

УДК 539.125.5 + 621.039

ЭНЕРГИЯ РАСПАДА ЯДРА ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАНОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

В.В. Шешуков, Р.Р. Нараева

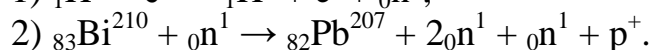
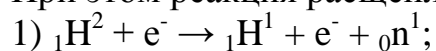
Данная разработка относится к области ядерной энергетики. Предложен новый способ получения тепла из процесса радиационного бета-распада нейтронов. Выход большого количества тепла, может использоваться, например, для обогрева зданий. Задачей заявляемого технического решения является создание безопасного, простого по конструкции и дешевого в изготовлении ядерного реактора, предназначенного для получения тепловой энергии.

Ключевые слова: висмут, наносекундный электромагнитный импульс, нейтрон, реактор, тепловая энергия.

В современных ядерных реакторах используется энергия распада изотопа урана-235. Несмотря на большой выход тепловой энергии в этой реакции и экономически выгодное использование реакторов данного типа, у них есть существенный недостаток – образование отработанного ядерного топлива (ОЯТ). Отработанное ядерное топливо считается радиоактивными отходами и часто не перерабатывается, а хранится в специальных хранилищах в залитых жидким стеклом стальных контейнерах. В России также часть отработанных ядерных отходов – от некоторых типов реакторов не подлежит регенерации, не перерабатывается и поэтому относится к категории радиоактивных атомных отходов (РАО). Свободным от этого недостатка является реакция распада ядра ${}_{83}\text{Bi}^{210}$, кроме того так как коэффициент размножения в этой реакции равен трем, она не является цепной. А это делает безопасным ядерный реактор.

Изотоп ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ – образуется в природе, входя в цепочки радиоактивного распада ядер урана-238, урана-235 и тория-232. Период полураспада этого изотопа равен – $3,04 \cdot 10^6$ лет, то есть он является долгоживущим. Для того чтобы интенсифицировать процесс расщепления ядра этого изотопа автором было предложено облучать его нейтронами с энергией $> 271,31$ кэВ [1]. Для эмиссии нейтронов используется высоковольтный наносекундный разряд в дейтерии. В экспериментах использовалась установка, состоящая из генератора импульсов, газового диода и системы регистрации. Длительность импульса напряжения на нагрузке 50 Ом составляла ~ 2 ns, а длительность фронта импульса напряжения в передающей линии $\sim 0,5$ ns. Для того чтобы получить нейтроны в разрядной плазме нужна энергия ионов в сотни электрон-вольт, что наиболее легко реализовать при энергии электронов в сотни кэВ и плотности тока разряда более 1 кА/см² [2].

При этом реакция расщепления ядра ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ протекает по схеме:



Нейтроны через 10^3 секунд, отдав свою энергию в виде тепловых фотонов, распадутся на протоны, электроны и антинейтрино (рис. 1) [3]:

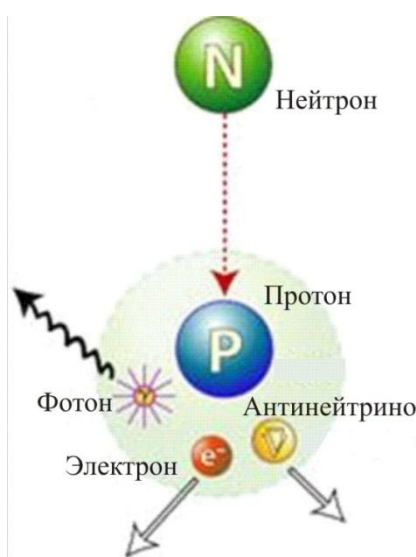
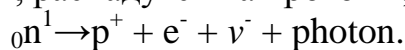


Рис. 1. β -распад нейтрона

Энергия связи ядра атома дейтерия (${}_1\text{H}^2$) $E_{св.} = 2,23$ МэВ.

Энергия, затраченная на разрыв связи в атоме дейтерия, передалась протону и нейтрону в соотношении 1:1, так как массы нейтрона и протона примерно одинаковы. Тогда энергия (E_p) необходимая для разрушения ядра ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ и выбивания из него двух нейтронов, составит: $2,23/2$ МэВ или $10^6 \cdot 1,115 \cdot (1 \text{ эВ} = 1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}) = 1,786426869975 \cdot 10^{-13} \text{ [Дж]}$ т.е.

$$E_p = 1,786426869975 \cdot 10^{-13} \text{ [Дж]}.$$

Попробуем рассчитать *возможность применение генератора электромагнитных наносекундных импульсов для непосредственного воздействия на ядро атома ${}_{83}\text{Bi}^{210}$.*

Энергия импульса (E_u) длительностью 1 ns, напряжением 10000 вольт, на нагрузке 50 Ом, при токе 200 А составит:

$$E_u = (10^{-9} \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^2) / 2 = 10^{-3} \text{ [Дж]}.$$

Как видим, эта величина превышает необходимую для разрушения ядра ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ и выбивания из него нейтрона (E_p).

Определим число атомов висмута (n), распавшихся при воздействии одним импульсом:

$$n = E_u / E_p = 10^{-3} / 1,786426869975 \cdot 10^{-13} = 5,597766227139174 \cdot 10^9 \text{ атомов.}$$

Энергетический выход реакции (ΔE) рассчитывается по уравнению Эйнштейна:

$$\Delta E = \Delta m c^2, \quad (1)$$

где Δm – дефект массы в ядерной реакции; c – скорость света в вакууме.

Количество энергии ΔE , которое выделится на 1 атомную единицу массы (а.е.м) распадающегося вещества:

$$1,66 \cdot 10^{-27} [\text{кг}] \cdot 9 \cdot 10^{16} [\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}] = 1,49 \cdot 10^{-10} [\text{Дж}].$$

Рассчитаем энергию E_n , которая выделится при распаде n атомов ${}_{83}\text{Bi}^{210}$:

$$E_n = \Delta E n = 1,49 \cdot 10^{-10} \cdot 5,597766227139174 \cdot 10^9 = 1,668 [\text{Дж}].$$

Вычислим энергию E , которая выделится за время τ при распаде ${}_{83}\text{Bi}^{210}$:

$$E = E_n f \tau = 1,668 \cdot 10^3 \cdot 600 = 1001,28 \cdot 10^5 [\text{Дж}],$$

где $f = 1000 \text{ Hz}$ – частота генератора импульсов;

$\tau = 10 \text{ минут} = 600 \text{ секунд}$ – время облучения.

Эта энергия разогреет делящийся материал в соответствии с уравнением:

$$E = Q = cm\Delta t, \quad (2)$$

где Q – количество теплоты, идущее на саморазогрев висмута;

c – удельная теплоемкость висмута;

m – масса висмута;

Δt – разность температур при саморазогреве висмута.

Откуда можно определить, на сколько градусов нагреется делящийся материал массой один килограмм:

$$\Delta t = E/cm, \quad (3)$$

$$\Delta t = 1001,28 \cdot 10^5 / 123,5 \cdot 1 = 8 \cdot 10^3 [\text{K}^\circ].$$

Эта величина соответствует 100 % содержанию изотопа ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ в исходном материале, следовательно, при уменьшении концентрации делящегося изотопа до 1 %, величина нагрева исходного материала составит: $\Delta t = 80 \text{ K}^\circ$.

При работе генератора наносекундных импульсов энергия, потребленная из электрической сети ($E_{эл}$), может быть рассчитана, в первом приближении, как площадь треугольника:

$$E_{эл} = 0,5 U I f \tau = 0,5 \cdot 10^4 \cdot 200 \cdot 10^{-9} \cdot 10^3 \cdot 600 = 600 [\text{Дж}],$$

где U – максимум импульса напряжения на нагрузке;

I – величина тока в нагрузке;

f – частота импульсов;

τ – длительность импульса.

Коэффициент избыточной мощности (K) в этом процессе равен:

$$K = E / E_{эл} = 1001,28 \cdot 10^5 / 600 = 1,6688 \cdot 10^5.$$

Как видно из расчета, выход энергии превышает выбранную из сети в 10^5 раз. Это позволяет создать новый тип реактора, в котором используются не радиоактивные изотопы висмута ${}_{83}\text{Bi}^{210}$. Кроме того, в ходе ядерной реакции не образуются радиоактивные отходы, требующие переработки и захоронения.

Библиографический список

1. Deutsche Patentanmeldung Nr. 10 2012 111 872.8 "Verfahren zur Bereitstellung von Wärmeenergie unter Nutzung von Kernspaltungsprozessen sowie Heizeinrichtung (Thermalphotonen-Reaktor)" / V. Scheschukov, date: 19. Dez. 2013, ref.: 7/sw 112 0120.

2. Ломаев, М.И. Эмиссия нейтронов при наносекундном разряде в дейтерии в неоднородном электрическом поле / М.И. Ломаев, Б.А. Нечаев // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82. – Вып. 1. – С. 126–132.

3. Khafizov, R.U. Severijns, N. Zimmer, O. Wirth, H.-F. Rich, D. Tolokonnikov, S.V. Solovei, V.A. Kolhidashvili, M.R. – URL: <http://arxiv.org/abs/nucl-ex/0512001>.

[К содержанию](#)