

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ИЗЛУЧЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ КОРОНЫ В ВОЗДУХЕ

А.М. Морозов, К.В. Козлов, Н.С. Бокша, В.Г. Самойлович
Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
119992 ГСП-2, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3. varshik@mail.ru

1. Введение

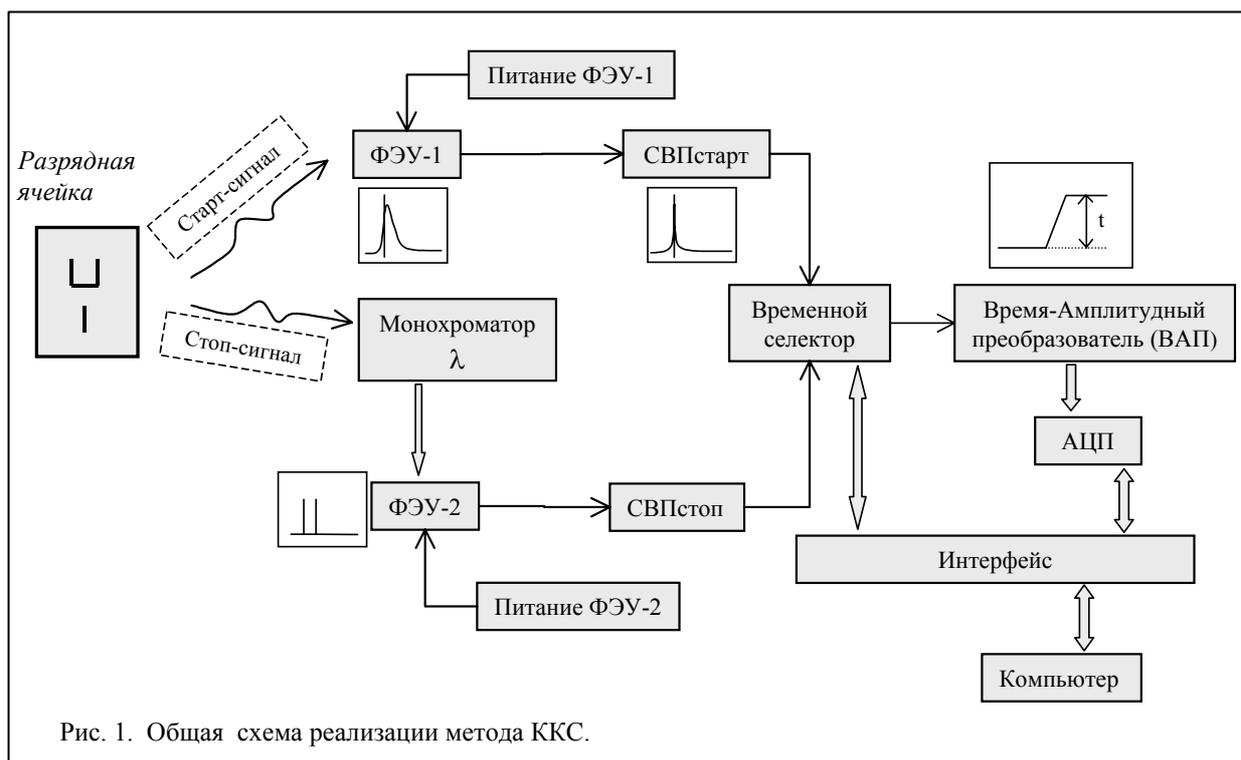
Метод кросс-корреляционной спектроскопии (ККС, см. полное описание, например, в [1]) показал себя как мощное средство для диагностики плазмы барьерного разряда [2,3]. В литературе, однако, сведения о применении этого метода для изучения коронного разряда встречаются редко [4-7]. В настоящей работе мы представляем наши первые результаты использования пространственно-разрешенной ККС применительно к отрицательной короне в воздухе при атмосферном давлении.

2. Описание экспериментального метода.

2.1. Система времякоррелированного счета фотонов.

Основная идея метода ККС заключается в определении динамики изменения интенсивности излучения $I(t)$ исследуемого объекта (процесса) путём измерения корреляционной функции $C(t)$ между двумя оптическими сигналами, поступающими на детекторы от одного и того же импульсно-периодического источника света [1]. Первый из этих сигналов (синхронизирующий, старт-сигнал на рис.1) используется для задания относительной временной шкалы, а второй (измеряемый, стоп-сигнал на рис.1) детектируется ФЭУ в режиме счёта единичных фотонов с вероятностью много меньше единицы. Функция $C(t)$ является результатом накопления большого количества корреляций. Статистическое распределение $C(t)$ при соблюдении ряда условий [1] воспроизводит $I(t)$ с достаточной точностью.

Для ККС измерений в нашей работе был использован прибор «Флуор-99», разработанный «НПП Спектрометрия», Беларусь (см. принципиальную схему на рис.1). Исследуемый объект генерирует наносекундные импульсы света. Оптический сигнал от объекта непосредственно поступает на ФЭУ-1. Для точной временной привязки он

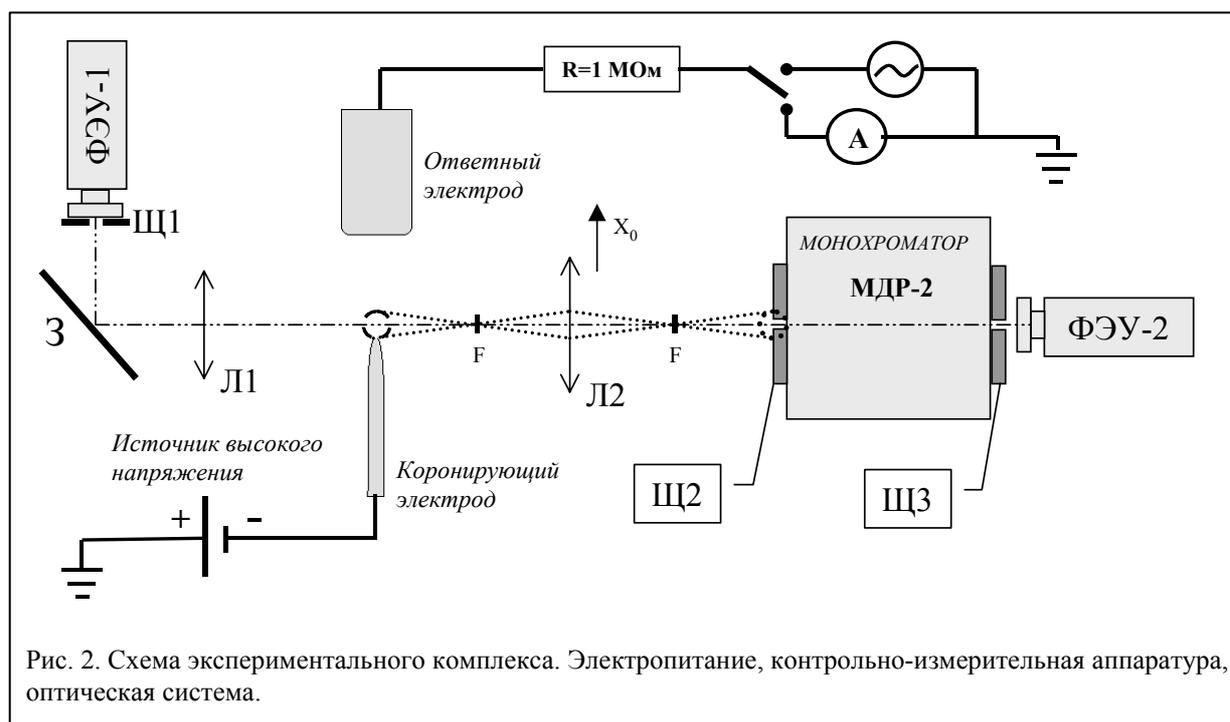


обрабатывается дискриминатором, в результате полученный синхронизирующий сигнал (в момент максимального роста сигнала на ФЭУ-1) поступает на блок временной привязки (СВПст), вырабатывающий стартовый синхро-импульс, который в свою очередь, через временной селектор запускает время-амплитудный преобразователь (ВАП). Таким образом, детектируется лавина фотонов. ВАП представляет из себя емкость, заряд на обкладках которой растет прямо пропорционально измеряемому интервалу времени.

Из второго оптического сигнала от объекта монохроматором выделяется изучаемая спектральная линия, сигнал поступает на ФЭУ-2, работающий в режиме регистрации единичных фотонов. Вероятность регистрации фотона значительно меньше единицы. В нашей работе мы использовали фото-электронные умножители, разработанные авторами [8]. Сигнал с ФЭУ-2 поступает на блок временной привязки (СВПсп), который через временной селектор останавливает ВАП. Результат измерения временного интервала считывается АЦП и помещается в один из временных каналов. Результат передается при помощи внешнего интерфейса в память компьютера. АЦП имеет 1024 временных канала. Набор шкал ВАП позволяет проводить измерения во временных интервалах от 50 нс до 40 мкс. Процесс регистрации повторяется много раз, пока статистический разброс отсчетов в выделенных каналах регистратора не станет меньше наперед заданной величины.

2.2. Экспериментальная установка.

Исследование отрицательного кронного разряда осуществлялась при помощи экспериментальной установки, представляющей совокупность газовой, электрической и оптической систем базирующихся на разрядной ячейке. Общая схема экспериментального комплекса приведена на рис. 2.



Система подачи газа состояла из компрессора, силикагелевой осушки, вентиля тонкой регулировки, измерителя потока (ротаметра) и манометра, при помощи которой поддерживался постоянный поток сухого воздуха $v = 600$ л/час через разрядную ячейку. Разрядная ячейка представляет из себя металлический куб, в котором есть подводы для создания потока газа, кварцевые оптические окна, расположенные на соседних гранях куба и крепление для электродов.

Электрическая система (рис. 2) состояла из источника постоянного напряжения (BC-23), высоковольтного электрода (игла с радиусом кривизны $R=0,3$ мм), ответного плоского электрода ($\varnothing = 17$ мм), последовательно подключенного осциллографа для

регистрации токовых импульсов, микроамперметра. Межэлектродный зазор $d = 15$ мм. Рабочее напряжение на коронирующем электроде $U = -8$ кВ.

Оптическая система (рис. 2) состояла из кварцевых линз Л1 и Л2, поворотного зеркала З, монохроматора МДР-2 и оптических щелей Щ1-Щ3.

При помощи линзы Л2, расположенной на расстоянии $2f$ от объекта, получали изображение разряда непосредственно на входной щели S2 монохроматора. Оптический сигнал, после выделения спектральной линии монохроматором поступал на ФЭУ-2. Пространственное сканирование осуществлялось перемещением линзы Л2 параллельно оси разряда. Пространственное разрешение определялось величиной щели S2.

Разрешающие способности экспериментальной установки приведены в таблице.

Параметр	Разрешение	Техническое средство
Пространственное разрешение	$\Delta x = 0,2$ мм	Микроподача оптического стола и оптические щели.
Временное разрешение	50 нс/1024 канала ВАП= 49 пс	Шкала ВАП
Спектральное разрешение	$\Delta\lambda = 0,5$ нм	Монохроматор

3. Результаты измерений

На рис. 3 приведен спектр свечения отрицательной короны в воздухе в диапазоне 310-400 нм, полученный на описанной экспериментальной установке. Для его измерения был снят набор кривых ККС в указанном интервале длин волн без пространственного разрешения. Точки на графике соответствуют интегралам ККС-кривых по времени. Зарегистрированы характерные линии свечения второй положительной системы (ВПС) азота и первой отрицательной системы (ПОС) азота:

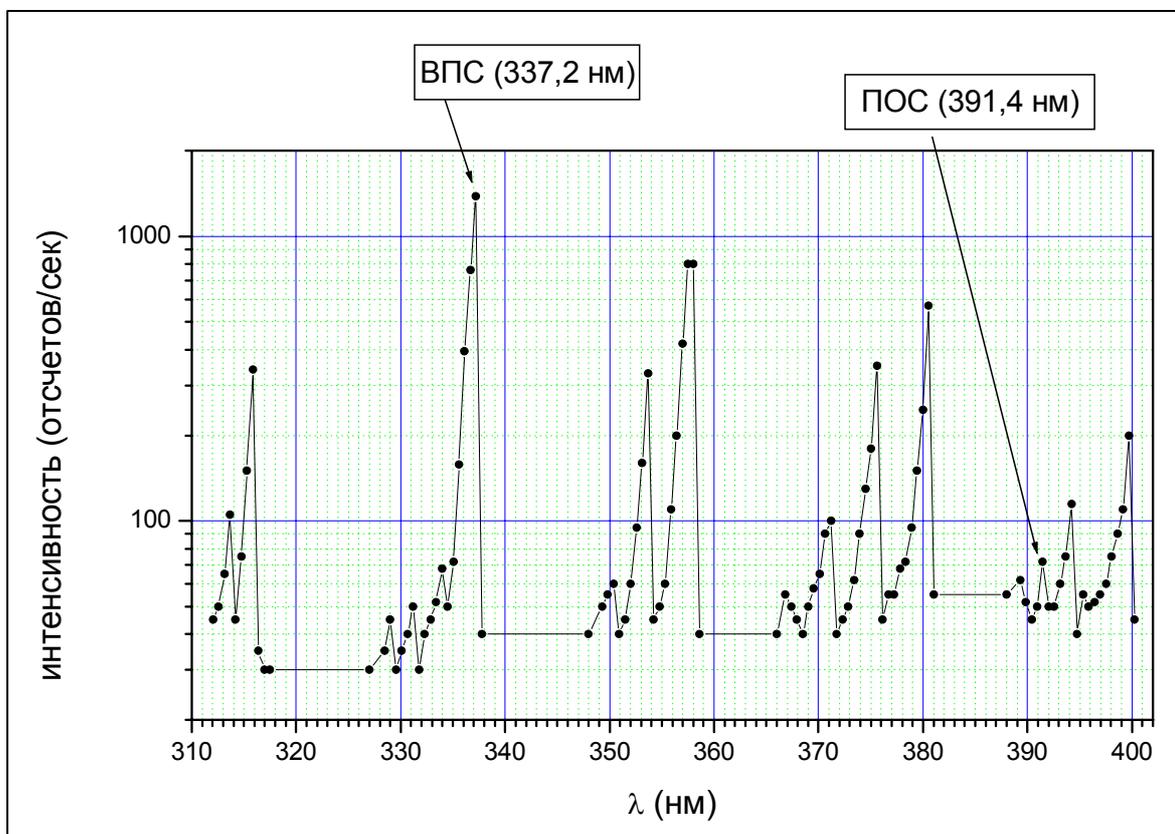
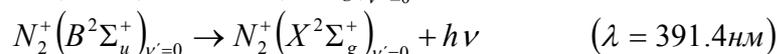
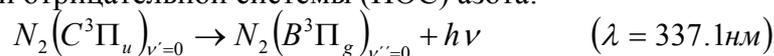


Рис.3. Спектр коронного разряда в воздухе.

Основная проблема, с которой пришлось столкнуться в ходе эксперимента – это поддержание горения коронного разряда в относительно стабильном режиме на протяжении нескольких часов для получения воспроизводимых результатов. На рис. 4 представлен пример результата измерения пространственно-разрешенной временной структуры излучения отрицательного коронного разряда в воздухе.

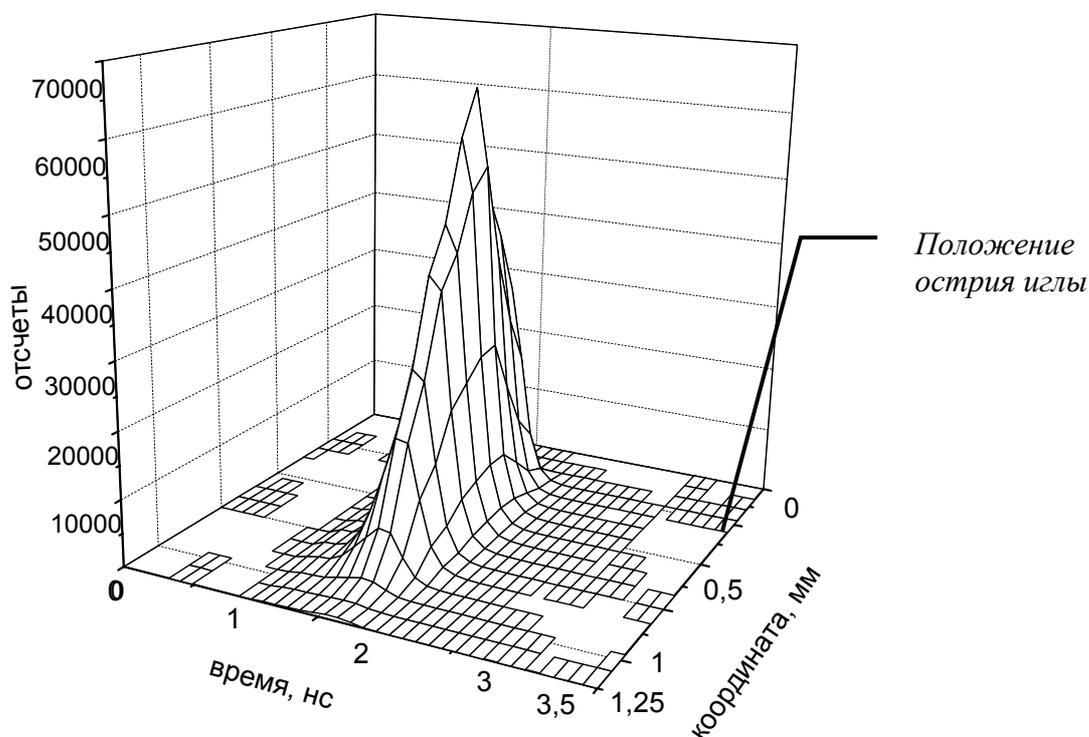


Рис. 4. Пример результата измерения пространственно-временной структуры излучения коронного разряда в воздухе при атмосферном давлении. $\lambda = 337,1$ нм ($2^{\text{я}}$ положительная система азота, 0-0 переход).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность профессору Ю.С. Акишеву за ценные замечания и рекомендации по улучшению методики проведения экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ware W.R. // *NATO ASI Series*. 1983. A: *Life Sciences*. G69. p.23-57.
2. Kozlov K.V., Shepelyuk O.S., Samoilovich V.G. // *Proc.11th Int. Conf. on Gas Discharges and Their Applications*.1995. 2. p.142-5.
3. Kozlov K. V., Wagner H.-E., Brandenburg R., and Michel P. // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2001. 34. p. 3164-3176.
4. Teich T.H. // *Proc. 3rd Int. Symp. on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry*. 1991. p.77-83.
5. Teich T.H. // *NATO ASI Series*, 1993, A: *Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control*. G34. p.230-247.
6. Ikuta N., Kondo K. // *Proc.4th Int. Conf. on Gas Discharges and Their Applications*. 1976. p.227-230.
7. Kondo K., Ikuta N. // *J. Phys.D: Appl. Phys.* 1980. 13. p. 33-38.
8. Vetokhin S.S., Ermalitski F.A., Melnikov S.M., Sukhanin S.V. // *Functional Materials*. 1996. 3. p.556-561.