



SPM初歩講習会 カンチレバの選択方法

2022.6.23

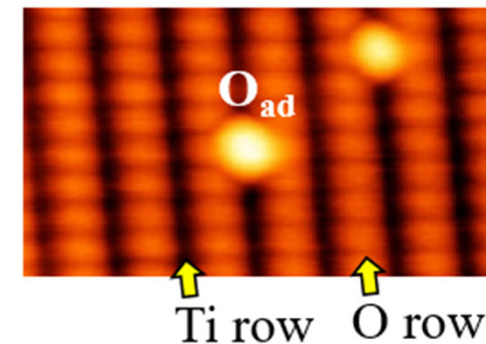


Image courtesy of Prof. Yasuhiro Sugawara and Prof. Yan Jun Li, Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, Osaka University

Image of O-TiO₂(110)-(1 × 1) surface.

Bright and dark

rows are O_{2c} and Ti_{5c} rows, respectively, and bright spot is O_{ad}. ($f_0 = 807$ kHz, $Q = 23620$, $\Delta f = -70$ Hz, $V_{DC} = 0.6$ V and $A = 500$ pm, image size: 3.5×2.0 nm²).

Experiments were performed with a home-built no contact (NC)-AFM system under ultrahigh

vacuum conditions (3×10^{-11} Torr) at 78 K, which was operated in frequency modulation (FM).

AFM probes :Nanosensors SD-T10L100, $f_0 \sim 800$ kHz

 **NANOANDMORE** ジャパン

ユーザーと歩むAFMプローブプロフェッショナル

株式会社NanoAndMoreジャパン

齋藤伸裕

NanoWorld holding



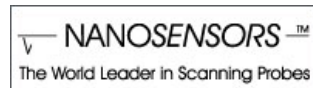
- **NanoWorld Holding AG**

- Freier Platz 10 8200 Schaffhausen Switzerland
- www.nanoworldholding.com

- **Company Data**

- Founded Nov. 2003
- Group Members 8 Companies / 6 Brands all 100% members

原子間力顕微鏡 (AFM) 走査型プローブ顕微鏡 (SPM) 用プローブ 及び関連製品の製造販売



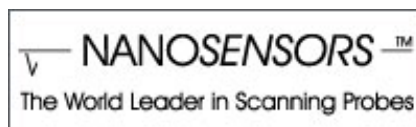
グループ製品販売



なぜ複数のブランドがあるのか？



半導体産業向け 耐摩耗性カーボン探針 ハイアスペクト
スフィア



研究開発 高性能 高精度プローブ
次世代プローブや特注対応




研究開発・産業 ルーチン測定にも使用できる
高性能プローブ



日常の測定に コストパフォーマンスに優れたプローブ



(1) カンチレバの歴史



(2) 最適なカンチレバの選択



(3) 取り扱い上の注意点



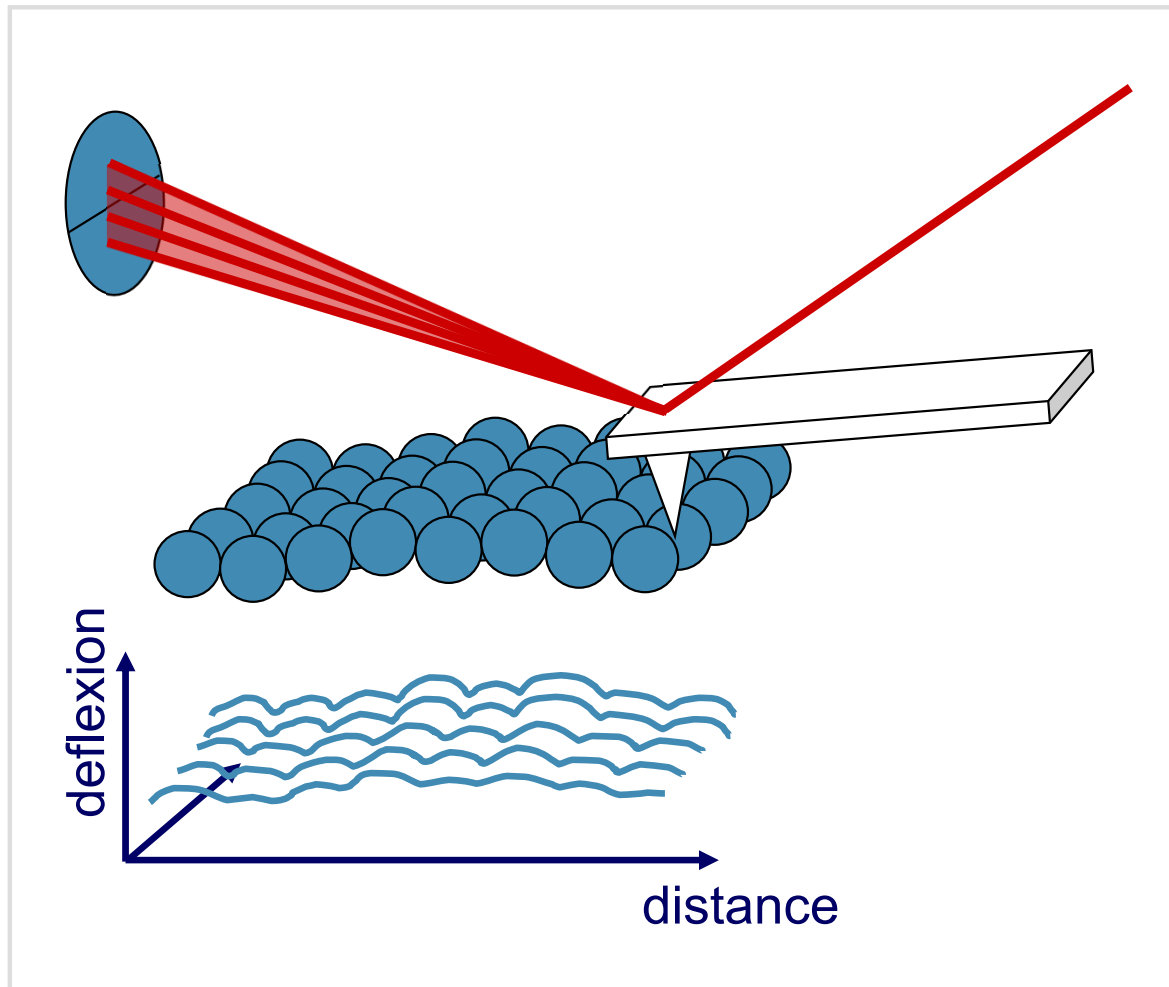
(1) カンチレバの歴史

(2) 最適なカンチレバの選択

(3) 取り扱い上の注意点

SPM/AFMとプローブ

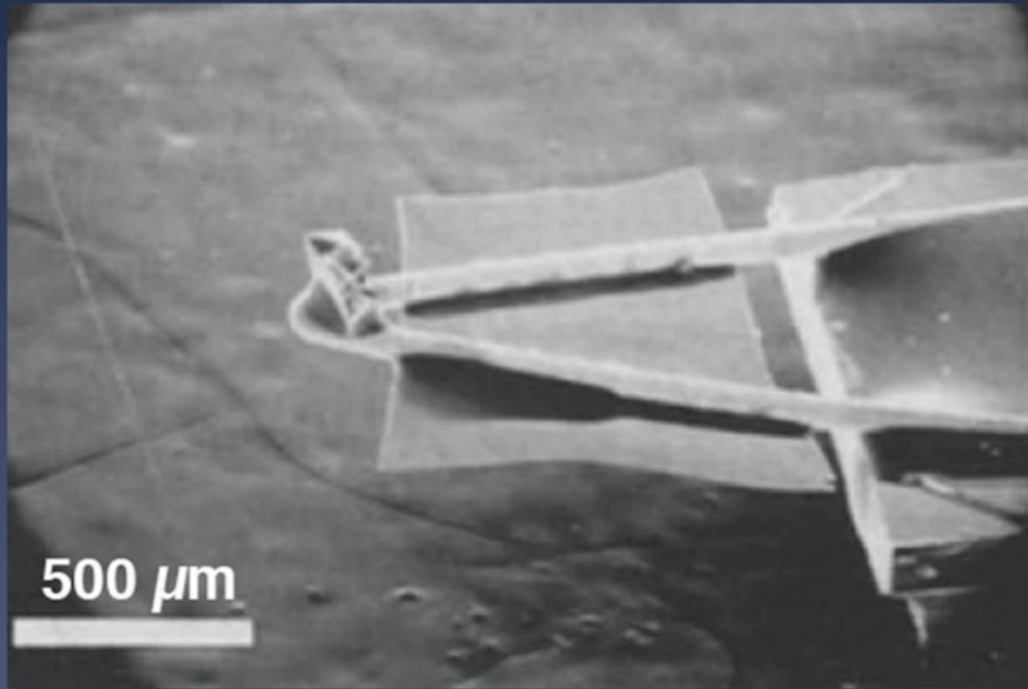
SPM (scanning probe microscopy) AFM (atomic force microscopy)



- カンチレバー先端に取り付けられた探針がサンプル表面をスキャン
- 探針-サンプル間のインタラクションによるカンチレバーのたわみを検出（スタティックモード）もしくは共振特性の変化を検出（ダイナミックモード）
- この変化を打ち消すようにZピエゾに対しフィードバックを行う

AFMプローブの誕生

Cantilevers: 1986-1990



Hansma Lab Recipe:

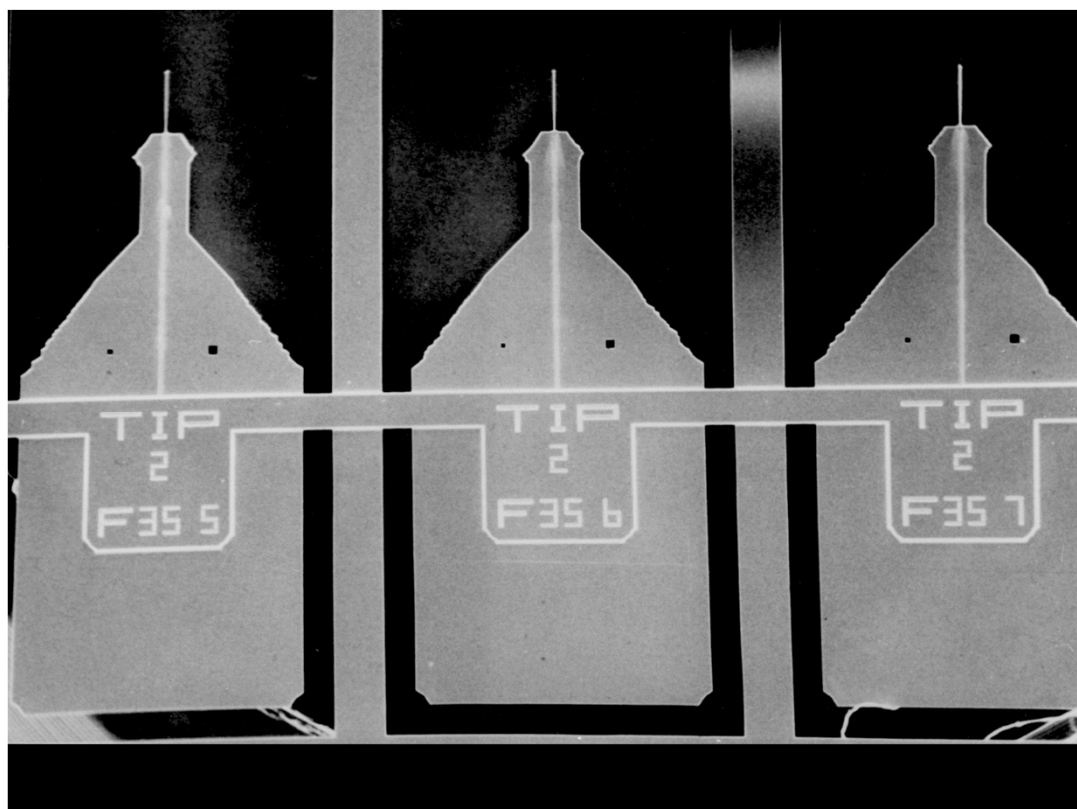
- (1) Bend fine wire into a vee and glue it to a substrate.
- (2) Blow a glass balloon and metallize it for the mirror. Glue it to the lever.
- (3) Crush a diamond and hand-glue a sharp shard to the end of the lever.

https://www.youtube.com/watch?v=S_DR_CO_BPE
**Smaller and Quieter:
Ultra-High Resolution
AFM Imaging**

量産型シリコンAFMプローブの誕生

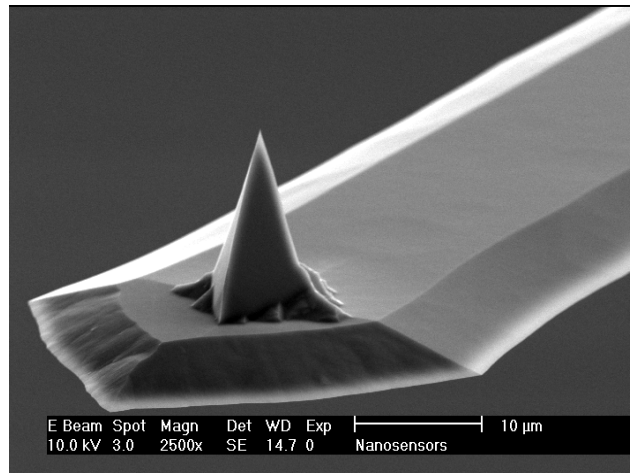
1990年

Olaf Wolter (IBM Sindelfingen) によって量産型シリコンプローブが開発される。



NANOSENSORS™ Pointprobe®

- 1990年 Olaf Wolter によってNANOSENSORS™へとつづく会社設立
- 1993年 Pointprobe® 誕生



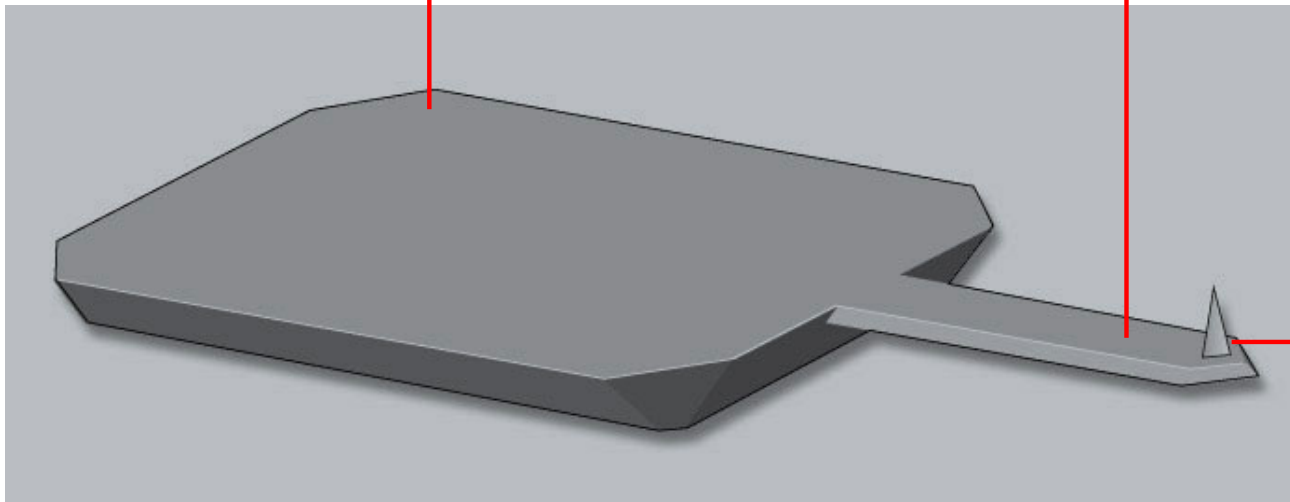
<https://www.nanosensors.com/history>

AFM/SPMプローブの概要

サポートチップ(ハンドリング部分)

サイズ: 1.6 x 3.4 mm

ピンセットでつまんでSPM/AFMに取り付けます



材質: シリコン、窒化シリコン、クォーツ

コーティング: 金、白金、コバルト、アルミニウム

カンチレバービーム (機械特性を決定する部分)

ばね定数: 0.007 – 50 N/m

共振周波数: 1 kHz – 5 MHz

典型サイズ

長さ: 7 – 500 μm

幅: 2 – 50 μm

厚さ: 0.08 – 8 μm

ティップ 探針

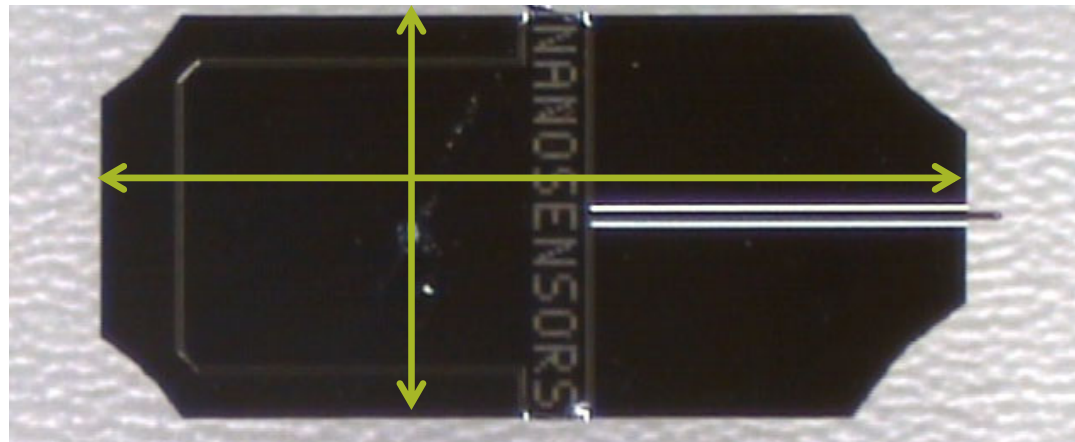
(解像度を決定する部分)

曲率半径 : 2 nm – 15 μm

探針高さ : 3 – 50 μm

プローブはAFM各社共通の消耗品です

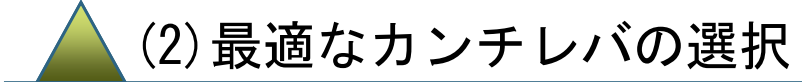
チップ部分の規格はAFM全社(ほぼ)共通!



※高共振に対応できない装置があります

※自己励振タイプ(日立/キーエンス)は対応不可

(1) カンチレバの歴史

 (2) 最適なカンチレバの選択

(3) 取り扱い上の注意点

目的に応じてカンチレバーを変えましょう！



ホイールの選...



ミニ四駆 グレードアップ...
rx-78-02.hatenablog.com



ミニ四駆】ローハイトタイヤ&...
biccamera.com · 在庫なし

関連キーワード

ミニ四駆タイヤ加工

ミニ四駆 アルミホイール

ミニ四駆 改造



お役立ち！ミニ四駆タイ...
k-hobby.com



本当に...
misojid



8...
E...
ミニ四駆初心者】タイヤとホイールの選び方！タイヤは複雑...
chibakan-yachiyo.net



適合パーツ検索結果 | タミヤ
tamiya.com



Amazon | タミヤ ミニ四駆特別企画商...
amazon.co.jp



ミニ四駆
youtube.c



イヤ2本ホ...
在庫あり



中径ホイール貫通&ハーフタイヤ製作 |...
miniyonkums.com



Amazon | 95504 タミヤ ミニ四駆...
amazon.co.jp

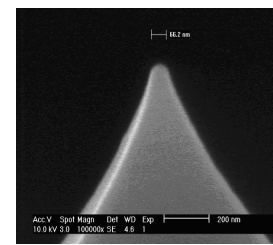
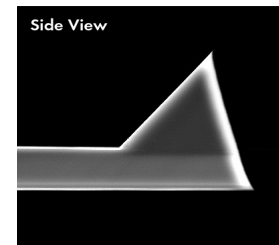
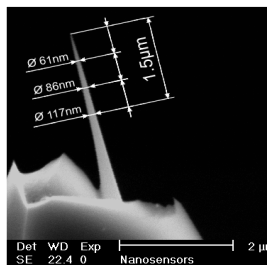
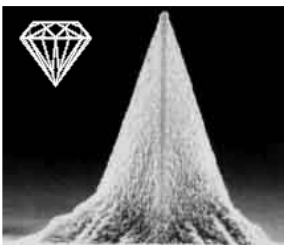
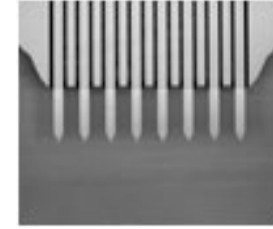
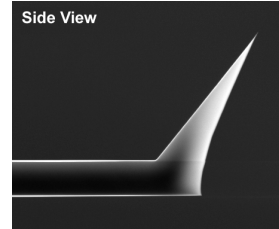
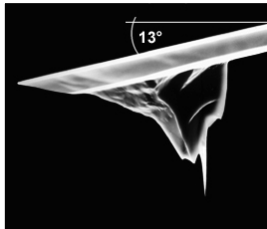
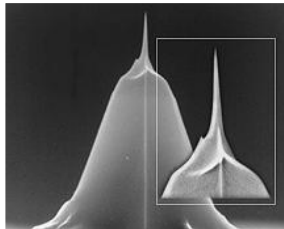
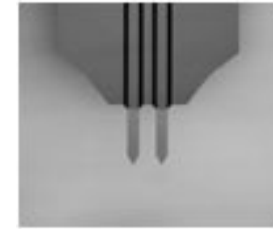
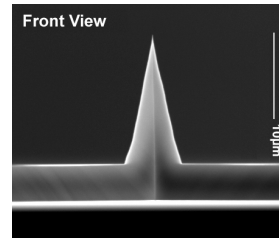
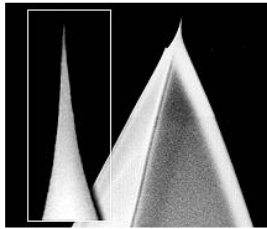
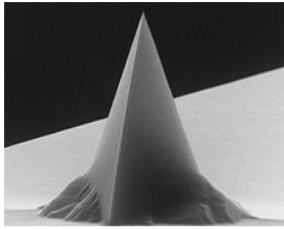


ミニ四駆 タイヤ・ホイール...
biccamera.com



楽天市場】ミニ四駆 タイヤの...
search.rakuten.co.jp

目的に応じてカンチレバーを変えましょう！



Pointprobe® Series

AdvancedTEC Series

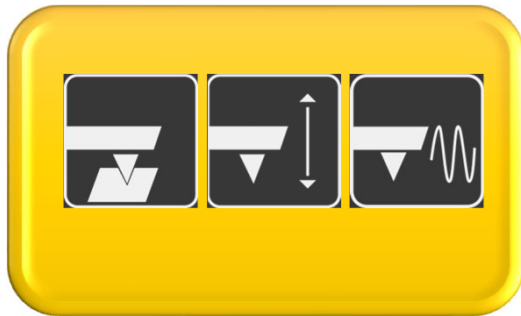
Tipless Arrays

Arrow™ Series

SiN Series

何を選べば……???

プローブは全部で800種類以上あります！



測定モード

タッピング？コンタクト？
電気測定？ 摩擦？ 粘弾性？



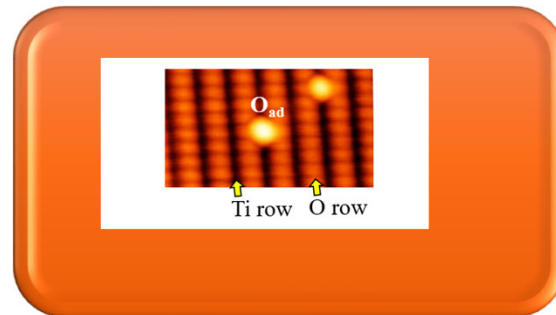
測定環境

大気中？液中？



サンプル

金属？ポリマー？生体？



必要とする面分解能

数十nm？ サブnm？



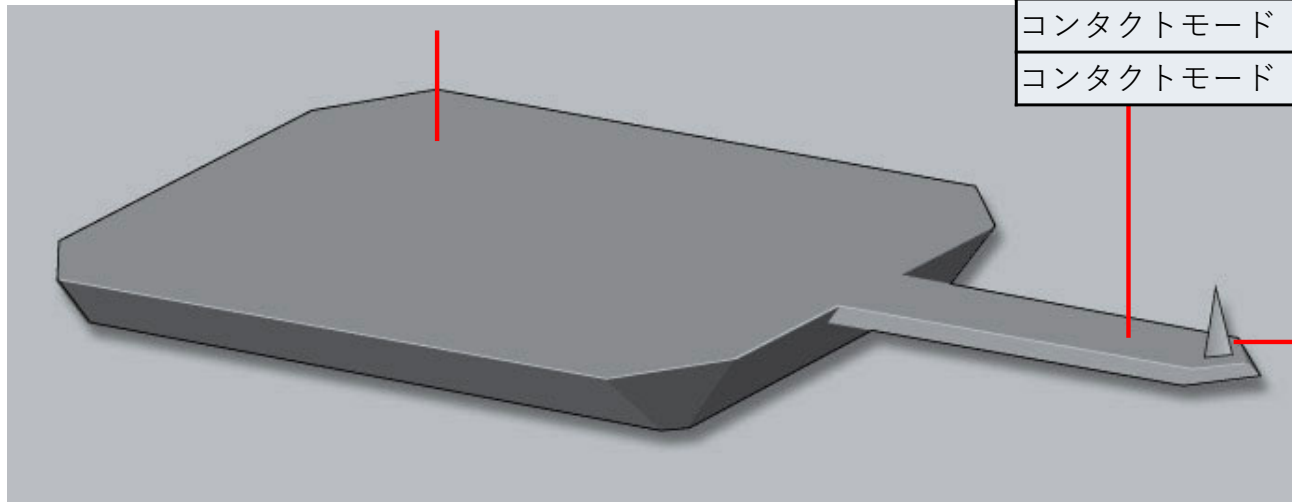
コスト

プローブのパラメータ

サポートチップ(ハンドリング部分)

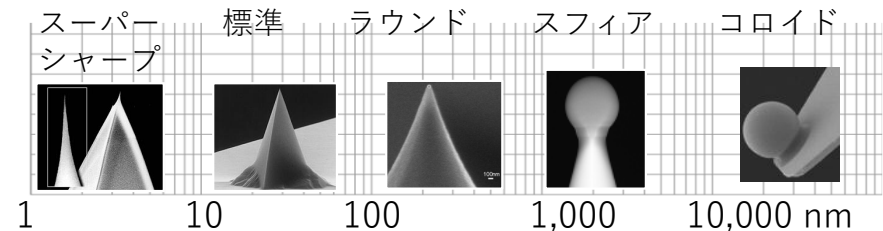
サイズ:1.6 x 3.4 mm

ピンセットで掴んでSPM/AFMに取り付けます



ティップ 探針の曲率半径

Probe type	freq.	Spring constant
	kHz	N/m
高速AFM	1500 or more	0.6
タッピングモード	320	42
ソフトタッピング	160	6
フォースモジュレーション	75	2.8
コンタクトモード 材料	13	0.2
コンタクトモード バイオ	67	0.32
コンタクトモード バイオ	17	0.08



材質

- シリコン：最も一般的な素材
- 窒化シリコン：柔らかいばね定数
- クォーツライク：バラツキの小さい機械特性 ハイエンド

共振周波数

- フィードバックループの速度
- 対応できるスキャンレート

Probe type	freq.	Spring constant
	kHz	N/m
高速AFM	1500 or more	0.6
タッピングモード	320	42
ソフトタッピング	160	6
フォースモジュレーション	75	2.8
コンタクトモード 材料	13	0.2
コンタクトモード バイオ	67	0.32
コンタクトモード バイオ	17	0.08

ばね定数

- サンプルと探針が接触する力

探針先端曲率半径

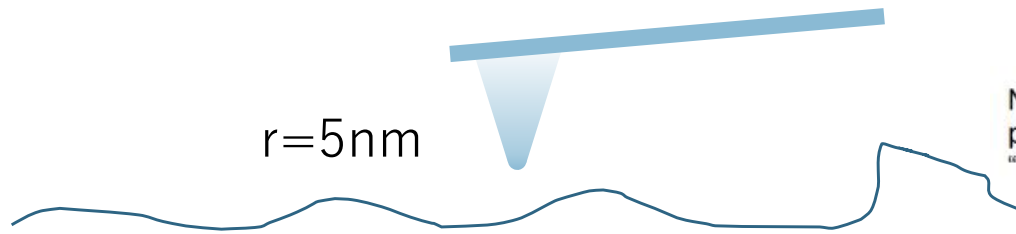
- 微細部を捉える
- 面解像度を定める ただし他のパラメータとの兼ね合いや画素数の制限で期待するほど解像度が上がらない場合も

コーティング

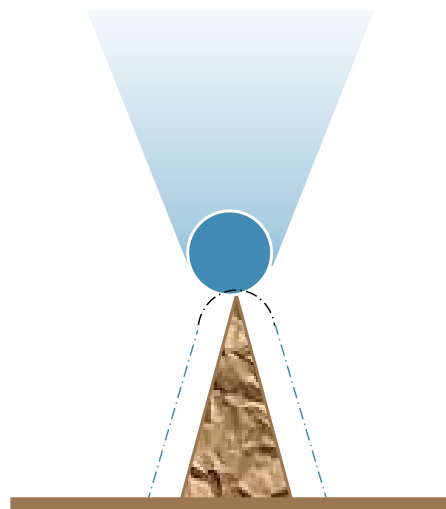
- レーザー反射を高める背面コート
- 磁気特性や電気特性を測定する際には特殊なコーティングを探針側に行う

測定内容		プローブの機械特性上の分類	探針形状	コーティング
表面形状 ナノラフネス		タッピング ソフトタッピング	スタンダード 先鋭化	なし アルミ
表面形状 ライン&スペース		タッピング	高アスペクト	なし アルミ
摩擦		コンタクト フォースモジュレーション	スタンダード 耐摩耗処理	なし アルミ
粘弾性		フォースモジュレーション	スタンダード スフィア	なし
電気測定		フォースモジュレーション	スタンダード	Pt
磁気測定		フォースモジュレーション	スタンダード	Co
動的測定 高速AFM		タッピング超高周波 USC	スタンダード	Au

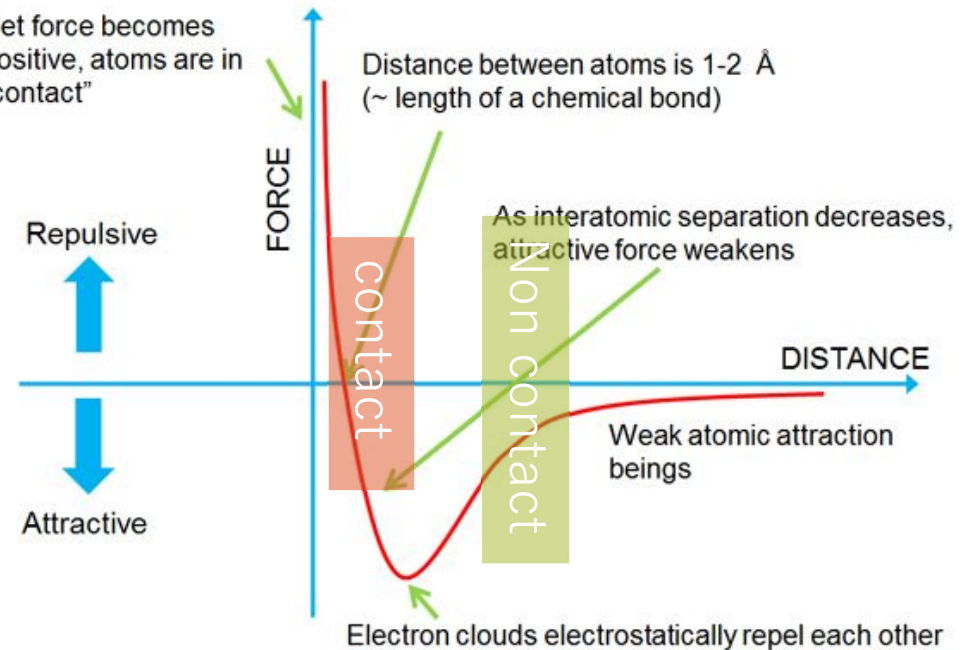
TOPO像びのXYデータは 探針とサンプル表面の重ね合わせ



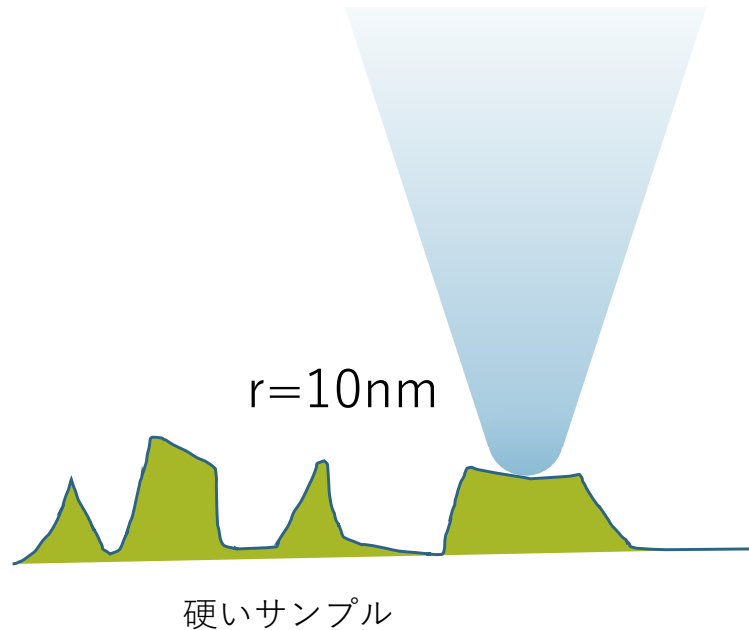
表面形状の凹凸と比較して探針先端が十分に小さければ
重ね合わせによる画像の影響は無視できる



もしも探針に近いサイズの凹凸があればXYイメージは太って見える



Case 1 硬いサンプルの微細構造



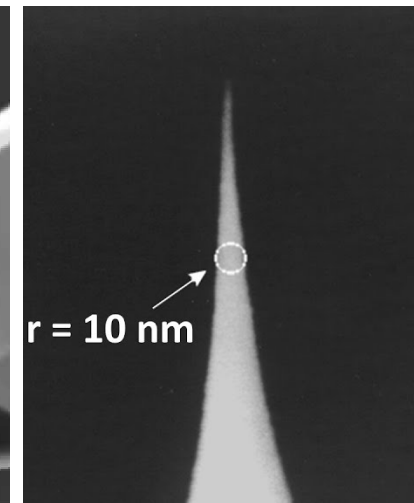
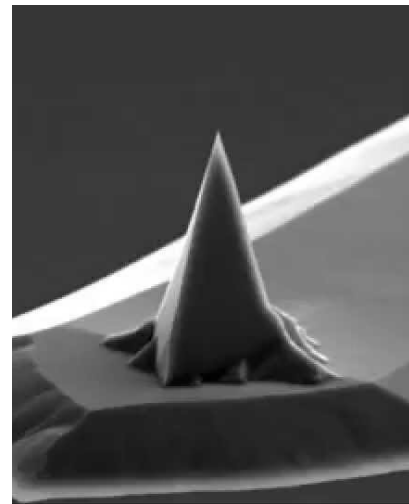
サンプルの特長

- ✓ ナノラフネスでは探針の先端径に近い凹凸
- ✓ 測定対象がシリコンよりも硬い材料の場合は探針先端が摩耗する
- ✓ 探針の先端が構造の奥に入り込めない場合も

★選択のポイント： SSS-NCHR

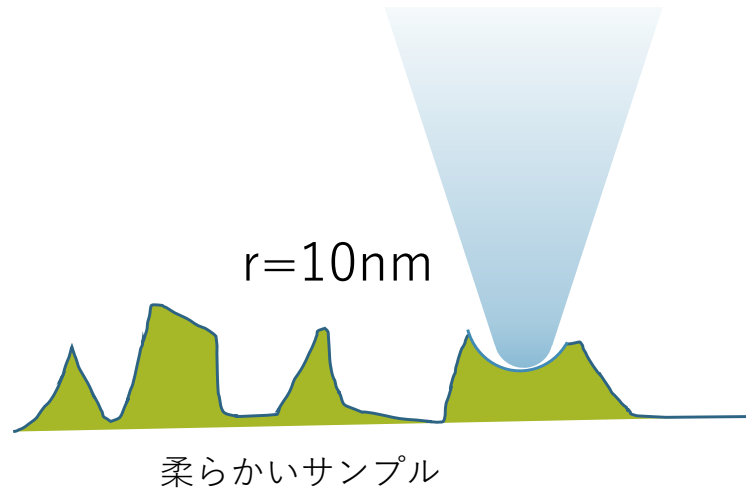
共振周波数 330kHz
先端曲率 <2nm

- 高周波数→高速なフィードバック
→高スキャンレート 高精細
- 先端が鋭い探針
→高精細



例：SSS-NCHR
共振周波数 330kHz 先端曲率 <2nm

Case 2 柔らかいサンプルの微細構造



サンプルの特長

- ✓タッピング時のフォースで探針先端がサンプル表面に押し込まれる傾向
- ✓測定時に探針表面がコンタミする場合も

★選択のポイント： NSC14

共振周波数 160kHz

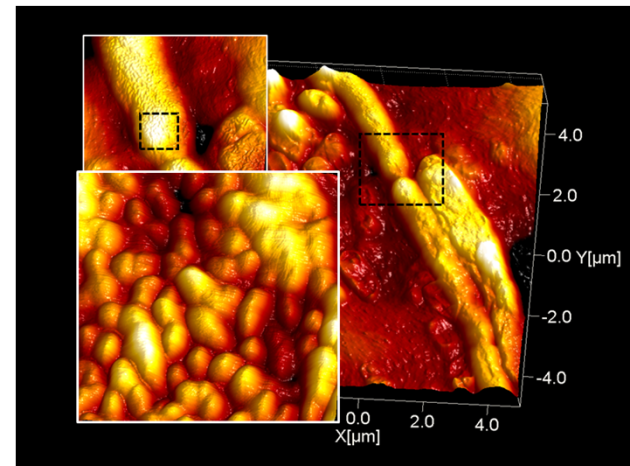
ばね定数 5N/m

-低ばね定数

→接触時の押し込みを抑える

→高精細

-先端は通常の10nm程度で



バクテリアの測定例：

押し込み量を抑えることで柔らかい測定対象でも十分に解像度をあげることができる

Case 3 トレンチ構造 ライン&スペース構造



★選択のポイント: EBD-AR15T

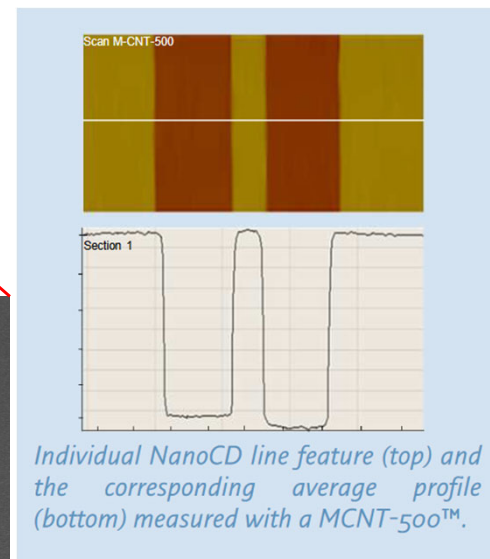
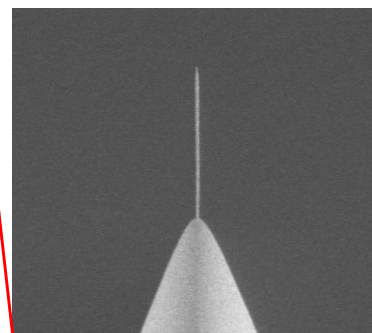
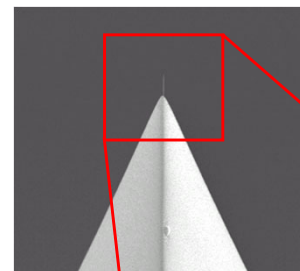
共振周波数 330kHz

先端アスペクト比 15:1

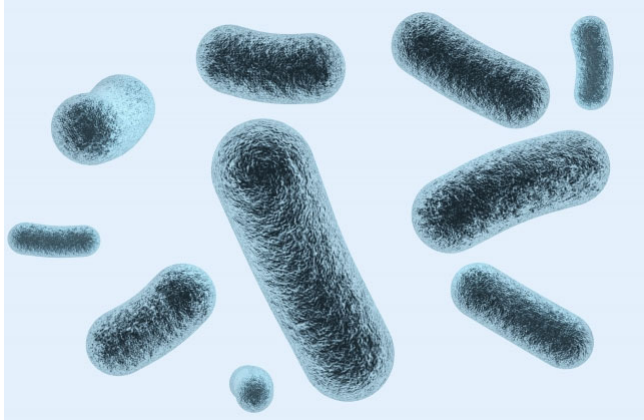
- 先端は高アスペクト比タイプ
- 高周波数→高速なフィードバック

サンプルの特長

- ✓通常の探針が入りこめない深さ(高さ)や縦横比の表面
- ✓周期構造



Case 4 液中環境下の柔らかいサンプル 生体高分子 ゲル 細胞



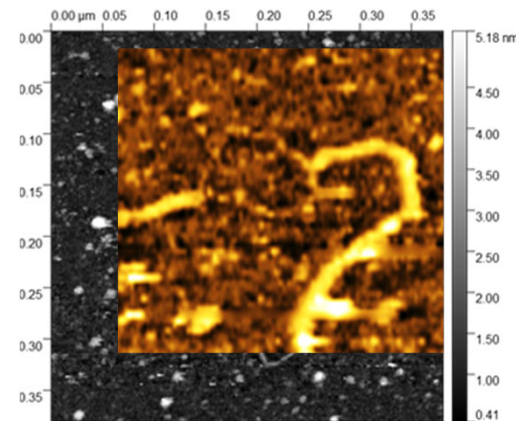
★選定のポイント: qp-BioAC-CI

共振周波数 90/50/30kHz
ばね定数 0.3/0.1/0.06N/m
先端曲率 <30nm 背面金コート

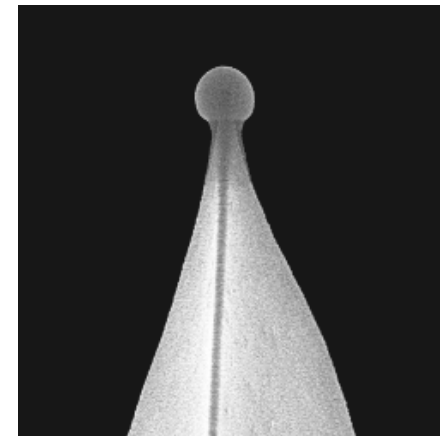
- 低ばね定数
- 背面金コートorコート無しを選択
- サンプルによっては先端がコロイド状のタイプ

サンプルの特長

- ✓表面が極めて柔らかい
- ✓測定環境が液中の場合も多い
- ✓最表面に吸着層がある場合も



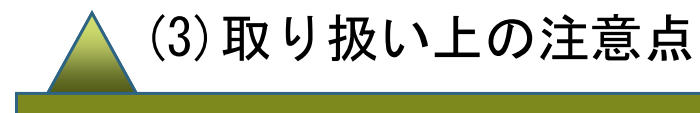
マイカ基板上の液中DNA
画像ご提供
日本カンタムデザイン(株)
小幡谷様



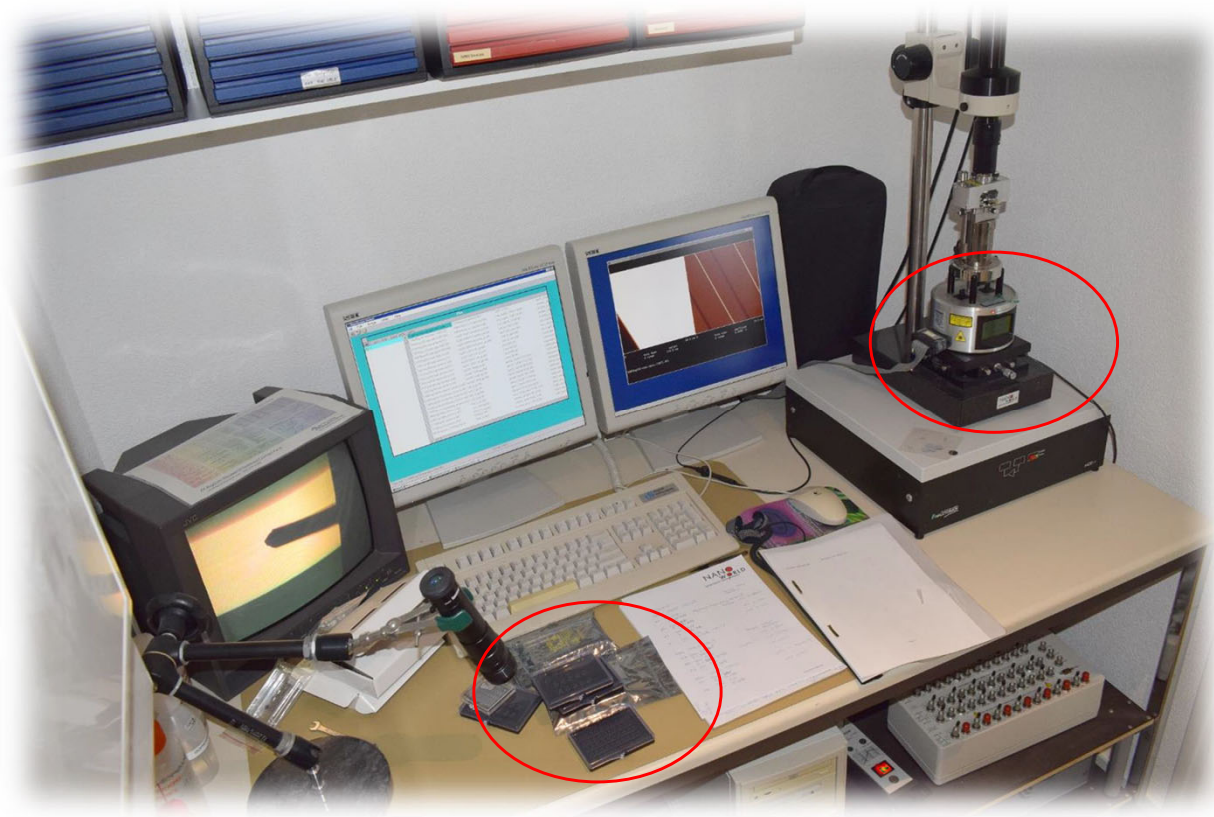
コロイドプローブの例
先端曲率半径を増やすことで、サンプル表面に加わるフォースを分散させる効果がある

(1) カンチレバの歴史

(2) 最適なカンチレバの選択

 (3) 取り扱い上の注意点

一般的なAFM・SPM設置環境



AFM装置の設置環境由来のノイズ

- 振動(防振台・除振台)
- 光、音(暗室、ボックス)
- 気温(エアコン)
- 湿度(エアコン)
- 電源ノイズ
- 静電気

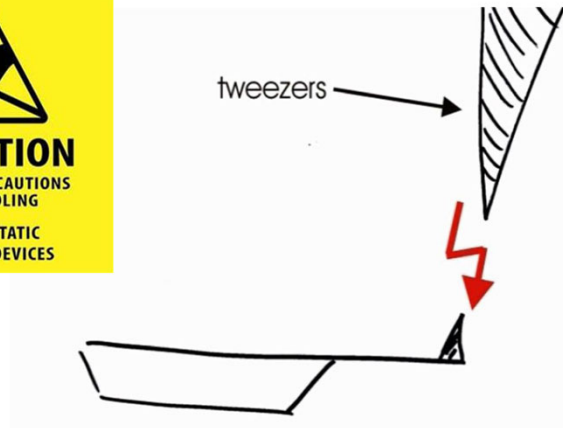
プローブの開封

- ❑ ゲルシートから外れているチップは無いか？
- ❑ ESD防止用マット上で作業
- ❑ 金属製ピンセット(リストバンドをした手で使う)
- ❑ チップを取り出したら蓋を閉める

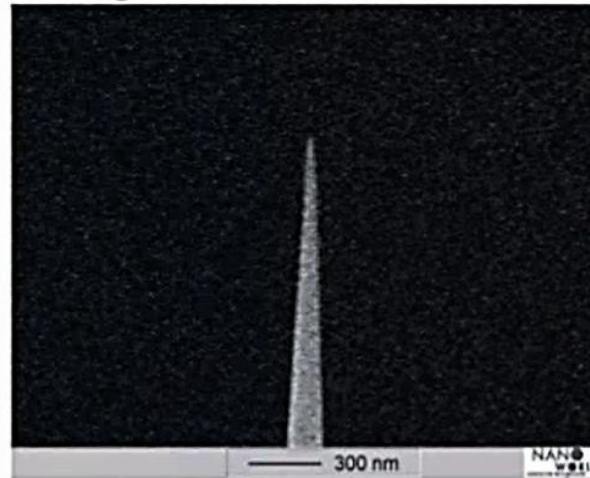


ESD(静電気放電)による探針破壊

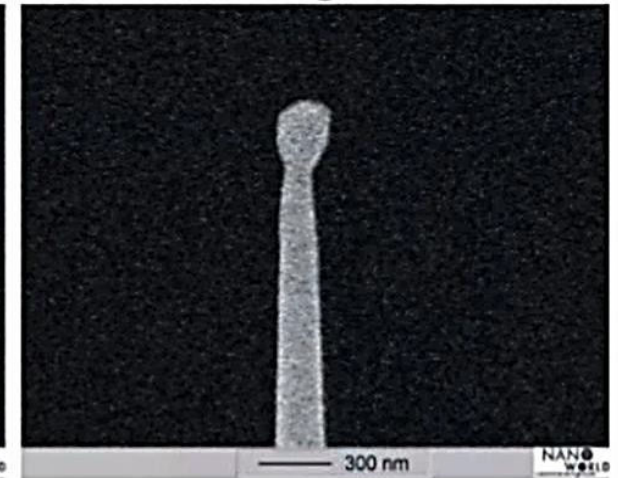
ESD = Electrostatic Discharge



high aspect ratio AFM probe
original state

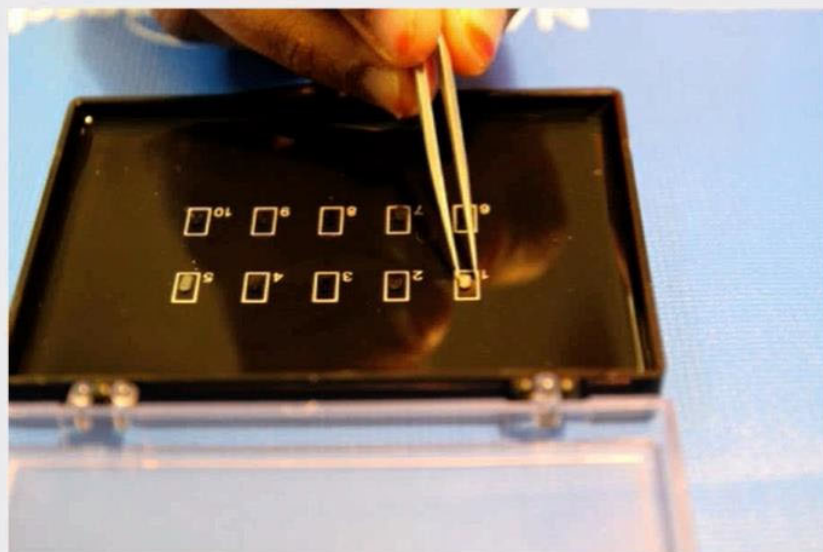


ESD damaged

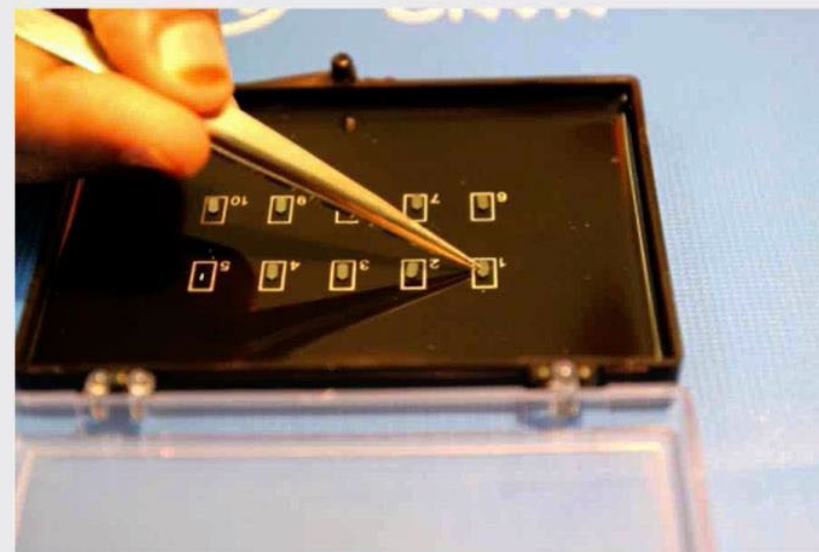


どうチップを取り出すか？

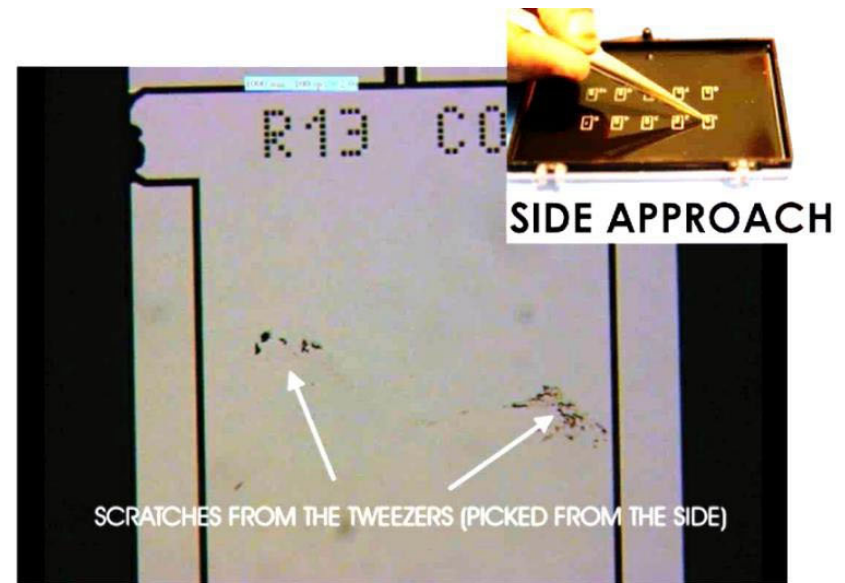
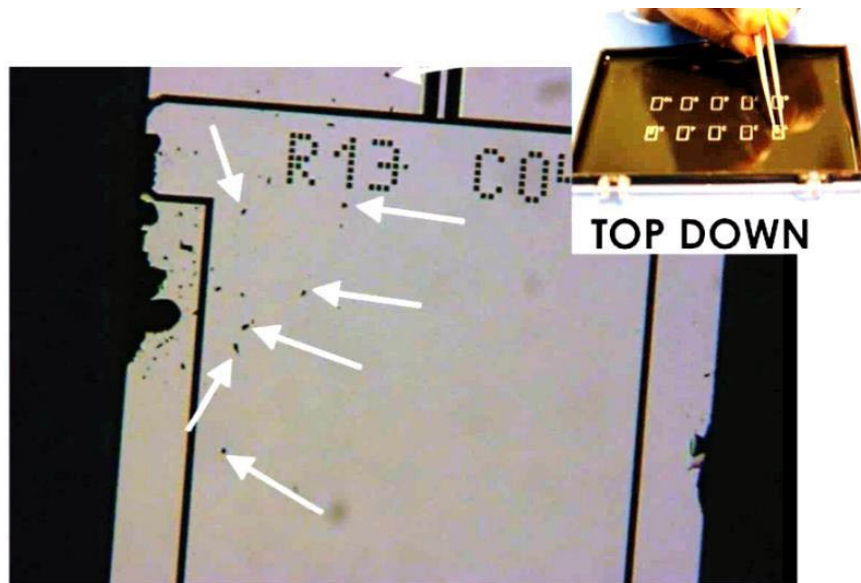
TOP DOWN



SIDE APPROACH

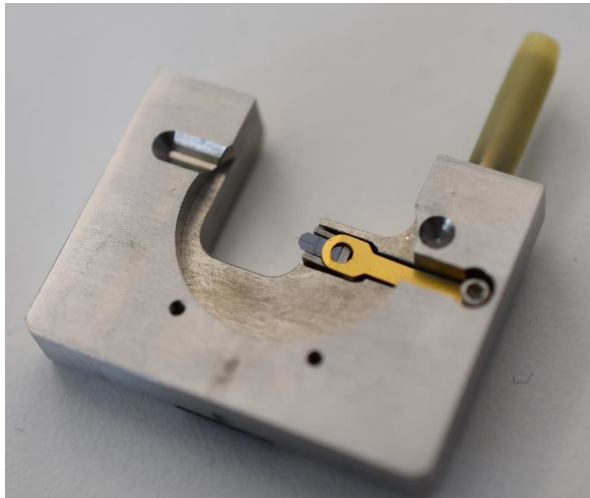


チップをつまんだ時のよごれ

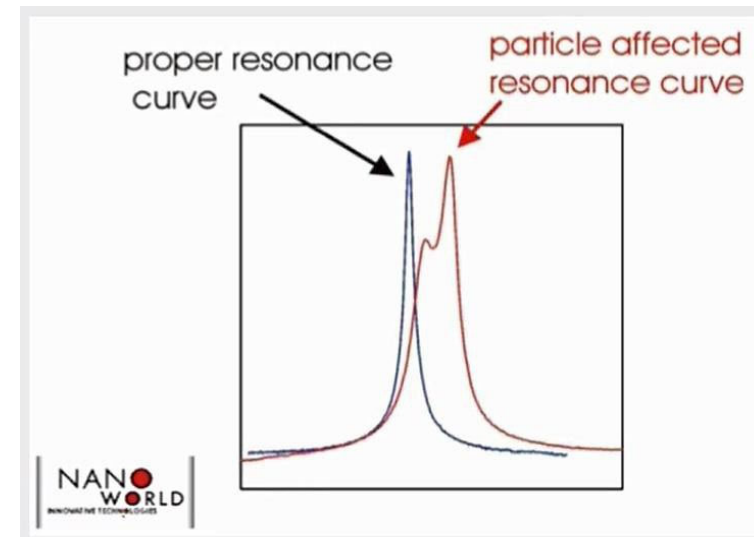
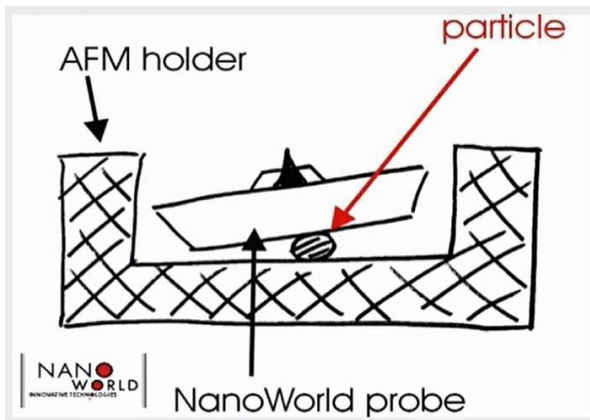


サポートチップの“欠け”は測定にほとんど影響しません

チップマウントの注意事項

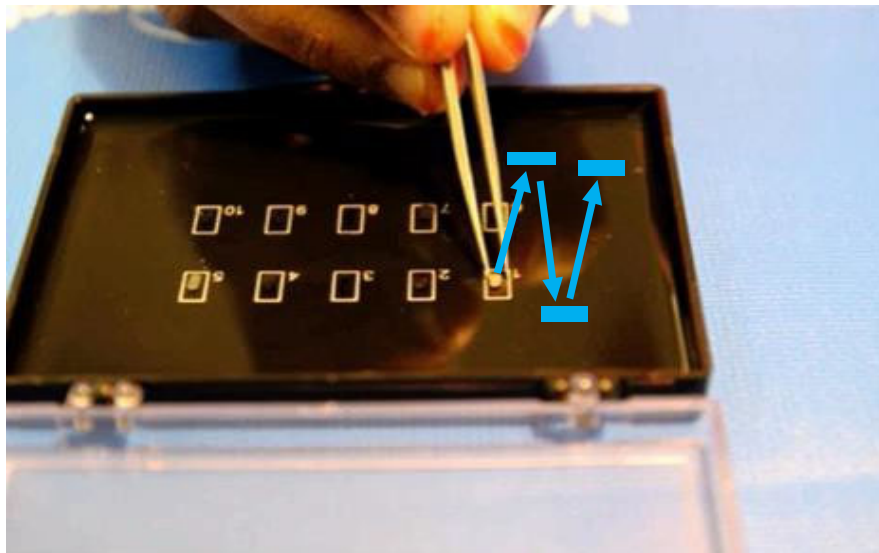


- パーティクルが挟まっていないか確認する



- パーティクルをはさまないように

チップ裏面パーティクル除去

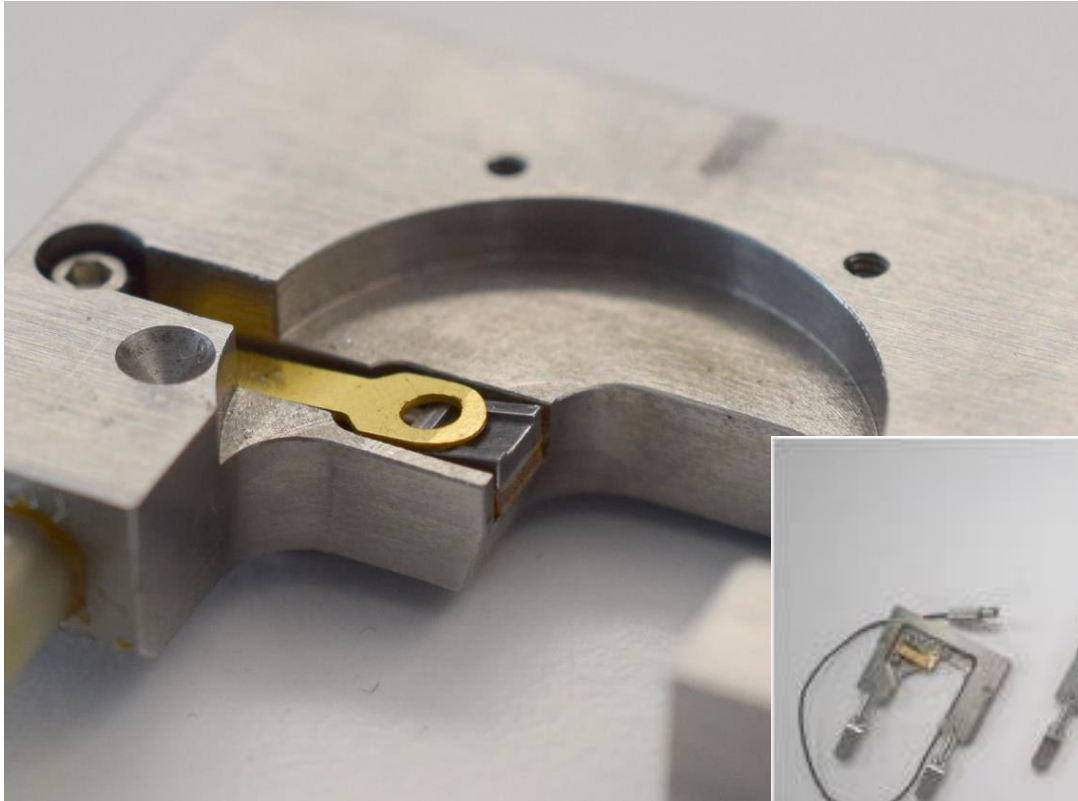


ゲルにタッチしてからAFMに取り付ける

時計修理用
【BERGEON(ベルジョン)】
6033-1 ロディコ
7033-1 ロディコ・プレミアム



チップホルダー、クランプもクリーンに



プローブの保管方法と品質について

- 理想的にはデシケータ+シリカゲル 「絶対必要」ではありません



- 光の当たらない場所
- ボックスのふたを閉めておく
- 温度が高すぎない場所 温度変化が少ない場所



※シリコン材質自体経時変化は少ない

※ボックス材質やゲルパックの劣化に注意

- 保存可能期間は定めていないがおよそ一年程度を目途に
- 使い始めたチップは保証対象とはなりません
- 使い始めた後であっても深刻な問題があった場合は、こちらで検査を行い、製造上の欠陥が認められる場合は替わりのプローブをご提供

レーザーのアライメント

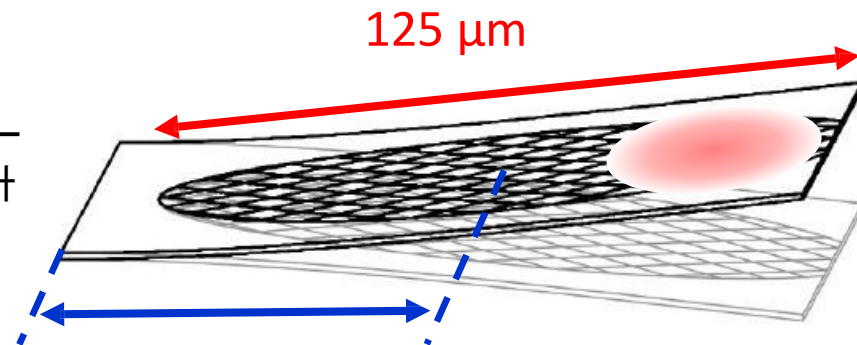
- スポット中心が先端ぎりぎりに来る位置ではなく、スポット全体が先端近くあたるようにするのが望ましい

長さ $125\mu\text{m}$ のレバーの場合:

根本から $70\mu\text{m}$ あたりに、 $125\mu\text{m}$ 程度のレーザースポットを当てると反射強度が最大になるが、探針の位置から遠のいてしまう。

例えば $30\mu\text{m}$ 程度のスポットの場合、根本から $110\mu\text{m}$ 、つまりほぼ先端に当てると最適。

最大より $1/2\sim 1/3$ も信号量(S/N)が落ちる。



NanoAndMoreジャパン 公式ウェブサイト



International NanoAndMore サイトへ移動
ユーザーと歩むAFMプローブソリューション

ログイン 登録 ショッピングカートを見る

AFMプローブカタログ AFMプローブ情報 AFMアクセサリ ニュース お問い合わせ

製品名もしくは仕様で検索

NanoAndMore ジャパン

エントリークラスからハイエンド製品まで全てのAFMプローブが揃います

製品を見る

- ノンコンタクト/タッピングモードAFMプローブ
一般的なダイナミックモード測定
★ベストセラー new
- フォースモジュレーション (FM) AFMプローブ
多様な用途に使用できるプローブ
★ベストセラー
- コンタクトモードAFMプローブ
一般的なスタティップモード測定に
★ベストセラー new
- ライフサイエンスAFMプローブ
バイオアプリケーション
★ベストセラー new
- 超高周波AFMプローブ
高速測定
★ベストセラー
- コンタクティブAFMプローブ
電気測定(EFM, SSRM, TUNA, 等々...)
★ベストセラー new
- 磁気力顕微鏡用AFMプローブ
磁気力顕微鏡 (MFM)
★ベストセラー
- スーパーシャープAFMプローブ
高分解能測定
★ベストセラー
- ダイヤモンドAFMプローブ
超高硬度チップ
★ベストセラー new
- 高硬度/耐摩耗AFMプローブ
ハードサンプルの長時間測定
★ベストセラー
- ナノインデンテーション・リソグラフィAFMプローブ
ナノメカニクスとサンプルモディファイに適したプローブ
★ベストセラー new
- 高アスペクト比 (HAR) AFMプローブ
ディープトレンチ測定
★ベストセラー

<https://www.nanoandmore.jp>

プローブの検索やカートに入れた商品の見積もり依頼ができます
プローブ選定のご相談にも応じていますのでお気軽にお問合せください
sales@nanoandmore.jp