

3次元ナノ空間を使いこなす 機能化技術



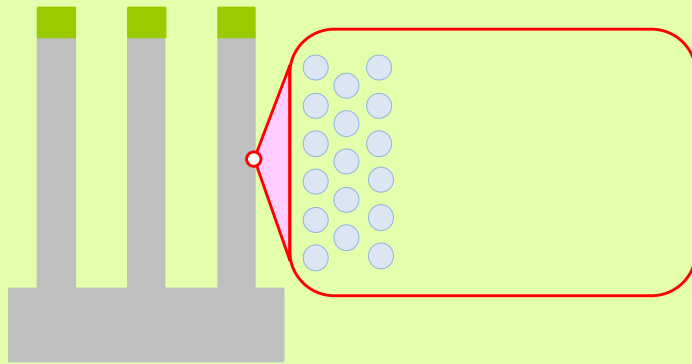
杉山 正和

3D BEANS センター

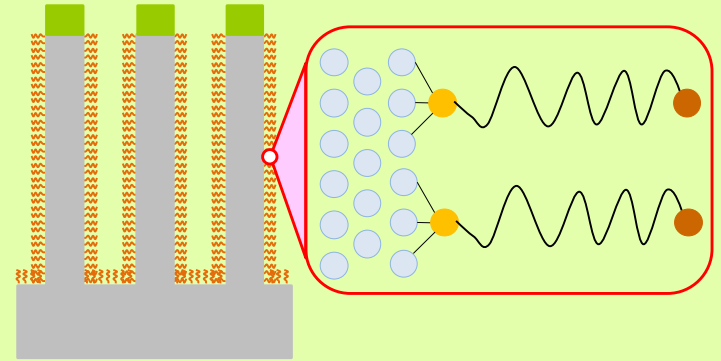
東京大学大学院工学系研究科

深3次元空間の機能化

原子層レベルで平坦な表面
深3次元構造



表面の機能化修飾



- 中性粒子ビームエッチング
- レーザアシストエッチング
- ナノプローブリソグラフィ

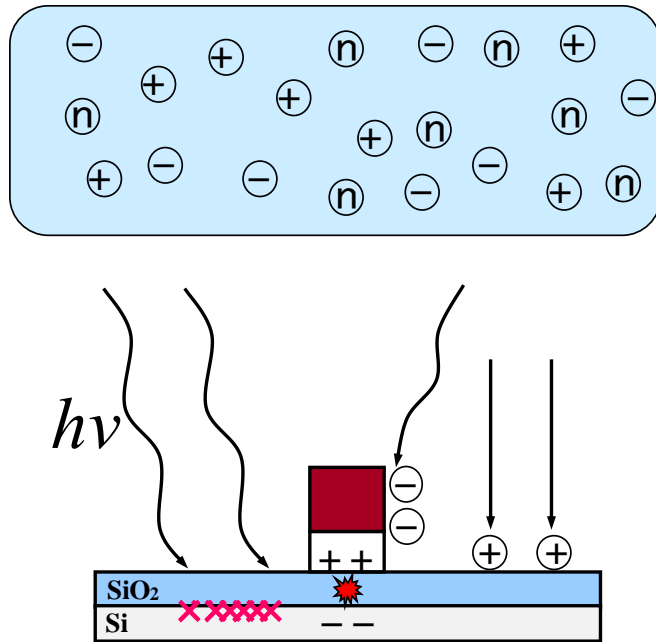
- ナノ粒子配列
- ペプチドによる表面修飾

中性粒子ビームエッチング

中性粒子ビームエッチング

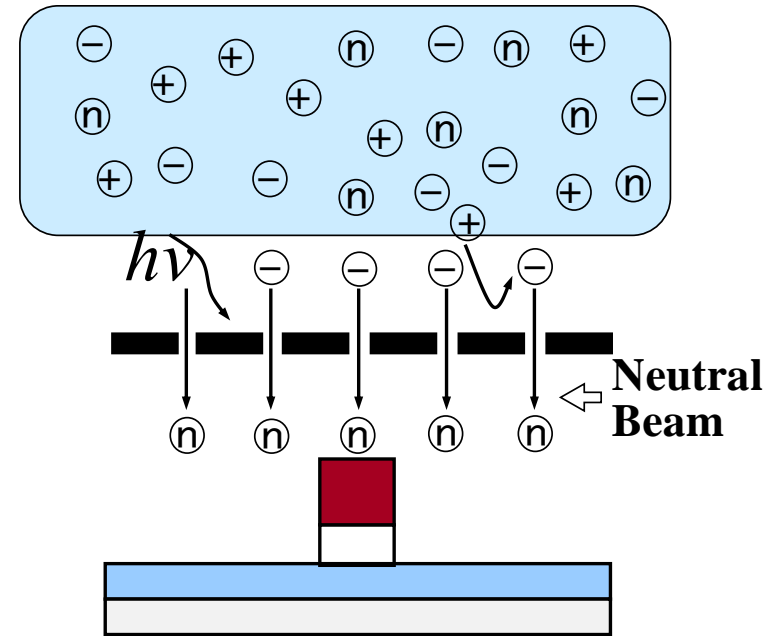


Conventional Etching



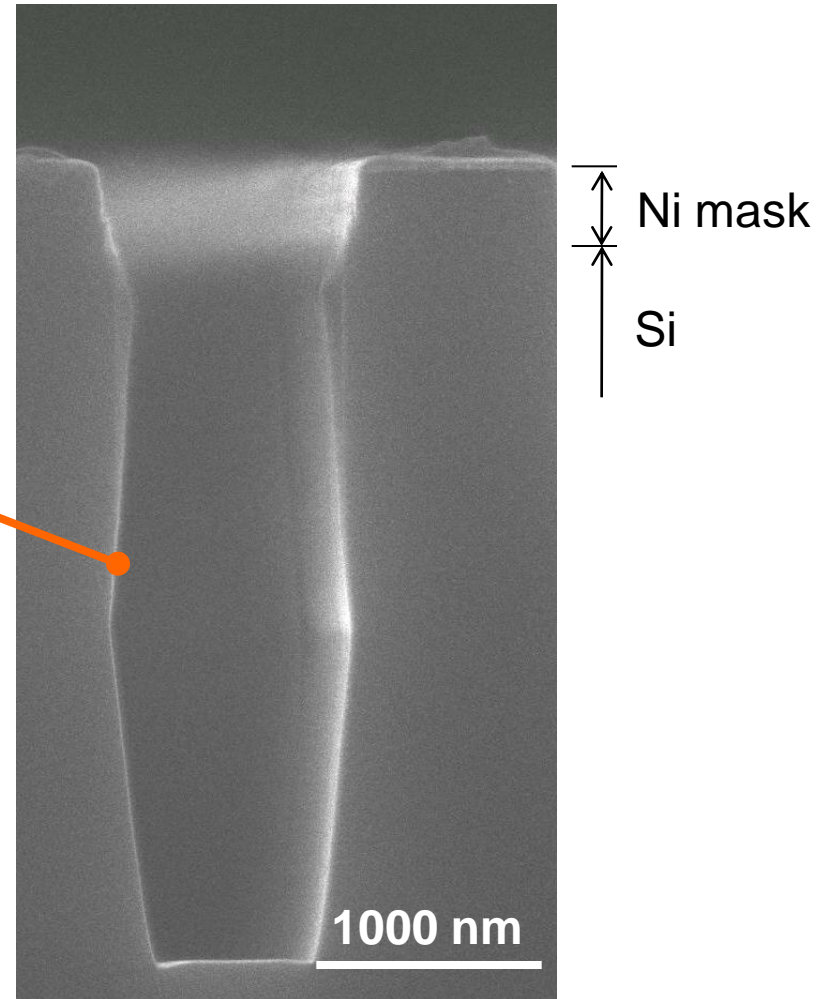
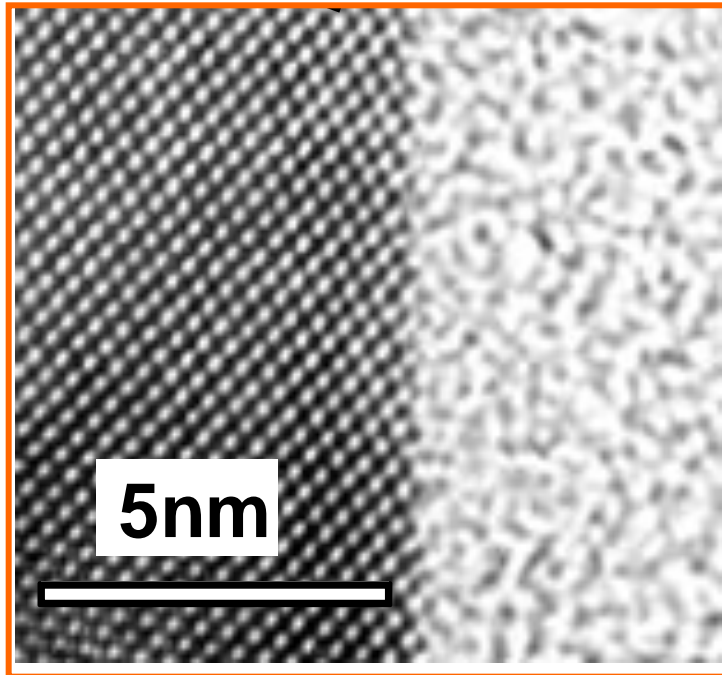
- Damage by Charge Build-up
- Damage by UV-rays Radiation

Neutral Beam Etching

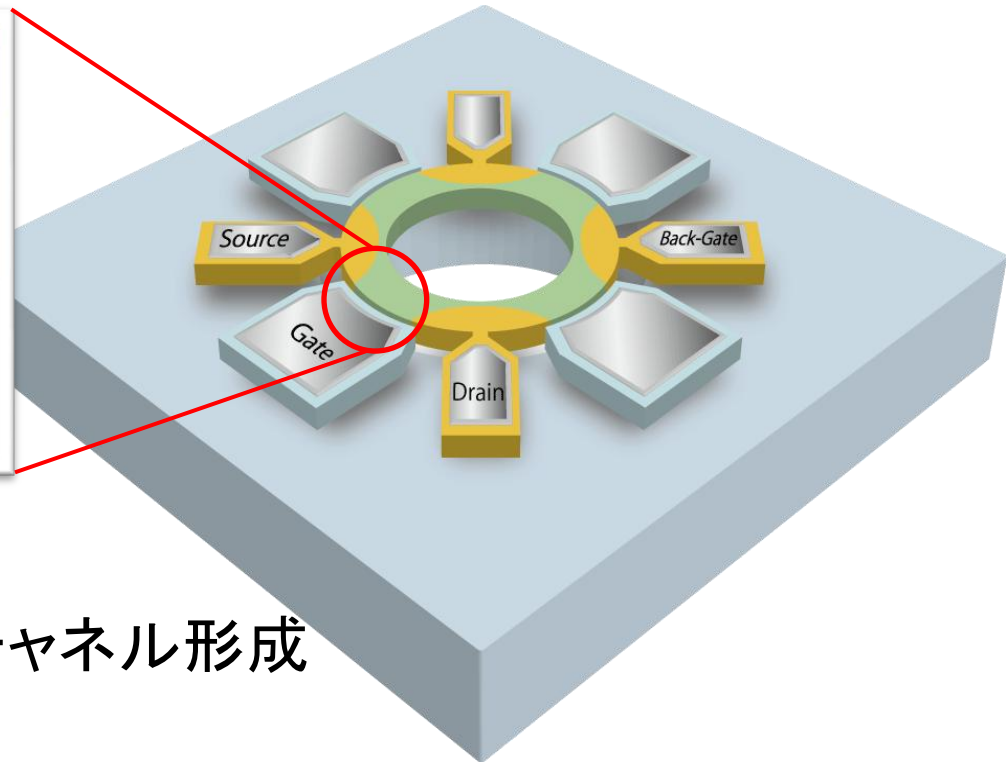
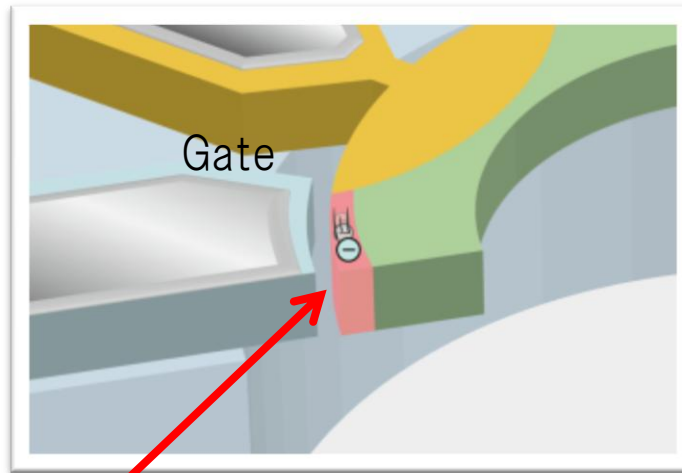


- Charge Build-up Free
- UV-rays Radiation Free

高速・垂直エッチングへの挑戦



MEMSTランジスタ

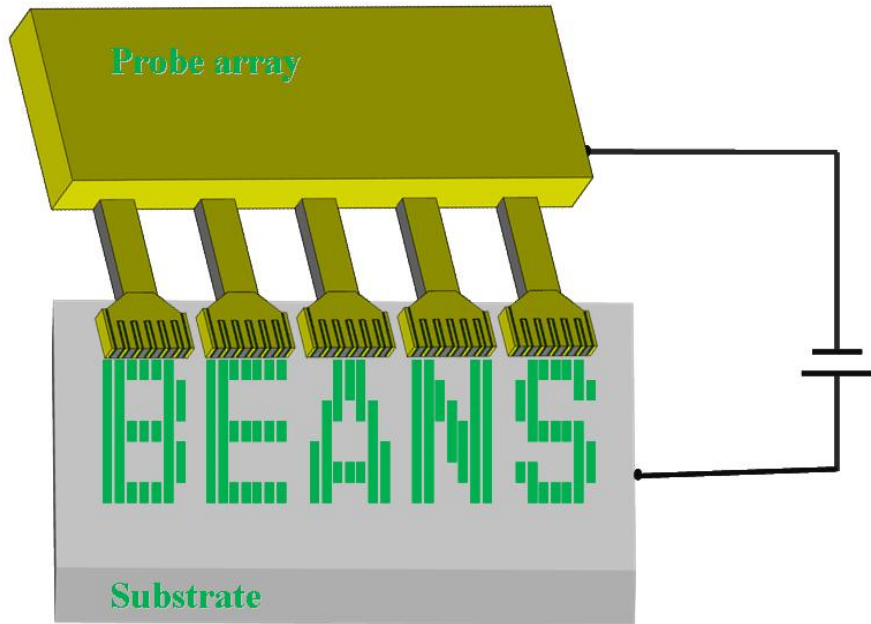


エッチングで加工する側壁にチャンネル形成
→超低損傷エッチングが必須

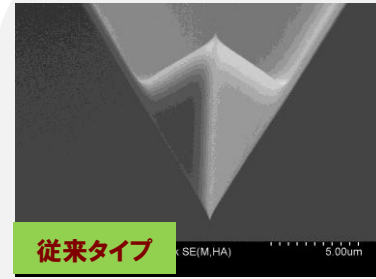
■高周波アンプ・フィルタ等への展開

ナノプローブリソグラフィ

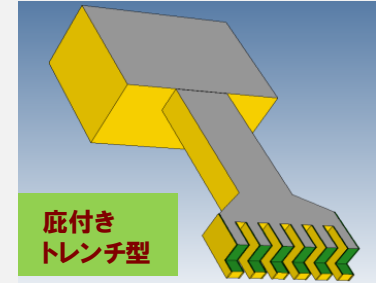
安価・大面積対応のナノプローブリソ



新規耐摩耗構造



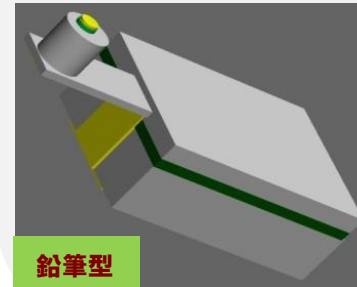
従来タイプ



底付きトレンチ型

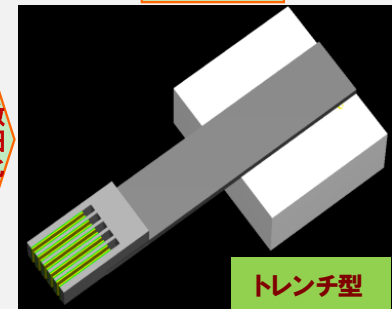
摩耗特性
向上

加工性
向上



鉛筆型

微細化
ポテンシャル
向上



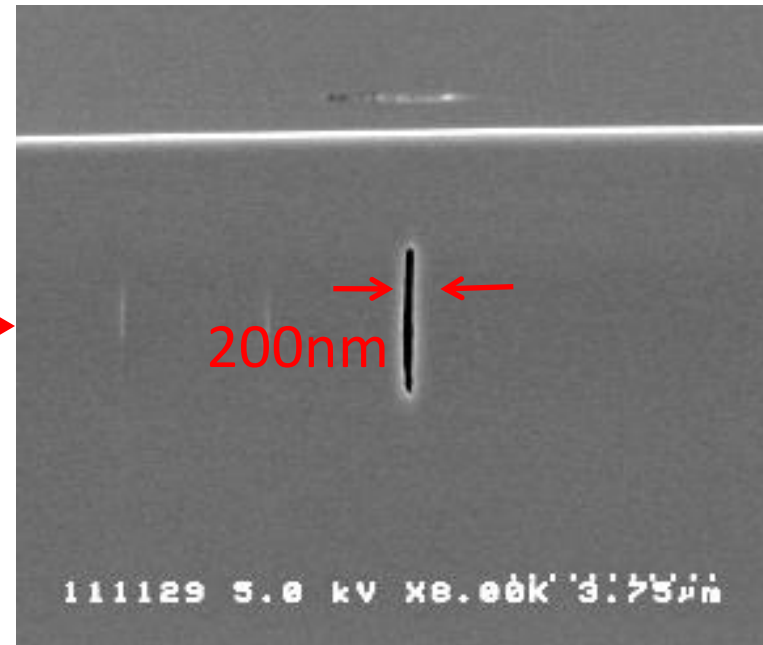
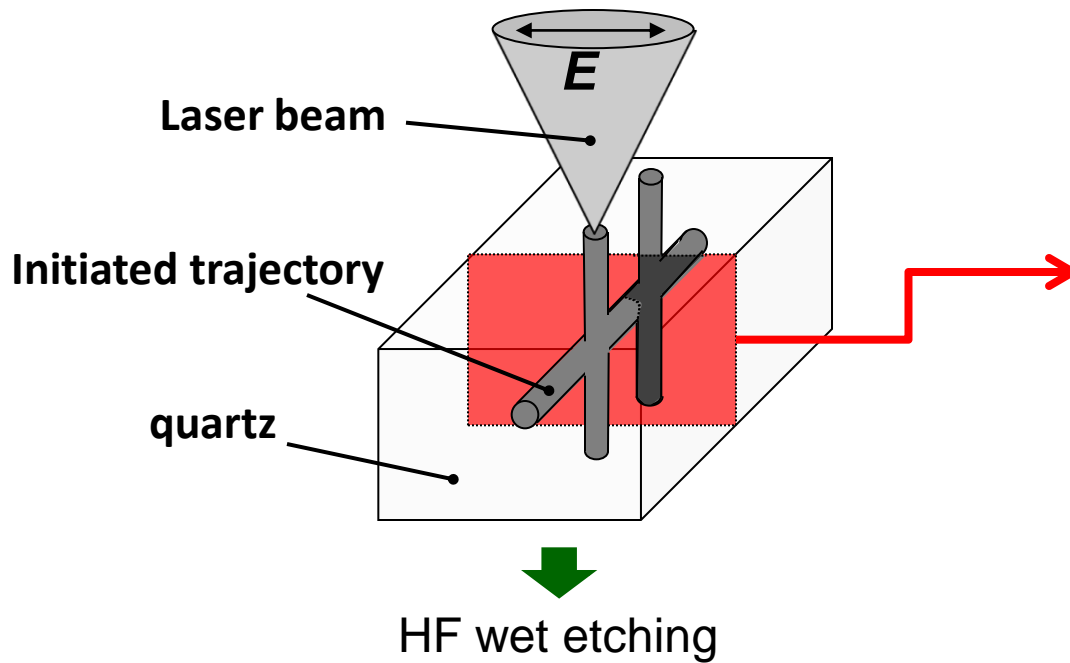
トレンチ型

□ 光リソの微細加工限界を打破

- 電子線リソに代わる安価・大面積対応のナノリソ技術に
- 中性粒子ビームエッチングと組み合わせたナノ加工技術構築

フェムト秒レーザー誘起エッチング

埋め込みナノ流路



L: $>600 \mu\text{m}$, W: $\sim 0.2 \mu\text{m}$, H: $\sim 3 \mu\text{m}$

Top View

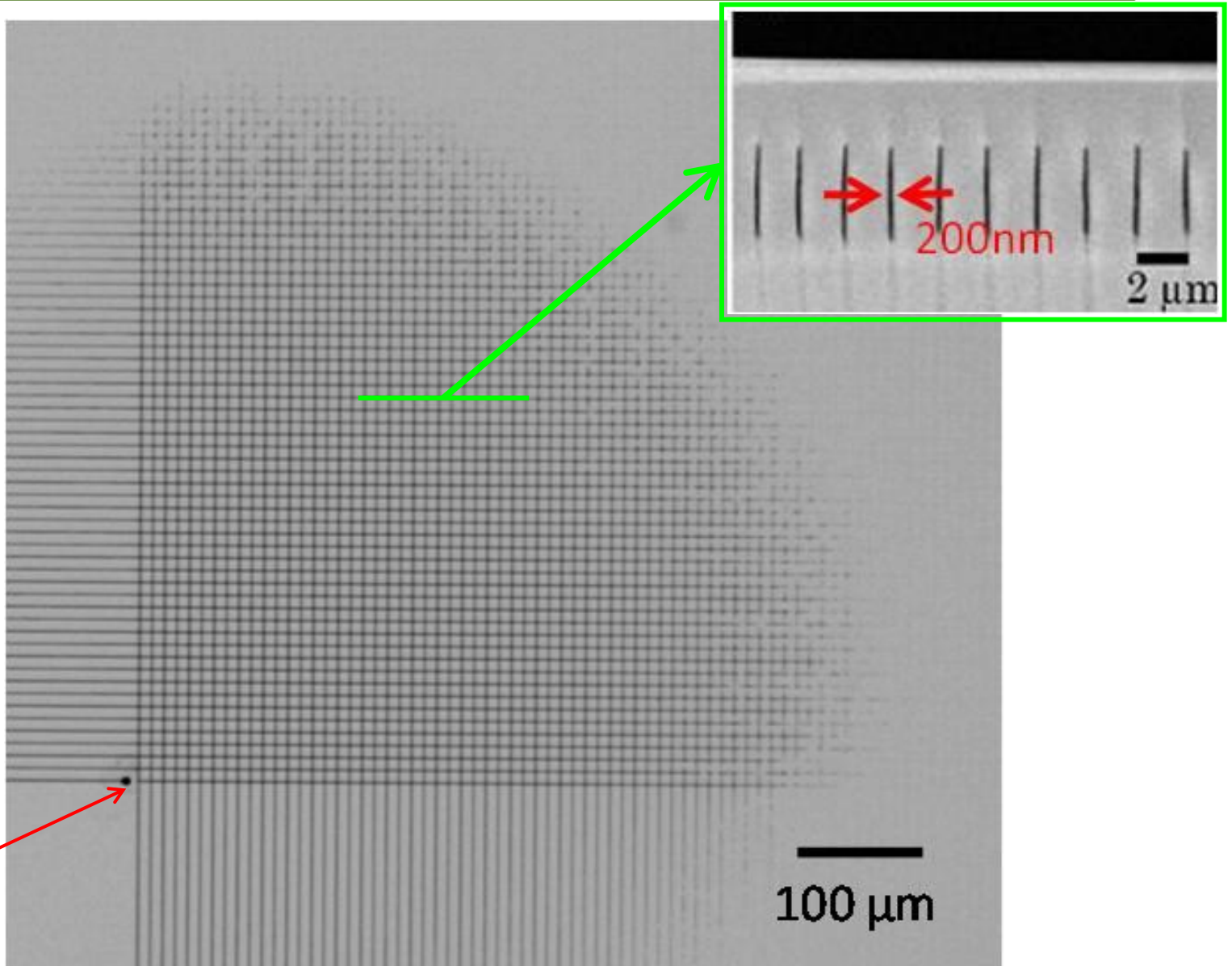
← こちらに続く

内部が親水性の流路を作製可能

40 μm

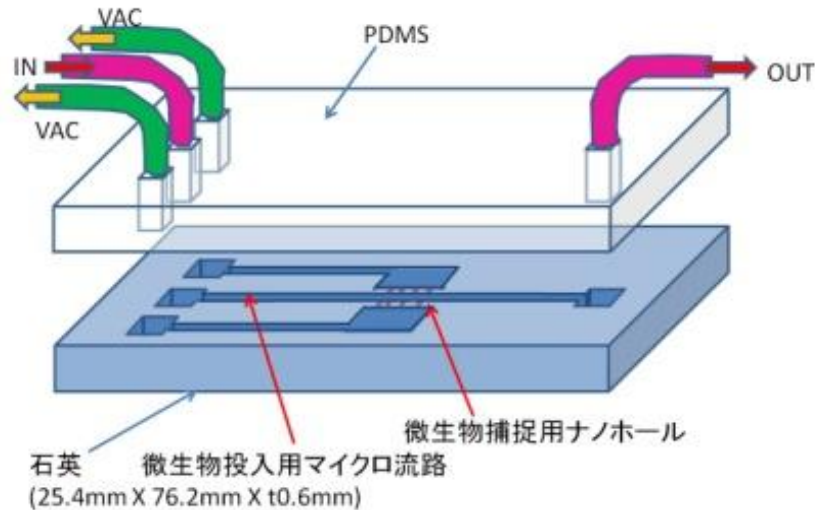
複雜形状も自由自在

薬液
入口
(表面)

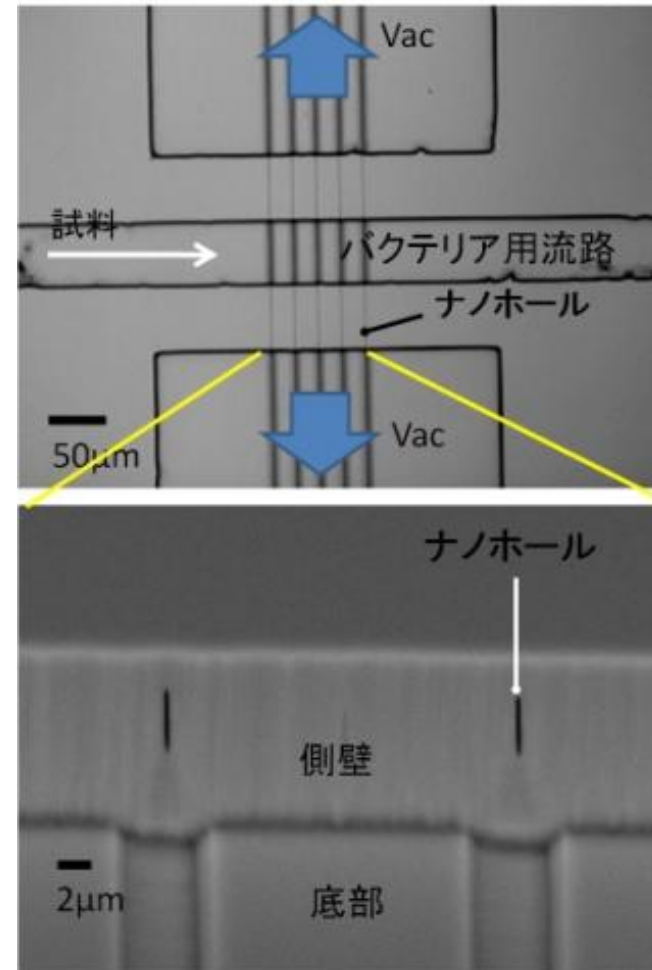


単一バクテリア捕捉デバイス

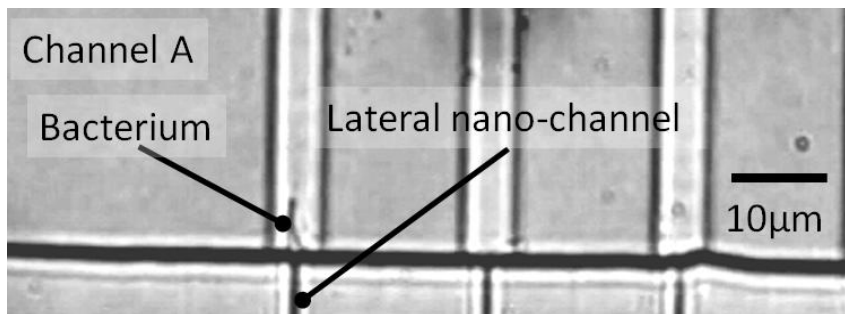
● デバイス模式図



● 捕捉部外観

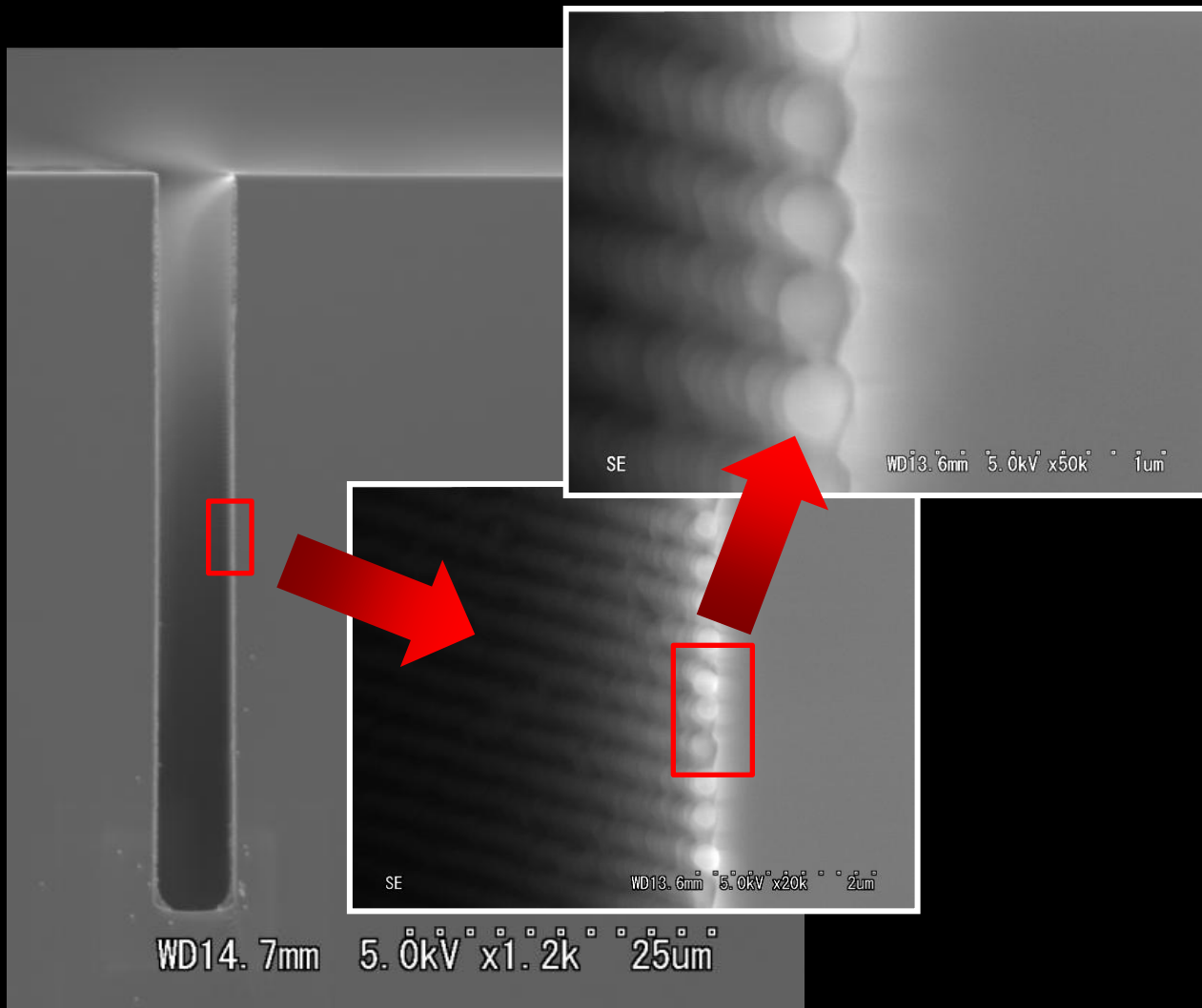


● 捕捉した様子



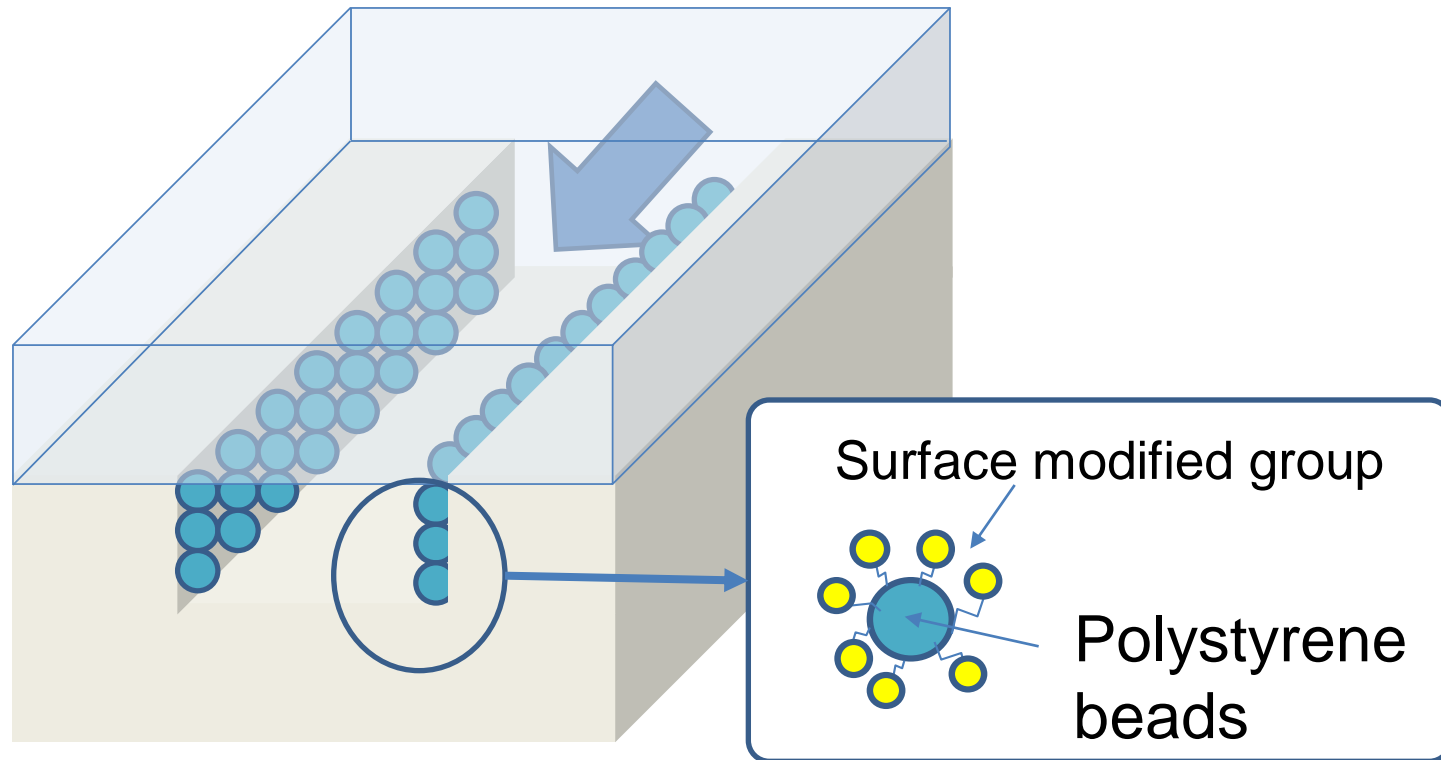
3次元トレンチへの粒子配列

トレンチ側壁に配列したナノ粒子



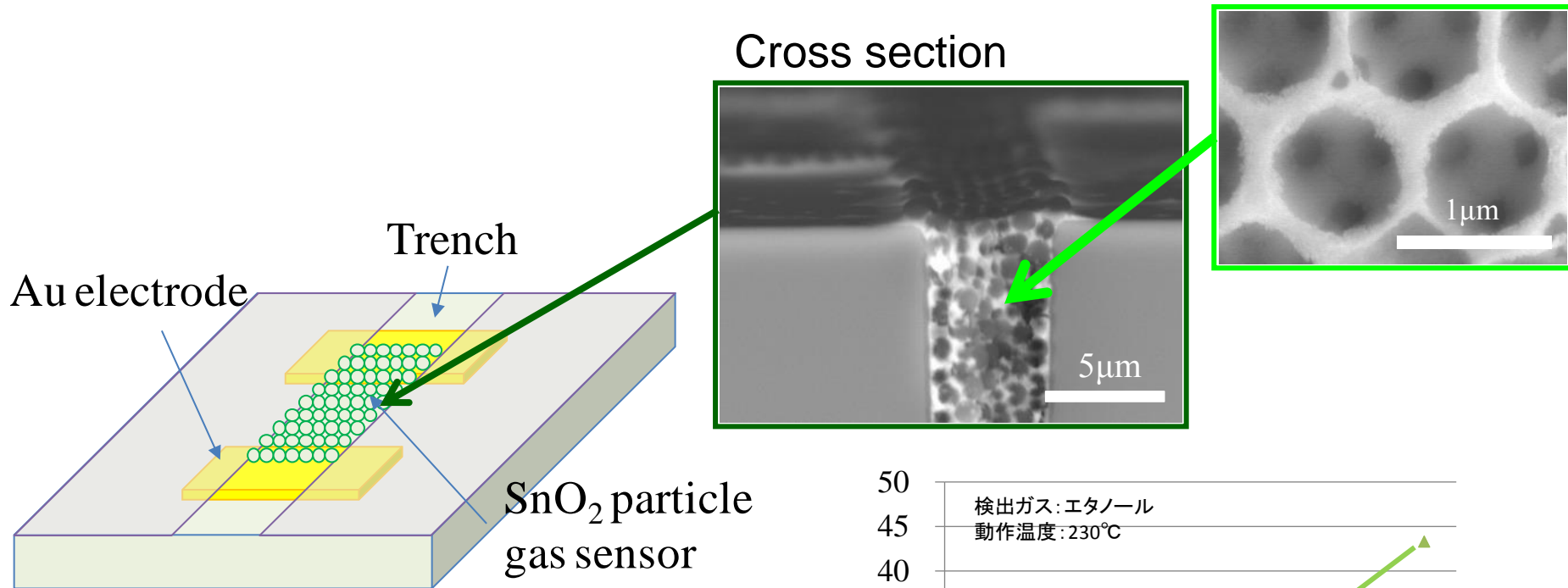
Cross-sectional SEM image

マイクロチャネル側壁の修飾



- 抗体等のセンシング物質のビーズの表面に修飾
→ 高感度分析
- 側壁のみの修飾により流体抵抗の低減

ナノ粒子充填ガスセンサ



ポリスチレン粒子充填

↓

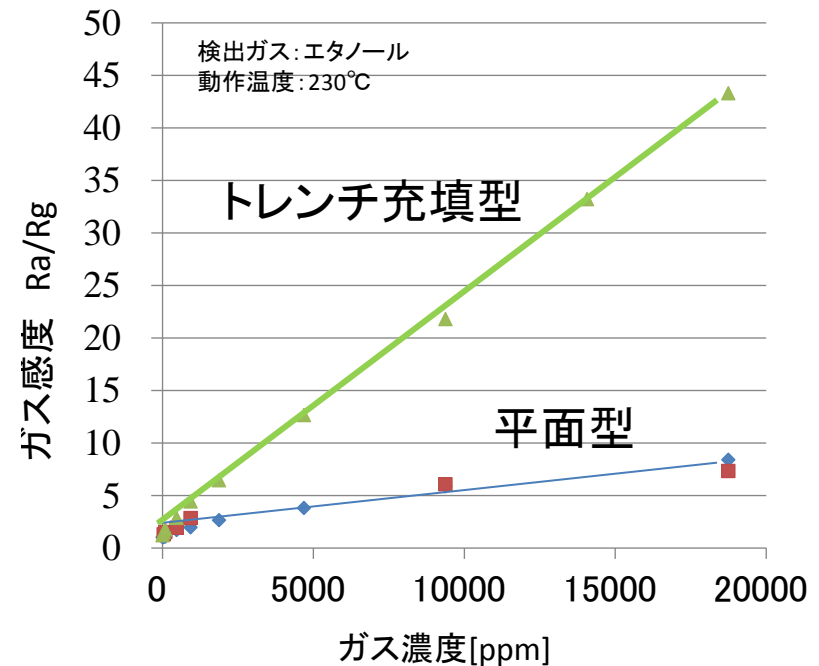
SnO₂粒子を空隙に充填

↓

ポリスチレンを燃焼除去

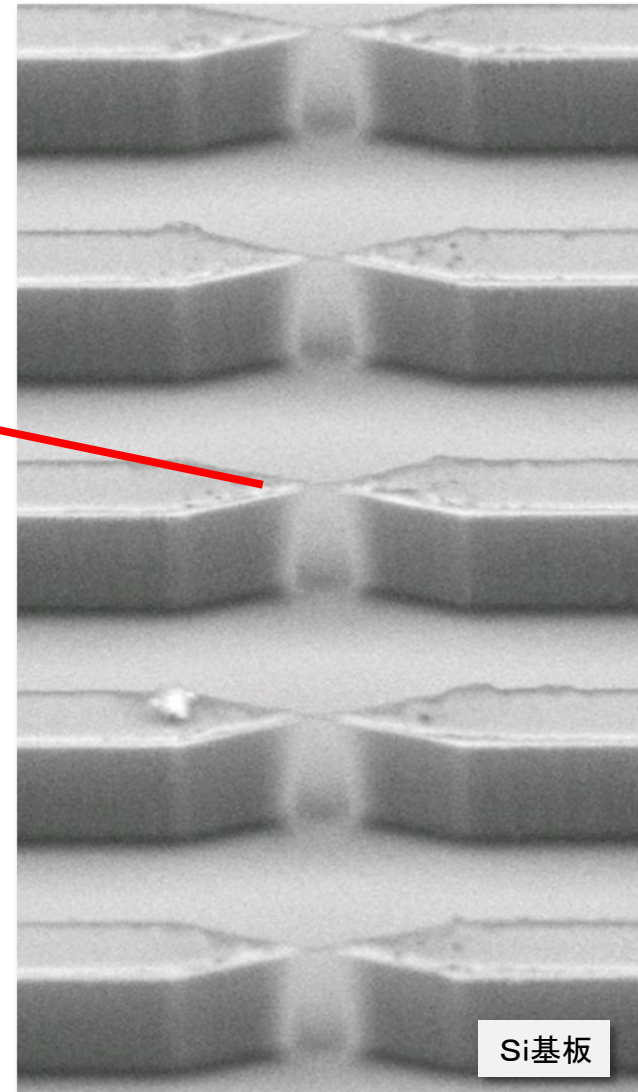
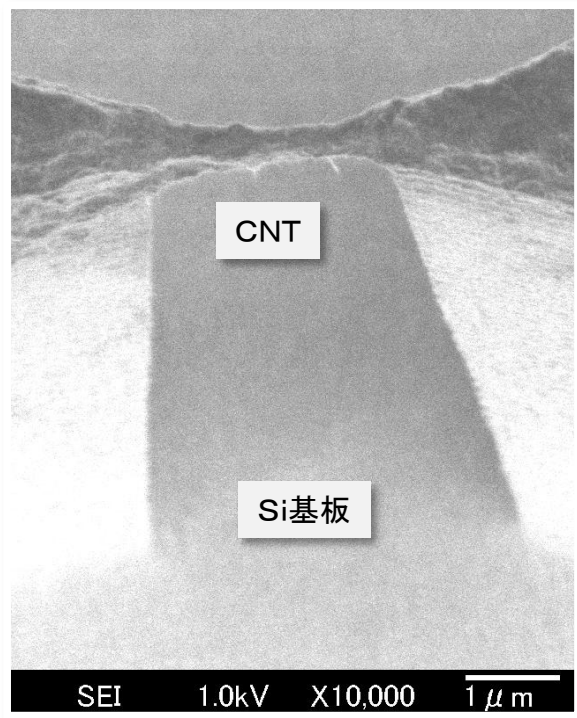
↓

高比表面積ハニカム構造



ウェットプロセスによる CNT架橋構造

尖頭構造へのCNT架橋



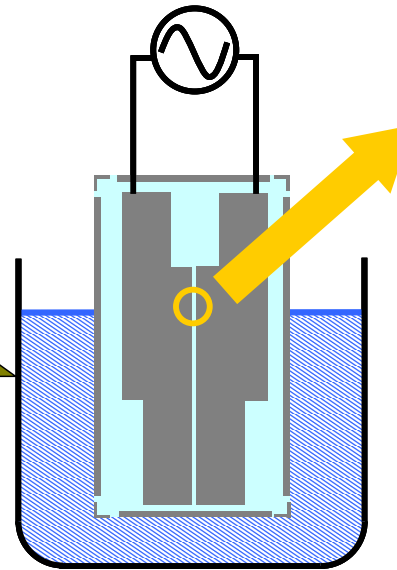
誘電泳動プロセス



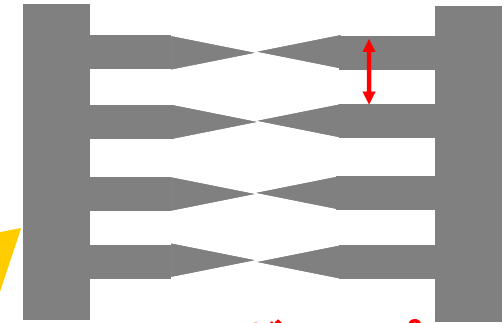
精製済み単層CNT溶液

単層・複層
半導体・金属性をあらかじめ選別

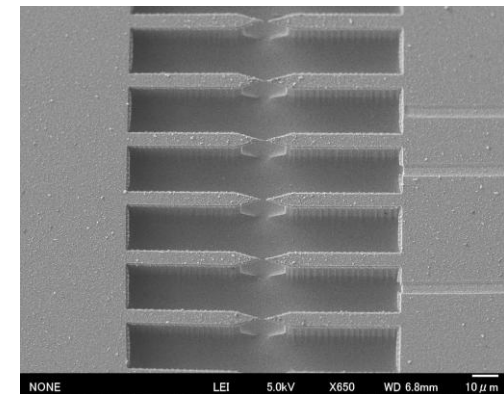
泳動条件 5MHz
30Vpp 15min



25umピッチ



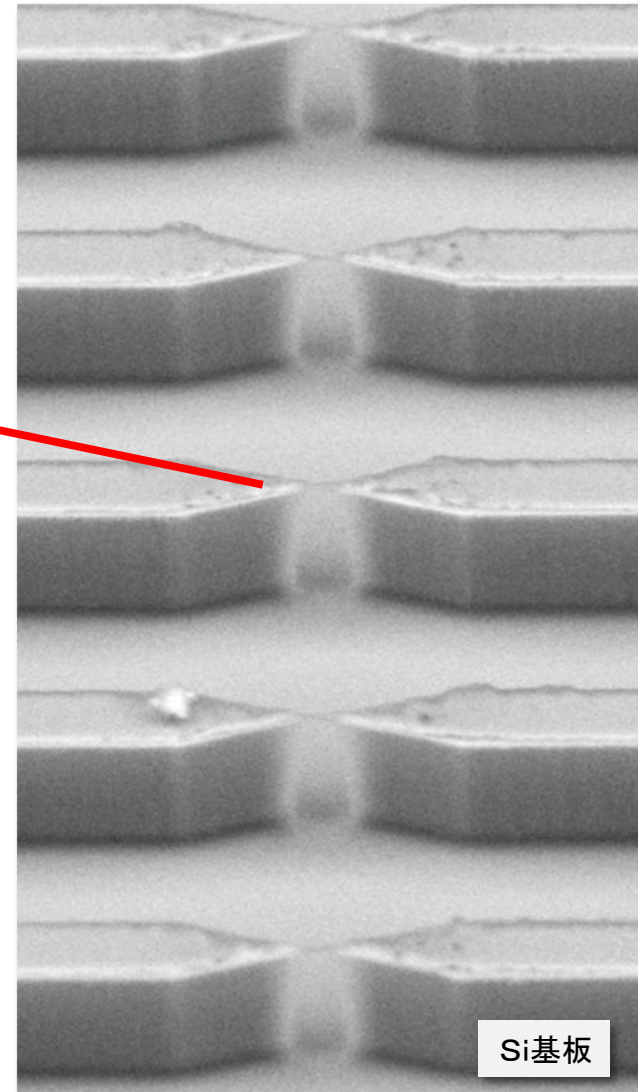
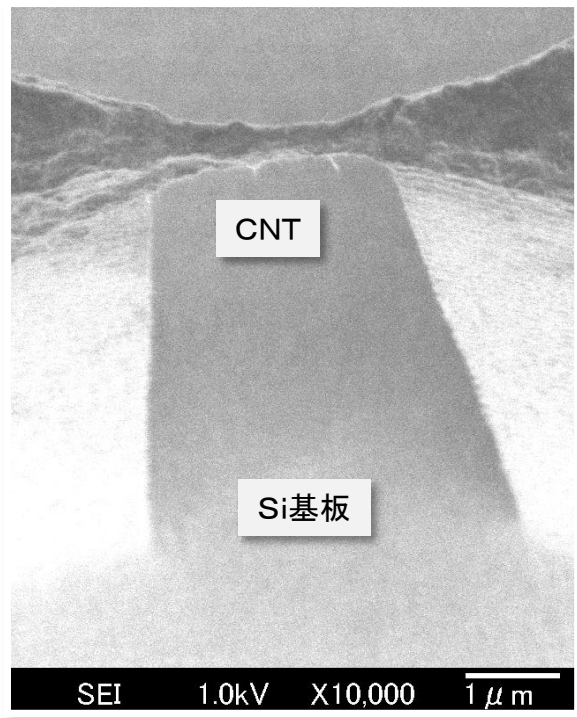
10umギャップ

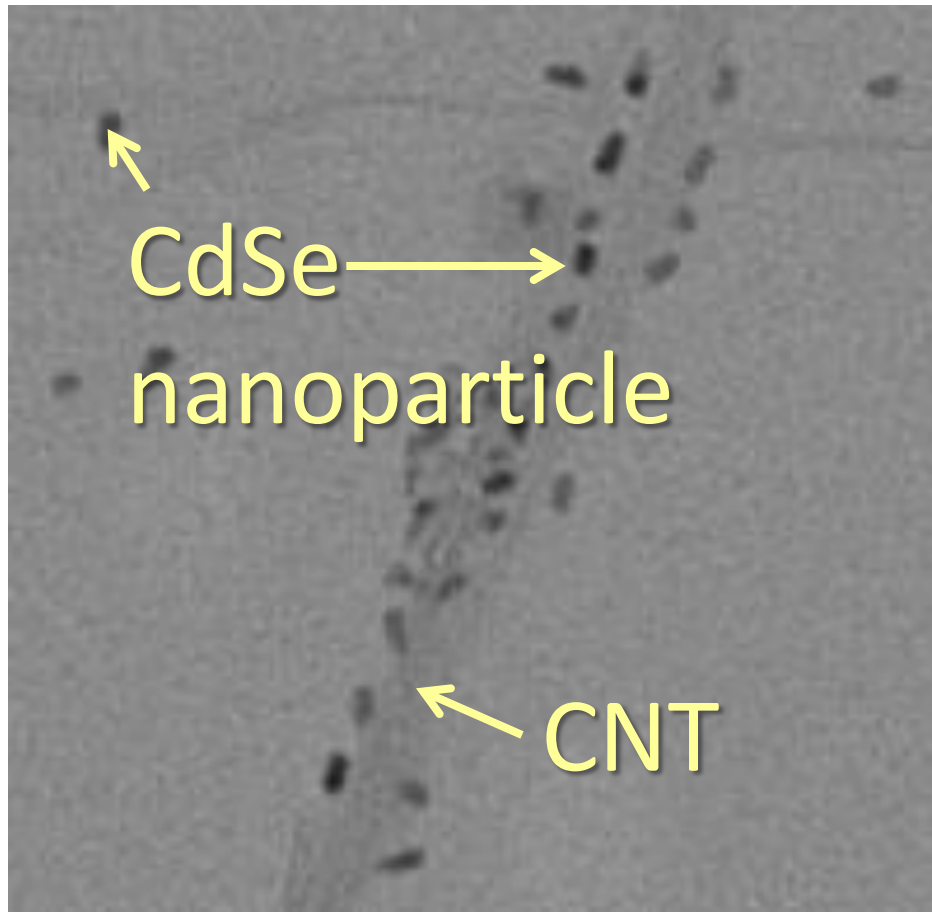


尖頭電極のSEM画像

- 性質の揃ったCNTによる構造作製が可能
 - 3D構造へのCNT成長プロセスに対する優位性

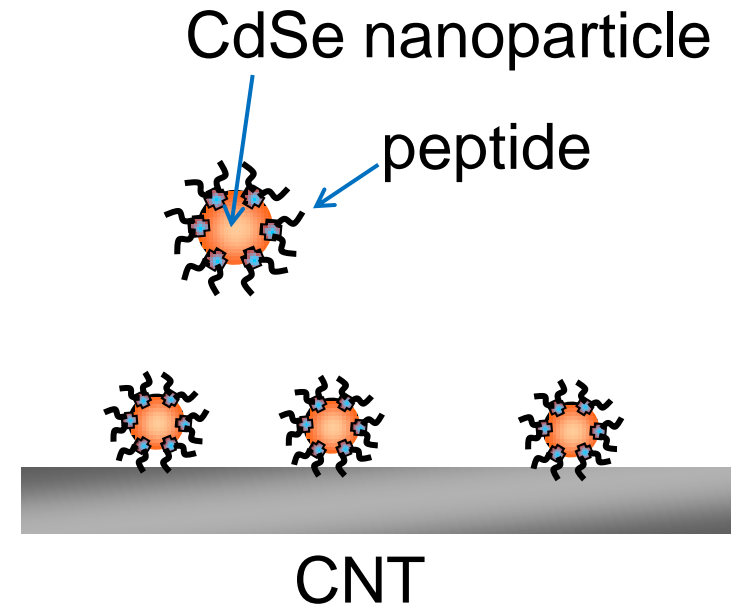
尖頭構造へのCNT架橋





CNT表面に特異的に結合するペプチド

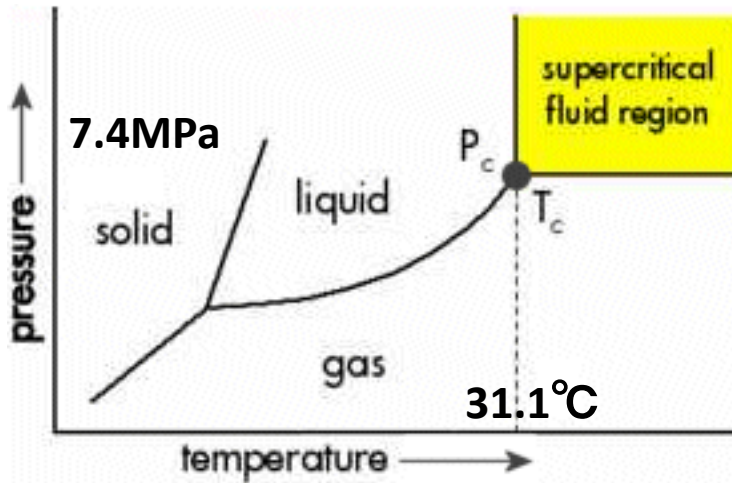
His-Met-Gly-Leu-Thr-Lys-Ile-His-
Tyr-Ser-Ala-Leu



- 材料特異性を持つペプチドの選定
 - CNT表面に各種のナノ構造体を修飾可能
 - 高感度・高特異性センシング

超臨界流体製膜

超臨界流体とは



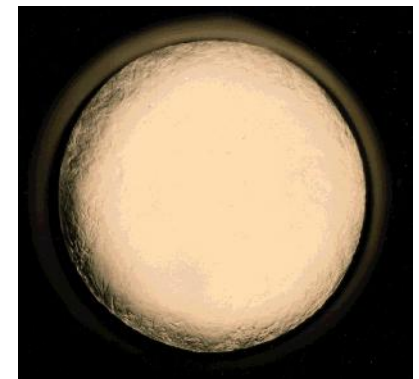
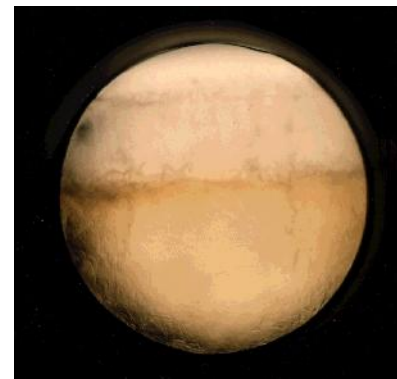
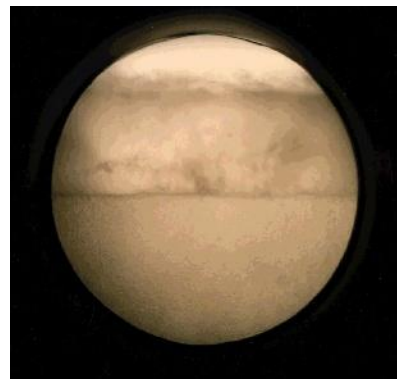
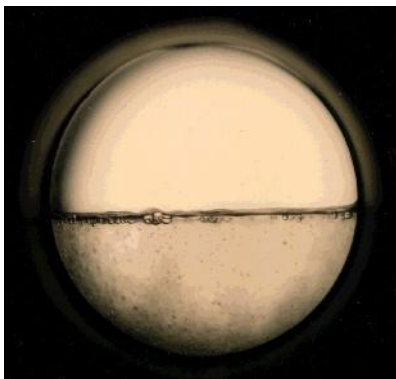
	Gas	SCF	Liquid
Density (kg/m ³)	1	100~1000	1000
Diffusivity (m ² /s)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁸	10 ⁻¹⁰

Phase transition

G/L equilibrium

● ————— pressurize —————>

SCF



各種製膜法による微細孔埋め込み



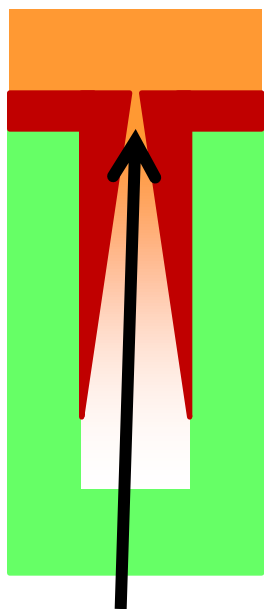
Vapor phase

Rapid diffusion

low concentration

PVD

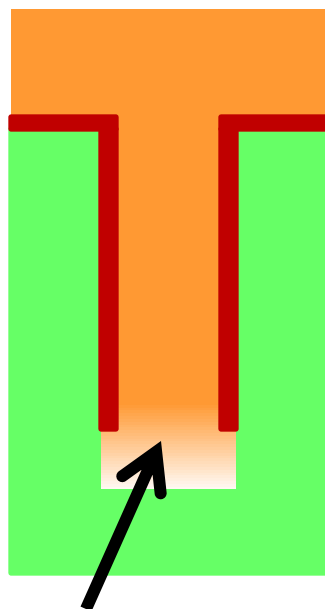
Reactive



Poor coverage
(← reactive)

CVD

Less reactive



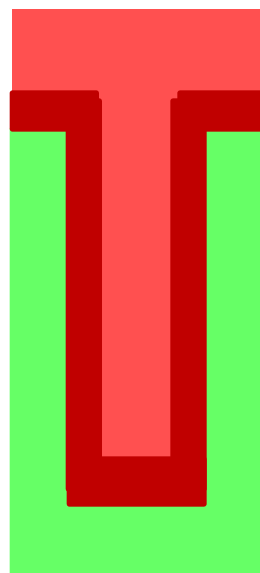
Bad nucleation
(← low conc.)

Supercritical

Rapid diffusion

High concentration

SCFD



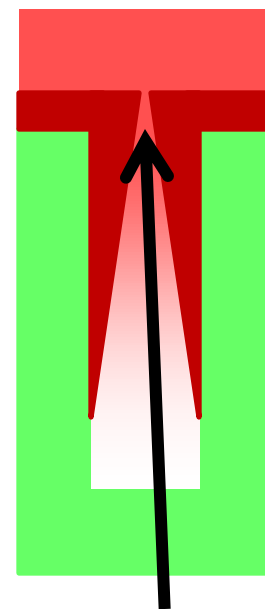
Excellent
coverage

Liquid phase

Slow diffusion

High concentration

Electroplating



Poor coverage
(← Slow diffusion)

センサノード用オンチップ電源集積

On-chip Integration with power supply

Conventional device



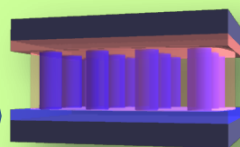
Sensor element

+



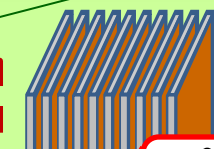
Power supply

Power Generator



High efficiency solar cell

Sensors

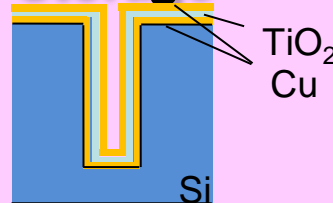


Gas sensor



Acceleration sensor

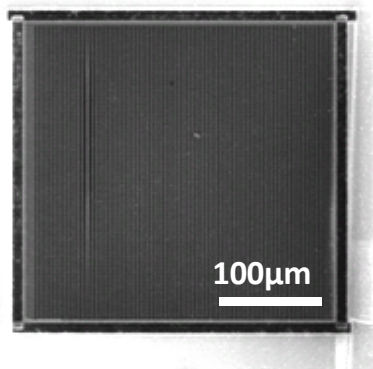
Power Storage



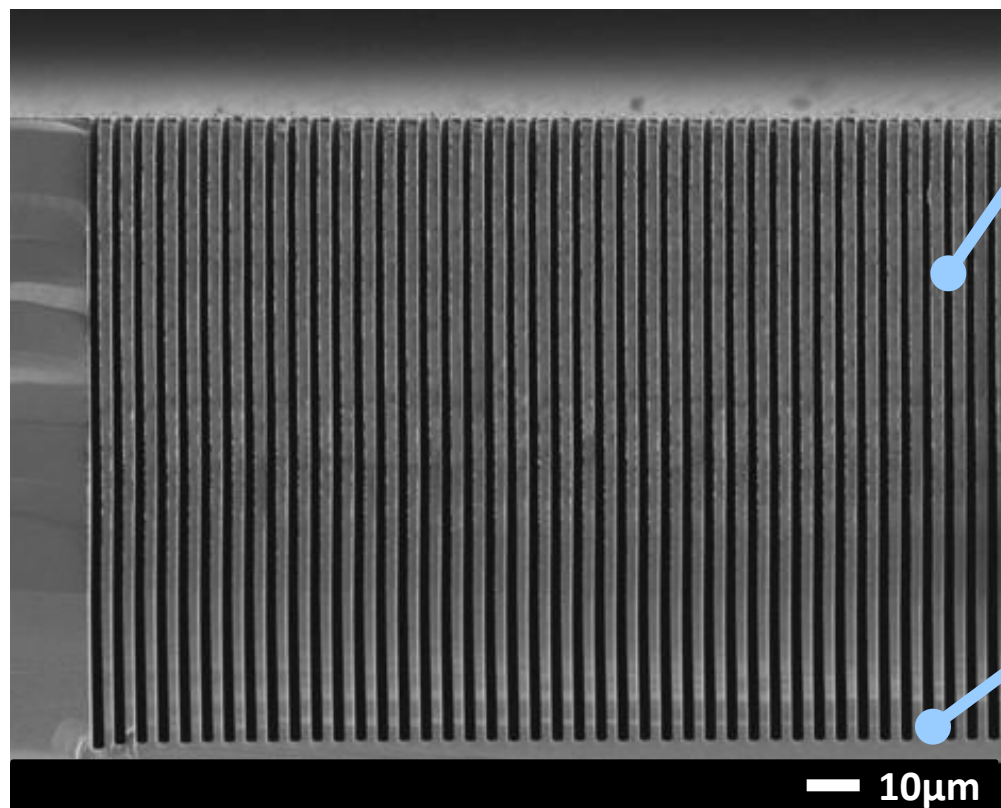
Super-capacitor made by Supercritical Fluid Deposition

Needs: Conformal deposition on high-aspect-ratio structure (metal + dielectric)

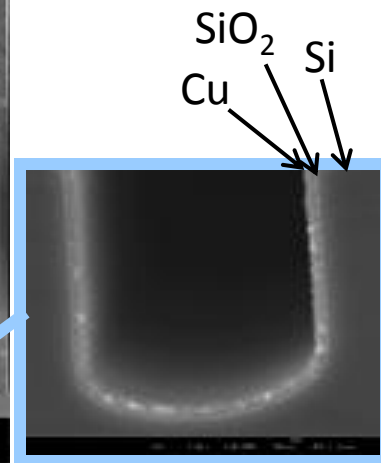
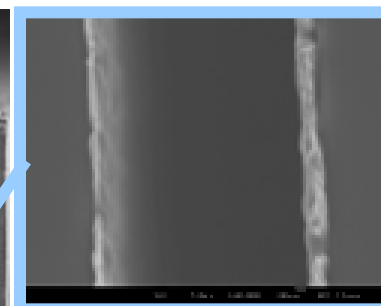
超臨界製膜を用いたスーパーキャパシタ



上面



断面

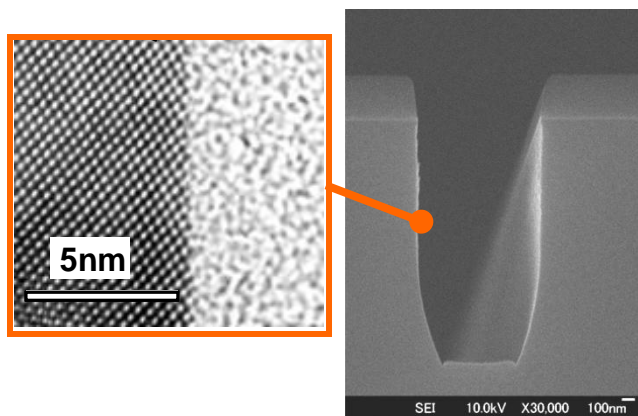


平面型キャパシタに比べて容量70倍

3D BEANSが提供するMEMSプロセスの 新パラダイム

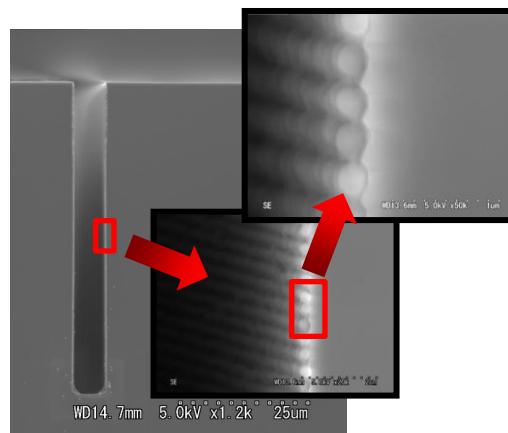


やさしく掘る



中性粒子ビームエッチング

3D構造に並べる

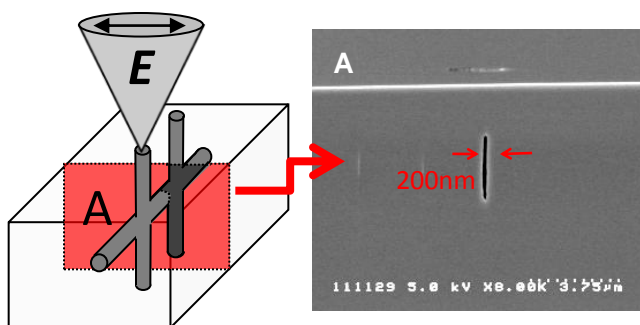


ナノ粒子配列



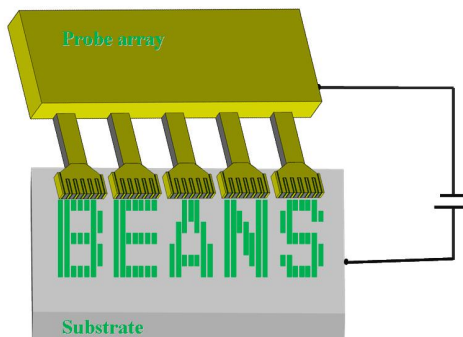
CNT架橋

自在に掘る



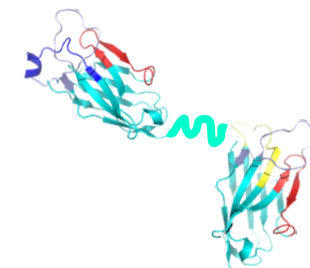
レーザアシストエッチング

ナノ描画



マルチプローブリソ

材料を見分けて並べる



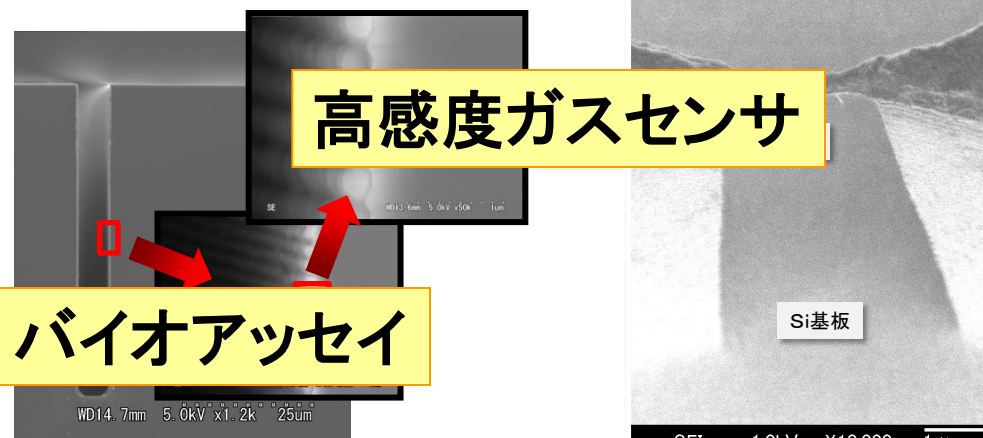
ペプチドによる
パターニング

やさしく掘る



中性粒子ビームエッチング

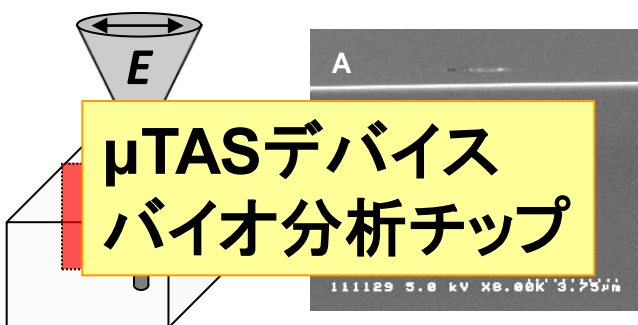
3D構造に並べる



ナノ粒子配列

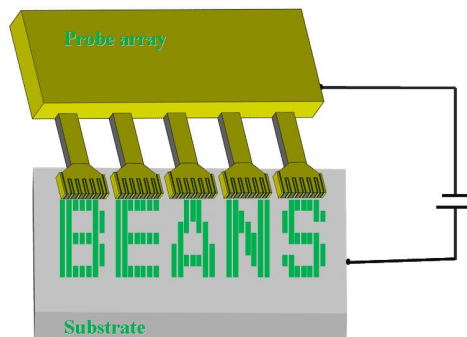
CNT架橋

自在に掘る



レーザアシストエッチング

ナノ描画



マルチプローブリソ

材料を見分けて並べる

