

Current state of the FSD Fourier diffractometer for residual stress measurement

G.D. Bokuchava

Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR, 141980 Dubna, Russia

E-mail: gizo@nf.jinr.ru

The neutron Fourier stress diffractometer FSD at the beamline 11A of the IBR-2 pulsed reactor is designed for residual stresses measurements in bulk products and investigation of structural materials properties. A special correlation technique - fast Fourier chopper for the primary neutron beam intensity modulation and the reverse time-of-flight (RTOF) method for data acquisition - provides a high level of resolution over a wide range of interplanar spacings d_{hkl} ($\Delta d/d \approx 4 \cdot 10^{-3}$ at $2\theta = \pm 90^\circ$ and $\Delta d/d \approx 2 \cdot 10^{-3}$ at $2\theta = 140^\circ$), which guarantees the required registration accuracy of the crystal lattice strain and the diffraction peak broadening.

In the frame of the further development of the instrument, a new Fourier chopper with an enhanced design and improved dynamic characteristics, manufactured by Airbus Defense and Space (Germany), was developed and put into operation at FSD. The new chopper is a rotor-stator system in a vacuum housing on a moving platform, which allows the chopper to be remotely inserted into and removed from the neutron beam. This allows one to flexibly create a program of experiments, quickly switching between TOF (high intensity) and RTOF (high resolution) operating modes. The results of the first experiments showed that the design of the new Fourier chopper and the design of the control system provide significantly better PID regulation, which led to more accurate execution of the frequency window and stable operation of the chopper both at high (~6000 rpm) and at low speeds (~10 rpm). The new chopper is the first to use an infrared laser beam passing through slits in the rotor and stator (LPS system) to generate pickup signals, providing a direct measurement of the chopper transmission function identical to the neutron signal. Also new frequency windows, which have a number of advantages compared to traditional options, have been implemented.

In addition, in 2022, 14 new modules of ASTRA $\pm 90^\circ$ detectors based on a ZnS scintillator with combined electron-time focusing and with a record angular aperture in the scattering plane $\Delta(2\theta) = 40^\circ$ were installed on the FSD diffractometer. Thus, the detector system at scattering angles $2\theta = \pm 90^\circ$ is fully equipped, which will increase the experiment luminosity by approximately 1.5 times. A second RTOF analyzer (MPD-32 unit) is also installed for independent recording of raw data in list-mode from ASTRA detectors. Adjustment and alignment works with the new ASTRA detectors will be carried out after the launch of the IBR-2 reactor.

Текущее состояние фурье-дифрактометра ФСД для измерения остаточных напряжений

Г.Д. Бокучава

Лаборатория нейтронной физики им. И.М.Франка, ОИЯИ, 141980 Дубна
E-mail: gizo@nf.jinr.ru

Нейтронный фурье-стресс-дифрактометр ФСД, расположенный на 11А канале импульсного реактора ИБР-2, предназначен для проведения экспериментов по исследованию остаточных напряжений в объемных изделиях и изучению свойств конструкционных материалов. Специальная корреляционная методика – использование быстрого фурье-прерывателя для модуляции интенсивности первичного нейтронного пучка и обратного метода времени пролета (RTOF-метод) для накопления данных – обеспечивает высокий уровень разрешения в широком диапазоне межплоскостных расстояний d_{hkl} ($\Delta d/d \approx 4 \cdot 10^{-3}$ при $2\theta = \pm 90^\circ$ и $\Delta d/d \approx 2 \cdot 10^{-3}$ при $2\theta = 140^\circ$), что гарантирует необходимую точность регистрации деформации кристаллической решетки и уширений дифракционных пиков.

В рамках дальнейшего развития прибора на ФСД был разработан и введен в эксплуатацию новый фурье-прерыватель с усовершенствованной конструкцией и улучшенными динамическими характеристиками, изготовленный фирмой Airbus Defence and Space (Германия). Новый прерыватель представляет собой систему ротор-статор в вакуумном кожухе на платформе перемещения, что позволяет дистанционно вводить прерыватель в нейтронный пучок и выводить из пучка. Это позволяет гибко формировать программу экспериментов, оперативно переключаясь между режимами работы TOF (высокая светосила) и RTOF (высокое разрешение). Результаты первых экспериментов показали, что конструкция нового фурье-прерывателя ФСД и организация системы управления обеспечивают существенно лучшее ПИД-регулирование, что привело к более точному выполнению частотного окна и стабильной работе прерывателя как при высоких (~6000 об/мин), так и при низких скоростях (~10 об/мин). В новом прерывателе впервые для генерации пикап-сигналов использован инфракрасный лазерный луч, проходящий через щели в роторе и статоре (система LPS), что обеспечивает прямое измерение функции пропускания прерывателя, идентично нейтронному сигналу. Также реализованы новые частотные окна, имеющие ряд преимуществ по сравнению с традиционными вариантами.

Кроме того, в 2022 г. на дифрактометре ФСД установлены новые модули (14 шт.) $\pm 90^\circ$ -детекторов ASTRA на основе сцинтиллятора ZnS с комбинированной электронно-временной фокусировкой и с рекордной угловой апертурой в плоскости рассеяния $\Delta(2\theta) = 40^\circ$. Таким образом, детекторная система при углах рассеяния $2\theta = \pm 90^\circ$ полностью укомплектована, что позволит увеличить светосилу эксперимента примерно в 1.5 раза. Также установлен 2-й RTOF-анализатор (блок MPD-32) для независимого накопления «сырых» данных от детекторов ASTRA в режиме list-mode. Наладочные работы с новыми детекторами ASTRA будут выполнены после запуска реактора ИБР-2.