

# FFD (Free Form Display) 技術開発

## Free-Form Display Technology

田中 耕平\*<sup>1</sup> 那須 安宏\*<sup>1</sup> 野間 健史\*<sup>1</sup> 西山 隆之\*<sup>1</sup> 米林 諒\*<sup>1</sup>

Kohei Tanaka Yasuhiro Nasu Takeshi Noma Takayuki Nishiyama Ryo Yonebayashi

吉田 秀史\*<sup>2</sup> 石田 壮史\*<sup>2</sup> 村田 充弘\*<sup>2</sup> 仲西 洋平\*<sup>2</sup> 門脇 真也\*<sup>2</sup> 渡辺 寿史\*<sup>2</sup>

Hidefumi Yoshida Takeshi Ishida Mitsuhiro Murata Yohei Nakanishi Shinya Kadowaki Hisashi Watanabe

友利 拓馬\*<sup>2</sup> 結城 龍三\*<sup>2</sup> 兼弘 昌行\*<sup>2</sup>

Takuma Tomotoshi Ryuzo Yuki Masayuki Kanehiro

我々はデザイン性に優れた新しい液晶ディスプレイ“FFD (Free Form Display)”を開発した。本技術の特徴は、ディスプレイを駆動するためのゲートドライバ回路を、従来のような額縁領域ではなく、表示領域内に形成した点である。このような構造をとることにより、ディスプレイの額縁領域に複雑な回路や配線を配置する必要がなくなるため、ディスプレイを超狭額縁化することが可能となる。またディスプレイの形状を曲線状や複数の山を有するような様々な形に、極めて容易に設計することも可能になる。本技術は薄膜トランジスタを有するあらゆるディスプレイに応用可能である。

The authors developed a new TFT-LCD called “FFD (Free-Form Display)”. Unlike conventional LCD displays that accommodate the gate driver (drive circuit) in the perimeter of the display area, the technology disperses the gate-driver’s function in the display area itself. This technology makes displays with ultra-thin bezels possible by dispensing with complicated circuits and wirings therein. Among other possibilities are screens with non-rectangular shapes or with concave curves.

It should be noted that the technology can be applied to any TFT-technology based display.

## 1. 背景

液晶ディスプレイは携帯電話などの小型のデバイスからテレビ、サイネージ等の大型デバイスまであらゆるところで用いられている。ディスプレイデバイスとしての近年の競争軸の一つとして“ディスプレイの狭額縁化”が挙げられる。ディスプレイデバイスの表示部の周辺には信号を入力するための端子や回路・配線を配置するための「額縁」が必ず存在するが、この額縁領域を狭くすることにより、商品のデザイン性を高めることができる。特に近年、スマートフォン等のモバイル用ディスプレイにおいて狭額縁化の要望が高まってきており、狭額縁デザインの競争が益々激しくなっている。

そこで我々は従来額縁領域に配置していた回路や配線を表示領域内に配置することによる狭額縁化技術を考案した。この技術を用いることにより、小型から大型まであらゆるディスプレイデバイスを狭額縁化させることが可能となる。また同時にディスプレイの形状を容易に異形化することができる。以下に本技術について紹介する。

## 2. 技術説明

### 2.1 ディ스플레이の構成

一般に広く用いられている薄膜トランジスタ（以下TFT）ディスプレイは、ゲートラインとデータラインがそれぞれマトリックス状に形成されている。このゲートラインとデータラインとの交点に薄膜トランジスタが配置され、線順次にゲートライン信号によりゲートが開かれ、データラインからの表示データを各画素に書き込んでいる。ゲートラインにゲート信号を印加するために従来二つの方法が採用されてきた。一つはシリコン製のゲートドライバICをガラス基板に実装して電圧をゲート電極に印加する方法である。本方式を用いた場合、ゲートドライバICを駆動するための信号を入力するFPC実装部、ゲートドライバICの実装部、及びゲートドライバICからの信号を各ゲートラインに接続するための配線引き回し部を額縁領域に形成する必要があるため、パネルの狭額縁化は困難である。ゲートラインにゲート信号を印加するためのもう一つの方法は、画

\*<sup>1</sup> ディ스플레이デバイス開発本部 デバイス技術開発センター

\*<sup>2</sup> ディ스플레이デバイス開発本部 表示モード開発センター

素にTFTを形成する工程にて、それと同時に、ゲートドライバ回路を額縁領域のガラス基板にTFTで形成し、この回路を通して電圧をゲート電極に印加するものである<sup>1)</sup>。図1にゲートドライバ回路を額縁領域に形成したディスプレイの構成を示す。この構成は、ゲートドライバモノリシック回路 (Gate Driver Monolithic Circuit) と呼ばれており、GDMと略されている。額縁領域に形成されたゲートドライバから表示領域に向かってゲート信号が入力される。ゲートドライバ回路を駆動するための信号はソースドライバ側の端子から供給される。ゲートドライバモノリシック回路は、特に高移動度特性を有する低温ポリシリコンやIGZOなどの酸化物半導体を用いることにより、小面積でガラス上に形成することができ、狭額縁化を実現することができる。本方式は主にスマートフォンやタブレットなどのモバイル用ディスプ

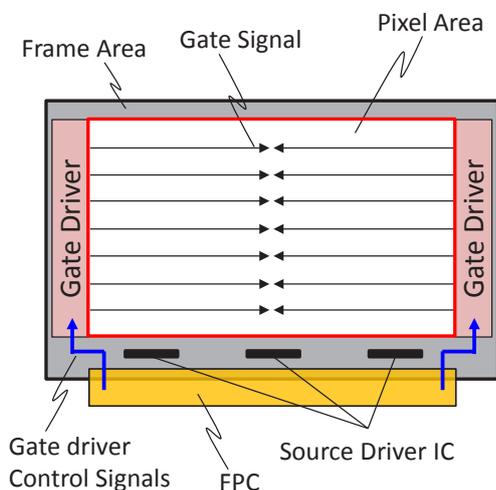


図1 額縁領域にゲートドライバを形成したディスプレイ (従来)  
Fig.1 TFT-LCD with gate driver monolithic circuits located in the frame area.

レイで採用されている。しかし、画面サイズが大きくなると、ゲートラインの負荷が増加するため、それを駆動するためのゲートドライバの回路規模も増大する。従って本方式を使って狭額縁化を図ることができるのは比較的ディスプレイサイズの小さな機種に限定される。

以上のような課題に対し、我々は表示領域内にゲートドライバ回路をTFTで形成するという新しい回路技術を考案した。図2にゲートドライバを画素領域に形成したディスプレイの構成を示す。本構成においてはゲートラインに電圧を印加するための信号はこのゲートドライバを中心に表示領域内から外側に向かって出力される。このような構成を取ることで額縁領域に複雑な回路や配線接続を形成する必要がなくなるため、画面サイズに関わらず超狭額縁化を実現することができる。

## 2.2 ゲートドライバ回路

### 2.2.1 等価回路

図3に本技術で用いたゲートドライバの等価回路を示す。本回路は一般的に額縁領域に形成されるGDM回路でも使用されているものである。ゲートドライバ回路はゲートドライバの内部ノード (netA) をプリチャージするためのTFT (A)、内部ノードの電荷を放電するためのTFT (B)、ゲートラインGL (n) に信号を供給するためのTFT (C)、ゲートラインの電位を保持するためのTFT (D)、及び内部ノードとゲートラインの間に形成された容量 (Cbst) で構成されている。またゲートドライバ回路には、これを駆動するためのクロック信号 (CKA, CKB)、及び電源 (VSS) を供給するための配線が接続されている。

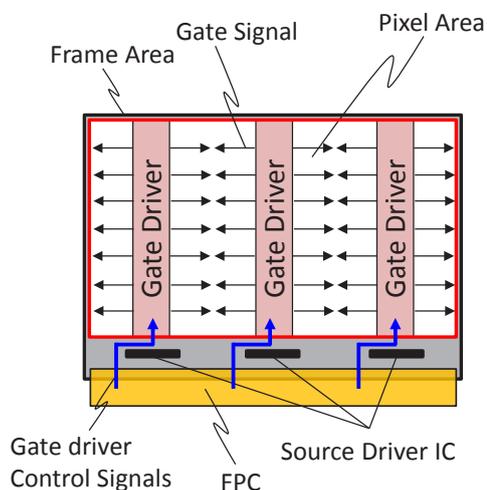


図2 画素領域にゲートドライバ回路を形成したディスプレイ  
Fig.2 TFT-LCD with gate driver monolithic circuits located in the "pixel area".

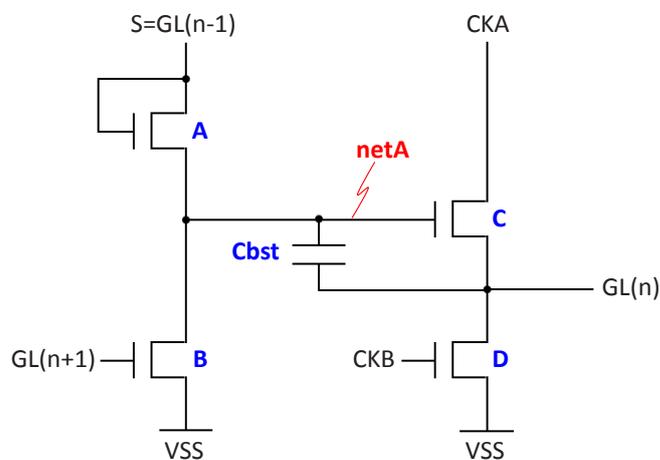


図3 ゲートドライバ等価回路  
Fig.3 Schematic diagram of a gate driver.

### 2.2.2 駆動方法

図4は本ゲートドライバ回路を駆動するための信号のタイミングを示したものである。まず①の期間において、(n) 行目のゲートドライバに構成されるTFT-Aに (n-1) 行目のゲート信号 (S) が入力され、内部ノード (netA) がプリチャージされる。この時、TFT-C、TFT-Dはオン状態となるが、CKAがLow電位 (VSS) であるためゲートラインGL (n) にはLow電位 (VSS) が充電される。次に②の期間において、CKAがHigh電位 (VDD) へ、CKBがLow電位 (VSS) に切り替わる。この時、TFT-Cがオン状態、TFT-Dがオフ状態であるためゲートラインGL (n) にはCKAのHigh電位 (VDD) が充電される。GL (n) が充電されるとともに容量Cbstを介して内部ノード (netA) がさらに高い電位に突き上げられ、TFT-Cのゲート電極にはゲートラインをHigh電位 (VDD) に充電するための十分高い電圧を印加することができる。またこの期間に、GL (n) の信号が次段 (n+1) 行目のゲートドライバに入力され、その内部ノードがプリチャージされる。次に③の期間において、CKAがLow電位 (VSS)、CKBがHigh電位 (VDD) に切り替わる。これによりTFT-Dを介してゲートラインGL (n) はLow電位 (VSS) に放電される。またこの時、次段 (n+1) 行目のゲートラインがHigh電位 (VDD) に充電されるため、TFT-Bがオン状態となり、内部ノード (netA) をVSS電位に放電することで、(n) 行目のゲートラインの動作を完了する。以降次フレームで再度操作が行われるまで、CKBの動作に合わせ、ゲートラインGL (n) にTFT-Dを介してVSS電位が入力されLow状態を維持する。

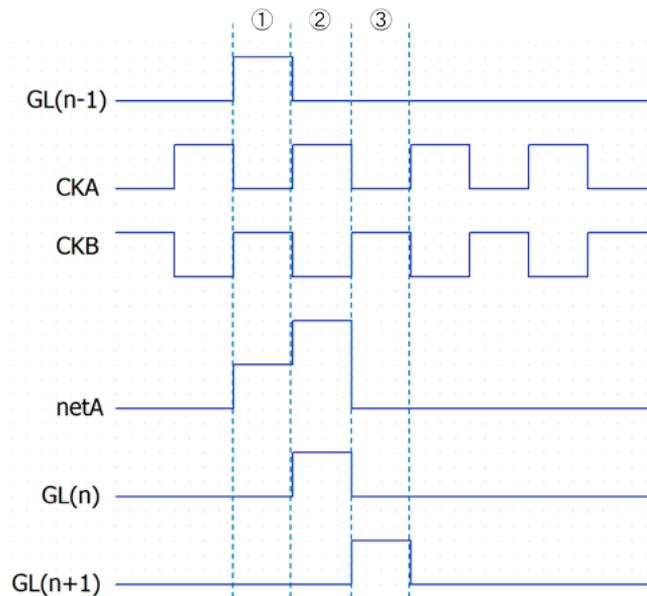


図4 ゲートドライバの駆動波形  
Fig. 4 Wave form of a gate driver.

### 2.2.3 表示領域内への配置方法

図5は図3で示した等価回路を画素内に配置した配線図を示したものである。なお画素を駆動するための画素TFT、及び画素回路などは省略して表示している。図のようにゲートドライバ回路を構成する各TFT素子、容量Cbstは複数の異なる画素に跨って配置され、互いに接続されている。なおこのような素子の配置、及び接続は従来のTFTプロセスを変更することなく構成することができる。すなわち、本技術を適用するために、新たに特別なTFTプロセスを開発する必要はない。

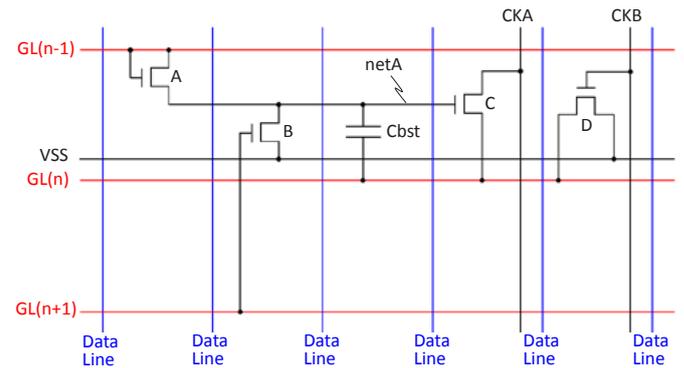


図5 画素内へのゲートドライバ回路配置  
Fig. 5 A gate driver circuit integrated in pixels.

## 2.3 超狭額縁異形ディスプレイの実現

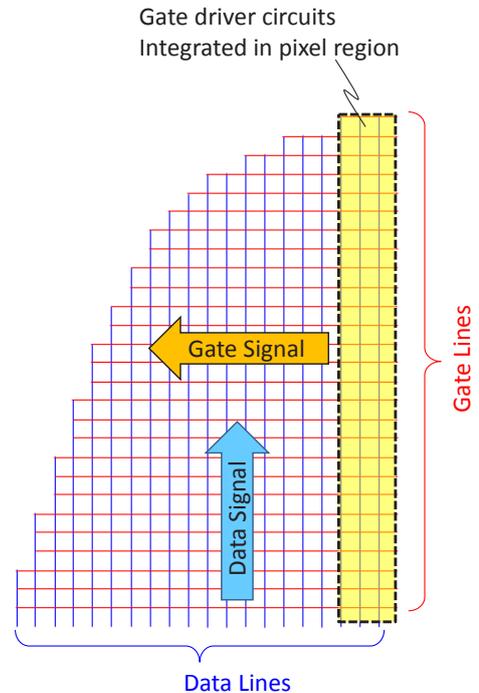


図6 FFD技術を用いた異形ディスプレイの画素端の構造  
Fig. 6 Edge structure of a non-rectangular display with FFD technology.

本技術では、額縁領域に複雑な回路や配線を配置する必要がなくなるため、これを応用して超狭額縁の異形ディスプレイを容易に実現することができる。例えば図6に示すような長方形ではないディスプレイの画素端においても、表示領域内からゲート信号を供給することにより、画面の隅々まで表示を行うことができる。なおこのような異形ディスプレイは、その形状に



図7(a) 異形ディスプレイ試作パネル (12.3型)  
Fig.7(a) Non-rectangular shaped TFT-LCD  
(Originally 12.3" diagonal)



図7(b) 異形ディスプレイ試作パネル (12.3型)  
Fig.7(b) Non-rectangular shaped TFT-LCD  
(Originally 12.3" diagonal)

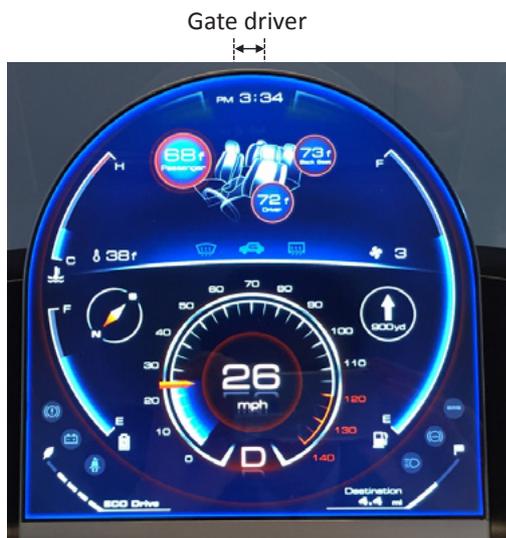


図7(c) 異形ディスプレイ試作パネル (12.2型)  
Fig.7(c) Non-rectangular shaped TFT-LCD  
(Originally 12.2" diagonal)

沿って配線やゲートドライバ回路を形成することにより、前述した額縁にゲートドライバICをガラス基板に実装する方法や額縁領域にゲートドライバを形成する方法でも実現は可能である<sup>2)</sup>。しかしこの様な従来の方法では異形ディスプレイの外形の僅かな寸法変更に対しても、全ての回路、配線の配置を設計変更する必要がある。また配線や回路を異形状に沿って形成することで額縁領域が広がるため、超狭額縁化と異形化を両立させることは極めて困難である。これに対し画面内にゲートドライバを配置した場合、外形形状の変更があっても最外周の画素の位置のみを変更するだけでよく、超狭額縁デザインを維持しつつ、様々な異形ディスプレイのニーズに柔軟に対応することが可能になる。ディスプレイの形を自由にデザインすることが可能であるので、我々はこの技術をFFD (Free Form Display) と命名している。

図7(a)～(c)はFFD技術を用いた超狭額縁異形ディスプレイの試作品である。図7に示すように、ゲートドライバ回路はそれぞれの形状における山の頂点部分の画素領域に形成されている。今回、TFTのチャンネルにはIGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) を用いた。IGZOは高い移動度特性を有しているため、TFTサイズを小さくすることができ、ゲートドライバ用のTFTを容易に画素内に配置することができる。また画面サイズに対する制約が無く、小型から大型の様々な用途のディスプレイに本技術を適用することが可能である。

なお今回は液晶ディスプレイにて試作を行ったが、有機ELディスプレイやMEMSディスプレイ等に適用することも可能である。

### 3. まとめ

本稿では超狭額縁化と異形化を両立させることができるFFD技術について紹介した。本技術はディスプレイデバイスの種類や画面サイズなどに制約を受けないため、今後さらに幅広く応用することができる。今日、ディスプレイは様々なアプリケーションで使用されているが、本技術はその利用シーンの枠をさらに広げ、より多様な表現・デザインが可能なディスプレイデバイスに進化させるものである。

### 参考文献

- 1) M. Akiyama et al., "An Active-Matrix LCD with Integrated Driver Circuits using a-Si TFTs", Digest of Japan Display '86, pp. 212-215 (1986).
- 2) Kenichi Takatori et al. "A Non-Rectangular Heart-Shaped SOG-LCD", SID 08 Digest, pp. 951-954 (2008).