**Квантовые точки в кремнии как элементы одноэлектронных устройств**

***Панкратов С.А.1, Шорохов В.В. 1, Крупенин В.А. 1, Преснов Д.Е. 1,2***

*Студент*

1. *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*
2. *Научно-исследовательский центр ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ, г. Москва, Россия*

*E-mail: pankratov.sa18@physics.msu.ru*

В последнее время огромный интерес исследователей вызывает тематика, связанная с разработкой квантовых компьютеров, которые позволяют реализовать наиболее оптимальные пути обработки больших данных, надежные криптографические протоколы, а также способы быстрых вычислений для нужд науки, экономики и государственной безопасности [1]. Составной единицей квантового компьютера является квантовый бит (кубит) - квантовая система с двумя различными базисными состояниями. В отличии от элементов классических компьютеров, кубит может находиться в суперпозиции базисных состояний. Это может быть использовано для создания компьютеров нового поколения, в которых вычисления будут проходить значительно быстрее, чем в классических машинах, за счет параллелизма, достигнутого с помощью квантовых свойств кубитов [2].

Известно множество типов физических реализаций квантового бита, например, на основе джозефсоновских элементов, ионов в ловушках и одиночных фотонов. Однако вышеперечисленные технологии страдают либо от сложностей масштабирования, либо от недостаточной степени интеграции (плотности) кубитов с сохранением адресности воздействия на них. В то же время создание функционального квантового компьютера требует большого числа идентичных кубитов с контролируемым взаимодействием соседних из них [3]. Для этого нужна сложная система управления и множество вспомогательной классической электроники.

С этой точки зрения кубиты на основе квантовых точек в кремнии обладают огромным потенциалом для создания полноценного квантового процессора [4,5]. Они наиболее похожи на классические микросхемы по архитектуре и технологии производства и могут быть так же масштабируемы с высокой степенью интеграции. Кроме того, кубиты на основе КТ в кремнии обладают большими временами когерентности (до 120 мкс) и повышенными рабочими температурами (до 4 К), что является дополнительным преимуществом с практической точки зрения [6,7].

~~~~Данная работа посвящена разработке и исследованию одноэлектронных наноструктур на основе наведенных квантовых точек в кремниевом нанопроводе, как элементов квантового компьютера. Типичная структура такого элемента представляет собой кремниевый нанопровод с шириной 50 нм и менее, лежащий на слое изолятора и покрытый системой управляющих электродов, отвечающих за формирование электронных резервуаров, КТ и барьеров между ними (рис. 1). С помощью изменения потенциалов управляющих электродов можно управлять электронной заселенностью КТ и транспортом между ними. КТ в таком устройстве может играть роль сенсора (одноэлектронного транзистора) для считывания состояния кубита, либо использоваться как кубит, состояние которого кодируется суммарным спином электронов на точке [6].

Рис. 1 Структура управляющих электродов для наведения квантовых точек в кремниевом нанопроводе

Данное исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». В работе использовалось оборудование Учебно-методического центра литографии и микроскопии МГУ им. М.В. Ломоносова.

**Литература**

1. Knill, E. Quantum computing // Nature. 2010, №463, p. 441–443. <https://doi.org/10.1038/463441a>
2. Shor, P.W. Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring // Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science. 1994, p. 124-134. <https://doi.org/10.1109/SFCS.1994.365700>
3. D.P. DiVincenzo, D. Loss. Quantum information is physical // Superlattices and Microstructures. 1998, №23, p. 419-432. <https://doi.org/10.1006/spmi.1997.0520>
4. Zwerver, A.M.J., Krähenmann, T., Watson, T.F. et al. Qubits made by advanced semiconductor manufacturing // Nature Electronics. 2022, №5, p. 184–190. <https://doi.org/10.1038/s41928-022-00727-9>
5. Deng, G.W., Xu, N., Li, W.J. Gate-Defined Quantum Dots: Fundamentals and Applications. // Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology. 2020, №27, p. 107-133. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35813-6_4>
6. Chatterjee, A., Stevenson, P., De Franceschi, S. et al. Semiconductor qubits in practice // Nature Reviews Physics. 2021, №3, p. 157–177. <https://doi.org/10.1038/s42254-021-00283-9>
7. Camenzind, L.C., Geyer, S., Fuhrer, A. et al. A hole spin qubit in a fin field-effect transistor above 4 kelvin // Nature Electronics. 2022, №5, p. 178–183. <https://doi.org/10.1038/s41928-022-00722-0>