

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ И
ДЕСОРБЦИЮ ДЕЙТЕРИЯ ИЗ СООСАЖДЕННЫХ ЛИТИЕВЫХ СЛОЕВ
THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE CONTENT AND
DESORPTION OF DEUTERIUM FROM CO-DEPOSITED LITHIUM FILMS**

А.К. Хомяков, С.А. Крат, А.С. Пришвицын,
Е.А. Фефёлова, Ю.М. Гаспарян, А.А. Писарев
A.K. Homiakov, S.A. Krat, A.S. Prishvitsyn,
E.A. Fefelova, Y.M. Gasparyan, A.A. Pisarev

*Кафедра физики плазмы, Национальный исследовательский ядерный университет
МИФИ, Москва, Россия;*

The influence of ultraviolet irradiation of co-deposited lithium layers on the content and desorption of deuterium from them is considered. It was found that exposure to ultraviolet radiation suppresses desorption at high temperatures, facilitates desorption at low temperatures. Effects are considered that can form the basis for the development of methods for determining the places of accumulation of lithium hydride in tokamaks with lithium walls, as well as facilitating the removal of heavy hydrogen isotopes from the walls of installations.

В данной работе рассмотрено влияние облучения ультрафиолетовым излучением соосажденных литиевых слоев на содержание и десорбцию дейтерия из них. Были произведены эксперименты по определению времени спектральных свойств кристаллов гидрида лития размерами 100 мкм. Было установлено, что воздействие ультрафиолета на соосажденные слои при высоких температурах приводит к подавлению десорбции или смещению пика десорбции в более низкотемпературную область и облегчает десорбцию при низких температурах. Помимо этого, было определено, что облучение не приводит к выходу дейтерия из соосажденных слоев при комнатной температуре. Рассмотрены эффекты, которые могут лечь в основу создания методик определения мест накопления гидрида лития в токамаках с литиевыми стенками, а также удаления тяжелых изотопов водорода из стенок установок при достаточно низких температурах.

Одной из главных проблем термоядерных установок является накопление радиоактивного изотопа водорода в стенках камеры. Одним из основных способов накопления трития является соосаждение трития с распыленным плазмой материалом первой стенки. Для токамаков, в которых планируется использование жидкого лития в качестве материала стенки, проблема накопления изотопов водорода имеет особенно важное значение ввиду того, что образование в процессе накопления твердой

гидридной фазы может привести к выходу из строя отдельных частей установки, рассчитанных на постоянное течение лития.

Одной из интересных особенностей гидрида лития является изменение цвета кристаллов под воздействием ультрафиолетового излучения [4], в процессе чего происходит выход водорода из кристаллической решетки в межзельное пространство, что в свою очередь приводит к образованию и последующему накоплению кристаллов металлического лития в объеме кристалла гидрида [5]. На основании данного свойства гидрида лития и было построено предложение рассмотреть облучение ультрафиолетовым излучением как способ обнаружения мест накопления и облегчения удаления тяжелых изотопов водорода из переосажденных из плазмы литий-третиевых слоев при сравнительно небольших температурах.

На первом этапе экспериментов проводилось облучение ультрафиолетовым излучением порошка гидрида лития (характерный линейный размер частиц - 100 мкм). В процессе воздействия снимались спектры рассеянного на поверхности гидрида ультрафиолетового излучения, а также проводилась фотосъемка поверхности гидрида в зависимости от длительности облучения. На основании полученных результатов было установлено, что изменение спектральных свойств происходит для частиц гидрида размерами 100 мкм, а также что полное изменение спектральных свойств и соответственно цвета кристалла происходит за 5 минут.

На втором этапе было рассмотрено влияние ультрафиолетового излучения на соосажденные пленки. Данные литий-дейтериевые слои с толщиной 100 – 500 нм были получены на установке МР-2 [1-3] посредством распыления жидкого литиевого катода дейтериевой плазмой магнетронного разряда. После напыления образцы выдерживались под воздействием ультрафиолетового излучения в течение часа. Содержание дейтерия в полученных таким образом пленках измерялось методом термодесорбционной спектроскопии (ТДС), что проводилось сразу после процесса соосаждения, без вывода на атмосферу. В процессе ТДС анализа температура пленки достигала 1300 К. Помимо потока десорбции при проведении анализа измерялась скорость испарения самого соосажденного слоя при помощи кварцевых микровесов.

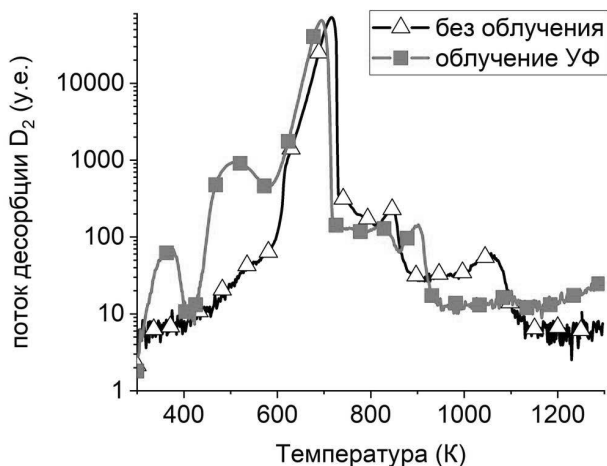


Рис.1. Сравнение спектров ТДС-анализа соосажденных слоев толщиной 500 нм, после проведения облучения и нет

На основании экспериментальных данных ТДС-спектров было установлено, что содержание дейтерия в соосажденных слоях после напыления составляет порядка 30 атомных процентов; после ультрафиолетового облучения образуются дополнительные низкотемпературные пики десорбции (~500К); пропадают или сдвигаются в область более низких температур высокотемпературные пики десорбции; пик 700К (разложение LiD) сохраняется. Также было установлено, что интегральные значения потоков дейтерия из образцов в процессе ТДС анализа не зависят от воздействия излучения, на основании чего можно сделать вывод, что при комнатной температуре ультрафиолетовое излучение не приводит к выходу дейтерия из соосажденных литиевых слоев. Изменение цвета соосажденных слоев под воздействием уф излучения было зафиксировано зрительно.

1. Krat S.A. et al. A setup for study of co-deposited films // J. Instrum. 2020. Vol. 15, № 01. P. P01011–P01011.
2. Krat S.A. et al. Deuterium release from lithium–deuterium films, deposited in the magnetron discharge // Vacuum. 2014. Vol. 105. P. 111–114.
3. Krat S. et al. Isotope exchange in Li-D co-deposited layers at temperatures be-low 200 °C // J. Nucl. Mater. 2020. P. 152064.
4. Пилипенко Г. И. «Локальные состояния в гидриде и дейтериде лития» 1998 г.
5. Опарин Д. В. Образование и миграция дефектов в монокристаллах гидрида лития» 1985 г.