

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННЫХ МОНОХРОМАТОРОВ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ СТРУКТУР

А.В. Антонов, А.И. Исаков, В.И. Микеров, Н.П. Сапошников, В.А. Тукарев

*Представлены результаты исследований одно- и двухкристальной схем нейтронных монохроматоров на основе многослойных интерференционных структур. При монохроматизации нейтронов с  $\lambda \approx 10 \text{ \AA}$  разрешение составило 25% в однокристальной схеме и 17% в двухкристальной. Полученные значения разрешения согласуются с расчетными.*

Одним из перспективных направлений развития физики нейтронов низких энергий в настоящее время являются нейтронно-оптические исследования в области энергий ниже брегговского срыва ( $\sim 10^{-8} \div 10^{-3}$  эВ). Для проведения таких исследований необходима разработка методов монохроматизации нейтронов, обеспечивающих достаточно высокие монохроматичность и светосилу нейтронного пучка, а также его стационарность в пространстве при перестройке по энергии.

В работе [1] было предложено использовать для этих целей многослойные интерференционные системы (МИС), состоящие из чередующихся слоев двух веществ с различным коэффициентом преломления нейтронной волны. Подобные системы являются одномерным аналогом обычных кристаллов и характеризуются наличием рефлексов отражения.

Существенными особенностями МИС с точки зрения их использования являются регулируемые период  $d$  и разрешение  $\Delta v/v$ , высокий коэффициент отражения  $R$  в рефлексе первого порядка, высокая радиационная и механическая стойкость. Современные методы приготовления тонких пленок позволяют создавать МИС с  $d \sim 30 \text{ \AA}$ ,  $\Delta v/v \sim 5\%$  и  $R \sim 90\%$ .

Целью настоящей работы было исследование возможности использования МИС для монохроматизации нейтронов. Были использованы МИС на основе изотопов никеля  $^{58}\text{Ni}$  и  $^{62}\text{Ni}$ , изготовленные методом термического вакуумного напыления на подложку из кварцевого стекла [2]. В табл. 1 приведены характеристики использованных МИС.

Таблица 1

Характеристики МИС

№	Период структуры $d, \text{ \AA}$	Число пар слоев	$v_{\perp \max}, \text{ м/с}$		$\Delta v/v_{\max}$		$R_{\max}$	
			теор.	эсп.	теор.	эсп.	теор.	эсп.
1	240	10	10,4	10,2	0,35	0,38	0,99	0,9
2	150	15	14,8	14,5	0,24	0,21	0,99	0,6

Для исследования характеристик МИС и различных схем монохроматизации использовался пучок холодных нейтронов реактора ИРТ МИФИ, спектр которого с хорошей точностью описывается функцией Гаусса с  $v_{\max} = 390 \text{ м/с}$  и  $\Delta v/v = 0,5$ .

Экспериментальные результаты исследования МИС представлены на рис. 1. Видно, что МИС с  $d = 240 \text{ \AA}$  (1) имеет рефлексы трех порядков, МИС с  $d = 150 \text{ \AA}$  (2) — лишь один рефлекс первого порядка.

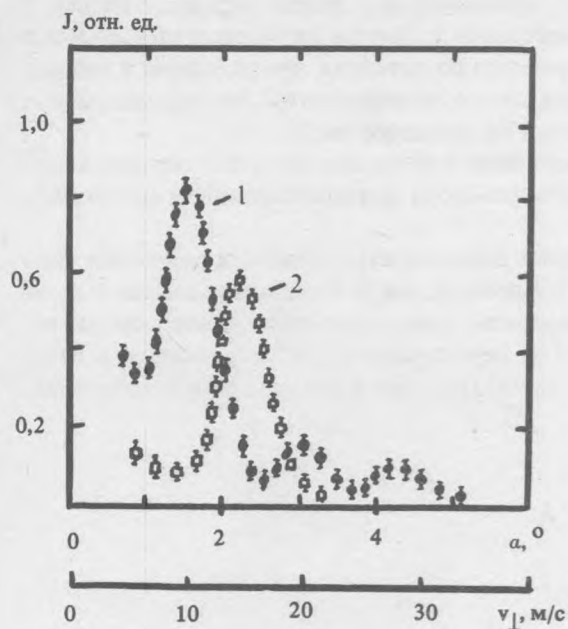


Рис. 1. Зависимость интенсивности нейтронов  $J$ , отраженных от структур № 1 и № 2 (табл. 1), от угла скольжения  $\alpha$ .

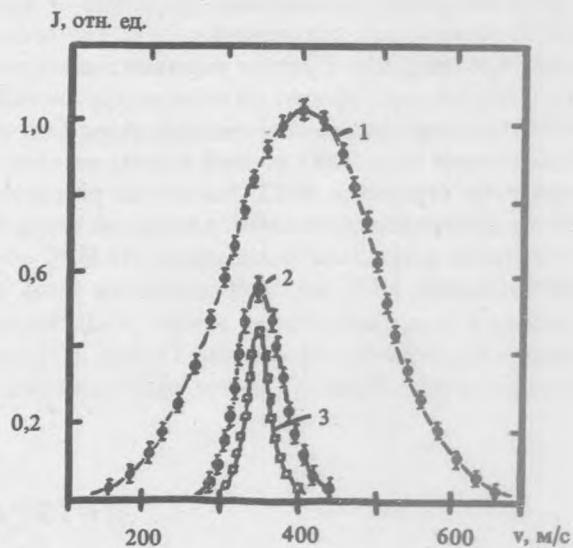
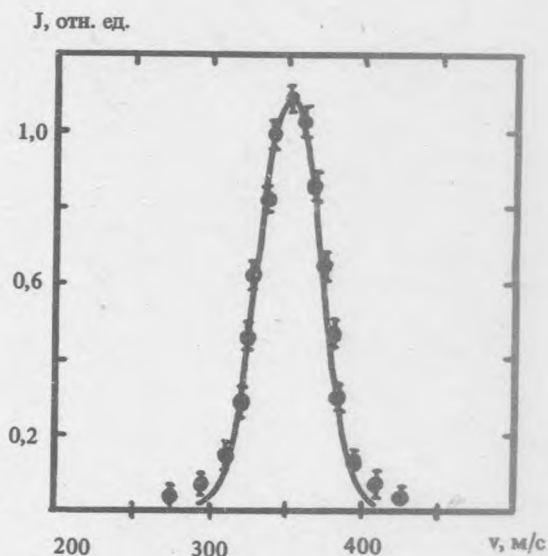


Рис. 2. Спектры нейтронов в падающем пучке (1), после МИС № 1 (2) и после двух МИС (3).

Рис. 3. Спектр нейтронов после монохроматора из двух МИС. Сплошная линия – расчетный спектр.



Были исследованы характеристики однокристалльной схемы монохроматизации с использованием МИС с  $d = 150 \text{ \AA}$ . Для этого структура выставлялась под углом  $\alpha = 90'$  к пучку нейтронов. Анализировалось распределение нейтронов по скоростям в отраженном от МИС пучке с помощью кристалла-анализатора, в качестве которого был использован фторфлогопит ( $d = 9,971 \text{ \AA}$  для рефлекса (001)). Результаты измерений представлены на рис. 2, где приведены спектр нейтронов, падающих на МИС (1), и спектр нейтронов, отраженных от структуры (2). Угол установки структуры соответствует  $v_{\text{max}} = 350 \text{ м/с}$  в отраженном пучке, а разрешение  $\Delta v/v = 25\%$ , что несколько больше собственного разрешения МИС из-за конечной угловой расходимости первичного пучка. В двухкристалльной схеме монохроматизации углы между МИС и нейтронным пучком составили  $\alpha_1 = 100'$ ,  $\alpha_2 = 142'$ .

Спектр нейтронов, испытавших отражение от двух МИС, анализировался фторфлогопитом. На рис. 2 (кривая 3) представлен полученный спектр. Расчет спектра нейтронов на выходе двухкристального монохроматора производился с учетом реальной геометрии эксперимента по методике, предложенной в работах /3/. Рис. 3 показывает хорошее согласие между расчетными данными и экспериментом. Экспериментальное разрешение двухкристального монохроматора  $\Delta v/v$  составило 17%, расчетное 16,5%.

Относительно невысокая степень монохроматичности выходящего пучка связана с собственной шириной рефлексов отражения МИС. Увеличение разрешения монохроматора при необходимости может быть достигнуто при использовании МИС с меньшим периодом.

Полученные результаты показывают, что МИС обеспечивают возможность реализации различных схем монохроматизации. МИС, характеризующиеся лишь одним рефлексом, могут быть использованы в однокристальной и двухкристальной схемах. МИС, имеющие рефлексы высших порядков, целесообразно использовать в двухкристальной схеме. Причем в зависимости от характеристик МИС и требований к величине вклада высших гармоник могут использоваться как параллельная, так и непараллельная геометрии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А. В. и др. Препринт ФИАН № 43, М., 1974.
2. Антонов А. В. и др. Препринт ФИАН № 31, М., 1984.
3. Caglioti G., Paoletti A., Ricci F.P. Nucl. Instr. and Meth., 9, 195 (1960); 3, 223 (1958).

Поступила в редакцию 2 июля 1986 г.