

## 電気光学効果現象からの出発：液晶基板検査装置の開発と商品化

機械部会 梶 克広

### 1. まえがき

電気光学効果という物理現象がヒントとなって、これをアクティブマトリクス型液晶ディスプレイ用 TFT アレイ基板の検査手段に応用し、米国フォトンダイナミック社と共同で液晶基板検査装置を開発した。本書では、その原理、開発経緯、装置機能等を紹介する。

目標は、当時、極端に歩留まりの低かったアクティブマトリクス型液晶ディスプレイの製造工程に、この原理を使った検査装置を導入し、市場開拓のきっかけとすることであった。歩留まりを向上するためには、液晶ディスプレイの最終点灯検査に匹敵するレベルの検査を、TFT アレイ工程の段階で実施することが考えられた。そうすれば、不良基板を液晶封入する前の段階で除外でき、セル工程、ドライバー実装工程に不良基板を回さないため、無駄を省くことができる。研究着手からアルファ機完成まで約 2 年を要し、その後開発改良を進めてきた。現在、本検査装置は、ファクトリーインターフェースに対応し、修復可能な基板をリペア工程に回すなど、インライン装置として活用されている。

### 2. 検査原理

#### 2.1 基本原理

電気光学効果は、ポッケルス効果に代表されるが、本開発では、結晶を電界中に設置し、その物質に光を入射すると、その物質を透過する光の強さが、電界の強さの変化に対してある一定の関係で変化する現象に着目した。アクティブマトリクス型液晶ディスプレイは、各画素にある薄膜トランジスタ (TFT) を個別に駆動し、画素単位で電極間に電位差を発生させて液晶分子の挙動を制御している。この駆動を、広義の電気光学効果現象と捉え、電気光学効果を液晶基板の TFT アレイ検査に応用できると判断した。この検査方法を実現するために開発したキーテクノロジーは以下の通り。

- 1) 一定の電圧範囲で、電界の強さと透過光の輝度の変化が線形関係にあるモデュレータの開発
- 2) 微細な画素サイズ(約  $100\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ )を位置同定するため画素マップを可能とする TFT 基板とモデュレータ間ギャップ(約  $20\mu\text{m}$ )を含む相対精密位置決め機構及び光学系の開発

図 1 に、TFT アレイ基板検査の原理を示す。つまり、モデュレータをアレイ基板に対向させて設置し、両者間に電圧を印加する。入射光はモデュレータ下面から反射され、その電界の影響を受けた輝度の変化が CCD カメラで捉えられる。これを電圧の変化に変換、TFT 画素単位で、その発生電圧をデジタル化し、TFT アレイ基板上の欠陥を電圧値の高低を基に識別できる。

言い換えると、モデュレータと TFT アレイ基板の相対位置関係は、液晶ディスプレイの対向電極と TFT アレイ基板の関係に匹敵し、両者の違いは、対向電極と TFT アレイ基板の間には、液晶ディスプレイでは液晶が封入されているが、本検査装置では、微小なエアギャップが存在するという点にある。

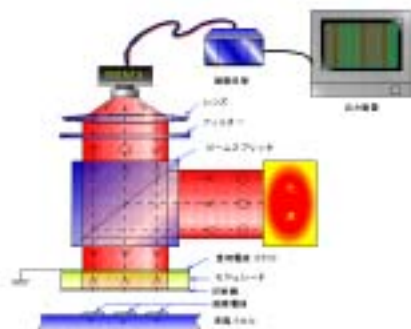


図 1: 検査原理

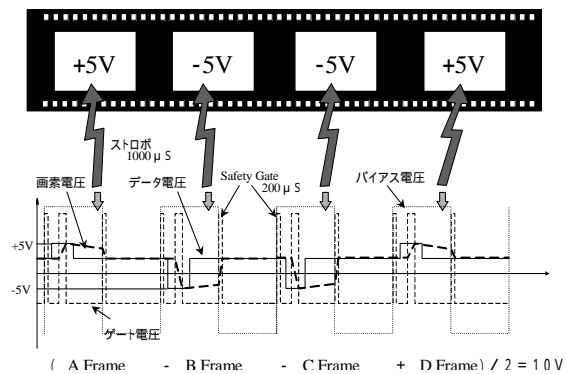


図 2: 実際の駆動方式

#### 2.2 電圧イメージングシステム

光源から入射した光は、TFT アレイ基板と対向電極間にあるモデュレータ素子を通過して反射してくるが、この反射光は、モデュレータが電界中の電気光学効果によって TFT アレイの欠陥情報を保持している。この情報を CCD カメラで捕え、AD 変換して、画像処理プロセスにより 2 次元の電圧イメージを作成する。この電圧イメージ光学系 (VIOS) は、その機能を実現するために、CCD カメラ、光学レンズ、試料照明ランプ、微動動作用圧電素子等を使用した。VIOS は、基板上の検査位置決め後、モデュレータと TFT アレイ基板間をギャッピングして電圧イメージを採取する。

エアギャップはできるだけ小さくしてクロストークの影響を少なくし、空間分解能を向上させることにより検査能力が大きく向上する。ギャップ制御は、3本の圧電素子による面制御機構を採用している。基板平面内の精密位置決めはエアベアリングとリニアモータ、エンコーダを備えたステージ機構で行った。

### 2.3 実際の駆動方式

実際の検査では、図 2 に示すように、液晶基板のゲート及びデータラインに駆動信号を印加する。基本は、ゲートをオンしている時間にデータラインを介して図 2 で示すような駆動パターンを印加する。電圧イメージでは、正常画素からは反射光がえられるのでその反射光の強さに相当する電圧が得られ、欠陥画素からは反射光は散乱してしまうので暗欠陥になる。電圧イメージ例を図 3 に示す。このように、検出電圧の差によって、画素の完全な欠陥ばかりでなく、半欠陥も、その電圧レベルに応じた欠陥分類が可能となる。

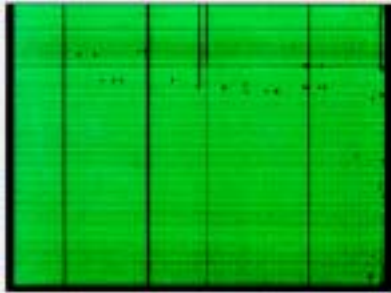


図 3 電圧イメージ



図 4 電圧イメージ光学系

### 3. 検査装置概要

#### 検査装置と電圧イメージ光学系(VIOS)

電圧イメージ光学系(VIOS)を図4に、検査装置本体の外観を図5に示す。

#### 1) モデュレータ動作 : ステップアンドリピート方式

正確に電圧イメージを取得するために、モデュレータをステップして平面上で精密位置決めした後、基板に対抗して約 20 $\mu$ m にギャップ制御する動作を繰り返す。ギャップ制御は、圧電素子とひずみゲージを併用してクローズド制御する。位置決め後に検査エリアの輝度を CCD (4 MB) にて撮像し、AD 変換する。

#### 2) 輝度カウントを基に画素単位で欠陥位置を同定する画素マップ作成

#### 3) モデュレータ(電気光学素子)

#### 4) 画像サイズ対応分解能



図 5 検査装置



図 6 検査結果出力例

### 4. 検査実施例

TFTアレイ検査は検査に必要な情報をセットアップし、検査対象基板の位置ティーチングを行う事から始める。従来のプロ-バ方式と違い、簡単に検査できるのは、プローブコンタクトが不要で、電圧イメージを得るために電圧をショートリングを介して印加できるからである。サンプル例を図6に示す。電圧イメージを利用して、電圧分布を電圧レベルに応じて分類し、画素の良否と欠陥種類を判別する。この欠陥分類機能は、これまでの本検査装置の実績を元に数々の改良を重ねた結果、最終点灯検査とほぼ合致する。

### 5. まとめ

検査原理で判るように、液晶ディスプレイと同等の方式でTFTアレイ工程での検査が可能アレイ基板検査装置を開発した。簡単に検査を実行できるという手軽さから、当初は新製品の立ち上げ時に重宝される傾向が販売開始当時は強かった。しかし、現在、量産型の販売を開始してからインライン使用が可能となり、CIM機能を標準搭載し、液晶基板の生産状況に合わせて運用されている。

以上