

放射光による Multi-Chip Package(MCP)に実装された  
Si チップの非破壊反り評価の検討  
Nondestructive warpage evaluation of Si chips in Multi-Chip  
Package(MCP) using synchrotron radiation

戸田昭夫, 西藤哲史, 五十嵐信行

Akio Toda, Motofumi Saitoh, and Nobuyuki Ikarashi

NEC デバイスプラットフォーム研究所

Device Platforms Research Laboratories, NEC Corporation.

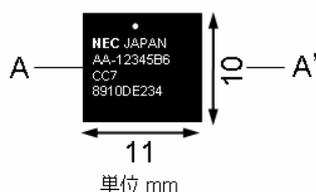
シンクロトロン放射光を利用した高エネルギーX線回折法を用いて、Multi-Chip Package (MCP) 中に積層された Si チップの反りを非破壊で測定することを検討した。その結果エネルギー17.5keV の X 線を用いることで、4 段に積層された Si チップのうち上から 3 段目までの Si チップの反り測定が可能であることがわかった。また、これを踏まえて行った反り測定の結果、MCP 中の Si チップは波形に反っており、中でも薄いチップはその曲率半径が小さいことがわかった。これらの結果は高エネルギーX線回折を用いた非破壊 Si チップ反り測定が実装プロセスの評価や製品信頼性試験等へ応用できることを示している。

キーワード： MCP、SiP、Si チップ、反り、非破壊測定、シンクロトロン放射光、X 線回折

**背景と研究目的：** 近年、半導体電子部品の開発において、Si チップの高密度実装を目的としたチップの薄片化や新材料を用いた実装が検討されている。このような技術の傾向は Si チップに加わる機械的応力の影響が大きくなるという懸念を生む。一般に、機械的応力による Si チップの反りは実装プロセスや製品の信頼性低下要因とされることが多い。したがって、実装された個々の Si チップの反りや応力を非破壊で測定することが必要とされている[1,2]。これを踏まえ、我々は透過能が高い高エネルギーX線を用いることにより、実装された Si チップの反りを非破壊で直接測定することを検討している。今回は複数の Si チップを積層しパッケージした Multi-Chip Package (以下 MCP と略す。) について、個々の Si チップの反り測定が可能かどうか検討した。

**実験方法：** 反り測定を行った試料は 4 段 MCP である。その模式図を図 1 に示した。4 枚の Si チップが積層され、パッケージ中に収められている。高エネルギーX線回折実験は、高輝度放射光施設 SPring-8 のビームライン BL46XU を用いて行った。入射 X 線のエネルギーは 17.5keV であった。

■ 外観



■ A-A' 断面

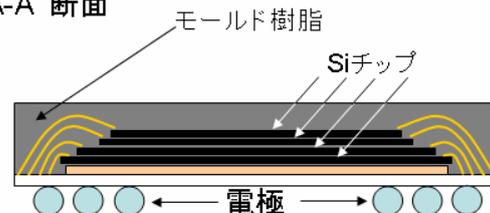


図 1. 試料外観、断面の模式図。

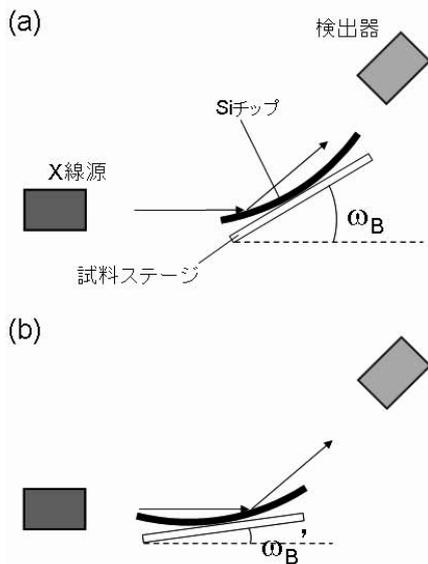


図 2. 反り測定の実理を説明する模式図。

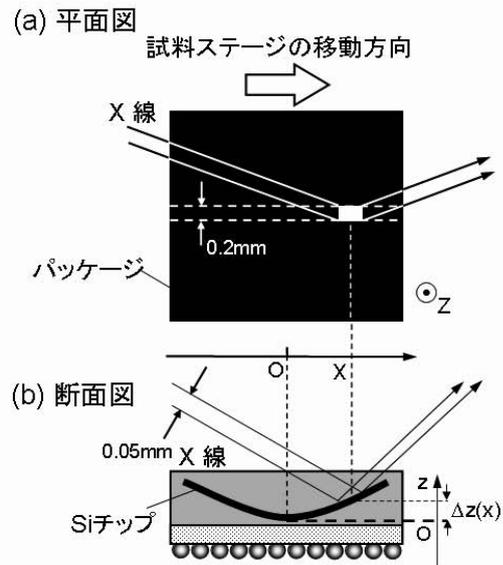


図 3. 回折測定時の X 線と試料の関係を示す模式図。

反り測定法の実理を図 2 で説明する。検出器を固定して測定を行う場合、Si 基板が反っているとき回折 X 線が検出される時のステージの回転角  $\omega_B$  がチップ位置によって異なる (図 2 (a), (b))。よって  $\omega_B$  をチップ位置を変えて測定すれば、Si チップの反りを求めることができる。今回の反り測定においては、まず、図 3 (a) のように点線で示した帯状の領域に沿って 0.1mm ずつステージを x 軸プラス方向へ移動させ、各点で回折測定を行いピーク位置  $\omega_B(x)$  を求めた。入射 X 線スリットは 0.05mm×0.2mm とした (図 3 (a), (b))。エネルギー 17.5keV の X 線を用い、Si (001) 基板より作成した Si チップをサンプルとして、Si (004) 反射に着目し実験を行った場合、Si チップ上の照射領域はおおよそ 0.2mm×0.2mm の広さになると見積もられる。次に、サンプル中央での  $\omega_B$  を  $\omega_{B0}$  として各測定点で  $\Delta\omega_B(x) = \omega_B(x) - \omega_{B0}$  を計算する。得られた  $\Delta\omega_B(x)$  を使って

$$\Delta z(x) = - \int_0^x \tan[\Delta\omega_B(x')] dx' \quad (1)$$

に従い計算するとサンプル中央から距離 x の位置における z 軸方向への変位  $\Delta z(x)$  が求められる (図 3 (b))。このようにして得られた変位  $\Delta z(x)$  をサンプル中央からの距離に対してプロットすると、例えば図 5 のようになる。

**MCP 中 Si チップからのロッキング曲線の取得：** 図 4 に MCP から得られた Si (004) 反射のロッキング曲線を示す。3 つの回折ピークが観測されており、回折強度が強い順に、上から 1-3 層目の

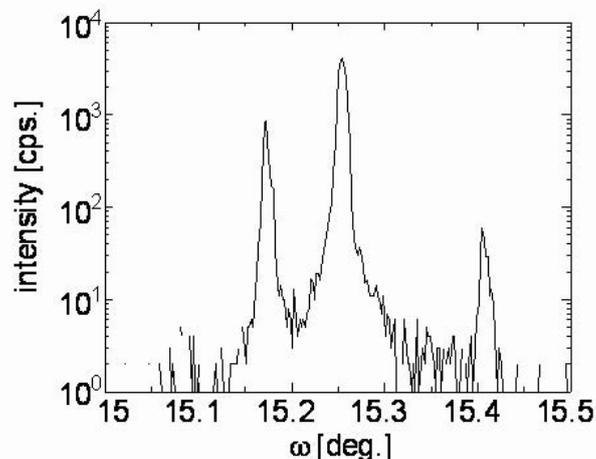


図 4. MCP 中の Si チップからの回折 X 線。

Si チップからの回折 X 線であると判断される。このロッキング曲線の測定と試料移動とを繰り返し、各チップの反りを求めることができる。

**チップ反り評価：** 図 5 は各層の Si チップの反り曲線である。横軸はチップ中央を原点としたときのパッケージ長手方向の位置、縦軸はその位置におけるチップの変位  $\Delta z(x)$  (反り) を表している (図 3(a) (b) 参照)。1-3 層ともに全体として波型に反っており、チップ中央付近は上に凸型に反っている。これはモールド材料等のチップ周辺の材料による応力の影響を反映していると考えられる。また、チップ中央付近での各層の曲率半径を比べると 2 層目が他の 2 つに比べ小さく見える。この結果は、薄い Si チップは反り易いことを示していると考えられる (1-3 層の Si チップのうち 2 層目の Si チップが最も薄いことが事前にわかっている)。

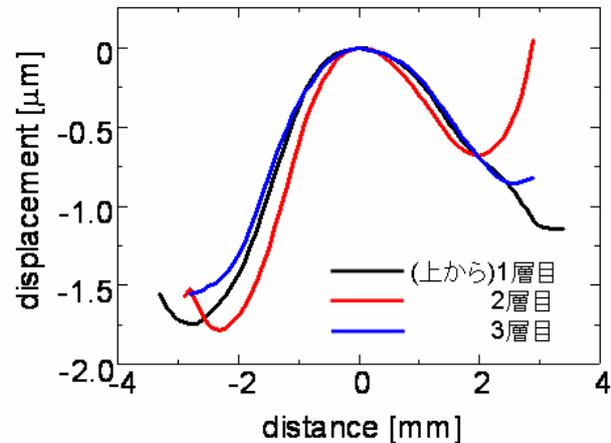


図 5. MCP 中の Si チップの反り。

**まとめと今後の予定：** 高エネルギー X 線回折により、MCP 中に積層された Si チップの反りを非破壊で測定することを検討した。その結果 17.5keV の X 線を用いることで、4 段に積層された Si チップのうち上から 3 層目までの Si チップからの回折 X 線を検出できることを明らかにした。また、これを踏まえて行った反り測定の結果、MCP 中の Si チップは波形に反っており、薄いチップはその曲率半径が小さいことがわかった。これらの結果は高エネルギー X 線回折を用いた非破壊 Si チップ反り測定が実装プロセス評価や製品信頼性試験へ応用できることを示している。今後は、実装プロセスの違いが Si チップ反りに与える影響の評価や反り評価法の高度化の検討を行う予定である。

**謝辞：** 本課題を遂行するに当たり、(財)高輝度光科学研究センター 産業利用推進室 橋本特別研究員、廣沢副主席研究員、小金沢研究員には、実験計画立案よりご指導とご協力をいただきました。深謝いたします。

#### 参考文献：

- [1] J. Chen and I. De Wolf, Proc. IEEE, Electronic Components and Technology Conference, (2002), pp. 1310-1317.
- [2] H. Miura, N. Ueta, Y. Sato, and T. Sasaki, Proc. IEEE, Electronic Components and Technology Conference, (2008), pp. 593-598.