

Crystalline Tester CP1



結晶内欠陥検査装置 In-Crystal Defect Inspection System

転位の
分離識別

貫通転位 (TSD、TED、
MP) の確実な検出

高分解能
観察

約 1 μ m の
高解像力の実現

自動識別
検査機能

ウエハ面内の欠陥を
自動検出、マッピング

3次元
検査

結晶内の Z 軸方向の
欠陥探索

Crystalline Tester CP1

～ Visualize the invisible ～

Crystalline Tester CP1 は、貫通転位やインクルージョンなど結晶表面の反射光学検査法では検出できなかった結晶欠陥を非破壊非接触で簡便に検査できる装置です。オートフォーカス・XYZ 軸自動制御を駆使して結晶表面から結晶内部、結晶裏面に至るまでの僅かな結晶の異常を位相差法で検出して自動的に識別することでウエハの結晶品質を検査することが出来ます。

Crystalline Tester CP1 の観察原理

Crystalline Tester CP1 は、一般に生物顕微鏡と呼ばれる微生物の細胞の内部構造を生きたまま観察できる位相差顕微鏡*)を半導体ウエハ観察に応用したもので、リング状に整形された光をウエハ裏面から照射してウエハを透過した光を位相差対物レンズの位相フィルタを介して観察するものです。

*) 位相差顕微鏡：1932年にオランダの物理学者：Dr. Frederik Zernike が開発した光学顕微鏡で、この功績により1953年にノーベル物理学賞を受賞しています。

<他測定方法に対しての優位性>

他の結晶転位の観察法である X 線回折法や偏光観察法は、転位の周り数 μm の領域に誘起される弾性応力による格子歪の回折像や誘起される複屈折効果による偏光変調像を観察するものなので、近接した転位間では互いの歪の相互干渉により観察像に乱れが生じます。Crystalline Tester CP1 で見る位相差像は、転位芯からそのバーガース・ベクトルの5倍以内の領域に集中する非弾性応力内で生じる僅かな屈折率変調による透過光の位相変調を検出しているため、 $1\mu\text{m}$ 以内に隣接する転位まで相互干渉することなく明確に分離して識別することが可能です。

CP1 の 5 つの特徴

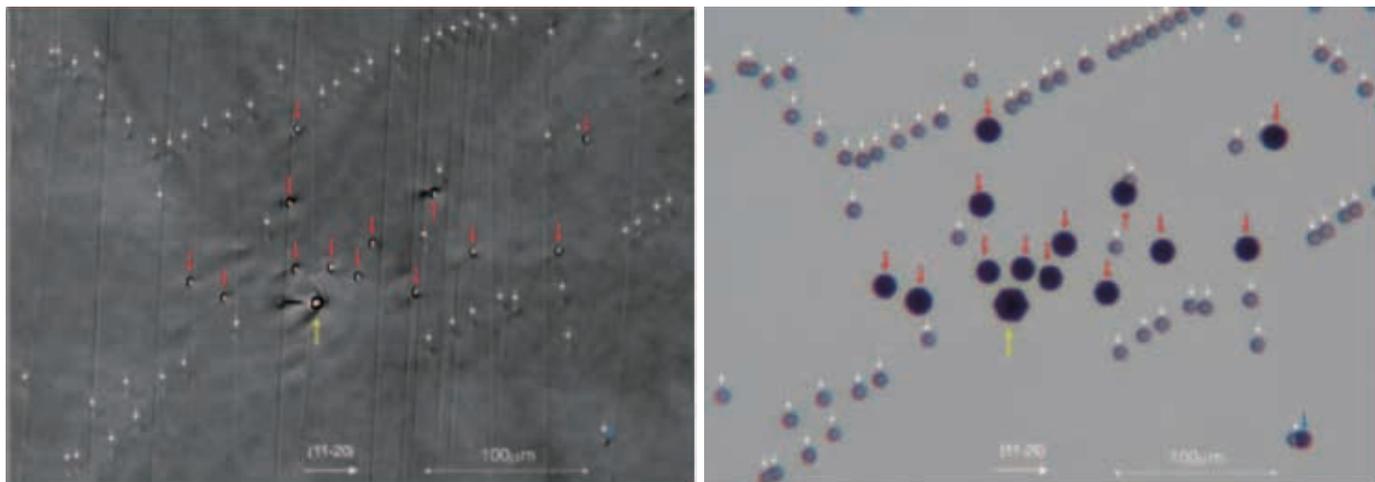
1 高分解能観察により約 $1\mu\text{m}$ の高解像力の実現

1画素： $0.35\mu\text{m}$ の高分解能観察により、空間分解能は光学的回折限界の約 $1\mu\text{m}$ となり、 $1.2\mu\text{m}$ の間隔で並ぶ TED も視認出来ています。さらに、位相差法は結晶表面の僅かな凹凸や結晶内の透過光路変調を敏感に検出するため、結晶内の様々な欠陥を検出可能です。

基板欠陥	エピ固有欠陥
① TSD	⑦ Triangle defect
② TED	⑧ Down Fall
③ TMD	⑨ Carrot
④ Micropipe	⑩ Scratch
⑤ Inclusion	⑪ Step bunching
⑥ Void	⑫ Particle

2 単結晶バルク・エピ基板の貫通転位の分離識別

Crystalline Tester CP1 は、デバイス動作に有害とされるらせん転位 (TSD)、マイクロパイプ (MP) と、数量的に圧倒的に多く無害であるとされる刃状転位 (TED) を確実に分離して識別することができます。



CP1による転位像

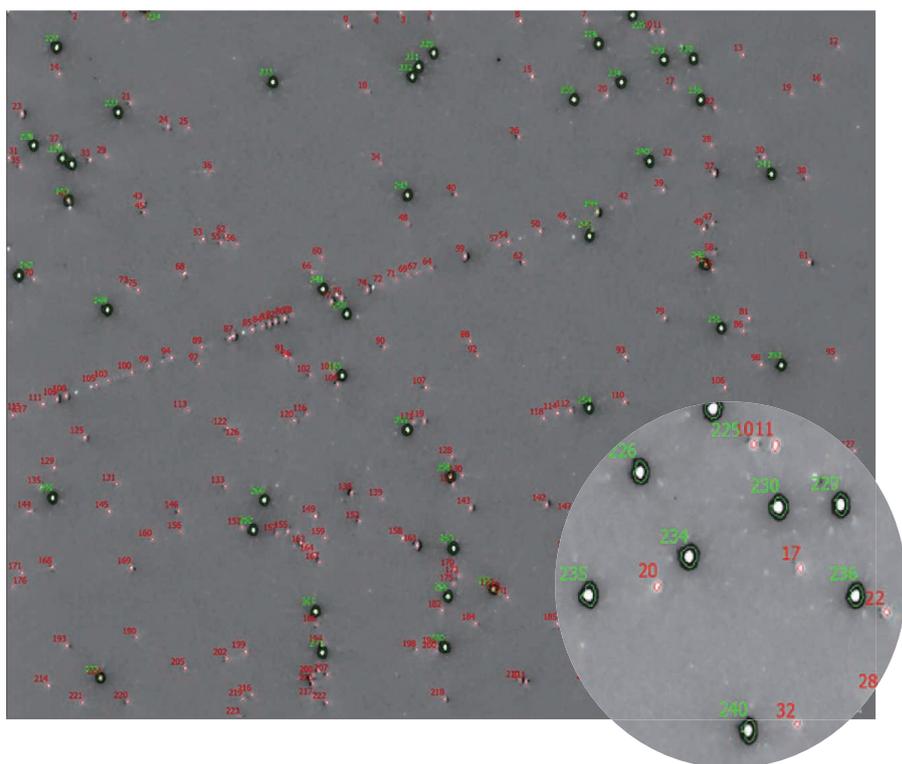
KOHエッチ後の画像

SiC エピウエハの同じ位置を CP1 で観察し、KOH エッチングして比較 TSD (赤)、TED (白)、TMD (青)、MP (黄) の一致を確認*。

*) R. Hattori et al, Applied Physics Express 11, 075501 (2018)

3 結晶転位の自動識別検査機能

Crystalline Tester CP1 は、各種転位に現れる位相差像のそれぞれの特徴を抽出して、自動的に TSD、TED、MP を識別して計数することが可能です。オートフォーカス・XY 自動制御機能によって自動でウエハ面内マッピング検査して各種欠陥を自動検出・自動識別することができます。



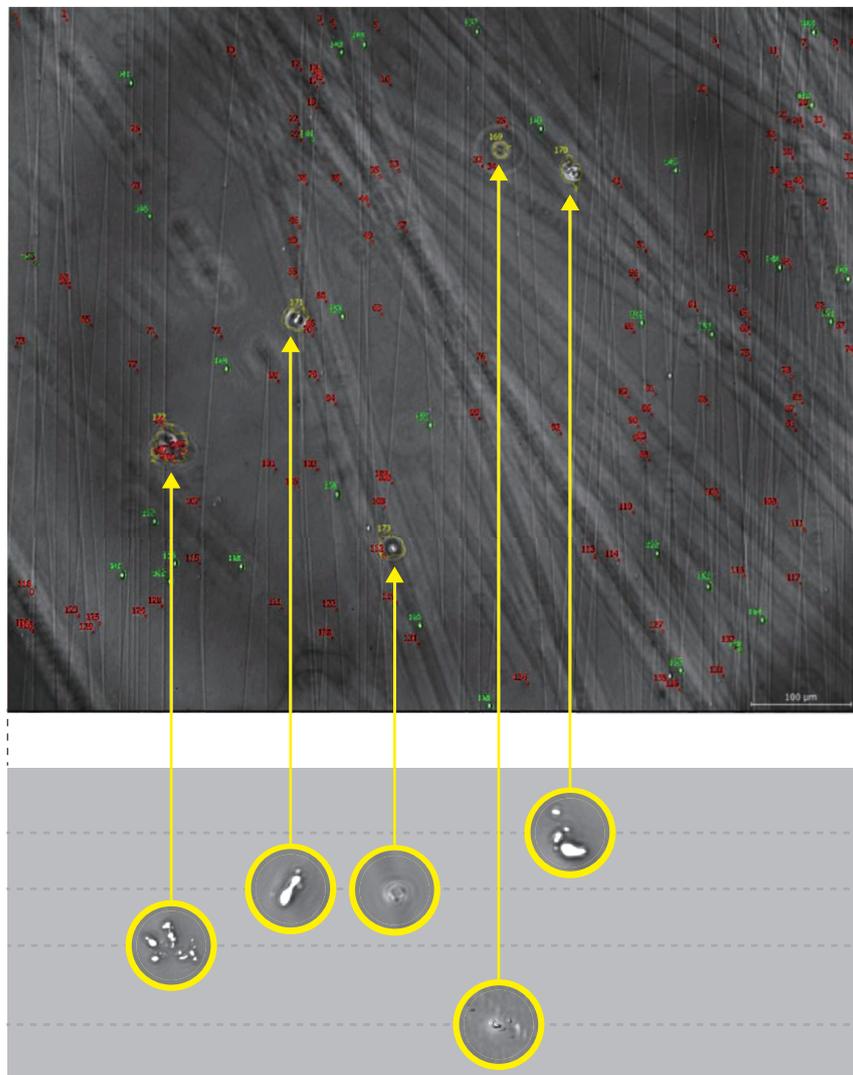
図：エピ層の欠陥検査結果

エピ層中の転位欠陥、TSD (緑) と TED (赤) を識別可能です。隣接した転位も全て分離して自動検出、自動識別ができます。

4 深さ方向スライス技術によるウエハ深さ方向分析による3次元検査

Crystalline Tester CP1 では、焦点位置をエピ表面から裏面に至るまで移動させて観察する“深さ方向スライス技術”によって結晶内のZ軸方向の探索を行うことができます。バルク基板内に局在しているインクルージョンの検出が可能です。

エピ表面で検出された欠陥の起源をトレースできます。Z軸方向に焦点を下げていくことで、欠陥の原因となったインクルージョンの観察と位置情報の取得が可能です。



<断面図>

-67.0 [μm]

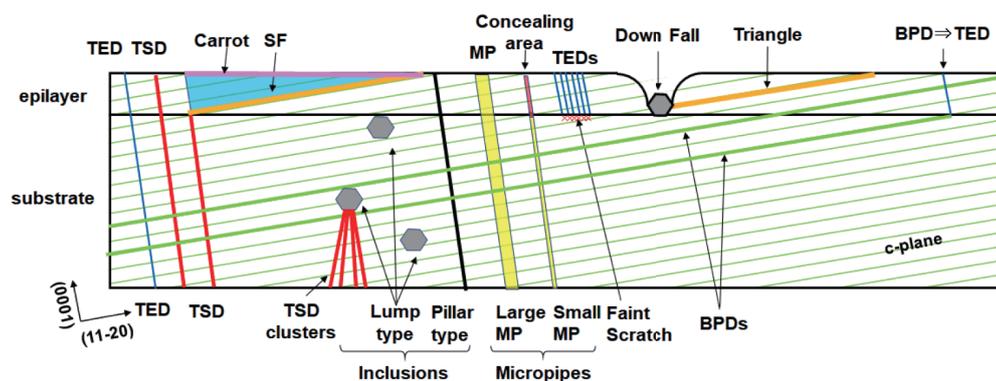
-100.0 [μm]

-154.0 [μm]

-280.0 [μm]

ウエハ深さ方向分析による3次元検査の重要性

エピ表面には、らせん転移 (TSD)、刃状転位 (TED)、基底面転位 (BPD)、マイクロパイプ (MP) などの結晶転位の他、エピ固有欠陥であるダウンフォール (DF)、三角欠陥 (Triangle)、キャロット (Carrot)、積層欠陥 (SF) など、様々な欠陥が現れます。それらのエピ表面に現れる結晶欠陥の殆どの起源はその下地結晶である SiC 基板中やエピ / 基板界面に存在しています。

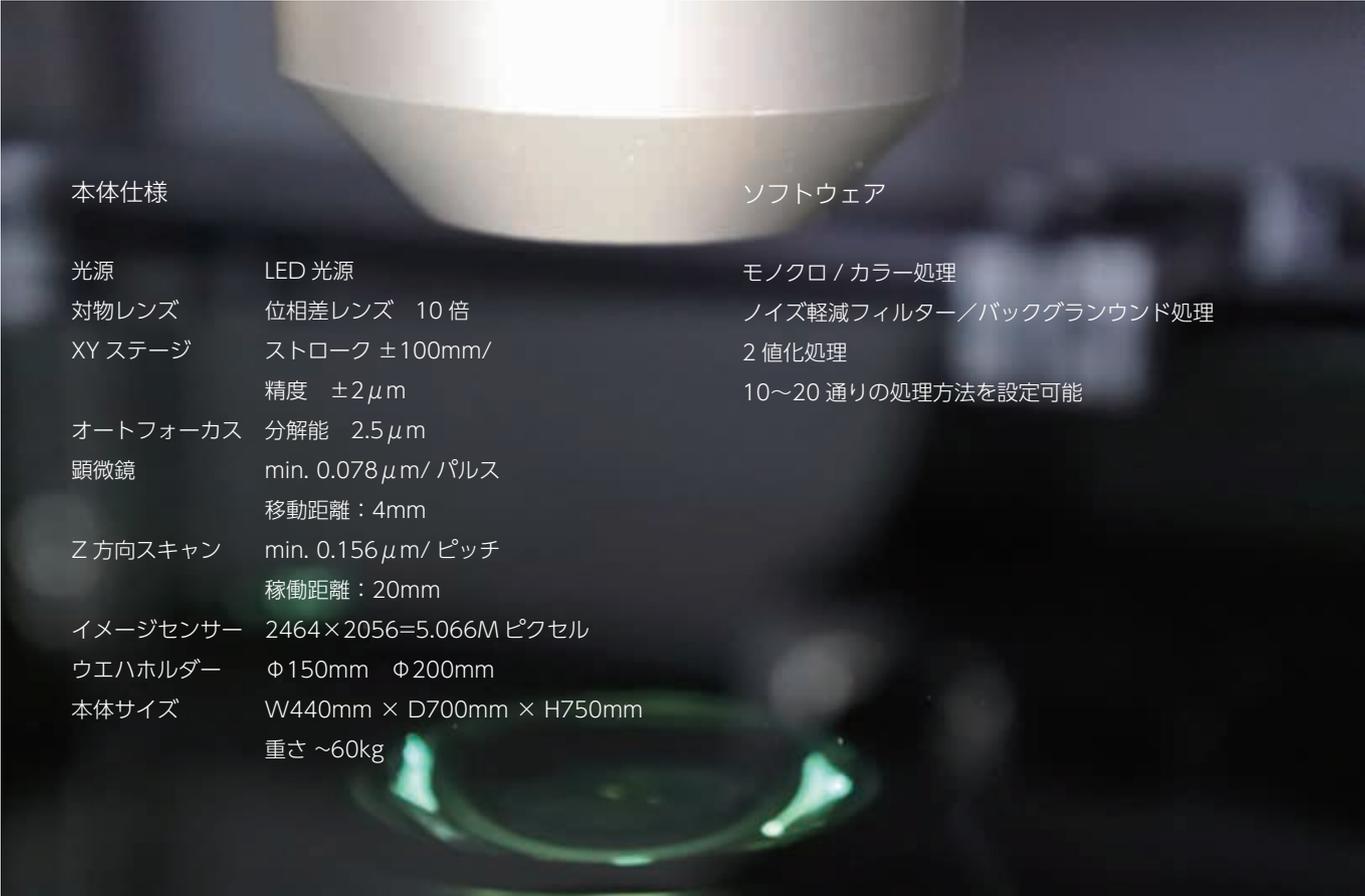


図：エピ固有欠陥とその原因となる基板中欠陥を示す断面模式図

5 GaN など SiC 以外の結晶の欠陥検査

Crystalline Tester CP1 は、SiC 単結晶以外にも、可視光 (波長:400nm ~ 700nm) が透過するワイドギャップ半導体結晶 (GaN や AlN など) についても検査することが可能です。観察方向と結晶方位との関係や解析対象とする結晶欠陥の光学的性質を考慮して、それぞれの結晶構造や欠陥構造に合わせた観察を行うことができます。

装置仕様



本体仕様		ソフトウェア
光源	LED 光源	モノクロ / カラー処理
対物レンズ	位相差レンズ 10 倍	ノイズ軽減フィルター / バックグラウンド処理
XY ステージ	ストローク ±100mm / 精度 ±2μm	2 値化処理
オートフォーカス 顕微鏡	分解能 2.5μm min. 0.078μm / パルス 移動距離 : 4mm	10~20 通りの処理方法を設定可能
Z 方向スキャン	min. 0.156μm / ピッチ 稼働距離 : 20mm	
イメージセンサー	2464×2056=5.066M ピクセル	
ウエハホルダー	Φ150mm Φ200mm	
本体サイズ	W440mm × D700mm × H750mm 重さ ~60kg	

