マイクロカメラをさらに小型化するTSV

ピクセルピッチ1.7μmのCMOSイメージャの小型化に関するウエハレベルパッケージングの画期的な開発と評されるこれまでの研究を基に、独フラウンホーファー信頼性・マイクロインテグレーション研究所（IZM）と独Awaiba社の研究チームは、内視鏡用途の小型CMOSカメラを報告した[1]。このカメラはスルーシリコンビア（TSV）を使って作製され、センサと撮像光学系の両方が完全にウエハスケールで集積されている[2]。その結果、低コストでサイズは僅か1mm³のCMOSカメラが実現し、使い捨て内視鏡の実現も可能になる。

ウエハレベルパッケージング

TSV技術はイメージセンサのウエハレベルパッケージングに利用されてきた。TSV技術以前は、光学アセンブリではセンサと側面に突き出たワイヤボンドを共に収納する必要があったため、イメージセンサの電気接点はワイヤボンディングされ、カメラのサイズを増大させていた。前面イメージャの場合、不透明基板に接着させるとセンサからの入射光が遮られるため、センサフリップチップ処理は不可能であった。しかし、TSVを使用して電気接点をデバイスの背面に移動させることによって、センサのアクティブ面を空けることができた。他の単一光学‐ウエハ組立て技術とは異なり、カメラの対物系（レンズ、開口部、フィルタ）をセンサチップ上に直接配置することによって、空間を節約し、真のウエハレベルカメラを作り出すことができた。

パッケージング工程はCMOSセンサから始まる。まず、センサのアクティブ面上にガラス基板を紫外線（UV）硬化接着剤で接着させる。次に、CMOSウエハを40μmの厚さまで薄くする。ガラス基板はセンサの保護だけではなく、この工程を通して搬送されることや、カメラの最終的な光学設計も考慮されなければならない。次いで、薄層化されたセンサウエハの背面にTSVをプラズマエッチングする。テーパつきTSVのエッチングによって高分子中間誘導体層の堆積が単純化される。これにはスピンコーティングの適用も可能である。続くプラズマエッチング段階で、電気接点に利用するセンサのアルミニウムパッド上の酸化物を除去する。再分布のメタライゼーションを5μm厚の標準的な銅めっきによって完了する。不動態化とそのバンプ形式の役割を果たす第2の高分子層によって、この工程のセンサ部分が仕上げられる。このバンプは高さ35μmの金めっきで形成されるが、他の典型的なバンプ金属やサイズも利用可能だ。

電気接点がイメージセンサの背面に移動したことによって、マイクロカメラの「イメージング」またはウエハレベルの光学系部分を完成させることができる。光学設計の要求に応じて、いくつかのレンズ製造技術が可能である。両面非球面のマイクロレンズアレイは1次ダイヤモンドミルモールドを使って高分子中に複製することができ、サグ高さがさほど大きくなければ、球面レンズをガラス中にエッチングすることも可能である。開口部は構造化されたクロム層によって実現される。レンズと開口部は別々に加工され、ウエハに接着接合される。集積の間に、約2万5000個のマイクロカメラ（各6万2500ピクセルをもつ）が1工程で仕上げられる。光ファイババンドルを使う最良の内視鏡が3000のイメージングピクセルを提供するにすぎないことを考えると、これはまさに感動的だ（図1）。

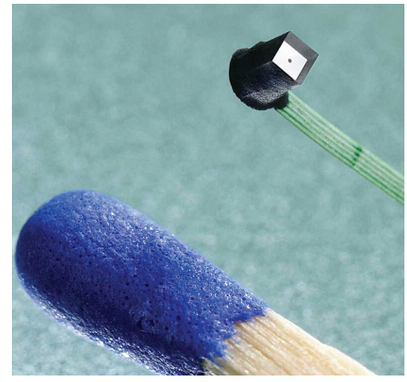

図1　TSV技術はマッチ棒の先端よりも小さく低価格のCMOSカメラを可能にする。（資料提供：Awaiba社）

このプロジェクトのリーダを務めたフラウンホーファーIZMの科学者、マーティン・ウィルケ氏は、「われわれの集積技術は、サイズの優先順位がもっとも高いカメラデバイスに対して非常に有望である。この技術をメガピクセルの携帯電話用に直ちにスケールアップすることはできない。ピクセル数の増加に伴ってウエハレベル光学系の集積が非常に複雑になるためだ。しかし、われわれは、医療部門で間違いなく市場を見出し、自動車産業とマシンビジョン部門でも興味深い用途を見出すはずだ」と語っている。（Gail Overton）

参考文献
（1）M. Wilke et al., Proc. 7th Intl. Wafer Level Packaging Conf. 2010, Santa Clara, CA, 96-102（October 2010）.
（2）M. Wilke et al., "Prospects and Limits in Wafer-Level-Packaging of Image Sensors," presented at ECTC 2011-Electronic Components and Technology Conference, Lake Buena Vista, FL（May 2011）.

LFWJ