

МОНОХРОМАТИЧЕСКИЕ ГАММА-КВАНТЫ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ ОТ АННИГИЛЯЦИИ ПОЗИТРОНОВ В МОНОКРИСТАЛЛЕ КРЕМНИЯ

*Г.Л.Бочек, В.И.Витко, И.А.Гришаев, Г.Д.Коваленко,
В.И.Кулибаба, В.Л.Мороховский, Б.И.Шраменко*

Показано, что эффект каналирования позитронов с энергией 1 Гэв в монокристалле кремния толщиной 300 мкм приводит к существенному изменению спектра излучения каналирующих позитронов по сравнению со спектром излучения позитронов на аморфной мишени: интенсивность тормозного излучения ($I_{\text{торм}}$) уменьшается в 4,4 раза, а аннигиляционного ($I_{\text{анниг}}$) – в 1,6 раза, что приводит к увеличению отношения $I_{\text{анниг}} / I_{\text{торм}}$ в 2,7 раза.

В работе [1] нами было высказано предположение о том, что применение монокристалла в качестве аннигиляционной мишени для полу-

ния монохроматических гамма-квантов путем аннигиляции позитронов на лету может дать существенные преимущества перед аморфной мишенью: 1) увеличение отношения интенсивности аннигиляционного излучения к интенсивности тормозного ($I_{\text{анниг}}/I_{\text{торм}}$); 2) повышение $I_{\text{анниг}}$ за счет увеличения толщины монокристалла с сохранением степени монохроматичности.

Основанием для такого предположения послужило обнаружение эффекта каналирования позитронов высокой энергии в монокристалле кремния [2], который проявляется как в уменьшении (по сравнению с аморфной мишенью) сечения тормозного излучения позитронов, захваченных в канал [3], так и в постоянстве угловой расходимости каналирующих позитронов [1]; последнее позволяет без ухудшения степени монохроматичности аннигиляционного излучения увеличить толщину монокристалла, а, следовательно, и величину $I_{\text{анниг}}$.

Нами проведено экспериментальное исследование процесса аннигиляции позитронов на лету в монокристалле кремния толщиной 300 мкм при различных ориентациях кристаллографической оси [111] относительно направления пучка позитронов.

Наибольший интерес представляет сравнение спектров излучения позитронов для случаев, когда ось кристалла совпадает с направлением пучка позитронов (при этом позитроны каналируют) и когда ось кристалла повернута на значительный угол по отношению к направлению пучка позитронов (при этом условия излучения позитронов в кристалле близки к условиям излучения в аморфной мишени).

Исследования проводились на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-2 Гэв ФТИ АН УССР.

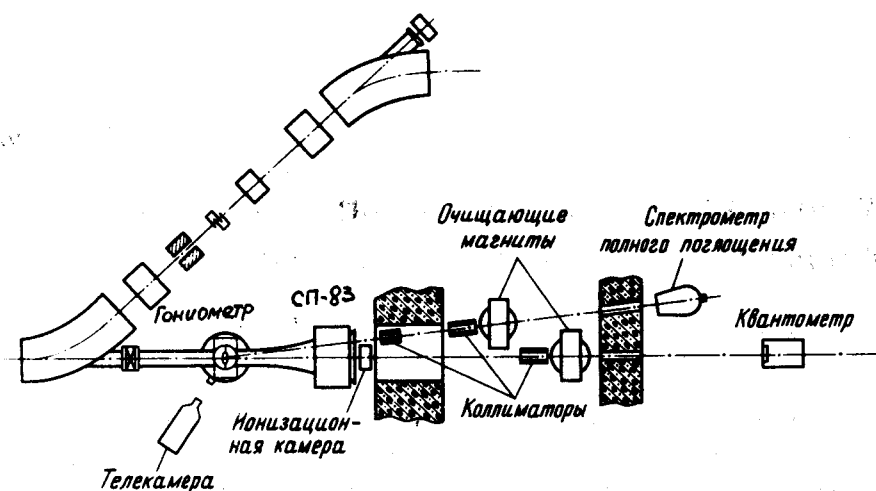


Рис. 1. Схема эксперимента

Схема эксперимента показана на рис. 1. Позитроны с энергией 1 Гэв и энергетическим разбросом $\Delta E/E \approx 2\%$ направлялись на монокристалл, установленный в гониометре.

Ориентирование монокристалла производилось путем измерения зависимости полного потока энергии тормозного излучения позитронов от угла Ψ между осью кристалла [111] и направлением пучка позитронов [2].

Поток энергии тормозного излучения регистрировался квантометром, спектры гамма-квантов измерялись под углом $\theta = 2 \cdot 10^{-2}$ рад с помощью черенковского спектрометра полного поглощения [4] с энергетическим разрешением 13% при энергии 1 Гэв. Величина угла θ выбиралась из расчета обеспечения оптимальных условий наблюдения аннигиляционного излучения на фоне тормозного [5].

Результаты измерений представлены на рис. 2 зависимостями числа гамма-квантов (числа счетов в каналах амплитудного анализатора) — N_γ от энергии гамма-квантов в Мэв — E_γ .

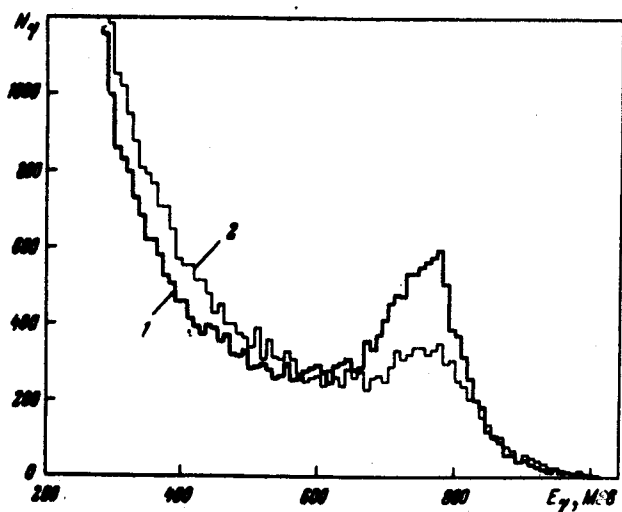


Рис. 2. Спектры аннигиляционных гамма-квантов для двух ориентаций оси [111] монокристалла Si относительно направления позитронного пучка: гистограмма 1 — угол $\Psi = 0$; гистограмма 2 — угол $\Psi = 3 \cdot 10^{-2}$ рад

Для наглядности сопоставления результатов измерения выполнялись так, чтобы число зарегистрированных гамма-квантов для гистограмм 1 и 2 было одинаковым (площади под гистограммами равны).

Оказалось, что гистограмме 1, в отличие от гистограммы 2, соответствует в 3,5 раза большее число позитронов, прошедших через кристалл, поскольку взаимодействие каналирующих позитронов с атомами решетки кристалла ослабляется.

Эффект каналирования позитронов приводит также, как видно из рис. 2, к существенному изменению спектра излучения каналирующих позитронов по сравнению со спектром излучения позитронов и аморфной мишени: интенсивность тормозного излучения уменьшается в 4,4 раза, а интенсивность аннигиляционного — в 1,6 раза. В результате этого отношение $I_{\text{анниг}}/I_{\text{торм}}$, которое является одним из основных показателей качества пучков монохроматических гамма-квантов, увеличивается в 2,7 раза.

Ширина аннигиляционного пика обусловлена главным образом энергетическим разрешением спектрометра и соответствует истинной ширине (6%), задаваемой геометрией опыта.

Таким образом, предварительные результаты исследования влияния каналирования на аннигиляцию позитронов в монокристалле кремния показывают, что увеличение отношения $I_{\text{анниг}}/I_{\text{торм}}$ на кристалле по сравнению с аморфной мишенью открывает возможности получения пучков монохроматических гамма-квантов с высокими параметрами и использования их в ядерной физике и физике высоких энергий.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.М.Кобезскому, В.И.Попенко, а также персоналу ускорителя за обеспечение необходимых параметров позитронного пучка.

Физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
28 апреля 1976 г.

Литература

- [1] И.А.Гришаев, Г.Д.Коваленко, В.И.Кулибаба, В.Л.Мороховский, Б.И.Шраменко. Труды V Всесоюзного совещания по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами. М., изд. МГУ, 1974 г. стр. 277.
- [2] В.Л.Мороховский, Г.Д.Коваленко, И.А.Гришаев, А.Н.Фисун, В.И.Касилов, Б.И.Шраменко, А.Н.Креницын. Письма в ЖЭТФ, 16, 162, 1972.
- [3] Г.Л.Бочек, И.А.Гришаев, Г.Д.Коваленко, Б.И.Шраменко. Труды VI Всесоюзного совещания по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами. М., изд. МГУ, 1975, стр. 256.
- [4] Б.И.Шраменко, А.Н.Креницын, И.А.Гришаев. Сб. "Вопросы атомной науки и техники", серия "Физика высоких энергий и атомного ядра", вып. 5, Харьков, 1973, стр. 70.
- [5] Е.В.Буляк, И.А.Гришаев, Ю.Б.Жебровский, А.Н.Креницын, В.И.Кулибаба, В.И.Касилов, Н.А.Коваленко, В.Л.Мороховский, Б.И.Шраменко. Сб. "Вопросы атомной науки и техники", серия "Физика высоких энергий и атомного ядра", вып. 5, Харьков, 1975, стр. 66.