

マイクロ電子部品の三次元形状計測技術に関する研究

光藤 淳

本論文は、マイクロ電子部品、特に、はんだバンプがパッケージ表面に二次元配列されたCSP(Chip Scale Package)と呼ばれる代表的な半導体パッケージを対象として、はんだバンプ列のインライン計測に適した三次元形状計測技術の実現を目的として行った研究に関するものである。要求条件として、半導体パッケージ生産ラインの既存の装置上に、低コストで、大きなスペースを占有せずに設置できて、実時間計測に必要な高速性を有する計測方式を実現することとした。種々ある三次元形状計測方式を比較検討し、三角測量原理による従来方式に対して、鏡面反射性の曲面形状を計測できることの優位性を重視して、合焦点法をベースとした計測方式を2通り考案し、それぞれについて計測実験装置を構築し、インライン計測としての実用性を評価した。第一の方式は、高さを違えた2つの合焦点において撮像した2枚の画像間で合焦点分布の差分を検出し、差分値がゼロとなる等合焦点画素群をはんだバンプの水平断面の輪郭線として高速に検出する合焦点差分法と、水平断面からボール状はんだの頂点位置を推定する真球フィッティング法を組み合わせ、はんだボール列の平坦度を高速に計測するようにしたものである。CSPの表面に、500 μm の等間隔で208個配列された、高さ260 μm 、直径500 μm のはんだボール列の平坦度計測に本高さ計測方式を適用し、限界平坦度が $\pm 50 \mu\text{m}$ の検査条件において、標準偏差4 μm の実用計測精度を確認した。また2秒以下/パッケージの実用計測速度の見通しを得た。第二の方式は、はんだボールの高さだけでなく、鏡面反射性の表面形状を計測して、はんだの体積をも計測できる三次元形状計測技術の実現を目指したものである。合焦点を利用したshape-from-focus法をベースとするインライン計測方式を実現するため、 piezoelectric駆動の銅合金製可変形状ミラーを用いて、移動部分がなく一定倍率の高速焦点調節機能を有する計測システムを構築し、体積評価に十分な、はんだボールのほぼ全半球面の計測を実現した。また、はんだ高さの計測において、平坦度検査に十分な最大誤差12 μm 以下の計測精度を達成した。さらに、FPGA(Field Programmable Gate Array)を用いた合焦点高速演算回路を試作し、高速CMOSイメージセンサ(150 fps)を画像入力系とする実時間計測システムを構築し、インライン計測方式としての実用性を示した。