

氏名	藤 森 紀 幸
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲 第 670 号
学位授与の日付	平成 2 9 年 3 月 2 0 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	医療用 CMOS 撮像モジュールへの応用を目指した 撮像素子 WL-CSP プロセスの開発
論文審査委員	主査 教 授 佐藤 敏郎 教 授 橋本 佳男 准教授 曾根原 誠 准教授 宮地 幸祐 博 士 宮下 純一 (長野県工業技術総合センター)

論 文 内 容 の 要 旨

ウエハレベルチップサイズパッケージ (WL-CSP: Wafer Level-Chip Size Package) は、ウエハレベルで半導体デバイスをパッケージする先進パッケージング技術である。WL-CSP の利点は、半導体ウエハプロセスを使用したバッチプロセスであり、ウエハレベルでパッケージを量産できることに加え、化学気相成長、反応性イオンエッチング、及びフォトリソグラフィなど半導体ウエハプロセスとほぼ同様の微細プロセスを用いることにより、非常にコンパクトなパッケージを実現することが可能な点である。近年、撮像素子への WL-CSP の適用が進み、スマートフォンのカメラモジュールのようなコンシューマ製品に適用され始めている。また、WL-CSP 型撮像素子が医療用カプセル内視鏡にも適用され、内視鏡の小型化に貢献している。内視鏡挿入部の先端や、カプセルタイプのデバイスなどのように、体腔内へと導入される医療用デバイスの低侵襲性を実現するために、WL-CSP は非常に魅力的な技術である。

一方、医療用撮像素子パッケージには小型化と信頼性の両立が求められ、本研究では TSV (Through Silicon Via) を採用するとともにカバーガラスにより撮像素子全面を接合封止する構造を提案した。この構造の実現には、半導体ウエハプロセスによるパッケージングが必要であるため、カバーガラスと撮像素子とを予め接合することにより、一連のプロセスにおいても撮像素子の画素を保護するとともに最終的にはパッケージ部材としても機能する、カバーガラスウエハをハンドリングウエハとして兼用するパッケージングプロセスを提案した。一般的に半導体ウエハプロセスにおいては、ウエハの反りを抑制することが肝要であるが、従来、異種材料ウエハ同士の接合では、ウエハ間の線膨張係数差の影響により生ずるウエハの反りが課題であった。そこで本研究では、ガラスとシリコンからなる異種材料を接合する際の反りを安定して制御する、チップ再配列による新たな接合技術を開発した。この接合技術は、個片化した撮像素子チップをフェースダウンで逐次再配列しながらガラスウエハ上に接合し、さらにチップ再配列により生まれる間隙へと樹脂材料を充填してウエハ面内の応力を制御するものであり、チップ間隙と充填材料を適正化し、接合材料同士の線膨張係数差によらずウエハ反りの抑制を可能とする。有限要素法による応力解析、およびパッケージに使用する材料の特性を明らかにすることにより、チップ再配列ウエハの反り方向、量を制御可能であることを示した。また、チップ再配列により適正化されたウエハの、TSV 形成を含む撮像素子パッケージングプロセスへの応用方法を示し、本研究で提案した方法は、パッケージングプロセスを含む半導体ウエハプロセスに幅広く活用できることを実証した。さらに、チップ再配列 WL-CSP 技術によりパッケージされた撮像素子の、医療用内視鏡への適用構造案を示し、医療デバイスへの適用性・

有用性も示した。

本研究では、CISを対象としたパッケージングプロセスの開発を行ったが、この研究成果の適用先はCISに留まらず、シリコンより線膨張係数が大きい化合物半導体によるデバイスや、他の光学式半導体センサ、センサ機能を持たない半導体デバイス、もしくはMEMSデバイスなど、広範に及ぶ。また、仮に量産規模の大きくない医療機器向けのデバイスであったとしても、半導体技術の特徴を活かした小型・低侵襲化を実現しつつ、生体内におけるデバイスの性能や耐久性・信頼性を確保しうる有力な技術であると考えられる。