

сравниваемых оптических сигналов, ФЭП может быть выполнен на базе различных полупроводниковых материалов и с различной технологией формирования приборных структур. При этом реализация различных характеристик преобразования предложенного оптико-электронного компаратора производится с использованием одноэлементной полупроводниковой структуры без необходимости использования дополнительных оптических элементов.

1. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика (изд.2-е, доп.) – М.: Машиностроение, 2003 – 657 с.
2. Соколов С.В. Оптический компаратор Пат. РФ № 2020551 Кл. G06E3 – 1994
3. Гусев, О.К. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными

состояниями / О.К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О.К. Гусева. – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

4. Гусев О. К., Тявловский К. Л., Воробей Р. И., Свистун А. И., Шадурская Л. И. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей. // Метрология и приборостроение. – 2017, № 2. – С. 34–42
5. Фотоприемное устройство, управляемое подсветкой: патент № 15840 РБ, МПК Н 01L 31/16 / О.К. Гусев, Р.И. Воробей, А.И. Свистун, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский, Л.И. Шадурская, Н.В. Яржембицкая; заявл. 03. 30. 2010; зарегистр. 26. 01. 2012
6. Vorobey, R.I. / R.I. Vorobey, O.K. Gusev, A.K. Tyavlovsky, K.L. Tyavlovsky, A.I. Svistun, L.I. Shadurskaya, N.V. Yarzhebbitskaya, K. Kierczynski // Photoelectric semiconductor converters with a large dynamic range. // Przegląd elektrotechniczny, – No 5/2014, – Pp. 75–78.

УДК 614.1/519.25

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ СПЕКТРА С ВЫСОКИМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Иванов В.И., Иванов Н.И., Лазарчик А.Н.

НИИ ядерных проблем БГУ

Минск, Республика Беларусь

Разработанные компьютерные комплексы представляют собой многофункциональную программно – аппаратную платформу для автоматизированного анализа различных изображений с использованием микроскопов, рисунок 1 и компьютерных двухкоординатных сканеров, рисунок 2 для оцифровки и обработки различных снимков и изображений материальных структур на пленках, стеклах и чипах.

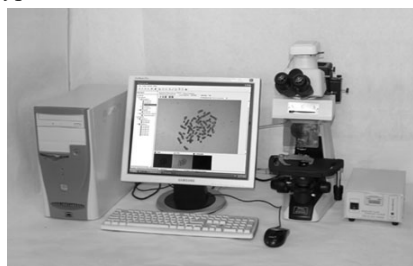


Рисунок 1 – Аппаратная конфигурация комплекса с микроскопом

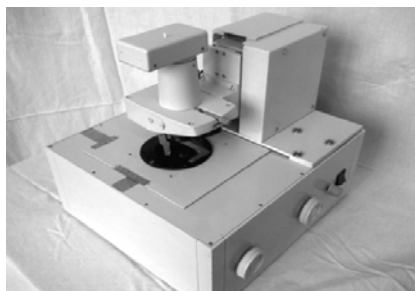


Рисунок 2 - Двухкоординатный компьютеризированный сканер комплекса

Программно – математическое обеспечение комплексов имеет русскоязычный интерфейс и обеспечивает выполнение следующих функций:

- Электронную сканирующую микросъемку и ввод цифровых изображений, включая микро-изображения гистологических и цитогенетических микропрепаратов, а также препаратов с флуохромно меченными ДНК – маркерами. Шаг сканирования 0,2 мкм; поле сканирования 25 x 85мм. Оцифровка изображений осуществляется цветными высоко-разрешающими цифровыми камерами (3,5–18 мегапиксел) в истинных и псевдоцветах в различных областях спектра видимого и ультрафиолетового диапазонов.

- Ввод и обработку ряда разноспектральных изображений с автоматической и ручной коррекцией сдвига исходных изображений.

- Три метода суммирования разноспектральных изображений для получения результирующего изображения: простое суммирование, суммирование фрагментов и наложение фрагментов в результирующем изображении.

- Возможность независимого изменения параметров всех разноспектральных изображений: яркости, контраста, четкости и т.д.

- Выбор произвольного цвета для псевдоокраски исходных черно - белых изображений.

- Возможность просмотра и редактирования как результирующего, так и любого исходного изображения.

- Автоматическую сегментацию изображения с выделением изолированных объектов,

автоматическую разметку и измерение параметров выделенных объектов (длин, площадей, периметров) с разрешением не хуже 0,5 мкм.

- Автоматический подсчет объектов изображения по заданным дифференциальным признакам объекта – размерам, цвету и т.п.) в заданной зоне изображения.

- Ручной или полуавтоматический режим редактирования изображений: изменение яркости и контрастности, объединение разорванных объектов, разделения слипшихся или перекрывающихся объектов.

- Архивирование электронных изображений препаратов в компьютере, создание электронных атласов и коллекций исходных изображений.

- Расчет статистических параметров объектов изображений.

Одной из важных сфер применения технологии компьютерной обработки изображений является анализ изображений гистологических и цитогенетических биопрепаратов в медицинской диагностике.

а базе данной программно – аппаратной платформы нами созданы компьютерные анализаторы изображений «ХРОМОСОМА» и «ХРОМОСОМА – FISH» медицинского назначения. Комплексы предназначены для массовых исследований в лабораторной клинической диагностике:

1. Гистология и цитология – анализ морфологической структуры гистологических и цитологических препаратов с целью выявления доброкачественных и злокачественных поражений ткани. **2. Цитогенетика** – анализ кариотипа человека для выявления изолированных и множественных врожденных пороков развития, пренатальная цитогенетика – кариотипирование плодов человека на ранних стадиях эмбриогенеза с целью диагностики хромосомных болезней; цитогенетика эмбрионального развития человека – изучение функциональной активности отдельных хромосом или их сегментов и их влияния на процесс эмбриогенеза. **3. Онкоцитогенетика** – исследования корреляций онкологического процесса с хромосомными aberrациями в опухолевых клетках, включая исследования с использованием флюоресцентных ДНК – маркеров (FISH – анализ). Анализ и расчет параметров сложных форм хромосоматий, обнаружение клонов клеток с хромосомными aberrациями на молекулярном уровне методами FISH – анализа. Визуализацию местоположения и обработку отдельных сегментов хромосом в интерфазных ядрах (на стадии митотического цикла), когда эти ядерные сегменты еще не распознаются микроскопически: определение транслокаций – перенос участка хромосомы в новое положение на той же или другой хромосоме; инверсий – разворотов участка хромосомы на 180 градусов при сохранении соединения с самой хро-

мосомой; делеций – утрат части хромосомы; дупликаций – удвоение участка хромосомы, приводящее к избыточному содержанию копий гена в клетке. **4. Радиационная медицина** – автоматизированное выявление и анализ специфических хромосомных aberrаций – маркеров радиационного воздействия, ретроспективное определение поглощенной человеком биологической дозы радиоактивного излучения.

В настоящее время общепризнанным фактом является то, что хроническое воздействие на население низкодозовой радиации, обусловленной последствиями различного рода ядерных взрывов и техногенных катастроф, является причиной формирования генетической нестабильности, которая ведет не только к новообразованиям, но может быть ответственна и за ряд ее отдаленных феноменов, реализующиеся на организменном уровне [1]. Процессы малигнизации клеток и дальнейшей опухолевой прогрессии тесно связаны с реорганизацией генома, что во множестве случаев выражается структурными и численными aberrациями хромосом, изменениями их отдельных областей (транслокациями), появлением клеточных клонов. В этой связи задача объективной оценки и прогноза цитогенетических изменений у населения, проживающего на пострадавших от чернобыльской катастрофы территориях, является чрезвычайно важной и требует проведения долгосрочного массового цитогенетического мониторинга населения и установления корреляционно – статистических взаимосвязей цитогенетического статуса индивидуума с общим состоянием организма и экологией территорий проживания. В этой связи на базе 6-ти комплексов «ХРОМОСОМА» и «ХРОМОСОМА – FISH» создана Республиканская сеть цитогенетического мониторинга населения РБ [2]. Это позволило оперативно выявлять категории населения цитогенетического и онкологического рисков, прогнозировать возможные отдаленные медико-генетические последствия хронического воздействия малых доз радиации и антропогенных факторов на организм человека в постчернобыльский период. Верифицировать индивидуальные и коллективные дозы лучевых нагрузок, проследить территориально – временную динамику цитогенетических нарушений, обнаруживать появление клонов клеток с хромосомными aberrациями – маркерами возможной опухолевой трансформации. Оперативно выявлять начальные стадии хромосомных болезней, требующих для достоверности заключения принимать решения по результатам обработки большого числа изображений метафазных пластинок хромосомных препаратов (более 1 – 2 тысяч на пациента), что было бы невозможным без обеспечения высокой степени автоматизации процесса обработки изображений хромосомных препаратов в разработанных комплексах.

Комплексы сертифицированы и разрешены к применению в медицинской практике Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Комплекс «ХРОМОСОМА – FISH» удостоен Золотой медали на Санкт – Петербургской выставке – конгрессе в 2016 году.

1. Мельнов, С.Б. Молекулярно-генетические эффекты малых доз радиации // Чернобыльская катастрофа 15

лет спустя: научно–практические аспекты проблемы.: матер. обл. научно-практ. конф. г. Могилев 26 апр. 2001 г. – Минск: Тесей, 2001. – С. 96–103.

2. Иванов В.И., Лазарчик А.Н. Концепция, задачи и результаты создаваемой сети компьютерного цитогенетического мониторинга населения Республики Беларусь в постчернобыльский период // Фундаментальные и прикладные физические исследования. – Минск, 2009. – С. 379–391.

УДК 621. 382

ЭЛЕКТРОФЛУКТУАЦИОННАЯ ДИГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ И ПРИБОРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Сопряков В.И., Чижонек М.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Известно, что качество кремния для полупроводниковых приборов имеет определяющее значение для получения надежных изделий. Например, одна из основных причин отказов силовых диодов связана с неоднородными распределениями тока и электрического поля по площади прибора, приводящими к уменьшению эффективной рабочей площади, локальным разогревам, раннему пробою. Неоднородное распределение тока по площади диода может являться следствием как неоднородности материала, так и неустойчивости однородного токопрохождения. Последнее связывается с наличием микроплазм – областей с высокой локальной плотностью тока. Такой характер тока обычно связан с локальным пробоем в местах расположения структурных неоднородностей – дислокаций, трещин, кластеров, неоднородностей легирования. Наличие областей с высокой локальной плотностью тока существенно снижает надежность приборов.

Электропараметрический контроль силовых приборов и структур на соответствие техническим условиям в большинстве случаев не выявляет признаков неустойчивого протекания тока, связанного с неоднородностью распределения удельного сопротивления и структурных дефектов. Оптимальным с целью контроля качества является выбор такого информативного параметра, который бы контролировался в области высоких обратных напряжений диода и был бы связан с неоднородностями и дефектами структуры, а также был чувствителен к деградиационным процессам, протекающим при испытании приборов.

Структура вольт-амперной характеристики (ВАХ) перед участком лавинного электрического пробоя диода несет информацию о неоднородности распределения тока по площади. При изучении структуры ВАХ полупроводниковых нелинейных элементов необходимо знать ширину и начальное напряжение линейных участков или более сложных особенностей ВАХ. Определение

этих величин из ВАХ в большинстве случаев невозможно. Применение техники двойного дифференцирования дает существенный выигрыш в разрешении начальных напряжений линейных участков ВАХ, связанных с отдельными микроплазмами, так как ее первая производная представляет кривую, подобную ступенчатой, а вторая – совокупность узких максимумов и минимумов.

Известно, что амплитуда второй гармоники переменного тока нелинейного элемента в режиме малого сигнала пропорциональна второй производной ВАХ (d^2I/dU^2). Для ее измерения разработана измерительная установка модуляционного дифференцирования ВАХ, в которой реализован метод детектирования гармоник. Особенностью установки является широкий диапазон обратных напряжений 0...1000 В. Амплитуда переменного напряжения частотой 300 Гц регулировалась в диапазоне 1...10 В с целью достижения оптимального разрешения и помехоустойчивости.

В работе исследовались р-п-структуры, полученные диффузией бора в кремний n-типа с примесями фосфора с удельным сопротивлением 12 Ом·см.

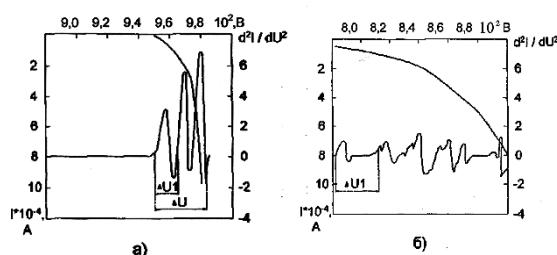


Рисунок 1 – ВАХ и ее вторая производная для контрольного (а) и потенциально ненадежного элемента (б)

Для выявления потенциально ненадежных элементов среди годных по значению обратного тока при напряжении 800 В исследовалась структура ВАХ в предпробойной области (рис. 1). Значения напряжений возрастания d^2I/dU^2 соответствуют включениям отдельных микроплазм. Как видно из