

液晶ディスプレイの実装検査技術

Bonding Inspection Technology for Liquid Crystal Displays

宮内 孝 鈴木 智夫 妹尾 勝己

■ MIYAUCHI Takashi ■ SUZUKI Tomoo ■ SENOO Katsumi

液晶ディスプレイ (LCD) の実装工程では、駆動用ICとガラス基板の電極間に、数 μm の導電粒子を挟み込むことで電氣的に接合している。1枚のLCDには数千点の接合部があるが、1か所でも接合不良が発生すると画像を正しく表示できない。東芝は、部材や、設備、工程環境などの管理とともに、検査工程を設けることで製品の信頼性を確保してきた。従来、実装工程の外観検査は人手で行っていたが、検査の安定化と省人化が課題であった。

今回当社は、導電粒子を挟み込む際に発生する10 nm程度のガラス基板上の電極ひずみを画像処理によって抽出することで自動で検査できる技術を開発した。この技術をLCDの自動検査装置に搭載し、製造現場で高い実装品質の維持に貢献している。

In the bonding process during the manufacturing of liquid crystal displays (LCDs), several thousand electrically conductive particles are sandwiched between the electrodes of the driver ICs and the electrodes on the glass substrate for electrical bonding. As the electrically conductive particles cause localized deformations on the glass substrate when they are correctly positioned, incomplete electrical bonding of the LCD can be detected if such deformations are absent or insufficient in number.

Toshiba has developed an automatic bonding inspection technology that can measure warps using an image-processing technique. Inspection equipment incorporating this technology has already been introduced to our manufacturing facilities, where it is contributing to improved efficiency of inspection and stable production of LCDs.

1 まえがき

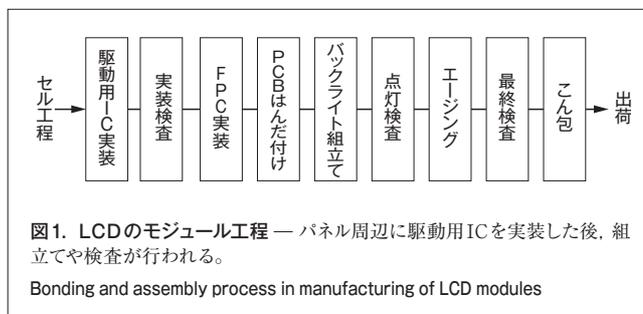
液晶ディスプレイ (LCD) の製造には、駆動用ICを実装する工程がある。この工程では、ガラス基板と駆動用ICの電極間に、数 μm の導電粒子を挟み込んで電氣的に接合している。1枚のパネルに数千個ある接合箇所の1か所でも接合不良があると、画像は正しく表示されないため、高い信頼性が必要である。このためLCDの製造現場では、実装工程の中に検査工程を設けている。接続が不完全な不良品は、液晶表示を確認する点灯検査で検出できる。しかし接続が不安定な場合には、点灯検査では正常でも、出荷後に導通不良を起こすことがある。この対策として、検査員が顕微鏡で実装状態を観察する方法があるが、各電極を一つひとつ検査することから、検査員の負荷と検査レベルの安定化が課題であった。

今回、画像処理技術を用いて、実装状態の良否を判定する技術を開発し、自動検査装置として実用化した。ここでは、開発した検査技術と自動検査装置について述べる。

2 LCDのモジュール工程

2.1 工程概要

LCDの製造工程は、アレー工程、セル工程、及びモジュール工程から成る。モジュール工程では、映像信号や操作信号



を供給する駆動用ICをパネル周辺に接続し、バックライトと重ね合わせてきょう体に収める。この工程では、セル工程で製造されたLCDパネルに駆動用ICを実装し、フレキシブルプリント基板 (FPC) を用いてプリント回路基板 (PCB) を取り付けた後、バックライトなどのモジュール部品の組立てや、点灯検査、エージング、最終検査、こん包などを行う (図1)。

2.2 駆動用ICの実装

駆動用ICの実装方式としては、TAB (Tape Automated Bonding) 実装とCOG (Chip on Glass) 実装があるが、ここでは、部材や工程が少ないことから中小型パネル製造で適用されることの多い、COG実装方式について述べる。

COG実装方式は、LCDパネルのガラス基板に、パッケージ化されていないベアチップと呼ばれるICチップを実装する方式である (図2)。バンブと呼ぶ突起状の接続電極がある駆

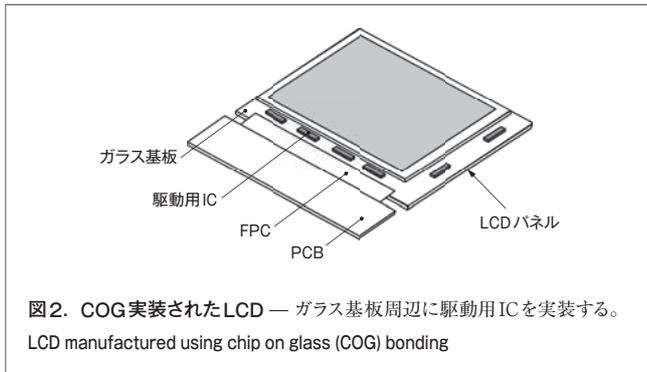


図2. COG実装されたLCD — ガラス基板周辺に駆動用ICを実装する。
LCD manufactured using chip on glass (COG) bonding

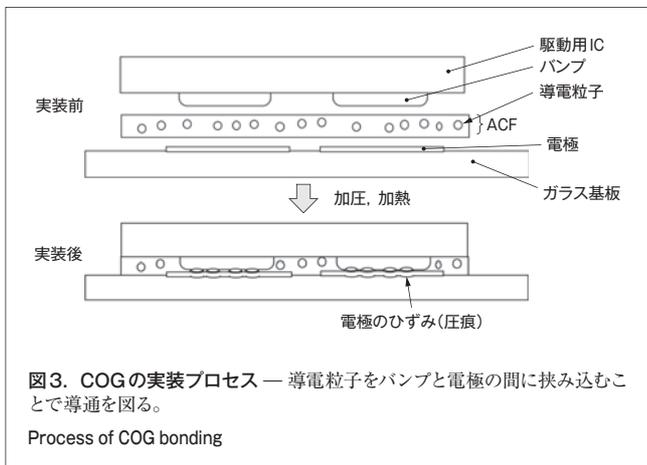


図3. COGの実装プロセス — 導電粒子をバンプと電極の間に挟み込むことで導通を図る。
Process of COG bonding

動用ICの接続面をガラス基板に対向させ、位置を合わせた後、異方性導電膜 (ACF: Anisotropic Conductive Film) を挟んで接着し接続する (図3)。ACFは、厚さが15~70 μm の絶縁性の接着フィルム中に、ニッケルや金などの金属をコーティングした直径3~10 μm の導電性の微粒子を分散させたものである。導電粒子はフィルムの中で分散して独立に存在しているため、フィルム全体としては絶縁物である。これを、駆動用ICとガラス基板の間に挟んで加熱し加圧することで、導電粒子がバンプとガラス基板の電極間を導通させる。

COG実装断面を走査型電子顕微鏡 (SEM) で撮影した写真を図4に示す。バンプとガラス基板の間に導電粒子が挟み込まれていることがわかる。電極間に挟み込まれている導電粒子の数が少ないと、出荷後に導通不良が発生する確率が高い。そのため、電極間にはさまれている導電粒子の数をカウントし、一定数以下の場合には不良判定することが有効である。

電極間に挟み込まれている導電粒子の数をカウントする方法として、導電粒子が挟まれる際にガラス基板上の電極に発生するわずかなひずみ (図3実装後) を観察する方法がある。正しく実装された場合のガラス基板上の電極面の凹凸状態を、非接触表面・層断面形状計測システムで測定したものを図5に示す。導電粒子によってガラス基板上に10 nm程度のひずみが発生していることが観察できる。これを圧痕 (あっこん) と呼んでいる。

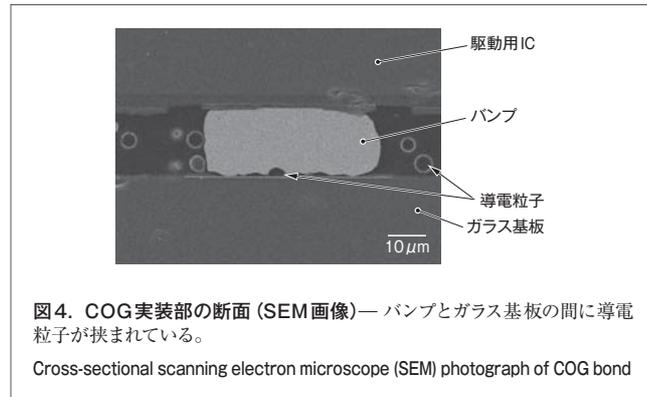


図4. COG実装部の断面 (SEM画像) — バンプとガラス基板の間に導電粒子が挟まれている。
Cross-sectional scanning electron microscope (SEM) photograph of COG bond

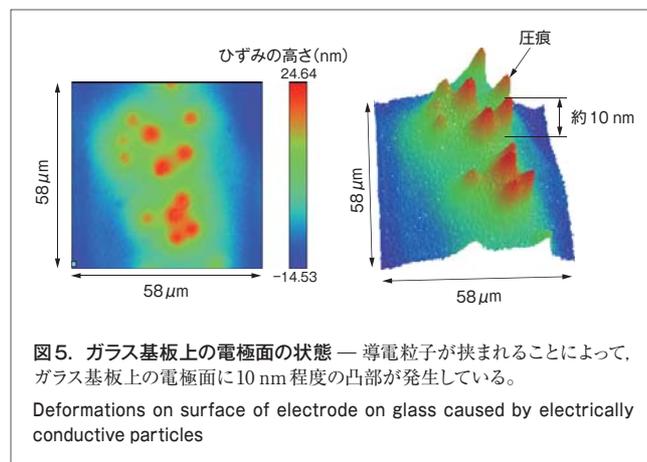


図5. ガラス基板上的電極面の状態 — 導電粒子が挟まれることによって、ガラス基板上的電極面に10 nm程度の凸部が発生している。
Deformations on surface of electrode on glass caused by electrically conductive particles

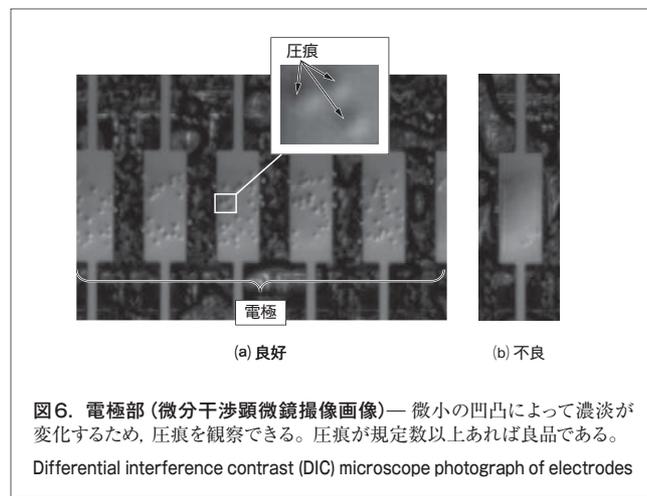


図6. 電極部 (微分干渉顕微鏡撮像画像) — 微小の凹凸によって濃淡が変化するため、圧痕を観察できる。圧痕が規定数以上であれば良品である。
Differential interference contrast (DIC) microscope photograph of electrodes

製造工程では、微小の凹凸によって濃淡状態が変化する微分干渉顕微鏡を用いている。微分干渉顕微鏡で撮影した電極部を図6に示す。検査員が、濃淡形状とコントラストから圧痕を見つけ、各電極内の圧痕数をカウントして、すべての電極で規定値以上であれば、良品と判断する。

顕微鏡を用いた人手検査は、不良品の後工程への流出防止に効果を上げている。一方で、1枚のLCDパネルに対する検査箇所が数千点と多いため、検査員の負荷が大きいことが課題であった。また、画像による官能検査であるため、判定レベ

ルの安定化も課題であった。このような背景から、省人化と判定レベルの安定化を目的に、検査の自動化に取り組んだ。

3 検査技術の開発

3.1 検査員の判定方法

実際の工程で検査員は、形状とコントラストの二つの指標から圧痕判定をしている。

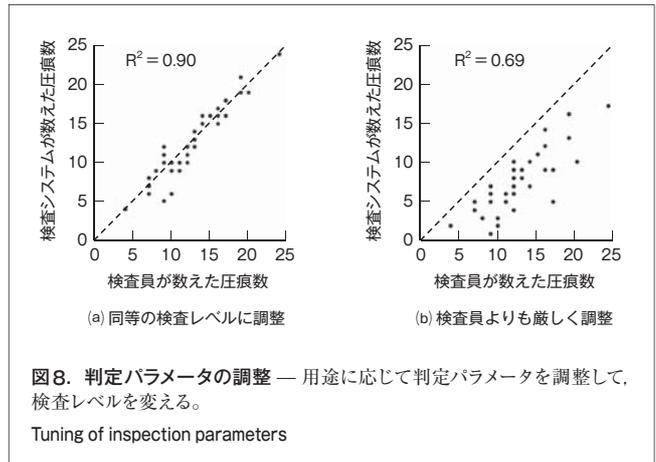
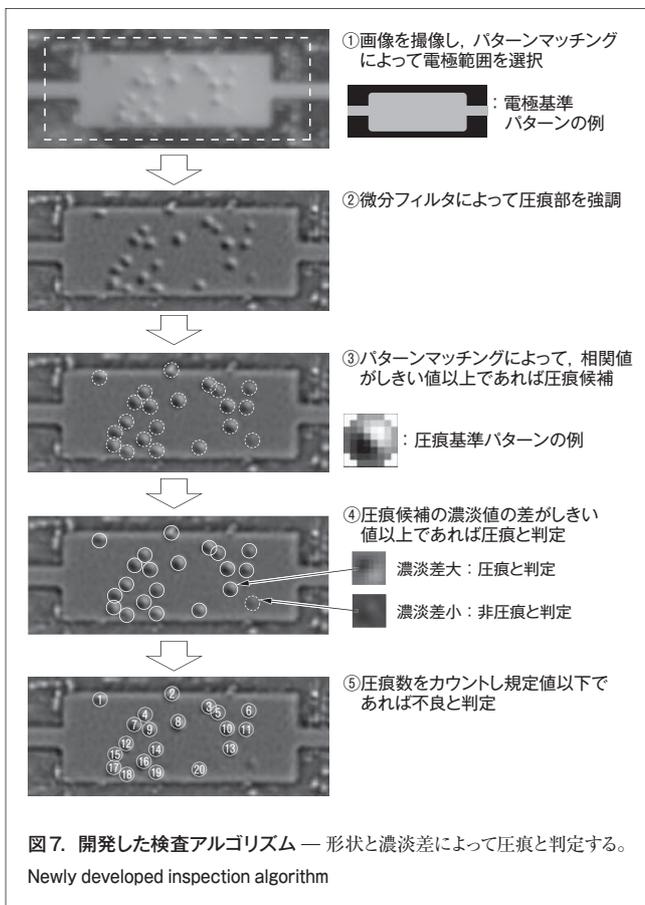
圧痕は、球状の導電粒子が押し付けられて生成されるものが微分干渉顕微鏡によって濃淡で表現されるため、円形の半分が明るく半分が暗い形状で判断できる(図6(a))。更に、圧痕部分の濃淡差は圧痕の高さを示すことから、一定基準以上の濃淡差がない場合には、十分に導電粒子がつぶされていない可能性があるため、圧痕と判定しない。

3.2 検査アルゴリズム

前述の検査員の判定方法を基に、画像処理を用いて自動的に圧痕をカウントする検査アルゴリズムを開発した(図7)。

判定手順を次に示す。

- (1) 電極の位置を正規化相関方式のパターンマッチングを用いて算出し、その結果によって圧痕検出の範囲を設定する。
- (2) 局所的な濃淡差を強調する微分フィルタを施して圧痕を強調する。



- (3) 圧痕形状の標準パターンをあらかじめ用意し、それを基に正規化相関方式によるパターンマッチング処理を行い、相関値がしきい値以上のものを圧痕の候補とする。
- (4) 濃淡差がしきい値以上の圧痕候補を圧痕と判定する。
- (5) (4)で圧痕と判断した箇所をカウントし、電極の圧痕数が規定値以下である場合には不良と判定する。不良と判定された電極が1か所でもあるパネルは不良とする。

3.3 検査レベルの調整

前記の検査アルゴリズムで、圧痕判定に用いるパラメータとして、(3)のパターンマッチング時の相関値と(4)の濃淡差のしきい値がある。これらの値を変えることで、検査レベルを調整できる。具体的には、(3)のしきい値を高くすると、形状の一致度が低い圧痕は排除される。また、(4)のしきい値を高くすると、薄い圧痕が排除される。これらのパラメータの調整指針は用途によって異なるが、ここでは二つの例を述べる。

実際に製造工程で実装されたLCDパネルを用いて、検査員のカウント数と、開発システムのカウント数を比較した結果を図8に示す。(a)は検査員と同等レベルに調整した事例で、相関値は $R^2=0.90$ と高い。(b)は検査員のカウント数を超えることがないように調整したものである。

実装品質の分析などに用いる場合は、作業者と相関性の高い(a)の設定を採用する。一方で、製造工程で全数検査による流出防止を目的とする場合は、実績のある検査員の判定レベルよりも厳しい判定基準にする必要があり、(b)の設定を採用する。

4 検査装置の開発

開発した検査アルゴリズムを搭載した自動検査装置を図9に、装置の主な仕様を表1に示す。

LCDパネルを上流の実装装置から受け取って、反転した後、検査ユニットのXYステージに搭載する。検査ユニットは、微分干渉顕微鏡の画像をCCD(電荷結合素子)カメラで取り込み、パソコン(PC)で画像処理を行って、圧痕数をカウントする。

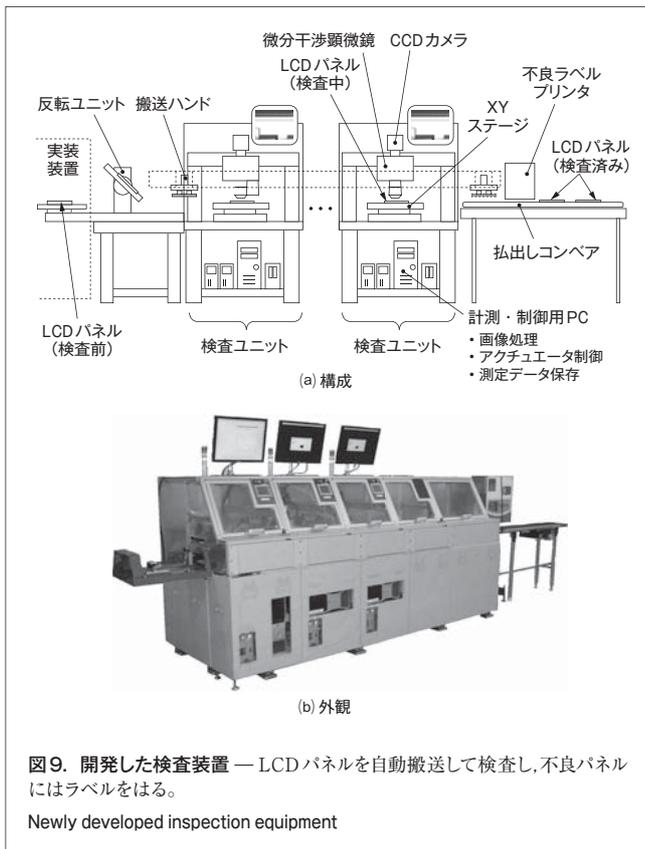


図9. 開発した検査装置 — LCDパネルを自動搬送して検査し、不良パネルにはラベルをはる。

Newly developed inspection equipment

表1. 検査装置の主な仕様

Main specifications of inspection equipment

項目	仕様
検査時間	27 s/パネル (東芝標準パネルの場合)
対応サイズ	2.5 ~ 11インチ
検査項目	圧痕カウント, 異物挟込み
その他	不良ラベル自動はり付け機能付き

LCDパネル1枚を実装する時間より1台の検査ユニットでの検査時間が長い場合には、複数台の検査ユニットを設置することで、検査時間によって製造ラインの生産能力を落とさないようにしている。

微分干渉顕微鏡の撮像範囲に、LCDパネルの電極部分が入るようにXYステージは制御され、撮像、判定、及び移動を繰り返す。1枚のLCDパネルの検査が完了すると、搬送装置によって払い出される。検査結果が不良の場合には、その内容を作業者がわかるように、不良ラベルを自動ではり付ける。

また、電極間に挟み込まれた異物を検出する機能も開発し、装置に搭載した。

5 統計的な管理手法への活用

開発した検査装置は、既に製造現場で活用されており、省

人化と検査レベルの安定化に役だっている。

更に、検査を自動化したことによって、実装品質を数値化できるようになった。具体的な効果として、実装不良の発生確率を効率的に算出可能になったことが挙げられる。従来の人手の作業では、基板単位での不良発生数を集計することで、駆動用ICの実装工程の状態を判断していた。しかし現実には、実装不良の発生確率は非常に低いため、検証には多数のサンプルが必要になっていた。開発した検査装置を用いて、LCDパネル1枚の、各電極における圧痕数の平均値と分散を求めることで、不良の発生確率が得られるようになった。新製品試作時の実装品質検証や、製造工程及び部材の状態変動による不良発生の予防に役だっている。

6 あとがき

LCDパネルへの駆動用IC実装の検査工程は従来人手で行っていたが、自動化することができた。開発した検査装置は、現在、製造現場で実装品質の維持だけでなく、得られたデータの活用で実装工程の保守活動にも貢献している。

ここでは、COG実装方式に限定して述べたが、この技術は、ACFを用いてガラス基板上に実装しているものであれば適用が可能である。LCDの製造工程では、TAB実装工程やFPC実装工程での適用が考えられる。

今後は、この検査技術を、検査時間の短縮や、導電粒子の微細化に伴う圧痕微細化への対応など、更に向上させるとともに、部材や工程の管理に役だてる技術として展開させていく。

文献

- (1) 内田龍男, ほか. フラットパネルディスプレイ大事典. 東京, 工業調査会, 2001, p.184 - 185, 298 - 304.



宮内 孝 MIYAUCHI Takashi

生産技術センター メカトロニクス開発センターグループ長。メカトロ要素技術及び製造設備の開発に従事。日本機械学会会員。

Mechatronics Development Center



鈴木 智夫 SUZUKI Tomoo

東芝ITコントロールシステム(株) 電機システム事業部 エンジニアリングソリューション部主務。製造設備及び画像検査設備の開発・評価に従事。

Toshiba IT & Control Systems Corp.



妹尾 勝己 SENOO Katsumi

東芝モバイルディスプレイ(株) 石川工場 モジュール部主務。液晶モジュールの生産技術に従事。

Toshiba Mobile Display Co., Ltd.