

2006年02月08日
富士通研究所 野村健二

戦略活用プログラム課題利用報告書

課題番号：2005B0927

実課題名：先端 LSI パッケージ封止後のシリコンチップ非破壊応力評価

実験責任者：富士通研究所 野村健二

使用ビームライン：BL46XU

実験結果：

1. 目的

先端半導体デバイスの製造工程において、LSI パッケージ(図 1)の封止後に素子不良が発生することがあり、開発遅延の原因となっている。最近の先端デバイスに使用される電子材料は、応力の影響を受けやすい材料が増えていることから、LSI の封入工程後の素子不良の原因として応力の影響が考えられている。

現状では、応力を測定する方法として、光弾性法・表面粗さ測定法・ラマン分光法などが知られているが、いずれの方法も破壊分析であり、封止後の LSI チップなど、実形状のままの応力を測定することは出来ない。そのため、シミュレーション計算を用いて応力を推測している。しかし、直接測定と比較することが出来ないために、シミュレーション結果の信頼性を検証出来なかった。

我々は、BL46XU において、透過力の強い高エネルギー X 線を用いた回折法により、LSI パッケージ中のシリコンチップの応力状態を評価した。

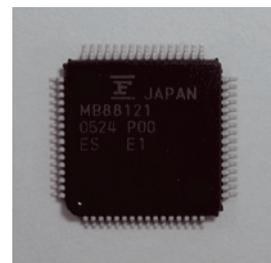


図 1. LSI パッケージ

2. 実験

シリコンチップの応力状態を評価するために、ロッキングカーブの試料位置依存性を測定した。モールド樹脂による吸収の影響を低減するために、X 線のエネルギーは 25(keV)を使用し、測定ピークは高角で面直の Si(200)回折ピーク($2\theta \sim 131.9^\circ$)を用いて実験を行った。測定試料として、4 種類のパッケージ(A、B、C、D)を使用した。

図 2 にパッケージ A、図 3 にパッケージ B、図 4 にパッケージ C、図 5 にパッケージ D 中のシリコンチップのロッキングカーブ測定結果を示す。図 2~5 とともに、(a)は試料の X 方向、(b)は試料の Y 方向の結果である。2 に示したように、パッケージ A 中のシリコンチップは、X 方向、Y 方向ともに、ほぼ直線的に傾いていることから、チップは弧状になっていると考えられる。また、その直線の傾きの符号から、いずれも凸型になっていることが分かった。X 方向と Y 方向で傾きの符号が反対になっているのは、軸の取り方が反対であるためで、X 方向は傾きがプラスで凸、Y 方向は傾きがマイナスで凸である。平均的な曲率半径は、X 方向が 1458mm、Y 方向が 1572mm であり、曲率半径

に試料の方向依存性はほとんど見られなかった。図 3 に示すように、パッケージ B 中のシリコンチップも、パッケージ A と同様に、凸型の弧状になっていた。平均的な曲率半径は、X 方向が 2545mm、Y 方向が 2309mm であり、パッケージ A よりも緩やかな弧状になっていることが分かった。図 4 に示すように、パッケージ C 中のシリコンチップは、X 方向は少し波状に曲がっていた。Y 方向は、凸型の弧状であるが、平均的な曲率半径は 526mm であり、かなり急角度の弧状になっている。図 5 に示すように、パッケージ D 中のシリコンチップは、X 方向、Y 方向ともに、大きく波状に曲がっていた。パッケージ D 中のシリコンチップは、大きな圧縮応力によりチップが変形した可能性が高い。また、応力状態も試料全体で一様ではなく、局所的に大きな応力が掛かっていることが予想される。

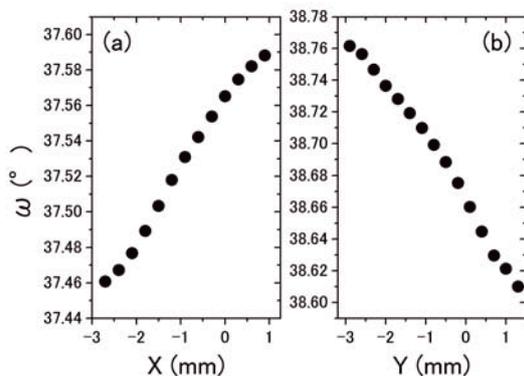


図 2. パッケージ A の測定結果

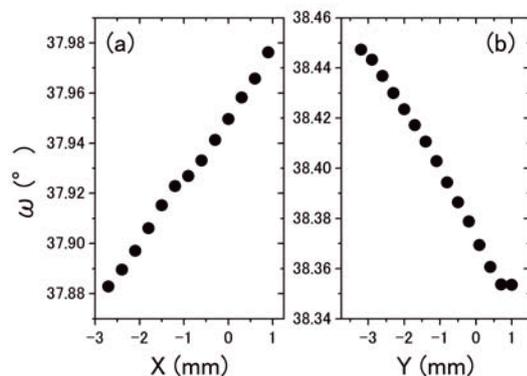


図 3. パッケージ B の測定結果

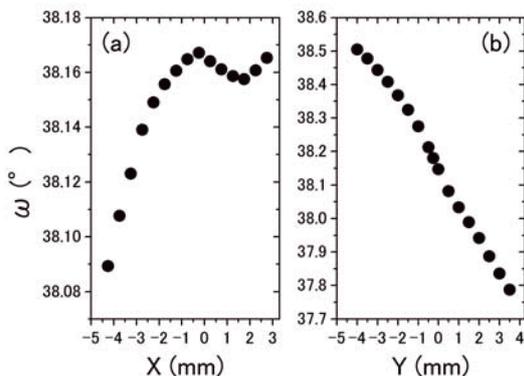


図 4. パッケージ C の測定結果

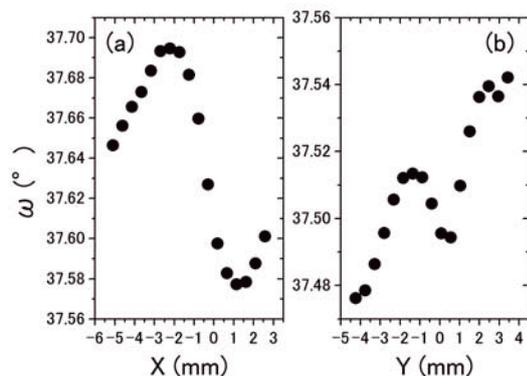


図 5. パッケージ D の測定結果

3. まとめ

BL46XU の高エネルギー X 線を用いたパッケージ透過回折測定により、パッケージ中のシリコンチップの反りの測定に成功した。

パッケージ A や B 中のシリコンチップの試料形状は、緩やかな弧状であるのに対して、パッケージ D 中のシリコンチップの試料形状は、波状に曲がっていることが分かった。パッケージ D 中のシリコンチップは、パッケージ A や B と比べて大きな圧縮応力が掛かり、変形したと考えられる。

パッケージ D 中のチップは、応力状態も試料全体で一様ではなく、局所的に大きな応力が掛かっていることが予想される。今後、応力マッピング測定により応力集中しやすい場所の特定を試み、チップに掛かる応力と素子不良の関係を明らかにしていく予定である。

4. 謝辞

BL46XU における応力実験に関して、ご協力いただきました産業利用推進室の佐藤真直様、広沢一郎様、産業利用促進コーディネーターの古宮聰様、並びに実験に関係された方々に深く感謝いたします。