

## ОБНАРУЖЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПЛОСКОСТНОМ КАНАЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОНОВ В АЛМАЗЕ

*Ю.Н.Адищев, И.Е.Внуков, С.А.Воробьев,  
В.М.Головков, В.Н.Забавин, В.И.Дунев,  
А.А.Курков, Б.Н.Калинин, А.П.Потылицын*

При измерении асимметрии выхода фотонейтронов ( $\gamma, n$ ) реакции в мишени  $D_2O$  обнаружена линейная поляризация гамма-излучения, возникающего при плоскостном каналировании электронов в алмазе.

Во многих теоретических работах, например, [1, 2] предсказано, что интенсивное  $\gamma$ -излучение, возникающее при плоскостном каналировании электронов обладает высокой степенью линейной поляризации, однако, до сих пор эти выводы не были подтверждены экспериментально.

В настоящей работе впервые представлены результаты измерений, доказывающие наличие линейной поляризации  $\gamma$ -излучения, возникающего при плоскостном каналировании электронов с энергией  $E_0 = 900$  МэВ в монокристалле алмаза толщиной 0,35 мм.

Спектр излучения, измеренный NaJ(Tl)-спектрометром  $\phi 200 \times 200$  мм, приведен на рис.1. Подробнее экспериментальная методика описана в работе [3]. Как следует из рис.1 максимум в спектре  $\gamma$ -излучения при каналировании электронов вдоль кристаллической плоскости (110) соответствует энергии  $\omega_0 = 4$  МэВ. Для анализа линейной поляризации в данной области энергий наиболее удобен метод, предложенный в работе [4]. Он заключается в том, что регистрируются продукты фотодезинтеграции дейтона (в нашем случае нейтроны). Анализирующая способность этого процесса

$$\gamma d \rightarrow pn \quad (1)$$

близка к единице в диапазоне энергий  $\gamma$ -квантов  $4 \leq \omega \leq 12$  МэВ [4, 5].

В эксперименте (схема которого приведена на рис.2) использовалась дейтерийсодержащая мишень в виде  $D_2O$ , обогащенная дейтерием до 99,5%, заключенная в стеклянную ампулу диаметром 10 мм и длиной

100 мм. Характеристики электронного пучка и аппаратуры опубликованы ранее [6]. Эффективная коллимация  $\gamma$ -пучка определялась диаметром  $D_2O$ -мишени и составляла  $\sim 0,3$  мрад. Нейтроны регистрировались счетчиком медленных нейтронов типа СМН-11 в парафиновом замедлителе ("всеволновой" счетчик нейтронов), у которого эффективность регистрации постоянна в диапазоне энергий нейтронов от нескольких кэВ до  $4 + 5$  МэВ [7]. Угловой захват нейтронного детектора составлял  $16^\circ$ . Ориентацию монокристалла проводили с помощью тонкостенной ионизационной камеры (ИК), чувствительной к низкоэнергетической части спектра  $\gamma$ -излучения. Аналогичная процедура описана в работе [8]. В качестве монитора ускоренного тока электронов использовался датчик синхротронного излучения [3]. Максимумы в ориентационной зависимости тока ИК (рис.3) обусловлены  $\gamma$ -излучением электронов, захватываемых в режим плоскостного каналирования.

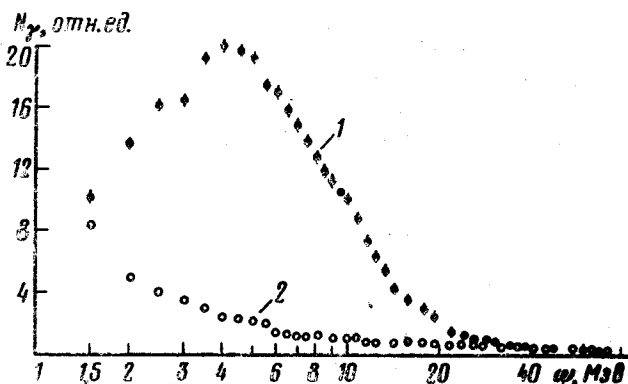


Рис.1. Аппаратурные спектры  $\gamma$ -излучения электронов с энергией 900 МэВ каналированных в алмазе: 1 — для плоскости (110), 2 — разориентированный алмаз,  $\psi_{\beta} = 1$  мрад,  $\psi_{\Gamma} = 5$  мрад.

В эксперименте измерялась азимутальная асимметрия  $A_D$  выхода нейтронов из ядер дейтерия под полярным углом  $\theta = 90^\circ$  в двух взаимно перпендикулярных плоскостях

$$A_D = \frac{N_{\parallel} - N_{\perp}}{N_{\parallel} + N_{\perp}}, \quad (2)$$

здесь  $N_{\parallel(\perp)} = N_{\parallel(\perp)D_2O} - N_{\parallel(\perp)H_2O}$  — выход нейтронов из  $D_2O$  мишени с учетом фона в плоскости, параллельной (перпендикулярной) плоскости колебаний электронов. Фон определялся по выходу из  $H_2O$  мишени с идентичными размерами. Вклад кислорода сильно подавлен, так как обусловлен  $\gamma$ -квантами с энергией  $\omega \gtrsim 16$  МэВ, к тому же асимметрия выхода нейтронов из кислорода ожидается незначительной, вследствие многочастичности процесса [7]. Экспериментальное значение асимметрии связано следующим образом с линейной поляризацией  $\gamma$ -излучения:

$$A_D \approx \bar{P}R, \quad (3)$$

здесь  $\bar{P}$  — степень линейной поляризации, усредненная по спектру  $\gamma$ -излучения,  $\bar{R}$  — усредненная анализирующая способность процесса (1), которая для спектра (рис.1, кривая 1) составляла по нашим расчетам  $\bar{R} = 0,94 \pm 0,06$ . Необходимо указать, что при расчете анализирующей способности  $\bar{R}$  не учитывалось перерассеяние нейтронов в мишени, вероятность которого в нашем случае достигает величины 15%.

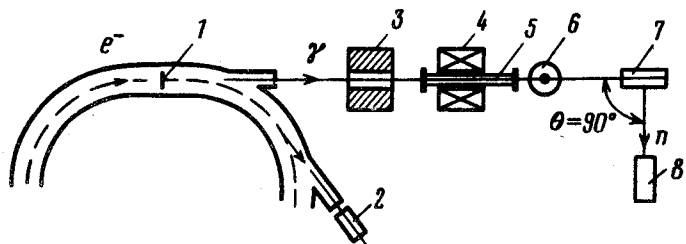


Рис.2. Схема эксперимента: 1 — алмазная мишень, 2 — датчик синхротронного излучения, 3 — коллиматор, 4 — очищающий магнит, 5 — вакуумпровод, 6 — тонкостенная ионизационная камера, 7 — нейтронная мишень, 8 — счетчик нейтронов СНМ-11.

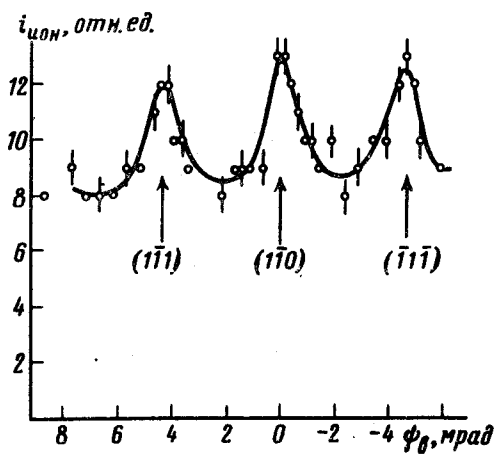


Рис.3. Ориентационные зависимости выхода тока ионизационной камеры от угла ориентации кристалла  $\psi_0$  при  $\psi_\Gamma = 5$  мрад

Всего было проведено четыре независимых измерения коэффициента  $A_D$ . Для каждого положения детектора набиралось не менее 600 событий. Аппаратурная асимметрия, которая измерялась для следующих экспериментальных ситуаций: а)  $D_2O$ -мишень, шиффовский спектр от аморфной мишени; б)  $D_2O$ -мишень, спектр от разориентированной алмазной мишени (рис.1, кривая 2), оказалась равной нулю в пределах статистической погрешности.

В результате измерений было получено следующее значение усредненной степени поляризации  $\gamma$ -излучения электронов, каналирующих в плоскости (110):  $P = 0,80 \pm 0,15$ . В полную ошибку включены статистическая ошибка, систематическая ошибка связанная с неопределенностями в установке мишеней и детектора, ошибка в оценке анализирующей способности.

Было проведено также контрольное измерение поляризации  $\gamma$ -излучения при каналировании электронов в плоскости (001). Эта плоскость развернута относительно плоскости (110) на  $90^\circ$ , поэтому естественно ожидать поворота плоскости поляризации  $\gamma$ -излучения. Результаты измерений подтвердили это предположение: направление преимущественного вылета нейтронов изменилось на  $90^\circ$ . Степень поляризации для этой плоскости, вычисленная в тех же предположениях, что и ранее, составляет  $\bar{P} = 0,65 \pm 0,15$ . Различие в величинах усредненной степени поляризации можно объяснить различием межплоскостных потенциалов плоскостей (110) и (001), от которых зависят эффективность захвата в канал и форма спектра  $\gamma$ -излучения.

Интенсивный квазимонохроматический  $\gamma$ -пучок с высокой линейной поляризацией может быть использован для изучения различных фото-ядерных реакций и в ядерной спектроскопии. Изменение параметров пучка может просто осуществляться поворотом монокристаллической мишени, при этом легко изменять ориентацию плоскости поляризации  $\gamma$ -излучения. В отличие от механизма когерентного тормозного излучения [9], для  $\gamma$ -излучения электронов при плоскостном каналировании удачно сочетаются высокая интенсивность и высокая степень линейной поляризации.

Институт ядерной физики  
Томского политехнического института  
им. С.М.Кирова

Поступила в редакцию  
25 марта 1981 г.

### Литература

- [1] М.А.Кумахов. ЖЭТФ, 72, 1489, 1977.
- [2] В.Н.Байер, В.М.Катков, В.М.Стреховенко. Препринт ИЯФ, 79-7, 1979.
- [3] Yu.N.Adishchev, V.V.Kaplin et. al. Phys. Lett., 75A, 4, 1980.
- [4] L.W.Fagg, S.S.Hanna. Rev. Mod. Phys., 31, 335, 1959.
- [5] В.Б.Берестецкий и др. Релятивистская квантовая теория, ч.1, М., изд. Наука, 1968.
- [6] С.А.Воробьев, В.Н.Забаев и др. Изв. высш. уч. зав., сер. Физика, №9, 98, 1980.
- [7] Сб. "Физика быстрых нейтронов", под ред. Д.Мариона и Д.Фаулера, т.1, М., Госатомиздат. 1963.
- [8] D.Luckey, R.F.Schwitters. Nucl. Instrum. Meth., 81, 164, 1970.
- [9] R.F.Mozley, T.Dewire. Nuovo Cim., 27, 1281, 1963.