



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 59082

(13) A

(51) 7 H01J45/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) МОДУЛЬНИЙ ТЕРМОЕЛЕКТРОННИЙ ГЕНЕРАТОР ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1

2

(21) 2003010072

(22) 03 01 2003

(24) 15 08 2003

(46) 15 08 2003, Бюл. № 8, 2003 р.

(72) Асютін Євгеній Олександрович

(73) Асютін Євгеній Олександрович

(57) 1 Модульний термоелектронний генератор електричної енергії, складений з корпусу (1), в якому створений вакуум (2) та всередині якого розташований катод (4), здатний поглинати теплову енергію та при нагріванні емітувати електрони до вакууму, а також анод (5), який здатний ці електрони з вакууму захоплювати, - внаслідок чого здійснювати перетворення теплової енергії в елек-

тричну, який відрізняється тим, що має анод (5) термоізолюваний (3) від навколишнього середовища або спеціально нагріваний джерелом тепла. 2 Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що між катодом (4) та анодом (5) розташований модуль (6), який складається з послідовно розташованих двосторонніх електродів (7), електроізолюваних (8) один від одного, які мають поверхні з різними значеннями роботи виходу електронів з речовини в вакуум - за рахунок чого в міжелектродних проміжках електродів (7) здійснюється послідовне перетворення теплової енергії в електричну та підсумовування електрорушійної сили усіх міжелектродних чарунок модуля (6).

Цей винахід відноситься до галузі електроенергетики, а саме генерації електроенергії шляхом прямого перетворення теплової енергії в електричну. Являючись об'єктом винаходу, Модульний термоелектронний генератор електричної енергії (далі МТЕГ) може служити основним енергоперетворюючим елементом, у галузі створення

стаціонарних та пересувних наземних електростанцій,

енергоустановок автомобільного, залізничного та водного транспорту,

енергоустановок авіаційних та космічних апаратів.

В теперішній час відомі конструкції термоелектронних генераторів (ТЕГ), запатентованих в останні 20 років у СРСР, США, Німеччині, Франції, Японії, Україні. Усі відомі конструкції ТЕГ мають два основних недоліки, це

(а) коефіцієнт корисної дії (ККД - визначається як кількісне відношення вироблюваної ТЕГ електричної енергії до підведеної до ТЕГ теплової енергії), який не перевищує 20% - із-за нераціональних теплових втрат, полягаючий у перетоці тепла (шляхом теплового випромінювання через вакуумний міжелектродний проміжок) від „гарячого“ катода-емітера електронів до „холодного“ анода-колектора електронів,

(б) мала електрична напруга (0,4-1,5В), яка відтворюється між катодом та анодом чарунки ТЕГ

і, як наслідок, необхідність подальшого погодження рівня електричної напруги, генерованого ТЕГ та потрібного споживачу рівня електричної напруги.

Даний винахід має мету усунути ці недоліки існуючих ТЕГ. МТЕГ пропонуємої конструкції спроможне забезпечити

ККД - від 75% до 95%,

електричну напругу - від 1 до 400В.

Найбільш близьким аналогом МТЕГ є термоелектронний генератор електричної енергії, описаний в патенті України №43914 С2 (далі „Аналог“).

В Аналозі описано ТЕГ, в якому катод-емітер, та анод-колектор розташовані в єдину вакуумну камеру та удають собою єдину пару (катод - анод), здатний генерувати електричну напругу не більш значень 0,4-1,5В. Для зменшення нераціональних втрат теплової енергії (методом інфрачервоного випромінювання через вакуумний проміжок) від нагріваемого катода до охолодженого аноду, міжелектродна відстань у ТЕГ Аналога значно збільшено - до 5см. Це в свою чергу призводить до того, що автор Аналога змушений вводити у конструкцію ТЕГ додаткові технічні пристрої, покликані, на його думку, сприяти більш ефективному переміщенню емітованих з катода на анод електронів, а саме

розташований у катода відштовхуючий екран, розташований між катодом та анодом два кіль-

(13) A

(11) 59082

(19) UA

ця, покликані фокусувати потік емітованих катодом електронів,

розташованими навколо анода статично зарядженими кіпцями,

розташований у анода лазерний пристрій, покликаний зменшувати явлення відбиття електронів від анода

Усі вказані додаткові технічні пристрої значно ускладнюють конструкцію ТЕГ Аналога та не усувають два основних, притаманних ТЕГ недоліки

нерациональний перетік теплової енергії від нагріваного катода до охолодженого анода та, як наслідок, зниження К К Д ТЕГ,

мала напруга, генеруєма ТЕГ

З метою усунення енергетичних недоліків, притаманних ТЕГ Аналога, значного спрощення конструкції, МТЕГ має ряд істотних конструктивних відмінностей, які забезпечують досягнення зазначених технічних показників

збільшення К К Д,

збільшення генеруючої електричної напруги,

збільшення питомої потужності генерації

3.1 Один з варіантів конструкції МТЕГ схематично представлений на фіг 1 МТЕГ складається з

Зовнішнього корпусу 1, який забезпечує всередині корпусу МТЕГ вакуум 2, достатній для безперешкодного перельоту електронів від катода до анода Корпус 1 має зовнішню термоізоляцію 3 МТЕГ від навколишнього середовища У корпус 1 вмонтовано вхідний теплоприймальний катод 4 та вихідний анод 5 При цьому корпус 1 забезпечує електричну ізоляцію ввідного катода 4 від вихідного анода 5, яка забезпечує необхідний рівень електричного опору (не менш 1,0КОм) при номінальних значеннях працюючого МТЕГ

температура - до 1400°C,

електрична вихідна напруга - до 400В

На відміну від Аналога вихідний анод 5 МТЕГ не тільки не охолоджується, але навпаки, термоізований (як зображено на фіг 1) від навколишнього середовища - щоб уникнути охолодження, або навпаки до нього (аноду 5) підводиться тепло, яке підлягає перетворенню в електричну енергію

Між ввідним катодом 4 та вихідним анодом 5 розташовано модуль 6, складений з двосторонніх електродів (варіанти конструкції модуля 6 зображено на фіг 2)

Поверхні ввідного катода 4 та вивідного анода 5 розташовані рівновіддалено друг від друга Варіанти розташування плоскопаралельне, каосильне, сферичне, комбіноване Модуль 6 складається з електродів 7, які також розташовані рівновіддалено друг від друга На фіг 1 і фіг 2 зображено варіант плоскопаралельного розташування електродів 4, 5, 7, варіант з нагріваним катодом 4 та термоізованим анодом 5 Двосторонні електроди 7 електричноізовані друг від друга При цьому ізоляція 8

забезпечує міжелектродний геометричний зазор у межах від 10 до 100мкм,

займає не більш 10% площі електрода, залишаючи 90% площі для вакуумного міжелектродного проміжку

Ізоляція 8 виконується з тугоплавкого матеріалу, маючого високу електроопорність при нагріві до 1400°C, наприклад з Al_2O_3 Електроди 4, 5, 7

модуля 6, який виробляється з листового металевого сплаву на основі Fe або Cu, або Zr, або Ti, який витримує без деформації конструкції нагрів до 1300°C та має роботу виходу електронів з поверхні електрода в вакуум ϕ_A не менш 4,0eV

Одна сторона кожного електрода 7 виконує функцію анода-колектора А та має ϕ_A не менш 4,0eV Протилежна сторона кожного електрода 7 оброблена таким чином, що має роботу виходу електронів в вакуум ϕ_B не більш 1,5eV - та виконує функцію катода-емітера електронів В Обробка поверхні електрода В, яка виконує функцію катода до вказаного вище значення ϕ_B досягається

або нанесенням на електрод тонкої плівки (0,1-2,0мкм) речовини, яка володіє необхідними властивостями роботи виходу електронів до вакууму, наприклад BaO ,

або дифузним легуванням поверхні електродів речовинами, які дозволяють знизити роботу виходу електронів до вакууму до ϕ_B та здатним тривалий час (більш 10000 годин) утримуватися в основному матеріалі електрода при нагріві в вакуумному середовищі до 1300°C

3.2 Описаний МТЕГ працює наступним чином

до МТЕГ зовні через ввідний теплоприймальний катод 4 (описується варіант конструкції, наведений на фіг 1) підводиться тепла енергія, яка нагріває катод до температур від 900°C до 1300°C Стінка катода 4, яка розташована всередині вакуумної камери МТЕГ як і електроди 7 модуля 6 має поверхню, з властивістю роботи виходу електрона не менш 1,5eV При нагріванні більш 900°C катод 4 починає емітувати до вакууму електрони, які подолали потенційний бар'єр ϕ_B Якщо, подолавши потенційний бар'єр, електрони володіють залишковою швидкістю (тобто і кінетичною енергією), тоді вони подолавши вакуумний міжелектродний проміжок, з'являються на аноді першого електрода 7 модуля 6 При захоплюванні електрона атомною решіткою анодної частини електрода 7 звільняється тепла енергія, яка дорівнює роботі виходу матеріалу анода - ϕ_A Влучання електронів, емітованих катодом 4 на анодну частину першого електрода 7 призводить до їх надлишку в катодній частині електрона 7, який має поверхню роботу виходу ϕ_B При цьому електрони долають контактну різницю потенціалів $\phi_A - \phi_B$, та переходять на більш високий енергетичний рівень При цьому кожен електрон поглинає кількість тепла, рівне саме значенню $\phi_A - \phi_B$ (ефект Пелтьє) Таким чином тепло, яке виділилося на аноді електрода 7 при влученні на нього електрона, та яке дорівнює ϕ_A частково поглинається при подоланні електроном потенційного бар'єру - в кількості $\phi_A - \phi_B$ В наслідок цього, електрон, потрапивши на катодну частину електрода 7 приносить з собою кількість тепла ϕ_B , - тобто стільки скільки необхідно для емісії цього електрона з катодної частини до вакууму Залишивши катод електрода 7, електрон захоплює з поверхні електрода частину енергії - не менш ϕ_B В наслідок вище описаного, можна побачити, що

(а) електрони, які захоплюються анодною частиною першого (та всіх послідовних у модулі 6 - також) електрода 7 та ті ж електрони, які емітуються катодною частиною електрода 7 - самі по

собі не змінюють внутрішню енергію (а це означає і температуру) електрода,

(б) при одній і тій же температурі, кожний електрод 7 модуля 6 здатен захоплювати електрони своєю анодною частиною, яка має Φ_A і в той же час емітує електрони катодною частиною, яка має Φ_K . Отже, якщо всі катоди МТЕГ (включаючи катод, безпосередньо звернений до вихідного аноду 5) будуть мати температуру нагріву, яка дозволяє здійснювати достатню емісію електронів, - тоді увесь модуль 6 МТЕГ буде здійснювати перетворення тепла в електрику

З наведеного видно, що сам по собі рух електронів через модуль 6

не призводить до збільшення або зменшення кількості тепла в модулі 6 (Джоулеве тепло в даному випадку не ураховується),

не викликає переніс тепла всередині модуля 6

Ця обставина дозволяє утвердити, що єдиним механізмом розповсюдження потоку, підлягаючого перетворенню теплової енергії, всередині модуля 6, є теплове випромінювання, яке переносить теплову енергію через вакуумний електродний проміжок від більш нагрітого електрода 7 до наступного - менш нагрітого. Це означає, що підвід теплової енергії може відбуватися до модуля 6 як з сторони катода 4 (варіант конструкції, зображений на фіг 1),

з сторони анода 5,

одночасно к катоду 4 та к аноду 5

Очевидно, що найбільш ефективним (але і конструкційно найбільш складним) буде варіант одночасного підвода тепла к катоду 4 та к аноду 5

3.3 Механізм виникнення в МТЕГ електрорушійної сили, тобто перетворення теплової енергії безпосередньо в електричну (на прикладі варіанта конструкції яка зображена на фіг 1 та фіг 2), наступний

(а) тепловий потік, який іде у вигляді теплового випромінювання від вхідного катода 4, розігрітого до 900°C - 1300°C , розігрівач розташований поруч з ним (відстань 10 - 100мкм) перший електрод 7 модуля 6. При розігріві, перший електрод 7, розігрівач другий електрод 7 модуля 6 і т.н. Перепад температур між електродами, які відстають друг від друга на відстань 10 - 100мкм , складає 5°C - 10°C . Таким чином, якщо температура катоду 4 буде складати значення 1300°C , а аноду 5 значення 700°C , тоді при міжелектродній різниці у $6^{\circ}\text{C}/\text{електр}$ кількість електродів 7 у модулі 6 складає

$$\frac{1300^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}}{6^{\circ}\text{C}/\text{електр}} = 100 \text{ електродів (а значить і між-}$$

електродних пар катод - анод),

(б) кожна пара катод - анод працює наступним чином катод емітує електрони до вакууму і далі на анод. В наслідок, на катоді виникає нестача, а на аноді надлишок електронів, тобто поверхня катода заряджається „умовно негативно“, а поверхня анода „умовно позитивно“. Це призводить до створення між катодом та анодом різниці потенціалів U_{AK} , та отже електричного поля, яке утрудняє переліт електронів з катоду (який має нестачу електронів) на анод (який має надлишок електронів),

(в) якщо, електрон який вилетів з катоду має достатній запас кінетичної енергії, то наближуючись до аноду та подолавши енергію відштовхування електричного поля, електрон здійснює позитивну роботу. При цьому швидкість польоту електрона зменшується, тобто в процесі гальмування електрон перетворює запас, наданий йому катодом кінетичної енергії на збільшення власної потенційної енергії. Якщо отримана електроном потенційна енергія $\Delta\Phi_2$ досягає різниці міжелектродного потенціалу пари катод - анод U_{AK} , електрон долітає до анода та захоплюється атомами його кристалічної решітки. Таким чином, тепло, яке підводиться до катоду частково перетворюється у кінетичну енергію електрона, а частково в променеву енергію, яка випромінюється нагрітим катодом. Кінетична енергія електрона безпосередньо перетворюється в міжелектродному проміжку у потенційну енергію електрона $\Delta\Phi_e$. При цьому відбувається корисна робота $A = \Delta\Phi_e$ по переміщенню електронів від катода до анода, тобто в чарунках МТЕГ створюється електрорушійна сила, яка дозволяє виводити електроенергію до зовнішнього ланцюга,

(г) тепловий потік, який проходить через модуль 6 від чергового електрода 7 до чергового наступного електрода, зменшується як раз на величину енергії, перетвореної з теплової в електричну - в міжелектродному просторі. Тому від електрода до електрода зменшується і нагрів електродів. Зменшення потужності потоку теплової енергії $\Delta Q_{\text{тепл}}$ (вт) від електрода до електрода можна виразити формулою

$$\Delta Q_{\text{тепл}} = S_{AK} j U_{AK},$$

де S_{AK} - площа анода, см^2 ,

j - густина тока емісії, $\text{а}/\text{см}^2$,

U_{AK} - міжелектродна різниця потенціалів, В

Запропонована та описана вище (на прикладі варіанта, наведеного на фіг 1 та на фіг 2) конструкція МТЕГ, дозволяє повністю виключити недоліки, притаманні раніше відомим ТЕГ, зокрема Аналогу, а саме

усунути нераціональні теплові втрати, які зв'язані з випромінюванням тепла від катоду, який нагрівається до аноду, який охолоджується. У МТЕГ анод не тільки не охолоджується, але і навмисно термоізолюван (варіант наведено на фіг 1) від навколишнього середовища. Це дозволяє, підведену до МТЕГ теплову енергію перетворювати в електричну, та виводити на зовнішній електроланцюг - виключно у вигляді електроенергії. Теплові втрати цього МТЕГ залежать виключно від якості його термоізоляції і можуть бути теоретично зведені до нуля,

застосування в МТЕГ модуля 6 з подвійними електродами 7 типу анод - катод дозволяє в єдиній вакуумній камері одержати компактну батарею, яка складається з необхідної кількості послідовно ввімкнутих елементарних чарунк „анод - катод“ (від одного електрода до сотень електродів). Це в свою чергу дозволяє отримати МТЕГ з малим внутрішнім електричним опором (порядку долей мОм) та широким діапазоном вихідної напруги - від 1В до 400В .

Вказаний позитивний ефект досягнуто завдяки вводу до конструкції МТЕГ

(а) термоізолюваного аноду 5 при теплоприймаючому катоді 4, або термоізолюваного катода 4 при теплоприймаючому аноді 5, або одночасного використання катода 4 та анода 5 в якості теплоприймальних елементів,

(б) модуля 6, який складається з набору двосторонніх електродів 7, які мають поверхні з різними значеннями роботи виходу електронів ϕ_d та ϕ_c та які за рахунок цього служать одночасно як анодами так і катодами

Перелік фігур креслення

Фіг 1 - схематично зображено головний вид МТЕГ в розрізі (варіант конструкції з плоскопаралельними електродами та термоізолюваним анодом), який надає уявлення об основних елементах його конструкції. Принцип роботи МТЕГ описано в розділі 3 цього опису

Фіг 2 - схематично зображено елемент модуля з двосторонніми електродами (варіант конструкції з плоскопаралельними електродами), з вказівкою розташування поверхонь, які мають різну роботу виходу електронів до вакууму. Принцип роботи модуля описано в розділі 3 цього опису

5.1 В разі запровадження винаходу будуть досягнені результати

(а) виключені нераціональні втрати теплової енергії загубленої при охолодженні анода ТЕГ - до 80% від всієї теплової енергії, яка підводиться до ТЕГ,

(б) ККД перетворення енергії збільшується з

показника в 20% до показника від 75% до 95%,

(в) зникне необхідність в здійсненні послідовного зовнішнього комутаційного з'єднання великої кількості одиничних ТЕГ малої напруги - для отримання робочої напруги від 1В і більш

Одиничний МТЕГ за рахунок застосування модуля двосторонніх електродів буде здатен створювати будь-яку робочу напругу в межах від 1 до 400В

5.2 Володіючи, в порівнянні з Аналогом більш високими технічними показниками, МТЕГ водночас

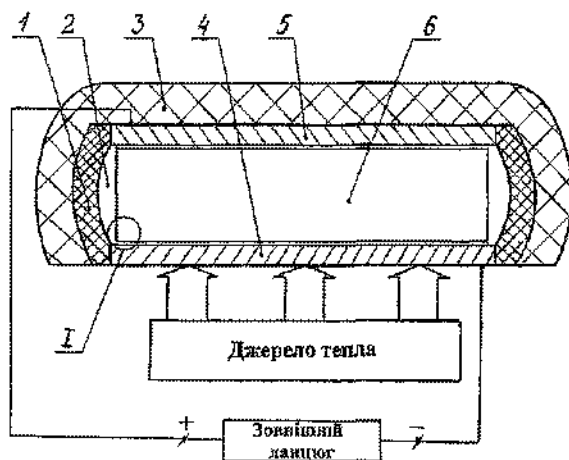
(а) значно простіше Аналога конструктивно,

(б) не має рухомих частин, або елементів конструкції, підвладних факторам прискореного зносу,

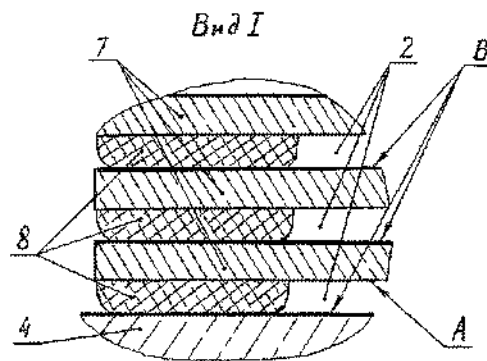
(в) не має технічно складних компонентів, знижуючий загальний ресурс надійності конструкції (наприклад, лазерний пристрій в конструкції Аналога),

(г) не потребує при засвоєнні виробництва розробки спеціальних технологій. Виробництво МТЕГ може бути організоване на базі існуючих, широко розповсюджених у машинобудівній галузі, технологій та обладнання

5.3 Опис пристрою МТЕГ у статичному стані, а також опис його роботи наведені - в цілях кращого розуміння та стислого викладення не в цьому розділі, а в розділі 3 цього опису



Фіг.1.



Фіг.2.