

УДК: 538.551.45

ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТИ ЭФФЕКТИВЛИГИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАР ТАҲЛИЛИ

К.А.Исмаилов - физика-математика фанлари доктори, профессор

З.Т.Кенжаев – ассистент ўқитувчи

Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети

М.А.Жалелов – физика-математика фанлари номзоди

Ажиниёз номидаги Нукус давлат педагогика институтини

Таянч сўзлар: яримўтказгич, диэлектрик, қуёш элементи, вольт-ампер характеристика, фойдали иш коэффициенти, фотоэлектрик станция.

Ключевые слова: полупроводник, диэлектрик, солнечный элемент, вольт-амперная характеристика, коэффициент полезного действия, фотоэлектрическая станция.

Key words: semiconductor, dielectric, solar element, volt-ampere characteristics, useful action amount, photoelectric station.

Қуёш элементлари (ҚЭ) иктисодий эффективлигини аниқловчи асосий омиллардан бири бу фойдали иш коэффициенти (ФИК) ҳисобланади [1-4]. Асосий муаммо ҚЭ и эффективлигининг пастлигидир. Хозирги кунда ФИКни ошириш борасида тинимсиз излаишлар олиб борилмоқда. Бироқ амалиётда қўлланилаётган фототурлантргичларнинг ФИК и барибир пастлигича қолмоқда, бунга, асосий сабаб тайёрлашдаги айрим технологик операциялар, эксплуатация жараёнлари ва ҳ.к. ҳисобланади.

Қўплаган илмий тадқиқот ишларда қуёш элементдаги энергия йўқотилиши ва ФИК га таъсир этувчи омиллар ҳақида сўз юритилган [1, 5-9]. Биз бу ишимизда эксперимент натижалари ва адабиётлардаги маълумотлардан фойдаланиб ФИК га таъсир этувчи барча омилларнинг умумий таҳлилини беришга ҳаракат қилдик ва шу асосда айрим ҳулосаларни келтириб ўтдик.

ҚЭ ва қуёш батареясининг фойдали иш коэффициенти аниқлаш учун, тушаётган оптик нурланиш энергияси миқдорини ва элемент ёки батарея ишлаб чиқарган электр энергиясининг миқдорини билиш зарур, қувват билан ифодаланди:

$$\eta = \frac{P_{\text{Max}}}{P_{\text{нур}}} = \frac{U_M I_M}{P_{\text{нур}}} = \frac{\xi U_{\text{xx}} I_{\text{кт}}}{P_{\text{нур}}} \quad (1)$$

Қуёш элементда энергия йўқотилишининг ФИК га таъсири.

Оптимал параметрли ҚЭ и олиш учун энергия йўқотишларини анализ қилиш, баҳолаш ва камайтириш усулларини ўрганиш муҳим ҳисобланади.

Қуёш фотоэлементи тушувчи нурланиш энергиясининг фақат нағрузка қаршилиқларга ажиралиб чиқувчи қисмини электр энергиясига айлантиради. Энергиянинг қолган қисми, энергияни турлантириш вақтида йўқотилади. Шунинг учун ФИК камайтишидаги яна бир муаммо қаршилиқлардаги энергия йўқотилиши ҳисобланади.

1. Фотоэлемент юзасига нурланишнинг тушиида аксланиш

Тушувчи энергиянинг йўқотилишига олиб келувчи биринчи ҳодиса бу ярим ўтказгич юзасидан нурларнинг аксланишидир. Аксланиш маълум даражада юзанинг ҳолатига ва ярим ўтказгичнинг физик параметрларига боғлиқ.

Ҳисоблашларга қўра 1-1,5 эВ ман қилинган соҳали олмос структурали материаллар учун аксланиш 30% га яқин бўлиши керак. Тушаётган нурнинг қайтишини камайтириш учун, ярим ўтказгичли материал сиртига синдириш кўрсаткичини мувофиқлаштирувчи, ҳар хил оксид материаллар SiO, SiO₂, SnO₂, TiO₂, Ta₂O₅, ZnS ва ҳоказолар билан қоплаш керак бўлади. Одатда қопланаётган материаллар синдириш кўрсаткичи n₁<n₂ тенгсизликни қаноатлантириши керак [1].

Кремний асосидаги ҚЭ ларини бир қатламли эффектив аксланишни камайтирувчи материал Ta₂O₅ ҳисобланилади ва унинг ёрдамида аксланишни 10 % дан камроқ қилиш мумкин, икки қатламли қоплама билан эса аксланишни 2 % камайтириш мумкин.

Пластика ичига, яримўтказгич (ЯЎ) юзаси орқали тушувчи энрегиянинг қандай қисми киришини кўрсатувчи ФИК қуйидагича аниқланади [3]:

(2)

Бу ерда, R_λ - аксланиш коэффициенти, E_λdλ – λ+dλ тўлқин узунлигидаги тушувчи нурлар энергия улуши.

2. Нурланишнинг ютилиши

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 йўқлигини аниқлаш мумкин (9 мкм).

ЯЎ ичига кирган нурларнинг маълум қисми шунинг ўзида ютилади. Қолган қисми пластинанинг бутун қалинлиги орқали ўтади ва орқа металл электродларда фойдасиз ютилади. ЯЎ да нурланишнинг ютилиш ФИКи қуйидагича аниқланади,

$$\eta_{\alpha} = \frac{\int_0^{\infty} E_{\lambda} (1 - R_{\lambda}) (1 - \exp(-\alpha x)) d\lambda}{\int_0^{\infty} E_{\lambda} (1 - R_{\lambda}) d\lambda} \quad (3)$$

α – ютилиш коэффициенти, x- пластика қалинлиги.

Қўлланилаётган қуёш элементларидаги кремний – пластиналарининг қалинлиги 180-300 мкм ни ташкил қилмоқда. Бу эса қуёш элементлари тан нарҳини 40% гача оширади. Муаммони ечиш учун кремний қалинлигини камайтириш мақсадга мувофиқ. Кремний материалининг қалинлигини камайтириш билан қуёш нурларининг ютилиши пасаяди ва таёрланган ҚЭ нинг фойдали иш коэффициенти ҳам камаяди. Бу муаммо ҳозирги кундаги асосий муаммолардан биридир.

3. Заряд ташувчилар генерацияси

ЯЎ ҳажмига ютилган энергиянинг маълум қисми электрон-ковак жуфтлари генерациясига сарфланади. Қолган қисми экситон тузилмаларга ва кристалл панжарада тебранишларни уйғотишга, яъни температурани оширишга сарф бўлади.

ЯЎ га ютилган энергиянинг электрон-ковак жуфтларини ҳосил қилувчи улушини ифодаловчи генерация ФИК қуйидаги формула билан аниқланади

$$\eta_g = \frac{\int_0^{\lambda_{\text{ос}}} \eta_{\lambda} E_{\lambda} (1 - R_{\lambda}) (1 - \exp(-\alpha x)) d\lambda}{\int_0^{\infty} E_{\lambda} (1 - R_{\lambda}) (1 - \exp(-\alpha x)) d\lambda} \quad (4)$$

Ютилишнинг хусусий чегараси элементнинг спектрал характеристикаси тўлқин узунлигини λ_{0s} аниқлайди. Демак, $\lambda > \lambda_{0s}$ учун $\eta_\lambda = 0$ бўлади, у ҳолда интегралнинг юқори чегарасини каноатлантирувчи қиймати λ_{0s} . Бундан кўринадики, бу нурланиш спектри учун генерация ФИК η_λ ман қилинган соҳа кенглиги E_g нинг функцияси экан.

4. Рекомбинация ва ток

Оптик нурланишни турлантирилиши жараёнида электронларнинг диффузия йўли узунлиги (L_n) ва р-п ўтиш чуқурлиги (l) муҳим аҳамият касб этади, чунки ҳосил бўлаётган ва ажратилиши керак бўлган жуфтликлар уларга боғлиқдир [1,3]. Шунинг учун, Q_{eff} ва I_{qt} ни ошириш учун р-п ўтишнинг иккала томонида ҳам албатта диффузион узунликни ошириш мақсадга мувофиқдир. Бунини амалга ошириш учун керакли материал танлаш ва р-п ўтишни технологик тайёрлаш жараёнида диффузион узунликни камаймаслигига ҳаракат қилиш керак.

Яримўтказгич ҳажмида ҳосил бўлган жуфтликлардан, фақат, диффузия узунлиги катта бўлган электрон-ковак жуфтлари р-п ўтиш чегарасида генерацияланади ва ташқи занжирда электр токи ҳосила бўлишида иштирок этади. Қолган жуфтлар, потенциал барьер олдида уларнинг бўлинишида рекомбинациялаши тўғрисида йўқолади. Ток бўйича фотоэлементнинг ФИК и қуйидаги формула бўйича ҳисобланади

$$\eta_i = \frac{\int_0^{\lambda_{0s}} Q_\lambda \eta_\lambda E_\lambda (1 - R_\lambda) [1 - \exp(-\alpha x)] d\lambda}{\int_0^\infty \eta_\lambda E_\lambda (1 - R_\lambda) [1 - \exp(-\alpha x)] d\lambda} \quad (5)$$

5. Рекомбинация ва кучланиш

Соҳа ичида ўтишда ташувчиларнинг энергия йўқотиши куёш элементда кучланиш йўқотишига олиб келади.

Барча иштирокчи фотонлар учун кучланиш бўйича ФИК ифодаси

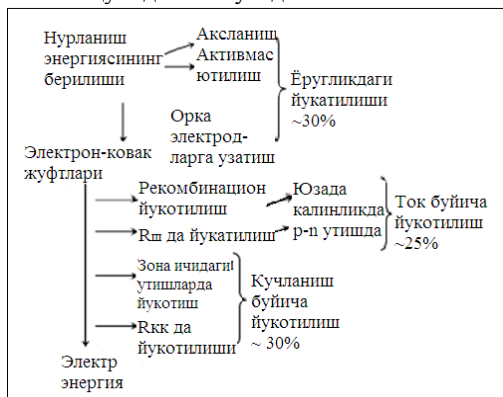
$$\eta_u = \frac{e}{hc} E_f \int_0^{\lambda_{0s}} \lambda Q_\lambda \eta_\lambda E_\lambda (1 - R_\lambda) [1 - \exp(-\alpha x)] d\lambda}{\int_0^\infty \eta_\lambda E_\lambda (1 - R_\lambda) [1 - \exp(-\alpha x)] d\lambda} \quad (6)$$

Юқоридаги формулада р-п - ўтишнинг кетма-кет қаршилигида кучланиш йўқотилиши ҳисобга олинмаган.

Келтирилган барча формулаларни қўпайтириб натижавий эффективлики топамиз.

$$\eta = \eta_k \eta_a \eta_g \eta_u = \frac{e}{hc} E_f \int_0^{\lambda_{0s}} \lambda Q_\lambda \eta_\lambda E_\lambda (1 - R_\lambda) [1 - \exp(-\alpha x)] d\lambda}{\int_0^\infty E_\lambda d\lambda} \quad (7)$$

Юқоридагиларда куёш элементда энергия йўқотиш схемаси қуйидагича бўлади.



1-расм. Куёш элементда энергия йўқотиш классификацияси.

Қуйида оптик йўл узунлиги (АМ) 1,5 шароитда ишлайдиган (ФИК=16,6%, $\eta=0,78$) кремний асосидаги ҚЭ да нурланишда берилаётган энергиянинг йўқотилиши тақсимои кўрсатилган[1,3]:

- $h\nu > E_g$ энергия билан ютиливчи фотонлардан ҳосил бўлувчи заряд ташувчиларнинг иссиқ термолизацияси – 19,2%;

- элемент орқали ўтувчи кичик энергияли $h\nu < E_g$ фотонларда электрон-ковак жуфтлари генерацияси кузатилмади – 18,8%;

- фото генерацияланган заряд ташувчиларнинг тўлиқмас йиғилиши– 4,5%;

- диод параметрлари билан аниқланадиган, р-п ўтишда заряд ташувчиларнинг рекомбинацион йўқотилиши – 19,2%;

- кетма-кет ва шунт қаршиликларда I^2R қувватнинг Омик йўқотилиши, тўғри кучланиш U ўзгаришида диодда қувват йўқотилиши – 4,7%;

- акслинишда йўқотилиш – 2,0%;

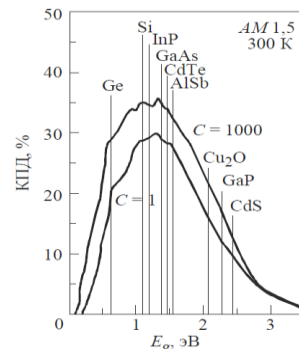
- контакт сетки юзаси соясида йўқотилиш – 4,0%;

- активмас ютилиш (копламаларда, нуқсонларда ва б.) – 1,0%.

Классик физика принциплари асосидаги кремнийли ҚЭ лари куёш энергиясини турлантирувчи оптимал диапазон куёш нурлар оқимининг кам интенсивли инфракизил спектрда (1,2-1,5 эВ) тўғри келади, куёш нурланиш спектрининг юқори интенсивли электромагнит тўлқинларнинг ютилиши эса кремний кристалл панжарасида энтропиянинг ўсиб кетишига олиб келади. Шунинг учун ташувчилар иссиқ термолизациясида энергия йўқотилиши энг катта бўлади.

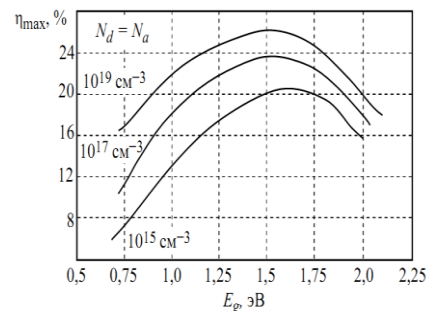
6. Ман қилинган соҳа кенглиги ва ФИК.

Бир қанча жиддий омилларнинг сабабидан элементларнинг реал эффективлиги идеал эффективликдан паст бўлади. Юзадаги заряд ташувчилар рекомбинацион йўқотилишига мос, ҳар хил температурада, АМ0 шароитда, яримўтказгич ман қилинган соҳа кенглиги ва гомоўтишли ҚЭ назарий ФИК орасидаги муносабат шунини кўрсатадики, максимум чиқиш 1,4-1,5 эВ энергия атрофида жойлашади (2-расм). Температуранинг орттирилишида ман қилинган соҳа кенглигининг катта қийматлар соҳасида максимумлар бирлашиб кетади.



2-расм. 300K да ҚЭ лари идеал ФИК ва

E_g орасидаги боғлиниш.



3-расм. Яримўтказгичлар ман қилинган соҳа кенглиги

E_g ва максимал ФИК орасидаги боғлиқлик [4].

Донор ва акцептор киришмалар концентрацияси уч киймати учун яримўтказгич E_g ва максимал ФИК орасидаги боғлиқлик 3-расмда кўрсатилган. Бу эгри чизиклар, $T = 5760 K$, $E = 0,1 Bm / cM^2$ шароитда германий $E_g = 0,7$ эВ, кремний $E_g = 1.1$ эВ, антимонид индий $E_g = 1,6$ эВ ва гипотетик яримўтказгичлар $E_g = 2,0$ эВ учун бажарилган. Бунда элементнинг ички қаршиликларида ва аксланишда энергия йўқотилиши ҳисобга олинмаган. Кўринадики, киришмалар концентратсияси ўсишига боғлиқ ФИК қийматлари ортади экан. Бу боғлиқлик, киришмалар концентрацияси ортиши билан р-п ўтишнинг иккала соҳасида Ферми сатҳи ман қилинган соҳа чегараси йўналишига кўчади, шу сабабдан потенциал тўсиқ баландлиги ортишини билдиради. Кўринадики, куёш энергиясини турлантириш учун оптимал яримўтказгич E_g кенглиги 1,6 эВ атрофида бўлиши керак экан.

7. Легирланган қатлам ва киришмаларнинг ФИК га таъсири

Куёш элементлари эффективлиги киришмалар концентрацияси ва актив соҳадаги асосий эмас заряд ташувчилар яшаш вақти τ га узвий боғлиқ [1,2]. Бунда τ ортиши билан қисқа тутатиш токи I_{qt} билан бирга тескари тўйиниш токи I_0 камайиши ҳисобига салт юриш кучланиши U_{xx} ҳам ортади.

Нухсонларни икки гуруҳга ажратиш мумкин: структуравий нухсонлар (дислокациялар, атомлар оралик жойлашиш, ваканция, иккиланган ва кичик бурчакли дон чегараси) ва киришмалар (бегон атомлар ёйилиши ёки ўрин эгаллаш). Нухсонлар электрик актив ва актив эмас бўлиши мумкин. Уларнинг электр активлигининг намоён бўлиши (донор ёки акцептор, ёки рекомбинация маркази сифатида) ярим ўтказгичларнинг ман қилинган соҳасида ферми квази сатҳи ҳолати билан аниқланади. Бу сатҳнинг ўтказувчан ёки валент соҳа чегарасидан бир нечта кТ энергия оралиқда жойлашишига қараб донор ёки акцептор бўлади. Яримўтказгичларда ёруғлик нури узун тўлқинли спектри киришмалар энергетик сатҳларида ютилиши ҳисобига фотоЭЮК ҳосил бўлади.

Агар биз яримўтказгич ман қилинган соҳаси ичидан ўзимизга керакли сатҳларни, яъни, ҳар-хил λ ларда максимал электронлар генерацияси вужудга келишини таъминлай оладиган, электронлар ўтишига имкон берадиган сатҳларни, киришмалар ёрдамида ярата олсак КЭ нинг эффективлигини бир мунча оширишимиз мумкин.

8. Атмосферадаги ютилишлар

Аслини олганда куёш энергиясининг тақсимланиши ерга узоклиги ва атмосферадаги ютувчи уч асосий манба билан боғлиқ: газлар (O_2 , H_2 ва б), сув буғлари ва чанг. Атмосферадаги ютилиш натижасида куёш спектрининг ултрабинафша қисми заифлашади. Агар биз оптик йўл узунлиги (АМ) ва атмосферадаги сув буғлари микдорини w деб белгиласак ютувчи манбаларнинг таъсир даражасини аниқлашимиз мумкин.

Атмосфера ва географик шароитларнинг таъсирида куёш спектрининг ўзгаришига боғлиқ фотонлар оқими $Q(E_g)$ нинг E_g ман қилинган соҳали ЯЎ да электрон-ковак жуфтлари генерациясига лаёқатини қуйидагича аниқлаймиз:

$$Q(E_g) = \sum_{\nu=E_g}^{\nu=\nu_{max}} Q(\nu) \quad (8)$$

Бу ерда, $Q(\nu) - \Delta(\frac{1}{\lambda}) = 10^{-5} cM^{-1}$ - ҳажмдаги $h\nu$

- энергияли фотонлар оқими, ν_{max} - максимал частота.

Нурларнинг атмосферада ютилиши яримўтказгичда фотонлар микдори ва ток зичлиги камайишига олиб келади.

Умумий ҳолда, 300К температурада п-тип кремнийли КЭ и фотоЭЮК и қуйидагича аниқланади:

$$E_f = 1,1 + 0,025 \ln \frac{0,062 I_f}{\mu_e \rho_e (\frac{D_h}{\tau_h})^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

Бу формуладан, етарлича фотоЭЮК олиш учун катта ман қилинган соҳали яримўтказгич, кичик солиштирма қаршилиқ, кичик ҳаракатчанликка эга заряд ташувчилар ва асосий бўлмаган заряд ташувчилар яшаш вақтининг катта бўлиши керак.

Умумлаштириб айтганда, оптик нурланишни электр энергияга айлантириш вақтида Фототурлантиргичлар структурисида бўлиб ўтадиган жараёнларни ўрганиш шуни кўрсатадики, унинг эффективлиги ЯЎ материалнинг оптик ва электрофизик хусусиятларига (тузилма сиртидан ёруғликнинг қайтишига, фотоионизация ҳодисасининг квант чиқишига, асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг диффузия йўлининг узунлиги L_n га, асосий ютилиш чегарасининг спектрал ҳолатига ва ҳоказоларга), р-п ўтишнинг характеристикасига (электр тоқининг ўтказиш механизмига, потенциал тўсиқнинг катталигига, ҳажмий заряд соҳасининг кенглигига), геометрик омилига (база материалнинг диффузион йўли узунлиги ва база қалинлиги орасидаги муносабатга, яъни L_n ва l га), ҳамда р-п ўтишдан иккала п- ва р-соҳалардаги ЯЎ материалнинг легирланиш даражасига боғлиқдир. Шунингдек, эффективликка легирланган қатлам ва нухсонларнинг таъсири юқори бўлади ҳамда эффективликни белгилаб берувчи асосий параметр E_g ман қилинган соҳа кенглиги ҳисобланади.

Куёш батареяларида эса, булардан ташқари, кетма-кетлик қаршилиги R нинг катталигининг ВАХ шаклига ва қувват P га таъсирини аниқлаш зарурдир. Ўз навбатида кетма-кет қаршилиқ қиймати уни ташкил қилувчи қисмлар қаршиликлари ва контакт қатламларининг геометрик жойлашуви билан ҳам аниқланади.

Куёш элементи эффектив ишлаши учун қуйидаги талаблар қўйилади: нурланишнинг тўлиқ ютилиши учун оптик ютилиш коэффициентини юқори қилиб олиниши, сиртки қатлам ҳисобига аксланишни камайтириш, ёритиш вақтидаги генерацияланган электрон ва коваклар контакт электродларда иккала томондан ҳам эффектив йиғилиши, р-п ўтиш сезиларли барьер баландликка эга бўлиши, иш жараёнида қувват йўқолишини камайтириш учун кетма-кет уланган КЭ умумий қаршилигини паст бўлишини таминлаш зарур, актив соҳанинг маҳкамлаш шунтлаш эффектини йўқотиш учун, КЭ таркибига кирувчи юбка пленкалар катта юзаларда қалинлиги бўйиша бир жинсли бўлиши зарур.

Хулоса қилиб айтганда, куёш элементлари ва батареялари ФИК ни аниқлаш ва ўрганиш мураккаб комплекс масала ҳисобланади.

Хулоса

Куёш энергиясидан электр энергия сифатида оммовий фойдаланиш учун куёш элементлари эффективлигини ошириш муаммоси қўйилади, бу эса куёш нурланиш спектрининг турлантирилувчи интенсивлиги ва спектрал хусусиятларини кенгайтиришга узвий боғлиқ.

Бу муаммони ҳал қилиш учун янги илмий ғоя, механизм асосида, куёш нурланишининг кенг диапазонида эффектив ишловчи КЭ лар структурасини

технологик шакиллантириш, янги конструкциялар яратиш керак. Бу муаммони хал килишдаги эффектив усуллардан бири бу функционал кремний қатламлар, нанокристалл аралашмалар, голографик копланалар,

замонавий нанотехнология ютукларидан фойдаланишдир. ҚЭ нинг янги авлодини шакллантириш учун янги техник, технологик ва конструкцион ечимларга келиш керак.

Адабиётлар

1. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: теория и эксперимент. -М.: энергоатомиздат, 1987, -С. 280.
2. Колтун М.М. Солнечные элементы. -М.: «Наука», 1987, -С.192.
3. Афанасев В.П., Теруков Э.И., Шерченков А.А. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЕТУ «ЛТИ», 2011, -С.168.
4. Кличев Ш.И., Мухаммадиев М.М., Авезов Р.Р., Потаенко К.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. -Т.: Изд-во "Фан ва технология", 2010, -С.192.
5. Исмаилов К.А., Кадышев С.К., З.Т. Кенжаев, Состояние и перспективы развития солнечной энергетики -ВЕСТНИК Ошского ГУ. 2013. №2. -С.128-132.
6. Исмаилов К.А., Утениязов Е., Шарибаев М.В., Кенжаев З.Т. Физические свойства солнечных элементов на основе кремния. //Вестник, ККО АН РУз. 2014, №-2, -С. 8-13.
7. Исмаилов К.А., Кенжаев З.Т. Факторы влияющие на эффективность использования фотопреобразователей. //Вестник, ККО АН РУз. 2017, №-3, -С. 11-14.
8. Кенжаев З.Т. Состояние и перспективы развития солнечной энергетики. // Молодой учёный. Международный журнал. №37, 2017. -С. 6-7.
9. Кенжаев З.Т. Куёш элементининг фойдали иш коэффициентига таъсир этувчи омиллар анализи - III РИАК. -Қарши: 2015. 200-203-б.

РЕЗЮМЕ

Мақолада, Куёш элементи ФИКГа таъсир этувчи омилларнинг умумий таҳлили берилган. Эффективлики ошириш бўйича айрим хулосалар келтирилган. ҚЭ да нурланишда берилётган энергиянинг йўқотилиши тақсмоти кўрсатилган. Тақикланган соҳа кенглиги ва киришмаларнинг ФИКГа таъсири ўрганилган.

РЕЗЮМЕ

В статье приводится анализ факторов, влияющих на КПД солнечного элемента. Для повышения эффективности делаются некоторые выводы и анализ распределения потерь энергии падающего излучения солнечным элементом. Изучается также влияние запрещённых зон и примесей на КПД.

SUMMARY

The article deals with the analysis of the factors influencing on the CUA of the solar element. There are some conclusions how to increase the effectiveness and the analysis of power loss of the falling radiation by a solar element. The authors also studied the influence of the prohibited zones and defects on the CUA.

ТЕТРАЭДР УШЫН БИСЕКТРИСА ТҮСИНИГИ ХӘМ ОНЫҢ ҚӘСИЙЕТЛЕРИ

С.А.Танирбергенов - физика-математика илимлерининг кандидаты, доцент

Әженияз атындағы Нөкис мәмлекетлик педагогикалық институты

Таянч сўзлар: учбурчак, тетраэдр, фазо, биссектор текислик, биссектриса, сфера.

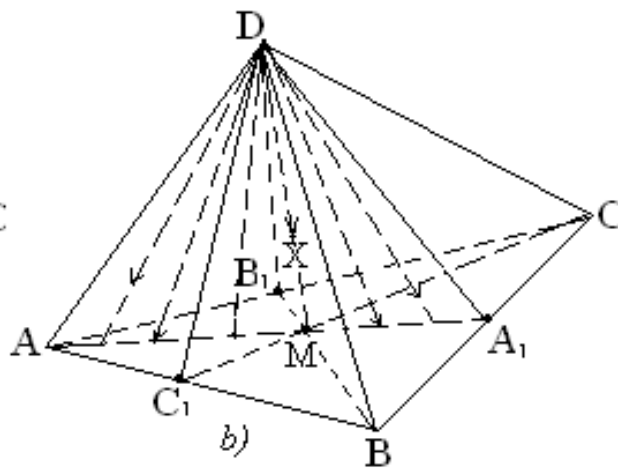
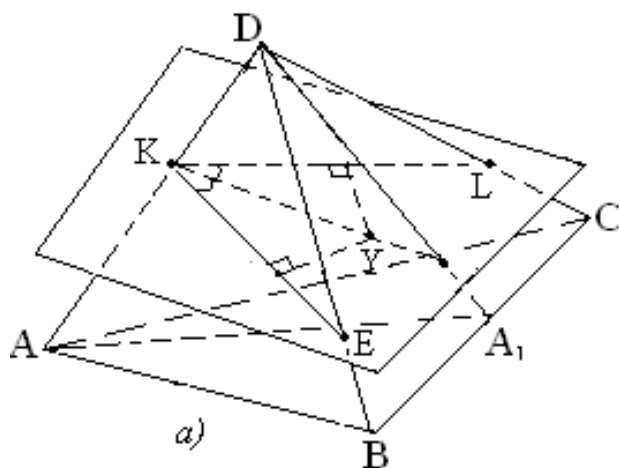
Ключевые слова: треугольник, тетраэдр, пространство, биссекторная плоскость, сфера.

Key words: triangle, tetrahedron, space, bisectorial plane, sphere.

Көпмүйешликлердин ишиндеги ең әпиўайы фигура үшмүйешлик болып, ол бир туўрыда жатпайтуғын үш нокат аркалы анықланды. Соның менен бирге үшмүйешликтин барлық нокатлары бир тегисликте жатады. Сонлықтан, үшмүйешлик еки өлшемли фигуралар қурамына киреди. Биз еки өлшемли тегислик түсинигинен үш өлшемли кеңислик түсинигине өткенимизде өлшем бир бирликке артады. Усының нәтийжесинде тегисликтеги туўрының кеңисликтеги аналогиясы тегислик болыўы келип шығады. Планиметриядағы үшмүйешлик түсинигине уксас түрде анықланатуғын кеңисликтеги фигура тетраэдр (үшмүйешли пирамида) болады. Себеби, тетраэдр бир тегисликте жатпайтуғын төрт нокаттан хәм олардың хәр биреўин қалған нокатлардың барлығы менен

тутастырыўшы кесиндилер аркалы анықланады. Үшмүйешликтин тәреплеринин саны үшке, ал тетраэдрдин жақларының саны төртке тең. Усыларға тийкарланып үшмүйешликтин кеңисликтеги аналогиясы тетраэдр болады деген түсиникке келемиз. Булардың қәсийетлерин бир-бири менен салыстырыў мәселелери оқыўшыларда кеңислик түсинигин қәлиптестириўге жәрдем береді [1], [2]. Үшмүйешлик хәм тетраэдрдин бир-бирине уксаслық қәсийетлери олар ушын енгизилген биссектриса түсинигинен де келип шығады. Соның ушын тетраэдрге биссектриса түсинигин енгизип, оның қәсийетлерин көрип өтеміз.

Мейли, бизге ABCD тетраэдр берилген болсын (1-а сызылма).



1-сызылма.