
「レーザーMBE法による強誘電体 / 強磁性体機能調和人工格子の創成」

大阪大学 産業科学研究所 助教授 田畑仁

従来の、誘電体、磁性体、超伝導体の研究は各々独立に行われてきた。今回奨励賞を頂いたのは、種々の強誘電体 / 強磁性体を原子スケールで組み合わせて、機能調和材料としてこれらを統一的に解釈し、さらに “新機能発現” を目指した “機能調和人工格子” に関する研究に対してである。

主要な研究成果の概要を以下に記す。

酸化物人工格子形成および新規物性の創出

レーザーMBE法と呼ばれる薄膜形成法を用いて、酸化物超伝導体および強誘電体人工格子を作製し、前者では近接効果により超伝導特性が変化すること(Phys.Rev.Lett.に発表)、後者では格子歪の人為的導入により極めて大きな誘電率を示すこと (Appl.Phys.Lett.に発表)を明らかにした。また磁性に関しても大変興味深いせいかを得た。Fe-O-Crの組み合わせで強磁性が発現することが、40年前に、金森 Goodenoughらによって理論的に予測されてきた。しかし、相分離やFeとCrイオンのランダム配列により、実現されていなかった。レーザーMBE法を用いた原子層単位の結晶成長(人工格子形成)により、FeとCrの配列を制御することにより、世界で初めて強磁性を実験的に確認し、40年来の論争に終止符を打った(Scienceに掲載)。

強誘電体 / 強磁性体による機能調和

最近、強誘電体/強磁性体積層構造における格子歪-磁気・電気特性において大変興味深い成果が得られ、応用物理学会で講演奨励賞を受賞した。これは、磁性を担う金属d軌道と酸素p軌道とのオーバラップポテンシャルを、強誘電体の圧電効果により、動的に制御可能であることを示した成果であり、基礎物性としてのみならず、新しい能動的強誘電 強磁性デバイスへの可能性を示すものである。

本研究の成果として、強誘電体の特徴である電子分極特性による情報の記録と、強磁性体の特徴であるスピン配向による記録という “電子” と “スピン” を各々制御した新しい高密度情報材料の創成が期待できる。新しいメモリ材料の創成研究は、日本の産業界の屋台骨を支える電子・エレクトロニクス分野において、諸外国(特に追上げの著しいアジア諸国、米国)に対して、将来の日本の優位性を確保するうえで、極めて重要な基礎となる。

p型酸化亜鉛(ZnO)薄膜の実現

酸化亜鉛(ZnO)は環境・人体に優しく、その資源的豊富さからも機能性材料としての価値が注目され、様々な応用が試みられている。しかし、格子間サイトでの過剰亜鉛の存在、あるいは酸素欠損という本質的な問題の為に、n型半導体特性しか得られていず、p型化の実現が切望されていた。候補者はZnO薄膜合成時にN₂Oガスを用いるというアイデアを提案し、実際にp型化を初めて実現した。N₂Oガスは、ZnO薄膜形成時の酸素欠損を補償すると共に、窒素イオンがp型化に必須のキャリア導入(アクセプタイオンとして作用)という2重効果に極めて有効であることが分かった。本研究成果は、ZnOによるpn接合を可能とし、EL、LED素子実現(酸化物エレクトロニクスの革命)につながるインパクトの大きな成果であると思われる。