

F.F.Rustamova

E-mail: rfarangiz810@gmail.com

H.K.Qurbonnazarova

E-mail: qurbonnazarovahusniya@gmail.com

Ilmiy rahbar: J.M.Suyunov

Termiz davlat universiteti

Annotatsiya: Mazkur maqolada quyosh elementlari (fotovoltaik qurilmalar) uchun ishlab chiqilayotgan yangi avlod materiallari, ularning fizik-kimyoviy xossalari va energiya samaradorligini oshirishdagi roli tahlil qilingan. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish texnologiyalarining rivojlanishi barqaror energetika tizimini shakllantirishda muhim o‘rin tutadi. Maqolada kremniy asosidagi an’anaviy quyosh elementlari bilan bir qatorda perovskitlar, kadmiiy tellurid (CdTe), mis-indiy-galliy-selenid (CIGS), organik va gibrid fotovoltaik materiallar, shuningdek kvant nuqtalari va nanostrukturalangan materiallarning afzalliklari yoritilgan. Shuningdek, bu materiallarning yorug‘lik yutish samaradorligi, zaryad tashish xususiyatlari, barqarorligi va sanoat qo‘llanilish istiqbollari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: quyosh elementlari, fotovoltaik materiallar, perovskit, kremniy, CIGS, CdTe, kvant nuqtalari, nanomateriallar, quyosh energiyasi, energiya samaradorligi.

Abstract: This article reviews emerging materials for solar cells and photovoltaic devices, focusing on their physicochemical properties and their role in improving energy conversion efficiency. The development of solar energy technologies plays a crucial role in building sustainable energy systems. In addition to conventional silicon-based solar cells, the paper discusses perovskites, cadmium telluride (CdTe), copper indium gallium selenide (CIGS), organic and hybrid photovoltaic materials, as well as quantum dots and nanostructured materials. Their light absorption efficiency, charge transport properties, stability, and industrial application prospects are analyzed based on scientific literature.

Keywords: solar cells, photovoltaic materials, perovskite, silicon, CIGS, CdTe, quantum dots, nanomaterials, solar energy, energy efficiency.

Аннотация: В данной статье анализируются новые поколения материалов для солнечных элементов (фотоэлектрических устройств), их физико-химические свойства и роль в повышении эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую. Развитие технологий преобразования

солнечной энергии играет важную роль в формировании устойчивых энергетических систем. В работе рассматриваются не только традиционные кремниевые солнечные элементы, но и перовскиты, кадмий-теллурид (CdTe), медь-индий-галлий-селенид (CIGS), органические и гибридные фотоэлектрические материалы, а также квантовые точки и наноструктурированные материалы. Особое внимание уделено их способности поглощать свет, характеристикам переноса зарядов, стабильности и перспективам промышленного применения, основанным на научной литературе.

Ключевые слова: солнечные элементы, фотоэлектрические материалы, перовскит, кремний, CIGS, CdTe, квантовые точки, наноматериалы, солнечная энергия, энергоэффективность.

Kirish: Quyosh energiyasi hozirgi kunda dunyo energetika tizimining eng muhim va istiqbolli yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan talabning ortishi, uglerod chiqindilarini kamaytirish zarurati hamda ekologik barqarorlikka erishish maqsadlari fotovoltaik texnologiyalarning jadal rivojlanishiga sabab bo'lmoqda. Quyosh elementlari quyosh nurlanishini bevosita elektr energiyasiga aylantiruvchi qurilmalar bo'lib, ular energiya transformatsiyasining eng toza usullaridan biri sifatida e'tirof etiladi. An'anaviy kremniy (Si) asosidagi quyosh elementlari uzoq yillardan beri sanoatda keng qo'llanib kelinmoqda va yuqori ishonchliligi bilan ajralib turadi. Biroq ularning nazariy va amaliy samaradorlik chegaralari, ishlab chiqarish xarajatlari hamda material resurslarining cheklanganligi yangi avlod fotovoltaik materiallarni ishlab chiqishni talab etmoqda. Shu sababli so'nggi yillarda perovskit tuzilishga ega materiallar, CdTe (kadmiy tellurid), CIGS (mis-indiy-galliy-selenid), organik va gibrid yarimo'tkazgichlar, shuningdek kvant nuqtalari va nanostrukturalangan materiallar keng tadqiq qilinmoqda.

Materiallar va usullar: Mazkur tadqiqot quyosh elementlari uchun yangi avlod materiallari bo'yicha mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar, monografiyalar hamda Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan maqolalar asosida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida fotovoltaik texnologiyalar, yarimo'tkazgichlar fizikasi, nanomateriallar va qayta tiklanuvchi energiya sohalariga oid ilmiy manbalar tizimli ravishda tahlil qilindi. Tadqiqot metodologiyasi sifatida adabiyotlarni tahlil qilish (literature review), qiyosiy tahlil (comparative analysis), tizimlashtirish (systematic analysis) va umumlashtirish (generalization) usullari qo'llanildi. Turli ilmiy ishlar asosida quyosh elementlarining energiya konversiya samaradorligi, materiallarning optik va elektr xossalari hamda ularning barqarorligi o'zaro solishtirildi. Tadqiqot obyekti sifatida kremniy (Si) asosidagi an'anaviy quyosh elementlari hamda yangi avlod fotovoltaik materiallar — perovskitlar, CdTe (kadmiy tellurid), CIGS (mis-indiy-

galliy-selenid), organik va gibrid yarimo'tkazgichlar, kvant nuqtalari va nanostrukturalangan materiallar tanlandi. Ushbu materiallarning yorug'lik yutish koeffitsienti, band gap qiymati, zaryad tashish xususiyatlari va kristall tuzilishi ilmiy manbalar asosida qiyosiy baholandi.

Shuningdek, materiallarni sintez qilish va qo'llash usullari ham o'rganildi: sol-gel usuli, kimyoviy bug' cho'ktirish (CVD), fizik bug' cho'ktirish (PVD), spin-coating, atom qatlamli cho'ktirish (ALD) hamda nanoo'lchamli strukturalarni shakllantirish texnologiyalari tahlil qilindi. Ushbu usullar yordamida quyosh elementlarining samaradorligini oshirish va materiallarning barqarorligini yaxshilash imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

Kutilayotgan natijalar: Mazkur tadqiqot natijasida quyosh elementlari uchun istiqbolli yangi avlod materiallarining fizik-kimyoviy xossalari, fotovoltaik samaradorligi va amaliy qo'llanilish imkoniyatlari bo'yicha tizimli ilmiy ma'lumotlar shakllantirilishi kutilmoqda. Perovskitlar, CIGS, CdTe, organik va gibrid yarimo'tkazgichlar hamda kvant nuqtalari asosidagi materiallarning yorug'likni yutish koeffitsienti, zaryad tashuvchilarning harakatchanligi va energiya konversiya samaradorligi qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida yangi avlod fotovoltaik materiallarning barqarorligi, harorat va namlikka chidamliligi hamda uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonidagi degradatsiya mexanizmlari o'rganiladi. Shu bilan birga, materiallarning band gap qiymatini optimallashtirish, nanoo'lchamli tuzilmalarning ta'siri va interfeys muhandisligi orqali samaradorlikni oshirish yo'llari ilmiy jihatdan asoslanadi. Bundan tashqari, ushbu materiallarning sanoat miqyosida ishlab chiqarilishi, tannarxi va ekologik xavfsizligi bo'yicha tahlillar amalga oshiriladi. Ayniqsa, perovskit asosidagi quyosh elementlarining yuqori samaradorlikka ega bo'lishiga qaramay, ularning uzoq muddatli barqarorligini oshirish muammolari alohida ko'rib chiqiladi.

Xulosa: Quyosh elementlari uchun yangi avlod materiallari zamonaviy fotovoltaik texnologiyalarning rivojlanishida hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lib, ularning samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish imkonini bermoqda. Tadqiqot natijalariga ko'ra, kremniy asosidagi an'anaviy quyosh elementlari yuqori barqarorlikka ega bo'lsa-da, yangi materiallar — perovskitlar, CIGS, CdTe, organik va gibrid yarimo'tkazgichlar, shuningdek kvant nuqtalari va nanostrukturalangan tizimlar — yorug'likni yutish va zaryad tashish xususiyatlari bo'yicha sezilarli ustunliklarga ega. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, perovskit materiallari yuqori energiya konversiya samaradorligiga tez erishishi bilan ajralib tursa, CIGS va CdTe asosidagi elementlar sanoat miqyosida nisbatan barqaror ishlash imkonini beradi. Organik va gibrid materiallar esa moslashuvchan qurilmalar yaratishda katta istiqbolga

ega. Kvant nuqtalari va nanostrukturalangan materiallar esa spektral yutilish diapazonini kengaytirish orqali samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, yangi avlod materiallarining keng joriy etilishida ularning uzoq muddatli barqarorligi, namlik va haroratga chidamliligi, ishlab chiqarish texnologiyalarining murakkabligi hamda iqtisodiy samaradorligi kabi muammolar mavjud. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun materiallar tarkibini optimallashtirish, nano-muhandislik yondashuvlarini qo'llash va yangi himoya qatlamlarini ishlab chiqish zarur.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Henry J. Snaith. Perovskites: The Emergence of a New Era for Low-Cost, High-Efficiency Solar Cells. Journal of Physical Chemistry Letters, 2013.
2. Michael Grätzel. The Light and Shade of Perovskite Solar Cells. Nature Materials, 2014.
3. Martin A. Green. Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications. – UNSW, 2012.
4. Vladimir Bulović, Stephen R. Forrest. Organic and Hybrid Photovoltaics // Nature Photonics, 2010.
5. Harry A. Atwater. Nanophotonic approaches for solar cells // Scientific Reports / Nature Photonics.
6. S. Rühle. Tabulated Values of Solar Cell Performance. Energy & Environmental Science, 2015.
7. International Energy Agency. Renewables 2025 Report. – Solar photovoltaic technology trends.
8. National Renewable Energy Laboratory. Best Research-Cell Efficiencies Chart. – Photovoltaic efficiency database.