

# 膜厚ムラ検査装置開発

藤井敏夫(1) 相川創(1) 久保田弘(2) 中田明良(2) 羽山隆史(2) 森川晃次(2)  
新庄 信博(2) 小山善文(3) 井上知行(4) 宮川隆二(5) 北野高広(6)

(1)テクノス株式会社 (2)熊本大学大学院 自然科学研究科 (3)電子応用機械技術研究所  
(4)株式会社アラオ (5)熊本県工業技術センター (6)東京エレクトロン九州株式会社

## 1. はじめに

液晶業界では、第5世代以降の大型ガラス基板の採用、大型LCD-TV向けへの展開という流れの中で、LCD製造技術・装置にも新しい動きが出てきている。レジスト塗布では完全スピンレス化が採用され、露光装置ではカラーフィルタ(CF)向けに画面一括露光技術が使われ、マスクコストを抑えつつ、ミックス&マッチが進む。セル組み立て工程では、液晶滴下法(ODF)を用いて、液晶注入と張り合わせを同時に行う。柱スパーサー付きCFとの組み合わせで、枚葉一貫処理ラインとなってきた。

第6世代以降の大型基板では、主に20型以上の大型LCD-TV用パネルを生産する。これに伴いレジストなどの膜均一性の制御が一層厳しくなっている。製造装置の巨大化が進む一方で、装置のスループットは従来の水準を維持していくことが要求される。また、レジスト塗布では、省レジスト化を狙い、従来のスピン塗布からスリットコーターへと切り替わることにより、より膜厚を均一に保つために高精度な制御技術、頻繁な装置メンテナンスが必要となっている。

このような液晶業界の状況に対応するため、我々のグループでは、大型ガラス基板をターゲットに、ガラス基板全面の膜ムラをインラインで検査することを目標と

し、多視野角画像取得方法<sup>(1)</sup>をベースに、短時間に大型ガラス基板全面の膜厚ムラを取得、検査できる装置の開発を行ってきたので、以下に紹介する。

## 2. 背景

第5世代以降の大型基板の製造プロセスにおけるイノベーションの代表的なもののひとつである、スリットコーター概念を図1に示す。スピン塗布はその原理から安定性があり比較的均一な膜厚分布が得られやすい。しかしながら、基板の大型化で、スピンによる材料コストの無駄や、大型スピンの回転に対する安全性の問題などから、大型基板のレジスト塗布はスピンコーターでは対応できなくなっている。そこで、大型基板では新型のスリット式コーターが主流になりつつあるが、安定して均一な膜厚を得るには高精度な制御技術や頻繁なメンテナンスが必要である。このような理由によりユーザーからは、新型塗布装置の垂直立ち上げ、また製造ラインにおける塗布直後での膜厚均一性の早期異常検出のために、リアルタイムな膜厚ムラ検査装置が望まれている。

また、大型TV向けにはフォトスパーサー(柱スパーサー)付きカラーフィルタが主流になってきている。フォトスパーサーの仕組みを図2に示す。カラーフィルタのブラックマトリクス上に同スパーサ

ーを形成するため、パネル開口率が高められ、大幅に輝度を向上できる。また、従来の球状スペーサーを用いたスペーサー散布工程が不要になる。セルギャップの均一性は液晶の品質に大きな影響をおよぼす。セルギャップの均一性はフォトスペーサーの膜厚均一性に依存するため、より厳密なフォトスペーサーの膜厚分布管理が必要となる。

このようなことから、本開発装置はユーザーに対して有効性を示している。

### 3. 装置仕様について

今回開発した膜厚ムラ検査装置の主な仕様を表1に、試作機の概観を図3に、第5世代基板対応の装置イメージを図4に示す。また、装置構成を図5に示す。

装置構成は大変シンプルである。装置はカラーエリアセンサーカメラと光源とスキャン用のステージで構成されている。測定対象物に光源を照射し、カラーエリアセンサーカメラの下を1回スキャンするだけで、膜厚の測定、解析、欠陥判別を行うことができる。

測定対象としては、ガラス、金属、シリコンウエハー上に形成された透明薄膜である。カラーフィルターなどは着色があるが基本的に光を透過する膜であれば測定が可能である。しかし、ブラックマトリクスなどの光を透過しない膜は測定できない。また、膜の下にパターンが形成されている場合においても測定は可能である。ただし、パターンが均一である必要があり、LCDのアクティブエリアを測定対象にする場合、アクティブエリア外は測定できない。

使用する光源は、視野角方式の場合は

500nm以下の波長をカットしたイエローランプの使用が可能であるので、感光性材料の測定も可能である。色度方式の場合は白色光源を使用する。

測定速度は第5世代のガラス基板(1100×1300)において3.5mmピッチの測定でロード時間も含めて54秒を実現している。従って十分インラインとして使用可能であるが、さらなる大型基板への対応をにらみ、現在も検査速度の高速化に取り組んでいる。

### 4. 測定原理

図6は図5におけるカメラと測定パネルの位置関係のみを抜き出した図である。この図において、測定パネルを位置Aから位置Bまで移動させながら、一定間隔で画像を撮像したとする。このとき得られた一連の画像には、測定パネル上のすべての地点において1~2の間のすべての角度から見た時の画像を含んでいることになる。従って、この画像データを演算処理することにより視野角が1~2まで少しずつ異なった視野角画像を連続的に得ることができる。この方式を連続視野角画像取得方式と呼び、この方式の概念を図7に示す。

得られたそれぞれの視野角の画像において、同じ位置のピクセルは実際の測定パネル上でも同じ位置を表している。したがって、同じ位置のピクセルの値を並べることで、パネル上のある点における視野角と輝度の関係が得られることになる。その処理の過程の概念をあらわしたものが、図8である。

ある点の入射角と輝度の関係のデータが図8のグラフのようになったとする。こ

の図より、輝度の変動の極大値を取る角度と、極小値を取る角度のうち、任意の隣り合った組を一つ検出する。この角度を a、b とする。薄膜の干渉に関する公式より、この点 a、b について以下の式が成立する。

$$m\lambda = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 a} \dots(1)$$

$$\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 b} \dots(2)$$

ただし、m は任意の自然数、 $\lambda$  は光源の波長、d は測定対象物の膜厚、n は膜の屈折率である。空気の屈折率は 1 として無視してある。式 1、2 より膜厚 d を求めることができる。これをすべての点に適用することで、膜厚の分布を得ることができる。

## 5 . 測定例

視野角方式を用いた測定例を図 9 に示す。サンプルは 400mm x 500mm サイズの Cr 膜付きのガラス基板にスピニングでレジストを塗布したものである。

サンプル中央付近を、光学式膜厚計で測定したラインプロファイルと視野角方式によって得られたラインプロファイルを比較したところ、2 つのラインは非常によく一致し、誤差の絶対値の膜厚計の測定値に対する割合の平均値は、約 0.07%であった。このように非常に精度のよい測定結果が得られている。

## 6 . 本装置導入のポイント

本装置を製造ラインに導入する場合のポイントを図 10 に示す。仮に日産 2500 枚で、歩留まりが 98%の塗布装置が 5 台ある製造ラインを想定する。

従来の方式では、検査装置が最終段階にしかないため、不良発見が遅くこの段階ではリペアが不可能であるため、発見された不良は廃棄するしかない。想定では 10%ものガラス基板を廃棄することになる。

本装置を図の新提案方式のように導入した場合、塗布装置の直後リアルタイムに膜厚分布が取得できるため、膜厚分布の傾向が常に把握でき、塗布装置のメンテナンスをタイムリーに行うことができる。このことにより塗布装置自体の歩留まりを向上させることが可能である。また、塗布工程にて NG となった場合においても塗布直後に NG の判断ができるため、NG 品の塗布されたレジストを剥離洗浄することによりリペアが可能である。これによりシステム全体としての歩留まりを劇的に向上させることが可能となる。

## 7 . 市場状況

韓国、台湾の LCD メーカーが相次いで第 5 世代、第 6 世代、第 7 世代基板対応ラインの導入を進めている。このような中、各 LCD メーカーは基板の大型化によるインライン膜厚モニタの重要性を十分に認識している。現在、大手 LCD メーカー 4 社から引き合いがきており、いずれもまずは、パイロットラインに本装置 1 台を導入し、装置の有効性が確認できれば本ラインに導入するという段階を考えている。

用途としては、カラーフィルター工程の R、G、B 各着色感光材料を塗布した後の膜厚均一性の管理、MVA 用材料を塗布した後の膜厚均一性の管理、フォトスペーサー用材料を塗布した後の膜厚均一性の管理等を考えている。特にフォトスペーサーの場合は材料塗布後の膜厚そのものがフォトスペーサーの品質となるので、大型ガラス基板全面の膜厚ムラをインライ

ンで検査することができる本装置の期待は非常に大きい。

また Array 工程においてはレジストを塗布した後のレジスト膜厚均一性の管理を行う。レジストの膜厚に関しては、膜厚のパラツキが現像後の線幅ムラの要因となるので、これに関してもユーザーの本装置に対する期待は大きい。

また、液晶関連の材料メーカーより、ITO 膜や、透明膜製品の膜ムラ検査用としての引き合いもあり、本装置の多様なニーズが顕在化してきている。現在これらのニーズに対応すべく、製品化、事業化を進めている。

## 8. まとめ

各 LCD メーカーは第5世代以降の大型化に伴う製造プロセスのイノベーションにより、ラインの歩留まり低下を懸念し、今まで以上に膜厚の管理に対して非常に

熱心である。今回、我々のグループが開発した装置は大型ガラス基板全面の膜厚分布がリアルタイムに監視できることがポイントとなっている。

まずは、有力な LCD メーカーへ装置導入を行い、実績を作り出すことを目指す。また、将来的には塗布装置と本装置を組み合わせシステム化することにより、高い安定性をそなえた塗布ラインの構築を目指し、市場展開を図っていきたいと考えている。

## 参考文献

- (1)特許 2202-351674 多角画像取得方法、その装置及びそのプログラム

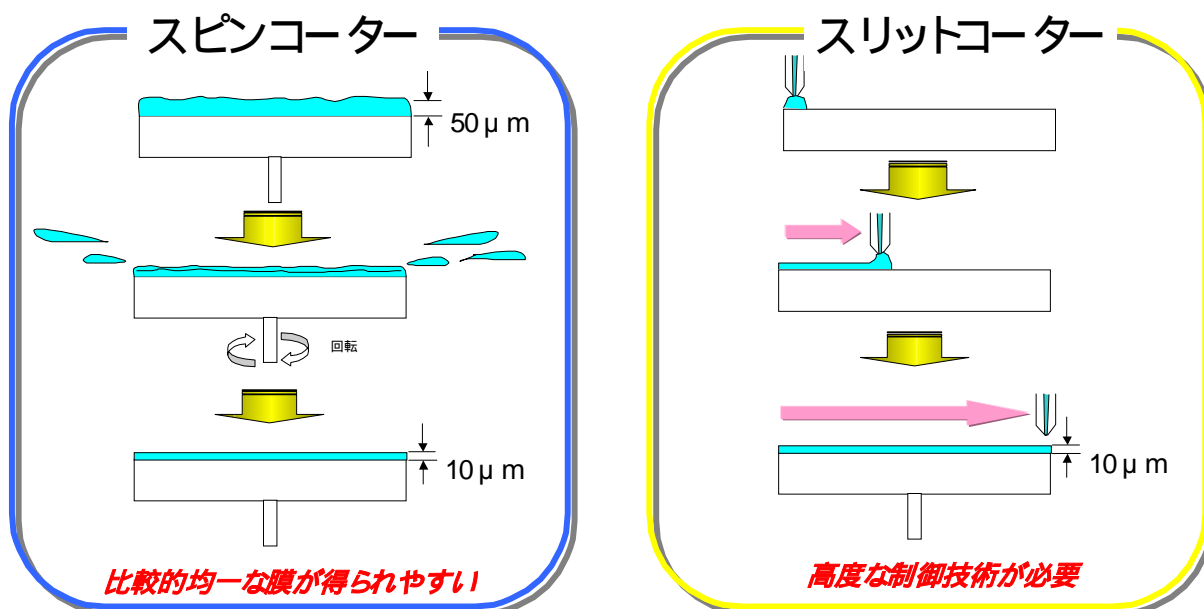


図1 スピンコーターとスリットコーター

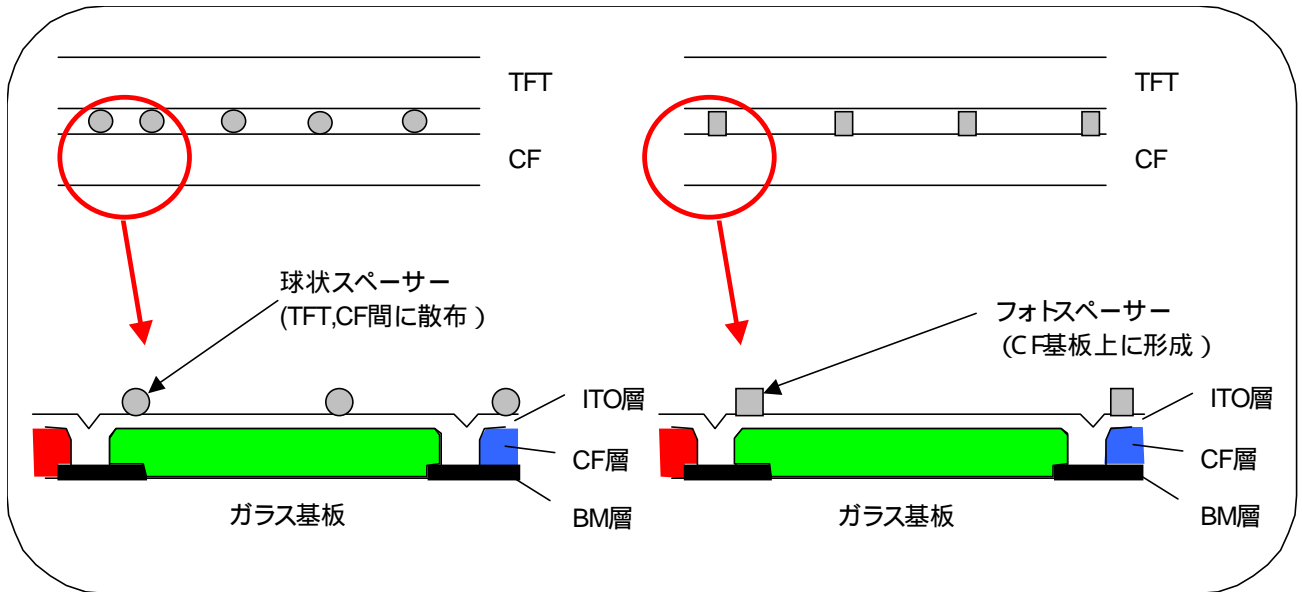


図2 球状スペーサーとフォトスペーサー

No.	項目	仕様	備考
1	測定対象	ガラス、金属、シリコンウエハー上の透明薄膜	
2	測定可能膜厚	視野角方式：測定膜厚範囲 1 $\mu\text{m}$ ~ 10 $\mu\text{m}$ 色度方式：測定膜厚範囲 100nm ~ 1 $\mu\text{m}$	
3	測定速度	54 秒 ( G 5 サイズ、測定ピッチ 3.5mm時 )	測定点数約 81,000 ポイント
4	測定膜厚分解能	3 nm	
5	光源	視野角方式：白色光源、イエローランプ 色度方式：白色光源	
6	表示機能	膜厚分布表示 膜厚ムラ表示 膜厚ラインプロファイル表示	

表1 今回開発した膜厚ムラ検査装置の主な仕様



図3 膜厚ムラ検査装置試作機の概観



図4 第5世代基板対応の装置イメージ

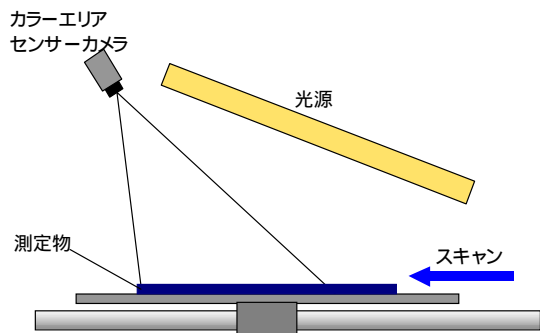


図5 装置構成

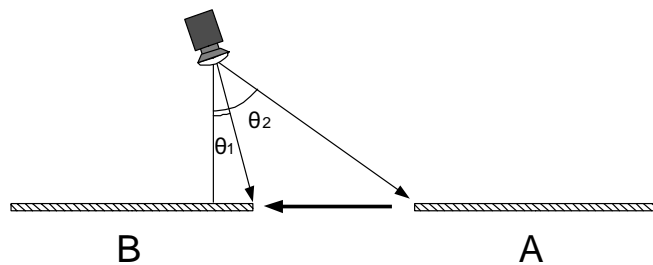


図6 連続視野角画像取得の基本原則

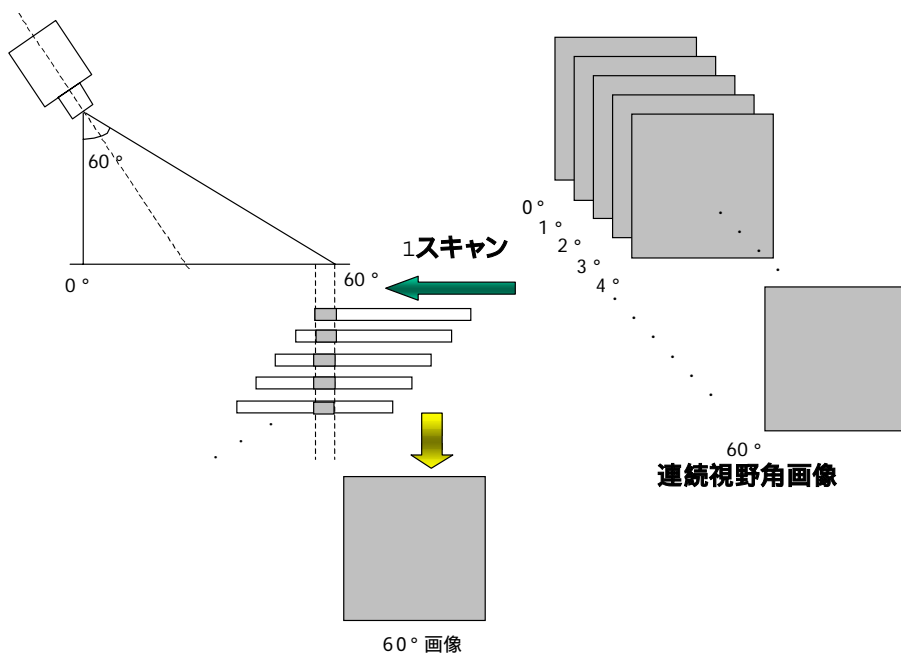


図7 連続視野角画像取得の概念図

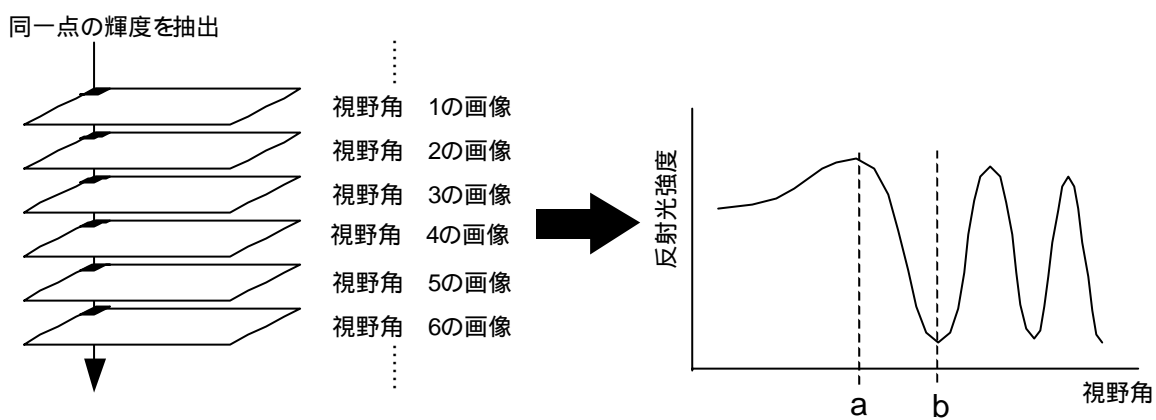
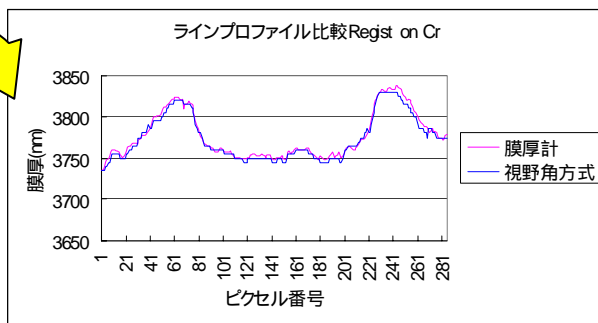
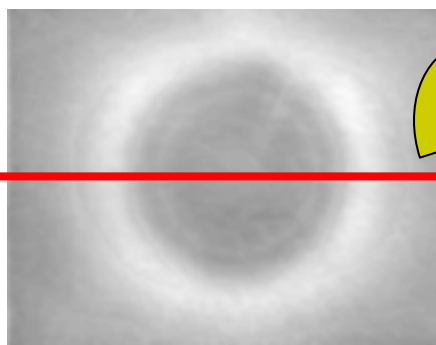


図8 視野角-反射光強度特性

# サンプル レジスト4000nm



視野角方式による検出例  
(測定ピッチ約1.7mm)

画像中央付近の1ラインの膜厚をグラフにして重ねたもの  
膜厚計測定値との差の平均値の割合 : 0.07%

図9 視野角-反射光強度特性

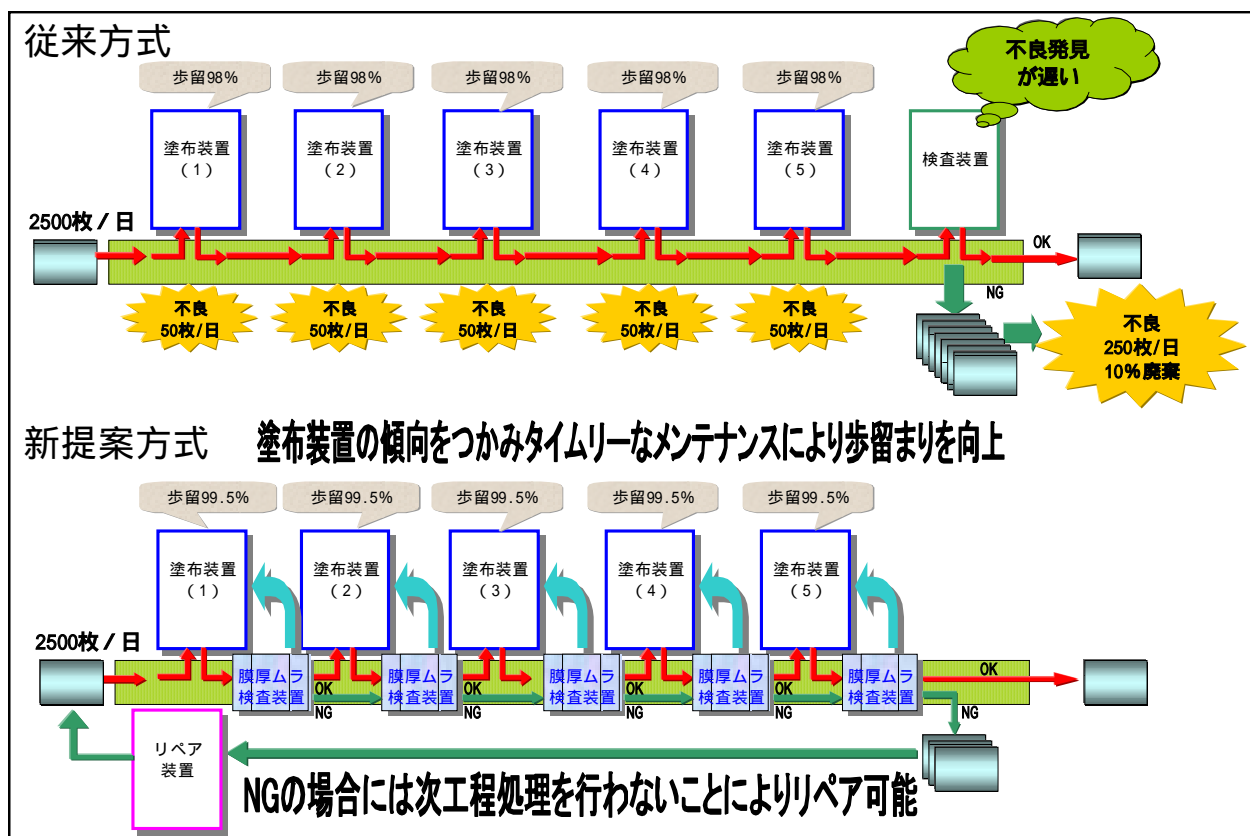


図10 膜厚ムラ検査装置の導入ポイント