

04; 10

ПРОХОЖДЕНИЕ СИЛЬНОТОЧНОГО РЕЛЯТИВИСТСКОГО
ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В АРГОНЕН.А. К о н д р а т ь е в, Г.И. К о т л я р е в с к и й,
В.И. С м е т а н и н

Для решения широкого круга прикладных задач, таких, как иницирование селективных плазмохимических реакций с помощью сильно-точных релятивистских электронных пучков (РЭП), накачки мощных газовых лазеров, транспортировка РЭП к облучаемым материалам и т.п., необходимо детальное исследование характеристик токо-прохождения РЭП в газах различного сорта [1], поскольку в процессе взаимодействия РЭП с газовыми средами повышенной плотности могут развиваться крупномасштабные неустойчивости, приводящие к срыву электронного пучка на стенки камеры дрефа, тем самым не обеспечивая рабочие исследовательские или технологические режимы [2].

В работе [3] было теоретически показано, что время развития крупномасштабной неустойчивости возрастает с увеличением радиуса пучка электронов и с понижением давления газа, а задержке развития неустойчивости способствует нелокальность плазменного канала. Было отмечено также, что для наблюдения предсказанных в этой работе эффектов благоприятны газы с малым отношением частоты столкновений ν к скорости ионизации U_H , например аргон. Выполненные авторами [3] оценки показали, что эффект задержки развития крупномасштабной неустойчивости должен наблюдаться в аргоне при токах пучка порядка $I_b = (0.5-5) \cdot 10^3$ А.

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты исследования прохождения РЭП в аргоне, выполненные на ускорителе "ТОНУС" [4], генерирующем РЭП с параметрами: энергия электронов $E_e = (1-1.2) \cdot 10^6$ эВ, ток пучка $I_b = (1.0-2.5) \cdot 10^4$ А, длительность импульса тока на полувысоте $60 \cdot 10^{-9}$ с. Инжекция электронного пучка осуществлялась в металлические трубы дрейфа (ТД) с диаметром $\phi 9.2 \cdot 10^{-2}$ м, заполняемые аргоном при давлении $P = (1-600)$ Тор. В ходе выполнения работы проводились измерения: тока пучка, прошедшего через газ, - вакуумированным цилиндром Фарадея, располагавшимся в конце ТД; полного тока - резистивным шунтом обратного тока, включенным в рассечку ТД, а также были выполнены измерения проводимости плазменного канала, созданного РЭП в аргоне, с помощью измерительного устройства [5].

На рис. 1 приведены осциллограммы тока пучка, прошедшего через аргон различного давления, для двух длин распространения. Характерной особенностью этих осциллограмм является практически полное отсутствие срыва транспортируемого тока в результате развития крупномасштабной неустойчивости, как на длине распростране-

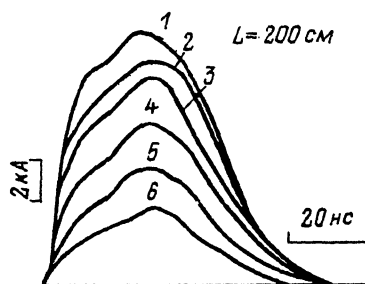
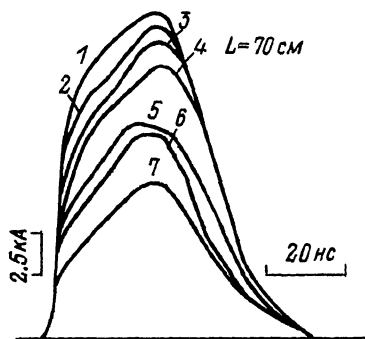


Рис. 1. Осциллограммы тока РЭП на различных расстояниях от анода ускорителя при давлении аргона в ТД (ток инж. $I_{инж.} = 24 \cdot 10^3$ А): 1 - 10 Тор, 2 - 80 Тор, 3 - 150 Тор, 4 - 300 Тор, 5 - 450 Тор, 6 - 520 Тор, 7 - 600 Тор.

ния $L = 0.7$ м, так и на $L = 2.0$ м для широкого диапазона давлений газа. Основные потери тока пучка распределяются равномерно и со стороны переднего фронта импульса, и со стороны заднего, что обусловлено наличием только ионизационных потерь тока и потерь, связанных с рассеянием на нейтральных атомах газа. Полученные экспериментальные результаты могут свидетельствовать о справедливости теоретических положений [3] и для больших амплитуд тока пучка I_B (до $\sim (2-2.4) \cdot 10^4$ А), распространяющегося в широком диапазоне давлений газа, и указывают на ряд особенностей транспортировки РЭП в аргоне. Транспортировка РЭП в аргоне характеризуется наличием достаточно высокой степени токовой

компенсации: $f_m \approx (0.45-0.55)$, которая определяется из условия: [6] $I_n = I_B + I_p$, а $f_m = I_p / I_B$. При этом, как это следует из измерений проводимости (см. рис. 2), уровень проводимости плазмы относительно невысок ($\sigma = 4 \text{ Ом}^{-1}$ или $\sigma_{\text{эп. ср.}} = 0.08 \text{ См}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ в сравнении с максимумами проводимости смеси $N_2 : O_2$ [7] и сохраняет это значение в широком диапазоне давлений $P = (1-300)$ Тор. С повышением давления аргона в ТД ($P \geq 12$ Тор) скорость наработки проводимости плазмы, обеспечивающей высокую степень токовой компенсации, возрастает, что и определяет устойчивое распространение РЭП. Для пучка электронов с током $I_B = 3.5 \cdot 10^3$ А, транспортируемого при давлении аргона в ТД $P = 600$ Тор на длину $L = 1.1$ м от анода ускорителя, степень токовой компенсации составляет $f_m = 0.3$, что уже само по себе является нетривиальным результатом для этого уровня плотности газовой среды и длины распространения. Это обстоятельство может служить и дополнительным доказательством отсутствия развития крупномасштабной неустойчивости при распространении РЭП в аргоне.

Представляет интерес и заслуживает дальнейшего исследования и тот полученный экспериментальный результат, что образованная сильноточным РЭП длительностью $60 \cdot 10^{-9}$ с плазма сохраняет

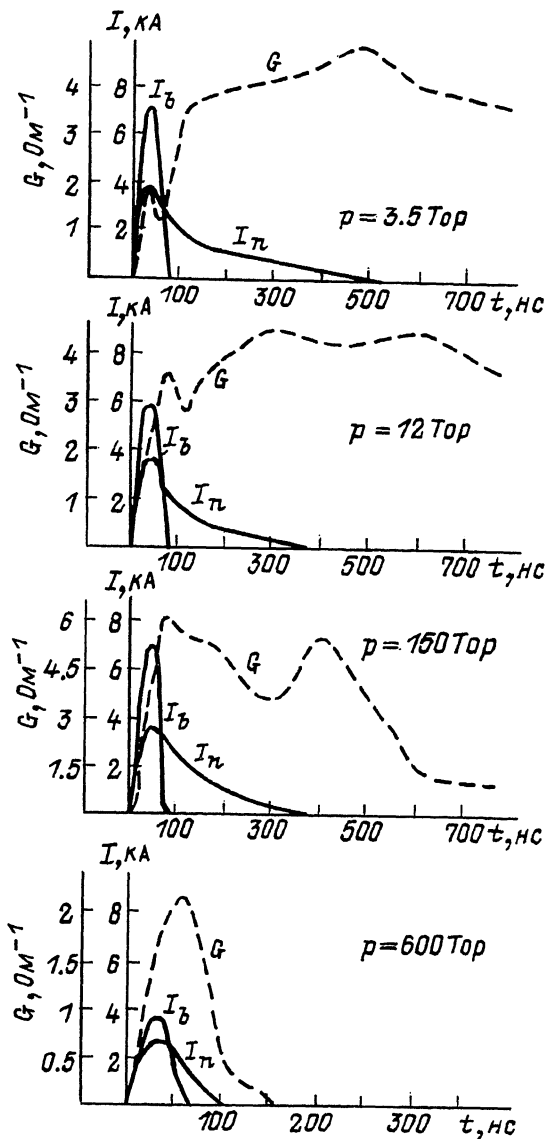


Рис. 2. Осциллограммы импульсов тока I_b , полного тока I_n и проводимости плазмы G на длине распространения $L = 1.1$ м, при различных давлениях аргона в ТД ($I_{инж} = 14 \cdot 10^3$ А).

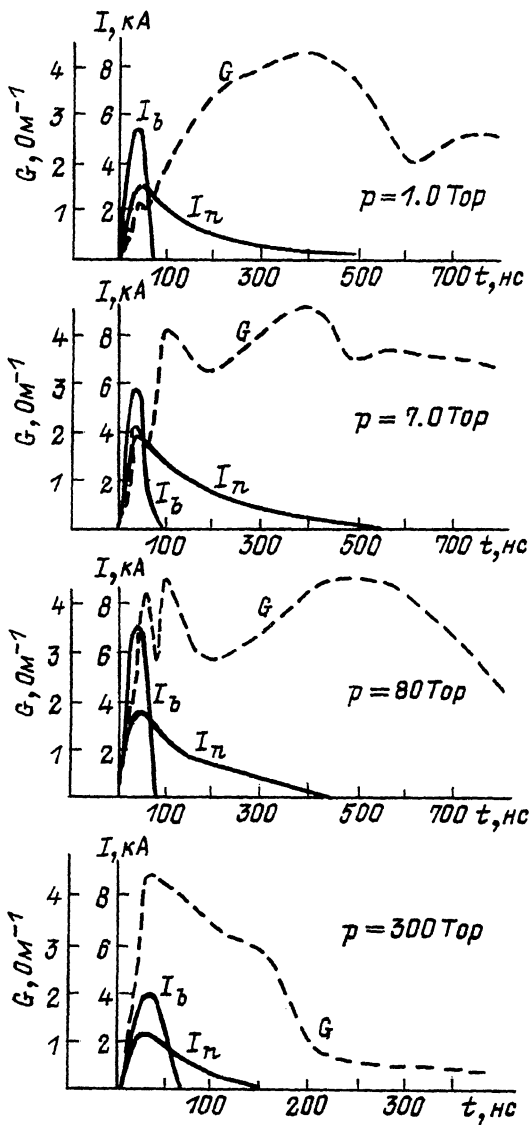


Рис. 2 (продолжение).

достаточно высокий уровень проводимости в течение времени $t_u \geq 800 \cdot 10^{-9}$ с при давлении аргона $P = (1-150)$ Тор. Результаты работы могут найти применение при проектировании и отработке технологических режимов плазмохимического реактора.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Сильноточные релятивистские электронные пучки в плазмохимии// Под ред. Полак Л.С. М.: 1985. С. 33-79.
- [2] Кондратьев Н.А., Котляревский Г.И., Сметанин В.И. // ЖТФ. 1988. Т. 58. В. 10. С. 1915-1923.
- [3] Сорокин Г.А. Резистивная шланговая неустойчивость в нестационарной плазме. Коллективные методы ускорения и пучково-плазменные взаимодействия. М., 1982. С. 180-187.
- [4] Глейзер И.З., Диденко А.Н., Дронова Л.П., Жерлицын А.Г. и др. // Атомная энергия. 1974. Т. 36. С. 378-380.
- [5] Котляревский Г.И., Пак В.С., Сметанин В.И., Тузов В.А., Цветков В.И. А.с. № 1205745 СССР.
- [6] Абрамян Е.А., Альтеркоп Б.А., Кулешов Г.Д. Интенсивные электронные пучки. М.: 1984. С. 220-222.
- [7] Кондратьев Н.А., Котляревский Г.И., Пак В.С., Сметанин В.И. У1 Всес. симпозиум по сильноточной электронике. Тез. докладов. Томск. 1986. Ч. II. С. 41-42.

Поступило в Редакцию
14 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 11

12 июня 1989 г.

04; 07

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА
ОБЪЕМНОГО САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА
В СИСТЕМЕ ПЛОСКИХ НЕПРОФИЛИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Б.В. Семкин, Е.Э. Трефилов,
Б.Г. Шубин

Формирование объемного самостоятельного разряда (ОСР) путем предварительной транспортировки в разрядный промежуток (РП) электронов, эмиттированных из плазмы возбужденного на катоде вспомогательного разряда, имеет широкую перспективу при создании широкоапертурных CO_2 лазеров [1, 2]. Одним из главных досто-