

# マイクロバンプ計測用 3D センサ SCS-7500R2

■ 石原 満宏  
Mitsuhiro Ishihara

■ 水野 佑樹  
Yuki Mizuno

## 1 はじめに

IC (Integrated Circuit) の線幅は物理的な限界に近づいてきていることから、その微細化の速度が鈍化してきており、新たな集積度向上の担い手として TSV (Through-Silicon Via) 技術を用いて IC チップを垂直に積層する 3D スタッキングの技術が注目されている。

特にメモリの分野では 3D スタッキングが大容量化・低消費電力化・高速化に非常に有効であることから、早くから技術開発が進められ実用化はすでに始まっている。DRAM 分野では、メモリ帯域幅の不足が明らかになってきたハイエンド市場において、3D スタッキングメモリである HBM (High Bandwidth Memory) の採用がすでに既定路線となっており、フラッシュメモリの分野においても 3D NAND チップをさらに多段に積層し IT バイトにもおよぶ大容量を実現した製品も開発されている<sup>(1)</sup>。いずれ 3D スタッキングのメモリが一般的なものとなることはこれまでの半導体製品の進歩を考えれば明らかである。

3D スタッキングにおける IC チップの積層には、バンプと呼ばれる微小な電極を利用して接続するフリップチップの技術が用いられる。東光高岳は 20 年を超えるフリップチップバンプ検査の経験を有しており、IC パッケージ用樹脂基板のバンプ検査においては 200 セットを超える納入実績がある。そしてこの経験・技術は、3D スタッキング用のバンプ検査においても活かすことが可能である。

しかし表 1 に示すように、IC パッケージ用樹脂基板バンプと 3D スタッキング用のバンプは径・ピッチ・高さ・要求精度の点で大きく微細化しており、同じ計測器 (3D センサ) で対応できる範疇を超えている。そこで、上記メモリ分野を主なターゲットとして 3D スタッキングバンプ専用の 3D センサ SCS-7500R2 を今回開発した。

SCS-7500R2 は、微小径のバンプ計測のために開発

を進めてきた技術であるリニア走査型共焦点 SCS を採用し<sup>(2),(3)</sup>、さらに計測の精度・信頼性の向上を図って対物レンズの開口数 NA (Numerical Aperture) を増大した 3D センサである。東光高岳 3D センサとして、その最大の特長である高速性は維持しながら、現時点での最高精度を実現している。

## 2 仕様および構造

図 1 に、SCS-7500R2 の外観を示す。また、主な仕様を表 2 に、構造の模式図を図 2 に示す。

本 3D センサは SCS-7000 シリーズ中の一製品として開発されており、既報<sup>(3)</sup>の SCS-7040R2 をベースモデルとしている。参考のために SCS-7040R2 の仕様・模式図も合わせて示している。

SCS-7500R2 は、SCS-7040R2 と基本的に同じ計測原理・センサ構造に基づいており、違いは対物レンズの NA (それに伴う結像倍率) および光学的焦点移動



図 1 SCS-7500R2 外観

表 1 要求仕様

	バンプ径	バンプピッチ	バンプ高さ	要求精度
IC パッケージ用樹脂基板バンプ	50~70 $\mu\text{m}$	90~130 $\mu\text{m}$	> 30 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$ レベル
3D スタッキング用バンプ	< 20 $\mu\text{m}$	< 40 $\mu\text{m}$	< 20 $\mu\text{m}$	< 0.3 $\mu\text{m}$

表 2 SCS-7500R2 の主な仕様

項目	SCS-7040R2	SCS-7550R2	SCS-7560R2	SCS-7570R2
特長	—	速度重視	精度重視	3Dスタッキング グバンプ専用
計測手法	リニア走査共焦点法 (SCS)			
視野サイズ (mm)	13.0 × 13.0	10 × 7.5	9.0 × 9.0	12 × 1.5
相対 NA	1 (基準)	1.5		
画素分解能 (μm)	3.0	2.4	2.0	
Z 計測レンジ (μm)	180	90	60	
画像入力時間 (s/ 視野)	0.38	0.22	0.38	0.18
12" ウェーハ計測速度 (WPH)	13	8	6	20 (スタッキングバンプエリアが上記視野サイズ以下の時)
対応最小バンプ径 (μm)	25	15	10	

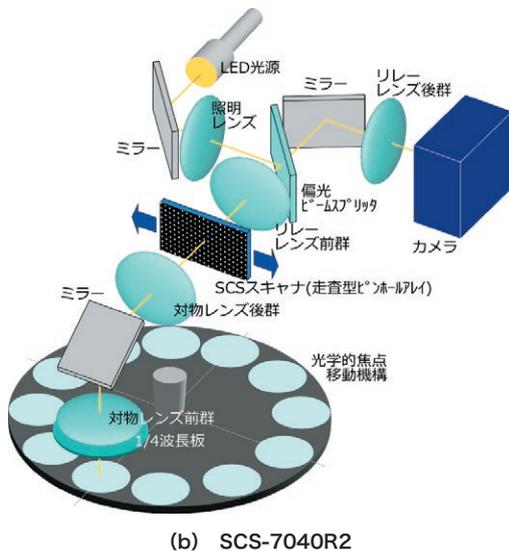
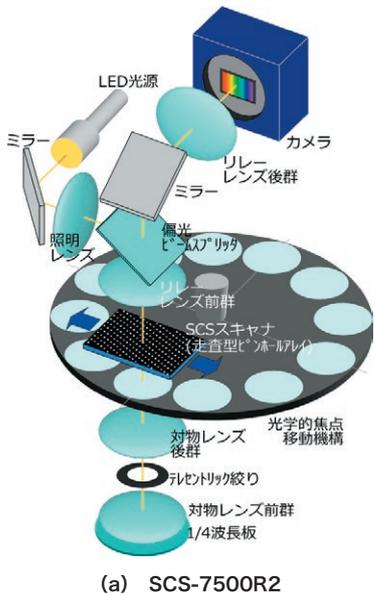


図 2 構造模式図

機構の位置のみである。そのため計測原理・SCS 方式等の説明については割愛する。既報<sup>(3)</sup>を参照されたい。PHA (Pin-Hole Array) およびその走査機構 (SCS 機構) およびリレーレンズ・照明レンズ・カメラ等は SCS-7040R2 と共通である。

精度・信頼性を向上させる鍵となるのは対物レンズの NA である。SCS-7040R2 対物レンズの像側 (PHA 側) の性能条件を維持しつつ、結像倍率を 1.5 倍 (= 視野を 1/1.5 倍) にすることで NA を 1.5 倍に増大しながらも、対物レンズ以外の部品の共通化を実現した。また、光学的焦点移動機構が高速で回転するのに伴い発生する旋風による精度への影響および試料コンタミネーションをなくすために、対物レンズを折り曲げることなく直筒構造にして光学的焦点移動機構を対物レンズの像側に持ってきている。

仕様を示すように、現時点で SCS-7550, 7560, 7570R2 の 3 モデルが存在するが、それぞれの違いは使用する検出器 (二次元 CMOS カメラ) のみである。SCS-7550R2, 7560R2 は標準タイプと言えるもので速度重視か精度重視かの違いとなっている。特筆すべきは SCS-7570R2 で、3D スタッキングにおける各層の接続がチップ中心部分の細長領域でのみなされることに着目して、対物レンズの有効領域限界までの長方形の視野を備えることで桁違いのスループットを実現したモデルとなっている。

### 3 検証結果

SCS-7060R2 を用いて性能検証した結果を以下に示す。

#### 3.1 繰り返し計測精度

20 μm 径のバンプが 40 μm ピッチで 40,401 個配列された TEG (テスト用) サンプルを用いて、バンプ高さ計測の繰り返し精度を確認した。図 3 にその結果を示す。横軸はバンプの番号であり、縦軸は 30 回計測値の各バンプのばらつき (3σ) を表している。目標である 0.3 μm 以下の繰り返し精度が得られていることがわかる。

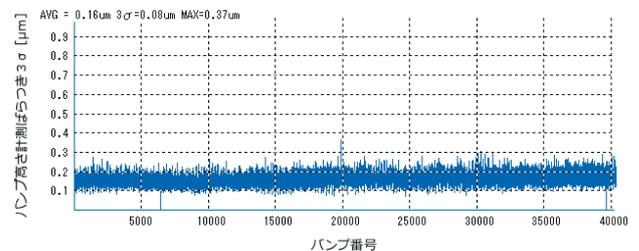


図 3 繰り返し精度 (20 μm 径ラウンドバンプ高さ計測, 30 回繰り返し)

### 3.2 10 $\mu\text{m}$ 径バンプ計測

現状 3D スタッキングに用いられるバンプの径は 20  $\mu\text{m}$  程度であるが、将来的には 10  $\mu\text{m}$  径となることが予想されている。TEG サンプルを用いて 10  $\mu\text{m}$  径のバンプを計測した結果の鳥瞰図表示を図 4 に示す。9.0  $\times$  9.0 mm 視野のうちの 1.0  $\times$  1.0 mm 程度の領域のみを表示している。この部分のみでも 2,500 個程度のバンプが計測されている。視野全体では 20 万バンプを超える。

2.0  $\mu\text{m}$  画素分解能の SCS-7560R2 では図 4 のように正しく安定して計測が可能であるが、2.4  $\mu\text{m}$  画素分解能の SCS-7550R2 においては、10  $\mu\text{m}$  径のバンプの計測は難しいことがわかっている。マイクロバンプの計測は、対物レンズの NA だけでなく画素分解能も重要な要素となってくる。

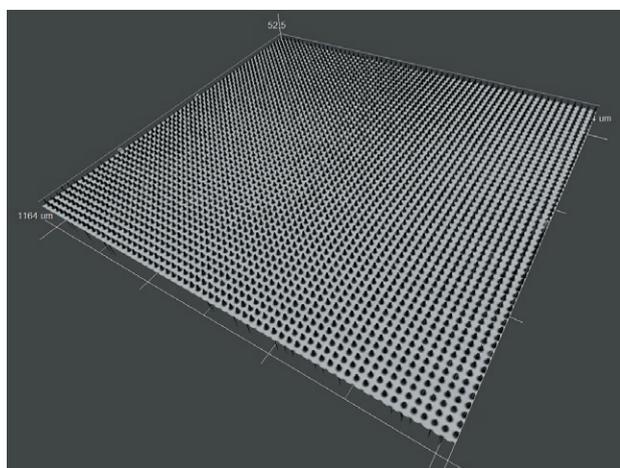
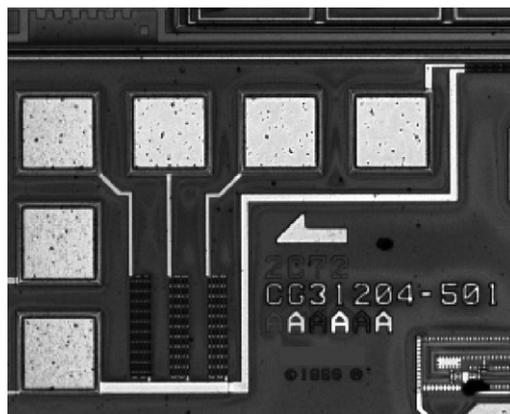


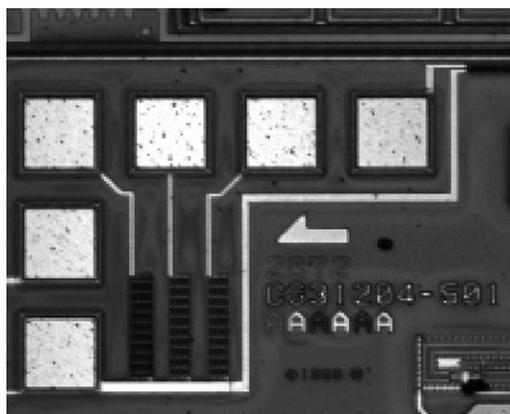
図 4 10  $\mu\text{m}$  径バンプ計測結果  
(輝度データマッピング)

### 3.3 画質比較

図 5 に、SCS-7560R2 と SCS-7040R2 とで撮像した IC チップ表面の画像を示す。画質の差を確認するために視野の一部を拡大して表示している。画素分解能がそれぞれ 2.0  $\mu\text{m}$ 、3.0  $\mu\text{m}$  であるという違いがあるがそれ以上に NA によってシャープネスに明確な差が表れている。



(a) SCS-7560R2



(b) SCS-7040R2

図 5 画質比較

るよう、さらなる開発を進めていきたい。

#### ■参考文献

- (1) 松寺, 河崎:「TSV 技術を用いた世界初の 16 段積層 NAND 型フラッシュメモリパッケージ」, 東芝レビュー, Vol.71, No.6, pp.20-23 (2016)
- (2) 日名子:「走査型共焦点方式三次元計測」, 東光高岳技報, Vol.2, No.1, pp.20-23 (2015)
- (3) 水野, 石原:「高分解能三次元センサ SCS-7040R2」, 東光高岳技報, Vol.3, No.1, pp.22-25 (2016)

## 4 おわりに

3D スタッキングされたメモリを主なターゲットとして、20  $\mu\text{m}$  以下のマイクロバンプ計測専用の 3D センサ SCS-7500R2 を開発した。SCS-7500R2 は、10  $\mu\text{m}$  径レベルのバンプにも対応でき高速かつ高い計測精度を得ることが可能である。

3D スタッキング技術を用いた半導体製品は今後確実に普及していくと考えられる。東光高岳のバンプ検査装置が 3D スタッキングの領域でも十分に業界に貢献でき

#### 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