

# 歪を介したメカニカル素子と核スピンの動的結合と計測応用

## Strain-mediated dynamical coupling between an electromechanical resonator and a nuclear spin ensemble for measurement applications

産業技術総合研究所 ○岡崎 雄馬

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Yuma Okazaki

E-mail: yuma.okazaki@aist.go.jp

固体ナノ構造を用いた量子制御・計測を考えるうえで母体材料や不純物が持つ核スピンは重要な自由度である[1]。天然に存在する多くの原子核は、4重極モーメントを持ち、4重極相互作用を介して結晶の歪と相互作用する。したがって歪の印加により核スピン状態を制御できるが、大きな歪を制御性よく印可することは実験技術的にも難しく、これまで静的な歪みと核スピンの相互作用を中心に研究されてきた[2]。近年、中空に支持したミクロンスケールの構造の機械的な振動を利用する機械振動子の研究において、標準量子限界に達し得る高感度振動計測技術[3-5]やQ値が $10^9$ に達する振動子構造が提案[6,7]されるなど、飛躍的に技術が向上しており注目が集まっている。このような高Q値機械振動子を用いることで、従来困難だった歪の動的制御とそれによる核スピン状態制御が可能になると期待されるが、実験・理論的な研究は発展途上である。

本研究では、機械振動子と核スピンの歪を介した4重極相互作用を理解するための原理実証として、機械振動子(共振周波数 1.7 MHz)の振動に伴う歪が母体材料中の核スピン集団の状態にどのような影響を与えるかを研究した[8]。歪が最大になる振動子支持部分に含まれる核スピンの核磁気共鳴(NMR)スペクトルを観測したところ、振動振幅の増大に伴い NMR 周波数シフトやサイドバンド遷移が観測された。観測された現象は有限要素法解析に基づく歪の解析と四重極相互作用ハミルトニアンの数値計算によって定量的に再現できることから、歪を媒介にした振動子と核スピンの相互作用に起因すると結論付けられる。プロトタイプデバイスでの原理実証であるが、今後、機械振動子を利用した核磁気共鳴の検出など核スピンの新しい計測技術へもつながると期待される。講演では、量子技術や機械振動子の融合による核スピンの新奇制御計測技術の可能性や他の系への波及効果にも言及したい。

- [1] E. A. Chekhovich *et al.* Nat. Mater. 12, 494 (2013)
- [2] M. Ono *et al.* Phys. Rev. B 89, 115308 (2014)
- [3] J. D. Teufel *et al.* Nat. Nanotechnol. 4, 820 (2009)
- [4] Y. Okazaki *et al.* Appl. Phys. Lett. 103, 192105 (2013)
- [5] Y. Okazaki *et al.* Nat. Commun. 7, 11132 (2016)
- [6] Y. Tsaturyan *et al.* Nat. Nanotechnol. 12, 776 (2017)
- [7] A. H. Ghadimi *et al.* Science 360, 764 (2018)
- [8] Y. Okazaki *et al.* Nat. Commun. 9, 2993 (2018).