

**SPring-8 ユーザー協同体研究会 分野融合型研究グループ「ナノデバイス科学」 会合議事録**

研究会名：第4回実用スピントロニクス新分野創成研究会

日時：2017年3月23日（木）13:00-18:00

場所：名古屋工業大学 4号館 2階 会議室 3

主催：SPRUC 分野融合「ナノデバイス科学」研究グループ

協賛：SPRUC 機能磁性分光研究会、光・磁性新素材産学連携研究会、  
運動量空間におけるスピン・電子密度科学研究会、核共鳴散乱研究会

開催実行委員：原田慈久、中村哲也

出席者：計30名（出席者一覧を別途添付）

開催趣旨：

東北大学の $\text{大野英男}$ 先生を PO とする SPRUC 分野融合型研究グループ「ナノデバイス科学」は、構造・電荷・スピンを捉える種々の先端放射光ツールを駆使した包括的な解析アプローチにより、ナノスピンドバイス研究において個別の取り組みでは実現しえない情報の共有やノウハウの蓄積によるシナジー効果を創出することを目標として活動を行っている。本研究会は、2015B 期に2年間のプロジェクトとして採択された新分野創成利用課題「ナノスケール実スピンドバイス開発に向けた新しい放射光利用」の 2016B 期に実施された各実験課題の進捗報告と今後の展望を話し合い、分野融合研究を加速するために情報共有を図ること、また2年間の課題実施による分野融合の観点での成果について話し合うことを目的として行った。

\*\*\*

第3回研究会レビュー	SPRUC 分野融合「ナノデバイス科学」担当委員	原田慈久
Hモードを用いた時間分解 XMCD-FMR 計測	東北大学 多元物質科学研究所	菊池伸明
MCDを用いた Co、Pt への電界効果の研究	京都大学	小野輝男
Pt/Co/Pd 系における Pt 中に誘起された磁気モーメントへのスピン軌道トルクの効果検証	東京大学	小山知弘
放射光核共鳴散乱法を用いた Ir/Ru ドープヘマタイト薄膜のモーリン転移温度の測定	名古屋工業大学	壬生 攻
ハーフホイスラー $\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x\text{MnSb}$ 合金の電子状態	群馬大学	櫻井浩
放射光解析による L10-FeNi 規則相の形成メカニズムの解明	東北大学 金属材料研究所	水口将輝
Co 基ホイスラー合金ハーフメタルの Co アンチサイト生成及び抑制メカニズムの研究		

HAXPES 測定による STT-MRAM 用トンネル接合素子 (MTJ) の構造変化と特性の関連性究明

東北大学 国際集積エレクトロニクス研究開発センター 丹羽正昭

2016B 期までの研究進捗まとめおよび次期新分野創成課題申請に関する討議

第 5 回 研究会案内

東京大学物性研究所 原田慈久

総括

東北大学 分野融合「ナノデバイス科学」PO 大野英男

\*\*\*

議事内容 :

冒頭、SPRUC 分野融合「ナノデバイス科学」担当委員の原田より、ナノデバイス科学研究グループの第 3 回研究会の概略が紹介された。スピントロニクスデバイスの動作原理から機能発現機構の解明、実用材料へのフィードバックという流れの中で、これまでの課題が担ってきた部分と各グループ間の位置づけを行い、分野融合の観点で実現してきたこと、今後に期待されることを明確化することにより、各研究チーム間であらためて意識の共有がなされた。2016B 期は 2015B 期に引き続き名工大壬生教授、東大千葉准教授を分担責任者とする 2 つの課題が走り、それぞれ BL08W の磁気コンプトン散乱、BL09XU の核共鳴散乱、BL13XU の表面回折、ホログラフイー (壬生課題)、BL17SU の PEEM、SPELEEM、BL25SU の SXMCD、BL39XU の HXMCD、BL47XU の硬 X 線光電子分光 (千葉課題) を利用した研究が推進された。

① 2016B 期の課題実施報告について

東北大の菊地氏より、GHz 帯の高周波磁場で制御するスピントルクオシレータの磁場下 XMCD 計測の結果が示された。GHz 帯で情報取得するため、サブナノ秒の時間分解計測を実現したこと、および歳差の位相成分の情報まで取得した結果が示された。京大の小野氏は、XMCD 測定に最適化された Co/Pt 積層試料について、Co は磁気異方性、Pt は Co からの誘導磁化が電界によって変化すること、またこの変化は酸化還元によるものではないことを XMCD 測定とその定量解析によって示した。東大の小山氏は Pt/Co/Pd 系の Pt/Co 界面を対象として、電流印加に伴うスピン流によって引き起こされる磁化反転現象を異常ホール効果と XMCD の組み合わせによって解析した結果について報告した。電流印加実験で引き起こされる試料の劣化について活発な議論があった。名工大の壬生氏は、電気磁気効果を示す反強磁性体  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  を用いた磁化反転現象に対し、反強磁性相に生じる磁化を放射光メスbauer測定によって測定した結果について紹介し、通常のラボ実験に対する放射光メスbauer測定の大きな利点を示した。群馬大の櫻井氏は、C1b 型ホイスラー合金  $\text{CoCuMnSb}$  が示す磁気秩序に対して伝導電子が果たす役割を調べるために、伝導電子を担う Cu と Sb の磁気コンプトンプロファイルを観測した結果について紹介した。質疑では、Co、Mn の磁気特性を XMCD で精密に解析し、伝導電子のみをコンプトン散乱で解析する新たな組み合わせの提案

などがなされた。東北大の水口氏からは、高い磁気異方性を持つ垂直磁化膜として有望な FeNi L1<sub>0</sub> 合金について、スパッタ法による粒界拡散、急速熱処理を行いつつ、第 3 元素として Ti や V で置換することで規則度を上げ安定化を図る研究において、表面 X 線回折で規則度の精密評価を行った結果が紹介された。NIMS の桜庭氏は、ハーフメタルホイスラー合金(X<sub>2</sub>YX)において、ディスオーダーやアンチサイトがスピン分極率に与える影響についての研究を紹介した。CoFe 系に対して MR 効果が最大になる最適組成を見つけるため、異常分散効果を使った XRD による詳細な解析結果が示された。最後に 2016B 期より新規に参入した東北大国際集積エレクトロニクスセンターの丹羽氏より、STT-MRAM における MTJ のトンネル機構に対して、HAXPES を用いた深さ分解化学組成、化学状態分析という探索的な実験と、熱処理による構造変化が引き起こす電子状態変化の観察という実践的なアプローチが紹介された。トンネル電流を流しながら、あるいは電圧印加状態のオペランド実験が、実デバイスにおける新たな分析ツールとなる可能性が述べられた。

## ② 新分野創成課題の総括に向けた議論

分担責任者の東大千葉氏、名工大の壬生氏より、それぞれ 2016B 期に実施した課題とその成果、および論文の発表状況などが説明された。JASRI の中村氏は、本課題を通じて先端計測技術の開発、標準化がなされたことを 1 つの成果として挙げた。実際に、電場印加下の実験を始めとして、ホログラフィー実験の導入、CT イメージング、現状の 10 倍の S/N 比が稼げる高検出効率 XMCD の開発、サブナノ秒の時間分解測定の実現など、本課題の中でスピントロニクス材料の分析に向けて協奏的に開発が行われたことにより、相互利用の基盤ができたことは大きい。これはいわゆる分野内融合であるが、今後はこの測定基盤をさらに発展させて自動化測定などを促進し、分野間融合にまで積極的に展開してゆくことが議論された。最後に東北大の大野 P O より、本分野融合で求められるべきこととして i) 学術的に価値があり、実用に資することのできる研究を行うこと、ii) 放射光でできることを示しつつ、段階的に実デバイスで求められる分析技術のゴールに向かってゆくこと、iii) グループの活動ならでの成果を見せること、の 3 つが挙げられ、本課題実験と研究会活動を通じていずれも達成しつつあるとの認識が示された。

## ③ 次回研究会の日程について

第 5 回（最終）研究会は 9 月に広島で開催される SPring-8 シンポジウムの近辺で行う予定であることがアナウンスされた。