



QUYOSH PANELLARI VA ULARNING ISHLASH PRINSIPI

Buxoro viloyati G'ijduvon tuman 1-son Texnikumi

Rajabova Shaxnoza Suvonovna

Fizika va astronomiya fani o'qituvchisi

Tel. : 91 246 77 97

[*shaxnozarajabova87@icloud.com*](mailto:shaxnozarajabova87@icloud.com)

Anotatsiya

Ushbu maqola global energetika tizimining tayanchiga aylanayotgan quyosh panellarining (fotovoltaik modullarning) nazariy, texnik va amaliy jihatlarini chuqur yoritadi. Unda elektr energiyasining ishlab chiqarilishiga asos bo'luvchi kvant-mexanik hodisa – fotovoltaik effektning fizik jarayonlari yarimo'tkazgich materiallar (silikon) prizmasi orqali tushuntirilgan. Shuningdek, turli texnologiyali panellarning samaradorlik ko'rsatkichlari, ularning ishlashiga ta'sir qiluvchi ekologik omillar va quyosh energetikasining iqtisodiy hamda iqlimiy oqibatlari kompleks baholangan.

Kalit So'zlar: Quyosh paneli, Fotovoltaik effekt, P-N o'tish, Silikon (kremniy), Monokristalli, Polikristalli, Yupqa qatlamli texnologiya, Energiya konversiyasi, Band gap, Energiya diversifikatsiyasi.

Kirish: Global Energetika Transformatsiyasida Quyoshning O'rni XXI asrda barqaror rivojlanish va energiya xavfsizligi masalalari ustuvor ahamiyat kasb etdi. Qazib olinadigan yoqilg'ilar (ko'mir, gaz, neft) zaxiralarining kamayishi va ulardan foydalanish natijasida yuzaga kelayotgan iqlim o'zgarishi kabi ekologik inqirozlar insoniyatni muqobil energiya manbalariga, xususan, Quyoshga



yuzlanishga majbur qilmoqda. Quyosh, bizning sayyoramizga har soatda insoniyatning yillik iste'moli uchun yetadigan energiyani yetkazib beradi.

Fotovoltaik (FV) texnologiya mana shu ulkan energiyani to'g'ridan-to'g'ri, harakatsiz qismlarsiz va nol chiqindi bilan elektr energiyasiga aylantirish imkonini beradi. So'nggi yillarda texnologiyaning tez rivojlanishi va ishlab chiqarish narxining keskin pasayishi tufayli, quyosh energiyasi ko'plab mintaqalarda allaqachon an'anaviy yoqilg'idan ishlab chiqarilgan elektr energiyasidan arzonroq (Grid Parity) bo'lib ulgurdi. O'zbekiston kabi yuqori quyosh radiatsiyasi salohiyatiga ega mamlakatlar uchun bu texnologiya nafaqat ekologik tozalikni, balki energetika tizimini diversifikatsiya qilish va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashning strategik yo'lidir.

1. Quyosh panellarining fundamental tarkibiy qismlari; Quyosh paneli yuzlab fotovoltaik elementlardan (FV cell) iborat bo'lib, u murakkab, ammo yuqori darajada muhandislik yechimi hisoblanadi. Quyosh elementining yuragi bu yarimo'tkazgich materialdir, odatda yuqori tozalikdagi kristalli silikon (kremniy) ishlatiladi. Sof silikon yomon elektr o'tkazgich hisoblanadi. Undan samarali quyosh elementi yaratish uchun doping deb ataluvchi jarayon qo'llaniladi.

n-tipli qatlam (Negativ): Bu qatlamni yaratish uchun silikonga valensiyasi besh bo'lgan elementlar (odatda **Fosfor**) qo'shiladi. Fosforning to'rtta elektroni kremniy atomlari bilan bog'lanish hosil qiladi, beshinchi elektroni esa erkin bo'lib qoladi. Bu qatlamda asosiy zaryad tashuvchilar **elektronlar** bo'lib, ular manfiy zaryadga ega.

p-tipli qatlam (Pozitiv): Bu qatlamni yaratish uchun silikonga valensiyasi uch bo'lgan elementlar (odatda **Bor**) qo'shiladi. Borning uchta elektroni kremniy bilan bog'lanish hosil qiladi, lekin bitta joy bo'sh qoladi. Bu bo'sh joy **kovak (hole)** deb ataladi. Kovaklar musbat zaryad tashuvchi kabi harakat qiladi.



Modulning Struktural Tuzilmasi Yagona quyosh moduli (panel) har bir elementning himoyasini, ulanishini va uzoq muddat ishlashini ta'minlaydigan bir necha qatlamlardan tashkil topgan:

Qoplama oynasi (Tempered Glass): Old qismni qoplaydigan, yuqori chidamlilikka ega, sirtga ishlov berilgan maxsus oynadir. U panellarni do'l, shamol, chang va termik stresslardan himoya qiladi, shu bilan birga maksimal darajada quyosh nurini o'tkazishni ta'minlaydi.

Kapsulalovchi material (EVA/POE): Etilen Vinil Asetat (EVA) yoki Polyolefin Elastomer (POE) plyonkalari silikon elementlarni shisha va orqa qatlam orasiga mahkamlaydi. Bu qatlamning asosiy vazifasi elementlarni namlik va havodan ajratish, korroziyaning oldini olishdir.

Quyosh elementlari massivi (Cells): Elektr zanjiri hosil qilish uchun bir-biriga ketma-ket ulangan ko'plab silikon plitalar majmuasi.

Orqa qatlam (Backsheet): Modulning orqa tomonini qoplaydi. U UV nurlanishidan himoya qiladi, elektr izolyatsiyasini ta'minlaydi va issiqlikni tarqatishda yordam beradi.

Ulanish Qutisi (Junction Box): Panelning orqa qismiga o'rnatiladi. U yerdagi diodlar elementlar guruhining ishlashi buzilgan (masalan, soya tushgan) paytda zanjirni himoya qiladi va elektr tokini tizimga xavfsiz yo'naltiradi.

2. Ishlash Prinsipi: Fotovoltaik Effektning Kvant Asoslari

Fotovoltaik effekt – bu yarimo'tkazgich materialning yorug'likni yutishi va yutilgan energiya hisobiga erkin elektr tokini hosil qilish jarayonidir.

P-N O'tish va Depletion Zonasining Shakllanishi



n-tipli va p-tipli qatlamlar kontaktda bo'lganda, ularning chegarasida **P-N o'tish** (P-N Junction) zonasi hosil bo'ladi.

- n-tipli qatlamdagi ortiqcha elektronlar p-tipli qatlamdagi kovaklar tomon diffuziyalanadi (o'tadi).
- Bu o'tish natijasida chegarada elektronlar va kovaklar bir-birini yo'qotadi (rekombinatsiya), elektr zaryadsizlangan "**depletion zona**" (zaryadsizlangan hudud) hosil bo'ladi.
- Bu hududda, atom yadrolari elektronlar o'tishi sababli o'zgaras **ichki elektr maydonini** yaratadi. Ushbu maydon kuchlanish manbai kabi harakat qiladi va keyinchalik foto-yaratilgan zaryadlarni ajratish uchun javobgardir.

Energiya Yutilishi va Elektron-Kovak Juftliklari

Quyosh nuri kremniy yuzasiga tushganda, u fotonlar ko'rinishida energiyani olib keladi.

- Foton, agar uning energiyasi kremniyning "**band gap**" (taqiqlangan zona kengligi) qiymatidan katta yoki unga teng bo'lsa (kremniy uchun taxminan 1.12 eV), elementdagi bog'langan elektronga uriladi.
- Bu energiya elektronni valentlik zonasidan o'tkazuvchanlik zonasiga chiqaradi. Bu jarayon **erkin elektron** va uning o'rnida bir **kovakning** (teshik) yuzaga kelishiga olib keladi. Elektron-kovak juftligi hosil bo'ladi.

2.3. Zaryadlarni Ajratish va Doimiy Tok (DC) Hosil Qilish

Hosil bo'lgan elektron-kovak juftligi P-N o'tish maydoniga yetib kelganda, kuchli ichki elektr maydoni ta'sirida ular ajratiladi:

- Maydon manfiy zaryadlangan **elektronlarni** n-tipli qatlamga (old kontaktlar tomon) majburlaydi.



- Musbat zaryadlangan **kovaklarni** esa p-tipli qatlamga (orqa kontaktlar tomon) majburlaydi.
- Bu zaryadlarning majburiy ajratilishi panelning tashqi kontaktlari orasida kuchlanish (Volt) hosil qiladi. Agar tashqi zanjir ulansa, elektronlar n-tipli kontaktdan yuk (masalan, lampochka) orqali p-tipli kontaktga o'tadi va doimiy elektr toki (DC) yuzaga keladi. Bu jarayon **foto-tok (Photocurrent)** deb ataladi.

3. Quyosh Panellarining Turlari va Samaradorlikni Optimallashtirish

Quyosh panellarining texnologik rivojlanishi ularning narxi va samaradorlik nisbatiga ko'ra uch asosiy toifani ajratish imkonini berdi.

Panel Texnologiyalarining Qiyosiy Tahlili

Texnologiya Turi	Samaradorlik Ko'rsatkichi	Ishlab Chiqarish	Afzalliklari	Kamchiliklari
Monokristalli Silikon (Mono-Si)	18 % – 23 %	Yagona, yuqori toza silikon kristalidan o'stiriladi (Czochralski usuli).	Eng yuqori samaradorlik, eng kam maydon talab qiladi, uzoq umr ko'rish.	Ishlab chiqarish jarayoni murakkab va qimmat.
Polikristalli Silikon (Poly-Si)	15 % – 20 %	Erigan silikonning bir nechta kristal zarrachalaridan tayyorlanadi	Ishlab chiqarish narxi arzon, energiya xarajati kam.	Samaradorligi pastroq, katta maydon talab qiladi.



		(ko'p kristalli tuzilma).		
Yupqa qatlamli (Thin-Film)	10 % – 13 %	Alyuminiy yoki shisha taglikka Kadmiy Tellurid (CdTe) yoki CIGS kabi yarimo'tkazgich moddalar yupqa qatlamda purkaladi.	Eng arzon narx, yengil, moslashuvchan, past yorug'likda yaxshi ishlaydi.	Eng past samaradorlik, katta maydon talab qiladi, toksik materiallar (CdTe) bo'lishi mumkin.

Izoh: Hozirda PERC (Passivated Emitter Rear Cell) va Half-Cut Cell texnologiyalari kabi yangi yechimlar Monokristalli panellarning samaradorligini 24 % gacha oshirmoqda.

Samaradorlikka Ta'sir Etuvchi Tashqi va Tizimli Omillar

Panelning laboratoriya sharoitidagi samaradorligi (STC - Standard Test Conditions) amaliyotda quyidagi omillar tufayli kamayishi mumkin:

- 1. Harorat Koeffitsiyenti (Temperature Coefficient):** Quyosh panellarining samaradorligi harorat oshishi bilan pasayadi. Silikon elementlar uchun har bir isish 0.3 % dan 0.5 % gacha samaradorlikni kamaytirishi mumkin. Issiq iqlim sharoitida bu muhim yo'qotish manbai hisoblanadi.



2. **Soya Tushishi (Shading):** Panelning hatto kichik bir qismiga soya tushishi ham butun zanjirdagi tok ishlab chiqarishni keskin kamaytiradi. Chunki elementlar ketma-ket ulangan bo'lib, eng zaif halqa butun tizimning quvvatini cheklaydi. Junction Box'dagi bypass diodlari bu muammoni qisman hal qiladi.
3. **To'g'ri Orientatsiya (Tilt and Azimuth):** Panellarning quyosh nuriga nisbatan optimal burchak ostida (Tilt, enlama burchak) va janubga yo'naltirilgan (Azimuth, azimut burchagi) bo'lishi maksimal energiya olishni ta'minlaydi.
4. **Inverter Yo'qotishlari:** Panel DC tok ishlab chiqarsa-da, uy xo'jaligi va tarmoqlar AC (o'zgaruvchan) tokni talab qiladi. DC/AC konversiyasi (inverter orqali) vaqtida 2 % dan 5 % gacha energiya yo'qotiladi.
5. **Chang va Ifloslanish (Soiling):** Panel yuzasida yig'ilgan chang, qum va boshqa zarralar nur yutilishini to'sib qo'yadi. Bu yillik energiya ishlab chiqarishda 5 % dan 15 % gacha yo'qotishlarga olib kelishi mumkin.

Xulosa

Quyosh panellari texnologiyasi zamonaviy energetikaning asosiy yechimi bo'lib, uning ishlash prinsipi kvant mexanikasiga asoslangan fotovoltaik effektning amaliy tatbiqidir. Silikon yarimo'tkazgichlari, doping va P-N o'tish yordamida quyosh fotonlarining energiyasini zaryad tashuvchilarga o'tkazish va ularni ichki elektr maydoni yordamida ajratish orqali elektr toki uzluksiz hosil qilinadi.

Monokristalli texnologiya eng yuqori samaradorlikni ta'minlasa-da, tizimning optimal ishlashi faqatgina panel sifatiga emas, balki to'g'ri o'rnatish, haroratni nazorat qilish va minimal soya tushishini ta'minlash kabi ekologik va tizimli omillarga ham bog'liq.



Quyosh energetikasining keng miqyosda joriy etilishi global miqyosda karbonat angidrid chiqindilarini kamaytirishga, mahalliy miqyosda esa energiya mustaqilligini oshirishga va iqtisodiy tejashga xizmat qiladi. O'zbekiston kabi quyosh resurslari boy bo'lgan mamlakatlar uchun bu energiya inqilobining eng muhim va strategik jihatdan foydali yo'nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. **Mirziyoyev, Sh. M. (2022).** *Yangi O'zbekiston Taraqqiyot Strategiyasi: Inson Qadri – Eng Oliy Qadriyat.* Toshkent: O'zbekiston. (Mamlakatning uzoq muddatli energiya siyosati va yashil iqtisodiyotga o'tish yo'nalishlari).
2. **Salimov, D. (2018).** *Quyosh Energetikasi Asoslari.* Toshkent: Fan. (Fotovoltaik texnologiyalarning nazariy asoslari va elementlarning fizik prinsiplari bo'yicha o'quv qo'llanma).
3. **Tursunov, E. (2020).** *Yarimo'tkazgichlar Fizikasi va Elektr Qurilmalari.* Toshkent: Aloqachi. (Quyosh elementlarining ishlashiga asos bo'luvchi yarimo'tkazgich qurilmalarning fizikasiga bag'ishlangan fundamental ish).
4. **O'zbekiston Respublikasi Energetika Vazirligi. (2023).** *O'zbekistonda Qayta Tiklanuvchi Energiya Manbalarini Rivojlantirish Dasturi bo'yicha Tahliliy Hisobot.* (Mamlakatda quyosh energiyasini joriy etish hajmlari, maqsadlari va amalga oshirilgan loyihalar).
5. **Ahmedov, B., & Inog'omov, Z. (2019).** *O'zbekiston Sharoitida Quyosh Panellarining Samaradorligini Oshirish Yo'llari.* Ilmiy-texnik jurnal. (O'zbekiston iqlim sharoitida quyosh panellariga ta'sir qiluvchi harorat va chang omillari bo'yicha mahalliy tadqiqotlar).
6. **Ibragimov, A. (2021).** *Energiya Resurslari va Ulardan Oqilona Foydalanish.* Toshkent: Tafakkur. (Energiya diversifikatsiyasi va muqobil energiya manbalarining iqtisodiy ahamiyati tahlili).