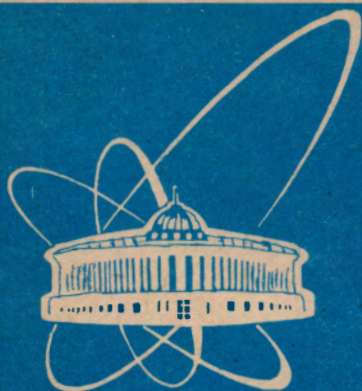


97-126



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P9-97-126

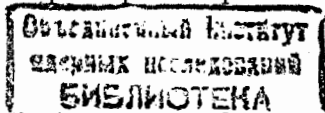
А.С.Артемов, Я.Климан*, М.Морхач*, И.Турзо*

КОНТРОЛЬ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКА
В ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ
С ВНУТРЕННИМИ МИШЕНЯМИ
НА НУКЛОТРОНЕ

*Институт физики САН, Братислава

1997

В настоящее время циркулирующий пучок нуклотрона предоставляет возможность изучения переходных режимов от протон-нейтронного к кварк-глюонному состояниям ядерной материи [1,2], а также получения недостающей информации о характеристиках потока быстрых нейтронов от внутриядерного каскада для прикладных задач [3]. В проведенных экспериментах использовалась станция внутренних фольговых или нитевидных мишеней, детально описанная в работах [4,5] и реализующая их подачу в пучок в горизонтальном направлении. Управление станцией осуществляется дистанционно с помощью персонального компьютера IBM PC и основано на оперативном представлении информации о цикле магнитного поля (H), характеристиках пучка (E_k/A , I , X - profile, $A = 2$, $Z = 1$) и расположении мишеней относительно него на экране монитора. Вариант рабочего окна управляющей программы представлен на рис.1. Используемое программное обеспечение позволяет также работать с вариантом станции, где перемещение мишеней происходит в вертикальном направлении. Необходимая пространственно-временная траектория ($a - b - c - d$) выбранной мишени (CH), во временной шкале работы ускорителя ($t[s]$), определяется оператором с помощью мыши и обрабатывается шаговым двигателем. Для этого используются показания ионизационных датчиков о положении пучка в пространстве (X - profile) до станции и циркулирующем токе (I) во времени. Взаимодействие пучка с внутренней мишенью во времени контролируется по световому излучению её материала под воздействием ионов [5]. При проведении физических экспериментов данное излучение может быть также использовано для более детального (по сравнению с ионизационными датчиками) представления о пространственном положении циркулирующего пучка и его профиле непосредственно на участке измерений. Для получения адекватной информации величина скорости (V_r) нитевидной мишени на bc -участке её траектории должна обеспечивать регистрацию излучения при минимальном возмущении пучка. При малых токах циркулирующих ионов выполнение данного условия в одном цикле перемещения мишени проблематично. Тем не менее, в этом случае определённое представление о пространственных характеристиках пучка может быть получено при его "съемке" со стороны надвигающейся мишени (режим максимальной светимости в физическом эксперименте). Для этого по команде оператора осуществляется переход от временной ($t[ms]$) к пространственной ($L[mm]$) шкале представления сигнала детектора излучения (D_1 или D_2) на мониторе. При выборе нового масштаба автоматически



учитывается линейная скорость (V_r) перемещения мишени на участке траектории, пересекающей пучок, при ее аппроксимации прямой линией. В данной работе приведены примеры подобной информации о пучке, получаемой при проведении физических экспериментов на нуклотроне с использованием различных внутренних мишеней.

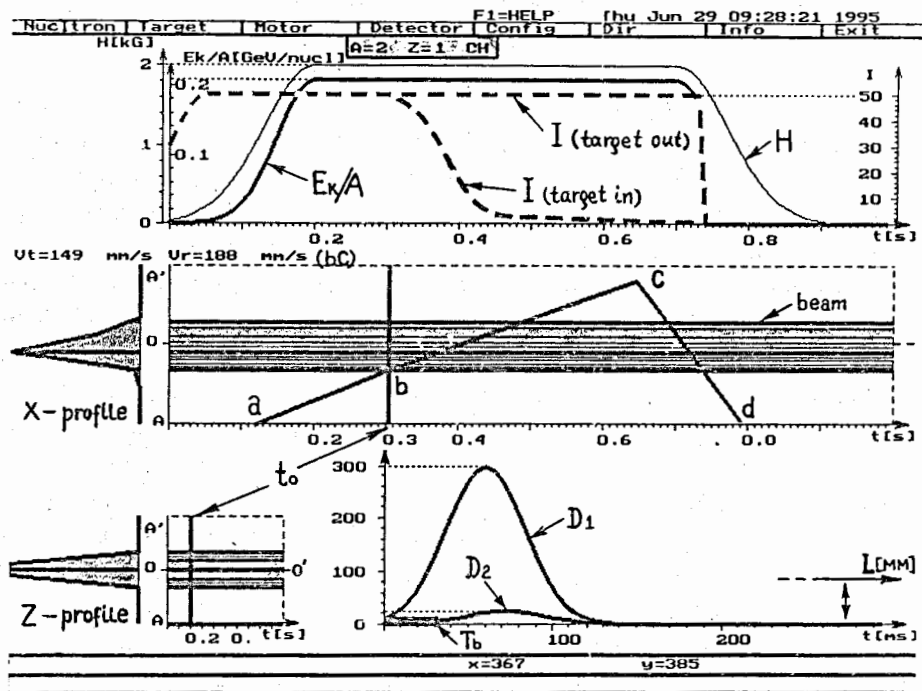


Рис.1. Рабочее окно системы управления станцией на мониторе IBM PC.

Проведенные эксперименты с фольгами из полиэтилена (CH_2), меди и золота толщиной менее или порядка микрона показали, что при их взаимодействии с циркулирующим пучком интенсивность регистрируемого светового излучения максимальна, так как в его генерации участвует вся масса мишени при высокой степени когерентности. С ростом толщины мишени это условие нарушается и, при сохранении усреднённой за время цикла светимости, наблюдается уменьшение световыхода.

Контроль пространственных характеристик пучка в физических экспериментах с достаточно широкими (несколько миллиметров) фольгами имеет смысл только при максимальном "сжатии" пучка. В этом случае траектория мишени выбирается такой, чтобы среднее время жизни ионов, взаимодействующих с ней, было меньше времени смещения мишени на величину приемлемого пространственного разрешения. Для ориентации наиболее быстрая из траекторий, обеспечивающих наилучшее пространственное разрешение, может устанавливаться автоматически по команде оператора. При этом временной интервал между шагами двигателя ($t_m \geq 100$ мкс) приравняется рассчитываемому

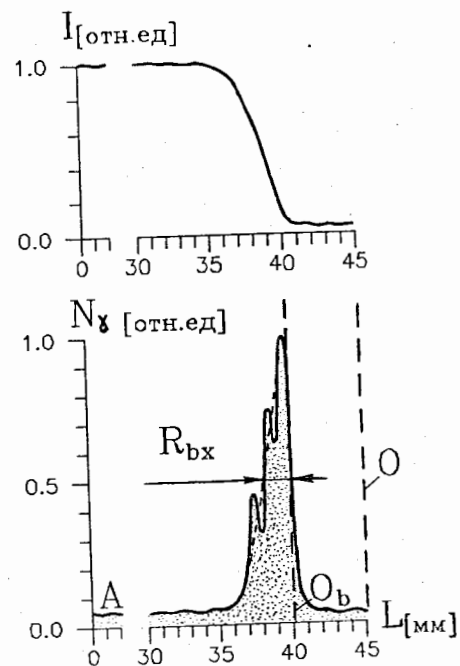


Рис.2. Зависимость тока (I) циркулирующего пучка дейтронов и интенсивности излучения (N_γ) полиэтиленовой фольги толщиной 2,2 мкм от глубины пространственного перемещения мишени в пучок с внешнего радиуса. $E_k/A = 1,6$ ГэВ/пуклоп.

программой времени жизни пучка используемой мишени (T_b на рис.1). В качестве примера на рис.2 представлены полученные в подобных экспериментах сигналы циркулирующего тока (I) и интенсивности излучения фольги (N_γ) в зависимости от её пространственного положения относительно оси пучка (O_b). Наблюдаемая структура обусловлена дискретностью перемещения мишени в пучке при работе двигателя. В большей степени она выражена для мишеней с меньшим временем жизни пучка. Привязка траектории к границам вакуумной камеры (A) позво-

лет определить полуширину (R_{bx}) и горизонтальное положение пучка относительно её оси (O) в области взаимодействия. Для указанных на рисунке характеристик фольги, пучка и времени взаимодействия $\approx 0,3$ сек, достигаемое при движении мишени пространственное разрешение оценивается величиной $\approx 0,3$ мм.

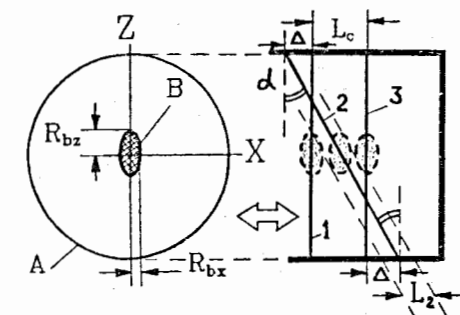
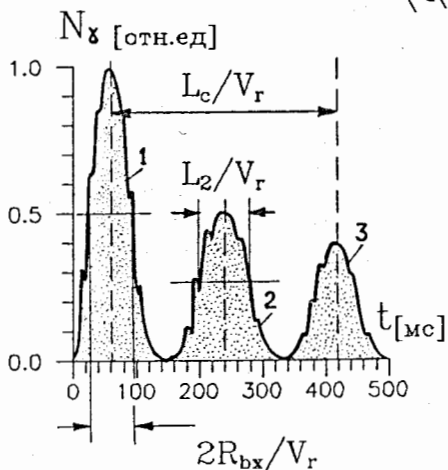


Рис.3. Схема горизонтального перемещения N-образной мишени из углеродных нитей и интенсивность их излучения (N_t) во времени.



В физических экспериментах с углеродными нитями ($\varnothing = 10$ мкм) использовалась N-образная нитевидная мишень (см. рис.3), позволявшая проводить набор статистики регистрируемых событий наряду с оперативным контролем пространственных характеристик пучка (B) в горизонтальном (X) и вертикальном (Z) направлениях. Характерная форма сигнала детектора излучения во времени приведена в нижней части рисунка. Известное расстояние (L_c) между вертикальными нитями 1 и 3 даёт масштаб для определения горизонтального профиля пучка независимо от скорости (V_r) равномерного перемещения мишени. С изменением скорости меняется только масштаб по оси t и соотношение

интенсивностей излучения от нитей 1, 2 и 3. Получаемая при таких измерениях величина горизонтального размера пучка хорошо согласуется с результатами на фольговых мишенях в том же сеансе работы нуклотрона. В частности, в проведенных физических экспериментах с дейтронами энергией 1,6 ГэВ/нуклон она составляет $2R_{bx} \approx 4$ мм на полувысоте распределения. Положение кривой 2 на практически одинаковом расстоянии от максимумов сигналов нитей 1 и 3 во времени (см. рис.3) указывает на то, что ось пучка на участке проведения измерений проходит в плоскости симметрии $Z = 0$ вакуумной камеры. В предположении, что геометрическое сечение пучка имеет форму канонического эллипса, по известному углу α между нитями 1, 3 и 2, а также по измеренному значению R_{bx} можно определить характерный вертикальный размер пучка

$$R_{bz} = R_{bx} \cdot \text{ctg} \alpha \sqrt{(L_2/2R_{bx})^2 - 1}.$$

В данном выражении величина L_2 равна пространственной ширине на полувысоте распределения 2 при скорости мишени, когда амплитуды и ширины сигналов 1 и 3 практически совпадают. Для используемой в экспериментах нитевидной мишени с $L_c = 20$ мм, $\alpha = 27^\circ$ и измеренных значениях $R_{bx} \approx 2$ мм, $L_2 \approx 5$ мм получаем величину $R_{bz} \approx 3$ мм. По отношению площадей (S_1/S_3) под кривыми 1 и 3 при меньших скоростях мишени можно оценить среднее время жизни (T_b) дейтронов, взаимодействующих с ней. При этом эффективная толщина нитевидной мишени за время пересечения пучка оценивается с помощью выражения $t_g \approx \rho \cdot d^2/2R_{bx}$, где d и ρ — диаметр и плотность материала нити соответственно. При указанных на рис.3 временах взаимодействия и $S_1/S_3 \approx 1,3$ полученная величина $T_b \approx 1$ сек согласуется с представленными в работах [5,6] теоретическими значениями произведения $T_b \cdot t_g$.

Приведенные значения R_{bx} и R_{bz} не являются результатами систематических измерений пространственных характеристик пучка с помощью внутренних мишеней. Это примеры текущей информации, полученной в процессе выбора траектории мишени и набора статистики в физических экспериментах на циркулирующем пучке нуклотрона. Однако продемонстрированные возможности указывают на целесообразность их использования при настройке режимов работы ускорителя и контроля характеристик пучка во время сеанса. Следует отметить, что аналогичные представленные результаты могут быть получены и в варианте станции с вертикальной подачей мишеней в пучок.

В заключение авторы выражают благодарность А.И.Малахову за поддержку работы и А.Д.Коваленко за обсуждение полученных результатов.

Литература

1. Baldin A.M., Malakhov A.I. - Nucl. Phys. A., 1994, V.566, P.611-614.
2. Baldin A.M., Abraamyan Kh.U., Afanasiev S.V. et al. - JINR Rapid Communications No.2[65]-94, Dubna, 1994, P.26-32.
3. Артёмов А.С., Дьяченко В.М., Коваленко А.Д. - Препринт ОИЯИ Р9-95-242, Дубна, 1995.
4. Артёмов А.С., Анисимов Ю.С., Базылев С.Н. и др. - Краткие сообщения ОИЯИ N.1[75]-96, Дубна, 1996, С.95-102.
5. Artiomiou A., Kliman J. - Proc. of the 5-th European Part. Accel. Conf. (Sitges/Barcelona, 10-14 June 1996), V.3, P.2429-2431.
6. Artiomiou A.S. - Nucl. Instr. and Meth. A., 1995, V.366, Nos.2/3, P.254-258.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 апреля 1997 года.

Артемов А.С. и др.

P9-97-126

Контроль пространственных характеристик пучка в физических экспериментах с внутренними мишенями на нуклотроне

Приведены примеры оперативной информации о пространственных характеристиках пучка, получаемой при регистрации светового излучения фольговых или нитевидных внутренних мишеней, пересекающих пучок в физических экспериментах на нуклотроне. Показано, что в случае N-образной нитевидной мишени можно определять поперечные размеры пучка и его положение в горизонтальном и вертикальном направлениях за один цикл работы ускорителя. Продемонстрированные возможности указывают на целесообразность использования подобных внутренних мишеней для оптимизации экспериментов и работы нуклотрона во время сеанса.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1997

Перевод авторов

Artimov A.S. et al.

P9-97-126

Control of the Space Characteristics of a Beam During Physics Experiments with Internal Targets at the Nuclotron

Examples of operative information about the beam space characteristics, obtained by detecting the light radiation of the foil or fiber internal targets crossing the beam during the physics experiments at the Nuclotron, are presented. It is shown that in case of a N-like fiber target, one can determine the transverse dimensions of the beam and its position in the horizontal and vertical directions during one cycle of the accelerator run. The demonstrated possibilities indicate that it is expedient to use similar internal targets for optimization of the experiments and the Nuclotron operation during its run.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1997