平成19年9月3日付日刊工業新聞掲載

石ころのナノテク 酸化物が半導体に

シリコン主役の電子工学に新風

ガラスやセメントなどの材料である、地球上にありふれた「酸化物」がエレクトロニクスの舞台に躍り出た。酸素は周期表のほとんどの元素と化合物を作るため、酸素と結合した酸化物には多様な種類と構造が存在する。この酸化物、絶縁体であるというのがこれまでの常識。しかし、近年の研究から電気を通す性質が見つかり、半導体として使える可能性が出てきた。いわば酸化物である"石ころ"がナノテクノロジーで電子デバイスによみがえる。世界でこの分野を先導する2人の研究者がいる。

（藤木信穂）

東工大 細野教授 有機EL応用へ TAOS広める

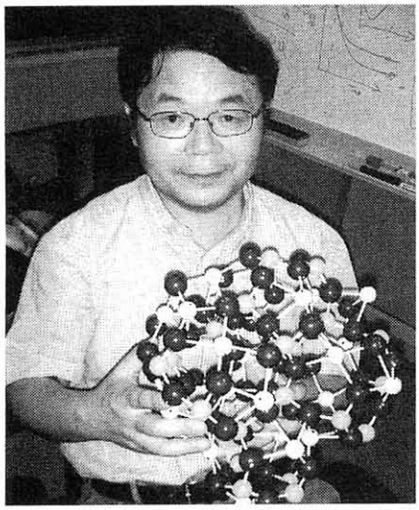
「有機エレクトロ・ルミネッセンス（EL）のために生まれた材料だ」。こう言われる新しい材料がある。東京工業大学の細野秀雄教授らが開発した透明アモルファス酸化物半導体―「TAOS（タオス）」だ。「今年1年間はとにかく『TAOS』を広めると決めている」と話す細野教授。学会や講演会などに引っ張りだこで、普及活動に余念がない。

細野教授らは04年11月、英科学誌ネイチャーに「透明で曲がるTAOSを活性層とした薄膜トランジスタ（TFT）」と題した論文を発表。この成果に国内企業だけでなく、韓国のサムスン電子、LG電子など世界の大企業が一斉に食いついた。「こんなに大騒ぎになるとは思わなかった」（細野教授）。想定外のうれしい悲鳴だった。

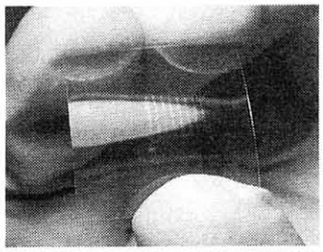
それから3年足らず。TAOSのTFTをディスプレーを駆動するスイッチ素子に応用する研究が世界的に盛り上がり、主要な材料学会ではTAOSのセッションが設けられた。5月に米国で開かれたディスプレー関連学会ではソニーの「曲がる有機EL」に注目が集まったが、LG電子はTAOSを使った初めての有機ELパネルをお披露目した。「わずか3カ月でパネルを試作した」というLG電子の技術に細野教授は驚く。

細野教授らが開発したTAOSのTFTはプラスチック上に形成すれば軽量で曲がるディスプレーが実現する。透明なためバックライトを利用すれば省電力も見込める。液晶ディスプレーに使われているアモルファス（非晶質）シリコンや有機半導体と比べるとその性能は10倍以上。そのため、液晶より高い性能を必要とする有機ELがターゲットで、採用が進む低温ポリシリコンの置き換えを狙う。

現在、細野教授はキヤノンや凸版印刷と組んで実用化に向けた研究を進めている。「TAOSはまさに時代が欲していた。新しい材料が世の中のニーズにうまく結びついた結果だ」とみる。



超電導を示すことを発見したセメント材料「C12A7」の模型



透明で折り曲げ可能な薄膜トランジスタ

酸化亜鉛使い LED実用化へ

東北大川崎教授

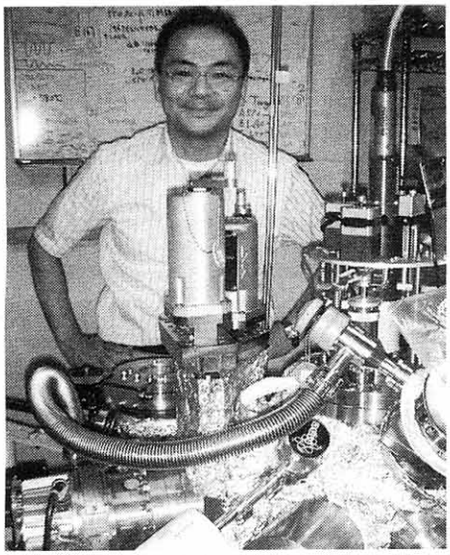
一方、この分野で細野教授が「プロセスの鬼」と称賛するのが東北大学の川崎雅司教授だ。2人は共に「酸化物エレクトロニクス」の発祥、東工大で肩を並べて研究した間柄。数ある成果の中で川崎教授が最も期待するのが、化粧品原料の酸化亜鉛を使った紫外発光ダイオード（LED）。ロームと実用化を急ぐ。

細野教授とほぼ同時期の04年12月、川崎教授は酸化亜鉛のpn接合に初めて成功。紫外で発光する素子を作製し、英科学誌ネイチャーマテリアルズで発表した。既製の窒化ガリウムを使った白色LEDは青色LEDに蛍光体を混ぜているため、光が青白い。一方、酸化亜鉛の紫外LEDを使えば「純白の白色ができる」（川崎教授）のが特徴で、コスト面でも優位に立てる。

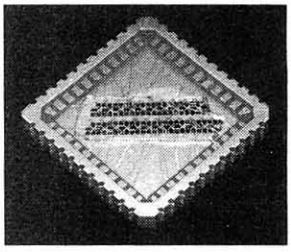
TFTでも川崎教授はアモルファスではなく酸化亜鉛の結晶を使う。競合するTAOSのTFTより高い動作スピードを達成しているが、パネルへの適用はこれから。共同研究先のシャープは「もう少し性能が上がれば違った世界が開ける」と教授に発破をかける。希少金属であるインジウムの代替としても、酸化亜鉛は注目される材料だ。

川崎教授は酸化物半導体の光や電子の機能だけでなく、磁気機能にも目を向ける。これまでに光触媒として知られるチタン酸化物にコバルトを添加し、室温で透明な磁石を作製した。また産業技術総合研究所の十倉好紀教授、シャープと共同でメモリーの研究も進める。今後は「光と電子、磁気機能を組み合わせて新たな価値を見いだしたい」（川崎教授）という。

研究室レベルではここまで飛躍的に性能が伸びてきた酸化物材料。ただ、これを実用的なデバイスとして育てるにはまだ高いハードルがある。シリコンの牙城である現在のエレクトロニクスに、酸化物がデビューする日が待ち遠しい。



酸化物の薄膜を効率よく作製する独自の「コンビナトリアル合成装置」



量子ホール効果を持つ酸化亜鉛の半導体