

スピンを用いた極低温マイクロ波量子デバイス

久保 結丸

Ching-Ping Lee、太田 守洋、寺井 弘貴

サイエンス・テクノロジーグループ

取り組んでいる課題

量子コンピュータの研究開発の著しい進展は、Google、IBM、Microsoft、Amazon、Alibaba などの大手 IT 企業からの投資を引き寄せています。超伝導体または半導体ベースのハードウェア・システムは、特に拡張性の点で優位なプラットフォームです。重要なのは、これらのシステムは希釈冷凍機と呼ばれる特別な冷凍機内のミリケルビン温度環境下においてマイクロ波周波数で動作することです。ミリケルビン温度で、ノイズを重畳することなくマイクロ波信号を増幅することは、量子コンピューティングや関連技術にとって不可欠な基幹技術のひとつです。ただし、現行の最先端デバイスである超伝導ジョセフソン・パラメトリック増幅器は、飽和入力が約 0.1 ピコワットと限られており、さらには 10 ミリテスラ程度の静磁場下でも動作を停止してしまいます。

私たちの解決策

マイクロ波共振器に配置されたダイヤモンド結晶中の常磁性不純物スピンを使用して、最初のコンセプト実証実験に成功しました（図 1 参照）。しかし、共振器のためこの増幅器の帯域幅が狭く（約 100 キロヘルツ）、メーザー増幅の利得-帯域幅積が制限されます。この帯域幅の問題を緩和するため、今回の POC プロジェクトでは、進行波形状のスピン・メーザー装置の実現を目指し（図 2 参照）、これは圧倒的な性能（ギガヘルツ程度の帯域幅で 100 以上のパワーゲイン、マイクロワット以上の飽和入力）が見込まれます。この新技術は、特に量子ビットの集積や検出回路の設計において、極低温マイクロ波量子技術におけるパラダイムシフトにつながる可能性があります。さらに、メーザー増幅器は、電子スピン共鳴などの磁気共鳴分光器の初段増幅器として実装され、検出感度が大幅に向上することが期待されます。

キーワード：量子テクノロジー、量子コンピューティング、量子センシング、量子工学、磁気共鳴

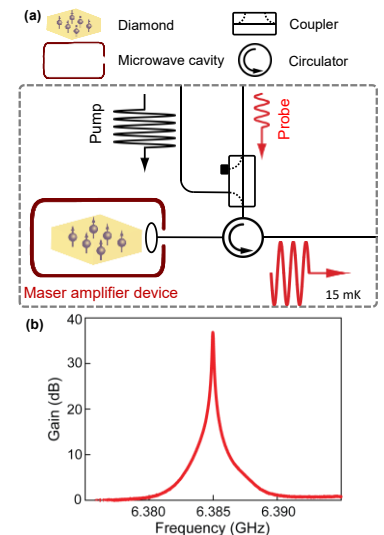


図 1. ミリケルビンでのメーザー増幅の最初のデモンストレーション。(a) セットアップ概略図、(b) 得られた利得（約 36 dB）

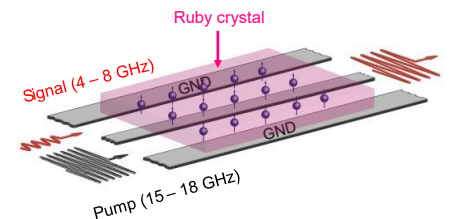


図 2. 進行波メーザー増幅の模式図。広帯域の 2 次元マイクロ波導波管がスピンと相互作用する

その他のリソース

- [特許情報](#)
- [グループウェブサイト](#)

SDGs への貢献



詳細はこちら：

tds@oist.jp