

レーザー判別センサによる過剰 CSP 半田ボールの検出*

佐藤 運海^{*1}, 山崎 隆夫^{*2}

Detection of Excess CSP Solder Ball by Laser Through-Beam Sensor

Unkai SATO^{*3} and Takao YAMAZAKI^{*3} Faculty of Education, Shinshu University,
6 Nishinagano, Nagano-shi, Nagano, 380-8544 Japan

At the solder ball mounting process on the CSP (chip size package) package, must have inspection of excess solder on the inhaling tool. This study is how to detect excess solder during inhaling tool moving when using laser through-beam sensor. First, in order to remove the influence of the sensor output value by the normal solder ball and to extract only the sensor output value by the excess solder ball, the gobo was attached to the inhaling tool and the effect was checked. Next, create a slit on the laser receiver that increasing sensitivity of laser through-beam sensor and confirmed the improvement. The slit is created to increase sensor output value that compares result of excess solder on the inhaling tool with or without excess solder ball. Furthermore, we supposition production line study the inhaling tool movement error. Therefore then inhaling tool movement error is occur then measure sensor output value. Then we attempt to use difference value. It turns out that the detection method developed by this research can apply to manufacture line, because the excess solder ball of $\phi 0.30$ mm, $\phi 0.25$ mm and $\phi 0.18$ mm can be detected certainly, without being influenced of the movement error of inhaling tool.

Key Words : Sensor, Optical Measurement, Laser, Process Control, Chip Size Package, Solder Ball Inhaling Tool, Mounting Process

1. 結 論

携帯電話やモバイル PC (personal computer) など, 様々な電子機器の小型化, 高機能化および高速化にともない, 半導体パッケージは PGA(Pin Grid Array)や BGA (Ball Grid Array) から FC-PGA(Flip Chip PGA), FC-BGA(Flip Chip BGA)や CSP (Chip Size Package) のようなより高密度化のパッケージへの変換が加速している。CSP とは半導体集積回路のパッケージサイズを半導体集積回路のチップサイズにできるだけ近づける工夫を施した高密度のパッケージであり, 外部との接続端子は BGA と同様に半田ボールを使用しているのが主流である。CSP の製造工程において, 半田ボールの形成・搭載プロセスは必要不可欠であり, その有力な方式としてマイクロボール整列配置方式が挙げられる¹⁾。

マイクロボール整列配置方式は, 半田ボール搭載法が主流であり, 大きさ $\phi 0.1$ mm の半田ボールまで対応可能なことや, 一度に大量のボールを搭載できる

ことが特徴である。この方式では, まず半田ボールを整列板に整列し, 次に真空方式の吸着治具により半田ボールをパッケージ基板に搭載するようになっている。半田ボールの不足および過剰などの搭載ミスはパッケージの断線, ショートなどの致命欠陥の原因になるので, 防止する必要がある。そのため, 半田ボールをパッケージ基板に搭載するまえに, 吸着治具上の半田ボール不足および過剰の検出と, 搭載後, 吸着治具に残留している半田ボールの検出を行わなければならない。前者は半田ボールの不足検出において画像処理方式とフォトセンサ方式²⁾があり, 過剰半田ボールの検出において画像処理方式しかなかった。後者は画像処理方式とレーザー判別センサ方式³⁾がある。また, 前者の過剰半田ボールの検出について, センサ方式を導入しなかったのは正常半田ボールと過剰半田ボールによるセンサ出力値の差が小さく, 吸着治具の運動精度に対する要求が高かったためである。しかし, 画像処理方式はコストが高く, 検出時間が長いうえ, カメラと過剰半田ボールおよび正常半田ボールとの相対位置関係により過剰半田ボールを検出できない場合がある。

そこで本研究では, レーザ判別センサを用いて, $\phi 0.30$ mm, $\phi 0.25$ mmおよび $\phi 0.18$ mmの CSP 半田

* 原稿受付 2004年6月28日。

^{*1} 正員, 信州大学教育学部(☎380-8544 長野市西長野6の口)。^{*2} 正員, 長野県立工科短期大学校(☎386-1211 上田市下之郷813-8)。

E-mail: unkai@qipnc.shinshu-u.ac.jp

ボールを吸着治具に吸着してから、吸着治具が半田ボールの吸着工程から搭載工程へ移動している途中で、吸着治具に過剰半田ボール有無の検出方法の検討を試みた。まず、正常半田ボールによるセンサ出力値の影響を取り除くため、吸着治具に遮光板を導入し、その効果を確認した。次に、過剰半田ボールがあるときとないときのレーザ判別センサ出力値の差を大きくするために、センサの受光器に縦方向の小幅スリットをつけた。また、製造ラインを想定して、吸着治具が移動するときの高さ方向における位置変動を発生させた場合、過剰半田ボールの検出の確実性について実験的に検討を行い、センサ出力値を多点平均値法により処理し、さらにその差分値による検出方法を提案したので報告する。

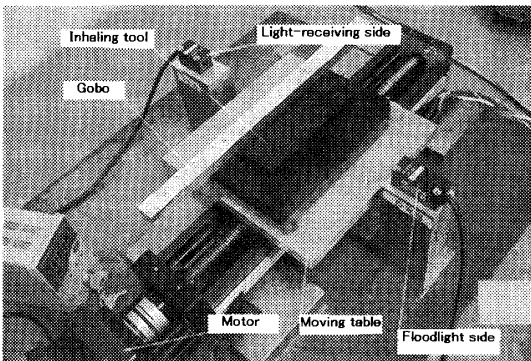
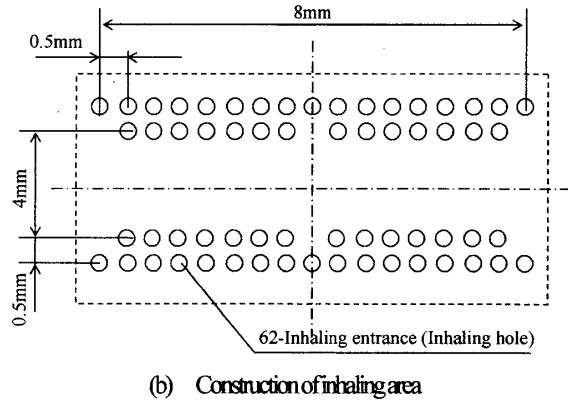
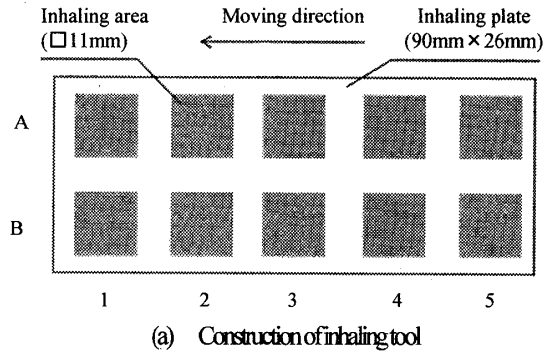
2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

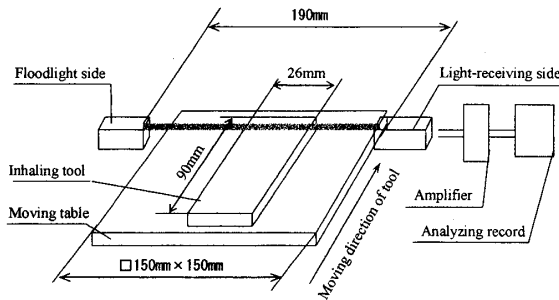
図1 (a), (b) に実験装置の外観写真および概要を示した。半田ボール吸着治具を一軸テーブル上に固定し、それと直角にレーザ判別センサの投光部と受光部を配置した構造である。一軸テーブルはパルスモータによるボールねじ駆動であり、広範囲の速度領域の中で移動させることができる。レーザ判別センサは LX2-100 (株キーエンス) を使用した。表1にレーザ判別センサの仕様を示した。

Table 1 Specifications about sensor LX2-100

Light source	Semiconductor laser	
Wavelength	670nm	
Detecting distance	0~300mm	300~2000mm
Detecting area	$\phi 1.0\text{mm}$	$\phi 2.5\text{mm}$
Minimum detecting object	$\phi 8.0\mu\text{m}$	$\phi 8.0\sim\phi 50\mu\text{m}$
Amplifier type	LX2-60	
Analog output voltage	0~5V	

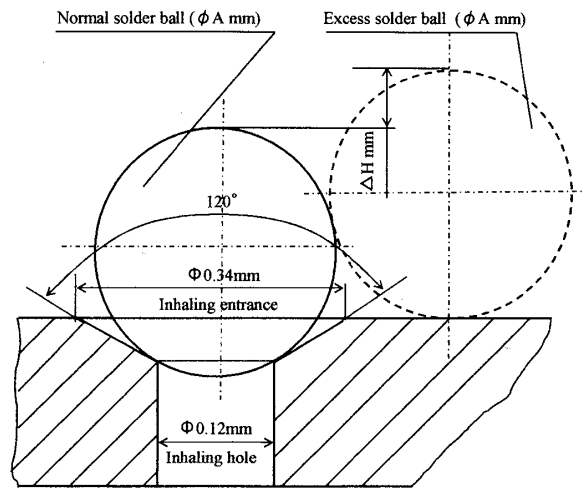


(a) Photograph of experimental device



(b) Construction of experimental device

Fig.1 Experimental device



(c) Relation between normal ball and excess ball about position

Fig.2 Construction of inhaling tool

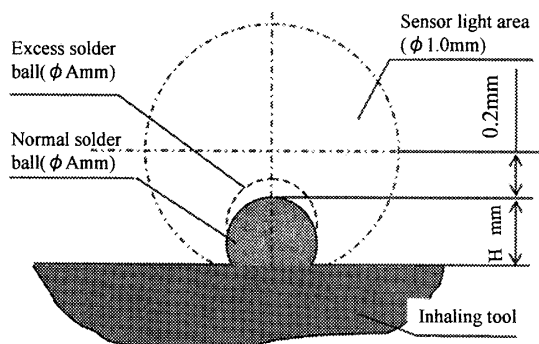


Fig.3 Relation between sensor, solder ball and inhaling tool about position

吸着治具は一つの吸着エリアに 62 個の吸着孔および吸着口があり、それが図 2 (a) に示すように 5 行 2 列計 10 個のエリアで構成されている。なお、吸着口間のピッチは 0.5mm である。同図 (b) は吸着エリアの拡大図である。吸着孔と吸着口の断面形状および正常半田ボールと過剰半田ボールの位置関係を同図 (c) に示す。図中の A は半田ボールの直径であり、 ΔH は正常半田ボールと過剰半田ボールの高さの差である。半田ボールの直径が $\phi 0.30\text{mm}$ 、 $\phi 0.25\text{mm}$ および $\phi 0.18\text{mm}$ の場合、 ΔH はそれぞれ約 0.075mm、0.076mm および 0.087mm となっている。また、吸着治具の材質は SUS303 である

吸着治具と半田ボールおよびレーザー判別センサの位置関係は図 3 のように配置した。図中の H は正常半田ボールが吸着治具からの露出高さであり、直径 $\phi 0.30\text{mm}$ 、 $\phi 0.25\text{mm}$ および $\phi 0.18\text{mm}$ の半田ボールの場合はそれぞれ約 0.225mm、0.174mm および 0.093mm となっている。また、レーザービームの中心の高さは正常半田ボールの頂点より約 0.2mm 高くなっている。

2.2 実験方法

2.2.1 測定系

図 1 および図 2 (a) に示したように、吸着治具の全吸着口に半田ボールを置き、A-1, B-2, A-3, B-4 および A-5 の各吸着エリアに過剰半田ボールを 1 個ずつ配置し、レーザー判別センサの投光部と受光部の間を移動させる。そのとき吸着治具に半田ボールがないところではセンサの出力値が 0V を示し、正常半田ボールおよび異常半田ボールがあるところでは、レーザーの受光量が減少し、出力値はマイナスになる。正常半田ボールと比べ、過剰半田ボールがある場合、レーザー受光量の減少が大きいので、出力電圧の低下量も大きくなる。この電圧変化により過剰半田ボールの有無を判

別する方法によった。なお、電圧変化の測定には波形記録計メモリハイコード 8835-01 (日置電機株) を使用した。測定条件は、吸着治具移動速度の設定値が 0.4m/s、記録計のサンプリング速度 $500\mu\text{s}$ とした。なお、吸着治具移動の開始は一軸テーブルの位置決めコントロールの手動モードによって行うことにした。

2.2.2 遮光板およびスリット有無の比較

(1) 遮光板の有無の比較

吸着治具がレーザー判別センサの投光部と受光部の間を通過するとき、正常半田ボールも過剰半田ボールもレーザー光を遮蔽し、その遮蔽量を電圧の変化として出力する。正常半田ボールによるセンサ出力値の変化を取り消し、過剰半田ボールのみによるセンサ出力値の変化を取り出すために、図 4 に示すように吸着治具に遮光板を導入し、遮光板の有効性について実験的に検討した。

(2) スリットの有無の比較

レーザー判別センサのレーザービーム直径が $\phi 1.0\text{mm}$ であり、過剰半田ボールがあるところでも光量の変化率が少なく電圧変化も小さい、さらに吸着治具の位置や運動誤差の影響を受けることが考えられる。そこで受光器前面に幅 0.2mm、0.3mm、0.4mm の縦方向のスリットを設け、過剰半田ボールがあるときとないときの受光量の変化率を大きくし、出力電圧の変化が大きくなることを予想し、スリットの有効性およびスリットの最適な幅について検討を行った。また、吸着治具の高さ方向における位置変動の許容範囲をできるだけ大きくするために、横方向のスリットを使わないようにした。

なお、遮光板有無の比較およびスリット有無の比較は $\phi 0.30\text{mm}$ の半田ボールについて実験を行った。

2.2.3 吸着治具の運動誤差が測定に及ぼす影響

製造ラインを想定し、吸着治具が移動しているとき、高さ方向における位置変動誤差の影響を考慮して、吸着治具の移動方向に対して前の部分および後ろの部

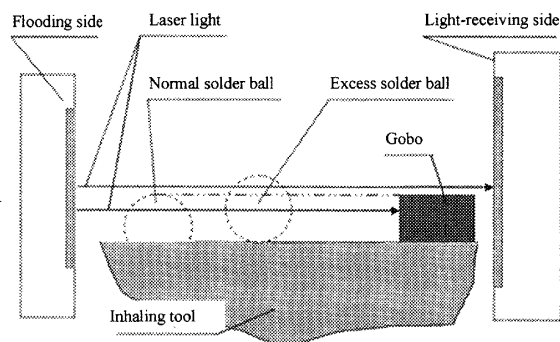


Fig.4 The inhaling tool with gobo

分をそれぞれ 0.1mm から 0.5mm まで高くした場合のレーザー判別センサの出力値を測定した。なお、吸着治具の最前部あるいは最後部に隙間ゲージを挿入することによって吸着治具を高くする方式を取った。また本実験は $\phi 0.30\text{mm}$ 、 $\phi 0.25\text{mm}$ および $\phi 0.18\text{mm}$ の半田ボールについて行った。レーザービームの照射方向における吸着治具の高さ変動については、吸着治具の組立て調整によって対応できるため、検討を省略した。

3. 実験結果および考察

3.1 遮光板およびスリットの有無の比較

3.1.1 遮光板の有無の比較

図5 (a), (b) に遮光板がある場合とない場合の実験結果を示した。同図 (a) は遮光板がない場合の実験結果であり、吸着エリアと吸着エリアの間におけるセンサ出力値の大きな変動は正常半田ボールによるもの、サンプリング番号 170, 330, 560, 730 および 890 あたりのセンサ出力値のピークはそれぞれ A-1, B-2, A-3, B-4 および A-5 の吸着エリアにある過剰半田ボールによるものである。過剰半田ボールと正常半田ボールによるセンサ出力値の差のバラツキはそれぞれの過剰半田ボールとその近辺にある正常半田ボールとの位置関係に起因していると考えている。同図

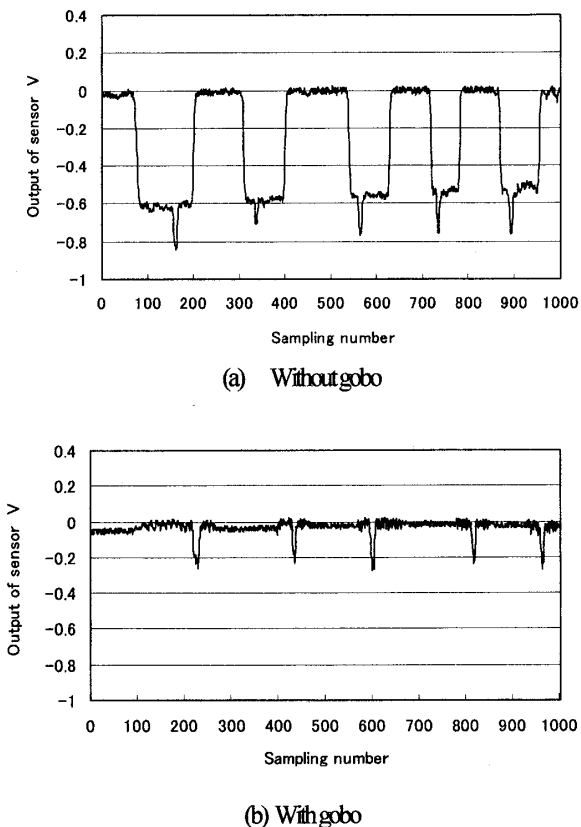


Fig5 Comparison between non-gobo and with gobo

(b) は遮光板がある場合の実験結果であり、遮光板がない場合と比べ、正常半田ボールによるセンサ出力値の大きな変動がなくなり、過剰半田ボールによるセンサ出力値も大きくなっている。

3.1.2 スリットの有無の比較

図6 にスリットを使用した場合の実験結果を示した。同図 (a), (b) および (c) はそれぞれスリットの幅が 0.2mm, 0.3mm および 0.4mm のものである。まず、図5 (b) と比較して、過剰半田ボールと正常半田ボールによるセンサ出力の差を大きくするのに小幅スリットが有効であると分かる。次に、スリット幅が狭くなるにつれ、過剰半田ボールと正常半田ボールによるセンサ出力の差が大きくなるが、スリット幅が

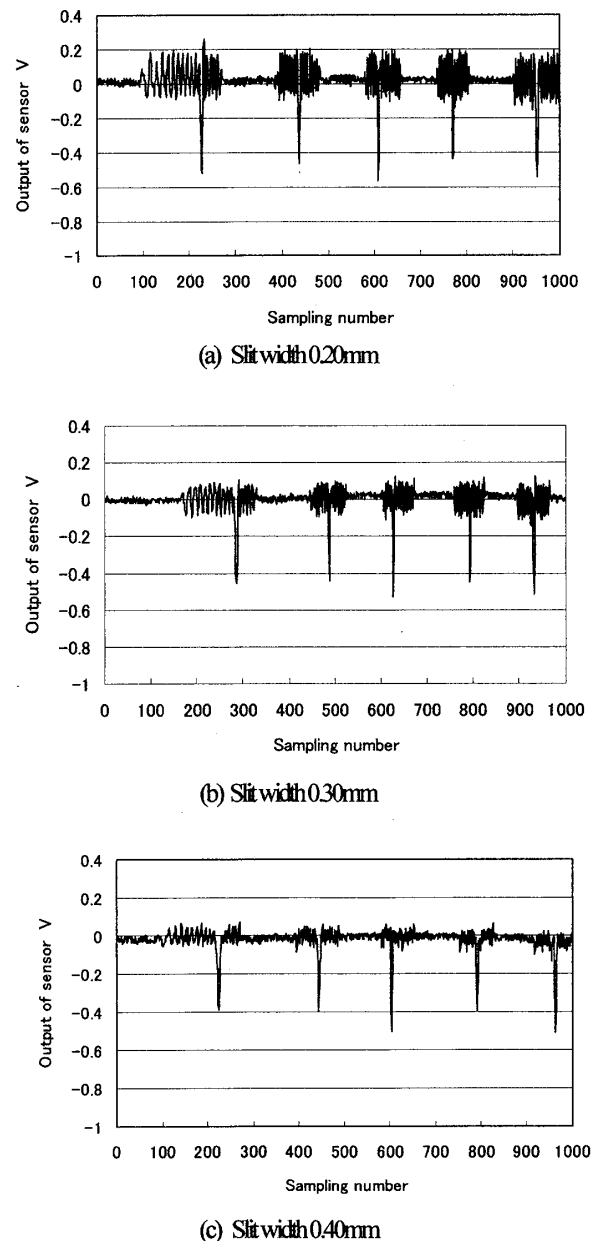


Fig6 Output of sensor with gobo and slit

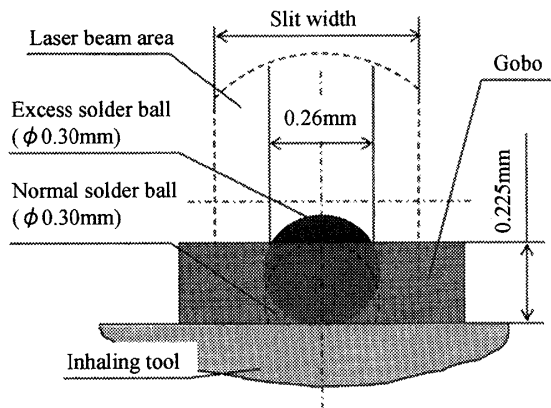


Fig. 7 Relation between laser beam, slit and excess solder ball

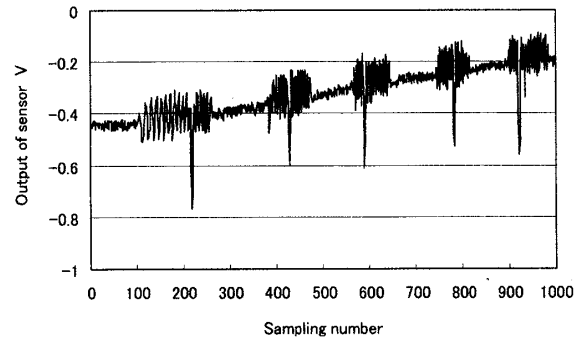
0.3mm以下になると、その増加量が小さくなること
が分かる。それは図7に示すようにスリット幅が約
0.26mm以下になった場合、スリット幅を狭くするに
つれ、過剰半田ボールにより遮蔽したレーザービームの
面積とレーザービーム自身の面積が同時に小さくなり、
過剰半田ボールにより遮蔽したレーザービーム面積率の
増加が小さくなったためと考えられる。また、スリット
幅が狭くなるにつれ正常半田ボールのあるところにお
けるセンサ出力値の変動幅も大きくなる。正常半田
ボールがあるところのセンサ出力値の変動は正常半田
ボールの頂点におけるレーザー光の乱反射によるものと
考えている。スリット幅を狭くすると、その乱反射に
よる影響の割合も大きくなるためと推測している。

この実験結果より、CSP 過剰半田ボールを検出す
るには吸着治具に遮光板を付け、レーザー判別センサの
受光器に縦方向の小幅スリットを付けるのは有効であ
ると判断できる。また、過剰半田ボールと正常半田ボ
ールによるセンサ出力値の差を高めると同時に、正常
半田ボールによるセンサ出力値の変動幅を小さくする
ために、半田ボールの大きさによって最適なスリット
幅があると推測できる。なお、本研究は製造ラインを
想定して、できるだけスリットの交換および調整に工
数を使用しないように0.3mmの縦方向のスリットのみ
を使用することにした。よって、以後の実験結果は、
遮光板と0.3mmの縦方向のスリットがある場合につ
いて述べる。

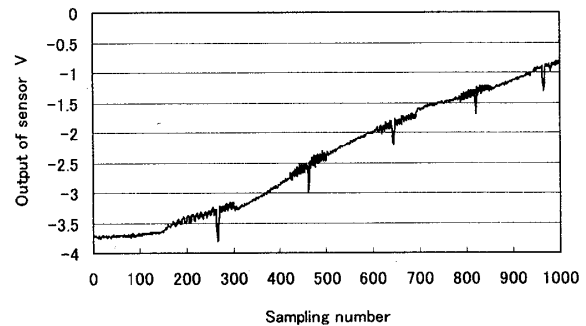
3・2 吸着治具の運動精度が測定に及ぼす影響

3・2・1 φ0.30mmの半田ボール

吸着治具の前部を0.1mmおよび0.5mm高くした
場合のセンサ出力を図8に示した。まず、吸着治具が
高くなっている部分におけるセンサの出力値がマイナ
ス方向に大きくなっている。それは吸着治具が高くな
ることにより吸着治具により遮蔽したレーザービーム面



(a) Frontup 0.10mm



(b) Frontup 0.50mm

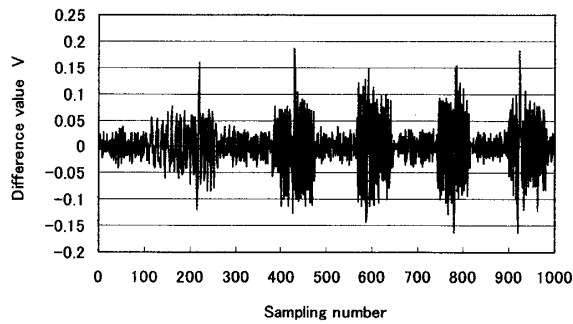
Fig. 8 Output of sensor with front up of inhaling tool

積の割合が大きくなっているためと考えている。次に、
個々の過剰半田ボールとその近辺にある正常半田ボ
ールによるセンサ出力値の差が一定以上に大きくなっ
ているが、吸着治具の高さ変動による測定値全体の
変化が大きいため、過剰半田ボールと正常半田ボ
ールによるセンサ出力値の間では閾値を設定できず、
過剰半田ボールを検出できないことが分かる。吸着治
具の高さ変動によるセンサ出力値の変化を取り除き、
過剰半田ボールによるセンサ出力値のみの抽出方法
を考案する必要があると考えられる。そこで、センサ
出力値の差分を用いた過剰半田ボールの検出方法を
考案した。また、センサ出力値の差分処理を行うま
えに、多点平均値法を用いて正常半田ボールによる
センサ出力値の高周波的な変動を取り除くことにし
た。なお、多点平均値処理および差分処理はそれぞ
れ式(1)および式(2)を用いて行った。

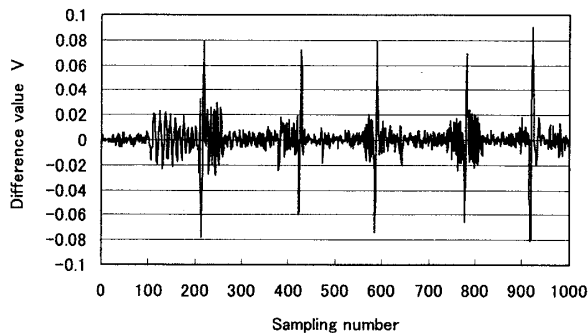
$$A_i = \frac{1}{m} \sum_{n=i}^{i+(m-1)} v_n \quad (1)$$

$$D_i = A_{i+1} - A_i \quad (2)$$

v_n はセンサの出力値であり、 A_i はセンサ出力値を
多点平均値法により処理した結果である。 m は多点
平均値法に使用したセンサ出力値の個数であり、吸着

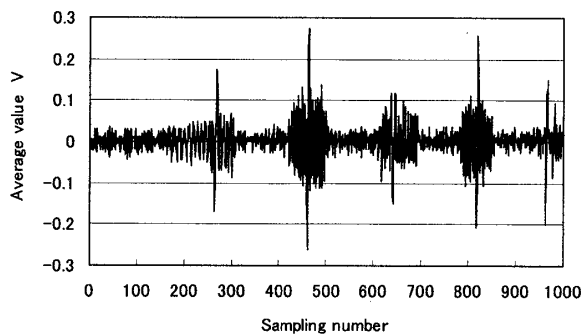


(a) Without multi-points average value processing

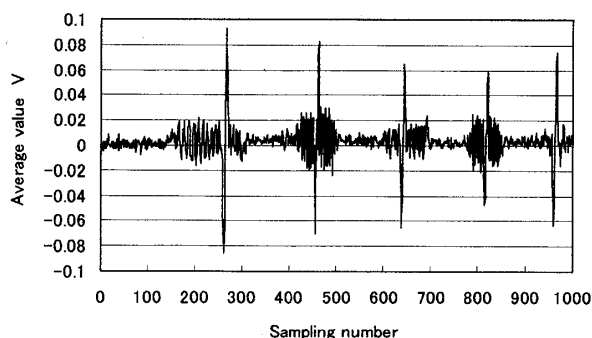


(b) With multi-points average value processing

Fig.9 Difference processing about front up 0.10mm



(a) Without multi-points average value processing



(b) With multi-points average value processing

Fig.10 Difference processing about front up 0.50mm

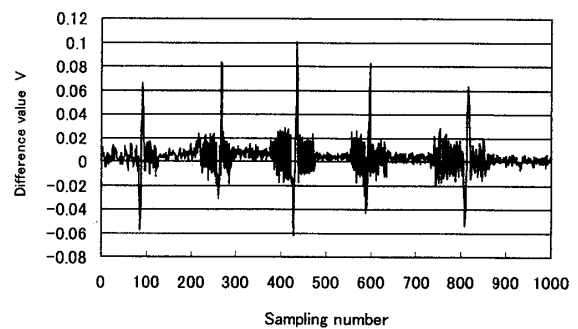
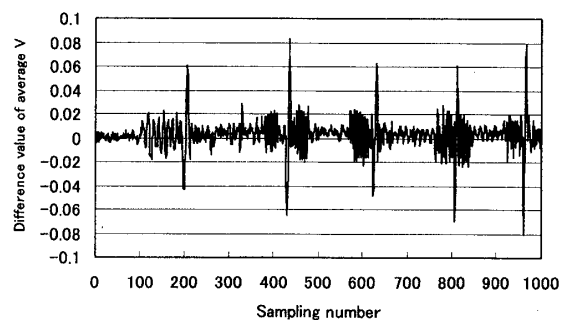
治具の移動速度の大きさ、移動速度の精度、およびセンサのサンプリング速度を考慮して決定すべきであり、本研究では7となっている。また、 D は差分値である。

図9および図10はそれぞれ吸着治具の前部が0.1mm、0.5mm高い場合のセンサ出力値の差分処理結果である。同両図の(a)はともに多点平均値法を使用せずにセンサ出力値のままについて差分処理を行ったものであり、同両図の(b)はともに多点平均値法を使用したものである。図9(a)および図10(a)において、過剰半田ボールと正常半田ボールの間では差分値の差が小さく、差分処理のみを用いて過剰半田ボールを検出できない。これに対して、図9(b)および図10(b)においては、過剰半田ボールと正常半田ボールの間では差分値の差が一定以上に大きいため、閾値の設定によって過剰半田ボールを検出できることが分かる。

吸着治具の後部を高くした場合は同様の結果になっているので省略する。このことより、センサ出力値について多点平均値法により処理し、さらに差分処理を行えば、吸着治具の運動誤差の影響を受けずに $\phi 0.30\text{mm}$ の過剰半田ボールを検出できることが明らかになった。

3・2・2 $\phi 0.25\text{mm}$ と $\phi 0.18\text{mm}$ の半田ボール

$\phi 0.25\text{mm}$ 、 $\phi 0.18\text{mm}$ の半田ボールについて、吸

(a) Solder ball $\phi 0.25\text{mm}$ (b) Solder ball $\phi 0.18\text{mm}$ Fig.11 Difference processing with front up 0.5mm about solder ball $\phi 0.25\text{mm}$ and $\phi 0.18\text{mm}$

着治具の前部を 0.5mm 高くした場合、センサ出力値について多点平均値法により処理を行った後の差分結果をそれぞれ図 11 (a), (b) に示した。過剰半田ボールのあるところの差分値が正常半田ボールのところの差分値より一定以上に大きくなっていることが分かる。吸着治具の後部を高くした場合は同様の結果になっているので省略する。このことより、遮光板および幅 0.3mm の縦方向のスリットを導入し、さらに多点平均値法および差分法を用いてセンサ出力値を処理すれば、直径 $\phi 0.3\text{mm}$ の半田ボールの場合と同様に、直径 $\phi 0.25\text{mm}$ および $\phi 0.18\text{mm}$ の過剰半田ボールも検出できることが分かる。

4. 結 言

以上の研究をまとめると次のようである。また、本研究で開発したレーザ判別センサによる過剰半田ボール検出法と、フォトセンサによる半田ボール吸着不足検出法およびレーザ判別センサによる吸着治具に残留している半田ボールの検出法を併せて使用すれば、半田ボールの全ての搭載ミスを高速度で確実に検出できる。

(1) レーザ判別センサによる $\phi 0.30\text{mm}$, $\phi 0.25\text{mm}$ および $\phi 0.18\text{mm}$ の過剰 CSP 半田ボールの検出を可能にした。

(2) 吸着治具に付けた遮光板およびレーザ判別センサの受光器前面につけた小幅スリットが過剰半田ボールの検出に有効であることを実証した。

(3) 多点平均値法により処理を行った後のセンサ出力の差分値を使用することにより、吸着治具の高さ方向における位置変動幅が 0.5mm 以下ならば、その影響を受けずに過剰半田ボールを検出できる。

謝 辞

本研究に使用している半田ボール吸着治具の作製、および研究成果の製造ライン上での確認、さらに実機への導入についてアスリート F A 株式会社の藤森義晴氏に多大な協力を頂いたので、謝意を表す。

文 献

- (1) 荻元英二：CSP 技術のすべて，工業調査会，(1999) 102.
- (2) 佐藤運海，山崎隆夫，三木一隆，川久保英樹，手塚佳夫，土屋和博，佐藤元太郎：フォトセンサを用いた微小物体の有無の検出，精密工学会誌論文集，70(2004)112.
- (3) 佐藤運海，山崎隆夫，三木一隆，川久保英樹，手塚佳夫，土屋和博，佐藤元太郎：レーザ判別センサによる微小移動物体の検出，精密工学会誌，69(2003)1322.
- (4) Sensors vision and measurement 2002 (株)キーエンス，(2002) 528.