

ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 10 КЭВ ЧЕРЕЗ СТЕКЛЯННЫЕ МАКРОКАПИЛЛЯРЫ КОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

К.А. Вохмянина, А.А. Каплий, В.С. Сотникова, И.А. Кищин, А.С. Кубанкин,
 Р.М. Нажмудинов, А.Н. Олейник, А.В. Сотников

Исследование возможности формирования пучков заряженных частиц с помощью диэлектрических каналов представляет собой актуальную задачу в связи с потенциальными возможностями создания недорогого и компактного устройства управления ионами и электронами. В настоящее время широкое развитие получили исследования по изучению прохождения электронов через диэлектрические каналы [1-4].

Выполнен ряд экспериментов по изучению прохождения электронов с энергией 10 кэВ через стеклянные макрокапилляры конической формы. Показано, что при определенных соотношениях входного и выходного диаметров канала плотность тока прошедшего пучка электронов может увеличиться на два порядка по сравнению с первоначальной. Измерение спектров прошедших через макрокапилляр электронов позволяет определить долю частиц, не испытавших потерь энергии при прохождении канала.

Идея бесконтактного прохождения заряженных частиц через диэлектрические каналы возникла в 80-х годах и изучалась для импульсных сильноточных пучков релятивистских электронов:



Рис. 1. Схема эксперимента. 1, 2 – дополняемые коллиматоры; 3 – капиллярная трубка; 4 – фотокаソード; 5 – лазер; 6, 6' – изгибающее устройство; 7 – подвижный щит Фарадея.

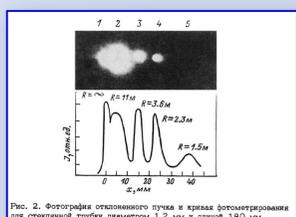
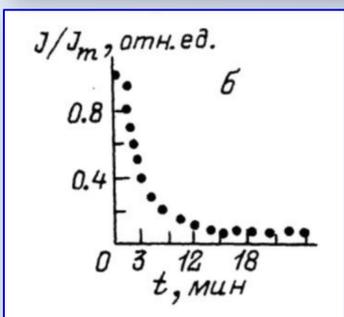


Рис. 2. Фотография отклоненного пучка и кривая фотометрирования с помощью трубки диаметром 1,2 мм и длиной 188 мм.



Отклонение электронов с энергией 1.5 МэВ при помощи изогнутого стеклянного капилляра. Для радиуса изгиба 5 м интенсивность прошедшего пучка уменьшилась на 2% от первоначальной пучка. Для изогнутых каналов снижение тока не наблюдалось.

Рис.3 Временная зависимость прохождения электронов через прямой стеклянный канал длиной 188 мм и диаметром 1.2 мм.

A. Yu. Basai, C.A. Vorobiev, V.V. Kaplin et al. // *Technical Physics Letters*, V. 14(9), pp.849-854, 1988

Конические каналы... 800 эВ и 1000 эВ пучки электронов

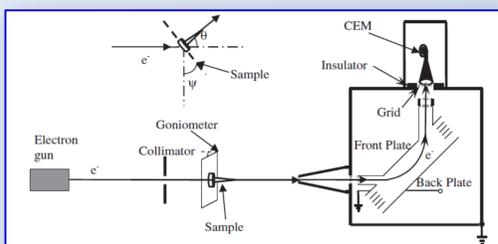


Рис.5 Схема эксперимента

“The guiding ability of electrons was found to decrease with increasing energy...”

Characteristic guiding angle ψ_c for 800 and 1000 eV.

Energy (eV)	Guiding angle ψ_c
800	$0.67^\circ \pm 0.40^\circ$
1000	$0.33^\circ \pm 0.05^\circ$

Таблица 1 – Результаты эксперимента

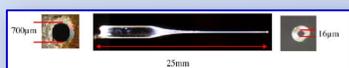


Рис.4 Параметры капилляра

“No significant energy loss was found for the sample tilt angles investigated.”

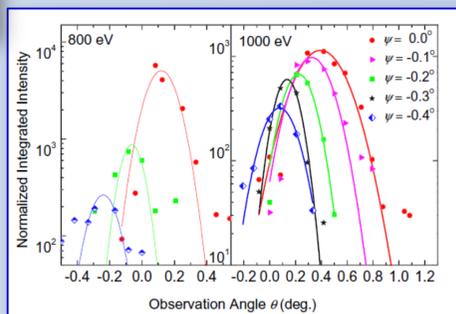


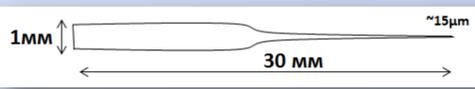
Рис.6 Изменение интенсивности тока пучка при различных углах наклона

S.J. Wickramarachchi et al. / *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 269 (2011) 1248–1252

В данной работе приведены исследования по изучению прохождения электронов с энергией 10 кэВ через стеклянные макрокапилляры конической и цилиндрической формы. Схема измерений полного тока электронов, прошедших через конический канал показана на рисунке 7.



Рис.7 Схема измерений



Поворот, град.	Полный ток, нА
0	5.5
+0.285	4.9
+0.57	2.15

Рис. 8 Конический канал и результаты эксперимента по измерению полного тока. Ток, падающий на вход канала ~ 20 нА

С целью измерения доли электронов, прошедших через канал без потерь энергии, в установку были добавлены отклоняющие пластины (схема эксперимента и параметры конического капилляра для испытания системы показаны на рисунке 9). На рисунке 10 представлены результаты сравнения токов при отсутствии и подаче напряжения на одну из отклоняющих пластин для трех различных углов наклона канала по отношению к оси пучка.

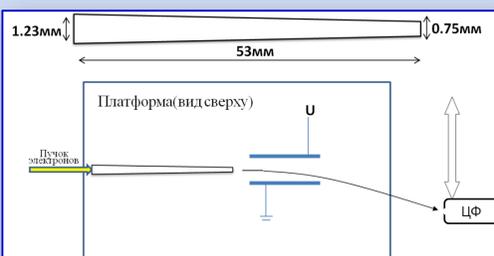


Рис.9 Параметры капилляра и схема эксперимента

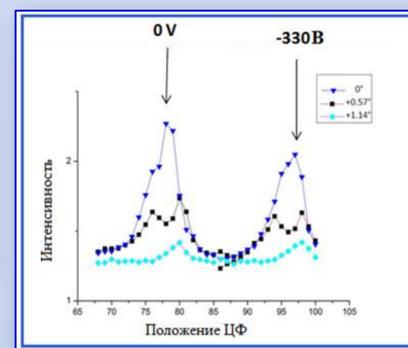


Рис.10 Сравнение токов при отсутствии и подаче напряжения на одну из отклоняющих пластин для трех различных углов наклона канала по отношению к оси пучка.

Обнаружено, что ширина пиков и их высота слабо меняются при подаче напряжения на одну из отклоняющих пластин.

Для уточнения полученных данных необходимо использование спектрометра, обладающего фокусирующими свойствами. Такими свойствами обладает система на основе цилиндрического конденсатора. На рисунке 11 приведены результаты моделирования движения пучка в подобном спектрометре. Размер диафрагм – 1 мм, расходимость пучка не менее 1°.

Результаты предварительного экспериментального исследования зависимости доли бесконтактно прошедших электронов через стеклянный цилиндрический капилляр длиной 47 мм и внутренним диаметром 1.16 мм от угла наклона канала по отношению к оси пучка представлены на рисунке 12.

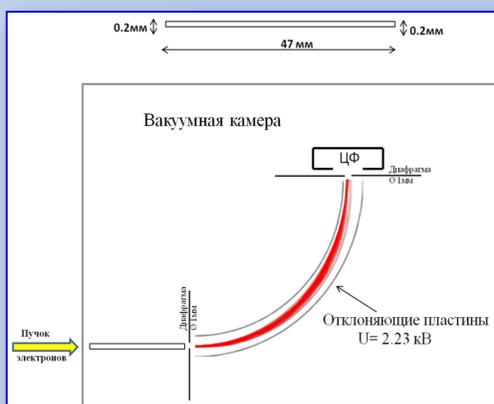


Рис.11 Параметры цилиндрического капилляра. Результаты моделирования прохождения пучка электронов через спектрометрическую систему и соответствующая схема эксперимента

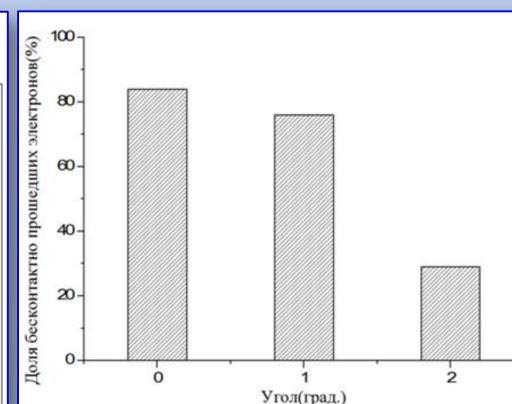


Рис.12 Доля бесконтактно прошедших электронов через цилиндрический капилляр

Как видно из диаграммы на рисунке 12, доля электронов, прошедших через диэлектрический канал цилиндрической формы, достаточно высокая даже при ненулевых углах наклона канала. Указанная спектрометрическая система в дальнейшем будет использоваться для более эффективного исследования спектра электронов, прошедших через конические капилляры с различными соотношениями входного и выходного диаметров.

Плотность тока пучка на выходе из канала увеличилась на **два порядка!**

Литература

1. Dassanayake B. S., Keerthisinghe D., et al., *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* 298, 1-4 (2013).
2. Wang W., Chen J., Yu D. Y., et al., *Phys. Scr.* T 144, 014023 (2011)
3. Wickramarachchi S. J., Dassanayake B. S., et al., *Phys. Scr.* T 156, (2013)
4. Wickramarachchi S.J., Ikeda T., Keerthisinghe D., Tanis J.A., *Nucl. Instrum. and Methods Phys. Res. B* 317 (2013) 101–104