

что нейронные сети успешно решают задачи аппроксимации и предсказания [3–4]. Путем обучения нейронная сеть настраивается на определенные закономерности и в соответствии с ними “угадывает” значения на следующих шагах. Это и наталкивает на мысль о возможности предсказания следующего значения, выдаваемого генератором, на основании предыдущих значений. Логично предположить, что если сеть сможет с определенной вероятностью предсказывать элементы, то в выдаваемой последовательности есть некоторые закономерности, и генератор уже нельзя назвать хорошим. Следующие два теста основаны на этой идее.

Первый тест предназначен для предсказания последующего бита. Этот тест был больше ориентирован на физические генераторы случайных чисел, на обнаружение в них “зацикливаний”. В нем вся последовательность была разбита на две. Первая (меньшая) – для обучения сети, и большая, для тестирования. На основании количества бит “угадываний” сетью строился вывод о качестве генератора. Очевидно, что если предсказать бит нельзя, то частота таких “угадываний” будет стремиться к 0.5.

Второй тест использовал в качестве входного параметра байт (8 бит). С помощью этого теста была попытка предсказать конгруэнтно созданную последовательность, основанную на соответствующем математическом преобразовании. Из-за большого количества выходных данных (256 выходов), оценивалось попадание в интервал рядом с реальным значением. Это приводило к двойному результату: уменьшению количества выходов и времени обучения ИНС. Кроме того, независимо от погрешностей округления учитывался разброс выходных данных.

В тесте на сравнение последовательностей, аналогичному корреляционному тесту, использована способность ИНС решать задачу распознавания. Дело в том, что в отличие от статистических тестов, ИНС позволяет определить вероятность совпадения, что может быть использовано, чтобы забраковать генератор.

В результате проведенных исследований созданы и апробированы три теста для генераторов случайных чисел, причем первый и второй тест оказались наиболее эффективными. Второй тест не позволяет предсказать конгруэнтную последовательность, что связано с использованием в этом методе генерации деления по модулю, но он позволяет обнаружить ошибки во многих генераторах низкого качества.

Следует отметить, что предложенный подход к тестированию принципиально отличается от традиционного подхода. Не снижая ценности ранее созданных методов тестирования генераторов, они позволяют принять решение о приемлемости того или иного генератора случайных чисел, когда стандартных тестов недостаточно.

#### **Литература**

1. Кнут Д.. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 2. Получисленные алгоритмы.- М.: Мир. 1977.
2. Marsaglia G., DIEHARD Statistical Tests: <http://stat.fsu.edu/~geo/diehard.html>
3. Bishop M. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: Clarendon Press, 1997.
4. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Пер. с англ. Ю. А. Зуева и В. А. Точенова. -М.: Мир. 1992.

## **ТЕСТЕР ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ**

***В.В. Журович***

Научный руководитель – к.ф.-м.н., профессор ***А.Г. Головейко***  
*Белорусский национальный технический университет*

Разработан, изготовлен и испытан на практике тестер цифровых микросхем, работающих как в статическом так и динамическом режиме. При разработке ставилась задача отказаться от большого числа разрозненных диагностирующих устройств для диагностики блоков, состоящих из небольшого количества логических микросхем и заменить все эти устройства одним универсальным тестером. Предлагаемый тестер обладает достаточными техническими возможностями для своего применения при решении подобных задач, в частности он может использоваться наладчиками станков с ЧПУ при выявлении неисправностей и ремонте электронных схем. Прибор удобен в работе. Результаты диагностики логических микросхем

выводятся на индикаторное табло, где с помощью светодиодов выводятся логические результаты диагностики в виде 0 и 1, что соответствует высвечиванию или отсутствию высвечивания светодиода. В докладе предлагается электронная схема тестера с полной информацией о принципах его работы, а так же демонстрация самого прибора.

## НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМОЙ

*О.В. Зинчук, М.С. Тиванов, С.В. Чигирь*

Научные руководители – д.ф.-м.н., профессор *А.К. Федотов*,

к.ф.-м.н, доцент *Н.А. Дроздов*

*Белорусский государственный университет*

Известно, что ионно-плазменная обработка пластин кремния приводит к изменению морфологии поверхности – увеличению шероховатости. Это может быть использовано для создания антиотражающего покрытия в производстве солнечных элементов. Данная работа посвящена исследованию влияния энергии и потока ионов водорода на структурирование поверхности и электрические свойства кремниевых подложек. Пластины кремния, выращенного по методу Чохральского, были облучены ионами водорода с разными энергиями и разной длительностью. В работе представлены результаты исследований морфологии поверхности пластин методами атомной силовой микроскопии (АСМ), а также измерений диффузионной длины и времени жизни неосновных носителей заряда (ННЗ) в обработанных водородом пластинах кремния.

Для исследования влияния ионно-плазменной обработки водородом на морфологию поверхности и свойства монокристаллического кремния использовались стандартные промышленные пластины КДБ-12 с ориентацией поверхности (100). Образцы обрабатывались в водородной плазме в вакуумной установке ионного облучения при давлении  $5 \cdot 10^{-4}$  Торр. Был использован широкоапертурный источник ионов водорода на основе двухкаскадного самостоятельного разряда низкого давления с холодным полым катодом [1]. Плотность потока ионов водорода составляла  $0,1 \text{ мА/см}^2$ . В процессе экспериментов получено пять серий образцов, каждой из которых соответствовала определенная энергия ионов (100, 200, 400, 600 и 800 эВ). Для каждой использованной энергии при помощи программы SRIM-2003 рассчитывалась глубина проникновения и коэффициент распыления ионов водорода, а также среднеквадратичные значения шероховатости после облучения для каждой серии образцов. Длительность облучения для образцов каждой серии составляла 5, 10, 20 и 40 мин, а температура подложки в процессе облучения была  $\sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для изучения шероховатости поверхности облученных образцов использовался атомный силовой микроскоп (АСМ) “FEMTOSCAN-001” с полем сканирования до  $5 \times 5 \text{ мкм}^2$ , работающий в контактном режиме с использованием кремниевых кантилеверов. С целью исследования влияния ионно-плазменной обработки на электрические свойства пластин на облученных образцах проводилось оценка диффузионной длины ННЗ на основе измерения спектральной зависимости фотоотклика в системе “кремний-электролит” [2], а также времени жизни ННЗ методом кинетики спада фотопроводимости [3].

Наблюдается наибольшая шероховатость у образцов после облучения ионами водорода с энергиями 400-800 эВ в течение 5 мин. Более длительное облучение образцов приводит к уменьшению шероховатости поверхности (планаризации пластин).

С увеличением времени облучения происходит уменьшение диффузионной длины неосновных носителей, причём особенно сильнее (в 6-10 раз за первые 5 мин обработки). Кроме того, как показали эксперименты, характерной особенностью образцов является появление изгиба зон на обработанной стороне, что проявлялось в фотовольтаическом эффекте и повышении фоточувствительности в коротковолновой области спектра. Это свидетельствует об интенсивном дефектообразовании вблизи поверхности кремния в процессе обработки водородом. Однако выявление типа и природы этих дефектов требуют дальнейших исследований.