

## ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ЗАХВАТУ СИЛЬНОТОЧНОГО ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ НА ЗАМКНУТУЮ ОРБИТУ

*А.Н. Диденко, А.В. Петров, А.И. Рябчиков,  
В.А. Тузов, Ю.П. Усов*

Пучок ускорителя "Тонус" был захвачен на замкнутую орбиту без применения внешних электрических и магнитных полей за счет отталкивающегося действия медного экрана желобообразной формы. Время жизни сформированного электронного кольца составило **250 нсек** при длительности импульса инжекции **50 нсек**

Электронные сгустки большой плотности в виде колец, образованных релятивистски вращающимися электронами, представляют большой интерес для исследований по физике плазмы, для осуществления коллективного ускорения заряженных частиц и других важных применений. Такие кольца получают в установках Астрон [1], Адгезатор [2] или путем сжатия внешним магнитным полем цилиндрического полого пучка сильноточного электронного ускорителя [3].

Способность сильноточных релятивистских электронных пучков распространяться в нейтральном или частично ионизованном газе на значительные расстояния [ 4 ] и отражаться от проводящей поверхности [ 5 ] делают возможным получение замкнутого электронного кольца на основе отталкивающего действия металлического экрана – " зеркального захвата " [ 6 ]. Однако нам неизвестны экспериментальные данные, подтверждающие эту возможность. Проведенные нами ранее измерения показали, что отражение пучка от проводящей поверхности происходит без существенной потери электронов [ 7 ], а транспортировка пучка в условиях газовой фокусировки на расстоянии до 3 м не вызывает изменения энергетического пучка [ 8 ].

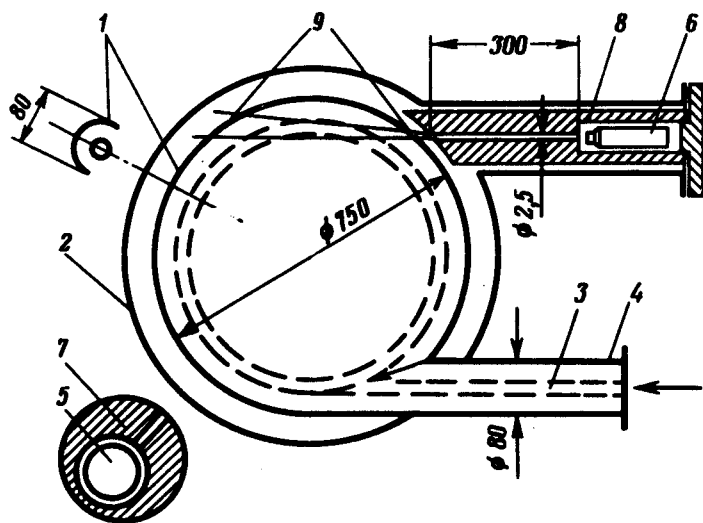


Рис.1.

Зеркальный захват электронного пучка ускорителя " Тонус " [ 9 ] на замкнутую орбиту был осуществлен с помощью отражающего экрана, выполненного в виде проводящего желоба. На рис. 1 приведена схема эксперимента. Медный отражающий экран 1 расположен в объеме, образованном медным цилиндром 2 и двумя диэлектрическими крышками – текстолитовой и плексигласовой, через которую осуществлялось фотографирование пучка с помощью фотокамеры РФК-5. Инжекция пучка электронов 3 производилась через касательный патрубок 4. Пучок ускорителя " Тонус " выводился из электронной пушки через титановую фольгу толщиной 50 мкм и транспортировался в условиях газовой фокусировки по дрейфовой трубке, связывающей касательный патрубок 4 и анодный фланец ускорителя.

На рис. 2 приведена фотография электронного кольца, полученная при следующих условиях: давление воздуха в камере 2,0 мм рт. ст., инжектируемый ток 40 ка, максимальная энергия электронов 1 Мв, длительность импульса (время инжекции) 50 нсек, длительность фронта импульса электронного тока 15 нсек. Необходимо отметить, что давление, при котором наилучшим образом выполняются условия фокусировки и удержания пучка в кольце, значительно выше, чем то, при котором выполня-

ется газовая фокусировка для прямолинейного пучка. Видимые на фотографии рис. 2 конструкционные детали в центре кольца обеспечивают механическую прочность камеры, засветка в стороне от кольца — свечение пучка через реперное отверстие в касательном патрубке. Изменение давления в камере приводит к возникновению крупномасштабных неустойчивостей: пучок начинает двигаться по хордам, а затем выпадает из желоба.

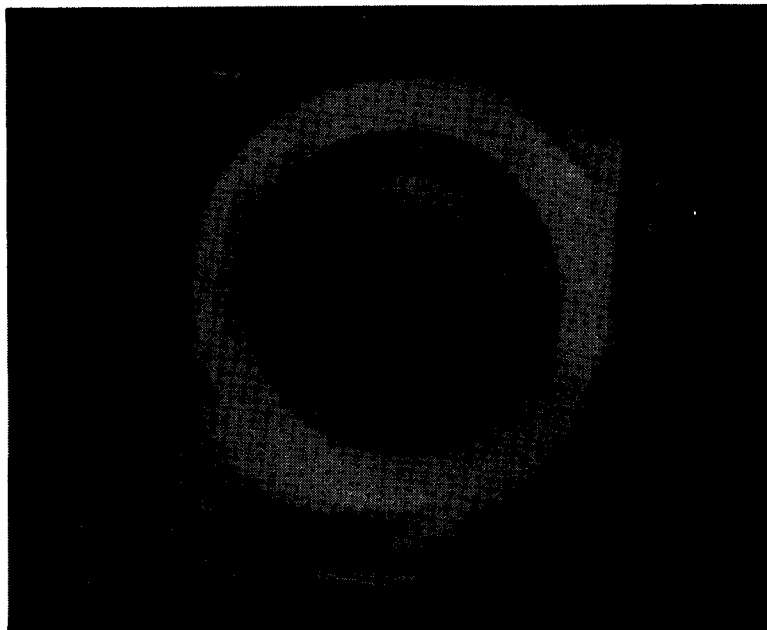


Рис.2.

Время жизни электронного кольца измерялось двумя рентгеновскими датчиками, приведенными на рис. 1: 5 — электронно-лучевой умножитель типа ЭЛУ-19 с порогом регистрации рентгеновского излучения  $E_{min} = 300$  кэв и 6 — сцинтилляционный датчик (ФЭУ-87 и пластический сцинтиллятор) с  $E \sim 80$  кэв. Датчики 5 и 6 размещались в свинцовых коллиматорах 7 и 8.

Датчик 5 устанавливался на расстоянии 50 см от камеры и регистрировал общий фон гамма-излучения. Датчик 6 регистрировал гамма-излучение, обусловленное рассеянием электронов кольца на остаточном газе. Для исключения гамма-излучения, связанного с рассеянием электронов на поверхности отражающего экрана, в последнем были сделаны сквозные отверстия 9.

Осциллограммы импульсов рентгеновского излучения из электронного кольца, полученные с помощью датчиков 5 и 6, приведены на рис. 3. Длительность импульсов составляет 190 и 250 нсек соответственно, что значительно превышает время инжекции.

Сравнение полученных данных с результатами экспериментов по формированию E-слоя в Берте [10] свидетельствует о том, что в услови-

ях нашего эксперимента наблюдаемое время жизни кольца определяется не рассеянием электронов на газе, а временем, в течение которого существует отталкивающее действие отражающего экрана.

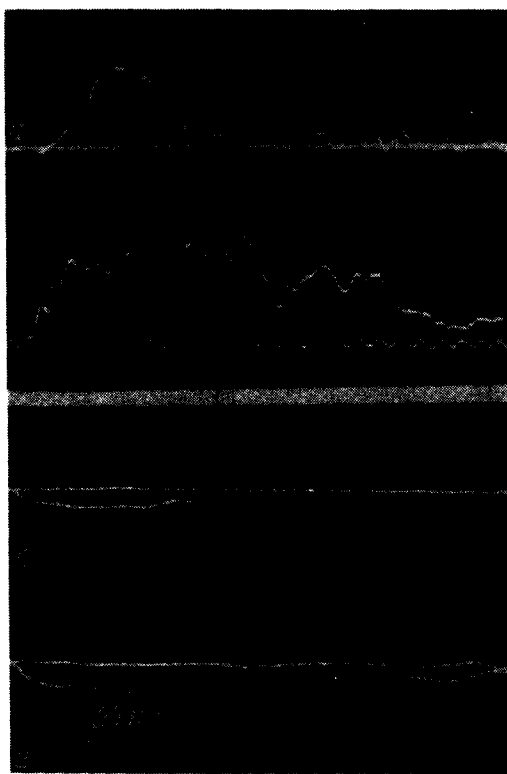


Рис.3. Осциллограммы импульсов рентгеновского излучения, полученные с помощью ЭЛУ-19 — *а, б* и сцинтилляционного датчика — *в, г*; *а, в* — захвата нет, *б, г* — сформировано кольцо. Частота градуировочных колебаний 100 МГц

Результаты фотометрирования изображения кольца электронов и прямого электронного пучка при одинаковом давлении свидетельствуют о том, что циркулирующий в кольце ток значительно превосходит ток инжекции. Однако, для того, чтобы сделать вывод о величине коэффициента захвата и накопления тока, необходимы дополнительные эксперименты. Нами готовятся измерения параметров электронного кольца с помощью ЗОП с наносекундным разрешением, проводится калибровка рентгеновских датчиков. Прямые измерения тока быстрых электронов, циркулирующих в условиях газовой фокусировки в замкнутом отражающем экране, затруднены наличием обратного плазменного тока и открытой геометрией отражающего экрана, удобной, однако, для дальнейшего использования сформированного электронного кольца.

Поступила в редакцию  
22 сентября 1974 г.  
26 декабря 1974 г.

## Литература

- [1] N.S. Christofilos. Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, Pergamon Press, London, 1, 576, 1959.
  - [2] В.П.Саранцев. Труды VII Междунар. конф. по ускорителям заряженных частиц, Ереван, 1970.
  - [3] M.Reiser. IEEE Trans. on Nucl. Sci., No S-20, 1, 310, 1973.
  - [4] А.В.Агафонов. Атомная техника за рубежом, 10, 31, 1973.
  - [5] W.Link, IEEE Trans. on Nucl. Sci. No.S-14, 3, 777, 1967.
  - [6] К.В.Ходатаев. АЭ. 32, 379, 1972.
  - [7] И.З.Глейзер, А.Н.Диденко и др. АЭ, 36,378, 1974.
  - [8] A.C.Smith, Jr. C E Swannack, H.H.Fleischmann, D.A.Phels. L.P.S. 139 Cornell University, December, 1973.
-