

エレクトロニクスの未来を担う イオン液体を用いたトランジスタの開発

ありとあらゆるエレクトロニクス製品に使われている半導体トランジスタ。その技術は目覚ましい発展を遂げているが、従来のトランジスタでは克服するのが困難な課題も残されている。このような状況の中、電力中央研究所の小野氏はイオン液体を用いた新しいタイプの電界効果トランジスタの開発に成功。次世代の半導体の未来を担う研究者の一人として科学の発展に寄与している。

低電圧でも駆動する 極めて高性能なトランジスタ

近年、エレクトロニクス業界では高速化と省電力化が求められている。幅広い製品に使用される電界効果トランジスタ(FET)もその例外ではない。このような状況の中、新しいタイプのFETとして注目を集めているのが、小野氏が研究を進めるイオン液体を用いたFETである。

このFETは、イオン液体と半導体、およびイオン液体とゲート電極の間の界面に、電気二重層と呼ばれる状態を作る事によりFETとしての機能を実現する。電気二重層の厚さは1nm程度しかなく、わずかな電圧でも高電界を発生させることが可能。従来のFETに比べて1/100~1/500の電圧で駆動できるため、省電力化に直結することがイオン液体を用いたFETの最大の利点となる。

実用化にあたっては、液漏れ対策が難しい、CPUなどに利用するにはより高い周波数で駆動しなければならない、といった課題も残されているが、将来を担う新技術として多大な期待が寄せられている。

これまでも電解質を用いたFETの研究は行われていたが、十分な性能が得られなかったため「これは使えない…」というのが研究者の間の定説であった。この定説を打破したのが小野氏である。「最初は電力中央研究所で二次電池の研究を進めているグループからイオン液体を分けてもらい、それを使って試作品を作製しました。その結果、自分でも驚くほど高性能なFETを作製することができました」。この成果を論文として発表することが契機となり、世界中がイオン液体を用いたトランジスタに注目するようになる。現在では電解質を使ったFETの研究は、イオン液体を用いたものが主流になっているという。

イオン液体を用いたFETの開発では、試作品を作



shimpei ono

財団法人電力中央研究所 材料科学研究所
先進機能材料領域 主任研究員 博士(理学)

小野 新平

- 出身学部・学科
東京工業大学大学院 理工学研究科化学専攻
- 博士論文のテーマ
銅酸化物高温超電導体の輸送特性の研究
- 電力中央研究所を選んだ理由
様々な分野の専門家が集まっている点と、仕事をしながらドクターを取得できる点。

- 趣味
音楽鑑賞、サイクリング、ジョギング、サーフィン
- 将来の夢
材料のユニークな物性を存分に引き出すことで、今まで誰も思いもつかなかった新現象を発見したい。
- 学生に向けて
一つのテーマだけに固執せずに、多様な人の話を聞いて、可能な限り自分の引き出しの数を増やして欲しい。

知の探求者たち

製して性能を評価するという手順を踏むが、小野氏によると、その作業は「最先端の研究とは思えないほど泥臭いもの」という。FETに使用する半導体は極めて薄くピンセットで挟むと壊れてしまうため、爪楊枝の先に筆の毛を取り付けた自作の器具で取り扱う。イオン液体は極細のスポイトで滴下する。これらの作業を顕微鏡を覗きながら行う必要があるため、相当に器用な手先が要求される。「以前にジュネーブ大学で共同研究をしていたとき、私は1時間に10個程度の試作品を作製できましたが、同僚は1日で2~3個しか作製できませんでした。このとき自分が人より器用であることに気付きました」と小野氏が語るように、技術的な知識だけでなく手先の器用さも要求されるのが、この研究の面白い点といえる。

イオン液体を用いたトランジスタは 未知の領域が多い研究分野

イオン液体を用いたトランジスタの研究は未知の領域が多いことも、研究者にとって魅力的な存在となる。イオン液体の種類だけでも膨大な数になるし、挙動がよく知られていない現象も多い。これまで超電導現象を起こさないとされていた物質が、イオン液体を使うことで超電導物質に変貌するケースもあるという。

イオン液体は、化学的に安定で、不揮発性、難燃性という観点から、環境に優しい次世代の溶媒と言われる。地球の未来に優しい、再生可能な資源という意味でも、今後の発展が大いに期待される分野である。

人と人のつながりを重視する 有言実行タイプの研究者

学生時代、小野氏は原子核に関連する研究を行っていた。この研究は加速器を使用するため、施設

が大掛かりで携わる研究者の数も多かったという。「もっと自分の手で研究を進めたい」と考えていた小野氏は、先輩の勧めもあって電力中央研究所への就職を決断する。「研究者として仕事を続けていきたいと思っていましたし、電力中央研究所なら仕事をしながらドクターを取得できる。これも進路を決断する上で大きなポイントとなりました」と小野氏は当時を振り返る。

小野氏の研究姿勢で特徴的なのは、非常に人好きであること。自分にできることは自分ですが、できないことは他の研究者と共同で進める。このような姿勢により共同研究も潤滑に進めてきた。「学会に出席したときに寂しい思いをしたことはありません」と語るように、面識のある研究者が沢山いることも小野氏の強みとなっている。また「時にはハタッリも必要。そうやって自分にプレッシャーをかけることで研究の励みにしています」と語るように、有言実行タイプの研究者でもある。今後の展望については「イオン液体を用いたトランジスタのさらなる高性能化を目指すと同時に、個々の材料が持つユニークな特性を引き出せるような研究を進めていきたい」と小野氏は語っている。

様々な分野のエキスパートが各自の個性を活かして、常に新しい研究に挑戦できる。これも電力中央研究所で研究をする醍醐味と言えるだろう。

電界効果トランジスタ(FET)
ゲート電極に電圧を加えて電界を発生させることで、ソースとドレインの間に流れる電流を制御するトランジスタ。CPUやディスプレイのようにスイッチや論理回路などを要する製品で利用されている。

イオン液体
常温で液体状態を保つ塩(えん)を指す。通常、塩は固体であるが、イオンをサイズの大きい有機イオンに置換することにより融点が下がり、常温でも液体で存在できるようになる。

電気二重層
イオン液体と電極の界面に正負の荷電粒子が向き合い、層状かつ連続的に並んだ状態。極薄のキャパシタが形成された状態と見なすことができる。イオン液体を用いたFETでは、この厚みが1nm程度しかなく微弱な電圧でも高電界を発生させることができる。

