

МАГНИТНЫЙ ГРУППИРОВАТЕЛЬ УСКОРИТЕЛЯ УЭЛВ-10-10-Т-1 ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ И РАДИАЦИОННО- ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.С. Павлов, Доброхотов В.В., Павлов В.А, Непомнящий О.Н.,
Даниличев В.А.,

Ускоритель УЭЛВ-10-10-Т-1 оснащен специальной системой инжекции и магнитным группирователем с целью генерации пикосекундного пучка для изучения флуоресценции и радиационно-физических исследований. Основные связи между аппаратурой системы формирования ускорителя УЭЛВ-10-10-1 представлены на функциональной схеме (рис. 1).

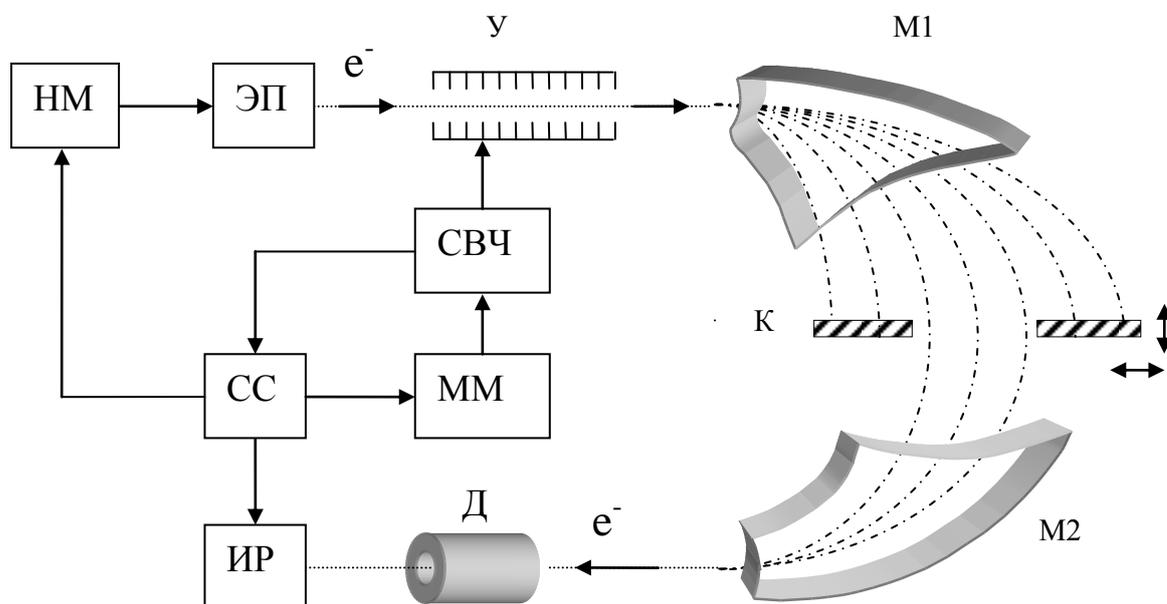


Рис. 1. Функциональная схема системы формирования пикосекундных импульсов на ускорителе УЭЛВ-10-10-Т. НМ – наносекундный модулятор; ЭП – электронная пушка; У – ускоритель; М1 – отклоняющий магнит; М2 – фокусирующий магнит; К – коллиматор; Д – электрооптический детектор параметров пучка; ИР – импульсный регистратор; СС – схема синхронизации; ММ – модулятор магнетрона; СВЧ – магнетрон.

Внешний вид системы формирования показан на рис. 2. Принцип действия системы формирования основан на особенностях работы ускорителя электронов в режиме использования запасенной энергии. В таком ускорителе при достаточной нагрузке током возникает значительное уменьшение энергии электронов между соседними сгустками, что и используется для выделения отдельного сгустка из исходного импульса с

помощью разделительного электромагнита [Ошибка! Закладка не определена]. Длительность сгустка составляет примерно 0,1 периода СВЧ колебаний генератора ускорителя (~ 50 пс).

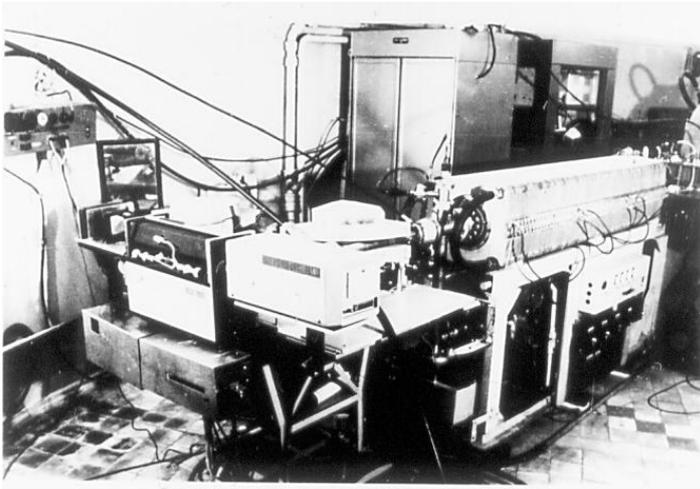


Рис. 2. Внешний вид системы формирования пикосекундных импульсов на ускорителе УЭЛВ-10-10-Т.

Для обеспечения магнитной группировки ускоритель работает в режиме запасенной энергии, когда длительность импульса инжекции (2,5 нс) много меньше времени заполнения волновода энергией (100 нс). При импульсной мощности СВЧ 10 МВт энергия, накопленная в волноводе, составляла около 2 Дж. При импульсном токе более 10 А различие энергий соседних сгустков составляет около 200 кэВ. Это обеспечивает возможность вырезания коллиматором отдельно выбранного сгустка после развертки "пакета" поворотным магнитом. После выхода из ускорителя пучок электронов в виде пакета из 3-5 сгустков поступает в магнитный группирователь состоящий из двух электромагнитов. В группирователе пучок разворачивается в виде "веера", а затем фокусируется.

Магнетроны с мощностью 10 МВт в импульсе позволяют "запасать" в диафрагмированном волноводе энергию до 2 Дж и расходовать её за ничтожно малое время инжекции электронов (2,5 нс) по сравнению со временем заполнения волновода (100 нс). В случае, когда импульс инжекции

(1,5 нс) много меньше времени заполнения волновода СВЧ-мощностью (~ 100 нс) ускоряющее поле существенно меняется при прохождении сгустков через волновод (рис.3). Первые сгустки отберут больше энергии, чем последующие, что приводит к уширению энергетического спектра пучка.

Эффект уширения спектра обычно различными методами стараются минимизировать. В нашем случае, наоборот, необходимо "уширить" спектр, чтобы упростить задачу выделения одного сгустка. При достаточно большом токе пучка (30 А) в исходном импульсе длительностью 2,5 нс разность энергий соседних сгустков равна 300 кэВ.

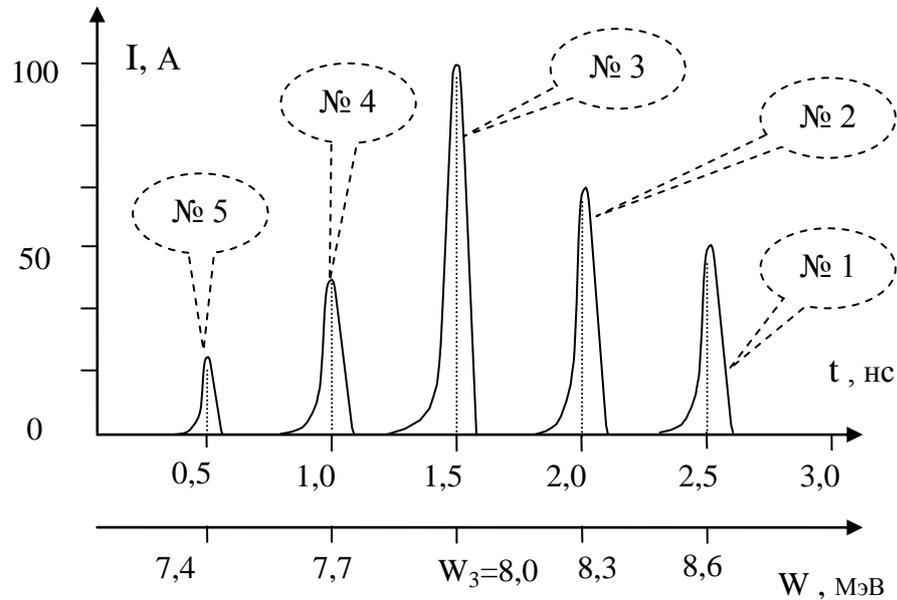


Рис. 3. Внутримпульсная структура пучка на ускоряющей частоте 1886 МГц. Период следования сгустков 530 пс.

Различие по энергиям между соседними сгустками цуга обеспечивает возможность вырезания коллиматором отдельного выбранного сгустка после пространственной развертки цуга поворотным магнитом (рис. 4). Ток в обмотках электромагнитов регулируется в пределах 6-8А. При токе 7А коллиматор на выходе магнита вырезает один из сгустков.

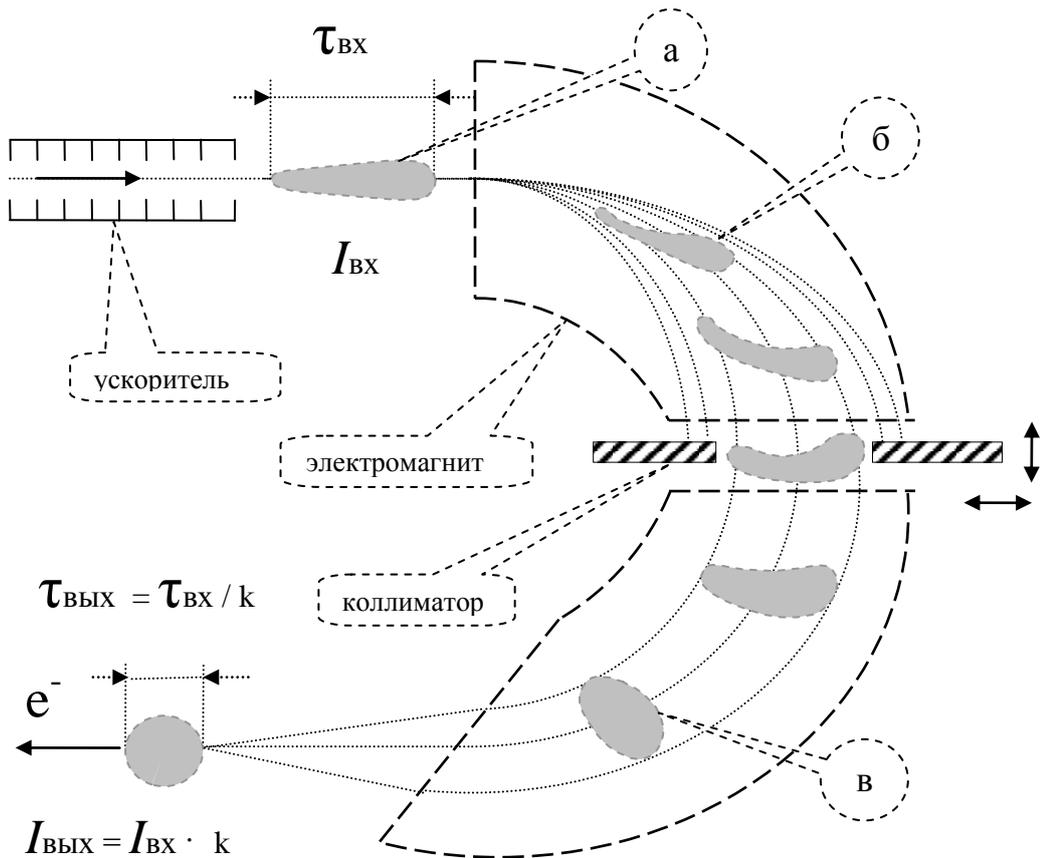


Рис. 4. Магнитный группирователь и схема его работы: а – внутриимпульсная структура сгустка; б – сгусток до магнитной группировки; в – сгусток после магнитной группировки.

Сгусток выбирается из середины пакета из-за большей разницы в энергиях между сгустками и максимальным током сгустка. Выделенный сгусток пропускается через второй электромагнит для группировки пучка, "очистки" от гамма-фона и выпускается в канал транспортировки атмосферу через фольговое окно. При этом "паразитное" тормозное излучение от коллиматора уводится в сторону от экспериментальной радиационно-химической аппаратуры. Эффект магнитной группировки достигается за счет разности хода электронов внутри сгустка. Электроны в "голове" сгустка имеют большую энергию и транспортируются по траекториям с большим радиусом чем "хвостовые" электроны.

При этом достигается "компрессия" сгустка по времени и соответственно увеличивается заряд сгустка (рис. 5, 6)

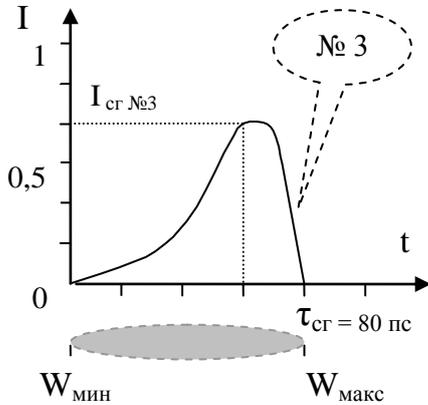


Рис. 5. Сгусток № 3 до магнитной группировки.

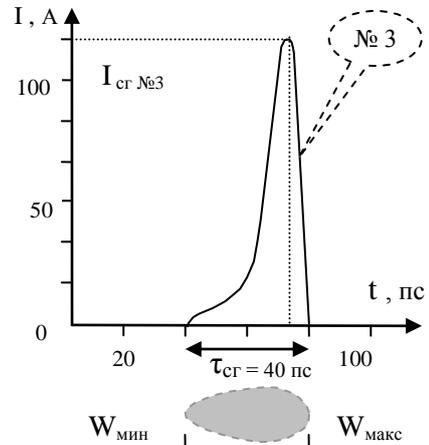


Рис. 6. Сгусток № 3 после магнитной группировки.

На рис. 7, 8 показаны импульсы на выходе ускорителя УЭЛВ-10-10-Т-1.

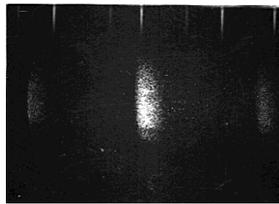


Рис. 7. Фоторегистрограмма пикосекундного импульса.

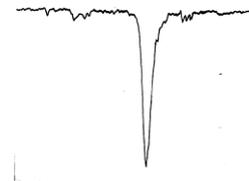


Рис. 8. Микроденситограмма пикосекундного импульса (50 пс, 150 А).

Пикосекундные импульсы из ускорителя поглощаются в исследуемом образце. В экспериментальной импульсной установке одновременно через образец пропускается световое излучение от ксеноновой лампы в направлении перпендикулярном к пучку электронов. В образце свет частично поглощается. Прошедший через образец свет с помощью зеркальной оптической системы разлагается на спектр и анализируется. Исследования проводятся на спектрофотометрической диагностирующей установке.

1. *Павлов Ю.С., Соловьев Н.Г.* Формирование и измерение пикосекундных пучков заряженных частиц. // Труды 8 Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Т 2. Дубна, ОИЯИ, 1983, с. 63.

2. *Павлов Ю.С., Соловьев Н.Г., Глазунов П.Я., Непомнящий О.Н., Полковников В.Н.* Исследование тонкой структуры импульсов тока пучка волноводного ускорителя электронов. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Техника физического эксперимента. Вып. 2 (14). Харьков, ХФТИ АН УССР, 1983, с. 86.

3. *Павлов Ю.С.* Устройство для формирования сильноточных пикосекундных пучков заряженных частиц. // А.с. № 793348. Опубл. в Б.И., 1985, № 47.

4. *Павлов Ю.С., Доброхотов В.В., Непомнящий О.Н.* Электрооптические методы измерения параметров мощных электронных пучков для радиационных технологий. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Техническая физика и автоматизация. Вып. 5 (5). М., ЦНИИАтоминформ, 2004, с. 56.