

**Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус
таълим вазирлиги**

Гулистон давлат университети

“Умумий физика” кафедраси

Курс иши

**Мавзу: Қуёш энергиясини электр энергиясига
айлантиришнинг физик асослари.**

Гулистон -2015

Режа:

КИРИШ

- 1. Қуёш энергиясини электр энергиясига айлантириш самарадорлиги**
- 2. Ярим ўтказгичли кристалларнинг оптик ва электрик хусусиятлари**
- 3. Қуёш элементларини тайёрлаш технологиясида фотолитография усулининг қўлланилиши**
- 4.Хулоса**
- 5.Фойдаланишган адабиётлар**

Қуёшни гигант термоядро реакторига қиёслаш мумкин. У мутлақ қора қаттик жисмга ўхшаб 6000°C ҳароратда энергиясини нурлантиради. Бу нурланишнинг манбаи термоядро реакциясидир. Ҳар сонияда тақрибан $6 \cdot 10^{11}$ кг водород Қуёш қаърида гелийга айланади. Натижада массалар дефекти $4 \cdot 10^3$ кг тенг бўлиб, унинг ҳисобига $E=mc^2$ тенгламага асосан ажралиб чиқаётган энергия $4 \cdot 10^{20}$ Жоульга тенгдир. Ажралиб чиқаётган энергия асосан электромагнит тўлқинлар кўринишида бўлиб нурланишнинг асосий қисми 0,2-3 мкм ораликдадир. Қуёшнинг тўлиқ массаси ҳозирги кунда тақрибан $2 \cdot 10^{30}$ кг бўлиб, у узлуксиз 10 млрд. йил давомида туриши мумкин.

Ер Қуёш атрофида эллиптик орбитада ҳаракатланади. Қуёшнинг диаметри тақрибан $1,39 \cdot 10^9$ метрга тенг. Бир астрономик бирликка тенг масофадаги ($1 \text{ а.б.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$, тақрибан 150 млн.км) қуёш нурларига перпендикуляр жойлашган бирлик юзадаги энергетик ёритилганлик, Қуёш доимийлиги (қ.д.) дейилади. Қ.д. катталиги 1353 Вт/м^2 га тенг. Йил давомида Ер-Қуёш орасидаги масофа ўзгариши қ.д.ни $\pm 0,34$ гача ўзгаришига олиб келиши мумкин.

Қиёслаш учун қуйидаги жадвалда Қуёш тизимидаги планеталар орбиталарида қуёш нурланиши оқимининг зичлиги ва қ.д. келтирилган.

Планета лар	Планета— Ер орасидаги ўртача масофа	Ер суткалар ида йил давомий лиги	Қуёш доими й лиги	Қуёш нурлани ши оқимини нг
----------------	---	--	----------------------------	--

				зичлиги мВт/см ²
Меркур ий	57,91 10 ⁶ км	88	6,67	903
Венера	108,21 10 ⁶ км	225	1,91	258,6
Ер	149,6 10 ⁶ км	365	1,00	135,3
Марс	227,94 10 ⁶ км	687	0,4367	58,28
Юпитер	778,3 10 ⁶ км	4333	0,037	5,0
Сатурн	1427 10 ⁶ км	10760	0,011	1,49

Ер сирти альбедоси деб, унинг сиртидан ўраб турувчи атроф муҳитга қайтган нурланиш оқимини, унга тушаётган оқим нисбатига айтилади. Сиртдан диффуз қайтиш учун ҳисобланган Ер альбедосининг ўртача қиймати 0,34 га тенг..

Ер атмосфера массаси 1 га тенг деб олинса, қайтган нурнинг спектри Ер сиртидаги Қуёш нурланиши спектрига айнан ўхшаш деб ҳисобланади.

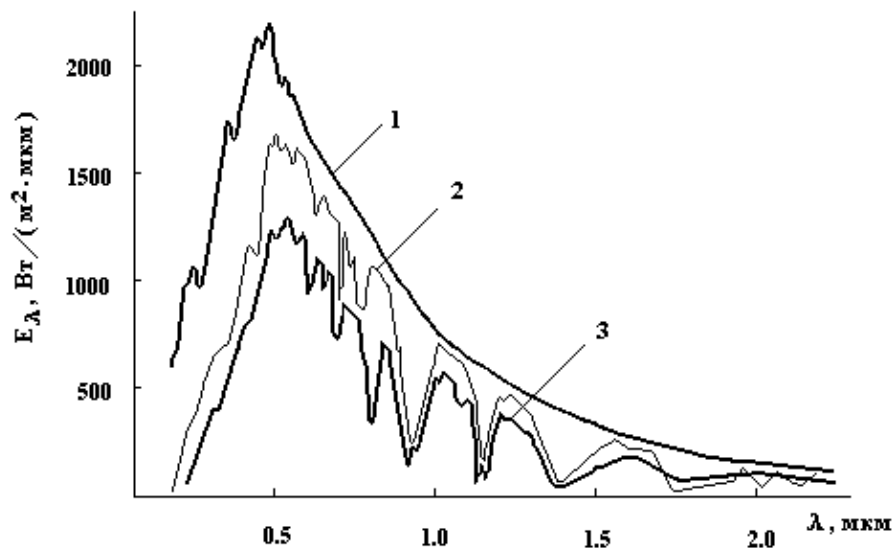
Ер атмосфераси ўзининг оптик хусусиятларига асосан селектив ёруғлик фильтри бўлиб, коинотдан келаётган қуёш нурланишини ўзгартиради. Агар нурланиш оқими атмосферадан ўтиб Ер сиртига тик тушса, у ҳолда нурланиш босиб ўтган оптик масофа бир атмосфера массасига тенг деб ҳисобланади ва АМ 1

билан белгиланади. Қия тушаётган нурларнинг оптик масофаси узунлигини уларнинг АМ 1 оптик масофа катталигига қиёслаб аниқлаш мумкин. Агар нурланиш оқими атмосфера таъсирида ўзгармаса, унинг оптик атмосфера массаси нольга тенг бўлиб, у АМ 0 деб белгиланади.

Тўғридан тўғри тушаётган қуёш нурланиши оқимининг Денгиз сатҳида қоқ туш пайтида очиқ ҳавода Ер сиртидаги энергетик ёритилганлиги $\approx 100 \text{ мВт/см}^2$ тенг деб ҳисобланади.

Инсоляция деб, маълум географик ҳудудда Ер сиртига тушаётган Қуёш нурланишининг миқдори айтилади. Инсоляция, Ер-Қуёш тизимида масофанинг мавсумий тебранишларига, географик кенгликка, ҳудуднинг муҳитига ва атмосфера массасига боғлиқдир. Инсоляцияни одатда қуёш нурланишининг кунлик, ойлик ва йиллик ўртача миқдори билан кўрсатилади.

Қуёш нурланишининг спектрал таркиби 0,1 мкмдан 30 метр тўлқин узунлигигача бўлган ораликдаги тебранишлардан иборат. Қуёш нурланиши энергиясининг асосий қисми 0,2- 3 мкм ораликда жамланган (Расм 1). Шу ораликдаги нурланишни қуйидаги қисмларга ажратиш ва номлаш қабул қилинган. Булар жумласига спектрнинг ультрабинафша қисми (УБ) 0,1-0,38 мкм ораликда, спектрнинг кўринадиган қисми 0,38-0,78 мкм ораликда, спектрнинг инфрақизил қисми (ИҚ) 0,78 мкм ва



Расм 1. *Қуёш нурланиши энергиясининг спектрал тақсимланиши. 1 – атмосферадан таиқаридагиси $1360 \text{ Вт}/\text{м}^2$, 2 – Ер сиртидаги тўла тушаётгани $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$, 3 - Ердаги тўғридан – тўғри тушаётгани $834,6 /\text{м}^2$.*

ундан ортиқ тўлқин узунлигига эга бўлган қисм ташкил қилади. Кўринувчи нурланишни бинафша, кўк, яшил, сарик, қизил нурларга ажратилади. ИҚ нурланишни яқин ва узок ИҚ нурларга ажратилади.

УБ нурланиш, коинотда юқори интенсивликка эга бўлишига қарамасдан, Ер атмосферасининг юқори қисмида мавжуд бўлган озонга ютилиб, Ер сиртига фақат тўлқин узунлиги $0,3 \text{ мкм}$ га тенг бўлган озрок қисмигина етиб келади.

Қуёш элементлари (ҚЭ) асосан ярим ўтказгичли (ЯЎ) материаллар асосида тайерланади. Шунинг учун ҚЭ оптик ва фотоэлектрик хусусиятларини билиш, ЯЎ материаллар тузилишини, уларнинг металл ва диэлектрик материаллардан фаркини ва ЯЎ материаллар учун бевосита асосий бўлган хусусиятларни ўрганишни тақозо этади.

Қаттиқ жисмлар ҳосил бўлишини ЯЎ материаллар мисолида электрон назарияси нуқтаи назаридан кўриб ўтамиз. Қаттиқ жисм ҳосил бўлиши жараёнида, атомларнинг бир-бирига нисбатан яқинлашиши шу даражагача борадики, натижада ташқи қобикдаги электронларнинг умумлашиши ҳосил бўлади. Атомдаги алоҳида электронларнинг якка айрим орбиталари ўрнига умумлашган коллектив орбиталар ҳосил бўлади, ва атомдаги қобикчалар соҳаларга бирлашади ҳамда улар умуман кристаллга тегишли бўлиб қолади. Электронлар ҳаракатининг характери мутлақ ўзгаради, маълум атомда ва маълум энергетик сатҳда жойлашган электронлар энергиясини ўзгартирмасдан шу энергетик сатҳдаги бошқа қўшни атомга ўтиш имкониятига эга бўлади ва, бинобарин электронларни кристаллда эркин силжиши кузатилади.

Кристаллнинг изоляция ҳолатидаги барча атомларнинг ички қобиклари электронлар билан тўла бўлади. Фақат энг юқоридаги айрим сатҳлардан иборат валент электронлари жойлашган соҳадагина, сатҳлар тўлалигича эгалланмаган бўлади. Кристаллнинг электр ўтказувчанлиги, оптик ва бошқа хусусиятлари асосан валент соҳасининг тўлдирилиш даражасига ва ундан юқоридаги соҳагача бўлган энергетик масофа билан аниқланади ва унга ўтказувчанлик соҳаси дейилади. Иссиқлик ва оптик кузғатилиш ҳисобига ўтказувчанлик соҳасига валент соҳасидан электронлар ўтиши ва электр токини ўтказишда иштирок қилиши мумкин. Валент соҳасида ҳосил бўлган бўш ўринларга электронларнинг кўчиши, унга қарама-қарши бўлган мусбат

зарядларнинг ҳаракатини ҳосил қилади ва бу зарядларга тешиқлар дейилади.

Диэлектриклар деб, валент соҳаси тўлдирилган ва бу соҳадан кейинги, ўтказувчанлик соҳагача бўлган энергетик масофа нисбатан катта бўлган моддаларга айтилади.

Металлар эса бошқача тузилишга эгадир. Уларда валент соҳаси қисман тўлдирилган бўлади, ёки у кейинги соҳа-ўтказувчан соҳаси билан киришишган бўлади.

Агар модданинг валент соҳаси тўлалигича эгалланмаган бўлсаю, аммо ўтказувчанлик соҳасигача бўлган энергетик масофа нисбатан кичик (2 эВ дан камроқ) бўлса, бундай моддалар ЯЎ дейилади. ЯЎ хусусиятлари хусусан электр ўтказувчанлиги ташқи муҳитга, айниқса ҳароратга боғлиқ бўлади. Ҳарорат (Т)нинг ортиши электронлар миқдорининг валент ва ўтказувчанлик соҳа орасида жойлашган ман қилинган соҳадан (E_g) ўтиб ўтказувчанлик соҳасига ўтишда ток ташувчиларнинг экспоненциал равишда кўпайишига ва электр ўтказувчанликнинг (σ)

$$\sigma \propto A \exp(-E_g / 2kT) \quad (1)$$

тенгламага асосан ўзгаришига олиб келади. Бу ерда k —Больцман доимийси, A — моддани характерловчи ўзгармас катталиқ.

Металларнинг электр ўтказувчанлиги эркин электронлар концентрацияси ўзгармас бўлганлиги туфайли электронлар ҳаракатчанлигининг ҳароратга

боғликлиги билан аниқланади ва ҳароратнинг ортиши билан аста-секин камаяди..

Юқоридаги тенгламани логарифмлаб қуйидаги ифодани ҳосил қиламиз.

$$\ln \sigma \propto \ln A - E_g / 2kT \quad (2)$$

Бу тенгламани ярим логарифмик координаталарда график равишда кўрсатиш мумкин. Ҳосил бўлган тўғри чизиқ ва унинг ϕ бурчак тангенци ЯЎ материалларнинг асосий параметри бўлган, ман қилинган соҳа кенглиги $E_g / 2kT\phi$ ни аниқлайди. Таъкидлаш лозимки, қия тўғри чизиқ, яъни электр ўтказувчанлик логарифмининг $1/T$ га боғлиқ равишда ўзгариши фақат тоза, киришмалардан холи, хусусий ўтказувчанликка эга бўлган материаллар учунгина шундай кўринишга эга.

Киришмали ярим ўтказгичларда $\ln \sigma$ нинг $1/T$ дан боғланиши мураккаб бўлиб, у иккита қия тўғри чизиқдан иборат бўлиши мумкин ва бир-бири билан горизонтал қисм орқали туташган бўлади. Паст ҳароратли шароитда ўлчаш натижасида олинган $\ln \sigma \propto \ln A - E_g / 2kT$ тенгламадан ҳосил қилинган қия тўғри чизиқ тангенци ёрдамида киришмаларнинг ман қилинган соҳада жойлашган энергетик сатҳлари ҳолатини аниқлаш мумкин. Юқори ҳароратли шароитда олинган ҳолларда эса ЯЎ матриалнинг ман қилинган соҳаси катталигини, яъни E_g ни аниқлаш мумкин.

ҚЭ тайерлашда Қуёш нурланишининг ЯЎ материал билан ўзаро таъсири, фотонлар энергиясини материалдаги электронларда ютилиши ва чиқиши жараёнлари муҳим аҳамиятга эгадир.

Квант механикасида элементар заррачалар, шу жумладан

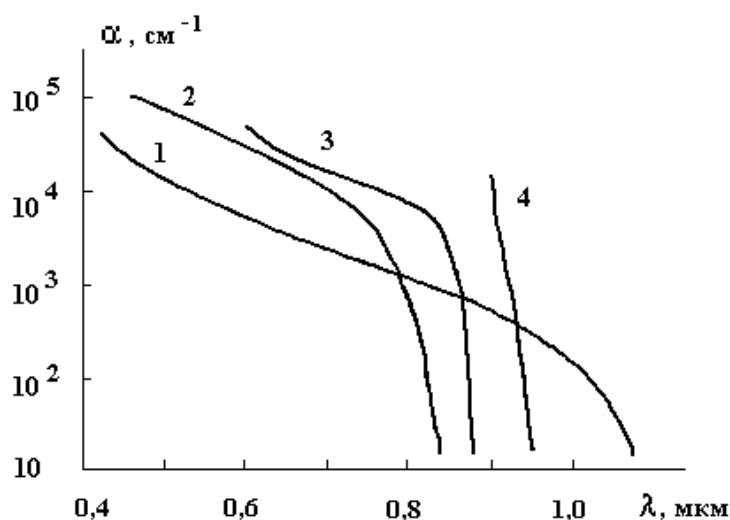
электронлар ҳам тўлқин хоссаларига ҳам эга деб қаралади. Шунинг учун элементар заррачалар ҳаракатини ўрганишда энергия (E) ва импульс (P) билан бир қаторда, уларнинг тўлқин узунликлари λ , такрорланувчанлиги ν ва тўлқин вектори $K=P/\hbar$, ($\hbar$ – Планк доимийси) ҳам ишлатилади. Бу ерда $E\hbar/\nu$ ва $P\hbar/\lambda$ га тенг.

Кристаллнинг соҳали тузилмасини $E - K$ диаграммалар билан тасвирлаш мумкин. Бу ерда энергия электрон-вольтларда (эВ) тўлқин вектори K – кристалли панжара доимийлиги қисмларида кўрсатилади. Шу билан бирга K ўқида кўрсаткичлар ёрдамида кристалл панжаранинг йўналиши кўрсатилади. $E - K$ диаграммаси воситасида соҳалараро ўтишларнинг ЯЎ материалдаги характери ва жумладан ўтишнинг «тўғри» еки «тўғримас»лигини аниқлаш мумкин.

Оптик ютилишни ўлчанишидан аниқланган E_g нинг катталиги, кўпинча ЯЎ материалдаги эркин заряд ташувчиларнинг концентрациясига, ҳароратга ва киришмалар энергетик сатҳларининг ман қилинган соҳада мавжудлигига боғлиқ бўлади. Агар ўтказувчанлик соҳаси тубидаги ва валент соҳаси устидаги ҳолатлар заряд ташувчилар билан тўлдирилган бўлса, у ҳолда киришмали ЯЎ материаллар учун E_g соф хусусий материалга тегишли қийматидан каттароқ бўлиши мумкин. Агар киришмалар ҳосил қилган соҳа энг яқин рухсат этилган соҳа чегараси билан бирлашиб кетса (масалан, кўп микдордаги киришмалар

киритилганда кузатиладиган ҳолат), у ҳолда E_g камаяди. E_g нинг бундай камайиши асосий ютилиш чегарасига таъсир қилади.

ЯЎ материалда ютилиш коэффиценти α одатда тўлқин энергиясининг $1/\alpha$ масофада e маротаба камайиши орқали аниқланади ва у $N_k N_0 \exp(-\alpha \ell)$ дан топилади. Бу ерда N – ЯЎ материалда ℓ чуқурликка кирган фотонлар оқимининг зичлиги, N_0 – материал сиртини кесиб ўтувчи фотонлар оқимининг зичлиги.



Расм 2. Ярим ўтказгичли айрим материаллар учун ютилиш кўрсаткичининг энергиядан ўзгариши. 1-Si, 2-CdTe, 3-GaAs, 4-InP.

Материалнинг ютилиш коэффиценти α ютилиш кўрсаткичи K билан $\alpha \approx 4\pi K/\lambda$ муносабат орқали боғланган. Шундай қилиб, маълум ва аниқ қалинликка эга бўлган ЯЎ материал намуналаридан ўтаётган оптик нурланиш интенсивлигини ўзгартириб K ва λ нинг шу модда учун қийматларини топиш мумкин.

Қуёш элементлари тайёрланадиган айрим ЯЎ материаллар учун 2-расмда α нинг энергиядан ўзгариши келтирилган.

Расмдан кўринадик, ютилиш кўрсаткичи α нинг спектрал характеристикаси келтирилган ЯЎ материалларда бир-биридан катта фарқ қилади ва бу фарқ асосан уларнинг соҳали тузилмаси ва оптик ўтишлар характериға боғлиқдир. GaAs, InP, CdTe ЯЎ материалларда тўғридан-тўғри соҳа-соҳа характердаги оптик ўтишлар мавжуд бўлиб, нурланиш спектрида E_g дан оптик энергияли фотонлар пайдо бўлиши билан α тезда $10^4 - 10^5 \text{ см}^{-1}$ даражасига кўтарилади.

Кремний materialiда эса ютилиш жараёни 1,1 эВ дан бошлаб тўғри бўлмаган энергетик ўтишлар орқали бўлади ва бунинг учун ҳам ёруғлик кванти, ҳамда панжара тебранишлари кванти-фононлар иштироки талаб қилинади. Шунинг учун, ютилиш кўрсаткичи α аста-секин ортиб боради. Фақат фотонлар энергияси 2,5 эВ га етгандан кейингина соҳа-соҳали ўтишлар тўғридан-тўғри ўтишларга айланади ва ютилиш кескин орта бошлайди.

Ютилиш коэффициентининг спектрал характеристикаси шуни кўрсатадики, кремний materialiдан фойдаланиб Қуёш спектрининг жуда катта қисмини электр токига айлантириш мумкин. Масалан, атмосферадан ташқаридаги қуёш нурланиши учун (АМ 0) бу 74% ни ташкил қилади. Ҳолбуки, агар материал сифатида GaAs ЯЎ олинса фақат 63 % қуёш нурланишини электр энергиясига айлантириш мумкин. Аммо, «тўғримас» оптик ўтишларнинг асосий ютилиш чегарасида λ нинг қиймати катта бўлмаганлиги сабабли, бутун

келтирилган қуёш спектри ютилиши учун кремнийли ҚЭ нинг қалинлиги 250 мкм дан кам бўлмаслиги керак. Ҳолбуки худди шундай шароит учун GaAs материалининг қалинлиги 2-5 мкм бўлиши кифоядир. Шунинг учун, спектрал характеристиканинг бу хусусиятларини юқори самарали ва юпқа қатламли ҚЭ ишлаб чиқишда аҳамияти катта эканлигини доимо ҳисобга олиш зарур.

Агар ЯЎ сиртга тушаётган фотонлар энергияси кам бўлиб, ютилиш натижасида электронларни валент соҳасидан ўтказувчанлик соҳасига чиқара олмаса, нурланиш таъсирида электрон кристалл ичида рухсат этилмаган соҳаларга ўтиши мумкин. Бундай ҳолат учун ютилишнинг спектрал характеристикасининг асосий ютилиш чегарасидан кейинги узун тўлқинли қисмида сезилиши мумкин. Бундай ютилиш эркин заряд ташувчилар ютилиши дейилади ва бу жараён шундай заряд ташувчилар концентрациясига боғлиқ бўлади. Эркин заряд ташувчилар енгил ионизация бўла оладиган киришмалар концентрациясига боғлиқ бўлгани учун, ютилиш ҳам унга тўғридан –тўғри боғлиқ булади. ЯЎ материалларда бундай узун тўлқинли ютилиш хусусиятларини ўрганиш натижасида ютилишнинг бир неча тури мавжудлиги аниқланган. Жумладан, фазовий панжара тебранишларида ютилиш, киришмаларда ютилиш, экситонларда ютилиш. Экситон – боғланган электрон-тешик жуфтлиги бўлиб заряд ташувчилар концентрациясини ўзгартирмайди. Чунки кристалл ичида алоҳида электрон ёки тешик ҳаракатлари эмас, балки боғланган ҳолат ҳаракатидир.

Ютилиш спектрлари кристалл тузилиши хусусида керакли ва ҳар томонлама фойдали маълумотлар беради, жумладан, легирланиш даражаси, киришмаларнинг активланиш энергиясини ва уларнинг ман қилинган соҳада жойлашган энергетик сатҳларини аниқлашга имкон беради. Масалан, ютилиш спектрлари асосида кремнийда кислороднинг бор йуқлигини аниқлаш мумкин (9 мкм). Спектрнинг узун тўлқинли соҳасида аксланиш коэффиценти R , бундай киришмалар ортиши билан кескин ўсиши кузатилади.

Ҳозирги замон микроэлектроникасининг ютуқлари кўп жиҳатдан фотолитграфия усулини қўлланилишига боғлиқдир. Бу усул билан ЯЎ тузилмаларда катта аниқликда аввалдан берилган топологияга эга бўлган шакл туширилади ва кейинчалик унга технологик ишлов берилади. Бу усул воситалари билан ҳар хил материалларга, жумладан диэлектрикларга, ярим ўтказгичли материалларга ва металларга проекцион расмлар тушириш мумкин.

Фотолитографик усул (ФЛУ) билан материалларга (ЯЎ, металл, диэлектрик) ишлов берилганда аввал керакли шакллар алоҳида махсус ёруғликка сезгир материалда – фоторезистда олинади. Фоторезистга (ФР) расм махсус қурилмалар орқали туширилади. ФЛУ усули воситасида 1-3 мкм ўлчам билан шаклларни 0,2-0,6 мкм аниқликда тушириш мумкин. ФЛУ усули билан шакл олишда қилинадиган асосий жараёнлар қуйидаги тартибда бажариладиган технологик амалардан иборат.

- материалга ФР ўтказиш,

- фоторезистни мустаҳкамлаш,
- фотошаблон ёрдамида шакл тушириш,
- шаклни нурлантириш,
- кераксиз жойларни емириш,
- ортикча ФРни олиб ташлаш.

Фоторезистлар. ФР лар – ёруғликка сезгир материал бўлиб, ёруғлик таъсири остида эрувчанлигининг ўзгариши ҳодисасига асосланиб шакл ишланади. ФР лар асосан ультрабинафша нурлар таъсирида активлантирилади. Фоторезист полимер материаллардан тайёрланади. ФР позитив ва негатив бўлади. Агар унинг эрувчанлиги нур таъсирида ортса, – позитив дейилади, агар камайса – негатив дейилади.

Фотолитография жараёнинини ўтказишда материални тайёрлаш муҳим технологик жараён бўлиб ҳисобланади. ФЛУ ни қўллашда намунага қуйидаги талаблар қўйилади.

- 1) Намуна сиртида нуқсонлар бўлмаслиги (ифлосликлар, механик чизиклар ва ҳоказолар).
- 2) Ҳар хил физик ёки химик ҳолатларнинг намуна сиртида бўлмаслиги (намуна атомидан бошқа атомлар).
- 3) Керакли адгезияга эга бўлган ФР танлаш.

Намуна сиртига аввалдан ўтқазилган диэлектрик қатламларнинг қалинлиги етарли бўлиши керак.

Намуна сиртига ФР қатламини олиш жараёни . ФР қатламини олишнинг бир неча усули мавжуд. Булардан бири центрифуга ёрдамида ФР қатламини олишдир. Маълум тезликда айланаётган центрифугага маҳкамланган намуна сиртига томчи кўринишдаги ФР туширилади. ФР нинг жараён давомида оқиши ва юпқа қатлам ҳосил қилиши кузатилади ва ундан эритувчининг буғланиши кузатилиб, унинг қовушоқлиги маълум даражага келгунча фойдаланилади. ФР оқиш жараёни тўхташигача жараён давом эттирилади. Одатда қалинлик бўйича бир текис юпқа қатлам ҳосил бўлиши учун центрифуга айланиш тезлиги 1500-6000 айл/мин бўлиши мақсадга мувофиқдир. Бу усулнинг афзалликлари қурилманинг соддалиги, юпқа қатламлар олиш имконияти мавжудлигидадир.

Пуркаш усулида эса ФР сиқилган ҳаво ёрдамида намуна сиртига сочилади. Бу усул ФР нинг қалин олинишига имконият беради. Энг содда усуллардан бири намунани ФР га ботириш усулидир.

ФР ни қуритиш жараёни. ФР ни термокамерада ёки инфрақизил нурлар воситасида қуритиш усуллари мавжуд. Қуритиш 80-100°C, айрим ҳолларда эса 120-140 °C да олиб борилади.

Фотошаблон – тушириши керак бўлган намуна устидаги шаклнинг акси (негатив ФР учун) ёки ўзи (позитив ФР учун) кўринишида бўлади. Фотошаблонни намуна билан устма-уст тушириш ва нурлантириш одатда бир дастгоҳда ўтказилади. Фотошаблонни намуна билан устма-уст тушириш имтиёзли, масъул

жараён бўлиб, у ФЛУ аниқлигини белгиловчи амалдир. Устма-уст тушириш жараёни микроскоп остида ўтказилади. Бу жараёндан кейин шу жуфтлик ёритилади, бунинг учун асосан контакт усули қўлланилади. Ёруғлик ФР қатламидан ўтиб қисман ютилади ва ФР нинг фотосезгир қисмини активлаштиради. Фоторезист ёритилиб активлаштирилгандан кейин, активлашган (яъни ёруғлик тушган жойлари) кимёвий усул билан емирилади. Натижада керакли шакл ҳосил бўлади. Бу жараён «очиш» деб аталади. «Очиш» ботириш ёки пульверизация усули билан бажарилади. Бу жараёнда назорат қилиш микроскоп остида бажарилади ва берилган шаклнинг аниқ бўлишига аҳамият берилади. «Очиш» жараёнининг аниқлиги ҳароратга, «очқич реактив»нинг концентрациясига ва ёритиш вақтига боғлиқдир.

ҚБ ва ФЭҚ лар қувватини ҳисоблаш учун қуйидагиларни ҳисобга олиш зарур:

1. Фотоэлектрик қурилма қувватини ҳисоблаш учун аввалига уни ишлатилиши кўзда тутилган муҳит билан танишиш ва шу муҳит хусусиятларини (ўртача ҳарорат, ёруғлик нурларининг ўртача қуввати, ёруғлик тушиш муддати, йил давомидаги ёруғ кунлар ва ҳоказо) ўрганиш зарур.

2. Электр энергияси истеъмолчиларининг характерини (ўзгармас ва ўзгарувчан ток истеъмолчилари хусусиятлари), истеъмолчиларнинг электрик параметрлари (ток кучи, кучланиши, ўзгарувчан ток частотаси), керакли умумий электр қувватини ҳисоблаш

ва ҳар бир истеъмолчига бир кунда ўртача ишлатиш вақтини аниқлаш зарур.

3. Ортиқча ишлаб чиқилган электр энергиясини ҳисоблаш ва энергияни йиғиш усулини танлаш.

4. Йиғувчи аккумулятор электр сиғимини ҳисоблаш.

5. Фотоэлектрик қурилма йиғиш учун керак бўладиган стандарт ва ностандарт асбоб ускуналарни аниқлаш.

6. Инверторлар параметрларини, қувватини ва фойдали иш коэффициентини аниқлаш.

7. Контроллерларнинг параметрларини ва қувватини аниқлаш.

8. Фотоэлектрик қурилма конструкциясини танлаш, параметрларини режалаш, тайёрлаш технологиясини аниқлаш.

9. Фотоэлектрик қурилмани тайёрлаш.

10. Фотоэлектрик қурилма қисмларини синаш. Қурилмани бутунича синаш.

11. Фотоэлектрик қурилмани синаш натижаларини ҳисобга олган ҳолда уни параметрларини оптимал ҳолга келтириш.

12. Қурилмани тажрибавий синаш, ҳисоб ва режавий натижалар билан таққослаш.

13. Фотоэлектрик қурилмага кетган харажатларни қоплаш муддатини ва самарадорлигини аниқлаш.

Мисол сифатида Ўзбекистон республикасининг чўл шароитида жойлашган, энергия марказларидан узоқда бўлган фермер хўжаликни фотоэлектрик қурилма билан таъминлашни кўриб ўтамиз. Фермер хўжаликнинг асосий касби чорвадорлик ва деҳқончилик бўлсин.

1. Бу ҳудуд учун (Масалан, Қашқадаръё ҳудуди) қуёшли кунлар 300 кун, тушаётган ёруғликнинг ўртача қуввати 750 Вт/м^2 , ўртача ёруғлик тушиш муддати кунига 8 соат бўлсин.

2. Электр энергиясининг истеъмолчилари, 6 кишидан иборат оила. Ёритиш учун 4 ёруғлик манбаи ҳар бири ЛДС-40 лампа, ёритиш муддати бир кунда 4 соат. Рўзғор буюмлари: телевизор қуввати 60 Вт бир кунда ишлаш муддати 3 соат, суғориш насоси қуввати 20 Вт бир кунда ишлаш муддати 2 соат, чой қайнатгич бир кунда ишлаш муддати 2 соат, қуввати 20 Вт, кўтарма кам қувватли 40 Вт ли слесарь-токарь қуввати 40 Вт, дастгоҳи ўртача ишлаш муддати 0,5 соат.

3. Келтирилган истеъмолчиларининг умумий бир кунлик истеъмол қилган электр қуввати $0,64 + 0,18 + 0,04 + 0,04 + 0,02 = 0,92 \text{ кВт}$ соатни ташкил этади. Бир йилда эса $360 \times 0,92 = 336 \text{ кВт соат}$.

4. Энергияни йиғиш учун кислотали аккумуляторни танлаб оламиз, унинг кучланиши 12 В бўлсин. У ҳолда бир кунда 0,92 кВт электр қувватини йиғиш учун, агар инверторнинг ф.и.к. 0,92 бўлса, ф.и.к. 10 % ли ҚЭ ларидан бир кунда $85 \text{ А} \times 12 \text{ В} = 1000 \text{ Вт}$ йиғиш мумкин. Агар ёруғликнинг ўртача тушиш вақти 8 соат бўлса ҳар соатига 125 Вт энергия жамланиши ёки 20 % захирали қилиб фотоэлектрик қурилма режалаштирилса қуввати 150 Вт бўлган қурилма тайёрланиши керак.

5. Аккумуляторнинг электр сифимини ҳисоблаш учун разрядланиш чегарасини 75 % олсак, унинг электр сифими 300 А соат бўлади.

6 .Икки хил инвертор керак бўлади. А) ЛДС-40 ёритгичлар учун частотаси 20 кГц ли, қуввати 150 Вт ли инвертор. Б) Частотаси 50 Гц ли, қуввати 100 Вт ли инвертор.

7. Бошқарувчи контроллернинг қуввати 150 Вт

8.Фотоэлектрик қурилманинг қуввати 150 Вт ва уни стационар ёки кўтарма конструкцияли қилиш мақсадга мувофиқдир.

Хулоса:

Қуёш элементларини саралаш учун унинг параметрлари ўлчаш зарур. Параметрларни ўлчашнинг икки хил усули мавжуд.

Табиий қуёш нурлари остида «эталон» ҚЭ лари воситасида ўлчаш. Ўлчаш муддатида эталон ва ўлчанаётган ҚЭ бир текисликда туриши керак, яъни тушаётган нурларнинг энергияси бир хил бўлиши зарур.

Қуёш нурлари «имитаторларидан» фойдаланиш. Яъни сунъий қуёш сифатидаги қурилмалардан фойдаланиб ҚЭ параметрларини ўлчаш. Ишлаб чиқариш шароитида сон-саноксиз ҚЭ лари бўлгани учун иккинчи усулдан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Имитатор билан ишлаганда албатта вақти-вақти билан эталон ҚЭ ларини калибровка (қайта паспортда кўрсатилган параметрларини назорат қилиб туриш) қилиб туриш зарур.

ҚЎЛЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Фаренбрух А., Бьюб Р., Солнечнѐе элементѐ: теория и эксперимент, М., Энергоатомиздат, 1987 г.
2. Колтун М.М., Селективнѐе оптические поверхности преобразователей солнечной энергии, М., Наука, 1979 г.
3. Колтун М.М., Оптика и метрология солнечнѐх элементов, М., Наука, 1985 г.
4. Колтун М.М., Солнечнѐе элементѐ, М., Наука, 1987 г.
5. Раушенбах Г., Справочник по проектированию солнечнѐх батарей, М., Энергоатомиздат, 1983 г.
6. В.М.Андреев, В.А.Гриликес, В.Д.Румянцев, Фотоэлектрические преобразование

концентрированного солнечного излучения,
Наука, Ленинград, 1989 г.

7. Т.Мосс, Г.Баррел, Б.Эллис, Полупроводниковая
оптоэлектроника, М., Мир, 1976 г.

8. С.Зи, Физика полупроводниковых приборов,
книга 2, М., Мир, 1984 г.