

КВАНТОВЫЕ АЛГОРИТМЫ ОТЖИГА: ПРИМЕНЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Алоджанц А.П., Царев Д.В.
(Университет ИТМО, Санкт Петербург)

Алгоритм имитации отжига находится в самом центре задач оптимизации в компьютерных науках и предназначен для нахождения глобального минимума функции, обладающей большим количеством переменных и связей между ними. Математически он связан с решением так называемых *NP*-полных задач, часто встречаемыми в различных социо-экономических проблемах, например, в задаче коммивояжера, задаче принятия решений, и т.д., а также задачах искусственного интеллекта. С точки зрения физической реализации алгоритм требует нахождения глобального минимума для потенциальной энергетической поверхности, образованной случайно ориентированной многочастичной спиновой системой. С недавних пор для ускорения решения задач оптимизации рассматривается алгоритм квантового отжига (КО), в котором для достижения глобального минимума используется эффект квантового туннелирования [1]. И, хотя уже имеются коммерчески доступные предложения (напр., от компании D-Wave Systems), по-прежнему открытым остается фундаментальный вопрос о квантовом характере такого алгоритма при конечных температурах - см. [2] и цитируемую там литературу.

В работе рассматривается возможность использования экситон-поляритонных конденсатов для создания симуляторов, предназначенных для физической реализации алгоритма КО. При этом особое внимание уделено различимости статистически классического (термального) и квантового режимов отжига.

Микрорезонаторные экситон-поляритоны – бозонные квазичастицы, представляющие собой смесь квантованных резонаторных фотонов и экситонов в квантовой яме. Согласно недавним экспериментам [3], время жизни таких квазичастиц может быть чрезвычайно большим и составлять сотни пикосе-

кунд. Одним из преимуществ экситон-поляритонов над холодными атомами и сверхпроводящими системами заключается в перспективе работы поляритонных устройств при относительно высоких (несколько Кельвин и выше) температурах.

Нами исследованы конечно-температурные эффекты в нестандартной модели Бозе-Хаббарда, характеризующейся сложным ландшафтом потенциальной энергии. Проведена предельная оценка физического времени алгоритма КО и выявлена его гибридная сущность при конечных температурах. Показано, что переход между режимами термальной активации (классический) и туннелирования (квантовый) демонстрирует универсальные особенности фазовых переходов (ФП) первого и второго родов, соответственно, в зависимости от температуры, высоты барьера, величины межчастичного взаимодействия, которые (фазовые переходы) можно описать как переход между режимами термального и КО в рамках решения задачи оптимизации.

Для узкозонных полупроводниковых микроструктур показано, что критические температуры ФП экситонных поляритонов к квантовому режиму отжига сопоставимы с температурами их конденсации, что открывает возможность применения связанных поляритонных конденсатов (поляритонных графов) для реализации алгоритма КО. В работе обсуждаются вопросы использования алгоритма КО для решения задач искусственного интеллекта.

Литература

1. DAS A., CHAKRABARTI B. *Quantum annealing and analog quantum computation*// Rev. of Mod. Phys. –2008. – V.80, P.1061.
2. LEBEDEV M.E. ET AL, *Exciton-polariton Josephson junctions at finite temperatures*// Scientific Reports –2017. – V.7, P. 9515
3. SUN Y. , ET AL. *Bose-Einstein condensation of long-lifetime polaritons in thermal equilibrium*// Phys. Rev. Lett. . –2017. – V.118, P.016602.