

音波を用いた新しい核スピン・NMR 計測法の提案と実証

電磁場ではなく音波で核スピンを測定する新しい計測原理

- 原子核の自転(核スピン)を音波によって計測する新原理を提案
- 音波を効率よく発生・検出できるMEMSを利用して計測
- NMR測定の難しい強磁性・超伝導体などの物性探索への応用が期待

研究のねらい

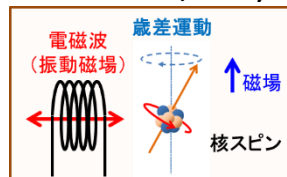
原子核の自転(核スピン)は磁場中で歳差運動をします。この歳差周波数は元素固有の値を持ち、化学結合などによって周波数シフトするため、歳差周波数の測定により元素や化学結合を特定できます。これらの情報は物性物理・化学、生体、医療(MRI)などで重要です。核スピンを測定する際、通常は歳差運動に共鳴する電磁波を照射し、共鳴吸収を測定する核磁気共鳴法(NMR)を用います。一方、電磁波の代わりに音波を照射して核スピンを計測する核音響共鳴法(NAR)という手法が60年以上研究されています(図参照)。しかし核音響共鳴の感度が低く、音波の計測も難しいため実用的な計測手法としては発展していません。本研究では、音波を高効率に発生・検出可能なMEMSを利用して核音響共鳴を計測する新しい計測手法を開発し、物性探索などへの応用可能性を研究しています。

研究内容

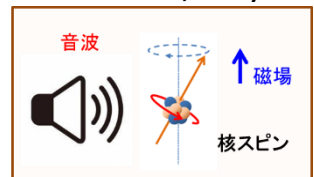
音波による核音響共鳴測定を困難にする要因は、音波と核スピンとの相互作用が弱いこと、音波の制御・計測が難しいことがあげられます。近年我々は音波の高い制御・検出効率を有するMEMS(図中央参照)を使用して核音響共鳴の測定精度を向上させる新手法を提案しています。このデバイスでは、振動(音波)を高感度に計測できることに加え、高いQ値を利用して核と音波の相互作用を強めることが可能になります。このような特性を利用して核音響共鳴測定を克服できると考えています。

これまでに、MEMS中の音波と核スピンの相互作用する状態の観測に世界で初めて成功しました。今後はこの原理を発展させ、音波を用いて核スピンを高感度に計測する実験技術へとつなげます。本発表では基本原理の説明、実験結果、数値計算によるデバイス設計などについて報告します。

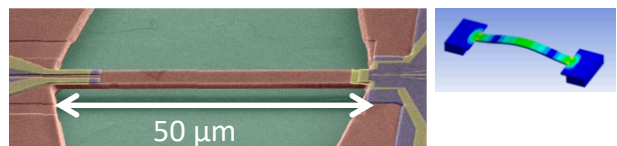
核磁気共鳴
(Nuclear Magnetic Resonance; NMR)



核音響共鳴
(Nuclear Acoustic Resonance; NAR)



MEMSによる共振器核音響共鳴
MEMS = 音波の共振器



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Li | Be | | | | | | | | | | B | C | N | O | Ne | | |
| | Na | Mg | | | | | | | | | | Al | | | S | Cl | | |
| | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Br | Kr | |
| | Rb | Sr | | Zr | Nb | Mo | | | Ru | Pd | | | In | | Sb | | I | Xe |
| | Cs | Ba | La | Hf | Ta | | | | Re | Os | Ir | | Au | Hg | | Pb | Bi | |

Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Yb Lu

音波によって検出可能な元素(四重極核)

連携可能な技術・知財

- 音波を利用する核スピン・NMR測定装置の開発
- NMR測定が難しい材料(強磁性体・超伝導体)の物性探索(図周期表参照)