., Любченко А. В., Шейнкман М. К. Неравновесные процессы в фотопроводниках. — Киев: Наукова думка, 1981.
5. Любченко А. В., Сальков Е. А., Сизов Ф. Ф. Физические основы полупроводниковой инфракрасной фотоэлектроники. — Киев: Наукова думка, 1984.
6. Преобразование солнечной энергии. Вопросы физики твердого тела. / Под ред. Б. Серафина. — М.: Энергоиздат, 1982.
7. Роуз А. Основы теории фотопроводимости. — М.: Мир, 1966.
8. Abbasxuja o'g'li T. A. et al. OPTIK TOLALAR VA ULARNING FIZIK PARAMETRLARINI TELEKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARIDAGI ROLI //Новости образования: исследование в XXI веке. – 2025. – Т. 4. – №. 40. – С. 512-517.
9. O'G'Li T. A. A. TA'LIM JARAYONIDA FIZIKA FANINI INTEGRATIV YONDASHUVI, HAMDA FANLARARO BOG 'LIKNI QO 'LLASHNING PEDAGOGIK ASOSLARI //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 23. – С. 176-182.
10. O'G'Li, Turaxujayev Anvarxuja Abbasxuja. "TA'LIM JARAYONIDA FIZIKA FANINI INTEGRATIV YONDASHUVI, HAMDA FANLARARO BOG 'LIKNI QO 'LLASHNING PEDAGOGIK ASOSLARI." Science and innovation 3.Special Issue 23 (2024): 176-182.

11. Xujanov E. et al. TEXNIKA OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA FIZIKA O'QITISH METODIKASINI INTEGRATIV YONDASHUV ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. Special Issue 23. – С. 145-149.

12. Тачилин С. А. и др. СОЗДАНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ ДЛЯ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ //Малая энергетика: проблемы, задачи и перспективы. – 2023. – С. 117-121.

13. Тачилин, С. А., Ибодуллаев, Ш. Н., Турахужаев, А. А., & Назаров, М. М. (2023). СОЗДАНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ ДЛЯ ФОТОЭНЕРГЕТИКИ. In Малая энергетика: проблемы, задачи и перспективы (pp. 117-121).