

Наименование проекта
AP08856017 «Исследование по созданию квазинепрерывного лазера на p-s-переходе атома инертного газа с возбуждением продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ »
Конкурс
Конкурс на грантовое финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам на 2020-2022 годы (Приказ Председателя Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан от 30 апреля 2020 года №63-нж)
Научный руководитель
Хасенов Мендыхан Уразович, 1951 г.р., кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор Author ID в Scopus 6507663079 Researcher ID Web of Science AAQ-3017-2020 ORCID ID 0000-0001-5823-2785 Researcher ID in Publons AAQ-3017-2020
Исследовательская группа
1. Гордиенко Юрий Николаевич, 1975 г.р. Author ID в Scopus 55641763700 Researcher ID Web of Science W-2790-2019 ORCID ID 0000-0002-6108-2746 Researcher ID in Publons W-2790-2019 2. Самарханов Куаныш Қанатұлы, докторант PhD, 1994 г.р. Author ID в Scopus 57202454611 Researcher ID Web of Science AAM-4512-2020 ORCID ID 0000-0003-3417-7878 Researcher ID in Publons AAM-4512-2020 3. Мартыненко Екатерина Александровна, магистр, 1985 г.р. Author ID в Scopus 57208718100 4. Тулубаев Евгений Юрьевич, аспирант, 1985 г.р. Author ID в Scopus 57035405900 Researcher ID Web of Science AAT-9422-2020 ORCID ID 0000-0002-9357-3005 Researcher ID in Publons AAT-9422-2020 5. Бочков Вадим Сергеевич, 1993 г.р. Author ID в Scopus 57207959570 6. Котляр Андрей Николаевич, 1969 г.р. 7. Толмачев Сергей Вениаминович, 1970 г.р. 8. Служанов Андрей Николаевич, 1975 г.р.
Краткая информация о проекте (цель, актуальность, ожидаемые результаты, полученные результаты, публикации, патенты)
Цель: исследование возможности получения лазерной генерации на p-s-переходе атома инертного газа в ближней инфракрасной области спектра (0.7-1 мкм) при возбуждении продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Выявление механизмов заселения и дезактивации уровней на 2p-1s-переходах инертных газов (обозначения Пашена) при распылении лития ядерными частицами и описание кинетических процессов, протекающих в данных средах. Актуальность: Проект посвящен проблеме вывода энергии из ядерного реактора в виде оптического излучения, в данном случае лазерного излучения. В настоящее время наиболее перспективными считаются лазеры на инфракрасных (от 1,73 до 3,51 мкм) d-p-переходах инертных газов. Представляет интерес создание лазера на 2p-1s-переходах (обозначения Пашена) инертных газов в более коротковолновой области и с более высоким квантовым КПД. Для этого необходимо решить проблему расселения нижнего 1s-уровня, два из этих уровней метастабильные и два резонансных, излучение на них пленено. Литий в настоящем проекте служит источником накачки лазерной смеси продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$, а также эффективно расселяет нижние 1s-уровни. – В ходе реализации Проекта все пункты календарного плана за 2020 и 2021 г. были выполнены полностью и получены следующие результаты:

- разработана экспериментальная установка на базе малогабаритного импульсного ускорителя электронов для исследования люминесценции газовых сред и распыления лития в газ;
- получены экспериментальные данные по распылению лития в инертные газы при облучении электронным пучком;
- идентифицированы основные линии, переходы инертных газов и щелочных металлов, распыленных в газовую среду при возбуждении электронным пучком.

– разработано конструкция внутрореакторного устройства для исследования пороговых характеристик квазинепрерывной генерации на $2p-1s$ -переходе атома инертного газа с возбуждением продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$

На установке на базе малогабаритного импульсного ускорителя электронов был проведен цикл внереакторных экспериментов по исследованию спектральных характеристик люминесценции инертных газов и распыления лития в инертный газ, при бомбардировке подогретой литиевой мишени пучком быстрых электронов. Проведены обработка, систематизация полученных результатов. Идентифицированы основные линии, переходы инертных газов и щелочных металлов, распыленных в газовую среду при возбуждении электронным пучком. В спектрах инертных газов преобладают линии $np-ns$ -переходов (где $n=3, 4, 5, 6$, для неона, аргона, криптона, ксенона, соответственно). В результате проведения серии экспериментов по распылению лития в инертный газ при возбуждении наносекундным электронным пучком показано, что с повышением температуры газовой смеси в спектрах излучения инертных газов появляются атомарные линии лития. В спектре лития наблюдались резонансные линии на 670,8 нм, а также линии переходов с уровней 5d, 4d, 3d, 4s, 3s на резонансный уровень 2p. Проведен анализ полученных результатов. По результатам анализа были сделаны следующие выводы. Из экспериментальных данных по исследованию люминесценции инертных газов определены доли энергии заряженных частиц, идущих на возбуждение каждого 2p-уровня атома инертного газа. Возбужденные уровни атомов инертного газа тушатся собственным газом, поэтому для создания инверсной заселенности необходимо использование буферного газа гелия. Проведен поиск литературных данных по константам скорости тушения атомов инертных газов гелием. Наиболее перспективными для создания инверсной заселенности представляются переходы $2p6-2s4$ и $2p6-2s5$ атома ксенона. Доля, энергии идущая на возбуждение 2p6-уровня в смеси He-Xe, составляет свыше 40%, константа скорости тушения уровня 2p6 мала ($1,7 \times 10^{-12} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$).

Подана заявка на получение патента на полезную модель в РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» Министерства юстиции Республики Казахстан.

Публикации за 2020-2021 гг.:

Yu. Ponkratov, E. Batyrbekov, M. Khasenov, K. Samarkhanov, Ye. Chikhray / Application of high energy tritium ions and α -particles formed in ${}^6\text{Li}(n,\alpha)\text{T}$ nuclear reaction to excite the luminescence of inert gas mixtures // Fusion Science and Technology.– 2021.– Vol. 77, Is. 4, P. 327 – 332. (IF = 1,100, БД Web of Science, Scopus, Q2 в категории Nuclear Energy and Engineering, 56% по CiteScore).

<https://doi.org/10.1080/15361055.2021.1887714>

1. K. Samarkhanov, M. Khasenov, E. Batyrbekov, Yu. Gordienko, Yu. Baklanova, I. Kenzhina, Ye. Tulubayev, I. Karambayeva / Optical radiation from the sputtered species under excitation of ternary mixtures of noble gases by the ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ nuclear reaction products // Eurasian Chemical Technological Journal.– 2021.– Vol. 23, No. 2, P. 95 – 102. (БД КК СОН РК, Web of Science, Scopus, Q4 в категории Chemistry, multidisciplinary, 35% по CiteScore). <https://doi.org/10.18321/ectj1079>

2. Study of lithium sputtering into noble gas upon excitation by products of ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ nuclear reaction in the core of a nuclear reactor / K. Samarkhanov, M. Khasenov, Yu. Gordienko, Yu. Ponkratov, Ye. Tulubayev, V. Bochkov, I. Karambayeva // Book of Abstracts of International Conference (Advanced materials manufacturing and research: new technologies and techniques (AMM&R-2021 online) — Ust-Kamenogorsk: D. Serikbayev EKTU, 2021.– P. 38.
3. Emission of the sputtered species under excitation of binary and ternary noble gas mixtures by the ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ nuclear reaction products / K. Samarkhanov, E. Barytbekov, M. Khasenov, Yu. Gordienko, Yu. Ponkratov, Ye. Tulubayev, V. Bochkov, I. Karambayeva // Book of Abstracts of XV International Conference on pulsed lasers and laser applications (AMPL-2021) — Tomsk, 2021.– P. 38.
An installation to study sputtering of lithium-containing layers into noble gas under electron beam excitation / K. Samarkhanov, E. Barytbekov, M. Khasenov, Yu. Gordienko, Yu. Ponkratov, Ye. Tulubayev, V. Bochkov, I. Karambayeva // Book of Abstracts of XV International Conference on pulsed lasers and laser applications (AMPL-2021) — Tomsk, 2021.– P. 53.