ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОГО СЛОЯ ВНУТРИ полой СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ЗА СЧЕТ ВНЕШНЕГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО пьезо-ВОЗДЕЙСТВИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.В. Александрова1, Е.Р. Корешева1,2, В.И. Щербаков1, Л.В. Панина3

1Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Москва, Россия, koresh@sci.lebedev.ru
2Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия,
 koresh@sci.lebedev.ru
3Национальный исследовательский технологический университет МИСиС, Москва,
 Россия, L.Panina@plymouth.ac.uk

В ФИАН разработано специальное устройство — криогенный пьезовибратор, позволяющий исследовать процессы формирования топливного слоя внутри полых оболочек. Устройство состоит из вакуумной оптической камеры (расположена в нижней части криостата), внутри которой размещена пьезокристаллическая пластина с закрепленными концами. Движение мишени относительно поверхности кристалла осуществляется за счет обратного пьезоэлектрического эффекта при подаче на кристалл тока заданной амплитуды и частоты. В зависимости от выбора частоты, возможна генерация различных мод движения мишени относительно пьезопластины: вращение (мода В), отражение от поверхности кристалла (мода О), и смешанная мода (мода С).

В данной работе проведено моделирование процессов теплообмена, происходящих в мишени при ее движении относительно пьезовибратора, помещенного в вакуумную оптическую камеру. Основная цель моделирования – это оценка времени формирования равнотолщинного криогенного слоя с учетом того, что существенной особенностью движения и охлаждения мишени в пьезовибраторе является прерывность во времени её теплового контакта с холодной подложкой. В этом процессе можно выделить две различные фазы: фаза движения мишени в свободном полете между последовательными соударениями, и фаза непосредственного соударения мишени с подложкой. При этом учитывалось, что удар нормальный, без вращения, т.е. при движении мишени рассматривается случай генерации только моды О; удар квазистатический, т.е. применима теория Герца при упругом ударе. В основе этих предположений лежат результаты экспериментов, демонстрирующих стабильную работу пьезовибратора при генерации различных мод движения мишени. Описание процессов теплообмена осуществлялось согласно закону Фурье. Конвективный теплоперенос отсутствует из-за проведения экспериментов в вакуумной камере криостата.

Результаты экспериментов показали:

― для обеспечения неравнотолщинности на уровне 1% за счёт механизма «конфетти» нужно иметь достаточно большое число ударов, и больше,

― если при вымораживании топлива исключить “мертвое” время полета мишени между соударениями (т. е. то время, когда теплоотвод от мишени отсутствует), то время формирования по методу FST (постоянный тепловой контакт за счет качения мишени по спиральному трубчатому каналу) будет близко эффективному времени формирования в пьезовибраторе ― десятки секунд (точное значение времени зависит от дизайна мишени).

Таким образом, результаты моделирования показали, что созданный криогенный пьезовибратор является прекрасным инструментом для исследования характера структуры твердых слоев изотопов водорода при их конденсации в условиях высокочастотного механического воздействия.