

高精細大型パネル量産を支える露光技術

酒匂直也*, 野嶋琢己*, 澤岡陽介*, 諸江順一*

Exposure Technology to support mass production of high-definition large-sized Panel

Naoya SAKO*, Takumi NOJIMA*, Yosuke SAWAOKA* and Junichi MOROE*

FX-103S/103SHは、第10.5世代ガラスプレート（2940 mm×3370 mm）に対応した高精度・高生産性を兼ね備えた大型パネル向けのFPD露光装置である。マルチレンズ方式の採用により、広範囲一括露光フィールドを確保し、露光回数の増加を抑制している。一括露光フィールドが広範囲であるため、大型のフォトマスクが必要になってくる。フォトマスクの大型化に伴い、たわみ誤差がより大きくなり、結果的に、露光におけるデフォーカス量が大きくなる。デフォーカスは、薄膜トランジスタ（TFT）回路パターンの線幅精度に悪影響を及ぼす。その影響を回避するために、フォーカス補正技術を採用し、デフォーカス量を低減させている。結果として、高い解像度を実現している。

TFT回路パターンは、複数の回路パターンを積層させて作る必要があり、回路パターンの重ね合わせ精度が重要になる。第10.5世代ガラスプレートに対応する場合、ステージの大型化が必要であるが、ステージの位置精度やアライメントマークの計測精度が悪化し、重ね合わせ精度の悪化が懸念される。その懸念を払拭するために、ステージの構成を一新し、高い重ね合わせ精度を達成している。同時に、ステージの高速駆動化も実現し、高い生産性に貢献している。

FX-103S/103SH is an FPD exposure system for large panels with high precision and high productivity corresponding to a 10.5th generation glass plate (2940 mm × 3370 mm). Wide-area batch exposure field by adopting the multi-lens method is prepared, and the increase in the number of exposures is suppressed. Because the batch exposure field is wide, a large photomask is required. As the photomask becomes larger, the bending error increases, and as a result, the defocus amount in the exposure increases. The defocus adversely affects the line width accuracy of the thin-film transistor (TFT) circuit pattern. In order to avoid the influence of defocus, the focus correction technology is adopted and the defocus amount is reduced, resulting in high resolution.

The TFT circuit pattern needs to be fabricated by laminating a plurality of circuit patterns; therefore, the overlay accuracy of the circuit pattern becomes important. When it corresponds to the 10.5th generation glass plate, the stage needs to be enlarged; however, the positioning accuracy of the stage and the measurement accuracy of the alignment mark deteriorate, and the overlay accuracy may also deteriorate. In order to eliminate this concern, the stage configuration has been redesigned to achieve a high overlay accuracy. Simultaneously, high-speed driving of the stage is also realized, contributing to high productivity.

Key words 高精細大型パネル, FPD露光装置, 第10.5世代ガラスプレート, フォーカス補正技術, アライメント技術
high-definition large-sized panel, FPD lithography systems, 10.5th generation glass plate, focus correction technology, alignment technology

1 はじめに

(1) FX-103S/103SH

FX-103S/103SHは、第10.5世代ガラスプレート（2940 mm×3370 mm）に対応し、65インチワイドテレビや75インチワイドテレビなどの大型パネルを一括で露光し、効率良く生産できるFPD露光装置である（Fig. 1）。

FX-103S/103SHは、スマートフォンなどの中小型高精細パネルの生産に適しているFX-67S2の技術と、テレビ用パネルの生産に適しているFX-86SH2の技術とを融合させた高精細の大型パネルに対応したFPD露光装置である。

第10.5世代ガラスプレート

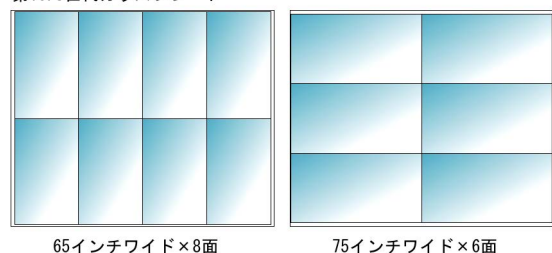


Fig. 1 第10.5世代プレートのパネルレイアウト

(2) FX-103S/103SHの基本構成とマルチレンズシステム FPD露光装置は、液晶ディスプレイや有機ELディスプレイ

* FPD装置事業部 第二開発部

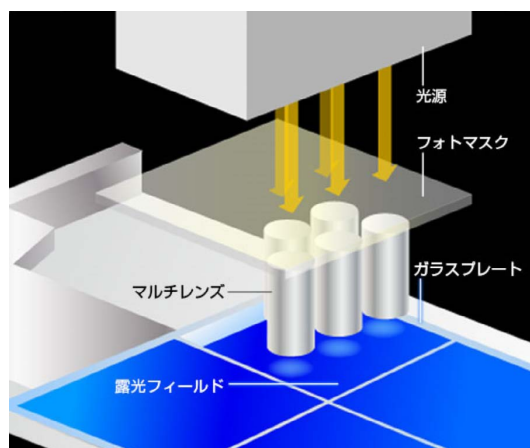


Fig. 2 FPD露光装置の概念図

レイに必要な薄膜トランジスタ (TFT) 回路をガラスプレートに焼き付けるための装置である。

FX-103S/103SH の概念図を Fig. 2 に示す。TFT 回路パターンの原版であるフォトマスクに、光源から露光光を照射し、投影光学系 (マルチレンズ) を介して、ガラスプレートに TFT 回路パターンを焼き付ける。ガラスプレートの動きにフォトマスクの動きを同期させ、ガラスプレート全面に焼き付け処理を繰り返す (スキャン動作)。

FX-103S/103SH の大きな特徴として、投影光学系には、マルチレンズシステムが採用されている。これは、複数のレンズを2列に配置し、個々のレンズを精密に制御することで、1つの大きなレンズに見立てて、ガラスプレート上を広範囲に且つ高精度に露光している。

(3) プレートサイズ大型化

ガラスプレートサイズは、年々大型化が進んでいる。Fig. 3 はガラスプレートサイズとマルチレンズ本数の変遷を示している。第10.5世代と呼ばれるガラスプレートサイズは、前述のように 2940 mm × 3370 mm となっており、第8世代のガラスプレートサイズに対して、面積比で1.8倍となっている。ガラスプレートサイズ大型化に対応するために、FPD 露光装置としては、生産性の向上が不可欠である。そ

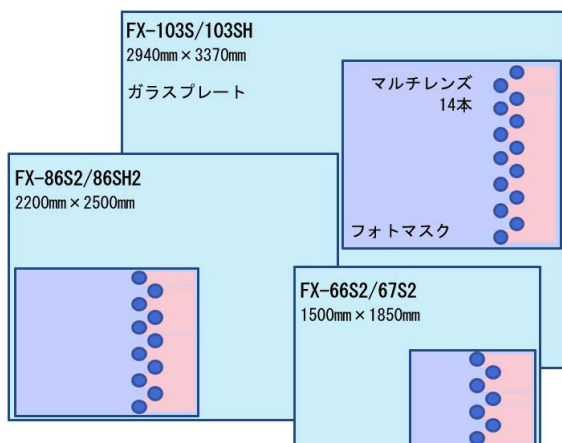


Fig. 3 プレートサイズとマルチレンズ本数の変遷

のためには、一括露光フィールドの拡大が必要になる。広範囲な露光フィールドを確保することで、露光回数の増加を抑制できる。マルチレンズの特性を活かし、ガラスプレートサイズに合わせてレンズ数をやすことで、一括露光フィールドを拡大した。

(4) FX-103S/103SH 基本仕様

FX-103S/103SH の基本仕様を Table 1 に記す。

Table 1 FX-103S/103SH の基本仕様

| | FX-103S | FX-103SH |
|-----------|-------------------------------------------|--------------------------------|
| 解像度 (L/S) | 3.0 μm (g+h+i 線) | 2.2 μm (g+h+i 線) |
| 投影倍率 | 1 : 1 | |
| 重ね合わせ精度 | $\leq \pm 0.5 \mu\text{m}$ | |
| プレートサイズ | 2940 mm × 3370 mm | |
| タクトタイム | 60秒/プレート | |
| | 条件：4 スキャン, g+h+i 線, 30 mJ/cm ² | |

<解像度>

FX-103SH では、FX-67S2や FX-86SH2で開発した照明光学系および投影光学系の解像度向上技術の適用や、後述するフォーカス補正技術により、解像度 2.2 μm (L/S) を実現している。

<重ね合わせ精度>

FX-103S/103SHのプレートステージは、サイズは、約 (X) 4000 mm × (Y) 4000 mm × (Z) 1500 mm, 重量は約 7000 kg の大型重量物であるが、ステージ制御性の向上、および位置計測システムの計測誤差軽減のために、新規設計を行い、重ね合わせ精度 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ という高い精度を達成している。

<タクトタイム>

ガラスプレートの大型化に伴い、プレートを支持するプレートステージも大型化する必要がある。一方、生産性向上のためには、ステージ駆動の高速化が求められるが、大型ステージの場合、高速化が困難になってくる。そこで、ステージ構造を一新することで、剛性を維持しながら、ステージ駆動の高速化を実現した。また、露光シーケンスやキャリブレーションシーケンスの見直しもを行い、高い処理能力を実現している。65インチワイドテレビ、75インチワイドテレビの生産性は、それぞれ毎時480枚、322枚を達成し、大型パネルの量産に貢献している。

2 フォーカス補正技術

(1) フォトマスクのたわみ

露光における像面のデフォーカスは、TFT 回路パターンの電気特性を左右する線幅誤差を発生させ、完成品であるディスプレイの品質を悪化させる。

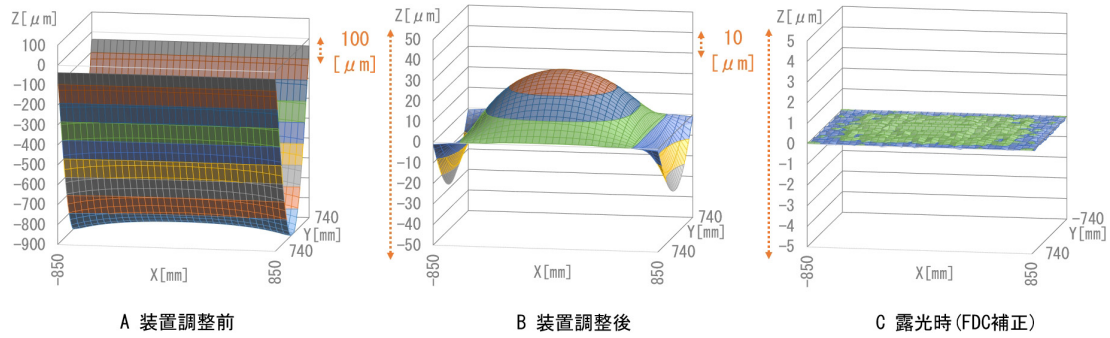


Fig. 4 フォトマスクのたわみによるフォーカス誤差

フォトマスクは装置のマスクステージにて支持されるが、その自重によりたわみが発生する (Fig. 4 A)。FX-103S/103SHでは、フォトマスクのたわみ形状に合わせてマルチレンズの像面調整を行っているが、調整しきれない成分 (たわみ調整誤差) が発生する (Fig. 4 B)。また、大型パネルの効率的な生産にはフォトマスク大型化が必要となり、それに伴いたわみ調整誤差も増大する。

(2) フォーカス・ダイナミック補正技術

ディスプレイの品質を安定させるためには、フォトマスクのたわみ調整誤差を補正することが重要である。

FX-103S/103SHでは、マルチレンズの特性を活かし、フォーカス・ダイナミック補正 (FDC) にてたわみ誤差を大幅に低減している。これは、個々のレンズのフォーカス機構およびフォーカスチルト機構を露光と同期させダイナミックに駆動することで実現している (Fig. 5)。

(3) 補正の効果

FDCによる補正効果を Fig. 4 C に示す。FDCを実施することで、マスクたわみ誤差によるデフォーカスを低減で

きる事がわかる。

3 アライメント技術

(1) アライメント用マークの計測精度

TFT回路パターンは、複数の回路パターンを積層させて作られている。TFTの性能は、回路パターン間の重ね合わせ精度によっても左右されるため、FPD露光装置には、アライメント (重ね合わせ) の対象となる回路パターンに含まれる、アライメント用マークの計測精度が求められる。

第10.5世代では、ガラスプレートとともにステージを大型化した。第8世代で使用されているステージをガラスプレートのサイズに合わせて大型化しても、重量や剛性の影響でステージの位置精度が悪化し、アライメント用マークの計測精度を維持できない懸念があった。

FX-103S/103SHでは、重量物を支える柱状の支持機構を備えた、新しいコンセプトのステージを採用することで、従来のコンセプトで作るより小型化することができ、ステージの位置精度と、アライメントマークの計測精度を維持している。

(2) 非線形アライメント技術

ガラスプレートの大型化に伴い、TFT製造プロセス中の熱などの影響により、回路パターンの非線形な変形が大きくなる。

非線形アライメント技術は、マルチレンズの特性を生かし、個々のレンズ毎に結像位置や像回転、像倍率を制御することで、回路パターンの形状に合わせて露光形状を変えることができる (Fig. 6)。

(3) 重ね合わせ精度

重ね合わせ精度実績を Fig. 7 に示す。FX-103S/103SHは、ガラスプレートの大型化や、マルチレンズの特性を生かした精度向上技術を採用することで、重ね合わせ精度 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ を実現している。

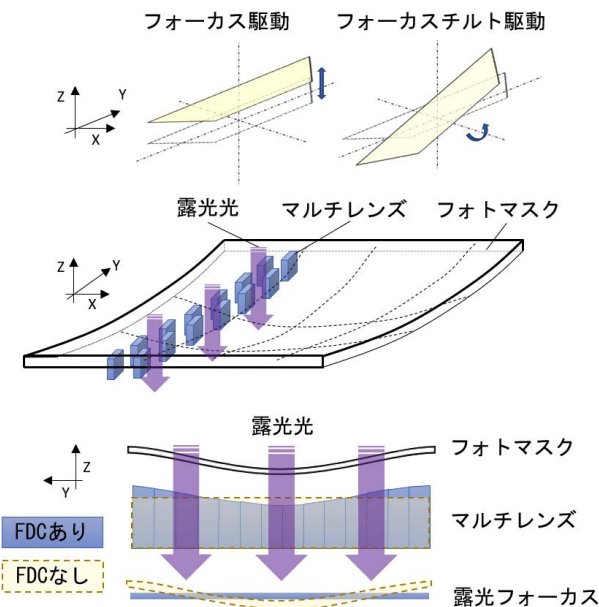


Fig. 5 フォーカス、フォーカスチルト駆動とFDC動作

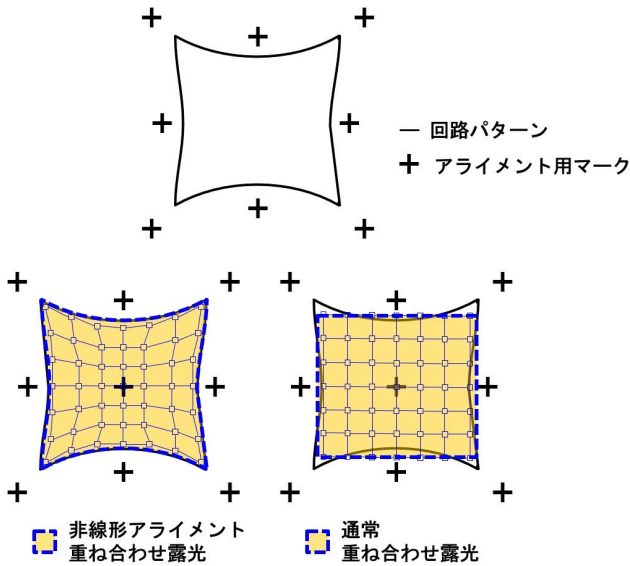


Fig. 6 非線形アライメント技術

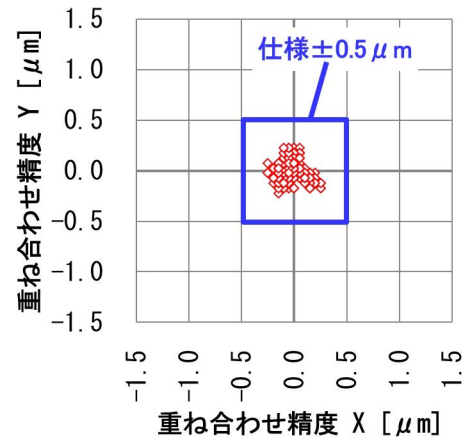


Fig. 7 重ね合わせ精度実績

4 マスクサイズを超える大型パネル生産技術

FX-103S/103SHでは、フォトマスク上のパターンよりも大きなパネルを露光することができる。この機能をVFS (Variable Field Stop) と呼び、昨今の大型パネル生産に貢献している。通常、第10.5世代フォトマスクサイズでは75インチワイドパネルまでを一括露光するが、VFS機能により例えば130インチワイドパネルを分割して露光することも可能となる。ガラスプレート1枚あたり130インチワイドパネルが2パネルと効率的な生産をサポートする (Fig. 8)。

VFS機能はフォトマスク上のパターンを分割し、ガラスプレート上でシームレスに継ぎ合わせる機能である。ガラスプレート上の上下パターンの継ぎ合わせ部分に幅を持たせ、連続的に露光量が変化する継ぎ合わせ部をオーバーラップさせて露光する (Fig. 9)。すなわち、上側のパターンでは継ぎ合わせ部分の露光量を上から下へ向かって漸減させ、逆に下側のパターンでは漸増させる。すると、継ぎ合わせ部分で上下パターン積算露光量が100%となる。このように、非継ぎ合わせ部と同等の露光量を確保することで、パターンのシームレスな継ぎ合わせを実現している。

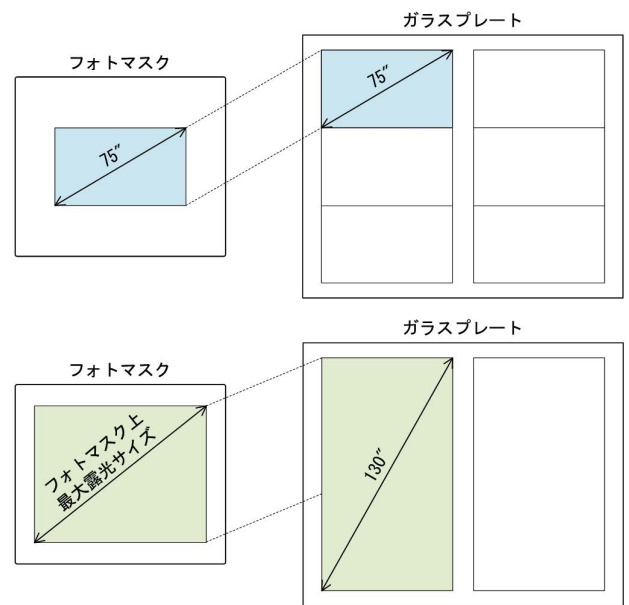


Fig. 8 フォトマスク最大露光サイズとパネルサイズ

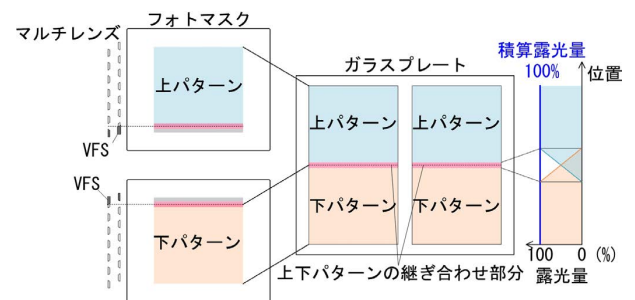


Fig. 9 VFSによるパターンの継ぎ合わせ

5 まとめ

FX-103S/103SHは第10.5世代ガラスプレートでの高精細大型パネルのTFT回路パターン製造が可能な唯一の露光装置である。独自のマルチレンズシステムを採用、その特徴をいかし一括露光フィールド拡大を実現した。また、本装

置はサイズ拡大に留まらず、フォーカス補正技術、アライメント技術を駆使し、高精度、効率的な大型パネル生産に寄与している。今後も更に市場の期待に応える装置を開発し、将来のディスプレイ産業の発展に貢献し続けていく。