

НИРС

Двухфазный
ксеноновый
детектор

Исследование электролюминесценции в двухфазном ксеноновом детекторе РЭД-1

Аперян Степан, Б22-104

Научный руководитель: Наумов П. Ю.

Научный Консультант: Акимов Д. Ю.

Почему это важно

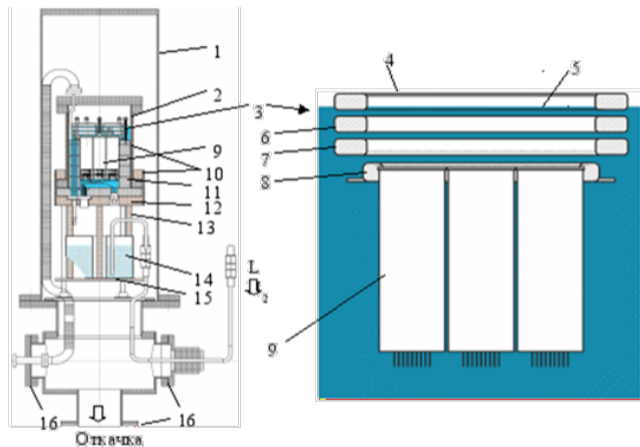
- ▶ Двухфазные детекторы на жидком ксеноне/аргоне применяются в низкофоновых экспериментах.
- ▶ Ключевое направление: поиск тёмной материи и регистрация когерентного рассеяния нейтрино на ядрах.
- ▶ Детектор РЭД-1 создан для задач регистрации слабых сигналов.

Цель

Экспериментально измерить время жизни свободных электронов в ксеноне до и после очистки рабочей среды и оценить эффективность очистки.

Принцип работы детектора РЭД-1

- 1 Атмосферный мюон проходит через жидкий ксенон.
- 2 Образуются ионы и свободные электроны.
- 3 Электроны дрейфуют к границе жидкой и газовой фаз.
- 4 В газовой фазе возникает электролюминесценция.
- 5 Свет регистрируется матрицей из 7 ФЭУ.



Искажение сигнала

В реальности форма сигнала отличается от прямоугольной из-за диффузии зарядового облака, дельта-электронов и захвата электронов примесями.

Два этапа измерений

- ▶ до начала очистки ксенона;
- ▶ после запуска очистки через горячий геттер MonoTorr и циркуляции.

$$I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$$

При $\tau \sim t_{\text{др}}$ сигнал убывает вследствие захвата электронов примесями.

Обработка данных

- ▶ регистрация сигналов С2 и С3 на осциллографе АКИП;
- ▶ усреднение нескольких тысяч событий;
- ▶ вычитание фонового сигнала;
- ▶ аппроксимация экспонентой для определения τ .

Результаты измерений

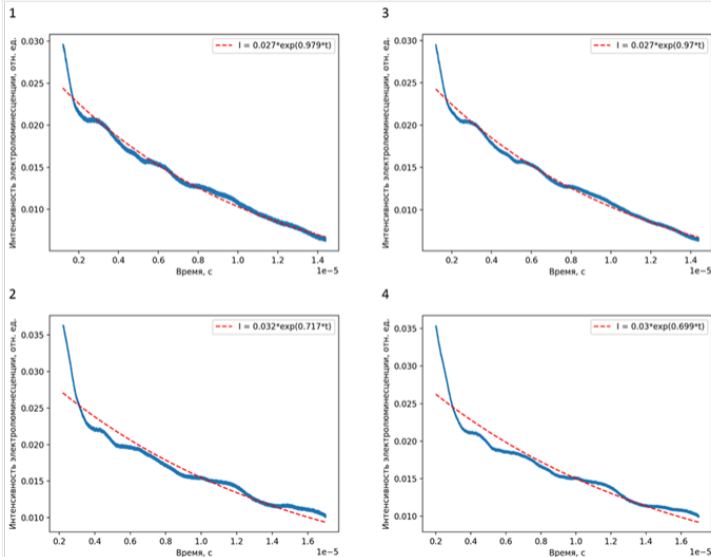


Рис.: Экспериментальные зависимости электролюминесцентного сигнала от времени и аппроксимирующие экспоненциальные кривые.

1 – зависимость для канала С2 без очистки от примесей,

2 – зависимость для канала С2 с очисткой от примесей,

3 – зависимость для канала С3 без очистки от примесей,

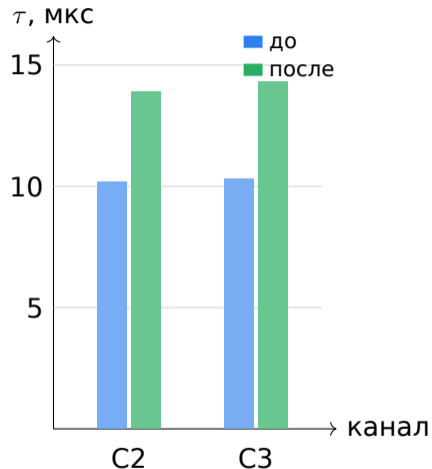
4 – зависимость для канала С3 с очисткой от примесей

Результаты измерений

Канал	до, мкс	после, мкс
C2	10,2	13,9
C3	10,3	14,3

Ключевой результат

После очистки время жизни электронов увеличилось примерно на **40%**.



Полученный рост качественно соответствует ожидаемому снижению концентрации электроотрицательных примесей.

Интерпретация результата

Ограничение текущего результата

Полученные времена жизни электронов имеют тот же порядок, что и время дрейфа в РЭД-1:

$$\tau \approx 14 \text{ мкс}, \quad t_{\text{др}} \approx 15 \text{ мкс}.$$

- ▶ Условие $\tau \gg t_{\text{др}}$ пока не выполнено.
- ▶ Значительная часть электронов всё ещё теряется при захвате.
- ▶ Для получения прямоугольной формы сигнала требуется более глубокая очистка.

Вывод

- ▶ Очистка приводит к увеличению времени жизни электронов.
- ▶ Улучшение сигнала напрямую связано с ростом τ .

Заключение

- ▶ Изучены физические основы электролюминесценции в благородных газах и принцип работы двухфазного детектора РЭД-1.
- ▶ Разработана и применена методика определения времени жизни свободных электронов по форме электролюминесцентного сигнала.
- ▶ Показано, что очистка рабочей среды увеличивает время жизни электронов примерно на 40%.
- ▶ Установлено, что для оптимальной работы детектора требуется продолжение очистки.

Практическая значимость

Результаты могут быть использованы при оптимизации режимов работы РЭД-1 и при разработке аналогичных двухфазных детекторов для низкофоновых экспериментов.

Спасибо за внимание!