

ИЗЛУЧЕНИЕ КАНАЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 4,7 ГэВ в АЛМАЗЕ

А. О. Аганьянц¹⁾, Ю. А. Вартанов¹⁾, Г. А. Вартапетян¹⁾,
М. А. Кумахов, Х. Трикалинос, В. Я. Яралов

Обнаружен эффект увеличения выхода γ -квантов в сравнительно узкой области спектра в два порядка по сравнению с тормозным излучением в неориентированной мишени.

1. В последнее время было высказано предположение о возможности существования нового физического эффекта, — спонтанного γ -излучения релятивистских каналированных частиц [1]. Указание на существование этого эффекта для электронов впервые было получено в [2].

В данной работе получены количественные экспериментальные результаты, строго подтверждающие существование эффекта спонтанного γ -излучения как при осевом, так и при плоскостном каналировании электронов. Интерпретация этих результатов проводится на основе теории [1] с учетом реальных характеристик пучка (его расходимости, вероятности захвата в режим каналирования, распределении каналированных частиц по амплитудам колебаний и т. д.), которые существенно влияют на результат эксперимента.

2. Эксперимент был выполнен на внутреннем пучке Ереванского синхротрона с энергией электронов 4,7 ГэВ с расходимостью пучка $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ рад. В качестве мишени служил монокристалл алмаза с толщиной 100 мк. Ориентация кристалла производилась гониометрическим устройством с точностью $4,5 \cdot 10^{-5}$ рад. Измерения проводились как для осевого каналирования вдоль направления $\langle 100 \rangle$, так и для плоскостного канала (110). γ -пучок был сформирован коллиматором $1,2 \times 1,2$ мм², расположенным на расстоянии 10 м от алмазной мишени.

Измерения энергии фотонов производились с помощью парного магнитного γ -спектрометра. В качестве детектирующей системы γ -спектрометра использовались два сцинтилляционных счетчика, включенных на совпадения. Разрешение спектрометра было порядка $\sim 20\%$. Уровень фона случайных совпадений не превышал $\sim 15\%$ при максимальном числе отчетов спектрометра. Относительное мониторирование числа прохождений электронов через алмаз производилось по высокоэнергетической части тормозного спектра по вторичным γ -квантам с $E_{\gamma} \gtrsim 1$ ГэВ при помощи черенковского счетчика полного поглощения.

На рис. 1 представлен спектр γ -квантов при осевом и плоскостном каналировании. Кроме того, были проведены измерения ориентационной зависимости выхода γ -квантов с фиксированной энергией как для осевого, так и для плоскостного каналирования (рис. 2).

Были получены также зависимости интегрального выхода γ -квантов в интервале энергий γ -квантов $4 \text{ МэВ} \leq E_{\gamma} \leq 4,7 \text{ ГэВ}$. Оказалось, что

¹⁾ Ереванский физический институт.

при осевом каналировании интегральный выход в $\sim 7,5$ раз больше, чем выход в неориентированной мишени. Для плоскостного каналирования это же отношение составляет $\sim 2,7$, т.е. совпадает с результатом [2].

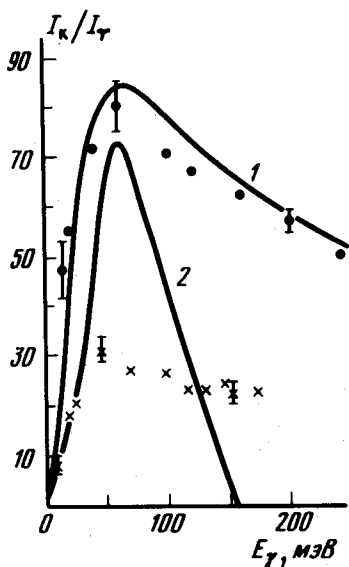


Рис. 1. Отношение выхода γ -квантов при каналировании к выходу γ -квантов в неориентированной мишени: ●●● — эксперимент (ось $\langle 100 \rangle$), ××× — эксперимент (плоскость (110)), кривая 1 — теория (ось $\langle 100 \rangle$), кривая 2 — теория (плоскость (110))

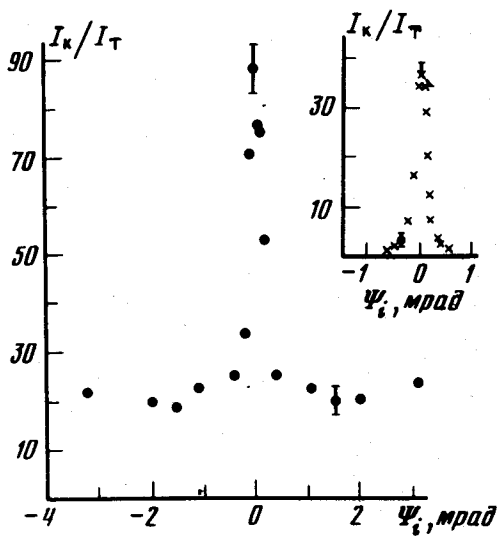


Рис. 2. Ориентационная зависимость выхода γ -квантов с фиксированной энергией к выходу для неориентированной мишени: ●●● — эксперимент (ось $\langle 100 \rangle$); $E_\gamma = 90$ МэВ, ××× — эксперимент (плоскость (100)); $E_\gamma = 45$ МэВ

3. Интерпретация эксперимента проводилась на основе теории [1]. При расходимости пучка $\Delta\bar{\theta} \sim 2 \cdot 10^{-4}$ рад в осевой канал $\langle 100 \rangle$ захватывается $\sim 13\%$ пучка, в режим плоскостного каналирования захва-

тывается $\sim 30\%$ ¹⁾. Была учтена недипольность излучения и влияния высших гармоник для осевого спектра. При расчетах использовался непрерывный линдхардовский потенциал. На рис. 1 (кривая 1) приведен результат расчета для осевого каналирования. Так как деканалирование для данного эксперимента несущественно, оно не учитывалось.

Как видно из рисунка, совпадение экспериментальных результатов с теорией, как по увеличению выхода γ -квантов при каналировании, так и по положению максимума и форме спектра является удовлетворительным.

На рис. 1 (кривая 2) приведен теоретический спектр для плоскостного случая, рассчитанного в дипольном приближении. Как видно, положение рассчитанного максимума отличается от экспериментального. При учете недипольности ожидается сдвиг рассчитанного максимума в сторону низких энергий (соответствующий расчет проводится). Необходимо также отметить, что теоретический расчет увеличения выхода превосходит экспериментальный примерно в два раза. Это, по-видимому, можно объяснить следующим образом.

При получении экспериментальных данных мониторингирование производилось не по первичным электронам, как было указано выше, а по жесткой части тормозного излучения. При этом необходимо учесть, что из-за пространственной перегруппировки потока частиц в плоскостном канале может иметь место увеличение выхода жестких квантов из-за рассеяния электронов ядрами при пересечении атомной плоскости. Предварительные оценки показывают, что при учете этого фактора экспериментальные точки будут лежать примерно вдвое выше, чем на рис. 1, т.е. при этом согласие теории с экспериментом улучшится.

Полученные экспериментальные результаты и их сопоставление с теорией свидетельствует о существовании эффекта спонтанного γ -излучения при каналировании. Целесообразно, однако, дальнейшее экспериментальное и теоретическое исследование этого эффекта.

Институт ядерной физики
Московского
государственного университета
им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию
5 марта 1979 г.

Литература

- [1] М.А. Кумахов. Phys. Lett., 57A, 17, 1976; Phys. Stat. Sol. (b) 84, 41, 1977; М.А. Кумахов. ДАН СССР, 230, 1077, 1976; ЖЭТФ, 72, 1489, 1977.
- [2] А.О. Аганьянц, Н.З. Акопов, Ю.А. Вартанов, Г.А. Вартапетян. Препринт ЕФИ-312 (37)-78; А.О. Аганьянц. Препринт ЕФИ-313 (38)-78. Ереван, 1978 г.

¹⁾ Отсюда ясно, что при малой расходимости пучка, когда процент захваченных в режим каналирования частиц увеличивается, можно ожидать значительно более сильного увеличения выхода γ -квантов при каналировании, чем показано на рис. 1 и рис. 2