

ПОРОШКОВЫЙ ДИФРАКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС В ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ХИМИИ КИТАЙСКОЙ АКАДЕМИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ

А. Соколов, В. Трунов, В. Ульянов, А. Булкин, В. Соловей, М. Колхидашвили
(Петербургский институт ядерной физики им. Константинова РАН (ПИЯФ), Гатчина,
Ленинградская область, Россия)

Се Чаомей, Чен Бо (Институт ядерной физики и химии (ИЯФХ) Китайской академии инженерной физики, Мянъян, Сычуань, Китайская Народная Республика)

По заказу Института ядерной физики и химии (ИЯФХ) Китайской академии инженерной физики ученые и конструкторы Петербургского института ядерной физики разработали, изготовили и установили Порошковый Дифракционный Комплекс (ПДК). Монтаж, включая тестовые испытания, был закончен в мае 2005 г.

ПДК предназначен для определения и уточнения параметров кристаллических и магнитных структур порошкообразных веществ (тип ячеек, длины связей, положения атомов и т. д.). Проведение таких исследований имеет обширную сферу применения в фундаментальной физике твердого тела: перовскитов с колоссальным магнитосопротивлением и родственных материалов; определение магнитных структур в интерметаллидных соединениях и в смешанных оксидах редкоземельных и переходных металлов и т. д.

ПДК состоит из следующих основных компонентов:

- 1) Система формирования нейтронного пучка;
- 2) Нейтронный монохроматор;
- 3) Многодетекторный порошковый дифрактометр;
- 4) Криопечь;
- 5) Печь;
- 6) Управляющее электронное оборудование.

Система формирования нейтронного пучка предназначена для вывода нейтронов из реактора, первичной коллимации и селекции по энергиям и последующей подачи их на монохроматор. Она состоит из двух частей – внутриканального нейтроновода и внешнего нейтроновода. Внутриканальный нейтроновод представляет собой трубу из нержавеющей стали и помещен в канал реактора. Внутри трубы размещены оптические секции с многослойным покрытием на никель-титановой основе.

Внешний нейтроновод имеет сходное устройство, за исключением того, что он состоит из пяти отдельных аналогичных частей и помещен в воздухонепроницаемую оболочку для поддержания вакуума.

Для приспособления ПДК к решению разнообразных физических проблем применяется фокусирующий германиевый монохроматор, представляющий собой набор из пластин пластически деформированного монокристаллического Ge. Вертикальная ось, являющаяся осью вращения монохроматора, совпадает с кристаллографическим направлением $[1 -1 0]$ с достаточной точностью в несколько угловых минут. Все пластины помещены одна над другой в программно управляемое вертикально фокусирующее устройство, которое позволяет осуществить прецизионный поворот пластин вокруг горизонтальной оси с формированием монохроматора в форме вырожденного параболоида. Для дополнительной юстировки используются также возможности горизонтального перемещения монохроматора в двух взаимно перпендикулярных направлениях и его наклона.

Центральной частью ПДК является многодетекторный дифрактометр. 70 детекторов смонтированы в 7 независимых секций (со своим собственным шаговым двигателем и датчиком абсолютного отсчета), в каждой по 10 нейтронных счетчиков. Для уменьшения расходимости пучка перед каждым детектором расположен пленочный соллеровский коллиматор с поглотителем на основе окиси гадолия. Каждая секция имеет независимый отсчет своего углового положения, осуществляемый вращающимся трансформатором ВТ-100. Движение секций осуществляется шаговыми двигателями при помощи 3-х воздушных подушек на каждой секции, приподнимающих их над базовой поверхностью. В качестве детекторов используются стандартные гелиевые счетчики СНМ-17. Движение детекторных секций необходимо для усреднения получаемых значений интенсивностей дифрагированного нейтронного пучка, благодаря чему они становятся независимы от эффективности детекторов и коллиматоров, возможных сбоев в работе электронной аппаратуры и т. д.

Все 7 секций устанавливаются на пустотелый бак-основание, который может быть залит водой или каким-либо другим наполнителем для дополнительной защиты от возможного нейтронного облучения.

На стол образца устанавливается оборудование, обеспечивающее задание температурных условий на образце. Это криопечь, позволяющая проводить эксперименты по дифракции нейтронов от порошковых образцов в диапазоне температур 7-300 °К, и вакуумная печь для проведения экспериментов в диапазоне температур 20-1000 °С.

Для получения низких температур в криопечи используется покупной рефрижератор замкнутого цикла фирмы Leybold Vacuum на основе холодной головки CoolPower 5/100Т, контроллера Model 9700 и компрессора CoolPak 6000. Для размещения образца в криопечи создан канал (шахта). Нижний конец шахты соединен посредством теплообменника со второй ступенью рефрижератора. Нижняя часть шахты выполнена в виде ванадиевого стакана, зашунтированного медным теплопроводом, который выравнивает температуру по высоте стакана. Криопечь оснащена внутренним сорбционным угольным насосом, который расположен на второй ступени рефрижератора.

Вакуумная печь представляет собой алюминиевый цилиндрический кожух с верхним и нижним фланцем из нержавеющей стали. Контейнер с образцом помещается в шахту вакуумной печи. Нижняя часть шахты в свою очередь помещается в нагреватель в виде двух коаксиальных цилиндров. Нижняя часть шахты и нагреватель изготовлены из ванадия. Для успешной работы печи её кожух, а также верхний и нижний фланцы охлаждаются водой. Для эксплуатации печи, в отличие от криопечи, необходима постоянная откачка вакуумной рубашки.

Для управления работой ПДК применяется электронное оборудование, выполненное в стандарте VME и в свободном конструктиве. Программное обеспечение, разработанное в ПИЯФ, включает в себя управляющую программу для работы с перемещениями монохроматора, программу для управления движениями дифрактометра и сбора данных (получение дифракционного спектра), программы для задания необходимых температурных условий на образце.

Приводятся данные по проведенным измерениям стандартных образцов (Al_2O_3 и TiO_2), по их анализу делаются выводы о реальных параметрах прибора.