

С.Н. РЯЗАНЦЕВ, С.С. МАКАРОВ, И.Ю. СКОБЕЛЕВ

*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), Москва, Россия*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАСЕЛЕНИЯ ИЗОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ ^{83}Kr В ФЕМТОСЕКУНДОЙ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

Рассмотрены результаты эксперимента по заселению изомерных состояний ^{83}Kr путем облучения сверхзвукового газово-кластерного потока Kr фемтосекундным лазерным импульсом петаваттной мощности. На основе экспериментально зарегистрированной интенсивности спектральной линии, соответствующей радиационному распаду изомерного состояния 9.4 кэВ показано, что эффективность заселения состояния составляет $\sim 10^{10}$ частиц за один акт облучения.

S.N. RYAZANTSEV, S.S. MAKAROV, I.YU. SKOBELEV

*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia
Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS), Moscow, Russia*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ^{83}Kr ISOMERIC STATES POPULATION IN FEMTOSECOND LASER PLASMA

The results of an experiment on pumping of ^{83}Kr isomeric states by irradiating a supersonic gas-cluster flow of Kr with a femtosecond petawatt laser pulse are presented. Based on the experimentally recorded intensity of the spectral line corresponding to the radiative decay of the 9.4 keV isomeric state, it is shown that the efficiency of population of this state is approximately 10^{10} particles per irradiation event.

В настоящее время для получения ядерного изомера $^{83\text{m}}\text{Kr}$ обычно используют облучение криптона пучком ускоренных протонов. В результате ядерной реакции образуется радиоактивный изотоп рубидий-83, который имеет период полураспада около 86 дней и распадается посредством электронного захвата в рассматриваемый ядерный изотоп криптона. В докладе рассматриваются результаты экспериментов по реализации альтернативного варианта получения этого изомера: при взаимодействии лазерного импульса релятивистской интенсивности с газово-кластерной струей криптона. Пионерской в этом направлении является работа [1], в рамках которой продемонстрировано, что облучение фемтосекундным лазерным импульсом петаваттанной мощности ($E = 3.6$ Дж, $\tau = 30$ фс, $I = 1\text{E}19$ Вт/см²) газово-кластерного потока криптона приводит к заселению (через механизм кулоновского возбуждения) изомерного состояния $^{83\text{m}}\text{Kr}_2$ с энергией 41.6 кэВ с эффективностью $5.04\text{E}14$ части/секунду, что значительно выше значений характерных для классических методов, что чрезвычайно важно в контексте реализации концепции γ -лазеров, а также для изучения механизмов ядерного возбуждения в целом.

Методика проведения эксперимента, в рамках которого получен данный результат, предполагает сбор облученного лазером газа, содержащего ядерные изомеры, в отдельный объем при помощи системы откачки с включенной в нее азотной ловушкой. Такой подход возможен из-за длительности ($T_{1/2} = 1.86$ часа) периода полураспада состояния $^{83\text{m}}\text{Kr}_2$ и позволяет однозначно ассоциировать излучение, испускаемое из ловушки, с распадом исследуемого состояния. С другой стороны, такой подход оказывается неприменим для определения эффективности заселения короткоживущего ($T_{1/2} = 156.94$ нс) состояния $^{83\text{m}}\text{Kr}_1$. В связи с этим излучение, связанное с распадом данного состояния необходимо регистрировать непосредственно из области взаимодействия. В рамках доклада рассмотрены результаты экспериментов, где для этого использовался кристаллический спектрометр со сферически изогнутым кристаллом α -кварца в качестве диспергирующего элемента. На основе анализа зарегистрированных данных продемонстрировано, что за один акт взаимодействия лазерного импульса ($E = 2$ Дж, $\tau = 25$ фс, $I \sim 1\text{E}20$ Вт/см²) с газово-кластерным потоком из области фокусировки испускается $\sim 8.3\text{E}8$ фотонов с энергией ~ 9.4 кэВ. В предположении, что регистрируемое излучение является результатом радиационного распада состояния $^{83\text{m}}\text{Kr}_1$ и с учетом величины коэффициента внутренней конверсии $\alpha = 20$ [2], такое число фотонов может наблюдаться, если в области взаимодействия $\sim 1\text{E}10$ ядер изотопа ^{83}Kr были переведены в данное состояние. Такой результат находится в хорошем согласии с оценками заселенности состояния $^{83\text{m}}\text{Kr}_1$, проведенными в [1].

Список литературы

1. Jie Feng, Wenzhao Wang, Changbo Fu and others // Phys. Rev. Lett. 2022. Vol. 128, P. 052501.
2. B. Kolk, F. Pleiter, W. Heeringa // Nucl. Phys. A. 1972. Vol. 194, № 3. P. 614–624.