

微細加工部品に関する画像計測技術の開発

重森清史*・園田増雄*

*電子部

Development of Image Measurement Technique for Microscopic Parts

Kiyoshi SHIGEMORI* and Masuo SONODA*

微細部品の測定においては、検査物の固定はマニュアルで行う場合が多く、その際、検査対象部が画像入力用のレンズの合焦点範囲からはずれる場合が生じる。そこで、本研究では効率的な焦点合わせ及び傾斜面の検出を行う微細加工品の自動計測システムの開発を行うことを目的とし、照明の色相による照射角度を変化させることにより、効率的な焦点合わせ及び傾斜面の検出ができる手法を提案し、その有効性を確認した。

1. はじめに

近年、携帯電話用部品等多くの半導体製品が小型化され、それに伴い検査装置等の加工部品も微細化されている。そのため、数 μm 程度の寸法の部品が増えており、顕微鏡を直接見ることによる計測は限界に近づいている。そこで、画像処理を用いた微細加工品の自動計測技術が求められているが、微細であるがゆえに、検査物の固定時に、水平方向・高さ方向の位置ずれが生じる。また、高倍率の画像を得る場合、高さ方向の情報が得られる実体顕微鏡等は用いることができないため、1枚の顕微鏡画像では、高さ及び傾斜に関する情報を得ることは困難である。高さ情報を得る方法として、レーザー顕微鏡等による測定があるが、処理時間の関係からオフラインでの測定となってしまう。

そこで、本研究では、微細加工品の画像処理を行う際に必要な効率的な焦点合わせ及び傾斜面の検出を行う微細加工品の自動計測システムの開発を行うことを目的とした研究を行った。

プリント基板等、ある程度の大きさがある製品に対する外観検査の場合、機械系であらかじめ製品の位置決めを行うため、焦点合わせ等の前処理は不要であるが、大きさが数 μm 単位の製品の場合、モニタ上の倍率が千倍以上の画像拡大を行う必要があり、僅かな高低のずれで焦点が合わなくなるため、焦点合わせが必要となる。そのため、画像計測前に、効率よい焦点合わせ及び傾斜情報獲得等の計測環境を整えることが、計測精度向上及び処理時間短縮のために必要である。

本研究では、これらの問題を解決する方法として、カラーカメラによる画像入力時、通常の白色光の代わりに、赤と青の要素を使い分けることにより、製品の傾斜面の検出及び高速オートフォーカスを行う

画像計測システムを検討した。

2. 傾斜部の識別

通常、カラーカメラはRed (赤)、Green (緑)、Blue (青) の3要素に分割した画像を取り込み、これら3つの画像要素を合成することにより、カラー画像を構成している。本研究では、面積や寸法等の画像計測においては、画像情報としてはモノクロ画像でも可能であるため、照明の色毎に照射角度を変えることにより、平坦部及び傾斜部を識別する方法を構築した。

通常の顕微鏡画像を得る際の照明としては、上方からの落射照明及び斜め上方からのリング状に照射する暗視野照明が用いられ、その光源は白色光であ

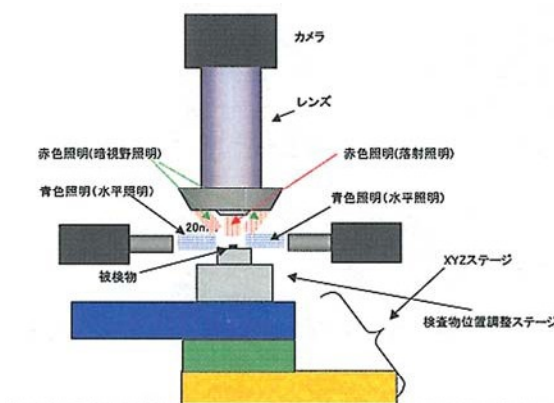


図1 照明方法

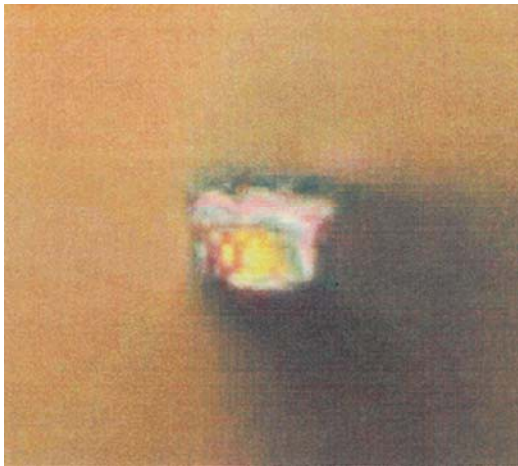


図2 白色光による照明

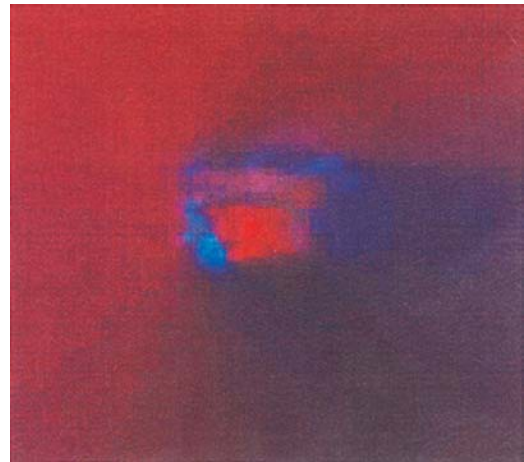


図3 本方式による照明

る。しかし、本研究では、落射照明及び暗視野照明として、波長600nm（ナノメートル）付近より長い波長の赤色光を用い、また、これとは別に、水平方向から対象物に対し、450nm付近より短い波長の青色を照射する照明方法とした。そして、顕微鏡用レンズ上方に取り付けたカラーカメラにより、青色画像及び赤色画像を同時に取り込む方式とした（図1）。

これにより、カラーカメラから取り込まれた画像は、平坦部は赤色、また、傾斜部は青色として検出され、検査物の計測部分の平坦部及び傾斜部の情報が1回のカラー画像取り込みにより得られることになる。そして、光の反射強度により、概略の傾き角を推定し、青色の強い箇所は傾きが大きいと判断し、測定部から省く方式とした。プローブピンについて、従来の白色光による画像（図2）及び本方式により取り込んだ画像（図3）を示す。

図2の従来の白色光による画像では、傾斜部と平坦部の区別は識別することはできないが、図3の本方式による画像においては、傾斜が急なピンの左側部分は青色要素が強く、また、傾斜が比較的緩やかなピン上部では弱い青色要素が出ており、傾斜の角度と水平照射されている青色の強度との相関があることが分かる。従って、平坦部の測定については、赤色部に焦点を合わせ、青色の要素が無い部分のみを測定することにより、平坦部の測定を可能とした。

3. オートフォーカスのための位置ずれの推定

本研究において、オートフォーカスの高速化に関する以下の方法を検討した。オートフォーカスには、レーザー光や赤外線を用いた方法もあるが、今回のシステムでは、コストを抑える意味から画像信号を用

いる方式を検討した¹⁾。

画像信号によりオートフォーカスを行う際は、通常、高周波成分に注目する方式が用いられる²⁾。オートフォーカス位置を検出する方法としては、高周波成分を用いた合焦点の評価値を調べながら、サーチ範囲（合焦点位置を調べる範囲）を2分割し、徐々に探索範囲を狭めて最適焦点位置を見つける方法や測定範囲の最小位置から最大位置まで全域をあらかじめ決めたステップ毎にスキャンし、フォーカス値が最大になる位置を最適焦点位置とする方法等がある。

顕微鏡を用いた拡大画像で観察する微細部品については、上下方向への位置ずれがあり、事前情報が無い状態でオートフォーカスを行うと、試行錯誤的に焦点位置を探索するため時間がかかってしまう。そこで、本方式では、「2. 傾斜部の識別」で述べた青色照明の情報を併用することとし、①検査対象物に関する情報が事前に分かっていること、②ピンの下方に水平照射された青色の照明に反射する部分がある、との条件の下に、①合焦点時のフォーカスの最高値にピン毎の極端な違いは無い、②レンズの位置が上方にずれた場合は赤色照明部分の合焦点度が高くなる（図4）、③レンズの位置が下方にずれた場合は青色照明部分の合焦点度が高くなる（図5）、という性質を利用し、合焦点位置からの位置ずれを推定する方法を検討した。

図6にプローブピンに関する位置ずれと合焦点度との関係を示す。この図から合焦点度と合焦点ポイントからの位置ずれには相関があり、また、対象物が同じ場合、合焦点と位置ずれとの相関値は、ある範囲内の値になると考えられるので、合焦点度により、位置ずれを推定することができる。なお、図6にお

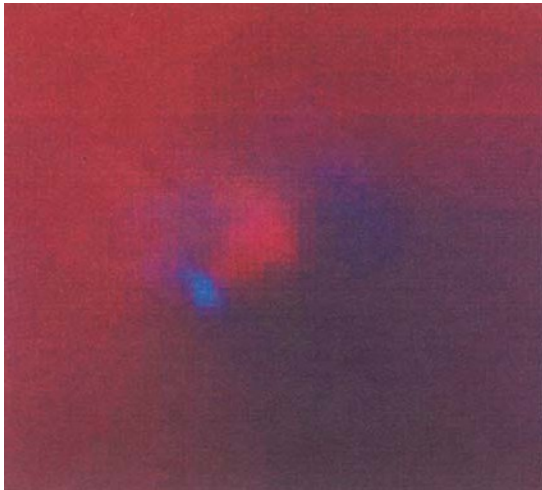


図4 合焦点からの上方向へのずれ画像

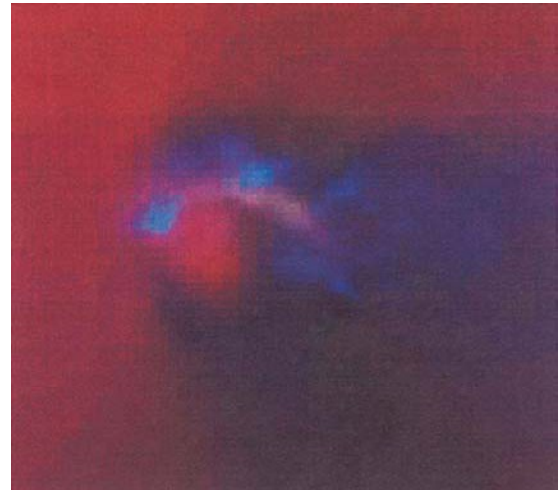


図5 合焦点からの下方向へのずれ画像

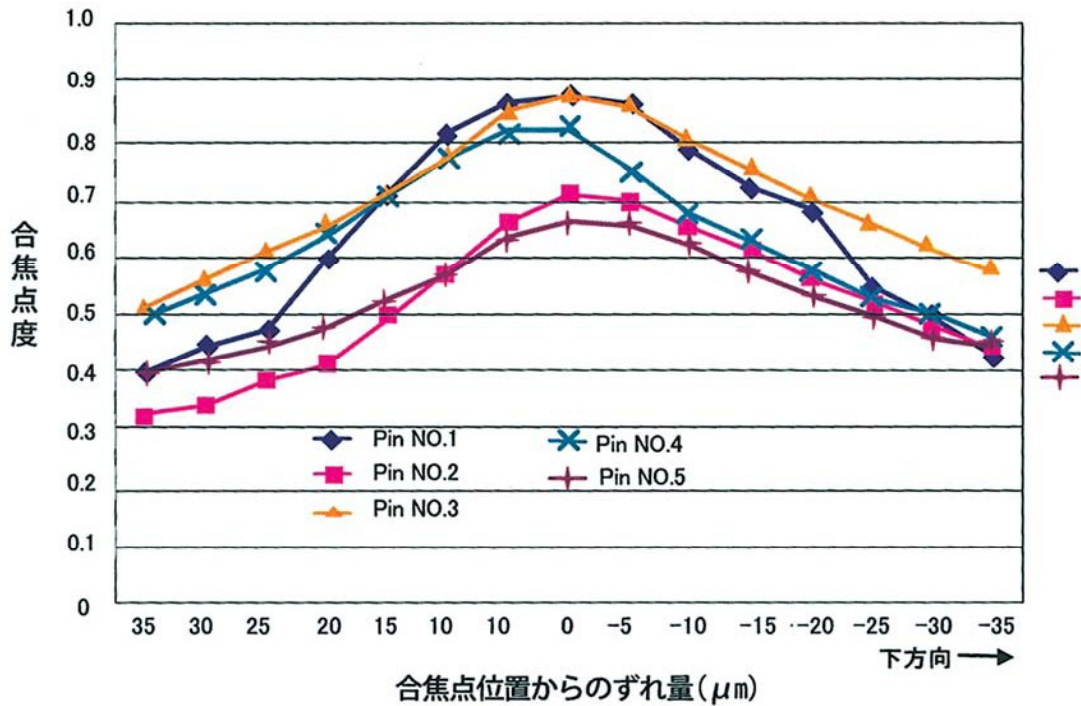


図6 合焦点度とずれ量の関係

いて、Pin No.2と5は、合焦点の値が他のものに比べ、小さくなっているが、適度な照明強度及び合焦点の測定場所等の調整により、補正が可能であると考え。また、合焦点までの位置ずれを推定する場合、ぼけ情報だけでは、上方向へのずれなのか、下方向へのずれか不明である。そこで本方式では、上下方向へのずれの判定に、先の青色照明の情報を用いることにした。青色照明は、検査試料に対し、水平に照射してあり、下方向にある場合は、画像とし

て青色が強く出る傾向にあり、上方向にずれた場合は赤色が強く出る傾向にある（図5に上方向にずれた画像、図6に下方向にずれた画像を示す）。そこで、本方式では、合焦点レベルが一定以下のとき、青色の要素が強い場合は下方向にずれていると判定し、また、赤色要素が強い場合は下方向へずれていると判定する。このように、本研究で提案する手法は、上下どちらの方向へずれているか、また、ぼけ量から最適焦点位置までの概略の距離を判定するこ

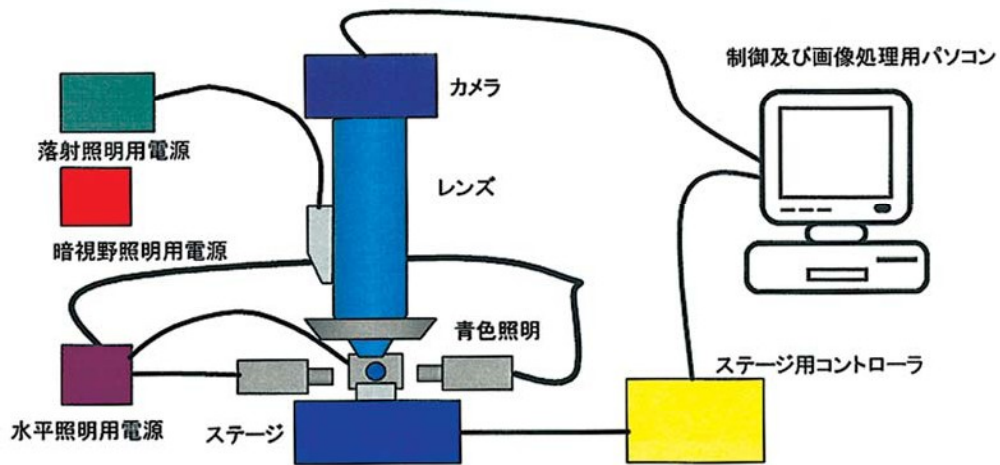


図7 全体構成図

とができ、オートフォーカス時間を短縮することが可能となる。処理時間は最終的な微調整のためのフォーカス距離の設定により変わってくるが、本手法により、現在の処理時間の半分以下とすることが期待できる。

図7に構築した微細部品計測システムの全体構成図を、そして、図8にその全体写真を示す。

4. まとめ

本研究では、垂直方向と水平方向からの照明の色を変えることにより、1回の画像入力で平坦部と傾斜部の識別が可能であることを示した。また、合焦点と赤及び青の濃度強度の違いにより、合焦点からの位置ずれの推定が可能であることを示した。実際の測定においては、実際の測定前に、サンプルとして合焦点と位置ずれの関係のデータを確保し、そこから位置ずれを推定するようにしている。今回提案した手法は、微細部品計測において問題となる平坦部と傾斜部の簡易な判定及び高速な合焦点が可能であり、実際の画像測定システムを開発する際の前処理として有効な方法である。今後の課題として、合焦点度の計算方法の改善を行う必要がある。また、今回、青色の水平照明と傾斜面の角度の関係を定量化することにより、更に精度の良い傾斜面の測定が可能であり、活性化指定地域の企業が微細部品用画像測定装置の製品化の際に有効なツールとなると考える。

なお、本研究は、経済産業省による平成18年度地



図8 全体写真

域産業集積中小企業等活性化事業の関連機関支援強化事業費補助事業の一環として実施したものである。

文献

- 1)川口直樹, 清水秀二, 小橋貴志: オート機能(AF, AE, AWB): テレビジョン学会誌, Vol. 49, No. 2, p145~149(1995)
- 2)江尻正員 監修: 画像処理産業応用総覧: フジテクノシステム, 下巻 pp. 542~549(1994)