

УДК 537.39: 537.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ПОТОКЕ ЭЛЕКТРОЛИТА

Г.Ф. Кузнецов, С.Ю. Гуревич, Д.Г. Клещев

Представлена экспериментальная установка и результаты исследования параметров электрического разряда, инициируемого в водно-солевом растворе. С использованием плазменного фокуса как модели протекающих в реакторе установки процессов предложен механизм выделения электрической и тепловой энергии.

Ключевые слова: электрический разряд, плазменный фокус, энергия.

Введение

В последние несколько десятилетий возник повышенный интерес к процессам, протекающим в низкотемпературной плазме и являющимися основой как для исследований, так и для применения в различных технологиях, связанных с превращениями химических элементов, в том числе с выделением энергии [1, 2]. О возможности «холодных» ядерных реакций сообщали Сахаров А.Д. [3], Зельдович Я.Б. [4].

Авторы работы [5, 6] приводят анализ процессов, протекающих в водородной плазме при прохождении через нее больших по величине импульсных токов. В этом случае возникают различного вида неустойчивости, связанные с пинч-эффектом, в частности, пережатия, «шейки». Установлено, что наиболее существенным фактором, влияющим на разогрев плазмы, является электродинамическое ускорение в направлении оси токового шнура его тонкой наружной оболочки (скин-слоя), сопровождающееся образованием мощной ударной волны. При этом может возникать рентгеновское и (или) нейтронное излучение, но экспериментальные исследования пока не подтвердили термоядерную природу его возникновения.

Результаты исследований плазменного фокуса не привели к их использованию при строительстве больших энергетических установок, но показали, что ядерные превращения в веществе могут происходить в плазме достаточного мощного электрического разряда, и их можно использовать в различных технологических целях, например, в металлургической промышленности [7, 8].

Кроме того, ядерные превращения могут сопровождаться выделением энергии и появлением свободных электронов, образующих электрический ток [8]. Но процессы в плазме электрического разряда достаточно сложны и нелинейны и поэтому даже небольшие изменения задаваемых параметров приводят к качественно различным результатам.

Цель данной работы в целом – разработка физических основ создания новых источников энергии. Работа проводилась в несколько этапов. На первом из них была создана экспериментальная установка и проведены экспериментальные исследования, результаты которых подтвердили предположение о возможности применения электрического разряда для разработки нового источника энергии.

Экспериментальная часть

Принципиальная электрическая схема установки с постоянным напряжением U , подаваемым на реактор, представлена на рис. 1. Трёхфазное электрическое напряжение величиной 380 В из электрической сети подаётся на регулируемый тиристорный выпрямитель, который позволяет получить на его выходе постоянное напряжение от 270 до 530 В. Этим напряжением заряжается конденсатор C . Балластное сопротивление R_b ограничивает ток в электрической цепи величиной 50 А, что соответствует максимальному значению тока в случае короткого замыкания цепи внутри реактора P . Конденсатор периодически разряжается на электроды реактора с образованием электрических разрядов.

Реактор экспериментальной установки имеет форму цилиндра (внутренний диаметр – 30 мм, длина – 100 мм) и изготовлен из оргстекла. В основания цилиндра ввинчены проточные трубчатые электроды внутренним диаметром 8 мм. Обращённые друг к другу концы электродов проточены до диаметра 12 мм. В хвостовой части электродов имеются контактные шпильки для крепления проводов электропитания и штуцеры для подсоединения шлангов подачи раствора электролита, который самотеком поступает из расходной емкости.

В процессе экспериментов изменялись различные параметры: величина тока разряда, скорость и расход подаваемого через реактор раствора электролита, расстояние между электродами, геометрические размеры реакционного пространства, химический состав и концентрация электролита.

Результаты, полученные в первой серии опытов, свидетельствуют о том, что в водном растворе электролита появляются либо новые химические элементы, либо существенно возрастает их концентрация в суспензии элек-

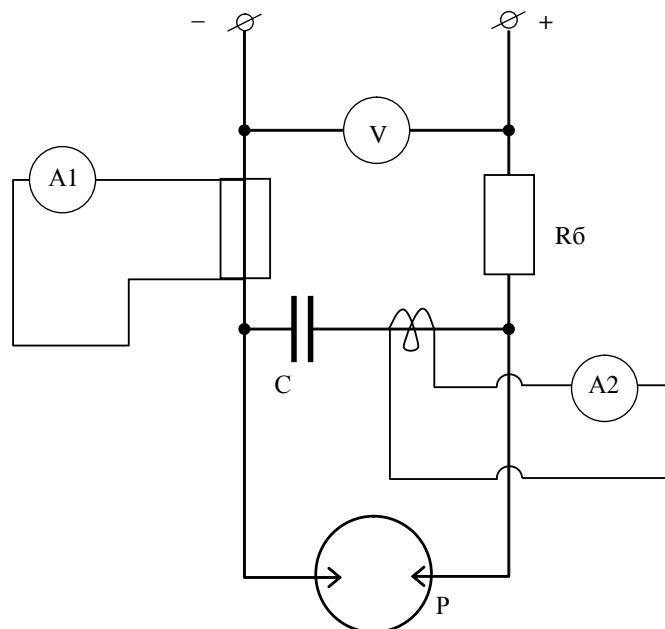


Рис. 1. Электрическая схема установки

тролита. Было отмечено возникновение нескольких различных режимов электрического разряда, начиная от электроискрового, сопровождающегося громкими щелчками, который может переходить в более плавный дуговой и, наконец, наиболее перспективный для выполнения поставленной задачи режим, характеризующийся свечением от соломенного до красно-розового цвета и «шипящим» звуком.

Последний режим можно, согласно [8], идентифицировать, как возникновение плазмоида, который приводил к резкому изменению структуры электролита – формированию в нем нерастворимого осадка (суспензии). Исследования состава осадков, выделенных из суспензии, показали наличие в них следующих элементов: C, O, Al, Si, P, Al, Mg, Ca, Cr, Fe, Ni и Cu (рис. 2). Вместе с тем элементный анализ электродов и выпаренной из раствора соли NaCl осадок показал отсутствие в этих материалах таких элементов, как Si, P, Al, Ca, Ni, Fe, что позволяет сделать вывод об образовании этих элементов в процессе электрического разряда.

Кроме химических превращений при возникновении в реакторе плазмоида было отмечено появление высокочастотного электрического тока в цепи реактора, который по величине составлял 200–300 А, что на два порядка больше, чем величина постоянного тока, потребляемого установкой из сети. Частота этого тока опытах достигала 100 кГц, а в опытах, проведенных авторами [8] – до 1 ГГц.

Возникновение высокочастотного электромагнитного поля наблюдалось нами также и на установке, выполненной для исследования плазмоида, в которой один из электродов помещался над поверхностью электролита, а острие второго находилось под тонким слоем жидкости. Установлено, что даже при небольшом импульсе тока, создаваемого конденсатором с емкостью $C = 100$ мкФ и напряжением $U = 500$ В, над поверхностью электролита возникает плазмоид, создающий электромагнитное поле.

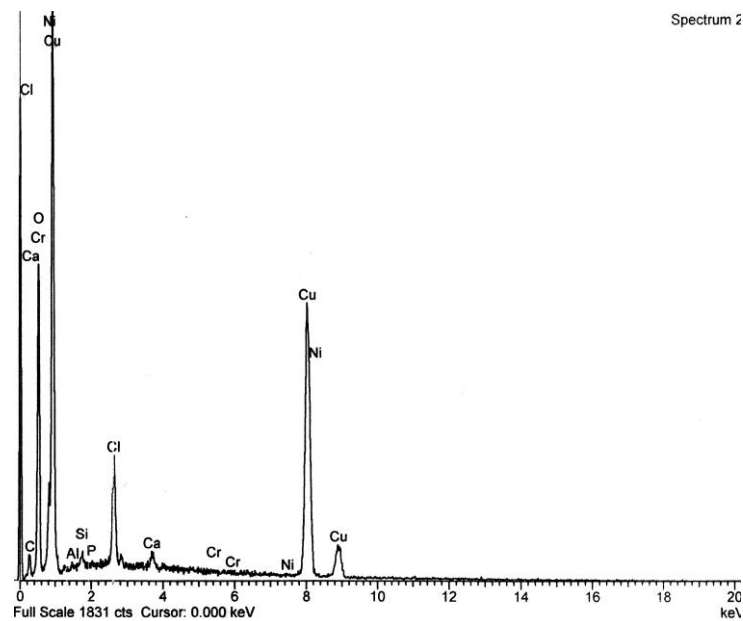


Рис. 2. Рентгеновский спектр испускания образца № 1

Обсуждение результатов

Полученные результаты позволяют проанализировать механизм протекания физических процессов, приводящих к преобразованию химических элементов и возникновению энергии при ядерных превращениях. Главным фактором, сопутствующим плазмоидному режиму, является высокая частота токов в цепи реактора (до 1 ГГц).

Расчеты, проведенные на основе полученных данных, показали, что максимальная скорость движения электронов в высокочастотном импульсе плазмоида, локализованного вблизи катода, может достигать $(1-10) \cdot 10^3$ м/с, а токи высокой частоты определены движением только электронов, поскольку ускорения тяжелых частиц и их средние скорости движения, по крайней мере, на три порядка меньше. Поэтому воздействие пинч-эффекта на электроны несравнимо больше, чем на массивные частицы. В результате соударений и «расталкивания» (терминология согласно [6]) электроны приближаются к токовой оси, в приосевой области образуется сгусток электронов, возникает «перетяжка» токового шнура и разделение электронов и положительных ионов в результате совместного действия электрического и магнитного полей. Таким образом, в плазме возникают малые объемы (реакционные точки – РТ), характеризующиеся высокими значениями плотности массы и заряда, а также потенциальной энергии. В этих условиях преодоление потенциального барьера для взаимодействия ядер не требует высоких температур, как при термоядерном синтезе. Поэтому ядерные реакции могут протекать в РТ плазмы электрического разряда. Об этом свидетельствует выделение большого количества энергии, как в виде теплоты, так и электрического тока.

Наиболее интересным является практический вопрос: как возникают различные режимы взаимодействия в плазме электрического разряда и каким образом можно достичь того или иного режима. Очевидно, что количество РТ в плазмоиде должно быть пропорциональным частоте высокочастотных токов. Если принять, что плазма электролита находится в области плазмоида в течение $\sim 0,1$ с, а частота – $\sim 10^7$ Гц, то число РТ в плазмоиде составляет $\sim 10^6$. Совместно эти РТ дают дополнительный ток, который фиксировался в настоящей работе.

С точки зрения организации процесса наиболее сложным является иницирование РТ по всему объему, так как функционирование каждой из них – это сложный процесс, зависящий от ряда факторов: электрического, магнитного и гидродинамического полей, химического состава электролита и т.д. Не менее важным является создание условий для резонансного взаимодействия высокочастотных электромагнитных полей по всему объему плазмоида. Для увеличения амплитуды гармонической (в линейном приближении) электромагнитной волны в объеме реактора под действием внешней электромагнитной волны необходимо совпадение их волновых чисел, что выражается в равенстве фазовых скоростей внутренней и внешней

волны [9]. Внешняя волна может быть создана устройством запуска реактора. Собственная фазовая скорость определяется геометрией реактора, а также свойствами плазмы и может изменяться в широких пределах. Поэтому устройство запуска реактора должно иметь плавную регулировку частоты.

В проведенных испытаниях было отмечено резкое повышение эффективности ее работы на некоторых режимах, которые были достигнуты добавлением к электролиту на основе NaCl поверхностно-активного вещества (ПАВ) ОП-10 в количестве 0,1–0,2 % масс. ПАВ снижает коэффициент поверхностного натяжения раствора и облегчает достижение равномерности распределения РТ по объему плазмоида. В результате на этих режимах количество тепла, выделенного при прохождении раствора через реактор почти в 2 раза больше, чем в отсутствие ПАВ.

Известно, что для протекания реакций синтеза между легкими атомными ядрами, обеспечивающих значительное выделение энергии, необходима высокая температура ($\sim 10^8$ К) и достаточная концентрация частиц в реакционном объеме. Однако уже в работе [10] были проведены теоретические и экспериментальные работы, приближающие исследователей к получению реакций синтеза при более низких температурах, где для этих целей использовался мюонный катализ – явление синтеза (слияния) ядер изотопов водорода при нормальных условиях, протекающее при существенном участии мюонов.

За последние годы появилось достаточно много работ, как теоретических, так и экспериментальных, исследующих условия возникновения холодного ядерного синтеза и его результаты [11, 12]. Результаты экспериментов, как правило, хорошо воспроизводятся в твердых кристаллических телах, и плохо – в средах, не имеющих дальнего упорядочения (например, жидкости, газы, плазма), свойства которых зависят от большого числа параметров: плотность электрического тока, концентрация химических элементов и примесей, размеров реакционного объема и т.п. Добиться совпадения всех этих параметров в разных опытах нелегко. Кроме того, существует влияние астрофизического фактора для подпорогой ядерной реакции от агрегатного состояния вещества [11].

Большинство ядер, вступающих в ядерные реакции, не перескакивают через кулоновский барьер, а просачиваются сквозь него в результате туннельного эффекта. Таким образом, вероятность нахождения частицы в той или иной точке пространства всегда отлична от нуля. Авторы [13] высказали предположение о том, что все квантовые характеристики элементарных частиц (в том числе масса и электрический заряд) периодически изменяются во времени с очень большой частотой по гармоническому закону. Амплитуда этих колебаний промодулирована другой синусоидой, имеющей значительно больший период и совпадающей с волной де Бройля. Волны, таким образом, расплывались, но не исчезали. Частица как бы исчезала в предыдущей точке и появлялась в новой.

Такой подход к развитию квантовой механики является новым, исторически подготовленным, обусловленным новыми задачами. Он согласуется с результатами исследований, проводимых, как в России, так и за рубежом [14, 15]. Вопросы согласования разрабатываемого подхода с формулировками 1-го и 2-го законов термодинамики рассмотрены в [13].

Существенную роль начинает играть фаза квантовых колебаний частицы. Подтверждением этого предположения являются экспериментальные данные о том, что при протон – протонных столкновениях 6 % частиц вообще не взаимодействуют, а пролетают друг сквозь друга. Согласно данной модели заряд протона на короткое время может стать равным нулю, и протон подобно нейтрону может приблизиться к атомному ядру, протуннелировав сквозь кулоновский барьер. Предлагаемый в [13] механизм преодоления кулоновского барьера согласуется с результатами [11] для твердых тел, но сложнее применить его к взаимодействию частиц в плазме.

Коэффициент проникновения протона, обладающего кинетической энергией T , через потенциальный барьер $U(r)$, создаваемый ядром с зарядом Z , по традиционным формулам квантовой механики определяется выражением:

$$D \cong \exp\left(-\frac{4\pi}{h} \int_{r_1}^{r_2} \sqrt{2\mu[U(r) - T]} dr\right),$$

где $\mu = Mm/(M + m)$; $T = Ze^2/r_2$; M – масса ядра; m – масса протона; r_1 и r_2 – пределы интегрирования. Расчет по этой формуле дает величину D , практически равную нулю ($D \sim 10^{-50}$), что и обуславливает негативное отношение к разработкам, касающихся холодного ядерного синтеза.

Вероятность ядерного взаимодействия частиц, рассчитанная по предлагаемой в работе [13] методике, значительно лучше согласуется с экспериментом, проведенным авторами [2]. Следует отметить также, что многими исследователями, например, авторами работы [6] обнаружено продолжение реакций холодного ядерного синтеза после выключения напряжения в электролитической ячейке, которое длится достаточно долго (6 ч и более).

В вышеизложенной части статьи были рассмотрены вопросы, касающиеся взаимодействия отдельных элементарных частиц. Однако еще больший интерес представляет реализация этих процессов в макрообъеме. Известные энергетические установки, например, описанная в работе [16] используют в качестве рабочего тела жидкие и газообразные вещества, где тем или иным способом создается упорядоченное взаимодействие коллектива частиц с образованием упорядоченной пространственной периодической структуры.

Многими исследователями, в том числе авторами данной работы, отмечено что наиболее эффективный режим с выделением избыточного тепла и образованием новых элементов, протекает в реакторе, через который про-

пускается электрический ток и в котором возникает «плазмод» (большая часть реактора занимает плазма, имеющая оранжево-розовую окраску). В плазме наблюдаются ленгмюровские колебания электронов относительно тяжелых положительных ионов, которые за период этих колебаний не успевают заметно сдвинуться с места. Фактически электроны находятся в потенциальной яме, причем частота их колебаний достигает несколько МГц, что по величине близко к частоте колебаний электромагнитного поля в реакторе, экспериментально обнаруженного в работе [17]. Это дает основание предполагать, что ленгмюровские колебания электронов являются источником возникновения переменного электрического тока в реакторе.

Если рассмотреть симметричную параболическую потенциальную яму с одинаковой высотой U стенок во всех направлениях, то генерации избыточного тока не будет [13]. Необходимо, чтобы потенциальная яма была асимметричной. При коллективном движении электронов каждый из них подчиняется обычному уравнению гармонического осциллятора [14] и моделируется функцией

$$U(x) = ax + b \arctg(x^2),$$

где величина a пропорциональна приложенному напряжению, a b – определяется геометрией и параметрами плазмы.

Дальнейшие исследования целесообразно проводить как в экспериментальном, так и расчетном направлениях, т.к. добиться оптимальных эффективных режимов, как свидетельствует опыт многих исследователей, чрезвычайно трудно. Используемый часто экспериментальный подход к исследованию трансформации ядер совершенно естественен, потому что традиционная квантовая механика не способна выявить параметры, влияющие на этот процесс. Для реализации новых источников энергии нужно разрабатывать системы, использующие не только разогрев и сжатие материала, а столкновение ядер с малыми энергиями, но с тонкой регулировкой фазы их волновой функции.

Библиографический список

1. Трансформация ядер в условиях электроразряда / Н.Г. Ивойлов, М.М. Бикчантаев, О.А. Стребков и др. // Ученые записки Казанского гос. универ. – 2009. – Т. 151, кн. 3. – С. 52–62.
2. Балакирев, В.Ф. Низкотемпературная трансмутация химических элементов с выделением энергии при электромагнитных воздействиях / В.Ф. Балакирев, В.В. Крымский // Изв. Челябинского научн. Центра. – 2003. – Вып. 4 (21).
3. Сахаров, А.Д. Пассивные мезоны / А.Д. Сахаров // Отчет ФИАН. – 1948.

4. Зельдович, Я.Б. Реакции, вызываемые μ - мезонами в водороде / Я.Б. Зельдович // ДАН. – 1954. – Т. 95. – № 3. – С. 493–499.
5. Филиппов, В.В. Обзор экспериментальных работ, выполненных в ИАЭ им. И.В. Курчатова, по исследованию плазменного фокуса / В.В. Филиппов // Физика плазмы. – 1983. – Т. 9. – Вып. 1. – С. 25–44.
6. Иванов, В.Д. О механизме ускорения дейтронов в плазменном фокусе / В.Д. Иванов // Письма в ЖЭТФ. – 1985. – Т.42. – Вып. 7. – С. 269–271.
7. Патент № 2096846 РФ, МКИ G21 G1/00, Н 1/24. Способ получения элементов и устройство для его осуществления / А.В. Вачаев, Н.И. Иванов, А.Н. Иванов, Г.А. Павлова // Бюлл. Изобретений 1997. – № 32. – С. 369.
8. Паньков, В.А. Демонстрационная методика синтеза элементов в плазме электрического разряда / В.А. Паньков, Б.П. Кузьмин // Актуальные проблемы современной науки: сб. науч. тр. – М: изд-во компании «Спутник +», 2008 г. – № 5(44). – С. 112–116.
9. Физический энциклопедический словарь / под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 928 с.
10. Зельдович, Я.Б. Ядерные реакции в холодном водороде / Я.Б. Зельдович, С.С. Гернштейн // УФН. – 1960. – Т. 71. – Вып. 4. – С. 129–134.
11. Цыганов, Э.Н. Холодный ядерный синтез / Э.Н. Цыганов // Ядерная физика. – 2012. – Т. 75, № 2. – С. 174–180.
12. Олейник, В.П. К теории ядерных реакций при низких энергиях: физический механизм реакций / В.П. Олейник, Ю.Д. Арепьев // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2002. – № 4. – С. 30–43.
13. Сапогин, Л.Г. Унитарная квантовая теория и новые источники энергии / Л.Г. Сапогин, Ю.А. Рябов, В.И. Участкин. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2003. – 173 с.
14. Канарев, Ф.М. Холодный синтез при плазменном электролизе воды / Ф.М. Канарев, М. Тадахико // Новая энергетика. – 2003. – № 1. – С. 5–10.
15. Ратис, Ю.А. Управляемый «термояд» или холодный синтез? Драма идей / Ю.А. Ратис. – Самара: Изд-во Самарского НЦ РАН, 2009. – 98 с.
16. О возможности получения энергии при электрических разрядах / Г.Ф. Кузнецов, Д.Г. Клещев, В.В. Крымский и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2001. – Вып. 2. – № 14. – С. 73–77.
17. Кузнецов, Г.Ф. Исследование импульсного электромагнитного поля, возникающего при работе реактора экспериментальной установки / Г.Ф. Кузнецов, С.Ю. Гуревич, Ю.В. Петров // Наука ЮУрГУ: материалы 63-й научной конф. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – С. 45–48.

[К содержанию](#)