

# *Nanofinder*<sup>®</sup> HE

3D顕微レーザーラマン分光装置カタログ



AFM (STM)  
ラマン顕微分光

探針増強近接場  
ラマン顕微分光

3D 共焦点  
ラマン顕微分光



NEW

3D 共焦点ラマン・TERS 測定の高 End モデル

## *Nanofinder*<sup>®</sup> HE

### 3D 顕微レーザーラマン分光装置

ラマン分光と AFM の複合測定に最適な顕微レーザーラマン分光装置です。

共焦点ラマン顕微分光だけでなく、AFM を搭載することにより AFM-ラマン顕微分光、近接場ラマン顕微分光の各測定も可能です。

1つの測定部において、正立、倒立、透過など各種の顕微鏡構成が選択できます。

また、最大 4 種のレーザーを搭載でき、各レーザーに対応するオプティクスはコンピュータから自動で制御可能です。



高性能、小型、ローコストのモジュラー型 3D 共焦点顕微ラマン  
ラマン・蛍光測定で透明試料の分析

## *Nanofinder*<sup>®</sup> FLEX

### モジュラー型 3D 顕微レーザーラマン分光装置

共焦点顕微ラマンは、大気中・非破壊・非接触・微量分析が可能です。

さらに、赤外吸収分光法では測定困難な水溶液やガラス中の試料、サブミクロン程度の微小異物などの分析が可能です。

高感度・高空間分解能な共焦点顕微レーザーラマン分光装置で、微小領域のラマンイメージを短時間で取得できます。

また、各モジュール（励起レーザー、ラマン光学ユニット、分光器）をファイバーで接続するため、設置場所を選びません。



1台3役 (3D 共焦点顕微ラマン・AFM ラマン・TERS\* チップ増強型近接場ラマン)、  
超機械的安定性の最先端ナノラマン分光装置

## *Nanofinder*<sup>®</sup> FLEX G

### グラナイト製モジュラー型 3D 顕微レーザーラマン分光装置

可動部品のない再調整不要のマニュアルタイプです。

機械的・熱的ノイズの影響を受けにくい高剛性のグラナイトフレームを採用。

対物レンズ下に、AFM（原子間力顕微鏡）、加熱・冷却ステージ、クライオスタット他、  
実験目的に応じて様々なオプションが設置可能な、広いワークスペースを有しています。

各モジュールをファイバーで接続するため、設置場所に自由度があります。

\*TERS : Tip Enhanced Raman spectroscopy

## Contents

---

特長	P. 1
3D 共焦点ラマン顕微分光	P. 9
AFM-ラマン顕微分光	P. 13
探針増強近接場ラマン顕微分光	P. 17
仕様	P. 19

# ハイエンドAFM-ラマン顕微分光システム

## AFM-ラマン顕微分光

表面トポグラフィと共焦点顕微ラマンイメージを同時測定\*

AFM 空間分解能 : 2 nm

ラマン空間分解能: 200 nm 以下 (透明試料 : 100×NA 1.4 対物レンズ使用時)

300 nm 以下 (不透明試料 : 100×NA 0.7 対物レンズ使用時)

高速マッピング : 1点あたり 3 ms 以下 (全スペクトルデータを含む)\*

## 近接場ラマン顕微分光

TERS (探針増強ラマン分光)

SNOM (走査型近接場光学顕微鏡)

空間分解能 : < 80 nm

## 3D共焦点ラマン顕微分光

高感度 : 単結晶 Si の微弱な 4 倍音バンドを 1 分で検出\*

高空間分解能 : 水平方向 180 nm、垂直方向 400 nm 以下\*

高速マッピング : 1点あたり 3 ms 以下 (全スペクトルデータを含む)\*

*Nanofinder*<sup>®</sup> *HE*

\* **TII**アドバンスポイント

当社独自の一押しポイント



※空間分解等の性能は、装置構成によります。  
※製品の外観等は開発中のものであり、予告なく変更する場合があります。

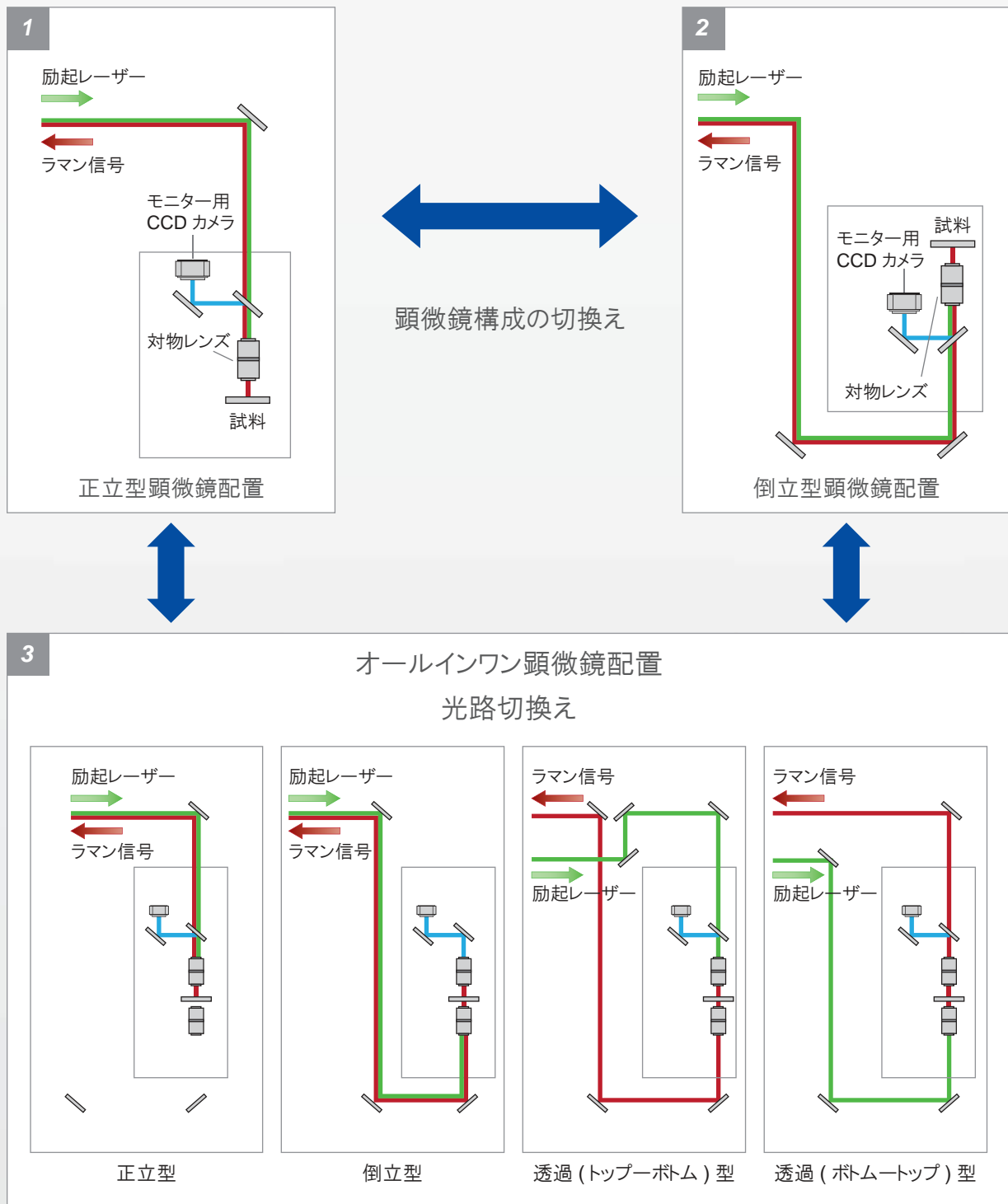
# 多彩な顕微鏡構成

## ● 正立、倒立、透過、および倒立透過型配置\*

3通りの異なる顕微鏡構成をビルトイン

オールインワン配置における励起レーザー光とラマン信号光の光路は、3つのノブにより切換え可能

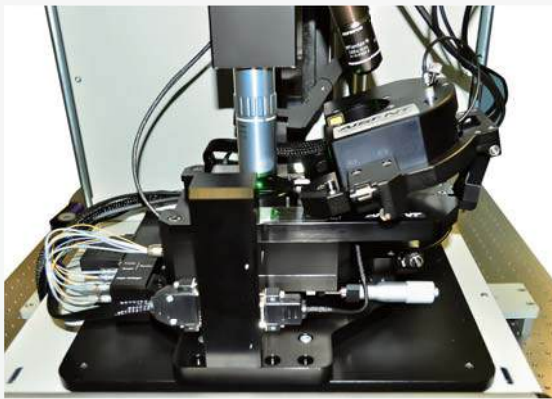
※正立型⇄倒立型の交換は、一部光学部品の手動切換えが必要です。



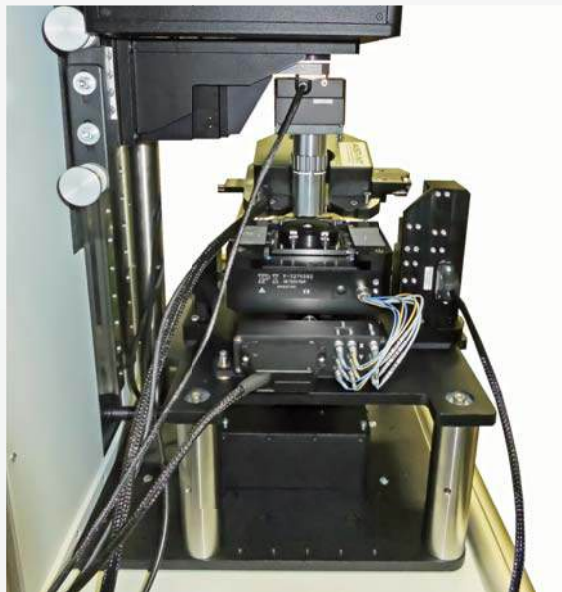
## ● 多彩なスキャナ構成\*

ピエゾステージ、ステッピングモーター、AFMなど (10通り以上の組み合わせが可能)

### ■ 構成例



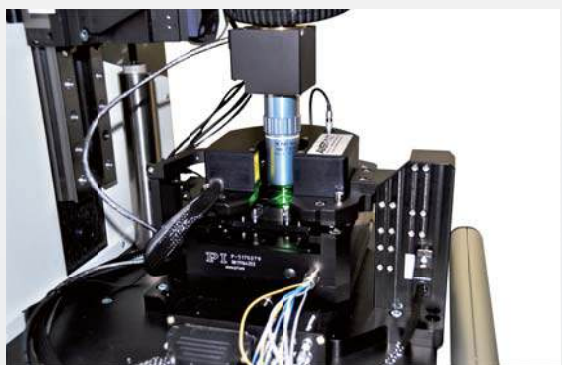
AFMをヘッドをスライドさせた  
共焦点ラマン正立型顕微鏡構成



AFMラマン透過型顕微鏡構成



AFM-ラマン倒立型顕微鏡構成



AFM-ラマン正立型顕微鏡構成

# 多彩な顕微鏡構成

## ● 高い熱的・経時的安定性

### グラナイト(花崗岩)フレーム\*

グラナイトフレームの採用により、熱的・経時的に高い安定性を実現しました。

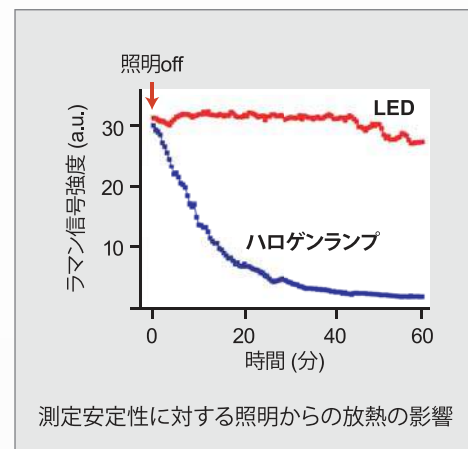
光学素子、分光器、および顕微鏡を全て一つのフレーム上に設置することで、試料・共焦点ピンホール・分光器コンポーネントの機械的な位置ずれを最小限に抑えています。

### LED 照明

発熱量の小さい LED 照明の採用により、熱が与える顕微鏡の歪みを最小限に抑えています。照明を on/off したり、光量を変化させる場合にも、熱的影響はほとんどありません。

### 周辺環境から隔離された試料室

試料室はスライド式カバーにより周辺環境から隔離される為、空気流動や迷光、騒音振動が測定機構に与える影響を最小限に抑えることができます。

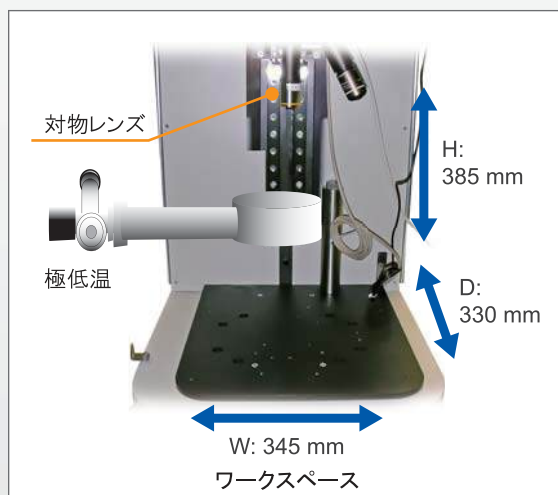


### スマートスライディング機構

重量補償ばね・エアサスペンションを利用した機構により、フォーカシングユニットはスムーズに上下可動。1  $\mu\text{m}$  以下の高い位置再現性を実現しました。

### 広いワークスペース\*により応用は多岐にわたります

対物レンズの下に広がる 345(W) $\times$ 385(H) $\times$ 330(D) mm の広いワークスペースには、ピエゾステージ、AFM、クライオスタット、加温・冷却ステージ、高圧セル、磁場印加器など、様々な装置を設置することが可能です。



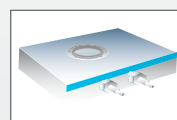
AFM



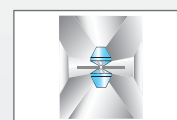
XYZピエゾステージ



磁場



加温・冷却ステージ



高圧セル  
(ダイヤモンドアンビル)



低温クライオスタット

## 正立型構成(AFM-ラマンモデル)



## 高いスペクトル精度

### ホロカソードランプを用いた自動スペクトル校正\*

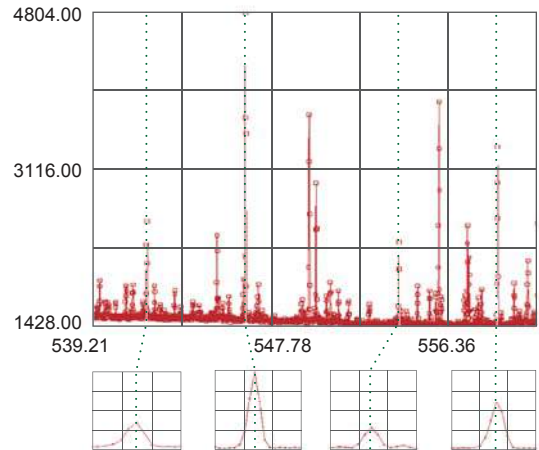
測定波長領域や回折格子の変更時には自動で分光器の波長校正が行われます。また、装置の校正はソフトウェアのユーザーインターフェイス上から任意に行うことができます。

### ホロカソードランプの豊富なスペクトル情報量

ホロカソードランプの輝線の多さを利用して、エシェルタイプを含む全ての回折格子に対して分光器の波長校正を正確に行うことができます。

### 高精度校正アルゴリズム

分光器のジオメトリを考慮した校正アルゴリズムにより、CCD検出器 1ピクセル以内のスペクトル精度を誇ります。



■ ホロカソードランプによる  
中心波長 550 nm 付近の波長校正  
回折格子は 1800 G/mm、緑の破線は  
参照輝線を示す

## 高いスペクトル分解能

### 高分解能分光器

焦点距離 550 mm の分光器を採用

### 低収差光学系

CCD 受光面上において輝線の線幅(半値全幅)が 24  $\mu\text{m}$ と、歪みの少ないシャープなスペクトル像が得られます。

■ 代表的性能

(@ 550 nm)

分光器 焦点距離 550 mm	回折格子 1800 G/mm	エシェル回折格子 75 G/mm
スペクトル分解能	0.8 $\text{cm}^{-1}$	0.25 $\text{cm}^{-1}$
スペクトル精度	0.43 $\text{cm}^{-1}$	0.1 $\text{cm}^{-1}$

### エシェル回折格子\*

高次回折光を利用するエシェル回折格子を使用すれば、スペクトル分解能は大幅に向上します。

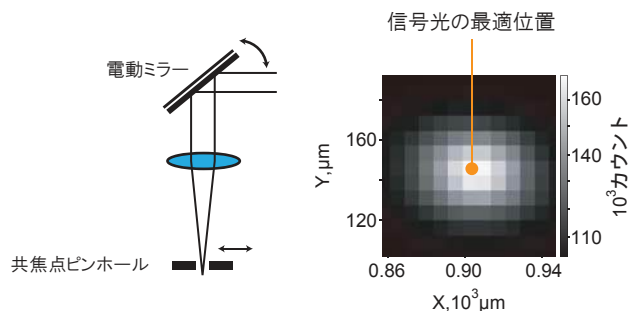
## 自動アライメント

### 電動ミラー\*

モーター駆動のミラー角度調整機構により、ラマン信号の光軸は直行した 2つのスリットから成る共焦点ピンホールを中心に正確に位置調整されます。

### コンピュータ制御アライメント

制御プログラムによりラマン信号の光軸を共焦点ピンホール上で掃引し、光軸位置の最適化を自動で1分以内に行うことができます。



ミラーの角度を掃引すると信号光のスポットがピンホール上でシフト

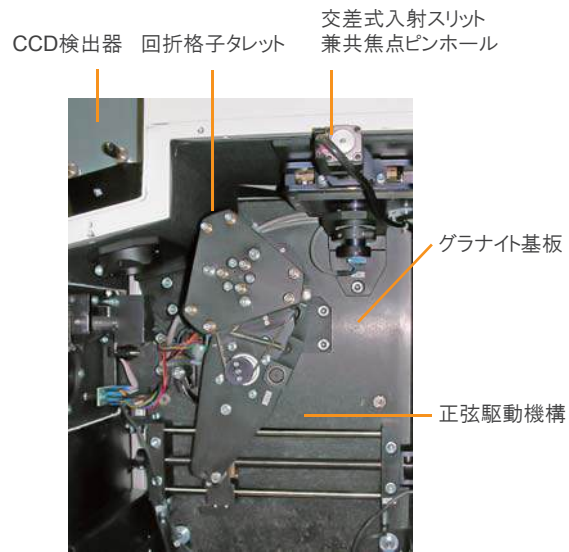
## 先進的なシステム設計

### 高いスループット\*

Nanofinder®HE の光学系は多数の光学素子、対物レンズ、分光器での損失にもかかわらず、高効率を誇ります。

### 偏光測定オプション\*

グランテーラープリズムと精度  $\lambda/500$  の波長板の採用により高い偏光消光比を誇ります。検出光学系のグランテーラープリズムは、偏光方向および光学系への導入・退避の制御をモーター駆動により自動で行うことができます。



分光器の各コンポーネントはグラナイト盤に設置され、分光性能の安定性は最高レベルです。

### 紫外・可視・近赤外各光領域に対応したオプティクス自動切換え\*

照射光学系のビームエキスパンダおよび検出光学系の共焦点ピンホール用対物レンズは、電動タレット上で予め位置調整されているため、波長領域の切換えを迅速かつ簡単に行うことができます。

### 励起レーザーの自動切換え

4種類の励起用レーザーは、ミラー、波長板タレット、ビームエキスパンダタレット、エッジフィルタータレットのステップングモーターによる電動化により自動で切換え可能。システムの設定は全てコンピュータのメモリ上に蓄積され、その後は自動で読み込まれます。

# 3D 共焦点ラマン顕微分光

Nanofinder® HE の最大の売りは、最高レベルの感度と空間分解能を持った高速な3次元ラマンイメージングにあります。その卓越した性能は、高スループット光学系と高感度CCD検出器、および高精度ピエゾステージの採用により裏打ちされています。

## 3D共焦点ラマン顕微分光のポイント

▶▶ 高感度\*

▶▶ 高空間分解能 ( $xy < 200 \text{ nm}$ )\*

▶▶ 高速マッピング(1点あたり 3 ms以下:全スペクトルデータ含む)\*

## 高感度\*

Nanofinder® HE が持つ極めて高い感度性能は、単結晶 Si のラマンバンドの微弱な4倍音を極短時間の露光で観測できることから明らかです(図1)。一般に、ラマン散乱の基音ピークに比べ、その倍音ピークは次数が上がるにつれて強度が極めて弱くなり、観測が難しくなります。したがって、単結晶 Si のラマンスペクトルにおいて基音の  $520 \text{ cm}^{-1}$  だけでなくその高次倍音を観測できることは、ラマン分光システムの感度性能を評価する上で良い指標となります。

Nanofinder® HE を用いれば、その高感度性能により励起レーザーパワーを最小限に抑えることができ、励起光による試料の変化やダメージを防ぐことができます。

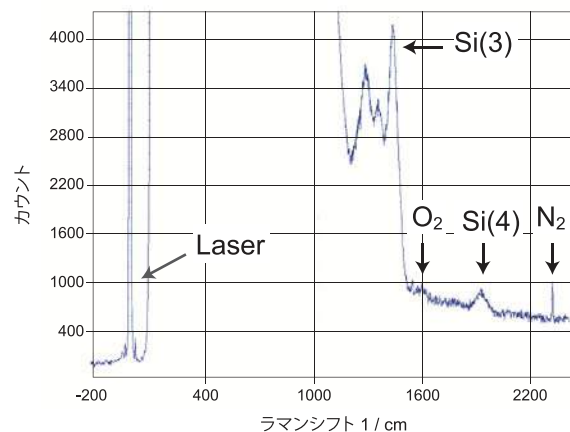


図1-単結晶Siのラマンスペクトル中の高次倍音ピーク

■測定条件 励起レーザー：8.6 mW@473 nm、  
測定時間：60 秒、対物レンズ：100×0.95

## 高空間分解能\*

Nanofinder® HE が持つ高い空間分解能は、Si / SiO<sub>2</sub> ライン・スペース試料を XZ 平面 (X 軸：試料表面方向、Z 軸：試料深さ方向) でマッピングした共焦点レーザー反射顕微鏡イメージ(図2)が示すとおりです。イメージの断面情報から、水浸対物レンズを用いた場合、面内空間分解能(端面からの応答、立ち上がり 10% から 90% までの間隔)が 170 nm、軸方向分解能(表面反射光 Z 軸プロファイルの半値全幅)が 380 nm と、Nanofinder® HE が非常に高い空間分解能を持っていることが分かります。

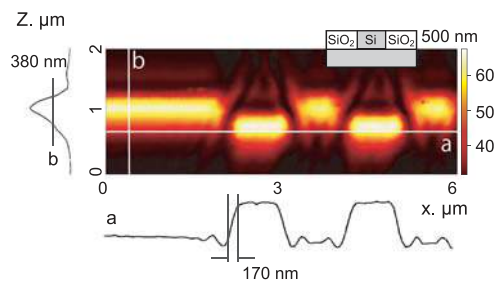


図2-Si / SiO<sub>2</sub> 1 μm / 1 μm ライン・スペース試料の共焦点レーザー反射顕微鏡イメージ

■測定条件 励起レーザー：473 nm、ピンホール：18 μm、  
マッピング間隔：50 nm、対物レンズ：150×1.25

## 高速マッピング\*

最先端の EMCCD を採用したことで、Nanofinder®HE は最高レベルの感度・分光精度・測定速度を実現しました。全ての測定点のスペクトルデータを保存しながら、1点あたり 3 ms 以下のマッピング速度を誇ります。TII アドバンステクノロジーソリューションにより、フィードバックモードにおいても最速のマッピング掃引が可能となります。XY 面内 100×100 点のマッピングに必要な時間はわずか 20 秒程度です。より高い空間分解イメージを得るにはより長い測定時間が必要となります。

分解能 vs マッピング測定時間	
- 32×32 (X・Y) :	1024 点 ~ 3 秒
- 32×32×10 (X・Y・Z) :	10,240 点 ~ 30 秒
- 100×100×30 (X・Y・Z) :	300,000 点 ~ 900 秒 (15 分)

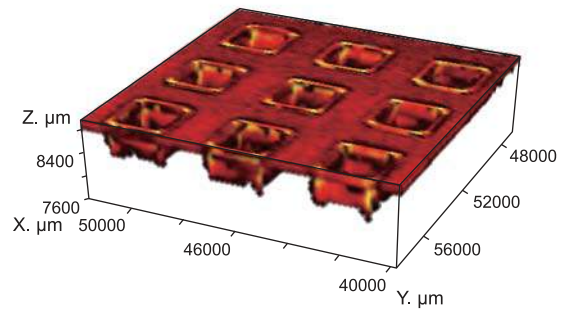
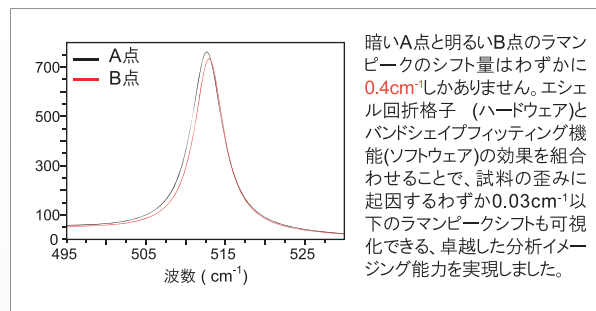
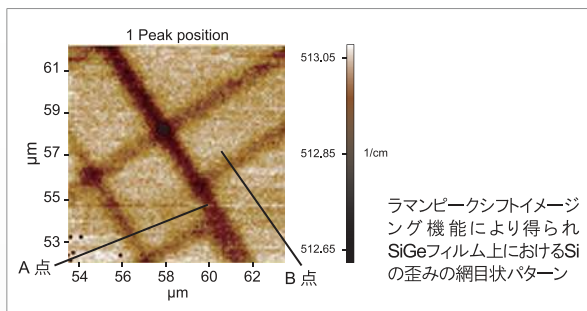


図3-Siデバイスの3Dラマンイメージ(520 cm<sup>-1</sup>)

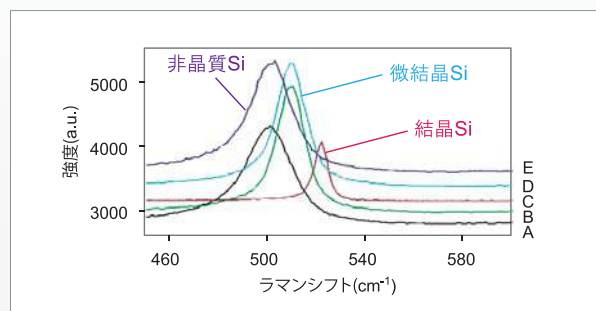
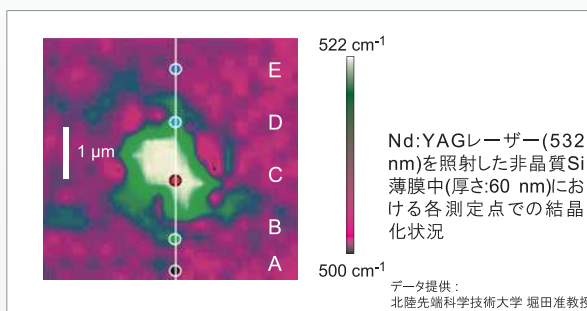
■測定条件  
 励起レーザー : 473 nm, 10 mW、マッピング点数 : 64×64×16点、  
 測定時間 : 3.5 分、対物レンズ : 100×0.95

## 2Dラマンイメージング例

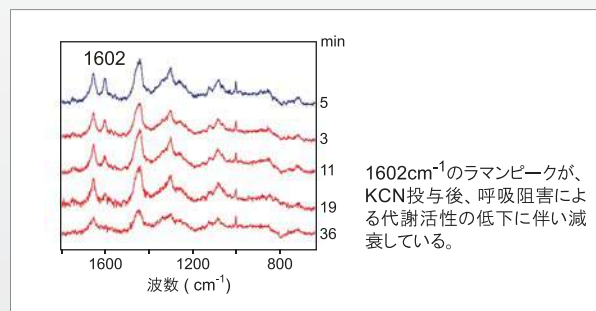
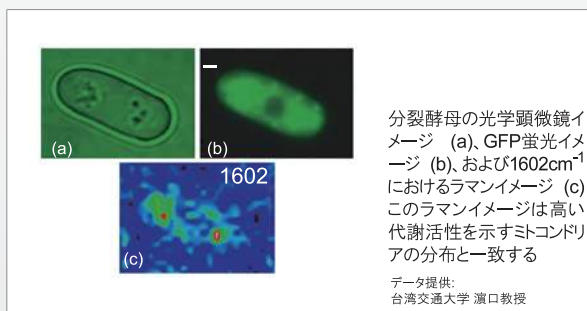
### SiGe擬似基板上成長Siの歪み分布における網目状パターン



### 非晶質Si薄膜中におけるSi単結晶成長の観測



### 生細胞の代謝活性に関するラマン分光学的研究



Nanofinder®HEのユニークなソフトウェアは、データを表示・解析するための先進的な機能を備えており、様々なデータ処理・プレゼンテーションツールを提供します。

測定中においても、2Dあるいは3Dイメージの断面をいつでもリアルタイムにご覧いただけます。また、専用ソフトウェアを用いることで、全測定点のラマンスペクトルを含む膨大な量の3Dマッピングデータを容易に扱うことができます。

## リアルタイムデータ解析\*による効率的な実験

より良いマッピングイメージを得るには、実験条件最適化のための度重なる予備測定が欠かせません。Nanofinder®HE のソフトウェアを使えば、測定中もデータを表示・解析することができるため、パラメータの調整や測定エリアの変更、測定のやり直しなどが迅速に行えます。

## 高度なデータ解析能力\*

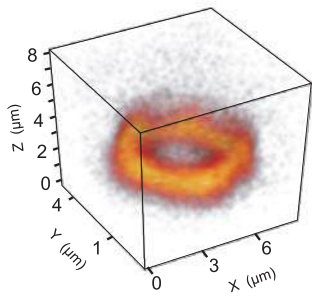
Nanofinder®HE は測定を通して、全ての測定点 (X、Y、Z) のスペクトルデータをコンピュータメモリに保存します。また、Nanofinder®HE のソフトウェアを用いて、ピーク強度、ピークシフト、バンド幅など、様々な計測データをイメージとして可視化することができます。デコンボリューションやカーブフィッティングを行うことで、得られたイメージの空間分解能・スペクトル分解能を向上させることも可能です。

## イメージングデータ処理\*

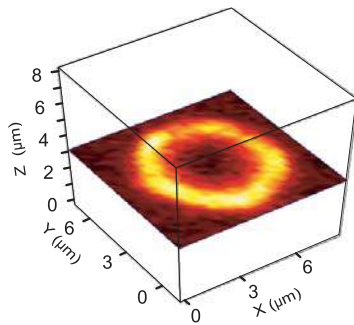
測定した 3D データは、Nanofinder®HE のソフトウェアを使って任意の方向から思うままに観察することができます (図 a)。さらに、任意の場所・方向に対して 2D 断面を生成することもできます (図 b、d)。

任意の方向へ生成できる 1D 断面からは、距離計測や強度プロファイル、その他イメージ処理機能を適用することができます (図 c、f)。ポイントツールを使用すれば、マップ上のいかなる測定点のラマンスペクトルをもたちどころに表示させることができます (図 g)。また、マルチカラースキームにより、得られたイメージを簡単に印象的な色彩で演出することが可能です。

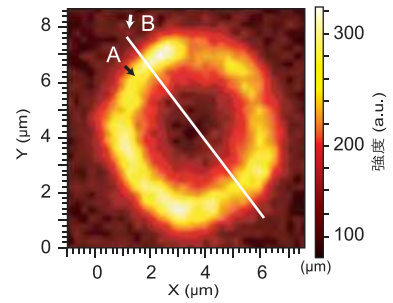
自己集合化液晶の3D ラマンイメージ(1136 cm<sup>-1</sup>におけるラマン強度イメージ)



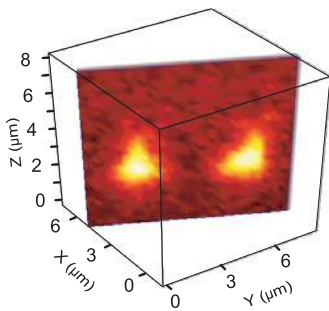
図a  
3D ラマンイメージ



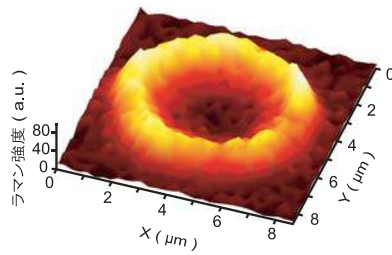
図b  
深さ方向X-Y断面イメージ



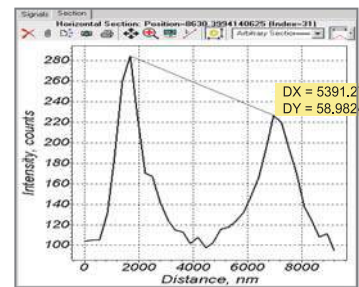
図c  
X-Y断面の俯瞰図



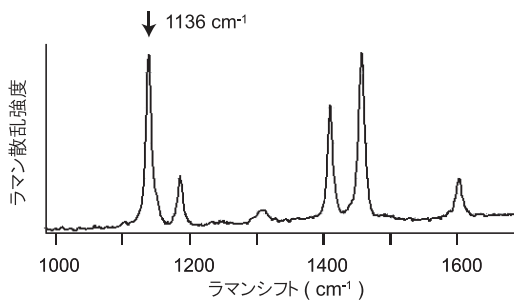
図d  
任意の場所・角度に対する断面図



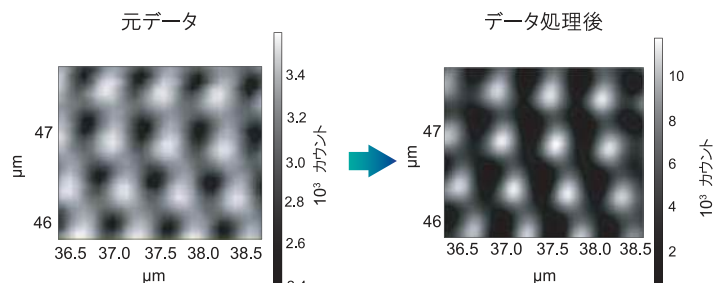
図e  
色および高さで表示された  
擬似3D強度イメージ



図f  
図c中の白線Bに沿った断面強度  
プロファイルおよび距離計測



図g 自己集合化液晶のラマンスペクトル(図c中の点A)



図h 2Dイメージのデコンボリューション応用例(Siデバイス)  
形状とサイズが効果的に補正を受けているのが見て取れます。

# AFM・ラマン顕微分光

共焦点ラマン顕微分光システム Nanofinder® HE にAFMを組み合わせることで、試料の同位置のAFMトポグラフとラマンイメージを同時に測定することができます。

AFMによるトポグラフィーとラマン分光による化学組成の相関データが得られることから、半導体デバイスの欠陥やカーボンナノチューブの分析、異物の検出などに有効活用できます。また、AFMの異なる測定モード(位相モード、横振動モード)やAFM派生顕微鏡(ケルビンプローブFMや電流計測AFM)、さらにSTMと組み合わせても共焦点ラマン顕微分光との同時マッピング測定が可能です。

Nanofinder®HEと合わせて使用されるAFMは、共焦点ラマン顕微鏡と簡単に共同して測定できる特別設計です。1300 nmの赤外レーザー光を用いた光てこ方式AFMフィードバック制御システムが、ラマンスペクトルの測定を妨害することはありません。

また、本AFMは操作が簡単な全自動で、探針や試料の交換も簡単にできます。

長時間の測定中においてもドリフトがほとんど起こらない、高い安定性も持ち合わせています。

## AFM・ラマン顕微分光のポイント

### ▶▶ AFMと共焦点ラマン顕微分光による同時・同位置測定\*

## 1台で反射型・透過型のどちらのAFM・ラマン配置にも対応可能\*

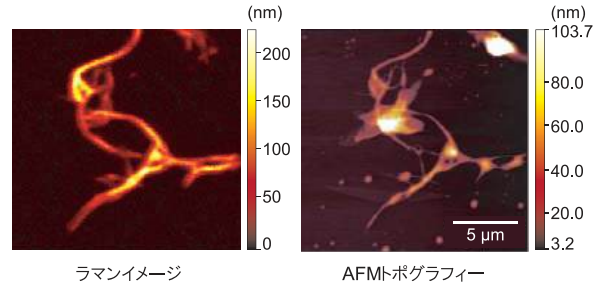
既存のAFM・ラマン顕微鏡の多くは、反射型あるいは透過型いずれかの専用設計で、反射型、透過型両方の光学配置をとることはできません。一方、Nanofinder®HEは、1台で反射型、透過型のどちらの光学配置にも対応し、容易に切り換えができます。

## 顕微分光用に最適なAFMシステム\*

ラマン測定を妨害しないように、光てこモニター光の波長は1300 nmを採用しています。また対物レンズは、AFMヘッドに内蔵されていないので、容易に対物レンズの交換(レボルビング)が可能です。AFMヘッドのスライド移動により、サンプル交換が容易です。また、すばやく共焦点ラマンからAFMラマンへ切り換えができます。

## 作業距離の短い高NA対物レンズも使用可能\*

Nanofinder® HE の AFM は共焦点ラマン顕微鏡との同時測定を前提にした特別設計で、試料や探針に対して対物レンズを柔軟に選択することができます。例えば、作業距離の短い 100×NA0.7 の対物レンズを不透明試料の上部から、また、100×NA1.3 の対物レンズを透明試料の下部から使用して AFM とラマン顕微分光の同時測定が可能です。高 NA 対物レンズが使えるため TERS 測定にも最適で、空間分解能 50 nm のラマンイメージを得ることも夢ではありません。



カバーガラス上カーボンナノチューブのAFM-ラマン同時・同部位測定

■ 測定条件

ラマン励起レーザー波長：473 nm、顕微鏡対物レンズ：100×0.9

AFM：透過型配置・ノンコンタクトモード

## 光てこ自動アライメント機構

AFM 測定に先立ち、光てこ用レーザーとカンチレバー、光位置検出器のアライメントが自動ですばやく行われます。その他、共振条件の検出やフィードバック制御の調整、探針の試料へのアプローチを全自動で行えるため、初心者の方でも数分で AFM マッピング結果を簡単に得ることができます。

## 先進的試料位置調整機構

Nanofinder® HE の AFM はモーター駆動 XY 試料ステージを搭載しており、どこからでも容易に試料上の目的の点へ移動したり、点間を往復することができます。共焦点ラマン顕微分光マッピングには、静電容量センサーを搭載した高精度フィードバック回路付 XYZ ピエゾステージを利用します。試料の正確な位置出しをモーター駆動 XY ステージが担い、ピエゾ駆動 XYZ ステージが高精度イメージマッピングを実現します。

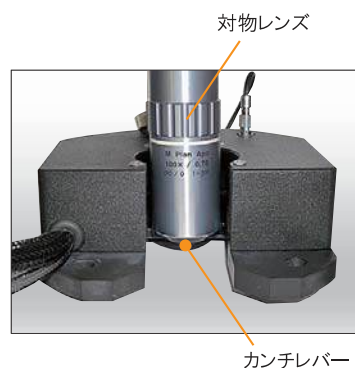
## ラマン励起光スポット・AFM探針位置調整機構

フィードバック回路付対物レンズスキャナの採用により、AFM ヘッドの位置を微調ねじで大まかに合わせた後は励起レーザー光スポットと AFM 探針先端のアライメントをレーザー走査機構により、正確に行うことができます。

## 真正ノンコンタクトモード

300 MHz デジタル信号プロセッサ (DSP) の採用により、真正ノンコンタクトモードによる AFM 測定が可能です。ノンコンタクトモードは、探針振動振幅を抑えて測定することで試料や探針の接触によるダメージを防ぐことができるため、脆弱な試料や AFM プローブを用いた測定に最適です。

また、探針と試料間との距離を変えながらラマン測定が可能です。



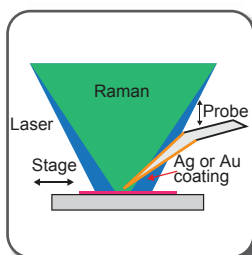
AFM-ラマン顕微分光反射型光学配置



AFM-ラマン顕微分光透過型光学配置

# 共焦点ラマン顕微鏡の構成例\*

## 正立型構成



AFMモデル:

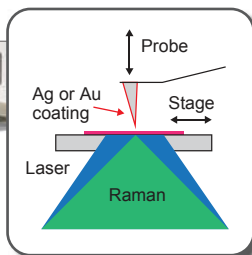
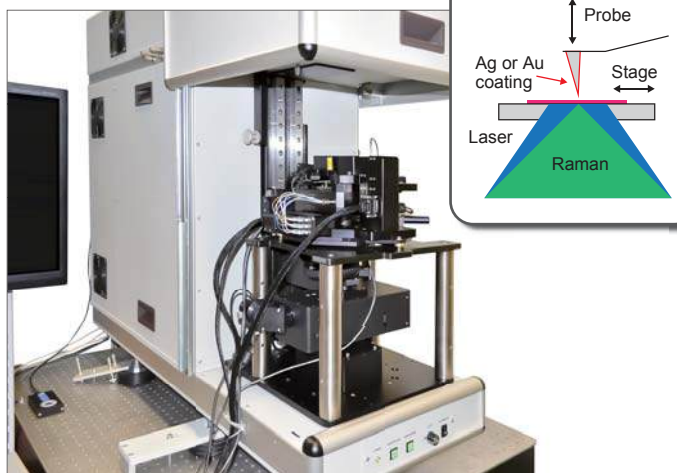
**AIST-NT SmartSPM 1000 + HE002ヘッド**

AFM探針・ラマン励起光共に試料上方から導入  
不透明試料測定用の構成

- 高共振周波数スキャナが使用可能 (X,Y:~7 kHz、Z:~15 kHz)
- 真正ノンコンタクトモード測定に最適
- 高速AFMマッピングが可能

**反射型TERS測定に応用可能**

## 倒立型構成



AFMモデル:

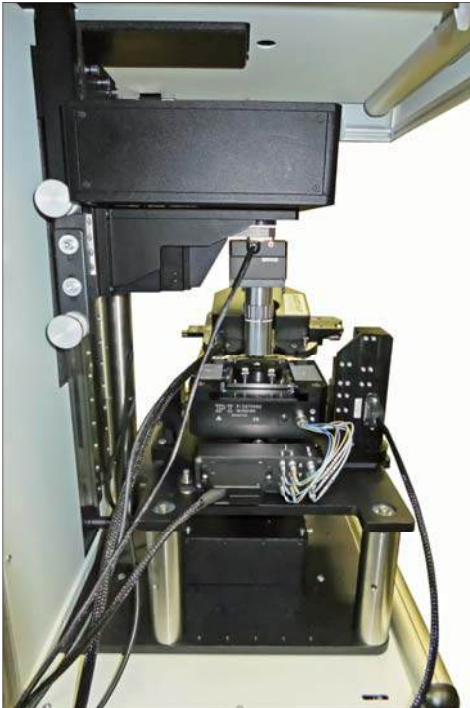
**AIST-NT CombiScope 1000 + HE001ヘッド**

AFM探針は試料上方から、  
ラマン励起光は下方から導入  
カバーガラスなど薄い透明基板上的試料測定用の構成

- 高NA(最高1.3まで)対物レンズを使用可能
- 試料を動かさことなく対物レンズを交換可能

**透過型TERS測定に応用可能**

All-In-One構成\*



AFMモデル:

AIST-NT CombiScope 1000 + HE002ヘッド

AFM探針は試料上方から、

ラマン励起光は上下両方から導入可能

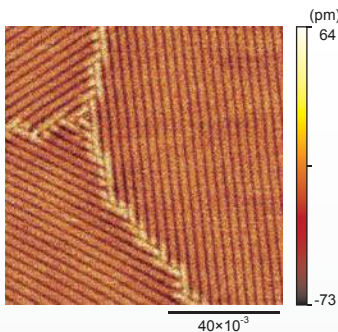
さらに、励起光の導入方向は数秒で切換え可能

透明試料にも不透明試料にも適用できる構成

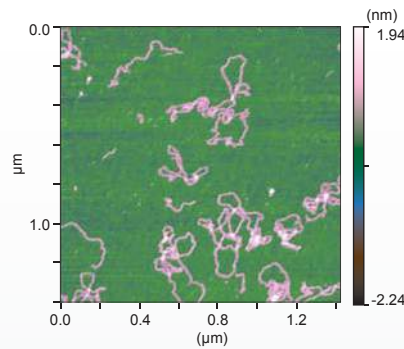
- 汎用性(反射型・透過型配置のどちらも適用可能)
- カンチレバーセンサーを用いた透過型SNOM測定が可能

反射型・透過型TERS測定共に応用可能

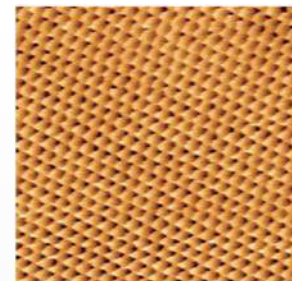
高性能走査プローブ顕微鏡 AIST-NT SmartSPM 1000 : 測定例



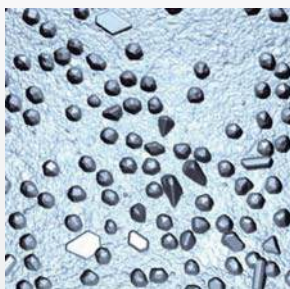
HOPG上C<sub>28</sub>H<sub>58</sub>分子試料の100 nmトポグラフ  
Z範囲: 1.3 Å。非接触型モードによる測定



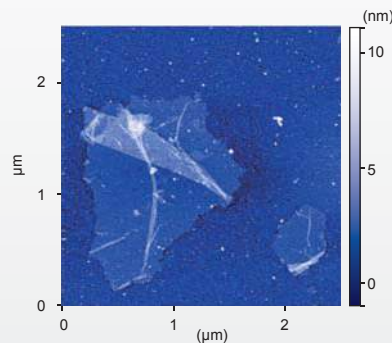
プラスミドDNAの1.4マイクロメートルトポグラフ  
緩衝液中における準接触モードによる測定



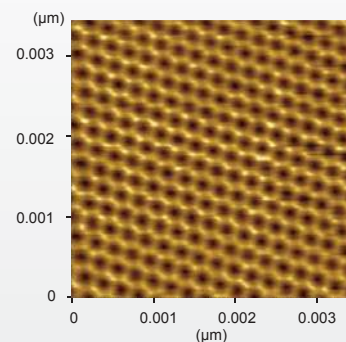
HOPGの原子分解能水平力顕微鏡(LFM)イメージ  
3 nm スキャン、フーリエ空間におけるフィルタリングなし



金属表面上に固定された  
130 nm銀粒子のトポグラフ



修飾マイカ基板上に担持された単層酸  
化グラフェン片のAFMトポグラフ



HOPGの原子分解能STMイメージ  
定電流モードで測定

# 探針増強近接場ラマン顕微分光

探針増強ラマン分光(TERS)を用いれば光の回折限界を大きく超えてラマンスペクトル・イメージを得ることができます。金属コートされた鋭利な探針の先端部分(10~30 nm)の近接場においてラマン散乱が増強されます。東京インスツルメンツは、世界で初めて反射型配置TERSイメージングシステムを商品化しました。

## 探針増強近接場ラマン顕微分光のポイント

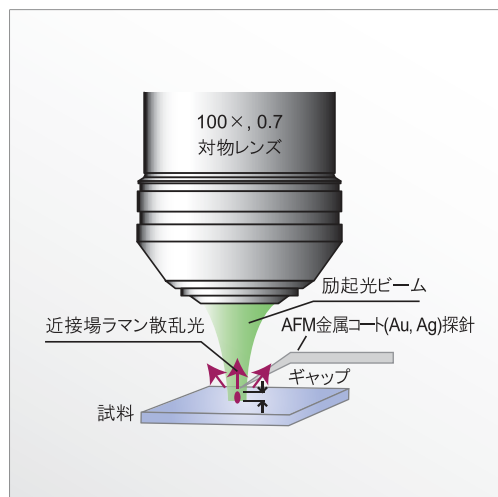
### 》 TERS: 探針増強ラマン分光

AFM金属コートプローブを用いた 50 nm 以下の高空間分解能を持つ近接場ラマン分光法

## 測定原理

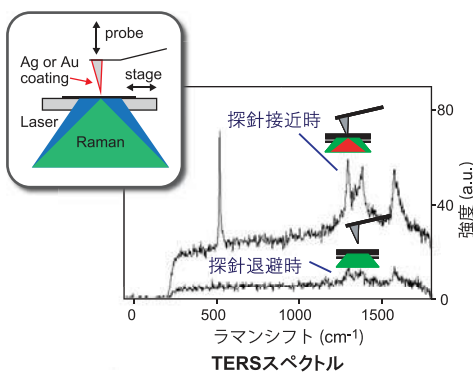
TERS測定用の基本構成は、探針を除いてAFM-ラマン顕微分光測定用の構成と同じです。TERS測定用のAFM探針は、AFM-ラマン顕微分光に用いられるSi探針に金、あるいは銀のコーティングを施したものです。まずAFM探針が試料表面に接近すると、フィードバック制御システムにより探針先端と励起光スポットの位置が正確に合わせられます。適当な条件が整うと探針の先端に局在表面プラズモンが誘起されます。この局在表面プラズモンが探針付近 10~30 nmの領域からの近接場ラマン散乱光を数千倍に増強すると考えられています。

このようにして回折限界を大きく超える空間分解能でラマンスペクトル・イメージを得ることが可能になります。

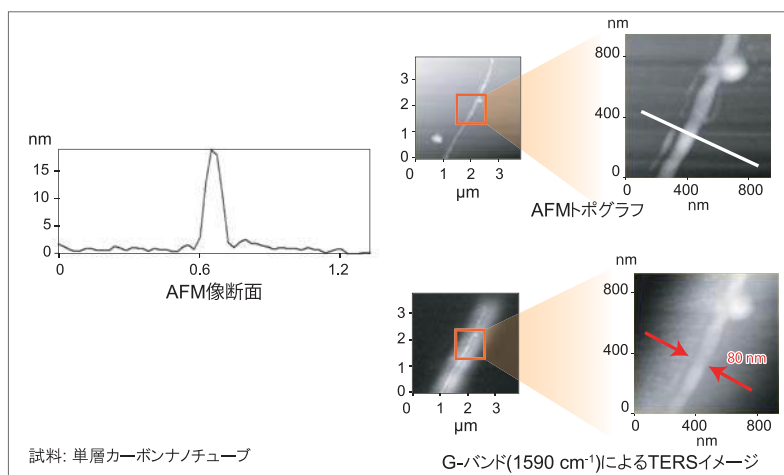


## 透過型配置によるTERS測定

透過型配置はカーボンナノチューブや生体細胞など、カバーガラス上の試料を測定するときに用いられます。



試料：  
カバーガラス上のPPNポリマーナノ粒子 (50~100 nm)  
試料・データ提供：東北大学 福村研究室



試料：単層カーボンナノチューブ

AFMトポグラフィとTERイメージの同時・同部位測定

## 反射型配置によるTERS測定

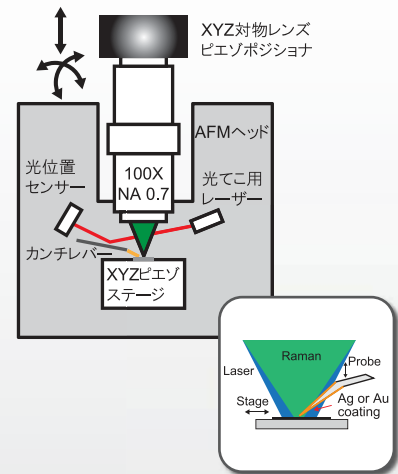
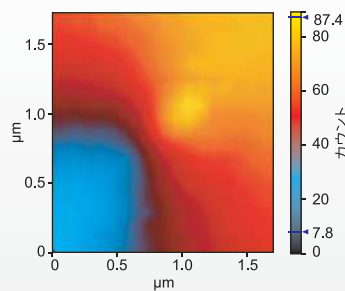
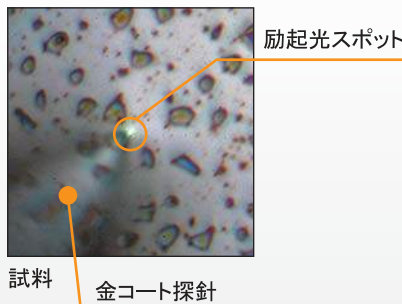
不透明試料のTERS測定は反射型配置でのみ可能です。

本方式は、Si基板上的カーボンナノチューブなど、凹凸の大きくない試料に適用できます。また、グラフェンや種々のナノ結晶、Siの歪み構造などのTERS測定には反射型配置が適しています。

### 励起光スポット – AFM 探針位置調整

TERS測定では、励起光スポットがAFM探針先端の特定の部位に位置していることが重要です。

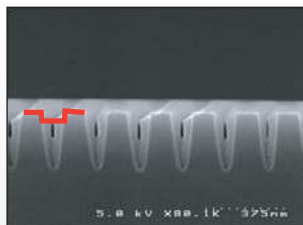
フィードバック制御ピエゾスキャンシステムにより励起光スポットとAFM探針の位置を的確に合わせるすることができます。



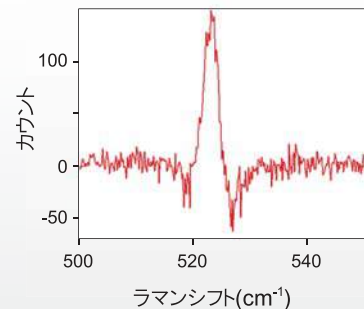
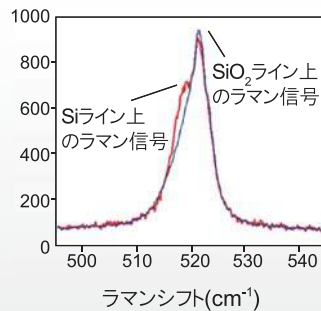
■AFM探針周辺の顕微鏡イメージ  
高NA(0.7)の対物レンズの使用により、  
AFM探針の裏側にある試料領域も  
目視できます。

対物レンズスキャナによる励起光スポットの掃引により得た、AFM探針先端周辺のSiウエハのラマンイメージ(520  $\text{cm}^{-1}$ のピークによる)。励起光スポットがある特定の領域にあるときにラマン散乱が増強されていることが明瞭に分かります。

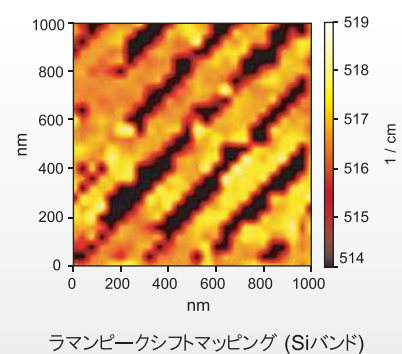
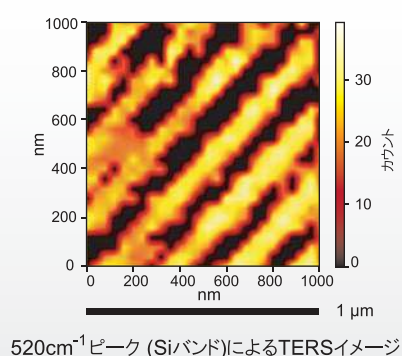
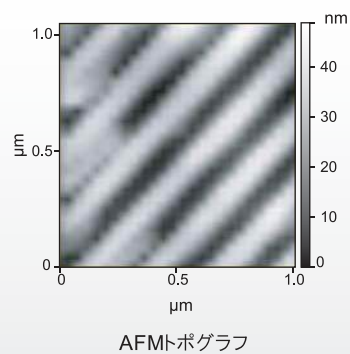
### TERSスペクトル



試料: Si / SiO<sub>2</sub> ライン・スペース100 nm



### 同時AFMトポグラフィー・TERSイメージとラマンピークシフトによるSiの歪みマッピング



## 仕様

### システム構成

All-In-One デバイス	光学ユニット、分光器、顕微鏡、マルチレーザーシステム、コントローラーを全て一つの筐体の中に集約
グラナイトフレーム	卓越した光学的安定性を実現
マルチ構成顕微鏡	正立・倒立・透過型配置が全て選択可能 明視野・蛍光観察モード(オプション)、LED照明、 対物レンズ回転タレット、モニター用 CCD カメラ、付属 対物レンズ：100×(NA0.7)、100×(NA0.95)、60×(NA0.9)、10×;各種選択が可能 正立型顕微鏡配置での共焦点ラマン測定の場合、対物レンズのレボルビングが可能
スキャナ	ピエゾステージ (XYZ)・ステッピングモーターステージ (XY)・AFM 専用ステージ
ラマン励起レーザー	3 波長までビルトイン、外部ポート ×1
分光器	グラナイト基板上に構築 (f = 55 cm、出射ポート ×2、電動交換式タレット上に回折格子 ×3)
光検出器	冷却式 CCD・EMCCD 検出器 (可視ラマン分光)、 InGaAs 検出器 (近赤外ラマン分光・フォトルミ分光)、 アバランシェフォトダイオード + 時間相関光子数計測 (蛍光寿命顕微イメージング)
PC	コンピュータ、液晶ディスプレイ (AFM 構成では 2 台)
ソフトウェア	先進的な Nanofinder <sup>®</sup> ソフトウェアセット

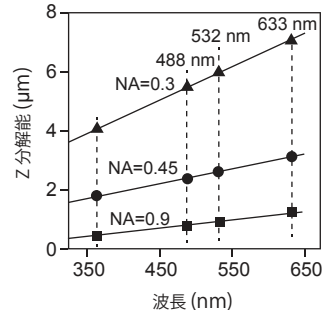
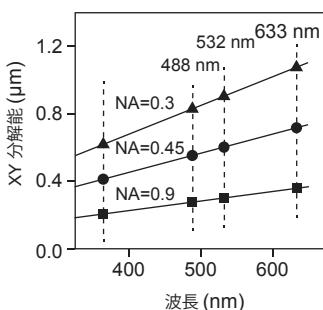
### 3D 共焦点ラマン顕微分光

マッピング範囲	ピエゾステージにより 100×100×20 μm ※ 標準仕様 300×300×100 μm までの大きなステージもお選びいただけます。
マッピング速度	1 測定点あたり 3 ms 以下 (全ラマンスペクトルデータを含む。CCD の AD 変換レート : 3 MHz)

### 空間分解能 (代表値)

レーザー波長 (nm)		473	532	785
対物レンズ 100×NA0.95(大気中)	X Y 軸方向 (nm)	200	220	500
	Z 軸方向 (nm)	500	550	850
対物レンズ 150×NA1.25(水浸)	X Y 軸方向 (nm)	180	220	—
	Z 軸方向 (nm)	400	450	—

※ 共焦点レーザー反射顕微鏡による測定  
XY 軸方向：端面応答立上がり 10 ~ 90% 域の幅、Z 軸方向：水平面応答の半値全幅

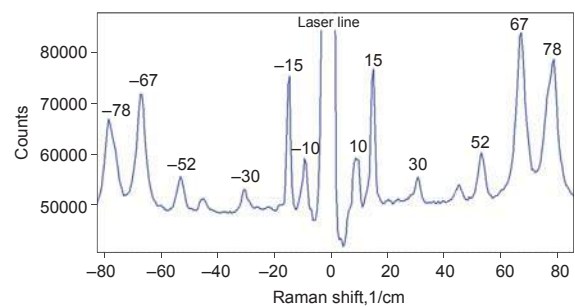


理想的共焦点ラマン顕微鏡における空間分解能と励起光波長の関係

### 測定可能ラマンシフト範囲

レーザー波長 (nm)	473	532	785
波数範囲 (cm <sup>-1</sup> )	<150 ~ >4,000	<60 ~ >4,000	<60 ~ >3,000

※ 低波数測定 (<10cm<sup>-1</sup>) オプションあり



### 波数分解能：輝線の半値全幅

回折格子 (G/mm)	1800	75(エシエル)
波数分解能 (cm <sup>-1</sup> )	0.8	0.25

※値は下記条件における  
1. CCD受光面中央において  
2. 分光中心波長 550 nm  
3. CCDピクセルサイズ 16×16 μm<sup>2</sup>

### 分光精度：CCD 1 ピクセル以内

回折格子 (G/mm)	1800	75(エシエル)
波数分解能 (cm <sup>-1</sup> )	0.43	0.1

※値は下記条件における  
1. 分光中心波長 550 nm  
2. CCDピクセルサイズ 16×16 μm<sup>2</sup>

## 励起レーザー

波長範囲	244 nm ~ 1.06 μm
ビルトインレーザー搭載数	最大で3台まで
外部レーザー用入射ポート	1ポート

## 標準レーザー (ラマン分光用 CW レーザー)

レーザー波長 (nm)	473	532	785	632.8
出力 (mW)	20	50	80	32
空間モード	TEM <sub>00</sub>			
M <sup>2</sup>	<1.1		<1.2	<1.1
線幅 (MHz)	<10		<50	<160
偏光	直線			

※ その他、波長も対応

## 蛍光寿命イメージ顕微鏡 (FLIM) 用ピコ秒ダイオードレーザー

波長範囲 (nm)	375 ~ 640
パルス幅 (ps)	40 ~ 90
繰返し周波数 (MHz)	20 ~ 80

## 分光器

光学配置	ツェルニターナ型
焦点距離	550 mm
入射スリット	独立制御モーター駆動直交スリット可変幅 0 ~ 2 mm
出射ポート	2ポート
モーター駆動	回折格子 3 枚搭載可能
回折格子ラインナップ	150, 300, 600, 1200, 1800, 2400, 3600 G/mm, エシエル (75 G/mm)

## 分光性能

回折格 (G/mm)		600	1800	75(エシエル)
CCD 受光面上の 分光範囲	(nm)	75.5	21.4	4.8
	(cm <sup>-1</sup> )	2509	708	159
分散	(nm/ピクセル)	0.047	0.0134	0.0031
	(cm <sup>-1</sup> /ピクセル)	1.55	0.44	0.1

※ 値は下記条件における

1. 分光中心波長 550 nm
2. CCD ピクセルサイズ 16×16 μm<sup>2</sup>
3. CCD 水平画素数 1600 ピクセル

### ● 自動スペクトル校正機能:

スペクトル標準としてホロカソードランプを搭載、ソフトウェア自動校正によりユーザーの手を煩わせません。

### ● グラナイト基盤:

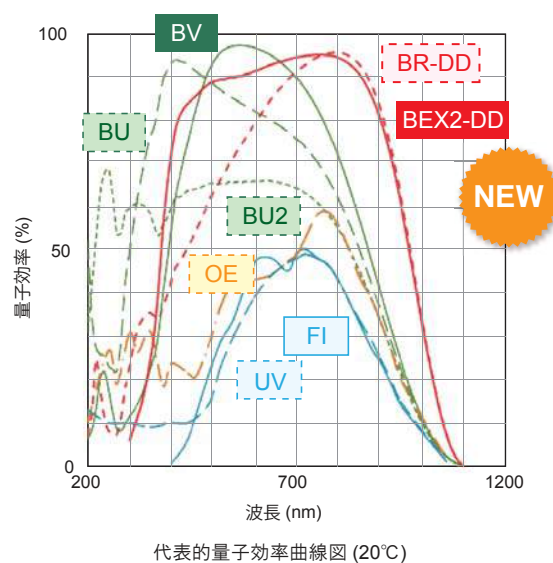
高い熱的・経時的安定性を実現。

## 光検出器

### 冷却 CCD(EMCCD) 検出器

冷却温度	-100 °C (水冷)、-80 °C (空冷)
DU970P EMCCD	電子増倍 (1 ~ 1000) 機能付ハイエンドモデル 高速 3 MHz AD コンバーター搭載 ※ 高速・高感度測定に最適です。
DU920P CCD DU940P CCD	高速 3 MHz AD コンバーター搭載 ※ 高速測定に適します。
DU401A CCD DU420A CCD	100 kHz AD コンバーター搭載 ※ 廉価モデル

	有効画素数 (ピクセル)	画素数サイズ ( $\mu\text{m}^2$ )	BU/BU2	BEX2-DD	BV	BR-DD	FI	OE	UV	UVB
DU970P EMCCD	1600×200	16×16			●		●		●	●
DU920P CCD	1024×255	26×26	●	●	●	●		●		●
DU940P CCD	2048×512	13.5×13.5	●		●		●		●	●
DU420A CCD	1024×255	26×26	●	●	●	●		●		●
DU401A CCD	1024×127	26×26			●	●	●			



### 冷却 InGaAs アレイ検出器

波長範囲	800 nm ~ 2.2 $\mu\text{m}$
有効画素数	1024 × 1 (512 × 1) ピクセル
ピクセルサイズ	25 × 250 $\mu\text{m}^2$
冷却温度	-90 °C (水冷)、-70 °C (空冷)

### アバランシェフォトダイオード (APD) 光子計数・蛍光寿命イメージ顕微鏡 (FLIM) 用

波長範囲	350 ~ 900 nm
時間分解能	40 ~ 60 ps
電子冷却	あり

## オプトメカニクス

レーザーユニット	ビームエキスパンダ、レーザーラインフィルター、偏光調整用波長板を搭載
レーザーシャッター	コンピュータ制御
電動式励起レーザー切換機構	可
電動式 ND フィルタホイールによる励起パワー制御	OD 0 ~ 6
電動式ビームエキスパンダ切換ホイール	4 波長まで対応
励起光偏光調整	グランティラープリズム
電動式偏光方向制御	$\lambda/2$ 板、4 波長まで対応
電動式ラマン用フィルター切換	標準 3、最大 4
電動式検光子	グランティラープリズム
電動式グランティラープリズム導入・退避機構	可
電動式ホロカソードランプ導入・退避機構	可
電動式共焦点ピンホール用対物レンズ切換機構	3 種類 (紫外・可視・近赤外用対物レンズ) まで対応可能
電動式共焦点ピンホール光軸アライメント機構	可
ミラーオプション	350 ~ 1100 nm 用コーティングミラー、244 ~ 2300 nm 用 Al ミラー

## 走査ステージ (共焦点のみ)

ピエゾステージ	走査範囲	100 μm (X,Y)、100 μm (Z)( オプションとして 300×300×100 μm まで可能 )
	フィードバック	静電容量センサー
	分解能	5 nm
	再現性	5 nm
ステッピング モーターステージ	走査範囲	50 mm (X,Y)
	分解能	2 μm
	再現性	2 μm

## AFM システム

測定モード	同時ラマン測定可	Contact AFM in air, Semicontact AFM in air, True Non-contact AFM Phase Imaging, Lateral Force Microscopy (LFM), Force Modulation, Single-pass Kelvin Probe, Piezo Response Force Microscopy (PFM) オプション: Contact AFM in liquid, Semicontact AFM in liquid, Conductive AFM STM, Photocurrent Mapping
	その他	Top Mode, I-Mode, Magnetic Force Microscopy (MFM), Kelvin Probe (Surface Potential Microscopy), Capacitance Microscopy (SCM), Electric Force Microscopy (EFM), Single-pass MFM/EFM ( "Plane Scan" ), Force Curve Measurements, PFM-Top Mode, Nanolithography, Nanomanipulation オプション: Volt-ampere Characteristic Measurements
測定方式	光てこ方式 (カンチレバー背面に斜めより、直接照射)	
光てこ (AFMフィードバック制御)用 レーザー波長	1300 nm	
走査方法	試料ステージを駆動	
制御方法	XYZ デジタルフィードバック	
インターフェイス	USB 2.0	
レーザーアライメント	4つのステッピングモーターにより全自動	
探針の試料アプローチ	ステッピングモーターにより全自動	
励起レーザー - SPM 探針の 高精度アライメント	静電容量センサー付 XYZ スキャナによる対物レンズ位置調整 X×Y×Z = 30×30×15 μm(±10%) ※スキャン範囲は対物レンズによる	

型名	SmartSPM™1000+HE002	CombiScope™1000+HE001	CombiScope™1000+HE002
組み合わせ可能顕微鏡構成	正立顕微鏡	倒立顕微鏡	正立顕微鏡 倒立顕微鏡 透過顕微鏡
レボルバによる対物レンズ切換	可	不可	正立顕微鏡: 可 倒立顕微鏡: 不可
AFM-ラマン測定に 使用可能な最大NA対物レンズ	100×0.7	100×1.4 油浸	100×0.7(上) 100×1.4 油浸(下)
SPMヘッド位置調整範囲(X×Y,mm)	手動 12.7×12.7	電動 1.6×1.6 mm、分解能 1 μm	電動 1.6×1.6 mm、分解能 1 μm
試料寸法(X×Y×Z,mm)	40×50×15	標準的プレパラート試料	40×50×15
試料位置調整範囲(X×Y,mm)	電動 5×5、分解能 1 μm	手動、25×25	手動、25×25
走査範囲(X×Y×Z,μm)	100×100×15	100×100×20	100×100×20
試料ステージ共振振動数 (無負荷時,Hz)	XY: 7000 Z: 15000	XY: 450 Z: 1100	XY: 450 Z: 1100
最大スキャン速度(ライン/秒)	50	2	2
光てこ測定誤差(nm)	<0.1	<0.03	<0.1
システムノイズ(nm,rms) F.B.: フィードバック	XY:<0.1 (F.B.ON) <0.02 (F.B.OFF) Z:<0.04 (F.B.ON)	XY:<0.1 (F.B.ON) <0.02 (F.B.OFF) Z:<0.1 (F.B.ON)	XY:<0.1(F.B.ON) <0.02(F.B.OFF) Z:<0.1(F.B.ON)
液中での動作	不可	可 (オプション)	不可

※ 高共振振動数 (1.2 MHz) カンチレバー使用時 試料: HOPG、掃引範囲: 8 μm

## オプトメカニクス

OS	Microsoft® Windows7®	
サポート言語	日本語、英語、中国語、韓国語 (メニュー表示のみ)	
ソフトウェアパック内容	Nanofinder®HE メイン制御・解析プログラム	
	ピークフィッティング	最大で5つまでのラマンバンドをローレンツ関数・ガウス関数でフィッティング
	デコンボリューション	1D・2D データ処理
	AIST-NT SPM 制御ソフトウェア (AFM・ラマン構成時)	
搭載する制御機能	全光学系の電動制御	
	分光器のポート選択、回折格子タレット、分光波長の制御	
	スペクトル標準ランプの制御と自動スペクトル校正	
	光検出器・スキャンステージ (AFM スキャナを含む) の制御	
	モニター用 CCD による試料の顕微画像からマッピング領域を直接選択可能	
	スキャン中に複数検出器からの出力を同時取込み可能 (AFM トポグラフィーとラマンスペクトルの同時測定など)	
	高速スキャンアルゴリズム	
搭載する解析機能	マッピングモード	任意の点、1D(任意のライン)、2D、3D スキャン測定可能。 全測定点のスペクトルデータが保存されます。
	スペクトル解析	フィルター処理、ベースライン補正、スループットの規格化、 ローレンツ・ガウス関数フィッティング、スペクトルの四則演算など、 各種スペクトル解析ツールが使用できます。
	イメージディスプレイ	1点測定、時間依存性、1D、2D、3D データの表示が可能です。 また、イメージの回転、拡大縮小、任意の線・面による断面図の表示なども可能です。
	イメージ・データ処理	彩色、フィルター処理、各種データ処理機能 (ピーク面積強度、ピーク位置シフト、 バンド幅、蛍光寿命などの算出)、イメージの四則演算など、 充実したイメージ・データ処理ツールが使用できます。

## PC

CPU	インテル core i 7 相当
メモリ	4 GB
HDD	500 GB
ドライブ	スーパーマルチドライブ
モニター	LCD23 インチ (AFM 構成の場合は 2 台)

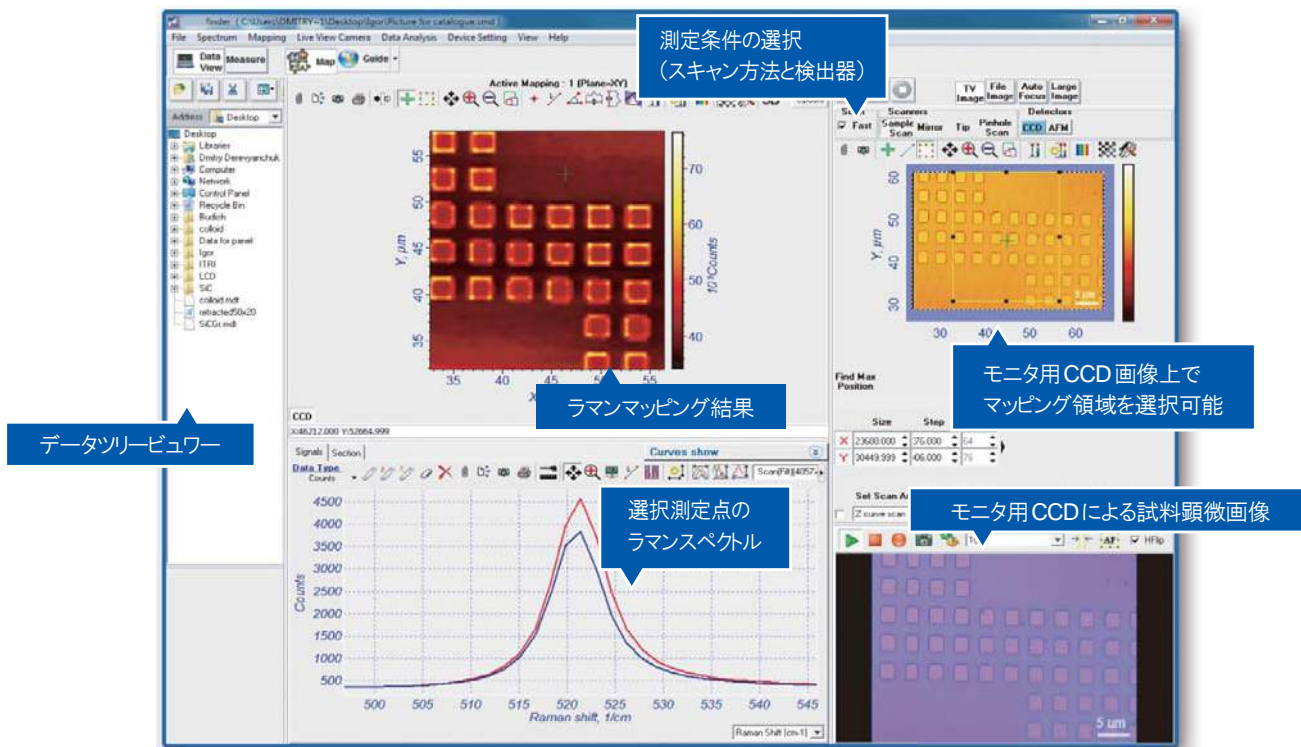
## その他

寸法 (本体)	512(W)×1215(D)×1000(H) mm
重量 (本体)	約 240 kg
光学定盤	1200×900 mm または 1500×1000 mm (He-Ne レーザー使用時)
コンピュータラック	700×700 mm
消費電力	500 VA(平均), 1500 VA(最大)

## ラマン顕微分光法の特長

- 固体・液体を問わず、様々な状態の試料に適用可
- 非破壊・非接触測定、大気下、室温での測定可
- 特別な試料の前処理が不必要
- 高い空間分解能により光の波長スケールの微小領域の観測可

## Nanofinder® HE メイン制御・解析プログラムのユーザーインターフェイス



## ラマン分光法の代表的な応用例

<b>化学構造解析</b>	結晶の応力歪みドープ効果/超格子、格子欠陥/化学結合の観測など 主な測定試料 半導体、有機物質、カーボンナノチューブ、フラーレン、ダイヤモンド、宝石鑑定、酸化物、薄膜、ガラス、液晶、太陽電池など
<b>異物の検出</b>	食品、液中の不溶物/Siウエハー/フォトマスク表面/樹脂、薄膜/ガラス内部など
<b>結晶構造解析</b>	結晶化/非晶質化/結晶層の変化
<b>腐食の評価</b>	ステンレス鋼など/各種金属材料の酸化を検出
<b>着色・変色の原因調査や研究</b>	フォトクロミック材料/発色団の同定/絵画の調査など
<b>反応プロセスのモニタ (製造プロセス管理)</b>	ポリマー重合・解離反応/触媒反応、拡散、相転移など
<b>バイオテクノロジー・医療</b>	幹細胞の細胞選別/腫瘍の検出/骨質・骨細胞の分析・診断 皮膚の状態診断/酵母の活性判定/たんぱく質の構造解析など
<b>考古学</b>	古代陶磁器/ガラス/塗料など
<b>セキュリティ</b>	印刷物の捏造/偽造物/麻薬/薬物の検出・判定



本 社：〒134-0088 東京都江戸川区西葛西 6-18-14  
大阪営業所：〒532-0003 大阪市淀川区宮原 4-1-46 新大阪北ビル  
WEB Site：<http://www.tokyoinst.co.jp/>

TEL 03-3686-4711 FAX 03-3686-0831  
TEL 06-6393-7411 FAX 06-6393-7055

- 本カタログに記載されている内容は、改良のため予告無く変更する場合があります。  
(製品の仕様、性能、価格等はカタログ発行当時のものです)
- 本カタログに記載されている内容の一部または全部を無断で転載することは禁止されております。
- 本カタログに記載されているメーカー名、製品名などは各社の商標または登録商標です。

カタログNo. NFHE-3301A  
2013-0901