**Исследование электронного транспорта в экспериментальных структурах неупорядоченных одноэлектронных резервуарных сетей**

***Андреева А.С.*** *1****, Трифонов А.С. 1, Преснов Д.Е. 1, Шорохов В.В. 1, Снигирев О.В. 1, Крупенин В.А. 1***

***Аспирант***

1. *Лаборатория "Криоэлектроника", Физический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

E–mail: andreeva.as18@physics.msu.ru

Наноразмерные системы с разупорядоченными активными зарядовыми центраминабирают популярность, поскольку предоставляют возможность для построения вычислительных резервуарных сетей. При этом на сегодняшний день существует ограниченное количество экспериментальных исследований по этой теме, которые появились сравнительно недавно [1-3].

В рамках данного исследования был разработан оригинальный метод формирования наноструктуры настраиваемой одноэлектронной резервуарной сети, ключевой особенностью которого является использование неоднородного профиля распределения концентраций примесных атомов в твердотельной матрице. Предложенный подход совместим с кремниевыми технологиями и позволяет эффективно использовать случайность и дискретность распределения примесей. Наблюдаемые особенности одноэлектронного транспорта в исследуемых структурах показали возможность настройки сети путем управления напряжениями на управляющих электродах. Перестройка потенциалов окружающих электродов существенным образом влияло на структуру проводящих каналов, проходящих через примесные центры, что отражают вольтамперные характеристики. Анализ характеристик позволяет определить направление настройки для демонстрации необычных эффектов, таких как инверсия транспортного тока.

Изменение управляющих напряжений позволило реализовать базовую логическую функцию — «НЕ» (инвертор). Более сложные логические элементы, такие как «И» и «ИЛИ», требующие перебора множества состояний сети, были успешно продемонстрированы при исследовании образцов в рефрижераторе растворения при температуре 20 мК. Для поиска нужных конфигураций в огромном пространстве состояний сети использовался векторный метод настройки. В отличие от скалярного, векторный метод позволяет одновременно регистрировать отклики по всем 8 каналам и программно переключать входные терминалы структуры, что значительно упрощает процесс настройки. Векторный метод исключает необходимость использования сложных алгоритмов, таких как генетический, для поиска состояний, реализующих логические функции «И» и «ИЛИ». Важно отметить, что эти логические элементы были реализованы в одной и той же структуре, что подчеркивает реконфигурируемость логики резервуарной сети.

Полученные результаты демонстрируют высокий потенциал резервуарных сетей на основе единичных примесных атомов для создания инновационных устройств в различных областях науки и техники. Например, одноэлектронные резервуарные сети могут применяться в качестве как программируемых логических элементов вычислительных систем, так и полевых сенсоров для обнаружения слабых электрических сигналов может быть полезно для анализа микро- и нанообъектов, включая клетки, молекулы, вирусы. Такие сети также могут быть использованы для моделирование нейронных сетей и создание систем, имитирующих работу мозга, стать основой систем обработки сложных данных, таких как распознавание образов, классификация и прогнозирование.

Данное исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина», грант № 24 Ш06-07. В работе использовалось оборудование Учебно-методического центра литографии и микроскопии МГУ им. М.В. Ломоносова.

1. Chen T., van Gelder J., van de Ven B. et al. Classification with a disordered dopant-atom network in silicon // Nature. 2020. № 557. P. 341-345.
2. Bose S.K., Lawrence C.P., Liu Z. et al. Evolution of a designless nanoparticle network into reconfigurable Boolean logic // Nature Nanotechnology. 2015. № 10. P. 1048-1052.
3. Dagesyan S.A., Ryzhenkova S.Yu, Sapkov I.V. et al. A Multi-Electrode System for the Implementation of Solid-State Quantum Devices Based on a Disordered System of Dopant Atoms in Silicon // Moscow University Physics Bulletin. 2020. Vol. 75, № 4. P. 331–335.