

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А.О. АГАНЬЯНЦ, Ю.А. ВАРТАНОВ, Г.А. ВАРТАПЕТИАН

ПОВЕДЕНИЕ ЖЕСТКОЙ ЧАСТИ γ - ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ С
ЭНЕРГИЕЙ 4,4 ГэВ В ОРИЕНТИРОВАННОМ КРИСТАЛЛЕ АЛМАЗА

ЦНИИатоминформ

ЕРЕВАН-1985

© **Центральный научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по атомной науке
и технике (ЦНИИатоминформ) 1985г.**

А.С. АГАНИЕЦ, Ю.А. ВАРТАНОВ, Г.А. ВАРТАПЕТУН

ПОВЕДЕНИЕ ЖЕСТКОЙ ЧАСТИ γ - ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 4,4 ГэВ В ОРИЕНТИРОВАННОМ КРИСТАЛЛЕ АЛМАЗА

Приведены результаты измерений спектра γ - квантов в диапазоне энергий 0,63 - 4,6 ГэВ, излученных электронами с энергией $E_0 = 4,4$ ГэВ, которые проходят кристалл алмаза толщиной 100 мкм под разными углами по отношению к плоскости (110) и оси [100]. При углах влета электронов $\Theta = 0$ и $\Theta = 3 \cdot 10^{-1}$ рад. относительно оси наблюдается значительное по сравнению с разориентированным кристаллом усиление выхода излучения до энергии $E_\gamma = 4$ ГэВ. При $E_\gamma > 2$ ГэВ выход γ - квантов подавляется на $30 - 40\%$. В случае плоскости аномальное поведение выражено слабо.

Брянский физический институт

Брянск 1965

A.O. AHANYANTS, Yu.A. VARTANOV, H.H. VARTAPETYAN

BEHAVIOUR OF HARD PART OF γ -RADIATION OF 4.4 GeV
ELECTRONS IN ORIENTED DIAMOND CRYSTAL

The measurement results for the spectrum of γ -quanta in the energy range 0.03-4.0 GeV, emitted by 4.4 GeV electrons that pass through a 100 μ thick diamond crystal at small angles with respect to the plane (110) and axis [100] are reported. At the electron incidence angles $\theta = 0$ and $\theta = 3 \cdot 10^{-4}$ rad relative to the axis one can observe a considerable (as compared to a disoriented crystal) intensification of the radiation yield up to $E_\gamma = 2$ GeV; at $E_\gamma > 2$ GeV the γ -quanta yield is suppressed by 20 \div 30 %. In the case of plane the anomalous behaviour is less pronounced.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1985

Экспериментальные исследования излучения электронов больших энергий при их пролёте параллельно плоскости и оси различных монокристаллов, в основном, проводились в низкоэнергетической области спектров фотонов, т.е. при $h\omega/E_0 = \alpha < 0,1$; где $h\omega$ — энергия фотона, E_0 — начальная энергия электрона. Исследования более жесткой части спектра при энергии $E_0 \geq 4$ ГэВ представляют двойной интерес [1,2]. В процитированных работах обращено внимание на следующие важные обстоятельства.

I. Авторы работы [1] считают, что при осевом каналировании электронов высоких энергий, помимо уже известного интенсивного низкочастотного излучения [3,4], должно возникать также мощное излучение при высоких частотах, которое они называют электрическим синхротронным. Используемое при расчетах [1] синхротронное приближение становится справедливым для алмаза, начиная с энергии 3,7 ГэВ, и по мнению авторов работы [1], экспериментальные результаты до $\alpha = 0,05$, полученные ранее нами (см. работу [1]) и в ЦЕРНе [5], не противоречат их теории, но результаты с электронами пока еще недостаточно полные; необходи-

мо продолжить измерения при больших α , чем это сделано.

2. Излучение вблизи верхней границы тормозного спектра в ориентированном кристалле обязано взаимодействию с малыми прицельными параметрами и не связано с когерентными явлениями. Именно это обстоятельство лежит в основе другой работы [2]. Электроны в режиме осевого [2] и плоскостного [2,6] каналирования ближе подходят к ядрам кристалла и потому интегральные выходы как ядерных реакций, так и излучения при α , близких к 1, значительно усиливаются по сравнению с соответствующим аморфным веществом эквивалентной радиационной толщины. Надбарьерные же электроны дают вклад не выше аморфного уровня [2] и потому отмеченные особенности взаимодействия можно использовать для идентификации режима прохождения электронов вблизи кристаллических осей и плоскостей, что представляется важным для выяснения полной картины взаимодействия.

Постановка эксперимента стимулирована ситуацией и возможностями, описанными в пунктах 1 и 2.

Измерения спектров фотонов при различных ориентациях монокристалла алмаза толщиной 100 мкм и в широком диапазоне $0 < \alpha \leq 1$ проводились на внутренней трубке Бреванского синхротрона с энергией электронов $E_0 = 4,4$ ТэВ и монохроматичностью $\sim 0,6\%$. Расходимость пучка, определенная по характеристикам синхротронного излучения, была не хуже $5 \cdot 10^{-5}$ рад., что меньше критического угла каналирования Линдхарда в плоскости ($\theta_k \approx 10^{-4}$ рад.) и оси ($\theta_k \approx 3 \cdot 10^{-4}$ рад.) монокристалла алмаза.

Относительное количество прохождений электронов через исследуемую мишень определялось по синхротронному излучению элек-

тронов при помощи монитора вторичной эмиссии, который был размещен в вакуумной трубке ускорителя.

Энергия γ - квантов измерялась парным магнитным спектрометром с точностью $\sim 10\%$ до $x < 0,05$ и $5-3\%$ при $x > 0,05$.

Гониометрическое устройство позволило устанавливать необходимую ориентацию осей и плоскостей с точностью $4,5 \cdot 10^{-5}$ рад.

На рисунке приведены измеренные спектры, которые нормировались на соответствующий выход от разориентированного кристалла. Верхняя часть рисунка представляет результаты при коллимации излучения в угле $\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$ рад., нижняя часть рисунка - соответственно $\pm 3 \cdot 10^{-4}$ рад., что равнозначно отсутствию коллимации, так как в таких условиях от кристалла регистрируется практически всё излучение.

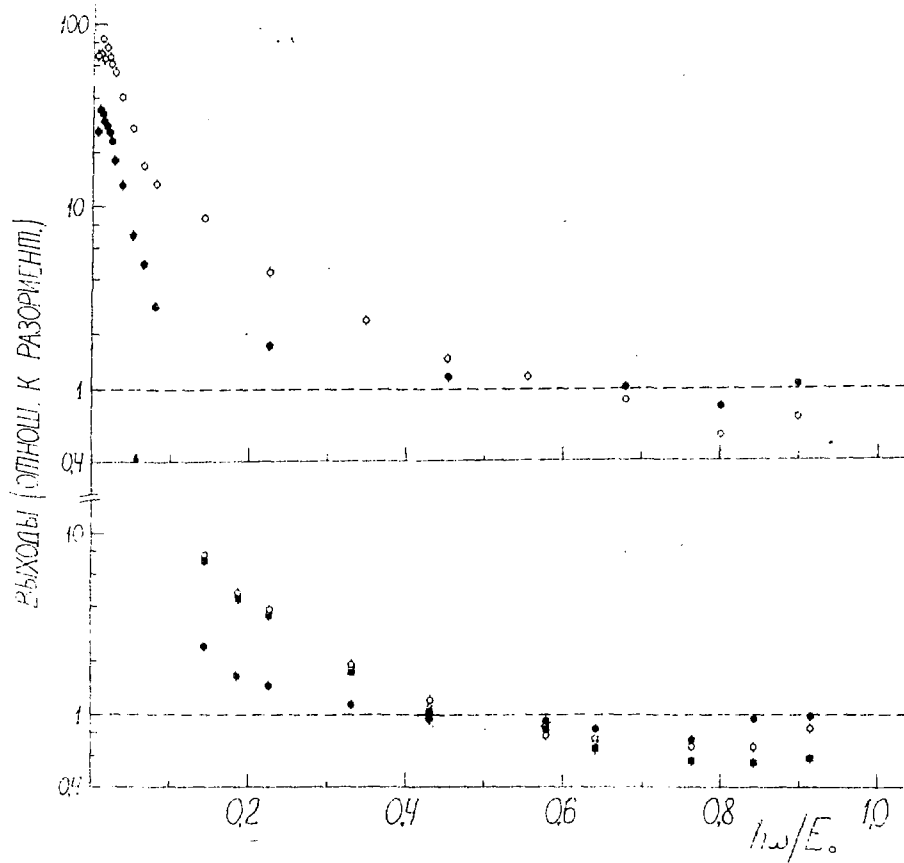
Из рисунка видно, что, наряду с интенсивной эмиссией фотонов при малых x в случае оси [100] значительное усиление излучения наблюдается до $x \approx 0,3 - 0,4$, причем относительные выходы при $x \geq 0,15$ слабо зависят от коллимации пучка и не изменяются даже при угле влёта относительно оси $\theta = 2,7 \cdot 10^{-4}$ рад., превышающей критический угол Линдхарда. Последнее в работе [1] не предсказывалось.

Усиление излучения от позитронов примерно той же энергии, что и у нас, и той же ориентации кристалла алмаза, как это следует из экспериментальной работы [7], выполненной недавно, выражено слабее по сравнению с электронами и оно прекращается при меньших x .

Из рисунка также видно, что в крайне жёсткой части спектра при $x > 0,5$ выходы излучения при прохождении электронов парал-

дельно плоскости (110) мало отличаются от случая разориентированного кристалла. При углах влёта $\Theta = 0$ и $\Theta = 2,7 \cdot 10^{-4}$ рад. относительно оси $[100]$ соответствующие выходы заметно подавлены по сравнению с разориентированным кристаллом даже при угле колебания $\pm 3 \cdot 10^{-4}$ рад. Заметим, что указанный угол колебания почти в 3-раза превышает характерный угол излучения $1/\gamma$, где γ - лоренц-фактор первичного электрона.

Таким образом, независимо от колебаний, ни в случае плоскости, ни в случае оси не наблюдается превращение выходов [2,6] крайне жесткой части спектра по сравнению с разориентированным кристаллом, которое мы знаем вкратце, если бы канализованные электроны составляли заметную долю проникающего пучка.



Спектры излучения электронов из монокристалла алмаза
толщиной 100 мкм при углах влёта:

относительно плоскости (110) ● - ($\theta = 0$), относитель-
но оси [100] ○ - ($\theta = 0$), ■ - ($\theta = 3 \cdot 10^{-4}$ рад.).

Верхняя часть рисунка соответствует коллимации
 $\pm 1,5 \cdot 10^{-4}$ рад, нижняя часть $\pm 3 \cdot 10^{-4}$ рад.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kimbal J.C., Cue N. Synchrotron radiation and channeling of ultrarelativistic particles. - *Phys.Rev.Lett.*, 1984, v.52, n.1747.
2. Шульга Н.Ф., Трутень В.И., Фомин С.П. Ориентационные эффекты при взаимодействии частиц высокой энергии с цепочками атомов кристалла. *ЖЭТФ*, 1984, т.87, с.250.
3. Аганьянц А.О., Вартанов Ю.А., Вартапетян Г.А. и др. Излучение каналированных электронов с энергией 4,7 ТэВ в алмазе. Письма в *ЖЭТФ*, 1979, т.29, с.554.
4. Beloshitsky V.V., Komarov F.F. Electromagnetic radiation of relativistic channeling particles. - *Phys.Rev.*, 1982, v.93, n.119.
5. Atkinson M., Bak J.F., Bussey P.J. et al. Radiation from planar channelled 5-55 GeV/c positrons and electrons. - *Phys.Lett.*, 1982, v.110 B, n.162.
6. Каган Е.А., Бабакин С.В., Кононец К.В. Особая роль надбарьерных состояний в картине каналирования электронов в кристаллах. Письма в *ЖЭТФ*, 1980, т.31, с.776.
7. Cue N., Marsh B.B., Pisharody et al. Observation of electric synchrotron radiation in a crystal. - *Phys.Rev.Lett.*, 1984, v.53, n.972.

Рукопись поступила 26 июня 1985 г.

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ