

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ ФУРЬЕ ДИФРАКТОМЕТРА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ: ВВОД В СТРОЙ И ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

А. М. Балагуров, А. А. Богдзель, К. В. Булатов, В. А. Дроздов, Б. Ержанов, В. В. Журавлев,
В. Х. Као, Е. И. Литвиненко, В. М. Милков, С. М. Мурашкевич, М. М. Подлесный,
С. В. Сумников*, В. В. Швецов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

*E-mail: sumnikov@nf.jinr.ru

Устный доклад

В 2024 году была проведена модернизация детекторной системы Фурье дифрактометра высокого разрешения (ФДВР) действующего на импульсном реакторе ИБР-2. ФДВР – уникальный спектрометр по времени пролета, на котором реализован корреляционный метод набора данных с использованием быстрого Фурье-прерывателя. Такой подход позволил на сравнительно небольшой пролетной базе, 20 метров между прерывателем и образцом, достигнуть разрешения по межплоскостному расстоянию, d_{hkl} , на уровне 1.5×10^{-3} . В исходной версии ФДВР регистрация рассеянных на образце нейтронов осуществлялась сцинтилляционным детектором на ^6Li -стеклах с полным телесным углом 0.16 ср. Важной особенностью ФДВР является возможность переключения между модами высокого разрешения и высокой светосилы (без использования фурье-прерывателя) с разрешением $\Delta d/d \approx 0.015$. Нейтронограммы, измеренные с высоким разрешением, для этого, как правило, требуется (1 – 3) часа времени, используются для прецизионного уточнения структуры и для анализа профилей дифракционных пиков. Во второй моде полный дифракционный спектр может быть измерен с необходимой статистикой за время (1 – 5) минут, и она применяется для анализа фазовых трансформаций в материале в реальном времени.

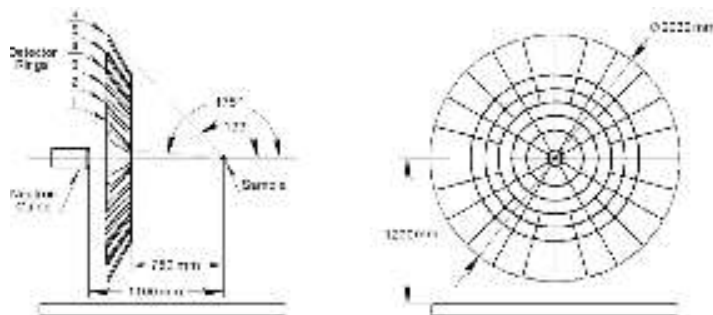


Рис. 1. Схема многокольцевого, многоэлементного сцинтилляционного детектора ДОР-А, вид сбоку и вид спереди.

Новый детектор (ДОР-А, рис. 1), разработанный в ЛНФ имени И. М. Франка, имеет полный телесный угол $\Omega_D \approx 2$ ср и перекрывает область углов рассеяния $2\theta = (133-175)^\circ$. Детектор имеет многоэлементную структуру и содержит 6 кольцевых сборок (колец) из сцинтилляционных экранов, выполненных из тонкого (0.42 мм) $\text{ZnS(Ag)}/^6\text{LiF}$ пластика. Всего детектор состоит из 108 независимых элементов, повторяющих форму поверхности геометрической фокусировки [1]. Сбор и проводка света от сцинтилляционных экранов на фотоумножители осуществляется оптическими спектросмещающими волокнами. Детальное описание особенностей применения $\text{ZnS(Ag)}/^6\text{LiF}$ сцинтилляторов приведено в работе [2]. Дифракционные эксперименты, выполненные после монтажа и настройки детектора, показали хорошее соответствие с ожидаемыми

характеристиками, что обусловлено высоким качеством его изготовления. Пример измеренного спектра приведен на рис. 2.

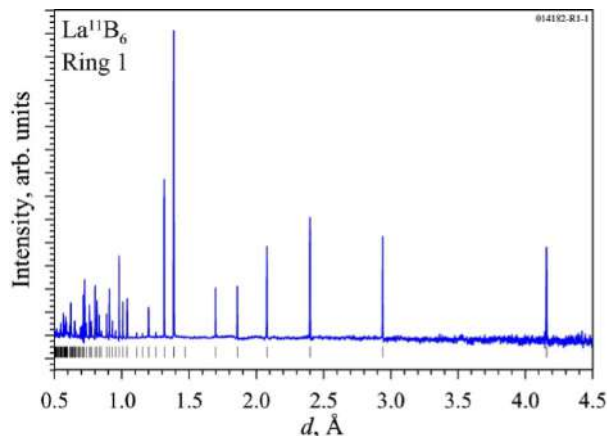


Рис. 2. Дифракционный спектр стандартного поликристалла La^{11}B_6 . Показаны данные от кольца 1, нормированные на эффективный спектр.

Точная подгонка модулей и соблюдение пространственно-временной фокусировки позволяют суммировать спектры от элементов внутри одного кольца без введения дополнительных поправок. При максимальной частоте вращения Фурье-прерывателя 6000 об/мин $\Delta d/d \approx 0.001$ в широком диапазоне d_{hkl} (рис. 3). В настоящее время ведутся работы по настройке электроники детектора и сооружению дополнительной фоновой защиты. Проведенная модернизация детекторной системы заметно улучшила параметры ФДВР по разрешающей способности и светосиле и обусловила появление новых возможностей в проведении дифракционных экспериментов.

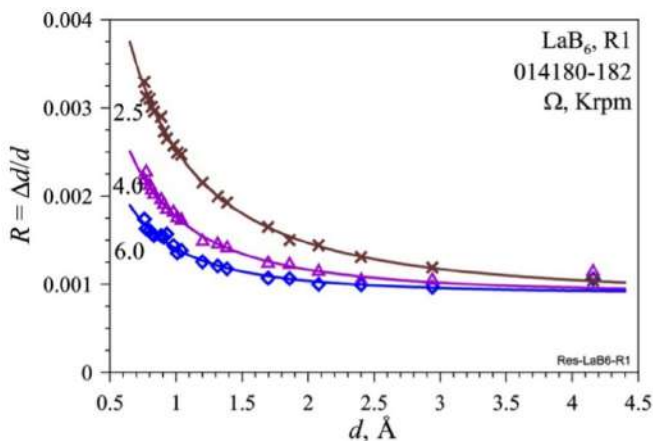


Рис. 3. Функции разрешения ДОР-А для первого кольца при скоростях вращения Фурье-прерывателя 2500, 4000 и 6000 об/мин.

1. V. V. Kruglov, A. M. Balagurov, M. O. Belova et al., J. Neutron Research **23**, 243–250 (2021).
2. E. S. Kuzmin, A. M. Balagurov, G. D. Bokuchava et al., J. Neutron Research, 31–41 (2002).