

УДК 621.317.794 : 537.872

А. Б. КАТРИЧ, канд. физ.-мат. наук, *В. М. КУЗЬМИЧЕВ*, д-р физ.-мат. наук,
А. В. ХУДОШИН

**ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Использование микроЭВМ для управления измерительной аппаратурой и обработки информации, поступающей от первичных преобразователей излучения, позволяет значительно расширить функцио-

нальные возможности и технические характеристики систем, предназначенных для определения параметров пучка лазерного излучения. Однако высокая стоимость, большой объем аппаратуры и малая, как правило, степень использования микроЭВМ снижают эффективность таких комплексов при использовании только в измерительных целях [1]. Эти задачи может успешно решать действующий по специализированной программе микроконтроллер на основе микросхем одного из распространенных микропроцессорных комплектов. Одновременно повышается автономность и воспроизводимость аппаратуры, уменьшается ее объем и энергопотребление.

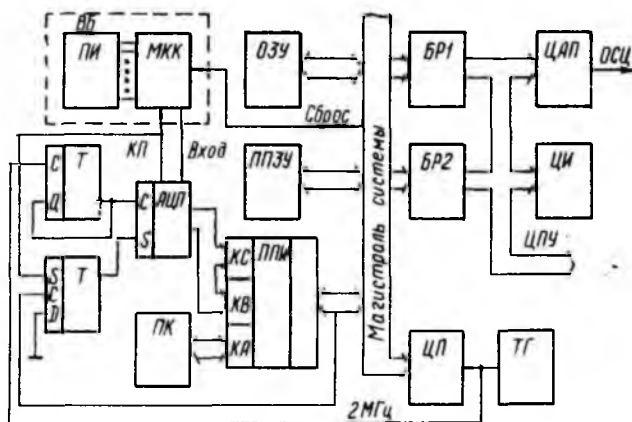


Рис. 1

В качестве примера решения измерительной задачи с применением микропроцессорной обработки информации ниже приведено описание системы для определения пространственно-энергетических характеристик лазерного излучения. Последовательность операций в системе является общей при различных измерительных преобразователях и режимах работы и включает получение информации от координатно-чувствительного преобразователя, ее первичную обработку и хранение, вычисление необходимых характеристик, получение и преобразование выходных данных для регистрации.

Функциональная схема измерительной системы, построенной с использованием микропроцессорного комплекта КР580, представлена на рис. 1. С ее помощью определяются следующие параметры излучения технологических лазеров: полная энергия импульсного или мощность непрерывного излучения; координаты энергетического центра; состояние поляризации; функция распределения интенсивности в сечении пучка и его обобщенная площадь. Устройство состоит из выносного блока (ВБ), преобразователя излучения (ПИ) и блока обработки. Схему в значительной степени определяют характеристики чувствительного преобразователя и объем хранимой исходной информации.

В большинстве случаев применяются матричные координатно-чувствительные преобразователи с различными типами элементарных

датчиков [1;2]. Однако при работе с интенсивным излучением технологических лазеров преимуществами обладают микропроволочные болометрические преобразователи [3]. За счет высокой лучевой стойкости они допускают размещение непосредственно в пучке излучения. Болометры в преобразователе располагаются параллельно в виде плоской решетки с шагом, значительно превышающим их диаметр и длину волны излучения. Конкретные размеры определяются диапазоном изменения параметров, в основном полной мощностью или энергией [3]. Четыре решетки болометров установлены перпендикулярно к направлению распространения излучения друг за другом с поворотом на 45° осей болометров по отношению к предыдущей решетке. Разработанные сменные преобразователи имеют шаг решеток от 2 до 15 мм при диаметре болометров от 20 до 40 мкм. К регистрирующей схеме подключен каждый болометрический элемент.

Постоянная времени болометров превышает 5 мс, поэтому вместо схемы параллельной регистрации применен размещенный в ВБ многоканальный аналоговый коммутатор (МКК), что упростило сопряжение с обрабатывающей частью и повысило автономность ВБ. Управление МКК осуществляется фронтом сигнала «конец преобразования» (КП), вырабатываемого 12-разрядным аналогоцифровым преобразователем (АЦП) поразрядного уравнивания с временем преобразования 12 мкс.

Первичная обработка одного канала заканчивается занесением информации из АЦП в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) через центральный процессор (ЦП). С целью обеспечения максимального быстродействия учтено, что АЦП фактически является по отношению к ЦП устройством, функционирующим в режиме постоянной памяти [4]. Запуск АЦП осуществляется с помощью команды считывания слова старших разрядов АЦП, подключенных к каналу КС программируемого параллельного интерфейса (ППИ), после чего преобразователь блокируется нулевым уровнем сигнала КП.

Информация, поступившая в ЦП через ППИ (каналы КВ, КС), заносится в стековую память в соответствии с приведенной ниже программой:

Адрес	Код команды	Мнемокод	Комментарий
0076	D330	OUT 30	Сброс МКК
0078	DB22	IN 22	Запуск АЦП
007A	3E40	MVI A, 40	В регистре А — счетчик каналов
007C	110011	LXI SP, 1100	
007F	2A0120	M:LHLD2001	Загрузка информации из АЦП
0082	E5	PUSH H	Запись слова данных в ОЗУ
0083	3D	DCR A	Если не все каналы опрошены,
0084	C27F00	JNZ M	повторить

Использование операции со стеком уменьшает период опроса одного канала ПИ до 20,5 мкс при тактовой частоте ЦП 2 МГц, т. е. всего на 8,5 мкс больше минимально возможно для данного АЦП длительности. Перед запуском программы в аккумулятор загружается число каналов ПИ, а в указатель стека — число, на две единицы большее

конечного адреса области памяти, отведенной для исходной информации.

На панели коммутационной (ПК) задаются режимы работы системы и вывода информации. При измерении параметров непрерывного излучения сначала в ОЗУ заносятся начальные значения сопротивлений болометров. После подачи излучения на ПИ по сигналу «пуск» производится запись информации. В импульсном режиме ЦП непрерывно анализирует суммарное значение приращения сопротивления по первой решетке, пока оно не превысит заданный пороговый уровень, после чего ЦП отслеживает максимальное значение приращения и производит запись в ОЗУ сигналов от всех болометров. Такой алгоритм устраняет необходимость внешней синхронизации системы. Выбор количества серий данных, номера обрабатываемой серии и т. д. осуществляется на ПК предварительно или оператором во время работы. После записи система обрабатывает находящуюся в памяти первичную информацию, а затем переходит к выводу результатов через буферные регистры (БР1), (БР2).

В реализованном варианте, ориентированном на использование в условиях среднеоснащенных лабораторий или производства, предусмотрены следующие режимы вывода.

1. Последовательное считывание оператором на четырехразрядном цифровом индикаторе (ЦИ) интегральных параметров пучка и элементов матрицы распределения интенсивности излучения.

2. Вывод на экран осциллографа при помощи цифроаналогового преобразователя (ЦАП) двумерного распределения интенсивности для визуальной оценки формы и размеров пучка.

3. Вывод на экран осциллографа серии сигналов ПИ для контроля.

4. Вывод информации по п. 1 на цифropечатающее устройство (ЦПУ). Режим вывода легко меняется программным путем, и систему можно ориентировать на работу с дисплеем, микроЭВМ и другими устройствами.

В измерительной системе использовано ОЗУ объемом 2 Кбайт, позволяющее в автономном режиме запоминать до 8 серий исходных данных, и перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) объемом 4 Кбайт, из которых более 70 % занимают арифметические и обрабатывающие программы. Столь значительная доля памяти для алгоритма обработки определяется необходимостью восстановления вида функции распределения интенсивности в сечении пучка по исходным данным проекционного характера, так как сигналы от решетки соответствуют дискретному представлению проекции функции распределения в направлении осей болометров. Алгоритмы восстановления рассмотрены в работе [5], однако в данном случае в связи с малым количеством проекций использован модифицированный метод сопряженного градиента с априорным ограничением числа итераций, которые являются параметром регуляризации некорректной задачи восстановления. Метод показал достаточно высокую достоверность результатов при четырех проекциях. Использование данных проекционного типа не только позволяет применить микропро-

волочные болометры с высокой лучевой стойкостью, но и уменьшить число каналов измерения по сравнению с матричным приемником излучения. Сокращение числа каналов составляет от $n/6$ до $n/4$ раз (n — число элементов в строке матрицы) в зависимости от модификации алгоритма. В описываемом случае число элементов матрицы распределения интенсивности в два раза больше количества болометров.

Измерения параметров пучков непрерывного (длина волны 10,6 мкм, мощность около 100 Вт) и импульсного (длина волны 1,06 мкм, энергия около 200 Дж) излучения были проведены при одном и том же преобразователе из 64 платиновых болометров диаметром 25 мкм.

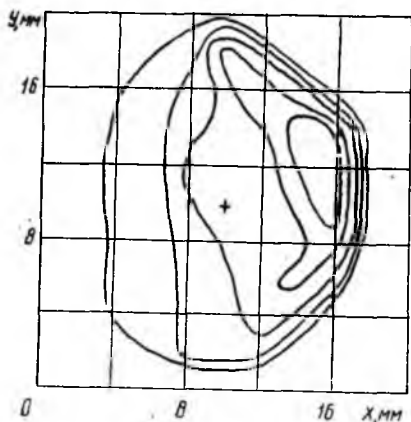


Рис. 2

Апертура преобразователя 22×22 мм², выходное распределение в виде матрицы размера 11×11 . Калибровка по полной энергии и мощности проведена по конусным калориметрам с основной погрешностью 5%. Погрешность системы при измерении энергии или мощности не превышает 12%.

В качестве примера на рис. 2 представлен рельеф функции распределения плотности энергии излучения, прошедшего через круглую диафрагму диаметром 20 мм. Распределение имеет асимметричный вид в связи со срабатыванием только двух ламп накачки лазера ГОС-1001. Показаны положение

энергетического центра и изоэнергетические уровни от 0,1 (внешний) до 0,9 (внутренний). Рельеф построен по 121 дискретному отсчету с применением линейной интерполяции. Обобщенная площадь пучка составила 1,8 см², или 70% площади диафрагмы.

Таким образом, микропроцессорная система при сравнительно простой реализации обеспечивает значительное расширение функций по сравнению с известными регистрирующими устройствами. Микроконтроллер удобен при работе в автономном режиме, а универсальность схемы (программа меняется заменой ППЗУ) обеспечивает возможность как работы с другими типами датчиков, например матрицами пленочных болометров или микрокалориметров, так и использования в качестве многоканальной системы общего назначения для сбора и обработки аналоговой информации.

Список литературы: 1. Измерение пространственно-энергетических характеристик лазерного излучения системой фотоатрица — миниЭВМ / Булатов Е. Д., Малютин А. А., Отливанчик М. А. и др. // Тр. Физ. ин-та АН СССР. 1983. 140. С. 26—40. 2. Рахимов Р. М., Бадрутдинов О. Р., Фишман И. С., Лейбов В. Н. Матричный анализатор распределения интенсивности излучения в сечении лазерного луча // Приборы и техника эксперимента. 1985. №1. С. 164—166. 3. Кузьмичев В. М., Латынин Ю. М., Приз И. А. Решетчатый измеритель энергии импульсов излучения ОКГ // Приборы и техника эксперимента. 1974. № 2. С. 190—194. 4. Федорков В. Г., Телец В. А., Дегтяренко В. П. Микроэлект-

ронные цифроаналоговые и аналогоцифровые преобразователи. М., 1984. 120 с.
5. Хермен Г. Восстановление изображений по проекциям. М., 1983. 352 с.

Поступила в редколлегию 05.01.87