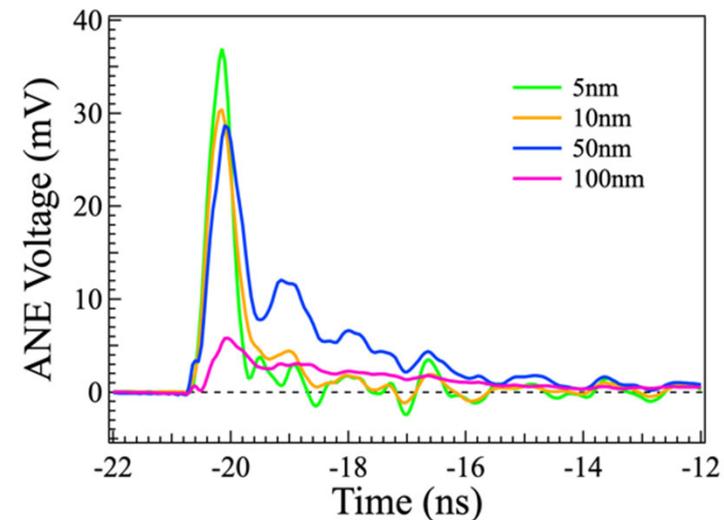


研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドイナミクス

概要: 強磁性金属や強磁性絶縁体に温度勾配を付与することにより、スピンの流れ (熱スピン流) が生じることが明らかになり、熱励起によるスピン誘起が、純スピン流生成の有力な手法の一つとして注目されている。本研究では、熱励起により生成したスピン流を、熱変調法などによりナノサイズ加工した素子に注入し、磁化ダイナミクスの時間分解測定を行うことにより、ネルンスト効果などの熱磁気効果におけるナノスケールのスピンドイナミクスを明らかにする。

コアメンバー: 水口 将輝 (名古屋大)、水上 成美 (東北大WPI)、大江 純一郎 (東邦大)、Gerrit Bauer (東北大WPI)、Atsufumi Hirohata (The University of York)

期待される研究成果: これまでに、規則合金薄膜について、レーザー熱誘起の時間分解ネルンスト効果の測定を行い、図に示すようになネルンスト電圧の膜厚依存性を確認することに成功した。そこで、本研究では、レーザーパワー依存性や材料依存性などを調べることにより、磁気異方性とスピンドイナミクスの関係などが明らかになることが期待される。



レーザー熱誘起ネルンスト電圧の膜厚依存性。

研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドYNAMICS

概要: ネルンスト効果と呼ばれる熱磁気効果を電界で制御することに成功した。マンガン酸化物の薄膜にゲート電圧を印加し、その電圧を変化させることにより、ネルンスト効果の大きさを制御できることを示した。この結果は、ナノスケールの磁性体についてスピンドYNAMICSを明らかにする目的に資するものである。

研究成果(実施状況): マンガン酸化物 ($\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$) 結晶薄膜を用いて、図のような素子構造を作製し、ゲート電圧による熱磁気効果の電界制御を試みた。測定は130 Kで行った。 $-2\sim+2\text{ V}$ の電圧をゲートに印加してネルンスト効果の測定を行ったところ、ゲート電圧の大きさに応じて異常ネルンスト項の大きさが大きく変化することが分かった。

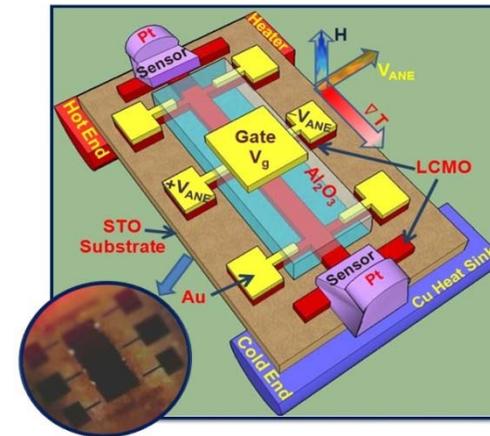


図: $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 薄膜を用いた熱磁気効果の電界制御素子の模式図。

主要発表論文等: 無し

研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドYNAMICS

概要: ネルンスト効果と呼ばれる熱磁気効果が大きな磁気異方性を示す材料を発見した。 $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ のエピタキシャル薄膜の異常ネルンスト電圧の大きさが、熱勾配の印加方位に強く依存性を示した。この結果は、ナノスケールの磁性体についてスピンドYNAMICSを明らかにする目的に資するものである。

研究成果(実施状況): エピタキシャル成長した膜厚100 nmの $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ 薄膜を用いて、膜面内に熱勾配、膜面直に外部磁場を印加してネルンスト効果の測定を行った。その結果、図に示すように[100]方向および[110]に方向熱勾配を印加した場合で異常ネルンスト電圧の大きさが大きく変化することが分かった。これは、熱電変換効率を制御することが可能であることを示唆するものである。

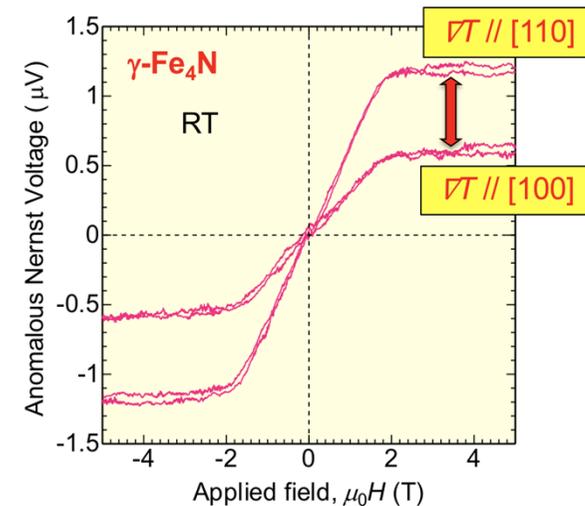


図: $\gamma\text{-Fe}_4\text{N}$ 薄膜を用いて測定した、ネルンスト電圧の熱勾配印加方向依存性。

主要発表論文等: [1] S. Isogami et al., Applied Physics Express, 10, 073005 (2017).

研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドYNAMICS

概要: $C1_b$ 型NiMnSb薄膜のネルンスト効果を測定し、低温での異常を観測した。これは、低温におけるNiMnSbの相転移によるものと考えられる。また、異常ネルンスト角は低温で増大し、80 Kで0.15の最大値を示すことが分かった。この結果は、ナノスケールの磁性体についてスピンドYNAMICSを明らかにする目的に資するものである。

研究成果(実施状況): MgO基板の上に成長した膜厚20 nmの $C1_b$ 型NiMnSb薄膜を用いて、膜面内に熱勾配、膜面直に外部磁場を印加してネルンスト効果の測定を行った。その結果、低温で横ゼーベック係数に異常が生じることが分かった。これは、電気伝導に見られる異常と関連していると考えられる。また、異常ネルンスト角は低温で増大し、80 Kで0.15の最大値を示すことが分かった。

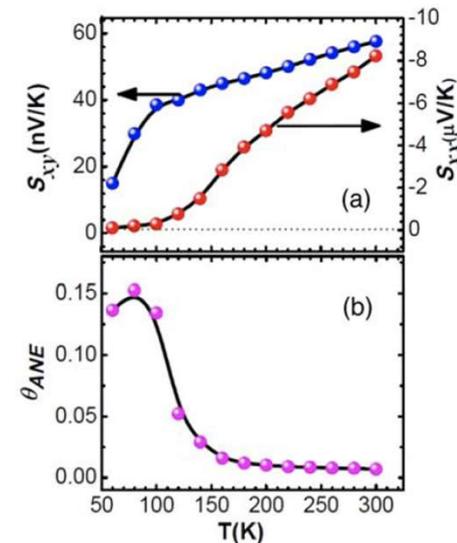


図: NiMnSb薄膜の(a)横および縦ゼーベック係数の温度依存性、(b)異常ネルンスト角の温度依存性。

主要発表論文等: [1] H. Sharma et al., Japanese Journal of Applied Physics, 58, SBBI03 (2019).

研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドYNAMICS

概要: Co薄膜に絶縁体であるMgOのナノメートルサイズ微粒子を分散させた $\text{Co}_x(\text{MgO})_{1-x}$ グラニューラ薄膜において、異常ネルンスト角の大きさが、MgOの添加量に依存して大きく増加することを発見した。この結果は、ナノスケールの磁性体におけるスピンドYNAMICSを明らかにする目的に資するものである。

研究成果(実施状況): MgO基板の上に成長した膜厚100 nmの $\text{Co}_x(\text{MgO})_{1-x}$ グラニューラ薄膜を用いて、膜面内に熱勾配、膜面直に外部磁場を印加してネルンスト効果の測定を行った。その結果、ネルンスト効果の効率を表す指標の一つであるネルンスト角の大きさが、MgOの添加量の増加に従って増加し、MgOを添加していないCo薄膜におけるネルンスト角の大きさの3倍以上にまで大きく増加することが分かった。

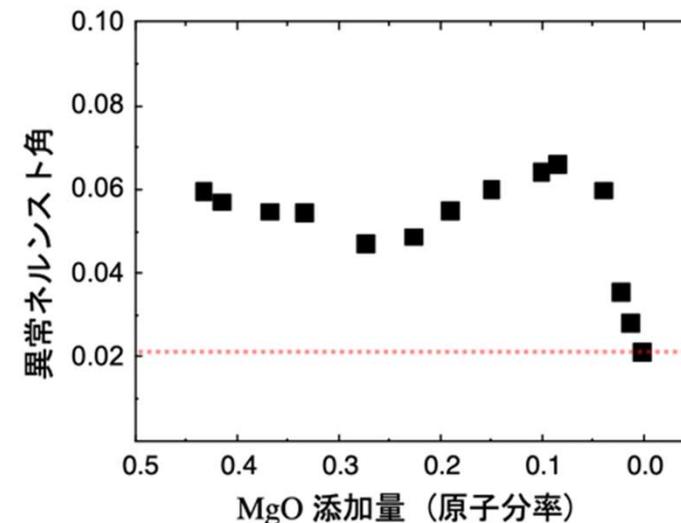


図: $\text{Co}_x(\text{MgO})_{1-x}$ グラニューラ薄膜における異常ネルンスト角のMgO添加量依存性。

主要発表論文等: [1] P. Sheng, T. Fujita, and M. Mizuguchi, "Anomalous Nernst effect in $\text{Co}_x(\text{MgO})_{1-x}$ granular thin films", Applied Physics Letters, 116, 142403 (2020).

研究プロジェクト名: 熱磁気効果におけるナノスピンドYNAMIX

概要: Co (20 nm) / Si (20 nm)多層薄膜において、ネルンスト効果の大きさを表す指標の一つである横ゼーベック係数の大きさが、Co単層薄膜の値と比較して、2.4倍増大することを発見した。この結果は、ナノスケールの強磁性金属/半導体ハイブリッド構造におけるスピンドYNAMIXを明らかにする目的に資するものである。

研究成果(実施状況): Si基板の上に成長したCo (20 nm) / Si (20 nm)多層薄膜を用いて、膜面内に熱勾配、膜面直に外部磁場を印加してネルンスト効果の測定を室温で行った。その結果、ネルンスト効果の大きさを表す指標の一つである横ゼーベック係数の大きさが、Co単層薄膜の値と比較して、2.4倍増大していることが分かった。

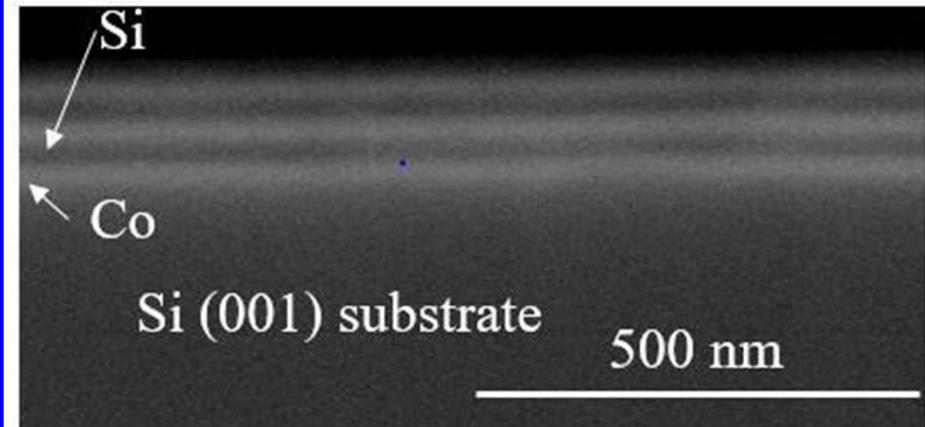


図: Co (20 nm) / Si (20 nm) 多層薄膜の断面構造の走査電子顕微鏡観察結果。

主要発表論文等: [1] R. Kitaura, T. Ishibe, H. Sharma, M. Mizuguchi, and Y. Nakamura, "Nanostructure design for high performance thermoelectric materials based on anomalous Nernst effect using metal/semiconductor multilayer", Applied Physics Express, *in press*.