

# 透明エレクトロニクス実現に一步

## 酸化物の量子ホール効果

東北大 JST 世界初 観測に成功

「透明エレクトロニクス」の実現に向けて各研究機関で透明な酸化物半導体を用いた電子回路技術の開発が進められているが、従来の半導体に比べて完全な薄膜結晶を得ることが困難なことから、薄膜トランジスタの高性能化に必要な移動度の向上が阻まれてきた。

透明酸化物半導体である酸化亜鉛の薄膜結晶品質を改善することで、紫外発光ダイオードや透明薄膜トランジスタの開発を行ってきた東北大学金属材料研究所の大友明助手、塚崎敦博士ら研究員らの研究グループは、同大電気通信研究所およびJSTと共同で高品質

な薄膜界面に分極効果を利用して、高移動度の2次元電子ガスを形成する技術を開発。酸化物における量子ホール効果の観測に世界で初めて成功した。透明薄膜トランジスタの高性能化を可能にし、透明エレクトロニクスの実現に道を開くだけでなく、高



①量子ホール素子の写真、②透過電子顕微鏡写真（東北大多元研進藤教授提供）

温超伝導酸化物をはじめとする多様な物性・材料群と量子ホール効果を組み合わせることで、全く新しい物理現象発見への可能性を広げるものと期待される。量子ホール効果は、結晶中の不純物や欠陥が少なく、かつ希薄な2次元電子ガスが存在する状況で、電子が不純物に散乱されず磁場中で円軌道を描いて運動することによって生ずる現象。同グループが同効果の観測に用いた試料は、酸化亜鉛（ZnO）および酸化マグネシウムの混晶（MgZnO）の積層薄膜からなる。観測の結果、まず1ケルビン以下という極低温で成長した試料の移動度（一定の電界が与えられた固体中で電子が移動する速さを示す物性値で、1cm<sup>2</sup>当たり1Vの電界中で1秒間に移動する距離）が特に高く、密度が希薄な2次元電子ガスを得ることに成功した。

これにより従来の薄膜結晶の電子密度を一桁低くし、移動度を約4倍に高めることができたという。

さらに、2次元電子ガスの密度が分極効果で広範囲に制御できる新しいメカニズム、2次元電子ガスを下げることで、整数量子ホール効果の「整数」に相当するランダム準位占有数が2まで到達することを確認した（この値が1より小さくなると分数量子効果発現の可能性が高まる）。

大友助手の話「これまでの研究の延長として、現分数量子ホール効果の観測を行っているところです。今後は、結晶成長技術を一段と高めることで、これまで以上に高い移動度と低い電子密度の実現をめざす。最終的には、薄膜トランジスタの高性能化に挑んでいきたい。そのためには、二層の膜の上にスイッチ機能として絶縁体の薄膜とゲート金属をくっつけるわけですが、その界面がキーポイントで、それをよくすることが重要になります」