

課題番号：2006A0223

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：BL19B2

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、開発の遅れの一因となっている。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。その為、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。

今回、我々は、BL19B2 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とそりを非破壊で評価する技術を開発した。

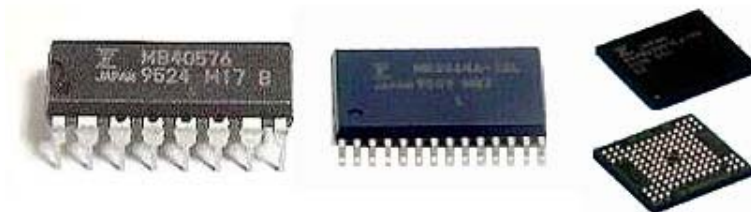


図 1. LSI パッケージ

2. 実験

高エネルギー X 線(25keV)を使用することで、モールド樹脂を透過させ、封入されたシリコンチップの回折測定を行った。実験の結果、シリコンからの結晶ピークが明確に見え、応力及びそりの測定が可能である事が分かった。

図2に、シリコンチップの結晶軸と応力方位の関係を示す。シリコンチップの法線[0 0 1]方向をZ軸、試料面内[1 1 0]をX軸、[-1 1 0]をY軸とし、X軸方向の垂直応力を σ_{11} 、Y軸方向の垂直応力を σ_{22} 、せん断応力を σ_{12} とすると、 χ だけ傾いた方向の垂直歪 ε は、 $\sin^2 \chi$ の関数で表される事が知られている。

測定値である回折角 2θ から歪 ε を求めるために、無歪回折角を正確に測定し

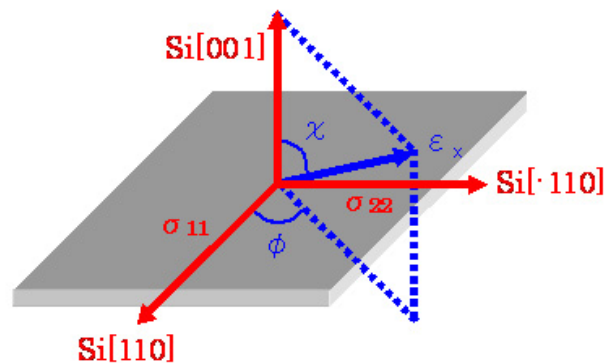


図 2. シリコンチップの結晶軸と応力方位の関係

なければならない。無歪回折角による誤差の影響を低減し、応力の評価精度を上げるためには、面間隔が等しい指数を使うと良い。本実験では、同じ面間隔 $d=0.26125(\text{\AA})$ を持つ $(4\ 4\ 20)$ と $(12\ 12\ 12)$ 回折ピークを選択し、 $\phi=0^\circ$ と 90° で上記 2 指数を測定し、 2θ と $\sin^2\chi$ の関係を求め、その直線の傾きから、垂直応力 σ_{11} と σ_{22} を求めることに成功した。

一方、そりの測定には、シリコンチップの高指数で面直の $(0\ 0\ 20)$ 回折ピークを選択し、試料位置を変えながら結晶方位のずれを測ることにより行った。得られた方位のずれから曲率を求めることで、シリコンチップのそりを評価することが可能となった。

本技術を用いて、2 種類の LSI パッケージ A、B のシリコンチップの応力とそりの比較を行った。シリコンチップの中央位置において、応力測定を行った結果、パッケージ A、B とともに等方的な応力がかかっており、パッケージ A に対して、パッケージ B のシリコンチップには、約 4 倍の圧縮応力がかかっていることが明らかになった。一方、シリコンチップのそりを測定した結果、パッケージ A のシリコンチップ(図 3(a))は、ほぼ平坦であるのに対して、パッケージ B のシリコンチップ(図 3(b))は、大きくそっていることが分かった。パッケージ B のシリコンチップは、大きな圧縮応力により、チップが変形したと考えられる。

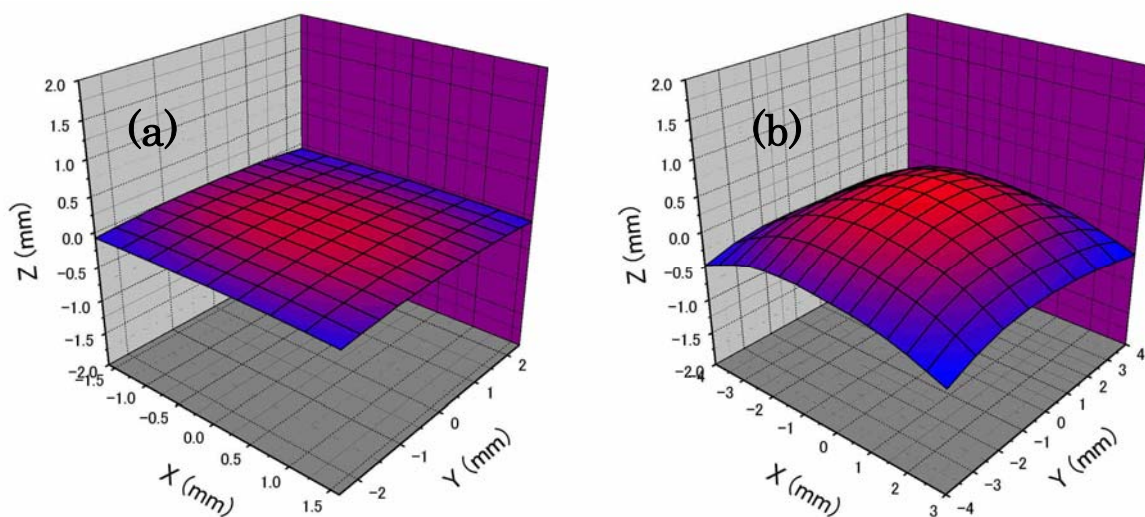


図 3. (a)パッケージ A、(b)パッケージ B のシリコンチップのそり

3. まとめ

BL19B2 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、LSI パッケージ中のシリコンチップの応力とそりの測定に成功した。2 種類の LSI パッケージ A、B におけるシリコンチップの応力の比較を行い、パッケージ B のシリコンチップには、パッケージ A の約 4 倍の圧縮応力がかかっていることが明らかになった。また、シリコンチップのそりの比較を行い、パッケージ A のシリコンチップは、ほぼ平坦であるのに対して、パッケージ B のシリコンチップは、大きくそっていることが分かった。パッケージ B のシリコンチップは、大きな圧縮応力により、チップが変形したと考えられる。

4. 謝辞

BL19B2 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、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。