

АННОТАЦИЯ

В выпускной научно-квалификационной работе рассмотрены новые материалы для резистивной памяти на основе фторированного графена и его композитов. Резистивная память в настоящее время привлекает большое внимание, поскольку рассматривается в качестве перспективной альтернативы существующим видам памяти, и прежде всего флеш-памяти, а также как тип энергонезависимой памяти следующего поколения. Устройства, функционирующие на основе эффекта резистивных переключений, выделяются благодаря своей простоте, низкому энергопотреблению, низким управляющим напряжениям, малым временам переключений, а также энергонезависимому и долговому сохранению информации. На сегодняшний день, для мемристоров разрабатывается широкий диапазон материалов, однако, большинство из них не подходят для создания устройств гибкой электроники. Большой интерес представляют структуры с использованием графена и функционализированного графена, поскольку эти материалы обладают уникальным сочетанием механических и электронных свойств, подходят для создания суспензий на основе различных растворителей, равномерно наносятся на различные субстраты и открывают новые возможности для создания устройств гибкой, печатной, носимой и прозрачной электроники.

В работе найдены и изучены материалы для резистивной памяти на основе фторированного графена и его композитов. Был исследован эффект резистивных переключений на плёнках частично фторированного графена, получена стабилизация резистивных переключений на пленках оксида графена. Наиболее перспективными материалами оказались структуры: на основе частично фторированного графена (ФГ) расположенного на поверхности плёнки поливинилового спирта (ПВС) и композит фторированного графена с наночастицами V_2O_5 . Показано, что в пленках ФГ/ПВС наблюдается эффект стабильных резистивных переключений с отношением ON/OFF токов от одного до 4-5 порядков. Уменьшение толщины ПВС в сочетании с увеличением толщины ПФГ приводит к изменению однополярных пороговых переключений на биполярные резистивные переключения. Тестовые кроссбар структуры сохраняют свои характеристики при деформации до 6,5% (радиус изгиба 1,9 мм) и восстанавливают их после снятия большего механического напряжения. В случае композитных пленок фторированного графена с наночастицами V_2O_5 , толщиной 20-50 нм соотношение сопротивлений в открытом и закрытом состояниях достигало $10^6 - 10^9$. Было обнаружено, что импульс открывающего напряжения длительностью около 30 нс при напряжении 3 В приводил к переключению структуры в открытое состояние. Полностью напечатанные структуры с кроссбар архитектурой демонстрируют 2×10^6 циклов переключений без изменения соотношения токов.

Проведенные исследования показывают, что фторированный графен и композитные материалы на его основе являются перспективными для создания мемристорных структур памяти, и дают дополнительное понимание физических причин возникновения эффекта резистивных переключений. Полученные результаты могут быть использованы для разработки мемристоров или селекторных устройств, интегрированных с RRAM, нейроморфных структур, сенсорных схем, для хранения информации и обработки данных, в том числе для гибкой и носимой электроники.

Исполнитель (Ф.И.О.): Иванов Артем Ильич

Наименование выпускной научно-квалификационной работы: «Гибкие материалы и структуры на основе фторированного графена для резистивной памяти».

Объект исследования: слоистые и композитные материалы на основе фторированного графена.

Цель: заключается в разработке новых активных мемристорных слоёв на основе фторированного графена для устройств нанoeлектроники, включая гибкие и печатные структуры.

Методы исследования: исследование вольт-амперных характеристик (эффекта резистивных переключений), атомно-силовая микроскопия (исследование поверхности образцов и структуры плёнок), просвечивающая электронная микроскопия (исследование структуры композитных материалов), сканирующая электронная микроскопия (исследование структуры и размеров образцов), зарядовая спектроскопия глубоких уровней (исследование скорости захвата и выброса носителей заряда в структурах).

Теоретическая/практическая значимость исследования:

1. Созданы и изучены два типа материалов на основе фторированного графена, демонстрирующие эффект резистивных переключений, установлены оптимальные параметры, созданы тестовые структуры с кроссбар архитектурой.
2. Тестовые печатные кроссбар структуры на основе разработанных материалов демонстрируют эффекты резистивных переключений величиной до 5-9-ти порядков и 10^5 - 2×10^6 циклов переключений.
3. Предложено качественное описание эффектов резистивных переключений в разработанных материалах на основе фторированного графена.
4. Исследования работоспособности структур при воздействии механических напряжений показали, что структуры сохраняют работоспособность при радиусе изгиба до 1,9 мм (6,5 % деформации), что является перспективным для приложений в области гибкой электроники.

Новизна результатов заключается в том, что впервые теоретически/практически:

1. Найдены новые материалы, демонстрирующие пороговый однополярный и биполярный эффекты резистивных переключений, с возможностью изменения типа эффекта путем варьирования параметров структуры.
2. Показана возможность формирования материала, демонстрирующего эффект резистивных переключений, с проводящими областями графена в матрице фторированного графена.

3. Предложено несколько типов структур, обеспечивающих условия для возникновения эффекта резистивных переключений.
4. Показана возможность достижения перспективных с точки зрения применения параметров: низкие рабочие напряжения, малые времена переключений, большое количество переключений.
5. Предложено качественное описание эффекта резистивных переключений в структурах на основе фторированного графена с наночастицами V_2O_5 или поливиниловым спиртом.

Степень и эффективность внедрения: нет

Область применения: мемристорные структуры, гибкая электроника, печатная электроника.

СПИСОК КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ: материал для мемристоров, резистивные переключения, фторированный графен, двухслойные структуры с поливиниловым спиртом, композитные слои с наночастицами V_2O_5 , кроссбар структуры, параметры переключений.