



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

P13-2000-159

**О.В.Фатеев, Г.А.Черемухина, С.П.Черненко,
Ю.В.Заневский, Х.Лаутер*, В.В.Лаутер,
С.В.Кожевников, Ю.В.Никитенко, А.В.Петренко**

**ПОЗИЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ДЕТЕКТОР
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ
НЕЙТРОНОВ**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

***Институт Лауэ–Ланжевена, Гренобль, Франция**

2000

Введение

Рассеяние нейтронов является мощным средством исследования свойств и структуры конденсированного состояния вещества. Важное место среди нейтронных методов занимают отражение и преломления нейтронов, деполаризация и малоугловое рассеяние. Их характеризует одно общее свойство, что угол рассеяния невелик и изменяется в пределах $1 \div 100$ мрад. Это позволяет для регистрации углового распределения рассеянных нейтронов применить одну газонаполненную камеру, снабженную средствами определения координаты регистрируемых нейтронов (позиционно-чувствительный детектор (ПЧД)). К параметрам ПЧД предъявляются определенные требования, которые формулируются кругом решаемых задач. К числу наиболее актуальных в настоящее время следует отнести задачи определения магнитной и ядерной структур многослойных наноструктур. При отражении нейтронов от слоистой структуры возникают различной природы диффузное и малоугловое рассеяния. При этом характерный угловой масштаб значимых изменений интенсивности нейтронного рассеяния составляет порядка $0,1 \div 10$ мрад. Это при расстоянии от образца до детектора $1 \div 10$ м соответствует требованию пространственного разрешения детектора порядка $0,1 \div 10$ мм. В настоящей работе описывается линейный координатный детектор тепловых нейтронов, предназначенный для работы на спектрометре поляризованных нейтронов реактора ИБР-2.

Спектрометр поляризованных нейтронов

Спектрометр поляризованных нейтронов (СПН) размещен на восьмом канале реактора ИБР-2. Функциональная схема спектрометра приведена на рис. 1. Она включает поляризатор нейтронов, спин-флиппер, блок установки

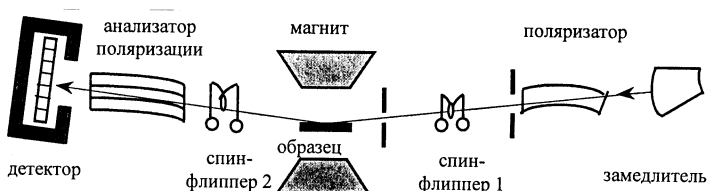


Рис.1. Схема спектрометра СПН в режиме полного поляризационного анализа

образца, второй спин-флиппер, анализатор поляризации и детектор нейтронов. В спектрометре реализуются четыре измерительные моды, отличающиеся состояниями «вкл(выкл)» двух спин-флипперов. Измерение в различных модах проводится последовательно. После завершения первого цикла из четырех измерений проводится второй, третий и так далее. Счета, относящиеся к одной моде, но различным циклам, суммируются. В каждой измерительной моде измеряют два счета, $J_1(\theta, \lambda)$ и $J_2(\theta, \lambda)$, образованных отраженным и преломленным нейтронными пучками. Здесь θ - угол скольжения нейтронного пучка к поверхности образца и λ - длина волны нейтрона. При обработке из измеренных счетов определяют четыре коэффициента отражения R_{+-} , R_{++} , R_{-+} , R_{--} и четыре коэффициента пропускания T_{++} , T_{+-} , T_{-+} , T_{--} , соответствующих конкретным спиновым начальному (первый индекс «+(-)») и конечному (второй индекс «+(-)») состояниям. По коэффициентам отражения и пропускания судят о пространственном распределении ядерной и магнитной плотности амплитуды рассеяния нейтронов и угла между вектором индукции и направлением внешнего магнитного поля. В месте расположения образца интенсивность нейтронного пучка составляет $2 \cdot 10^5$ н/см²/с. Полагая, что в рефлектометрическом или малоугловом эксперименте облучаемое нейтронами сечение образца составляет порядка 1 см², получим оценку 10^{-5} с для мертвого времени детектора.

Конструкция и принцип действия детектора

В детекторе используется стандартная многопроволочная пропорциональная камера, помещенная в герметичный бокс из дюралюминия с входным окном размером 120x40 мм. Внутренние размеры бокса составляют 200x100x48 мм. Стеклотекстолитовые рамки с натянутыми проволоками крепятся внутри корпуса детектора. Для подачи высокого напряжения и вывода сигналов с камеры используются металлокерамические вводы, расположенные на задней стороне корпуса детектора. Здесь расположены также усилители сигналов, фильтры высокого напряжения, мановакууметр и вентиль для подсоединения системы откачки и заполнения рабочего газа. Входное окно толщиной 4 мм крепится через изолирующий фланец к крышке бокса. Для уплотнения использовалась резина круглого сечения. При этом течь рабочей газовой смеси на основе гелия не превышает 0,01 атм/месяц при давлении 5 атм.

Схематичный разрез детектора показан на рис.2. Для съема координатной информации используется линия задержки, распаянная на нижний катод пропорциональной камеры. Пропорциональная камера имеет рабочую площадь 180x80 мм, но для регистрации нейтронов используется чувствительная площадь размером 120x40 мм. Регистрация нейтронов

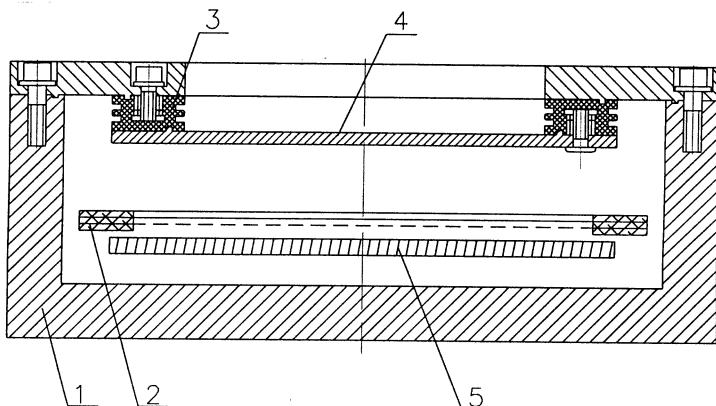


Рис.2. Схематичный разрез детектора:

- 1 - корпус детектора, 2 - многопроволочная пропорциональная камера,
3 - изолятор, 4 - входное окно, 5 - линия задержки

осуществляется в слое газа толщиной 24 мм. Расстояние между входным окном и первым катодом 18 мм, расстояние между анодом и катодом 3 мм. Анодная плоскость намотана проволокой из золоченного вольфрама диаметром 20 мкм с шагом 2 мм. Проволоки анодной плоскости объединены общей шиной, на которую подается высокое напряжение положительной полярности и с которой снимается анодный сигнал. Катодные плоскости намотаны проволокой из бериллиевой бронзы диаметром 50 мкм с шагом 1 мм. Проволоки на катодной плоскости со стороны входного окна намотаны параллельно анодным проволокам и объединены общей шиной. Проволоки на второй катодной плоскости намотаны перпендикулярно анодной плоскости и объединены в группы по три. Каждая группа распаяна на электромагнитную линию задержки, служащую для съема координатной информации. Погонная задержка линии составляет 1,5 нс/мм. Катодные плоскости и линия задержки находятся под нулевым потенциалом.

Для регистрации нейтронов используется реакция ${}^3\text{He} + n \rightarrow p + {}^3\text{H} + 764 \text{ кэВ}$. Выбор ${}^3\text{He}$ обусловлен тем, что он имеет большое сечение захвата нейтронов и является химически инертным. Образованные в результате реакции протон (573 кэВ) и тритон (191 кэВ) разлетаются в противоположных направлениях, производя ионизацию газа. Из-за большой разницы в энергии и пробеге протона и тритона центроид ионизации, образованный этими продуктами реакции, смещается относительно точки взаимодействия. Это обстоятельство накладывает принципиальное ограничение на пространственное разрешение. Пробеги заряженных частиц в рабочем газе детектора определяют пространственное разрешение. Протон, обладающий большей энергией, вносит основной

вклад в погрешность пространственного разрешения. Сам по себе ^3He не является достаточно плотным газом для того, чтобы при разумно низком давлении получить малые пробеги протона и тритона, необходимые для хорошего пространственного разрешения, и служит только для того, чтобы детектировать нейтроны. Поэтому в газовую смесь вводят различные добавки, чтобы уменьшить пробеги протона и тритона, поглотить видимый и ультрафиолетовый свет, испускаемый при столкновениях дрейфующих электронов и молекул газа. Для того чтобы сохранить пропорциональность между конвертируемой энергией и зарядом лавины, сечение захвата электронов добавляемого газа должно быть мало.

Принцип действия детектора основан на эффекте газового усиления электронов, которые образуются в газовом объеме детектора в результате ионизации атомов рабочего газа продуктами реакции $^3\text{He}(n,p)^3\text{H}$. Облако вторичных электронов под действием электрического поля, возникающего при подаче высокого напряжения на входное окно детектора, дрейфует к аноду. Вблизи анода, на расстояниях, сравнимых с диаметром проволоки, электрическое поле настолько велико, что электроны вызывают вторичную ударную ионизацию. В результате на анод приходит электронная лавина. Электроны быстро собираются на аноде, в то время как положительные ионы медленно дрейфуют к катодам камеры. Во время дрейфа ионов на катоде наводится сигнал положительной полярности, который начинает распространяться по линии задержки в обе стороны. По разнице во времени прихода сигнала к противоположным концам линии задержки можно определить координату точки реакции захвата нейтрона атомом ^3He . Анодный сигнал используется для выработки триггерного сигнала и для определения энергетического разрешения детектора, которое зависит не только от технологии изготовления детектора и используемых материалов, но и от чистоты газовой смеси.

Электронная аппаратура

Электронная система сбора и обработки данных состоит из следующих частей: электроники считывания, регистрации и связи с компьютером. Электроника считывания включает в себя усилители, установленные в боксе детектора, и дискриминаторы временной привязки со следящим порогом (ДСП). Электроника регистрации состоит из времяцифрового преобразователя (ВЦП) и гистограммирующей памяти. Электроника связи с компьютером состоит из контроллера крейта КАМАК и адаптера, устанавливаемого на шине персонального компьютера.

Координатная информация снимается с линии задержки, амплитудная - с анодных проволочек. Запуск цикла определения координаты начинается по сигналу, приходящему с анодных проволочек, объединенных вместе. Анодный сигнал поступает на дифференциальный дискриминатор, где производится проверка его попадания в "окно", задаваемое верхним и

нижним уровнями. В положительном случае этот сигнал формируется и запускает измерительную систему, в противном - событие игнорируется и система ожидает следующего.

Во время цифрового преобразователя данные кодируются, далее их поток, статистически распределенный на входе, регулируется на выходе (“разравнивается”) и подается с ВЦП на синхроблок, где формируется входное слово для гистограммирующей памяти. При этом младшие разряды образуются кодом координаты, а старшие - кодом гистограммы. Синхроблок на время выработки кода гистограмм генерирует сигнал “Expose”, выводимый на разъем LEMO (передняя панель). Накопление информации производится в гистограммирующей памяти, данные в которую поступают через разъем на передней панели.

По завершении цикла набора данных происходит их передача в персональный компьютер по магистрали КАМАК. Момент окончания набора задается либо пользователем (время экспозиции), либо определяется по переполнению ячейки памяти. В последнем случае блок памяти прекращает дальнейший набор и вырабатывает соответствующий сигнал на магистраль КАМАК.

Результаты испытаний

Для исследования характеристик детектора были использованы радиоактивные источники ^{55}Fe , ^{241}Am и нейтронный Ra-Be-источник. Окончательные испытания параметров детектора проводились на канале реактора ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики.

Для оценки параметров многопроволочной пропорциональной камеры детектор наполнялся газовой смесью аргон/метан (80/20). Для γ -квантов 5,9 кэВ от источника ^{55}Fe пространственное разрешение составило 0,4 мм (σ). Энергетическое разрешение для γ -излучения ^{55}Fe и ^{241}Am при равномерной засветке всей площади детектора составляет 18 и 10% соответственно.

Для тестовых испытаний детектор был наполнен газовой смесью 1 атм ^3He + 3 атм Ar + 1 атм CH_4 . Метан был введен в качестве гасящей добавки. Испытания проводились с нейтронным пучком реактора ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики. На этой газовой смеси было получено пространственное разрешение $\sim 2,2$ мм. Чтобы получить пространственное разрешение лучше 2 мм, необходимо увеличить давление аргона до 4 атм. Высокое суммарное давление рабочей смеси предъявляет дополнительные требования к герметичности детектора и повышает рабочие напряжения. Чтобы уменьшить суммарное давление газовой смеси аргон был заменен на пропан. Пропан в 2,7 раза более эффективен с точки зрения уменьшения пробега протонов и тритонов, а также является одновременно и гасящей добавкой. Поскольку Z аргона больше, чем пропана, то пропан менее чувствителен к γ -излучению.

Использование пропана позволяет иметь двухкомпонентную газовую смесь: ^3He и пропан [1,2]. Их парциальные давления определяются независимо друг от друга. Из требования эффективности регистрации $\sim 72\%$ нейтронов с длиной волны 2 \AA давление ^3He должно быть $\sim 3,4 \text{ атм}$. Давление пропана $\sim 2 \text{ атм}$ необходимо, чтобы получить пространственное разрешение $\sim 1,5 \text{ мм}$. Суммарное давление газовой смеси $5,4 \text{ атм}$.

На рис.3 приведена счетная характеристика, полученная при облучении детектора нейтронами, для смеси $3,4 \text{ атм } ^3\text{He} + 2 \text{ атм } \text{C}_3\text{H}_8$ при потенциале на

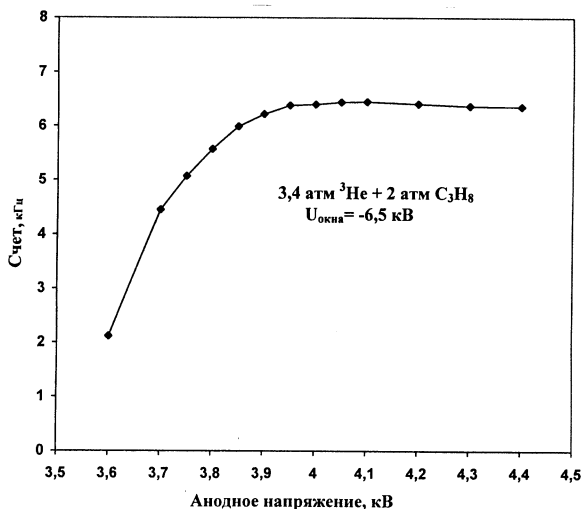


Рис.3. Счетная характеристика, полученная при облучении детектора нейтронами, для смеси $3,4 \text{ атм } ^3\text{He} + 2 \text{ атм } \text{C}_3\text{H}_8$ при потенциале на входном окне $-6,5 \text{ кВ}$

входном окне $-6,5 \text{ кВ}$. Плато счетной характеристики составляет 400 В . На рис.4 приведена зависимость измеренных координат от реальных, полученная при сканировании детектора относительно нейтронного пучка, заколлимированного щелью шириной $0,3 \text{ мм}$. Сканирование детектора осуществлялось с точностью $\sim 0,01 \text{ мм}$. Измеренная интегральная нелинейность не превышает $0,3 \%$. Пространственное разрешение детектора, включая разрешение электронной аппаратуры, составило $1,45 \text{ мм}$ при напряжении на аноде 4 кВ и потенциале на входном окне $-6,5 \text{ кВ}$. Дифференциальная нелинейность $\sim 1,5\%$ была получена при засветке всей чувствительной площади детектора.

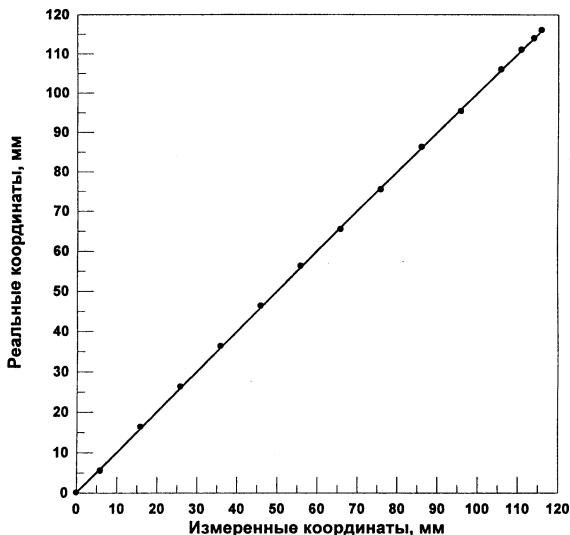


Рис.4. Зависимость измеренных координат от реальных, полученная при сканировании детектора относительно нейтронного пучка шириной 0,3 мм

Измерение эффективности детектора

Для определения эффективности регистрации ПЧД была собрана схема, в которой между кадмиевой диафрагмой и ПЧД устанавливался монодетектор (гелиевый счетчик СММ-17). При этом измерялись три счета от пучка нейтронов, пропущенного через кадмиевую диафрагму: J_p - счет ПЧД без монодетектора перед ним, J_m - счет монодетектора и J_{pm} - счет ПЧД, когда перед ним установлен монодетектор.

$$J_m = J_0 A_m \mu_m, \quad J_p = J_0 A_p \mu_p, \quad J_{pm} = J_0 A_p \mu_p A_m^2 (1 - \mu_m), \quad (1)$$

где J_0 - интенсивность пучка нейтронов, $A_m = \exp(-b_m \cdot \lambda)$ - коэффициент пропускания нейтронов через стенку монодетектора, $A_p = \exp(-b_p \cdot \lambda)$ - коэффициент пропускания нейтронов через входное окно ПЧД, $\mu_m = 1 - \exp(-c_m \cdot \lambda)$, $\mu_p = 1 - \exp(-c_p \cdot \lambda)$ - эффективность регистрации моно- и позиционно-чувствительного детекторов соответственно, λ - длина волны нейтрона. При записи явного вида эффективности регистрации монодетектора предполагается, что эффективность регистрации определяется только поглощением нейтронов в газе.

Из (1) получаем соотношения для определения μ_m , μ_p , J_0 :

$$\mu_m = 1 - \frac{J_{pm}}{J_p \cdot A_m^2} ; \quad \mu_p = \frac{J_p \cdot A_m^2 - J_{pm}}{A_p \cdot A_m \cdot J_m} ; \quad J_0 = \frac{A_m \cdot J_m \cdot J_p}{J_p \cdot A_m^2 - J_{pm}} . \quad (2)$$

При расчетах использованы значения $b_m = 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$ (латунная стенка толщиной 0,2 мм) и $b_p = 3,09 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^{-1}$ (алюминиевое окно толщиной 4 мм). На рис.5 приведены зависимости от длины волны J_0 , μ_p , μ_m . Видно, что

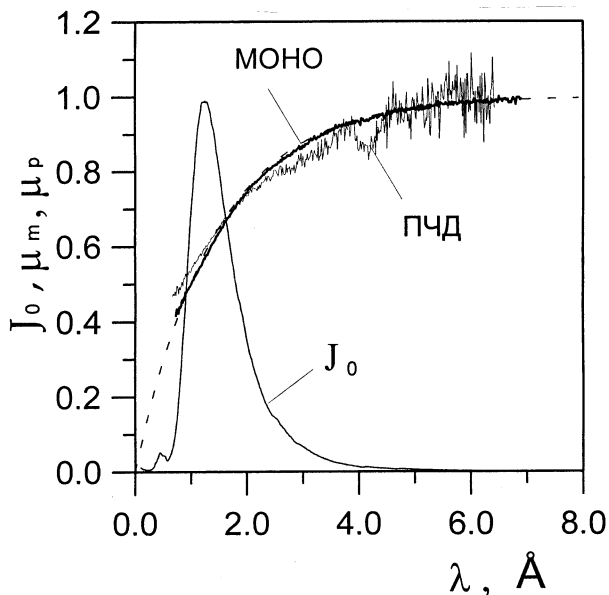


Рис.5. Интенсивность нейтронов J_0 (отн. ед.), эффективности регистрации моно μ_m и позиционно-чувствительного μ_p детекторов в зависимости от длины волны нейтронов λ

эффективности детекторов незначительно отличаются друг от друга. Расчетная кривая поглощения в газе для монодетектора соответствует значению $c_m = 0,7 \text{ \AA}^{-1}$.

Параметры ПЧД детектора

- | | |
|---|--|
| 1. Газовая смесь | $^3\text{He}(3,4 \text{ атм}) + \text{C}_3\text{H}_8(2 \text{ атм})$ |
| 2. Размеры чувствительного объема детектора | 120x40x24 мм |
| 3. Размеры входного окна | 120x40x4 мм |
| 4. Материал входного окна | Al D16T |

5. Пространственное разрешение (FWHM):	
- в центре чувствительной области	1,5 мм
6. Дифференциальная нелинейность (σ)	~1,5 %
7. Размер канала	0,69 мм/кан
8. Эффективность регистрации нейтронов	72 % для $\lambda=2 \text{ \AA}$
9. Загрузочная способность	10^5 соб/с
10. Интегральная нелинейность	< 0,3 %
11. Шумы	~ 0,01 Гц/кан
12. Напряжения питания:	
- анод	4 кВ
- входное окно	- 6 кВ
- усилители	$\pm 6 \text{ В}$
13. Кодирование:	
- погрешность измерения (σ)	$\frac{1}{\sqrt{12}}$ канала
- мертвое время	30 нс
- DNL	0,3%
14. Формат данных:	
- число гистограмм	2048
- временной срез (варьируется)	128 мкс
- длина гистограммы	2^8
- глубина ячейки	2^{16}

Экспериментальные исследования

а) Преломление и отражение нейтронов в магнитно-неколлинеарной среде

Материалы с магнитной анизотропией находят широкое практическое применение. Так, например, магнитные пленки с одноосной анизотропией в плоскости используются в технике нейтронного эксперимента для создания поляризующих зеркал. Пленки, намагничивающиеся в направлении, перпендикулярном плоскости, применяются для магнитной записи. Анизотропные магнитные кристаллы, содержащие редкоземельные элементы, используются в микроэлектронике. Недавно было экспериментально показано, что направление отражения и преломления нейтронных пучков в магнитно-неколлинеарной среде определяются процессами перехода нейтрона из одного спинового состояния в другое [3-5]. Это открывает новые возможности для изучения магнитно-анизотропных материалов. Эти возможности связаны с тем, что по угловому распределению отраженных и преломленных пучков нейтронов в определенных спиновых состояниях можно судить о профиле вектора намагниченности в направлении перпендикулярно к границе раздела. На рис.6 представлены результаты

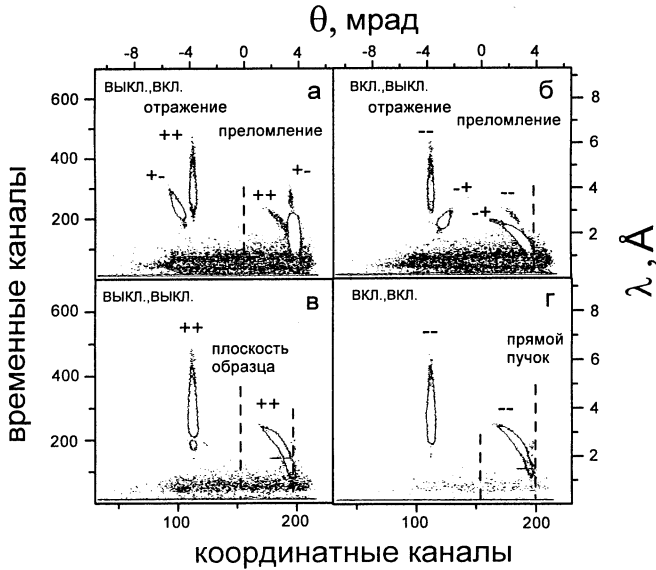


Рис.6. Распределение интенсивности прошедшего и отраженного пучков нейтронов от слоистой структуры стекло/Со (700\AA) при параметрах: угол скольжения $3,7$ мрад, напряженность внешнего магнитного поля $6,7$ кЭ, угол между направлением внешнего поля и плоскостью образца 80° :
 а) состояние спин-флипперов «выкл.,вкл.»; б) «вкл.,выкл.»;
 в) «выкл.,выкл.»; г) «вкл.,вкл.»

измерения преломления и отражения поляризованных нейтронов от Со-пленки толщиной 700\AA в четырех измерительных модах: «выкл., вкл.», «вкл., выкл.», «выкл., выкл.» и «вкл., вкл.». Магнитное поле напряженностью $H=6,7$ кЭ было направлено под углом $\beta=80^\circ$ к плоскости образца. Видно, что отраженный и преломленный пучки нейтронов расщепляются на пучки нейтронов с переворотом спина (+- или -+) и без переворота (++ или --). Оценки показывают, что при угле скольжения 3 мрад расщепление пучка на расстоянии 8 м от образца до детектора равно пространственному разрешению детектора 2 мм уже при напряженности магнитного поля 400 Э. Таким образом, с данным детектором методом расщепления поляризованного пучка возможны исследования многослойных магнитных структур, находящихся в магнитно-ненасыщенном состоянии (имеющих доменную структуру) или однородно намагниченных (с намагниченностью насыщения порядка 20 кЭ) в направлении, составляющем с плоскостью образца угол всего 1 градус.

б) Магнитное незеркальное рассеяние от многослойных структур

Магнитные многослойные структуры, состоящие из тонких ферромагнитных пленок, разделенных немагнитными слоями, обладают рядом необычных свойств. К ним относятся, например, гигантское магнитосопротивление и антиферромагнитное упорядочение в последующих магнитных слоях. Эти системы привлекают к себе повышенный интерес в силу их практического применения. Примером таких структур являются многослойные Fe/Cr-пленки. Несмотря на то, что эти системы относятся к наиболее изучаемым, их свойства еще не объяснены полностью. В качестве примера на рис.7 представлены результаты измерения интенсивности отражения нейтронов от (001) сверхрешетки $[\text{Cr}(12\text{\AA})/57\text{Fe}(68\text{\AA})] \times 12$. Данные представлены в системе координат длин волн λ и углов скольжения отраженного пучка α_{final} . Интенсивность, расположенная параллельно шкале длин волн, соответствует зеркальной линии с областью полного отражения около 12 \AA . Два брэгг-пики ($\lambda=4,62 \text{ \AA}$ и $3,47 \text{ \AA}$) обусловлены магнитной суперструктурой, возникающей в направлении, перпендикулярном к поверхности пленки. Дополнительная интенсивность, проходящая через эти пики, появляется при условии, когда магнитное упорядочение в плоскости меньше продольной проекции длины когерентности нейтрона. Таким образом, намагниченность в плоскости пленки однородна только в пределах относительно малых областей [6].

в) Малоугловое рассеяние поляризованных нейтронов

Линейный позиционно-чувствительный детектор позволяет измерять малоугловое рассеяние нейтронов в щелевой геометрии. На рис.8 приведены зависимости среднего угла рассеяния $\theta(n)$ и его относительного среднеквадратичного отклонения $\delta\theta(n)/\theta(n)$ от номера позиционного канала n детектора при следующих параметрах спектрометра: расстояние между выходом поляризатора и местом установки образца 3 м, расстояние от места установки образца до детектора 2,6 м, размер выходного окна поляризатора $h_1 \times 2,5$ мм, сечение образца $h_2 \times 2$ мм, размер позиционного канала детектора $h_3 \times 2,5$ мм; $h_1=30$ мм, $h_2=20$ мм, $h_3=30$ мм - кривые 1, $h_1=5$ мм, $h_2=3$ мм, $h_3=5$ мм - кривые 2. Видно, что кривые 1 и 2 отличаются значительно для малых значений угла рассеяния. Из кривых 2 видно, что предельно допустимое значение $\delta\theta/\theta = 0,5$ соответствует $\theta=0,0015$ рад, что при максимальном значении длины волны 12 \AA соответствует минимальному значению вектора рассеяния $q=0,0005 \text{ \AA}^{-1}$. Столь малые значения вектора q , достижимые с данным ПЧД, делают возможным проведение исследований неоднородных сред с корреляционной длиной, достигающей значений 10000 \AA . На рис.9 приведена экспериментальная зависимость сечения рассеяния $d\sigma(q)/d\Omega$ для образца димеристоилфосфатидилхолина (ДМФХ) при температуре 15⁰С. Видно, что при $q=0,091 \text{ \AA}^{-1}$ наблюдается максимум, обусловленный

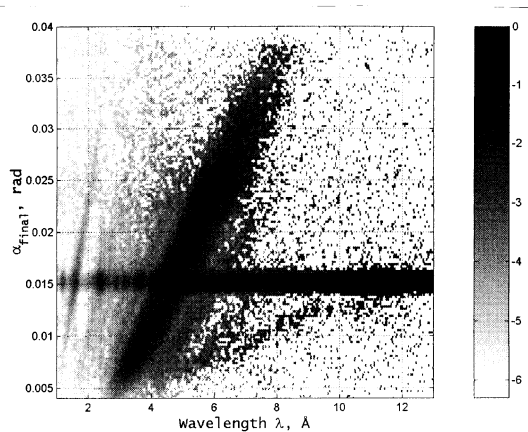


Рис.7. Экспериментальная карта интенсивности зеркального и незеркального рассеяния для многослойной Fe/Cr-пленки в поле $H=428$ Э, полученная при угле падения 15 мрад

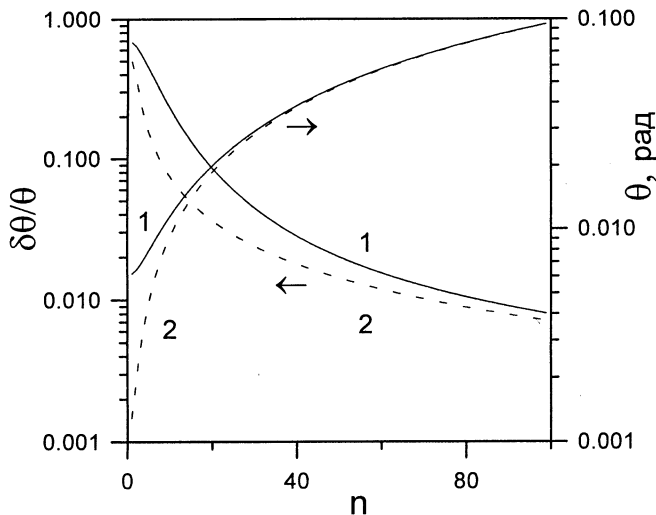


Рис.8. Зависимость среднего угла рассеяния $\theta(n)$ и его относительного среднеквадратичного отклонения $\delta\theta(n)/\theta(n)$ от номера позиционного канала n детектора

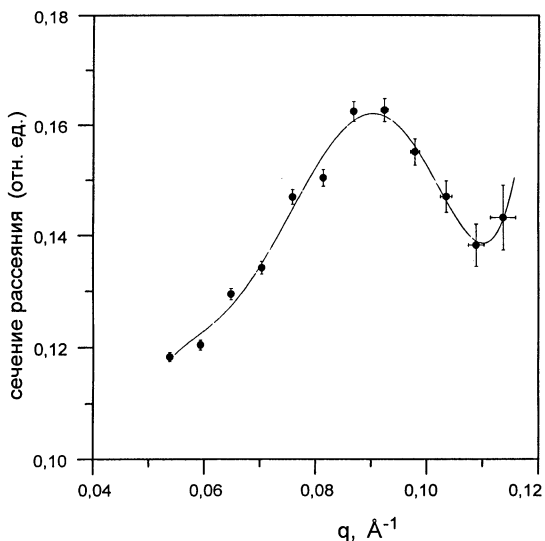


Рис.9. Зависимость сечения рассеяния $d\sigma(q)/d\Omega$ для образца ДМФХ при температуре 15°C

дифракционным рассеянием нейтронов на слоистой линейно упорядоченной структуре с пространственным периодом повторяемости $d=69 \text{ \AA}$. Этот результат на 6% превышает значение d [7], полученное в исследованиях с помощью синхротронного излучения данного образца при более высокой температуре 20°C .

Заключение

Успешная эксплуатация детектора в течение двух лет на спектрометре СПН показала его пригодность для проведения рефлектометрических и рефрактометрических исследований слоистых структур, в которых присутствует диффузное рассеяние на границах раздела и в объеме, а также магнитно-неколлинеарных структур, вызывающих расщепление пучка поляризованных нейтронов. Детектор может быть использован в малоугловом спектрометре со щелевой геометрией, в котором область изменения вектора рассеяния составляет $(10^{-3} \div 10^{-1}) \text{ \AA}^{-1}$. Авторы выражают благодарность Ю.Г.Федулову, Н.П.Волкову, В.А.Белякову и А.Е.Московскому за помощь в создании детектора, а также М.А.Киселеву за предложение провести измерение с образцом ДМФХ.

Литература

1. Cheremukhina G.A., Chernenko S.P. et al. Preprint E13-92-52. Dubna, 1992.
2. Заневский Ю.В., Горделий В.И. и др. // ПТЭ. 1992. N 5. С.44.
3. Aksenov V.L., Dokukin E.B., Kozhevnikov S.V., Nikitenko Yu.V., Petrenko, J. Schreiber A.V. Proceedings of PNCMI. Preprint E3-96-507. Dubna, 1996.
4. Aksenov V.L., Dokukin E.B., Kozhevnikov S.V., Nikitenko Yu.V., Petrenko A.V., Schreiber J. // Phys. B. 1997. V. 234-236. P. 513-515.
5. Fredrikze H., Rekveldt M.Th., van Well A.A., Nikitenko Yu.V. , Syromyatnikov V.G. // Phys. B. 1998. V. 248. P. 157-162.
6. Lauter-Pasyuk V.V., Lauter H.J., Toperverg B., Nikonov O., Kravtsov E., Milyaev M.A., Romashev. L, Ustinov V.// Physica B. 2000. V. 283. P. 194.
7. Kiselev M.A., Lesieur P., Kiselev A.M. et al. Preprint E3-14-98-168, Dubna, 1998.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 июля 2000 года.

Фатеев О.В. и др.

P13-2000-159

Позиционно-чувствительный детектор
для спектрометра поляризованных нейтронов

Описываемый в данной работе линейный детектор тепловых нейтронов, а также электронная система сбора и обработки данных разработаны в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований. Детектор предназначен для регистрации тепловых нейтронов на спектрометре поляризованных нейтронов реактора ИБР-2 ОИЯИ. Набор информации ведется в режиме кадровой съемки для выделения нейтронов с длиной волны $\lambda = 1 \div 12 \text{ \AA}$ по времени пролета. Эффективность регистрации нейтронов составляет $\sim 70\%$ для длины волны 2 \AA . Детектор имеет низкую чувствительность к гамма-излучению, дифференциальную нелинейность $\sim 1,5\%$ и пространственное разрешение $\sim 1,5 \text{ мм}$ при скоростях счета $\sim 10^5$ событий/с.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий и Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2000

Перевод авторов

Fateev O.V. et al.

P13-2000-159

Position Sensitive Detector for Polarized Neutrons Spectrometer

The linear detector of thermal neutrons described in this paper, as well as the readout electronics and data acquisition system were developed at High Energy Laboratory of Joint Institute for Nuclear Research. The detector is intended for registration of thermal neutrons on the polarized neutrons spectrometer of IBR-2 reactor in JINR. Data readout is carried out in the frame survey routine for separation of neutrons with wavelength $\lambda = 1 \div 12 \text{ \AA}$ by time of flight. Efficiency of neutrons registration is $\sim 70\%$ for wavelength 2 \AA . The detector has low gamma radiation sensitivity, differential nonlinearity $\sim 1,5\%$ and spatial resolution $\sim 1,5 \text{ mm}$ under count rate up to $\sim 10^5 \text{ ev/s}$.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies and at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2000

Редактор Е.Ю.Шаталова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 11.09.2000

Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 1,23

Тираж 330. Заказ 52226. Цена 1 р. 48 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области