

Л. И. ГУСЬКОВ, О. Л. ГУСЬКОВ, В. И. ЛИСИЦЫН, О. В. ПОНОВЧЕНКО
(Новосибирск)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГАЗОВОГО ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ДЕТЕКТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Газовый электролюминесцентный детектор (ДЭЛГ) в настоящее время является одним из наиболее перспективных приборов для регистрации мягкого рентгеновского излучения [1, 2]. Высокие значения чувствительности и энергетического разрешения обеспечивают широкое использование таких детекторов в различных задачах детектирования и спектрометрии рентгеновского излучения. В связи с этим проявляется повышенный интерес к исследованиям и разработкам новых вариантов приборов, к совершенствованию техники рентгенокопии.

В настоящей работе приведены результаты исследований спектрометрических характеристик ДЭЛГ, выполненного по бескислородной технологии в виде стеклометаллического блока. Схематически конструкция камеры показана на рис. 1. Камера имеет цилиндрическую конструкцию из стекла и коваровых шайб, служащих электродами, на которые крепятся внутренние элементы детектора. Область поглощения рентгеновских квантов и дрейфовый промежуток для электронов образованы двумя электродами: на одном смонтировано входное окно, на другом — первая сетка. Промежуточный электрод, на который крепится металлический цилиндр, служащий ускоряющим электродом и совместно с цилиндром обеспечивает фокусировку электронов в приосевую область участка детектора между двумя сетками. На этом участке под действием электрического поля за счет соударения Хе с электронами происходит возбуждение и образование комплекса Xe_2^* и затем его распад с высвечиванием на $\lambda = 173$ нм. Входное бериллиевое окно (толщина $d = 150$ мкм, диаметр 30 мм) и выходное кварцевое окно марки КУ-1 с пропусканием на $\lambda = 170$ нм 85% ($d = 2$ мм, диаметр 40 мм) крепятся к коваровым шайбам методом термодиффузионного спаивания. Внутренние электроды, в том числе цилиндрический фокусирующий электрод, закрепляются точечной электросваркой, остальные соединения — спай ковар-стекло. Технология изготовления прибора допускает изменение размеров, от которых зависит характеристика детектора. Последнее оказывается немаловажным, если учесть, что требования к конструктивному исполнению прибора могут быть существенно различными в зависимости от его назначения. Так, при большой интенсивности потока регистрируемых квантов задача в основном сводится к определению энергетического спектра рентгеновского излучения. При этом входная апертура может иметь небольшие размеры, а процессы фотоионизации, дрейфа электронов и электролюминесценции локализируются в приосевой области газовой камеры, так что проблема фокусировки электронов фотоионизации может быть не существенна. Кроме того, диапазон энергий рентгеновских квантов, определяющий глубину поглощения, которая зависит от давления и сорта газа, можно также учитывать соответствующим изменением конструктивных размеров камеры.

Экспериментальная установка. Для измерения разрешающей способности детектора используется обычная для таких случаев схема (рис. 2), которая включает источник рентгеновского излучения ИРИЖ-3 (Fe^{55}), ДЭЛГ и фотоэлектронный умножитель с блоками питания ИП₁, ИП₂, формирователь импульсов, анализатор АИ-256 с цифровым устройством, осциллограф. Источник излучения размещается в

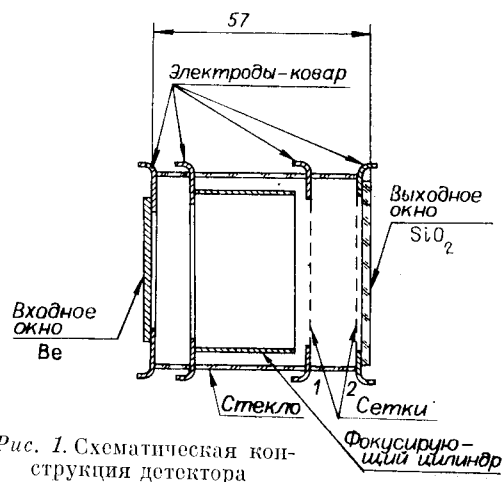


Рис. 1. Схематическая конструкция детектора

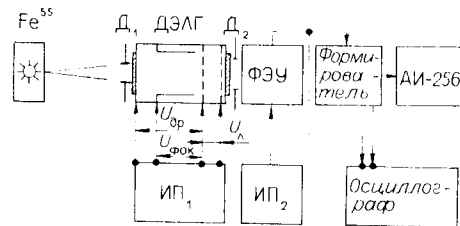


Рис. 2. Блок-схема измерительной установки:

D_1, D_2 — диафрагмы; U_d — напряжение электролюминесцентного промежутка; $U_{фок}$ — напряжение фокусировки; $U_{др}$ — напряжение дрейфового промежутка

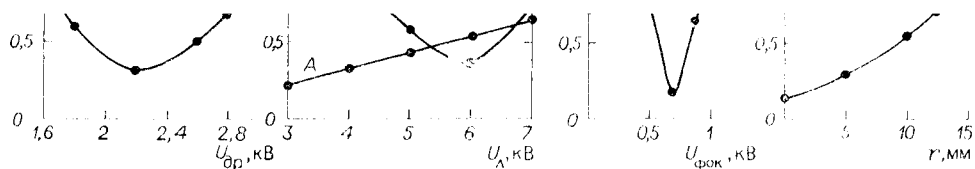


Рис. 3. Зависимость энергетического разрешения R от: напряжения $U_{др}$ на дрейфовом промежутке при $U_{дл} = 4$ кВ (а); напряжения $U_{дл}$ на электролюминесцентном промежутке (расстояние между сетками 12 мм) при $U_{др} = 1,6$ кВ, а также зависимости световыхода детектора A от $U_{дл}$ (б); напряжения фокусировки $U_{фок}$ (в); радиальной позиции r входного коллимированного пучка диаметром 2 мм на входном окне детектора (г)

металлическом корпусе с отверстием $\varnothing = 2$ мм и обеспечивает как коллимированный, так и расходящийся поток излучения.

Предусматривается возможность радиального перемещения детектора относительно сфокусированного пучка рентгеновского излучения.

Электрическая схема питания электродов детектора состоит из двух источников стабилизированного напряжения (при полном напряжении 10 кВ), которые включаются на делитель напряжения, причем есть возможность регулировки распределения потенциалов на электродах.

Особое внимание обращается на создание формирователя сигнала, в функции которого входит, как и в работах [2, 3], обеспечение на выходе сигнала, пропорционального токовому импульсу ФЭУ с формой, наиболее подходящей для нормальной работы АИ-256.

Для регистрации электролюминесценции используется ФЭУ-39А с входным кварцевым окном. Режим питания диодной системы ФЭУ подбирается из условия амплитудного разрешения ФЭУ. Для настройки режима питания ФЭУ используется светодиод, работающий в красной области спектра.

Камера наполняется чистым ксеноном до атмосферного давления. Предварительно осуществляется откачка до 10^{-4} Па и проводится обезгаживание внутреннего объема ВЧ-разрядом в ксеноне или неоне низкого давления или термическим нагреванием до температуры 150°C . Выбор рабочего давления ксенона и режимов работы детектора (распределение потенциалов на электродах) проводится на посту, а затем детектор откачивается.

Результаты и обсуждение. Для корректного измерения энергетического разрешения прибора R сначала необходимо выбрать рабочие режимы питания электродной системы детектора. Серия кривых (рис. 3) позволяет определять оптимальные значения напряжений на фокусирующем электроде, на первой и второй сетках. Оптимальные напряжения на электродах выбираются по минимальной величине R , при этом величина световыхода A должна оставаться линейной относительно напряжения $u_{дл}$ на промежутке между сетками, где создается электролюминесценция.

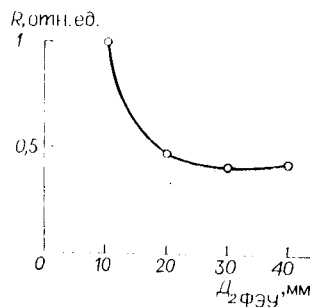
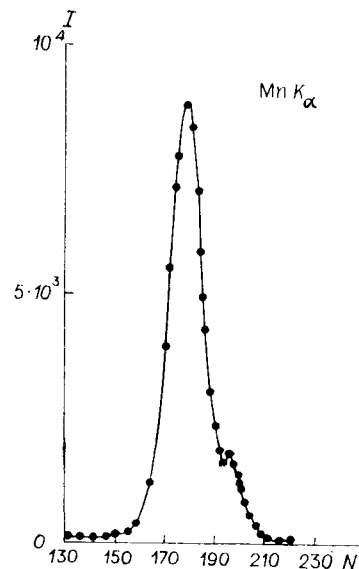


Рис. 4. Зависимость энергетического разрешения R от диаметра входного окна ФЭУ

Рис. 5. Амплитудное распределение импульсов, полученных от детектора для линии $\text{MnK}_\alpha(\text{Fe}^{55})$;

I — число импульсов на канал; N — номер канала



Известно, что при наполнении ДЭЛГ чистым ксеноном практически вся энергия электролюминесценции сосредоточена на линии 173 нм в области вакуумного ультрафиолета и соответствует излучению комплекса Xe_2^* . Используемый для регистрации люминесценции ФЭУ-39А позволяет работать в этом диапазоне длин волн. Диаметр входного окна ФЭУ 40 мм. Представляло интерес выяснить, каково оптимальное значение выходной апертуры детектора для данной конструкции в месте сопряжения газовой камеры с фотодетектором. С помощью He-Ne-лазера проверялась зависимость чувствительности фотокатода ФЭУ-39А от угла падения светового пучка на поверхность входного окна. Измерения показали, что при угле падения $\theta = 50^\circ$ амплитуда сигнала снижалась до уровня 0,3. Отметим, что в используемой геометрии приблизительно под таким углом периферийные участки фотокатода «видят» приосевую область свечения газа. Можно предположить, что такие «боковые» пучки света не дают полезного вклада в разрешение прибора.

На рис. 4 показано, как изменяется энергетическое разрешение при изменении размеров диафрагмы, установленной перед входным торцом ФЭУ. Выяснилось, что нет смысла увеличивать диаметр входного окна ФЭУ более 30 мм. Следовательно, есть возможность использовать ФЭУ с меньшим диаметром фотокатода.

Основная характеристика ДЭЛГ описываемой конструкции представлена на рис. 5. Прибор в отпаянном виде показал в измерениях для малорасходящегося пучка диаметром 3 мм энергетическое разрешение 8,4% для квантов с энергией 5,9 кэВ [Fe⁵⁵]. При диаметре расходящегося пучка 18 мм энергетическое разрешение 10,6%.

Авторы выражают благодарность В. И. Чушкиной, М. И. Суворовой за помощь в работе и В. Б. Элькиндю за полезные обсуждения полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монич В. А. Газовые детекторы с регистрацией свечения разряда // ПТЭ.— 1980.— № 5.
2. Policarpo A. J. P. L. The gas proportional scintillation counter // Space Sci. Instr.— 1970.— V. 3.— P. 77.
3. Anderson D. E., Hamilton T. T., Ku W. H.-W., Novick R. A large area, gas scintillation proportional counter // Nucl. Instr. and Meth.— 1979.— V. 163.— P. 125.

Поступило в редакцию 1 декабря 1985 г.

УДК 533.6.08

Ф. П. ИВАНОВ, А. Ф. ПОЛЯКОВ, С. А. ШИЦДИН
(Москва)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХЦВЕТНОЙ ЛДА-СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА НАГРЕТОГО ВОЗДУХА В КРУГЛОЙ ТРУБЕ

Несмотря на достоинства ЛДА по сравнению с другими методами (отсутствие механического контакта с исследуемой жидкостью, не требуется калибровки прибора, возможность измерения компоненты скорости в некотором выделенном направлении, частота сигнала — линейная функция этой компоненты), при измерении в трубе необходимо решать такие общие и специальные задачи, как подбор размеров рассеивающих частиц, ввод лазерного и вывод рассеянного излучения, определение координаты измерительного объема, методики обработки получаемых сигналов.

В данной работе экспериментальным путем исследовано влияние неизоэнтропичности потока, случайной выборки и кусочной аппроксимации сигнала на измеряемые величины, различной засеченности потока частицами, градиента скорости и близости стенки, а также ориентации зондирующих лучей относительно направления течения.

Эксперименты проводились на разомкнутом воздушном контуре, который показан на рис. 1, а. Рабочий участок представляет собой круглую обогреваемую трубу из нержавеющей стали длиной 4 м и диаметром 50 мм. Измерительная секция — труба длиной 200 мм, электрически изолированная от рабочего участка, со щелью шириной 5 мм для ввода лазерного излучения (см. рис. 1, б). Обогрев рабочего участка осуществляется путем пропускания переменного электрического тока по стенке трубы; измерительная секция имеет косвенный нагреватель. Температура стенки 50 и 100°C, числа Рейнольдса $Re = 10600$ и 32000. При таких режимах влияние подъемных сил на турбулентное течение отсутствует [1].

Измерения проводились с помощью двухцветного лазерного доплеровского анемометра фирмы ДИСА 55Х в комплекте с процессорами счетного типа 55190а. Выбор таких процессоров объясняется малой концентрацией рассеивающих частиц в обогреваемом воздушном потоке. Результаты измерений средней скорости и ин-