

ディスプレイを革新する * IGZO

半導体デバイスに革新をもたらす酸化物半導体。シャープは、独自の酸化物半導体「IGZO(イグゾー)」を開発。液晶ディスプレイに展開し、酸化物半導体を使った電子デバイスの量産で世界の先陣を切った。「高精細」「低消費電力」「新感覚のタッチパネル」。優れた特長を発揮する新ディスプレイは、情報通信の新たな可能性を開く。



シャープが世界で初めてIGZOと呼ばれる酸化物半導体を使った液晶ディスプレイ・パネルの量産開始を発表したのは2012年4月のことだ。このニュースは、ディスプレイ業界を中心に多くの技術者の中で話題になった。酸化物半導体は、フラットパネル・ディスプレイを駆動する回路に必要な薄膜トランジスタ(TFT:Thin Film Transistor)の次世代材料として、技術者や研究者の間で、かねて注目されていたからだ。IGZOの歴史は、1985年までさかのぼる。この年、科学技術庁無機材質研究所の君塚博士らは世界で初めてIGZO結晶の合成に成功し、10年以上にわたり、IGZO等のホモロガス構造について研究を行っている。2004年には東京工業大学 細野教授らが、IGZOを薄膜トランジスタに用いると、従来の液晶パネルで採用されているアモルファス・シリコンに比べて電子移動度が一桁高いことを見出し、同年11月には科学技術誌

「Nature」で成果発表がなされた。その頃から世界各地の大学や企業、研究機関が、フラットパネル・ディスプレイをはじめとする電子デバイスへの応用を意識した研究開発を着手しはじめている。そして、いち早く酸化物半導体を液晶ディスプレイに展開し、量産に乗り出したのがシャープであった。さらに同社は、半導体エネルギー研究所と共同で開発した独自技術を盛り込んだ酸化物半導体を開発していた。

新たな原子配列を持つ独自材料

IGZOは、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)の酸化物、InGaZnOである。従来から液晶ディスプレイに採用されているシリコンを使ったTFTに比べて、InGaZnOを使ったTFTは優れた特性を発揮する。ただし、3元素の酸化物であるInGaZnOは、単元素で構成されているシリコンに比べて、特性を安定させるのが難

しい。これが多くの組織から研究対象となっている均一性に優れたアモルファス(非晶質)状態のInGaZnOの量産に向けた課題の一つだった。シャープは、長年培ってきた製造ノウハウを駆使してこの課題を解決、量産化に成功した。

更に、実用化したアモルファス状態の「IGZO」に加え、半導体エネルギー研究所と共同でInGaZnOを結晶化。これによって従来と同じ元素で、新規の結晶構造を実現。安定した特性を引き出せる独自技術の「IGZO」を生み出した(図1)。この独自「IGZO」は、アモルファス状態の「IGZO」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。

その結晶構造の特長は、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点だ。これにちなんで両社は、この原子配列のInGaZnOを「CAAC(C-Axis Aligned Crystal)ー

図1 シャープと半導体エネルギー研究所が共同開発した「IGZO」の結晶構造

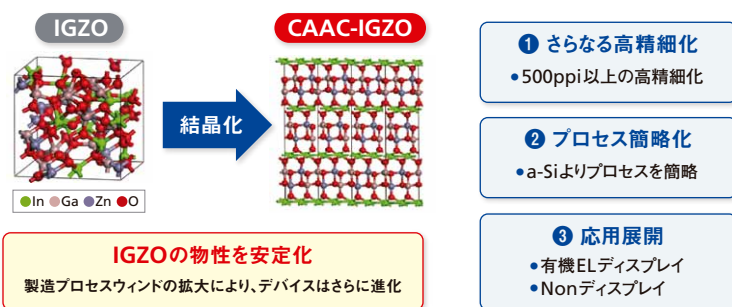


図2 「IGZO」の特長

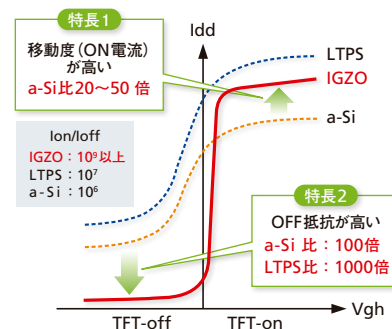
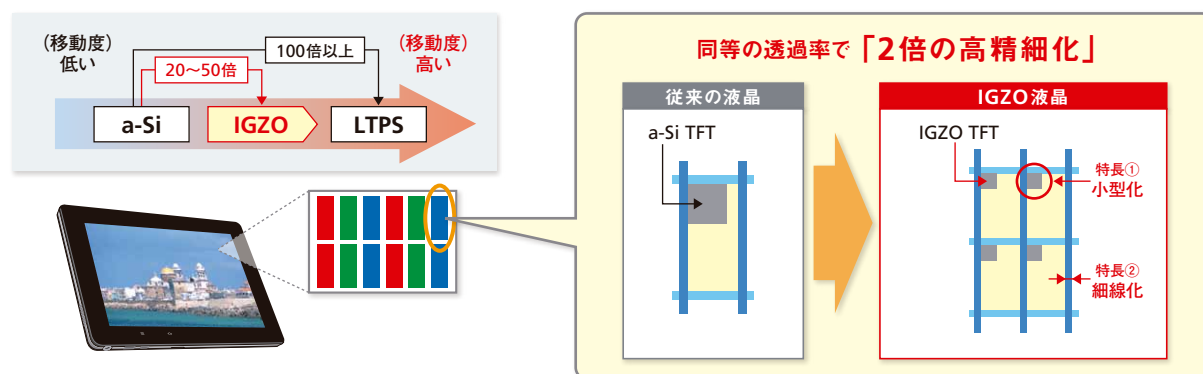


図3 高精細化の仕組み



IGZO」と名付けた。

同社は、「IGZO」を戦略的に展開するために、「IGZO」及び「イグゾー」の呼称を併せて商標化している(商標登録第5451821)。ちなみに同社は、アモルファス状態と結晶化状態の2種類の「IGZO」を用途に応じて使い分ける方針だ。

TFTの電子移動度が飛躍的に向上

フラットパネル・ディスプレイに向けたTFTの材料として「IGZO」が優れている点は、大きく二つある(図2)。一つは、TFTがオンしたときのチャンネルの電子移動度が高いこと。現在多くのフラットパネル・ディスプレイには大面積に形成するうえで有利なアモルファス・シリコン(a-Si)TFTが使われている。このアモルファス・シリコンTFTに比べて「IGZO」を使ったTFTは20倍~50倍のチャンネル移動度を発揮する。実は「IGZO」に先駆けてシャープ

は、高い移動度を追求した独自のLTPS(Low Temperature Poly Silicon、低温ポリシリコン)材料「連続粒界結晶シリコン」(Continuous Grain Silicon、CGシリコン)を使ったTFTも半導体エネルギー研究所と共同で開発し、ディスプレイに展開している。「IGZO」を使ったTFTの電子移動度は、LTPS TFTの電子移動度には及ばない。ただし、LTPSを使った製造プロセスでは、広い面積の基板上で材料の均一性を保つことが難しいため、大画面を前提にすると「IGZO」を使ったTFTが有利になる。

「IGZO」を使ったTFTのもう一つの大きなメリットは、オフ状態のときにチャンネルを流れるリーク電流が、アモルファス・シリコンやLTPSを使ったTFTに比べて格段に小さいことだ。具体的には、アモルファス・シリコンTFTの100分の1以下。LTPS TFTと比べても1000分の1以下と極めて小さい。

画素数を増やして高精細化

これら二つのメリットが、液晶ディスプレイに優れた特長をもたらす。その一つが、「高精細化」である。アモルファス・シリコンTFTを使った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。その仕組みは以下の通りだ(図3)。

液晶ディスプレイは、薄いガラス基板上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。この画素をオンオフするのがTFTの役割だ。つまり、液晶ディスプレイの画面に縦横に並んだ数十万個~数百万個の画素のそれぞれにTFTが組み込まれている。このTFTの材料をアモルファス・シリコンから、高い電子移動度を備える「IGZO」に置き換えることによって、TFTの面積を小さくできる。同時にTFTに電流を供給する配線も細く

図4 「休止駆動方式」によって消費電力を大幅に削減

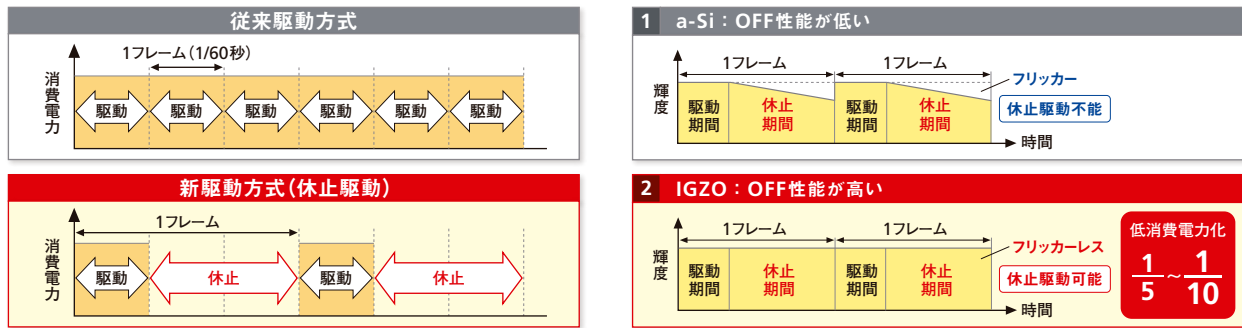
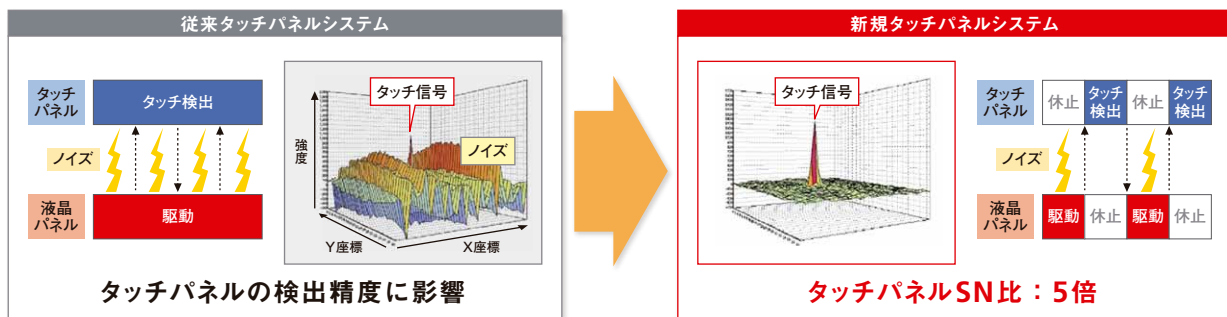


図5 タッチパネルを高感度化



できる。これによって一つの画素の面積を小さくしても、光が透過する領域の面積を従来並みに確保。つまり透過する光の量を保ちながら単位面積当たりの画素数を増やすことが可能なわけだ。

消費電力を5分の1以下に

「IGZO」がもたらすもう一つの大きな特長が、「低消費電力化」。これは、リーク電流が小さいという「IGZO」を使ったTFTの特長を生かした新しい液晶の駆動方式を導入することで実現する(図4)。一般に液晶ディスプレイの場合、1フレーム(1枚の画像)ずつTFTに駆動電力を供給する。このときアモルファス・シリコンTFTやLTPSを使ったTFTを採用した従来の液晶ディスプレイの場合、1フレームの期間中は、連続して駆動電力をTFTに供給する必要がある。これに対して「IGZO」を使ったTFTの場合は、駆動電力を供給

する期間を短くできる。つまり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だ。この「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に低減することができる。

間欠的に駆動する方式を従来のTFTに採用できない原因が、リーク電流である。駆動電力を供給する時間を短くしたときに、TFTをオフ状態にして電力の供給を止めている休止期間に、TFTのチャンネルをリーク電流が流れ、これとともにTFTから液晶に印加される画素電圧が徐々に低下してしまう。これによって光を制御するシャッターの役割を担う液晶分子が時間とともに動いて画素を透過する光量が下がる。つまり画面の輝度が下がる。1フレームごとに、この現象を繰り返すと、映像を再生したときに画面全体の輝度が小刻みに変化し、またたいているように見える

「フリッカー」という現象を招いてしまう。

新感覚の手書き入力を実現

「IGZO」を使ったTFTを採用することによって可能になる「休止駆動方式」は、さらなる大きな特長をもたらす。液晶ディスプレイの画面上にタッチパネルを設けた場合に、タッチパネルの感度や解像度が高まることだ。感度が高くなると、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にも反応するようになる。解像度が高くなれば、従来よりも細い線を認識できるようになる。筆圧によるペン先の微小な変化も検出できる。この二つの効果が合わさることで、紙に鉛筆で文字や図形を描くときと同じ感覚で、自然な操作感の手書き入力を実現できる。

こうした特長を実現できるのは、休止駆動方式を採用することによって、液晶ディスプレイの駆動回路から発生するノイズが

Interview 「IGZO」は長年の取り組みの集大成

酸化物半導体を電子デバイスに応用するための研究開発には多くの企業や研究機関が取り組んでいます。こうした中で、シャープと



松尾拓哉氏

シャープ株式会社
ディスプレイデバイス第2生産本部
第2プロセス開発室
室長

半導体エネルギー研究所が、量産品に展開できる酸化物半導体デバイス技術「IGZO」を、いち早く開発することができた背景には、長年にわたってシャープが液晶ディスプレイの設計や製造にまつわる技術やノウハウを蓄積していたこと、20年近くにわたってシャープと半導体エネルギー研究所が密接なコラボレーションを続けてきたことがあると思います。

「IGZO」を使ったTFTの製造プロセスの基本は、従来のアモルファス・シリコンを使ったTFTの製造プロセスと同じですが、工程の随所で「IGZO」に特有な最適化が施されています。この作業を進めるうえで、25年以上も前からアモルファス・シリコンTFTを手掛けてきたシャープの経験やノウハウが不可欠でした。

半導体エネルギー研究所とのコラボレーションは、

1990年代初めころから始まりました。共同でLTPS「CGシリコン」の技術を開発したのが最初です。「IGZO」の開発は、この延長で始まりました。InGaZnOを結晶化した「CAAC-IGZO」の結晶構造を発見したのは半導体エネルギー研究所です。これをTFTに展開するための技術や、その量産技術の開発に共同で取り組んできました。シャープにとって「IGZO」は、アモルファス・シリコンTFTを使った液晶ディスプレイの開発に着手してから現在に至るまでの様々な技術開発の集大成だと思っています。

「IGZO」は、液晶ディスプレイのためだけの技術ではありません。次世代の有機ELディスプレイの進化にも貢献します。

引き続き、「IGZO」の技術に磨きをかけて、シャープならではのユニークなデバイスを実現する考えです。

タッチパネルの検出回路に与える影響を抑えることができるからだ(図5)。液晶ディスプレイに駆動電力を供給しているときは、タッチパネルの検出回路を停止させ、駆動回路が休止しているときにタッチパネルの検出回路を動作させる。これによって、タッチパネルの検出回路のS/N(信号対雑音比)を約5倍も高めることができる。

従来並みの高い生産性を維持

また、生産面においても「IGZO」を使った液晶ディスプレイは、シリコン系材料のTFTを使った従来の液晶ディスプレイに比べて、有利になる。「IGZO」を使ったTFT液晶ディスプレイの製造プロセスは、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製造プロセスとほぼ変わらない。しかも、大面積のガラス基板に「IGZO」TFTを形成できるので、アモルファス・シリコンと同様に高い生産性を実現する第8世代(2160×2460mm)以上のガラス基板で高付加価値の液晶ディスプレイが生産できる。

一方、LTPS TFTの場合は、前処理が必要になるうえに、TFTの製造工程が複雑になるので、どうしてもプロセス全体が長くなる。そのうえ、基板内で材料の均一性を維持することが難しいので、大型ガラス基板への展開には工夫が必要になる。このため対応できるガラス基板は、いまのと

ころ第8世代よりも面積が小さい第6世代(1500×1800mm)までである。大画面で高精細ディスプレイという前提を重視すると「IGZO」を採用した液晶ディスプレイの方が有利だ。

クラウド・コンピューティングや「LTE(Long Term Evolution)」などの高速無線通信ネットワークの普及を背景に、高精細の映像や画像を駆使したリッチなコンテンツを利用したサービスが広がる機運が高まっている。これとともに、ディスプレイの役割はますます重要になる。液晶ディスプレイに多くの特長をもたらす「IGZO」は、こうした時代のディスプレイを実現するためのキー・テクノロジーといえよう。

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/>