

## Состояние работ на 2-МэВ инжекторе для мощного ЛСЭ

В.В. Анашин, Я.К. Авласов, В.С. Арбузов, Б.А. Баклаков, А.М. Батраков, И.В. Белоусов, В.П. Болотин, В.М. Боровиков, А.А. Бушуев, В.Ф.Веремеенко, В.Г. Вещеревич, Н.А.Винокуров, П.Д.Воблый, Н.Г.Гаврилов, Э.И.Горникер, Б.А.Гудков, Б.А.Довженко, Ю.А.Евтушенко, А.И.Ерохин, Е.И.Загородников, Е.М.Закутов, Н.И.Зиневич, Д.А. Кайран, А.Н.Кергинский, В.В.Колмогоров, Е.И.Колобанов, А.А.Кондаков, Д.А.Коршунов, Г.С.Крайнов, С.А.Крутихин, А.М.Крючков, Г.Н.Кулипанов, Э.А.Купер, И.В.Купцов, Г.Я.Куркин, А.А.Литвинов, Д.А.Марков, Л.Э.Медведев, А.С.Медведко, Е.Г.Мигинская, С.В.Мигинский, Л.А.Мироненко, А.Д.Орешков, В.К.Овчар, В.М. Петров, А.М. Пилан, В.М. Попик, И.К. Седляров, В.В. Смирных, И.Н. Сорокин, С.В. Тарарышкин, М.А. Тиунов, А.Г. Трибендис, В.А.Ушаков, М.А. Холопов, В.П. Черепанов, Т.В. Шафтан, М.А. Щеглов, А.А. Шейнгезихт, Е.И. Шубин, Г.И. Яснов

*Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия*

В Институте ядерной физики им. Будкера разработан, изготовлен и запущен инжектор электронов на энергию 2 МэВ для мощного лазера на свободных электронах при Центре фотохимических исследований. Инжектор состоит из электронной пушки на энергию 300 КэВ, одного группирующего и двух ускоряющих ВЧ резонаторов с ВЧ-генераторами, вакуумной, магнитной и диагностической систем и поглотителя пучка. Электронная пушка, в которой используется катод с двумя сетками, обеспечивает электронный пучок со средним током 45 мА, частотой повторения 22,5 МГц и пиковым током до 2 А. ВЧ-система работает на частоте 180 МГц. ВЧ-генераторы обеспечивают выходную мощность до 260 кВт. Инжектор будет использоваться для мощного ЛСЭ на базе разрезного микротрона-рекуператора, который сейчас сооружается в Новосибирске.

В Центре фотохимических исследований (г. Новосибирск) ведется строительство инфракрасного лазера на свободных электронах со средней мощностью до 100 кВт на базе разрезного микротрона-рекуператора [1]. На данном этапе запущен в работу инжектор электронов с энергией 2 МэВ и ведутся работы по измерению параметров электронного пучка.

Инжектор (см. рис 1) состоит из электронной пушки (1), группирующего (2) и двух ускоряющих (3) резонаторов, магнитной (4) и вакуумной систем, системы управления и контроля и системы диагностики (5).

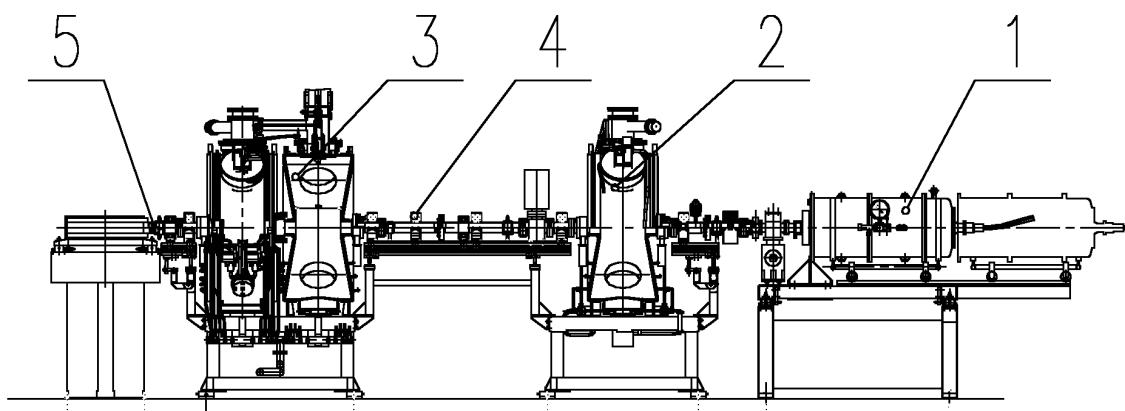


Рис 1.

Электронные сгустки с зарядом 2 нКл, длительностью 1,5 нс и частотой повторения от 2 кГц до 22,5 МГц получают с помощью 300-кэВ электростатической пушки, управляемой импульсным модулятором [2]. В качестве источника электронов применяется катодно-сеточный узел с оксидным катодом от высокочастотной лампы ГС-15Б.

ВЧ-система инжектора состоит из трех одинаковых резонаторов с рабочей частотой 180,3 МГц [3]. Ускоряющие резонаторы объединены в единый модуль. Каждый резонатор запитан от генератора, собранного на основе тетродов ГУ92А и ГУ101А. Группирующий резонатор обеспечивает ускоряющее напряжение 150 кВ, ускоряющие – до 800 кВ. Регулировка амплитуды и фазы ускоряющего напряжения и подстройка рабочей частоты и высших гармоник резонаторов осуществляются независимо.

Магнитная система инжектора состоит из набора соленоидов, фокусирующих электронный пучок по обеим координатам, и корректирующих магнитов. Расположение соленоидов и их фокусирующая сила рассчитывались с помощью специальной программы с учетом собственного заряда электронного пучка. Каждый соленоид и корректор запитаны от отдельных источников питания, которые управляются от компьютера.

Вакуумная система включает вакуумную камеру, керамическую ускорительную трубку пушки, поглотитель пучка, набор магнитоэлектрических насосов с высоковольтными источниками питания и измерительных ламп. Вакуумная камера сделана в виде трубы диаметром 80 мм из нержавеющей стали. Так как мощность электронного пучка может быть до 70 кВт, то в вакуумную камеру вставлены медные коллиматоры с водяным охлаждением. Поглотитель – медный с водяным охлаждением и магнитной разверткой электронов, рассчитан на поглощение пучка мощностью до 100 кВт. Вся вакуумная система и ВЧ-резонаторы были прогреты при температуре около 250°C.

Система диагностики состоит из двух датчиков среднего тока, двух широкополосных датчиков, трех пикап-станций и модуля для измерения параметров электронного пучка.

Датчик среднего тока представляет собой комбинацию из пояса Роговского и феррозонда постоянного тока, которые обеспечивают измерение тока частотой от нескольких сотен кГц до постоянного. Будучи размещенными в начале и в конце канала транспортировки электронного пучка, такие датчики используются не только для измерения среднего тока, но и для системы блокировки запусков пушки, когда разница между средними токами датчиков превышает определенный (300 мкА) порог из-за потерь электронов в канале. Широкополосный датчик с разрешением около 100 пс позволяет наблюдать отдельные импульсы тока, группировку электронов в сгустках и контролировать фазы влета сгустков в ВЧ-резонаторы. Пикап-станции служат для измерения траектории электронного пучка в канале.

Модуль измерения параметров пучка состоит из системы для измерения поперечных размеров и системы измерения продольного распределения. Продольное распределение измеряется с помощью оптического стробоскопического прибора-диссектора с разрешением 10 пс [4]. В качестве источника света для диссектора используется переходное излучение при выводе электронного пучка в специальный канал через титановую фольгу с помощью корректора при низкой частоте повторения или с помощью специального кикер-магнита при высокой частоте повторения.

Поперечные размеры пучка измеряются с помощью телекамеры с люминесцентного экрана или экрана переходного излучения при выводе пучка в специальный канал аналогично измерениям продольного распределения. Существует возможность измерения поперечных размеров электронного пучка без вывода его в специальный канал с использованием системы на основе магниевого струи.

В таблице приведены расчетные параметры электронного пучка для данного инжектора.

### Таблица

Полная энергия	2 МэВ
Средний ток	45 мА
Частота повторения	до 22,5 МГц
Длина сгустка	$\leq 200$ пс
Заряд в сгустке	$\geq 2$ нКл
Энергетический разброс	$\leq 15$ кэВ
Эмиттанс	$\leq 50\pi$ мм · мрад

На данном этапе собраны и проверены все системы инжектора и получен электронный ток в канале транспортировки.

### Список литературы

- [1] N.A. Vinokurov, N.G. Gavriliv, et al. Status of high power free electron using race track microtron-recuperator. Proc. 17-th Free electron laser conference, New York, USA, (1996) 403.
- [2] В.М. Боровиков, А.Н. Кергинский, и др. Электронная пушка для инжектора лазера на свободных электронах. Труды данного совещания.
- [3] V.S. Arbuzov, et al. RF System of CW Race-Track Microtron-Recuperator for FEL's, Proc. of the 1993 Particle Accelerator Conf., PAC-93, vol.2, p.1226.
- [4] E.I. Zinin. Stroboscopic method of electron-optical picosecond resolution chronography and its application in synchrotron radiation experiments. Nucl. Inst. and Meth., A208, (1983), p.439.