



# 研究開発成果詳細 ② 1/2

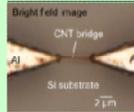
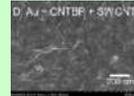
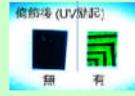
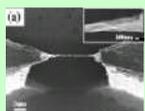
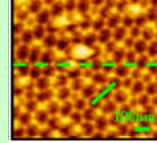
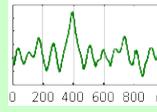
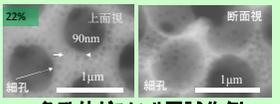
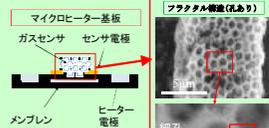
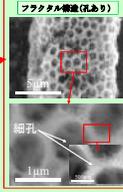
## ② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発(1/2)

研究開発テーマ	最終目標 (●基本、○自主)	研究開発成果	
(1) 超低損傷・高密度3次元ナノ構造形成技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>●超低損傷シリコンナノ構造をエッチング速度<b>0.3 <math>\mu\text{m}/\text{min}</math>以上</b>で形成</li> <li>●超低損傷エッチング技術にて<b>300MHz帯</b>で動作する高周波デバイスの試作</li> <li>○キャップ0.2 <math>\mu\text{m}</math>、深さ2 <math>\mu\text{m}</math>の低損傷垂直エッチングを実現、優位性を検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●超低損傷シリコン3次元ナノ構造(開口アスペクト比が約20)を、エッチング速度<b>0.1 <math>\mu\text{m}/\text{min}</math></b>で形成するプロセスを実現した。なお、実験に基づいたシミュレーションにて、開口アスペクト比100、エッチング速度<b>0.3 <math>\mu\text{m}/\text{min}</math></b>を実現するための課題を導き、実用化に向けた指針を得た。</li> <li>●平行平板型、及びディスク型高周波デバイスを作製し、MEMSとトランジスタが集積化された独自のフィルター特性が発現されることを確認した。</li> <li>○従来プロセス、及び超低損傷エッチングにて、デバイスを作製・評価した結果、振動特性(Q値)が<b>約50倍</b>、電気特性(I-Vカーブ)が<b>約10%向上</b>し、優位性を実証した。</li> </ul>	<p>超低損傷エッチング例</p> <p>振動デバイス試作比較</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>●フェムト秒レーザーアシストエッチングで、<b>水平/垂直アスペクト比10000/100</b>の流路を実現</li> <li>○本技術を用いたバイオチップのプロトタイプを試作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●水平方向は短径90 nmで<b>アスペクト比25000</b>、垂直方向はトレンチ構造にて<b>アスペクト比1000</b>を達成、長径は石英ガラスで1 <math>\mu\text{m}</math>、ホウ珪酸ガラスで500 nmを達成した。</li> <li>○ナノ流路を介してバクテリア単体を安定(72時間以上)に捕捉できることを確認した。また、ナノ流路を用いてドロップレット作製デバイスを考案し、直径1 <math>\mu\text{m}</math>程度の微粒子を大量かつ安定的に作製できることを実証した。</li> </ul>	<p>超高アスペクト比ナノ流路試作例</p> <p>バクテリア捕捉デバイス ナノ液滴作製デバイス</p>
(2) 異種機能集積3次元ナノ構造形成技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>●先端電極部を<b>50 nm以下</b>まで微細化した耐摩耗マルチプローブを試作</li> <li>●プローブ先端におけるナノトライボロジーモデルを構築</li> <li>●<b>ミートル級</b>摺動後のプローブ接触抵抗値が1M<math>\Omega</math>以下を実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●先端電極幅が<b>30nm以下</b>の耐摩耗マルチプローブを量産対応プロセスにて試作し、プローブリソグラフィにより<b>2 m</b>の摺動後にも描画精度を維持できることを実証した。</li> <li>●プローブ先端における『接触抵抗低減』『摩擦安定化』『耐摩耗性向上』の各種トライボロジー現象のモデルを構築し、3項目を同時に実現するため方策を提示した。</li> <li>●Ru膜上RuOx膜媒体を用いて、<b>0.3 m</b>の摺動試験の過程で平均接触抵抗値を<b>1 M<math>\Omega</math>以下</b>に抑えられることを実証した。</li> </ul>	<p>マルチプローブ試作品</p> <p>マルチプローブの構造 マルチプローブ描画例</p>



# 研究開発成果詳細 ② 2/2

## ② 3次元ナノ構造形成プロセス技術の開発(2/2)

研究開発テーマ	最終目標 (●基本、○自主)	研究開発成果	
(続き) (2) 異種機能集積 3次元ナノ構造形成 技術	●金属・半導体表面とナノ材料との2重認識バイнда分子を構築  ●ナチューブ修飾により、無修飾時に比べ <b>摩擦抵抗を1/10</b> を実現  ● <b>径100 nm以下</b> のナチューブバンドルを <b>均一性10%</b> でプローブ尖頭に修飾  ○アスペクト比5以上の表面段差測定を実施  ○マルチプローブへの適用性、機能分子修飾CNTセンサの可能性提示	●同定したCNT結合性ペプチドアプターについて2重認識バイнда分子を設計し、CNTセンサ構造上への自律的な機能性ナノ粒子配列、ならびに、バイнда分子を介した各種基板表面(金、酸化亜鉛、シリコン酸化膜)へのCNTの修飾(薄膜形成)に成功した。  ●CNT修飾表面の摩擦特性評価の結果、30%程度の摩擦抵抗の低減を確認したが、表在する生体材料の効果により劇的な低下は見込めないことを明らかにした。  ●誘電泳動法を用いて市販のシリコンカンチレバーの先端に <b>均一性10%以上</b> で <b>直径100nm</b> 程度のCNTバンドルを形成することに成功した。  ○作製したCNTカンチレバーを用いて多孔質アルミニウム基板のAFM観察した結果、従来のカンチレバーと同等レベルの高分解能観察が可能であることを実証した。  ○マルチ尖頭電極間にCNTバンドルを架橋させ、半導体・金属の電気特性の測定や、DNAやペプチド分子を用いたCdSeナノ粒子の修飾に成功した。	  <p>CNTバンドルへの機能性ナノ粒子修飾</p>   <p>ペプチドによるCNT修飾 ペプチド有無比較</p>   <p>誘電泳動によるCNT修飾</p>  <p>CNTカンチレバーによるAFM観察結果</p>
	● <b>径100 nm以下</b> のナノ粒子・自己組織化ドットを配置、間隔・密度を制御  ●ナノ粒子配列適用のガスセンサにて、エタノール <b>濃度500ppm</b> に対し <b>抵抗変化比5</b> を実現  ●VOC、SOX、NOX等のガス検出を確認	●有機樹脂により基板上にパターニングされた3次元トレンチ構造中に、 <b>100 nm以下</b> の金属酸化物粒子、及びポリマー粒子を高密度に充填し、ポリマー粒子を除去する事によりガスセンサに適用する多孔体センサ層を形成した。  ●マイクロヒーターを形成した基板上にナノ粒子配列プロセスを利用した多孔体ガスセンサ層を形成し、エタノール <b>濃度100 ppm</b> のガス存在下の <b>抵抗変化比136</b> を達成した。  ●VOCであるトルエンガス検出を行い100ppmガス存在下で感度43を達成した。	 <p>多孔体ガスセンサ層試作例</p>   <p>試作ガスセンサの構造と多孔体層のSEM像</p>