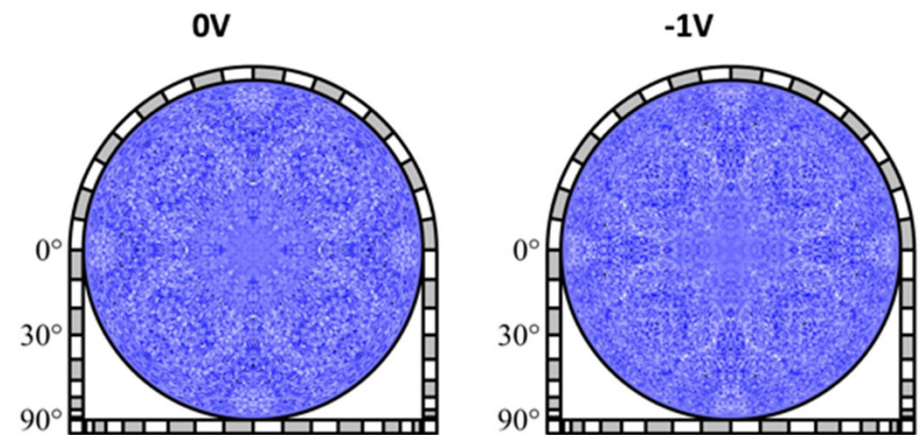


## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

概要: スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目指し、デバイスが動作した状態でのX線/電子線ホログラフィなどによる三次元原子イメージングを行う。多層膜などのヘテロ界面における局所的な原子配列は磁気機能に大きく影響し、磁気異方性の発現などに寄与していると考えられる。そのため、原子分解能を有する各種ホログラフィ技術を駆使し、埋もれた界面の情報を取得することにより、磁気異方性などの磁気機能におけるミクロなメカニズムの解明を目指す。

コアメンバー: 水口 将輝 (名古屋大)、三谷 誠司 (物材機構)、介川 裕章 (物材機構)、林 好一 (名工大)、八方 直久 (広島市大)

期待される研究成果: これまでに、図に示すようにスピントロニクス素子に電圧を印加した状態のホログラフィパターンを得ることに成功し、電圧の印加により原子配列に変化が生じていることが明らかになった。そこで、本研究では、さらに電圧依存性などを調べることにより、様々な磁気デバイスや省エネルギーデバイスの特性向上にむけた知見が得られると期待される。



印加する電圧を変化させた場合のスピントロニクス素子のホログラフィパターン。

## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

概要: スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目的として、電圧印加により異方性の制御が可能な Fe / MgO 単結晶薄膜の蛍光X線ホログラフィを行った。その結果、Fe層の局所原子配列を再現することが可能なホログラム像を取得することに成功し、磁気機能との相関を解明する研究への道筋が立てられた。

研究成果(実施状況): Fe (20 nm) / MgO 単結晶二層構造薄膜を作製し、蛍光X線ホログラフィを行った。測定はSPring-8で行い、X線のエネルギーは8.5 keVとした。その結果、図に示すように、明瞭な定在波線が観測されるホログラム像の取得に成功した。この結果は、今後のスピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明につながる結果である。

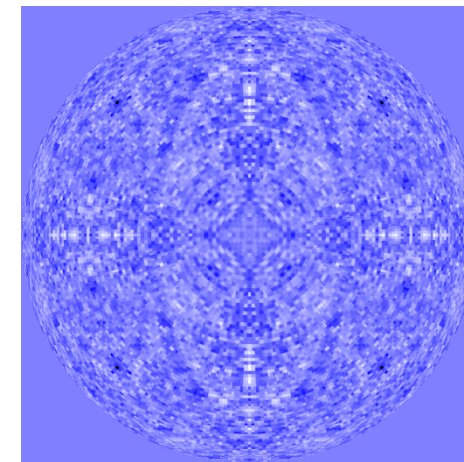


図: 単結晶Fe/MgO薄膜における蛍光X線ホログラム像。

主要発表論文等: 無し

## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

概要: スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目的として、電圧印加により異方性の制御が可能な超薄膜Fe単結晶の蛍光X線ホログラフィを行った。その結果、膜厚0.7 nmのFe層の局所原子配列を再構成することができ、磁気機能との相関を解明する研究への道筋が立てられた。

研究成果(実施状況): Fe (0.7 nm) 単結晶薄膜を作製し、蛍光X線ホログラフィ測定をSPring-8で行った。その結果、図に示すように、明瞭な定在波線が観測されるホログラム像の取得に成功した。また、X線のエネルギーを変化させた像から、Feの原子配列の再構成をすることができた。これは、スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明につながる結果である。

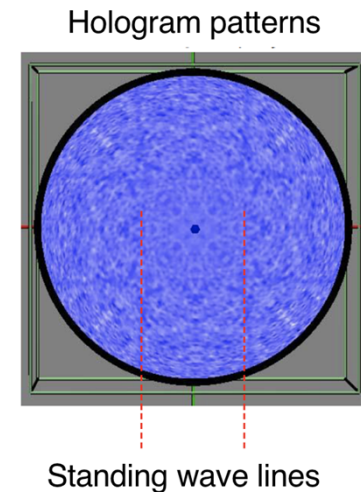


図: 膜厚0.7 nmの単結晶Fe超薄膜における蛍光X線ホログラム像。

主要発表論文等: 無し

## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

概要: スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目的として、電圧印加により異方性の制御が可能なトンネル磁気抵抗素子の蛍光X線ホログラフィを行った。その結果、ホログラフィパターンに電圧に起因した明確な変化が観測され、磁気機能との相関を解明する研究への道筋が立てられた。

研究成果(実施状況): トンネル磁気抵抗素子を作製し、SPring-8で蛍光X線ホログラフィ測定を行った。その結果、電圧を印加することにより、ホログラフィパターンに明確な変化が観測された。これは、電圧の印加により試料のFe原子周辺の局所的な原子配置が変化したことを示唆しており、スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明につながる結果である。

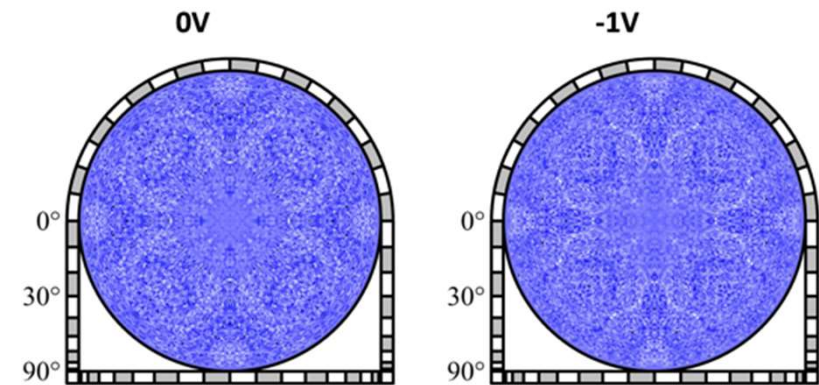


図: 7.5 keVのX線を入射して測定したトンネル磁気抵抗素子のFe K $\alpha$  蛍光X線ホログラムパターン。左に電圧印加無し、右に-1 Vの電圧印加時のパターンを示す。

主要発表論文等: 無し

## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

**概要:** スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目的として、電圧印加により異方性の制御が可能なトンネル磁気抵抗素子の蛍光X線ホログラフィを行った。その結果、高分解能なホログラフィパターンに電圧に起因した明確な変化が観測され、磁気機能との相関を解明する研究への道筋が立てられた。

**研究成果(実施状況):** トンネル磁気抵抗素子を作製し、SPring-8で蛍光X線ホログラフィの測定を行った。測定精度を高めた結果、高分解能なホログラフィパターンを得ることができた。また、それらが電圧を印加することにより、明確に変化した。これは、電圧の印加により試料のFe原子周辺の局所的な原子配置が変化したことを示唆しており、スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明につながる結果である。

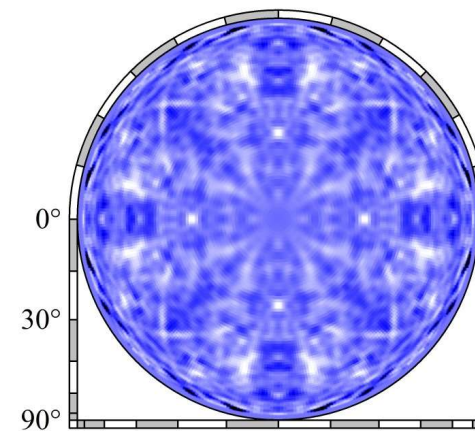


図: 10 keVのX線を入射して測定したトンネル磁気抵抗素子のFe K $\alpha$  蛍光X線ホログラムパターン。1 Vの電圧を印加している。

**主要発表論文等:** [1] M. Mizuguchi *et al.*, The 40th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics, San Francisco (2019).

## 研究プロジェクト名: ホログラフィを活用したスピントロニクス素子評価

概要: スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明を目的として、スピネルを障壁層としたトンネル磁気抵抗素子の電子線ホログラフィを行った。その結果、陽イオン原子の組成比に応じてホログラムパターンに明確な変化が観測され、磁気機能との相関を解明する研究への道筋が立てられた。

研究成果(実施状況): スピネルを障壁層としたトンネル磁気抵抗素子を作製し、SPring-8で電子線ホログラフィの測定を行った。いずれのs軌道のパターンも形状は類似しているが、強度分布が明確に異なることが分かった。また、陽イオン原子の組成比に応じてホログラムパターンも変化することが分かった。これは、スピントロニクス素子における局所構造と磁気機能の相関解明につながる結果である。

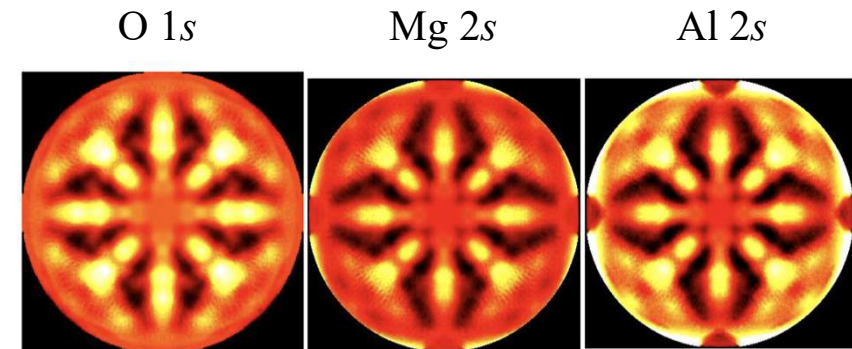


図: スピネルを障壁層としたトンネル磁気抵抗素子構造におけるO1s、Mg2s、Al2sの各光電子ホログラムパターン。

主要発表論文等: [1] 水口将輝, KEK物質構造科学研究所 量子ビーム連携研究センターキックオフ研究会, オンライン (2021).