

Таблица 3 – Усиление потока нейтронов и пропускание линзовой системы в зависимости от толщины отдельной линзы

| Эпоксидный клей $C_{100}H_{200}O_{20}$ $\lambda=10\text{А}$ $R_f=10\text{мкм}$ | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|
| d, мкм | 0 | 10 | 20 | 50 |
| T | 40% | 20% | 10% | 1,3% |
| G | 116 | 58 | 29 | 3,8 |

Проведенное исследование показывает возможность эффективной фокусировки (усиление больше 1) нейтронных пучков с длиной волны

5-10 А с помощью эпоксидных преломляющих линз.

1. Kumakhov M.A., Sharov V.A. A neutron lens. Nature 357, 390 - 391 (1992).
2. Kearney P.D., Klein A.G., Opat G.I. & Gähler R. Imaging and focusing of neutrons by a zone plate. Nature 287. – 1980. – P/ 313-314.
3. Eskildsen M.R., Gammel P.L., Isaacs E.D., Detlefs C., Mortensen K., Bishop D.J. Compound refractive optics for the imaging and focusing of low-energy neutrons Nature 391. – 1998. – P. 563-566.

УДК 621.315.592; 621.384.64

МОДУЛЬ ВЫВОДА ИОННОГО ПУЧКА В АТМОСФЕРУ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ AN-2500

Комаров Ф.Ф., Камышан А.С., Пилько В.В., Пилько В.В. (мл.)

Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко БГУ

Минск, Республика Беларусь

Условия высокого вакуума, необходимые для реализации исследований с помощью методик резерфордовского обратного рассеяния и индуцированного протонами рентгеновского излучения, накладывают жёсткие ограничения на тип и состояние исследуемого объекта, что делает применение этих методик затруднительным в первую очередь в области медицины, где наиболее распространёнными являются исследования на живых объектах или образцах, нахождение которых в вакуумной камере нежелательно или невозможно. Одним из технологических решений данной проблемы стала методика вывода пучка в атмосферу.

В настоящее время существует несколько способов вывода ионного пучка, генерируемого ускорителями, в атмосферу. Для этой цели используются металлические капилляры [1], фольги из различных материалов [2]. Все эти способы не позволяют превысить плотности исходного ионного пучка, что негативно сказывается на скорости сбора статистических данных в вышеуказанных методиках. В то же время известно, что при прохождении ионного пучка через диэлектрические конусные капилляры [3] плотность тока на выходе может быть увеличена на несколько порядков за счёт явления самофокусировки. Именно это обстоятельство послужило основополагающим критерием для реализации именно этой методики.

Разработанный и изготовленный модуль вывода ионного пучка в атмосферу предназначен для проведения исследований элементного со-

става материалов, агрегатное состояние которых не позволяет проводить измерения в вакууме, методами ионноиндуцированного характеристического рентгеновского излучения и резерфордовского обратного рассеяния. Кроме того, данный модуль может быть использован для локальной имплантации с плотностью тока до $2,5 \text{ мА/см}^2$.

Общий вид модуля для вывода ионного пучка в атмосферу приведен на рисунке 1. Дифференцированная откачка модуля осуществляется турбомолекулярным и диффузионным вакуумными насосами 6 и 3 соответственно, что позволяет получать вакуум в камере капилляра на уровне $1,3 \times 10^{-3}$ Па. Ионный пучок, монохроматизированный магнитом-сепаратором ускорителя ионов AN-2500, через ионопровод 8 и входной коллима-тор щелевого прибора 7, контролирующего точку входа пучка в ионопровод 5, через входную диафрагму камеры капилляра диаметром 10 мм подаётся на вход стеклянного капилляра. Благодаря явлению автофокусировки на выходе капилляра 1 можно получать относительно высокие значения плотности ионного тока.

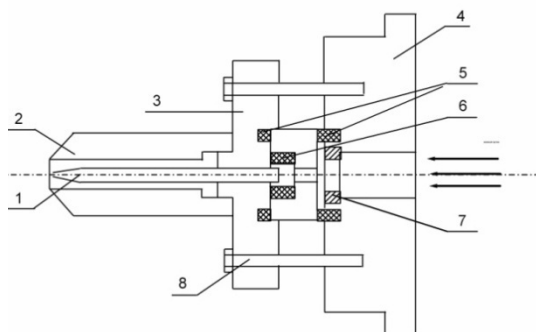
Состав модуля для вывода ионного пучка в атмосферу и назначение его отдельных узлов следующие. Щелевой прибор предназначен для стабилизации энергии ионного пучка и через электронную схему включен в цепь обратной связи ускорителя AN-2500. Сильфонный блок служит для выборки неплоскопараллельности фланцев при юстировке модуля и позволяет регулировать соосность модуля с ионопроводом ускорителя. Вакуумные затворы в количестве 2

шт. с проходными сечениями 50 мм и 100 мм предназначены для вакуумной развязки камеры капилляра от объемов ионпровода модуля и ускорителя. Входной коллиматор камеры капилляра служит для отсекания рассеянной на деталях конструкции части ионного пучка и определяет коэффициент его немонохроматичности. Его величина ($\varnothing = 10$ мм) выбрана из условия, чтобы немонохроматичность ионного пучка не превышала 0,5%. Объемы ионпровода и камеры капилляра откачиваются турбомолекулярным НВТ-450ФР и диффузионным ВА-01-1ПР насосами со скоростью откачки 400 и 180 л/с, соответственно, и двумя форвакуумными 2НВР-5ДМ насосами. Оконечная часть модуля приведена на рисунке 2.



1 – капилляр, 2 – тракт откачки камеры капилляра, 3 – диффузионный вакуумный насос, 4 – вакуумный затвор, 5 – ионпровод, 6 – турбомолекулярный вакуумный насос, 7 – шелевой прибор, 8 – ионпровод ускорителя

Рисунок 1 – Общий вид модуля вывода ионного пучка ускорителя в атмосферу



1 – капилляр, 2 – защита капилляра, 3 – держатель капилляра, 4 – фланец, 5 – вакуумные прокладки, 6 – изолятор, 7 – коллиматор

Рисунок 2 – Схема оконечной части модуля вывода ионного пучка ускорителя в атмосферу

Она состоит из алюминиевого фланца 4 вдоль оси которого просверлено отверстие диаметром

10 мм; промежуточного коллиматора 7 с проходным отверстием 2,2 мм; оконечного коллиматора 7.1 с проходным отверстием 1,2 мм, выполняющего также роль монитора пучка, в котором с выходной стороны сделана проточка диаметром 5 мм и глубиной 4 мм и вставлено кольцо из фторопласта с внутренним диаметром 1,5 мм; держателя капилляра из капролона 3; защиты капилляра 2 от механических повреждений и стеклянного капилляра с диаметром выходного отверстия 5 мкм. Проведенные испытания модуля вывода ионного пучка ускорителя в атмосферу показали, что при плотности ионного тока на входе в капилляр 20 мкА/см^2 плотность тока на выходе из него достигает $2,5 \text{ мА/см}^2$. При этом средний выходной ионный ток составляет 0,5 нА. Эти значения выходного тока сохраняются при изменении энергии ионов на входе в капилляр от 0,5 до 1,5 МэВ. На рисунке 3 приведена экспериментальная зависимость среднего выходного тока ионов водорода от расстояния между выходным торцом капилляра и внутренней поверхностью цилиндра Фарадея.

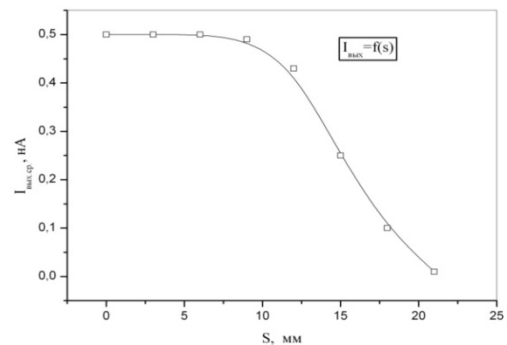


Рисунок 3 – Зависимость среднего выходного тока ионов водорода от расстояния между выходным торцом капилляра и внутренней поверхностью цилиндра Фарадея.

Из рисунка 3 следует, что энергия ионного пучка на выходе из капилляра незначительно меньше 1 МэВ, так как средний пробег ионов водорода с энергией 1 МэВ в воздухе составляет 1,6 см.

1. Fujita N. Development of two-dimensional mapping technique by in-air-PIXE with metal capillary / N. Fujita, K. Ishii, H. Ogawa // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2010. – №3. – P. 321-327.
2. Calligaro T. Ion beam analysis with external beams: Recent set-up improvements / Calligaro T., J.-C. Dran, B. Moignard, L. Pichon, J. Salmon, Ph. Walter // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2002. – № 188. – P. 135-140.

3. Nebiki Takuya. In-air PIXE analysis by means of glass capillary optics / Takuya Nebiki, M. Hasnat Kabir, Tadashi Narusawa // Nuclear Instruments

and Methods in Physics Research B. – 2006. – № 249. – P. 226-229.

УДК 621.319.5

СИНХРОННЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ НА D-ТРИГГЕРАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ЗАПРЕЩЕННОГО» СОСТОЯНИЯ

Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М., Оксенчук И.Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В цифровых устройствах обработки информации для обозначения начала и конца цикла (команды) часто используются формирователи импульсов по переднему и заднему фронтам входного сигнала. Такие формирователи могут быть асинхронными (например, на элементе ИЛИ и RC-цепи) или синхронными [1]. В последнем случае выходные импульсы формирователя «привязываются» к тактовым импульсам (ТИ) задающего генератора, синхронизирующего работу всего устройства.

Обычно в синхронных формирователях оба

выходных импульса «привязываются» или к импульсу или к паузе тактового сигнала. Это не позволяет идентифицировать по выходному импульсу «начало» или «конец» команды, что в ряде случаев необходимо.

На рисунке 1 приведена схема синхронного формирователя импульсов по переднему и заднему фронтам входного сигнала [2], построенного на синхронных D-триггерах, выполненных по трехтриггерной схеме (рисунок 2) [3]. Такие D-триггеры широко используются в цифровой схемотехнике, например, микросхема 533ТМ2

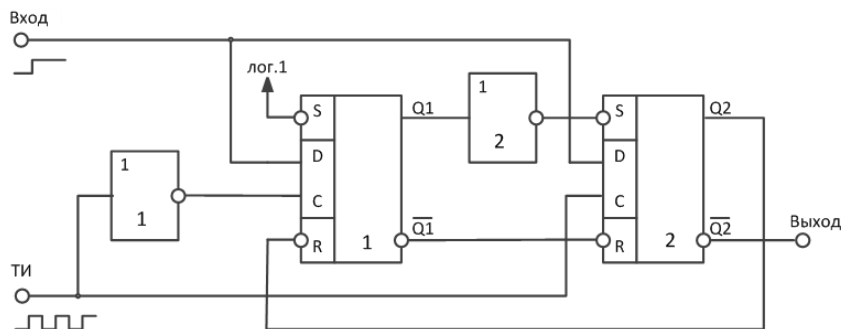


Рисунок 1 – Схема синхронного формирователя импульсов по переднему и заднему фронтам входного сигнала

(два D-триггера в одном корпусе) и др.

Работа формирователя импульсов поясняется временной диаграммой (рисунок 3). Особенностью работы схемы является наличие режима (интервал Δt), в котором на оба установочных входа S и R триггера 2 поданы с триггера 1 активные «нулевые» логические уровни. В результате, триггер 2, как элемент памяти, «разрушен» и на его обоих выходах $\overline{Q1}$ и $\overline{Q2}$ присутствуют «единичные» логические уровни (так называемое «запрещенное» состояние). Далее при возврате триггера 1 в нулевое состояние, триггер 2 однозначно устанавливается в единичное состояние, т.к. активный нулевой уровень на его S-входе исчезает позже, чем на R-входе.

Это объясняется, во-первых, задержкой переключения инвертора 2 и, во-вторых, большей для D-триггеров данного типа задержкой формирования нулевого уровня на выходе Q1 по сравнению с задержкой формирования единичного уровня

на выходе $\overline{Q1}$ ($t_{зад10} > t_{зад01}$).

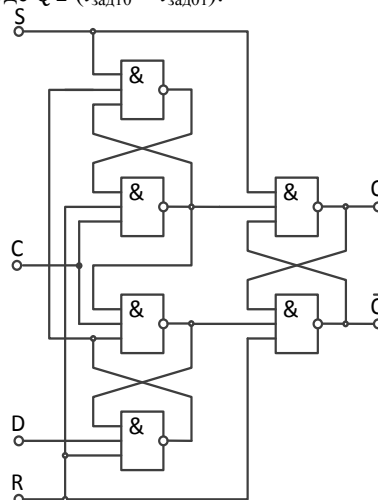


Рисунок 2 – Синхронный D-триггер, выполненный по трехтриггерной схеме