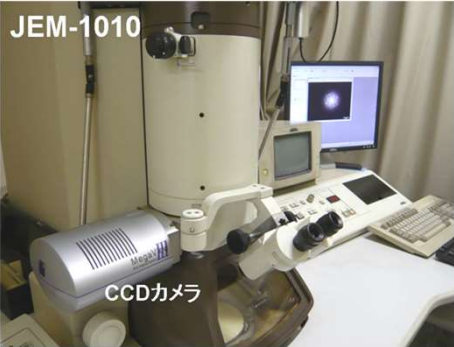



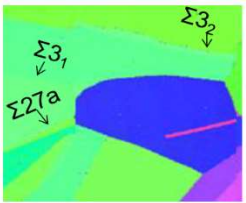



## II. 形状観察・構造解析・物性計測のための装置

### 2-1. 顕微鏡観察

高速CCDカメラ付透過型電子顕微鏡		Transmission Electron Microscope with High Speed CCD Camera	
 <p>JEM-1010 CCDカメラ</p>	<b>キーワード</b> 電子線回折 (ED) 結晶モルフォロジー 低加速電圧 高速 CCDカメラ		
	<b>特長</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低加速電圧 (100kV)、高速CCDカメラを用いた観察により、試料冷却なしに、電子線損傷を最低限に抑えた観察が可能。これにより、高分子であっても結晶の損傷 (非晶化) 前に電子線回折を撮影可能。サブマイクロメートル領域からの電子線回折測定が行えるので、試料の局所的な結晶情報を、モルフォロジーとの正確な対応をもって得られる</li> <li>・加熱ホルダおよび高速CCDカメラでのライブ撮影 (20コマ/秒) により、温度変化による局所構造変化をリアルタイムで記録、解析可能</li> </ul>		
<b>使用例</b> <p>■ポリオキシメチレンを溶液から結晶化させた際に得られる板状単結晶と、カチオン重合により得られる針状単結晶 (ウィスカー) のモルフォロジー。</p>  <p>溶液から成長した単結晶 カチオン重合により得られたウィスカー</p>	<b>機能・仕様</b> <p>メーカー・型式 : JEM-1010 (JEOL) 加速電圧 100kV 分解能 0.2nm  <b>【検出器】</b> 高速高感度 CCDカメラ Megaview III (SIS) 解像度 1376x1032 pixel  <b>【試料ホルダ】</b> 加熱ホルダ EM-SHH4 (JEOL), 室温 ~ 1,000°C 回転試料ホルダ EM-STH10 (JEOL)  <b>【解析ソフト】</b> iTEM (SIS)</p>		
	<b>利用方法</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試料は薄膜 (500ナノメートル以下) である必要があり、専用の銅グリッドにのせ観察</li> <li>・場合によって、カーボン蒸着や金属蒸着 (金やアルミ) の必要有り</li> </ul>		
	<b>責任者 (連絡先)</b> 田代孝二 特任教授 e-mail: ktashiro@toyota-ti.ac.jp		

電界放出形走査電子顕微鏡		Field Emission Scanning Electron Microscope	
	<b>キーワード</b> 薄膜表面 組成分析 結晶方位解析		
	<b>特長</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薄膜材料の表面構造観察</li> <li>・微小部分の組成分析 (エネルギー分散型 X線分光 (EDX))</li> <li>・多結晶材料の結晶方位解析 (電子線後方散乱回折 (EBSD))</li> <li>・微細加工物の構造観察</li> </ul>		
	<b>機能・仕様</b> <p>メーカー・型式 : 日本電子製 JSM-7000FOA            性能: ショットキー電界放出電子銃、EDX 付属、EBSD 付属、分析時分解能 3.0nm、加速電圧 0.5 ~ 30kV</p>		
	<b>利用方法</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・要受講</li> <li>・要予約</li> </ul>		
	<b>使用例</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 薄膜材料の表面構造観察</li> <li>■ EDX法による析出物の組成分析</li> <li>■ 多結晶シリコンの結晶方位解析 (右図: EBSD法により決定された結晶方位マッピングと、粒界構造)</li> <li>■ 基板上に成膜した薄膜材料の膜厚測定 (断面観察)</li> </ul> 		
<b>責任者 (連絡先)</b> 半導体研究室 小島信晃 助教 e-mail: nkojima@toyota-ti.ac.jp			

## 金属顕微鏡

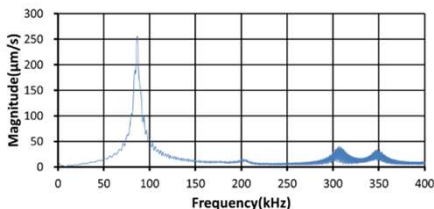
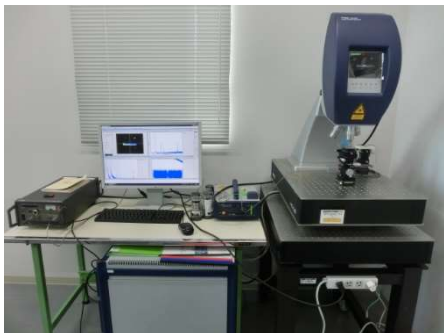
## Metallographic Microscope



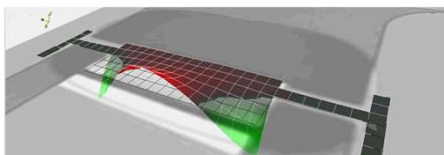
キーワード	偏光 倍率 対物レンズ 接眼レンズ デジタル画像
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ミクロ観察1</li> <li>・観察画像の電子データ保管</li> <li>・2点間距離測定など</li> </ul>
機能・仕様	メーカー・型式 : オリンパス・BX60 (画像解析ソフト: ニコン・ACT-1) など 接眼レンズ: 倍率10倍 対物レンズ: 倍率~100倍
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステージに試料を載せ、顕微鏡観察</li> <li>・画像解析ソフトにより、画像のPCへの取込み、寸法計測も可能</li> <li>・斜め観察可能</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 試料表面形状確認(画像保存)および寸法測定</li> <li>■ 凹凸表面観察</li> </ul>
責任者 (連絡先)	NTCクリーンルーム e-mail: clean_room@toyota-ti.ac.jp

## 顕微鏡型レーザドップラーシフト振動計

## Micro System Analyzer



共振ピーク4つを含む周波数応答の例



ねじり振動子の3次振動モード

キーワード	レーザドップラーシフト 振動計 振動モード
特長	光学顕微鏡観察するサンプルの面外方向振動分布を測定できる装置(面内方向には非対応) Poly-tec社 マイクロシステムアナライザMSA-500-M
機能・仕様	垂直分解能 0.1nm 測定可能な最大周波数 1MHz 速度分解能 (rms) <math>1\mu\text{m/s}</math> 変位分解能の目安 $1\text{pm}/\sqrt{\text{Hz}}$
利用方法	サンプルの駆動は、振動計システムの出力に合わせて行えるように準備が必要である。 光学顕微鏡で平面サンプルを観察し、測定したい点を設定する。装置はレーザスポットを指定された位置に順に照射して、個々の点の応答を測定する。 全体の平均的な周波数応答の中から、共振ピークを指定すると、その周波数に対する振動モードが出力される。
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ マイクロアクチュエータの周波数応答測定</li> <li>■ マイクロアクチュエータの振動モード測定(動画出力)</li> <li>■ 対象物特定点の変位測定</li> </ul>
責任者 (連絡先)	マイクロメカトロニクス研究室 佐々木実 教授 e-mail: mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp

## Ⅱ. 形状観察・構造解析・物性計測のための装置

### 2-1. 顕微鏡観察

#### 工業用顕微鏡

#### Industrial Microscope



キーワード	光学顕微鏡 微分干渉
特長	反射型の明視野／暗視野／微分干渉観察に加えて、透過型の暗視野／微分干渉観察にも対応
機能・仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メーカー・型式 (株)ニコン製 ECLIPSE LV100D</li> <li>・落射明視野、落射暗視野、落射微分干渉</li> <li>・光源: ハロゲンランプ(反射照明、透過照明)</li> <li>・CCDカメラ(レイマーWRAYCAM-NF500)が付属</li> </ul>
利用方法	通常の光学顕微鏡として使用
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■レジストパターンの形状の検査</li> <li>■微粒子生成挙動の確認</li> </ul>
責任者 (連絡先)	界面制御プロセス研究室 柳瀬明久 准教授 e-mail: ayanase@toyota-ti.ac.jp

#### デジタルマイクロスコープ

#### Digital Microscope



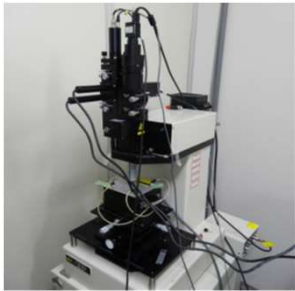
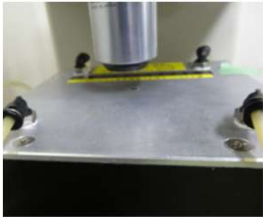
キーワード	キーエンス社 VHX-600 VH-5500 VHX-200
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1 <math>\mu\text{m}</math>程度の構造まで観察できる光学顕微鏡</li> <li>・Z軸方向に移動させながら各画素の焦点位置を合成した3D像形成</li> <li>・焦点があっているかどうかを判断しつつ、デジタルインジケータを利用したZ軸方向の計測(精度2-3 <math>\mu\text{m}</math>、簡易で素早く測定可能)</li> </ul>
機能・仕様	顕微鏡ステージを利用した微細形状観察 フリーアングル観察システムを利用した斜め立体観察 画像はUSBメモリにて取得できる
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・VHX-600、VH-5500(CR設置)、VHX-600が上位グレード</li> <li>・協力研究(本学ナノテクプラットフォームとして申請いただく)</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■TO-8缶にSiデバイスに乗せた状態を、目視(ルーペ観察)に近い感覚で高分解能像観察(左下図)</li> <li>■PDMS膜に大気圧プラズマを日本地図状に照射した痕跡観察(右図)</li> <li>■画像計測、ソフトウェアによるコントラスト処理も可能</li> </ul>
責任者 (連絡先)	マイクロメカトロニクス研究室 佐々木実 教授 e-mail: mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp NTCクリーンルーム e-mail: clean_room@toyota-ti.ac.jp



## 偏光顕微鏡(青色レーザー照射も可)

## Polarized Optical Microscope with Blue LD


試料ステージと  
対物レンズ



レーザー付  
偏光顕微鏡



システム全体図

キーワード	磁区観察 磁気イメージング 微小磁区記録 レーザー
特長	試料の磁区像を観察できる。また、外部磁界を最大1Tまで印加しながら磁区観察できる。磁気コントラストは観察光に対して試料の磁化容易軸が垂直である場合に最も高く観察できる。したがって、磁化容易軸が面内の試料の場合には観察が難しくなる。また、青色レーザー照射機能を有しており、局所的な加熱が可能であり、微小磁区も記録できる。
機能・仕様	光源: 水銀ランプ 対物レンズ50倍(試料レンズ間距離は約1cm)、100倍(この場合油浸なので試料はオイルに浸され、レンズ試料間距離は1mm以下となる。) 青色レーザー(波長400nm, スポット径0.9 $\mu$ m, 試料表面最大パワー13mW)
利用方法	講習を受ければ観察可能、共同研究が望ましい
使用例	<p>■ミニディスク(MD)の磁区観察結果。これにレーザー照射で新しい磁区を形成可能。音楽データはこのように記録されている。トラックピッチ1.4<math>\mu</math>m</p>
責任者 (連絡先)	<p>情報記録工学研究室 栗野博之 教授 e-mail: awano@toyota-ti.ac.jp</p> 

## 超高真空トンネル顕微鏡

## Ultrahigh Vacuum Tunneling Microscope



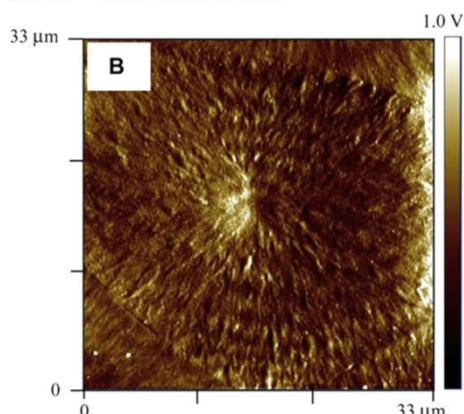
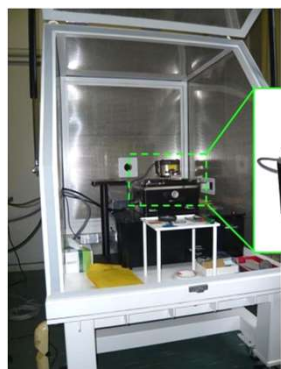
キーワード	超高真空 STM
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属、半導体表面などの原子分子観察</li> <li>・温度可変測定(30K~900K)</li> </ul>
機能・仕様	メーカー・型式: 日本電子 JSTM-4500XV 真空蒸着、試料加熱、スパッタ、ガス導入可能
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・協力研究(本学ナノテクプラットフォームとして申請いただく)</li> <li>・要相談</li> </ul>
使用例	<p>■シリコン表面の観察例</p>
責任者 (連絡先)	<p>表面科学研究室 吉村雅満 教授 e-mail: yoshi@toyota-ti.ac.jp</p>

## II. 形状観察・構造解析・物性計測のための装置

### 2-1. 顕微鏡観察

#### 原子間力顕微鏡

#### Atomic Force Microscope



キーワード	原子間力顕微鏡 微細構造 表面凹凸 導電性測定 粘弾性測定
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液中や加熱過程など、様々な環境下で、ナノメートルスケールの表面凹凸形状を測定可能である</li> <li>・モルフォロジー観察に加え、動的粘弾性や導電性など様々な物性解析を局所領域について行える。さらに、カンチレバーより試料の一点に熱を加えながらある試料点での熱による物性変化の追跡や、高分子鎖一本の力学的性質或いは電気的な性質を測定することも可能である。</li> <li>・高温での測定が可能な加熱ホルダーも使える</li> </ul>
機能・仕様	機種: 原子間力顕微鏡 MFP-3D (Asylum Research) 仕様: 分解能 (X,Y) 0.5nm, (Z) 0.3nm、最大スキャン範囲 50x50μm <sup>2</sup>
利用方法	【試料形状】試料厚さ 5mm以下
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■写真下は、偏光顕微鏡下で不規則なリングバンド構造を示す高分子球晶の表面</li> <li>■AFM像からも、その不規則性が示された</li> </ul>
責任者 (連絡先)	田代孝二 特任教授 e-mail: ktashiro@toyota-ti.ac.jp

#### 卓上式原子間力顕微鏡

#### Atomic Force Microscope

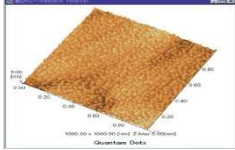
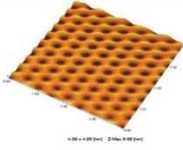
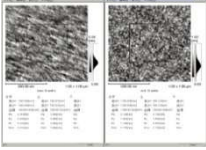


キーワード	表面構造 表面粗さ測定
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子間力による表面形状のイメージング</li> <li>・表面の粗さ測定</li> </ul>
機能・仕様	メーカー・型式 : SSIナノテクノロジー NanoNavi Nanocute 検出方式: 自己検知方式 ダイナミックモードによる非接触測定 光学顕微鏡による試料直上からの同時観察 アプリケーション上でのナビゲートシステムによる簡易操作
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・測定試料は固形材料に限る</li> <li>・測定は装置管理者指導の下行う</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■薄膜試料の表面モルフォロジー観察</li> <li>■表面粗さの測定</li> </ul>
責任者 (連絡先)	エネルギー材料研究室 竹内恒博 教授 e-mail: t_takeuchi@toyota-ti.ac.jp

## 走査型プローブ顕微鏡

## Scanning Probe Microscope



キーワード	SPM AFM STM 原子間力顕微鏡
特長	光の波長に依存する光学顕微鏡に比べて空間分解能が非常に高く、表面を観察する際、微少な電流(トンネル電流)を利用する走査型トンネル顕微鏡(STM)、原子間力を利用する原子間力顕微鏡(AFM,DFM))、磁気特性等、各種測定が可能である。
機能・仕様	メーカー・型式 : SPA400(SEIKO SII) 水平走査エリア : 20~200 $\mu$ m (スキヤナ選択) 垂直 : 1nm程度~20 $\mu$ m程度 (パラメータ選択)
利用方法	測定項目 形状 : 表面粗さ、粒子解析、ピッチ計測、段差計測 機械物性 : 粘弾性、摩擦力、吸着力、硬度 電気特性 : リーク電流、導電性、分極特性、誘電率、表面電位 磁気特性 : 磁気力、磁気、磁束 光学特性 : 光記録 加工 : リソグラフィ、プローブ陽極酸化
使用例	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>■ 量子ドット観察</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>■ マイカ表面観察</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>■ シリコン表面観察</p>  </div> </div>
責任者 (連絡先)	NTCクリーンルーム e-mail : clean_room@toyota-ti.ac.jp



## 走査型プローブ顕微鏡

## Scanning Probe Microscope



キーワード	表面構造・物性観察 超高真空 低温 高温
特長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AFM/STM測定</li> <li>・絶縁性サンプルの観察可</li> </ul>
機能・仕様	メーカー・型式 : オミクロン VT-AFM(超高真空) 金属、半導体表面などの原子分子STM, AFM観察 真空蒸着、スパッタ、ガス導入可能 温度可変測定(30K~900K)
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面科学研究室内に設置</li> <li>・協力研究(本学ナノテクプラットフォームとして申請いただく)</li> <li>・要相談</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 酸化物表面の原子配列</li> <li>■ 水素と表面との反応観察</li> </ul>
責任者 (連絡先)	表面科学研究室 吉村雅満 教授 e-mail : yoshi@toyota-ti.ac.jp



## II. 形状観察・構造解析・物性計測のための装置

### 2-1. 顕微鏡観察

#### 表面形状測定器(段差計)

#### Surface Profiler



キーワード	段差測定、微細加工のプロセスモニタ
特長	狙った位置の表面形状を測定することで、微細加工のプロセスがどれだけ進んだか、成膜量やエッチング量を求めるのに適した装置。
機能・仕様	メーカー・型式 : KLA-Tencor社 アルファーステップ IQZ 触針段差計、材料は不問 φ4インチ程度
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プローブを狙った位置に下して面内x方向に走査する操作と、データにレベルリングをかけて段差を求める操作の2つによって利用。</li> <li>・プローブと一体の、高額なセンサが壊れるため、プローブ走査中にサンプルのマニュアルxyステージ等で動かすこと、高速走査、100μm以上の大きな段差測定は禁止です。大きな段差は、デジタル顕微鏡の焦点判断を利用した計測で求める。</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■酸化膜エッチング量の測定</li> <li>■レジスト膜の目減り量測定</li> </ul> (標準的な、先端曲率半径5μm、チップ頂角60°の針を使用)
責任者 (連絡先)	マイクロメカトロニクス研究室 佐々木実 教授 e-mail: mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp NTCクリーンルーム e-mail: clean_room@toyota-ti.ac.jp



#### 3Dレーザースキャナ

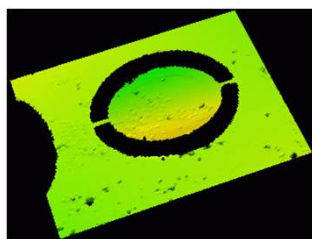
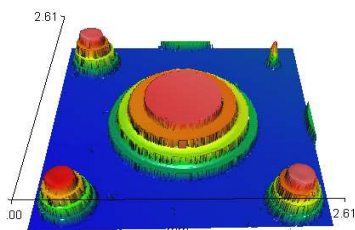
#### 3D Laser Scanner



キーワード	3次元形状測定
特長	物体の3次元形状を測定
機能・仕様	メーカー・型式 : Roland LPX-1200 最大スキャン領域: 幅130mm, 高さ200mm(平面スキャン), 直径130mm, 高さ200mm(回転スキャン) 解像度: 最小0.1mm
利用方法	条件付きで利用可、要相談
使用例	■物体の3次元形状を測定
責任者 (連絡先)	設計工学研究室 小林正和 准教授 e-mail: kobayashi@toyota-ti.ac.jp

## 非接触3次元表面形状・粗さ測定機

## 3D Surface Profile Measuring Device



キーワード	白色光干渉計 フィルム測定 動的測定
特長	様々な微細形状を高い確度で測定できる光学顕微鏡レベルの装置
機能・仕様	垂直分解能0.1nm 水平分解能は対物レンズの種類で異なる
利用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微細加工した形状の構造評価</li> <li>・表面粗さ測定</li> <li>・アクチュエータの動き測定</li> </ul>
使用例	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Si材料による微細形状評価(基本プログラム)</li> <li>■ 透明なSiO<sub>2</sub>膜の表面形状評価(フィルムオプション)</li> <li>■ マイクロアクチュエータの変位分布(D-MEMSオプション)</li> </ul>
責任者 (連絡先)	マイクロメカトロニクス研究室 佐々木実 教授 e-mail: mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp



## 電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) (電子ビーム描画機能付)

## FE-SEM with Electron Beam Lithography System



キーワード	電解放出型SEM, 電子線描画装置
特長	JEOL製FE-SEM(6500)としても利用できるが、これに東京テクノロジー製電子線描画装置を導入しており、任意形状の微細加工用電子線描画を行うことが可能。
機能・仕様	メーカー・型式: 日本電子FESEM JSM6500Fに東京テクノロジーのBEAM DRAWを付加した電子線描画装置 最小描画線幅50nm
利用方法	講習を受ければ観察可能、共同研究が望ましい
使用例	<p>■ 描画例</p> <p>右図描画例に示すように複雑な形状も作成可能。ただし、複雑な形状の場合には経験を積む必要がある。パターン入力情報に従って自動露光が可能。ただし、露光エリアは100ミクロン角以内が望ましい。</p>
責任者 (連絡先)	情報記録工学研究室 栗野博之 教授 e-mail: awano@toyota-ti.ac.jp

