

AFM PRODUCT PRESENTATION

【わかる！AFM12】 原子間力顕微鏡による自動多点測定方法の紹介

Name : 鈴木操

Email : misao.suzuki@bruker.com

Date : 2024/3/27



もくじ

01 装置概要

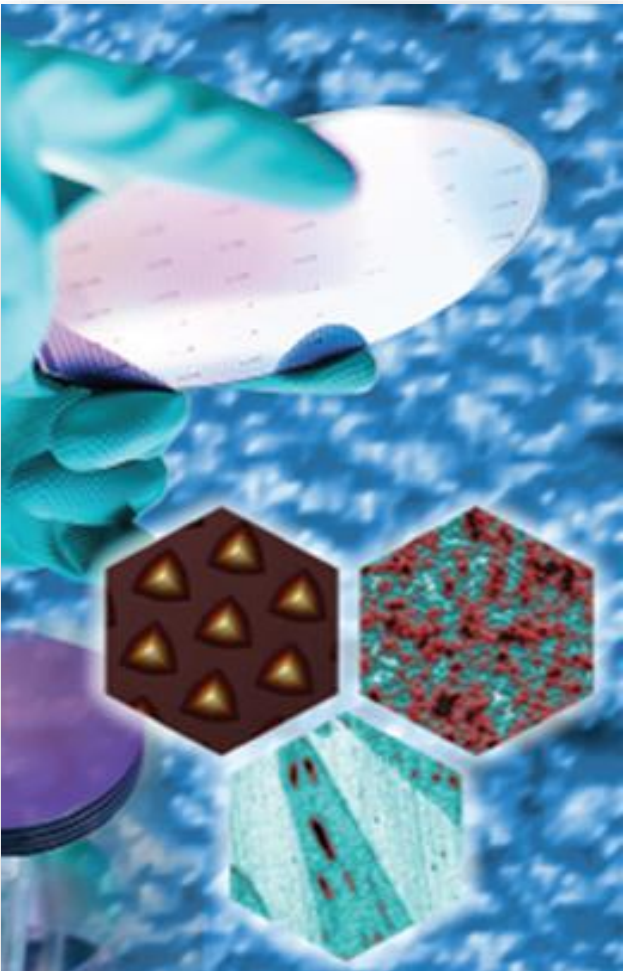
02 自動多点計測 AutoMETソフト機能

03 半導体計測向け・その他応用事例



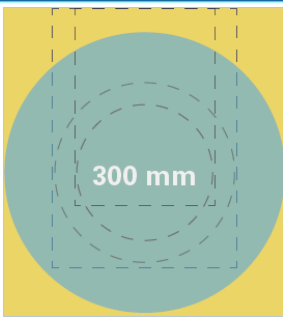
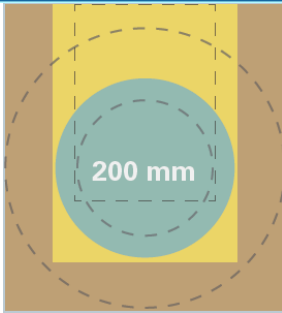
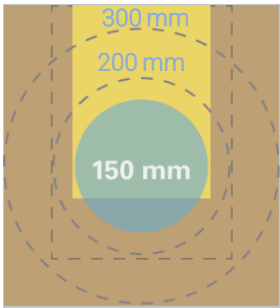


01装置概要
- Dimension Platforms -



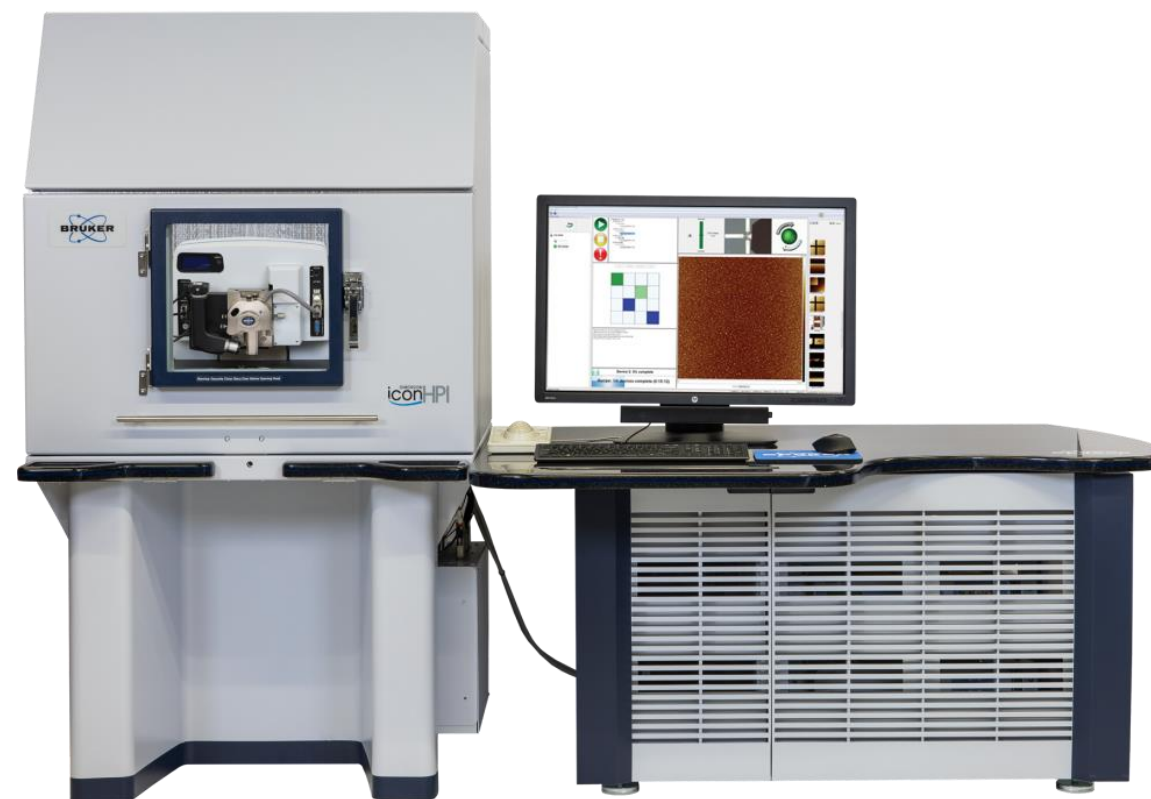
Scan Head		Dimension HPI		Dimension Pro (200 mm)		Dimension Pro (300 mm)	
		Icon	FastScan	Icon	FastScan	Icon	FastScan
SPECIFICATIONS*	X-Y Scan Range (μm)	≥ 90x90	≥ 35x35	≥ 90x90	≥ 35x35	≥ 90x90	≥ 35x35
	Z Range (μm)	≥ 12	≥ 3	≥ 12	≥ 3	≥ 12	≥ 3
	Vertical Noise Floor - RMS/Adev (pm)	≤ 30/25 Height in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)	≤ 40/32 Sensor in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)	≤ 35/28 Height in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)	≤ 45/36 Sensor in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)	≤ 35/28 Height in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)	≤ 45/36 Sensor in appropriate environment, typical imaging BW (up to 625Hz)
	X-Y Position Noise, (closed-loop) (pm)	≤ 125/100	≤ 145/116	≤ 125/100	≤ 145/116	≤ 125/100	≤ 145/116
	Z Sensor Noise, - RMS/Adev (pm)	≤ 20/15 Typical imaging BW (up to 625Hz)		≤ 20/15 Typical imaging BW (up to 625Hz)		≤ 20/15 Typical imaging BW (up to 625Hz)	
	Laser and PD alignment	Manual	Automated	Manual	Automated	Manual	Automated

：測定可能エリア



01 装置概要

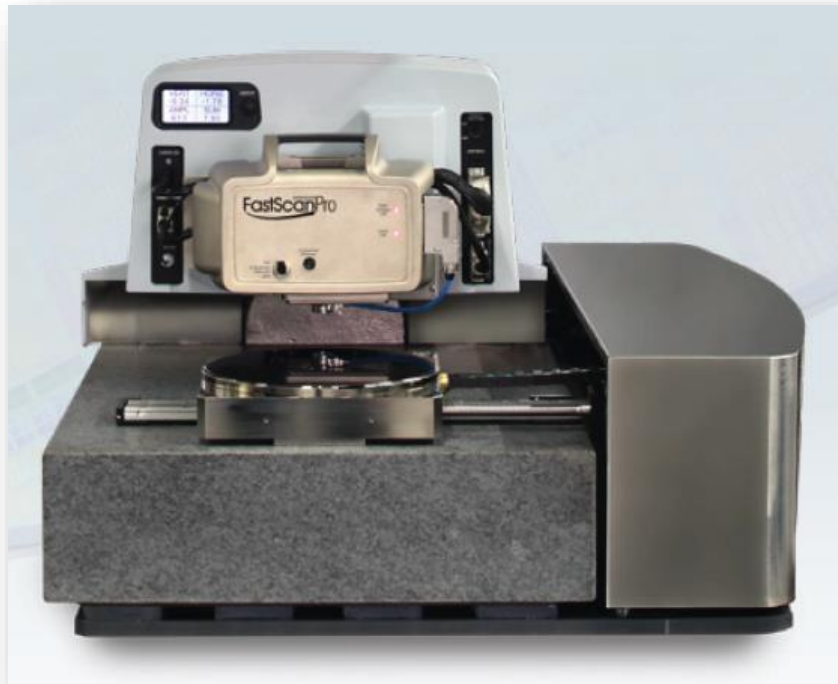
- *Dimension HPI (High Performance Imaging)* -



01 装置概要

- *Dimension Pro 200* -

- 200 mm & 300 mm versions
- Icon or Icon & Fastscan スキャナー対応



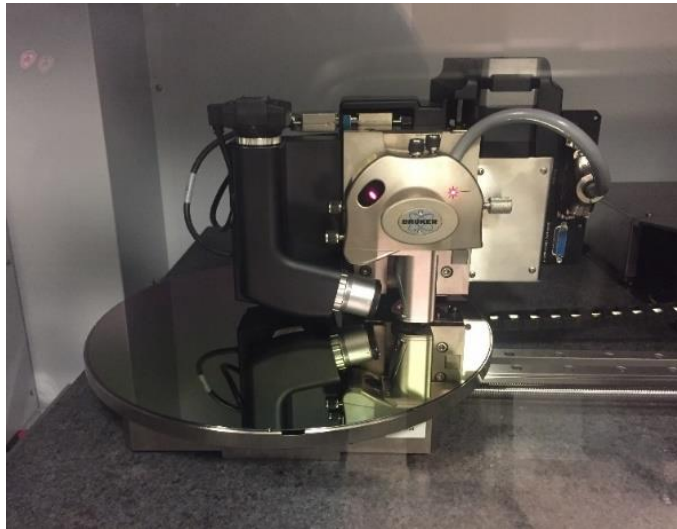
(写真は200mm対応装置)



01 装置概要

- *Dimension Pro 300* -

- Iconスキャナ付きDimension Icon Pro 300
- AFMアライメントピン付き300mmウェーハチャック（ノッチと左側）
- 自動測定ソフトウェア :AUTOMet



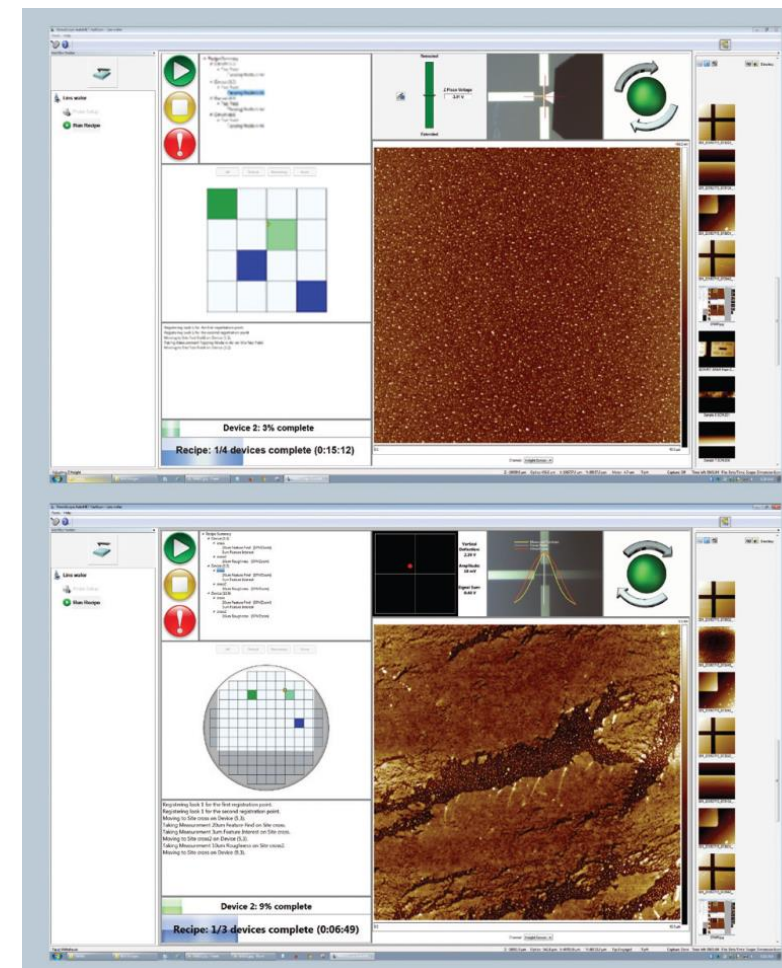
AUTOMET

02 自動多点計測機能 - AutoMETソフト機能

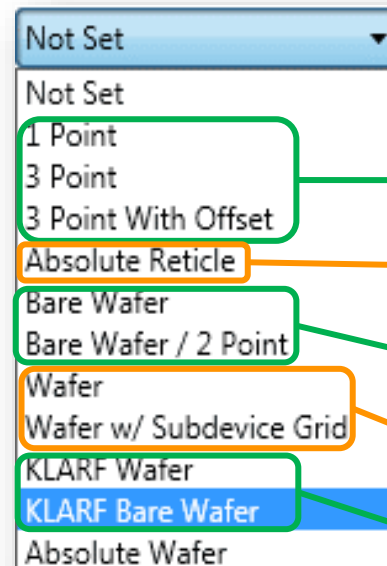
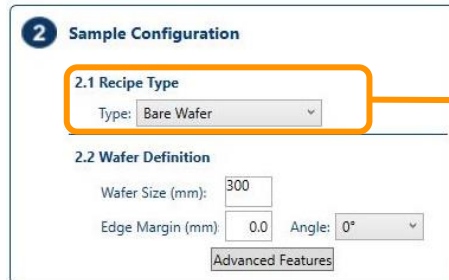
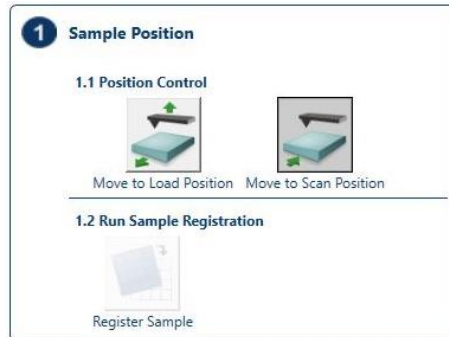
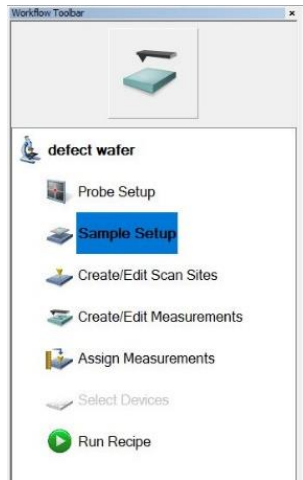


02 AutoMET（自動測定ソフト）による高い生産性

- ウェハー、グリッド、アレイのユーザー指定位置で複数サンプルの自動測定
- マルチスキャン（異なる測定条件）
- マルチサイト（多点測定）
- 複数項目の同時解析
- 光学画像パターン認識とSPMZoomによる数十ナノメートル以内の測定位置決め精度
- 直感的かつシンプルなレシピ作成
- リアルタイムでの自動解析とレポート機能



02 AutoMETでサポートされているサンプルタイプ



グリッド

フォトマスク

ベアウェハー（任意のXY座標）

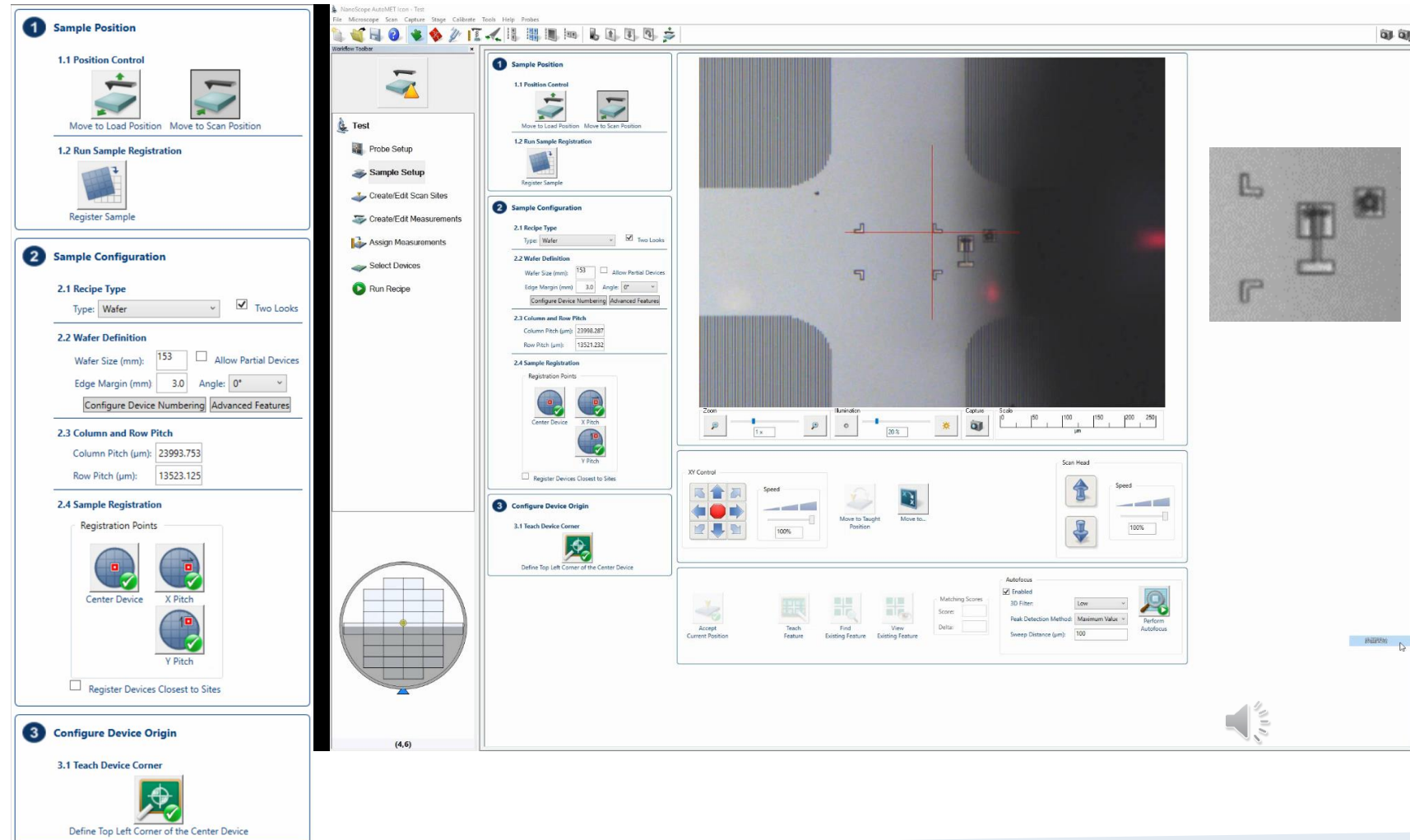
パターンウェハー

欠陥座標ファイル（KLARF、絶対座標、...）

02 AutoMET

- サンプル情報登録手順の概略 -

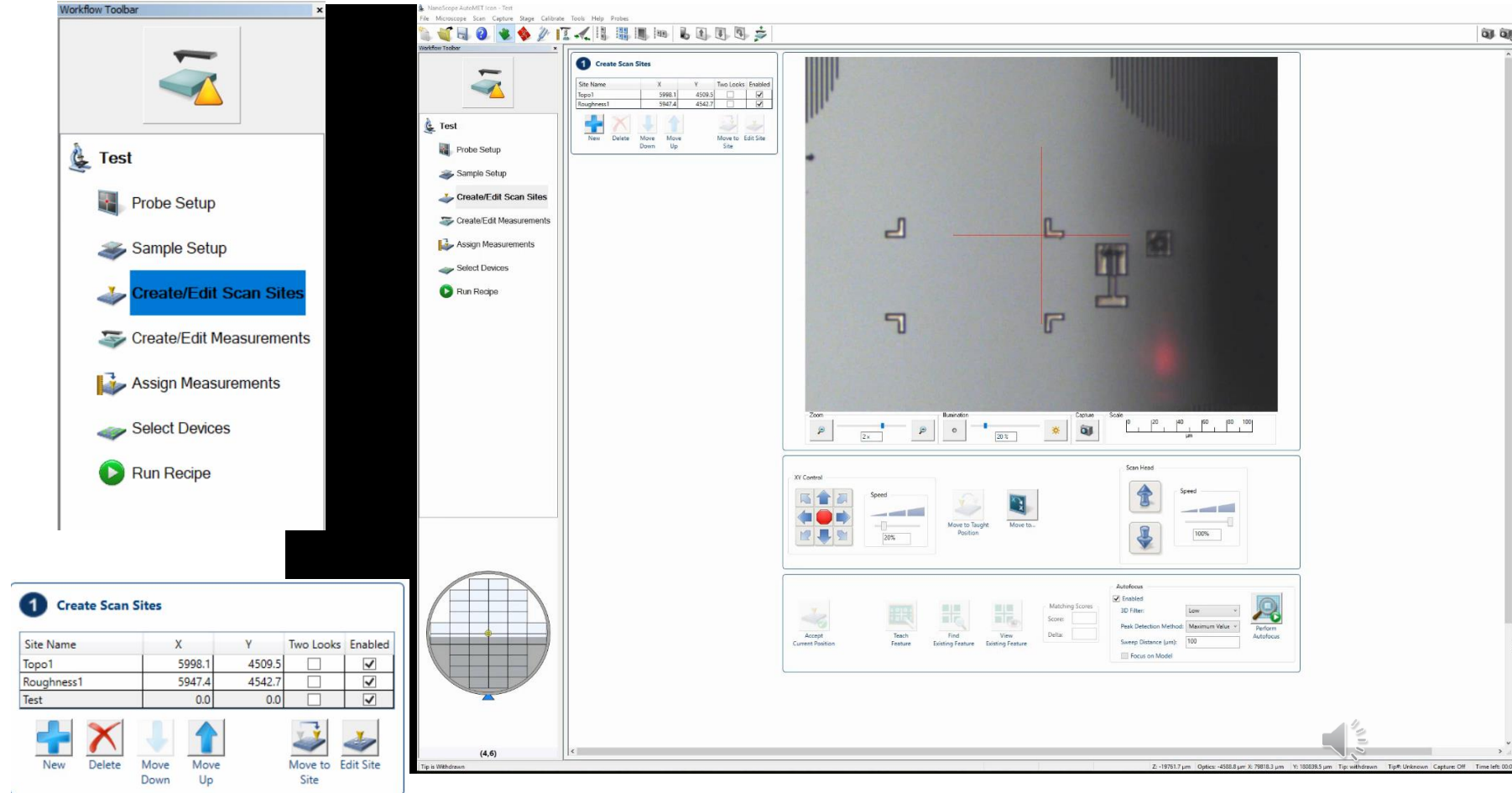
- 2. Sample Configuration
 - 2.1 サンプルタイプの選択
 - 2.2 Wafer sizeの入力
 - 2.2 Edge Margin：ウェハー外周部の測定除外エリアの設定
 - 2.3 Column and Row Pitch
 - 2.4項の手順でウェハーマップ作成時に、自動で設定される
 - 2.4 Sample Registration：ウェハー上のアライメントマーク等を使用してショットマップ作成
 - 光顕画像の画像認識機能を使用
 - 座標指定を使用
- 3. Configure Device Origin
 - 3.1 ウェハー中央部のショット（Die）左上をショットの基準位置(0,0)に設定



02 AutoMET

- 測定位置の作成と登録 -

- 測定位置の作成と登録
 - “New”をクリックして新しい測定位置の名前を登録
 - “Edit Site”をクリックして、光顕画像を見ながら測定位置に移動・登録
 - 画像認識による位置決め
 - XY座標による位置決め
 - 光顕画像内で「特徴のあるパターンを選択」して画像モデルを登録
 - 形状抽出による抽出
 - コントラストによる抽出
 - XY座標による位置決めでは、測定位置を赤クロスヘアマークに合わせて座標登録



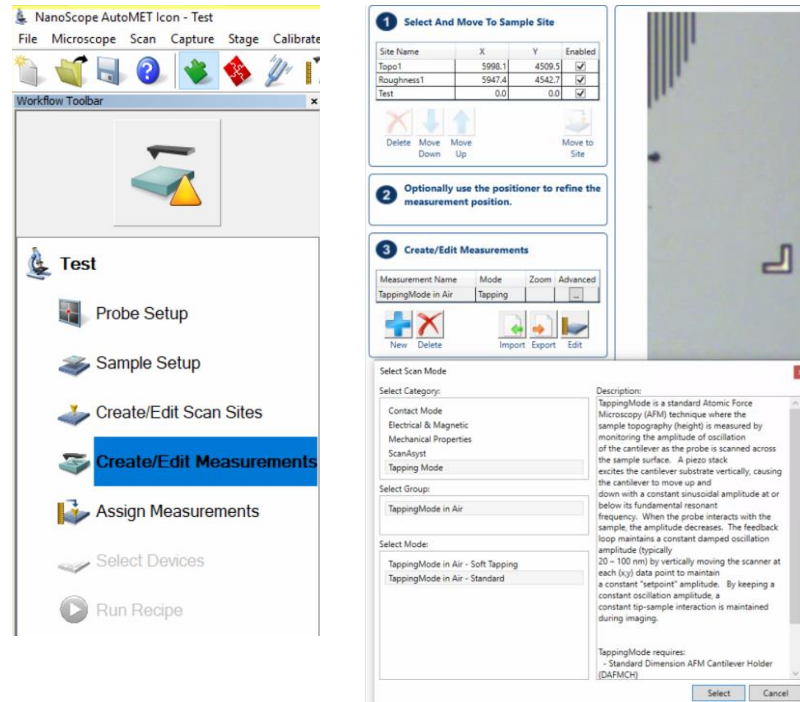
The screenshot displays the AutoMET software interface, specifically the 'Create Scan Sites' workflow. The main window shows a microscope image with a red crosshair indicating the current position. The 'Workflow Toolbar' on the left includes icons for 'New', 'Delete', 'Move Down', 'Move Up', 'Move to Site', and 'Edit Site'. The 'Test' panel on the left lists various steps: 'Probe Setup', 'Sample Setup', 'Create/Edit Scan Sites' (highlighted), 'Create/Edit Measurements', 'Assign Measurements', 'Select Devices', and 'Run Recipe'. The 'Create Scan Sites' dialog box is open, showing a table with the following data:

Site Name	X	Y	Two Looks	Enabled
Topo1	5998.1	4509.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Roughness1	5947.4	4542.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Test	0.0	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Below the table are icons for 'New', 'Delete', 'Move Down', 'Move Up', 'Move to Site', and 'Edit Site'. The main window also shows a 'XY Control' panel with 'Speed' and 'Position' sliders, and a 'Scan Head' panel with 'Speed' and 'Position' sliders. The status bar at the bottom indicates 'Tip is Withdrawn' and provides coordinates (4,6).

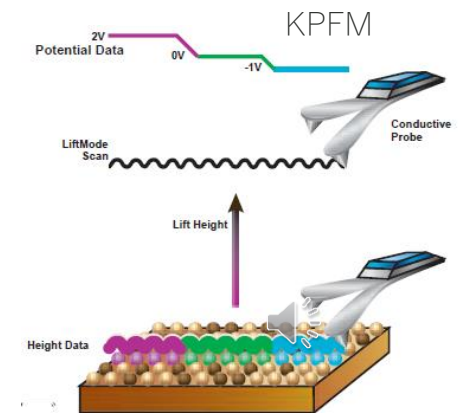
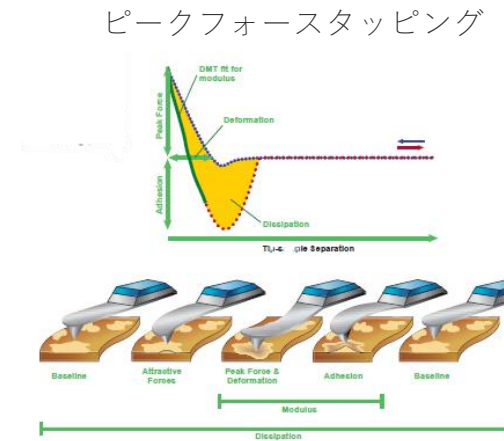
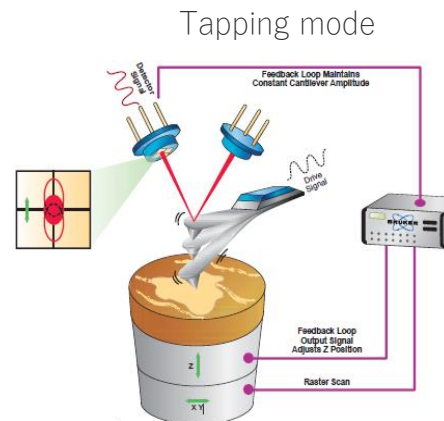
02 AutoMET

- 測定モード・測定条件の設定 (1) -



3. Create/Edit Measurements

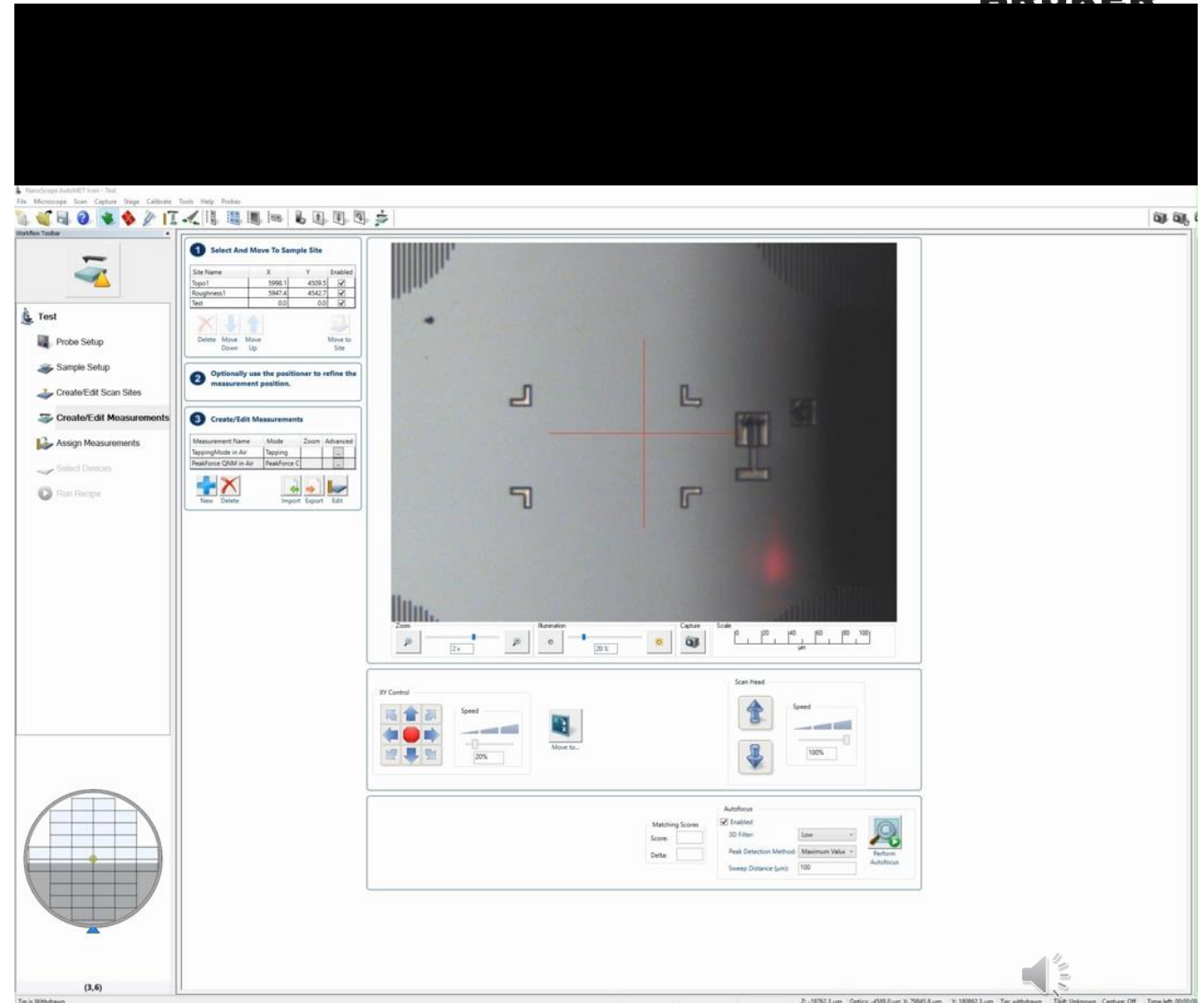
- “New”をクリックして新しい測定モードと測定条件を実際のサンプル測定を通して決定
- 対応可能な測定モード
 - Contact mode
 - Electrical(CAFM/SSRM) & Magnetic (MFM/EFM/KPFM)
 - Mechanical Property (ナノ機械特性測定、弾性率、凝着力、押込み量)
 - ScanAsyst (ピークフォースタッピング、非共振モードによる形状測定)
 - Tapping Mode (共振モードによる形状測定)



02 AutoMET

- 測定モード・測定条件の設定 (2) -

- 3. Create/Edit Measurements
 - “New”をクリックして新しい測定条件の名前を登録
 - 測定条件を最適化したい”Measurement Name”を選択し、“Edit”をクリック
 - 測定画面が表示されるので、実際に測定を行いながら、測定視野、スキャンスピード、ゲイン設定等を行う
 - このビデオでは、ピークフォースタッピングと自動パラメーター調整機能Scanasystを使用して最適化を行っている
 - 測定が完了したら、レシピを保存して、この画面を閉じる
- レシピ運用したい測定条件は、全てこの画面中で最適化を行う








02 AutoMET

- 測定モード・測定条件の設定 (3) -

2 Create/Edit Measurements

Measurement Name	Mode	Zoom	Advanced
Gold Survey	Tapping	<input checked="" type="checkbox"/>	...
Gold Zoom	Tapping	<input type="checkbox"/>	...

New Delete Import Export Edit

☐ Maintain Offset From Previous Measurement

Capture Delay Time (s):

Measurement Analysis:
Gold Flatten.appgz ...

☒ Forward Stage Correction To Scanner

- あらゆる測定に解析機能を付加することが可能

	A	B	C
1	Run Report (12.09.2020 11:09)		
2	(see log file saved in same directory for possible errors)		
3			
4			
5			
6	Roughness		
7	Image File Name	Image Rq (nm)	Image Ra (nm)
8	Full-stack - pgm.0_00004.spm	0.746	0.586
9	Full-stack - pgm.0_00003.spm	1.05	0.827
10	Full-stack - pgm.0_00002.spm	0.993	0.791
11	Full-stack - pgm.0_00001.spm	1.02	0.808
12	Full-stack - pgm.0_00000.spm	0.843	0.675
13			
14	Average	0.9304	0.7374
15	Std Dev	0.130282	0.103321
16	Maximum	1.05	0.827
17	Minimum	0.746	0.586

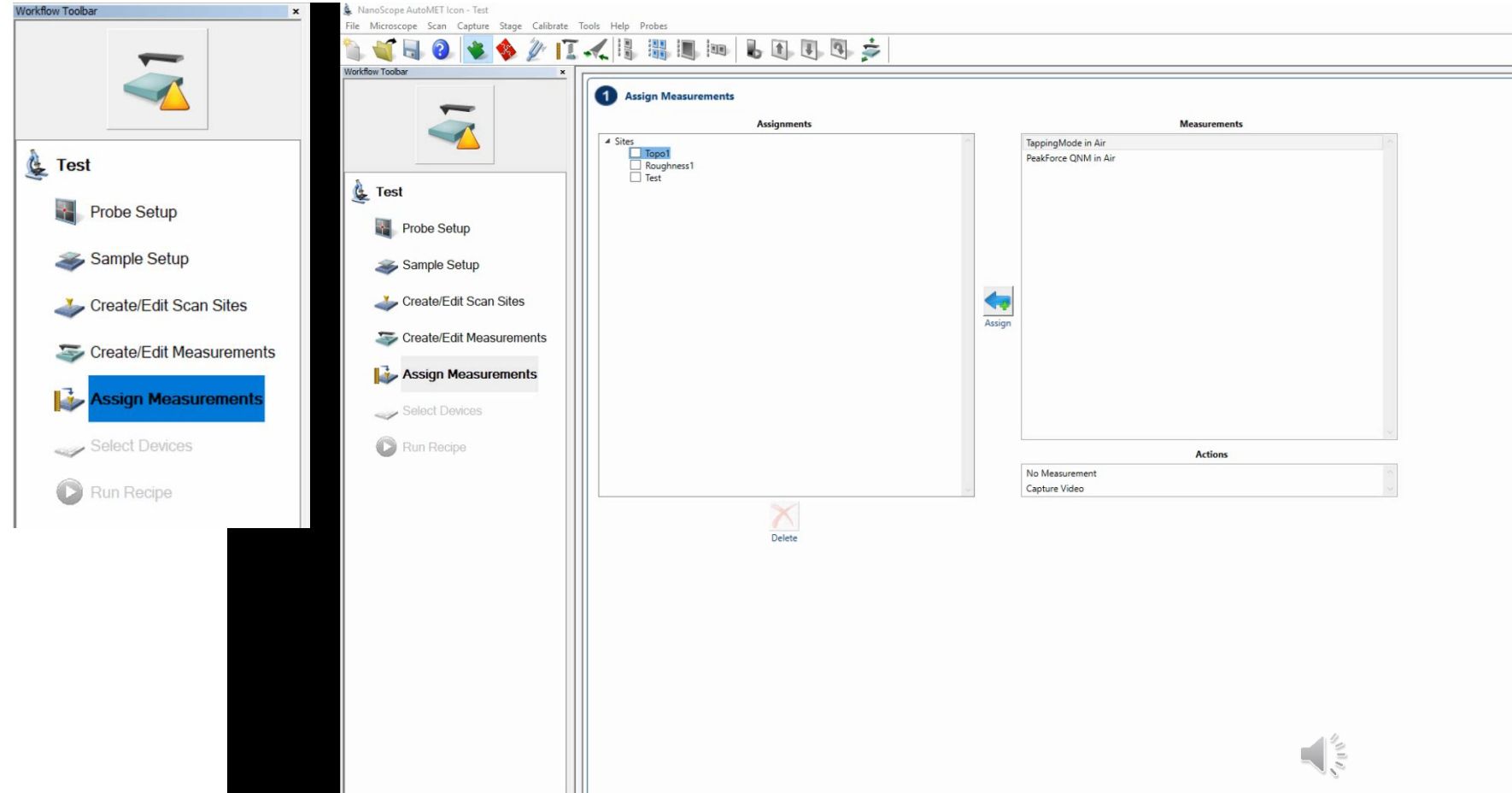
- リポート自動作成機能 (.csvフォーマット)



02 AutoMET

- 測定位置に対する測定モード設定 -

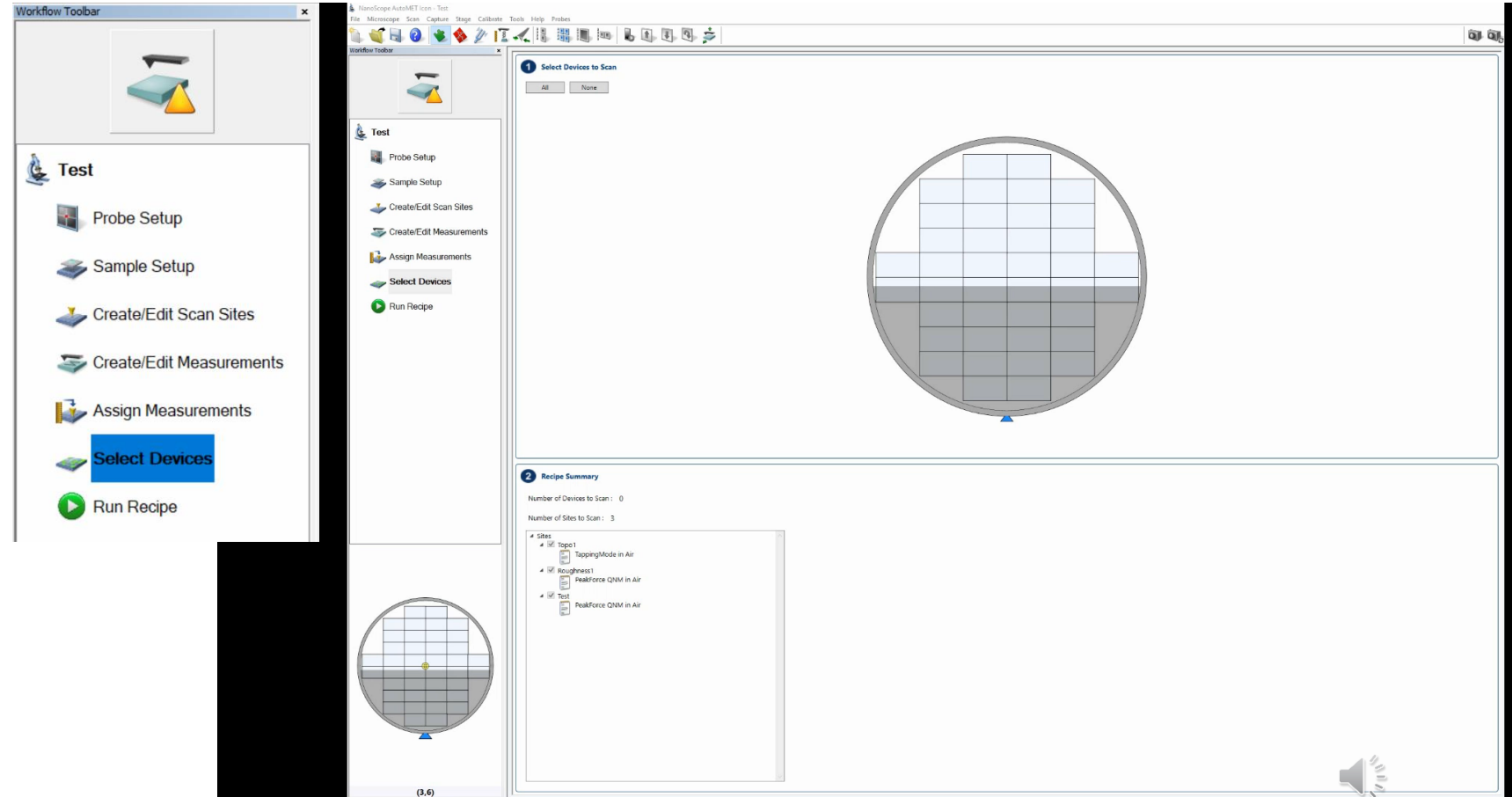
- Assign Measurements画面では、
 - ここまで作成した測定位置に対してどのような測定を行うか設定
 - 測定したいSite（測定位置）をチェックを入れる
 - 各siteに対する測定モードを紐づける
- 動画には収録していないが、測定位置における光顕画像を収集させることも可能



02 AutoMET

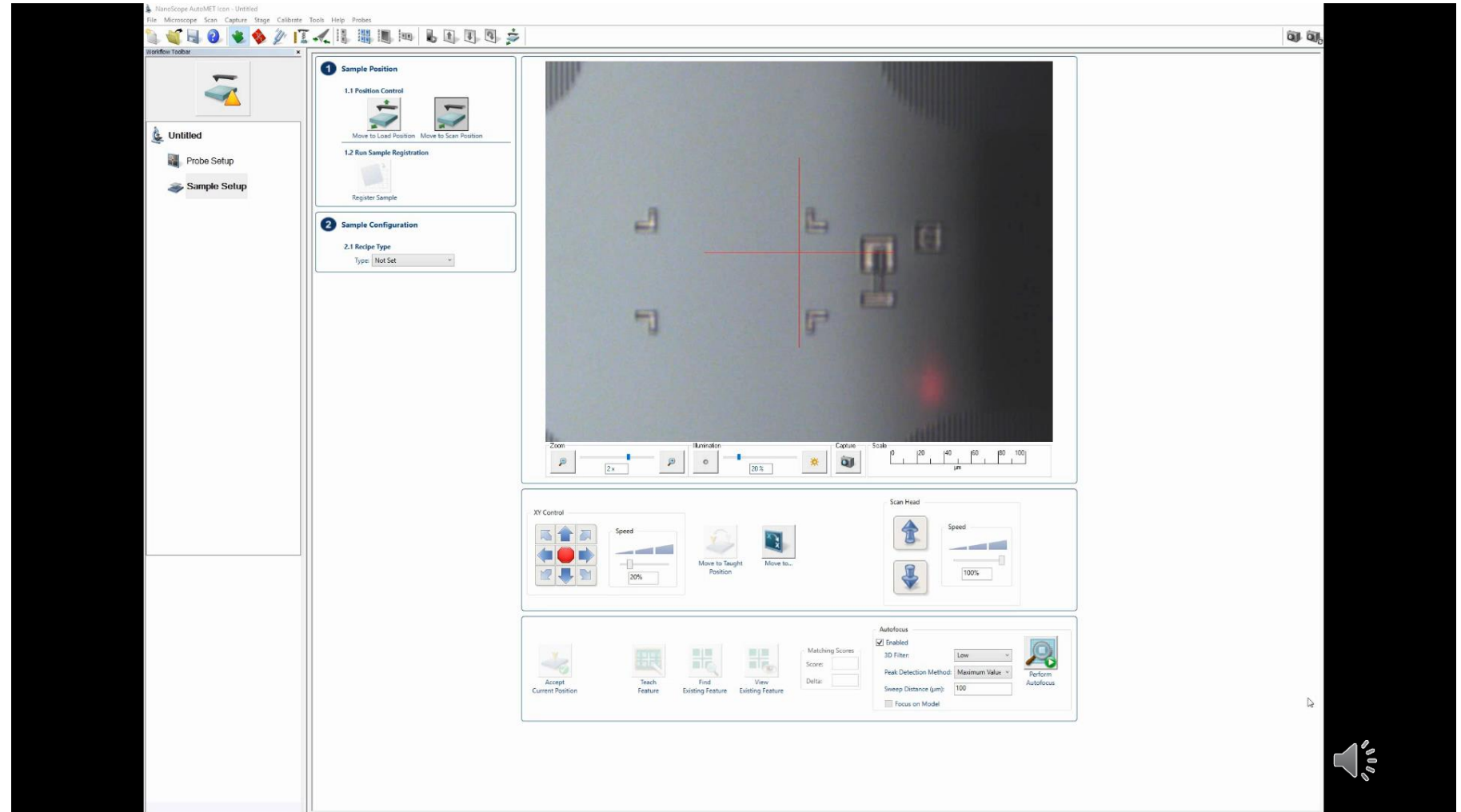
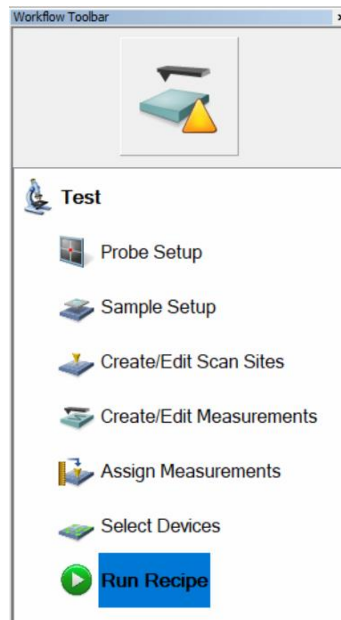
- 測定ショット (Die) の選択 -

- 測定ショット (Die) の選択
 - Select Deviceの画面内に、ここま
で作成したウェハーマップが表示
されている
 - 測定ショットの選択は、
 - “All”をクリックするとすべての
ショットが選択される
 - “None”クリックですべての選択
が解除される
 - 測定したい任意のショットをク
リックすると測定ダイに設定さ
れる



02 AutoMET

- レシピ実行 -



02 AutoMET（自動測定ソフト）による高い生産性 - 解析値の合否(Pass / Fail)判定 -

- AutoMET測定画面内に、リアルタイムで解析値を表示可能
- 合否判定(Pass/Fail)は表示されないが、レシピ実行後に保存される結果データには"failed"の記載がなされる

August 26, 2021 14:46:33

Start Run of '20210727_60-0-1_Roughness.0_00000.spm'

Two D Image View On 20210727_60-0-1_Roughness.0_00000.spm Passed

Flatten Image View On 20210727_60-0-1_Roughness.0_00000.spm Passed

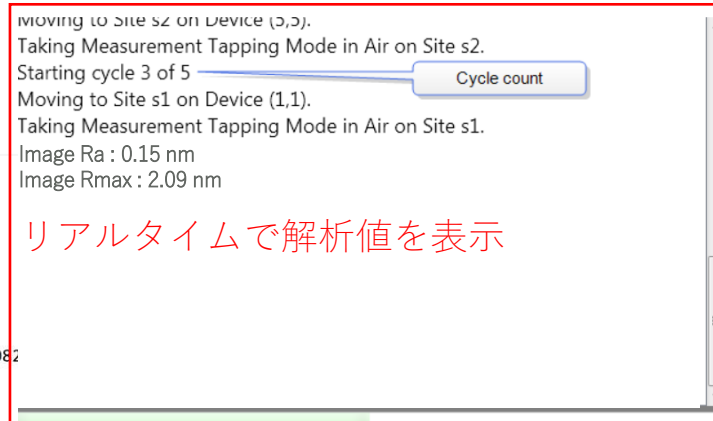
Roughness On 20210727_60-0-1_Roughness.0_00000.spm Failed

See detailed report of results '20210727_60-0-1_Roughness.0_00000.spm_082

'Image Ra ' with value '0.152000 nm' failed limit check (High)
'Image Rmax ' with value '2.090000 nm' failed limit check (High)

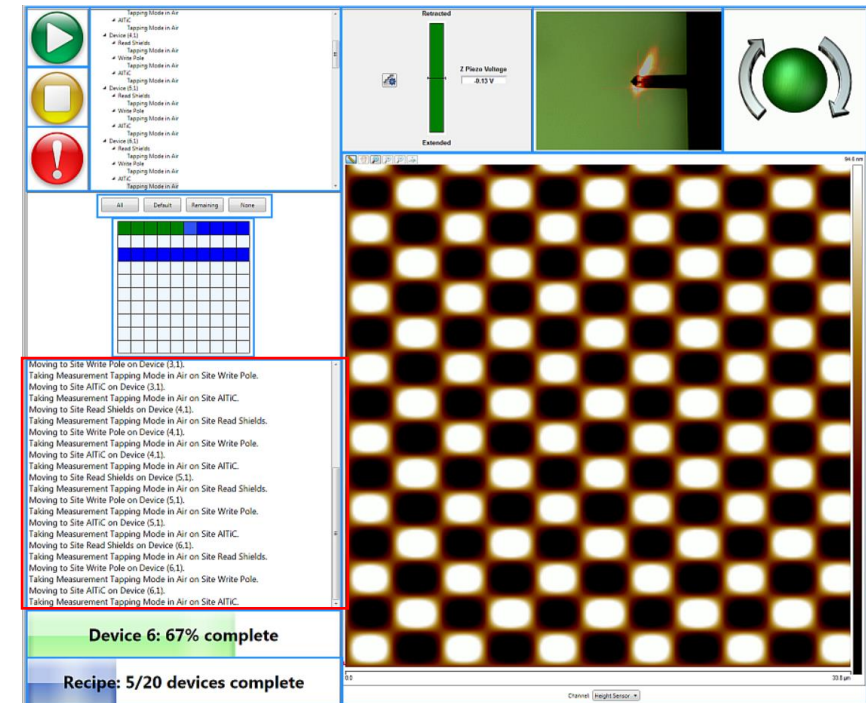
Ra : >0.1nmでFailの閾値設定

Rmax : >2.0nmでFailの閾値設定



リアルタイムで解析値を表示

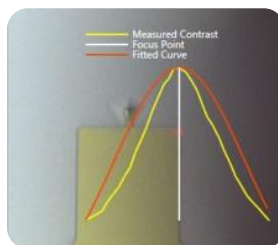
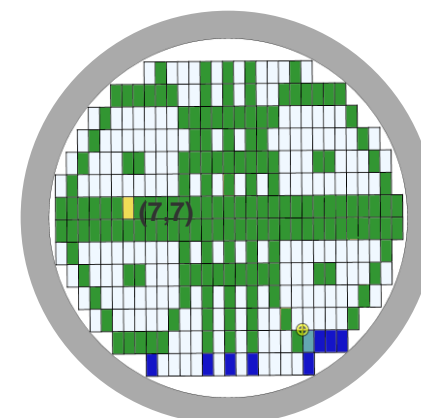
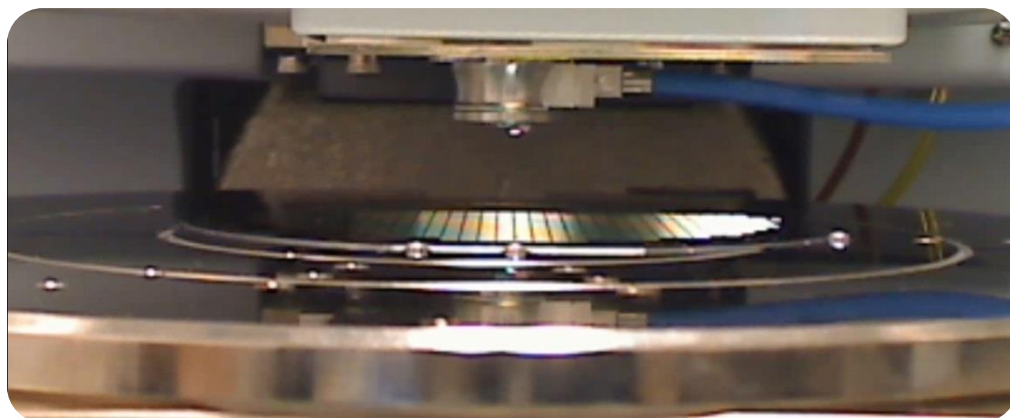
Device 3: 50% complete
Recipe: 2/3 devices complete (0:00:14)



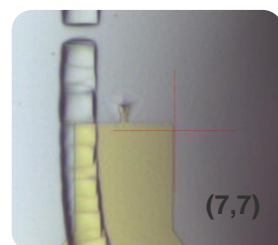
02 生産性の向上

- 測定の位置決め精度を向上 -

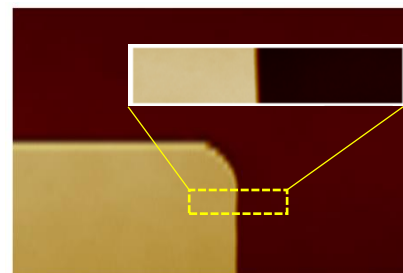
- AutoMETを使用して、ユーザーが選択したすべてのダイにおいて、明確に定義された位置（構造物のコーナー付近）の段差を自動的に検出、イメージ測定および解析を実行
- ウェハーマップ：緑色は測定が完了したダイ、青色は測定待ちのダイを表示



①画像認識



②位置決め



③AFMイメージでの画像認識
→100nm以下の位置決め精度
→測定実行

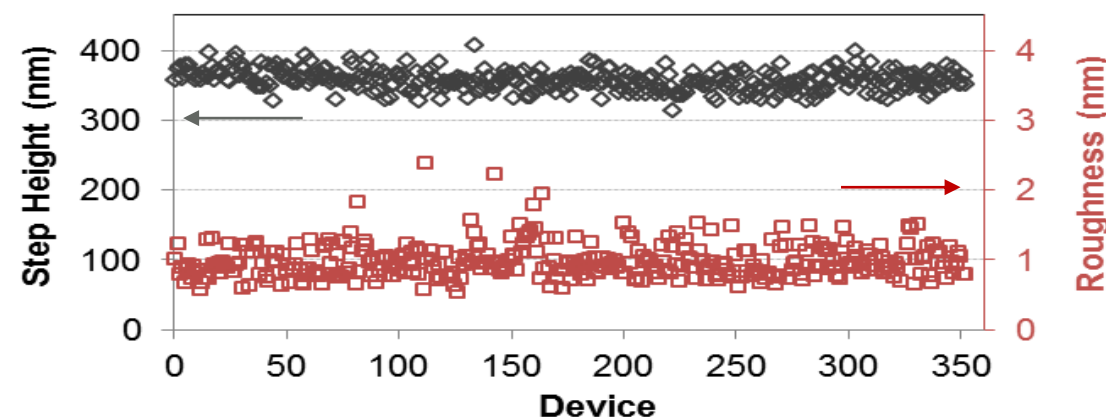
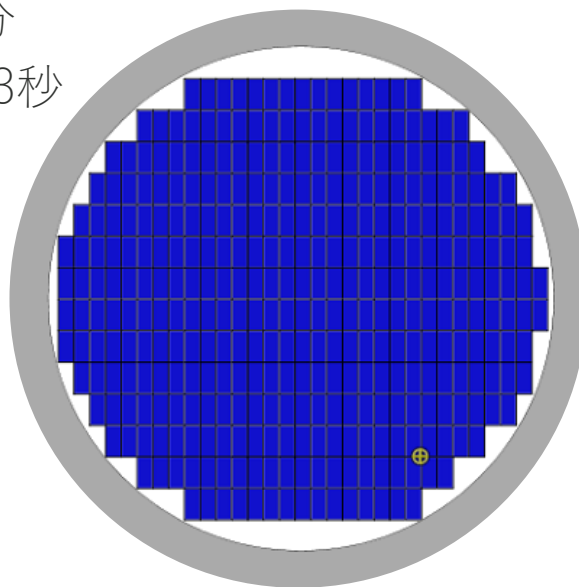
Moving to Site Probe edge on Device (10,7).
Taking Measurement Capture Video.
Taking Measurement Survey.
Taking Measurement Step.
Depth
Peak to Peak Distance (nm) Minimum Peak Depth (nm)
330.037 9.53935
Roughness
Rq (nm) Skewness
1.32 0.414
1.10 0.0228



02 生産性の向上

- サンプル：パターンウェハー -

- ワンクリックでウェハ上のすべてのダイ360個を測定可能
- 各ダイの光学像、AFMサーベイ像、ターゲット像を取得：合計1080イメージ
- 段差や上面の粗さを自動解析
- 総測定時間 = 11時間17分
1ダイあたりの時間 = 113秒



	Step Height (nm)	Roughness (nm)
Maximum	406	2.38
Minimum	314	0.531
Average	357	0.979
σ	14.6	0.246



DIMENSION HPI & DIMENSION PRO

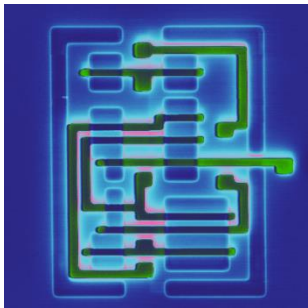
03 半導体計測向け・その他応用事例



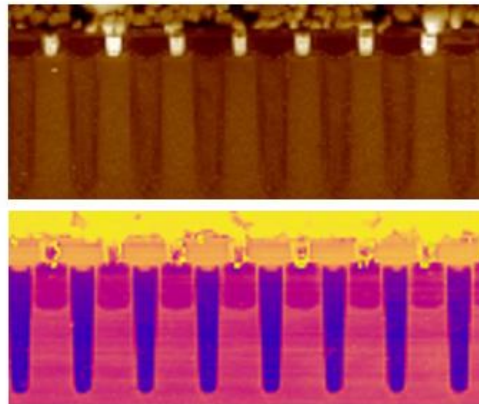
03 フレキシビリティー

- 多彩な動作モード -

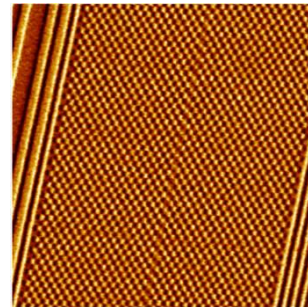
- DimensionシリーズAFMは、電氣的、磁氣的、熱的、機械的など、他の物理的特性を評価するための多様な動作モードを提供
- これらのモードの多くは、ブルカー独自のPeakForce Tappingをベースにしている



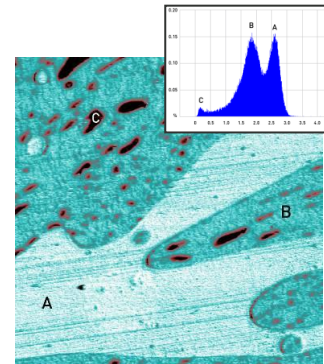
sMIM
on
MEMS



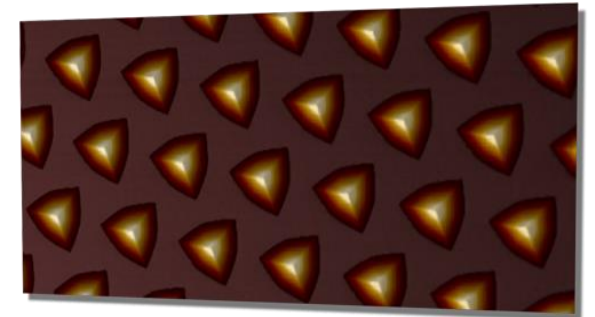
IGBTデバイスの
キャリア濃度測定



磁気力像
(HDD)



高分子の
弾性率マップ



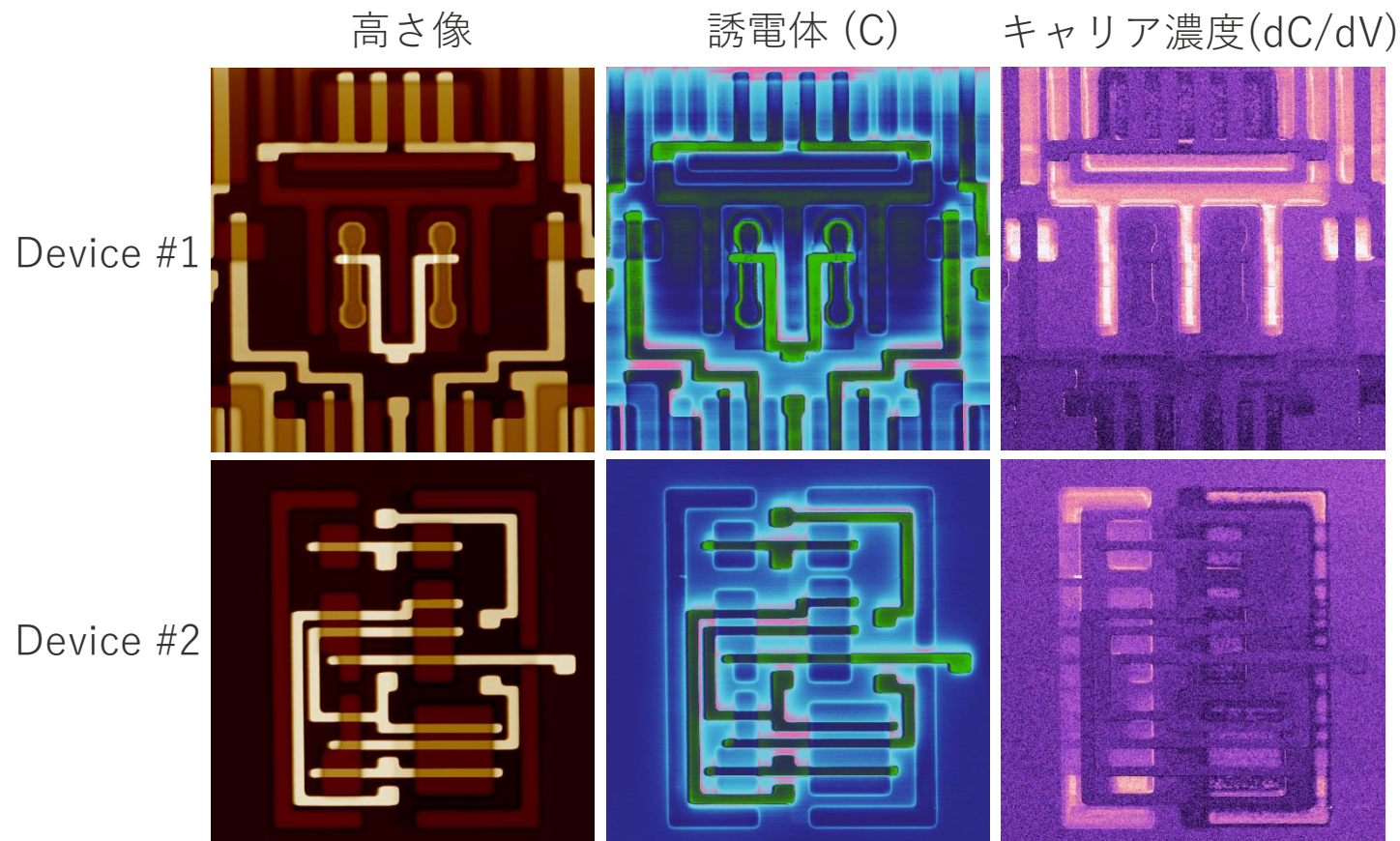
HB-LEDのPSS構造測定



03 フレキシビリティー

Automated sMIM analysis of multiple devices

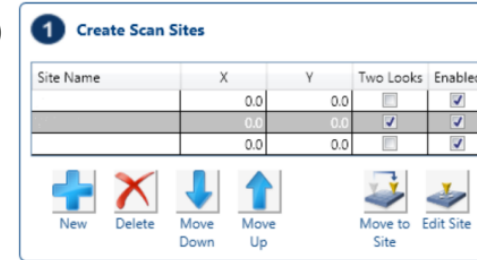
- sMIMでは、マイクロ波インピーダンス測定によりキャリア濃度 (dC/dV) と誘電特性 (C) を測定することが可能
- AutoMETソフトウェアを使って、ワンクリックでウェハ上の複数のデバイスでsMIM測定を自動実行
- スキャンサイズ: 60x60 μ m



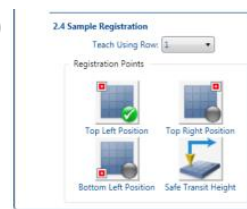
03 まとめ

- エンジニアおよびオペレータモード
- 直観的なレシピ作成
- 簡単な、サンプルプローブ間アライメントおよびサンプル回転補正
- 簡単なナビゲーション機能によりレシピを使用した1回のみの測定、複数回測定が可能
- 光学画像およびAFMイメージに対する画像認識機能はnmオーダーの測定位置再現精度を達成
- ウェハー全面もしくはグリッドマッピングに対応
- 簡単で直観的なレシピ実行画面・表示

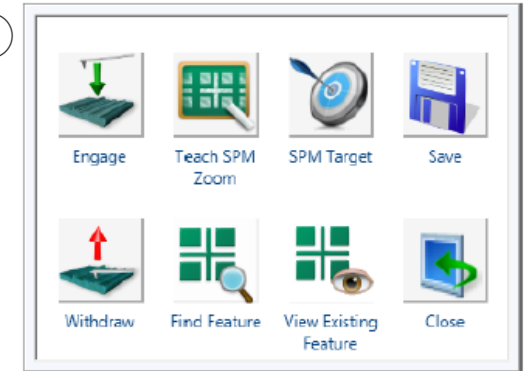
①



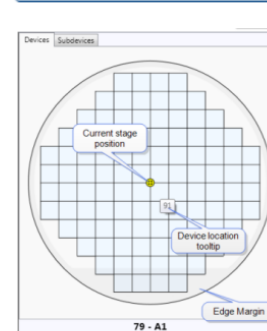
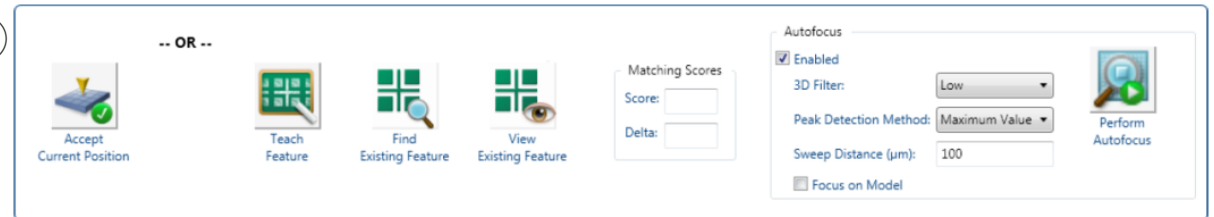
②



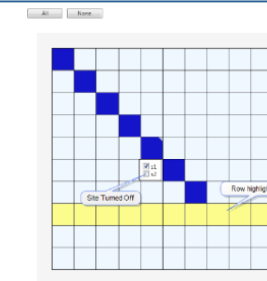
④



③

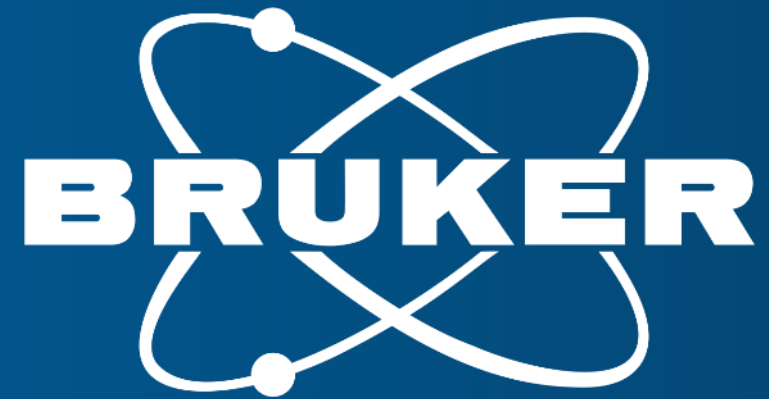


The Device Map



The Select Devices panel.





Innovation with Integrity

