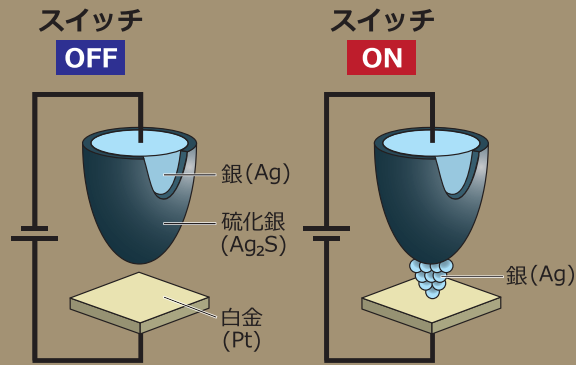


MANAの代表的な研究成果

原子スイッチ

原子スイッチとは、電圧をかけた時に生じる酸化還元プロセスによって金属原子（イオン）が移動することで動作する極小のスイッチング素子です。ごく微量の消費電力で起動でき、原子数個が電極同士の隙間にあるかないかでオンオフを実現する特性を活かして、原子スイッチを利用した様々な次世代の高性能デバイスの開発が進められています。さらにMANAでは、この原子スイッチが、脳の神経活動の特徴である「必要な情報の記憶」と「不要な情報の忘却」を自律的に再現する「シナプス素子」として動作することも発見しました。



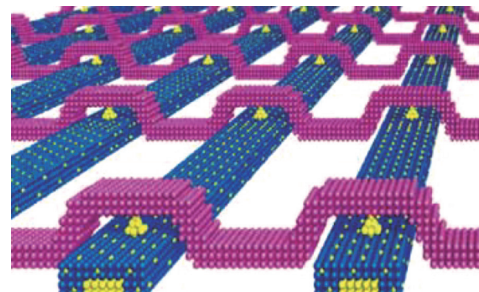
銀原子が硫化銀の先端から出てくるとスイッチがオンになるギャップ型原子スイッチの模式図

身の回りにはスマートフォンやパソコンなどの電子機器には半導体内の電子移動を利用するエレクトロニクスデバイスが使われてきました。エレクトロニクスデバイスは半導体の微細化・集積化の技術開発によって目覚ましい発展を遂げましたが、現在はその進歩が鈍化しつつあり、次世代の高度情報化社会へと発展するために全く新たな原理で動作するデバイスの開発が求められています。MANAはこれまでの電子移動ではなく、原子（イオン）の移動を利用したイオニクスデバイスである「原子スイッチ」を世界に先駆けて発明し、その研究開発を進めてきました。

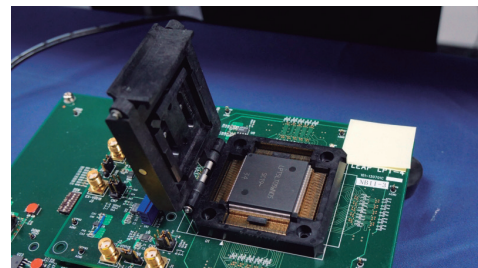
ポスドク研究員時代に原子スイッチの現象を発見した寺部一弥 MANA主任研究者 (PI) によると、実は原子スイッチは、その動作原理を机上で予測して発明に至ったものではありません。当初は、走査型トンネル顕微鏡の探針にイオン伝導物質を使用し、その針先端に高い電界を発生させることによって針先から金属原子を一個ずつ滴下して、原子が並んだ線を基板上に描画する実験を進めていました。その中で思いがけず、探針にかかる電圧を制御すれば、探針の先端に数個の金属原子の突起を伸ばしたり縮めたりできることを見出したのです。このセレンディピティによって得られた基盤技術が原子スイッチの発明に繋がりました。

今では原子スイッチは、電源を切っても情報記録が残る不揮発性メモリや、最も進んだ半導体集積回路の一つであるFPGA (Field Programmable Gate Array)、ニューロモルフィック回路などの高性能化に向けた素子の最有力候補と目されています。寺部PIは「使われてこそ材料」という理念の下、原子スイッチの価値を十分に発揮させるべく、実用化に向けて世界をリードする研究開発を進めています。材料の製品化には非常に高い信頼性と安定性が求められる中、共同研究先のNECの大変な努力のおかげで、チップサイズが従来の1/4・消費電力が従来の1/3でしかも低コストな、原子スイッチを利用した新しいFPGAが2011年に実現しました。ロボットの可動部の近くにおける電気ノイズや人工衛星における宇宙線による誤動作がほとんどなく、AIやIoTの発展において活躍することが期待されています。

また、電気信号の入力の頻度や大きさに応じて伝導経路が形成されたり消滅したりする原子スイッチの動作は、生物の脳内における神経細胞間の結合強度の変化とよく一致しています。このことは、ソフトウェアではなくハードウェアである素子自体が変化して判断を行うデバイスの実現可能性を示唆しており、MANAは原子スイッチを用いた「脳型コンピューティング」の研究開発にも取り組み始めています。



集積したギャップ型原子スイッチの模式図



原子スイッチを利用した新しいFPGA
(出典：株式会社インプレス PC Watch)

寺部一弥
主任研究者

