ISNN 3030-3907

2025/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

YUPQA PLYONKALI QUYOSH MODULLARI: FIZIKASI, AFZALLIKLARI VA QO‘LLANILISHI

Oripova Dilnoza Karimjon qizi
Andijon davlat texnika instituti Qurilish muhandisligi va elektroenergetika fakulteti 3-kurs K03-23 guruh talabasi
E-mail: oripovad519@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada yupqa plyonkali quyosh modullarining fizik asoslari, tuzilishi, ishlash prinsipi hamda ularning asosiy afzalliklari va qo‘llanilish sohalari tahlil qilinadi. Yupqa qatlamli fotoelektrik materiallar asosida ishlovchi bu modullar kam material sarfi, yuqori harorat va past yorug‘lik sharoitida samarali ishlashi bilan ajralib turadi. Shuningdek, ularning moslashuvchanligi va estetik ko‘rinishi sababli binolarga integratsiyalashgan quyosh tizimlarida keng qo‘llanilishi ko‘rib chiqiladi. Maqolada amorf kremniy, CdTe, CIGS va perovskit kabi materiallarning xususiyatlari, ularning energiya ishlab chiqarish samaradorligi hamda kristalli modullar bilan taqqoslanishi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Yupqa plyonkali quyosh modullari, fotoelektrik effekt, amorf kremniy, CdTe, CIGS, perovskit, p-n o‘tish, quyosh energiyasi, qayta tiklanuvchi energiya, BIPV, moslashuvchan panellar, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье анализируются физические основы, структура, принцип работы, а также основные преимущества и области применения тонкопленочных солнечных модулей. Эти модули, основанные на тонкопленочных фотоэлектрических материалах, характеризуются низким расходом материала, эффективной работой в условиях высоких температур и низкой освещенности. Также рассматривается их широкое применение в интегрированных в здания солнечных системах благодаря их гибкости и эстетичному внешнему виду. В статье обсуждаются свойства таких материалов, как аморфный кремний, CdTe, CIGS и перовскит, их эффективность выработки энергии и их сравнение с кристаллическими модулями.

Ключевые слова: Тонкопленочные солнечные модули, фотоэлектрический эффект, аморфный кремний, CdTe, CIGS, перовскит, p-n-переход, солнечная энергия, возобновляемая энергия, интегрированные в здания солнечные системы, гибкие панели, энергоэффективность.

Abstract. This article analyzes the physical foundations, structure, operating principle, and main advantages and areas of application of thin-film solar modules. These modules, which are based on thin-film photovoltaic materials, are characterized by low material consumption, efficient operation in high temperature and low light conditions. Also, their wide application in building-integrated solar

ISSN 3030-3907

systems due to their flexibility and aesthetic appearance is considered. The article discusses the properties of materials such as amorphous silicon, CdTe, CIGS, and perovskite, their energy generation efficiency, and their comparison with crystalline modules.

Keywords: Thin-film solar modules, photovoltaic effect, amorphous silicon, CdTe, CIGS, perovskite, p-n junction, solar energy, renewable energy, BIPV, flexible panels, energy efficiency.

KIRISH.

Yupqa plyonkali modul ishlab chiqarish uchun kristalli modullarga qaraganda taxminan 10 baravar kam kremniy kerak bo‘ladi. Biroq, hozirgi bozor holati shundayki, ko‘pgina amorf kremniyli yupqa plyonkali modul ishlab chiqarish zavodlarining yopilishi tufayli ular ko‘pincha an'anaviy kristalli quyosh panellariga qaraganda qimmatroq sotiladi. Yupqa plyonkali kremniy modul ishlab chiqarish hozirda umumiy quyosh panellari bozorining bir necha foizini tashkil qiladi. Bular asosan kremniy bo‘lmagan quyosh modullari. Ular binoga integratsiyalashgan quyosh panellari bozorida qo‘llaniladi, ya'ni asl ko‘rinish juda muhim bo‘lgan joyda (yupqa plyonkali modullar rangli oynaga o‘xshaydi). Yuqori haroratlarda yaxshiroq ishlash. Yupqa plyonkali amorf kremniydan tayyorlangan fotovoltaik modullar issiq oylarda ko‘proq elektr energiyasi ishlab chiqaradi, kristalli modullar esa harorat oshishi bilan ularning samaradorligini pasaytiradi [1-2].

Yupqa plyonkali quyosh modullari isitish bilan quvvat yo‘qotilishiga kamroq moyil bo‘ladi, bu yerda kristalli modullar quvvatining 15-20% ni yo‘qotadi. Kam yorug‘lik va tarqoq yorug‘likda yuqori solishtirma hosildorlik. Amorf kremniy modullari yorug‘lik darajasida ishlashi mumkin, bu yerda kristalli modullar energiya ishlab chiqarishni to‘xtatadi, shuning uchun xira va tarqoq quyosh nurida amorf kremniy fotovoltaik modullari mono- va polikristalli kremniy panellariga qaraganda ancha yaxshi ishlaydi. Bulutli va yomg‘irli ob-havoda yupqa plyonkali quyosh panellari kristalli panellarga qaraganda 10-20% ko‘proq energiya ishlab chiqaradi. Binolarga uzluksiz integratsiya qilish imkoniyati (derazalarni almashtirish, oynalar va boshqalar). Ishlab chiqarishdagi nuqsonlar ehtimoli kamroq.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Yupqa plyonkali quyosh modullari.

Amorf modullar uchun ishlab chiqarish jarayoni sodda bo‘lgani uchun, mahsulot nuqsonlarga ancha kamroq moyil bo‘ladi. Kristall quyosh modullari quyosh batareyalarini elektr bilan ulash uchun lehimlash yordamida ishlab chiqariladi. Bu zaif nuqta bo‘lib kelgan va shunday bo‘lib qolmoqda, bu an'anaviy modullar uchun ko‘plab kafolat muammolarini keltirib chiqaradi [3-5].

Yupqa plyonkali quyosh modullari butunlay boshqa masala: modullar deyarli har qanday o‘lchamda shakllantirilishi mumkin, bu esa individual quyosh batareyalarini lehimlash zaruratini yo‘q qiladi. Qisman soyalash ostida kamroq quvvat yo‘qotilishi. Kristall kremniy modullari modullarda hatto kichik soyalash yoki axloqsizlik bilan ham o‘z ish faoliyatini 25% yoki undan ko‘proq yo‘qotadi. Yupqa plyonkali modullar hosildorlikda juda ozgina pasayishni boshdan kechiradi, bu esa modulning butun ishlash muddati davomida sezilarli darajada yaxshi ishlashga olib keladi. Bino jabhasidagi yupqa plyonkali quyosh panellari. Shisha yoki boshqa moslashuvchan, shaffof materiallar amorf modullar uchun substrat sifatida ishlatilishi mumkin. Biroq, ko‘p hollarda modullar oynaga o‘rnatiladi, shisha modullarning orqa qismini himoya qilish uchun ham ishlatiladi. Bu amorf modullarning ikkinchi muhim kamchiligiga olib keladi: ikki oynali oynalardan foydalanish tufayli ularning og‘irligining oshishi (ma'lumki, kristalli modullar

ISSN 3030-3907

odatda orqa tomonida himoya plyonkasiga ega). Amorf modullarning qo‘llanilishi. Amorf modullar quyidagi qo‘llanilishlar uchun tavsiya etiladi:

- odatda bulutli ob-havo bo‘lgan mintaqalarda (diffuz yoki aks ettirilgan yorug‘lik)
- issiq iqlim sharoitida, modullar odatda 50-60 darajadan yuqori haroratgacha qiziydi
- quyosh paneli maydoni va maksimal og‘irligiga cheklovlar bo‘lmasa agar fotovoltaik modullarni binoga birlashtirish kerak bo‘lsa, amorf modullar rangli shishadan deyarli farq qilmaydi. An'anaviy kristalli modullardan farqli o‘laroq, yupqa plyonkali modullar turli xil dizayn va qurilish yechimlari uchun ishlatilishi mumkin. An'anaviy tomga o‘rnatishdan tashqari, bardoshli, zamonaviy va oqlangan amorf kremniy fotovoltaik modullari bino jabhalari uchun alohida elementlar, me'moriy kompozitsiyalar va yechimlar sifatida keng qo‘llaniladi, bu yaqin vaqtgacha imkonsiz deb hisoblangan. Agar qisman modul shaffofligi talab qilinsa, amorf modullar 5 dan 20% gacha shaffoflik bilan ishlab chiqarilishi mumkin [6-8].

Zamonaviy amorf modullar kristalli modullar bilan bir xil degradatsiyani namoyon qiladi. Ishlab chiqaruvchi modulning quvvati 10 yillik faoliyat davomida nominal qiymatning 10% dan ko‘p bo‘lmagan miqdorda va 25 yillik faoliyat davomida 20% dan ko‘p bo‘lmagan miqdorda kamayishini kafolatlaydi. Bu kristalli kremniy modullarining degradatsiyasi va kafolatlariga mos keladi. Yuqorida aytib o‘tilganidek, yupqa plyonkali modullar o‘rnatilgan quvvatning har bir vattiga ko‘proq energiya ishlab chiqaradi. Bu Moskvadagi Yuqori haroratlar institutida turli xil quyosh modullarining uzoq muddatli sinovlari bilan tasdiqlanadi. Sinov natijalari shuni ko‘rsatadiki, yupqa plyonkali modullar Moskvada o‘rnatilgan quvvatning har bir kVtiga yiliga 726 kVt/soat energiya ishlab chiqaradi, an'anaviy monokristalli modullar esa yiliga taxminan 690 kVt/soat energiya ishlab chiqaradi. Yupqa plyonkali quyosh batareyalari fizikasi fotovoltaik effektga asoslangan bo‘lib, unda fotoaktiv materiallarning (CdTe, CIGS, amorf kremniy, perovskitlar) yupqa qatlamlari egiluvchan yoki qattiq substratlarga yotqiziladi. Ular fotonlarni yutish va p-n yoki p-i-n birikmasining ichki elektr maydonidagi zaryadlarni (elektron-teshik juftliklari) ajratish orqali elektr energiyasini ishlab chiqaradi. Yupqa plyonkali quyosh batareyalari fizikasining asosiy jihatlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi: Ishlash printsipi: Quyosh nuridan fotonlar material tomonidan yutiladi, energiyani elektronlarga o‘tkazadi, bu esa elektron-teshik juftliklarini hosil qiladi. p- va n-tipli materiallar orasidagi chegarada yaratilgan o‘rnatilgan maydon bu zaryadlarni ajratib, elektr tokini hosil qiladi. Tuzilishi: Odatda bir nechta qatlamlardan iborat: shaffof o‘tkazuvchan oksid, bufer qatlami, yutuvchi qatlam (p-tip) va orqa kontakt. Yuqori samaradorlik

ISSN 3030-3907

va moslashuvchanlik. Moslashuvchan qurilmalarda ishlatiladi. Perovskitlar: Tez samaradorlikka ega istiqbolli materiallar. Afzalliklari: Yupqa qatlam qalinligi moslashuvchanlikni, material sarfini kamaytiradi va turli sirtlarga qo‘llash imkoniyatini beradi. Yupqa plyonkali hujayralar ko‘pincha qattiq kristalli kremniy panellariga qaraganda pastroq samaradorlikka ega, ammo tarqoq yorug‘lik sharoitida moslashuvchanlik va samaradorlikdan foyda ko‘radi [9-10].

XULOSA. Yupqa plyonkali quyosh modullari zamonaviy fotoelektrik texnologiyalar orasida muhim o‘rin egallab, o‘zining fizik xususiyatlari va amaliy imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ularning asosiy ustunligi kam material sarfi, ishlab chiqarish jarayonining soddaligi hamda turli muhit sharoitlariga moslashuvchanligidadir. Ayniqsa, yuqori harorat va tarqoq yorug‘lik sharoitida samarali ishlashi ularni ko‘plab hududlar uchun qulay energiya manbaiga aylantiradi. Shuningdek, yupqa plyonkali modullarning estetik ko‘rinishi va moslashuvchanligi ularni binolarga integratsiyalashgan tizimlarda keng qo‘llash imkonini beradi. Bu esa zamonaviy arxitektura va energetika integratsiyasini ta’minlaydi. Qisman soyalanish va ifloslanishga nisbatan chidamliligi ham ularning uzoq muddatli samaradorligini oshiradi. Biroq, ularning samaradorligi ayrim hollarda kristalli modullarga nisbatan pastroq bo‘lishi va og‘irlik kabi kamchiliklari mavjud. Shunga qaramay, real ish sharoitlarida yuqori energiya hosildorligi va keng qo‘llanilish imkoniyatlari sababli yupqa plyonkali quyosh modullari kelajakda qayta tiklanuvchi energiya tizimlarining muhim tarkibiy qismi bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. A.X. Qodirov, B.R. To‘rayev – Quyosh energetikasi asoslari. Toshkent: O‘qituvchi, 2019.
2. Sh.R. Xolmatov – Qayta tiklanuvchi energiya manbalari. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
3. M.M. Karimov – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2018.
4. N.A. Toshpo‘latov – Fotoelektrik qurilmalar va ularning ishlash prinsipi. Toshkent, 2021.
5. D.S. Rasulov – Quyosh batareyalari texnologiyasi. Toshkent: Innovatsiya nashriyoti, 2022.
6. I.A. Sobirov – Muqobil energiya manbalari va ulardan foydalanish. Toshkent, 2017.
7. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi – Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bo‘yicha qo‘llanma. Toshkent, 2021.

ISSN 3030-3907

8. Sh.N. Ergashev – Nanotexnologiya va quyosh elementlari. Toshkent: Fan, 2020.
9. B.B. Yo‘ldoshev – Energiya tejamkor texnologiyalar. Toshkent, 2019.
10. R.T. Axmedov – Quyosh panellari va ularning samaradorligi. Toshkent, 2022.

ISSN 3030-3907