

SCREENの直接描画技術への取り組み



企業レポート

上山 憲 司*

Efforts in Direct Imaging Technology: Process Innovation and Contribution to Manufacturing

Key Words: Direct imaging, Printed Circuit Board, Semiconductor Device, Advanced Package

はじめに

SCREENグループの前身である大日本スクリーン製造株式会社は、印刷原版の製作に用いられる写真製版用ガラススクリーンの量産技術を礎に1943年に設立された。以降、様々な印刷製版機器により製版工程のデジタル化・合理化を牽引し、印刷業界の発展に貢献した。またプリント基板、半導体、ディスプレイへと事業領域を拡大し、現在は半導体製造装置を主軸とする電子産業向け装置メーカーの企業グループへと成長している。

当社は、印刷の分野で培った光学やデータ処理、システム化技術を展開し、各事業分野において幾多の直接描画(以下、直描)装置を世に送り出している。本稿では、電子機器分野における当社の直描技術への取り組みをピックアップし、主な装置とそれらが製造工程を革新した事例を紹介する。¹⁾

マスク転写方式と直描方式

印刷製版や光リソグラフィの工程では、印刷イメージや回路パターンを転写するために露光装置が用いられる。露光方式には、一般に原版となるフォトマスクを密着、近接、あるいは光学投影して転写する「マスク転写方式」が用いられる。一方、フォトマスクを用いずに、これに相当する画像データを走査レーザーなどにより逐次照射して描画する方式があり、これを「マスクレス方式」もしくは「直描方式」と

表1 マスク転写方式と直描方式の比較

露光方式	概要	長所	短所
マスク転写方式	・マスクをレジストに密着あるいは近接し一括照射して転写 ・結像光学系によりマスクをレジストに結像投影して転写	・エリアを一括で転写するため生産性が高い ・原版マスクを複製するため信頼性・安定性が高い	・マスクの製作と管理に多大な時間・コストが必要 ・マスク枚数増加、鑿ぎ精度のため大面積対応に制約 ・設計情報社外流出の懸念
直描方式	・マスクに相当する画像データを作成・保持し逐次照射して描画	・マスクの製作・管理が不要 ・短時間で試作・製造が可能 ・下地ずれへの追従が可能 ・大面積への対応が容易 ・設計情報の守秘が容易	・逐次描画が必要のため生産性が不利 ・描画の信頼性・安定性の担保が困難 ・装置構成・データ処理系・制御システムが複雑

呼ぶ。直描方式は、マスク転写方式と比較して表1に示すような長所・短所を持つ。

形状が担保された原版を複製するマスク転写方式は、信頼性や安定性に優れた大量生産方式である。ただし両者には一長一短があり、直描方式によってのみ解決できる課題が存在する。とりわけマスクレスによる時間やコストの削減、柔軟なデータ補正による設計製造自由度の拡張は、直描方式の特筆すべき利点である。こうした製造技術の進歩は、開発に新たな可能性を提示し、デバイスの進化や業界の発展の起点となる。当社は、こうした新たな価値提供を目指し、プリント基板や半導体デバイスなど各分野において直描技術の開発に取り組んでいる。

当社の直描技術への取り組み

当社の直描技術への取り組みは、1970年代の印刷製版機器であるダイレクトスキナーに始まる。この装置は、色分解、修正、網点形成など煩雑であった製版工程の多くをコンピュータ内で行い、製版カメラを用いずに製版フィルムに直接描画するもので、従来工程を大幅に合理化する革新的な装置であった。当社はその後も印刷分野で直描技術を発展させ、イメージセッターやCTPなど工程を合理化する装置を世に送り出し業界の発展を牽引した。

こうして培った技術を電子業界へと展開進化させ、図1に示す数々の直描装置を実現した。次章以降、



* Kenji UHEYAMA

1966年5月生まれ
神戸大学大学院工学研究科計測工学専攻
修士課程(1991年)
株式会社SCREENホールディングス
技術開発戦略本部 技術開発戦略室
光学シニアスペシャリスト
TEL : 075-931-7925(内線8304289)
E-mail: ueyama@screen.co.jp

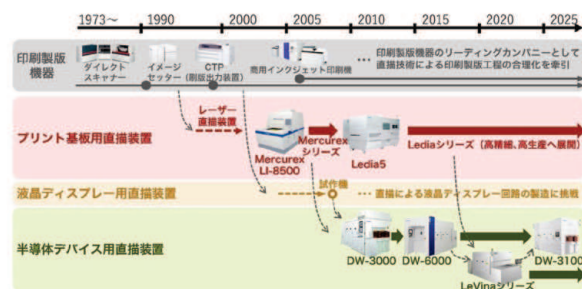


図1 当社の直描技術への取り組み

プリント基板や半導体デバイスの製造設備として当社が開発した主たる直描装置を例に挙げ、当時の時代背景や装置が果たした役割などを概説する。

プリント基板製造用直描装置

従来、プリント基板の製造には原版フィルムを用いたコンタクト方式が用いられていた。しかし1990年代には、デジタル機器の高密度化にともなう配線パターンの微細化が進み、プリント配線板メーカーは品質を改善する新たな製造プロセスを切望していた。こうした背景のもと、各製造機器メーカーが工程を革新する直描装置の開発を試行したが、これらの装置はレーザーを光源としたため高価な専用レジストを必要とし、当時業界で普及していた汎用レジストには対応できないものであった。結果、製造ラインへの直描技術の導入は遅々として進まず、その製造工程は旧態依然とした状態が続いていた。

① Mercurex ー世界初の汎用レジスト対応直描装置ー

当社は汎用レジスト対応のため水銀灯を光源とし、また当時ディスプレイ用途で注目され始めていたDMD™ (Digital Micromirror Device)¹⁾を光変調素子に採用し、これらを高効率で結合する照明光学系を開発することで、世界で初めてブロード波長での直接描画を実現した装置「Mercurex」を2005年に上市した。本装置は、当時主流であった汎用レジストを使用可能としたことで、プリント基板製造工程へ直描技術を導入する端緒を拓き、製造工程をその後の変革へと導く装置であった。

Mercurexシリーズは、コンタクト方式の課題であった傷や埃による品質不良や下地基板の歪による重ね合わせ精度の劣化に対してソリューションを提供し、プリント配線板メーカーに新たな製造プロセスを提示した。またMercurex上市後、競合他社からも類似コンセプトの直描装置が市場投入され、直

描技術の導入が業界全体に広まることとなった。

② Ledia ーLED光源による省エネルギー直描装置ー

Mercurexは、プリント基板製造工程へ直描技術を導入する効果を示した意義深い装置であった。しかし、水銀灯に起因するサイズ・消費電力・寿命などの問題を抱えていた。一方で、当時黎明期であった紫外LEDは高輝度化が急速に進展しつつあった。そこで当社は、波長が異なる複数のLED光を高密度合成する光学技術により水銀灯を凌駕する露光量を実現する照明系を開発し、世界初のLED光源による直描装置「Ledia」を2012年に上市した。本装置は、複数の波長の合成により汎用レジストに対応するとともに、光量バランスの最適化により様々なレジストへ高品質・高効率な描画を可能とした。また光源をLEDに置き換えることで、消費電力半減、光源寿命8倍、水銀レス構成など、従来装置に比べて環境負荷を大幅に低減する成果が得られた。

Lediaシリーズは、上市後急速かつ広く市場に浸透し、数年間でプリント基板製造工程での直描装置の活用を業界標準化させた。またその後、他社も相次ぎLEDの採用を進めたことから、本装置は同工程における環境負荷削減を牽引した功績を持つ。



図2 プリント基板製造用直描装置

半導体デバイス製造用直描装置

半導体デバイスの分野では、長らくステッパーなどマスク転写方式の露光装置の発展がデバイスの微細化を牽引した。しかし2010年頃より技術的限界やプロセスコストの増大によりその進展が鈍り、代わって後工程のパッケージ技術で高機能化する手法が注目された。先端パッケージの製造工程では、インターポーザやパッケージ基板の回路形成に光リソグラフィ技術が用いられる。この分野では、各種提案される新構造への迅速・柔軟な対応、下地の変形や位置ずれへのフレキシブル・高精度な追従、昨今

注目されるAIチップなど大サイズ基板への対応など、マスク転写方式が不得手とする各種の課題が存在し、その要求は高度化している。当社はこうした業界課題に打開策を提示すべく、半導体後工程で用いられる直描装置の開発に取り組んでいる。

① DW ー世界初のウェーハ量産用直描装置ー

2010年頃、後工程での高集積化が検討される中、ウェーハの薄化や熱処理による下地の歪に対して高度な重ね合わせ精度を担保する機能へのニーズが高まった。そこで当社は他分野で培った直描技術を展開し、世界初となるウェーハ量産用直描装置「DW-3000」を2011年に上市した。本装置は当社独自の光変調素子であるGLV™(Grating Light Valve)²⁾により高精細と高出力を両立し、2μm解像力を備えながら量産適用可能な生産性を実現した。さらに、マスクレスによる短TAT (Turn-Around Time)、下地の変形や個々のチップの位置ずれに追従するリアルタイム補正など、ステッパーでは対応が困難な課題にソリューションを提供する装置であった。

② LeVina ーパッケージ用フレキシブル直描装置ー

また当社は、PLP (Panel Level Package) や設計多様化など業界要望の変化に応じパッケージ向け直描装置LeVinaシリーズを展開している。この装置は、各種レジストやアプリケーションに応じて波長や解像度が選択可能なフレキシブル構成で、各種提案される多様なパッケージの生産に対応する。

③ DW-3100 ー世界最高水準の高精細直描装置ー

さらに当社は、急速に需要が高まるAIチップなど大サイズ、高精細な先端パッケージの製造に向け、シームレスな描画が可能な直描の利点を活かしつつ微細化にも対応した新機種「DW-3100」を昨年上市した。本装置は量産用直描装置として最高水準となる線幅1μmの解像力を有し、300mmウェーハや

310mmパネルの直接描画に対応する。当社は本装置により量産用直描装置の高精細化を牽引し、今後拡大が見込まれる大サイズパッケージの製造に対応するとともに、直描装置をデバイス設計の自由度を拡張する新しい生産設備として普及させ、半導体デバイスの進化や業界の発展へ貢献することを目指す。

おわりに

電子業界における直描技術への取り組みを紹介した。プリント基板業界では、世界で初めて量産現場で活用できる直描装置を市場に提供するとともに、プリント基板製造工程における直描装置の活用を業界標準化し工程を革新した。また半導体業界では、世界に先駆けてウェーハ量産用直描装置を市場に提供し、直描方式の様々な長所を実証しつつ、デバイス進化の新たな可能性を切り拓いている。

昨今、生成AIやクラウドの急成長にともなう計算量の爆発的増加により、高性能半導体の重要性は急速に増している。これら需要に応える開発競争が、半導体後工程における先端パッケージの分野を主戦場として繰り広げられている。本書で記した直描装置は、微細化とチップレット化が進む先端パッケージの開発製造現場において、その進化を支える製造技術を提供するものである。マスクレスで柔軟かつ自在にパターンが形成でき、下地の位置ずれによる品質劣化やサイズの制約から解放される直描装置は、従来にない新しいデバイス開発の可能性を切り拓くイノベーションとして期待されている。当社は今後も、半世紀にわたり育んできた直描技術を当社の中核技術と位置付け、様々な業界において業界課題を解決し、我が国の生産技術の優位性を強化する技術革新に取り組んでいく。

参考文献

- 1) SCREENホールディングス他, “電子回路基板の進化を支える光源や変調器を最適統合した直接描画装置の開発”, 第72回大河内賞受賞業績報告書, 2026.

*1) DMD™はTexas Instruments Incorporated (TI) の商標です。

*2) GLV™はSilicon Light Machines Corporationの商標です。



図3 半導体デバイス製造用直描装置