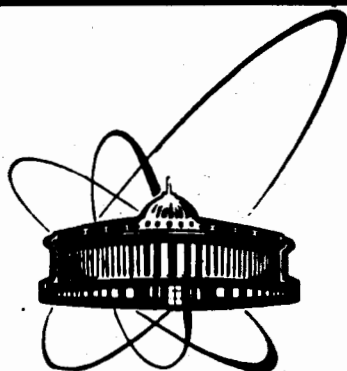


90-35



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

E 804

8-90-35

В.П.Ершов, И.В.Жигулин, А.В.Левкович,
В.Г.Луппов, М.Мертиг, Ю.К.Пилипенко

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СВЧ-ДИССОЦИАТОРА
АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

1990

В настоящее время существует большая потребность в надежных и эффективных источниках атомарного водорода. Это связано с широким спектром физических исследований, проводимых с атомарными пучками¹¹⁻³. Наиболее эффективным способом диссоциации водорода, позволяющим работать при достаточно высоких давлениях газа (0,5 ÷ 3 Торр) без его значительного разогрева, является метод с использованием СВЧ-разряда (см., например,¹⁴). Для работ по созданию ультрахолодной струйной поляризованной мишени¹⁵, изучению процессов накопления и стабилизации атомарного водорода разработана новая конструкция СВЧ-диссоциатора и применен простой метод относительной оценки степени диссоциации водорода¹⁶.

Диссоциатор представляет собой открытый коаксиал, внутри которого расположена пирексовая колба, охлаждаемая до азотной температуры (рис.1). Эта конструкция позволяет зажигать разряд в колбе без поджигающих электродов, что особенно важно при импульсном режиме работы диссоциатора и не требует настройки СВЧ-линии внутри вакуумной системы. Для согласования входного сопротивления используется настроенный элемент, расположенный вне криостата.

В наших экспериментах источник атомарного водорода работает в импульсном режиме, поэтому молекулярный газ подается в разрядную колбу с помощью специально разработанного быстродействующего электромагнитного клапана¹⁷. Клапан позволяет создавать

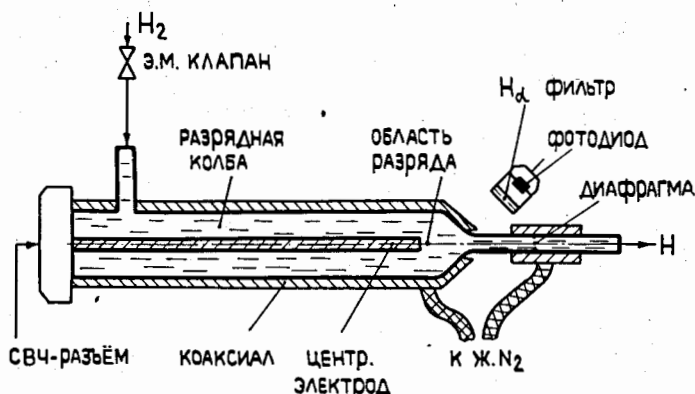


Рис.1: Схематическое изображение СВЧ-диссоциатора.

короткий газовый импульс длительностью от 0,5 до 3 мс с частотой включения от 0,1 до 100 Гц. Изменяя давление молекулярного водорода перед клапаном, длительность импульса и частоту включения, можно менять поток газа, входящего в колбу в широком диапазоне ($10^{15} \div 10^{19}$) мол./с). Необходимо отметить, что, хотя газовый импульс из клапана очень короткий, время вытекания водорода из диссоциатора, если это требуется из условий эксперимента, можно увеличивать до 300 мс. Это достигается уменьшением диаметра выходного отверстия колбы, который можно было изменять в пределах от 3 до 0,3 мм.

Для оптимизации работы диссоциатора в рабочем режиме не всегда удается использовать масс-спектрометрический анализ полученного пучка. На нашей установке эффективность процесса диссоциации контролируется измерением интенсивности излучения α -линии серии Бальмера атома водорода ($\lambda_{\alpha} = 656,3$ нм), которая отражает общее количество атомов в разрядной колбе. Контроль осуществляется фотодиодом ФД-27 с узкополосным интерференционным H_{α} -фильтром ($\lambda = 656 \pm 3$ нм).

В качестве источника СВЧ-излучения первоначально использовался аппарат для микроволновой терапии "Луч-58-1" с рабочей частотой 2,43 ГГц и максимальной мощностью 150 Вт. В процессе работы было обнаружено, что интенсивность свечения α -линии и, следовательно,

процесс диссоциации водорода имеют импульсный характер с частотой 100 Гц и длительностью около 3 мс (рис.2а). Это означает, что в промежутки времени, когда нет разряда, из диссоциатора выходит молекулярный водород, что уменьшает степень диссоциации как минимум до 30%. Оказалось, магнетрон аппарата возбуждается с частотой 100 Гц, что обусловлено характером высокого напряжения питания типовой схемы "Луча-58-1" (рис.2б).

Рис.2. Интенсивность свечения α -линии (а) и СВЧ-мощность аппарата "Луч-58-1" (б).

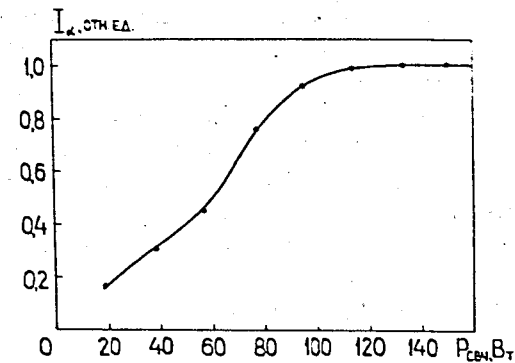
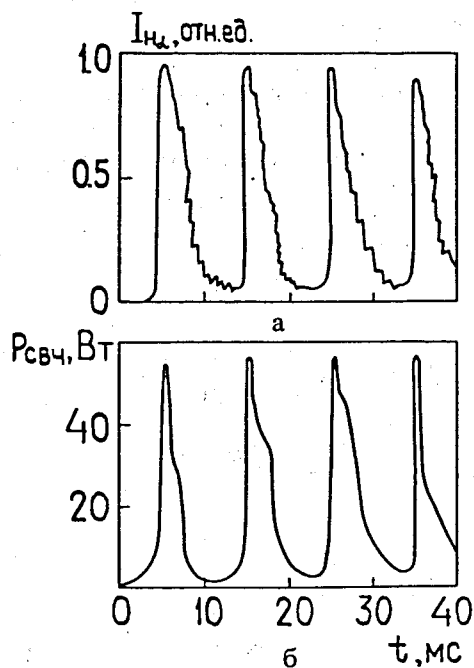


Рис.3. Зависимость интенсивности свечения α -линии от мощности СВЧ-генератора.

Для модернизации СВЧ-генератора была разработана схема импульсного модулятора с конденсатором К-75-28 (100 мкФ x x 300 В) в качестве накопителя энергии. Накопитель подключается к магнетрону через коммутатор, выполненный на основе электронной лампы ГМИ-6. В данной схеме магнетрон устойчиво работает при длительности импульса модулятора от 20 до 120 мс со скважностью больше 2. Устойчивый разряд в колбе диссоциатора достигался, начиная с мощности СВЧ-генератора $P \approx 20$ Вт. При увеличении мощности интенсивность α -линии и, следовательно, количество атомов, возникающих в процессе диссоциации, растет вплоть до насыщения, наступающего при определенном значении P , характерном для данных условий (рис.3). Дальнейшее возрастание СВЧ-мощности приводит лишь к дополнительному разогреву газа атомарного водорода.

Для уменьшения микроволнового разогрева атомарного водорода нами были проведены эксперименты по оценке степени диссоциации при разбивке основного импульса СВЧ-мощности на более короткие высокочастотные импульсы. С этой целью в схеме запуска генератора предусмотрена возможность подачи на управляющую сетку лампы серии сигналов с частотой до 100 кГц и регулируемой скважностью. Было обнаружено, что при определенных условиях разряд в колбе диссоциатора продолжает гореть между одиноч-

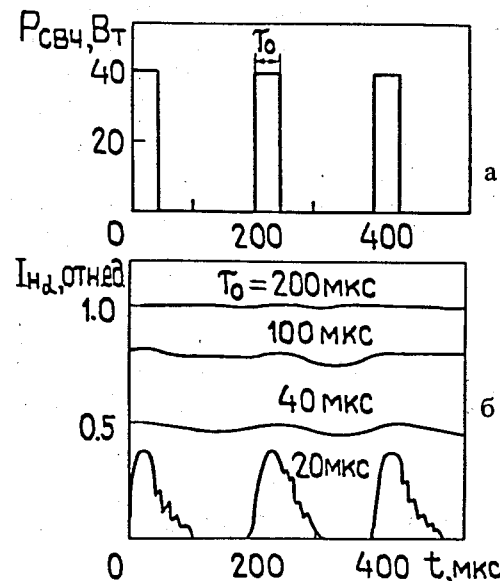


Рис.4. Мощность СВЧ-генератора (а) и интенсивность свечения α -линии при различных длительностях СВЧ-сигнала (б).

ными импульсами СВЧ-мощности за счет внутренних процессов в газе. В качестве примера на рис.4 показано, что при частоте одиночных импульсов 5 кГц разряд горит в непрерывном режиме при уменьшении длительности СВЧ-импульсов вплоть до $\tau_0 \approx 40$ мкс. При этом интенсивность свечения и, следовательно, эффективность диссоциации падает примерно в два раза по сравнению со случаем постоянно подаваемой мощности ($\tau_0 = 200$ мкс). При уменьшении τ_0 от 200 до 150 мкс интенсивность свечения практически не изменяется, хотя СВЧ-мощность, подводимая к диссоциатору, снижается на 25%.

Таким образом, с использованием простого способа сравнительного анализа эффективности диссоциации удалось существенно оптимизировать работу СВЧ-источника атомарного водорода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонас В.Б. — УФН, 1981, т.133, вып.4, с.707.
2. Kleppner D., Greytak T.J. — Proceedings of the 5 th Intern. High Energy Spin Symp. Brookhaven, 1982, p.546.
3. Silvera I.F., Walraven J.T.M. — Spin-Polarized Atomic Hydrogen in: "Progress in Low Temperature Physics VX", D.Brewer. ed. North Holland Publ. Co. 1986, p.139.
4. Евланов Е.Н., Лебедев Ю.В., Леонас В.Б. — ПТЭ, 1981, № 3, с.155.
5. Mertig M., Luppov V.G., Pilipenko Yu.K. — Proceedings of the Conf.of Spin Polarized Quantum Systems. Torino, 1988. Ed. S.Stringari. World Scientific Singapore, 1989, p.353.
6. Penttila S. et al. — Physica Scripta, 1982, vol.25, p.700.
7. Деревянкин Г.Е., Дудников В.Г., Журавлев П.А. — ПТЭ, 1975, № 5, с.168.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 января 1990 года.