

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

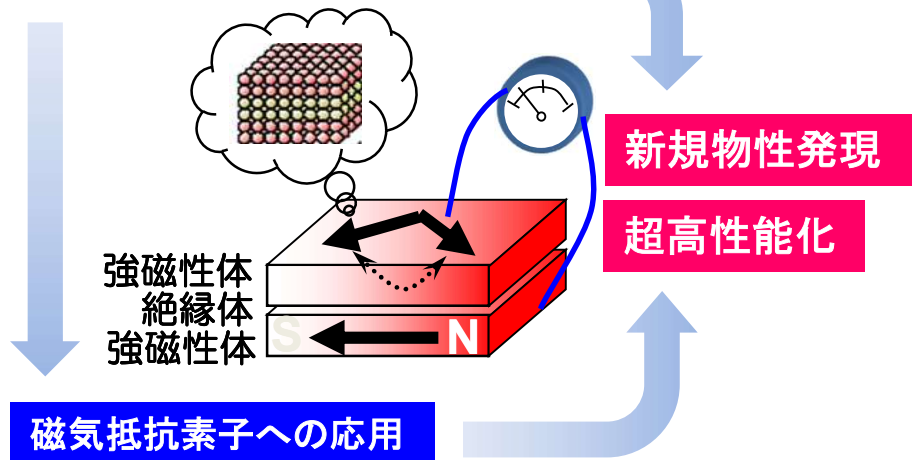
概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

コアメンバー: 大兼グループ(東北大)・佐久間グループ(東北大)・水上グループ(東北大)・角田グループ(東北大)・手束グループ(東北大)・Palmstromグループ(UCSB)

期待される研究成果: 超高感度磁気センサ等に応用可能な画期的材料・素子の設計指針を提案する。今年度は、ハーフメタルホイスラー合金、アモルファス磁性体、センダストなどの磁気センサ応用のための新規磁性体材料に加えて、Mn系垂直材料およびスピネル絶縁層の開発を行う。これらの材料開発により、画期的なスピントロニクスデバイスが実現可能になると期待される。

トンネル磁気抵抗材料および素子開発

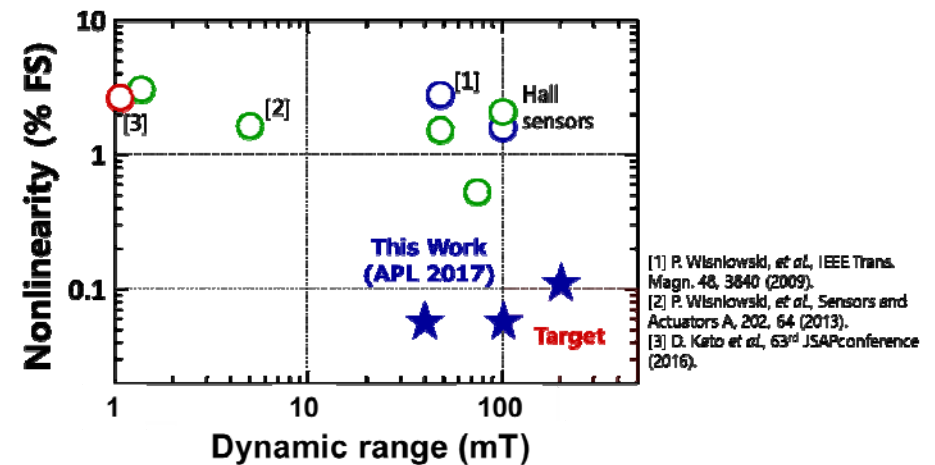
画期的材料の開発



研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): 広いダイナミックレンジを有する高感度磁場センサ用の垂直磁化材料の開発を行った。その結果、250 mT程度の大きなダイナミックレンジを示す磁場センサ型トンネル磁気抵抗素子の作製に成功した。このトンネル磁気抵抗素子は外部磁場に対して、非常に良好な線形出力を示し、車載用途などの高い信頼性が求められる磁場センサに応用可能である[1,2]。



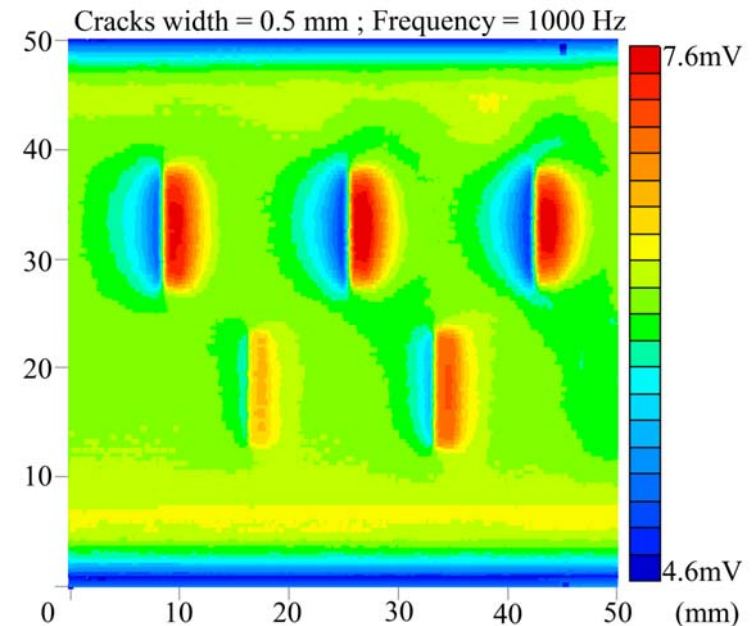
広いダイナミックレンジと高線形出力のTMR磁場センサを実現
(World Record)

主要発表論文等: [1] T. Nakano and M. Oogane *et al.*, Appl. Phys. Lett., 110, 012401 (2017).
[2] T. Nakano and M. Oogane *et al.*, The 64th JSAP Spring Meeting (2017).

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): 金属表面の微小傷を検出するための高感度磁場センサ用のトンネル磁気抵抗素子の開発を行った。その結果、高感度かつリニアリティの高いトンネル磁気抵抗素子の作製に成功した[1]。また、このトンネル磁気抵抗素子をアレイ状に集積した磁気センサを用いて、100マイクロメートル幅程度の微小な傷を、高いSN比で検出できた[2]。今後、様々な非破壊検査用のセンサ応用が期待される。

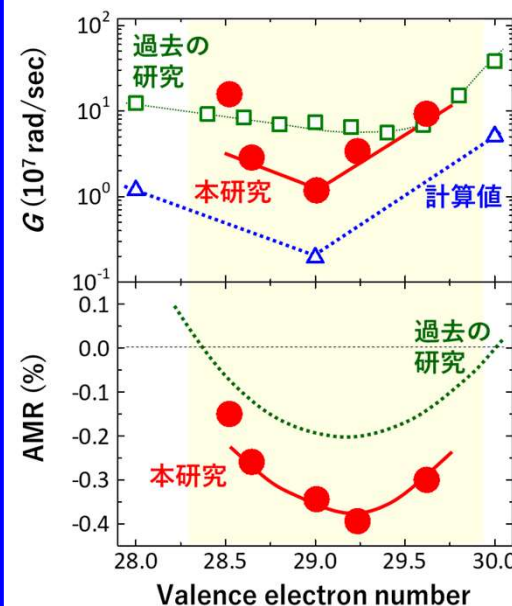


主要発表論文等: [1] Z. Jin *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 56, 073001(2017).
[2] Z. Jin *et al.*, Journal of Applied Physics 122, 174502 (2017).

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): ハーフメタルホイスラー合金をMBE法にて作製することで、非常にハーフメタル性の高い薄膜試料に作製した[1, 2]。作製した薄膜を用いたトンネル磁気抵抗素子では、非常に高い磁気抵抗効果が得られることが期待される。加えて、磁気センサ応用に関する研究を精力的に実施し、微小電流検出や高精度な非破壊検査に応用可能な磁気抵抗素子を開発した。



MBE法で作製した Co_2MnSi 薄膜は従来のスパッタ薄膜に比べて、磁気緩和定数Gが小さくなり、負のAMR効果が大きくなった



ハーフメタル性の大幅な改善を示唆

主要発表論文等: [1] Mikihiro Oogane et al., Appl. Phys. Lett., 112, 264207 (2018)
[2] Mikihiro Oogane et al., Japanese Journal of Applied Physics 57, 063001 (2018)

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): 垂直磁化CoFeBの高次の磁気異方性が磁気抵抗曲線の非線形性に影響を及ぼすことを明らかにした。また、CoFeBの高次の磁気異方性の起源の一つは、キャップ層材料との界面電子状態であることも分かった。これらの知見は、トンネル磁気抵抗素子を磁気センサに応用する上で非常に重要である[1, 2]。また、センダスト等の新規磁気抵抗材料の開発に着手した[3]。

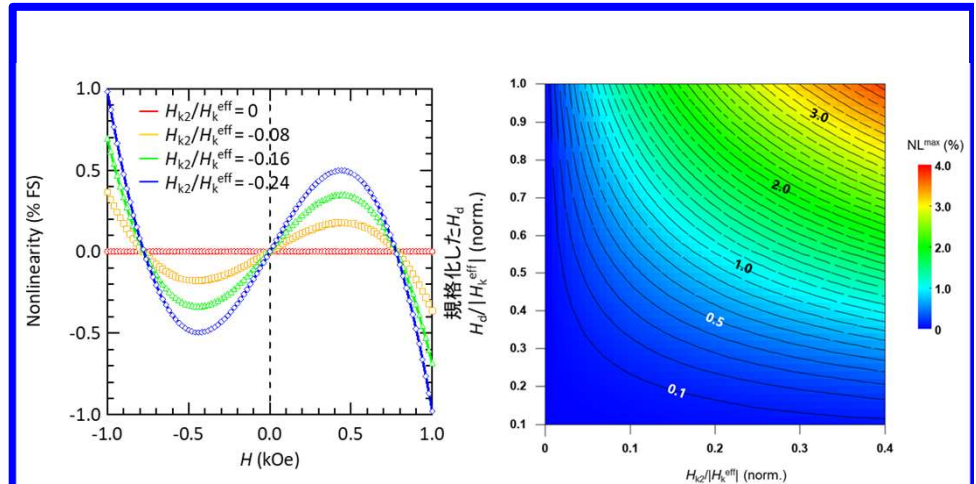


図. 高次の異方性磁場 H_{k2} と非線形性(NL)の関係。
 H_{k2} の増大がNLを大きくすることが分かった。

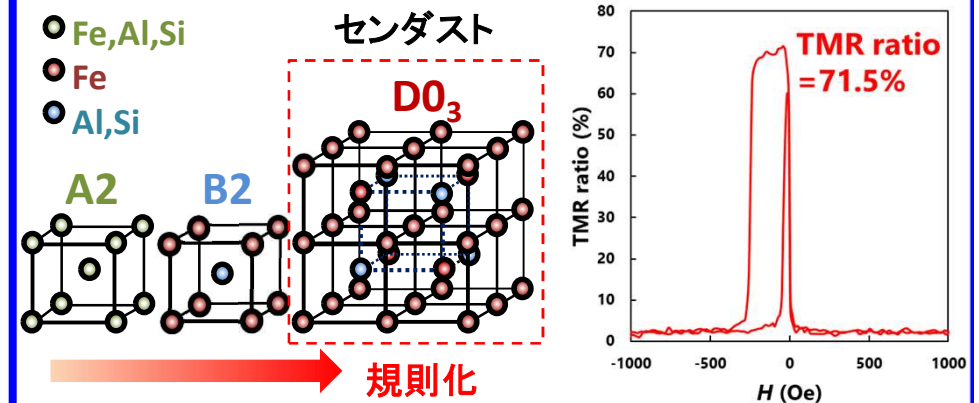
主要発表論文等: [1] T. Ogasawara, M. Oogane, M. Al-Mahdawi, M. Tsunoda, and Y. Ando, Scientific Reports, 9, 17018 (2019), [2] T. Ogasawara, M. Oogane, M. Al-Mahdawi, M. Tsunoda, and Yasuo Ando, AIP Advances 9, 125053 (2019), [3] S. Akamatsu, M. Oogane, M. Tsunoda, and Y. Ando, AIP Advances, 10, 015302 (2020)

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): 良好な軟磁気特性を示すセンダスト合金薄膜を作製し、それを用いたトンネル磁気抵抗素子において初めてTMR効果の観測に成功した[1]。さらなるTMR比の向上により、超高感度磁気センサへの応用が期待される。また、開発したTMR磁気センサの応用展開も進めている。今年度は、機能性磁性ナノ微粒子の検出[2]、厚いコンクリート内部に存在する鉄鋼材料微小傷の非破壊検出[3]などに成功した。

センダスト合金の結晶構造と観測されたTMR効果



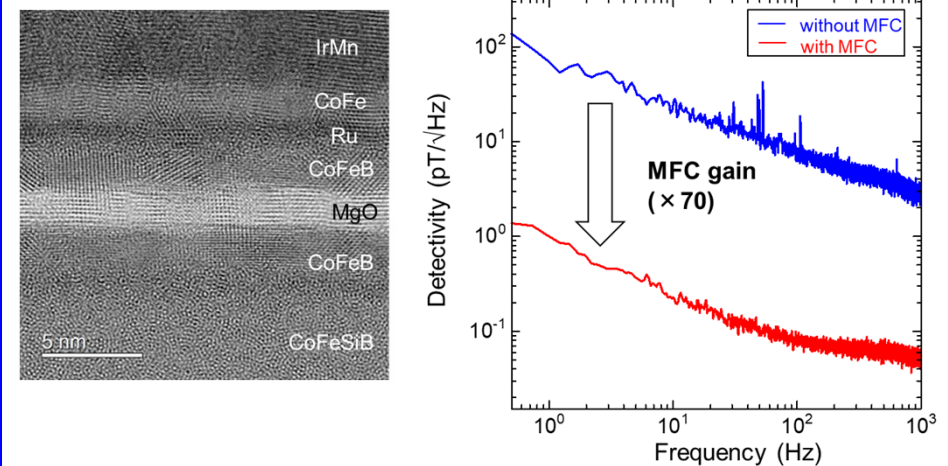
主要発表論文等: [1] S. Akamatsu *et al.*, AIP Advances, 11, 045027 (2021).

[2] Z Jin *et al.*, AIP Advances, 11, 015046 (2021). [3] Z Jin *et al.*, Sensors, 21, 668 (2021).

研究プロジェクト名: トンネル磁気抵抗材料および素子開発

概要: 高感度磁場センサや磁気ランダムアクセスメモリ等に用いられる、トンネル磁気抵抗素子の高性能化・高機能化が求められている。本研究では、トンネル磁気抵抗素子に用いられる強磁性・反強磁性金属、および、トンネル障壁層材料を開発し、新規物性の発現や画期的スピントロニクスデバイスを実現することが目的である。

研究成果(実施状況): 今年度は優れた軟磁気特性を示すアモルファスCoFeSiBをトンネル磁気抵抗素子に組み込むことで、磁気センサ性能の飛躍的な改善に成功した。1ピコテスラ以下の微弱磁場を検出可能な素子を実現し[1]、それを用いた心磁場および脳磁場の測定にも成功した[2]。さらに次世代の磁気センサ用材料として有望なセンダスト合金を用いた素子開発を実施した[3]。



開発したアモルファスCoFeSiBを用いたTMRセンサ素子の断面TEMと検出可能磁場の周波数スペクトル

主要発表論文等: [1] M. Oogane *et al.*, Appl. Phys. Express, 14, 123002 (2021). [2] A. Kannno *et al.*, Scientific Reports, 12, 6106 (2022) [3] S. Akamatsu *et al.*, AIP Advance, 11, 45027 (2021)