

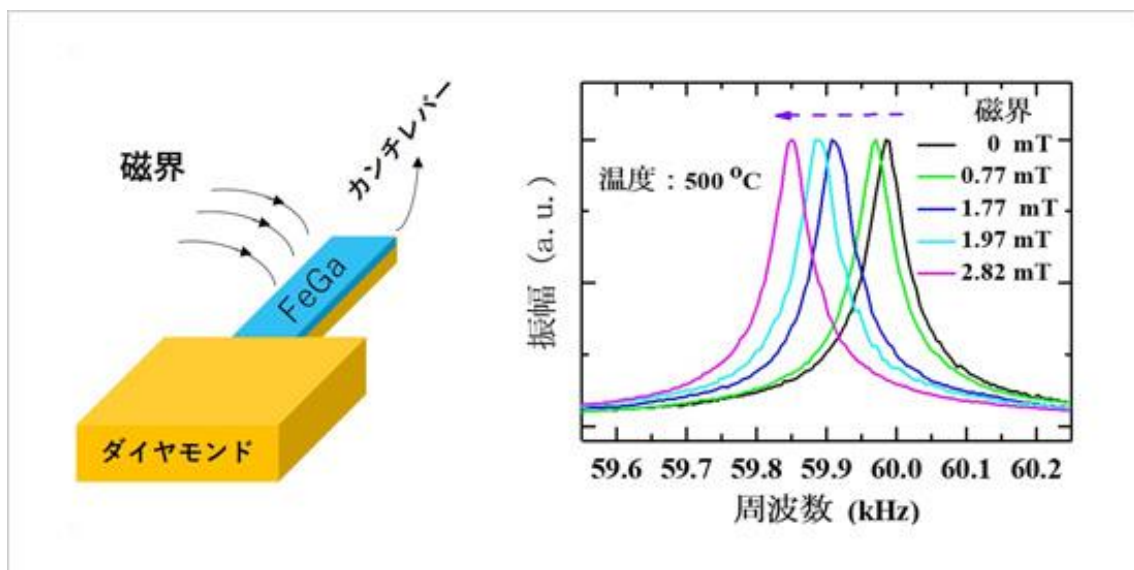
## 高温ダイヤモンド MEMS 磁気センサを開発成功、500°Cでも高感度を維持し安定動作

国立研究開発法人 物質・材料研究機構(NIMS) 機能性材料研究拠点の廖梅勇主幹研究員、同研修生 Zilong Zhang、Huanying Sun、国際ナノアーキテクトニクス研究拠点(WPI-MANA)の桑立雯独立研究者、小泉聡グループリーダー、東北大学 戸田雅也准教授らの研究チームは、ダイヤモンドを使って、500°C の高温でも低消費電力で安定に動作する、高感度な磁気センサの開発に成功しました。ダイヤモンドが高温でも安定して駆動する仕組みを理論的に明らかにすることで、既存の高温磁気センサの欠点を克服しました。

航空機や自動車エンジンの回転数やスピードセンサ、石油探索における地磁気の変化や磁性鉱物の探索のほか、超スマート社会(Society 5.0)の実現のために高温環境下で安定に動作する磁気センサが求められています。一方、既存の高温磁気センサはサイズや電力消費が大きい、もしくは感度が低く高温で動作が不安定になるなどの欠点があります。

そこで、 $\mu\text{m}$  サイズの小型で、高感度、低消費電力、マルチセンシング機能を有する MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) ※1技術を用いた磁気センサの開発が進められています。本研究グループはこれまで、物質中で最高の硬度とヤング率を持つダイヤモンドを利用して、超高感度な MEMS センサの開発に成功しています。さらにダイヤモンドは、5.5 eV という広いバンドギャップによって、高温でも電子が励起されにくく高い感度で安定した動作が期待できることから、その理論的な裏付けと実証を行いました。

その結果、ダイヤモンドの欠陥エネルギー準位※2 が深い場合には、700°Cの高温に至るまで、センサとして安定的に動作することを実験と理論で示しました。さらに高温においても外部からの磁界の影響で弾性変形できる磁歪材料※3 と組み合わせることで、500°C の高温でも安定して動作する MEMS 磁気センサの開発に成功しました。さらに感度も、500°C の高温でも  $10\text{nT}/\sqrt{\text{Hz}}$  という高い磁気感度を達成しました。



### ダイヤモンド MEMS 磁気センサにおけるカンチレバーの構造と高温磁気センシング

本成果は、内燃機関、石油、鉱物探索、原子炉の材質劣化診断、宇宙利用など過酷な環境下における磁気センシングに応用されることが期待できます。

#### ※ 1 MEMS

マイクロマシン(MEMS と呼ぶ[microelectromechanical system: MEMS])は、機械要素部品、センサーアクチュエータ、電子回路を一つの半導体基板、ガラス基板、有機材料などの上に集積化したデバイスを指す。主要部分は立体形状や可動構造を形成するための犠牲層エッチングプロセスを含む。マイクロマシンよりも小さな機械的構造を作製できるようになり、ナノマシン(NEMS と呼ぶ[nanoelectromechanical system: NEMS])の実現が可能となった。

#### ※ 2 エネルギー準位

量子力学によれば、複数の粒子が引力によって結合している系(分子, 原子, 原子核など)のエネルギーは、一連のとびとびの値をとる。これを水準の高低になぞらえてエネルギー準位という。

#### ※ 3 磁歪材料

磁歪効果あるいは磁気ひずみは、強磁性体の特性であり、強磁性体に磁場を印加し磁化させると形状にひずみ(歪、形状変化)が現れる現象である。磁歪材料が外部からの磁界の影響で弾性変形できる磁気材料である。

論文情報

**タイトル:**Effect of deep-defects excitation on mechanical energy dissipation of single-crystal diamond

**雑誌:**Physical Review Letters

**URL:**<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.125.206802>

**タイトル:**Enhancing Delta E Effect at High Temperatures of Galfenol/Ti/Single-Crystal Diamond Resonators for Magnetic Sensing

**雑誌:**ACS Applied Materials & Interfaces 12, 23155 (2020).

**URL:**<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.0c06593>

日本語発表資料

<https://www.nims.go.jp/news/press/2020/11/202011130.html>

編訳 JST 客観日本編集部