

液晶シール剤塗布技術

Coating Technology for Liquid Crystal Display Production

高橋 良一
R. Takahashi

原田 種真
T. Harada

豊嶋 毅
T. Toyoshima

液晶ディスプレイ (LCD) 生産ラインのシール剤塗布工程では、2枚の液晶基板 (ガラス) を接着し、その中に液晶材料を封入する。今回、この工程用に高精度と高生産性を両立させた液晶シール剤塗布技術を開発し、装置化した。

この装置の特長は、非常に粘度の高い液体を線引き塗布できること、微量塗布での塗布量ばらつきが少ないこと、および、高速な塗布が可能なことである。

実現のポイントは、液晶基板の凹凸や装置振動などの外乱に強く、シール剤の微量塗布と高い塗布精度をもつディスペンサノズルの開発と、徹底した低振動設計である。この全自動シール剤塗布装置は、LCDの狭額縁化と生産性向上に寄与できる。

Adhesive coating is performed on the liquid crystal display (LCD) production line for the purpose of adhering glass substrates and sealing.

We have developed an adhesive-coating technology that is compatible with high precision and high speed. The features of this technology are adaptability to line coating with high-viscosity liquid, and low deviation in small-quantity coating.

This technology is based on an original dispenser that is robust against disturbance, and an XY stage without mechanical vibration. The newly developed coating equipment contributes to a reduction in the frame size of LCDs and improved productivity.

1 まえがき

LCDは、大型化、高画質化といった性能向上や低コスト化が進み、近年急速な伸びを示している。ノートパソコン用のLCDには、軽量化、低消費電力化などが要求されているが、特に、表示に寄与しない額縁部分を、可能な限り小さくする狭額縁化が求められている。

このLCDの製造を支えている生産技術の一つとして、液晶シール剤塗布技術がある。これは、セル (2枚の基板とシール材に囲まれた空間) 組立工程でシール剤を液晶基板に線引き塗布する技術である。狭額縁化のためには、シール剤の微量塗布と高精度化が必要であり、生産性向上のためには、塗布速度の向上が必要である。

このような要求にこたえるために、塗布プロセスにおける流動解析、振動解析、および、シール剤塗布精度の計測などに取り組み、液晶シール剤塗布技術を開発した。ここでは、シール剤塗布に必要な要素技術と、この技術を用いて開発した液晶用全自動シール剤塗布装置について述べる。

2 シール剤塗布工程

LCDの構造を図1に示す。カラーフィルタ基板とアレー

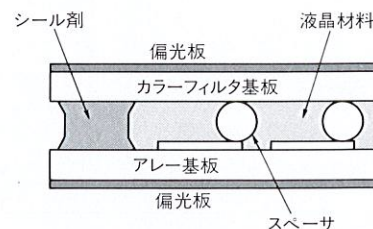


図1. 液晶ディスプレイの構造 2枚の基板をシール剤で接着し、その中に液晶材料を封入している。

Structure of LCD

基板と呼ばれる2枚の液晶基板は、シール剤で接着されており、これらの間に液晶材料が封入されている。基板の間隔は、TFT-LCD (薄膜トランジスタ型液晶ディスプレイ) の場合数 μm で、この間隔は球状のスペーサによって保持されている。

シール剤塗布工程を図2に示す。シール剤塗布装置はディスペンサノズル、XYステージなどから構成される。液晶基板をXYステージにのせ、ディスペンサノズルからシール剤を吐出しながら、XYステージを動かすことで線引き塗布をする。

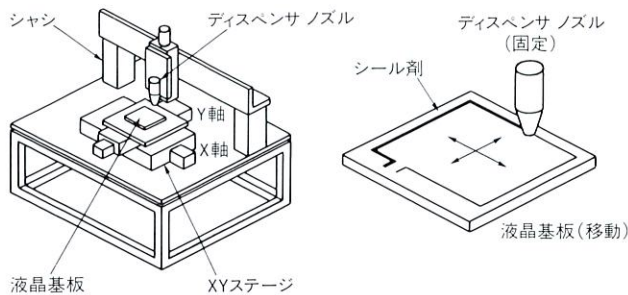


図2. シール剤塗布装置と塗布工程 ディスペンサ ノズルからシール剤を吐出しながら、XYステージ上の液晶基板を動かすことで、シール剤を塗布する。

Coating process and equipment

3 全自動シール剤塗布装置

図3は液晶用全自動シール剤塗布装置である。搬送ロボットとの液晶基板受渡し、基板位置決め、塗布、ディスペンサ ノズルのクリーニングなどの動作を、自動で行うことができる。次に主な特長について述べる。

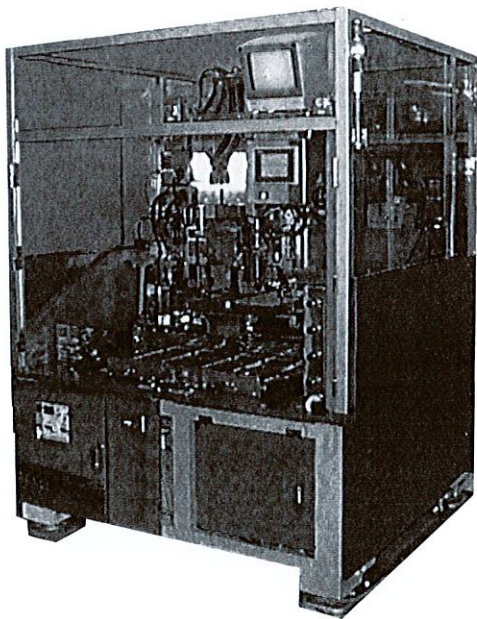


図3. 全自動シール剤塗布装置 液晶生産ラインのセル組立工程で使用される。

Coating equipment for LCD production

3.1 微量塗布と高い塗布精度

塗布長さ1 mmあたり、 0.006 mm^3 の微量塗布を実現した。また、塗布量ばらつきは 3σ 値で塗布量の10%以下である。この条件で塗布したときのシール剤の断面形状を図4に示す。特に、シール剤高さは $\pm 1.6 \mu\text{m}$ の精度で塗布できる。

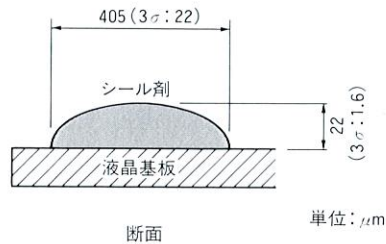


図4. 塗布量 0.006 mm^3 のときのシール剤の形状精度 高精度な塗布精度を実現した。

Geometric accuracy of coated adhesive

3.2 高速塗布

シール剤は一般に角部が曲率をもった四角形に塗布される。これを図5に示す。従来装置は50 mm/sの塗布速度であったが、曲率半径0.5 mmで、70 mm/sの高速塗布を実現した。

3.3 高粘性液体対応

ペースト状の高粘性液体でも安定した塗布が可能である。粘度が $100 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ のシール剤を塗布できる。

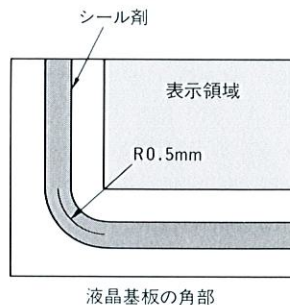


図5. 角部のシール形状 70 mm/sの塗布速度を実現した。狭額縁化のためには、角部の曲率半径を小さくしなければならない。

Shape of coated adhesive at corner

4 シール剤塗布の要素技術

塗布プロセスにおける流動解析や、振動解析、計測・評価技術を駆使して、シール剤塗布技術を開発した。ここでは、技術的な取組みについて述べる。

4.1 LCDの狭額縁化

LCDの額縁部の大きさは、駆動用ICの大きさとシール部の幅で決まる。狭額縁化のためにはシール部の幅を狭くすること、つまり微量塗布を実現しなければならない。そしてこれと同時に、塗布量のばらつきを抑える必要がある。

また、シール剤は図5のように塗布されるが、狭額縁化のためには角部の曲率半径を小さくすることも必要である。

4.2 ディスペンサノズル

塗布量のばらつきを抑えるために、外乱に強いディスペンサノズルを開発した。

塗布量とそのばらつきは、図6に示すように、ディスペンサノズルと基板のギャップ、塗布速度、粘度、ぬれ性などに影響される。ディスペンサノズルと基板のギャップは、通常数十 μm に保つ必要がある、しかし、液晶基板の変形や装置の機械振動により、このギャップが変動する。シール剤塗布装置は、ギャップを一定値に制御するための機構を備えているが、その制御精度は数 μm 程度である。このギャップ変動は塗布量のばらつきを引き起こし、微量塗布のときその影響が大きい。

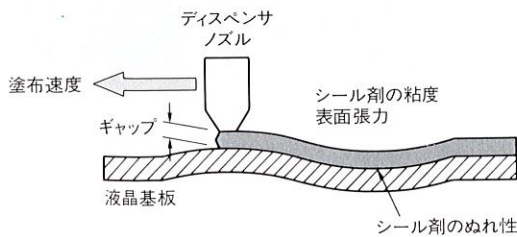


図6. 塗布量に影響を与える要因 ディスペンサノズルと液晶基板とのギャップの変動が、塗布量のばらつきに影響を与える。

Factors influencing coating quantity

今回、ギャップ変動があっても塗布量がほとんど変化しないディスペンサノズルを開発した。この開発にあたり、シール剤が液晶基板に塗布される現象を解析した。解析では、机上で解析式を導く方法^{(1),(2)}と数値解析する方法⁽³⁾を行ったが、後者の例を図7に示す。

この解析モデルを用いて、ギャップと塗布量の関係や、ディスペンサノズル形状とシール剤の流動抵抗の関係を求めた。

シール剤がディスペンサノズルを流れるときの流動抵抗

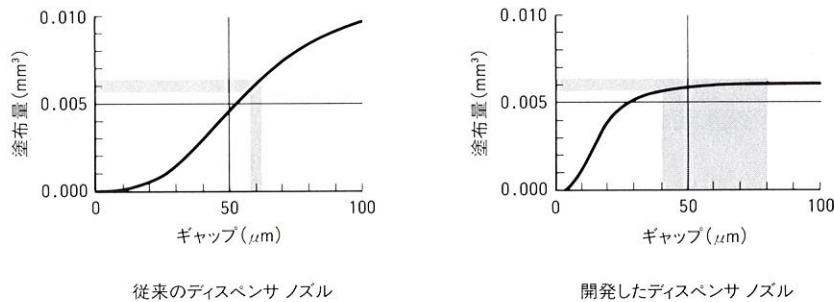


図8. 開発したディスペンサノズルの特性 塗布量とギャップの関係においてフラットな領域があるため、ギャップがある程度変動しても塗布量は一定になる。

Performance of newly developed nozzle

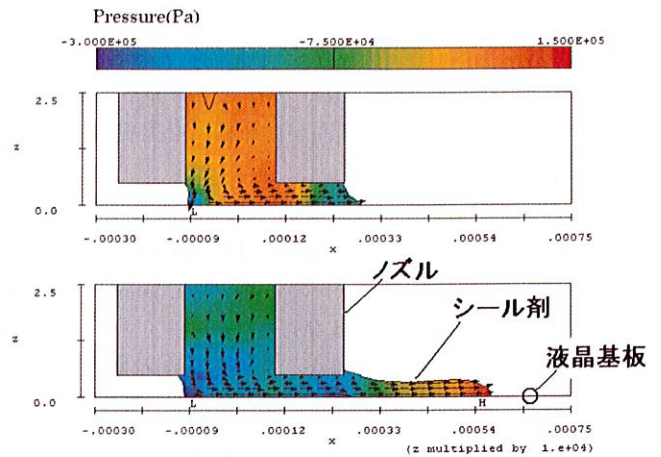


図7. 塗布現象の解析例 シール剤が、ディスペンサノズルから吐出され、液晶基板に塗布される現象を解析し、塗布量を求めた。圧力分布を色で、流速を矢印で示す。

Coating simulation

を、ディスペンサノズル内部で発生する成分と、ディスペンサノズルとガラス基板で発生する成分に分ける。前者はギャップ変動の影響を受けないが、後者は大きな影響を受ける。解析結果を用いて、後者の流動抵抗が前者に比べ無視できるくらいに小さくなるディスペンサノズルの幾何形状を求めた。このディスペンサノズルは、ギャップ変動があっても流動抵抗の総和があまり変化せず、塗布量を一定に保つことができる。

このような考えかたでディスペンサノズルの幾何形状を決定し、試作して実験的に検証した。

このディスペンサノズルの特性を図8に示す。従来のディスペンサノズルでは、ギャップ量の増加とともに塗布量が増加するため、ギャップ変動の影響を受けやすい特性であった。これに対し、開発ディスペンサノズルでは、ギャップがある量以上増加すると塗布量がほとんど変化しない領域がある。この領域で塗布することにより、塗布量をほ

ば一定に保つことができる。

今回開発した装置では、このディスペンサノズルの特性を利用し、かつ、数 μm の精度のギャップ制御をしているため、微量塗布にもかかわらず高い塗布精度を実現している。

4.3 低振動XYステージ

塗布量のばらつきを抑えるため、振動による変形を抑えたXYステージを開発した。図5のような形状で塗布するためには、図2のXYステージの各軸が、0.5mmの移動距離で加減速を完了しなければならない。

一般に曲率半径が小さい場合、または、塗布速度が大きい場合には、この加減速時に機械的な振動問題が発生する。

一方、LCDの狭額縁化のために角部の曲率半径を小さくすることが求められる。さらに、生産性向上のためには高速塗布が必要である。よって、これらの要求と振動問題の解決を両立させなければならない。

この課題を解決するために、塗布過程におけるステージの振動を測定し、これをモーダル解析^{(注1)(4)}することで、振動による変形状態の可視化を行った。図9は解析結果である。

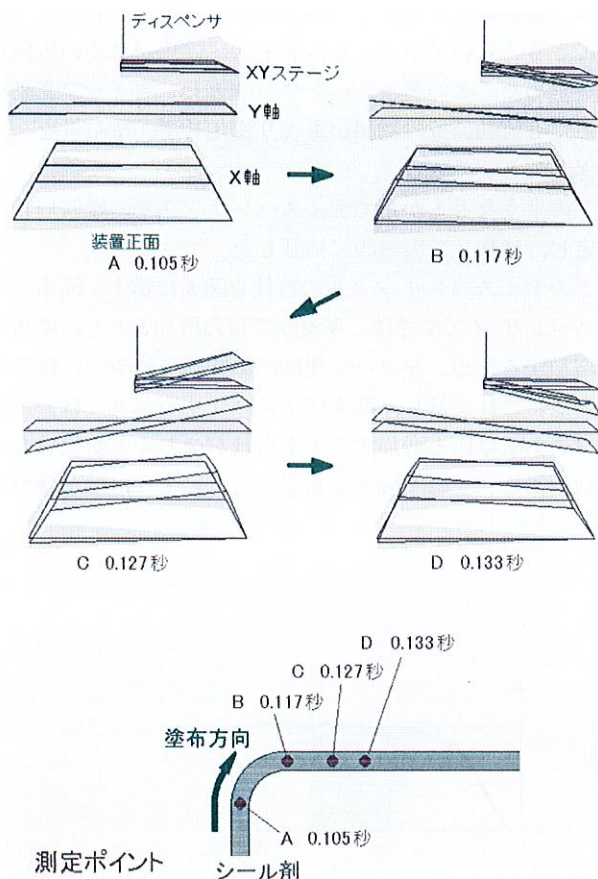


図9. 角部を塗布しているときのXYステージ振動モード 装置稼働時の振動モードを実験的に求めた。A点は角部進入直前を示し、B、C、Dでは角部の急激な加減速によって、XYステージが変形していることがわかる。

Vibration mode of XY stage

これから、角部を塗布しているときのXYステージの変形部分がわかり、この部分の剛性を強化することで、振動による変形を抑えたXYステージを開発した。

図10は塗布結果である。図の左側は振動レベルが大きい場合で、振動によりノズルと液晶基板とのギャップが変動し、くびれが発生している。図の右側は上述の解析により開発したXYステージによるもので、このくびれの発生を抑えている。

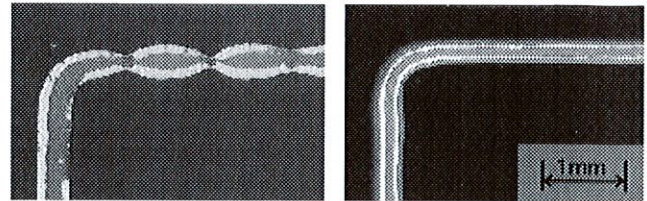
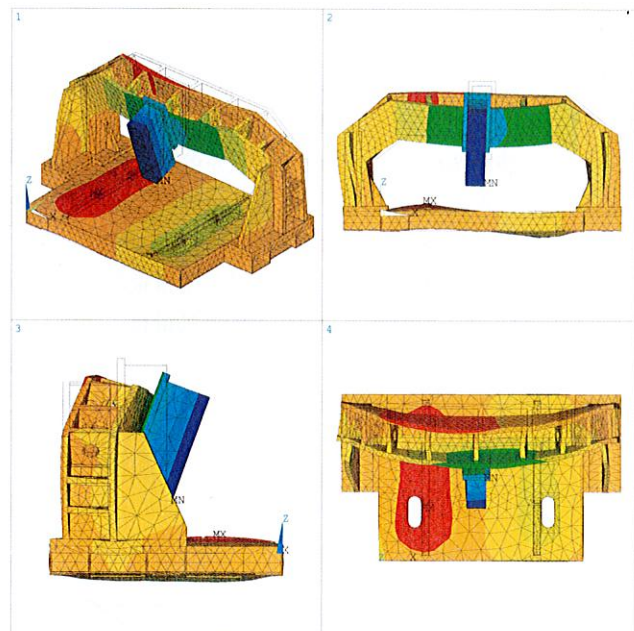


図10. 装置振動と塗布後のシール形状の関係 装置振動がある場合、角部を塗布した直後にくびれが発生している(左)。今回、振動を低減し、くびれをなくした(右)。

Relationship between shape of coated adhesive and machine vibration



X・Z：座標軸

図11. シャシの剛性解析例 有限要素法で剛性を予測しながら、シャシ構造を決定した。

Deformed shape of chassis

(注1) 装置が機械的な振動をしているときの変形状態を可視化したり、振動状態のパラメータを求めるための解析技術。

4.4 高剛性シャシの設計

シャシの機械的な剛性は、XY ステージの性能向上と同様に重要である。シャシ剛性が低い場合、急激な加減速を行ったときの慣性力でシャシが弾性変形してしまう。また、XY ステージのサーボモータの制御においても、シャシ剛性が低いと制御系のフィードバックゲイン設定に制限が生じ、期待した制御性能が出ない。

次に、液晶用製造装置は通常クリーンルームに設置されるため、床の耐荷重の面で装置重量の制約がある。よって、軽量化しながら剛性を強化しなければならない。

このような背景から、設計段階において複数の設計案のシャシ剛性を有限要素法⁽⁵⁾を用いて予測し、シャシ構造を決定した。この解析例を図11に示す。

図は、XY ステージの塗布角部の急激な加減速で発生する慣性力がシャシに作用したときの、シャシの変形状態を示す。

5 あとがき

シール剤の塗布現象の解析、XY ステージのモーダル解析、シャシの剛性解析などに取り組み、高精度と高生産性を兼ね備えた液晶シール剤塗布技術を開発し、装置化した。

前述のように、この装置は、塗布長さ1 mm 当たり0.006 mm³の微量塗布ができ、このときの塗布量ばらつきが3 σ 値で塗布量の10%以下である。また、曲率半径0.5 mm で70 mm/s の高速塗布を実現している。

LCD の製造技術は、まだ発展段階で今後よりいっそうの

高生産性、高精度化が必要である。市場ニーズにタイムリーにこたえるよう努力を続けていきたい。

文 献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 A5 流体工学、微小すきまを通る流れ、A5-41、日本機械学会、(1992)
- (2) 萩原辰弥：日本機械学会論文集、28-186、(1962)、138
- (3) FLOW-3D Theory manual、株式会社 エス・イー・エイ、(1996)
- (4) 大久保信行：機械のモーダル・アナリシス、pp.115-118、中央大学出版部、(1985)
- (5) ANSYS REVISION 5.2 ユーザーズマニュアルプロシージャ、サイバネットシステム株式会社、(1996)
- (6) 原田種真、他：70 μ m ピッチ対応液晶 OLB ライン、東芝レビュー、50、7、pp.547-550 (1995)



高橋 良一 Ryoichi Takahashi

生産技術研究所 メカトロニクス開発センター研究主務。液晶製造装置の要素・プロセス開発に従事。日本機械学会会員。

Manufacturing Engineering Research Center



原田 種真 Tanemasa Harada

生産技術研究所 メカトロニクス開発センター主任研究員。半導体・電子部品実装機の研究・開発に従事。

Manufacturing Engineering Research Center



豊嶋 毅 Takeshi Toyoshima

生産技術研究所 メカトロニクス開発センター。液晶製造装置の研究・開発に従事。日本ロボット学会会員。

Manufacturing Engineering Research Center