

# CGシリコン技術とそのディスプレイへの応用

CGSilicon Technology and Display Application

小山 潤 Jun KOYAMA	(株) 半導体エネルギー研究所
加藤 清 Kiyoshi KATO	(株) 半導体エネルギー研究所
北角 英人 hidehito KITAKADO	シャープ(株) モバイル液晶事業本部
松尾 拓哉 Takuya MATSUO	シャープ(株) モバイル液晶事業本部

問合せ/コヤマ ジュン 〒243-0036 神奈川県厚木市長谷398 TEL 046-248-1560 FAX 046-248-1131  
E-mail/koyama@sel.co.jp

キーワード：CG シリコン，粒界，移動度，液晶，CPU

## 1 はじめに

近年，FPD すなわちフラット・パネル・ディスプレイの開発が盛んである。薄型テレビやノートパソコンをはじめとして，携帯電話，携帯情報端末などに様々な FPD が使用されている。なかでも液晶パネルは多くの電子機器に採用され，必要不可欠なものとなっている。シャープ株式会社と株式会社半導体エネルギー研究所は，これらの FPD 開発のため，共同で CG シリコン技術を研究・開発し，昨年よりシャープ天理工場にて量産を開始した。また，昨年には共同で 8 ビット CPU を世界で初めて，ガラス基板上に形成することができた。ここでは，CG シリコンの概要とその今後の応用について述べる。

## 2 シリコンを用いた電子デバイス

前述した FPD を構成するのに不可欠なものは，シリコンを用いた電子デバイスである。現在の FPD はシステム，または表示部分を構成する電子部品，電子回路の大部分はシリコン電子デバイスで作られている。ここでは特に FPD の画面表示部分に着目し，その表示デバイスについて述べる。

シリコン電子デバイスには大きく分けて 3 つの形態

があり，それらは単結晶シリコン，アモルファスシリコン，多結晶シリコンである。単結晶シリコンは数十年前から半導体デバイスとして用いられ，現在の LSI の基本となっている。アモルファスシリコンは十数年前よりディスプレイの画素部分に採用され，現在の大型液晶ディスプレイの主流となっている。また，多結晶シリコンは近年，モバイルディスプレイに採用され，小型高精細のディスプレイに用いられている。

この 3 種の形態には以下のような特徴がある。単結晶シリコンは電気特性，特に電子移動度（電流の流れやすさをあらわす指標）が高く，一般的な LSI では  $600\sim 700\text{cm}^2/\text{Vs}$  の値が得られ，電子回路を作る上ではもっとも適当であるが，シリコン単結晶基板は光を通さないため，透過型パネルの表示部には使えない。また，大きなシリコン単結晶基板を作るのが難しいため，反射型パネルを作るにしても，その大きさは 1 インチ以下である。

アモルファスシリコンは安価なガラス基板状に形成が可能であるため，その基板サイズは 1m を超えるものがすでに量産で使用されており，数十インチの液晶パネルが販売されている。しかし，アモルファスシリコンの電子移動度は  $0.5\text{cm}^2/\text{Vs}$  程度であり，電子回路を構成するには至らず，画素部分にのみしか使用できない

ので、その駆動回路は単結晶シリコンチップを接続している。多結晶シリコンは、アモルファスシリコンと同様に安価なガラス基板上に構成が可能であり、且つ、 $50\sim 150\text{cm}^2/\text{Vs}$  程度の電子移動度が得られるため、基板上にドライバー回路を作りこむことが可能である。高精細のディスプレイでは、画素ピッチが狭くなるため、アモルファスを用いたディスプレイでは単結晶チップの実装が困難になり、製造が難しいという問題が発生する。しかし、多結晶シリコンではガラス上にドライバ回路を構成できるため、高精細に対応することが可能である。このようにして、多結晶シリコンを用いたモバイル用高精細ディスプレイが着目されている。

### 3 CG シリコンの概要

CG シリコンとはシャープ株式会社と、株式会社半導体エネルギー研究所が共同開発したシリコン薄膜半導体材料であり、従来の多結晶シリコンに比べて、高い電子移動度 ( $200\sim 300\text{cm}^2/\text{Vs}$ ) を得ることができるという特徴がある。CG シリコンは連続粒界シリコン (Continuous Grain Silicon) の略称で、その名のとおり、構成する各結晶粒がその結晶粒界においても、原子配列の連続性を保持している点が特徴である。

図 1 に示す概念図を用いて、従来の多結晶シリコンと CG シリコンの違いを説明する。

図 1 (1) に示す従来の多結晶シリコンでは個々の結晶が独立なため、その境界において、不連続点が発生し、それが電流の流れを阻害して、デバイスの電気特性を低下させていた。一方、図 1 (2) に示す CG シリコンにおいては、結晶の境界においても、連続性が保たれているため、電流が流れやすくなっている。

透過型電子顕微鏡 (TEM) により、結晶の解析をおこなった結果を図 2 に示す。

図 2 (1) は従来の多結晶シリコンの結晶粒界の写真、図 2 (2) は CG シリコンの結晶粒界の写真を示す。いずれの写真においても、(111) 面を示す格子像が見られるが、従来の多結晶シリコンでは結晶の間に格子の不整合が見られる。この不整合は粒界において、格子がランダムな角度で接合していることによって生じる。従来の多結晶シリコンでは、粒界部分に未結合手が数多く存在し、キャリアのトラップの原因になり、デバイスの特性を悪化させる。それに対して、CG シリコンは粒界において、結晶が連続的につながっているのがわか

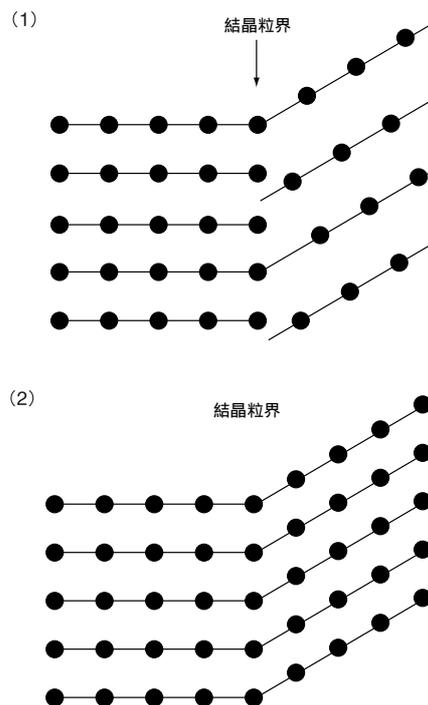


図 1 (1) 従来の多結晶シリコン (2) CG シリコン

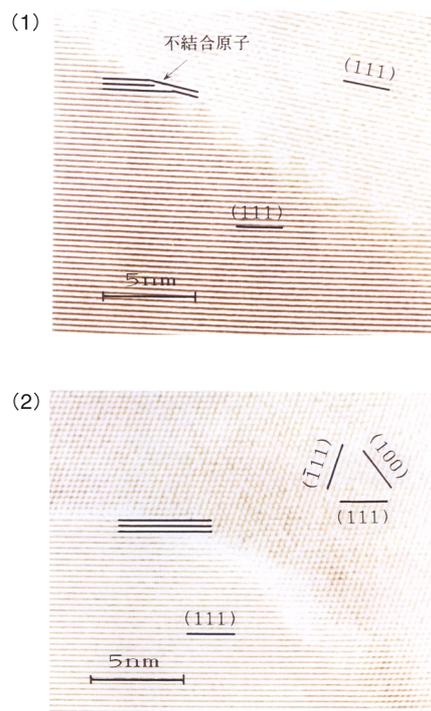


図 2 (1) 従来の多結晶シリコン結晶粒界の TEM 写真 (2) CG シリコン結晶粒界の TEM 写真

## 解説

る．このつながりの角度は 70 度となることが多く，この角度は単結晶に最も近い性質をもつ角度である．CG シリコンでは従来の多結晶シリコンのような未結合手を持たないことから，高い電子移動度を得ることができると考えられている．

CG シリコンは図 3 に示すように，アモルファスシリコン薄膜に金属触媒を添加し，550℃以下で低温短時間の熱処理をおこなうことによって，形成することができる<sup>3)~6)</sup>．

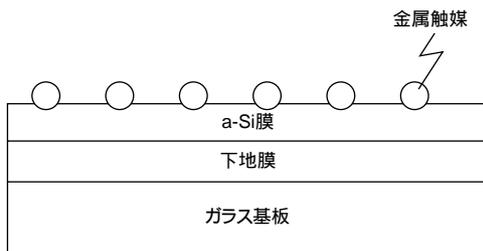


図 3 金属触媒添加を示す図

金属触媒を使用しなくとも，長時間（たとえば 48 時間）の 650℃加熱などをおこなえば，結晶化はされるが，結晶は前述した従来の多結晶シリコンであるため，電気特性が良くない，処理時間が長く工場生産に適さない，加熱によりガラスが収縮するなどの問題がある．金属触媒の使用により，熱処理温度の低温化，時間の短縮，連続粒界化による電気特性の向上等が実現できる．

## 4 CG シリコンによる応用商品

シャープ株式会社では 2002 年秋より CG シリコンを用いたシステム液晶パネルを量産している．それらのパネルは携帯情報端末，ビデオカメラ，携帯電話，サブノート PC などに採用され，ドライバー回路のほかに VGA-QVGA 切り換え機能など従来外部のメモリ回路などを用いて処理していた機能を内蔵している．

液晶パネルのシステム化は今後さらに進んでいく．現在は，ドライバー回路，メモリ回路などであるが，今後はまず，D/A 変換回路，アナログ増幅回路，タイミング発生回路などが搭載される．そしてその後には，DSP，CPU などを搭載していく予定である．

## 5 CG シリコンによる CPU の試作

我々は CG シリコンの高い電子移動度，小さい閾値を生かして，従来の多結晶シリコンのような画素部，ドライバー回路などだけでなく，システムを盛り込んだパネルを開発するための検討として，ガラス基板上に CPU を構成することを試みた．CPU は単結晶シリコンでは一般的に製造されているが，ガラス基板上ではまだ実現されていなかった．

このたびシャープと半導体エネルギー研究所は CG シリコン技術を用いて，ガラス基板上に 8 ビット CPU を形成するのに成功した<sup>1),2)</sup>．この CPU に用いた TFT の電流特性のグラフを図 4 に，代表特性を表 1 に示す．

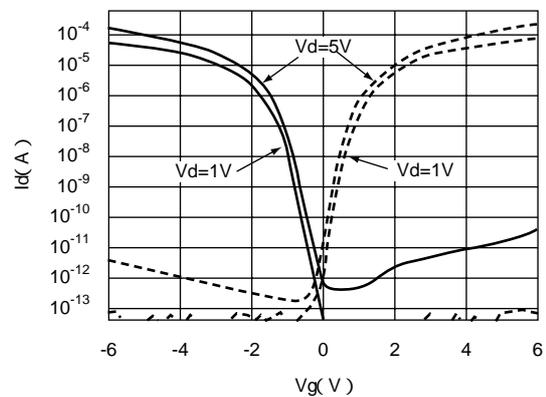


図 4 CG シリコン TFT 電流特性

表 1 TFT 電気的特性

	Nch	Pch
オン電流 ( $\mu\text{A}/\mu\text{m}$ )	9.5	-4.0
しきい値 (V)	1.0	-1.5
移動度 ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	230	120

オン電流測定条件  $V_{ds}=1\text{V}$ ,  $V_{gs}=5\text{V}$  (Nch)  
 $V_{ds}=-1\text{V}$ ,  $V_{gs}=-5\text{V}$  (Pch)

表 1 に示したような小さいしきい値電圧を得ることができるため，試作した CPU では電源電圧 5V において，3MHz の動作ができた．また，図 5 に TFT の断面写真を示す．

観測した TFT のゲート長は  $1.8\mu\text{m}$  であった．このような TFT を用いることによって，形成した CPU のチップ写真を図 6 に示す．

この CPU チップには約 13000 個の TFT が集積され，大きさは 13mm 角となっている．このチップは図

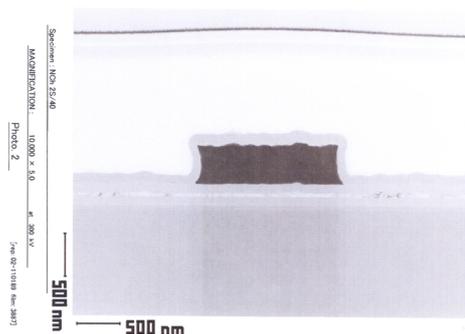


図 5 TFT 断面図

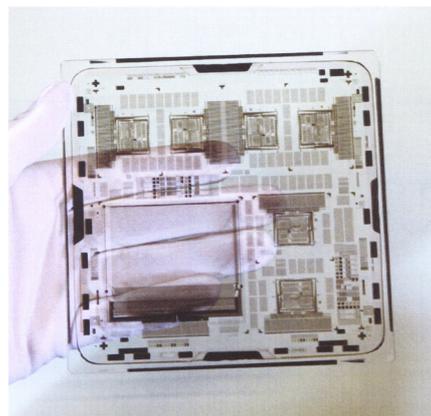


図 7 CPU を形成したガラス基板

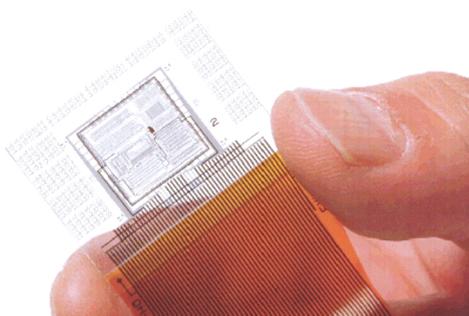


図 6 ガラス CPU チップ

7 に示すようなガラス基板の一部であり，このガラス基板には 2.2 インチの液晶パネルも同時に形成し，CPU と液晶パネルが同一ガラス基板上に共存できることを示している．

図 8 に示すように，今回のガラス CPU を過去にシャープ株式会社が製造したパソコン MZ-80C に搭載したところ，単結晶チップと遜色なく，正常にアプリケーションを動かすことができ，CPU の動作を実証することができた．

## 6 今後の展開

今回，我々は CG シリコンを用いて，ガラス基板上に 8 ビット CPU を実現した．液晶パネルに画像処理回路などを一体形成させ，システムディスプレイを実現させていくことに，一歩ずつ近づいている．現状では 2~3 $\mu\text{m}$  のデザインルールで試作をおこなっているため，動作周波数は 3MHz 程度であるが，今後デザインルールを縮小，0.8 $\mu\text{m}$  を実現し，動作周波数を 20~30MHz に上げる予定である．これによって，より高性能，より



図 8 ガラス CPU を搭載したパソコン

大規模なシステムをガラス基板上に構築できるように開発をすすめていく．

### [ 参考文献 ]

- 1) 李 副烈，久保田靖，今井繁規，加藤 清，黒川義元，小山 潤，日経エレクトロニクス no841, 123 (2003. 2. 17)
- 2) B. Lee *et al.*, *Digest of Technical Paper ISSCC2003*, 164 (2003)
- 3) T. Takayama *et al.*, *AM-LCD2000*, 25 (2000)
- 4) N. Makita *et al.*, *AM-LCD2000*, 37 (2000)
- 5) H. sakamoto *et al.*, *Digest of Technical Paper SID2000*, 1190 (2000)
- 6) H. Ohtani *et al.*, *Digest of Technical Paper SID98*, 467 (1998)