

研究開発テーマ名

# オプトメカニカル共振器

## 2022年度までの進捗状況

### 1. 概要

量子コンピュータの候補は多数ありますが、ダイヤモンドのポテンシャルは他の物理系に引けを取りません（図1）。本プロジェクトでは、超伝導量子と光量子をダイヤモンドで量子接続する超伝導光量子インターフェースを開発し（図2）、大規模な分散型超伝導量子コンピュータの実現を目指しています。本研究開発テーマでは、その構成部品となるオプトメカニカル共振器の開発を行います。これまでにフォトニック結晶光共振器およびフォノン結晶音共振器、およびダイヤモンド導波路から光回路への接続構造の設計を進めたほか、エアブリッジ型ダイヤモンドフォトニック結晶ナノビーム共振器構造を実現しました。

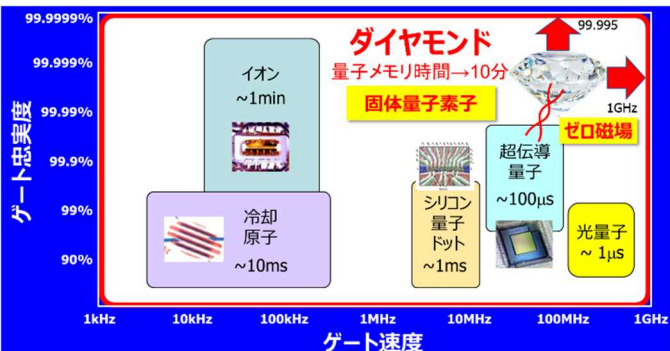


図1. 量子コンピュータを構成する物理系の候補と性能比較

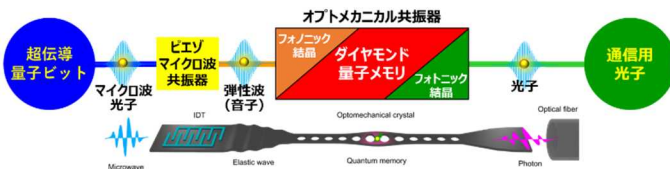


図2. 量子IFにおけるオプトメカニカル共振器の役割

### 2. 2022年度までの成果

#### 研究開発課題1：フォトニック結晶光共振器の研究開発

・ダイヤモンドと窒化アルミニウム（AlN）の積層構造からなるフォトニック結晶共振器において、ダイヤモンド色中心からの発光増強度の目安となるパーセル係数が、当初設定した目標値（100以上）を大きく超える構造を見いだしました。

・ダイヤモンドオプトメカニカル共振器の作製技術開発を実施し、エアブリッジ型ダイヤモンドフォトニック結晶ナノビーム共振器構造の実現に成功しました（図3）。また、AlN膜のドライエッチング加工を実施するなど、集積化に向けた基礎的検討も行いました。

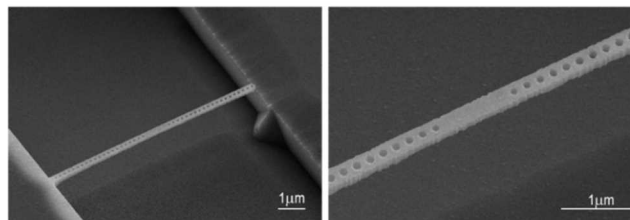


図3. ダイヤモンドエアブリッジ型フォトニック結晶ナノビーム共振器構造のSEM写真

#### 研究開発課題2：フォトニック結晶光共振器実装技術開発

・光ファイバからオプトメカニカル共振器までの結合構造（図4）において、損失10dB以下の設計を行うことを目標としました。具体的に、ファイバ結合器と光配線のために窒化ケイ素（SiN）導波路を想定し、圧電材料であるAlNとダイヤモンドの積層導波路にはテーパ結合を採用しました。さらに、同導波路からオプトメカニカル共振器への結合では共振器端部をアポダイゼーションすることで臨界結合を目指しました。その結果、ファイバから共振器までの総損失として1.49dBを見積もりました。結合ありのときの光のQ値は約8万ですが、これを適度に抑制することで

さらに低損失が見込めます。

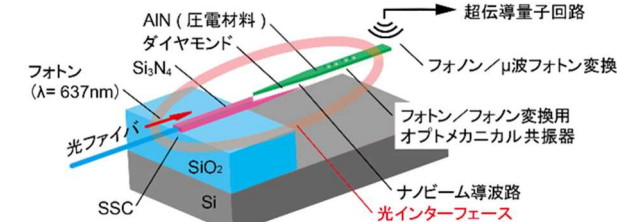


図4. 光インターフェースの構成

#### 研究開発課題3：フォニック結晶音共振器の研究開発

・フォノンおよび光子を同時に狭い領域に強く閉じ込め、量子メモリと飛躍的に強く結合するダイヤモンドオプトメカニカル共振器の設計を行いました。目標値を大きく上回る共振器性能を示し、量子メモリを介したマイクロ波-通信波長帯光子の変換効率を評価しました（図5）。

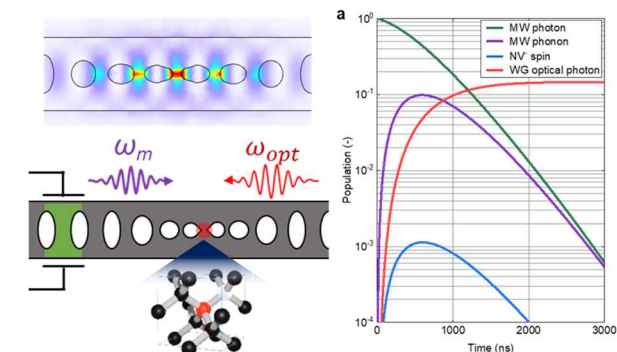


図5. ダイヤモンドオプトメカニカル共振器系におけるマイクロ波-通信波長帯光子変換シミュレーション

### 3. 今後の展開

ダイヤモンドオプトメカニカル共振器の実現と性能向上とともに、量子メモリやピエゾマイクロ波共振器との融合を図り、超伝導光量子インターフェース実証を目指します。