

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маханек А. Г., Корольков В. С. Аналитические методы в квантомеханической теории возмущений.— Минск, 1982, с. 88.
2. Трофименко Е. Е.— Программа и тез. докл. Всесоюзной конференции по теории атомов и атомных спектров. Минск, 27—29 сентября 1983. Минск, 1983, с. 11.
3. Laugenzi B. J. et al.— Int. J. Quant. Chem., 1977, v. 11, № 5, p. 869.
4. Фаустов Р. Н.— ЭЧАЯ, 1972, т. 3, № 1, с. 238.
5. Ford K. W. et al.— Phys. Rev., 1963, v. 129, p. 194.
6. Hirschfelder J. O. et al.— Adv. Quant. Chem., 1964, v. 1, p. 255.

УДК 681.518.3

М. И. ДЕМЧУК, В. Н. ДЕНИСЕНКО,  
М. А. ИВАНОВ, Л. В. СИЛЬНОВ

### УНИВЕРСАЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ДВУХ СЛУЧАЙНЫХ ПОТОКОВ ИМПУЛЬСОВ

При изучении радиolumинесценции, исследовании изменения корреляционных свойств потока квантов, прошедшего через вещество, необходимо проводить анализ двух случайных потоков импульсов — начального и потока, модифицированного изучаемым процессом. Если возбуждать радиolumинесценцию продуктами распада изотопа, то даже в простейшем случае будем иметь дело с пуассоновским первичным потоком событий. Перекрытие отдельных вспышек сцинтиллятора по времени можно попытаться устранить аппаратным путем [1, 2] или отбирать для анализа только вспышки без наложений. Для более эффективной регистрации нужно, чтобы коррелятор фиксировал время появления событий обоих потоков [3]. Совместная обработка информации на основе параметрически заданной функции интенсивности изучаемого вторичного потока фотонов и дает оценки параметров этой функции. Другие возможные применения такого коррелятора, просматривающего за цикл измерений две временные области определенного положения и величины в двух потоках, хорошо известны [4, 5].

Существует класс экспериментов, где имеется два потока импульсов, но случайной является уже амплитуда импульсов, а их временное положение заранее известно — это измерения с применением пикосекундных лазеров, дающих цуг импульсов разной амплитуды [6]. Обычно из цуга выделяют один импульс и с ним проводят измерения [7], причем используют оптическое стробирование отклика изучаемого объекта. Весь эксперимент ставится так, что, если отказаться от выделения только одного импульса из цуга и использовать весь цуг, получим два потока импульсов — начальный цуг и цуг после стробирования отклика изучаемого объекта. Интервал следования импульсов в цуге обычно достаточно велик (десятки наносекунд), чтобы провести измерение амплитуды некоторого импульса до прихода следующего.

В работе описана универсальная измерительная система, разработанная авторами, пригодная для эффективного применения в указанных классах экспериментов, а также в других случаях. Система на основе мини-ЭВМ (рис. 1) представляет собой два связанных 10-канальных строб-анализатора, на входы которых подается либо исследуемый сигнал (при измерении амплитуд), либо стандартный пилообразный импульс (при измерении временных интервалов). Режим измерений в канале может устанавливаться независимо от другого канала.

Входные сигналы поступают на входы блока выбора режима работы — совокупности логических и коммутирующих схем, обеспечивающих основные режимы системы. Формирователи  $\Phi_1$ — $\Phi_4$  стандартизируют импульсы датчиков. Кварцевый генератор ударного возбуждения (КГУВ) дает высокостабильную фазированную серию импульсов. Блоки задержки и формирования строб-импульсов представляют собой программируемые делители частоты со сквозным переносом. Распределители строб-импуль-

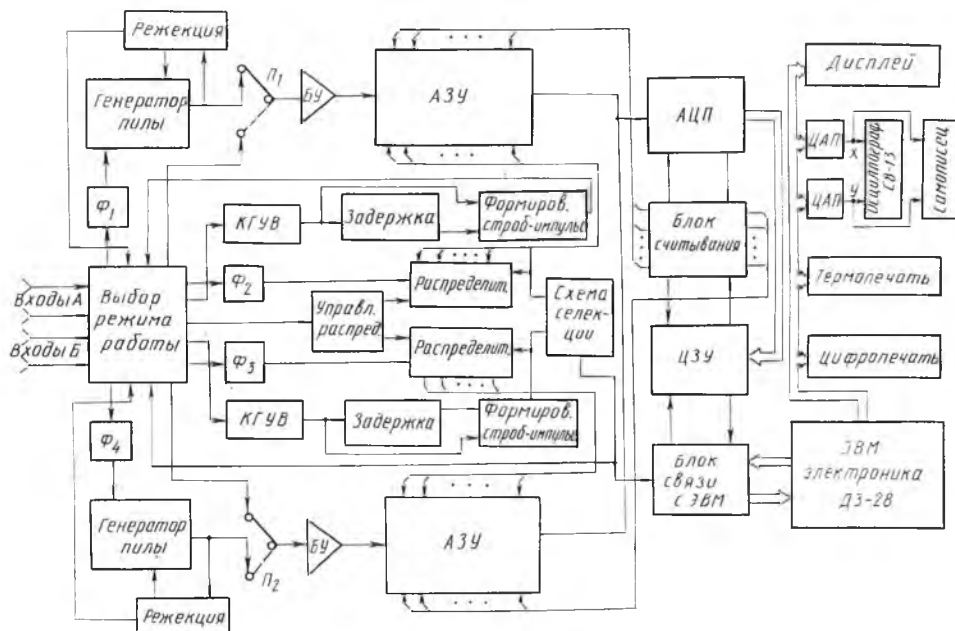


Рис. 1. Функциональная схема системы

сов — быстродействующие сдвиговые регистры, задающие последовательность срабатывания ячеек аналоговых запоминающих устройств. Схема управления распределителями задает номер ячейки, которая должна сработать первой. В частности, эта схема позволяет унифицировать вклады ячеек в режиме многостопового временного анализа. Схема селекции отбирает импульсы, попавшие в рабочий диапазон. Ждущий генератор пилообразного напряжения формирует пилообразное напряжение для преобразования время — амплитуда. Схема режекции состоит из двух пороговых устройств, задающих границы рабочего диапазона. Переключатели  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  — механические коммутаторы режимов работы системы, БУ — буферные усилители. Аналоговые запоминающие устройства (АЗУ) описаны в [8, 9]. Блок считывания обеспечивает временное согласование работы ячеек АЗУ, АЦП (аналого-цифровых преобразователей) и ЦЗУ (цифрового запоминающего устройства). Опишем основные режимы работы системы.

**Многоканальный строб-анализатор.** Можно использовать 10 или 20 ячеек для анализа формы импульса, причем точки стробирования можно выбирать на равном удалении или произвольно, с помощью формируемой вне системы последовательности импульсов. Минимальное время стробирования — 10 нс. Эффективное число точек стробирования при использовании двух строб-анализаторов и серии импульсов стробирования с равными интервалами между импульсами, но случайным и равномерно распределенным интервалом от начала отсчета до первого импульса серии или со случайной серией импульсов, можно довести до 256. Для этого второй строб-анализатор используется для измерения временного положения стробирующих импульсов, а ЭВМ с учетом измерений двух строб-анализаторов производит накопление гистограммы.

**Многостоповый временной анализатор.** На вход отдельного строб-анализатора подается пилообразное напряжение, стоп-импульсы задают точки стробирования, крутизна пилы определяет цену канала. На рис. 2 — пример измерения: гистограммы частот временных интервалов до 1—4 фотоэлектрона ФЭУ при регистрации короткого светового импульса; мертвое время, в основном за счет системы ФЭУ+усилитель, примерно 100 нс.

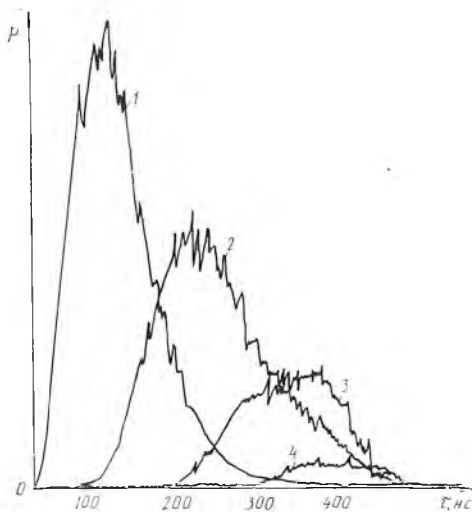


Рис. 2. Гистограммы частот временных интервалов до 1—4 фотоэлектрона ФЭУ

случайных величин  $\mu_i$ ) интенсивность суммарного пуассоновского вторичного потока

$$\varphi_{\Sigma}(\tau, \alpha) = \sum_{i=1}^{m_j} \varphi(\tau - \mu_i, \alpha), \quad (1)$$

где  $m_j$  — число зарегистрированных старт-импульсов в реализации с номером  $j$ . В целом суммарный поток не является пуассоновским.

Измерение фиксирует число стоп-импульсов в рабочем диапазоне. Поэтому функцию  $\varphi_{\Sigma}(\tau, \alpha)$  необходимо нормировать на одинаковую для всех  $\alpha$  площадь; возьмем нормированную функцию

$$\varphi_{\text{НС}}(\tau, \alpha) \equiv \varphi_{\Sigma}(\tau, \alpha) / \int_{T_1}^{T_2} \varphi_{\Sigma}(\tau, \alpha) d\tau,$$

где  $[T_1, T_2]$  — рабочий диапазон в стоп-канале; при этом ожидаемое число событий на интервале  $[T_1, T_2]$  от  $\alpha$  зависеть не будет. Однако нормировка уменьшает на единицу число параметров, которые можно оценить методом максимального правдоподобия; при этом абсолютную интенсивность легко оценить по дополнительному измерению (оценкой может служить отношение средних частот событий в стоп- и старт-канале).

По совокупности реализаций для пуассоновского вторичного потока вычисляют логарифмическую функцию правдоподобия для параметров  $\alpha$  [3]

$$l(\alpha) = \sum_j \sum_i \ln \varphi_{\text{НС}}(\tau_i, \alpha),$$

где  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $n_j$  — число стоп-импульсов в  $j$ -ой реализации. По методу максимального правдоподобия оценками  $\tilde{\alpha}$  параметров  $\alpha$  считают решение уравнения

$$l(\tilde{\alpha}) = \max l(\alpha). \quad (2)$$

Как показывают измерения (см. таблицу) и моделирование потоков на ЭВМ [3], эти оценки не смещены, если пренебречь влиянием мертвого времени и эффективности регистрации событий. В таблице приведены оценка  $\tilde{\alpha}$  и ее погрешности  $\Delta_{\pm}$  (полуширина  $l(\alpha)$  на уровне  $-\ln 2$  от  $\max l(\alpha)$  [3]) для одного параметра функции  $\varphi(\tau, \alpha) = A e^{-\alpha \tau}$ , истинное значение параметра  $\alpha_0^{-1} \approx 200$  нс. Потоки событий моделировались с по-

мощью разработанного авторами имитатора потоков. Длительность рабочего диапазона в стоп-канале  $T_2-T_1 \sim 500$  нс, в старт-канале — 1500 нс. Среднее число импульсов в отдельном вторичном потоке  $\sim 1,5$  в рабочем диапазоне; старт-поток — стационарный, близкий к пуассоновскому,  $R$  — число циклов измерения.

Оценка одного параметра

| $10^{-3} \cdot R$         | 2        | 4        | 6        | 8        | 10    | 12    | 14    | 20    |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| $\tilde{\alpha}/\alpha_0$ | 1,02     | 1,004    | 0,988    | 0,994    | 0,998 | 1,016 | 1,004 | 0,998 |
| $\Delta_-/\alpha_0$       | $>0,03$  | 0,03     | $>0,006$ | $>0,006$ | 0,008 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| $\Delta_+/\alpha_0$       | $>0,008$ | $>0,006$ | 0,02     | 0,016    | 0,006 | 0,008 | 0,002 | 0,003 |

**Измерение времени в одном канале, амплитуды — в другом.** Как отмечалось, такой режим можно использовать для увеличения эффективного числа точек стробирования. Кроме того, этот режим можно применить для анализа интенсивной радиолюминесценции, фиксируя моменты прихода импульсов возбуждения и экспериментальные значения  $\varphi_\Sigma^3$  функции (1). Для независимых погрешностей в разных точках стробирования с одинаковым и известным распределением ошибок измерения  $P(\epsilon)$  можно принять

$$l(\alpha) = \sum_j \sum_i \ln P(\varphi_{\Sigma}^3(\tau_i) - \varphi_{\Sigma}(\tau_i, \alpha)),$$

где  $\tau_i$  — точки стробирования; для нормировки  $\varphi_\Sigma^3(\tau)$  необходимо дополнительно измерять  $\int_0^T \varphi_\Sigma^3(\tau) d\tau$  для каждой реализации, так что в (2)  $i \leq 9$ , а одна ячейка используется для нормировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blatt S. L., Mahieux J., Kohler D.—Nucl. Instrum. and Methods, 1968, v. 60, p. 221.
2. Новиков Б. С., Максименко А. С.—ПТЭ, 1981, № 3, с. 7.
3. Демчук М. И., Иванов М. А. Статистический одноквантовый метод в оптико-физическом эксперименте.—Минск, 1981.
4. Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов / Под ред. Г. Камминса и Э. Пайка.—М., 1978.
5. Chu B. Laser light scattering.—New York, 1974.
6. Сверхкороткие импульсы света / Под ред. С. Шапино.—М., 1980.
7. Прохоренко В. И., Мелищук М. В., Тихонов Е. А. Измерение ультракоротких времен релаксации красителей методом зондирования.—Киев, Препринт Ин-та физики АН УССР, 1983, № 1.
8. Демчук М. И., Денисенко В. Н., Кузнецов В. П. Аналоговое запоминающее устройство. А. с. 756487 (СССР).—Опубл. в БИ, 1980, № 30.
9. Демчук М. И., Хайминов В. Н.—ПТЭ, 1979, № 3, с. 103.

УДК 548.0:532.783

А. З. АБДУЛИН, А. И. КОМЯК, А. А. МИНЬКО,  
А. А. МУРАВСКИЙ, В. С. РАЧКЕВИЧ

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ЗАКРУЧЕННЫХ НЕМАТИЧЕСКИХ СЛОЕВ

Одним из широко применяющихся на практике электрооптических эффектов, происходящих в жидких кристаллах, является твист-эффект [1—3]. Важнейшими характеристиками устройств отображения инфор-