

На конкурс научных работ ИКИ РАН

Цикл теоретических работ, посвященный разработке и моделированию элементной базы квантовых нейронных сетей для перспективных бортовых систем искусственного интеллекта.

[1]: **M.V. Altaisky, N. N. Zolnikova**, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik and N. S. Dattani. Towards a feasible implementation of quantum neural networks using quantum dots. *Appl. Phys. Lett.* Vol. 108, 103108 (2016) [doi:10.1063/1.4943622](https://doi.org/10.1063/1.4943622)

[2]: **M.V. Altaisky, N. N. Zolnikova**, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik, N. S. Dattani. Decoherence and Entanglement Simulation in a Model of Quantum Neural Network Based on Quantum Dots. *Eur. Phys. J. Web of Conf.* Vol. 108, pp.02006, 2016. <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201610802006>

[3]: **М.В.Алтайский**, Н.Е.Капуткина, В.А.Крылов “Квантовые нейронные сети: Современное состояние и перспективы развития” *ЭЧАЯ* том **45**, вып. 5-6 (2014) [doi: 10.1134/S1063779614060033](https://doi.org/10.1134/S1063779614060033) [уже была на конкурсе 2014 г.]

Аннотация

Идея искусственных квантовых нейронных сетей, впервые сформулированная в работе (S.Как,1995), представляет собой объединение концепции искусственной нейронной сети и парадигмы квантовых вычислений. Первая масштабируемая аппаратно реализованная модель искусственной квантовой нейронной сети, годная к практическому использованию была реализована компанией D-wave Systems Inc. (2009-2011) и представляет собой квантовую сеть Хопфилда, реализованную на основе сверхпроводящих квантовых интерференционных устройств SQUID и работающую по принципу квантового отжига.

Наиболее перспективной областью применения квантовых нейронных сетей считаются бортовые системы искусственного интеллекта для автономных космических аппаратов. Именно по этой причине, основная часть заработков связанная с компьютерами, реализованными компанией D-wave Systems Inc. осуществляется в рамках программ NASA и Google. Основным недостатком указанных систем является крайне низкая рабочая температура ($\sim 10^{-2}$ К), что приводит к большому энергопотреблению системы охлаждения (7-14кВт).

В представляемом цикле работ исследуется альтернативная элементная база для квантовых нейронных сетей, отличная от SQUID. Это массивы квантовых точек, реализованных в полупроводниковой гетероструктуре. В рамках упрощенной теоретической модели показано, что рабочая температура таких систем может достигать до 10^2 К, что качественно снижает энергопотребление охлаждающей системы, не говоря уже о весе изделия. Это, конечно не решает всех сложных проблем, связанных с управлением состояниями квантовых точек, однако делает данное направление перспективным для дальнейших исследований.

Статья [1] попала в Выбор Редактора (Editor's Pick) журнала *Applied Physics Letters* и была отражена на первой странице официального сайта и в социальных сетях журнала.

Форма аннотации

1. *Авторы:* Алтайский Михаил Викторович, Зольникова Надежда Николаевна

2. *Название:* Цикл теоретических работ, посвященный разработке и моделированию элементной базы квантовых нейронных сетей для перспективных бортовых систем искусственного интеллекта.

3. *Ссылки на публикации:*

[1]: **M.V. Altaisky, N. N. Zolnikova**, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik and N. S. Dattani. Towards a feasible implementation of quantum neural networks using quantum dots. *Appl. Phys. Lett.* Vol. 108, 103108 (2016) [doi:10.1063/1.4943622](https://doi.org/10.1063/1.4943622)

[2]: **M.V. Altaisky, N. N. Zolnikova**, N. E. Kaputkina, V. A. Krylov, Yu. E. Lozovik, N. S. Dattani. Decoherence and Entanglement Simulation in a Model of Quantum Neural Network Based on Quantum Dots. *Eur. Phys. J. Web of Conf.* Vol. 108, pp.02006, 2016 <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201610802006>

4. *Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность:*

Идея искусственных квантовых нейронных сетей, впервые сформулированная в работе (S.Kak,1995), представляет собой объединение концепции искусственной нейронной сети и парадигмы квантовых вычислений. Первая масштабируемая аппаратно реализованная модель искусственной квантовой нейронной сети, годная к практическому использованию была реализована компанией D-wave Systems Inc. (2009-2011) и представляет собой квантовую сеть Хопфилда, реализованную на основе сверхпроводящих квантовых интерференционных устройств SQUID и работающую по принципу квантового отжига. **Наиболее перспективной областью применения квантовых нейронных сетей считаются бортовые системы искусственного интеллекта для автономных космических аппаратов.** Именно по этой причине, основная часть заработков связанная с компьютерами, реализованными компанией D-wave Systems Inc. осуществляется в рамках программ NASA и Google. Основным недостатком указанных систем является крайне низкая рабочая температура ($\sim 10^{-2}$ К), что приводит к большому энергопотреблению системы охлаждения (7-14кВт).

5: *Конкретная решаемая в работе задача:*

В представляемом цикле работ исследуется альтернативная элементная база для квантовых нейронных сетей, отличная от SQUID. Это массивы квантовых точек, реализованных в полупроводниковой гетероструктуре.

6. *Используемые подходы:* Методы теории открытых квантовых систем; численное решение уравнения фон Неймана для матрицы плотности системы квантовых точек линейно взаимодействующей с общим фононным термостатом методом Макарова-Макри

7. *Полученные результаты, их значимость:* В рамках упрощенной теоретической модели показано, что рабочая температура квантовой нейронной сети, реализованной в виде массива квантовых точек, с диполь-дипольным взаимодействием между ними, может достигать до 10^2 К, что качественно снижает энергопотребление охлаждающей системы, не говоря уже о весе изделия. Статья [1] попала в Выбор Редактора (Editor's Pick) журнала *Applied Physics Letters* и была отражена на первой странице официального сайта и в социальных сетях журнала.