

УДК539.1.03

ВЫВОД УСКОРЕННОГО ПУЧКА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ С ПОМОЩЬЮ ИЗОГНУТОГО МОНОКРИСТАЛЛА

В.В.Авдейчиков, В.Н.Булдаковский, А.В.Бычков, А.С.Водопьянов, И.Войтковска, В.М.Головатюк, В.П.Григорьев, З.Гузик, В.П.Заболотин, Н.И.Зимин, И.Б.Иссинский, Р.Б.Кадыров, Б.К.Курятников, Л.Г.Макаров, Е.А.Матюшевский, В.А.Мончинский, Т.С.Нигманов, С.А.Новиков, В.Г.Перфеев, В.Д.Рябцов, А.Б.Садовский, В.Г.Тимофеев, И.А.Тяпкин, Н.А.Филатова, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов, Д.И.Шерстянов, Д.Яворска

Возможность отклонения пучков заряженных частиц, проходящих через изогнутый монокристалл в режиме каналирования, была теоретически предсказана в^{1/}. Впервые это явление обнаружено в эксперименте^{2/} на выведенном из синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ пучке протонов с энергией 8,4 ГэВ. Позднее существование этого явления было подтверждено на ускорителях ЦЕРН^{3/}, в ЛИЯФ^{4/} и ФНАЛ^{5/}. Возможные области применения явления отклонения заряженных частиц с помощью изогнутого монокристалла указывались в^{6,7/}. В частности, в^{8/} предлагалось использовать изогнутый монокристалл для вывода пучков частиц из ускорителя. В данной работе приведены результаты эксперимента по выводу пучка протонов из синхрофазотрона ОИЯИ с помощью изогнутого монокристалла.

Вывод пучка протонов осуществлен в существующий канал, расположенный с внешней стороны кольца ускорителя в районе второго прямолинейного промежутка. Для обеспечения заброса частиц в канал было необходимо отклонить ускоренные протоны из района первого прямолинейного промежутка на угол около 35 мрад. Поворот на этот угол осуществлен кристаллическим дефлектором.

В качестве дефлектора использовалась пластинка монокристалла кремния размером 11x10x0,4 мм³, вырезанная так, что кристаллографическая плоскость /111/ была параллельна большой грани кристалла с ошибкой не более 15 угловых минут. Для возможности контроля величины изгиба и начальной юстировки кристалла с помощью отраженного луча лазера внешняя большая грань кристалла была отполирована до зеркальной поверхности. На держатель, фронтальная поверхность которого сделана цилиндрической, пластинка кремния приклеивалась эпоксидной смолой. Держатель, выполненный из дюралюминия, устанавливался на гониометрическое устройство, которое, в свою очередь, крепилось к штоку стационарной мишени. Гониометрическое устройство обеспечивало возможность вращения кристалла вокруг вертикальной оси. Управление гониометрическим устройством осуществлялось дистанционно. Минимальный

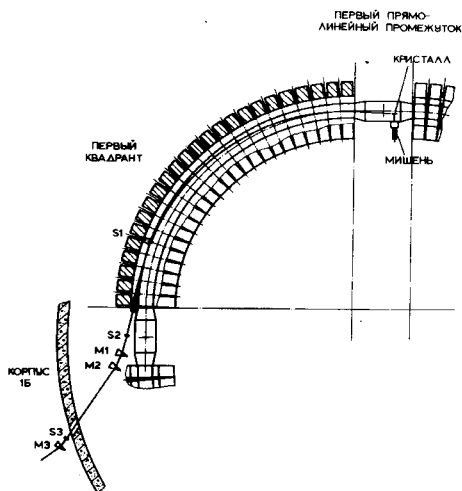


Рис.1. Схема вывода пучка протонов из синхрофазотрона ОИЯИ с помощью монокристаллического дефлектора.

шаг поворота составлял около 40 мкрад. Дефлектор устанавливался в фиксированном положении на различных расстояниях от центра вакуумной камеры ускорителя. Наведение ускоренных протонов на дефлектор осуществлялось путем уменьшения равновесного радиуса внутреннего пучка.

На рис.1 показана схема эксперимента. Отклоненный кристаллическим дефлектором пучок

после прохождения в магнитном поле одного квадранта выходил на нужное направление. Вывод пучка был осуществлен для трех значений "стола" магнитного поля - 6,0 кГс, 8,4 кГс и 10,0 кГс, что эквивалентно кинетической энергии ускоренного пучка в 4,2 ГэВ, 6,0 ГэВ и 7,5 ГэВ.

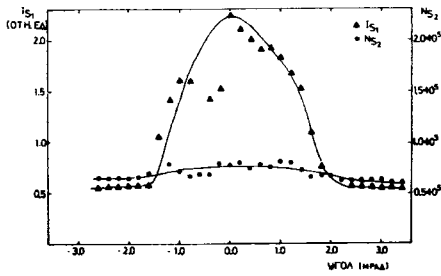
Регистрация выводимого из ускорителя пучка производилась тремя сцинтилляционными счетчиками: S_1 , S_2 , S_3 . Счетчик S_1 размерами 300 мм по горизонтали и 150 мм по вертикали располагался в камере ускорителя по направлению вывода. Съем информации с этого счетчика осуществлялся при помощи интегратора тока. Счетчик S_2 размером 300x300 мм² был расположен в головной части канала за первой линзой и регистрировал выведенный из ускорителя пучок. Счетчик S_3 размером 100x100 мм² установлен в экспериментальном зале.

В эксперименте исследовалась зависимость интенсивности пучка, зарегистрированного счетчиками S_1 , S_2 и S_3 , от угла поворота изогнутого монокристалла кремния.

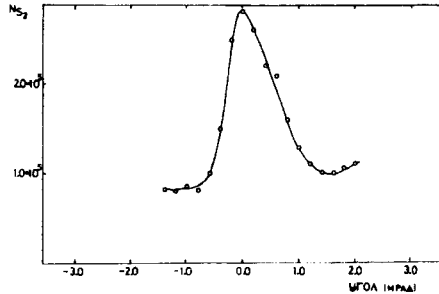
На рис.2 приведены ориентационные зависимости для трех положений кристалла - на расстоянии 300, 250 и 200 мм от центра камеры ускорителя при энергии ускоренного пучка 4,2 ГэВ. Видно, что при перемещении кристалла к центру равновесной орбиты интенсивность пучка в месте расположения счетчика S_2 возрастает. Это объясняется тем, что отклоненные кристаллом частицы с радиального положения минус 300 мм не попадают в выходной патрубок канала /рис.2а/.

Ориентационные зависимости на всех рисунках приведены для интенсивности 10^{10} протонов, сбрасываемых на мишень-дефлектор.

На рис.3 приведены ориентационные зависимости для двух значений энергии ускоренного пучка - 6,0 и 7,5 ГэВ при радиальном положении мишени минус 175 мм. Ширина ориентационных пиков

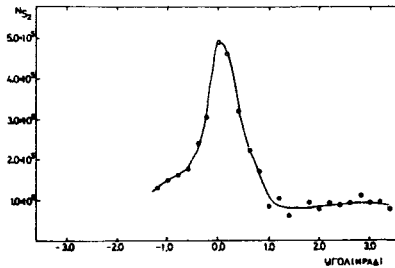


а/



б/

Рис. 2. Зависимость интенсивности выведенного пучка от ориентации кристалла при энергии 4,2 ГэВ для разных радиальных положений кристаллического дефлектора: а/ минус 300 мм / I_{S_1} - интеграл тока со счетчика S_1 /, б/ минус 250 мм, в/ минус 200 мм.



в/

определяется угловой расходимостью пучка и, возможно, - отклонением поверхности изогнутого кристалла от цилиндрической. Уменьшение ширины пиков при возрастании энергии, по-видимому, объясняется изменением угловых характеристик пучка частиц, падающих на кристалл, что может быть связано с условиями наведения пучка. На рис. 3а приведены зависимости интенсивности выведенного пучка от ориентации кристалла непосредственно после выхода из камеры ускорителя в измерительном павильоне. Сдвиг ориентационных кривых говорит о несовпадении оси выведенного пучка и оси головной части канала. Этим, по-видимому, объясняется и существенная потеря интенсивности в канале. Эти недостатки могут быть устранены более тщательной настройкой элементов канала. Существующий канал рассчитан на максимальную энергию 6,0 ГэВ, что не дало возможности вывести в экспериментальный зал пучок с энергией 7,5 ГэВ.

Полученные нами результаты демонстрируют возможность вывода пучка ускоренных частиц с помощью изогнутого кристалла.

Эффективность вывода пучка кристаллическим дефлектором в нашем случае составляла около 10^{-4} и определялась, в основном, геометрическими размерами пучка и кристалла. Указанная эффективность может быть существенно увеличена при увеличении поперечного размера кристаллического дефлектора.

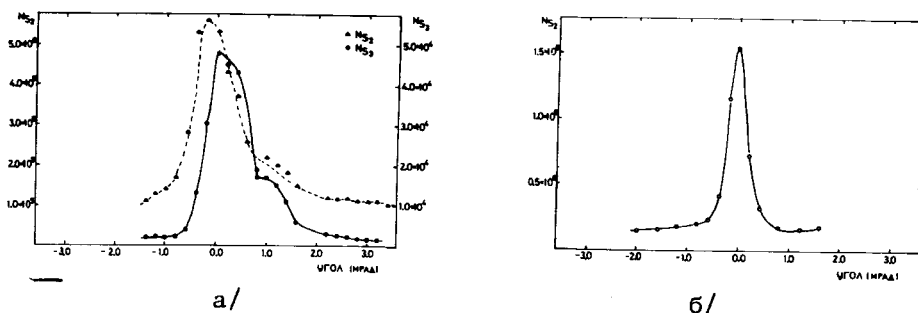


Рис.3. Зависимость интенсивности выведенного пучка от ориентации кристалла для энергий 6,0 ГэВ и 7,5 ГэВ при радиальном положении кристалла минус 175 мм: а/ для энергии 6 ГэВ, б/ для энергии 7,5 ГэВ.

В заключение авторы выражают благодарность академику А.М.Балдину, Л.П.Зиновьеву, И.Н.Семенюшкину, А.Д.Кириллову за поддержку и интерес при проведении исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tsyganov E.N. Fermilab TM-682, Batavia, 1976.
2. Elishev A.F. et al. Phys.Lett., 1979, 88В, р. 387.
3. Вак J. et al. Phys.Lett., 1980, 93В, р. 505.
4. Андреев В.А. и др. Препринт ЛИЯФ №792, 1982.
5. Baker S.I. et al. Phys.Lett., 1984, 173В, р. 129.
6. Кошкарев Г.Д. Препринт ИТЭФ, 1977, №30.
7. Carrigan R.A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1982, 194, р.205.