

薄膜・表面物理分科会企画

「金属酸化物系材料の新展開-メカニズムの解明からデバイス応用まで-」

物材機構 長谷川剛

産総研 秋永広幸

物材機構 知京豊裕

金属酸化物系材料は、近年、新しいデバイスを実現する材料として注目を集めています。例えば、界面制御や鉄系材料による超伝導状態の発現、酸化・還元反応を利用した抵抗変化素子の実現などがあります。これらの研究では、ナノスケール領域における金属酸化物材料特有の現象が巧みに利用されており、そのメカニズム解明のための基礎研究も急速に進んでいます。本シンポジウムでは、新たな展開を見せ始めている金属酸化物系に焦点をあて、現状の理解と今後の発展に関する議論を深めました。参加者は150人を超え、鉄系超伝導や抵抗変化ランダムアクセスメモリ(ReRAM)など、研究者の新規参加が相次いでいると思われる話題では多くの立ち見も出ました。20年ほど前の超伝導フィーバー(ほどではありませんが)を思い出した方も少なからず居たのではないのでしょうか。

シンポジウムは、青野正和氏(物材機構)が、登壇者の独創的な研究手法とその成果を紹介しつつ趣旨説明を行うことで始まりました。「イオン移動を利用した不定比性キャリア変調とスイッチング現象」では、山口周氏(東大)がイオン移動制御による電子デバイスの動作メカニズムについて、電気化学的なアプローチによる現状の理解を紹介し、イオン移動制御デバイスの可能性について議論の場を提供しました。続いて、「界面制御による酸化物量子物性の発現」では、川崎雅司氏(東北大)が電界効果を用いて絶縁体を超伝導にするという独自の手法(超伝導発現の第3の手法)について紹介し、その実現には材料の特性制御が極めて重要であることを金属酸化物系材料で初めて量子ホール効果の観測に成功した事例も含めて発表しました。「鉄系新超伝導体の進展」では、細野秀雄氏(東工大)が今まさにデッドヒート状態にある鉄系超伝導分野の状況を紹介しつつ、ここでも材料のクオリティーが研究の勝敗を分けることを述べました。また、鉄系超伝導フィーバーに対する若干のとまどいのようにも取れる「鉄は磁性体だが、鉄を含む化合物は磁性体とは限らないんだけど」との同氏の言葉は、固定観念を捨てたときにこそ革新的な発見ができることを伝えたものでしょう。「酸化物中における電子・イオンの微視的挙動：第一原理計算によるアプローチ」では、渡邊聡氏(東大)が第一原理計算による金属酸化物系材料における電気伝導の微視的挙動の解析事例を紹介するとともに、電界印加下での原子(イオン)拡散過程などの解析も計算手法の開発によって可能になりつつあることを述べました。実験と理論がそれぞれを刺激し合うことで研究が推進されることを再認識された方も多いことでしょう。「酸化還元型電気化学抵抗変化メモリ素子 ReRAM〜もう原理は“不明”ではない!〜」では、秋永広幸(産総研)が酸素イオン(酸素空孔)の移動によってオンオフする抵抗変化素子の微視的挙動を実験データとモデルを用いて明らかにしました。動作原理解明が完全ではないから応用研究が進まないと言いつつ ReRAM 研究開発に関する学術論文が依然として多い現状を憂い、メモリ実用化へ向けた技術開発を進めるための意識改革を呼びかけました。「電気化学抵抗変化素子(イオン注入型)」では、長谷川剛(物材機構)がイオン伝導体中に注入した金属イオンが電極間に伝導経路を形成することで動作するタイプの抵抗変化素子(原子スイッチ)について紹介し、その特徴を他の素子との比較しつつ将来の可能性を述べました。「光機能センサー素子への応用」では、田中啓文氏(阪大)が光導電性分子を利用することで光照射時のみ動作する電気化学抵抗変化素子の原理と開発の現状を紹介しました。今後、ユビキタス情報端末などの応用先を明確にした開発が進むものと期待されます。「原子スイッチのCu配線中への形成」では、阪本利司氏(NEC)がCMOSデバイスの配線層への原子スイッチの形成について、その開発状

況を紹介しました。シリコンプロセスとの互換性や信頼性に関する課題はほぼ解決されており、技術的には製品化に近いことを感じさせる発表でした。

本シンポジウムの意義は、知京豊裕（物材機構）の、「過去半世紀は、半導体トランジスタを始めとして、素子構造の開発によって多くの技術革新が為されてきました。今後は、材料の特性や機能を最大限に引き出すことで多くの技術革新が為されるものと期待されます。」との言葉に集約されています。表現は異なるものの、講演者の多くが、既存の枠を超えた一步を踏み出してみることが新しい発見や著しい進展につながることを訴えていたことも印象的でした。本シンポジウムが、新しい研究開発の軸を探る一助となったことを期待したいと思います。