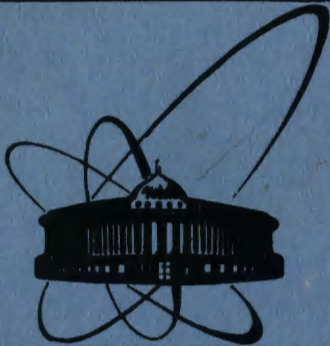


120/xu - 83



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6487/83

1-83-640

ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 10 ГэВ
В МОНОКРИСТАЛЛЕ КРЕМНИЯ
В ПРОЦЕССЕ ОСЕВОГО КАНАЛИРОВАНИЯ

Сотрудничество: Дубна-Алма-Ата-Батавия-
Ленинград-Москва-Олбани-
Сверк-Харьков-Черкесск

Направлено в журнал "Physics Letters"

1983

Н.К.Булгаков, А.С.Водопьянов, В.М.Головатюк, З.Гузик, Н.И.Зимин,
И.М.Иванченко, Р.Б.Кадыров, Н.Н.Карпенко, Т.С.Нигманов,
В.В.Пальчик, В.Д.Рябцов, И.А.Тяпкин, Д.В.Уральский, Н.А.Филатова,
Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А.Н.Искаков
Казахский государственный университет, Алма-Ата, СССР

Р.Карриган /мл./, Т.Туиг
Национальная ускорительная лаборатория им. Э.Ферми, Батавия, США

В.В.Авдейчиков
Радиевый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград, СССР

В.И.Глебов, Э.И.Денисов
Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова, Москва, СССР

С.В.Игнатьев, Ю.В.Нильсен, Б.А.Юрьев
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
Москва, СССР

В.Гибсон, С.Кармак, И.Дж.Ким, Ч.Сан
Государственный университет штата Нью-Йорк, Олбани, США

И.Войтковска, А.Форыцки
Институт ядерных исследований, Свекр, ПНР

Г.Д.Коваленко, Б.И.Шраменко
Харьковский физико-технический институт, Харьков, СССР

М.Д.Бавижев
Ставропольский политехнический институт, Черкесск, СССР

Экспериментальные исследования излучения каналированных электронов и позитронов высоких энергий, выполненные в ряде лабораторий^{/1-4/}, подтвердили теоретические предсказания^{/5/} об увеличении спектральной плотности излучения по сравнению с аморфным телом в относительно узкой области энергий γ -квантов.

В данной работе приводятся результаты исследования излучения электронов, каналированных вдоль оси $\langle 111 \rangle$ монокристалла кремния толщиной 41 мкм.

Экспериментальная установка и ее основные характеристики описаны в работах^{/3,6/}. С помощью дрейфовых камер, входящих в спектрометр, измерялись координаты электронов, прошедших через установку, что позволяло определять углы входа частиц в кристалл с точностью около 7 мкрад, а углы выхода - около 30 мкрад. По отклонению электронов в анализирующем магните определялся их вторичный импульс после взаимодействия с кристаллом, а идентификация осуществлялась черенковскими счетчиками полного поглощения, выполненными из свинцового стекла. Вторичный импульс электрона измерялся в интервале 7-10 ГэВ/с, что определялось апертурой координатного детектора.

Энергия γ -квантов измерялась сцинтилляционным детектором на основе кристалла CsJ(Tl), окруженным свинцовой защитой, и счетчиками антисовпадений. Детектор калибровался с помощью радиоактивных источников ^{137}Cs , ^{60}Co , $\text{Pb} - \text{Be}$. В процессе набора статистики производилось относительное мониторирование по ионизационным потерям μ -мезонов с помощью процедуры "меченых" фотонов, когда энергия γ -квантов сравнивалась с потерями энергии электронов. Среднеквадратичная ошибка в измерении энергии γ -квантов в области 100 МэВ составляла около 1%. Апертура коллиматора, расположенного перед детектором, позволяла измерять излучение в пределах ± 1 мрад. С помощью отклоняющих магнитов, а также в результате минимизации вещества сцинтилляционных счетчиков и вакуумирования рабочей области установки количество вещества, дающего фоновое тормозное излучение, было уменьшено до 5×10^{-4} радиационных длин.

Пучок электронов с импульсом 10 ГэВ/с, импульсным разбросом примерно 1,3%, примесью адронов не более 0,5% имел угловую расходимость по вертикали и горизонтали около 1 мрад.

Передняя полированная грань монокристалла, перпендикулярная оси $\langle 111 \rangle$, использовалась для его предварительной юстировки по отраженному лазерному лучу. Кристаллографические оси и плоскости идентифицировались по пикам в распределении вероятности излучения γ -квантов при вращении кристалла в гониометре.

и изогнутостью поверхности кристалла, увеличивается приблизительно до 10 мкрад. Развертка распределения /рис.1/ вокруг оси кристалла для событий с полярным углом θ_p больше 200 мкрад /рис.3/ отчетливо иллюстрирует плоскости /110/, заметны также более слабые плоскости.

Представляют интерес данные по динамике потока электронов при их движении через кристалл. На рис.4 представлена зависимость среднеквадратичного угла многократного рассеяния от полярного угла входа электрона в кристалл. Из этого рисунка следует, что, как и ожидалось для данной толщины кристалла, электрон имеет наибольший среднеквадратичный угол рассеяния в случае, когда угол его падения примерно равен углу Линдхарда. Вплоть до углов около 600 мкрад /примерно 4 критических угла/ электроны имеют аномально большое рассеяние, а для больших углов взаимодействуют с кристаллом практически как с аморфным телом.

На рис.5 показана зависимость числа γ -квантов от угла входа электрона относительно оси кристалла. Выход γ -квантов максимален при углах около 30 мкрад. Пунктиром показано экспериментально измеренное число γ -квантов, образованных в результате тормозного излучения из алюминиевой мишени.

На рис.6а показана спектральная плотность излучения электронов для событий с углами входа относительно кристаллографической оси меньше 100 мкрад, а на рис.6б - такое же распределение для событий с углами меньше 60 мкрад /примерно половина критического угла каналирования/. Здесь же пунктиром показана спектральная плотность излучения из алюминиевой мишени. Как видно из этих рисунков, максимум спектральной плотности лежит в области энергий γ -квантов около 150 МэВ, а его величина превышает

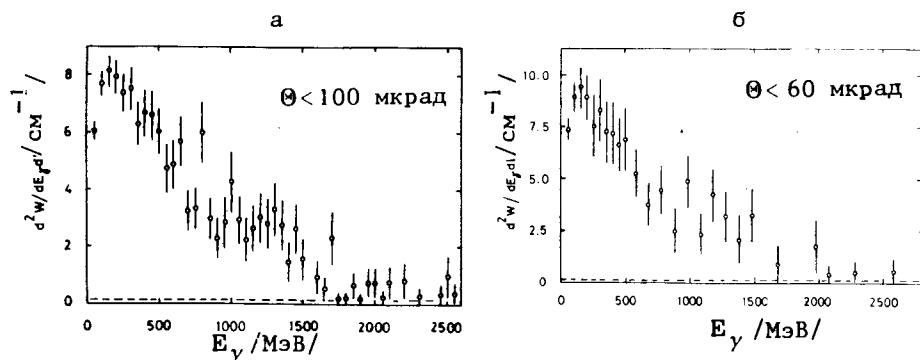


Рис.6. Спектральная плотность излучения электронов в зависимости от энергии γ -квантов для электронов с углами падения: а/ от нуля до 100 мкрад; б/ от 0 до 60 мкрад.

Пунктирной линией обозначена измеренная спектральная плотность излучения из алюминиевой мишени.

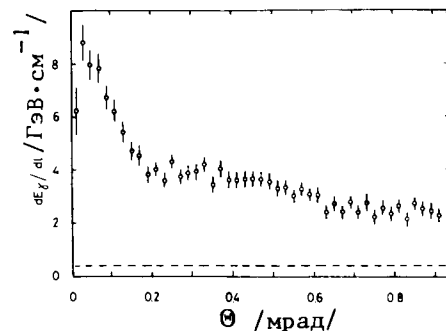


Рис.7. Зависимость радиационных потерь энергии электроном на излучение γ -квантов в области от 20 до 3000 МэВ от полярного угла входа относительно оси $\langle 111 \rangle$. Пунктиром обозначен уровень энергетических потерь на алюминиевой мишени.

уровень тормозного излучения из аморфной мишени приблизительно в 70 раз. В этих распределениях вычтена спектральная плотность фонового излучения, определенная по измерениям без мишени. Ее величина составляла 3,6% от максимальной величины эффекта на кристалле кремния и около 11% от уровня излучения использованной алюминиевой мишени толщиной 950 мкм.

На рис.7 показана ориентационная зависимость потери энергии электроном в диапазоне энергий γ -квантов от 20 до 3000 МэВ от угла падения относительно оси, пересчитанная на толщину кристалла 1 см. Максимум этого распределения находится также вблизи 30 мкрад и составляет 8,8 ГэВ.

В заключение авторы выражают благодарность академику Н.Н.Боголюбову, профессору Л.Ледерману, академикам А.М.Балдину и А.А.Логуну за поддержку данной работы, коллективу Лаборатории высоких энергий ОИЯИ и персоналу ускорителя ИФВЭ в Серпухове за помощь при проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошниченко И.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, с. 786.
2. Авакян Р.О. и др. ЯФ, 1982, т. 35, с. 387.
3. Filatova N.A. et al. Phys.Rev.Lett., 1982, v. 48, p. 488.
4. Atkinson M. et al. Phys.Lett., 1982, 110B, p. 162.
5. Kumakhov M.A. Phys.Lett., 1976, 57A, p. 17; ЖЭТФ, 1977, т. 72, с. 1489.
6. Filatova N.A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1983, vol.211, No.23, p.353.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 сентября 1983 года.

Булгаков Н.К. и др.

1-83-640

Излучение электронов с энергией 10 ГэВ в монокристалле кремния в процессе осевого каналирования

Приведены результаты исследования излучения, возникающего в процессе осевого каналирования электронов с энергией 10 ГэВ в монокристалле кремния толщиной 41 мкм. Спектральная плотность излучения имеет максимум в области энергий γ -квантов около 150 МэВ и для частиц с углами относительно оси $\langle 111 \rangle$ до 60 мкрад превышает тормозное излучение из аморфной мишени приблизительно в 70 раз.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Bulgakov N.K. et al.

1-83-640

Radiation Due to the Axial Channeling of 10 GeV Electrons in a Silicon Single Crystal

The results are presented of an investigation of the radiation from axial channeling of 10 GeV electrons passing through a 41 μm thick silicon crystal. The spectral density of the radiation has a peak at a photon energy of approximately 150 MeV, which, for particles incident at angles less than 60 μrad to the $\langle 111 \rangle$ axis, is found to be about 70 times the magnitude of that from an amorphous target.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой