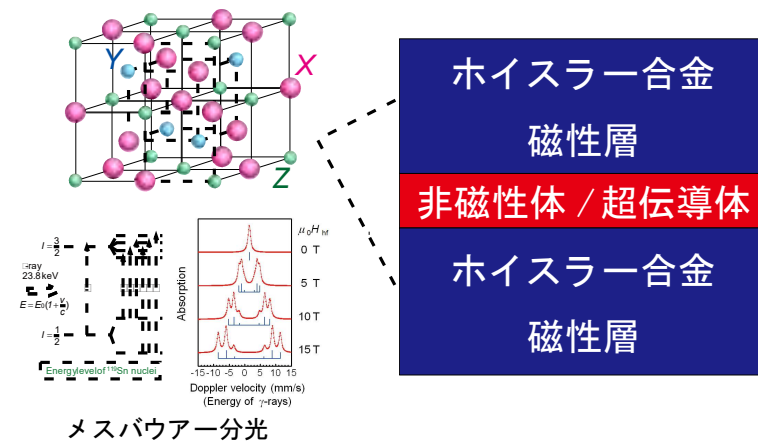


研究プロジェクト名: ハーフメタルホイスラー合金を用いたヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象

概要: 本プロジェクトでは、ハーフメタルホイスラー合金を用いた磁気抵抗素子並びにホイスラー合金超伝導体ヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象の解明に取り組む。磁気抵抗素子高出力化のための新規材料探索に加えて、電気伝導特性とメスバウアー分光等による界面の微細構造の評価とを組み合わせることで、ホイスラー合金規則構造を微視的に考察し、スピン伝導との関係性を明らかにすることを目的とする。

コアメンバー: 高梨グループ(東北大)、壬生・田中グループ(名古屋工業大)、廣井・重田グループ(鹿児島大)

期待される研究成果:
新規ハーフメタル材料による磁気抵抗素子の高出力化、超伝導体との接合における新奇的なスピン依存伝導現象の観測また、それらのスピン依存伝導現象と界面の規則構造との関係性が微視的な観点で考察し、新たな知見を示すことが期待される。



メスバウアー分光
新規材料探索 & 界面物性の議論
→素子の高出力化・新奇伝導現象

研究プロジェクト名: ハーフメタルホイスラー合金を用いたヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象

概要: 本プロジェクトでは、ハーフメタルホイスラー合金を用いた磁気抵抗素子並びにホイスラー合金超伝導体ヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象の解明に取り組む。磁気抵抗素子高出力化のための新規材料探索に加えて、電気伝導特性とメスバウアー分光等による界面の微細構造の評価とを組み合わせることで、ホイスラー合金規則構造を微視的に考察し、スピン伝導との関係性を明らかにすることを目的とする。

研究成果(実施状況): 新規ハーフメタル材料候補として、Mn基逆ホイスラー合金に着目し、その結晶構造と磁気特性を系統的に明らかにした。その結果、逆ホイスラー合金 Mn_2CoGa の薄膜では、バルクにおいては立方晶である結晶格子にわずかに正方晶ひずみが入ることにより、一軸の磁気異方性が誘起されることが分かった(図)。また、Co基ホイスラー合金を用いた半導体へのスピン注入現象、超伝導体積層膜における磁気抵抗効果の評価等を実施した。

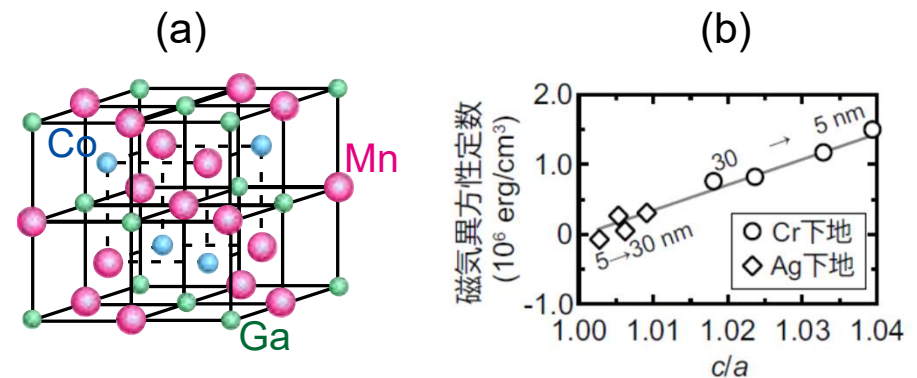


図 (a) 逆ホイスラー合金 Mn_2CoGa の結晶構造
(b) Mn_2CoGa 薄膜の一軸磁気異方性定数の c/a 比依存性

主要発表論文等: [1] T. Kubota *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **492**, 165667 (2019).
[2] T. Kubota *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 103002 (2019).

研究プロジェクト名: ハーフメタルホイスラー合金を用いたヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象

概要: 本プロジェクトでは、ハーフメタルホイスラー合金を用いた磁気抵抗素子並びにホイスラー合金超伝導体ヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象の解明に取り組む。磁気抵抗素子高出力化のための新規材料探索に加えて、電気伝導特性とメスバウアー分光等による界面の微細構造の評価とを組み合わせることで、ホイスラー合金規則構造を微視的に考察し、スピン伝導との関係性を明らかにすることを目的とする。

研究成果(実施状況): 逆ホイスラー合金 Mn_2CoGa におけるスピン軌道相互作用に依存した伝導現象の解明のために、絶縁体基板上に歪の異なる薄膜試料の作製を試みた。 MgO 並びに SrTiO_3 基板上で膜厚変えた試料を作製した結果、単位格子の面直面内格子定数比(c/a 比)が系統的に変化し、それに伴い一軸異方性定数(K_u)が正の相関関係を示すことを見出した(図)[1, 2]。また、Co基ホイスラー合金の半導体基板上へのスピン注入効率向上の指針を得るために、メスバウアー分光評価で界面規則度を評価した試料を用い、シリコンへのスピン注入実験を実施した。更に、NbN超伝導体とCo基ホイスラー合金との積層膜を作製し、伝導評価へ向けた結晶構造と磁気特性の評価を行った。

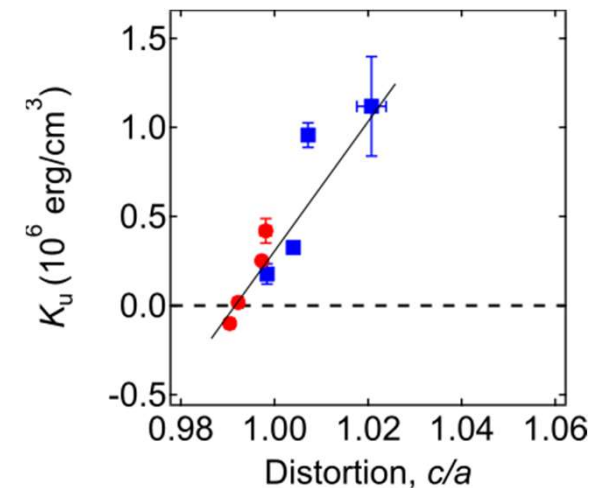


図 $\text{Mn}_{1.9}\text{CoGa}_{1.1}$ 薄膜における K_u の c/a 依存性

主要発表論文等: [1] M. Matsuki *et al.*, 第68回応用物理学会春季学術講演会 16p-Z19-8 (2020).
[2] T. Kubota *et al.*, INTERMAG 2020 Digest HC-08 (2020).

研究プロジェクト名: ハーフメタルホイスラー合金を用いたヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象

概要: 本プロジェクトでは、ハーフメタルホイスラー合金を用いた磁気抵抗素子並びにホイスラー合金超伝導体ヘテロ接合におけるスピン依存伝導現象の解明に取り組む。磁気抵抗素子高出力化のための新規材料探索に加えて、電気伝導特性とメスバウアー分光等による界面の微細構造の評価とを組み合わせることで、ホイスラー合金規則構造を微視的に考察し、スピン伝導との関係性を明らかにすることを目的とする。

研究成果(実施状況): 2020年度に引続き、逆ホイスラー合金 Mn_2CoGa におけるスピン軌道相互作用に依存した伝導現象の解明のために、絶縁体基板上に格子歪み (c/a) の異なる薄膜試料の作製を行った。成膜温度等を含む作製条件を子細に変化させた結果、図に示すように一軸結晶磁気異方性定数 (K_u) と c/a との正の相関関係が確認された[2]。また、 Mn_2CoGa 単層薄膜試料における異常ホール電圧の二次高調波測定により、電流誘起の有効磁場の測定に成功した。

一方、超伝導体 NbN とハーフメタルホイスラー合金の積層膜に関して、サブミクロンサイズの面直通電素子を作製し、極低温における微分伝導特性評価を実施した結果、NbN の準粒子ギャップに起因する形状がバイアス電圧依存性において確認できた。

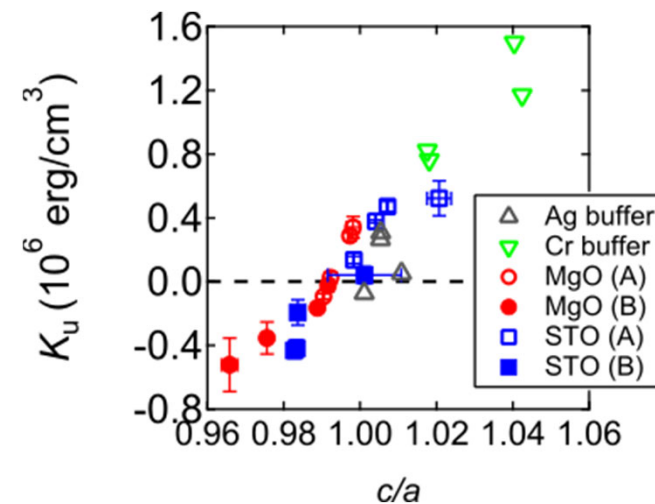


図 種々の条件で作成した Mn_2CoGa 薄膜における一軸結晶磁気異方性定数 (K_u) の格子歪 (c/a) 依存性

主要発表論文等: [1] T. Kubota *et al.*, Appl. Phys. Lett. 118, 262404 (2021) *Editor's Pick.
[2] T. Kubota *et al.*, Phys. Rev. Mater. 6, 044405 (2022). [3] T. Kubota *et al.*, Nanomaterials 11, 1723 (2021).