

カラーフィルター製造プロセスにおけるレジストコーティング技術の開発

新エスティーアイ テクノロジー(株)
 松本 力也
 酒井 昭雄
 高橋 一司
 住友化学工業(株) 生産技術センター
 村上 則夫

Development of the Resist Coating System for Color-filter Manufacturing Process

NEW STI Technology, Inc.
 Rikiya MATSUMOTO
 Akio SAKAI
 Kazushi TAKAHASHI
 Sumitomo Chemical Co., Ltd.
 Process & Production Tech. Center
 Norio MURAKAMI

Today, market of Liquid Crystal Display (LCD) is growing rapidly, especially, in a field of application like Note PC, monitor, Flat Panel Display TV set, and PDA (Portable Data Assistant). Also further growth of LCD market is expected. To meet the market requirement, to improve productivity, and to have a flexible price decision, we had decided to construct a 5th Generation line, where more than 1m² of glass substrate is treated. In this report, development of Capillary Coater System using capillarity of color resist, which can be applied to the 5th Generation line, is introduced.

はじめに

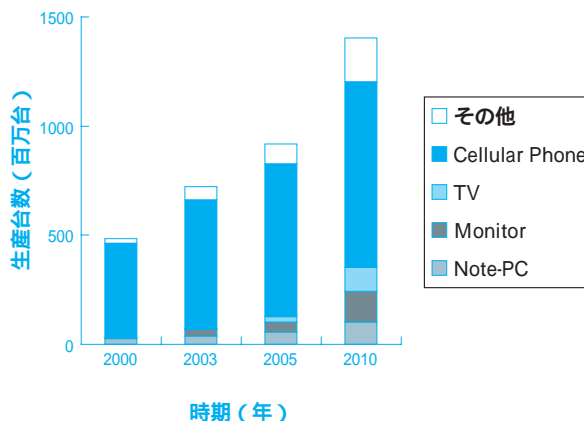
1980年代に開発が始まったカラー液晶(以下LCDと称す)は、ノートパソコンの普及と連動して大きく成長し、2000年には、その市場規模が2兆円を越えるに至っている。

LCDの用途も、LCDの揺籃期にはノートPC限定であったが、ノートPCの性能向上にあわせた表示性能の向上、価格低下に応える形での生産技術の革新、さらには通信インフラの整備など環境の充実によって、ノートPC以外の用途(携帯電話、モニター、ゲーム機など)への展開が図られている(第1図)。

また、LCDのパネルサイズについても大型化が顕著で、当初、対角10.4インチ(10.4型)を標準画面サイズとしてスタートしたノートPC用も、最終的にはA4サイズのノートPCに搭載可能な範囲での最大となる15型に収束すると考えられており、さらに一昨年来、成長が著しい液晶モニターも、現在主流である15型~18型から、最大サイズとして25型前後まで拡大することが予想されている。

さらに、昨年登場したLCD-TVも薄型・軽量・省

第1図 TFT液晶パネル市場予測(生産台数)



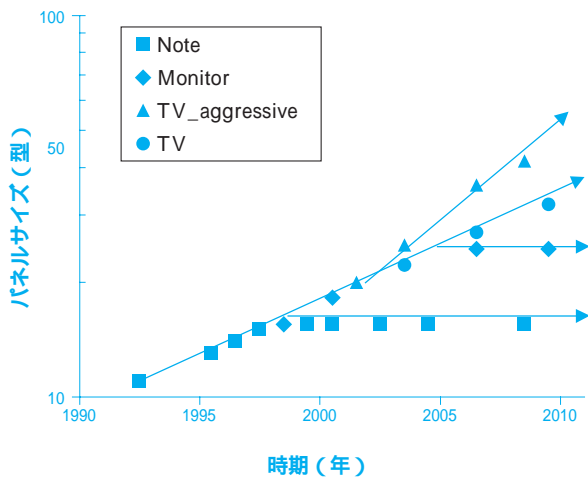
電力・長寿命などの特徴により急速に拡大する兆候が見えてきており、20型級までのパーソナルユースを中心としながらも、30型級までのファミリーユースへも拡大していくものと予想されている。

この様に、いまやLCDは、数量の拡大・製品の大量生産化と同時並行で市場の多様化が進行している¹⁾状況にある(第2図)。

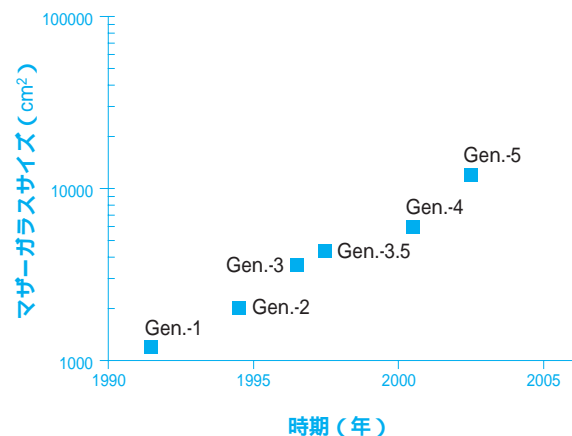
LCDの本格的な量産は、1991年前後に操業を開始した第1世代の製造ライン(代表サイズ300×400mm)に始まった。その後、1994年に第2世代(代表サイズ400×500mm)、1996年に第3世代(代表サイズ550×650mm)、1997年に第3.5世代(代表サイズ620×750mm)が稼動を始めたが、本年3月には、ついに1m超の第5世代ライン(1000×1200mm以上)が稼動するに至っている(第3図)。

当社においても、住友化学工業株・東友ファインケム株との共同出資で最新鋭の第5世代カラーフィルターラインの建設を決断し、建設と並行して、技術的な準備を行ってきた。

第2図 パネルサイズ拡大のロードマップ



第3図 TFT液晶ガラス基板サイズと生産ライン世代



大型ガラス基板対応のコーティング技術

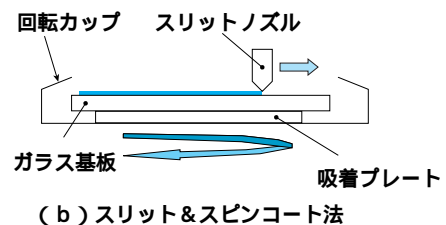
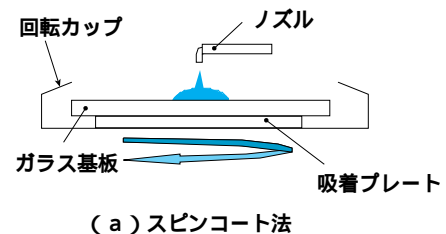
カラーフィルターの製造では、カラーレジストなどのフォトレジストやオーバーコートなどの各種の塗布

液をガラス基板上に塗布し、必要に応じて露光・現像を行ない、熱硬化する操作が繰り返し行なわれる。したがって、コーティング技術はカラーフィルターの生産を左右する重要な技術である。

従来、カラーフィルターの製造に関わるコータにはスピンコートが採用されてきた。スピンコートは上部のノズルよりレジストなどの塗布液を吸着プレートに固定させたガラス基板に滴下した後、ガラス基板を高速回転し、基板上に発生する遠心力と材料の表面張力によりガラス基板全面に塗布液を均一に広げるコーティング法である(第4図(a))。これは均一な膜厚の塗膜を大面積に比較的容易に形成できる利点がある。しかし、塗布液の利用効率が極端に低く、塗布液の95%以上が無駄に消費される点が課題とされる。

この課題に対して、スリットノズルを用いたプリコートとスピンコートを組み合わせることで塗布液の利用効率を向上するスリット&スピンコート法が考案され、第3世代ラインから導入が始まった(第4図(b))²⁾。この方式は、従来の中央滴下ノズルをスリットノズルに変えたもので、中央滴下方式と比べ、少量の塗布液でガラス基板全体に予備塗布することができ、その後、スピンコート法で従来の方式と同様に均一な膜厚が得ることができる。この方式により、スピンコート法に対して、塗布液利用効率を55%程度改善することができた。

第4図 従来のコーティング方式



しかし、第5世代以降の大型ラインでは、たとえスリット&スピンコート法のような省液型のコータを採用しても、次のような問題が想定される。

- ① 変動費(塗布液消費量)が大幅にアップする
- ② 巨大な部品の調達が困難となる
- ③ 初期投資が大きい
- ④ フットプリントが大きい

とくに大型ラインを建設する理由の一つである価格競争力強化の観点からは、①の変動費の増加は致命的であるため、次世代の省液塗布技術の開発が脚光を浴びている。

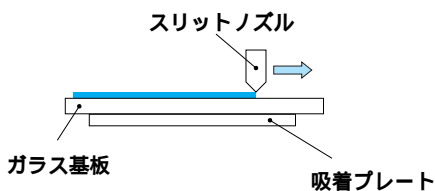
これまでも、スピンの代わりに省液型の精密コータをカラーフィルターの製造へ適用することは試みられている。このようなコータの例としては、ワイヤーバーコータ、スプレーコータ、ロールコータ、スリットコータ、メニスカスコータ、キャピラリーコータなどが挙げられる³⁾。さらに、最近では、パターンニングを同時に行うインクジェット法も革新的な塗布方法として注目されているが、現時点では量産化に向けての課題がいくつか残っており、スリットノズルを用いるスリットコータとキャピラリーコータが次世代のコータとして最も実用化に近いと考えられている。

第1表に各種コータの性能比較を示す。また、第5図にスリットコータを示す。

第1表 各種コータの比較

装置	膜厚均一性	塗布液利用率	塗布液物性適用範囲	スルーブット	大型基板対応
スピコータ		x			
スリット&スピン					
スリットコータ					
キャピラリーコータ					

第5図 スリットコータ



キャピラリーコータの開発

われわれは、新ラインの競争力確保のためには変動費の大幅な低減が必須課題であり、それを実現するためのコーティング技術として、キャピラリーコータが最有力と判断し、技術検討に着手した。その結果、基本的な技術的課題を克服でき、カラーフィルター量産にむけてのコータとして有望との見解が得られたので、本稿で、その開発状況を紹介します。

キャピラリーコータは、上方に向けたスリット状のノズルを使用し、毛細管現象によって上昇する塗布液を反転保持したガラス基板の下面にコートするものである⁴⁾。キャピラリーコータの利点としては、

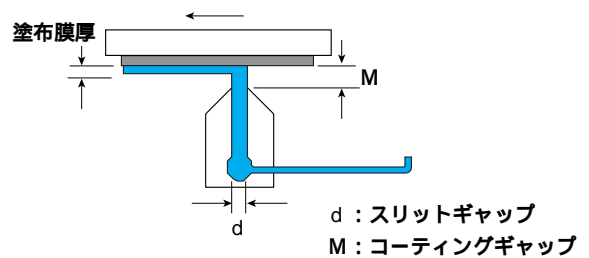
- ① レジストの供給に脈動が生じないため、良好な膜

厚均一性が得られる

- ② ノズルスリットの隙間を広くとれ、ノズルの加工精度への要求が厳しくない
- ③ ガラス基板とスリットノズルの隙間を大きくとれ、吸着プレートの精度、ガラス基板の平坦性への要求が厳しくない

等があるが、反面、ガラス基板を反転するためスルーブットが遅い、膜厚制御パラメータが多い等の課題がある。なお、キャピラリーコータでは、塗布膜厚を支配する因子としてスリットギャップ(d)、コーティングギャップ(M)、コーティング速度などが挙げられる(第6図)。

第6図 膜厚制御パラメータ



1. 開発目標

カラーフィルターの品質を左右する重要な因子として、膜厚均一性と塗布膜の外観(ムラ)の2つがある。各々について次の目標を設定した。

① 膜厚精度

塗膜の膜厚精度は、カラーフィルターに要求される品質レベルより、目標を平均値±2%以内とした。

② 塗膜の外観

カラーフィルターの種々の欠陥・外観不良は最終製品である液晶パネルの欠陥に直接結びつくため、少なくとも塗布膜段階でムラが見えないことを必要条件とした。

2. 膜厚の制御

カラーレジスト塗布における膜厚と、第6図に示した膜厚制御因子との関係の一例を第7図に示す。

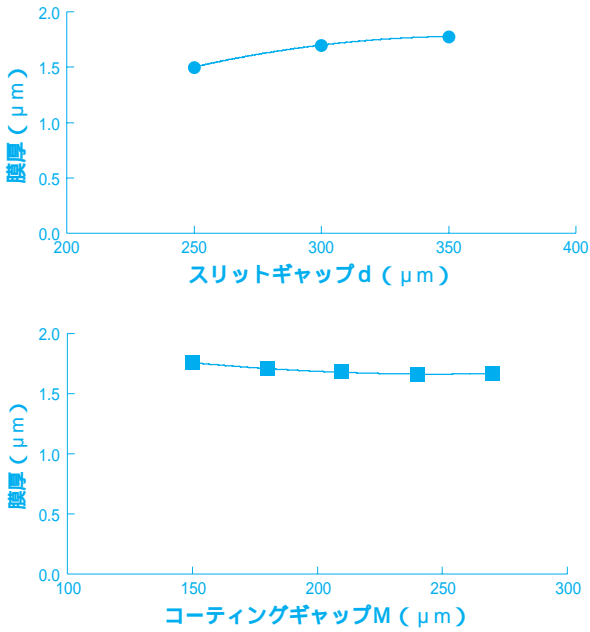
キャピラリーコータは、スリットギャップ、コーティングギャップといった機械精度に対して膜厚変動が少ないことから、品質の安定性に好適であると言える。

3. 塗布方向の膜厚均一性

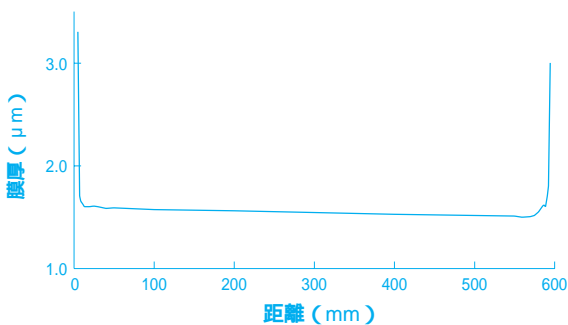
塗布方向の膜厚プロファイルの一例を第8図に示す。塗布距離(時間)が長くなるに従って膜厚の減少があることがわかる。

この膜厚変化は、配管やスリットノズルの壁面抵

第7図 各種パラメータの膜厚特性



第8図 塗布方向膜厚分布



抗や、塗布液の粘度が大きい結果、塗布液の消費に対する供給の遅れが発生し、塗布距離(時間)に応じてスリットノズル先端部の毛細管上昇高さが徐々に低下していくことで発生した現象と考えた。

これに対して、スリットノズル内面の壁面抵抗の低減、および配管、継手の配管抵抗の低減と補償方式を加味することで対策を行なった結果、幅広い塗布液の物性(粘度)に対応することが可能となった。

4. 周辺部処理

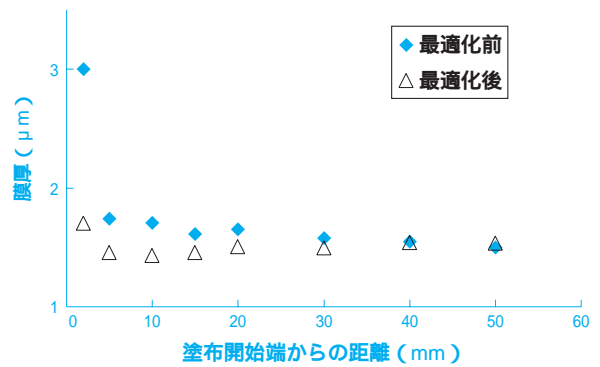
また、第8図では、膜厚の連続的な変化とは別に、塗布開始および終了部においてスパイク状の厚膜部が発生している。このような厚膜部は、現像後にも線状に残留し、ラインを汚染する危険性があるため、対応が必要である。

5. 塗布開始部の膜厚低減対策

キャピラリーコートは、ガラス基板に塗布液を最初に接触させる(接液と呼ぶ)際に、ノズルスリット先端

部にビード(液溜り)を形成する必要がある。塗布開始部の厚膜化は、そのビードの影響によるものであるため、ビードの最小化が膜厚低減の有効な手段と考えられた。そして接液時の条件(液面高さ、接液時間および吸着プレート加速時間など)の最適化を行なった結果、塗布開始位置の厚膜化を回避することができた(第9図)。

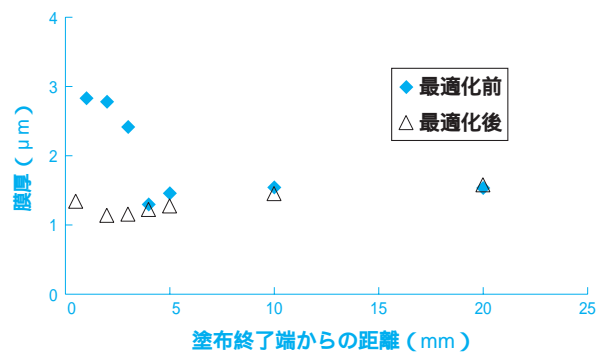
第9図 塗布開始部の膜厚



6. 塗布終了部の膜厚低減対策

いっぽう、塗布終了部においては、ガラス基板からレジストを切り離す(離液と呼ぶ)際に余剰なレジストがガラス基板に留まることにより厚膜化する。このため離液動作における余剰レジスト量を最少化することが膜厚低減の有効な手段と考え、離液条件を最適化することで、塗布終了部の厚膜化が抑制可能であることが判った(第10図)。

第10図 塗布終了部の膜厚

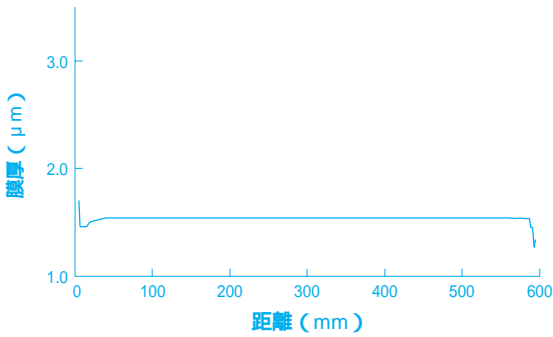


以上の最適化検討により得られた塗布膜の膜厚プロファイルを、第11図に示す。目標としていた膜厚均一性±2%以内が達成可能であることが確認できた。

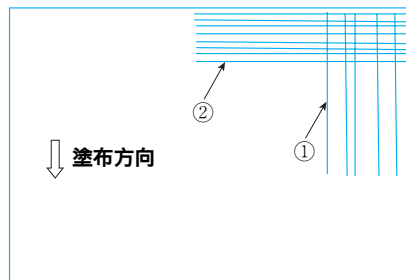
7. 外観

カラーフィルターの製造で、最もデリケートな問題のひとつに、外観不良(ムラ)があり、塗布~バークのすべての工程において細心の管理が要求される。

第 11 図 塗布方向膜厚分布(対策後)



第 12 図 塗布外観不良



①縦スジムラ ②横段ムラ

キャピラリーコータの塗布工程起因と考えられる代表的な外観不良(第 12 図)と対策例を述べる。

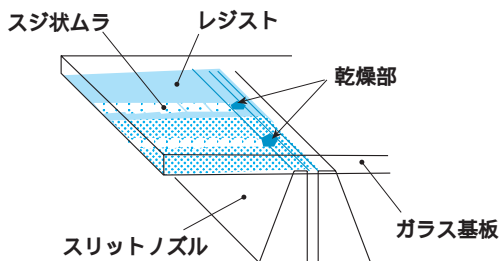
8. 縦スジムラ

塗布方向に発生するスジ状のムラであり、発生原因はノズル先端部の異常、すなわち

- ① 異物の混入
- ② スリットノズル先端部の乾燥
- ③ 気泡の形成

などが考えられる。このため、ノズル先端の正常状態を維持するための清掃、乾燥防止、ならびに異物や気泡除去のためのフィルタリングが重要である(第 13 図)。

第 13 図 スリットノズル乾燥部イメージ



9. 横段ムラ

塗布方向に垂直に発生する横段状のムラであり、解析の結果、装置駆動系の振動が原因であり、装置系の振動対策が重要である。

量産対応への取り組み

以上述べてきたように、膜厚均一性ならびに塗布膜の外観について、開発目標を達成できた。

いっぽうで、カラーフィルター量産設備としては以下の点を考慮する必要がある。

- ① タクトタイム(製品の流動間隔時間)
- ② スリットノズル先端の乾燥防止技術の確立
- ③ 装置精度の維持(メンテナンス性)

今回の技術検討をとおして、これらの点についても知見が得られたため、実機レベルの装置設計に反映することが可能となった。

おわりに

1m 角超の大型ガラス基板に対応可能な精密コーティング技術は、第 5 世代ライン以降のカラーフィルター製造におけるキーテクノロジーのひとつといえる。

冒頭で述べたようにこの目的に合致し、十分な信頼性を備えたコータは未だないのが現状であるが、我々は、キャピラリーコータを用いて、カラーフィルターのいくつかの技術要素に関して、膜厚均一性、外観品質など基本的性能が達成可能であることを確認した。

今後、オーバーコート剤等、高粘度材料に対しても対応できるよう、技術の拡大を図り、第 5 世代ライン以降のコータとして、カラーフィルター製造に全面展開してゆきたいと考えている。

最後に、今回の開発にご協力いただいた装置メーカーなど関係者各位に、この場を借りて謝意を表す。

引用文献

- 1)「Production Cost Saving(PCS)FPD phasIV Roadmap」報告書, SEMI Japan(2002)
- 2)月刊 FPD Intelligence 2000(4), 74
- 3)コーティング技術, 技術情報協会, 418(1999)
- 4)コンバーテック 6, 40 - 47(2000)



松本 力也
Rikiya MATSUMOTO
新エスティーアイ テクノロジー株式会社
新技術開発部



高橋 一司
Kazushi TAKAHASHI
新エスティーアイ テクノロジー株式会社
新技術開発部
プロセスグループリーダー



酒井 昭雄
Akio SAKAI
新エスティーアイ テクノロジー株式会社
新技術開発部



村上 則夫
Norio MURAKAMI
住友化学工業株式会社
生産技術センター
主任研究員

