

вый сдвиг положения плоскости наблюдения для восстановления первого нуля интенсивности.

При $u = v$ интенсивность также имеет простой вид

$$I(u, u) = \frac{1 - 2J_0(u)\cos u + J_0^2(u)}{u^2} I_0 \quad (21)$$

и может быть использована вместо (17).

В общем случае формулы (14) и (15) определяют двухпараметрическое представление интенсивности независимых параметров (13). Анализ их более сложен, чем в случае щели.

4. Рассмотренные вопросы дифракции света позволяют сделать два практических предложения. Первое связано с новым способом измерения длины волны. В настоящее время это не является актуальным, поскольку существует много иных методов измерения длины волны, обеспечивающих ту же точность. Поэтому этот вопрос можно рассматривать как методический. Второе предложение связано с новым методом контроля линейных размеров. На основе формул (10) и (20) можно контролировать микронные изменения линейных размеров щели, полоски или диаметров отверстия. С этой же точностью можно контролировать и отклонения от параллельности щели и полоски, а также эллиптичность отверстия. Для калиброванных щели, полоски или отверстия, укрепленных на поверхности деформируемого тела, нетрудно придумать соответствующий датчик деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики.—М.: Наука, 1970.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики (оптика).—М.: Наука, 1980.
3. Дитчберн Р. Физическая оптика.—М.: Наука, 1965.
4. Справочник по специальным функциям /Под ред. М. Абрамовиц, И. Стиган.—М.: Наука, 1979.

Поступило в редакцию 26 июля 1991 г.

УДК 681.327

В. Г. Лукин, В. С. Фалько, Д. Е. Вязовкин

(Уфа)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР МИ-1201«В» В РЕЖИМЕ РЕЗОНАНСНОГО ЗАХВАТА ЭЛЕКТРОНОВ

Описан автоматизированный масс-спектрометр резонансного захвата электронов на базе промышленного спектрометра положительных ионов. Приведены блок-схема экспериментальной установки и принципиальная схема платы блока дискретной развертки по энергии электронов, находящейся под потенциалом источника ионов. Описаны режимы работы и программное обеспечение спектрометра.

Введение. Масс-спектр резонансного захвата электронов (РЗЭ) представляет собой набор кривых эффективного выхода (КЭВ) различных значений m/z в трехмерном измерении: массовое число, интенсивность, энергия электронов. Основными причинами, затрудняющими в настоящее время широкое применение масс-спектрометрии РЗЭ для решения аналитических, экологических и научных задач, являются определение массовых чисел ионов из-за малолинейчатости масс-спектра [1] и возможность быстрой его записи с

выводом КЭВ на графопостроитель. Хотя в [2] ранее описано применение ЭВМ для получения КЭВ, однако использование в блоке дискретной развертки по энергии электронов дистанционно управляемого источника напряжения (Б5-43) ограничивает скорость сканирования по энергии. Поэтому в данной работе была поставлена задача создать «замкнутый контур управления анализатором масс-спектрометра с ЭВМ» и возможность быстрого сканирования по энергии электронов, а также преобразовать поступающую информацию к виду, пригодному для ввода в ЭВМ.

Масс-спектры РЗЭ получают на масс-спектрометре МИ-1201«В», переоборудование которого для работы в режиме РЗЭ подробно описано в [3]. В масс-спектрометре имеются блок дискретного изменения индукции магнитного поля и система УПТ — АЦП для ввода информации в ЭВМ [4]. Однако отсутствие автоматического переключения шкалы усиления УПТ и высокий потенциал на последнем диноде умножителя затрудняют прямое использование этой системы при работе в режиме РЗЭ.

Масс-спектрометр в режиме РЗЭ. Масс-спектрометр эксплуатируется с вычислительным комплексом ЦЛАНП-280 на базе мини-ЭВМ «Электроника-60» и крейтом КАМАК (рис. 1: Т — терминал, ЦП — центральный процессор, НГМД — накопитель на магнитных дисках, НМЛ — накопитель на магнитной ленте, КК — контроллер-крейта, БДРМОС — блок дискретной развертки магнитно-отклоняющей системы, БДРЭЭ — блок дискретной развертки по энергии электронов, УД — усилитель-дискриминатор, БНВ — блок напряжения высоковольтный для измерения времени жизни ОИ, CONVRTR — преобразователь $\pm 6, \pm 12$ В, БН — блок настройки, DAC 10 — два 10-разрядных цифроаналоговых преобразователя). Для сопряжения с масс-спектрометром разработаны и изготовлены КАМАК-модуль одинарной ширины РВ—СЧ—ТМР (регистр выходной — счетчик — таймер) и блок дискретной развертки по энергии электронов. В КАМАК-модуле реализованы: программируемый таймер для задания времени измерения сигнала от 1 мс до 32 с (БИС 580 ВИ 53); 20-разрядный счетчик для регистрации информации; 12-разрядный вывод для записи кода в регистр блока дискретной развертки по энергии электронов; 10-разрядный вывод для записи кода в регистр блока дискретного изменения индукции магнитного поля.

Из стандартных выделим КАМАК-модуль, в котором два выходных регистра типа 350 (RGSTR 350, рис. 1). В зависимости от выполняемой ЭВМ процедуры через него осуществляется управление: а) блоком коммутации высокого напряжения (~ 500 В) на корректирующем электроде источника ионов для запираания ионного луча при измерении темнового тока умножителя; б) блоком коммутации высокого напряжения ($\sim 2,5$ кВ) на пластине, установленной перед первым динодом умножителя для регистрации нейтральной компоненты ионного пучка; в) блоком коммутации

при выводе информации либо на графический дисплей (С1-93), либо на графопостроитель (Н-306).

Блок дискретной развертки по энергии электронов собран на цифроаналоговых преобразователях (ЦАП) 1108ПА1 [5] и установлен в стойке формирования спектрометра. Развертка по энергии электронов возможна как ЭВМ, так и внешним генератором импульсов (ручной режим). Конструктивно — две платы, одна из которых предназначена для X-координаты графопостроителя в ручном режиме. Кроме ЦАП, на плате расположен счетчик-регистр (К155ИЕ7). Вторая плата находится

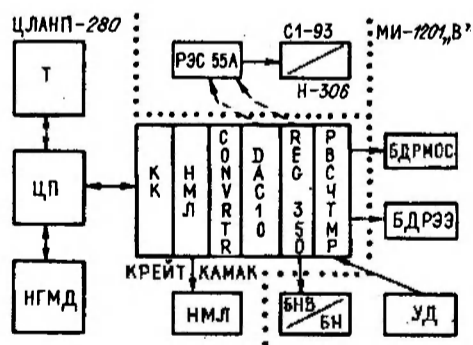


Рис. 1

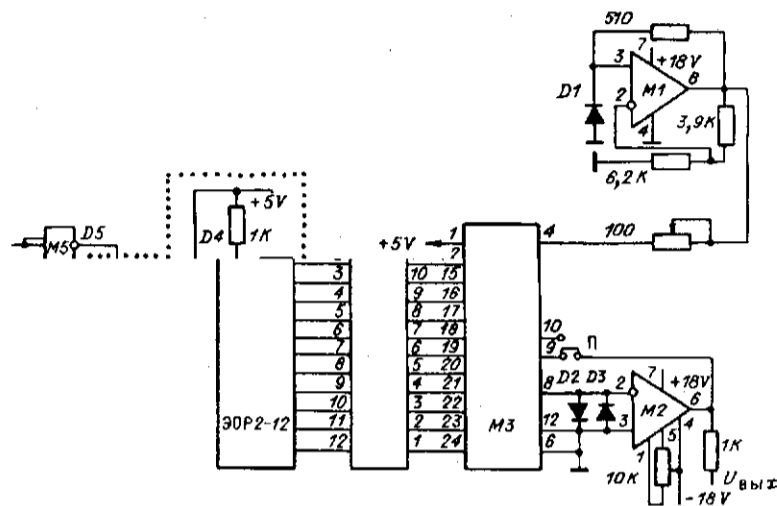


Рис. 2

ся под потенциалом (П) источника ионов, поэтому код от счетчика-регистра на ЦАП передается через гальваническую развязку каждого разряда высоковольтным оптроном [6—9] (рис. 2: $M1$ — К140УД7, $M2$ — 140УД6, $M3$ — К1108ПА1, $M4$ — К155ТЛ3, $D1$ — КС162, $D2$, $D3$ — КД514А, $D4$ — КФДМ, $T1$ — КТ3102ЕМ). В высоковольтный оптрон входят светодиод АЛ1107Б, фотодиод с усилителем на транзисторе и пороговое устройство — триггер Шмитта (см. рис. 2, элемент оптической развязки — ЭОР). Светодиоды и фотодиоды оптронов размещаются в каналах, просверленных в бруске из изоляционного материала. Величина R^* подбирается в зависимости от напряжения питания. Резистор на выходе $M2$ выполняет роль буфера при разрядах в источнике ионов.

Съем информации в масс-спектрометре производится в режиме счета импульсов. Для этого к выходу умножителя через высоковольтный конденсатор подключен усилитель-дискриминатор конструкции СКБ АПС АН СССР [10].

Режимы работы и программное обеспечение спектрометра. Исследования на масс-спектрометре РЗЭ с мини-ЭВМ возможны в двух режимах: ручном и управляемом ЭВМ. В режиме ручного управления ЭВМ отключена. Информация регистрируется усилителем постоянного тока (УПТ). Исследования проводятся по методике, описанной в [3].

Режим масс-спектрометра, управляемого ЭВМ, позволяет выполнять следующие процедуры:

1. Измерение интенсивности темнового тока умножителя. Для этого ЭВМ запирает ионный луч в источнике ионов, длительность импульса отпираения счетчика задается в момент поступления в модуль (РВ—СЧ—ТМР) команды от ЭВМ.

2. Калибровка шкалы массовых чисел, поиск пика, настройка на пик. ЭВМ управляет блоком дискретной развертки по энергии электронов и блоком дискретного изменения индукции магнитного поля. Алгоритм процедур в целом такой же, как и для положительных ионов [4], однако для уменьшения времени настройки на пик суммируются интенсивности сигнала, соответствующие энергии электронов при сканировании с заданным шагом. В дальнейшем

суммарная величина принимается за ионную интенсивность ($I_{\text{ион}}$) пика в данной точке магнитного поля. Таким образом, получаем кривую полного ионного тока, и центр тяжести пика определяется из выражения [11]

$$C = \sum_i^n (I_i N_i) / \sum_i I_i,$$

где n — число точек, интенсивность которых выше уровня порога; N_i — координата, выраженная в единицах дискретности изменений индукции магнитного поля.

Аналогично за уровень порога принимается сумма интенсивностей темнового тока вторичного электронного умножителя (в дальнейшем $I_{\text{ф}}$ — величина фона). При m последовательных выполнений условия $I_{\text{ион}} \leq (I_{\text{ф}} + \sqrt{I_{\text{ф}}})$ в зависимости от процедуры прекращается поиск пика либо происходит изменение направления поиска, либо съём фронта пика.

3. Измерение времени жизни ионов относительно выброса электрона. ЭВМ управляет блоком дискретной развертки по энергии электронов и подачей напряжения на отклоняющую пластину. В результате получаем две КЭВ: одна содержит только нейтральную компоненту ионного пучка, другая — сумму ионной и нейтральной компонент.

4. Съём КЭВ [2].

Программное обеспечение масс-спектрометра РЗЭ с мини-ЭВМ написано на языке Си, ряд управляющих программ — на Ассемблере и, кроме описанных процедур, позволяет:

- сглаживать КЭВ ионов с целью повышения отношения сигнал/шум;
- определять положения особых точек КЭВ ионов (максимумы, точки перегиба на шкале энергии электронов);
- выводить полученные и обработанные результаты на печатающее устройство либо на графопостроитель;
- создавать банки данных.

Заключение. Диалог исследователя с масс-спектрометром организован через таблицу параметров, отображаемую на экране терминала на протяжении эксперимента. В ходе эксперимента имеется возможность оперативного вмешательства в работу спектрометра. Эксплуатация масс-спектрометра в режиме РЗЭ с мини-ЭВМ позволила:

- повысить точность эксперимента и сократить время получения масс-спектра отрицательных ионов без потери его информативности;
- сделать методику получения масс-спектров отрицательных ионов по трудоемкости близкой к получению обычного масс-спектра положительных ионов;
- освободить исследователя от рутинной работы.

Выражаем благодарность Э. Г. Хакимову — руководителю группы автоматики — и его сотрудникам за оказание помощи в изготовлении блока дискретной развертки по энергии электронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хвостенко В. И. Масс-спектрометрия отрицательных ионов в органической химии. — М.: Наука, 1981.
2. Лукин В. Г., Погуляй А. В., Бурдуков В. И. и др. Масс-спектрометр отрицательных ионов с мини-ЭВМ // Всесоюз. конф. по масс-спектрометрии: Тез. докл. — Сумы, 1986.
3. Хвостенко В. И., Мазунов В. А., Фалько В. С. и др. Долгоживущие молекулярные анионы. Масс-спектрометрическое исследование недиссоциативного захвата электронов нетепловых энергий // ЖХФ. — 1982. — № 7.
4. Руководство по эксплуатации масс-спектрометра МИ-1201 «В». — Сумское научно-производственное объединение «Электрон», 1983.
5. Федоров Б. Г., Телец В. А., Дегтяренко В. П. Микроэлектронные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи. — М.: Радио и связь, 1977.

6. Носов Ю. Р. Оптоэлектроника.—М.: Радио и связь, 1977.
7. Носов Ю. Р., Сидоров А. С. Оптроны и их применение.—М.: Радио и связь, 1981.
8. Кривонос А. И. Оптоэлектронные устройства.—М.: Энергия, 1978.
9. Каган В. М., Войнилев А. И., Лукьянов Л. М. Системы связи УВМ с объектами управления в АСУ ТП.—М.: Сов. радио, 1978.
10. Руководство по эксплуатации масс-спектрометра ЭС-3103.—Черноголовский завод научно-технического объединения АН СССР, 1981.
11. Robert J., Weinkam and L. D'Angona. Accurate mass-measurement at low resolving power and mass-spectrometer // Computer Systems. Analytical Chemistry.—1979.—51, N 7.— P. 1074.

Поступило в редакцию 14 февраля 1991 г.

УДК 621.378 : 778.4

Н. И. Крайнюков, В. А. Сойфер, А. Г. Храмов

(Самара)

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРОВ ПОЛОС НА ДВУМЕРНОЙ ИНТЕРФЕРОГРАММЕ

Рассмотрена задача выделения центров полос на голографических интерферограммах, полученных методом двух экспозиций и методом усреднения во времени. Предложен алгоритм выделения центров полос, основанный на локальной аппроксимации функции яркости. Приводится пример использования алгоритма обработки интерферограммы лопатки турбины компрессора авиационного двигателя.

Введение. В настоящее время интерференционные методы получили широкое распространение в научных исследованиях, производственной практике, технике и медицине. Интерференционная картина содержит информацию об изменении состояния исследуемого объекта в распределении интерференционных полос, поэтому быстрота и точность расшифровки интерферограммы являются условием практического применения этих методов. Расшифровка интерферограммы может проводиться по опорным линиям, по центрам полос [1, 2]. После нумерации линий центров полос осуществляется интерполяция фазовой функции между ними. Таким образом получают значения фазовой функции на всей интерферограмме.

В настоящей статье предлагается метод выделения центров полос, основанный на локальной аппроксимации функции яркости.

Алгоритм выделения центров полос. Пусть $I(x, y)$ — функция яркости интерферограммы. Известно [3, 4], что для интерферограммы, полученной методом двух экспозиций, интенсивность в точке с координатами (x, y) выражается формулой

$$I(x, y) = A(x, y)(1 + B(x, y)\cos(\delta(x, y))), \quad (1)$$

где $I(x, y)$ — интенсивность в точке с координатами (x, y) ; $A(x, y)$ — значение интенсивности света, прошедшего от объекта; $B(x, y)$ — контрастность; $\delta(x, y)$ — фазовая функция.

Функции $A(x, y)$ и $B(x, y)$ медленно меняющиеся, поэтому для простоты положим $A(x, y) = A$ и $B(x, y) = B$, где A, B — константы. Из формулы (1) видно, что координаты точки, лежащей в центре темной полосы, удовлетворяют соотношению $\delta(x, y) = \pi + 2\pi k$.

В случае интерферограммы, полученной методом усреднения во времени (см. [3, 4]), изображение объекта промодулировано системой интерференционных полос, которая описывается функцией Бесселя первого рода ну-