

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 671.327.1

Сицко
Ирина Александровна

Физико-химическая модель процессов переключения и памяти в
тонкопленочных структурах на основе теллура

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 01 "Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах"

Научный руководитель

Колосницын Борис Сергеевич

кандидат технических наук, профессор

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В последнее время решение многих технологических задач, например, создание эффективных средств для современных компьютерных систем большой емкости, связано с поиском новых материалов. К таким новым материалам прежде всего относятся халькогенидные стеклообразные полупроводники (ХСП).

Репрограммируемые постоянные запоминающие устройства на основе ХСП имеют лучшие характеристики, чем на основе МОП-структур: более высокое быстродействие; большую надежность в работе; способность неограниченно долго сохранять информацию при выключенных источниках питания (не требуется регенерация); высокую радиационную и ультрафиолетовую стойкость по сравнению с МОП РПЗУ; простоту электрического управления накопителем и т.д.

Исследование халькогенидных полупроводников (ХП) с неупорядоченной структурой, необычные свойства которых открыты в 1955г. сотрудниками Физико-технического института им.А.Ф.Иоффе АН СССР Б.Т.Копомийцем и Н.А.Горюновой, представляет собой в настоящее время одно из важнейших направлений физики твердого тела. Несмотря на непрерывно расширяющиеся области применения халькогенидных полупроводников в актуальных областях радиоэлектроники и приборостроения, физические процессы, происходящие в этих материалах под действием сильного электрического поля, до сих пор являются предметом споров и дискуссий ввиду прежде всего неограниченного спектра существующих структурных состояний этих веществ. Поэтому в настоящее время чрезвычайно актуальной является задача поиска и разработки методов организации фиксированной неупорядоченности, то есть создание неупорядоченной системы с заранее предсказанными физико-химическими свойствами.

В накопителях информации используются пленки халькогенидных стеклообразных полупроводников, в состав которых, как правило, входит теллур.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность.

Запоминающие устройства на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников в сравнении с устройствами на МОП-структурах обладают более высоким быстродействием, большей надежностью в работе, способностью неограниченно долго сохранять информацию при выключенных источниках питания (не требуется регенерация), высокой радиационной и ультрафиолетовой стойкостью. Поэтому чрезвычайно актуальным является поиск составов многокомпонентных халькогенидных полупроводников для создания элементов памяти и переключения.

Цель и задачи исследования.

Целью является предложить физико-химической модели процессов переключения и памяти в тонкопленочных структурах на основе теллура. Для достижения поставленной цели необходимо определить составы многокомпонентных халькогенидных соединений, в которых будут наблюдаться эффекты памяти и переключения.

Положения, выносимые на защиту.

1. Моделирование времени задержки переключения в зависимости от внешних условий.
2. Определение условий и материалов, которые могут обладать эффектом переключения.
3. Определение условий и состава многокомпонентных соединений, позволяющих создавать элементы тонкопленочной памяти.

Научная новизна результатов исследования.

Впервые представлена феноменологическая модель механизмов памяти и переключения в тонкопленочных структурах на основе теллура.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Предложен механизм переключения и памяти в тонкопленочных элементах на основе теллура. В пленках теллура наблюдаемые эффекты обусловлены структурными преобразованиями. Переход для элементов памяти из высокоомного в низкоомное состояние связан с переходом от псевдокубической к гексагональной структуре. На основе этого механизма можно изготавливать тонкопленочные энергонезависимые элементы памяти.

Личный вклад автора.

Автор принимала активное участие в исследованиях тонкопленочных переключателей на основе теллура, предложила физико-химическую модель эффектов памяти и переключения на основе теллура.

Публикации.

Основное содержание диссертации отражено в 3 научных статьях.

Апробация работы.

Результаты по теме магистерской диссертации получены в ходе исследования тонкопленочных переключателей в рамках научно-исследовательских программ. По материалам исследований делались сообщения и доклады на научно-практических и научно-методических конференциях.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографического списка, включающего 30 наименований использованной литературы и 5 публикаций соискателя, и приложения. Работа изложена на 60 листах А4, содержит 25 иллюстраций.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснован выбор темы, определены цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 представлены основные сведения о халькогенидных полупроводниках: история их исследования, области применения, описаны некоторые исследования, встречаемые в литературе.

В главе 2 описаны проведенные исследования электрических параметров тонкопленочных переключателей на основе халькогенидных полупроводников. Для измерения электрических параметров созданных тонкопленочных переключателей был разработан характеристический график с учетом характерных особенностей нелинейных двухполюсников, с помощью которого были проведены исследования зависимости основных параметров (тип ВАХ, сопротивления в высокоомном - $R_{ВО}$ и низкоомном - $R_{НО}$ состояниях, порогового напряжения - $U_{ПОР}$ и тока - $I_{ПОР}$, удерживающих напряжения - $U_{УД}$ и тока - $I_{УД}$, количество циклов переключения $N_{ПЕР}$) переключающих элементов от скорости осаждения и толщины пленок теллура, материала электродов, вида управляющего сигнала, активной площади элемента, толщины промежуточного диэлектрического слоя и температуры.

В главе 3 представлена физико-химическая модель процессов памяти и переключения, построенная на основе результатов исследований, описанных в главе 2.

В заключении описаны выводы, сделанные в ходе выполнения диссертационной работы. На основании этих выводов предложены рекомендации для создания элементов памяти и переключения на основе халькогенидных полупроводников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации были сделаны следующие важные выводы, которых необходимо придерживаться при производстве тонкопленочных элементов памяти и переключения.

1. Эффекты переключения и памяти должны преимущественно наблюдаться в таких многокомпонентных халькогенидных соединениях, в которых кроме «акцепторных» примесей (например, атомов кислорода или фтора) присутствуют также и «донорные» примеси (обычно металлы) с разной валентностью. К таким материалам прежде всего относятся элементы третьей группы: В(Z=5), Al(Z=13), Ga(Z=31), In(Z=49), Tl(Z=81).

2. При изготовлении элементов памяти необходимо применять однокомпонентные или многокомпонентные полупроводниковые соединения, в которых преобладают электрически активные дефекты или нарушения ковалентных связей. К таким материалам прежде всего относятся пленки теллура, осажденные при $V_2 = 10,0$ нм/с и $d \geq 50$ нм или двухкомпонентные тетраэдрические соединения, например: SnTe и GeTe. Кроме того, для элементов памяти переключение из ВО в НО состояние связано непосредственно с переходом от псевдокубической структуры к сверхструктуре С6 (типа CdI₂). Поэтому данные эффекты будут особенно ярко выражены в многослойных структурах типа: SnTe, (или GeTe)- SnTe₂ (или GeTe₂) - Te, т.е. где наблюдается переход от ионно-ковалентных связей к сугубо ковалентным.

3. При изготовлении элементов переключения необходимо применять однокомпонентные или многокомпонентные полупроводниковые соединения, в которых преобладают дефекты или нарушения ван-дер-ваальсовых связей. К таким материалам прежде всего относятся пленки теллура, осажденные при $V_1 = 2,0$ нм/с и $d \leq 200$ нм и аморфные пленки арсенида теллура - AsTe и селена AsSe с незначительными добавками кремния - Si и германия - Ge. Известно, что добавки Si и Ge приводят к тетраэдрическим искажениям слоистых структур AsTe и AsSe. Эффект переключения должен быть особенно ярко выражен в следующих многослойных структурах: AsTeSi -As₂Te₃ -Te, или AsSeGe- As₂Se₃-Se.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Сицко, И. А. Структура и оптические свойства тонких пленок теллура / И. А. Сицко, Б. С. Колосницын // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР: материалы конференции. В 2-х частях. Ч. 2. – 2014. – С. 34-35.

[2] Сицко, И. А. Электрофизические параметры тонких пленок теллура / И. А. Сицко // 50-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конференции. – 2014.

[3] Сицко, И. А. Исследование электрофизических характеристик тонких пленок теллура / И. А. Сицко // Международная научно-практическая конференция аспирантов, магистрантов и студентов ГрГУ им. Я. Купалы: материалы конференции. - 2015.

[4] Сицко, И. А. Методы контроля знаний учащихся на уроках информатики / И. А. Сицко, В. А. Сицко, А. В. Гордеюк // Международная научно-практическая конференция МГВРК: "Инженерно-педагогическое образование: проблемы и пути развития": материалы конференции. - 2015. - С. 212-214.

[5] Сицко, И. А. Сознание человека как объект социальных технологий, рекламы и пиар манипуляций / И. А. Сицко // Философия: материалы 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. - 2015. - С. 27-28.