

УДК 539.534.9; 621.039.5422

УСТАНОВКА ДЛЯ «IN-SITU» ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НА УСКОРИТЕЛЕ DC-60

Сейтбаев Айбек Самгуллаулы

Докторант ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

kena3991@mail.ru

Научный руководитель – Даулетбекова А.К.

Введение

Среди экспериментальных методов изучения радиационных дефектов в диэлектриках значительную роль играют методы оптической спектроскопии, такие как измерение спектров поглощения и люминесценции. Как известно, процессы диссипации энергии заряженных частиц в диэлектрических материалах сопровождаются генерацией электромагнитного излучения в ультрафиолетовой и видимой областях оптического спектра, вызванного излучательным распадом электронных возбуждений, люминесценцией центров окраски, центров, связанных с примесными атомами, а также других структурных дефектов и их комплексов. Поэтому “in-situ” исследования спектров люминесценции, возбуждаемой тяжелыми ионами в зависимости от дозы, температуры облучения и других факторов, представляют интерес с точки зрения получения информации об эволюции дефектной структуры облучаемых материалов. Был разработан и установлен комплекс для “in-situ” изучения ионолюминесценции на циклотроне DC-60.

Экспериментальная установка

На рисунке 1 представлена блок-схема экспериментальной установки для измерения ионолюминесценции в процессе облучения, то есть в режиме “in-situ.” Комплекс содержит:

- 1) 4-х позиционный монитор (4pMon) плотности потока ионов при низких интенсивностях (10^4 ион/см²) и контроля распределения пучка ионов по поверхности облучаемого образца с программой визуализации для операторов циклотрона DC-60, необходимой для поддержания заданных условий эксперимента;
- 2) Детектор единичных ионов на основе микроканальной пластины (МКП) для генерации «стартовых» импульсов при измерении времени жизни возбужденных состояний;
- 3) Миникриостат с кварцевыми окнами, позволяющий проводить измерения в интервале температур 80-300 К и диапазоне длин волн 300-800 нм. Предусмотрена установка оптических фильтров для проведения временных измерений в заданном спектральном диапазоне;

- 4) Детектор регистрации единичных фотонов из облучаемых образцов на основе ФЭУ, генерирующий сигнал STOP для проведения временных измерений;
- 5) Устройство измерения времени жизни возбужденных состояний на основе время-амплитудного преобразователя TimeHarp 260 с дискриминатором следящего уровня CFD (constant fraction discriminator), с возможностью измерений в интервале от десятков пикосекунд до трех миллисекунд с соответствующим программным пакетом;
- 6) Программу контроля параметров измерительного оборудования (коэффициентов усиления предусилителей, напряжения на МКП и ФЭУ).

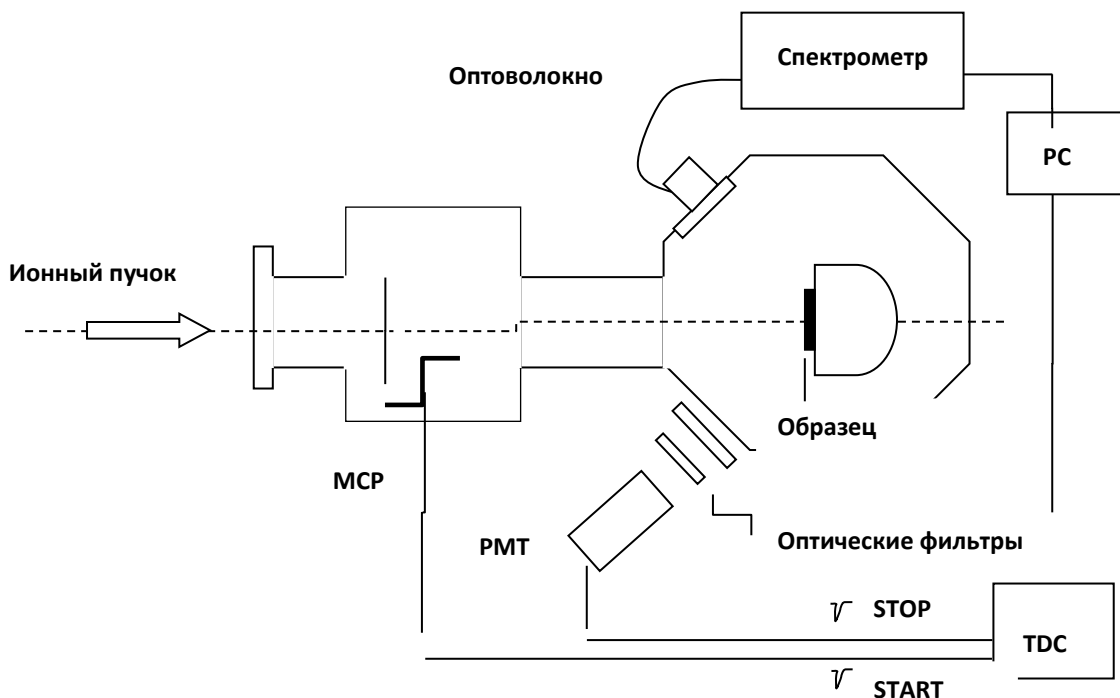
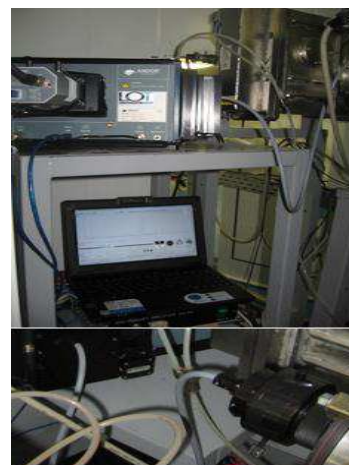


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки для измерения ионолюминесценции на циклотроне DC-60

Внешний вид комплекса и измерительной части представлен на рисунке 2.



а)



б)

Рисунок 2 – а) внешний вид измерительная часть комплекса комплекса для измерения ионолюминесценции на ускорителе DC-60, б)

Проведена калибровка измерительного тракта непосредственно на канале ускорителя DC-60 и сделана оценка погрешностей временных измерений. С помощью дигитайзера DRS4 (DRS4 Evaluation Board) проведена оцифровка импульсов с МКП и ФЭУ с точностью 200 пикосекунд для настройки и оптимизации параметров быстрых предусилителей, определены длительности фронта нарастания и спада импульсов. Установлены условия оптимального соотношения сигнал/шум. Показано, что кривые распада возбужденных состояний в процессе облучения тяжелыми ионами высоких энергий могут быть определены с точностью не хуже 500 пикосекунд.

Отработаны режимы измерения и расшифровки спектров ИЛ на ряде модельных кристаллов. Получены пробные спектры ионнолюминесценции кристаллов LiF в различном структурном состоянии. Облучение проводилось ионами Xe 220 МэВ, флюенсом до 10^5 ион/см² при комнатной температуре и при температуре жидкого азота (80К). Измерены пробные спектры и кривые распада возбужденных состояний на следующих материалах: Al₂O₃, LiF (исходный, не содержащий структурных нарушений), LiF предварительно облученный ионами Kr с энергий 245 МэВ, ZrO₂. Измерена кинетика ионнолюминесценции в различных спектральных областях, выбираемых с помощью соответствующих фильтров. Показано, что кривые распада возбужденных состояний, помимо компонент, связанных с излучательным распадом центров окраски и центров люминесценции, связанных с примесями, содержат быструю компоненту (время жизни менее 1 наносекунды), природа которой в настоящее время не установлена. В качестве наиболее возможного процесса, ответственного за происхождение «быстрой люминесценции» рассматривается рекомбинация носителей заряда непосредственно в трековой области вокруг траектории быстрых тяжелых ионов.

Впервые создан комплекса оборудования для “in-situ” измерения высокоэнергетической ИЛ на циклотроне DC-60. Сделана калибровка измерительного канала и оценка погрешностей измерения.

Заключение

Впервые создан комплекса оборудования для “in-situ” измерения высокоэнергетической ИЛ на циклотроне DC-60.

Благодарность: работа выполнена в рамках грантового проекта № AP05134257 «In-situ исследования структуры и механических напряжений в процессе облучения быстрыми тяжелыми ионами методами высокоэнергетической ионнолюминесценции»

Список использованных источников

1. Даулетбекова А.К., Скуратов В., Маника И., Маникс Я., Забельс Р., Кирилкин Н., Акилбеков А., Сейтбаев А. Дислокационный механизм затухания люминесценции // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. Серия Физика. Астрономия. –2018. №1 (122). –С. 91-100.