

## 機能性酸化物エレクトロニクスの新展開

独立行政法人産業技術総合研究所 秋永広幸

酸化物の持つ多彩な機能を活用して、新原理・新機能トランジスタや超大容量不揮発性メモリの実現を目指した研究開発が活発になってきた。透明酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタ、電気伝導のみならず強磁性ほか相転移現象までも制御することを目指すトランジスタ、そして遷移金属酸化物を用いた抵抗変化ランダムアクセスメモリなどがその代表例である。これらの背景には、酸化物ヘテロ接合の原子レベル制御技術の進展による物質科学のフロンティア開拓と、高誘電率ゲート絶縁膜材料として  $\text{SiO}_2$  に替わる新しい酸化物をシリコンテクノロジーに導入することを目指す技術開発がタイムリーに進展し、新しい材料と既存のエレクトロニクスとの融合を図る技術が高度化しつつあることがその大きな推進力となっていると考えられる。一方、応用物理学会においては、応用物理学会ならではの多彩な酸化物に関する研究成果が学術講演会で報告されているものの、関連する研究者が大分類分科を横断して議論する機会が少ないのも現状である。本シンポジウムは、このような観点から企画された。また、機能性酸化物の研究が発展するためには、物質科学、デバイス応用のみならず、成膜技術、物性の計測・評価技術などにたずさわる多くの研究者が、最先端の情報を持ち寄って自由に議論を深め、また、優れた酸化物の機能を新しい価値を生み出すものとして産業界に提示していくプラットフォームが必要であるという認識から、2008年2月に「機能性酸化物研究(新領域)グループ」を設立した。多くの酸化物が低環境負荷性に優れることから、これらの材料をエレクトロニクスに積極的に活用することによって持続的発展を目指す社会の実現に貢献することもできよう。今後、この新領域グループの活動の一環として、関連シンポジウムを企画していく予定である。

さて当シンポジウムは、2008年3月28日の午後前半において酸化物の新機能を活用したトランジスタと界面機能に関するご講演、午後後半で high-k 材料と不揮発性メモリ開発に関する最近の話題をご提供いただく構成とした。同時時間帯に大型シンポジウムが重なってしまったにもかかわらず200名を超えるご出席をいただいた。この分野に対する応用物理学会会員諸氏のご興味とご期待が高いことを反映したものと思われる。まず、東工大の細野氏よりアモルファス酸化物半導体の電子輸送特性と高性能薄膜トランジスタへの応用が発表された。本年度中にはアモルファス酸化物半導体がいれた大型ディスプレイの製品化がなされるというニュースも紹介され、会場が活気づいた。続いて

東北大の大友氏より、極めて良質の酸化物ヘテロ界面で観測された量子化伝導と酸化物ヘテロ構造における界面伝導についての研究成果が示された。東大の高木氏からは、ペロブスカイト系酸化物を用いた電界効果トランジスタに関する話題が提供された。電界効果移動度は  $1000\text{cm}^2/\text{Vs}$  を超え、今後の更なる物性研究が期待される場所である。また、阪大の田中氏からは、電界効果トランジスタを用いてキャリア誘起の強磁性を制御した研究成果と、さらにはナノサイズに加工したスピネル酸化物からなるトランジスタに関する研究成果が報告された。酸化物ならではのナノ加工方法が示され、会場からの質疑応答が活発になされた。前半最後の講演は、産総研の澤氏によってなされた。整流性を示す強相関電子系ペロブスカイト酸化物界面においてフェルミレベルのピン止め効果が小さいことが示され、いわゆる半導体エレクトロニクスにおけるショットキー界面問題と比較し、極めて異なる界面電子状態が実現されている可能性が示されたことになる。

午後後半は、半導体先端テクノロジーズの青山氏による high-k ゲート絶縁膜に関するフェルミレベル・ピンギングの問題に関する話題から講演が開始された。High-k 膜における酸素空孔の役割が議論されたが、これは上記の酸化物ヘテロ界面にも、また不揮発性メモリ用酸化物材料にも共通の話題となっており、当シンポジウム各講演に横串を指す内容であった。このあと、最近になってにわか研究開発が盛んになった抵抗変化型不揮発性メモリ ReRAM (Resistance Random Access Memory) の講演が続けて3件なされた。富士通研究所の木下氏は、 $\text{NiO}$  を用いた 1T1R の ReRAM に関する最近の研究開発成果を、松下電器産業の村松氏からは、 $\text{Fe}$  酸化物を用いた ReRAM において、抵抗変化が金属電極と  $\text{Fe}$  酸化物界面における酸化還元反応であることを実験的に示した成果が報告された。また、シャープの玉井氏により、 $\text{CoO}$  を用いた ReRAM において、電極/酸化物界面に形成される電極酸化物薄膜の形成がメモリデバイス性能の向上に有効であることが示された。

本領域には、今回のシンポジウムで取り上げた話題以外にも、マルチフェロイクス、強相関電子系ナノ構造など、数多くのトピックスがあります。今後、皆様からのご提案をもとに、これらのトピックスを議論する機会を設けていきます。ご多忙中、本シンポジウムにてご講演いただいた皆様、またシンポジウムにお集まりいただいた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。