

デジタル画像相関法を用いたファンアウトウェハレベルパッケージのモールド樹脂反り評価手法の検討

根本俊介(電子技術部 電子デバイスグループ)

1. はじめに

近年、電子機器の小型化および高性能化が進む中、半導体パッケージについても、小型化、薄型化、高性能化が求められている。ファンアウトウェハレベルパッケージ(FOWLP)は半導体前工程の製造技術を使用して再配線層をチップ上だけでなくパッケージエリアまで広げて、高集積化、多機能化のための多ピン化を実現する技術であり、次世代半導体への適用において研究開発が活発に実施されている。今後、次世代半導体への適用が進む過程では、半導体作製プロセスに影響するXY方向の変位のみならず、Z方向の変位つまり反りの評価が重要である。

このような半導体のひずみ評価については様々な方法がある中で、例えば熱サイクル中の窒化ケイ素基板をデジタル画像相関法(Digital Image Correlation, DIC)によって評価した事例[1]もあるが、FOWLPのような大型のパッケージにDICによる解析を適用した例は見られない。

本研究では、パッケージ内にSiチップ等を内包しないパッケージ用エポキシ樹脂を使用した6インチサイズの疑似FOWLPを作製し、構造を単純化した疑似FOWLPを用いて評価することでSiチップなどの異種材料起因の反りを排除することを意図している。この疑似FOWLPをDIC解析で評価検証したので報告する。

2. 実験方法

2.1 樹脂による疑似FOWLPサンプルの作製方法

疑似的なFOWLPの封止樹脂はサンユレック社製一液性半導体封止材EF-300T(以後、モールド樹脂)を用いた。

モールド樹脂は6インチφシリコン型に数mm厚になるように入れ、オープン大気中で100°C-1.5時間、150°C-1時間、モールド樹脂の熱硬化を実施した。

硬化したモールド樹脂による疑似FOWLPサンプル(以後、疑似FOWLPサンプル)の研磨には、GALAXY GREY PEPA 80-100およびGALAXY GREEN FEPA180-320で実施し、研磨紙1200番を用いた。装置は、QATA社製Qpol250 A2 ECOを使用して、樹脂の厚みを2mm以下まで研磨を行った。その後、疑似FOWLPサンプルには、下地を塗装後、ランダムパターンを付与した(図1)。

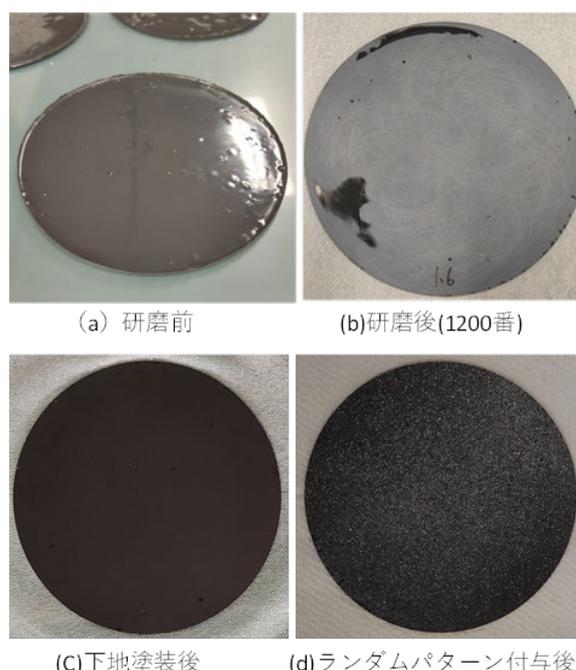
2.2 DIC解析による反り変位量の評価

本評価で使用するDIC解析の装置は、2台のカメラ、照明から構成されている(図2)。2台のカメラは、1200万

画素(4000×3000ピクセル)で、フレームレートは3FPSとして動画を撮影した。

DIC解析の計算では、西華デジタルイメージ社のsDICを用いた。計算条件は、サブセットサイズ75×75ピクセル、サブセットの移動量は12ピクセルとして、5秒ごとの画像を計算対象とした。計算範囲は、試験片の中心から幅±1300ピクセル、高さ±400ピクセルとして、座標系は幅方向をX軸、高さ方向をY軸、XY平面に対して垂直方向をZ軸とした。なお、Z軸方向に関してはmm単位の精度でキャリブレーションを実施した。DICによる反り変位量の評価は、疑似FOWLPサンプルを室温時にホットプレート上に置き、ホットプレートの温度設定を350°Cとし、室温から350°Cまで温度上昇時の測定を行った。ホットプレートの温度プロファイルについてはDICによる反り変位量の評価とは別に測定を行った。

評価箇所は、疑似FOWLPサンプル中心、端部と中心の間、端部の三点とし、サンプルの中央部を横断するように変位の評価を行った。疑似FOWLPサンプルの形状は、円形であるため、対称性があると仮定し、長方形の範囲で評価をすることで、解析時間を短縮できる。



(a) 研磨前 (b) 研磨後(1200番)
(c) 下地塗装後 (d) ランダムパターン付与後

図1 疑似FOWLPランダムパターンの作製方法

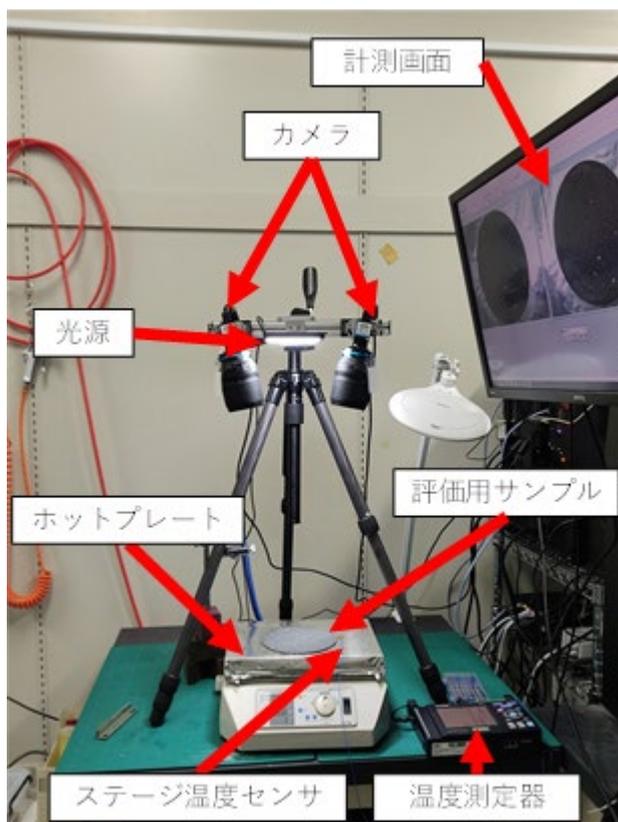


図2 DIC 解析装置の環境

3. 結果及び考察

疑似FOWLPサンプルをそれぞれホットプレート上に設置し、室温から350℃まで加熱した時のZ軸方向の変位を図3に示す。A点は、中央部、B点は中央部と端部の中間、C点は端部である。

その中でC点に注目すると温度350℃において疑似FOWLPサンプルは5mm以上も反ることが分かった。また、変位は加熱開始から400秒後までは変化がなく、その後変位が変化していることに特徴がある。この時間に対応する温度は約140℃であり、これはモールド樹脂の硬化温度が150℃であるため、この温度までは応力緩和方向に働くことで、反りに影響しなかったものと考えられる。150℃を超えた場合は熱膨張し、反りが発生したと思われる。また、この反りが一層、顕著になったのは、ホットプレートによって疑似FOWLPサンプルの裏面から加熱を行っているため表面と裏面で温度差が発生し、表面の温度より裏面の温度が高くなって相対的に裏面の熱膨張が大きくなり、端部が持ち上がる形でスマイル形状に反りが発生したのと考えられる。

反りの変位を確認するためにDICの解析結果をコンター図に示しサンプルの中央部を横断する変位の分布についても確認を行った。図4に疑似FOWLPサンプルの最高変位時の変位分布を示す。これを見ると線分布による計測と解析も有効であることがわかる。

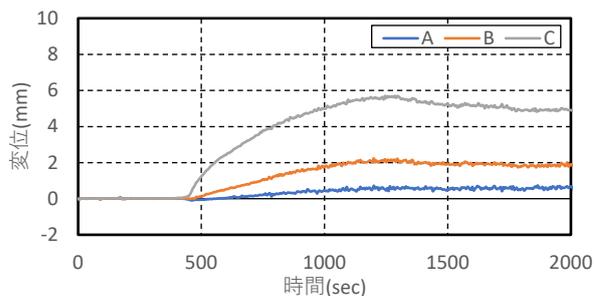


図3 変位の時間依存性 (モールド樹脂)

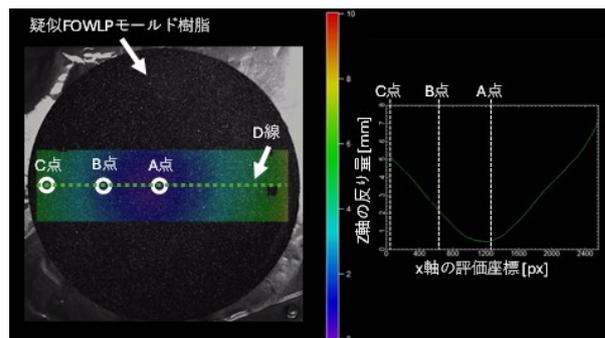


図4 モールド樹脂の最高変位時の変位分布

4. まとめと今後の展開

本研究では、パッケージ内にSiチップ等を内包しない6インチサイズのパッケージ用エポキシ樹脂で疑似FOWLPを作製し、DIC解析によるZ軸方向の変位評価を通して、FOWLPに向けたモールド樹脂のDIC解析を用いた評価手法の検討を行った。疑似FOWLPサンプルにおいて、350℃まで加熱時のDIC解析を行ったが、この結果から、熱のかかる多くの作製プロセス時に発生する変形について、DICによる評価手法が適用可能なことがわかった。DIC解析の特徴としては、面分布による評価であるという優位性があるが、対称性のあるサンプルを評価する場合には、線による評価手法も有効であるため、レーザ変位計などを用いた測定方法も有効な手法の一つと考えられる。

今後は、疑似FOWLPモールド樹脂について、反りを抑制可能なキャリアガラスとの接着に求められる接着強度を検討するため、ヤング率等の機械的評価を実施してゆく予定である。

【参考文献】

1. M.Ngo et al. , 2023 *International Conference on Electronics Packaging (ICEP)*, 19-20 (2023).
2. 根本俊介, 第38回エレクトロニクス実装学会春季講演大会, 38, 263-265 (2023).

【外部発表】 口頭発表 1件