



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14233 (13) U
(51) МПК (2006)
G21H 1/02МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) АТОМНА БАТАРЕЯ

1

(21) u200509533

(22) 10.10.2005

(24) 15.05.2006

(46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.

(72) Коняхін Григорій Фатєєвич, Верещагін Вален-
тин Леонідович(73) УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНА
АКАДЕМІЯ(57) Атомна батарея, що містить емітер з
 β -радіоактивною речовиною і колектор, між яки-
ми розташований ізолятор, яка **відрізняється**
тим, що уведений другий колектор, установлений з

2

іншого боку емітера і відділений від нього ізолято-
ром, при цьому емітер виконаний у вигляді стіль-
ників, у порожніх осередках якого розміщена
 β -радіоактивна речовина, що закрита метале-
вою плівкою, товщина якої менша від довжини
вільного пробігу β -частинок у металевій плівці, між
емітером і колекторами встановлені збиральні
сітки, а між емітером і сітками, емітером і колекто-
рами, сітками і колекторами включені навантажен-
ня.

Корисна модель відноситься до первинних
джерел електричної енергії і може бути використа-
на як автономне джерело електричної енергії з
великим терміном активного існування.

Відомі різні типи атомних батарей з безпосе-
реднім зніманням зарядів (α - або β -часток), що
випускаються радіоактивною речовиною при його
розпаді і зі зніманням зарядів з газового або напів-
провідникового навантаження [Фрадкін Г.М., Ко-
дюков В.М. Радиоизотопные генераторы электри-
ческой энергии. - М.: Атомиздат, 1972. - С. 20-27.].
Відомі атомні батареї з перетворенням енергії
ядерного розпаду у випромінювання в оптично
активних середовищах (фотоелектричні батареї)
[Тимофеев П.В., Семченко Ю.А. Атомный источник
высокого напряжения. // Атомная энергия, 1964. -
Т. 16. - №4. - С. 351-356.]. Відомі також атомні ба-
тареї з напівпровідниковим навантаженням, коли
частки радіоактивного розпаду генерують у напів-
провідникових структурах вільні заряди [Miller P /
Phys. Rev., 1945. - V. 69. - № 11/12. - P. 666.].

Недоліками відомих атомних батарей є обме-
жена потужність цих пристроїв, невисока стабіль-
ність параметрів. Крім того, такі пристрої громіздкі,
вимагають радіаційного захисту.

Найбільш близьким до рішення, що заявля-
ється, є атомна батарея з радіоактивним розпадом
і газовим навантаженням [Кодюков В.М. и др. Тео-
ретические и экспериментальные исследования
нетеплового преобразования энергии. / Сб. «Ра-

диационная техника». - М.: Атомиздат, 1975. -
Вып. 11. - С. 67-77.]. Елементами пристрою, при-
йнятого як прототип, є два електроди (емітер і ко-
лектор), установлені на деякій відстані один від
одного (одиниці міліметрів) і ізолятор, розміщений
між електродами. На одному з електродів (емітері)
розміщається фольга з β -радіоактивною речови-
ною (наприклад, Tm-170 або Pm-147) товщиною
30...50мкм. У міжелектродному просторі знахо-
диться залишковий газ (повітря) при тиску
 $p \sim 10^{-4}$ мм рт. ст. Характерно, що обидва електроди
були виконані з металів з максимальною різницею
контактних потенціалів.

Робота відомого пристрою відбувається в та-
кий спосіб. При розпаді радіоактивних речовин
створюються (β -частки з енергією порядку 100кеВ.
Половина β -часток поглинається в матеріалі елек-
трода, а інша половина рухається в напрямку до
колектора. При своєму розповсюдженні в міжелек-
тродному просторі ці частки, зіштовхуючись з ато-
мами і молекулами повітря, іонізують їх. Тому що
одна частка з зазначеною енергією може утворю-
вати декілька сот пар іонів, то струм у такої бата-
реї може бути більше, ніж у батареях із прямим
збором заряду. Між емітером і колектором вклю-
чене навантаження, у колі потече електричний
струм. У такої атомної батареї можуть бути отри-
мані електрорушійна сила (ЕРС) до 50кВ і коефіці-
єнт корисної дії (ККД) порядку 1% (у вакуумному
режимі), і значення ЕРС до 20...25кВ і ККД 4% при

(13) U
(11) 14233
(19) UA

тиску повітря $p \sim 10^{-4}$ мм рт. ст. (ККД визначається, як відношення отриманої електричної потужності до енергії розпаду).

Недоліками відомої атомної батареї є порівняно невеликий струм емісії, малий коефіцієнт корисної дії, невелика величина електрорушійної сили, радіаційна небезпека.

Ці недоліки обумовлені наступними причинами. Випромінювання β -частинок при розпаді радіоактивної речовини має кутовий розподіл, близьке до ізотропного [Кармесс У., Харви Д. Источники энергии на радиоактивных изотопах. - М.: Мир, 1967. - 207 с.]. Тому в середньому половина β -частинок буде поглинатися в тілі електрода, на поверхні якого розташована фольга з радіоактивним ізотопом. Це збільшує теплонапруженість конструкції, зменшує її ККД (принаймні в 2 рази).

У цьому пристрої як середовище для посилення струму використовують залишковий газ. Довжина вільного пробігу β -частки з енергією ε в газі щільністю n дорівнює:

$$\lambda(\varepsilon) = \frac{1}{n\delta} \quad \text{де } \delta \text{ — іонізаційний перетин зіткнення } \beta\text{-частки з атомом газу визначеного сорту. При тиску } p \sim 10^{-4} \text{ мм рт. ст. (} n \sim 10^{12} \text{ см}^{-3} \text{) і енергії } \varepsilon \sim 100 \text{ кеВ величина } \delta(\varepsilon) \approx 10^{-17} \text{ см}^2. \text{ Відкіля випливає, що } \lambda(\varepsilon) \approx 10^5 \text{ см. Але відстань між електродами повинна бути мінімальною (} d \sim \text{ед. мм), тому що при цьому робота з переміщення зарядів у поле сил дзеркального відображення буде малою [Ландау Л. Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. - М.: ГИТТЛ, 1957. - С. 22- 29]. Тому й імовірність іонізаційних зіткнень і коефіцієнт підсилення току будуть невеликі. При зниженому тиску (} p \leq 1 \text{ мм рт. ст.) пристрій працює в режимі інтенсивного розмноження електронів, тому що } \lambda \gg d. \text{ Однак у цьому випадку при поширенні } \beta\text{-частинок через газ значна частка їхньої кінетичної енергії витрачається на нагрівання газу і тільки частина — на іонізацію. Саме з цієї причини коефіцієнт множення струму в газі не перевищує величини } 10^2. \text{ Крім цього сильно падає ЕРС (до } 10^{-1} \text{ В), що знижує ККД пристрою.}$$

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити атомну батарею шляхом отримання аномально великої емісії електронів, що дозволить збільшити коефіцієнт корисної дії батареї, струм емісії електронів, і електрорушійну силу, знизити радіаційну небезпеку.

Поставлена задача вирішується тим, що в атомної батареї, що містить емітер з β -радіоактивною речовиною і колектор, між якими розташовано ізолятор, уведений другий колектор, установлений з іншої сторони емітера і відділений від нього ізолятором, при цьому емітер виконаний у вигляді стільників, у порожніх осередках якого розміщена β -радіоактивна речовина, що закрита металевією плівкою товщиною, меншою довжини вільного пробігу β -частинок у металевій плівці та між емітером і колекторами встановлені збиральні сітки, а між емітером і сітками, емітером і колекторами, сітками і колекторами включені навантаження.

Таким чином, атомна батарея, в яку введено

другий колектор, емітер виконаний у вигляді стільників, у порожніх осередках яких розміщена β -радіоактивна речовина, що закрита металевією плівкою, між емітером і колекторами встановлені збиральні сітки, а між емітером і сітками, емітером і колекторами, сітками і колекторами включені навантаження, дозволяє збільшити коефіцієнт корисної дії батареї, струм емісії електронів і електрорушійну силу, знизити радіаційну небезпеку.

Сутність корисної моделі пояснюється ілюстрацією, на якій зображено структурну схему запропонованої атомної батареї. Запропонована корисна модель складається з емітера 1, виконаного у вигляді стільників, у порожніх осередках яких розміщена β -радіоактивна речовина 2, що закрита металевією плівкою 3 товщиною, меншою довжини вільного пробігу β -частинок у металевій плівці. Колектори 4 відділені від емітера 1 ізоляторами 5. Між емітером 1 і колекторами 4 встановлені збиральні сітки 6. Між емітером і колекторами, колекторами і сітками, емітером і сітками включені навантаження 7.

Робота запропонованої корисної моделі відбувається в такий спосіб. При розпаді β -радіоактивної речовини 2 виникають β -частки з енергією $\varepsilon \sim 10^{-1}$ меВ. Вони проходять через металеву плівку 3, збуджуючи в її кристалічній решітці вторинні електрони. Енергія цих збуджених електронів виявляється більше роботи виходу електронів з металу, тому ці електрони залишають метал. Тому що енергія цих електронів порядку 10еВ, то вони опиняються на збиральних сітках 6, створюючи електрорушійну силу. Частина первинних електронів розпаду (β -частинок), що не віддали значної частки енергії при проходженні через металеву плівку 3 (для цього товщина плівки вибирається менше довжини вільного пробігу β -частки в цій плівці), мають енергію $\varepsilon \gg 10$ еВ, тому вони осідають на колекторах 4.

Наявність металевієї плівки (наприклад, з берилію) визначеної товщини дозволяє забезпечити інтенсивну емісію електронів при проходженні через неї β -часток. В основі цієї аномальної емісії лежить процес формування функції розподілу збуджених електронів у металі ступеневого (а не максвеловського) типу [Моисеев С.С., Новиков В.Е. О возможности использования неравновесных распределений для создания радиационных катодов. - Препринт ХФТИ, № 77 - 24, 1977. - С. 3 - 9.]. При ступеневому розподілі щільність емісії j значно вище, ніж при максвеловському і залежить від енергії первинної β -частки, типу металу:

$$J = j(\varepsilon, \varepsilon_F),$$

де ε_F - енергія Фермі, що залежить від роду речовини.

Експериментальне поява аномально великої емісії електронів за рахунок ступеневого збуджування отримано в роботі [Knucht W. Appl. Phys/Zett.. 1965. -V. 6.-P. 102.].

Оцінимо втрати енергії β -частинок на іонізацію в речовині і довжину вільного пробігу λ . Для β -частинок з енергією ε в сотні кеВ величина довжини вільного пробігу визначається, як

$$\lambda \approx 10^{-3} \varepsilon^{1/3} \text{ кеВ,}$$

[Краткий справочник инженера-физика. Ядерная и атомная физика. - М.: Гос-атомиздат, 1961. - С. 386.], а втрати енергії (β -часток на збудження електронів решітки (іонізаційні втрати) визначається по формулі Бете [Сб. «Диагностика плазмы». - Под. ред. Р. Хаддлстоуна, С. Монарда. - М.: Мир. 1967. - С. 453.]. З цих даних можна знайти число збуджених електронів n_b з енергією, що перевищує роботу виходу. Для плівки з берилія товщиною $d < \lambda$ (але не більш ніж у 2...3 рази) число $n_b \leq 10 \dots 10^3$ для енергій $\varepsilon \sim 0,5 \text{ MeV}$. Енергія цих вторинних електронів не перевищує значення потенціалу $\varphi \sim 10 \text{ В}$, і вони перехоплюються сітками. Тому що $d < \lambda$, то частина первинних високоенергетичних електронів, що виникли при радіоактивному розпаді, проходить через металеву плівку без помітних витрат енергії. Зокрема, якщо $d = 0,8\lambda$, то близько 25% часток радіоактивного розпаду взагалі не випробують зіткнень із кристалічними решітками плівки і залишають ізотоп з енергією порядку $0,5 \text{ MeV}$ [Эн-

гель Д. Ионизированные газы. - М.: ФМ, 1959. - С. 38.]. Ці частки не будуть осідати на сітках, а потраплять на колектори. Максимально можливий потенціал колекторів відносно емітера буде дорівнює $0,5 \text{ MeV}$, а струм з одиниці поверхні:

$$j = 0,25 \cdot 3 \cdot 10^{10} A_p, \text{ A/cm}^2,$$

де A - активність радіоактивної речовини в мікрокурі.

Таким чином, металева плівка відіграє роль підсилювача, товщина якої дозволяє змінювати енергетичний спектр часток і їх число. Крім того, металева плівка, яка закриває радіоактивну речовину, знижує радіаційну безпеку радіоактивного ізотопу. Запропонована корисна модель здійснює емісію з емітера в різні сторони, що значно підвищує коефіцієнт корисної дії. Стільникова конструкція емітера забезпечує її механічну міцність. ККД запропонованої корисної моделі збільшується до 20% при одночасному збільшенні струму й електрорушійної сили.

