

Material Defects in Superconducting Quantum Computers

Alexey Ustinov

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

MISIS

Material defects are the main source of decoherence in superconducting circuits employed for modern quantum computers. In structurally disordered solids, atoms or groups of atoms are able to quantum mechanically tunnel between two nearly equivalent sites. These atomic tunneling systems have been previously identified as the cause of various low-temperature anomalies of bulk glasses and as a source of decoherence of quantum circuits where they are sparsely present in the disordered oxide barriers and on the surface of superconducting thin films. A tiny mechanical deformation of the oxide barrier changes the energies of the atomic tunneling systems. These changes can be measured by tracing changes in the microwave spectra of superconducting qubits. Tuning the properties of individual defects by applying mechanical strain or external electrical fields allows to detect their mutual interactions and study their spectral properties. Progress towards reliable large-scale quantum processors requires prevention of defects by improvements in device fabrication that need to be guided by suitable analysis techniques.

Влияние микроскопических дефектов на когерентность сверхпроводящих квантовых компьютеров

Алексей Устинов

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

MISIS

Микроскопические дефекты являются основным источником декогеренции в сверхпроводящих схемах, используемых в современных квантовых компьютерах. В структурно неупорядоченных твердых телах атомы или группы атомов способны квантово-механически туннелировать между двумя почти эквивалентными положениями. Эти атомные туннельные системы ранее были идентифицированы как причина различных низкотемпературных аномалий в стеклах и как источник декогеренции квантовых цепей, где они присутствуют в неупорядоченных оксидных барьерах и на поверхности сверхпроводящих тонких пленок. Крошечная механическая деформация материала изменяет энергии двухуровневых систем. Эти изменения можно измерить, отслеживая изменения в микроволновых спектрах сверхпроводящих кубитов. Настройка свойств отдельных дефектов путем приложения механической деформации или внешних электрических полей позволяет обнаружить их взаимодействие друг с другом и изучить их спектральные свойства. Дальнейший прогресс в направлении создания надежных крупномасштабных квантовых процессоров возможен за счет уменьшения количества дефектов и усовершенствования процесса изготовления квантовых схем.