

ного i_l вытекает из леммы о знаке числа), то числа $Z_{i_1}(A), \dots, Z_l(A)$ совпадают, причем $S_{Z_{i_l}(A)} = S_{J_{i_l-1}(Z_{i_l}(A))}$, а $\Theta_i(A) = 1 - S_{J_{i_l-1}(Z_l(A))}$ (см. теорему и лемму), где через S_x обозначается знак целого числа x , определяемый в виде

$$S_x = \begin{cases} 0, & \text{если } x \geq 0, \\ 1, & \text{если } x < 0. \end{cases}$$

На основании изложенного можно предложить следующий алгоритм формирования интегральных характеристик модулярного кода числа A в системе с модулями m_1, m_2, \dots, m_k .

1. По модулярному коду $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)$ числа A ($\alpha_i = |A|_{m_i}; i = 1, 2, \dots, k$) вычисляются величины $\widehat{\eta}_l(A), \widehat{\rho}_l(A)$ ($l = 2, 3, \dots, k$) и $\widehat{\Delta}_k(A) = \left[\alpha_{k,k} - \left[\sum_{i=1}^{k-1} \left[\frac{m_k \alpha_{i,k}}{m_i} \right] \right]_{m_k} \right]$.

2. Определяются вычеты $a_l = |J_{l-1}(T_l(A))|_{m_l} = |J_{l-1}(Z_l(A))|_{m_l} = \widehat{\rho}_{l-1}(A) + \widehat{\eta}_l(A)|_{m_l}$ ($l = 3, 4, \dots, k$) вместе с формированием признаков $S_3 = \omega_3, S_l = \omega_l \bar{\delta}_l$ и δ_l ($l = 4, 5, \dots, k$), где $\omega_l = \left[\frac{1}{m_l} (\widehat{\rho}_{l-1}(A) + \widehat{\eta}_l(A)) \right]$; $l = 3, 4, \dots, k$,

$$\delta_l = \begin{cases} 0, & \text{если } \widehat{a}_l \neq m_l - 1 \\ 1, & \text{если } \widehat{a}_l = m_l - 1; l = 4, 5, \dots, k; \end{cases}$$

$\bar{\delta}_l$ — отрицание булевой величины δ_l .

3. Формируются поправки Амербаева по формуле $\Theta_l(A) = S_l V S_{l-1} \times \dots \times \delta_1 V S_{l-2} \bar{\delta}_{l-1} \delta_l V \dots V S_3 \delta_4 \delta_5 \dots \delta_l$.

4. В соответствии с формулами (4) — (7) находятся интегральные характеристики $\rho_k(A), \eta_k(A), \Delta_k(A)$ и a_l ($l = 3, 4, \dots, k$) модулярного кода числа A . Заметим, что $a_1 = \alpha_1, a_2 = \eta_2(A)$.

Приведенный алгоритм допускает как последовательную, так и параллельную реализацию. При максимальном распараллеливании вычислений с использованием бинарных функциональных преобразователей вычетов он может быть выполнен за $1 + \lceil \log_2 k \rceil$ модульных операций. В соответствии с теоремами кодирования МСС [2—4] и результатами, полученными в [5], такое быстроедействие можно считать предельным.

Список литературы

1. Коляда А. А. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 1, физ., мат. и мех. 1986. № 1.
2. Амербаев В. М. Теоретические основы машинной арифметики. Алма-Ата, 1976.
3. Сабо Н. // Кибернетический сборник. М., 1964. № 8. С. 149.
4. Амербаев В. М., Касимов Ю. Ф. // Теория кодирования и оптимизация сложных систем. Алма-Ата, 1977. С. 47.
5. Виноград С. // Кибернетический сборник. М., 1969. № 6.

Поступила в редакцию 01.02.85.

УДК 621.317.7

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

СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ СТОХАСТИЧЕСКИ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ПОТОКОВ ФОТОНОВ

Перекрывающиеся случайным образом во времени потоки квантов излучения (фотонов, нейтронов и др.) характерны для двух классов физических экспериментов: изучения радиoluminesценции при возбужде-

нии продуктами естественного распада изотопов и исследования энергетических спектров частиц, рождающихся случайно во времени, методом времени пролета [1]. Представляет интерес отдельное, без перекрытий с другими, временное распределение — функция интенсивности отдельного потока фотонов или распределение по времени пролета, характеризующее спектр частиц.

В работе рассмотрен способ сбора и анализа информации, позволяющий в ходе эксперимента оценить параметры отдельного распределения, а также описана автоматизированная система для анализа перекрывающихся потоков квантов.

Ранее [2] показано, что при измерениях с одноквантовой чувствительностью радиolumинесценции при стохастическом возбуждении совместная регистрация моментов времени возбуждения μ_i и прихода однофотонных импульсов фотодетектора τ_k , $i = \overline{1, m_j}$, $k = \overline{1, n_j}$ (где m_j и n_j — числа событий в диапазоне $[0, T_2]$ наблюдения за первичным потоком (диапазон 1) и в диапазоне $[T_1, T_2]$ наблюдения за суммарным потоком фотонов (диапазон 2); j — номер измерения) позволяет вычислить функцию правдоподобия для набора параметров $\alpha \equiv (\alpha_1, \dots, \alpha_r)$ функции интенсивности отдельного потока фотонов радиolumинесценции $\varphi(\tau, \alpha)$, где τ — время. Оценки максимального правдоподобия параметров α имеют смещения, быстро убывающие, как показывает имитационное моделирование, с ростом числа R обработанных измерений.

Рассмотрим случай стационарного пуассоновского потока возбуждения и отдельного нестационарного пуассоновского вторичного потока однофотонных импульсов. Примем, что диапазоны 1 и 2 выбраны так, что для функции $\varphi(\tau, \alpha)$, не равной нулю при $\tau \geq 0$, выполнено условие: $\int_{T_1}^{\infty} \varphi(\tau, \alpha) d\tau \ll \int_0^{T_2 - T_1} \varphi(\tau, \alpha) d\tau$. Измерение моментов времени $\mu \equiv (\mu_1, \dots, \mu_{m_0})$ при условии, что других импульсов возбуждения в диапазоне 1 не было, позволяет определить интенсивность суммарного потока фотонов в j -ом цикле измерений; суммарный поток будет пуассоновским со случайной интенсивностью

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

Вычисляя n_j -мерные плотности вероятности появления событий в точках τ_i , $i = \overline{1, n_j}$, для потока с интенсивностью (1) с учетом нормировки получим функцию правдоподобия для α (мы считаем случайными величинами τ_k , числа n_j фиксируем при сравнении выборок при разных α):

$$L_s(\tau | \alpha) = \prod_{j=1}^R n_j! \prod_{k=1}^{n_j} \varphi_{\Sigma j}(\tau_k, \alpha) / \lambda_j(\alpha);$$

$$\lambda_j(\alpha) \equiv \int_{T_1}^{T_2} \varphi_{\Sigma j}(\tau, \alpha) d\tau, \quad s \equiv \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{n_j} 1.$$

Производная по α ($dx/d\alpha = x'$) от $\ln L_s \equiv l_s$:

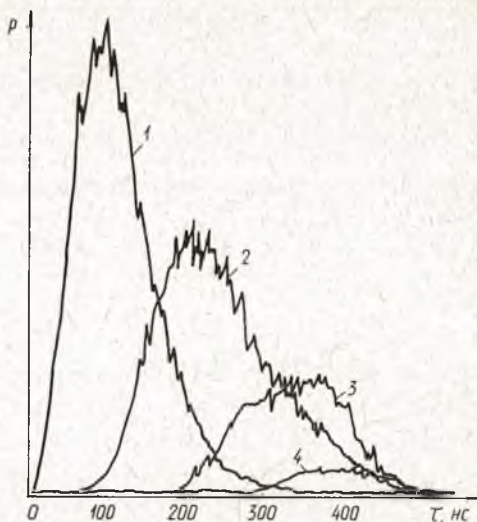
$$l'_s(\tau | \alpha) = \sum_j \sum_k [\varphi'_{\Sigma j}(\tau_k, \alpha) / \varphi_{\Sigma j}(\tau_k, \alpha) - \lambda'_j(\alpha) / \lambda_j(\alpha)].$$

Для решения уравнений правдоподобия $l'_s(\tau | \alpha) = 0$ (при $\partial/\partial\alpha \equiv (\partial/\partial\alpha_1, \dots, \partial/\partial\alpha_r)$) здесь приходится даже в простейших случаях использовать численные методы [3].

Моделирование таких случайных потоков для проверки описанного алгоритма сбора и обработки данных проводилось методом Монте-Карло [4]; рассмотрены вторичные потоки с интенсивностью $\varphi(\tau, \alpha) = A \exp(-\alpha\tau)$ с одним параметром α . Моделировалось регистрирующее

устройство с режекцией по признаку $m_j > M \vee n_j > N$, где M и N — числа измерительных ячеек в диапазонах 1 и 2 устройства. Обработка описанным способом позволила оценить α с высокой точностью при $R = 10^3 \div 5 \cdot 10^3$. Например, при среднем числе импульсов возбуждения $\lambda_1 = 1,5$ в диапазоне $[0, T_2]$, $T_2 - T_1 = 3/\alpha_0 = 100$ нс, $M = N = 3$, $T_1 =$
 $= 2(T_2 - T_1)$, $\lambda_2 \equiv \int_0^\infty \varphi(\tau, \alpha_0) = 3$, где α_0 — истинное значение α , смещенные оценки, отнесенные к α_0 , при $R = 1500$ равно $\sim 0,037\%$, а при $R = 12000$ — около $0,0075\%$. В тех же условиях оценка α по корреляционной функции без учета наложений потоков смещена на $\sim 75\%$ относительно α_0 .

Авторами разработана автоматизированная система на основе микро-ЭВМ «Электроника ДЗ-28» для сбора и анализа данных по радиолюминесценции, реализующая описанный алгоритм обработки данных. Система содержит два регистратора временных интервалов с десятью измерительными ячейками в каждом, т. е. $M = N = 10$. Полученные с помощью многостоповых преобразователей время — амплитуда наборы амплитуд последовательно кодируются с помощью аналогоцифрового преобразователя и передаются в ЭВМ. В качестве периферийных устройств использованы дисплей, накопитель на магнитных дисках, пишущая машинка, термopечать, запоминающий осциллограф и самописец. Разработанная система может использоваться и для измерений интенсивной люминесценции и ее поляризации однофотонным методом, а также в качестве строб-анализатора с большим эффективным числом точек стробирования при анализе повторяющихся аналоговых сигналов и т. д. Для примера (см. рисунок) измерены распределения временных интервалов до четырех одноэлектронных импульсов фотоумножителя ФЭУ-87 при засветке фотокатода импульсом светодиода; временные интервалы измерялись с привязкой к переднему фронту электрического импульса, возбуждающего светодиод.



Гистограмма частот временных интервалов до 1—4 одноэлектронных импульсов ФЭУ

Рассмотрим вариационную задачу оптимизации по времени накопления заданного количества информации для измерений с перекрывающимися потоками фотонов. Пусть $I(x, u)$ — функция информативности реализации типа $x \equiv (m_j, n_j)$, $C(x, u)$ — функция штрафов (время на кодирование информации и ее запоминание) при параметре управления u , где $u = 1$, если реализация регистрируется, $u = 0$, если не регистрируется. Отбрасывая некоторые реализации, можно ускорить в среднем процесс накопления данных, так как реализации разного типа требуют для кодирования неодинаковых затрат времени. Если $P(x)$ — распределение частот появления реализации типа x на входе системы, $P(x, u)$ — распределение регистрируемых и нерегистрируемых реализаций, то всякий алгоритм отбора реализаций характеризуется функционалом: $I[P(x, u)] = \sum_{x, u} I(x, u)P(x, u) / \sum_{x, u} C(x, u)P(x, u)$ при условии $\sum_u P(x, u) = P(x)$. Для выбора оптимального по скорости накопления данных алгоритма отбора необходимо решить вариационную задачу на условный экстремум $I[P(x, u)]$:

$$\begin{cases} I[P(x, u)] = \max, \\ \sum_u P(x, u) = P(x). \end{cases}$$

С использованием метода неопределенных множителей Лагранжа можно показать, что должно быть $P(x, 1) = 0$ или 1, т. е. решение можно найти перебором из 2^{MN} возможных алгоритмов. Моделирование показало, что для функции информативности вида $I(x, 1) = n_j$, $I(x, 0) = 0$ и функции штрафов $C(x, 1) = c_1 \sum_i \hat{\mu}_i + c_2 \sum_i \hat{\tau}_i + c_3$, $C(x, 0) = c_0$, где $\hat{\mu}_i, \hat{\tau}_i$ — номера каналов, в которые попали значения $\mu_i, \tau_i, c_i, i = \overline{0,3}$ — постоянные величины, выигрыш по времени эксперимента при использовании оптимального алгоритма для интенсивных первичного и вторичного потоков может достигать десятков процентов по сравнению со случаем $P(x, 1) = P(x)$.

Измерительная система с оптимизацией по времени накопления информации должна включать в себя блок отбора поступающих на вход реализаций в соответствии с заданным алгоритмом $P(x, 1)$. Отбор реализаций должен вестись по наборам чисел (m_j, n_j) импульсов в диапазонах 1 и 2 для данной реализации с номером j .

Список литературы

1. Дьяченко П. П., Нестеренко В. С., Пиксайкин В. М. // Приборы и техника эксперимента. 1981. № 3. С. 95.
2. Демчук М. И., Иванов М. А. Статистический одноквантовый метод в оптико-физическом эксперименте. Минск, 1981.
3. Закс Ш. Теория статистических выводов. М., 1975.
4. Соболев И. М. Численные методы Монте-Карло. М., 1973.

Поступила в редакцию 15.02.85.

УДК 621.315.592

М. С. КАМАРА, М. Г. ЛУКАШЕВИЧ

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЙ ЭФФЕКТ В ГЕРМАНИИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

При низких температурах на вольтамперных характеристиках (ВАХ) однородных полупроводников наблюдается отклонение от закона Ома, которое может вызываться разогревом электронного газа, уменьшением рекомбинации в электрическом поле, примесным пробоем и т. д. Увеличение концентрации свободных носителей заряда в образце или их подвижности под действием электрического поля приводит к изменению величины и характера магниторезистивного эффекта. Можно ожидать, что изменение магнитосопротивления (МС) будет зависеть как от механизма появления магниторезистивного эффекта, так и от механизма изменения проводимости кристалла в электрическом поле. Однако влияние электрического поля на магниторезистивный эффект исследовано только в области отрицательного МС арсенида галлия при разогреве [1] и увеличении концентрации свободных носителей заряда [2] в условиях примесного пробоя. В то же время при $T = 4,2$ К в германии МС может быть положительным, а изменение проводимости в электрическом поле вызывается уменьшением рекомбинации носителей заряда [3].

В данной работе изучено влияние электрического поля на величину и характер магниторезистивного эффекта в германии n -типа при