

вышеуказанных материалов при термообработке открытым пламенем вносит взаимодействие оксида кремния, содержащегося в стеклянной оболочке микропровода, в тканом основании, рентгеноаморфного кальция и углерода, содержащихся в органических нитях.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИАГРАММЫ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ АФАР**

Р.А. Богданов, Ю.С. Алькевич, В.А. Симоненко

Радиолокационные станции, спутники и системы радиоэлектронного подавления используют множество приемопередающих модулей (ППМ). Аппаратные средства ППМ устанавливаются за каждым антенным элементом в активной фазированной антенной решетке (АФАР), поэтому потенциально требуются сотни или тысячи модулей для одной радиолокационной станции. Повышение производительности их испытаний и сокращение времени снятия диаграммы амплитудно-фазовых состояний (АФС) ППМ является важным требованием. Типично ППМ нуждаются в большом объеме испытаний, позволяющих гарантировать, что все модули подходят для работы в антенной решетке, в которой они используются, а также в процессе испытаний происходит получение диаграмм АФС, необходимых для последующей корректировки по фазе и амплитуде. Для исследования параметров приемопередающего модуля был разработан автоматизированный измерительный комплекс (АИК). АИК представляет собой совокупность программно-управляемых измерительных, вычислительных и вспомогательных технических средств, реализующих алгоритм получения, обработки и использования измерительной информации. Данный автоматизированный измерительный комплекс предназначен для измерения АЧХ, ФЧХ, КСВН приемного и передающего каналов приемопередающего модуля, диаграммы амплитудно-фазовых состояний ППМ. Для измерения вышеперечисленных параметров и оценки работоспособности ППМ АФАР в целом и submodule аттенюатор-фазовращатель в частности используется векторный анализатор цепей, анализатор спектра и СВЧ генератор сигналов, подключенные к персональному компьютеру. Разработанное в среде программирования LabVIEW программное обеспечение позволяет в автоматическом режиме измерить АФС ППМ во всех состояниях аттенюатора и фазовращателя на определенной частоте или в диапазоне заданных частот. Высокая скорость автоматизированных испытаний позволяет измерять все режимы работы модуля и все параметры с высоким разрешением за короткие промежутки времени, что дает возможность выполнения более глубоких испытаний в экстремальных условиях (температура, механическое воздействие, влияние окружающей среды), поскольку электрические параметры могут быть измерены быстрее, чем изменяются внешние условия. Большое количество собранных данных может быть также использовано для улучшения моделирования компонентов.

### **Литература**

1. Богданов, Р.А. Система функционального контроля submodule аттенюатор – фазовращатель приемопередающего модуля X-диапазона / Р.А. Богданов // Метрология и приборостроение. – 2016. – № 4. – С. 6–10.

## **ЭФФЕКТЫ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ И ПАМЯТИ В ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

М.А. Борисов

В настоящее время продолжается активный поиск материалов, которые целесообразно использовать для создания электрически стираемого перепрограммируемого постоянно запоминающего устройства (ЭСПЗУ). Из всего многообразия неупорядоченных халькогенидных (ХГ) соединений, в которых наблюдаются эффекты переключения и памяти, можно выделить два, наиболее характерных: это SiTeAsGe (STAG) и GeTeSb (GTS). Из анализа этих соединений следует, что основным («активным») химическим элементом в этих соединениях является теллур (Te). Теллур – это элемент VI группы периодической таблицы.

Структура валентной оболочки теллура –  $5s_25p_4$ . Два из четырех  $p$ -электрона образуют ковалентные связи с соседними атомами. Между цепочками действуют менее прочные связи Ван-дер-Ваальса. В образовании этих связей принимает участие оставшаяся одиночная пара  $p$ -электронов (lone-pair). Кристаллическая структура Те гексагональная и анизотропная. В предлагаемой статье анализируется возможность создания тонкопленочных элементов памяти и порогового переключения на основе одного халькогена-теллура.

#### **Литература**

1. Волькенштейн, Ф.Ф. Физико-химические свойства поверхности полупроводников / Ф.Ф. Волькенштейн. – М.: Наука, 1973. – 340 с.
2. Luth, H. Solid surfaces, interfaces and thin films / H. Luth. – Berlin: Springer, 2012. – 577 p.
3. Infrared absorption of Ag- and Cu- photodoped chalcogenide films / A.I. Stetsun [et. al] // J. Non-Crys. Sol. – 1996. – Vol. 202. – P. 113–121.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА НА ТРЕХОСЕВОМ ПРИВОДЕ**

А.Ю. Войтов

Дальнейшее повышение функциональных возможностей манипуляционных систем перемещений при обеспечении больших скоростей и ускорений на рабочей платформе, а так же повышенных характеристик точности и быстродействия в настоящее время связывается с применением параллельных манипуляторов [1].

В работе предложена алгоритмизация математической модели параллельного манипулятора на новом гибридном треугольном приводе прямого действия, для которой разработан подход и математическая модель формализованного описания, сегментирования алгоритмов и исследования кинематики и динамики. Вычислительное решение по нахождению линейных и угловых координат платформы по заданным обобщенным линейным координатам ведущих звеньев выполняется по аналитическому описанию векторного условия многоконтурной замкнутости параллельных кинематических цепей в виде фундаментальной нелинейной системы из трех уравнений.

При этом алгоритмически обеспечено сохранение начальных конфигурационных условий во всем диапазоне изменений искоемых переменных с обеспечением однозначного визуального отображения на персональном компьютере положения платформы, всех звеньев и механизма в целом в режиме реального времени.

Разработана имитационная модель кинематики, которая позволила выполнять решение прямой и обратной задач кинематики. На основании предложенных сегментированных алгоритмов разработана имитационная модель в среде MATLAB для проведения интерактивного компьютерного моделирования решения прямой и обратной задач кинематики и прямой и обратной задач динамики с учетом конструктивных ограничений, накладываемых на координатные перемещения электро-магнитных модулей на треугольном статоре.

#### **Литература**

1. Системы многокоординатных перемещений и исполнительные механизмы для прецизионного технологического оборудования / В.В. Жарский [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Е. Карповича. – Минск : Бестпринт, 2013. – 208 с.

### **Пороговое напряжение MIS-HEMT с подзатворными high-k диэлектриками**

В.С. Волчэк

AlGaIn/GaN транзисторы с высокой подвижностью электронов (high electron mobility transistor, HEMT) являются перспективными элементами сенсорных устройств, используемых в системах информационной безопасности. В стандартной технологии HEMT затвор формируется на основе барьера Шоттки и характеризуется большими токами утечки. Для уменьшения токов утечки транзистора между электродом затвора и барьерным слоем AlGaIn