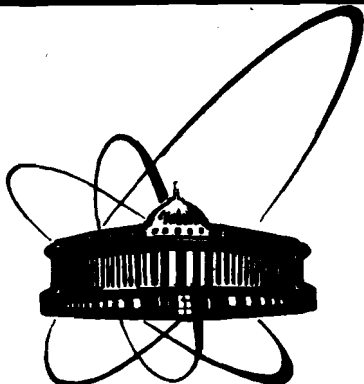


89-620



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Г 874

16-89-620

В.О.Громов, А.П.Крячко

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ДОЗЫ
ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ
Система ТЛД**

1989

ВВЕДЕНИЕ

На начало 90-х годов в ОИЯИ намечен перевод индивидуально-го дозиметрического контроля /ИДК/ с фотографического метода на термолюминесцентный. В индивидуальный дозиметр в качестве детекторов будут помещаться таблетки из различных неорганических веществ-люминофоров. Под действием ионизирующих излучений в них происходит накопление поглощенной энергии, которая затем при их нагревании высвобождается в виде светового потока. Обработка облученного ТЛ-детектора заключается в измерении суммарного светового потока /интегральный метод/ или максимального значения его интенсивности /пиковый метод/, которые пропорциональны поглощенной дозе.

Одним из главных достоинств термолюминесцентного метода ИДК является возможность полной его автоматизации. Автоматизированная система ИДК на основе ТЛД может производить автоматическое считывание и обработку информации с индивидуальных ТЛ-дозиметров. Данные об измеренных дозах хранятся на магнитных носителях компьютера, как и все необходимые данные о лицах, стоящих на дозиметрическом контроле. Для идентификации личности используется уникальный номер дозиметра. Ежегодно пополняемая база данных ИДК содержит сведения о получаемых персоналом дозах по различным видам излучения/1/.

Описываемая ниже автоматизированная система исследования ТЛ-детекторов /в дальнейшем - система ТЛД/ является частью автоматизированной системы ИДК на основе ТЛД.

Система ТЛД предназначена для исследования ТЛ-детекторов разных типов при различных температурных режимах. В состав системы входят приборы 2000-А, -В фирмы Харшоу, США, работающие на линии с персональным компьютером /ПК/ "Правец-16", НРБ. Для организации связи разработаны интерфейсная плата - прибор 2000-В и плата адаптера - ПК "Правец-16", соединяемые между собой кабелем. Пакет программ для работы системы написан на версии Turbo Pascal 5.0.

1. АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1.1. Функциональные возможности приборов 2000-А, -В

Основное назначение 2000-А - нагревать термолюминесцентные материалы /таблетки-детекторы/, создавая воспроизводимый управляемый температурный цикл, и детектировать световой сиг-

нал, испускаемый ТЛ-материалом, ФЭУ с малым темновым током и большим коэффициентом усиления преобразует световой поток в токовый сигнал^{2/}. Кроме выхода измеряемого токового сигнала в приборе имеется выход сигнала, пропорционального температуре.

Прибор 2000-В усиливает токовый сигнал, интегрирует и отображает значение заряда^{3/}. Период интегрирования устанавливается вручную от 1 до 99 с с шагом в 1 с. Диапазон измеряемого тока 10 -Е12, 10 -Е10, 10 -Е8, 10 -Е6 А выбирается вручную или автоматически. Интегратор выдает зарядовые сигналы, которые подсчитываются двоично-десятичным счетчиком. Величина суммарного заряда представляется в виде 4-х цифр с десятичной точкой и надписью размерности заряда : пС или мС. Имеются выходы линейного и логарифмического аналоговых сигналов измеряемого тока. Кроме этого, величина заряда выдается в виде параллельного двоично-десятичного кода с разрядами порядка и сигналом "PRINT" /"ПЕЧАТЬ"/. Такое представление используется для варианта 2000-В с выводом результатов измерений на параллельное печатающее устройство. У наших комплектов приборов дополнительные интерфейсные платы для печатающего устройства отсутствуют.

При работе с ТЛ-детекторами возникает необходимость в получении и сохранении их откликов /изменений тока/ в зависимости от температуры /времени/. Это позволяет исключить один из недостатков ТЛД по сравнению с фотопленкой - потерю информации после ее считывания^{1/}. Эти отклики называют кривыми температурного высвечивания - КТВ. Возможность их получения в 2000-А, -В реализуется подключением к соответствующим сигнальным выходам графопостроителя. Полученные графики требуют ручной обработки, что приводит к большим временным затратам и ограничивает возможности. Так, нужно устанавливать чувствительность входа графопостроителя в соответствии с ожидаемым значением дозы для получения КТВ в удобном масштабе.

Для автоматизации обработки необходимо фиксировать и запоминать промежуточные значения тока /заряда/ во времени за период интегрирования - считывать через установленные равные промежутки времени содержимое десятичного счетчика прибора 2000-В. Значение, считанное в конце периода интегрирования, дает суммарное значение заряда.

Подсоединение прибора 2000-В к ПК "Правец-16" позволяет получать и хранить КТВ ТЛ-детекторов, а также их интегральные оценки. Для этого в свободный разъем 2000-В устанавливается интерфейсная плата, а в "Правец-16" - плата адаптера для 2000-В.

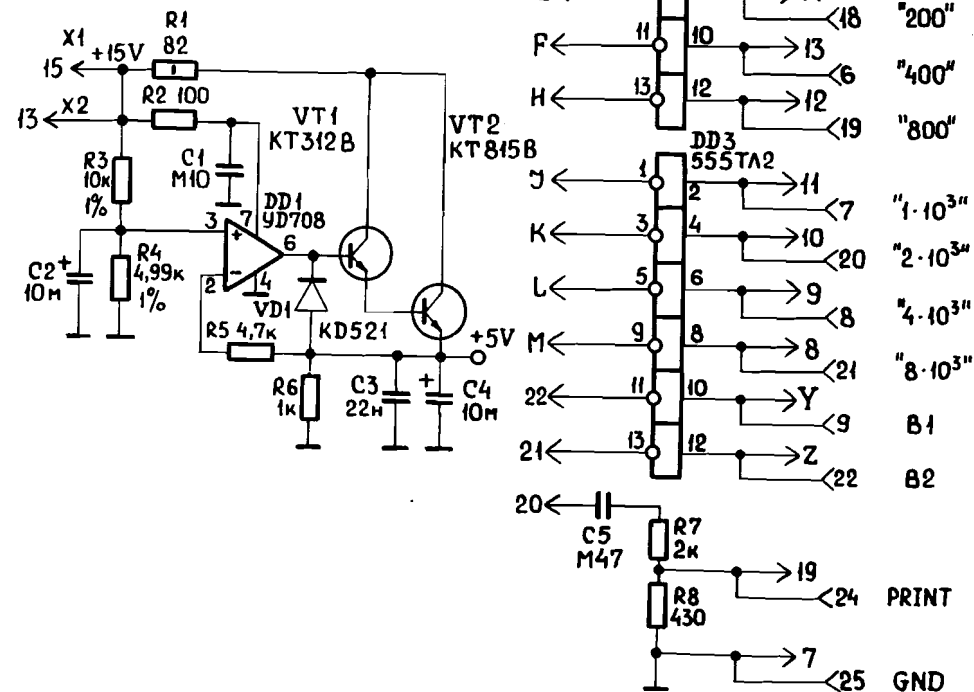


Рис.1. Принципиальная схема платы интерфейса прибора 2000-В.

1.2. Интерфейсная плата

Принципиальная схема интерфейсной платы приведена на рис. 1. В 2000-В уровни выходного напряжения, подходящие к разъему платы печати, соответствуют: 3,8 В - логическому "0", а 0,7 В - логической "1", т.е. используется обратная логика. В канале ввода-вывода "Правец-16" принята прямая логика. Кроме этого, низкий уровень выходного напряжения 2000-В близок к максимально допустимому значению входного напряжения микросхем ТТЛ для логического "0" /0,8 В/. Поэтому для согласования и получения стандартных уровней ТТЛ из выходных уровней 2000-В, а также их инвертирования используются триггеры Шмитта /микросхемы ДД2-ДД4 типа К555ТЛ2/, напряжение срабатывания которых 1,7 В, а напряжение отпускания 0,9 В.

Сигнал "PRINT" представляет в действительности возрастающий задний фронт сигнала "READ" /"ЧТЕНИЕ"/ прибора 2000-В. Последний изменяется относительно медленно. На интерфейсной плате он нормализуется: его амплитуда уменьшается с +15 до +2,5 В. Связь с делителем напряжения /R7, R8/ осуществляется по переменному току через конденсатор С5. Необходимое напряжение питания +5 В для микросхем ДД2-ДД4 в 2000-В отсутствует. Оно получается из имеющегося напряжения +15 В с помощью преобразователя на основе операционного усилителя УД708 /ДД1/. Потребление от источника питания +15 В составляет 60 мА. На принципиальной схеме показана разводка выводов микросхем /16- информационных разрядов и 2 разрядов порядка В1, В2/, преобразователя напряжения, сигнала "PRINT" к контактам печатного разъема X1/J812, а также отходящих от его ответной части соединений с контактами плоского разъема X2/J808 типа ELTRA 881025, установленного сзади 2000-В. Функциональное назначение выводов указано напротив контактов разъема X2.

1.2.1. Показания 2000-В, код шкалы,

уровни напряжения разрядов порядка В1, В2

Шкала	Код шкалы	В2	В1
0.000 нС	0 = 10 -E12 А	3.8 В	3.8 В
010.0 нС	1 = 10 -E10 А	3.8 В	0.7 В
01.00 мС	2 = 10 -E8 А	0.7 В	3.8 В
0100 мС	3 = 10 -E6 А	0.7 В	0.7 В

1.3. Адаптер ПК "Правец-16" для прибора 2000-В

Принципиальная схема адаптера на рис. 2. Плата адаптера устанавливается в любой из свободных разъемов канала ввода-

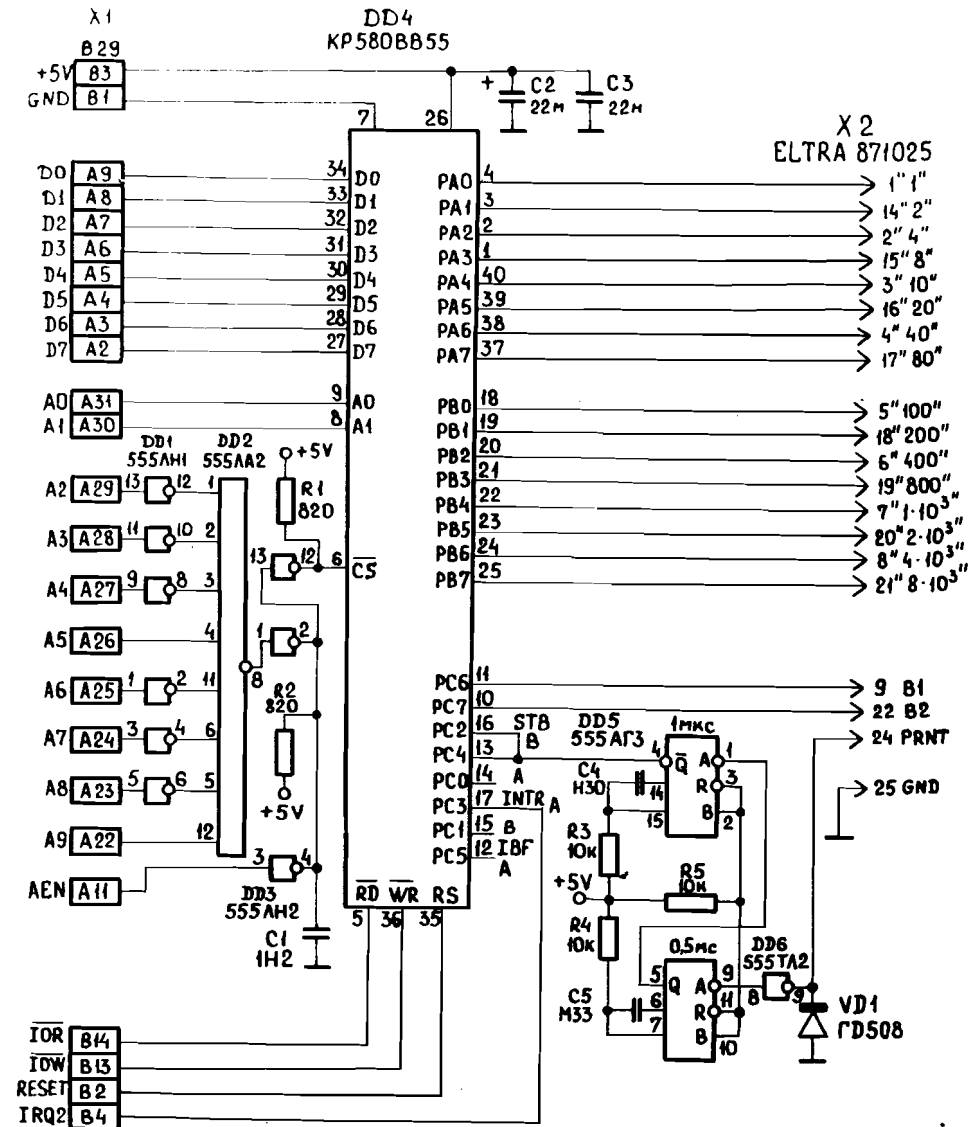


Рис. 2. Принципиальная схема платы адаптера ПК "Правец-16" для прибора 2000-В.

вывода ПК "Правец-16"/4/. Основой адаптера является программируемый параллельный интерфейс /ППИ/ типа КР580ВВ55А, являющийся аналогом микросхемы INTEL 8255А. Ее технические данные приводятся в ^{15/}, а примеры использования - в ^{16/}. ППИ служит для приема 4 двоично-десятичных разрядов и 2 разрядов порядка от интерфейса 2000-В.

С помощью портов "Правец-16" посылает и получает информацию как от стандартных, так и от нестандартных периферийных устройств.

Для адресации порта достаточно использовать первые 10 разрядов /A9...A0/ адресной магистрали^{4/}. Для работы с адаптером выбраны адреса из групп резервных адресов 220-2F7H^{7/}. При необходимости адреса портов могут быть легко изменены переключением инверторов микросхемы ДД1. Дешифрация выбранного адреса выполняется микросхемой ДД2. Сигнал AEN /высокий уровень/ служит для блокировки ППИ, исключая возможность незапрограммированного обращения, при управлении ДМА-контроллером системной магистралью, например, при регенерации динамической памяти. Конденсатор С1 устраняет узкие пики напряжения, образующиеся вследствие временных несовпадений сигналов адреса порта и AEN.

ППИ активизируется при наличии низкого уровня на выводе \overline{CS} , получаемого при дешифрации адреса. Выводы A0, A1 подсоединяются к соответствующим шинам адресной магистрали, с помощью которых выбирается один из портов ППИ. Адреса распределяются следующим образом: 220H - порт А, 221H - порт В, 222H - порт С, 223H - управляющий регистр. В нашем случае ППИ служит для приема информации и может работать в режимах /модах/ M0 или M1.

1.3.1. Режим M0. Прием информации

Состояние входов в этом режиме не фиксируется. Порты не могут работать в режиме подтверждения связи или прерывания. Порт А принимает два младших, а порт В два старших разряда десятичного числа в двоично-десятичном коде, а разряды PC6 и PC7 порта С служат для приема разрядов порядка В1 и В2 от интерфейса 2000-В.

Для создания такого режима в управляющий регистр /адрес 223H/ необходимо записать управляющее слово /CW/, равное 9AH. В режиме M0 считывание может быть произведено в любой момент времени в соответствии с программой. Этот режим используется при снятии КТВ ТЛ-детекторов, а также для проверки работы аппаратуры. Запись в регистры ППИ производится по сигналу IOW, а их чтение по сигналу TOR, вырабатываемым соответствующими командами процессора. Сигнал процессора "RESET" приводит ППИ в исходное состояние.

1.3.2. Режим M1. Прием информации

В этом режиме в портах А и В информация фиксируется. Назначение портов остается прежним. Однако здесь используются

дополнительно разряды PC2 и PC4 порта С для приема управляющего сигнала STB /CTPOB/ и PC3 для выдачи сигнала прерывания INTR A. Сигнал STB получается из сигнала PRNT /"ПЕЧАТЬ"/. Длительность инверсного сигнала STB должна быть не менее 0,5 мкс. По окончании этого сигнала данные, присутствующие на шинах портов А и В, заносятся в их регистры, а ППИ выдает сигналы IBF и INTR /если есть разрешение/ для каждого из этих портов. Нормализованный сигнал PRNT формируется в стандартный сигнал TTL с помощью триггера Шмитта, микросхема ДД6 типа K555TL2. Германиевый диод Д1 /ГД508/ ограничивает до 0,3 В отрицательный выброс напряжения на его входе. Сигнал "PRINT" /задний фронт сигнала "READ"/ запускает 1-й мультивибратор, который вырабатывает импульс длительностью около 0,5 мс. От его заднего фронта запускается 2-й мультивибратор этой же микросхемы, формирующий сигнал STB /1 мкс/ для ППИ. Таким образом, сигнал STB появляется с задержкой относительно сигнала "PRINT", т.е. после окончания периода интегрирования и завершения переходных процессов в 2000-В.

В режиме M1 возможна работа с подтверждением связи и по прерыванию. В первом случае в соответствии с программой производится запись в управляющий регистр кода ВЕН, а затем периодическое чтение порта С с проверкой состояния разряда PC1 /IBF A/ или PC5 /IBF B/, или одновременно обоих. При наличии в этих разрядах "1" читаются порты А, В и порт С с выделением содержимого разрядов PC6 и PC7. При этом процессор должен постоянно проверять состояние указанных выше разрядов.

Во втором случае чтение содержимого портов производится при возникновении сигнала прерывания INTR A. Он является по существу маскируемым сигналом IBF A. Поэтому помимо записи в управляющий регистр кода ВЕН необходимо установить разрешение на прохождение IBF A. Это делается путем записи в режиме BSR "1" в разряд PC4, т.е. записью в порт С кода 09H. Последний не влияет на режим ввода-вывода ППИ, установленный ранее записью кода ВЕН.

Сигнал прерывания INTR A ППИ поступает на шину IRQ2 канала ввода-вывода и в конечном счете на уровень 2 контроллера прерывания 18259A, являющийся резервным и имеющий наивысший приоритет. Прерывание маскируемое^{4/}. Этому уровню прерывания соответствует вектор прерывания 10 или AH, указывающий на абсолютные адреса рабочей памяти 28-2BH. В последних записан адрес подпрограммы, обслуживающей данное прерывание. При работе с прерыванием процессор не занят постоянно проверкой готовности данных, а считывает данные в момент их готовности. В остальное время он используется для решения других задач.

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Пакет программ, реализованный на версии языка Turbo Pascal 5.0, позволяет получать кривую термовысвечивания /КТВ/, обрабатывать ее, хранить в специальном архиве на дискете, извлекать из него и отображать в нужном масштабе на экране монитора.

2.1. Температурный цикл нагрева

Цикл измерения одного детектора состоит из нескольких участков, на которых /см. рис.3/ температура меняется во времени различным образом. Аппаратно задаются время и температура быстрого предварительного нагрева /нелинейный участок/, максимальная температура нагрева /обычно менее 400°C/, скорость нагрева на линейном участке, время цикла измерения. Параметры температурного цикла нагрева связаны между собой зависимостью

$$t_{\text{цикл}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{лин}} + t_{\text{плат}}, \text{ где } t_{\text{лин}} = \frac{T_{\text{макс}} - T_{\text{пр}}}{g};$$

g (°C/c) - скорость линейного нагрева;

$T_{\text{макс}}$ (°C) - максимальная температура нагрева;

$T_{\text{пр}}$ (°C) - температура предварительного нагрева;

$t_{\text{цикл}}$ (с) - время цикла измерения;

$t_{\text{пр}}$ (с) - время предварительного нагрева;

$t_{\text{лин}}$ (с) - время линейного участка;

$t_{\text{плат}}$ (с) - продолжительность участка плато.

Система ТЛД поддерживает любой температурный режим, возможный на приборе 2000-А.

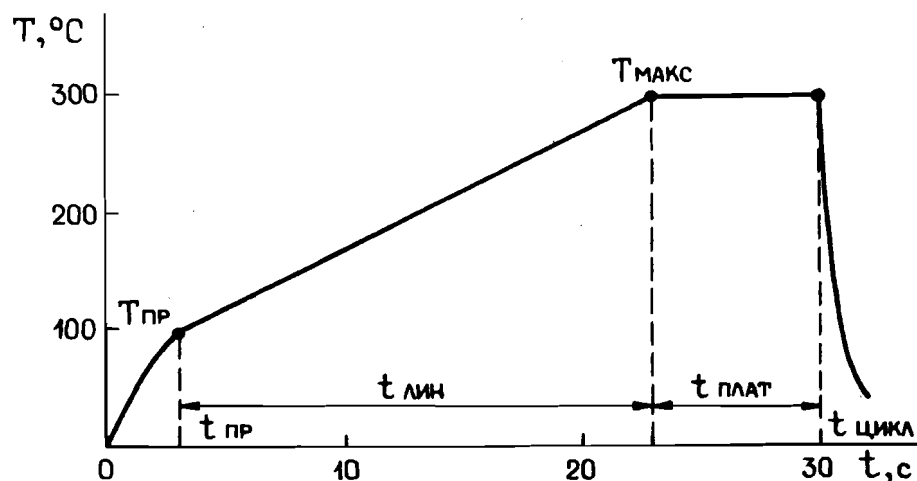


Рис.3. Температурный цикл нагрева прибора 2000-А для ТЛ-детекторов.

2.2. Набор КТВ

Процедура получения КТВ состоит в периодическом обращении к интерфейсной плате для чтения текущего значения заряда, преобразовании этой величины в число с плавающей запятой, отображении на экране монитора в координатах тока /нА или мкА/ по оси Y и температуры (°C) по оси X, формировании массива из 640 точек кривой /это число выбрано исходя из разрешения монитора/. Период обращения рассчитывается системой в зависимости от температурного режима так, чтобы все 640 каналов были заполнены. При наличии плато температурного режима температурная шкала при отображении КТВ простирается только от $T_{\text{пр}}$ до $T_{\text{макс}}$. Далее фактически следует шкала времени. Преобразование текущего времени измерения в температуру на линейном участке возможно только благодаря однозначному соответствию достижения $T_{\text{пр}}$ моменту времени $t_{\text{пр}}$. Период опроса, т.е. время, приходящееся на один канал гистограммирования, определяется как

$$t_{\text{кан}} = (t_{\text{цикл}} - t_{\text{пр}}) / 640 \text{ [мс]}.$$

Получение и отображение одной точки кривой занимает примерно 4 миллисекунды /при отсутствии сопроцессора - 8/, поэтому организуется задержка, равная $t_{\text{зад}} = t_{\text{кан}} - 4$. Основное время здесь уходит на пересчет прочитанного значения заряда в нано/микро/кулонах в координату точки по оси Y в нано/микро/амперах с учетом времени $t_{\text{кан}}$ и масштаба по оси Y в нА на точку. Время $t_{\text{кан}}$ ограничено в системе значением 10 миллисекунд. Например, для $T_{\text{пр}} = 100^\circ\text{C}$, $T_{\text{макс}} = 300^\circ\text{C}$, $g = 10^\circ\text{C/c}$, $t_{\text{цикл}} = 30$ с оно составляет около 50 мс /обычный рабочий режим/.

2.3. Обработка КТВ

При отображении кривой после набора или архивной КТВ производится ее сглаживание, т.е. выполняется специальная процедура усреднения с помощью интерполяционных полиномов, обеспечивающая получение уточненного значения в точке по заданным значениям в точке и ряду близлежащих значений, известных со случайной погрешностью. В системе используется линейное сглаживание по пяти точкам. После сглаживания производится поиск пиков кривой. Для этого вычисляется первая производная тока по времени /вторая производная заряда по времени/. Процедура сглаживания производится десятикратно. Иногда, особенно при малых значениях тока, ее может оказаться недостаточно, что проявляется в обилии пиков /их число не должно быть больше 6/. В этом случае возможно повторение сглаживания по желанию пользователя. Более рациональным является предусмотренное в системе ограничение температурного диапазона для поиска пиков после просмотра характера кривой.

2.4. Краткое описание работы с системой ТЛД

Система ТЛД проста в обращении и не требует специальной подготовки. При ее запуске всегда есть возможность воспользоваться инструкцией, в которой достаточно подробно описаны порядок эксплуатации и некоторые особенности реализации. Выполнение всех операций стимулируется строкой-подсказкой, в которой содержится либо вопрос и варианты ответа, либо меню клавиш, на нажатие которых в данный момент будет реагировать система. Так, при появлении заставки на экране монитора пользователю предлагается в строке-подсказке выбрать наименование директория, с которым предполагается работа: просмотр архивных данных или запись новых. Затем пользователь входит в основное меню системы или просматривает инструкцию по эксплуатации.

Основное меню содержит десять функциональных клавиш, каждой из которых иницируется выполнение какой-либо команды системы. Ниже дано краткое описание этих команд.

- F1 - Инструкция. Постраничный вывод описания системы и инструкции на экран монитора.
- F2 - Спасение. Набранная КТВ, находящаяся в оперативной памяти ПК, заносится на дискету вместе с параметрами режима нагрева, при котором производилось измерение. Данные записываются в необработанном виде.
- F3 - Чтение. Чтение и отображение КТВ из архива. Возможно отображение сразу нескольких /для монохромного монитора - до трех/ КТВ на одной картинке. Перед тем как вывести КТВ на экран, система делает несколько запросов, среди них - выводить ли параметры КТВ, закрашивать ли площадь под кривой /в случае вывода одной кривой/. Если при поиске пиков их окажется более 6, то следует запрос - повторить ли процедуру сглаживания и повторного поиска пиков еще раз. Как правило, обилие пиков вызвано переходными процессами прибора 2000-А, и повторное сглаживание не приведет к их устранению. Ситуация преодолима с помощью задания температурного диапазона для программы поиска пиков.
- F4 - Параметры. Модификация параметров режима нагрева приборов 2000-А,-В. Изменив один или несколько параметров, можно сохранить новые значения на дискете, подтвердив запрос на их спасение. В этом случае обновленные параметры будут устанавливаться автоматически при следующей загрузке системы, т.е. станут параметрами по умолчанию.
- F5 - Ключ. Эта команда переключает строку-подсказку основного меню с одной его половины на другую.
- F6 - Вывод. Для изучения набранной КТВ в нужном масштабе и решения о спасении или отказа от спасения новой КТВ.

Все сопутствующие процедуры аналогичны описанным в F3 - Чтение. Температурная шкала распространяется только на линейный участок нагрева. При $T = T_{\text{макс}}$ температурная шкала отсутствует, и процесс высвечивания ТЛД отображается во временной шкале, масштаб которой совпадает с временным масштабом температурной шкалы. Иными словами, шаг гистограммирования по оси X остается неизменным на протяжении всего цикла измерения /см.рис.4/.

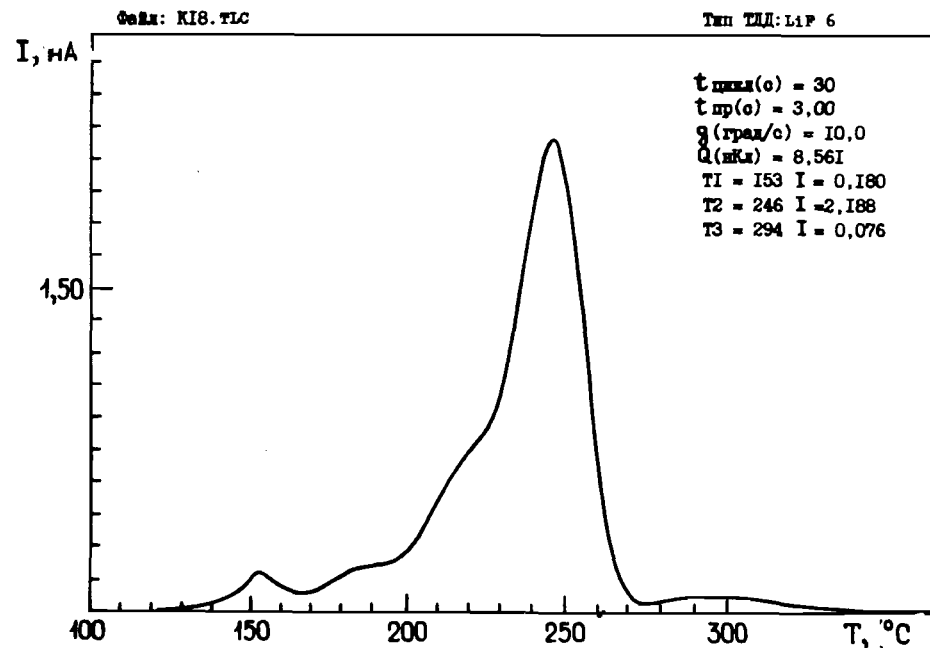


Рис.4. Кривая температурного высвечивания ТЛ-детектора.

- F7 - Набор. Производит набор 640 точек кривой с одновременным отображением их на экране монитора в выбранных координатах.
- F8 - Тип.ТЛД. Эта операция позволяет выбрать рабочий тип ТЛД, который устанавливается каждый раз по умолчанию при загрузке системы, либо изменить уже имеющийся или добавить новый тип в таблицу.
- F9 - Масштаб. Позволяет подобрать удобный для изучения кривой масштаб изображения по оси Y. Диапазон, в котором пользователь может задать масштаб, определяется разрешением по току прибора 2000-В.
- F10 - Выход. Пользователю предоставляется возможность переопределить расположение архива и продолжить работу либо выйти в ДОС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа приборов 2000-А,-В на линии с ПК "Правец-16" обеспечивает получение, хранение и обработку КТВ, а также интегральных откликов ТЛ-детекторов. Таким образом, создана полуавтоматическая установка по обработке ТЛ-детекторов сотрудников ОИЯИ для ИДК на основе ТЛД.

Описанная выше система ТЛД была испытана на ТЛ-детекторах различных типов общим количеством около 500 штук. Испытания показали, что КТВ, получаемые при помощи системы ТЛД, достоверны и могут служить материалом как для исследовательских работ, так и для некоторых рутинных измерений.

Авторы приносят благодарность Г.Я.Касканову за консультации при разработке и помощь при опытной эксплуатации системы и Л.А.Лосевой за подготовку рисунков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Немиро Е.А., Губатова Д.Я., Балодэ Г.Ю. Региональная система индивидуального дозиметрического контроля на основе ТЛД. М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Models 2000-A,-C,-P Thermoluminescence Detectors. Instruction Manual. Harshaw, USA, 1975.
3. Model 2000-B Automatic Integrating Picoammeter. Instruction Manual. Harshaw, USA, 1975.
4. Персональный компьютер "Правец-16". Техническое описание. Правец, НРБ, 1986.
5. Intel Component Data Catalog. Intel Co., USA, 1979.
6. Gaonkar R.S. Microprocessor Architecture, Programming, and Applications with the 8085/8080A. Charles E. Merrill Publishing Company. A Bell & Howel Company. Ohio, USA, 1984.
7. The IBM Personal Computer Technical Reference Manual. IBM Co., USA, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 августа 1989 года.

Громов В.О., Крячко А.П. 16-89-620
Автоматизированная дозиметрическая система
для исследования и оценки дозы
термолюминесцентных детекторов /система ТЛД/

Система ТЛД состоит из приборов фирмы Харшоу моделей 2000-А,-В, работающих на линии с персональным компьютером "Правец-16". Создан пакет программ на версии Turbo Pascal 5.0 для снятия, хранения и обработки кривых термовысвечивания ТЛ-детекторов и их интегральных оценок. Подробно описана аппаратная часть системы: интерфейсная плата, адаптер для 2000-В, и рассматривается в общих чертах программное обеспечение.

Работа выполнена в Отделе радиационной безопасности и радиационных исследований ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод авторов

Gromov V.O., Kryachko A.P. 16-89-620
Automated Dosimetry System for Research
and Dose Measurement of Thermoluminescent
Detectors

The automated TLD system consists of the Harshaw Models 2000-A,-B instruments operating on-line "Pravetz-16" PC. A programme package written in Turbo Pascal 5.0 allows glow curves and/or integral responses reading, storing, retrieving and processing. Description of Hardware in particularly an interface board and an adapter for the 2000-B developed as well as a glimpse at the whole Software are given.

The investigation has been performed at the Department of Radiation Safety and Radiation Researches, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989