

2024 年度
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	岡崎雄馬
研究機関名	産業技術総合研究所
所属部署名	計量標準総合センター 物理計測標準研究部門 量子電気標準研究グループ
役職名	主任研究員
研究課題名	音波の量子計測が拓く核音響共鳴の新展開
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、従来バルクの系を対象として研究されてきた核音響共鳴計測を機械振動子系で実装されている音波の量子計測技術と組み合わせることで、バルク系では難しかった核スピンの計測感度を実現することを目標としている。そのために機械振動子を用いた核音響共鳴の原理実証を目指した素子開発、ならびに将来的に音波の量子計測と組み合わせることを念頭にした機械振動子の量子計測技術の検討と要素技術開発を並行して進めている。前者の原理実証については、圧電材料である LiNbO₃ 薄膜を Si 基板に張り合わせた基板を製作し、そこに微細加工を行うことで核スピンと共鳴する 100 MHz 帯の素子開発に取り組んだ。有限要素法に基づく素子の形状設計を実施、LiNbO₃ の最適な結晶方位を決定し、それに基づき張り合わせ基板を作製した。製作した基板はドライエッチ、およびレーザー加工による外形加工を行い素子の製作を行っている。そのほか、核音響共鳴の実験に必要な周辺装置類の準備と冷凍機セットアップの構築に取り組み低温実験の準備を整えた。現在は作製した素子の評価を進める段階にあり、次年度は低温測定を行うことを目指している。これらの途中成果について IEEE Sensors などでの国際会議発表を行った。

最初の実験では圧電効果を利用した機械振動子の計測を通じて核音響共鳴の原理実証を進めることを計画しているが、これはあくまでも原理実証を念頭にした古典的な実験であり、量子計測には程遠い。将来的に音波の量子計測と組み合わせ発展させることを念頭に、準備を進めている。従来はマイクロ波を用いた機械振動子の量子計測が実証されているが、これには非常に高額な希釈冷凍機が必要であり予算的にも敷居が高い。本研究では、よりエネルギーの高いミリ波やダイヤモンド欠陥準位を利用する新たな量子計測を着想し、それらを実験できるセットアップの開発について物理学会での発表を行った。