

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

8. Mission of daring: the general-purpose heat source radioisotope thermoelectric generator // 4th International Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit (IECEC).— San Diego, California (American Institute of Aeronautics and Astronautics: 2006.—4096), 26–29 June 2006.

УДК 54.548.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПАНТОВ MgO НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ Nd₂Zr₂O₇ КЕРАМИК

Кабиев Муса Булатулы

kabiyevmussa@gmail.com

Докторант Международной кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – PhD, Кабдрахимова Г.Д.

Интерес к исследованиям по разработкам новых типов дисперсного ядерного топлива [1,2] обусловлен в первую очередь возможностью снижения запасов накопленного плутония, который можно использовать в качестве альтернативного ядерного топлива в новых типах ядерных реакторов, путем создания альтернатив традиционному урановому топливу, а также возможностям повышения КПД выгорания ядерного топлива без разрушения материалов твэлов и увеличения ресурсного времени жизни [1-3]. Концепция дисперсного ядерного топлива заключается в размещении делящихся элементов (плутония или диоксида урана) в инертной матрице на основе тугоплавких соединений или керамик, которые способны поглощать большую часть осколков деления, сохраняя теплофизические и прочностные параметры материала в неизменности достаточно длительное время, при этом выдерживая большие нагрузки радиационного повреждения осколками деления [3,4].

Выбор в качестве объектов исследования Nd₂Zr₂O₇ керамик обусловлен их структурными, прочностными и теплофизическими свойствами [5,6], совокупность которых позволит использовать их в качестве радиационно-стойких высокотемпературных материалов инертных матриц дисперсного ядерного топлива. Выбор в качестве допанта MgO обусловлен следующими факторами. Во – первых, допирование MgO может привести к улучшению структурных свойств керамики Nd₂Zr₂O₇, таких как увеличение плотности, улучшение микроструктуры и уменьшение размера зерен. Это может привести к улучшению механических свойств материала, таких как твердость и прочность, что обуславливает увеличение устойчивости к внешним воздействиям, позволяющим повысить их ресурсное время жизни, а также увеличить износостойкость при эксплуатации. Это может сделать материал более прочным и долговечным, что важно для применений, требующих высокой механической стойкости. Во-вторых, допирование MgO может повысить термическую стабильность керамики Nd₂Zr₂O₇. Это означает, что керамики будут способны выдерживать более высокие температуры без деградации своих свойств. Такая термическая стабильность является важным качеством для многих приложений, особенно в высокотемпературной технологии и при использовании их в качестве дисперсного ядерного топлива.

На основании вышесказанного основная цель данной работы заключается в определении влияния концентрации допанта MgO на изменение теплофизических параметров Nd₂Zr₂O₇ керамик, обладающих большими перспективами использования их в качестве основы для дисперсного ядерного топлива.

Для синтеза образцов были выбраны химические реактивы следующих оксидов: ZrO₂, Nd₂O₃, MgO в заданных молярных пропорциях. Химическая чистота образцов составила 99.95 %, химические реактивы были приобретены у компании Sigma Aldrich (Sigma, USA). Для синтеза керамик был применен метод механохимического твердофазного синтеза, позволяющий получить однородные по составу и гомогенные по размерам зерен порошки,

которые в последующем можно спекать или прессовать согласно необходимым требованиям к образцам керамик. Выбор механохимического твердофазного синтеза обусловлен тем, что данный метод является относительно простым и масштабируемым способом производства керамики. Сам метод не требует высоких температур или сложного оборудования, что делает его экономически привлекательным и позволяет легко внедрять в промышленное производство.

Перемалывание исходных образцов в заданных стехиометрических пропорциях осуществлялся в планетарной мельнице PULVERISETTE 6 (Fritsch, Берлин, Германия) при скорости перемалывания 400 оборот/мин, в течение 1 часа. Формирование устойчивых фаз, а также твердых растворов замещения или внедрения было осуществлено с применением метода термического спекания при температуре 1200 °С в муфельной печи Nabertherm LE 4/11/R6 (Nabertherm, Лилиенталь, Германия). Процесс спекания был осуществлен в кислородосодержащей среде, отжиг проводился в течение 8 часов, скорость нагрева составляла 10 °С/мин, при достижении контрольной температуры образцы выдерживались заданное время, после чего образцы остывали вместе с печью до комнатной температуры в течение 24 часов.

Использование данной технологической схемы получения керамик позволяет получать высокопрочные, структурно-упорядоченные керамики, с управляемым фазовым составом и прочностными характеристиками.

Определение теплофизических параметров, в том числе теплопроводности, было осуществлено с использованием методики теплового потока, позволяющего определить кинетику изменения данных параметров в широком температурном диапазоне, а также установить тепловые потери образцов, связанные с изменением фазового состава. Измерения проводились с использованием измерительной системы теплопроводности КИТ-800 (КБ Теплофон, Россия).

Одним из важных критериев определения эффективности допирования, направленного на изменение свойств материалов, в случае керамических материалов инертных матриц, является изменение теплофизических параметров, играющих весьма важную роль в процессах передачи тепла делящегося материала, а также защиты активной зоны от эффектов, связанных с перегревом и возникновением локальных областей с высокой температурой. При этом в отличие от большинства металлов и сплавов, обладающих высокими показателями теплопроводности (более 1000 Вт/м×К), для керамических материалов данные величины на порядок ниже, что в свою очередь обуславливает необходимость повышения теплофизических параметров керамик за счет различных способов, включая допирование, структурное упорядочение и т.д. На рисунке 1 представлены результаты изменения величины коэффициента теплопроводности, измеренного на керамиках с применением метода теплового потока, отражающего изменение теплофизических параметров керамик в зависимости от изменения величины концентрации допанта.

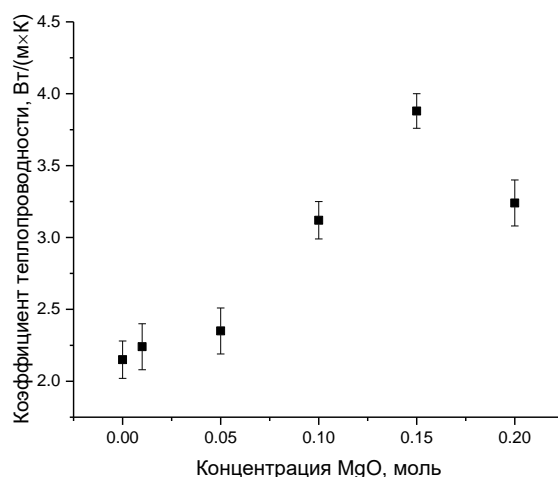


Рисунок 1. Результаты оценки изменения величины теплопроводности керамик в зависимости от концентрации допанта MgO

Как видно из представленных данных, в случае малых концентраций, изменение теплофизических параметров составляет не более 2 – 3 %, а сама величина изменяется с 2.15 Вт/м×К до 2.24 и 2.35 Вт/м×К. Такое малое изменение обусловлено тем, что при малых концентрациях допанта основной вклад в изменение структурных свойств, оказывает величина структурного упорядочения (изменение степени кристалличности керамик), увеличение которой связано в первую очередь с изменениями структурных параметров (параметров кристаллической решетки и ее объема). Таким образом, при малых концентрациях допанта MgO (0.01 и 0.05 М), изменение теплофизических характеристик незначительно, так как основные изменения связаны со структурным упорядочением, оказывающим малое влияние на механизмы теплопереноса (при фоновой передаче тепла за счет рассеивания). В случае увеличения концентрации допанта MgO более 0.05 М, наблюдается резкое увеличение коэффициента теплопроводности (более чем 1.5 раза в сравнении с исходным значением коэффициента теплопроводности недопированных Nd₂Zr₂O₇ керамик). Такое изменение связано в первую очередь с формированием в структуре дополнительной фазы MgO, которая обладает более высокими показателями теплопроводности (более 10 – 15 Вт/м×К), в то время как недопированные Nd₂Zr₂O₇ керамики согласно литературным данным обладают более чем в пять раз меньшей теплопроводностью, малая величина которой обусловлена наличием диоксида циркония). Увеличение концентрации примесной фазы в виде включений зерен MgO, приводит к увеличению теплопроводности с 3.12 до 3.88 Вт/м×К, что свидетельствует о положительном эффекте допирования. Однако формирование в структуре включений в виде t-ZrO₂ зерен, наличие которых наблюдается при больших концентрациях допанта MgO, приводит к снижению теплопроводности до 3.22 Вт/м×К, что негативно сказывается на теплофизических параметрах керамик, несмотря на то, что данная величина значительно выше чем значение теплопроводности для недопированных Nd₂Zr₂O₇ керамик. Подобное снижение теплофизических параметров имеет хорошее согласие с изменениями данных прочностных характеристик керамик, что свидетельствует о том, что формирование в структуре t-ZrO₂ зерен, не только негативно сказывается на прочности керамик, но и теплофизических параметрах.

Список использованных источников

1. Stančin H. et al. A review on alternative fuels in future energy system. Renewable and sustainable energy reviews. 2020. Vol. 128. P. 109927.
2. Lorusso P. et al. GEN-IV LFR development: status & perspectives. Progress in Nuclear Energy. 2018. Vol. 105. P. 318-331.
3. Yan X. L. Very High Temperature Reactor. Handbook of Generation IV Nuclear Reactors. Woodhead Publishing, 2023. P. 133-165.

4. Restani R. et al. Analytical investigations of irradiated inert matrix fuel. Journal of nuclear materials. 2009. Vol. 385. №. 2. P. 435-442.

5. Nelson A. T. et al. Effect of composition on thermal conductivity of MgO–Nd₂Zr₂O₇ composites for inert matrix materials //Journal of nuclear materials. 2014. Vol. 444. №. 1-3. P. 385-392.

УДК 54.02

ЯДРОЛЫҚ ОП МӘНДЕРІН АЛУ ЖӘНЕ ЯДРОНЫҢ J_v МЕН J_w НАҚТЫ ЖӘНЕ ЖОРАМАЛ БӨЛІКТЕРІНІҢ МӘНІН ТАБУ

Шәудірбаева Динара Сабырқызы

dshaudirbayeva@bk.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, 7М05305 «Ядролық физика» мамандығының

2-курс магистранты, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Амангелді Н.

Ядролық потенциалдың нақты және ойдан шығарылған тығыздығын зерттеу іргелі ядролық физика үшін үлкен маңызға ие және әртүрлі технологиялық және ғылыми салаларда қолданылуы мүмкін. Бұл диссертацияның нәтижелері ядролық физика саласындағы одан әрі зерттеулердің негізі бола алады және ядролық заттың құрылымы мен қасиеттерін түсінуде жаңа перспективалар ашады.

Ядролық реакцияларды зерттеуге және әсіресе ядролық потенциалдың сипаттамаларын түсінуге назар аудару ешқашан жойылмайды. Ядролық реакциялар жұлдыздардың пайда болу процестерін, ядролық синтезді және жұлдыздардың эволюциясын анықтайтын ғаламда негізгі рөл атқарады. Олар сондай-ақ атом энергетикасы мен медицинаны қоса алғанда, әртүрлі салаларда маңызды практикалық маңызға ие.

Ядролық реакциялардағы орталық ұғым - ядролық потенциал-ядродағы нуклондардың өзара әрекеттесуін анықтайтын зарядқа тәуелді күш. Ядролық потенциалдың нақты және ойдан шығарылған бөліктерін түсіну ядролық құрылымдар мен ядролық реакцияларды барабар сипаттау үшін үлкен маңызға ие. Нақты бөлік ядролық бөлшектер арасындағы тартылуы немесе итеруді анықтайды, ал ойдан шығарылған бөлік метаболизм процестері мен дисперсиямен байланысты.

Ядролық потенциалдың ядролық реакцияларға әсерін анықтау: ядролық потенциалдың нақты және ойдан шығарылған тығыздығы ядролық реакциялардың ықтималдығы мен кинематикалық сипаттамаларына қалай әсер ететінін зерттеу және әртүрлі ядролардағы нуклондардың өзара әрекеттесу ерекшеліктерін анықтау.

Оптикалық потенциал-бұл серпімді шашырау үшін ғана емес, сонымен қатар көптеген тікелей реакция процестерінің көлденең қималары мен бұрыштық үлестірімдерін болжау үшін компонент ретінде қолданылатын тиімді өзара әрекеттесу, сондықтан ядролық физикада маңызды рөл атқарады. Фешбах пен Ходжсонның оптикалық моделінің тарихы мен ерте қолданылуы туралы шолуларды сілтемелерден табуға болады. [1, 2, 3, 4, 5]. Алайда, осы шолулардың соңғысы 2002 жылы болғандықтан, кейбір соңғы жетістіктерді қарастыратын кез келді.

Радиоактивті сәулелік эксперименттердің жаңа дәуірі ядролық реакторлар мен ядро құрылымына деген көзқарасымызды синтездеу қажеттілігін анық көрсетті. Мұндай экзотикалық ядролардың күшті өзара әрекеттесуі бар. Зерттеулер эксперименттік деректермен әлі жақсы шектелмеген өзара әрекеттесулерді ұсынады. Сондықтан осындай жүйелерде протондар мен нейтрондар сезінетін әлеуетті мүмкіндіктерді жақсырақ түсінудің тұрақты қажеттілігі бар. Бір маңызды аспект нуклондардың серпімді шашырауын басқаратын он энергияның оптикалық потенциалдарымен байланысты, ал терең сызықтарға жақындаған