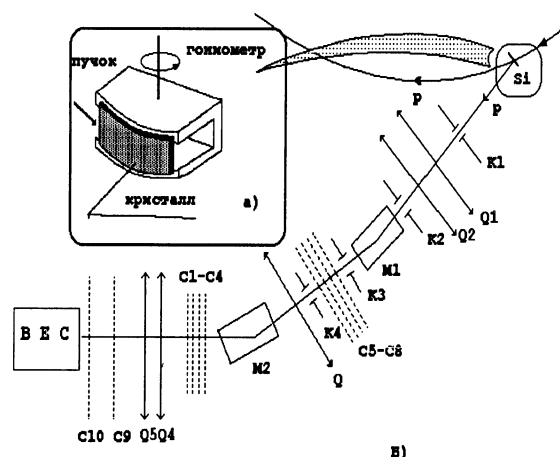


Вывод протонов изогнутым монокристаллом из ускорителя ИФВЭ на установку ВЕС

А.А. Асеев, Н.К. Вишнеvский, В.Г. Заручейский, В.И. Котов,
В.Ф. Константинов, С.В.Копиков, Э.А.Людмирский, В.А.Маишеев,
Е.П.Образцова, Е.Ф.Троянов, В.Н.Чепегин, Ю.А.Чесноков
ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протvино, Россия

В 1989 г. на ускорителе ИФВЭ с помощью изогнутого монокристалла кремния был осуществлен вывод пучка протонов с энергией 70 ГэВ на экспериментальную установку ПРОЗА [1]. Развитием этого метода стало осуществление второго вывода протонов на экспериментальную установку ВЕС. Канал, на котором расположена установка ВЕС, создавался для формирования с внутренней мишени пучков отрицательно заряженных частиц в диапазоне энергий 20 – 40 ГэВ (см. рис. 1). Использование в этом случае других методов вывода протонного пучка с энергией 70 ГэВ оказалось крайне сложным, требующим значительной реконструкции начальной части канала. При применении же изогнутого кристалла угол его изгиба и положение внутри вакуумной камеры ускорителя можно выбирать таким образом, чтобы трасса вывода пучка протонов на входе в канал совмещалась с его осью. При этом сохраняется возможность вывода в канал отрицательно заряженных частиц с внутренних мишеней.

Рис. 1: Изогнутый кристалл с изгибающим устройством (а) и схема вывода протонного пучка на установку ВЕС (б). К — коллиматоры; Q — квадрупольные линзы; М — магниты; С — сцинтилляционные счетчики; р — часть орбиты пучка; Si — место установки кристалла.



Расчеты траекторий выводимых протонов, проходящих через нелинейное магнитное поле ускорителя, проводились по программам ФИНТ и ТРАЕК [2]. Чтобы не ограничивать аксептанс ускорителя, радиальное положение кристалла выбиралось равным ≈ 50 мм от оси вакуумной камеры. Наведение ускоренного пучка на кристалл осуществлялось с помощью локального искажения замкнутой орбиты в области установки кристалла.

Для вывода протонного пучка использовался кристалл кремния ориентации (111) с размерами $85 \times 16 \times 0.5$ мм³, изогнутый на угол 89 мрад. Гониометр, на котором устанавливался кристалл, обеспечивал его перемещение по радиусу (точность выставления координаты 0.1 мм) и поворот в горизонтальной плоскости с шагом ≈ 80 мкрад.

На кристалл сбрасывалось до 10% интенсивности ускоренного пучка, т.е. до 10^{11} протонов в цикл. При этом интенсивность выведенного протонного пучка в канале достигала 10^7 протонов в цикл и, следовательно, эффективность вывода была на уровне $\sim 10^{-4}$. Зависимость интенсивности выведенного пучка протонов в канале от угла поворота кристалла, измеренная сцинтилляционными счетчиками приведена на рис. 2.

Размеры протонного пучка на экспериментальной установке ВЕС приведены на рис. 3 и составляют на полувысоте 14 мм в горизонтальной и 6 мм в вертикальной плоскостях. Полученные характеристики выведенного пучка протонов удовлетворяют требованиям эксперимента, планируемого на установке ВЕС.

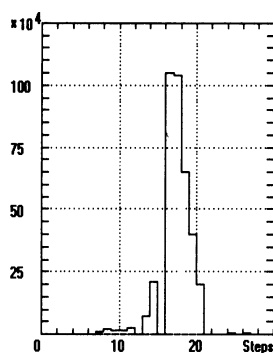


Рис. 2: Показания сцинтилляционного счетчика в зависимости от угла поворота кристалла. Один шаг изменения угла соответствует 80 мкрад.

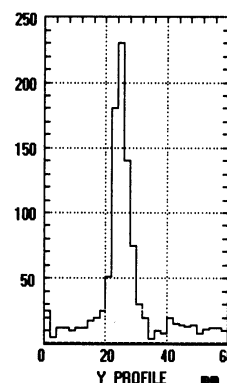
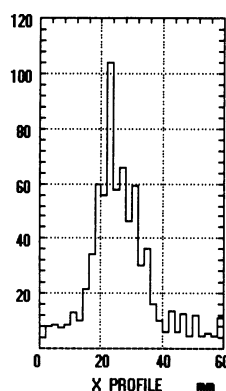


Рис. 3: Профили протонного пучка на установке ВЕС.

Осуществленный вывод ускоренного пучка протонов на установку ВЕС еще раз подтвердил целесообразность использования для этих целей изогнутого кристалла. Несмотря на невысокую эффективность вывода, определяемую большим углом изгиба кристалла и значительной расходимостью пучка в ускорителе, в каналах удастся получить необходимую для экспериментальных установок интенсивность протонного пучка.

Работам по выводу ускоренных пучков с помощью изогнутых кристаллов уделяется большое внимание и на других крупных ускорителях (ЦЕРН, ФНАЛ). Состояние этих работ рассмотрено, например, в обзоре [3].

Список литературы

- [1] Asseev A.A. et al. Nucl. Instr. and Meth. A 309 p. 1 (1991).
- [2] Fedotov Yu., Fronteau J., Keyser R. — CERN/DD/CO/67-5, Geneve, 1967.
- [3] Бирюков В.М., Котов В.И., Чесноков Ю.А. УФН, т. 164, № 10, с. 1017.