

ТРАНСПОРТИРОВКА РЭП В ПЛОТНОМ НЕЙТРАЛЬНОМ
ГАЗЕ ПРИ НАЛИЧИИ МАГНИТНОЙ ПРОБКИ

Ю. Ф. Бондарь, С. И. Заворотный, А. Л. Ипатов,
Г. П. Мхеидзе, А. А. Овчинников, А. А. Савин

УДК 621.384.64

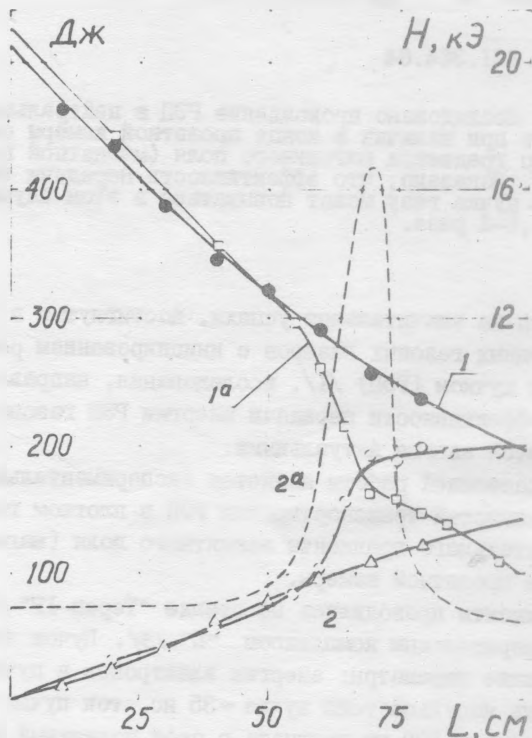
Исследовано прохождение РЭП в нейтральном газе при наличии в конце пролетной камеры сильного градиента магнитного поля (магнитной пробки). Показано, что эффективность передачи энергии пучка газу может повышаться в этом случае в 1,5–2 раза.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые в области создания мощных газовых лазеров с иницированием релятивистским электронным пучком (РЭП) /1/, исследования, направленные на повышение эффективности передачи энергии РЭП газовой среде, представляются весьма актуальными.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование особенностей транспортировки РЭП в плотном газе при наличии значительного градиента магнитного поля (магнитной пробки) в конце пролетной камеры.

Эксперименты проводились на стенде "Терек-IP" /2/ в сочетании с измерительным комплексом "L" /3/. Пучок электронов имел следующие параметры: энергия электронов в пучке $\sim 1,5$ МэВ, длительность импульса тока пучка ~ 35 нс, ток пучка ~ 15 кА. Камера диаметром 128 мм включала в себя подвижный измерительный узел, представляющий собой мишень из графита диаметром 120 мм. Энергия, рассеиваемая в графите быстрыми электронами, измерялась при помощи термопар. По радиусам диска мишени установлены коллекторы быстрых электронов. Система коллекторов позволяла измерять распределение плотности заряда, переносимого РЭП на мишень за импульс.

Измерение энергии, вложенной пучком в газ, осуществлялось с помощью дифференциального манометра, регистрирующего степень нагрева газа за импульс. Таким образом измерялась та часть поглощенной энергии, которая переходит в результате процессов рекомбинации и релаксации в тепло. Оценки показывают, что в условиях экспериментов в излучение уходит не более 10% энергии, переданной пучком газу.



Р и с. 1. Зависимость энергии от расстояния L по оси камеры до места инъекции пучка: 1(●) — энергия, рассеиваемая мишенью; 2(Δ) — энергия, поглощаемая газом в случае однородного по оси камеры магнитного поля $H = 5,8$ кЭ; 1^а(○), 2^а(○) — то же в случае неоднородного магнитного поля (---)

В качестве объекта исследований взята газовая смесь азота и SF_6 при парциальных давлениях 100 тор и 600 тор соответственно. Эта смесь имитирует наиболее эффективную газовую смесь, применяемую для HF-лазера /4/.

На рис. 1 приведены основные результаты экспериментов. Кривая 1 представляет собой зависимость энергии $Q(L)$, поглощаемой в мишени, от расстояния L до места инъекции пучка. Кривая 2 иллюстрирует зависимость энергии $E(L)$, поглощенной в газе. Зависимости носят монотонный характер. Обе кривые получены при наличии в камере однородного аксиального магнитного поля напряженностью $H = 5,8$ кЭ.

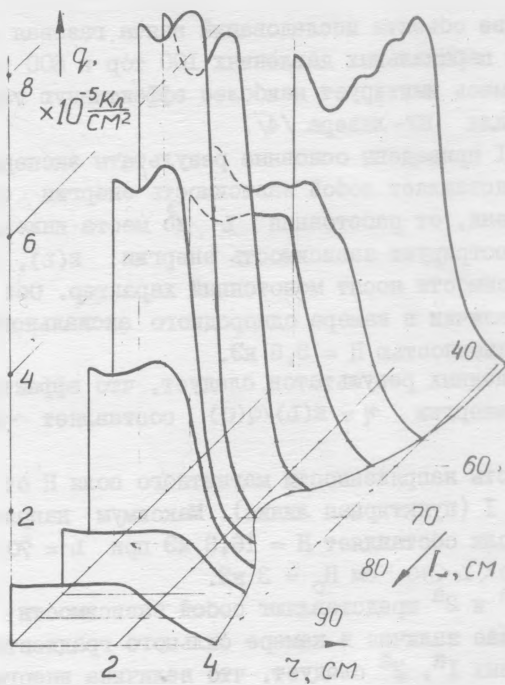
Из приведенных результатов следует, что эффективность преобразования энергии $\eta = E(L)/Q(0)$ составляет $\sim 22\%$ при $L = 70$ см.

Зависимость напряженности магнитного поля H от L приведена на рис. 1 (пунктирная линия). Максимум напряженности магнитного поля составляет $H = 16,8$ кЭ при $L = 70$ см, а в интервале $0 < L < 40$ см $H_0 = 3$ кЭ.

Кривые 1^a и 2^a представляют собой зависимости $Q(L)$ и $E(L)$ в случае наличия в камере сильного градиента магнитного поля. Из кривых 1^a, 2^a следует, что величина энергии, поглощенной газом, возрастает в 1,6 раза, а значение эффективности вклада энергии увеличивается до $\sim 35\%$ при $L = 70$ см.

Рис. 2 иллюстрирует зависимости плотности заряда, переносимого пучком за импульс, от расстояния r до оси камеры для различных L . Здесь обнаруживается значительное уменьшение диаметра пучка с одновременным увеличением плотности заряда на оси камеры в области пробки. При $L > 70$ см амплитуда плотности быстро падает, а диаметр пучка увеличивается.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что значительное число электронов пучка претерпевает отражение на магнитной пробке. Действительно, угол раствора "конуса потерь" определяется соотношением $\sin \alpha = (H_{\max}/H_0)^{-1/2}$. При пробочном отношении $H_{\max}/H_0 = 5,6$ угол α составляет $\sim 25^\circ$. Используя формулы теории многократного рассеяния, можно оценить, что после прохождения анодной фольги и слоя газа примерно 60% всех электронов пучка отклоняются на угол больший 25° , а следовательно, претерпевают отражение на пробке.



Р и с. 2. Радиальные распределения плотности заряда, переносимого на мишень пучком за импульс, для разных расстояний L

Показанная здесь возможность отражения значительной части пучка, проходящего в плотном газе, может быть использована при конструировании лазерных систем. Из результатов, приведенных на рис. 1 (кривые 2 и 2^а), следует, что длина лазерной кюветы может быть уменьшена в 1,5 - 2 раза без существенных потерь вкладываемой в газ энергии при использовании магнитной пробки, установленной в конце пролетной камеры.

Поступила в редакцию
29 июня 1981 г.

Л и т е р а т у р а

И. А. В. Джонсон и др., Квантовая электроника, 3 № 4, 914 (1976).

2. С. Г. Арутюнян и др., Краткие сообщения по физике ФИАН № 6, 31 (1978).
3. Ю. Ф. Бондарь и др., Препринт ФИАН № 177, 1980 г.
4. R. A. Gerber, E. L. Patterson, Appl. Phys. Lett., 47, № 8, 3524 (1976).