

ОТКЛОНЕНИЕ ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР УГЛЕРОДА С ИМПУЛЬСОМ 53 ГэВ/с ИЗОГНУТЫМ МОНОКРИСТАЛЛОМ КРЕМНИЯ

*Л.И.Бельзер*¹⁾, *В.А.Бодягин*¹⁾, *И.Н.Варданян*¹⁾, *А.М.Грибушин*¹⁾
*А.А.Ершов*¹⁾, *Н.А.Жарков*²⁾, *А.Д.Кириллов*, *О.Л.Кодолова*¹⁾
Л.Н.Комолов, *Р.И.Кукушкина*, *П.А.Рукояткин*, *Л.И.Сарычева*¹⁾,
А.Л.Светов, *И.Н.Семенюшкин*, *Н.Б.Синев*¹⁾

Экспериментально показано, что с помощью изогнутого монокристалла можно управлять траекториями релятивистских ядер. Ядра углерода с импульсом 53 ГэВ/с, захваченные в процессе плоскостного каналирования изогнутым монокристаллом кремния, отклонялись на угол около 65 мрад.

¹⁾ Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва.
²⁾ Научно-исследовательский институт "Вента", Вильнюс.

После того, как эффект поворота пучка заряженных частиц за счет каналирования в изогнутом монокристалле был предсказан ¹, а затем экспериментально установлен ², стало очевидным его практическое значение для экспериментальной физики высоких энергий.

Целью настоящего опыта являлась проверка этого эффекта для релятивистских ядер. Эксперимент выполнен на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий ОИЯИ с использованием установки СМС-НИИЯФ МГУ.

Пучок ускоренных ядер углерода ^{12}C с импульсом $P_0 = 53 \text{ ГэВ/с}$ и интенсивностью 10^5 ядер/цикл, выводился из синхрофазотрона за время 0,3 с.

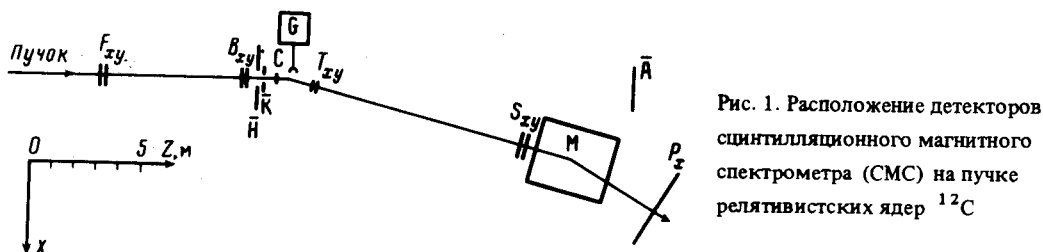


Рис. 1. Расположение детекторов сцинтилляционного магнитного спектрометра (СМС) на пучке релятивистских ядер ^{12}C

Одноплечевой сцинтилляционный магнитный спектрометр (СМС) НИИЯФ МГУ работал на линии с ЭВМ СМ-3. Схема расположения детекторов приведена на рис. 1. Установка включала в себя сцинтилляционные счетчики \bar{K} , C , \bar{A} , многоканальные сцинтилляционные годоскопы F_{xy} , B_{xy} , T_{xy} , S_{xy} , P_x , анализирующий магнит M и гониометр G с изогнутым монокристаллом кремния. В качестве координатных детекторов использовались годоскопы, составленные из тонких сцинтилляторов с поперечным сечением $4 \times 4 \text{ мм}^2$ каждый. Гониометр имел одну степень свободы при вращении вокруг вертикальной оси. Минимальный шаг поворота составлял $25 \cdot 10^{-6}$ рад. Кристалл, вырезанный из слитка кремния с удельным сопротивлением $\rho \approx 10 \text{ кОм}\cdot\text{см}$ и плотностью дислокаций $\sim 10^2 \text{ см}^{-2}$, представлял собой пластину размерами $20 \times 10 \times 0,28 \text{ мм}^3$, ориентированную большой гранью параллельно кристаллографической плоскости (111) и наклеенную на деформирующую оправку. Использовался эффект плоскостного каналирования.

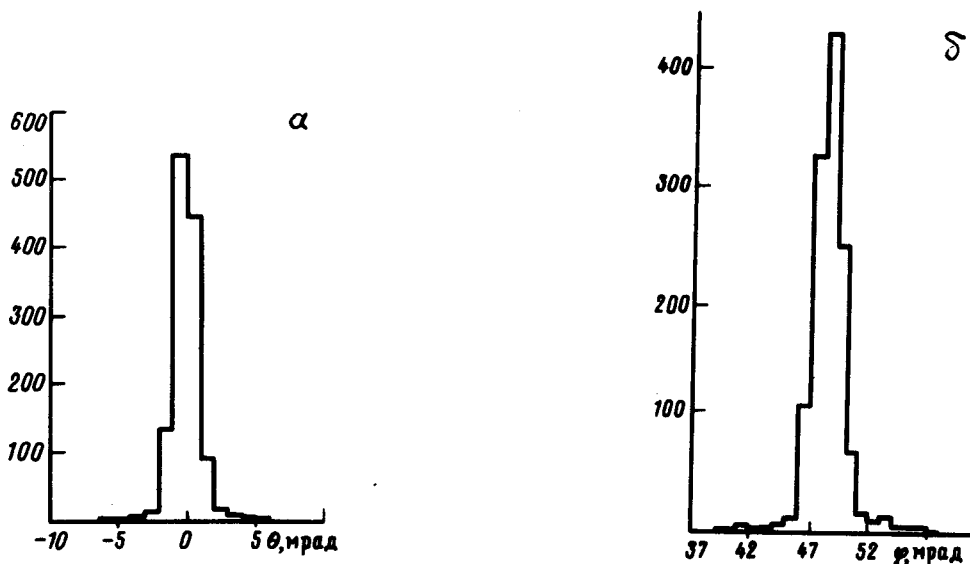


Рис. 2. Кристалл выведен из пучка: a – распределение по углу рассеяния θ в XZ -плоскости первичных ядер, b – распределение по углу поворота φ импульсов первичных ядер в поле анализирующего магнита. Здесь и далее на рисунках по оси ординат отложено число событий

Логической электроникой запуска выделялись события, зарегистрированные во всех годоскопах. Счетчики К, А включались в антисовпадения для подавления срабатываний от фоновых событий. Счетчик С и годоскоп S_y служили для определения заряда первичных и рассеянных частиц. В месте установки кристалла пучок имел размеры $1 \times 1 \text{ см}^2$ и угловую расходимость в плоскости XZ около $4 \cdot 10^{-3}$ рад.

Для наблюдения эффекта подвижное плечо установки было отведено от направления прямого пучка на угол $\sim 65 \cdot 10^{-3}$ рад. При разориентированном кристалле частота фоновых срабатываний не превышала $0,2 \cdot 10^{-6}$ на пучковую частицу. Ориентационный эффект проявлялся как появление пика в распределении откликов каналов годоскопа S_x . При этом частота запусков возрастала до $0,3 \cdot 10^{-4}$. При обработке требовалось эффективное срабатывание всех годоскопов X -плоскости, и чтобы ионизационные потери в детекторах С и S_y соответствовали заряду $Z \geq 6$.

На рис.2 приведены распределения по углам рассеяния в XZ -плоскости и поворота вектора импульса в поле анализирующего магнита, измеренные для первичных ядер ^{12}C с импульсом $P_0 = 53 \text{ ГэВ/с}$. При плоскостном каналировании угол между импульсом частицы и каналирующей плоскостью не превышает критического угла $\varphi_c = \sqrt{2u/Pv}$, где u — глубина межплоскостного потенциала, P — импульс, а v — скорость частицы.

В кремнии для плоскости (111) при $Z = 6$ глубина потенциала $u = 134 \text{ эВ}$, следовательно, ширина углового распределения каналированных ядер углерода с импульсом $P_0 = 53 \text{ ГэВ/с}$ не превышает $2\varphi_c \approx 1,4 \cdot 10^{-4}$ рад. Эффект отклонения идентифицируется как наличие пика в распределении по углу рассеяния в плоскости XZ для ядер с импульсом P_0 и $Z = 6$ (рис.3).

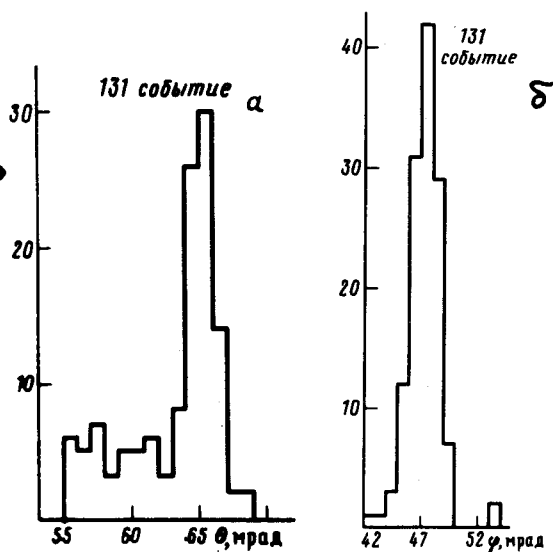


Рис. 3. Кристалл ориентирован по пучку: а — распределение по углу рассеяния θ в плоскости XZ ; б — распределение по углу поворота φ импульсов рассеянных ядер в поле анализирующего магнита

Ширина пиков на рис. 3, а, б определяется разрешением спектрометра. Фон слева от пика в угловом распределении объясняется деканалированием ядер в хвостовой части кристалла. Из рис.3, б видно, что эти ядра также обладают импульсом P_0 . Отсюда следует, что изогнутым монокристаллом кремния за счет эффекта плоскостного каналирования ядра углерода отклоняются на угол $(65 \pm 1) \cdot 10^{-3}$ рад.

Впервые экспериментально установлено, что при помощи изогнутых монокристаллов можно управлять траекториями релятивистских ядер.

Литература

1. Туганов Е.Н., Fermilab ТМ-682, ТМ-684, Batavia 1976.

2. Водольянов А.С., Головатюк В.М., Елишев А.Ф. и др. Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, 474.