

研究ハイライト

物質創製化学研究系
精密無機合成化学
教授 島川 祐一
京都大学低温物質科学研究センター
教授 寺嶋 孝仁
附属元素科学国際研究センター
無機先端機能化学
教授 高野 幹夫

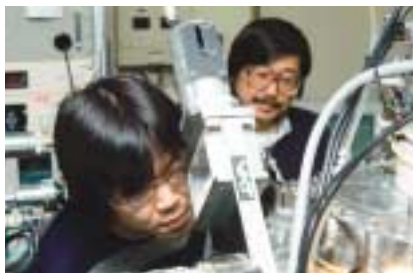
酸化物青色発光材料の 発見と微細加工による 発光パターン制御

酸化物材料は、発光や、電気を通すなど、多様な物性の可能性を持ち、半導体に代わる新しいエレクトロニクス材料として、開発が期待されている。島川 祐一教授らが発見した青色発光材料は、電気を通す材料が発光するという、今までにないメカニズムを持つ。化学研究所の、長い酸化物研究の歴史の中で生まれた新物質が、次世代を担う新規材料の創製に弾みをつける。

チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)は、ペロブスカイト型と呼ばれる結晶構造を有する透明絶縁体であり、安価でかつ安定な非常によく知られた酸化物です。(屈折率がほぼ同じことから、人造ダイヤモンドとして使われることもあります。)このチタン酸ストロンチウムの結晶にアルゴンイオンビームを照射すると表面付近から酸素が一部抜け、この酸素欠損領域が波長430nmを中心とする青色の発光(フォトルミネッセンス、およびカソードルミネッセンス)を室温で示すことを発見しました。

アルゴンイオンビームを照射する前のチタン酸ストロンチウム結晶は上記のように絶縁体ですが、照射後の発光する試料は金属的な電気伝導性を示します。これは、酸素の欠損によって生じた「伝導電子」が発光メカニズムに関わっていることを示唆します。そこで、この「伝導電子」とバンドギャップ内にある「ホール(正孔)」が再結合する過程で青色発光が生じているとするモデルを提案しています。現在までに幾つかの酸化物発光材料は見つかっていますが、その多くは電気の流れない絶縁体です。今回のように電気が流れる材料が発光特性を示すということは全く新しい発光メカニズムです。

青色発光素子では窒化ガリウム(GaN)などの半導体材料が注目を集めています



レーザー蒸着装置を操作する菅 大介さん(附属元素科学国際研究センター、博士後期課程3年生)と、寺嶋教授。根幹となるアイデアや、日々の実験など、研究は緊密なチームワークで成り立っている。

が、今回発見したチタン酸ストロンチウムでの青色発光は、アルゴンイオンビームの照射という簡便な手法で局所的な酸素欠損領域を作り出し発光させられることが大きな特徴です。例えば、微細加工技術を使ってアルゴンイオンビームの照射領域をパターン化することで、任意の大きさや形状の発光素子を簡単に作ることが可能となります。現段階では発光強度はかなり低いために直ちに実用化を考えることは難しいですが、これを契機にしてさらなる展開の起こることを期待しています。

チタン酸ストロンチウムと同じペロブスカイト型の結晶構造をとる物質には、高温超伝導酸化物や巨大磁気抵抗酸化物、最近ではマルチフェロイックスと呼ばれる新しい磁性強誘電体酸化物などがあります。このような酸化物材料の示す多彩な物性は、シリコンを中心とする半導体では実現不可能な将来の新しいエレクトロニクスを生み出すものとして期待されています。今



図1 微細加工のプロセス

回のチタン酸ストロンチウムでの青色発光現象の発見は、このような酸化物エレクトロニクスに新しい特性を加えるものであると考えています。

この成果は英科学誌Nature Materialsの11月号に掲載されました。また、この研究に関する実験を中心的に進めた博士課程大学院生の菅大介君(無機先端機能化学研究領域)は今年度の化学研究所所長賞(学生奨励賞)を受賞することになりました(P16参照)。

なお、この研究の一部は、低温物質科学研究センター、奈良先端科学技術大学院大学、浜松ホトニクス(株)との共同研究により行われたものです。

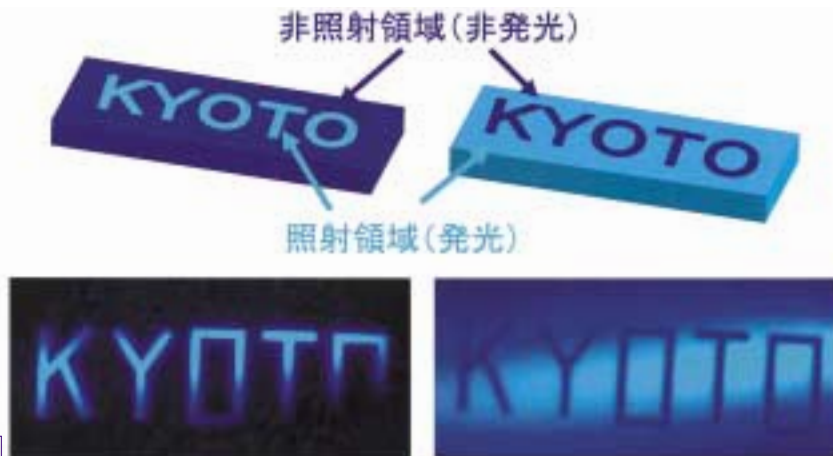


図2

微細加工によりアルゴンイオンビーム照射領域をパターン化したチタン酸ストロンチウムのカソードルミネッセンス
左: KYOTOの文字領域をアルゴンイオンビームで照射、KYOTOの文字が青色に発光。一文字、約50マイクロメートル。
右: KYOTOの文字領域をマスクして背景領域をアルゴンイオンビームで照射、KYOTOの文字部分のみが発光していない。



「企業での研究は計画した目標を達成する。それに比べて、計画外の思いもかけない結果からでも、新しい成果へと発展する研究ができることが、大学研究の特徴であり、面白い所でもありますね。」と話す島川教授。企業で研究に携わっていた経験から出る言葉だ。