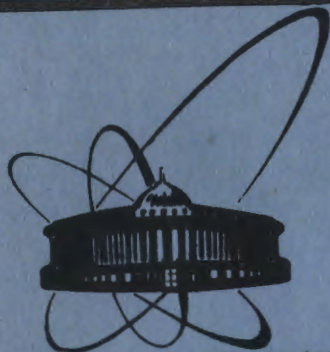


12/xii-83



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

6488/83

1-83-603

УГЛОВЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАММА-КВАНТОВ,  
ИЗЛУЧАЕМЫХ ПРИ КАНАЛИРОВАНИИ  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПОЗИТРОНОВ

Направлено в журнал  
"Письма в ЖЭТФ"

1983



Н.К.Булгаков, А.С.Водопьянов, И.Войтковска, В.М.Головатюк,  
Э.Гузик, Н.И.Зимин, И.М.Иванченко, Р.Б.Кадыров, Т.С.Нигманов,  
В.Д.Рябцов, И.А.Тяпкин, Н.А.Филатова, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов,  
А.Форуцки.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна.

М.Д.Бавижев.

Филиал Ставропольского политехнического института, Черкесск.

И.Н.Ивахненко, Ю.В.Нильсен, Б.А.Юрьев.

НИИЯФ МГУ, Москва.

Р.Карриган /мл./, Т.Туиг.

Национальная ускорительная лаборатория им.Ферми, Батавия, США.

У.Гибсон, Ч.Сан, Р.Вонг.

Университет штата Нью-Йорк, Олбани, США.

В последнее время выполнен ряд экспериментов по исследованию излучения каналированных частиц высокой энергии/1-4/. Однако до настоящего времени отсутствуют данные, показывающие угловые характеристики излучаемых гамма-квантов.

В работе приводятся угловые и спектральные характеристики излучения позитронов, каналированных плоскостью (110) монокристалла кремния толщиной 113 мкм.

Работа выполнена на установке "Кристалл"/5/. Спектрометр позволяет измерять углы входа позитронов в кристалл с точностью около 6 мкрад /стандартное отклонение/. С помощью дрейфовой камеры со встроенным конвертором/6/ определяется вертикальная проекция угла вылета гамма-квантов из кристалла с точностью около 4 мкрад /стандартное отклонение/. Энергия гамма-квантов определяется детектором на основе кристалла CsJ(Tl). В рабочих условиях для гамма-квантов с энергией 100 МэВ детектор имеет разрешение около 3% /ширина распределения на полувысоте/.

На рис.1 представлена зависимость спектральной плотности излучения от энергии гамма-квантов для событий с углами входа позитронов в кристалл в диапазоне 0-40 мкрад. Критический угол каналирования плоскостью (110) монокристалла кремния для позитронов с энергией 10 ГэВ составляет около 60 мкрад. Регистрировались гамма-кванты с углами вылета из кристалла в интервале  $\pm 1$  мрад в обеих проекциях. На том же рисунке показан результат измерения спектральной плотности излучения на алюминиевой мишени /штрих-пунктирная кривая/, который удовлетворительно совпадает с расчетом /0,12 см<sup>-1</sup>/, выполненным согласно/7/. Пик для гамма-квантов с энергией около 60 МэВ соответствует излучению при переходах между соседними уровнями поперечной энергии позитронов /первая гармоника излучения/ и хорошо описывается в приближении, где излучение определяется только ускорением частицы /дипольное приближение//8/. Для позитронов с энергией 10 ГэВ нарушение дипольности проявляется в появлении заметной вероятности излучения второй и третьей гармоник, т.е. переходов между более удаленными уровнями /пики при энергиях около 120 и 200 МэВ/. Отношение между величинами спектральных плотностей излучения первой и второй гармоник составляет около 1,5 $\pm$ 0,1. Отношение величин спектральных плотностей для гамма-квантов с энергиями 60 и 90 МэВ /минимум между первой и второй гармониками/ составляет 2,1 $\pm$ 0,2.

В эксперименте/3/ получено соответственно 1,5 $\pm$ 0,2 и 2,0 $\pm$ 0,2, что хорошо совпадает с нашими данными. Величина отношения спект-

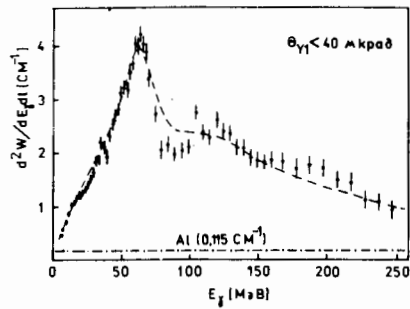
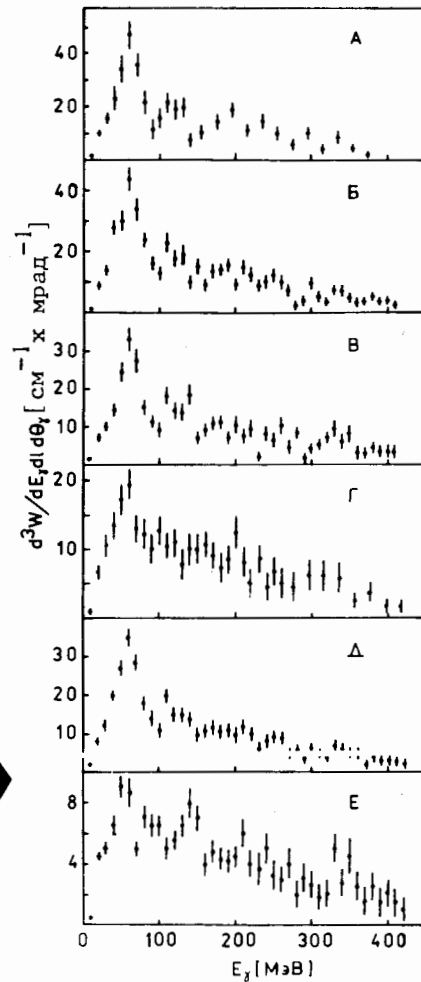


Рис.1. Спектральная плотность излучения в зависимости от энергии гамма-квантов. Распределения нормированы на один падающий позитрон.

рис.2. зависимости спектрально-угловой плотности излучения от энергии гамма-квантов. Распределения построены для событий, в которых гамма-кванты излучались в угловой интервал 0-10/А/, 0-20/Б/, 20-40/В/, 40-60/Г/, 0-50/Д/, 50-100 мкрад /Е/.



ральных плотностей излучения на первой и второй гармониках показывает также, что излучение носит существенно недипольный характер. Как видно, из штриховой кривой на рис.1, данные хорошо согласуются с расчетом, выполненным согласно/8/.

Зависимость спектрально-угловой плотности излучения от энергии гамма-квантов для частиц, имеющих угол входа в диапазоне 0-40 мкрад, изучена для нескольких интервалов углов вылета гамма-квантов /рис.2/. Отмечалось/8/, что коллимация пучка гамма-квантов под малыми углами относительно проекции импульса частиц на кристаллографическую плоскость приводит к выделению в спектре излучения позитронов гамма-квантов с энергией, соответствующей

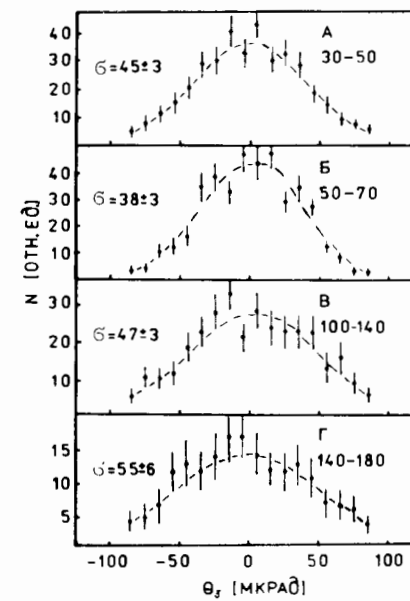


Рис.3. Распределение событий по углам вылета гамма-квантов из кристалла. Распределения построены для гамма-квантов в различных диапазонах энергии. Границы диапазонов указаны в правом углу каждого графика. Штрихами проведены кривые, полученные при аппроксимации экспериментальных данных распределением Гаусса. В левом углу каждого графика указаны стандартные отклонения для приведенных кривых.

максимальной для каждой гармоники. Коллимация пучка гамма-квантов, даже в одной проекции, приводит к изменению формы зависимости спектральной плотности излучения от энергии. Соотношения между величинами спектральной плотности излучения для гамма-квантов с энергией 60 и 120 МэВ, испущенных под углом 0-10 мкрад /рис. 2А/, составляет теперь  $2,6 \pm 0,5$ , т.е. происходит некоторое относительное уменьшение спектральной плотности излучения на максимальной энергии второй гармоники. Из-за недипольности излучения в величину спектральной плотности для гамма-квантов с энергией около 60 и 120 МэВ дает некоторый вклад излучение более высоких гармоник, происходящее под большими углами относительно проекции импульса позитрона на кристаллографическую плоскость. Доля излучения высоких гармоник в области энергии около 120 МэВ больше, чем в области 60 МэВ, поэтому коллимация пучка гамма-квантов вокруг направления вперед приводит к более сильному подавлению излучения для гамма-квантов с энергией около 120 МэВ. Отношение спектральных плотностей для гамма-квантов с энергией 60 и 90 МэВ для излучения, коллимированного вперед /рис. 2А/, составляет  $5,3 \pm 1,5$ . Это говорит о том, что для излучения под малыми углами относительно кристаллографической плоскости действительно происходит подавление излучения с энергией ниже максимальной для той гармоники, на которой происходит переход. Для получения еще более узких пиков в спектре излучения, по-видимому, необходимо выбирать частицы с углами вылета гамма-квантов, близкими к проекции импульса позитрона на кристаллографическую плоскость. Спектральная плотность излучения на рис.2А для гамма-квантов с энергией 60 МэВ в  $49 \pm 5$  раз превосходит соответствующую величину для алюминиевой мишени. Для распределения на рис.1 это превышение составляет  $36 \pm 1$  раз.



На рис.3 представлены распределения гамма-квантов по углам вылета из кристалла относительно плоскости (110) для частиц, имеющих угол входа в кристалл в диапазоне 0-40 мкрад. Видно, что для этих /каналированных/ частиц гамма-кванты излучаются в узкий угловой интервал /меньше +100 мкрад/ при всех рассматриваемых энергиях. Распределение на рис.3Б имеет наименьшую ширину. При построении этого распределения отбирались гамма-кванты с энергией, максимальной для первой гармоники. Его ширина определяется в основном недипольностью излучения и ангармонизмом потенциала, в котором движется позитрон/8/. Однако даже для случая дипольного излучения в гармоническом потенциале ширина зависимости, аналогичной показанной на рис.3Б, должна быть конечной и определяется в основном распределением каналированных позитронов по поперечной энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Головатюк В.М. и др. ОИЯИ, Д1-81-592, Дубна, 1981.
2. Мирошниченко И.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, с.786.
3. Atkinson M. et al. Phys. Lett., 1982, 110В, р.162.
4. Авакян Р.О. и др. ЯФ, 1982, 35, с.387.
5. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, Р13-82-547, Дубна, 1982.
6. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, Р13-81-644, Дубна, 1981.
7. Yung-Su Tsui. Rev. of Mod. Phys., 1974, vol.46, р.815.
8. Базылев В.А. и др. ЖЭТФ, 1980, 78, с.62.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 августа 1983 года.

Булгаков Н.К. и др.

1-83-603

Угловые и энергетические распределения гамма-квантов, излучаемых при каналировании релятивистских позитронов

В работе представлены результаты экспериментального исследования угловых распределений гамма-квантов, излучаемых при плоскостном каналировании позитронов с энергией 10 ГэВ в монокристалле кремния толщиной 113 мкм. Приводятся зависимости спектрально-угловой плотности излучения от энергии для различных углов вылета гамма-квантов из кристалла.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Bulgakov N.K. et al.

1-83-603

Angular and Energy Distributions of Gamma-Quanta Emitted at Channeling of Relativistic Positrons

The results of experimental investigation of angular distributions of gamma-quanta irradiated at planar channeling of 100 GeV positrons in a monocrystal 113  $\mu\text{m}$  thick are presented. The dependencies of radiation spectral angular density on energy for different angles of gamma-quanta emission from the crystal are given.

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