



EOC
EUROASIAN
ONLINE
CONFERENCES

GERMANY

CONFERENCE

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SCIENCE, ENGINEERING AND
TECHNOLOGY**



Google Scholar

zenodo

OpenAIRE

doi = digital object
identifier

eoconf.com - from 2024

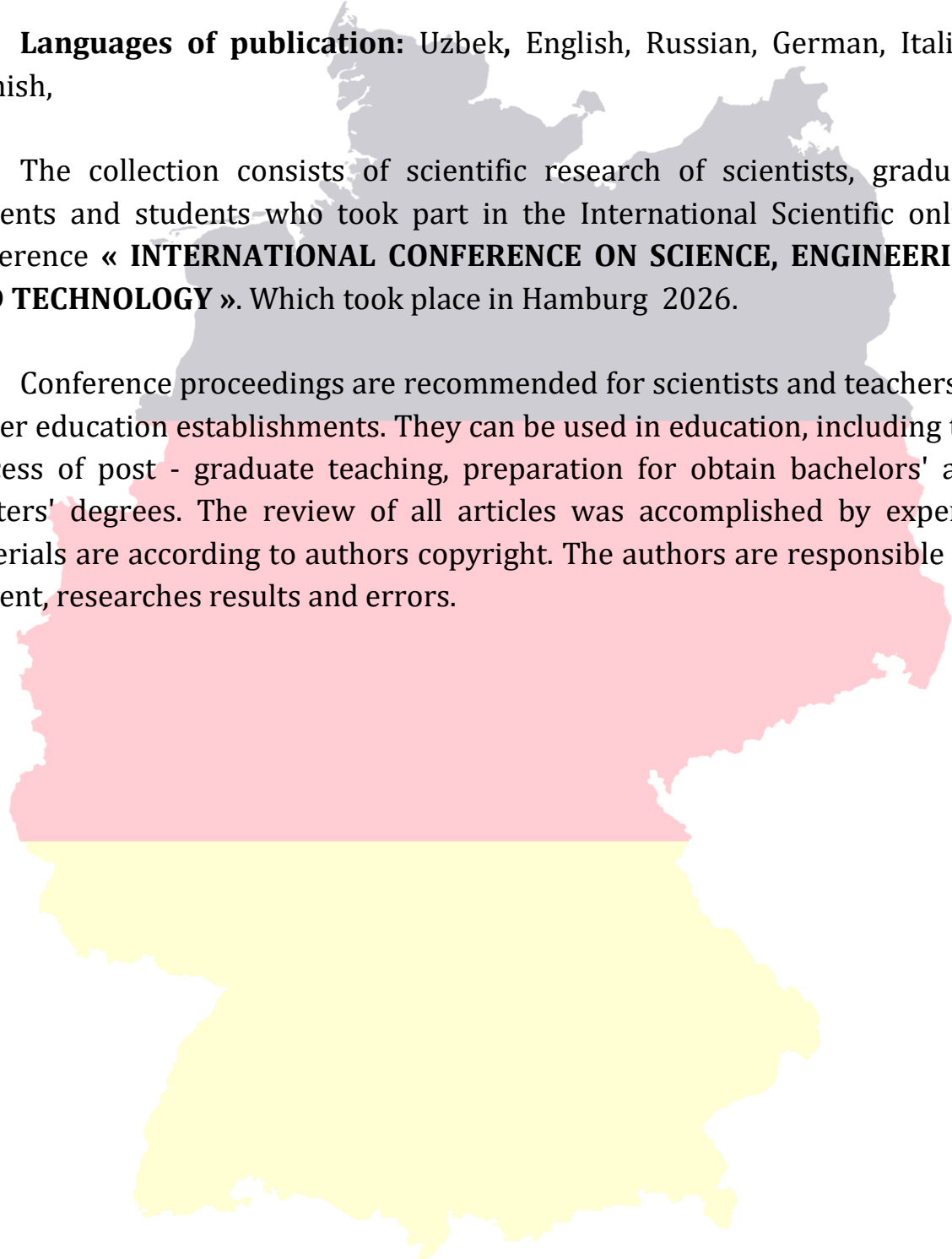


INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY:
a collection scientific works of the International scientific conference –
Hamburg, Germany, 2026 Issue 5

Languages of publication: Uzbek, English, Russian, German, Italian,
Spanish,

The collection consists of scientific research of scientists, graduate students and students who took part in the International Scientific online conference « **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY** ». Which took place in Hamburg 2026.

Conference proceedings are recommended for scientists and teachers in higher education establishments. They can be used in education, including the process of post - graduate teaching, preparation for obtain bachelors' and masters' degrees. The review of all articles was accomplished by experts, materials are according to authors copyright. The authors are responsible for content, researches results and errors.





YUPQA QATLAMLI TIZIMLARDA P–N O‘TISH, REKOMBINATSIYA VA ENERGETIK ZONALARNING ROLI.

Ilmiy ish rahbar: Atajonov Muhiddin

Andijon davlat texnika instituti talabasi

Tashlanov Xondamir Qudratbek o‘g‘li

Muqobil energiya manbalari yo‘nalishi 4-kurs

E-mail: xondamirtashlanov4@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada yupqa qatlamli yarimo‘tkazgichlarda p–n o‘tishlar, rekombinatsiya jarayonlari va energetik zonalarning roli tahlil qilinadi. Yupqa qatlamli p–n o‘tishlar elektron va teshiklarning oqimini boshqaruvchi markaziy element bo‘lib, qurilmaning tok–volta xususiyatlari va energiya samaradorligini belgilaydi. Rekombinatsiya jarayonlari elektron–teshik juftliklarining birlashishidan energiya chiqarilishiga olib keladi, bu LED va fotovoltaik elementlarda muhim ahamiyatga ega. Energetik zonalar esa elektron transporti va yorug‘lik so‘rilishi jarayonlarini tartibga soladi. Maqola ushbu jarayonlarning o‘zaro ta’siri va yupqa qatlamli tizimlar samaradorligiga ta’sirini ko‘rsatadi.

Аннотация: В данной статье анализируется роль p–n переходов, процессов рекомбинации и энергетических зон в тонкопленочных полупроводниках. Тонкопленочные p–n переходы являются центральным элементом, управляющим потоком электронов и дырок, определяющим ток–напряжение и энергетическую эффективность устройства. Процессы рекомбинации приводят к выделению энергии при соединении электрон–дырочной пары, что имеет важное значение для светодиодов и фотопанелей. Энергетические зоны регулируют транспорт электронов и процессы поглощения света. Статья демонстрирует взаимное влияние этих процессов и их роль в повышении эффективности тонкопленочных систем.

Abstract: This article analyzes the role of p–n junctions, recombination processes, and energy bands in thin-film semiconductors. Thin-film p–n junctions act as a central element controlling the flow of electrons and holes, determining the device’s current–voltage characteristics and energy efficiency. Recombination processes lead to energy release when electron–hole pairs combine, which is crucial for LEDs and photovoltaic cells. Energy bands regulate electron transport and light absorption processes. The article demonstrates the interrelation of these processes and their impact on the efficiency of thin-film systems.

Kalit so‘zlar: Yupqa qatlamli yarimo‘tkazgichlar, p–n o‘tish, rekombinatsiya, energetik zonalar, LED, fotovoltaik elementlar.

Ключевые слова: Тонкопленочные полупроводники, p–n переход, рекомбинация, энергетические зоны, светодиоды, фотопанели.

Keywords: Thin-film semiconductors, p–n junction, recombination, energy bands, LEDs, photovoltaic cells.

Kirish. Yupqa qatlamli yarimo'tkazgichlar zamonaviy elektronika va fotonika sohasida muhim o'rin egallaydi va ularning roli so'nggi yillarda sezilarli darajada ortdi. An'anaviy bulk yarimo'tkazgichlarga nisbatan, yupqa qatlamli tizimlar kichik qalinligi, engil vazni va yuqori integratsiya imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli, ular ko'plab zamonaviy qurilmalarda, jumladan quyosh panellari, LEDlar, sensorlar, displey texnologiyalari va turli optoelektronika tizimlarida keng qo'llaniladi. Yupqa qatlamlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ularning qalinligi nanometr yoki mikrometr darajasida bo'lib, bu esa elektron va teshiklarning harakatini aniq boshqarishga imkon yaratadi. Natijada, ushbu tizimlar kichik o'lchamga ega bo'lishiga qaramay, yuqori samaradorlik va ishonchlikni ta'minlay oladi.

Yupqa qatlamli p-n o'tishlar — yarimo'tkazgichning N-tip va P-tip qatlamlari orasidagi hudud bo'lib, elektronlar va teshiklarning oqimini boshqaradi. Ushbu hudud qurilmaning tok-volta xususiyatlarini belgilovchi markaziy element hisoblanadi. P-n o'tishlarda hosil bo'ladigan elektr maydon elektron va teshiklarning diffuziya va drift jarayonlarini tartibga soladi. Natijada, elektronlar faqat kerakli yo'nalishda harakat qiladi va qurilmada ortiqcha yo'qotishlar yuz bermaydi. P-n o'tishlarning sifatli ishlashi qurilmaning energiya samaradorligini oshiradi, elektr toki yo'nalishini aniq nazorat qilish imkonini beradi va qurilmaning ishlash muddatini uzaytiradi. Shu bilan birga, p-n o'tishlar yorug'lik chiqarish yoki qabul qilish kabi optoelektronika jarayonlarida ham muhim rol o'ynaydi.

Rekombinatsiya jarayoni ham yupqa qatlamli tizimlarning ishlashida markaziy o'rin tutadi. Rekombinatsiya — bu elektronlar va teshiklarning birlashib, energiya chiqarish jarayoni bo'lib, u yorug'lik yoki issiqlik shaklida namoyon bo'ladi. LEDlarda bu jarayon yorug'lik hosil qilsa, fotovoltaik elementlarda esa u tok hosil bo'lishini cheklovchi omil sifatida namoyon bo'ladi. Yupqa qatlamlarda sirt va interfeys effektlari rekombinatsiya tezligiga katta ta'sir ko'rsatadi: sirt defektlari elektron-teshik juftliklarini tezroq yo'q qilishi mumkin, bu esa qurilmaning samaradorligini pasaytiradi, yoki, aksincha, maxsus passivatsiya qatlamlari yordamida rekombinatsiya sekinlashtiriladi va energiya yo'qotishlari kamaytiriladi. Shu sababli, yuqori sifatli qurilmalarda rekombinatsiya jarayonini boshqarish va sirtni optimallashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Energetik zonalar tushunchasi ham yupqa qatlamli yarimo'tkazgich tizimlarini tushunishda muhim ahamiyatga ega. Har bir yarimo'tkazgichda valent zonasi va konduksiya zonasi mavjud bo'lib, ular orasidagi bandgap elektronlarning harakatini va p-n o'tish xususiyatlarini belgilaydi. Bandgapning kattaligi materialning optik va elektr xususiyatlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Yupqa qatlamli tizimlarda zonalarning shakli va energiya farqlari elektronlar va teshiklarning oqimini, yorug'likni so'rilishi va chiqarilishini tartibga soladi. Masalan, fotovoltaik elementlarda optimal bandgap energiya samaradorligini oshiradi, LEDlarda esa yorug'lik chiqishi kuchayadi. Shuningdek, yupqa qatlamli qurilmalarda sirt va interfeys defektlari energetik zonalarning lokal o'zgarishiga



sabab bo'lib, elektron transporti va rekombinatsiya jarayonlarini yanada murakkablashtiradi.

Umuman olganda, kirish bo'limida qayd etilganidek, yupqa qatlamli p–n o'tishlar, rekombinatsiya jarayonlari va energetik zonalar birgalikda elektron va optoelektronika qurilmalarining samaradorligini belgilovchi markaziy mexanizm hisoblanadi. Ushbu maqolada ushbu jarayonlarning o'zaro ta'siri, qurilmalardagi amaliy ahamiyati va kelajakdagi istiqbollari batafsil tahlil qilinadi.

Yupqa qatlamli p–n o'tishlar. Yupqa qatlamli p–n o'tishlar yarimo'tkazgich qurilmalarining eng muhim va asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. Ushbu o'tishlar N-tip va P-tip qatlamlarning kontakt hududida hosil bo'lib, elektronlar va teshiklarning oqimini tartibga soladi, shu orqali qurilmaning ishlash xususiyatlarini belgilaydi. Yupqa qatlamlarda qatlamlarning qalinligi odatda nanometr yoki mikrometr darajasida bo'lib, bu o'tishning elektr, optik va termal xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Qalinligi kichik bo'lgan qatlamlar yuqori elektr maydonini hosil qiladi, bu esa elektron va teshiklarning tezroq harakatlanishiga imkon beradi, shuningdek, qurilmaning javob tezligini oshiradi. Shu sababli, yupqa qatlamli p–n o'tishlar nafaqat kichik o'lcham, balki yuqori samaradorlikni ta'minlash imkoniyatiga ega.

O'tish hududidagi zaryadlarning taqsimlanishi, ya'ni debyun zonasi, qurilmaning tok–volta munosabatlarini belgilovchi eng muhim parametr sifatida namoyon bo'ladi. Debyun zonasi N-tip va P-tip qatlamlardagi donor va akseptor atomlar konsentratsiyasiga bog'liq ravishda hosil bo'ladi. Yupqa qatlamli tizimlarda qalin qatlamlar bilan solishtirganda debyun zonasi nisbatan kengroq bo'lishi mumkin, bu esa elektron va teshiklarning diffuziya jarayonlarini o'zgartiradi va o'tish hududidagi elektr maydonining taqsimlanishiga ta'sir ko'rsatadi. Natijada, elektronlar va teshiklar aniq boshqariladi, ortiqcha yo'qotishlar kamayadi va qurilmaning samaradorligi oshadi [M. Ibroximova, M. Atajonov].

Yupqa qatlamli p–n o'tishlar turli qurilmalarda keng qo'llaniladi, jumladan LEDlar, fotovoltaik panellar, sensorlar va boshqa optoelektronika tizimlarida. LEDlarda o'tish hududida elektronlar va teshiklarning rekombinatsiyasi natijasida yorug'lik chiqariladi, bu jarayon yorug'lik chastotasi va rangini aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Fotovoltaik elementlarda esa yorug'lik ta'sirida elektronlar va teshiklar ajraladi va tok hosil bo'ladi, shu orqali energiya samaradorligi aniqlanadi. Shu sababli, p–n o'tishning material tanlovi, dopantlar turi, qalinligi va interfeys sifati qurilmaning ishlash xususiyatlarini bevosita belgilaydi.

Bundan tashqari, yupqa qatlamli p–n o'tishlarda yuzaga keladigan sirt effektlari va interfeys kamchiliklari elektron oqimini cheklashi yoki kuchaytirishi mumkin. Sirt defektlari va noaniq interfeyslar elektron va teshiklarning rekombinatsiyasini osonlashtiradi, bu esa yorug'lik chiqarish samaradorligini kamaytiradi yoki fotovoltaik qurilmalarda energiya yo'qotilishiga olib keladi. Shu bois, yuqori sifatli yupqa qatlamli qurilmalar ishlab chiqarishda qatlamlar orasidagi



interfeyslarni optimallashtirish, defektlarni kamaytirish va passivatsiya qatlamlarini qo'llash muhim hisoblanadi. Bundan tashqari, materiallar orasidagi toza va izchil kontaktlar elektron transportini barqaror qiladi, bu esa qurilmaning uzoq muddatli ishlashiga yordam beradi.

Umuman olganda, yupqa qatlamli p–n o'tishlar elektron transporti, energiya samaradorligi va qurilmaning ishlash xususiyatlarini belgilovchi markaziy element hisoblanadi. Ularning tuzilishi, qalinligi, material tanlovi va interfeys sifati qurilmalarning samaradorligi, ishlash tezligi va ishonchligini aniqlaydi. Keyingi bo'limda esa ushbu o'tishlarda sodir bo'ladigan rekombinatsiya jarayonlari va ularning qurilmalarga ta'siri batafsil tahlil qilinadi.

Rekombinatsiya — elektronlar va teshiklarning birlashib, energiya chiqarish jarayoni bo'lib, yarimo'tkazgich qurilmalarning ishlashiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Yupqa qatlamli tizimlarda rekombinatsiya jarayoni qurilmaning samaradorligini aniqlashda muhim rol o'ynaydi, chunki elektron–teshik juftliklari vaqtidan oldin yo'q bo'lsa, energiya samaradorligi pasayadi.

Rekombinatsiyaning ikki asosiy turi mavjud: radiatsion va noradiatsion. Radiatsion rekombinatsiyada elektron va teshik birlashganda energiya foton shaklida chiqariladi, bu jarayon LED va optoelektronika qurilmalarida yorug'lik hosil bo'lishini ta'minlaydi. Noradiatsion rekombinatsiyada esa energiya issiqlik shaklida chiqariladi va bu asosan samaradorlikni kamaytiradi, chunki energiya foydali ishga aylanmaydi [3, N. Mirzaalimov, A. Mirzaalimov, R. Aliev].

Yupqa qatlamli tizimlarda rekombinatsiya jarayoniga sirt va interfeys effektlari katta ta'sir ko'rsatadi. Qalin qatlamlarga nisbatan yupqa qatlamlarda sirt defektlari nisbatan ko'proq bo'lishi mumkin, bu elektron va teshiklarning rekombinatsiya tezligini oshiradi. Shu sababli, yuqori sifatli yupqa qatlamli qurilmalar ishlab chiqarishda sirt passivatsiyasi va interfeyslarni optimallashtirish muhim hisoblanadi.

Shuningdek, rekombinatsiya tezligi qurilmaning qalinligiga, dopantlar konsentratsiyasiga va elektr maydonining mavjudligiga bog'liq. Masalan, fotovoltaik elementlarda ortiqcha rekombinatsiya quyoshdan olingan energiyaning tokga aylanishini kamaytiradi, LEDlarda esa yorug'lik chiqishini pasaytiradi. Shu sababli, rekombinatsiya jarayonini boshqarish yupqa qatlamli qurilmalarni optimallashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Umuman olganda, rekombinatsiya jarayonlari yupqa qatlamli p–n o'tishlarning samarali ishlashini belgilovchi markaziy mexanizm hisoblanadi. Keyingi bo'limda esa ushbu jarayonda rol o'ynaydigan energetik zonalar va ularning p–n o'tish xususiyatlariga ta'siri tahlil qilinadi.

Energetik zonalar va ularning roli. Energetik zonalar tushunchasi yarimo'tkazgichlarning elektron harakatini va p–n o'tish xususiyatlarini tushunishda markaziy rol o'ynaydi. Har bir yarimo'tkazgichda valent zonasi va konduksiya zonasi mavjud bo'lib, ular orasidagi bandgap (energiya bo'shlig'i)



elektronlar va teshiklarning harakatini belgilaydi. Bandgapning kattaligi materialning optik va elektr xususiyatlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Yupqa qatlamli tizimlarda energetik zonalar dizayni qurilmaning samaradorligini oshirishda muhim hisoblanadi. Masalan, fotovoltaik panellarda quyosh nurlari bilan excitatsiya qilingan elektronlar konduksiya zonasiga o'tadi va tok hosil bo'ladi. Agar bandgap optimal bo'lsa, energiya samaradorligi yuqori bo'ladi; agar bandgap juda kichik yoki katta bo'lsa, energiya yo'qotishlari ortadi.

P–n o'tish hududida energetik zonalar elektronlar va teshiklar oqimini tartibga soluvchi to'sqinlik vazifasini bajaradi. Debyun zonasi ichida energetik zonalar egri chiziq hosil qiladi, bu esa elektronlarni N-tip qatlamdan P-tip qatlama yoki aksincha harakat qilishga majbur qiladi. Shu orqali p–n o'tish o'z tok–volta xususiyatlarini namoyon qiladi va qurilma ishlashini boshqaradi.

Shuningdek, yupqa qatlamli qurilmalarda sirt va interfeys effektlari energetik zonalarning lokal o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin. Bu elektron transporti va rekombinatsiya jarayonlariga ta'sir ko'rsatadi, natijada LEDlarda yorug'lik chiqishi va fotovoltaik elementlarda tok hosil bo'lishi o'zgaradi. Shu sababli, yuqori samaradorlikka erishish uchun energetik zonalarni aniq loyihalash va optimallashtirish muhimdir.

Umuman olganda, energetik zonalar p–n o'tish va rekombinatsiya jarayonlari bilan chambarchas bog'liq bo'lib, yupqa qatlamli yarimo'tkazgich qurilmalarining samarali ishlashini belgilovchi markaziy mexanizmdir. Keyingi bo'limda esa maqola xulosalari va kelajak istiqbollari ko'rib chiqiladi.

Xulosa. Yupqa qatlamli p–n o'tishlar, rekombinatsiya jarayonlari va energetik zonalar birgalikda yarimo'tkazgich qurilmalarining ishlash samaradorligini belgilaydi. Ushbu jarayonlarning o'zaro ta'siri elektron transporti, energiya chiqarilishi va qurilmaning tok–volta xususiyatlarini aniqlaydi. Shu bois, yuqori sifatli yupqa qatlamli qurilmalarni loyihalashda p–n o'tishning tuzilishi, rekombinatsiya tezligi va energetik zonalarni optimallashtirishga alohida e'tibor qaratish lozim.

Kelajakda yangi materiallar va texnologiyalar, masalan, perovskitlar, ikki o'lchovli (2D) materiallar va organik yarimo'tkazgichlar, ushbu jarayonlarni yanada samarali boshqarish imkonini beradi. Ushbu materiallar yorug'likni yuqori samaradorlik bilan so'rish va chiqarish, sirt defektlarini kamaytirish hamda moslashuvchan qurilmalarni yaratish imkoniyatlarini beradi. Shu bilan birga, energiya samaradorligi yuqori LEDlar, fotovoltaik panellar va boshqa optoelektronika tizimlarini ishlab chiqishda katta ahamiyat kasb etadi.

Shu tariqa, yupqa qatlamli tizimlar sohasidagi tadqiqotlar p–n o'tishlar, rekombinatsiya jarayonlari va energetik zonalarning o'zaro ta'sirini chuqurroq tushunishga imkon beradi. Bu esa nafaqat ilmiy nuqtai nazardan, balki amaliy qurilma ishlab chiqarish va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha yangi istiqbollarni ochadi.



FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. S.Q. Axrorov, E.U. Arziqulov, T.U. Toshboev, I. Egamberdiev, “Yupqa pardali quyosh elementlari,” *Axborotnoma*, 2025.
2. M. Ibroximova, M. Atajonov, “Исследование тонких плёнок на основе CIGS с методом осаждения в фотоэлектрических технологиях,” *LUCH*, vol. 40, no. 1, Mart 2025.
3. “Fotoelektrik panellarini tayyorlash texnologiyasi,” *Erus.uz*, 2024.
4. “Innovatsion energetika,” *Tech UrDU*, 31 May 2019, x. materiallar.
5. “Гетероструктурали quyosh fotoelementlari,” *JDPU.uz*, 2023.
6. N. Mirzaalimov, A. Mirzaalimov, R. Aliev, “Усовершенствование оптической эффективности кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии,” *Materials of International Conference “Оптические и фотоэлектрические явления... ”*, Farg‘ona, 2020.
7. “Инновации в энергетике: мировой опыт. Часть 7,” *Respublika O‘zbekistan*, 2025.
8. M. Mirzaalimov, “Kremniy quyosh elementlari asosida 3D formatli fotoelektrik modullarini ishlab chiqish,” *Avtoreferat*, Toshkent, 2023.
9. A.K. Rasulev, M.Y. Kuldaševa, Sh.J. Urazkulova, “Ёритиш технологиясининг ривожланиши ва ёруғлик манбаларини яратишнинг асосий босқичлари,” *Toshkent davlat texnika universiteti*, 2022.
10. “Yupqa qatlamli fotoelementlar yaratish jarayoni,” *Onlayn maqola*, *Hujjat24.uz*, 2024.