ИЗМЕРЕНИЕ СOOТНОШЕНИЯ ИЗОТОПОВ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ФРАКЦИЙ В СМЕШАННОМ ВОДОРОДНО-ДЕЙТЕРИЕВОМ АТОМАРНОМ ПУЧКЕ [[1]](#footnote-1)\*)

1Дейчули П., 1Бруль А., 1Давыденко В., 1Иванов А.,2Осин Д., 3Magee R.

1Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, 630090 Новосибирск, Россия  
2Tokamak Energy Ltd., Abingdon, OX14 4SD, United Kingdom  
3Tri Alpha Energy Ltd, 92610, Foothill Ranch, CA, USA

Инжекция мощных атомарных пучков широко используется в экспериментах по управляемому термоядерному синтезу для нагрева плазмы и поддержания тока. В некоторых случаях представляет большой интерес инжекция пучков из смеси дейтерия и водорода [1].

В данной работе описаны эксперименты по получению мощного атомарного пучка из смеси водорода и дейтерия с произвольным заданным соотношением изотопов. Прямое измерение содержания каждого изотопа в смешанном атомарном пучке является достаточно сложной задачей. Поэтому очень заманчиво выглядит измерение содержания изотопов простым бесконтактным методом доплеровской спектроскопии пучка. В данной работе анализируется такая возможности и обсуждаются результаты соответствующих экспериментов с мощным водородно-дейтериевым пучком.

В пучке ионного источника, работающего на смеси изотопов, наряду с ионами водорода Н+, Н2+, Н3+, Н2О+ и дейтерия D+, D2+, D3+, D2O+, возможно наличие гибридных ионов HD+, H2D+, HD2+ и HDO+. Соответственно, после нейтрализации и диссоциации молекулярных ионов в газовой мишени инжектора, что как правило имеет место в практике получения атомарных пучков для целей УТС, излучении пучка представляет собой набор доплеровски сдвинутых линий (H,D)α групп частиц с разными скоростями. Кроме того, линии дейтерия имеют дополнительный изотопный сдвиг, который для пары Hα-Dα составляет около 1.72Å.

В первичном ионном пучке присутствуют 12 сортов ионов, которым в наблюдаемой области спектра соответствуют вообще говоря 16 линий излучения. Показано, можно свести спектр к 12 вполне разрешимым линиям – по 6 линий в водородной и дейтериевой частях спектра. Разделить пики тяжелой примеси легче при наблюдении “вдогонку”, когда изотопный сдвиг и доплеровское смещение суммируются. Это вполне удается даже для пучка низкой энергии (15 кэВ).

При анализе полученных спектров использовалась процедура вычисления содержания молекулярных фракций в пучке, сходная со стандартной, см, например, [2]. Учитывалось наличие новых линий из-за вклада новых сортов ионов и были введены соответствующие коэффициенты пересчета. Кроме фракций пучка с энергиями Е, Е/2, Е/3, Е/18 для водорода и Е, Е/2, Е/3, Е/10 для дейтерия, нужно учесть еще фракции Е/4, Е/5 и (Е/18+Е/19) для водородной части спектра и фракции 2Е/3, 2Е/5 и (2Е/19+Е/10) для дейтериевой части.

Особый интерес в спектре смешанного пучка представляют линии излучения водорода половинной энергии и дейтерия полной энергии. Для этих линий сечения процессов, определяющих их интенсивность, одинаковы, и нет вклада от процессов с участием гибридных ионов, причем, одинаковом доплеровском сдвиге эти линии разрешимы, благодаря изотопному сдвигу. Это дает возможность измерять соотношение изотопов в исходном пучке, если известны составы моно-изотопных пучков. Результаты измерений соотношения изотопов сравниваются с измерениями по выходу нейтронов DD-реакции.

Литература

1. Рютов Д.Д.– частное сообщение.
2. Uhlemann R., Hemsworth R.S., Wang G., and Euringer H. // Rev. Sci. Instrum. 1993. V. 64, P. 974. [doi: 10.1063/1.1144100](https://doi.org/10.1063/1.1144100)

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Mu/en/BQ-Deichuli_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)