

発展を続ける次世代電子材料「IGZO」 新構造を備えた進化版の展開が本格化

従来よりも優れた特性を備えた電子デバイス材料として注目されている酸化物半導体。その量産で世界に先鞭をつけたシャープは、独自の酸化物半導体実用化技術「IGZO」の新たな展開に乗り出した。量産で先行した「ナノクリスタル」と呼ぶIGZOから、同社のオンリーワン技術である結晶構造を備えた「CAAC-IGZO」へと順次生産の中心をシフト。これによって他社がなかなか追従できない一段と高い付加価値を備えたデバイスを提供する。

シャープがIGZOのブランドを本格的に打ち出したのは、2012年11月～12月のことだ。「高精細」で「低消費電力」の液晶ディスプレイを搭載した製品を、この間に相次いで発表(次ページ図1)。このとき、これらの製品に搭載されている先進的なスペックを備えたディスプレイを実現したキー・テクノロジーのブランドとしてIGZOを積極的にアピールした。具体的には、2012年11月に従来のHDTV(high definition television)の4倍の解像度を備えた「4K2K」フォーマットの32型ハイエンド・モニターを発表。更にNTTドコモ向けスマートフォン「AQUOS PHONE ZETA SH-02E」を発売。12月には、7型ディスプレイを搭載したKDDI向けタブレット「AQUOS PAD SHT21」と、2013年3月発売ソフトバンクモバイル向けスマートフォン「AQUOS PHONE Xx SoftBank 203SH」を発表した。「いまやIGZOはディスプレイ分野において、高画質で優れた省エネ性能をあらわすブランドとして市場で広く認知されています」(シャープ執行役員 ディスプレイデバイス事業統轄兼ディスプレイデバイス事業本部長の今矢明彦氏)。

業界に先駆けて量産展開

消費者の間では、ディスプレイのブランドのように認知されているIGZOだが、本来は同社と研究開発専門企業の半導体エネ

ルギー研究所が独自に開発した酸化物半導体実用化技術のブランドである。酸化物半導体は、化合物半導体の一種。絶縁体になりやすい酸化物でありながら常温で金属と絶縁物の中間の抵抗率を示すという半導体の特性を備える。様々な酸化物半導体材料の中でも、技術者や研究者の間で高い注目を集めているのが、IGZOにも採用されているインジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)の酸化物である

InGaZnOである。InGaZnOを使ったトランジスタは、従来のSi(シリコン)トランジスタに比べて優れた特性を発揮する。しかも透明な材料を実現できることから、フラットパネル・ディスプレイの駆動回路を構成するTFT(thin film transistor、薄膜トランジスタ)に適した材料として早くから注目されており、2000年頃からこの用途に向けた開発が活発化している。

こうした中で、いち早く量産にこぎ着けた



今矢明彦氏

シャープ株式会社 執行役員
ディスプレイデバイス事業統轄
兼ディスプレイデバイス事業本部長

図1 「IGZO」を採用した液晶ディスプレイを搭載した製品（2013年商品）



図2 IGZOの特長

1

高精細化

a-Siより高い電子移動度でTFTの小型化が容易に

2

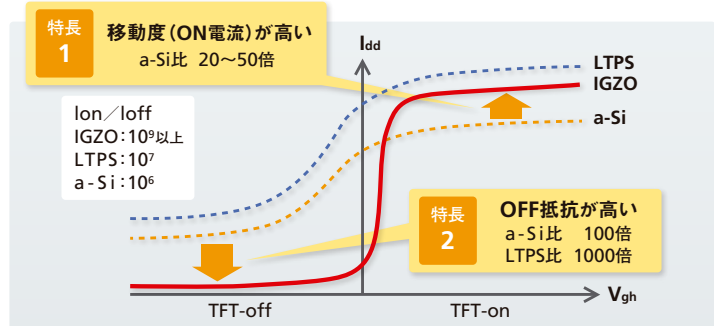
低消費電力化

オフリークの少ないIGZOで可能となった休止駆動（液晶アイドリングストップ）

3

高性能タッチパネル

静電容量方式では業界初となる鉛筆での入力を実現



のがシャープだった。同社は、半導体エネルギー研究所と共同で酸化物半導体の研究開発に着手。その成果を生かして2011年4月に、業界に先駆けてTFTに酸化物半導体を使った液晶ディスプレイの量産を始めることを発表。フラットパネル・ディスプレイや半導体材料にかかわる研究者や技術者の間で大きな話題となった。

TFTの電子移動度が飛躍的に向上

材料の技術であるIGZOは、必ずしもディスプレイのためだけの技術ではない。今後様々な分野に応用される可能性があるこの技術をシャープが、まず液晶ディスプレイのTFTに展開したのは、同社が得意とする液晶ディスプレイに優れた特長をもたらすことに着目したからだ(図2)。

液晶ディスプレイのTFT材料としてIGZOが優れている点は、大きく二つある。一つは、チャンネル移動度が高いこと。つまり電流が流れやすい。「一般的なアモルファス・シリコンに比べてIGZOを使ったTFTのチャンネル移動度は20倍～50倍にも及びます」(同社ディスプレイデバイス開発本

部 プロセス開発センター 第2プロセス開発室室長の松尾拓哉氏)。

IGZOを使ったTFTのもう一つの優れている点は、オフ状態の抵抗値が高く、チャンネルを流れるリーク電流が、小さいことだ。「リーク電流は、アモルファス・シリコンTFTの100分の1以下。低温ポリシリコンTFTと比べると1000分の1以下です」(松尾氏)。

これら二つの優れたIGZO TFTの特性が、液晶ディスプレイにもたらす大きな特長の一つが、「高精細化」だ。従来の液晶ディスプレイに比べて、同じ透過率を前提にした場合に約2倍の解像度を実現できる。

液晶ディスプレイの場合、薄いガラス基板に挟まれた液晶を透過する光を画素ごとにオンオフすることで映像を表示する。それぞれの画素をオンオフしているのが、画面に縦横に並んだ画素に組み込まれているTFTである。このTFTの材料にチャンネル移動度が高いIGZOを使うと、TFTの面積を小さくできる。このため、光が透過する領域の面積を維持したまま、1画素の面積を縮小し、単位面積当たりの画素数を増やすことができる。

消費電力を5分の1以下に

IGZOが液晶ディスプレイにもたらすもう一つの大きな特長が、「低消費電力化」である。IGZOを使ったTFTのリーク電流が小さいという利点を生かした新たな液晶駆動方式を導入することで実現する(図3)。一般に液晶ディスプレイの場合、1フレーム(1枚)の画像を表示している期間にTFTに駆動電力を供給する。従来のアモルファス・シリコンTFTを使った液晶ディスプレイの場合、1フレーム(1枚の画像)を表示している期間(60分の1秒)は、連続して



松尾拓哉氏

シャープ株式会社 ディスプレイデバイス開発本部
プロセス開発センター 第2プロセス開発室 室長

図3 消費電力を大幅に削減する休止駆動方式を可能に

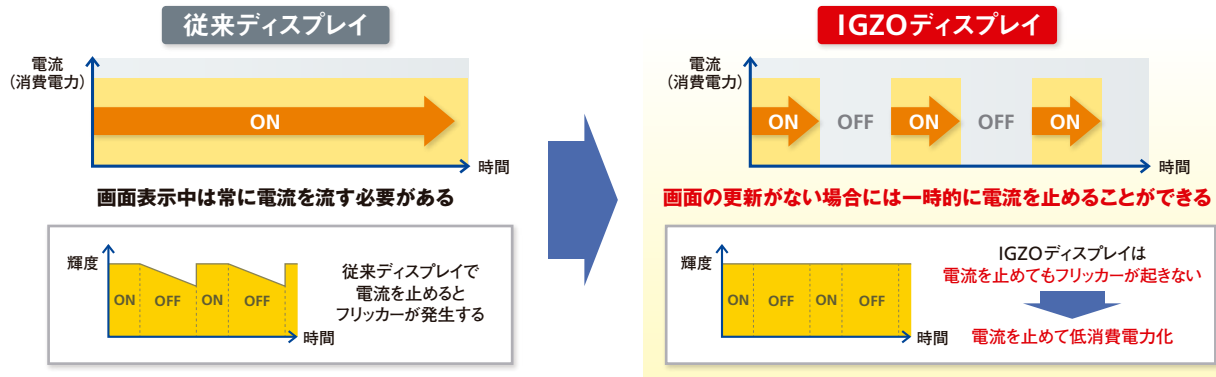
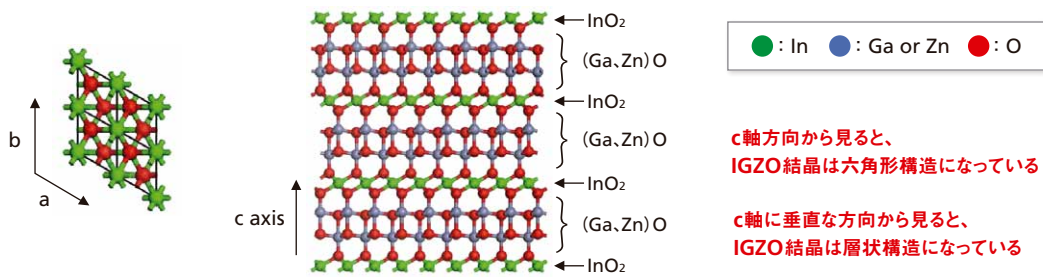


図4 結晶構造を備えた“CAAC-IGZO”に進化



提供：半導体エネルギー研究所

駆動電力をTFTに供給している。駆動電力の供給を止めるとリーク電流によって、TFTの出力電圧が低下するからだ。出力電圧が時間とともに下がると液晶が動いて画素を透過する光量が低下し画面の輝度が下がる。これが画面全体の輝度が周期的にまたたく「フリッカー」という現象を招く。

これに対してIGZOを使ったTFTの場合は、リーク電流が小さいので駆動電力を遮断してもTFTの出力電圧がなかなか低下しない。そこで、1フレームごとに「休止期間」を設けて間欠的に電力を供給して駆動することが可能になる。「こうした休止駆動方式を採用することによって消費電力は、5分の1～10分の1に低減できます」（松尾氏）。

タッチパネルを高感度化

IGZOが可能にする休止駆動方式は、スマートフォンやタブレット端末に欠かせないタッチパネルの高性能化にも貢献する。具体的には、タッチパネルの感度を高め、従来のタッチパネルではなかなか反応しなかった、尖ったボールペンの先端などでも入力

が可能になる。「筆圧によるペン先の変化などの検出も可能になります」（松尾氏）。

この理由は、駆動電力の供給を遮断してTFTが動作していない期間にタッチパネルの入力を検出するようにすることで、液晶ディスプレイの駆動回路から発生するノイズがタッチパネルの検出回路に与える影響を大幅に抑えることができるからだ。「この仕組みを採用することによってタッチパネルの検出回路のS/N(信号対雑音比)を約5倍に高めることができるはずです」（松尾氏）。

さらにもう一つ重要なのが、IGZOを使ったTFTを採用することで、アモルファス・シリコンTFTと同等の生産性を維持しながら、「高精細化」や「低消費電力化」といった特長を追求できることだ。「IGZOを使ったTFTの製造プロセスは、従来のアモルファス・シリコンTFTと基本的には同じです。いわゆるレシピの最適化で実現できます。アモルファス・シリコンTFTを使った場合と同じように、第8世代以上のガラス基板を使って生産することも可能です」（松尾氏）。

高精細化を追求するために、低温ポリシ

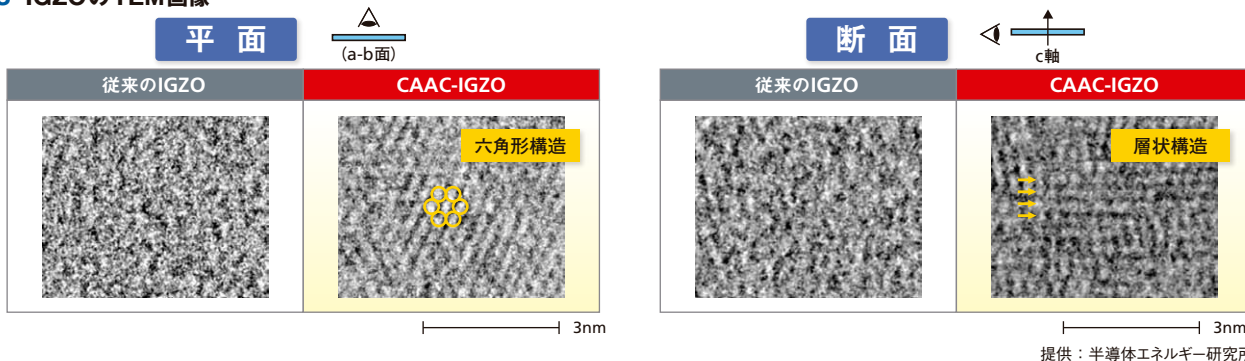
リコンTFTを採用する方法もある。ただし、前処理が必要になるうえに、TFTの製造工程が複雑になる。しかも、基板内で材料の均一性を維持することが難しいため、現状では第8世代以上のガラス基板を使った生産は、困難とされている。

一歩進んだシャープの技術

こうした多くの利点を液晶ディスプレイにもたらすIGZOの技術は、着々と進化しており、すでに“新IGZO”とも言える進化版のIGZOが液晶ディスプレイの量産に導入されている。同社と半導体エネルギー研究所が共同で開発した「CAAC(C-Axis Aligned Crystal)-IGZO」と呼ぶ技術である(図4)。CAAC-IGZOは、a、b、cの三つの結晶軸のうちc軸に沿って原子配列が強く配向している新規構造を備えた結晶状態のInGaZnOを採用している(次ページ図5)。

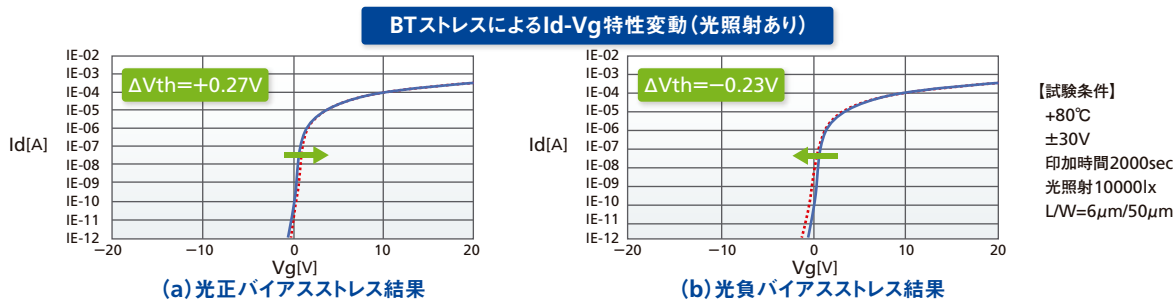
「三つの元素の酸化物であるInGaZnOは、一般に単元素で構成されているシリコンに比べて特性が不安定になります。シャープと半導体エネルギー研究所は、この問題を解決し、いち早く実用化にこぎ着けまし

図5 IGZOのTEM画像



提供：半導体エネルギー研究所

図6 CAAC-IGZOの採用でTFTの信頼性が向上



提供：半導体エネルギー研究所

た。さらにInGaZnOを結晶化することで、一段と特性を安定させることができました(図6)。これによって、『高解像度』や『低消費電力』などIGZOがもたらす特長を一段と高いレベルで引き出すことが可能になりました(今矢氏)。この“新IGZO”は、従来のInGaZnOに比べて信頼性や、薄膜化したときの均一性の点でも優れている。CAAC-IGZOの技術は、スマートフォン向けの4.9型(HD)および4.8型(フルHD)の液晶ディスプレイに採用されており、いずれも製品に搭載されている。

主流は「CAAC-IGZO」に

現在、ナノクリスタルとCAAC-IGZOの2種類のIGZOを使用した液晶ディスプレイを生産しているシャープだが、近い将来にCAAC-IGZOに一本化する方針だ。「現在、CAAC-IGZOは天理工場で生産しています。2013年度には、亀山第2工場でもCAAC-IGZOの生産を開始する予定で

す。これによってCAAC-IGZO採用品の供給能力は格段に高まります(今矢氏)。

同社が、CAAC-IGZOに生産をシフトする背景には、安定的な収益拡大を狙う同社の戦略がある。具体的には、ボリュームはあるが高い収益性を確保しにくいコモディティ品が中心の製品領域と、比較的高い収益性が見込めるカスタム品のモデルミックスを改善し、収益の変動性(volatility)を抑える。「ミッドレンジ以上の車載用、最先端のタブレット端末用、カスタムのIA(Industrial Appliance)用、アミューズメント用などの市場は収益の高い領域であり、積極的に開拓する考えです。そのようなカスタム品だけで工場のキャパシティを埋めきれない場合には、液晶TVやPCモニターなどボリュームのあるコモディティ品に選択的に取り組み、総じて変動性の低減を図ります(今矢氏)。こうした戦略を展開するうえで、同社独自の特長が打ち出せるCAAC-IGZOの技術が有利だ。

新たなデバイス開発に着手

さらに同社は、IGZOの技術を積極的に活用して新機軸のデバイスを創出することで、新しいアプリケーションを開拓。これによって売り上げおよび利益の拡大を図る考えだ。「ウエアラブルなディスプレイや、従来のカラーフィルタを使う液晶ディスプレイとは異なるフィールドシーケンシャル方式でカラー表示をするディスプレイ、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)と融合した新機軸のディスプレイなど、新たなデバイスの実現を可能にします。このうちのいくつかは、すでに開発を進めているところです(今矢氏)(詳細は本連載の第2弾に掲載予定)。こうした取り組みを進めることで、2015年に1兆円の売り上げ達成を目指す。

業界をリードするIGZOの技術を足がかりに、従来の枠を超えた新たな可能性に挑むシャープ。IGZOの技術とともに、同社の今後の展開は多くの注目を集めるに違いない。

お問い合わせ

SHARP

シャープ株式会社

ディスプレイデバイス開発本部 技術開発センター 技術企画室
〒519-0198 三重県亀山市白木町幸川464 TEL:0595-84-1221(大代表)
<http://www.sharp.co.jp/>