

9683

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ44.1п

Б-20

19/vii 76 e

10 - 9683

2747 / 2-76

А.М.Балагуров, В.Д.Шибает

ДИФРАКЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ПО МЕТОДУ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕМЕННОЙ
ШИРИНЫ КАНАЛА

1976

10 - 9683

А.М.Балагуров, В.Д.Шибяев

**ДИФРАКЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
ПО МЕТОДУ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕМЕННОЙ
ШИРИНЫ КАНАЛА**

1. Введение

В нейтронных дифракционных экспериментах по методу времени пролета анализ спектров обычно ведется анализаторами с постоянной шириной временного канала /1/. При выборе ширины каналы зачастую приходится идти на компромисс между двумя условиями: спектр должен уместиться в ограниченное число каналов анализатора и, с другой стороны, ширина канала должна быть достаточно мала, чтобы не ухудшать временное разрешение. Известным способом экономии памяти анализатора является разбиение ее на группы с различной шириной канала. Недостатком этого способа является кусочный характер спектров, что затрудняет их наблюдение и обработку, особенно при необходимости частой смены границ групп.

В работе /2/ высказывалась идея об использовании для наблюдения дифракционных спектров временного анализатора с переменной, изменяющейся по определенному аналитическому закону, шириной канала. В силу некоторых особенностей дифракционные спектры являются удобным объектом для применения к ним подобного способа наблюдения. Положения дифракционных максимумов на временной шкале определяются простым и, в то же время, строгим законом. Для дифракционных максимумов от одной кристаллографической плоскости справедливо

$$t_k = t_m / k, \quad /1/$$

t_k - положение k -го максимума, t_m - константа, определяемая свойствами кристалла и экспериментальными условиями.

Строгость соотношения /1/ позволяет легко идентифицировать дифракционные максимумы, несмотря на неизбежные отклонения реального закона изменения ширины канала от предполагаемого.

Использование постоянной ширины канала приводит к тому, что расстояния между максимума, а также их ширины при больших временах пролета становятся чрезмерно большими. Так, для монокристаллов расстояние между максимумами растет как t_k^2 , а ширина максимума пропорциональна t_k .

При анализе кристаллов с большими параметрами элементарной ячейки диапазон изменений k может составлять несколько десятков, соответственно во столько же раз будут меняться ширины максимумов, а расстояния между ними будут меняться в несколько тысяч раз.

Использование растущей со временем ширины канала позволяет значительно уменьшить диапазоны изменения ширины максимумов и расстояний между ними.

В настоящей работе описывается реализация этой идеи для закона изменения ширины канала

$$r(t) = t/\beta, \quad /2/$$

где β - выбираемая экспериментором константа.

2. Основные соотношения

Из соотношения между дифференциалами числа каналов и времени

$$dN = dt/r(t) \quad /3/$$

следует зависимость номера канала от момента времени

$$N(t) = \int_{t_1}^t \frac{d\xi}{r(\xi)}, \quad /4/$$

t_1 - время начала наблюдения.
Для закона /2/

$$N(t) = \beta \ln(t/t_1).$$

/5/

Из /5/ легко получить основные характеристики спектра - ширину максимумов и расстояния между ними. На рис. 1 приведены зависимости ширины максимума от времени для обычного метода, когда

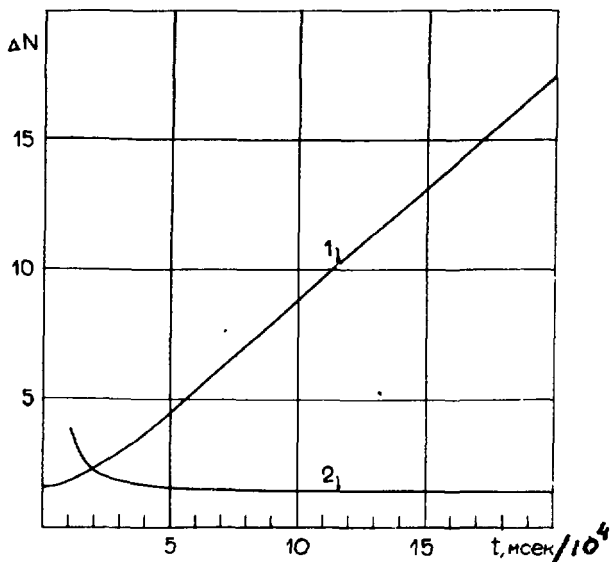
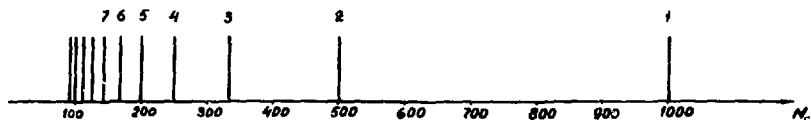


Рис. 1. Зависимость ширины дифракционного максимума от времени. 1 - для $\tau(t) = \text{const} = \tau_0$. 2 - для $\tau(t) = t/\beta$.

$$\tau(t) = \text{const} = \tau_0$$

и для закона /2/, а на рис. 2 схематически показано заполнение памяти анализатора/положения пиков/ для этих двух случаев. Параметры t_m , τ_0 , β , t_1 при расчетах примерно соответствовали реальному эксперименту, описанному ниже. Из рисунков видно, что использование закона /2/ приводит к существенной/в несколько раз/ экономии памяти анализатора и к стабилизации ширины дифракционных максимумов вдоль спектра.

$$N_c = 1000/\kappa$$



$$N_c = 107 \text{ } \zeta_n (25.5/\kappa)$$

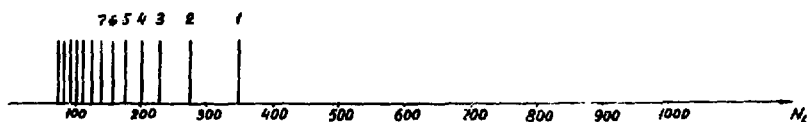


Рис. 2. Заполнение памяти анализатора; сверху для $\tau(t) = \tau_0$, , внизу - для $\tau(t) = t/\beta$. Параметры при расчете выбраны так, что положения 10-х максимумов и интервал между 9-м и 10-м максимумами совпадают для обоих случаев.

Отметим еще, что зависимость ширины канала от номера канала для закона /2/ является экспоненциальной

$$\tau(N) = \tau_1 \cdot \exp(N/\beta), \quad /6/$$

где $\tau_1 = t_1/\beta$ - начальная ширина канала. Поэтому постоянные во времени функции /например, фон/ превратятся в экспоненциальные функции номера канала.

3. Экспериментальная проверка

В Лаборатории нейтронной физики был разработан временной кодировщик^{/3/} с переменной шириной канала /ВКПШК/, изменяющейся по закону /2/. Перед измерением реальных дифракционных спектров была проведена проверка работы этого кодировщика с помощью

используемого в Измерительном центре ЛНФ кодировщика с постоянной шириной канала ВК-5^{/4/}. В качестве источника стартового и детекторного сигналов использовался генератор импульсов Г5-15.

Соответствие положений детекторных импульсов по каналам проверялось на основании формулы

$$N_L = \beta \ln \frac{T_1 + \tau_0 \cdot N_c}{\beta \cdot \tau_1}, \quad /7/$$

где N_L - номер канала при анализе с помощью кодировщика ВКПШК, N_c - номер канала при анализе с помощью кодировщика ВК-5, T_1 - задержка начала измерения, набранная на кодировщике ВК-5.

В табл. 1 приведены экспериментальные значения N_c и N_L и расчет N_L по /7/ при некоторых наборах T_1 , β , τ_1 . Соответствие экспериментальных и расчетных значений N_L лучше 1%.

Таблица 1
Проверка кодировщика с генератором *

Набор параметров	N_c	Число отсчетов	$\overline{N_c}$	N_L	Число отсчетов	$\overline{N_L}$	расчет по (?)
$T_1 = 400$ $\tau_0 = 4$ $\tau_1 = 4$ $\beta = 100$	191	1420	191	106 107	1278 373	106,2	106,8
$T_1 = 400$ $\tau_0 = 4$ $\tau_1 = 4$ $\beta = 100$	157	1311	157	94 95	1856 673	94,4	94,4
$T_1 = 320$ $\tau_0 = 4$ $\tau_1 = 4$ $\beta = 80$	177 178	1815 123	171.1	93 94	1527 454	93,2	93,3

* Временные параметры в мкс.

Для получения реальных дифракционных спектров использовался дейтерированный монокристалл двойного лантан-магниевого нитрата $\text{La}_2\text{Mg}_3(\text{NO}_3)_9 \cdot 24\text{D}_2\text{O}$. Наблюдалась дифракция от плоскости (00 ℓ) с межплоскостным расстоянием $d = 34,5\text{Å}$, что позволяло получать до 13 максимумов одновременно. Эксперимент проводился на реакторе ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ на пролетной базе 57 м. Спектр, снятый со стандартным кодировщиком ВК-5, приведен на *рис. 3*, а спектры, снятые с кодировщиком ВКПШК, на *рис. 4* и *5*. Набор проводился параллельно на двух анализаторах.

Из особенностей представленных спектров можно отметить улучшение условий наблюдения начального участка при использовании больших β /спектр на *рис. 4*/ и значительное сокращение числа каналов, необходимых для наблюдения, при уменьшении β /спектр на *рис. 5*/.

Для того, чтобы уместить в памяти анализатора все наблюдаемые максимумы, начиная с 3-го порядка, потребовалось бы около 7200 каналов при обычном методе и только 1600 каналов /в 4,5 раза меньше/ при использовании ВКПШК с $\beta = 500$.

Для проверки выполнимости зависимости /5/ производилась обработка положений пиков по МНК. Свободными параметрами являлись t_m - положение первого максимума и t_0 - задержка вспышки реактора относительно запуска анализатора. При этом положение k -го максимума при обычном анализе

$$N_k = \frac{t_m/k + t_0}{\tau_0}, \quad /8/$$

а для ВКПШК

$$N_k = \beta \ln \frac{t_m/k + t_0}{\beta \cdot \tau_1}. \quad /9/$$

Экспериментальные положения пиков определялись по максимуму счета с ошибкой ± 1 канал.

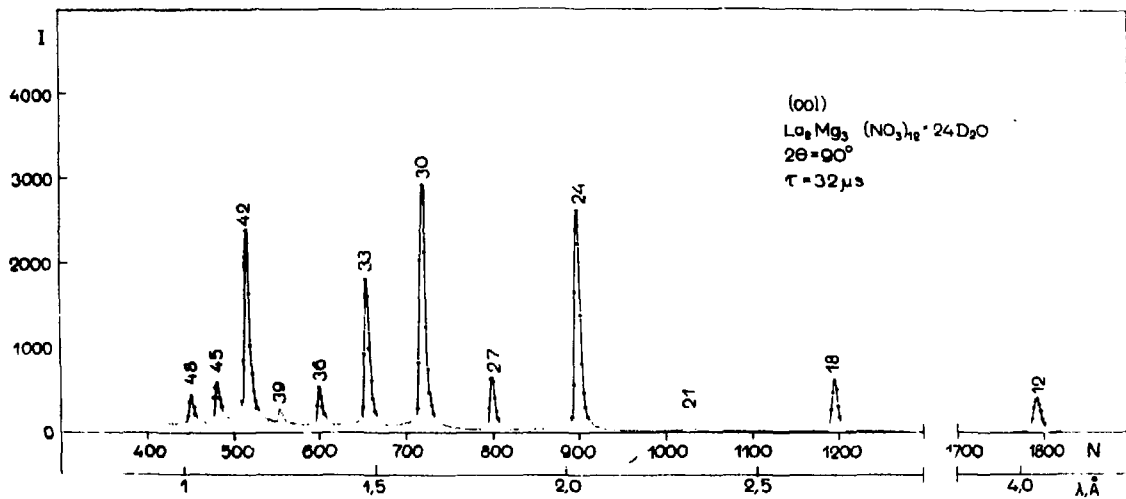


Рис. 3. Дифракционный спектр, снятый с кодировщиком ВК-5 при $\tau_0 = 32$ мкс.

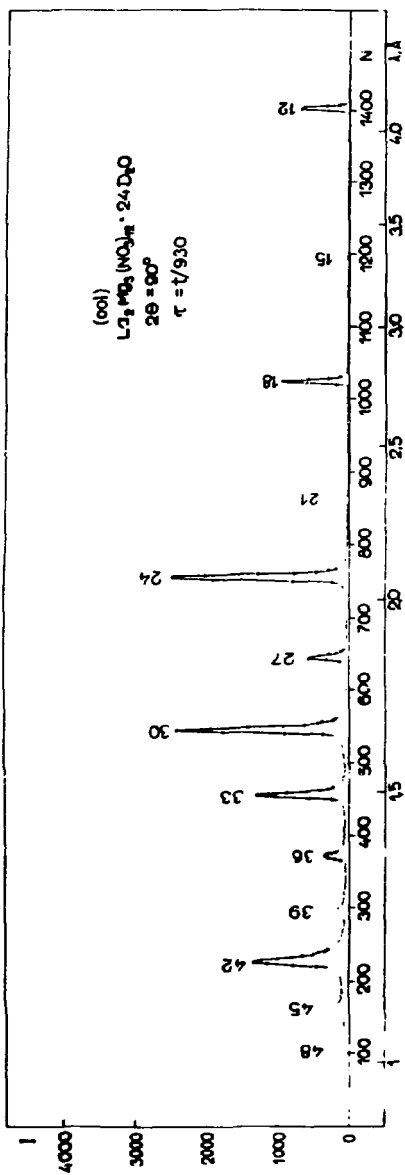


Рис. 4. Дифракционный спектр, снятый с кодировщиком ВКПШК, при $\tau_1 = 14$ мкс, $\beta = 930$.

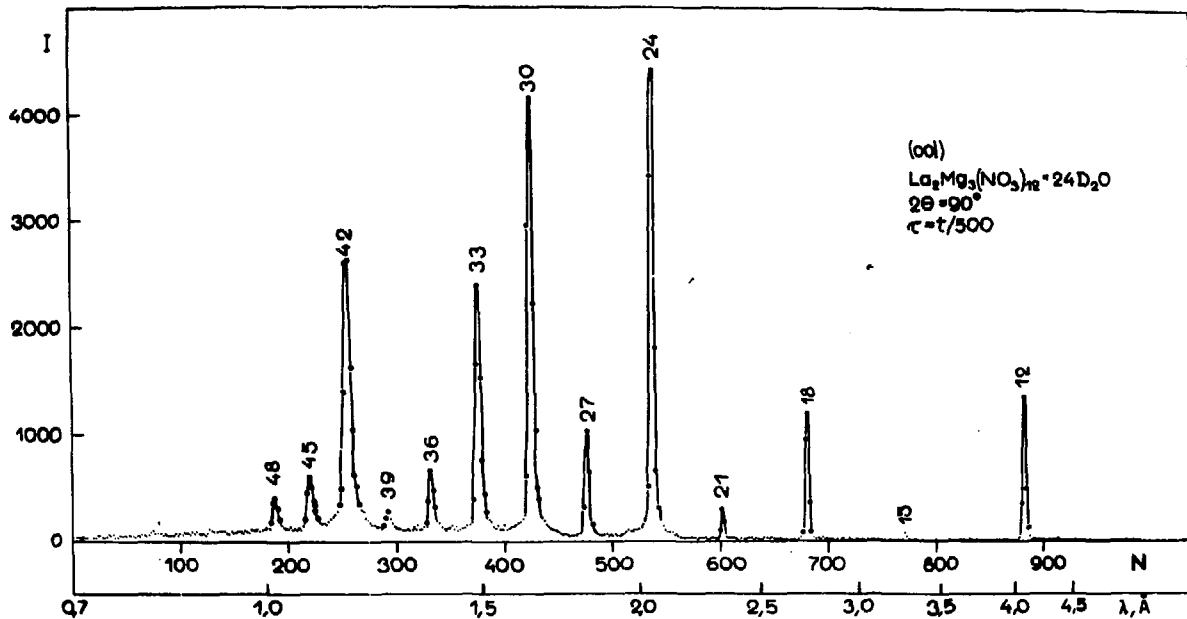


Рис. 5. Дифракционный спектр, снятый с кодировщиком ВКПШК, при $\tau_1 = 20$ мкс, $\beta = 500$.

Таблица 2
 Экспериментальные и вычисленные положения максимумов при использовании ВК-5

к	N экс.	N выч.	$ N_{\text{экс.}} - N_{\text{выч.}} $
4	1816	1816,0	0,0
5	1454	1453,8	0,2
6	1212	1212,4	0,4
7	1040	1040,0	0,0
8	911	910,6	0,4
9	810	810,0	0,0
10	729	729,6	0,6
11	664	663,7	0,3
12	609	608,8	0,2
13	562	562,4	0,4
14	523	522,6	0,4
15	488	488,1	0,1
16	458	457,9	0,1

Таблица 3
 Экспериментальные и вычисленные положения максимумов при использовании ВКПШК

к	$N_{\text{экс.}}$	$N_{\text{выч.}}$	$ N_{\text{экс.}} - N_{\text{выч.}} $
4	1389	1389,0	0,0
5	1182	1182,1	0,1
6	1013	1013,2	0,2
7	870	870,4	0,4
8	747	746,9	0,1
9	638	638,0	0,0
10	541	540,6	0,4
11	453	452,6	0,4
12	373	372,3	0,7
13	298	298,5	0,5
14	231	230,2	0,8
15	166	166,7	0,7
16	107	107,3	0,3

Результаты обработки, относящиеся к спектрам, изображенным на *рис. 3 и 4*, приведены в *табл. 2 и 3*, соответственно, а значения параметров, определенных по МНК, в *табл. 4*.

Физический параметр t_m для обоих кодировщиков совпадает с точностью 0,2%.

Таблица 4
Значения параметров

	ВК-5	ВКПШК	ВКПШК
$t_m / 32$ мкс	7243 ± 10	7227 ± 10	7243
$t_0 / 32$ мкс	$5,3 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,2$
$\sqrt{\chi^2 / (n-m)}$	0,32	0,47	0,89

Кроме того, спектр от ВКПШК обрабатывался с фиксированным значением параметра t_m , которое находилось из спектра от ВК-5. Результат приведен в последней колонке *табл. 4*. Представленные результаты говорят о том, что значения моментов времени, определяемых с помощью ВКПШК, соответствуют ожидаемым в пределах предполагаемой ошибки.

4. Заключение

В настоящей работе рассматривалось использование растущей со временем ширины канала для регистрации дифракционных спектров и было показано, что такой способ регистрации позволяет существенно экономить память анализатора, не ухудшая условий анализа и точности результатов.

Очевидно, что это справедливо для любого эксперимента по времени пролета, в котором временная неопределенность Δt постоянна вдоль спектра. Тогда использование $r(t) \sim t$ приведет к постоянству условий

наблюдения: $\Delta t/t = \text{const}$ вдоль спектра при сокращении необходимого объема памяти.

Не исключено использование других законов изменения ширины канала во времени. Не вдаваясь в детальный анализ, отметим, что использование закона $r(t) \sim t^2$ позволяет представить спектр с постоянным шагом по скорости нейтрона, а закона $r(t) \sim t^3$ - с постоянным шагом по энергии нейтрона.

Авторы благодарят Ю.М.Останевича за ряд ценных замечаний и Г.П.Жукова за внимание к работе.

Литература

1. Л.А.Маталин, С.И.Чубаров, А.А.Иванов. Многоканальные анализаторы ядерной физики. Атомиздат, 1967.
2. А.М.Балагуров, Д.Балли, З.Георгиу и др. ОИЯИ, Б1-3-9011, Дубна, 1975.
3. А.М.Балагуров, И.П.Барабаш, В.Д.Шибеев. ОИЯИ, 10-9684, Дубна, 1976.
4. И.П.Барабаш, В.Д.Шибеев. ОИЯИ, Б1-10-8670, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1976 года.