

ダイヤモンドでつなぐ超伝導－光ハイブリッド量子コンピュータ

Diamond-Mediated Superconducting–Photonic Hybrid Quantum Computing

小坂 英男

Hideo KOSAKA

横浜国立大学

概要

超伝導量子ビットは高速かつ高精度な量子演算に優れる一方、極低温環境で動作するため、多数のマイクロ波配線による熱流入や配線密度が、大規模化に向けた重要な課題となる。本講演では、ダイヤモンドを介して超伝導量子ビットを光で制御・読み出し、さらにマイクロ波の量子信号を光へ変換する超伝導－光ハイブリッド量子システムについて紹介する（図1）。光を利用することで、極低温部への熱負荷を抑えながら、多チャンネルの制御・読み出しや長距離伝送が可能になると期待される。その中核となるのが、ダイヤモンド中の色中心が持つ光および機械振動との相互作用である。これらをマイクロ波共振器、機械共振器、光共振器と組み合わせることで、マイクロ波－フォノン－光の間で量子状態をコヒーレントに受け渡す量子トランスデューサの実現を目指している（図2）。また、色中心を介した光制御・光読み出しにより、超伝導量子ビットの制御・計測系そのものを光化する検討も行っている。さらに、光ファイバを介して複数の超伝導量子プロセッサを接続することで、分散量子コンピューティングや量子ネットワークへの展開が期待される。本講演では、これらの基本原理、実現に向けた要素技術と現在の課題を紹介するとともに、将来的にはシリコン量子ビットなど他の固体量子ビットへ展開可能な、光を基盤としたハイブリッド量子コンピュータの将来像について述べる。本研究は、JST「ムーンショット型研究開発事業」(JPMJMS2062)、総務省「量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発」(JPMI00316)、日本学術振興会科学研究費補助金(25H00830)、JST「先端国際共同研究推進事業(ASPIRE)」(JPMJAP24C1)の支援を受けた。

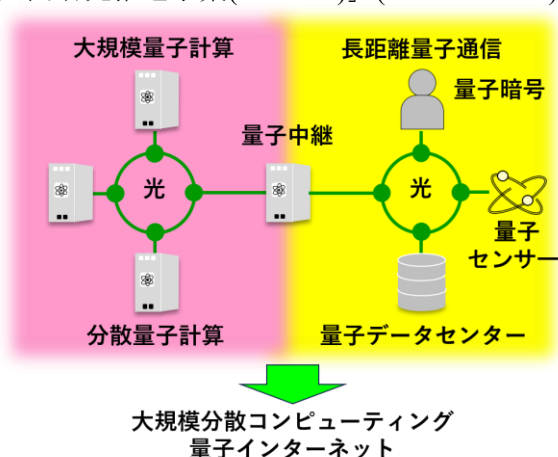


図1 ハイブリッド量子システムの概要

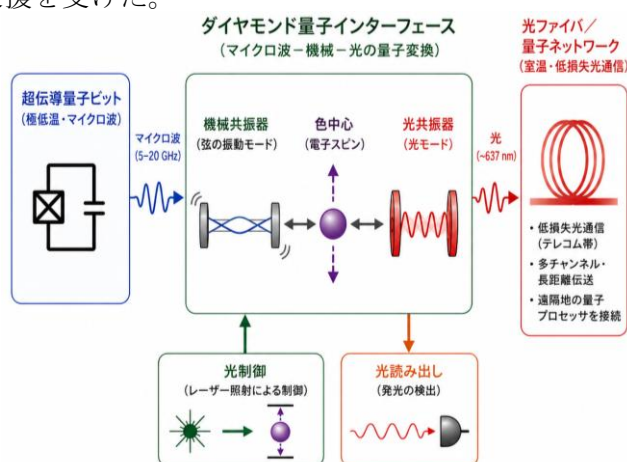


図2 ダイヤモンド量子インターフェースの構成

Abstract

We present a diamond-based superconducting–optical hybrid quantum system for optical control and readout of superconducting qubits and coherent microwave-to-optical quantum transduction. Color-center spins coupled to microwave, mechanical, and optical resonators enable microwave–phonon–optical state transfer. Optical links can reduce cryogenic heat load and wiring while providing multichannel, long-distance connections between quantum processors. The approach may support distributed quantum computing and quantum networks and could ultimately be extended to silicon and other solid-state qubits.