

広視野共焦点三次元計測センサ SCS-10000R1-KN

■ 石原 満宏
Mitsuhiro Ishihara

■ 水野 佑樹
Yuki Mizuno

1 はじめに

共焦点三次元計測はレーザを用いた高精度計測技術として知られている。レーザビームのXY走査と高精度のZ走査が必要であるため計測時間がかかることから、大量生産品の自動検査に用いられることは通常ない。東光高岳ではレーザ走査を必要としない非走査型の共焦点撮像系⁽¹⁾と、厚さの異なる平行平面ガラスと回転板を用いた光学的Z走査機構⁽¹⁾により、大量生産品の自動検査に耐え得る計測速度を有する独自の共焦点三次元計測を実現し、半導体パッケージ内部でLSIチップと多層配線基板とを高密度接続するための bumps と呼ばれる微小電極の形状検査に主に適用してきた⁽²⁾。上市した bumps 検査装置は国内外で広くご利用いただいている。

一方で、共焦点三次元計測を必要とする検査は bumps のような微小物体に限られるものではない。例えば先に述べた半導体パッケージにおいて、図1に示すように外部電極は bumps をそのまま大きくしたものといえることができ、bumps と同様の形状検査が必要である。しかし、bumps 検査と同等レベルの検査速度が求められる一方で、10倍近く広い領域の計測が必要となる。この検査を実現するためには、10倍レベルの広い視野の光学系を使用することが必要となるが、これまで以下のような課題があり実現できなかった。

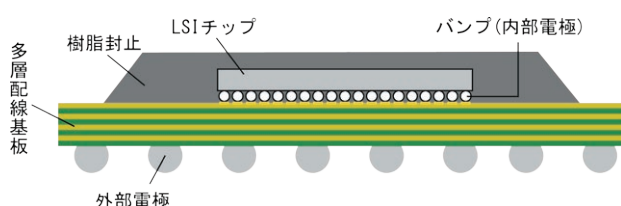


図1 半導体パッケージの構造

- ① 広視野（＝低倍率）の光学系では計測精度が著しく低下する
- ② 広視野光学系においては、大きさの制約から回転板による高速化技術が利用できない

計測精度が著しく低下する原因は、広視野光学系が低開口数^{注1)}となるためである。低開口数であること自体で原理的に計測精度は低下するが、その上に非走査共焦点技術の制約により低開口数においては必然的に低画素分解能（XY分解能）となり、両方の影響でさらに精度低下を招いていた。近年東光高岳で開発したリニア走査

共焦点技術は、低開口数でありながら高い画素分解能を実現できるため、上記精度低下の対策として有効である。

このリニア走査共焦点技術を採用し、さらにリニアスケール付Z移動ステージと高速シャッター（短時間露光）の組み合わせにより、回転板方式の光学的Z走査機構に頼らない高速・高精度のZ走査を実現することで、従来の10倍レベルの広視野計測を達成した共焦点三次元計測センサ SCS-10000R1-KN を開発したので紹介する。

2 リニア走査共焦点技術 SCS

リニア走査共焦点技術 SCS（図2）は、超微細 bumps を計測する目的で開発した技術であり、従来の非走査共焦点技術 NCS の高速性を維持しながらも、NCS では得られなかった高画素分解能の画像を得ることができる⁽³⁾。NCS が、共焦点計測の要の部品であるピンホールアレイの各ピンホール間に受光不可能なマスク領域を有するのに対し、SCS は、検出器のシャッター露光時間中にピンホールを一次元的に走査することで、マスク領域の存在を時分割露光により実質的に消し去って

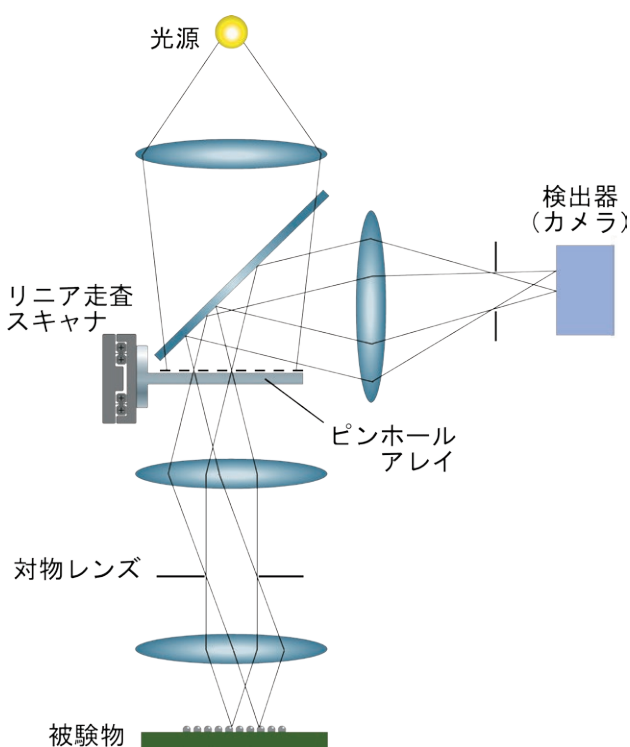


図2 リニア走査型共焦点光学系

る。これによりピンホールの数・密度に制約を受けることなく高い画素分解能の共焦点画像を得ることができる。共焦点三次元計測の精度は、対物レンズの開口数と画素分解能で決まるため、広視野光学系の開口数の低下による精度の劣化を、画素分解能で補うことができる。

3 高速・高精度 Z 走査技術

厚さの異なるガラスを回転板上に並べて高速回転させる光学的 Z 走査機構は、東光高岳の共焦点三次元計測の大きな特長である。しかし、計測視野が従来の 10 倍レベルで大きくなると各ガラスはそれ以上に大きくする必要があるので、回転板も 10 倍レベルの大きさとなり現実的ではなくなってしまう。そこで、Z 走査としてより一般的な Z 移動ステージ走査（図 3）とした。レーザ XY 走査による共焦点三次元計測では、レーザ XY 走査に時間がかかるため、低速度で Z 移動することで XY 走査中に大きく Z 移動しないようにする必要があるが、前記 SCS は、検出器のシャッター露光時間内に XY 走査が完了する高速性を有するため高速な Z 移動が可能である。Z 移動ステージに光学式リニアスケールを搭載することにより正確な Z 位置でシャッターを切ることができるため計測精度も高い。

また光学的 Z 走査機構では、計測範囲や画像の取得間隔はガラスの厚さ・枚数で決まるため変更ができないが、Z 移動ステージ走査においては柔軟に変更でき、計測時間や計測精度を最適化できることが大きな特長である。

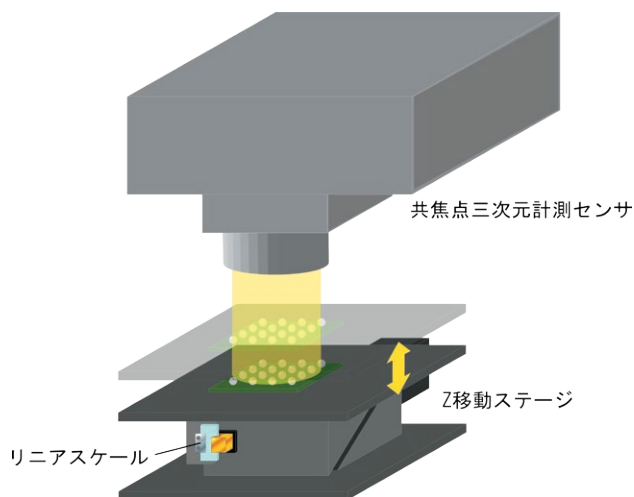


図 3 Z 移動ステージ走査

4 SCS-10000R1-KN

開発した SCS-10000R1-KN の外観を図 4 に示す。また、主な仕様を表 1 に示す。従来型の共焦点三次元計測センサ NCS-7020R1 の仕様も比較のために併記して

いる。

図 5 は、SCS-10000R1-KN と NCS-7020R1 の視野サイズの違いを実画像で示している。



図 4 SCS-10000R1-KN 外観

表 1 主な仕様

	NCS-7020R1	SCS-10000R1-KN
計測手法	非走査共焦点法 (NCS)	リニア走査共焦点法 (SCS)
Z 走査手法	光学式 (回転板走査)	機械式 (Z 移動ステージ走査)
視野サイズ (mm)	13 × 13	41 × 33
対物レンズ相対 NA	1 (基準)	0.5
画素分解能 (μm)	7.8	11.0
Z 計測範囲 (μm)	240	~4,000 (可変)
Z 計測分解能 (μm)	0.1	0.3
画像入力時間 (s/視野) (Z 計測範囲 240μm の時)	0.25	0.2
光源	メタルハライドランプ	LED

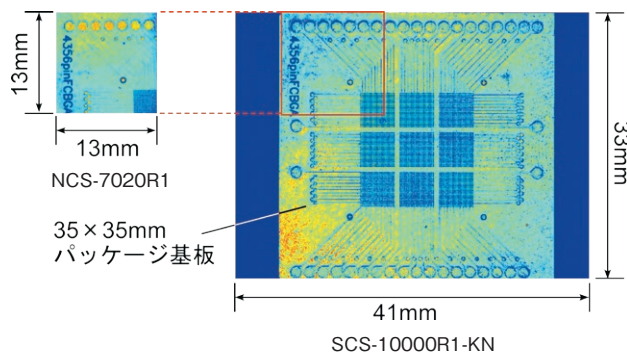


図 5 視野サイズの比較

5 計測例

4枚の1セントコインを一括で計測した結果の鳥瞰図を図6に示す。また図7に、半導体パッケージ外部電極の高さ計測の繰り返し精度を示す。電極は球形であり直径は約 $180\mu\text{m}$ である。横軸は各電極の番号、縦軸は各電極の計測ばらつき(3σ)である。計測ばらつきが $1\mu\text{m}$ 以内に収まっており、高い計測精度が得られていることがわかる。

6 おわりに

従来にない広い視野を持つ新しい共焦点三次元計測セ



図6 1セントコインの計測

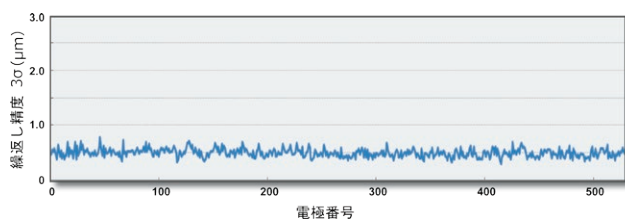


図7 $180\mu\text{m}$ 外部電極の高さ計測繰り返し精度

ンサ SCS-10000R1-KN について述べた。高精度で知られる共焦点三次元計測であるが、それは狭視野・高開口数光学系が前提となっている。40 mm を超える広視野・低開口数光学系での高精度計測は前例が見当たらない。SCS-10000R1-KN が共焦点三次元計測の適用範囲を大きく広げることを期待している。

■参考文献

- (1) M.Ishihara : “A Confocal Surface Measurement System Having Improved Measurement Accuracy for Rough Surfaces and Measurement Speed”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.15, No.3, pp.331-440 (2003)
- (2) 小森, 日名子, 石原 : 「イントレー方式 IC パッケージ検査装置 TVI-5220」, 高岳レビュー, No.55, No.1, pp.7-10 (2010)
- (3) 石原, 日名子, 井上, 水野 : 「リニア走査型共焦点光学系による高速マイクロバンプ高さ計測」, エレクトロニクス実装学会春季講演大会講演論文集, pp.427-428 (2015)

■語句説明

注 1) 開口数 : 対物レンズの明るさや光学分解能, 焦点深度を決定する重要な値で, 一般に広視野・低倍率であると低い値となる

石原 満宏

光応用検査機器事業本部
検査機器製造部 所属

水野 佑樹

光応用検査機器事業本部
検査機器製造部 開発グループ 所属