

**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5回実用スピントロニクス新分野創成研究会

日時：2017年8月18日（金）13:00-17:30

場所：東京駅八重洲ホール 701 会議室

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26名

開催趣旨：

東北大学の<sup>大野英男</sup>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2017A 期に実施された各実験課題の進捗報告と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4回研究会レビュー/顧問会議報告 SPRUC 分野融合「ナノデバイス科学」担当委員 原田慈久

時間分解 XMCD による磁化ダイナミクス計測 東北大学 多元物質科学研究所 菊池伸明

硬 X 線 MCD トモグラフィー法による3次元磁区構造観察 JASRI 鈴木基寛

放射光核共鳴散乱を用いたスピントロニクス研究 名古屋工業大学 田中雅章

磁気コンプトン散乱を用いた CoFeB/MgO 磁気トンネル接合膜の研究 群馬大学 櫻井浩

硬 X 線光電子分光による MTJ 構造のプロセス依存性検討

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

放射光 X 線回折を用いた L10-FeNi 規則合金の特性評価と今後の展望

東北大学 金属材料研究所 水口将輝

ハーフメタルホイスラー合金の原子規則性とスピン分極率:異常分散 XRD と AMR 効果を用いた解析

物質材料研究機構 桜庭裕弥

第2期新分野創成研究に関する連絡

SPRUC 分野融合「ナノデバイス科学」第2期担当委員 水口将輝

総括

京都大学／分野融合「ナノデバイス科学」次期 PO 小野輝男

\*\*\*

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4回研究会と、6月14日に行われた SPRUC 顧問会議における分野融合型研究グループの現状報告とコメントに関する概略が報告された。あらためて本研究会の趣旨に立ち返り、「基礎から応用」、「材料からデバイス」という2軸で「ナノデバイス科学」において進展した分野融合をマッピングし、「新規利用技術の開発」「多角的視点からの動作原理の理解」「新規参入者の取り込み」の3点で具体的な進展があったことが示された。

一方で、以下の2点がこの2年間の活動で残された大きな課題として挙げられ、スピントロニクス研究を分野融合の観点から推し進める強力な基盤を構築し、新たなフラッグシップ研究会として立ち上げるにはまだ時間が必要であるとの結論に至った。

1. 相互理解は十分に進んだが、相互の技術利用/提供まで十分に至るにはさらなる時間が必要。
2. 技術開発においても未来開拓に向けていくつか課題が残されている (ex 小型化など)。

① 2017A 期の課題実施報告について

東北大の菊地氏より、2016A 期より継続して行ってきたパルス状高周波磁場による GHz 帯、100nm レベル分解能の歳差運動励起過程の XMCD による観測についての経過報告がなされた。BL25SU では光電子検出による MCD マッピングにも成功しつつあることも報告された。一方で、チョッパーを導入したことによる信号低下の問題を解決してゆくことが重要であると指摘された。JASRI の鈴木氏からは、本分野融合にて開発が進む硬 X 線 MCD トモグラフィーの現状について報告があり、一軸磁気異方性を持つ GdFeCo 垂直磁化膜やネオジム磁石では磁区構造の3次元再構成が可能であることが示された。さらに現在は外部磁場下における3次元磁区構造変化の観測を視野にいた開発が進められていることが報告された。名古屋工業大学の田中氏からは、この2年間における放射光核共鳴散乱を用いたスピントロニクス研究の総括がなされた。続いて群馬大学の櫻井氏より、CoFeB/MgO 磁気トンネル接合膜および CoFeB/Ta 界面におけるスピンと軌道の磁気モーメントの磁化反転挙動について、磁気コンプトン散乱を用いた精密解析を行った結果について報告がなされ、スピン磁気モーメントが反転しても軌道磁気モーメントは磁化容易軸に沿って保持され、スピンと軌道では磁化反転挙動が異なることが示された。また温度変化を使って軌道を制御しながら磁化反転させる可能性についても議論がなされた。東北大国際集積エレクトロニクスセンターの丹

羽氏からは、薄い MgO 膜を有する MTJ の熱処理済試料において、IR 処理によって極薄 MgO 領域での MR 比の劣化特性が向上する原因を探るため、HAXPES を用いた埋もれた界面の化学組成、化学状態分析の結果が報告された。HAXPES では 20nm 程度の深さまで分析が可能であるが、現状の S/N 比では IR 処理による化学状態変化がほとんど観測されなかった。質疑では、検出感度と実験系の最適化についての議論がなされた。東北大の水口氏からは、これまで報告してきた  $L1_0$ -FeNi 合金の放射光 X 線回折を用いた特性評価についての総括がなされた。FeNi 薄膜への Ti 添加によって、規則-不規則変態温度が変化した可能性と、加熱処理速度による規則度の変化とその原因についての考察がなされた。発表では X 線回折と HAXPES を併用した構造と電子状態両面からの解析技術、さらに STEM-EDX による実空間観察を併用する解析手法についても紹介された。NIMS の桜庭氏は、ハーフメタルホイスラー合金 ( $X_2YZ$ ) の原子規則性とスピン分極率に着目した研究の結果、様々な組成・熱処理温度の  $Co_2MnZ, Co_2FeZ$  の Co-Y 間のディスオーダーの定量評価が行えたことで、より高いスピン分極率を実現するための道筋が見えてきたこと、またこの 2 年間で成果を 3 本の論文にまとめていることが報告された。

## ② 第 1 期体制の総括と第 2 期体制のもくろみ

次期 PO に選ばれた京大の小野氏より、第 1 期体制で達成した分野融合と課題について再確認が成され、それを受けて、次期新分野創成利用課題へ第 2 期となる課題申請を行った経緯について説明がなされた。また継続課題においては、分担責任者を 2 名から 4 名に増やすことで責任体制をより明確化すること、分担はスピントロニクス研究を推進する核となるテーマを選定したこと、これにより第一期に成長した新しいテーマを発展させやすい形となったことが示された。また各テーマの深化と横の連携を図るためのスキームを導入することで、第一期で課題となった相互利用へのベクトルを強化することが示された。その上で、第 2 期体制における具体的なもくろみとして①新規ユーザー、新しいビームラインを利用するユーザーの開拓、②研究で目指すべき方向として、新しい測定手法・新しい物質・新しい物理によってインパクトのある研究を指向すること、それらを論文や報道の形で積極的に出してプレゼンスを示すこと、得られた結果をきちんとフィードバックして材料・デバイス特性の向上に結び付けること、またそれを強くアピールすること、③組織体制としては、共通の試料にフォーカスするテーマを設けること、各グループの研究計画・進捗をリアルタイムに共有するスキームを導入すること、などが示され、それらの結果として、第 2 期終了後にはフラッグシップ研究会が立ち上げるという道筋が示された。

最後に、SPRUC 利用委員会分野融合「ナノデバイス科学」第 2 期担当委員となった東北大の水口将輝氏より挨拶があり、今後に向けて関係者への協力が求められた。