

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「極小径ハンダボールの安定高密度実装工程実現」

研究開発成果等報告書

平成22年 6月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社 清和光学製作所

## 目 次

### 第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

### 第2章 本論

2-1 フラックス塗布, ハンダボール搭載装置

2-1-1 全体概要

2-1-2 位置合わせカメラ系

2-1-3 スキージ

2-1-4 マスク

2-1-5 耐震性能について

2-1-6 耐熱性能について

2-2 検査および欠陥修正装置

2-2-1 全体概要

2-2-2 検査方式

2-2-3 欠陥修正機構

2-2-4 検証

### 最終章 全体総括

## 第1章 研究開発の概要

フラックス塗布装置、ハンダボール搭載装置、ボール搭載検査&欠陥修正装置を開発し、最小径  $10\mu\text{m}$ 、最少ピッチ  $20\mu\text{m}$  のハンダボール基板上実装と検査および欠陥修正を行なう自動ラインを実現すべく、研究開発を行なった。

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

情報家電、ロボット、低エネルギー消費型自動車、アミューズメント、医療等様々な分野で、高機能で大容量の半導体デバイスの要求はますます高まっている。SiP、CoC、PoP、TSV等の3次元実装技術やウエハレベルCSP、SoC、MPUの集積度高度化はこれら要求に応えるものであり、これらの積層プロセスまたは高度集積プロセスにおける素子間ファインピッチ接合の方法の一つとして、現行技術よりさらに小さなハンダボールをより小さなピッチで実装する事によって形成される微小バンプの必要性が高まる。当研究開発はこの分野の発展に寄与するものである。

微細技術、集積化技術に裏付けられる半導体・電子実装技術は、本来我が国の得意とする分野である。この分野を追求し技術をより高め事業化する事で、世界を含めた世の中への貢献が出来るものと考ええる。

具体的な目的は、特にCoCにおけるインナーバンプ形成用途として数年後(2013年頃との見方もある)には生産レベルで要求されるであろう最小径  $10\mu\text{m}$ 、最小ピッチ  $20\mu\text{m}$  のハンダボールを基板上に実装可能な装置および欠陥検査と修正を行なう装置の開発を行ない、極小ボール実装ラインを構築する事である。これまで最小で  $100\mu\text{m}$  を若干下回る程度から上のサイズのハンダボールの検査と欠陥修正の研究を行なって来たが、将来を見据え、より微小なハンダボールを取り扱う要素技術を構築する。もっとも、ハンダボールを使用するすべてのプロセスにおいてこのレベルの極小ボールが使用されるわけではない。だが、例えばメッキプロセス要素の問題点等を考慮しても、極小ハンダボールによる微小バンプ形成手法は有望であると考えられる。また極小ボールの実装手法を確立することで、従来のハンダボール実装法の改善進化にも寄与するものと考ええる。

ハンダボール実装工程後の実装率で95%以上、非実装部等への修正後の実装率で99%以上となる能力を目標とした。ポイントの一つは極小ハンダボールの扱いである。直径が  $70\mu\text{m}$  より小さくなる辺りから、ハンダボールを粒として扱うことが困難になる。静電気による力や周囲の気流の影響が重力よりも大きく働くようになり、集合体としては粉体で且つ微細なレベルでは球体としてハンダボールをコントロールするノウハウが必要となる。

2つ目のポイントは実装対象を2種類としたことである。PWB(MPU用チップ約100個取り可能な大きさの基板を想定)とシリコンウエハ(最大直径300mm想定)とする。PWBとシリコンウエハとは基板としての特性がそれぞれ異なることから、それぞれに対応する装置と要素技術の開発を試みた。

具体的には、

- I. 高密度配列された微小パッド(ランド)に適量のフラックスをムラなく塗付するための技術を開発する。専用スキージとマスクを用いた印刷方式を採用する。
- II. Iにてフラックスを塗付した微小パッド(ランド)上に、もれなくハンダボールを搭載するための技術の開発。専用スキージと専用マスクを用いた印刷方式を採用する。
- III. IIにて搭載されたハンダボールを画像処理的手法用いて光学的に検査し、ボール未搭載、ボール位置ズレ、余剰ボール、規定値より大きな(小さな)ボール、異物等による欠陥を検出する

技術を開発する。

IV. Ⅲにて検出された欠陥部位に対し、自動的にこれを修正する技術を開発する。

V. 上記 I～IVを実施するユニットをライン化し、極小ハンダボール搭載ラインを構築する。

これら実現のための技術的課題，研究開発項目とその数値目標を以下に記す。

#### 1. 【微量フラックス塗布技術開発】

極小ハンダボール実装の前工程としての、高密度配列された微小パッド（ランド）に適量なフラックスをムラなく塗付するための技術の開発。

[従来方法との違い]

パッド（ランド）が非常に小さいため、①マスクと基板の位置合わせ精度を上げる必要がある。②スキージによってマスク（および基板）にかかる圧力が、より均等でないとフラックスが基板に対して十分に塗れない箇所が発生する。③フラックス塗布後にマスクを基板から離す際に、一定の速さで剥離を進めないとフラックスが基板に対して十分に塗れない箇所が発生する。

[技術的課題]

- ・高分解能の光学機器，カメラ，および画像処理手法を用いた位置合わせ技術の確立。
- ・スキージによるマスク（基板）にかかる圧力を、場所に拠らず均一となるようコントロールする。
- ・基板からマスクが離れる速さを一定に保つ。

[解決方法]

##### 1-1. 【フラックス塗付用位置合わせカメラ系の開発】

高画素カメラの採用とそれに適合する光学レンズの開発およびソフトウェアの開発。基板に対するマスクのズレを1 $\mu$ m単位の分解能で認識し位置合わせ系にフィードバックできると同時に、段取り換えの段階においてフラックスとそれが実装されたパッド（ランド）とのズレ量を読み取り、さらに微細なレベルで位置合わせ系にフィードバックできるシステムの構築を行なう。

##### 1-2. 【フラックス塗付用スキージの開発】

フラックス塗付用新型専用スキージの開発。マスクおよび基板にかかる圧力ムラを吸収する材質と構造が必要。

##### 1-3. 【フラックス塗付用マスクの開発】

フラックス塗付用新型専用マスクの開発。微小スペーサをその表面に形成し、基板に対して一定の間隔を保ちまた、基板の部位に拠らない均一な剥離性を確保するマスクが必要。

#### 2. 【極小ハンダボール搭載技術開発】

フラックスを塗付した微小パッド（ランド）上に、もれなくハンダボールを搭載するための技術の開発。

[従来方法との違い]

パッド（ランド）が非常に小さいため、①マスクと基板の位置合わせ精度を上げる必要がある。②マスクと基板との間隔を一定に保たないと、ハンダボールを損傷する。③粉末状の極小ハンダボールを、もれなく全てのパッド（ランド）に実装する仕組みが必要。

[技術的課題]

- ・高分解能の光学機器，カメラ，および画像処理手法を用いた位置合わせ技術の確立。
- ・マスクと基板との間隔を一定に保つ。

- ・実装時にマスク上にハンダボールを均一に分布させながら同時にその形状を崩す事なくマスク穴を通してパッド（ランド）上に実装する。

[解決方法]

2-1. 【ハンダボール実装用位置合わせカメラ系の開発】

高画素数カメラの採用とそれに適合する光学レンズの開発およびソフトウェアの開発。基板に対するマスクのズレを単位のマクロン単位レベルの分解能で認識し位置合わせ系にフィードバックできると同時に、段取り換えの段階においてハンダボールとそれが実装されたパッド（ランド）とのズレ量を読み取り、さらに微細なレベルで位置合わせ系にフィードバックできるシステムの構築を行なう。

2-2. 【ハンダボール実装用マスクの開発】

極小ハンダボール実装用新型専用マスクの開発。微小スペーサをその表面に形成し、基板対し一定の間隔を保つ事ができ且つ基板に加わるスキージ圧を一定に保つマスクである必要がある。

2-3. 【ハンダボール実装用スキージの開発】

極小ハンダボール実装用新型専用スキージの開発。ボールハンダをマスク上でまんべんなく拡散させ同時に、ボールハンダに対してストレスを与えない材質と形状のスキージが必要。

3. 【搭載ボールの検査手法の開発】

基板上に搭載された極小ハンダボールを画像処理的手法を用いて光学的に検査し、ボール未搭載、ボール位置ズレ、余剰ボール、規定値より大きな（小さな）ボール、異物等による欠陥を検出する技術の開発。

[従来方法との違い]

- ・検査をするだけでなく、検査後に欠陥を修正する工程を組み込む事で、実際の製品製造工程におけるメリットを最大限に生み出せるものとする。
- ・欠陥修正を行なう事を前提とした検査であるため、欠陥の種類判別、欠陥位置の正確な特定が必要となる。
- ・微小なハンダボールを認識（大きさも計測）するために、高い分解能を有する画像認識系が必要になる。
- ・生産現場に導入する事を想定し、品質管理および工程管理的要素を考慮した記録ツールが必要となる。

[技術的課題]

- ・極小ハンダボールを認識およびその大きさを計測する検査分解能の確保。
- ・欠陥種類（ボール未搭載、ボール位置ズレ、余剰ボール、異物）を識別する能力。
- ・一つの基板上に多数（数千～数十万個）実装される極小ハンダボールを短時間で全数検査する能力。
- ・欠陥位置（修正位置）をミクロン単位で特定する事。
- ・極小ハンダボールを高解像度で捉える際に障害となる振動への対策。
- ・検査結果（及び欠陥修正結果）の履歴管理の必要性。

[解決方法]

3-1. 【検査用カメラ系の開発】

高分解能の光学機器、カメラ、および画像処理手法を用いた画像技術の確立。最小 $3\mu\text{m}$ の物体を認識でき且つ $25\text{mm}\sim 30\text{mm}$ の最大視野（ほぼ大型半導体チップの大きさ）を確保できる、高画素カメラ、レンズ、画像処理アルゴリズムによるシステムを構築する。大型受光

素子を使用したカメラとなる事、画像分析計測が重要となる事から、ディストーションの殆どないテレセントリックレンズも開発する。同様に画像処理アルゴリズムも新規開発となる。

### 3-2. 【検査用照明系の開発】

上記 3-1 のカメラ系を有効に生かすための照明システムの開発。背景である PWB もしくはシリコンウエハから、ボールハンドのみを浮き上がらせて照射する事のできる検査専用の照明の開発。

### 3-3. 【高速画像処理アルゴリズムの開発】

高速な画像処理およびデータ処理を実現するアルゴリズムの開発。大型チップ 1 個の上に実装されるハンドボールの概数である最大 200 万個程度のハンドボール群を、300  $\mu$  秒以内で検査する事ができる画像処理アルゴリズムの開発。

### 3-4. 【基板座標管理プログラムの開発】

基板上座標管理プログラムの開発。最大直径 300mm のシリコンウエハ面を 0.5  $\mu$  m 単位の X, Y 座標で管理する座標系の構築。

### 3-5. 【検査を考慮した耐振動構造の開発】

周囲の振動および自身の振動を画像取り込み系に伝えない振動吸収の仕組みの導入。振動を検査部に伝えないセパレート方式等の架台構造を構築する。

### 3-6. 【履歴管理ツールの開発】

検査結果（及び欠陥修正結果）の来歴管理ツール（ソフトウェア）の開発。オペレータが直感的に理解しやすく、また履歴を閲覧しやすい操作アプリケーションツールを開発する。

## 4. 【ハンドボール搭載不良の自動修復技術開発】

欠陥部位に対し、自動的にこれを修正する技術を開発する。

[従来方法との違い]

- ・検査後に欠陥を修正する工程を組み込む事で、歩留まり向上によるコスト低減など実際の製品製造工程におけるメリットを最大限に生み出せるものとする。
- ・極小ハンドボールを確実にリペア箇所へ搭載するもしくは、余剰に搭載されたハンドボールを確実に除去する方法が必要となる。従来の大きさ（100  $\mu$  m 以上）ではほとんど無視できたような振動、温度変化による機構体の変形などに対する考慮が必要である。
- ・最小直径 10  $\mu$  m から最大直径 300  $\mu$  m のハンドボールを、供給トレイの差し替えによって修正実装可能とする。
- ・実際の生産工程を考慮し、極力短い時間で欠陥修正を行なう。

[技術的課題]

- ・複数の欠陥種類に対応するため、それぞれに対応する修正方法を確立する必要性。
- ・極めて微小な領域に対し、高速で正確に修正を行なう方法の確立。
- ・微細な修正作業にとって障害となる振動への対応。
- ・当ユニット内の発熱源を原因とするもしくは周囲の温度変化に伴う欠陥修正機構の伸縮への対応。

[解決方法]

### 4-1. 【欠陥修正用高速マニピュレータの開発】

極小ボールを確実に掴みハンドリングするための高速極小マニピュレータを開発する。最小直径 10  $\mu$  m のハンドボールを素早く掴み、逆にリリース可能なものとする。駆動および制御システムとして微小機械と空圧を想定している。ボール未搭載欠陥修正の前にはパッド（ラ

ンド) 上に微量のフラックスを塗付する場合もある。フラックス塗付用マニピレータの開発も行なう。

#### 4-2. 【欠陥修正最適パラメータの設定】

欠陥種類によってハンダボールの状態が異なる。(除去対象となる位置ずれボールや規定径を外れたボールはフラックスが付着している。未搭載欠陥に再搭載するボールは乾燥している、等。) また扱うハンダボールのサイズも数種類ある。これらに対応するための物理的機構を4-1のマニピレータに設けると同時に、機械的動作のスピード、空圧、欠陥修正動作を行なう場所の基板面からの高さ等、様々なパラメータの組み合わせの中から最適な動作パラメータ値を見出す。

#### 4-3. 【工程監視カメラシステムの開発】

修正箇所、修正機構、修正用ハンダボールを常に監視するカメラシステムを構築する。修正用ハンダボールの取り扱いに関する工程では自動で監視を行ない、ハンダボールの掴み損ね等のエラーが発生した場合には装置自身でそれに気付いて対応し、リトライを行なうなどシステムを構築する。また欠陥修正部位は小さ過ぎるため、動作状態をオペレータがモニタ上で監視できるようカメラ等を用いたシステムを作る。

#### 4-4. 【自動キャリブレーションシステムの開発】

ハンダボール検査ユニット、欠陥修正機構等の装置構成部位が相互の位置関係を正確に把握し、衝突等なく正確に高速で動作するための自動キャリブレーションシステムを構築する。各種センサとソフトウェアとを連動させたシステムを構築する。オペレータによる手動操作の介在を極力減らし、煩わしさをなくすと共にヒューマンエラーを起こさない事を念頭に置く。

#### 4-5. 【欠陥修正を考慮した耐振動構造の開発】

周囲の振動および自身の振動を欠陥修正機構に伝えない振動吸収の仕組み(架台構造)の導入。

#### 4-6. 【欠陥修正を考慮した耐熱構造の開発】

自身の発熱源による発熱および周囲の温度変化による欠陥修正機構の伸縮を防ぐ仕組みの開発。基板実装着面の平面方向の長さや、基板と欠陥修正機構の間隔が、熱による構成部品の伸縮により変化しないような構造を構築する。同時に、装置内の気流を十分に配慮する。

## 1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

### 1. 社内における研究開発

各研究開発テーマは、大きく以下のようにグルーピングされる。それぞれに当たる研究員数と共に以下に記述する。

#### A. 機械構造的要素 (研究員2名)

1. 【欠陥修正用高速マニピレータの開発】
2. 【欠陥修正最適パラメータの設定】
3. 【欠陥修正を考慮した耐振動構造の開発】
4. 【欠陥修正を考慮した耐熱構造の開発】

#### B. 機械部材的要素 (研究員2名)

1. 【フラックス塗付用スキージの開発】

2. 【フラックス塗付用マスクの開発】
3. 【ハンダボール実装用マスクの開発】
4. 【ハンダボール実装用スキージの開発】
5. 【検査を考慮した耐振動構造の開発】

C. 制御的要素 (研究員 3 名)

1. 【自動キャリブレーションシステムの開発】

D. 光学, 画像, 画像処理的要素 (研究員 2 名)

1. 【フラックス塗付用位置合わせカメラ系の開発】
2. 【ハンダボール実装用位置合わせカメラ系の開発】
3. 【検査用カメラ系の開発】
4. 【検査用照明系の開発】
5. 【高速画像処理アルゴリズムの開発】
6. 【工程監視カメラシステムの開発】

E. ソフトウェア的要素 (研究員 2 名)

1. 【基板座標管理プログラムの開発】
2. 【履歴管理ツールの開発】

F. 【全体統括】ハンダボール実装ライン製品としての設計および製造内容の最適化 (システムとコスト)

本研究開発は、代表者以下 15 名のプロジェクト体制にて実施する。代表者, 統括研究代表者, 副統括研究代表者および全体統括的位置付けの主任的研究員指揮の下、11 名の研究員が上記のように割り振られたサブテーマの開発に取り組む。定例, 定期的な確認作業によって各研究の進捗度, 方向性, 予算を確認し、必要に応じて進め方を修正する。統括的立場の 3 名は、常に全体がバランス良く運ぶように調整を行なう。

全体および各テーマとも基本的には、プロセス分析→解決手法の仮説→設計およびシミュレーション→修正→レビュー→実験環境の整備→実験→組み立て→検証→修正の手順を踏む。技術的な側面だけでなく、時間, コストについても厳密に管理して行く。

## 2. 外部委託体制

開発および開拓的要素は基本的には本計画の申請者社内のリソースを使用する。それを元にした製図, 組み立て, ソフトウェアコーディング, メンテナンス作業等は外部会社に外注する形で依頼して行く。

### A. 製図会社 (2 社)

#### 1. 機械製図会社

弊社にて基本構想および実験を行なった機械的機構を、実際に作成する事を想定したレベルの図面にする事を依頼する。

#### 2. 電気製図会社

弊社にて基本構想および実験を行なった電氣的機構を、実際に作成する事を想定した

レベルの図面にする事を依頼する。

## B. ソフトウェア作成会社（2社）

開発製品の動作および制御について弊社にて基本構想および実験を行ない、仕様を決めた上でそのコーディングを依頼する。

### 1. 画像処理，データ演算系

各工程における位置合わせ，検査において、製品材料や検査対象の画像を取り込み処理を行なうためのソフトウェア。また、その結果データを整理し、次の工程に送るもしくは出力する。

### 2. 制御系

オペレーターの指示，上流工程の結果，検査結果等を受け、装置としての系の動作を自動的に決定し実行するためのソフトウェア。場合により、上下流装置との通信も含む。以下のように、PC系とPLC系とに分ける。

i) PC系 上流工程の結果，検査結果等をPCにていったん受け、アルゴリズムに従い次の動作を決める。

ii) PLC系 i)においてPCにて決定した内容を受け、モーター等駆動部に実際の動作指示を行なう。

## C. 部材購入先（主要2～3社 その他多数）

1. 構造体等の装置主要構成部材の購入先
2. 制御機器，画像機器，各種センサ，配線材等の主要電気部材の購入先
3. ハンダボール欠陥修正用微小機械部材の購入先
4. その他パーツ購入先

## D. 組み立て請負会社（2社）

弊社内の工数が不足する場合に、製品の組み立てを依頼する。機械系1社，電気系1社である。将来的に本計画が事業化した際には、メンテナンス作業を一元的に任せる構想もある。

## 1-3 成果概要

研究開発の成果を研究テーマごとに以下に要約して述べる。

### A. 機械構造的要素

1. 【欠陥修正用高速マニピュレータの開発】
2. 【欠陥修正最適パラメータの設定】
3. 【欠陥修正を考慮した耐振動構造の開発】
4. 【欠陥修正を考慮した耐熱構造の開発】

### 《成果》

ハンダボール非実装欠陥部の修正の手順は、ハンダボール非実装部パッド（ランド）へのフラックス塗布→ハンダボール搭載である。塗布するフラックスの量のコントロールと、ハンダボールを確実につかんで修正箇所へ運び確実に搭載する事がポイントである。これを高速で行なうためのマニピュレータ，フラックス供給システム，ハンダボール供給システム，制御システム（ソ

フトウエア) , 監視システムを開発した。扱うハンダボールの最小径は設計値で $\phi 10 \mu\text{m}$ であるが、試作機ベースで最小で $\phi 42 \mu\text{m}$ まで実現している。 $\phi 10 \mu$ のハンダボールを扱うには、今回試作開発したマニピュレーターの構造をさらに微細化する必要である。

ハンダボール非実装以外の欠陥(ハンダボール実装位置ズレ, 余剰に実装されたハンダボール, 規定値より大きなまたは小さなハンダボールの実装, 異物等による欠陥)については、検査による検出は可能とする事ができたが修正可能には至っていない。専用マニピュレータの開発を今後行なう予定である。

$100 \mu\text{m}$ 以下の極小ハンダボールを扱うので振動による影響と発熱による機構の伸縮による影響を受けやすいが、装置全体の耐震設計, 修正機構に外部からの振動が直接伝わり難い構造にすることと、装置内の気流を考慮し発熱元からの放熱が修正機構周辺にかからないような構造にすることを念頭に置いた装置構造設計を行なった。

## B. 機械部材的要素

1. 【フラックス塗付用スキージの開発】
2. 【フラックス塗付用マスクの開発】
3. 【ハンダボール実装用マスクの開発】
4. 【ハンダボール実装用スキージの開発】
5. 【検査を考慮した耐振動構造の開発】

### 《成果》

フラックス塗布装置とハンダボール実装装置の開発は装置全体の構想まで実施したが、フラックス塗布用スキージとマスク, ハンダボール実装用マスクとスキージの開発には至っていない。ノウハウを生み出しながら開発して行く事になるので、まだ時間を要する。

検査を考慮した耐震構造は、Aの機械構造要素での開発が使用できると想定している。

## C. 制御的要素

1. 【自動キャリブレーションシステムの開発】

### 《成果》

ハンダボール実装欠陥検査および欠陥修正装置においては、検査ユニット, フラックス塗布機構, ハンダボール再実装機構と、微細でかつ高速な動作をする機構が多い。またこれら動作は互いに連携を要するので、それぞれが共通の空間座標を持ち、自身の位置と他機構の位置とを常に把握している必要がある。各機構部に小型カメラを置き、共通の目印を画像確認する事でキャリブレーションを取るようにした。

## D. 光学, 画像, 画像処理的要素

1. 【フラックス塗付用位置合わせカメラ系の開発】
2. 【ハンダボール実装用位置合わせカメラ系の開発】
3. 【検査用カメラ系の開発】
4. 【検査用照明系の開発】

5. 【高速画像処理アルゴリズムの開発】
6. 【工程監視カメラシステムの開発】

#### 《成果》

フラックス塗布装置とハンダボール実装装置では、ハンダボール実装対象であるPWBもしくはシリコンウエハに対して、マスクを介してフラックスやハンダボールを目的の箇所に置く。マスクとPWBもしくはシリコンウエハとを、実装するハンダボールの大きさや実装ピッチにもよるが、 $5\mu\text{m}$ 程度の精度で合わせる必要がある。その位置合わせには認識用カメラを用いる。マスクとPWBもしくはシリコンウエハを同時に見る事の出来る二視野鏡筒（レンズ）を開発し、認識用カメラとした。

扱うハンダボールの大きさが試作機ベースの現時点で $\phi 42\mu\text{m}$ であることから、ハンダボール実装検査では、最小 $\phi 42\mu\text{m}$ のハンダボールを認識し且つ30mm角の視野（大型半導体チップが入る大きさ）を確保できるカメラシステムを開発した。検査を行なう場合、背景となるPWBやシリコンウエハを写さずにハンダボールだけを写す事の出来る照明も開発した。

30mm角の視野の中に約十万個のマイクロボールが実装されたシリコンウエハ（チップ）を取り込み、約 $300\mu$ 秒で検査を行なうアルゴリズムも開発した。

フラックスの塗布、ハンダボールの再実装の動作をオペレーターが常に目視確認するための小型カメラも開発した。

#### E. ソフトウェア的要素

1. 【基板座標管理プログラムの開発】
2. 【履歴管理ツールの開発】

#### 《成果》

ハンダボール実装欠陥検査および欠陥修正装置においては、検査ユニット、フラックス塗布機構、ハンダボール再搭載機構など、微細でかつ高速な動作をする機構が多くまた、これら動作が互いに連携を要するので、それぞれが共通の空間座標を持ち、自身の位置と他機構の位置とを常に把握している必要がある。各機構部に小型カメラを置き、共通の目印を画像確認する事でキャリブレーションを取るようにした。これらハードウェアを制御し、自身の位置座標を割り出して自身を動作させるためのソフトウェアプログラムも作成した。

また、オペレーターが直感的に理解できて使用しやすいマンマシンインターフェースとしての管理ツールも作成した。

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

役職・氏名：SE2 グループ課長 岩崎史朗

Tel:03-3383-6388 Fax:03-3383-6606

E-mail: iwasaki@seiwaopt.co.jp

## 第2章 本論

### 2-1 フラックス塗布装置, ハンダボール搭載装置

#### 2-1-1 全体概要

フラックス塗布装置とハンダボール搭載装置については、装置全体の構想まで実施した。図1に基本構想図を示す。

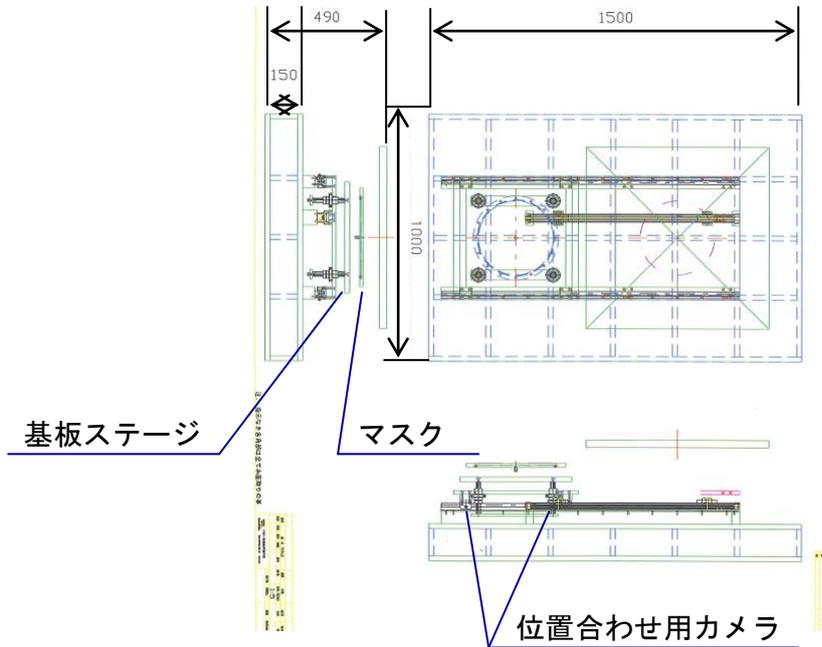
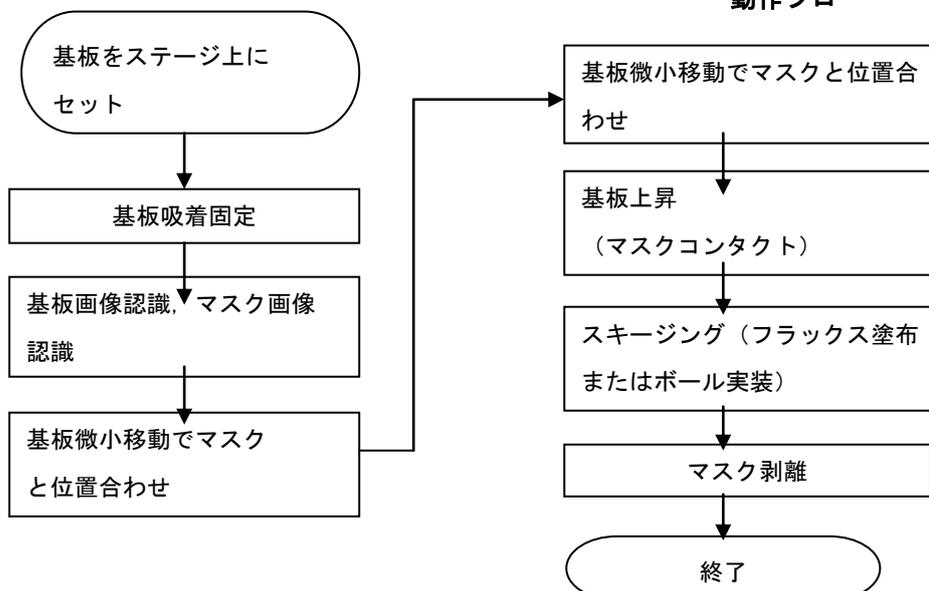


図1 フラックス塗布, ハンダボール実装装置 基本構想図

フラックス塗布, ハンダボール実装の作業フローを図2に示す。いずれの作業も、基板をステージ上にセットした後に吸着固定し、画像認識の手法を使ってマスクと基板の位置を合わせた後に重ね合わせ、マスクの上からスキージングをしてフラックスを塗布もしくはハンダボールを実装する。(図3, 図4)

図2 フラックス塗布, ハンダボール実装 動作フロー



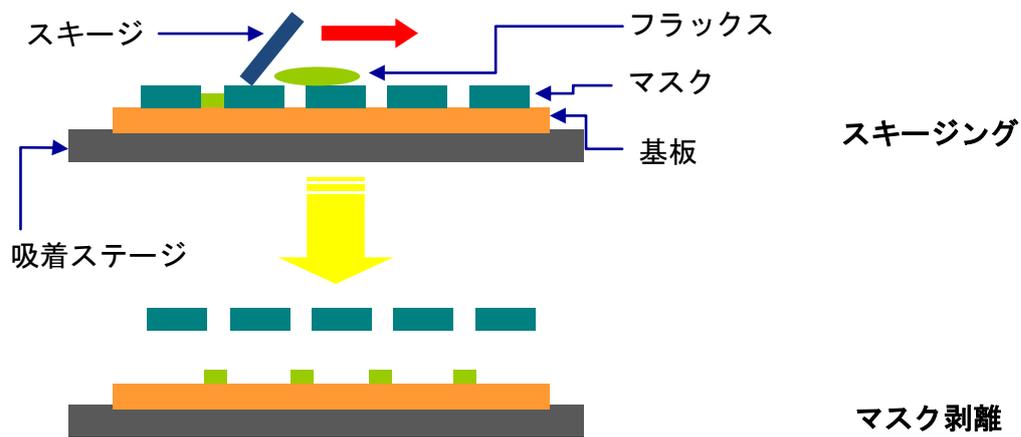


図3 フラックス塗布

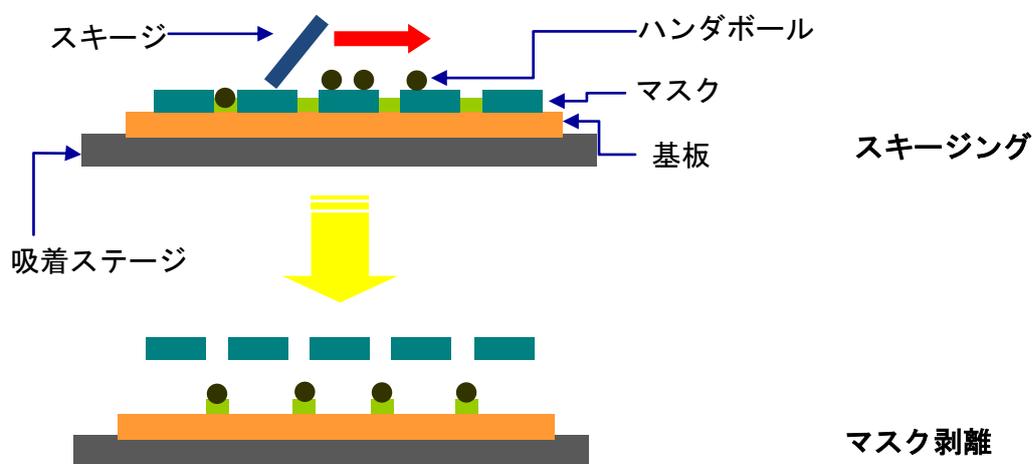


図4 ハンダボール実装

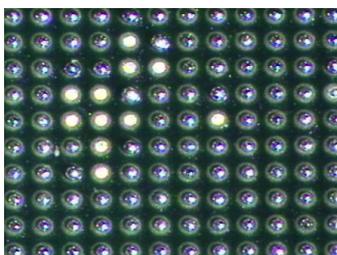


図5 PWB上に実装されたハンダボール

実装した状態の写真を図5に示す。実機開発には至っていないが、仮作製したユニットでハンダボール実装したものである。ハンダパッド非実装欠陥パッド（ランド）が白く見えている。

### 2-1-2 位置合わせカメラ系

パッド（ランド）が非常に小さいため、フラックス塗布工程とハンダボール実装工程においてマスクと基板の位置合わせ精度を上げる必要がある。

高分解能の光学機器、カメラ、および画像処理手法を用いた位置合わせ技術を確立した。ポイントとなったのは、基板とマスクを同時に見る事のできる鏡筒（レンズユニット）の開発である。図6

にその鏡筒を示す。この鏡筒とカメラの組み合わせおよび位置合わせアルゴリズム（ソフトウェア）の使用により、マスクと基板とを約  $5\mu\text{m}$  の精度で合わせる事が出来る。

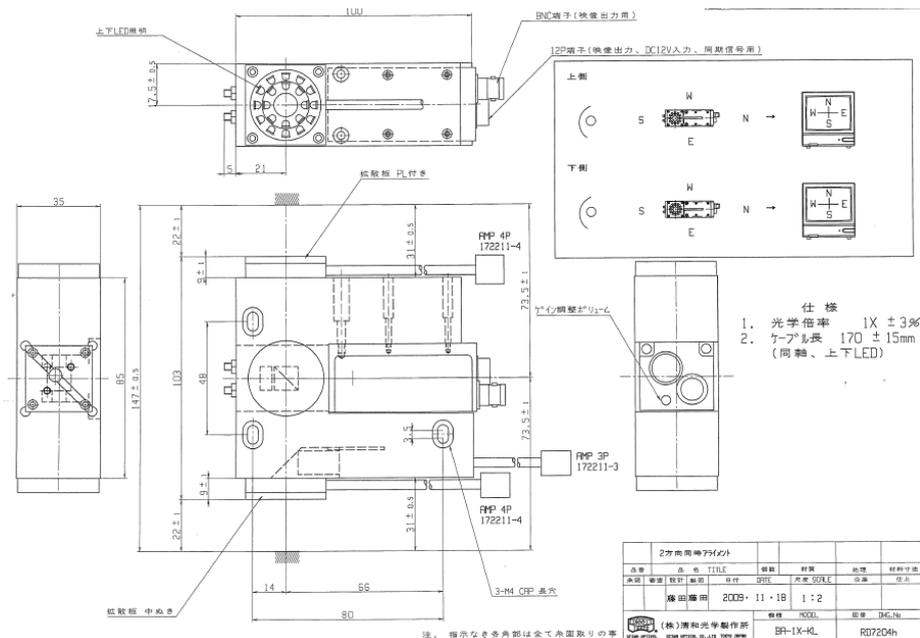


図 6 基板とマスクの位置合わせ様に開発した二視野鏡筒

### 2-1-3 スキージ

フラックス塗布の際、スキージによってマスク（および基板）にかかる圧力が均等でないと、フラックスが基板に対して十分に塗れない箇所が発生する。スキージによるマスク（基板）にかかる圧力を、場所に抛らず均一となるようコントロールする必要があり、フラックス塗付用新型専用スキージの開発を今後行う。

ハンダボール実装用のスキージについても同様で、ボールハンダをマスク上でまんべんなく拡散させ同時に、ボールハンダに対してストレスを与えない材質と形状のスキージが必要であり、これも今後開発を行なう。

### 2-1-4 マスク

フラックス塗付用、ハンダボール実装用のいずれについても新型専用マスクの開発が必要で、今後実施する。微小スペーサをその表面に形成し、基板に対して一定の間隔を保ちまた、基板の部位に抛らない均一な剥離性を確保するマスクが必要。

### 2-1-5 耐震性能について

装置架台と基板を置くステージとが直接つながらない構造とした。また今後必要に応じて防振台構造を取り入れる事も検討する。

### 2-1-6 耐熱性能について

装置上部に ULPA を設置し常に送風する事で、装置内に熱がこもるのを防ぐ。装置外気温度を一定に保てば装置内の温度もほぼ一定で、欠陥修正ユニットの変位には影響を与えないことが確認できた。

## 2-2 検査および欠陥修正装置

### 2-2-1 全体概要

ハンダボール実装検査および欠陥修正装置については、完成形としての装置設計を行なった。実装検査ユニットと欠陥修正ユニットとをそれぞれ実験評価機として試作し、検査と修正の評価を行なった。

一連の動作は以下のようなになる。フラックス塗布装置→ハンダボール実装装置を経てハンダボール実装された基板は、コンベア等でハンダボール実装検査および欠陥修正装置に搬入される。真空吸着でステージ上に固定された基板は検査カメラの下までステージに載って移動する。ハンダボールが実装された各エリアを検査カメラが一度ずつ撮像し検査して行く。検査が終わると基板を載せたステージは、欠陥修正ユニットの下に移動する。まずフラックス塗布ノズルがフラックストレイよりフラックスを持って来て、ハンダボール非実装個所に塗布する。続いてハンダボール実装ノズルがハンダボールトレイよりハンダボールを吸着して運び、非実装個所に置く。ハンダボール再実装が必要なすべての箇所に対して再実装を終えると、基板を排出する。

下の写真は、以前作成した $\phi 100\mu\text{m}$ より大きなハンダボール用の実装検査装置である。今回設計開発したハンダボール実装検査及び欠陥修正装置の完成イメージもこれに近い。



### 2-2-2 検査方式

扱うハンダボールの大きさが試作機ベースで $\phi 42\mu\text{m}$ であることから、ハンダボール実装検査では、最少 $\phi 42\mu\text{m}$ のハンダボールを認識し且つ30mm各の視野（大型半導体チップが入る大きさ）を確保できるカメラシステムを開発した。検査を行なう場合、背景となるPWBやシリコンウエハを写さずにハンダボールだけを写す事の出来る照明も開発した。30mm角の視野の中に約十万個のマイクロボールが実装されたシリコンウエハ（チップ）を取り込み、約300 $\mu$ 秒で検査を行なうアルゴリズムも開発した。それぞれについて詳細をいかに述べて行く。

#### （検査用鏡筒）

今回開発した鏡筒（レンズユニット）の外観図を図7に示す。

この鏡筒と500万画素のカメラを組み合わせると、約12 $\mu\text{m}$ の分解能が得られる。



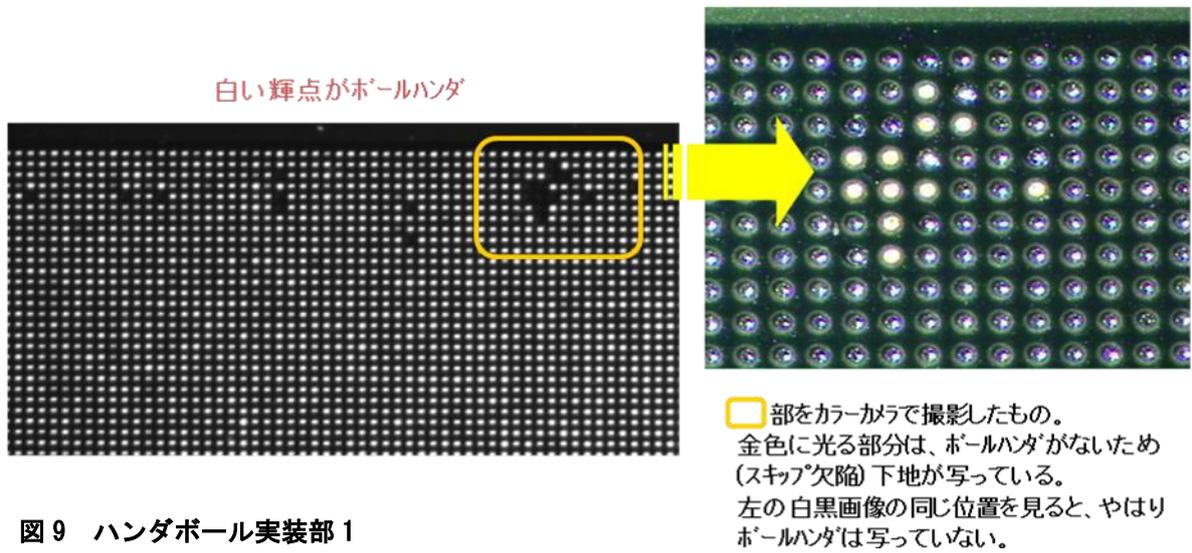


図9 ハンダボール実装部1

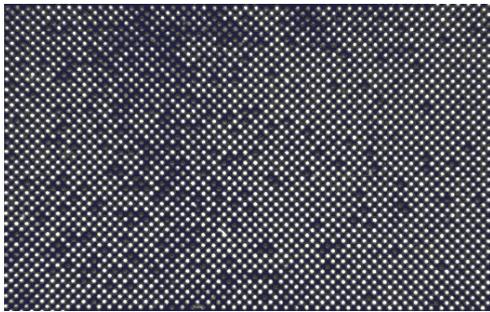


図10 ハンダボール実装部2 PWB上に実装された  
ハンダボール〈φ70〉

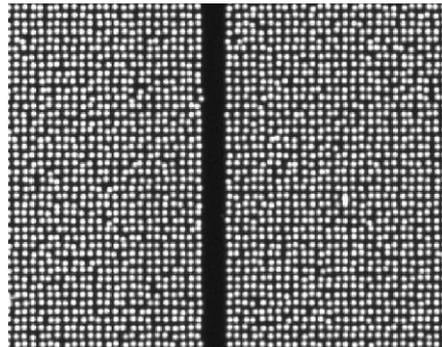
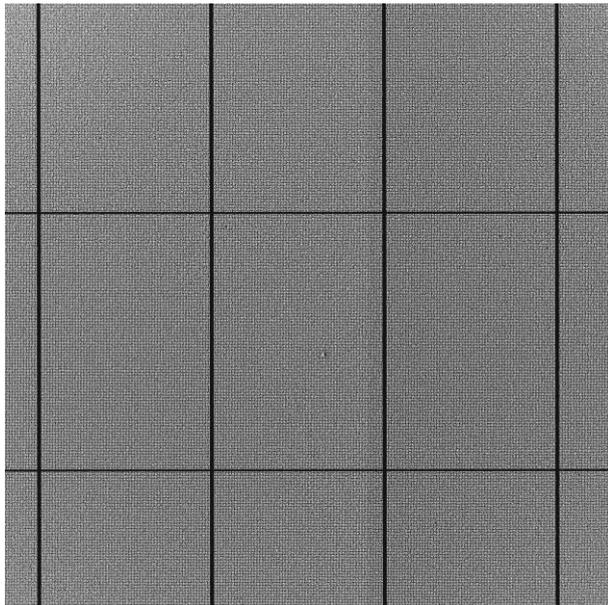


図11 ハンダボール実装部3 シリコンウエハ上に実装されたハンダボール〈φ50〉  
およびその拡大

(検査ソフトウェア)

これまで述べた方法で取り込んだ画像を処理し、欠陥を検出する過程に入る。基本的な画像処理として二値化処理がある。最低輝度（黒色）から最高輝度（白色）で構成される取り込み画像を、任意の輝度から上を白色、下を黒色で現わすように処理するものである。図 12, 図 14 は撮り込んだハンダボールの画像で、それを二値化処理したものがそれぞれ図 13, 図 15 である。

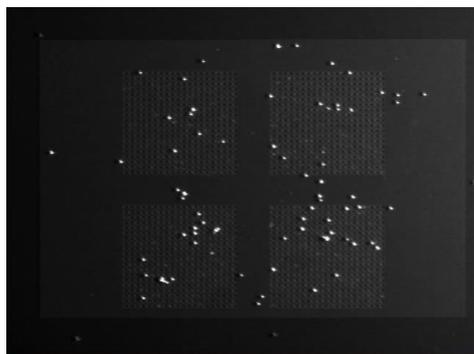


図 12 取り込み画像 1



図 13 図 12 を二値化処理したもの  
背景が消え、ハンダボールだけが浮かび上がる。



図 14 取り込み画像 2

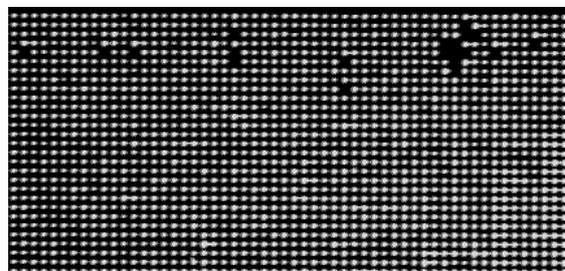


図 15 図 14 を二値化処理したもの  
背景が消え、ハンダボールだけが浮かび上がる。

図 10 を例にとって説明する。まず図 10 の画像を二値化する。その画像と図 16 とを比較し、ハンダボール実装の有無、実装位置のずれ、余剰に実装されたハンダボール、規定値より大きなまたは小さなハンダボールの実装、異物等による欠陥を見つける。図 16 は検査マスターと呼ぶもので、未実装状態の PWB のハンダボール実装予定となっているパッド（ランド）の画像を撮り、ソフトウェアで自動的に作成するようになっている。各パッドの中心の座標を装置側で覚えておき、さらにオペレータが実装されたハンダボールの大きさを入力する。実際に取り込んだ画像中の実装されたハンダボールの座標がマスターにおけるハンダボールの座標からずれていれば、実装ずれ欠陥となる。ずれが大きくなってとなり合うハンダボールが接触していたら、それもダブルボールと呼ぶ欠陥として検出する。そもそもハンダボールが写っていない個所があれば、そこは非実装欠陥である。また、オペレータが入力したハンダボールの大きさの値と実際に取り込んだハンダボールの大きさを比較し、大き過ぎたり小さ過ぎたりしたら、大きさの異なるハンダボールが実装されているとして欠陥となる。全く異形のものが写っていれば、異物欠陥として検出する。

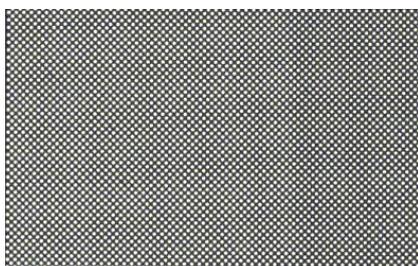


図 16 検査マスター

図 17, 図 18, 図 19 は、実際に検出した欠陥である。図 17 は非実装欠陥, 図 18 は実装ずれ欠陥である。

図 19 は、ハンダボール実装エリアを拡大せずに全域の検査結果を表示したものである。赤丸で囲んだ部分に検査の結果が言葉でも表示されている。

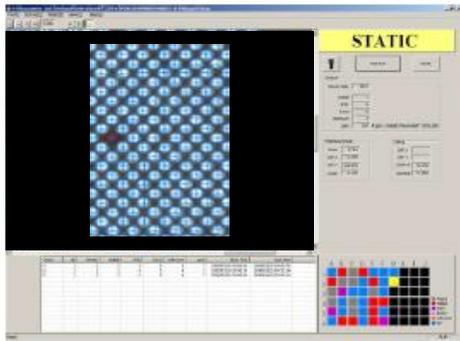


図 17 非実装欠陥

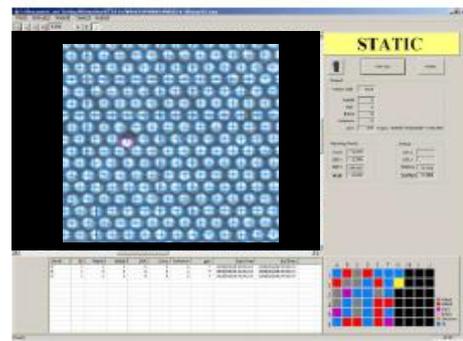


図 18 実装ずれ欠陥

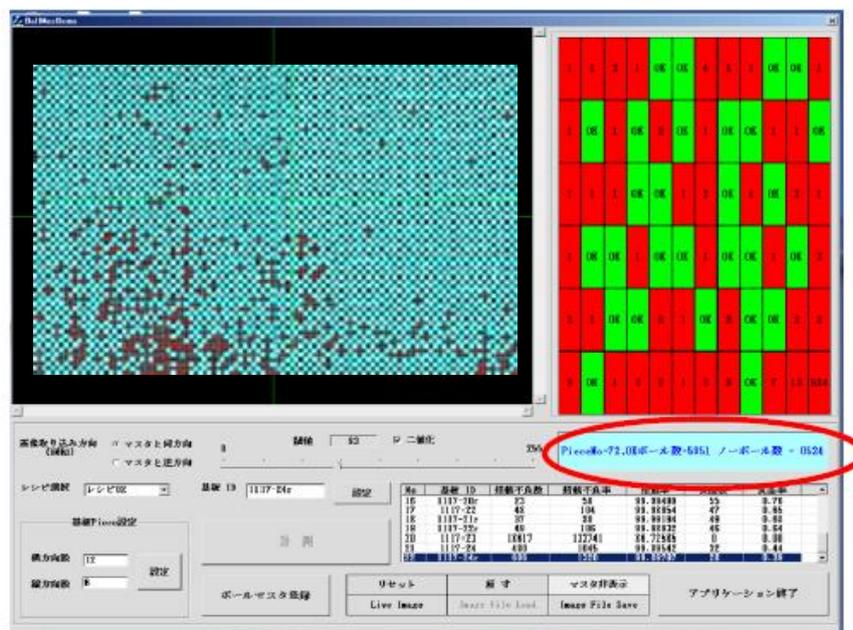
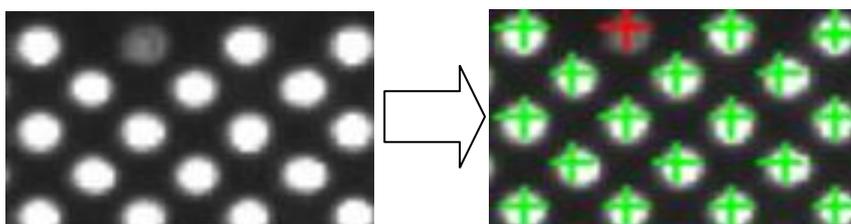


図 19 検査結果画面

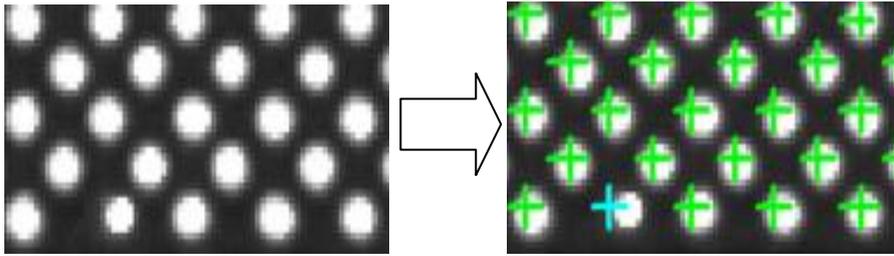
図 19 検査結果画面

以下にも検出した欠陥部を列挙する。

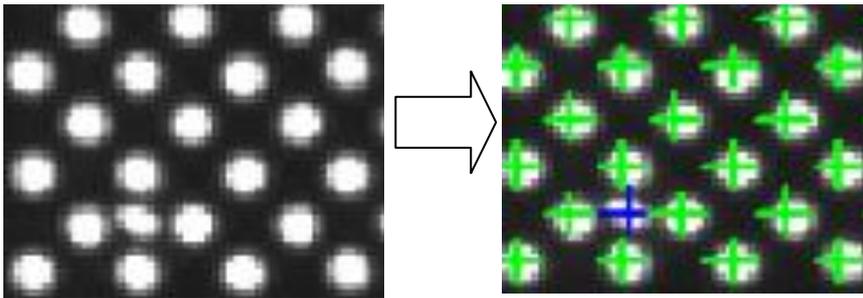
### 非実装不良



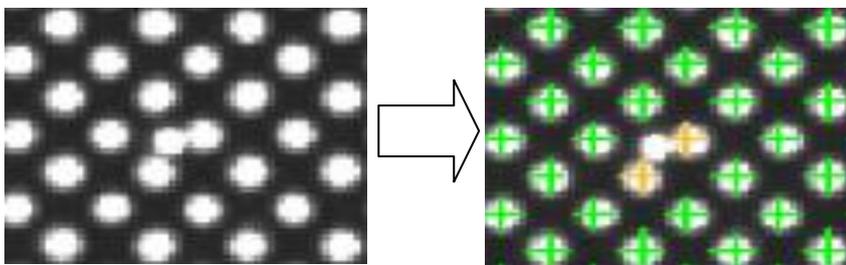
実装ずれ



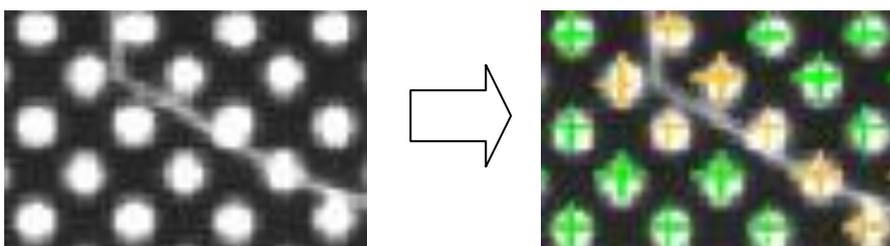
実装ずれ大または無いはずの場所にハンダボールあり



規定値より小さなハンダボール実装

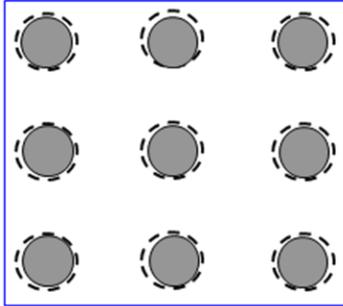


異物

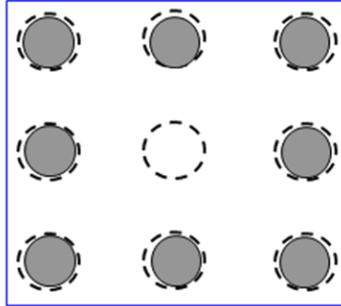


以下に、検出可能な欠陥のパターンをまとめる。

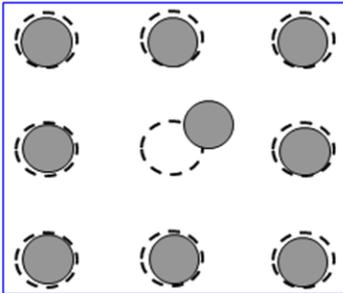
正常実装



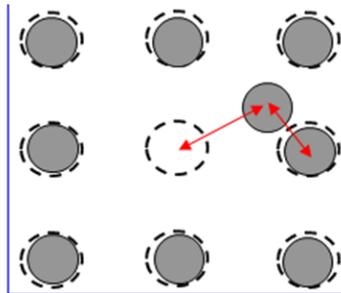
非実装欠陥



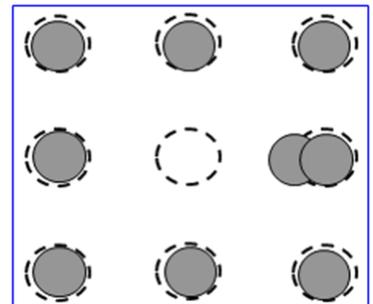
実装ずれ (ずれ量小)



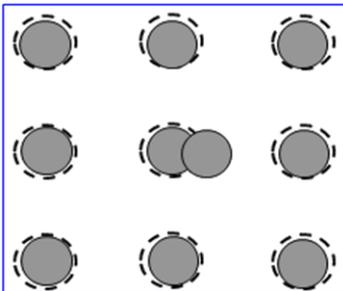
実装ずれ (ずれ量大)



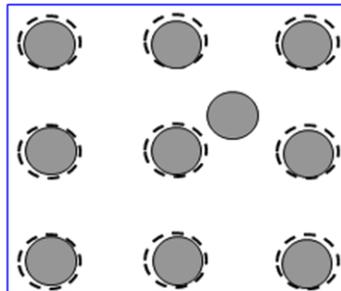
実装ずれ (ずれ量特大)



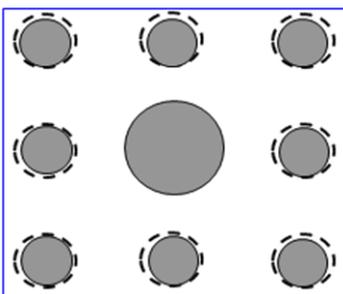
余剰 (ダブルボール)



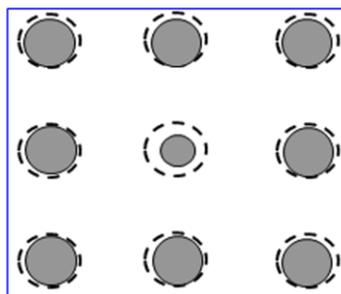
余剰 (非接触)



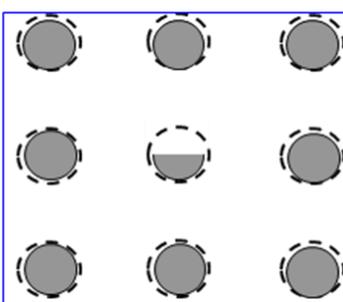
ボール大



ボール小



欠け



### 2-2-3 欠陥修正機構

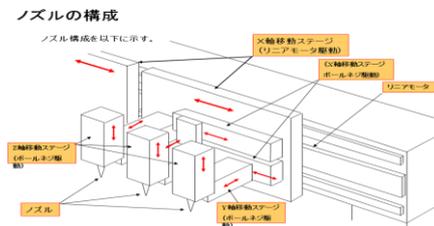
ハンダボール非実装欠陥部の修正の手順は、ハンダボール非実装部パッド（ランド）へのフラックス塗布→ハンダボール搭載で、ポイントとなるのは塗布するフラックスの量のコントロールと、ハンダボールを確実につかんで修正箇所へ運び確実に搭載する事であると既に述べた。これら動作を高速で行なうためのマニピュレータ、フラックス供給システム、ハンダボール供給システム、制御システム（ソフトウェア），を開発した。また、フラックスの塗布、ハンダボールの再実装の動作をオペレーターが常に目視確認するための小型カメラも開発した。

以下にそれぞれの詳細を述べて行く。

なお、ハンダボール非実装以外の欠陥に対する自動修正には至っていない。非実装以外の実装ずれ、余剰実装、異物等の欠陥に対しては、「余分な物を取り除く」修正が必要なので、フラックスを付けた極細針などを使って「余分な物」を付着させて取り除くことを検討していたが、安定性の面でまだ実用的でない。今後の開発を必要とする。

#### （機構概要）

欠陥修正機構は、フラックス塗布ノズル機構、フラックス供給機構、ハンダボール実装ノズル機構、ハンダボール供給機構からなる。



欠陥修正の動作フローを図 20 に示す。

フラックス塗布ノズル機構もハンダボール実装ノズル機構も、それぞれトレイでフラックスもしくはハンダボールの供給を受けては基板の非実装欠陥箇所へ移動し、交互に修正作業を行なっている。

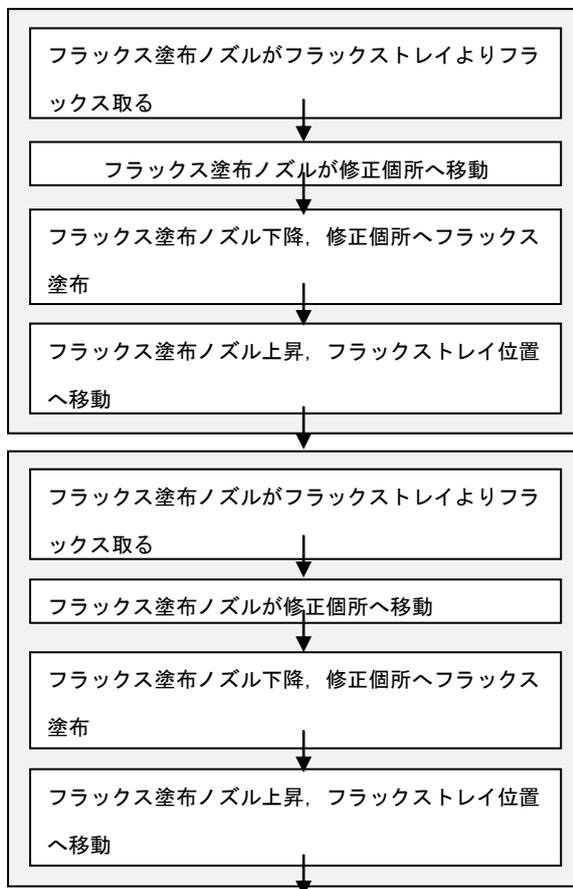
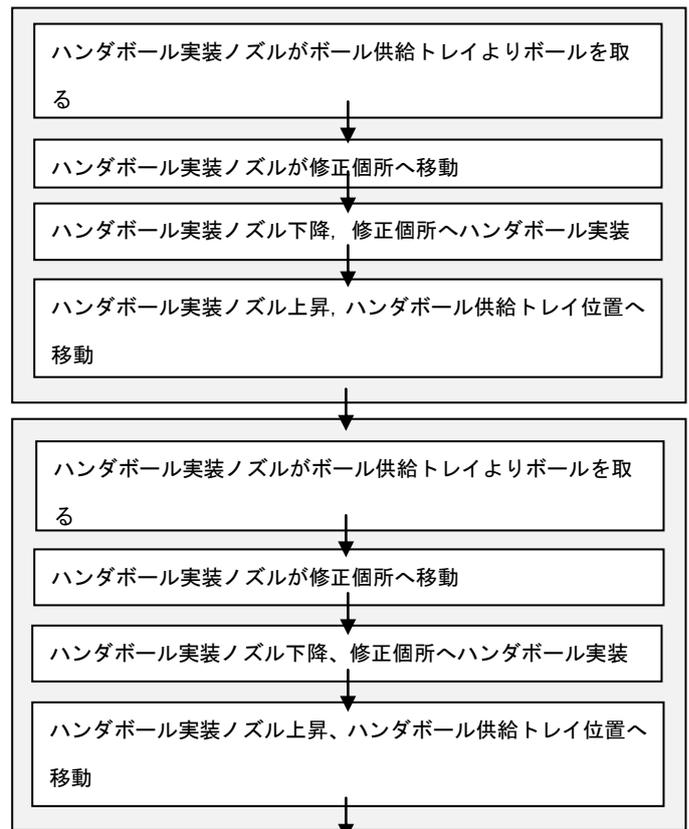


図 20 欠陥修正機構動作フロー 大きな四角で囲んだ部分がひと固まりの動き。それを繰り返している。また左列はフラックス塗布ノズル機構の動きを、右列はハンダボール実装ノズル機構の動きを示しており、左右に並んだ部分は同時に行なわれている作業であることを示す。



(フラックス塗布ノズル機構)

図 21 にフラックストレイの模式図を示す。  
 フラックストレイにはノズルを差し込む穴のあいた  
 フタがかぶせてある。塗布するフラックスの量に  
 よって変える必要があるが、穴径は $\phi 10\mu\text{m}$ から  
 $\phi 30\mu\text{m}$ 程度である。穴を通してノズルを差し  
 込みフラックスを付着させる。フラックスへの  
 差し込み量を変えて付着させるフラックスの量を  
 コントロールする。またこのフタには、揮発性溶剤  
 を含むフラックスの乾燥を防ぐ役割もある。

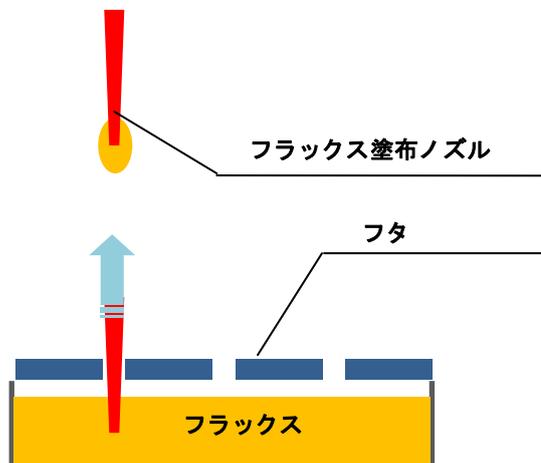


図 21 フラックストレイ

フラックストレイに開けた穴は非常に小さいので、ノズルを正確に差し込むには穴の位置をあらかじめティーチングしておく必要がある。ハンダボール実装検査用カメラで事前にトレイを撮像し、穴位置を自動認識している。図 22 にトレイの穴を自動認識した際の画像を示す。左が取り込み画像、右はそれを二値化処理したものである。

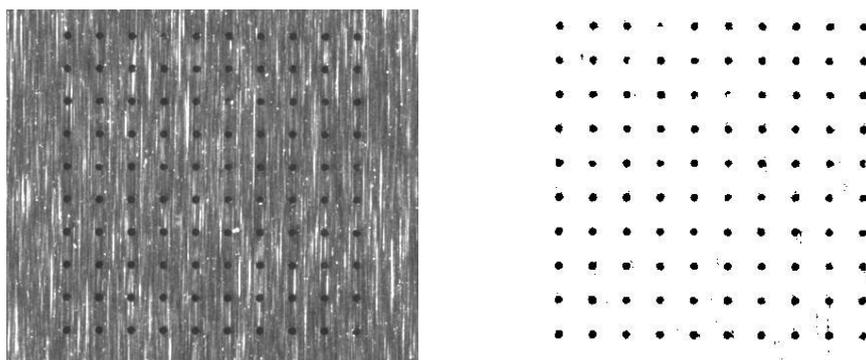


図 22 フラックストレイ穴位置認識画像

フラックストレイへのノズルの差し込み量、ハンダボール再搭載対象となるパッド（ランド）へのノズルの差し込み量によって、フラックスがパッド（ランド）に転写される量がどのように変わるかを図 23 に示す。ただし、フラックスの粘性によって転写量も変わって来るので、当表を参考にしながら実際に使用するフラックスによって条件を変えて行く必要がある。

		パッド差込位置 ( $\mu\text{m}$ )														
		-26	-24	-22	-20	-18	-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2
F L U X 差 込 位 置  ( $\mu\text{m}$ )	10	0	0	0	0	0.5	0.67	1	1	1.33	1.67	1.83	2	2	2	2
	14	0	0	0	0	0.33	0.67	1.11	1.33	1.56	1.89	2.11	2.33	2.44	2.56	2.67
	18	0	0	0	0.11	0.56	1	1.44	1.67	2.11	2.56	3	3.11	3.22	3.22	3.33
	22	0	0	0	0.11	0.33	1	1.56	2	2.22	2.67	3.22	3.44	3.67	3.78	4
	26	0	0	0	0.11	0.44	1.22	1.89	2.33	2.56	3	3.56	3.89	4.11	4.22	4.33
	30	0	0	0.11	0.11	0.44	0.89	1.67	2.33	2.78	3.22	3.44	3.89	4.22	4.56	4.67
	34	0	0	0.11	0.11	0.56	0.89	1.67	2.33	3.11	3.67	3.89	4.22	4.44	4.78	4.83
	38	0	0	0.11	0.11	0.78	1.11	1.89	2.33	3.11	3.67	3.78	3.89	3.89	4.22	4.33
	42	0	0	0	0	0.56	1.22	2	2.56	3.11	3.67	3.89	3.89	3.89	4.11	4.33
	46	0	0	0	0.11	0.89	1.78	2.67	3	3.22	3.56	3.78	3.89	4	4.22	4.5
50	0	0	0	0.11	0.67	1.67	2.67	3.22	3.33	3.56	3.89	4.11	4.44	4.56	4.83	
54	0	0	0	0	0.56	1.44	2.67	3.44	3.78	3.78	3.78	4	4.22	4.56	4.67	4.83
58	0	0	0	0.67	1.5	2.83	3.5	4	4	4	4.17	4.33	4.67	4.67	4.75	

図 23 フラックス転写量の変化

下の図 24 は実際にパッドに転写したフラックスの様子である。右は断面を等高線で現わしている。

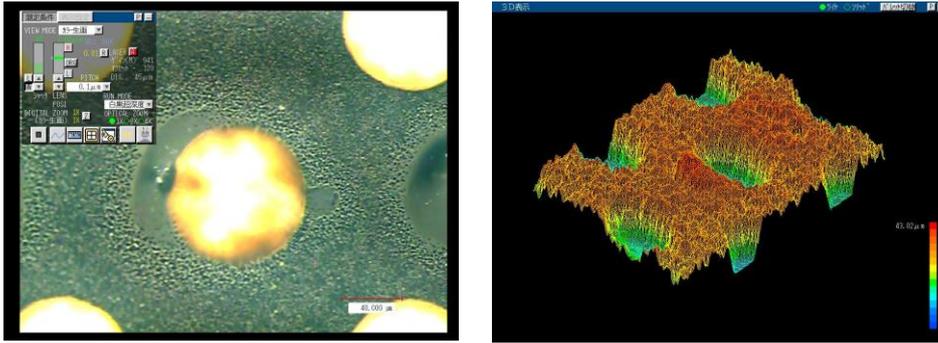


図 24 フラックス転写されたパッド

下の写真は (図 25) フラックス塗布ノズルでパッドにフラックスを転写しているところである。

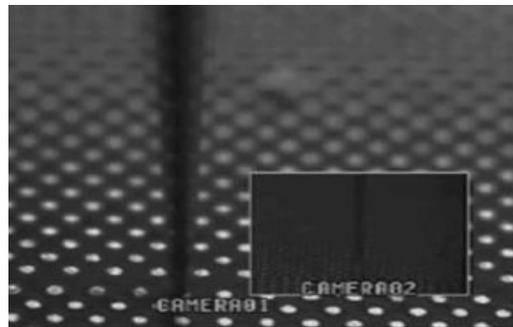


図 25 パッドへのフラックス転写

(ハンダボール実装ノズル機構)

図 26 にハンダボール供給トレイの模式図を示す。ハンダボールはトレイ中にあらかじめオペレーターによって置かれて (撒かれて) おり、ハンダボール実装検査用カメラで事前にその位置を認識しておき、ノズルが吸着しに行くという方式である。実装するハンダボールの大きさ毎にハンダボールトレイを交換する。サイズの異なるハンダボールの混在を防ぐためである。

ハンダボール実装ノズル先端には穴が開き、装置内部の真空源に接続されていて、ハンダボールを吸着するようになっている。ボールトレイからハンダボール吸着して再実装対象のパッド (ランド) に持って行き、真空吸着を切ってハンダボールを置く。

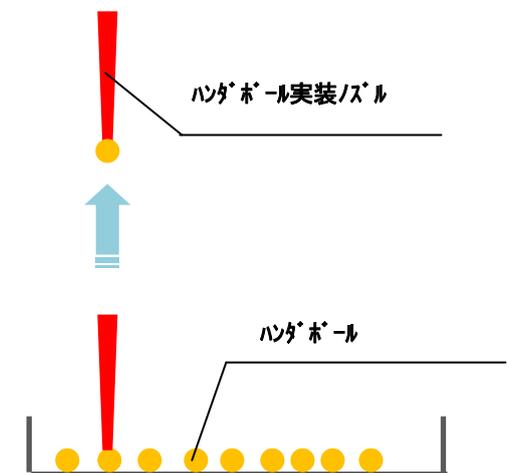
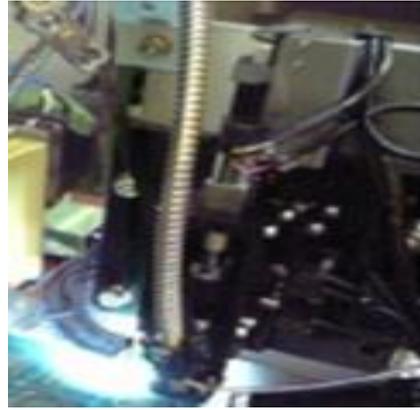
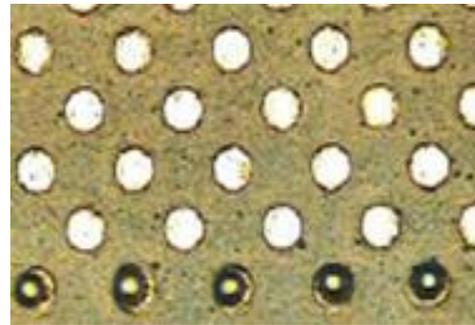
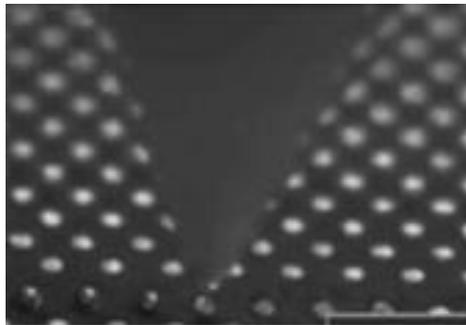


図 41 ハンダボール供給トレイ

下の写真がハンダボール実装ノズルである。左の写真の下部に写っている赤色の部分がノズルである。右の写真は実験ユニットに取り付け、非実装欠陥修正テストを行なっているところである。



下の左の写真は、ノズルでハンダボールを実装しているところである。また右の写真は、実装後にパッド上に並んだハンダボールである。



(工程監視カメラシステム)

フラックス塗布ノズルユニットもハンダボール実装ノズルユニットも、非常に微細な動作を高速で行なうため、常に監視できるとオペレーターにとっては安心感がある。自動運転前の条件設定調整時にも状態を確認できないと困る。更には何らかのトラブルが発生した時には必ず確認したい。そこで、フラックス塗布ノズルとハンダボール実装ノズルそれぞれの先端の動作を常にモニタ上で見ることが出来るよう、小型カメラをそれぞれのノズル付近に設けた。模式図を図 27 に示す。

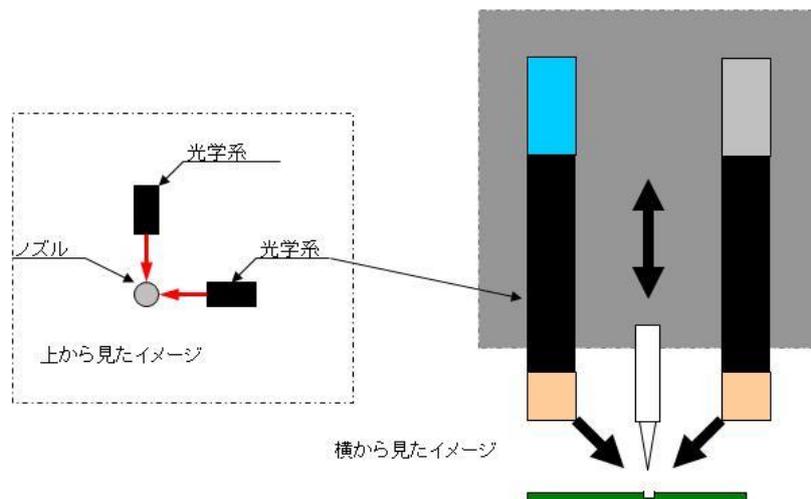


図 27 工程監視カメラ

(座標について)

非実装欠陥個所に修正用機構（フラックス塗布ノズル，ハンダボール実装ノズル）を正確に持って行くには、検査カメラ，フラックス供給トレイ，フラックス塗布ノズル，ハンダボール供給トレイ，ハンダボール実装ノズルが共通の座標空間を持ち、自身の場所と他ユニットが存在する場所を常に誤差なく認識している必要がある。そこで今回の設計においては、ガラス板上にパターンを印刷した目印を作成し基板ステージ上に埋め込んだ。ボール実装状態検査用カメラでこのマークを画像認識し、フラックス塗布ノズルやハンダボール実装ノズルではノズル先端を目印の中心に当ててリセットする事で、キャリブレーションをとることにした。つまり各ユニットがステージ上のマークを基準として自身の場所（座標）を常に認識できるのである。

PWB をワーク基板とする場合にはこれで十分であるが、小さなチップ（0.5mm 角など）を多数含むシリコンウエハ基板では、θ 軸を持つステージ機構としておき、ハンダボール実験装置と修正時に基板を動かして機械的な位置合わせを行なう必要がある。

## 2-2-4 検証

検査精度，ハンダボール非搭載欠陥修正成功率をまとめた。φ 50 μ m のハンダボールを 140 μ m のピッチで実装した PWB に対して検査と欠陥修正を行なっている。

まずは検査精度を示す。欠陥誤検出率 0.001% であり、精度は高い。

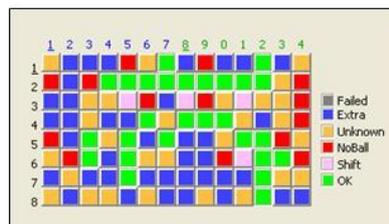
### uBall 検査 & リペア装置 検査精度検証

#### 検査精度の求め方

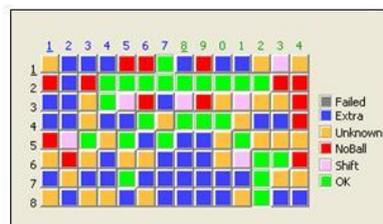
同一基板を2回流し、基板上の全ボール( No Ball, On Ball )を検査し、誤検出の数 / 全ボール数 × 100 = 検査精度とします。

※ Extra, Unknown, Shift に判定されたチップは、ゴミなどの不安定要素が原因になっており、評価出来ないため、OKチップとNoBallチップのみを評価の対象とします。

#### 検査結果



検査結果1回目



検査結果2回目

#### 評価対象チップ、および誤判定個数

色付き(赤もしくは緑)のチップが評価対象チップになります。

評価対象チップ内の数値が、誤判定したチップ数になります。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8														

#### 検査率

有効チップ	37
ボール/チップ	2783
TOTAL Ball	102971
誤判定ボール	1
検査率	0.00000971
検査率(%)	0.00097115

ハンダボール非搭載欠陥修正成功率を右表に示す。

ハンダボール再実装成功率 95%以上を一応の目標としているが、まだ十分とは言えない。安定して再実装が出来るよう今後努力して行く。

枚数	リペア数	リペア率
48	151/156	96.79%
45	167/174	95.97%
100	592/624	94.87%
12	160/167	95.80%
44	264/287	91.98%
55	503/570	88.24%
49	269/332	81.02%
49	328/395	83.03%
50	275/343	80.17%
49	443/490	90.40%
50	460/511	90.01%
48	496/553	89.69%
52	203/278	73.02%
48	198/242	81.81%
48	289/377	76.65%
55	458/562	81.49%
57	580/706	82.15%
53	487/611	79.70%
48	473/551	85.84%

## 最終章 全体総括

φ100μmより大きなハンダボールの実装状態の検査装置や非実装欠陥修正装置の製作実績はあったので、それより小さなハンダボールを扱う事もその延長線上の技術で可能と想定していた。ある意味それは正しく、これまで持っていた技術をベースとして今回の開発に当たる事が出来た。しかし一方で、70μm以下のハンダボールはやはり小さく勝手が違い、特に非実装欠陥修正の機構の実現には苦勞した。だがようやくその目途も付き、今後さらに安定したより高速の検査と修正を実現するよう開発を進める。ただし、ハンダボールの非実装以外の欠陥（実装位置ずれ、余剰実装、大きさの異なるハンダボールの実装、異物など）の修正は実現しておらず、これに対する研究も急ぎたい。

ハンダボールの実装検査と非実装欠陥修正については製品の設計開発と試作機の作成によるプロセス評価を行なう事ができたが、フラックス塗布装置とハンダボール実装装置の開発はまだ構想段階である。実装から検査および修正を行なえる一貫ラインの開発と販売を事業目標としている以上、こちらも急がねばならない。

事業化の暁には、これら技術を必要とする企業他団体への ①設備販売とメンテナンスサービスの提供 ②試作ワークを預かりハンダボール実装試作サービスの提供等を事業として行なう事を目標としている。当然のことではあるが、これら装置のユーザーにとっては良品スループットが重要である。使用に耐える製造ライン製品としては、ボール実装時点で95%以上、欠陥修正後で99%以上のハンダボール搭載率を達成できる装置能力を目標とする。

2011年における関連装置および材料の世界需要について以下のような予測がある。

- ・フリップチップボンダ 250台 80億円（対2006年実績伸び率 金額ベース16.2%）
- ・バンプボンダ 210台 25億円（対2006年実績伸び率 金額ベース19.2%）
- ・ハンダボール 9.3兆個 1220億円（対2006年実績伸び率 金額ベース310%）

フリップチップボンダはハンダボールによるバンプ形成工程との直接的な関係性ははないが、ボールバンプ形成を施した素子の実装装置であることから、伸び率を見るに3次元素子実装が成長過程にあることが分かる。またバンプボンダ市場は上昇傾向にあり、ハンダボールそのものの流通量は3倍にもなる。また、MPUのバンプ形成におけるハンダボール使用率は現状では2～3%で

あるが、2012年には約80%になるとの見方がある。これらの動きに遅れ事業化の機会を逸する事のないよう開発を進めたい。

半導体製造者よりサンプルワークを預かり試作を行なうサービス事業の立ち上げも視野に入れている。そこから得られる収益も目的であることに相違ないが、常に最新の技術情報を得られてそれに対応する技術能力を開発できる環境を持てる事がそれ以上に重要な意味を持つ。

マイクロボール実装と検査修正の一貫ラインの開発と製造を事業化するに当たり、その対象顧客として、以下の3種が考えられる。

1. PWBメーカー：市場からの高密度実装要求を強く受け、ビルドアップ基板等の高密度配線基板を多種開発している。電極としてのバンプを形成する工程も必要としており、ハンダボール実装需要も高い。
2. 半導体後工程メーカー：高密度実装用半導体を製造する際に、接点電極としてのバンプ形成をハンダボールによって行なう必要がある。
3. MPUメーカー：MPUの高密度化のために、微小ハンダボールの狭ピッチ実装によるバンプ形成需要がますます高まっている。
4. MPU材料としてのバンプ付きPWBを提供するメーカー：3と同様の理由から強いニーズがある。
5. ハンダボールメーカー：自社製ハンダボールの評価のために実装装置の必要がある。

これら顧客候補に対し、営業活動や展示会他の広告手段によるPRをして行くことは当然であるが、試作実装サービスによる提案を有効に行うことも重要な手段となる

CoCなどを含む半導体前工程市場は2007年実績2兆2,455億円で、2011年には2兆5,430億円との見通しがある。PoPなどを含む半導体実装関連市場では、2007年実績2,859.2億円、2011年には3,287.9億円との見通しがある。これまで挙げて来たように、半導体パッケージに対する高密度化、高機能化が様々な分野から要求されるので、景気後退や在庫調整による一時的な停滞局面はあっても、これら市場は成長基調が続くであろう。家庭用ロボット市場は日本国内だけで28兆円になるとの試算がある。先進国需要だけでもその約10倍程度が見込まれ、途上国が将来高齢化すると市場はさらに拡大する。この分野においても高機能化、安全性、信頼性等の確立のため、半導体の3次元実装高度化要求は強いのである。

半導体を必要とする産業分野はあまりにも広いので、本事業による雇用創生効果を数字で表すことは難しい。逆に広いが故に、発展途上国も含めての雇用創生効果は非常に大きなものになるのかもしれない。

極小ハンダボール実装技術は、これら市場成長等の一翼を担うはずである。今回の開発を必ず活かし、早くに事業化する事を目標として励みたい。

以上