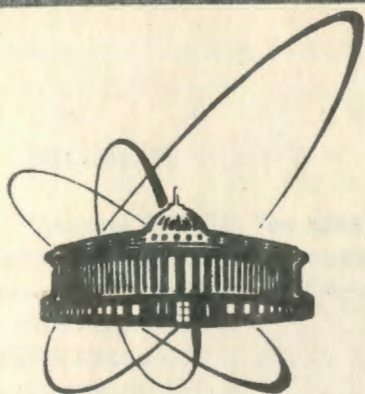


90-438



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

1010/91

P6-90-438

П. Покорны

ПРОЕКТ ИОНОПРОВОДА ДЛЯ РАБОТ  
В РЕЖИМЕ "ОН-ЛАЙН" УСТАНОВКИ СПИН-3

Направлено в "Czechoslovak Journal  
of Physics A"

1990

## ВВЕДЕНИЕ

Система СПИН-3 "он-лайн" предназначена для исследования короткоживущих изотопов редкоземельных элементов, тяжелых переходных элементов и актинидов. Предполагается получение новой информации о структуре ядер, удаленных от полосы бета-стабильности. Система СПИН-3 позволяет работать с изотопами, имеющими время полураспада в области до  $t_{1/2} < 1$  с. Для времени релаксации  $T < t_{1/2}$  установка СПИН позволяет проводить имплантацию в определенную матрицу при низких температурах. Поэтому предполагается, что эта установка позволит изучать ядра, имеющие  $t_{1/2} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{1/2}$ . Кроме того, ранее предполагалось использование лазерной ориентации ионов во время их пролета через ионопровод. Однако в ближайшее время она реализована не будет.

### 1. КОНСТРУКЦИЯ ИОНОПРОВОДА

Реализация системы "он-лайн" ориентирования зависит от выполнения некоторых требований к входным физическим параметрам установки СПИН: вакууму, диаметру, плотности и временной стабильности пучка ионов, ускоряемому напряжению, чистоте поверхности имплантированной матрицы, температуре и холодопроизводительности рефрижератора растворения<sup>1,2</sup>. Прежде всего необходимо сказать о конструкции ионопровода и о тех требованиях, которые необходимо выполнить для проведения исследований по физике ядра и физике твердого тела на достаточно высоком, в мировом смысле, уровне.

Как уже следует из ранее высказанных преимуществ "он-лайн" системы, необходимо быстро перенести ионы выбранного изотопа, созданные в сепараторе, из выходной щели сепаратора в имплантационную камеру (в случае имплантации "оф-лайн") или в рефрижератор растворения таким образом, чтобы все время имплантации не превышало 50% времени полураспада данного изотопа. Транспорт ионов необходимо осуществить на рас-

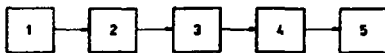


Рис. 1. Схема установки СПИН-3.

стоянии почти 10-15 м (сепаратор — ионопровод — имплантационная камера — рефрижератор) <sup>13</sup> /.

Эти основные представления определяют требования для "он-лайн" системы (транспортная и имплантационная часть). Возможные методы ориентации:

- 1) использование обычного метода имплантации (сначала имплантация, после этого ориентация),
- 2) ориентация ядра подходящим механизмом после изотоповой сепарации, но перед имплантацией в холодную матрицу.

## 2. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ

1) Ионный пучок должен иметь ток как можно более постоянный во времени и иметь достаточно малый диаметр.

2) Очень важным параметром пучка является энергия ионной имплантации, т.е. ускоряющее напряжение должно быть достаточно высоким для проникновения ионов на глубину более 5 ат. слоев ( $U = 80-160$  кэВ) <sup>14-6</sup> /.

3) Вакуум в ионопроводе должен быть лучше, чем  $p < 10^{-5}$  Па, и в месте имплантации  $p < 10^{-7}$  Па <sup>12,13</sup> /.

4) Тепловой поток из ионопровода на держатель матрицы в рефрижераторе при работе в "он-лайн" режиме должен быть сравнимым или меньше, чем энергетические потери падающих ионов.

5) Поверхность матрицы должна быть атомарно чистой при имплантации в охлажденную матрицу <sup>17</sup> /.

Видно, что "он-лайн" эксперименты с ориентированными ядрами (ОЯ) предъявляют большие требования к экспериментаторам с точки зрения своей сложности. Все вышеперечисленные требования мы должны обеспечить, исходя из условий, которые в настоящее время существуют в сепараторе, а именно:

—  $p > 5 \times 10^{-4}$  Па в самом лучшем случае,

— материал сепаратора дюраль, и если учитывать, что в нем происходят плазменные разряды, то неизвестно, какой состав остаточной атмосферы, поэтому предполагается измерение масс-спектрометрического состава остаточной атмосферы,

— откачка турбомолекулярными насосами дополнена теперь диффузионным масляным насосом,

— необходимо также учесть условия транспорта ионов.

Основные требования транспортировки:  $p < 10^{-5}$  Па во всем ионопроводе. обеспечить очень низкий процент столкновений ионов  $v$  с моле-

кулами остаточной атмосферы и тем самым обеспечить низкие потери ионного пучка и его расширение:

—  $p = 10^{-3}$  Па,  $\nu = 1,2$  ст/ион, в пучке  $l \sim 15$  м, ( $l$  — расстояние сепаратор-рефрижератор),

—  $p = 10^{-4}$  Па,  $\nu = 12\%$  (по Герцогу<sup>13</sup> /  $\sim p < 10^{-4}$  Па  $\sim 5\%$ ),

—  $p = 10^{-6}$  Па,  $\nu = 0,123\%$ .

Сам ионопровод состоит из нескольких частей, которые откачиваются с помощью дифференциальной системы откачки. Таким образом, можно обеспечить постепенное изменение давления вдоль оси ионопровода, чтобы выполнить все условия транспортировки сепарированных ионов и их дальнейшей имплантации.

### 3. ОПИСАНИЕ ИОНОПРОВОДА

Ионопровод отделен от сепаратора сильфоном и клапаном предложенной нами конструкции, в будущем его заменит клапан фирмы "Гесла" (Сш-ушлотение), ( $p < 5 \times 10^{-5}$  Па). Далее находится буферная камера, которая откачивается турбомолекулярным насосом ( $500 \text{ лс}^{-1}$ ) с измерителем вакуума (Пеннинг) и контролером сечения пучка ( $p < 10^{-5}$  Па). Масляный фильтр, охлаждаемый  $\text{LN}_2$ , который предотвратит проникло-

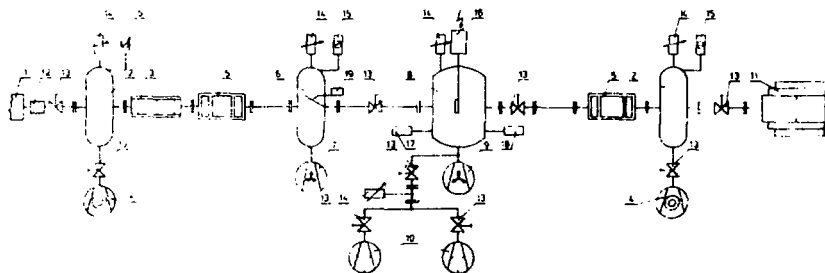


Рис.2. Схема ионопровода: сепаратор — 1, буферная камера — 2, масляный фильтр — 3, турбомолекулярный насос  $500 \text{ лс}^{-1}$  — 4, квадрупольная линза — 5, предварительная камера — 6, титановый разрядный насос  $50 \text{ лс}^{-1}$  — 7, имплантационная камера — 8, титановый разрядный насос  $100 \text{ лс}^{-1}$  ( $10 \text{ лс}^{-1}$ ) — 9, криосорбционный насос  $25 \text{ лс}^{-1}$  — 10, рефрижератор растительного масла — 11, сильфон — 12, клапаны — 13, измерители вакуума — 14, контролер пучка ионов — 15, держатель образцов с дополнительным высоким напряжением — 16, электронная пушка — 17, квадрупольный масс-спектрометр — 18, манипулятор — 19.

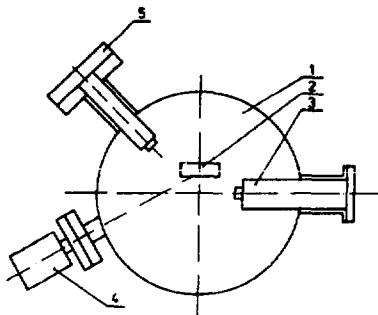


Рис.3.Сечение имплантационной камеры: имплантационная камера — 1, образец — 2, квадрупольный масс-спектрометр — 3, электронная пушка — 4, измеритель вакуума (сверхвысоковакуумный) — 5.

вение паров масла дальше в ионопровод. Препарационная камера с ротатором для прерывания пучка, диафрагмой, измерителем вакуума и контролером сечения пучка, которая откачивается титановым разрядным насосом диодного типа ( $p < 10^{-6}$  Па). Собственно имплантационная камера, имеющая дополнительное ускоряющее напряжение, вместе с держателем матрицы, отделенная клапанами на входе и выходе ионопровода. В камере имеется измеритель вакуума до сверхвысокого вакуума  $p > 10^{-9}$  Па, электронная пушка и квадрупольный масс-спектрометр. Камера откачивается собственной независимой системой с титановым разрядным насосом (типа STARCEL)  $400 \text{ лс}^{-1}$  ( $100 \text{ лс}^{-1}$ ) <sup>18,9</sup>.

После квадрупольной линзы находится вторая буферная камера того же типа, как и 1, которая отделена клапаном от рефрижератора. Рефрижератор должен обладать переменной диафрагмой на входе, и вся наружная стена охлаждается  $\text{LN}_2$  и  $^4\text{He}$ . В случае входной диафрагмы  $d = 0,5$  см тепловой поток по данным Герцога будет около 5-10 мВт (в нашем случае 28,5 мВт). Если же дополнительная диафрагма того же диаметра  $d = 0,5$  см находится на расстоянии 0,5 м от матрицы и будет охлаждаться до 4 К, тепловой поток понизится до 0,72 мкВт (Герцог — 0,5 мкВт).

Чтобы выполнить основное требование  $p < 10^{-5}$  Па во всем ионопроводе, необходимо всю конструкцию ионопровода и дополнительных частей предложить на основании условий сверхвысокого вакуума, это значит использовать нержавеющую сталь с хорошо механически и химически обработанной внутренней поверхностью, все соединения сделать при помощи фланцев типа "CONFLAT" с медным уплотнением (вакуумная электролитическая отжигаемая медь), все входы сделать при помощи сверхвысоковакуумных вводов (керамические —  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). В качестве внутренних конструкционных материалов использовать только нержавеющую сталь, ковар, корунд, медь, вольфрам, молибден. Окончательную очистку перед сборкой можно сделать только при помощи химически чистого бензина, с последующим кипячением в дистиллированной воде, и, наконец, этиловым спиртом.

4

#### 4. ТРАНСПОРТИРОВКА

Речь идет о транспортировке отсепарированных ионов с плотностью пучка порядка от  $10^9$  до  $10^{12}$  ионов  $\text{с}^{-1}$  на расстояние около 15 м. Диаметр пучка в местах фокусировки не должен превышать величину 6 мм. Этим определены требования на квадрупольные линзы и прежде всего на вакуумные условия в ионопроводе. Помимо столкновений с атомами и молекулами остаточного газа и вследствие расширения пучка, частые столкновения повышают вероятность вторичной ионизации и возникновения внутри пучка плазменного разряда. Во всем ионопроводе нужно контролировать диаметр и форму пучка. Квадрупольные линзы должны обеспечить достаточную фокусировку пучка. Квадрупольная линза 2 имеет самую важную задачу: сфокусировать пучок до диаметра  $d = 6$  мм, чтобы максимальное количество ионов падало на матрицу (экранирование). Самый подходящий контроль тока пучка представляют контроллеры в форме проволочных камер и ротаторы. Следующий контроль можно осуществить с помощью измерения постепенного повышения активности в образце (до сих пор неизвестна процентная прибыль  $\sim 0,1-0,5\%$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cizek P. et al. — Hyperfine Interactions, 1988, 43, p.163.
2. Vanderplasseche D. — Statische Orientatie van Kortlevende Kernen, Katholiechke Universiteit Leuven, 1985.
3. Herzog P. — Low Temperature Nuclear Orientation, ed. Stone, Postma, North Holland 1986, p.731.
4. Echertova L. — Metody analyzy povrchu, MFF UK, Praha, 1982.
5. Sorensen A. — Nuclear Intrsr. and Meth., 1981, 186, p.189.
6. Blazek J. — Tesla Electronics, 1984, 4, p.99.
7. Kluge I. — ISOLDE user's guide, CERN 86-05, 1986, part.II, ISO 1-7.
8. Pokorny P. — Surface Research, Karpacz 1985, Proceedings of 9-th Polish Seminar on EEE and Related Phenomena, p.171.
9. Pokorny P., Kubatova J. — ibid. p.27.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 июня 1990 года.