



солнечного излучения. Это может способствовать повышению эффективности и снижению стоимости производства "зелёного" водорода.

### Литература

1. Рахимов Р.Х. Керамические материалы и их применение. Разработка функциональной керамики с комплексом заданных свойств. Том 1. Lambert Academic Publishing, 2022, с.278
2. Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Системная эффективность водородных циклов на основе внепиковой электроэнергии АЭС // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2011. - № 4. - С. 52-61.
3. Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Оценка конкурентной эффективности получения водорода методом электролиза воды на основе внепиковой электроэнергии // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2016. - №4. - С. 84-90.
4. П. Л. Солодова, Р. Р. Минигулов, Е. А. Емельянычева. Водород как перспективным энергоноситель. современные методы получения водорода. Вестник Казанского технологического университета 2015, Т18, №3, 137-140
5. Rustam K. Rakhimov, Elena V. Kim US Patent No. 5,472,720 registration date 5.12.1995.
6. Xue Jiang, Chengzhi Shi, Zhenglu Li, Siqi Wangyuan Wang, Sui Yang, Steven G. Louie, and Xiang Zhang. Direct observation of Klein tunneling in phononic crystals. *Science*, 18 Dec 2020, Vol 370, Issue 6523, pp. 1447-1450. DOI: 10.1126/science.abe2011
7. Р. Х. Рахимов, В. П. Ермаков, М. Р. Рахимов, “Применение функциональной керамики в процессах стерилизации”, *Comp. nanotechnol.*, 8:1 (2021), 84–94. DOI: <https://doi.org/10.33693/2313-223X-2021-8-1-84-94>
8. Р. Х. Рахимов, В. П. Ермаков, М. Р. Рахимов, “Фононный механизм преобразования в керамических материалах”, *Comp. nanotechnol.*, 2017, № 4, 21–35

## ҚАЙТАДАН ТИКЛАНАДИГАН ТЕРМОЭЛЕКТРИК ЭНЕРГИЯ ЎЗГАРТИРГИЧЛАРНИНГ ИССИҚЛИК ВА ЭЛЕКТРИК ТАВСИФНОМАЛАРИНИ ТЕКШИРИШ

М.Б.Набиев, М.Б.Холдоров, О.В.Тиллабоева, Д.Д.Ғулумжонова  
Ферганский Государственный университет

**Аннотация:** Ушбу мақолада қайтадан тикланадиган термоэлектрик энергия ўзгартиргичларнинг қуввати, термоэлементларни ф.и.к., ҳамда уларнинг электрофизик хоссалари ўрганилди ва текширилди.

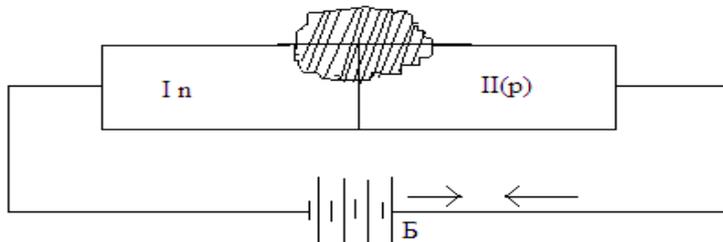
**Калит сўзлар:** эркин электронлар концентрацияси, электр юритувчи кучлар, генераторлик хоссаси, зона диаграммаси, термоэлемент термобатарея.

1821 йилда немис олими Зеебек томонидан қуйидаги кашфиёт кузатилган: икки хил ўтказгичлардан ташкил топган новдасимон материалларни учларини пайвандлаб, шу пайвандланган учларини бир томонини иссиқ ҳолда, иккинчи томонини эса совуқ ҳолда ушлаб турилса унда шу пайвандланган жуфтнинг иссиқ учлари томон электронлар оқими ҳаракати юзага келар экан (1-расм).

Бу ходисани туб моҳиятини Зеебек дарҳол тушинтириб бера олмаган бўлсада бирмунча кечроқ Поляк соатсози Пельтье томонидан ўтказилган тажриба анча аниқлик киритди.



Пельтье худди шундай турлича электрофизик параметрларга эга бўлган материаллар жуфти занжирга ўзгармас ток манбаидан электр токи юбориб бир пайвандланган учни ҳарорати жуда пастлаб кетганини ва аини бир пайтда эса иккинчи пайвандланган учни ҳарорати юқори эканлигини текширди (расм-1). Бу икки ўзаро тескари ҳодиса кейинчалик тўғри талқин қилиб берилди ва термоэлектрик энергетика асосини ташкил қилди.



1-расм. Пельтье тажрибасига мисол.

Шундай қилиб, А) Зеебек ҳодисаси мазмуни: ўтказгичлар кавшарланган учида ташқаридан қўшимча энергия таъсири бўлгунча, кристалл панжарадаги ўз орбитасида жойлашган электронлар тинч ҳолатда бўладилар. Чунки улар ядро билан боғлангаи бўлиб уни ажратиш учун фақат қўшимча энергия даркор.

Пайвандланган учга шам ёки бошқа иссиқлик манбаи орқали таъсир этилганда ядро билан аввало бўшроқ боғланган электронлар, бора-бора эса кучлироқ боғланган электронлар ҳам ядродан узилиб эркин ҳаракат қила бошлайдилар. Натижада иссиқ учида эркин электронлар концентрацияси ортади. Ўтказгичларни совуқ учларида эса доимо совутгич ёрдамида ҳарорат паст даражада ушлаб турилганлиги сабабли электронлар ҳаракатлана олишмайди, натижада эса эркин электронлар деярли йўқдир. Иссиқ учларида эркин электронлар концентрацияси кўпайиши уларни “бўшроқ” томонларга қараб (яъни ўтказгичларни совуқ учлари томон) ҳаракатланишига олиб келади. Электронларни иссиқ учларидан совуқ учлари томон ҳаракатланишига асосий сабаб улардаги энергия кўплигидир. Бундай электронларни оқими кейинчалик электр юритувчи кучлар деб атала бошлади. Бу Э.Ю.К. қуйидагича аниқланади:

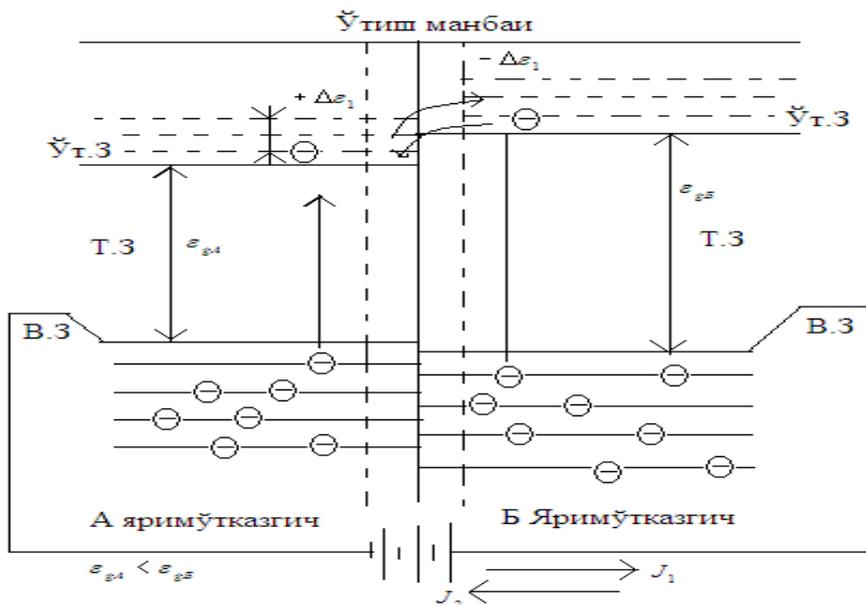
$$\sum E_{AB} = \ell_A - \ell_B \quad (1)$$

Агар занжир берк ҳолда бўлса, Ом қонунига кўра шу Э.Ю.К ва занжирни ташкил этувчилар ички қаршиликлари ҳисобига электр токи орқали:

$$J = \frac{\sum E_{AB}}{\sum R} \quad (2)$$

Термоэлемент занжирга юклама сифатида уланган қаршиликдан ажралиб чиқаётган электр қувват:  $W_{TЭ} = EJ$  (3) бўлиб, у ТЭни генераторлик хоссасини белгилайди. Б) Пельтье ҳодисасининг мазмуни: бу ҳодиса зоналар диаграммаси ёрда мида осон тушунтирилади. Барча термоэлектрик жараёнларда, яримўтказ гич материаллар қўлланилаётганлиги сабабли, мисолимизни яримўтказгичлар зона диаграммаси орқали тушунишга ҳаракат қилайлик.

Бунинг учун икки хил яримўтказгич пайвандланган контакт даграммасига мурожаат қиламиз. (расм-2) А ва Б яримўтказгич занжирга электр манбасини улаб, ҳоҳ у томонга ёки кутбларини ўзгартирган ҳолда ҳоҳ бу томонга электр токини йўналтирайлик. Маълумки турли электрофизик параметрли яримўтказ гичларнинг зона диаграммасида ҳам фарк бўлади. Шулардан бири таъқиқланган зона (Т.З) кенлиги ҳамдир.



Расм-2. Икки хил яримўтказгич пайвандланган контакт дааграммаси.

Мисолимизда А яримўтказгични таъқиқиланган зонасидан Б яримўтказгични таъқиқиланган зонаси биров кенгрок бўлганлиги сабабли ташқи электр таъсир йўналиши  $J_1$  ҳолатда бўлган ўтказувчан зонага ётиб олган электрон ўтиш майдони таъсирида Б яримўтказгичдан А яримўтказгичга ўтади.

Бу электрон қоидага кўра А яримўтказгични ўтказувчан зонасида энг пастда жойлашган ва бўш бўлган энергетик сатҳни эгалламоғи даркор. Аммо бу сатҳ энергиясидан эркин учиб келган электрон энергияси  $+\Delta\varepsilon_g$  га ортиқча бўлганлиги сабабли жойлаша олмайди. Жойлашиш учун эса шу  $+\varepsilon_g$  миқдордаги энергияни ўзидан иссиқлик нурланиши сифатида чиқариб юбориб, кристалл панжарага узатмоғи лозим. Худди шундай электронларни узлуксиз равишда ортиқча энергия миқдорини кристалл панжарага бериши натижасида шу пайвандланган қисм қизийди.

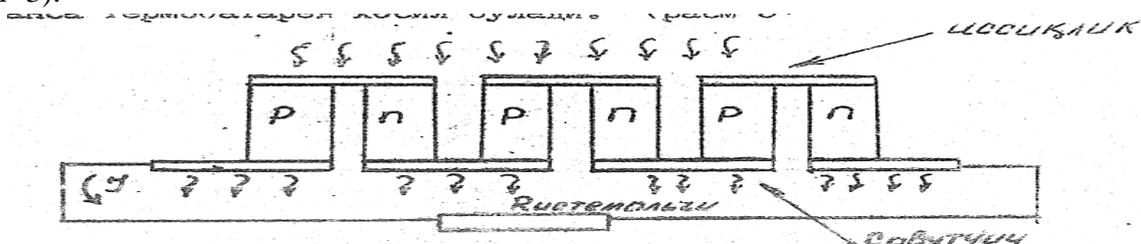
Энди ток йўналиши  $J_2$  ҳолатда бўлган пайтдаги ҳодисани кўрайлик. Бунда токни йўналишга мос ҳолла А яримўтказгич валент зонасидаги (В.3) электронлар ўтказувчан зонага ўтгач электр ва ўтиш майдони таъсирида Б яримўтказгичнинг ўтказувчан зонасига ўтиши керак бўлади. Буни амалга ошириш учун  $-\Delta\varepsilon_{g1}$  энергия етишмайди. Электрон худди шу етишмаган энергия миқдорини эса кристалл панжарадан олади. Электронларни тинимсиз равишда кристалл панжара энергияси ҳисобига А яримўтказгичдан Б яримўтказгичга ўтиши материални шу учини совиб кетишига олиб келади.

Бу юқоридаги ҳодисаларни электр энергиясини иссиқлик энергиясига айлантириш жараёнлари учун ҳам мисол бўлади.

Термоэлектрик энергетикада асосан Зеебек ходисасига асосланган қурилмалардан фойдаланилиб, улар ёрдамида иссиқлик энергияси ёрдамида электр энергияси олинади. Термоэлементлар (ТЭ) Зеебек мисолида кўрсатилганидек икки хил электрофизик параметрларга (яъни электрўтказувчанлик  $\sigma$ , иссиқлик ўтказувчанлик  $\chi$  ва иссиқлик электр юритувчи кучи коэффициенти  $\alpha$  га) эга бўлган яримўтказгич материаллардан ясалади. Бу материалларни бири  $p$ -типидаги ўтказувчанликка эга бўлса, иккинчиси эса  $p$ -типидаги



ўтказувчанликка эгадир.Термоэлементлар шакли ҳам турлича бўлиши мумкин. Улардан энг кўп тарқалгани тўғри тўртбурчак ёки цилиндрсимон шаклдагилар бўлиб,у (расм-3) схема-яъни кетма-кет уланган термоэлементлардан - термобатареялар тайёрланади.Термоэлементларни иссиқлик қабул қилувчи юқори учлари ва совутилиб турувчи пастки учлари коммутацион (бирлаштирувчи) пластинкалар билан туташтирилган бўлиб, улар орқали иситгичга (ёки совутгичга) уланади. Бир неча термоэлементни кетма-кет уланса термобатарея ҳосил бўлади (расм -3).



Расм-3. Термобатареяни схематик тасвири.

Эксперимент:

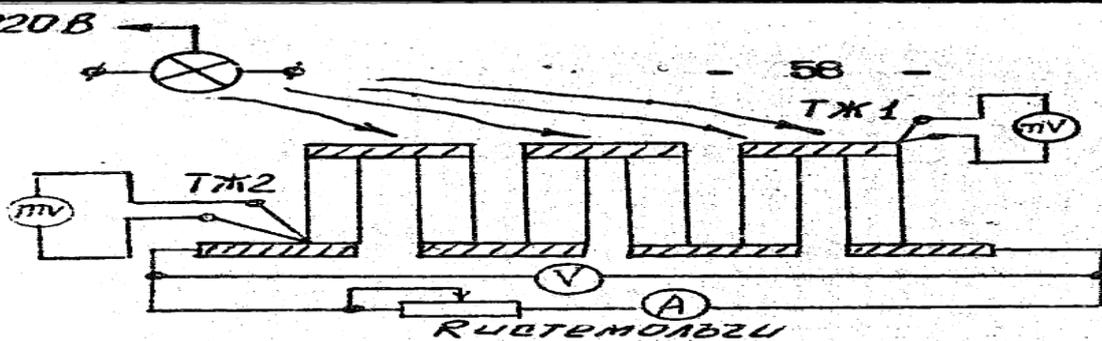
- 1.Ўлчов терможуфтлари ёрдамида ТЭ нинг иссиқ ва совуқ учларидаги бошланғич ҳарорат даражасини ўлчанади.
- 2.Иссиқлик манбаини ўлчаш билан ТЭни иссиқ учларини маълум ҳароратгача қиздиришлиши аниқланади.
- 3.Бошланғич ҳолат сифатида ТЭни салт ишлагандаги кучланиши  $U_{cm}$  ни аниқлаш учун, уни юклама қаршилигидан узилади.
4. Юклама қаршилигини турли қийматларида  $J_1, J_2, \dots, J_n$  ва  $U_1, U_2, \dots, U_n$  ўлчаш керак.Олинган ВАХ характеристикадан фойдаланиб, қувват графигини чизиш ( $W_{эл} = f(U)$ ) керак.
- 6.Худди шу ўлчовларни  $\Delta T$  ни бошқа қийматларида олиб, ТЭни ф.и.к.  $\eta_{\text{ТЭ}}$  ни ҳисоблаш куйидаги формуладан топилади.

$$\eta_{\text{ТЭ}} = \frac{T_U - T_C}{T_U} \cdot \frac{M - 1}{M + \frac{T_C}{T_U}}$$

бу ерда  $M = \sqrt{1 + \frac{1}{2} Z(T_C - T_U)}$

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi} \approx 2,4 \div 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$$

ТЭ ф.и.к. ни  $T_i$  га боғлиқлиги графигини чизиш ва барча натижаларни таҳлил қилиш.





## Адабиётлар

1. Е.К.Иорданишвилли. "Термоэлектрик энергия манбаалари" М.1968й.
2. М.Б.Набиев. Экстремальные режимы работы полупроводниковых термоэлементов и устройств на их основе. «Монография» Издательство "Classic" ISBN:978-9943-6874-4-8 Фергана-2020.
3. М.Б.Набиев. Yarimo'tkazgichli termoelementlar. Монография Фарғона-2022 й. ФДУнаширети 120 бет.
4. М.Б.Набиев., И.С.Ходиев. Решения задачи о возможно стях нестационарного термоэлектрического охлаждения с использованием импульсов тока прямоугольной формы. Uz.Res.Innovatsion rivojlanish Vazirligi, Uz.Res. Fanlar Akademiyasi.Uz.MU. "Ilmiy tadqiqotlar" Xalqaro- SAMITI. TASHKETNT-2022 .23.02.22.185-191.

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЁНОЧНЫЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТИПА $Cu_{2-x}Te-CdTe$

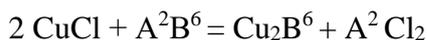
Т. Ахмедов, Д.Жураева

Ферганского государственного университета

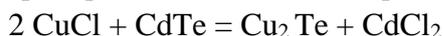
**Аннотация:** В данной статье рассмотрено получение тонкоплёночных фотопреобразователей типа  $Cu_{2-x}Te-CdTe$  методом химического осаждения. Так же показано методы химического осаждения в растворе  $CuCl$  для получения фотопреобразователя на основе  $Cu_{2-x}Te-CdTe$ . При получении плёнок полупроводников в квазизамкнутом объёме возможно уменьшить перепад температур между подложкой и испарителем.

**Ключевые слова:** термовакуум, низкоомный, фотовольтаический, фазовый состав, квазизамкнутый объём.

Наиболее простым и технологичным является химический способ создания солнечных фотопреобразователей на основе соединений  $A^2B^6$ . Впервые солнечные элементы (СЭ) на основе соединений  $A^2B^6$  ( $CdTe$ ) химическим способом получил Кузано [2]. Он показал, что при погружении тонких слоёв  $p-CdTe$  в подогретый водный раствор  $CuCl$  на поверхности  $CdTe$  благодаря ионообменной реакции образуется тонкий слой теллурида меди-полупроводник  $p$ - типа проводимости. С тех пор этот метод успешно применяется и для других представителей соединений  $A^2B^6$ . Суть метода такова, что при взаимодействии веществ группы  $A^2B^6$  с водными растворами солей различных металлов могут образоваться на их поверхности новые фазы. Общую формулу реакции замещения можно записать в следующем виде:



Например, при создания гетероперехода  $Cu_2Te-CdTe$  происходит следующая реакция:



Следует отметить, что исключительное большинство СЭ, полученных химическим способом на основе тонких плёнок соединений  $A^2B^6$ , были изготовлены на базовых слоях полученных химической пульверизации, газотранспортным методом или вакуумным испарением в открытом объёме. Тогда по работы по создания СЭ химическим способом на