

Аннотация

Исследованы электрофизические свойства мемристоров $\text{TaN}/\text{HfO}_x/\text{Ni}$ и $\text{TaN}/\text{ZrO}_x/\text{Ni}$, отношение $[\text{O}]/[\text{Hf}(\text{Zr})]$ (x) в которых варьировалось посредством изменения парциального давления кислорода (P_{O_2}) во время роста оксида методом ионно-лучевого распыления-осаждения. Состав плёнок HfO_x и ZrO_x был проанализирован по рентгеновским фотоэлектронным спектрам (РФЭС).

Величины x были оценены по соотношению площадей пиков $\text{Hf } 4f/\text{Zr } 3d$ и $\text{O } 1s$. Содержание кислорода в слоях оксидов гафния и циркония в мемристорах варьировалось в широком диапазоне x от 1.75 до 1.85 и от 1.56 до 1.99, соответственно. Обнаружено, что для каждого из оксидов биполярное резистивное переключение существует в ограниченных диапазонах $1.78 \leq x \leq 1.81$ и $x \geq 1.78$ для HfO_x и ZrO_x , соответственно. Обнаружено, что у мемристоров с x вблизи левой границы рабочего диапазона этап формовки отсутствовал. Проводимость мемристоров на основе обоих оксидов в низкоомном состоянии (СНС) не зависела от состава оксида во всём рабочем диапазоне x , тогда как проводимость в высокоомном состоянии (СВС) возрастала по мере уменьшения x , что приводило к снижению отношения $I_{\text{ON}}/I_{\text{OFF}}$ с 5 порядков до 1. Изучены температурные зависимости вольт-амперных характеристик (ВАХ) мемристоров в СНС и СВС для образцов, требовавших формовки, и бесформовочных образцов. Показано, что проводимость мемристоров возрастала с увеличением температуры как в СВС, так и в СНС. Анализ и аппроксимация экспериментальных зависимостей ВАХ от температуры в СНС и СВС показали, что для обоих образцов проводимость описывается в рамках модели тока, ограниченного пространственным зарядом (ТОПЗ) в режимах полностью и частично заполненных ловушек соответственно. Предложена модель резистивного переключения состояний, основанная на изменении диаметра проводящего филамента.

Исполнитель (Ф.И.О.): Воронковский Виталий Александрович

Наименование НКР:

Исследование механизмов резистивного переключения в мемристорах на основе оксидов гафния и циркония

Объект исследования: плёнки оксидов гафния и циркония на Si подложках, мемристоры со структурой TaN/HfO_x/Ni и TaN/ZrO_x/Ni.

Цель:

Выяснение механизмов резистивного переключения в мемристорах на основе нестехиометрических оксидов гафния и циркония (HfO_x, ZrO_x). Конкретными задачами являются изучение влияния концентрации кислорода в слое оксида на проводимость мемристоров, а также анализ механизмов протекания тока в этих мемристорах в различных состояниях.

Методы исследования:

Анализ рентгеновских фотоэлектронных спектров плёнок HfO_x и ZrO_x с различным содержанием кислорода, измерение и аппроксимация ВАХ мемристоров со структурой TaN/HfO_x/Ni и TaN/ZrO_x/Ni при различных температурах.

Научная новизна:

Обнаружены границы по величине коэффициента x для нестехиометрических оксидов гафния и циркония, внутри которых существует обратимое резистивное переключение в мемристорах TaN/HfO_x/Ni и TaN/ZrO_x/Ni. Исследовано влияние коэффициента x на механизмы проводимости мемристорах TaN/HfO_x/Ni и TaN/ZrO_x/Ni до формовки, а также в низко- и высокоомном состояниях. Установлены механизмы транспорта заряда в различных состояниях мемристоров

TaN/HfO_x/Ni и TaN/ZrO_x/Ni, благодаря чему предложена структура проводящего филамента и её изменение при переключении состояний мемристора.

Теоретическая/практическая значимость исследования:

Выработаны практические рекомендации по созданию мемристоров на основе оксидов гафния и циркония. Установлены экспериментальные условия формирования бесформовочных мемристоров на основе этих оксидов.

Область применения:

Исследования носят как фундаментальный, так и прикладной характер. Выработанные технологические рекомендации по созданию мемристоров на основе оксидов гафния и циркония важны для потенциальных матриц памяти с высокой плотностью расположения ячеек.

Список ключевых слов: мемристоры, ReRAM, формовка, оксид гафния, оксид циркония, high-κ диэлектрики, РФЭС, ТОПЗ.

Апробация работы:

Публикации по теме НКР:

Список статей:

1. Influence of HfO_x composition on hafnium oxide-based memristor electrical characteristics / V.A. Voronkovskii, V.S. Aliev, A.K. Gerasimova, D.R. Islamov // Materials Research Express. – 2018. – Vol. 5, No 1. – P. 016402.
2. Conduction mechanisms of TaN/HfO_x/Ni memristors / V.A. Voronkovskii, V.S. Aliev, A.K. Gerasimova, D.R. Islamov // Materials Research Express. – 2019. – Vol. 6. – P. 076411.

Патент:

1. Способ изготовления активного слоя для универсальной памяти на основе резистивного эффекта : пат. 2611580 Рос. Федерация : МПК⁷ H 01 L 27/115 / Гриценко В.А., Алиев В.Ш., Исламов Д.Р., Воронковский В.А. ; заявитель и патентообладатель Ин-т физики полупроводников Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. - № 20150147121 ; заявл. 02.11.2015 ; опубл. 28.02.2017.

Тезисы докладов:

1. Исследование электрофизических свойств мемристоров со структурой TaN/HfO_x/Ni / В.Ш. Алиев, В.А. Воронковский, И.А. Бадмаева, С.Г. Бортников, А.К. Герасимова // Эволюция дефектных структур в конденсированных средах (ЭДС – 2016) : сб. тезисов XIV Международной школы-семинара (Барнаул, 12 – 17 сентября 2016 г.). – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. – с.88.
2. О влиянии состава плёнок оксида гафния на электрофизические свойства мемристоров TaN/HfO_x/Ni / В.А. Воронковский, В.Ш. Алиев, А.К. Герасимова, Д.Р. Исламов // сб. тезисов XIII Российской конф. по физике полупроводников (Екатеринбург, 2 – 6 октября 2017 г.). – Екатеринбург, 2017. – с.388.