QUYOSH PANELLARIDAGI YARIMO‘TKAZGICHLARGA KIRISHMALAR KIRITISH ORQALI PANELLARDAGI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Sobirova Tursunoy Abdipatto qizi
Andijon davlat texnika instituti “Mashinasozlik ishlab chiqarishni avtomatlashtirish” kafedrasi assistenti
E-mail: tursunoy.sobirova.1993@mail.ru
Tel: +998772779353

Annotatsiya: Quyosh energiyasi zamonaviy dunyoda barqaror va ekologik toza energiya manbai sifatida muhim o‘rin egallamoqda. Quyoshli mamlakatlar uchun quyosh panellari energiya ta’minotidagi asosiy yo‘nalishlardan biriga aylandi. Biroq, quyosh panellarining energiya samaradorligi hali ham cheklangan bo‘lib, bu sohada samaradorlikni oshirish uchun doimiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Yarimo‘tkazgich materiallarga kirishmalar kiritish (doping) usuli quyosh panellarining samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Ushbu maqolada quyosh panellarining ishlash prinsipi, kirishmalar kiritishning ahamiyati haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh panellari, yarimo‘tkazgichlar, kirishmalar, fotoeffekt, kremniy, germaniy, samaradorlik, yo‘qotishlar.

Аннотация: Солнечная энергия занимает важное место в современном мире как устойчивый и экологически чистый источник энергии. Для солнечных стран солнечные панели стали одним из основных направлений энергоснабжения. Однако энергоэффективность солнечных панелей по-прежнему ограничена, и в этой области проводятся постоянные исследования для повышения эффективности. Метод введения примесей (допинга) в полупроводниковые материалы позволяет значительно повысить эффективность солнечных панелей. В данной статье представлена информация о принципе работы солнечных панелей и важности введения примесей.

Ключевые слова: солнечные панели, полупроводники, примеси, фотоэффект, кремний, германий, эффективность, потери.

Abstract: Solar energy occupies an important place in the modern world as a sustainable and environmentally friendly energy source. For sunny countries, solar panels have become one of the main directions in energy supply. However, the energy efficiency of solar panels is still limited, and constant research is being conducted to improve efficiency in this area. The method of doping semiconductor materials allows for a significant increase in the efficiency of solar panels. This

ISSN 3030-3907

article provides information on the operating principle of solar panels and the importance of impurity introduction.

Keywords: solar panels, semiconductors, impurities, photoelectric effect, silicon, germanium, efficiency, losses.

Kirish.

Quyosh energiyasi zamonaviy dunyoda barqaror va ekologik toza energiya manbai sifatida muhim ahamiyat kasb etmoqda [1]. Quyosh panellari fotoeffekt asosida ishlaydi, bunda yarimo‘tkazgich materiallar quyosh nurini elektr energiyasiga aylantiradi. Quyosh panellari asosan kremniy (Si) yoki boshqa yarimo‘tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Quyosh nuri panelga tushganda, fotonlar elektronlarni harakatga keltirib, elektr maydonini hosil qiladi. Bu jarayonning samaradorligi materialning xususiyatlari, uning tuzilishi va yorug‘likni yutish qobiliyatiga bog‘liq [2]. Fotonlar yarimo‘tkazgich ichidagi elektronlarni erkin holatga keltiradi, bu esa elektr oqimini hosil qiladi. Samaradorlikning pastligi energiya yo‘qotilishi (issiqlik yoki rekombinatsiya shaklida) va materialning optik xususiyatlari bilan bog‘liq [3].

Quyosh panellari (1-rasm) ning samaradorligi quyidagi omillarga bog‘liq: materialning yorug‘likni yutish qobiliyatiga (quyosh spektrining faqat ma’lum qismi energiyaga aylantiriladi), elektronlarning rekombinatsiyasi (erkin elektronlar qayta bog‘lanib, energiya yo‘qotilishiga olib keladi), issiqlik yo‘qotilishi (yuqori haroratlarda samaradorlik pasayadi) [4].



1-rasm. Quyosh panelining tuzilishi.

Quyosh panellarida ishlatiladigan asosiy materiallar orasida kremniy, galliy arsenid (GaAs), kadmiy tellurid (CdTe) va perovskitlar mavjud. Har bir material o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega [5]:

ISSN 3030-3907

Monokristalli kremniy - yuqori samaradorlik (20-22%) va uzoq vaqt xizmat qiladi, ammo ishlab chiqarish narxi yuqori.

Polikristalli kremniy - samaradorligi 15-18% atrofida, lekin ishlab chiqarish arzonroq.

Amorf kremniy - samaradorligi 6-8% bo‘lib, eng arzon hisoblanadi.

Galliy arsenid (GaAs) - 30% gacha samaradorlikka ega, lekin qimmat va asosan kosmik texnologiyalarda qo‘llaniladi.

Perovskitlar - so‘nggi yillarda 25% dan yuqori samaradorlikka erishdi, ammo barqarorlik muammolari mavjud [6].

Yarimo‘tkazgichlarga kirishmalar kiritish – bu materialning elektr va optik xususiyatlarini o‘zgartirish uchun maxsus kimyoviy elementlar qo‘shish jarayonidir. Kirishmalar ikki turga bo‘linadi: n-turi kirishmalar: Fosfor (P) yoki arsen (As) kabi elementlar elektronlar sonini ko‘paytiradi. p-turi kirishmalar: Bor (B) yoki galliy (Ga) “kovaklar” (musbat zaryad tashuvchilar) hosil qiladi.

Kirishmalar p-n ulanishini hosil qilib, elektr maydonini yaratadi, bu esa fotoeffektning asosini tashkil etadi. Kirishmalar miqdorini va turini to‘g‘ri tanlash orqali quyosh xujayrasining samaradorligini oshirish mumkin [7].

NATIJALAR VA TAHLIL

Kirishmalar kiritishning bir qancha afzalliklari mavjud. Kirishmalar elektron yoki kovaklarning zichligini oshiradi, bu oqim hosil qilishni kuchaytiradi. Kirishmalar materialning yorug‘likni yutish spektrini kengaytiradi. To‘g‘ri kirishmalar rekombinatsiya va issiqlik yo‘qotilishini minimallashtiradi.

Kirishmalar kiritish texnologiyalari

1.Termik diffuziya: Yuqori haroratda kirishma moddalari material yuzasiga singdiriladi.

2.Ion implantatsiyasi: Kirishma ionlari yuqori energiya bilan materialga kiritiladi.

3.Kimyoviy bug‘ cho‘kmalari (CVD): Kirishmalar maxsus gazlar orqali materialga qo‘shiladi.

Kremniy quyosh panellarida fosfor va bor eng ko‘p ishlatiladigan kirishmalar hisoblanadi. So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, azot (N) yoki alyuminiy (Al) kabi qo‘shimcha kirishmalar samaradorlikni 1-2% ga oshirishi mumkin. Masalan:

- Fosfor dopingi: n-turi qatlamning o‘tkazuvchanligini oshiradi.
- Bor dopingi: p-turi qatlam hosil qilib, p-n ulanishini mustahkamlaydi.
- Kombinatsiyalangan doping: Bir nechta kirishmalarni sinxron qo‘llash orqali samaradorlikni optimallashtirish mumkin.

Yuqori samaradorlikka ega kremniy atomlari, masalan, PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) texnologiyasi, kirishmalar kiritish orqali yaxshilanadi. Bu

ISSN 3030-3907

texnologiyada maxsus qatlamlar va kirishmalar yordamida elektronlarning rekombinatsiyasi kamaytiriladi.

Galliy arsenid va perovskitlarda kirishmalar:

- GaAs quyosh xujayralari yuqori samaradorlikka ega (30% gacha), ammo qimmat. Selen (Se) yoki sink (Zn) kabi kirishmalar qo‘shish orqali optik xususiyatlar yaxshilanadi. GaAs asosan kosmik texnologiyalarda qo‘llanilsa-da, arzonlashtirish bo‘yicha tadqiqotlar davom etmoqda.
- Perovskit materiallari so‘nggi yillarda katta e’tibor qozonmoqda, chunki ularning samaradorligi 25% dan oshdi. Metilammoniy, seziy yoki qo‘rg‘oshin kabi kirishmalar qo‘shish orqali perovskitlarning barqarorligi va yorug‘likni yutish qobiliyati oshirilmoqda. Shu bilan birga, perovskitlarning namlik va issiqlikka chidamliligi muammo bo‘lib qolmoqda.

Quyosh panellari an’anaviy yoqilg‘ilarga muqobil sifatida atrof-muhitga zarar yetkazmaydi. Kirishmalar kiritish orqali samaradorlikni oshirish quyosh panellarining iqtisodiy samarasini yanada oshiradi, chunki yuqori samaradorlik energiya ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi.

Kirishmalar kiritish jarayoni bir qator muammolarni keltirib chiqaradi:

1.Materiallarning barqarorligi: Perovskit xujayralarining uzoq muddatli barqarorligi muammo bo‘lib qolmoqda.

2.Ishlab chiqarish xarajatlari: GaAs kabi materiallar qimmat bo‘lib, keng qo‘llanilishini cheklaydi.

3.Ekologik ta’sir: Ba’zi kirishmalar uchun ishlatiladigan kimyoviy moddalar atrof-muhitga zarar yetkazishi mumkin.

Quyosh panellarining kelajagi yangi materiallar va texnologiyalarga bog‘liq. O‘z-o‘zini tozalaydigan panellar, shaffof quyosh elementlari va energiya saqlash tizimlari bilan integratsiya kabi innovatsiyalar sohani rivojlantiradi. Kirishmalar kiritish bo‘yicha tadqiqotlar perovskit va arzon materiallarning samaradorligini oshirishga qaratilgan.

Innovatsion yondashuvlar

O‘z-o‘zini tozalaydigan panellar: Hidrofobik qoplamalar yordamida chang va ifloslanishning ta’siri kamaytiriladi.

Shaffof panellar: Bino oynalari va transport vositalarida ishlatilishi mumkin. Energiya saqlash: Yuqori samaradorlikka ega panellar akkumulyatorlar bilan birgalikda kechasi energiya ta’minotini ta’minlaydi.

Quyosh panellarining energiya samaradorligi hozirda 15-22% atrofida bo‘lib, uni oshirish uchun doimiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Kremniy asosidagi quyosh panellari eng keng tarqalgan bo‘lib, ularga boshqa moddalar (kirishmalar) kiritish orqali samaradorlikni sezilarli darajada oshirish mumkin. Ushbu maqolada

ISSN 3030-3907

kremniyga kirishmalar kiritishning texnologik asoslari, samaradorlikka ta’siri, O‘zbekiston uchun imkoniyatlar va kelajakdagi istiqbollar muhokama qilinadi. Fotonlar kremniy ichidagi elektronlarni erkin holatga keltiradi, bu esa elektr oqimini hosil qiladi. Samaradorlikning cheklanishi quyidagi omillarga bog‘liq:
Yorug‘likni yutish: Kremniy quyosh spektrining faqat ma’lum qismini yuta oladi.
Rekombinatsiya: Erkin elektronlar qayta bog‘lanib, energiya yo‘qotilishiga olib keladi.
Issiqlik yo‘qotilishi: Yuqori haroratlarda samaradorlik pasayadi.

Kremniy quyosh panellarida eng keng tarqalgan material hisoblanadi, chunki u barqaror va uzoq vaqt xizmat qiladi (25-30 yil). Yer yuzasidagi eng ko‘p tarqalgan elementlardan biri hisoblanadi. Nisbatan arzon ishlab chiqarish imkoniyatiga ega.
Kremniy quyosh panellari uchta asosiy turga bo‘linadi:

Monokristalli kremniy*:* Yuqori samaradorlikka (20-22%) ega, ammo ishlab chiqarish narxi yuqori. U bir kristall tuzilishga ega bo‘lib, yorug‘likni yutishda samarali.

Polikristalli kremniy*:* Samaradorligi 15-18% atrofida, lekin arzonroq. Ko‘p kristalli tuzilishi tufayli ishlab chiqarish osonroq.

Amorf kremniy*:* Samaradorligi 6-8% bo‘lib, eng arzon, lekin samaradorligi past va yupqa qatlamli panellarda qo‘llaniladi.

Har bir tur o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega bo‘lib, kirishmalar kiritish orqali ularning samaradorligini oshirish mumkin. Yarimo‘tkazgichlarga kirishmalar kiritish (doping) – bu kremniyning elektr va optik xususiyatlarini o‘zgartirish uchun maxsus kimyoviy elementlar qo‘shish jarayonidir. Kirishmalar elektron yoki kovaklarning zichligini oshiradi, bu oqim hosil qilishni kuchaytiradi. Kirishmalar kremniyning yorug‘likni yutish spektrini kengaytiradi. To‘g‘ri kirishmalar rekombinatsiya va issiqlik yo‘qotilishini minimallashtiradi.

Termik diffuziya: Kirishma moddalari yuqori haroratda kremniy yuzasiga singdiriladi.

Ion implantatsiyasi: Kirishma ionlari yuqori energiya bilan kremniyga kiritiladi.

Kimyoviy bug‘ cho‘kmalari (CVD): Kirishmalar maxsus gazlar orqali kremniyga qo‘shiladi.

Kremniy quyosh xujayralarida eng ko‘p ishlatiladigan kirishmalar fosfor va bordir. Biroq, boshqa moddalar ham samaradorlikni oshirishda foydalanilmoqda. Fosfor n-turi kirishma sifatida ishlatiladi, chunki u kremniyga qo‘shilganda qo‘shimcha elektronlarni ta’minlaydi. Bu n-turi qatlamning o‘tkazuvchanligini oshiradi va p-n ulanishini mustahkamlaydi. Fosforning yuqori konsentratsiyali

ISSN 3030-3907

dopingi samaradorlikni 1-2% ga oshirishi mumkin. Bor p-turi kirishma sifatida ishlatilib, kovaklar hosil qiladi. Bu p-turi qatlamni shakllantirishda muhimdir. Bor dopingi p-n ulanishining elektr maydonini kuchaytiradi va elektronlarning harakatini yaxshilaydi. Azot kiritish orqali kremniyning optik xususiyatlari yaxshilanadi, bu esa kengroq spektrdagi yorug‘likni yutish imkonini beradi. Alyuminiy p-turi kirishma sifatida ishlatilishi mumkin va issiqlikka chidamlilikni oshiradi. Bor o‘rniga galliy qo‘llanilganda, uzoq muddatli barqarorlik va samaradorlikni oshirish mumkin.

Bir nechta kirishmalarni sinxron qo‘llash (masalan, fosfor va azot) samaradorlikni yanada oshiradi. Bu usul kremniyning ta’qiqlangan zona kengligini sozlash va rekombinatsiyani kamaytirishga yordam beradi. Kremniy asosidagi quyosh panellarining samaradorligini oshirishda bir qator zamonaviy texnologiyalar qo‘llanilmoqda:

PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) texnologiyasida maxsus qatlamlar va kirishmalar yordamida elektronlarning rekombinatsiyasi kamaytiriladi, samaradorlik 22% dan oshadi.

HJT (Heterojunction Technology) da kremniy va amorf kremniy qatlamlarini birlashtirib, kirishmalar kiritish orqali samaradorlik 24% gacha yetkaziladi.

TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) texnologiyasida Kirishmalar va yupqa oksid qatlami yordamida samaradorlik 25% gacha oshiriladi.

Bu texnologiyalarda kirishmalar kiritish jarayoni muhim rol o‘ynaydi, chunki ular elektronlarning harakatini optimallashtiradi va energiya yo‘qotilishini kamaytiradi.

Kremniyga kirishmalar kiritish jarayoni bir qator muammolarni keltirib chiqaradi. Yuqori sifatli doping jarayonlari qimmatga tushadi. Kirishmalar kiritilgan kremniyning uzoq muddatli barqarorligini ta’minlash muhim. Ba’zi kirishmalar (masalan, fosfor) ishlab chiqarishda kimyoviy chiqindilar hosil qilishi mumkin.

Xulosa

Kremniy quyosh panellarida eng keng tarqalgan material bo‘lsa-da, germaniy (Ge) o‘zining noyob xususiyatlari tufayli yuqori samaradorlikka ega quyosh panellarida qo‘llanilmoqda. Germaniyga boshqa moddalar (kirishmalar) kiritish orqali uning samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Germaniy quyosh spektrining infraqizil qismini yaxshi yutadi, bu uni ko‘p qatlamli xujayralarda foydali qiladi. Erkin elektronlar qayta bog‘lanib, energiya yo‘qotilishiga olib keladi. Yuqori haroratlarda samaradorlik pasayadi.

ISSN 3030-3907

Germaniy quyosh panellarida ba’zi afzalliklarga ega. Germaniyning ta’qiqlangan zona kengligi (0,67 eV) infraqizil nurlarni yutishga imkon beradi. Elektronlarning tez harakatlanishi oqim hosil qilishni kuchaytiradi. Germaniy galliy arsenid (GaAs) bilan birgalikda yuqori samaradorlikka ega panellar yaratadi. Germaniy qo‘llanilishida biroz noqulayliklar ham mavjud. Germaniy kremniyga nisbatan qimmatroq. Germaniy yer yuzasidagi nodir elementlardan biridir. Uzoq muddatli foydalanishda oksidlanish xavfi mavjud.

Germaniy asosan ko‘p qatlamli (tandem) quyosh elementlarida ishlatiladi, chunki u pastroq ta’qiqlangan zona kengligiga ega bo‘lib, quyosh spektrining infraqizil qismini yutishda samarali. U odatda galliy arsenid yoki kremniy bilan kombinatsiyada qo‘llaniladi. Germaniy asosidagi panellar kosmik texnologiyalarda (masalan, sun’iy yo‘ldoshlar) va yuqori samaradorlik talab qilinadigan loyihalarda keng tarqalgan. Ko‘p qatlamli panellar turli materiallar (masalan, GaAs, Ge, InGaP) qatlamlaridan iborat bo‘lib, har bir qatlam quyosh spektrining muayyan qismini yutadi. Germaniy bu tizimda pastki qatlam sifatida ishlatiladi va infraqizil nurlarni yutadi. Bu panellar 40% gacha samaradorlikka erishishi mumkin.

Germaniyga kirishmalar kiritish (doping) – bu uning elektr va optik xususiyatlarini yaxshilash uchun maxsus kimyoviy elementlar qo‘shish jarayonidir. Kirishmalar ikki turga bo‘linadi: *n-turi kirishmalar - f*osfor (P), arsen (As) yoki antimon (Sb) elektronlar sonini ko‘paytiradi. *p-turi kirishmalar g*alliy (Ga), indiy (In) yoki bor (B) “kovaklar” (musbat zaryad tashuvchilar) hosil qiladi. Kirishmalar p-n ulanishini hosil qilib, elektr maydonini yaratadi, bu fotovoltaik effektning asosini tashkil etadi. To‘g‘ri kirishmalar germaniyning samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Kirishmalar elektron yoki kovaklarning zichligini oshiradi, bu oqim hosil qilishni kuchaytiradi. Kirishmalar germaniyning yorug‘likni yutish spektrini kengaytiradi. To‘g‘ri kirishmalar rekombinatsiya va issiqlik yo‘qotilishini minimallashtiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Akramov H va b. Yarimo‘tkazgichlarda fotoelektrik hodisalar. T. 1994 yil.
2. Sobirova T. Quyosh panellaridagi yarimo‘tkazgichli materiallarning ahamiyati //Евразийский журнал технологий и инноваций. – 2023. – Т. 1. – №. 2. – С. 75-84.
3. Karimov I.N., Ermatov Sh , Nosirov M.Z., Abduazimov B.A ―Lazer fizikasi va texnikasi‖- Andijon, 2016, 57c
4. Sobirova, T. (2023, April). Advantages of nanotechnology and its role in the industry. In International Conference On Higher Education Teaching (Vol. 1, No. 1, pp. 71-75)

ISSN 3030-3907

5. Sobirova, T. A. (2022). Yarimo‘tkazgichli lazerlar. Экономика и социум, (6-1 (97)), 1181-1187.
6. Sobirova, T. A. (2024). IMPORTANCE OF SEMICONDUCTOR MICROCIRCUITS IN MICROELECTRONICS AND INDUSTRY. Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. Volume 8 (477-482)
7. Sobirova Tursunoy Abdipatto qizi. (2024). DEFECTS IN CRYSTALS AND THEIR PROPERTIES. *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*, *11*(05), 246–250.

ISSN 3030-3907