

Application News

No. V28

高速度ビデオカメラ HPV-X2

シリコンウェハの衝撃試験における 3D-DIC 解析

シリコンウェハ（以下 Si ウェハ）は、半導体デバイスの主要な材料として、電子産業分野において最も重要な素材です。Si ウェハは、ケイ素（Si）の単結晶インゴットをスライスした薄板に、研磨や熱処理などの工程を施し製造されます。

近年、フラッシュメモリや LSI などの半導体デバイスの需要は爆発的に増加しており、増え続ける需要を満たすために、製造工程においてもスループットの向上が求められています。Si ウェハについては、ウェハ 1 枚当たりの素子製造個数を増やすために、ウェハの大口径化が進んでおり、スループットの向上、コストダウンに大きく寄与しました。

しかしながら、最近の Si ウェハは、口径が $\phi 300$ mm に達しているのに対して、板厚は 1 mm 以下しかなく、硬く脆い Si ウェハのハンドリングには細心の注意が必要です。

ハンドリング技術の向上のためには、Si ウェハが破壊に至るまでのウェハ表面のひずみの大きさや分布を正確に知ることが必要ですが、Si ウェハの破壊は高速であり、従来の手法では十分な情報を得られませんでした。

ここでは、高速度ビデオカメラ HPVTM-X2（以下、HPV-X2）を 2 台使用して、2 方向から Si ウェハの破壊を観察することで、3D-DIC 解析^{*1}により Si ウェハの高速変形の可視化を行った事例を紹介します。

F. Yano

*1 DIC（Digital Image Correlation）解析

物体表面のランダムパターンを変形前後で比較し、パターンの移動量を調べる手法。2 方向の画像から立体的に計測を行うこともできる（3D-DIC）。

測定システム

高速パンクチャー衝撃試験機 HITS-P10 を使用したパンクチャー試験で、高速度ビデオカメラ HPV-X2 を 2 台使用して破壊観察を行いました。2 台の HPV-X2 は同期ケーブルによって接続されており、撮影フレームの位相が一致した同期撮影を行うことができます。2 方向からの撮影を行うことで、面外方向の変形を考慮した精度の高い 3 次元計測が可能です。

今回使用した試験装置を表 1 に示します。また、図 1 に試験装置の配置を、図 2 に試験部の様子を示します。ストライカによる試験片打ち抜きの反対面を装置正面から観察するため、試験部底面に平面ミラーを配置しています。撮影のタイミングを合わせるために、ストライカが試験片に接触する位置を検出して撮影トリガとしています。

HPV-X2 によって撮影された画像は、DIC ソフトウェア VIC-3D を使用して解析され、変位分布を求めることができます。VIC-3D は、DIC ソフトウェアから直接 HPV-X2 を制御することができるため、3D-DIC では必須である煩雑なキャリブレーション操作や、測定時のデータ解析を容易に行うことができます。

表 1 測定条件

高速度ビデオカメラ	: 高速度ビデオカメラ HPV-X2 2 台
試験機	: 高速パンクチャー衝撃試験機 HITS-P10
照明	: ストロボ
DIC ソフトウェア	: VIC-3D (Correlated Solutions Inc.)

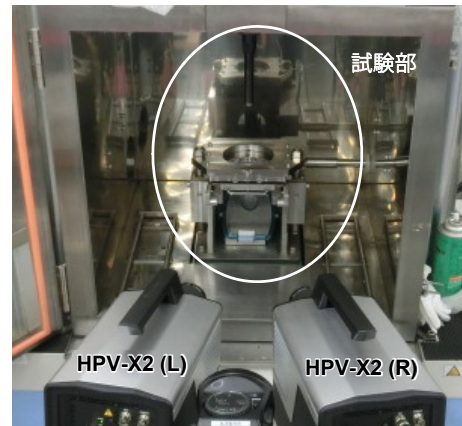


図 1 試験装置の配置

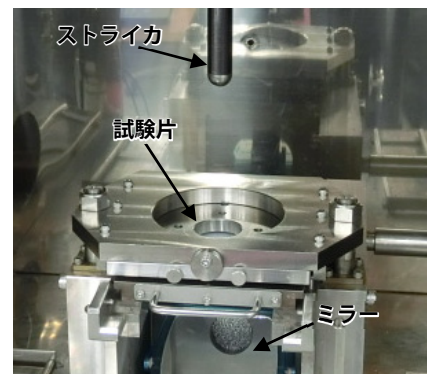


図 2 試験部の様子

試験条件

試験片には結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の 3 インチ Si ウェハを使用しました。表 2 に試験片の詳細を示します。Si ウェハの梨地面には、油性ペンでランダムパターンを描きました（図 3）。試験条件を表 3 に示します。

表2 試験片情報

試験片	: Si ウェハ 結晶方位 <100> 片面ポリッシュ
試験片寸法[in]	: φ3インチ (φ76 mm)、板厚 380 μm

表3 試験条件

試験速度	: 10 m/s
撮影速度	: 500 kfps
試験治具寸法	: ストライカ φ20 mm 試験片支持台 内径 φ40 mm



図3 ランダムパターンを付けた試験片

測定結果

図5にSiウェハの破壊前後の高速撮影画像を示します。また、この画像のDIC解析により、Z方向（紙面手前方向）の変位を計測した結果を図4に示します。

撮影画像では変化の様子は目視できませんが、解析結果からは、徐々に中心部から同心円状に変位が大きくなっていく様子がわかります。

図6に、Siウェハの直径に沿った断面のフレーム毎の変位を示します。72フレームまでほぼ一定速度で変位が増加しています。変位の増加速度は、およそ10~11 m/sであり、

これは試験速度と一致します。73フレームで、中央右側に急激な変位の増加を見ますが、これは中央右側に上下方向にクラックを生じたことによるものです。このように、撮影画像だけではわからない、最大変位や、初期のクラックをDIC解析で捉えることができました。

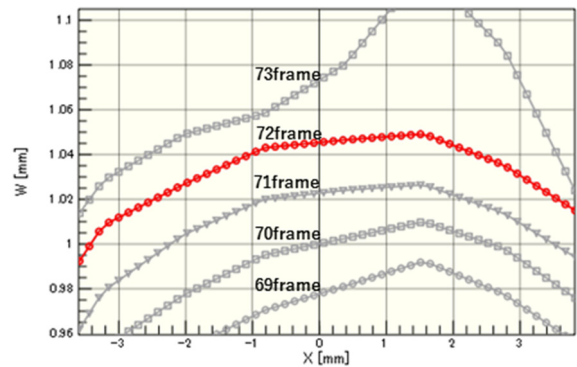


図4 断面のZ方向変位

まとめ

今回、2台のHPV-X2による2方向からの高速撮影画像を3D-DIC解析することで、破壊前後のSiウェハの立体的な変形を測定しました。破壊直前の変位の大きさや分布を知ること、Siウェハのハンドリング技術の改良に役立てることが出来ます。

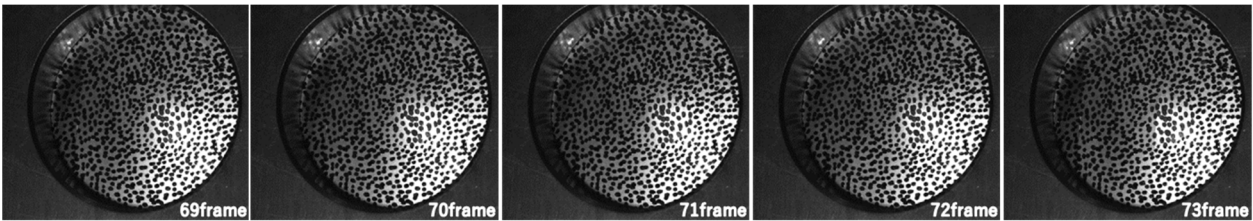


図5 破壊前後の撮影画像（右側カメラによる。画像間の時間間隔は2 μs）

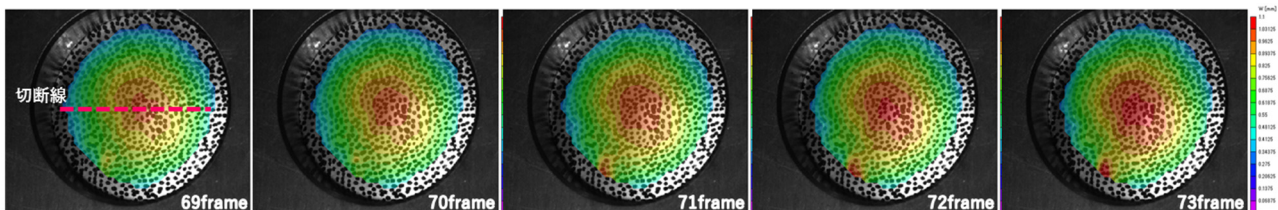


図6 上記画像の3D-DIC解析結果（Z方向変位分布。変位の大きさは右端カラーバーによる）

HPVは、株式会社島津製作所の商標です。
本文書に記載されている会社名、製品名、サービスマークおよびロゴは、各社の商標および登録商標です。
なお、本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。