

Дж/см². Формирование ускоренных атомов происходит за счет перезарядки ускоренных ионов дейтерия при взаимодействии с молекулами остаточного газа в диодной камере ускорителя [4].

При облучении металлической мишени ионами значительная часть энергии (более 80%) расходуется на электронные потери без инициирования ядерных реакций [5]. Облучение ускоренными атомами позволяет снизить эти потери. При облучении мишени ускоренными атомами дейтерия суммарный выход нейтронов может быть в 4-5 раз выше и составить $(1-5) \cdot 10^9$ за импульс [6]. При облучении мишени ускоренными атомами также увеличивается энергия столкновения. Энергия столкновения ускоренного атома дейтерия (с энергией 0.2 – 0.4 МэВ) с атомом дейтерия в мишени превышает 50 кэВ, а энергия столкновения ускоренного иона дейтерия (с энергией 0.2-0.4 МэВ) с атомом дейтерия в мишени менее 1 кэВ. Полный выход нейтронов на один дейтрон в D-D реакции увеличивается в ≈ 200 раз с ростом энергии столкновения от 30 кэВ до 220 кэВ. При этом суммарный выход может увеличиться более чем в 10 раз и составить $(1-5) \cdot 10^{10}$ нейтронов за импульс.

Использование ускоренных атомов дейтерия для генерации нейтронных пучков на установке ТЕМП-6 позволяет получать нейтроны с энергией 2.45 МэВ и интегральным выходом $(1-5) \cdot 10^{10}$ нейтронов за импульс, что превышает интегральный выход лучших портативных генераторов нейтронов с вакуумными и газонаполненными трубками при использовании D-D реакции (10^7-10^8).

Выполненные исследования поддержаны РФФИ, грант 19 - 38 - 90001.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wagner F.M., Loeper-Kabasakal B. and Breikreutz H. Journal of Instrumentation. – 2012. – Т. 7 – С. 1-14
2. Веревкин А. А., Стервиедов Н. Г., Ковтун Г. П. Получение и применение короткоживущих и ультракороткоживущих изотопов в медицине // Вісник Харківського національного університету ім. Каразіна, серія фізична «Ядра, частинки, поля». – 2006. – №. 746. – С. 54-70.
3. Zhu X. P., Lei M. K., Ma T. C. Characterization of a high-intensity bipolar-mode pulsed ion source for surface modification of materials // Review of scientific instruments. – 2002. – Т. 73. – №. 4. – С. 1728-1733.
4. Pointon T. D. Charge exchange effects in ion diodes // Journal of applied physics. – 1989. – Т. 66. – №. 7. – С. 2879-2887.
5. Was G. S. Challenges to the use of ion irradiation for emulating reactor irradiation // Journal of Materials Research. – 2015. – Т. 30. – №. 9. – С. 1158.
6. Pushkarev A., Prima A., Zhu X.P., Ding L., Zhang Q., Isakova Yu., Lei M.K.. Thermal imaging diagnostics of fast radiation processes // 6th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects. Tomsk: . – 2018. – С. 516.

СИНТЕЗ В ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ «ОКСИД НЕОДИМА-ОКСИД САМАРИЯ - ОКСИД МАГНИЯ»

Андреев Д.В.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dval17@tpu.ru

К явным преимуществам применения плазмы для синтеза сложных оксидных композиций (СОК) из диспергированных смешанных водных нитратных растворов (ВНР) следует отнести: одностадийность; высокую скорость образования соединений; возможность активно влиять на размер и морфологию частиц; компактность технологического оборудования. Однако плазменная переработка только ВНР требует значительных энергозатрат (до 4 МВт·час/т) и не позволяет получать в одну стадию оксидные композиции требуемого стехиометрического состава без дополнительного водородного восстановления [1].

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто в воздушно-плазменном потоке при плазмохимическом синтезе СОК, включающих оксиды РЗЭ и оксидную матрицу с высоким коэффициентом теплопроводности, из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны и др.), и имеющих низшую теплотворную способность не менее 8,4 МДж/кг [2]. Плазменная переработка таких растворов ВОНР приведет к снижению энергозатрат на их обработку (до 0,1 МВт·час/т), повысит производительность, а также обеспечит условия в плазмохимическом реакторе для прямого синтеза в воздушной плазме наноразмерных СОК с равномерным распределением фаз с требуемым стехиометрическим составом.

В работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса плазмохимического синтеза СОК «оксид неодима-оксид самария- оксид магния» в воздушно-плазменном потоке. На рис. 1 показано влияние температуры на равновесный состав конденсированных продуктов плазменной переработки раствора ВОНР, включающего водные растворы нитратов неодима, самария и магния, а также органический компонент (ацетон). при массовой доле воздуха 69 %:

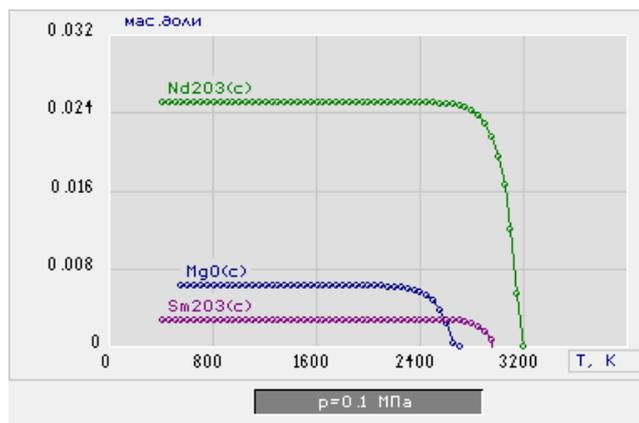


Рис. 1. Влияние температуры на равновесный состав конденсированных продуктов плазменной переработки раствора ВОНР при массовой доле воздуха 69 % : (MgO – 10 %)

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания энергоэффективной технологии плазмохимического синтеза наноразмерных СОК из диспергированных растворов ВОНР редкоземельных, редких и рассеянных металлов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00136).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туманов Ю.Н. Плазменные и высокочастотные процессы получения и обработки материалов в ядерном топливном цикле: настоящее и будущее.– М.: Физматлит, 2003.–759 с.
- Novoselov I.Yu., Karengin A.G., Babaev R.G. Simulation of Uranium and Plutonium Oxides Compounds Obtained in Plasma // AIP Conference Proceedings. – 2018. – V. 1938. – P. 1-5.

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ДИСПЕРСИОННОЕ ПЛУТОНИЙ-ТОРИЕВОЕ ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО

Иванов К.С., Новоселов И.Ю., Тихонов А.Е.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ksi5@tpu.ru

Значительную часть ядерной энергетики в двадцать первом веке еще будут составлять АЭС с реакторами на тепловых нейтронах, использующих ядерное топливо в виде керамики из диоксида урана, обогащенного по изотопу уран-235, у которого наряду с несомненными достоинствами есть и существенные недостатки: низкая теплопроводность, которая ограничивает удельную мощность реактора по температуре плавления, хрупкость и склонность к растрескиванию, короткий цикл использования (3-5 лет), невозможность создания энергетических установок сверхмалой (до 10 МВт) и малой (до 100 МВт) мощности, большие расходы на утилизацию отработавшего топлива, ограниченный ресурс изотопа уран-235.

Для дальнейшего развития ядерной энергетики перспективным является плутоний-ториевое дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ) из оксидов делящихся металлов (плутоний, торий), равномерно распределенных в оксидной матрице, имеющей высокую теплопроводность и низкое сечение резонансного поглощения нейтронов [1].

При использовании изотопов торий-232 и плутоний-239 отпадает необходимость в дорогостоящем изотопном обогащении и появляется возможность создания энергетических установок сверхмалой и малой мощности для использования в труднодоступных регионах.

В отличие от применяемых методов получения сложных оксидных композиций (СОК) путем отдельного получения и механического смешения оксидов металлов, плазмохимический синтез СОК из диспергированных водно-органических нитратных растворов (ВОНР), включающих органический компонент (спирты, кетоны) и водные нитратные растворы, имеет следующие преимущества: одностадийность, гомогенное распределение фаз с заданным стехиометрическим составом, возможность активно влиять на размер и морфологию частиц, низкие энерго- и трудозатраты [2].

В работе представлены результаты исследований процесса плазмохимического синтеза СОК из диспергированных растворов ВОНР, включающих ацетон и смешанные водные нитратные растворы самария (вместо плутония), церия (вместо тория) и магния. Подготовленные растворы ВОНР подавались (300 л/ч) через диспергатор в реактор плазменного модуля на базе ВЧФ-плазмотрона, где в воздушно-плазменном потоке при температурах ≥ 1000 °С осуществлялся синтез СОК, затем в узле «мокрой»