Литература

1. *Козырев С. В., Шик А. Я.* Захват носителей в квантовые ямы гетероструктур // Физика и техника полупроводников. 1983. 19. № 9. С. 1667–1670.
2. *Goodnick S. M., Lugli P.* // Phys. Rev. B. 1988. 37. № 5. P. 2578–2588.
3. *Dür M., Goodnick S. M., Lugli P.* // Physica B. 1999. № 272. P. 230–233.
4. *Hartig M., Ganiere J. D., Selbmann P. E.* // Phys. Rev. 1999. B. 60. № 3. P. 1500–1503.
5. *Lee S.-C., Galbraith I.* // Physica E. 2000. № 7. P. 229–232.
6. *Дрозд А. Н., Афоненко А. А.* Скорость межподзонных переходов в полупроводниковых квантовых ямах при кулоновском взаимодействии носителей заряда // Журнал прикладной спектроскопии. 2005. 72. № 6. С. 782–787.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ

Л. И. Кравцевич, В. Л. Потоцкий

В современной науке, технике и производстве широко используются оптические методы контроля различных физических параметров. Для преобразования оптического излучения в электрические сигналы в таких устройствах часто применяются приборы с зарядовой связью, такие как ПЗС-линейки и ПЗС-матрицы.

Название ПЗС (прибор с зарядовой связью) определяется способностью прибора переносить заряд из одной зоны ПЗС в соседнюю зону. Такие приборы были изобретены Бойлом и Смитом в Лаборатории AT&T в 1970 г. Ими было показано, что между близко расположенными МОП-конденсаторами возможен обмен зарядами – зарядовая связь. Манипулируя смещениями, прикладываемыми к таким конденсаторам, можно накапливать заряды, перемещать их, разделять, объединять, т.е. осуществлять аналоговую и цифровую обработку информации на дискретных, но связанных между собой объектах. [1]

Среди всех видов ПЗС наибольшее распространение получили преобразователи излучения в электрический сигнал – фоточувствительные ПЗС (ФПЗС). Далее под ПЗС подразумевается датчик изображения ФПЗС, а не только лишь прибор с переносом заряда. Датчики изображения могут быть линейными или матричными. Современные матричные датчики изображения на ПЗС классифицируются по способу переноса информации. Основными являются следующие три типа [1, 3]:

- строчный перенос;
- кадровый перенос;
- строчно-кадровый перенос.

Такие приборы нашли широкое применение в области автоматизированного контроля и управления технологическими процессами, при изготовлении изделий машиностроения, электронной техники, оптико-механики, спектроскопии, дефектоскопического контроля изделий, для считывания и обработки графической и символьной информации. Они используются для зрительного очувствления различных манипуляторов, составляющих основу робототехнических комплексов нового поколения, при решении задач идентификации объектов и полей электромагнитного излучения, астроориентации и навигации, для автоматизации научного эксперимента и т. д. [2]

Важным этапом создания регистраторов оптического излучения на основе ФПЗС является тестирование общих параметров регистратора, а также контроль параметров ПЗС-датчика на соответствие данным, указанным фирмой-производителем. Для решения этой задачи необходимо разработать специальное программное обеспечение, позволяющее не только получать численные данные от прибора, но и обрабатывать их, а также производить графическую визуализацию, что позволяет более наглядно представлять тестовую информацию и значительно облегчает работу пользователя с тестируемым прибором.

В данной работе предпринята попытка создания программного обеспечения для контроля параметров ПЗС-матриц. При разработке программных средств основное внимание было уделено визуализации полученных от регистратора данных, в частности графическому представлению распределения амплитуды действующего на ПЗС-матрицы оптического излучения.

Обзор литературы [1, 2, 3] и анализ ПЗС-матриц, предлагаемых промышленностью [4, 5, 6], позволили выделить параметры, подлежащие первостепенному контролю. К ним относятся:

Среднеквадратичный шум темнового сигнала. Включает в себя все шумовые параметры характерные для ПЗС прибора, а также шумовые характеристики видеоусилителя и АЦП.

Динамический диапазон. Определяется как отношение сигнала насыщения к среднеквадратичному шуму.

Неравномерность темнового сигнала. Рассчитывается как отношение разницы максимального и минимального значения сигнала при отсутствии освещенности к среднему значению сигнала.

Неравномерность фоточувствительности. Рассчитывается также как и неравномерность темнового сигнала, при освещенности составляющей 50% от сигнала насыщения.

Таблица 1

Параметры матрицы MT9V403 производства фирмы Micron [4]

Параметр	Значение	Единицы измерения
Чувствительность	1800	Отсчеты АЦП/лк*с
Неравномерность темнового сигнала	0,5	%
Увеличение темнового сигнала	100	мВ/с
Внутренний динамический диапазон	60	дБ
Неравномерность чувствительности	1	%
Емкость потенциальной ямы	110000	Электроны
Шум чтения	98	Электроны

Таблица 2

Параметры матрицы ICX415AL производства фирмы Sony [5]

Параметр	Значение	Единицы измерения
Чувствительность	820	мВ
Сигнал насыщения	375	мВ
Неравномерность видеосигнала	25	%
Темновой сигнал	2	мВ
Неравномерность темнового сигнала	1	мВ

Таблица 3

Параметры матрицы P22 производства НИИ «Электрон» [6]

Параметр	Значение	Единицы измерения
Интегральная чувствительность	15	мВ/лк
Неравномерность темнового сигнала	2	%
Относительная неравномерность свет-сигнальной характеристики	±8	%
Среднеквадратичный шум чтения	<10	Отсчеты АЦП

Линейность свет-сигнальной характеристики. Зависимость выходного сигнала ПЗС-датчика при увеличении освещенности отклоняется от идеальной линии. Отклонение возникает из-за колебаний напряжения на затворе МОП-транзистора, преобразующего заряд в напряжение, которые вызывают изменения крутизны коэффициента преобразования МОП-транзистора.

Для тестирования программного обеспечения использовались датчики фирм Micron (MT9V403, табл. 1), Sony (ICX415AL, табл. 2) со строчно-кадровым переносом, а также датчик производства НИИ «Электрон», Санкт-Петербург P22 (табл. 3) со строчным переносом.

Программа работает под управлением операционной системы Microsoft Windows XP. В качестве среды разработки было решено выбрать Microsoft Visual C++. Так как предварительный анализ показал необходимость создания программы со сложной структурой, было решено использовать библиотеку Microsoft Foundation Class library (MFC). Для

отображения двухмерной графики (зависимость амплитуды излучения от положения по столбцу или строке матрицы) был использован интерфейс Graphic Device Interface (GDI), который обеспечивает поддержку аппаратно-независимой графики. Для отображения картинки непосредственно на матрице использовалась технология DirectDraw. На рис. 1 представлено окно работающей программы. Окна Row:{} и Column:{} отображают распределение амплитуды вдоль строки и столбца соответственно, окно 2D:{} отображает картинку, принимаемую прибором.

Анализ ПЗС-приборов показал, что они широко используются в различных областях науки, техники и промышленности. ПЗС-приборы обладают множеством параметров, однако контролю подлежат только некоторые из них. Задача написания программы для визуализации данных поступающих от регистратора была выполнена. Программа протестирована с помощью класса эмуляции камеры и на реальных приборах.

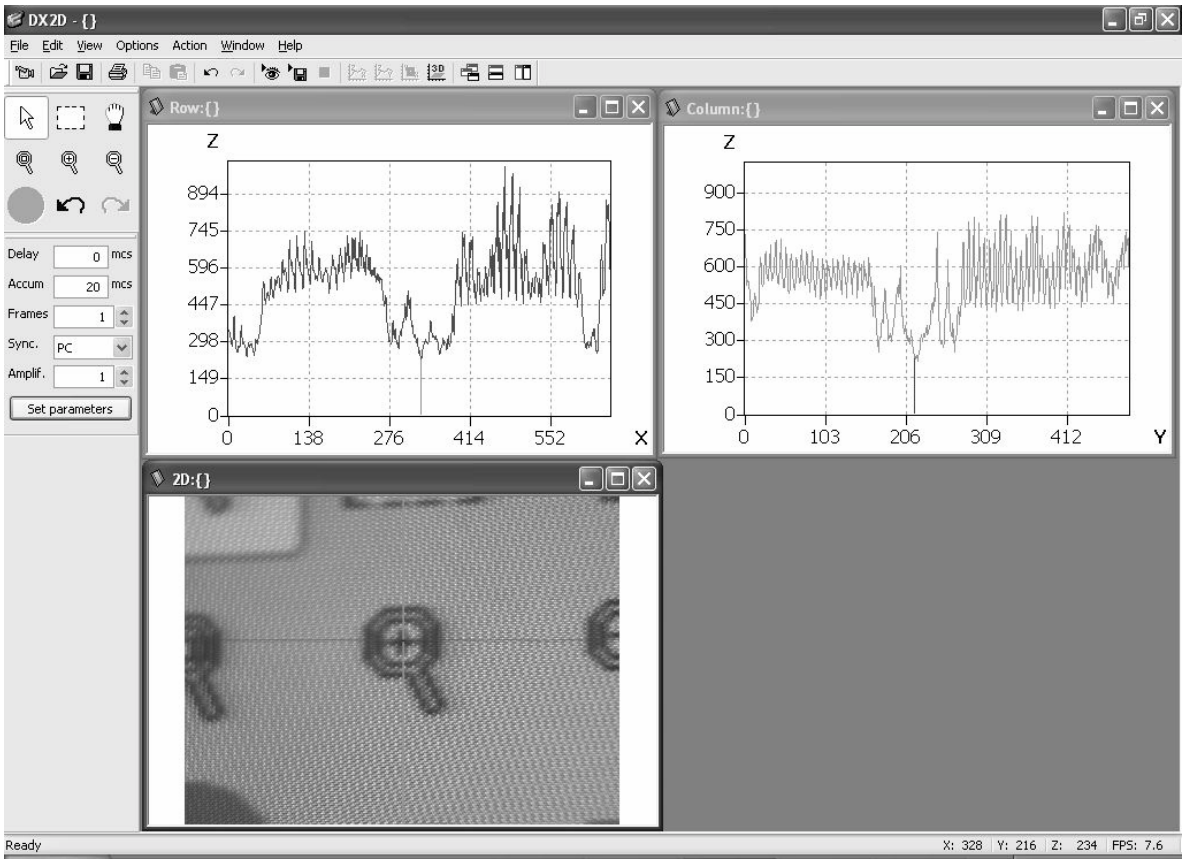

Рис. 1. Работа программы с регистратором на основе матрицы MT9V403 фирмы Micron

Литература

1. *Пресс Ф. П.* Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. М., 1991.
2. *Писаревский А. Н., Чернявский А. Ф.* Системы технического зрения. Ленинград, 1988.

3. *HAMAMATSU PHOTONICS K. K., Solid State Division.* Characteristics and use of FTT-CCD area image sensor. Technical information. 2003.
4. *Micron Technology Inc.* 1/2-INCH CMOS ACTIVEPIXEL DIGITAL IMAGE SENSOR MT9V403. 2004.
5. *Sony.* Diagonal 8mm (Type 1/2) Progressive Scan CCD Solid-state Image Sensor ICX415AL with Square Pixel for CCIR B/W Cameras. 2004.
6. *НИИ «Электрон».* Датчик оптического излучения Р22. Технический паспорт. Санкт-Петербург, 2004.

АЛГОРИТМ МЕНДЕНХОЛЛА-ВЕЛЛЕРА ДЛЯ РАСЧЕТА УГЛА РАССЕЯНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В СЦМ

А. А. Масленков

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных методов численного моделирования взаимодействия заряженных частиц с твердым телом является метод Монте-Карло (МК). Наиболее известными программами, реализующими метод МК в применении к задачам ионного легирования, являются TRIM(SRIM) [1] и Geant4 [2]. В основе любой программы, моделирующей движение заряженной частицы в твердом теле, лежат физические приближения, упрощающие описание процессов взаимодействия заряженных частиц с электронной и ядерной подсистемами мишени. Одним из таких упрощений является расчет угла рассеяния (Θ) в системе центра масс (СЦМ) по “магической формуле” (МФ), предложенной Бирзаком с соавторами [3] более 25 лет назад.. Применение МФ связано со сложностью многократного расчета классического интеграла рассеяния при использовании реалистичных потенциалов ион-атомного взаимодействия. Физика TRIM-алгоритма заложена в то время, когда быстродействие компьютеров было весьма ограниченным, и многие прямые расчеты заменялись подгоночными формулами для экономии расчетного времени. Поэтому сегодня необходим тщательный пересмотр давних упрощений и дополнение пакета более строгими физическими формулами.

Целью настоящей работы является тестирование и модернизация предложенного в [4] алгоритма расчета Θ для различных потенциалов ион-атомного взаимодействия и сравнение результатов вычислений с аналогичными данными, полученными с использованием МФ.

2. МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Основные приближения и расчетные формулы, используемые при вычислении угла рассеяния по методу Менденхолла-Веллера (МВ) пред-