

## 半導体、AI 向けに照準

AI（人工知能）時代の進展を見据えた半導体開発が盛んになっている。開始から約40年を迎えた日米共催の国際会議では、AIによる半導体設計も議論された。かつて世界をけん引した日本の半導体産業は衰退した。AI時代に再び存在感を高める機会はあるのだろうか。

「10年以内に機械が新しい半導体回路を発明するだろう」。6月、半導体の国際会議「VLSI シンポジウム」のパネル討論で、米テキサス大学オースティン校のサン（Nan Sun）准教授は強調した。回路設計におけるAIや機械と人の役割分担のあり方が討論のテーマで、サン准教授は開発中の全自動でのIC設計システムを紹介した。今回の国際会議ではAI向け半導体の発表が相次いだ。技術部門の投稿論文248件のうちAI向け半導体は31件と、記録媒体関連の48件に次ぐ数だった。AIがスマートフォンや家電、自動車など様々な場所に浸透するにつれて、半導体の重要性も高まっている。

従来の半導体はAIの計算やデータのやりとりに適していない。AIの中核技術であるディープラーニング（深層学習）は計算量が多いため、大量のデータを用いた超並列計算が必要になる。通常の平面的な回路では、プロセッサとメモリーをつなぐ配線が障害となり、計算が遅くなったり消費電力が大きくなったりする。

東京大学の小林正治准教授らは計算機能を持たせたメモリーを使うことで配線の問題を解決し、これを立体的に重ね合わせて並列計算に適した素子を開発した。立体的に重ねる組み合わせはあったが、加工時に400℃を超す高温になり回路が壊れるため、高度な計算ができるものは作れなかった。小林准教授らは酸化物半導体を使うことで400℃以下で加工できるようにし、メモリーを立体的に重ねた回路の作製に成功した。簡単な深層学習の計算で「実証した」（小林准教授）。

AI向け半導体は搭載した製品の国際競争力を左右しかねないため、企業の開発も盛んだ。米クアルコム子会社とサムスン電子は、最先端の線幅7nmの加工技術で作った、次世代通信「5G」とAIを統合したスマホ向けチップを公表した。半導体を巡っては、常に激しい国際競争が繰り返られてきた。VLSI シンポジウムは、日本が半導体で世界を席巻した影響で起きた日米の貿易摩擦をきっかけに、技術交流を深める目的で1981年に始まった。1980年代半ば、採択論文のうち過半数を日本が占めた。2000年代以降はコスト競争と大規模投資で日本企業は後れを取り、韓国や台湾などが台頭した。2020年は技術部門の採択論文数で日本は米国、台湾、欧州に次ぐ4位にとどまった。

日本の復権は可能なのか。VLSI シンポジウム委員会委員

長の黒田忠広東大教授は「国内に分散する強い技術をうまく組み合わせれば勝機はある」と強調する。半導体は約1年半で性能が2倍になる「ムーアの法則」に沿って発展してきたが限界も指摘される。黒田教授は「（立体化は）次の四半世紀のムーアの法則の原動力になる」と期待する。立体化には素材を薄くしたり、異種材料を組み合わせたりすることが不可欠で、日本がまだ強みを持つ素材や装置の技術の組み合わせが鍵だという。AIがスマホや自動車などの端末で効率よく動くのにも重要だ。半導体の開発競争は米グーグルや米フェイスブックなども加わり、かつてない速度で進む。規模で劣る日本勢の知恵が問われる。

NIKKEI

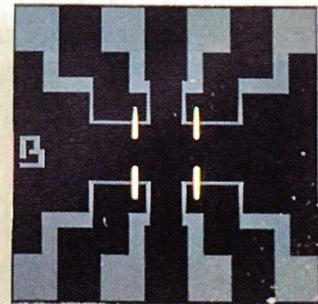
## 唾液でストレス検査 簡便に

早稲田大学の大橋啓之教授らは、ストレスを感じると唾液中に漏れ出る物質を簡単に測るセンサーを開発した。ストレス物質をとらえる分子を半導体の上に並べ、量の変化を電圧の変化で読み取る。特殊な製造技術はいらず、検査コストが従来より安くなるという。ストレスの有無をいち早く調べ、健康管理に役立てる。

研究チームは副腎皮質が出すホルモンの「コルチゾール」



大橋啓之 早稲田大学



開発した半導体は、ストレス物質を測れる（画像下）。微量の唾液で測定でき、洗えば再使用できる（画像上）。

に注目した。心身のストレスが強まると、唾液や血液中の濃度が高まる。このため、このホルモンは「ストレス物質」ともいわれる。増加量をこまめに調べれば、ストレスに伴ううつ病のような病気の発症を早めに察知できると期待している。

開発したセンサーは、コルチゾールを含めた3種のストレス物質をとらえる分子を半導体の上につけた。物質が結合すると電気が流れ、電圧の変化で物質の量が測れる。この半導体を使ったセンサーは、1分ほどで唾液からストレス物質を測れた。必要な唾液の量は10マイクロリットルと、ごくわずかだったという。分子は劣化しにくく、薬品で洗えばセンサーを繰り返し使える。実験では10回の使用でも性能は落ちなかった。分子の最適な固定方法を見つけ、感度をこれまで研究報告のあったセンサーの約1000倍に高めた。従来も半導体を使うセンサーの研究はあったが、唾液が含むコルチゾールのわずかな濃度変化はわからなかったという。

半導体の構造を工夫したところ、センサーの動作も安定した。半導体には特殊な材料は使っていない。半導体を使う割には、製造コストも安くすむという。ストレス物質の量は、突然のストレスでも変化するとされる。一日の中で何度も検査できれば、ふだんのストレス状態がわかり、ストレスの上昇が見分けやすくなる。

唾液は体に負担をかけずに測れるが、従来法は半導体を使わず複数の試薬を反応させる仕組みで作業がわずらわしかった。一回の測定に1時間以上かかり、試薬のコストも高かった。今後はさらに研究を重ね、2年後を目標に心身の健康度をモニターする機器としての利用を目指す。

一方、研究チームは畜産業などのニーズも開拓できるとみている。酪農業では、乳牛の乳の量はストレスによって数倍も違うという。ストレスをチェックできれば、ケアしやすい。ストレスが低い時は繁殖にもふさわしいとみられ、ストレスを管理して出産数の増加につなげたい考えもある。今後は牛の唾液でも検査ができるかどうかを検証したいという。 **NBD**

## 超高線量でも遠隔測定

東北大学と京都大学、三菱電機などの研究グループは、毎時1キロシーベルトと極めて高い放射線量にも対応できる遠隔操作型の線量計を開発した。東京電力福島第1原子力発電所の事故で溶融燃料（デブリ）がある炉心内部の一部などでは、線量が毎時500シーベルト以上と推定されているが、線量が高すぎてこれまで正確に計測できていなかった。デブリの分布の調査などに活用し、廃炉作業での使用を目指す。

高線量の放射線は、放射線が当たると発光する結晶（シンチレーター）を使い、その光を比較的線量が低いエリアまで

光ファイバーで伝送して計測する手法がある。高線量下では光を検出する機器にノイズが生じて正常に動作しなくなるためだ。実際に炉内の線量を遠隔で計測する場合、光ファイバーの長さは100m程度またはそれ以上の規模になる。長距離の光ファイバーを使うためには、伝送効率が低下せず、十分に明るく発光する材料が必要になる。しかし従来のシンチレーターの発光波長は主に550nm以下（緑や青色または紫外光）であるため、光ファイバーでは伝送効率が落ち、遠隔計測に不適という問題があった。

東北大・未来科学技術共同研究センターの黒沢俊介准教授や金属材料研究所の大学院生の小玉翔平さんらは、セシウムやハフニウム、ヨウ素で構成されるシンチレーターを開発した。放射線を照射すると発光波長は600～800nmと、赤く発光し、光ファイバーでの伝送効率は青色よりも優れている。また明るさの指標となる発光量は、従来の青色発光のシンチレーターの最高値と同程度になった。

毎時1キロシーベルトまでの放射線量との関係性を調べ、新材料の発光強度が線量に比例して大きくなることを確認した。線量がわからない場所でも発光量から推定できる。

新材料は、放射線を当ててから発光するまでの応答時間が短く、放射線照射後1秒以内に明るさが安定する。リアルタイムで正確な計測ができる可能性が高い。従来の放射線の照射で赤く発光する材料として、ルビーなどがある。しかし発光強度は新材料の1/10程度で、明るさが一定になるまでに30分以上要していた。

溶融燃料のある1号機の原子炉格納容器内は放射線量が高く、人は立ち入れない。炉内の調査は主に電磁波やロボットなどを利用している。黒沢准教授らは数年以内に、開発した線量計をロボットに積んで炉内へ投入し、線量を計測したい考えだ。ただ、デブリの堆積状態など詳細な状況は不明で、炉内で働くロボットなどもまだ開発途上だ。新線量計を使う環境作りも課題だ。 **NBD**

## 脳の神経回路を可視化

脳内の神経細胞の複雑なネットワークを画像で見えるようにする研究成果が相次いでいる。脳がどのようにして機能しているのかを突き止めようといま最も注目されている「コネクトーム」という分野だ。神経回路の活動と働きを突き合わせ、脳が備える感覚や運動、記憶などの高度な機能の仕組みを解明する手掛かりになると期待されている。

「100匹以上のサルを撮影してきた。2003年に計測装置の開発を始めて、ようやく目指してきたデータを蓄積できるようになった」――。サルの大脳皮質やその下にある組織