

分科企画 (6.薄膜・表面) シンポジウム

S.8 「機能性酸化物の原子・ナノスケール機能開拓最前線」 講演報告

神吉輝夫 (阪大)、島久 (産総研)、廣瀬靖 (東大)、松野丈夫 (理研)、組頭広志 (KEK)、田中秀和 (阪大)、秋永広幸 (産総研)

機能性酸化物は、次世代を担うエレクトロニクス、創・省エネルギー材料として重要であり、非常に多く研究者が携わっている物質です。これら酸化物材料・デバイスを研究開発する上で、今や原子・ナノレベルからの視点は必要不可欠です。

「構造観察」に至っては、電子顕微鏡やプローブ顕微鏡による高分解能観察のみならず、燃料電池、触媒、電子物性等の機能発現メカニズムの解明を原子レベルにまで迫ろうとしています。また、「構造制御」においては、トップダウン型微細加工とボトムアップ型自己組織化結晶成長のサイズ・クロスオーバーにより、原子・ナノスケールでの精密制御の実現が見えてきています。「機能探索」においては、一原子、或いはナノスケールの電子の動きが機能発現の要となってきました。このような状況において、専門分野は細分化され広がっていますが、将来さらにデバイスの高効率化、高機能化、或いは材料物性を追求していくには、この原子・ナノを意識した「構造観察」・「構造制御」・「機能探索」の三位一体の連携が、益々重要になっていくでしょう。

そこで、本シンポジウムでは、ナノ構造観察・制御・機能探索の研究において新たな知見を切り開き、分野をリードしてこられた先生方にご講演いただき、領域横断的に議論を深めることによって、さらに深く太い連携を呼び起こそうと企画し、第76回応用物理学秋季学術講演会 (9/15~9/16、名古屋国際会議場) の三日目 (3/15) の午後に、6件の招待講演と4件の一般講演を交えて以下のようなプログラムで分科企画シンポジウムを開催しました。

1. 酸化物界面の原子構造解析と機能特性 (基調講演)
○幾原雄一 (基調講演)
2. 原子レベル構造基板上でのエピタキシャル薄膜の“室温”創製と機能開拓
○吉本護 (招待講演)
3. レーザー励起光電子顕微鏡を用いた $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面の磁区観察
○元結啓仁、谷内敏之、Rodel Tobias C., Fotuna Franck, Santander Syro Andres Felipe, Scheiderer Philipp, Sing Michael, Cleassen Ralph, 辛埴
4. マンガン酸化物薄膜におけるスキルミオン形成の実空間観察
○中村優男、森川大輔、干秀珍、賀川史敬、有馬孝尚、川崎雅司、十倉好紀
5. 酸化物薄膜内部の金属ナノピラーの自発的生成
○川崎聖治、高橋竜太、山本剛久、吉信淳、小森文夫、工藤昭彦、リップマーミック
6. 走査型プローブ顕微鏡を用いた単結晶 VO_2 薄膜のナノドメイン電流マッピング
左海康太郎、服部梓、○神吉輝夫、田中秀和
7. ReRAM の書き込み・消去サイクルにおける導電性フィラメントの TEM 内その場観察
○高橋庸夫 (基調講演)、工藤正明、有田正志、大場和博、紫牟田雅之、藤原一郎
8. 2次元酸化物ナノシートの精密構造集積とその応用
○長田実 (招待講演)、佐々木高義
9. $\text{TiO}_2\text{-VO}_2$ 系における異方的スピノーダル分解とその制御
○村岡祐治 (招待講演)
10. ReRAM 動作における金属イオン拡散とフィラメント形成の特徴

○長谷川剛（招待講演）、鶴岡徹

シンポジウム前半は、幾原氏による基調講演から始まり、球面収差補正技術を駆使した走査透過電子顕微鏡法で、原子一個一個の種類が見分けることが出来、イオン価数・大きさによりドーパントが交互配列する超構造など直接観察における最先端研究の概説をされました。次に吉本氏による、種々の原子ステップを有した単結晶エピタキシャル薄膜の室温合成、及びガラス、ポリマーの単原子ステップ基板作製にも成功した超平坦新機能物質について講演されました。その後、4件の一般講演では、元結氏のレーザー励起光顕微鏡による酸化物界面の磁区観察、中村氏の Mn 酸化物薄膜のスキルミオン実空間観察、川崎氏の酸化物薄膜内部の自己形成金属ナノピラーの観察、及び神吉氏の単結晶 VO₂ の 10nm スケールの金属-絶縁体ドメイン形成の観察に関する講演があり、まさに百聞は一見にしかずの直接実空間ナノ観察の最先端研究の発表がなされました。

シンポジウム後半では、高橋氏による基調講演から始まり、抵抗変化メモリ (ReRAM) の動作メカニズムや信頼性を in-situ で、且つナノスケールの分解能で計測・評価することができる透過電子顕微 (TEM) 内その場観察について講演いただきました。メモリ技術の更なる進展に向けてその場観察のようなナノスケールの現象を可視化する手法が極めて有効・重要であることが示されました。長田氏は、数 nm の 2 次元酸化物ナノシートを超精密に作製出来る技術について講演されるとともに、その応用が酸化物エレクトロニクスの多岐に及ぶことを紹介されました。村岡氏は、TiO₂-VO₂ 系においてスピノーダル分解を利用した自然形成ナノ超構造について講演され、TiO₂ の光触媒効果と VO₂ の金属-絶縁体相転移を併せ持つ多機能物質の創製についても言及されました。長谷川氏は、酸素空孔制御型の ReRAM と金属フィラメント制御型の ReRAM の二つのメモリ技術について講演されました。前者においては、酸化物と電極界面に着目したメモリ動作特性を向上させるための構造について、後者では、Cu や Ag のような電極材料の拡散について比較・整理がなされ、メモリ動作特性との関係について議論がなされました。また、ReRAM のニューロモルフィック素子としての可能性についての紹介がなされました。

来聴者は 100 名以上に達し、様々な分野の“原子・ナノ”の実空間観察をメインとしたシンポジウムでしたが、研究対象の裾野の広さ、インパクト・斬新性を十分に兼ね備えた講演であったため、様々なバックグラウンドを持つ聴講者の強い関心が感じられました。活発な議論を通して、“原子・ナノ”の現象を意識した酸化物エレクトロニクス応用の姿勢が明確になるとともに、今後の異分野連携の芽を期待させるシンポジウムになりました。

