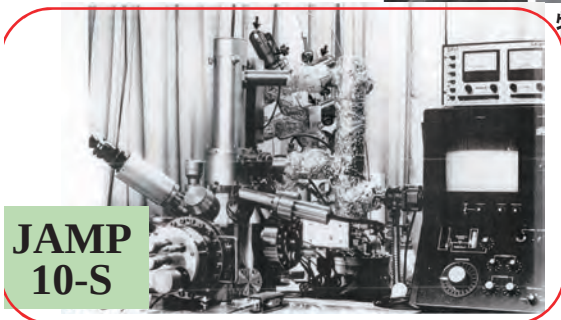


イオン誘起表面荒れ(sputter cone)の功罪



特許第4539817号

製品として販売しています(原子間力顕微鏡探針)

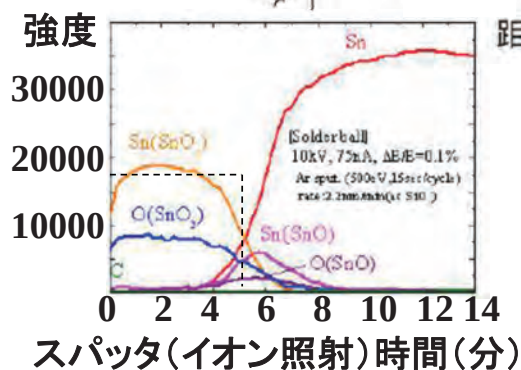
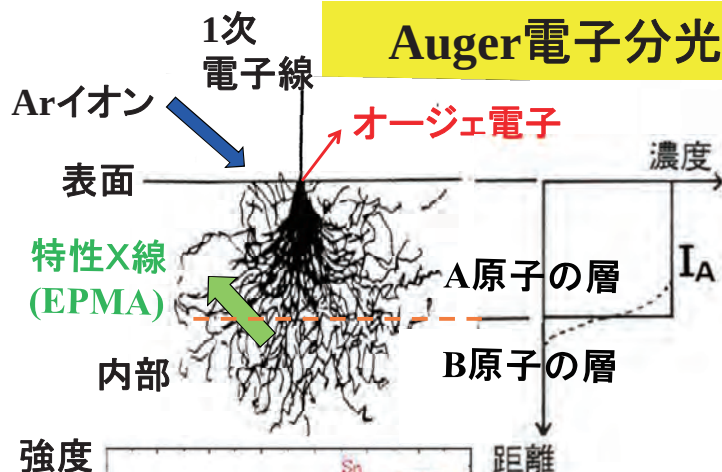


Li電池にも使えます

グラフェンのナノワイヤーができていく様子を透過電子顕微鏡の中で原子レベルで動画観察できます

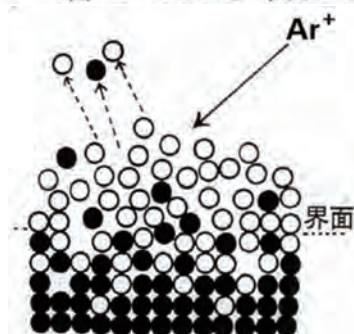
名古屋工業大学 大学院工学研究科
種村 真幸

Auger電子分光法：深さ方向元素分析は不可欠！



<https://www.jeol.co.jp/science/am.html>

なぜ深さ方向分解能が劣化するのか？
一層づつはぎ取れない



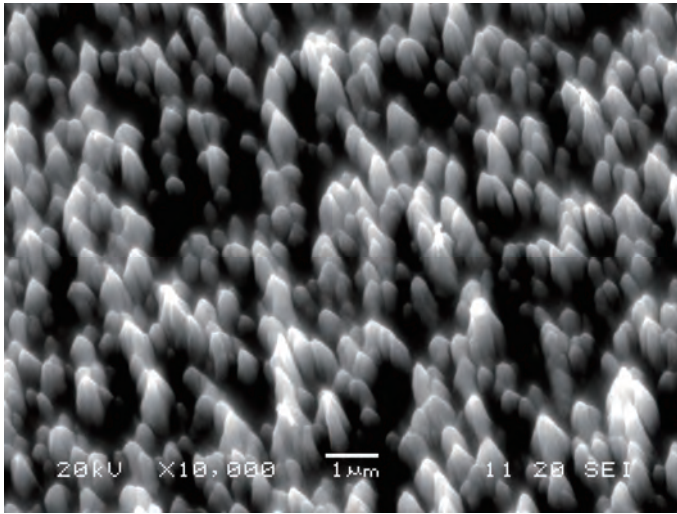
○イオンによるミキシング
⇒イオンの加速電圧を下げる
⇒イオンの入射角を浅くする
⇒重いイオンを用いる

○イオン照射に誘起された表面荒れ(sputter cone)形成
★多結晶金属薄膜で深刻

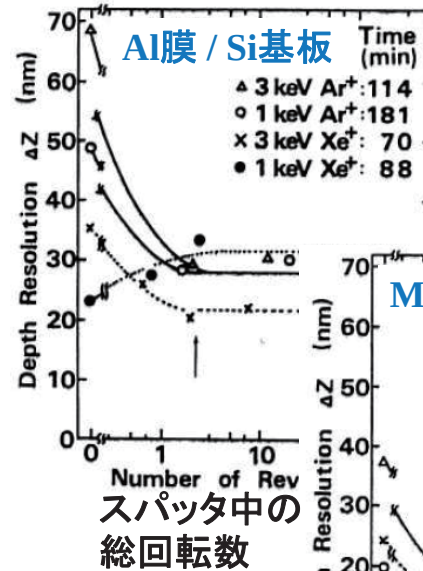
イオン誘起円錐状突起(コーン)形成

Ar⁺
イオンビーム ↓

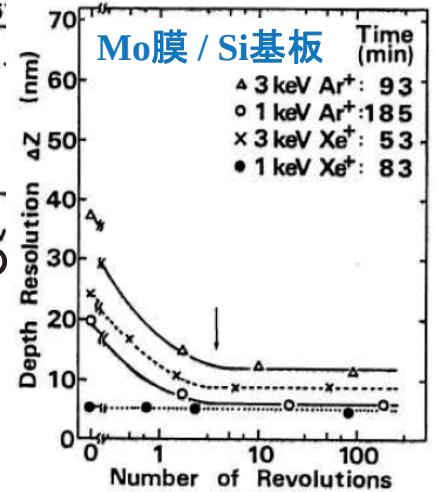
Au



Nano-Micro Letters 13 (2021) 109



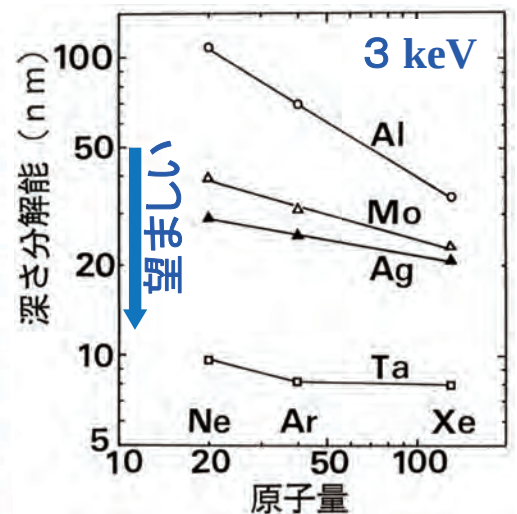
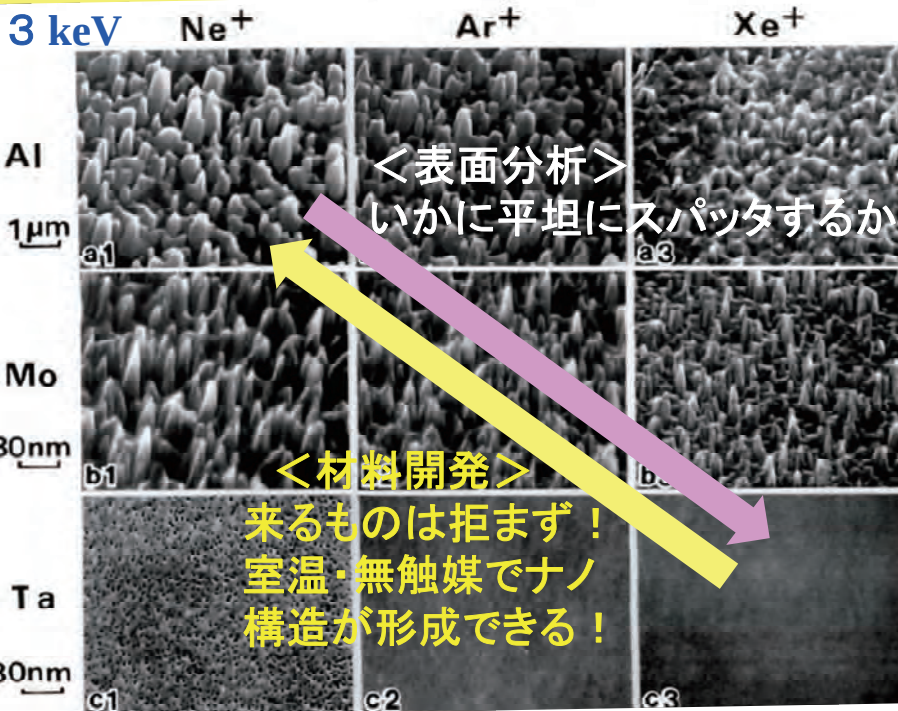
対策：
スパッタ中の
試料の回転



Surf. Interface Anal. 18 (1992) 475

コーン形成：望ましい？ NO=表面分析

イオン照射後の表面形態と深さ分解能のイオン種依存性



重イオン照射

○高深さ分解能

○短時間分析

▼イオンポンプの負担：大
⇒ポンプの寿命低下

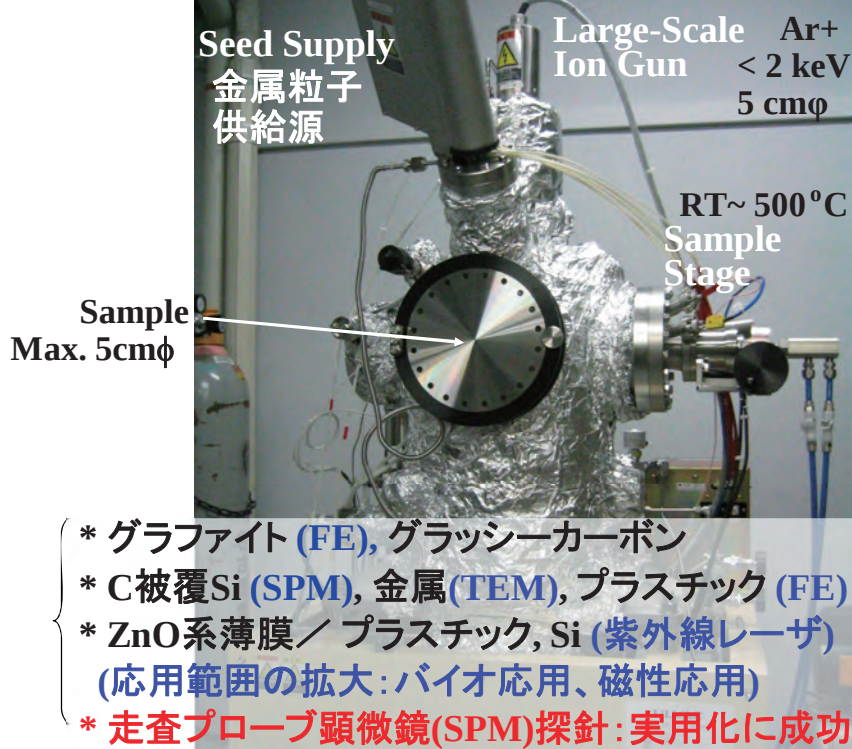
Surface Sci. 230 (1990) 283

自然の造形

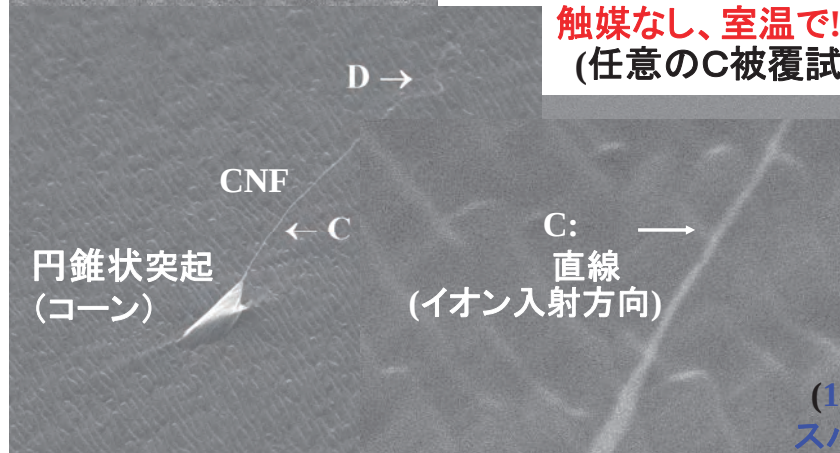
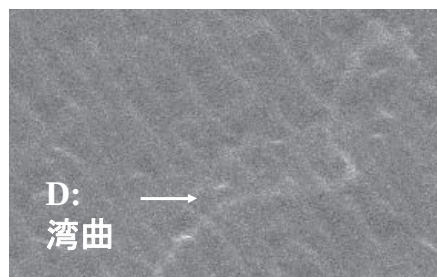
in Switzerland



ナノ材料・構造形成装置



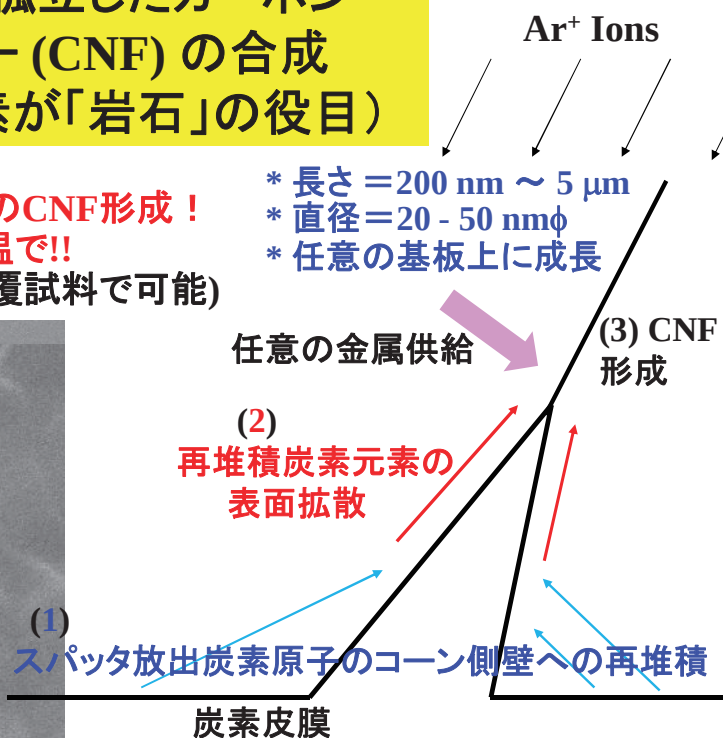
Si基板上への孤立したカーボン ナノファイバー (CNF) の合成 (室温; 被覆炭素が「岩石」の役割)



C被覆Si試料

コーン先端でのCNF形成!
触媒なし、室温で!!
(任意のC被覆試料で可能)

- * 長さ = 200 nm ~ 5 μm
- * 直径 = 20 - 50 nmφ
- * 任意の基板上に成長



原子間力顕微鏡の探針 (先鋭な先端)



オリンパスカタログ
<http://probe.olympus-global.com/jp/feature/#anchor01>

何

3 ~ 9 Si チップ群

小規模一括成長処理

三角錐型 Si カンチレバー;
市販品; オリンパス

- * 成長方向: イオン入射方向
→ 成長方向制御可能
- * 単一 CNF: コーン先端
にのみ成長

成長方向: 制御可能!

C: →
直線
(イオン入射方向)

直線状 CNF
長さ: ~ 800 nm
直径: ~ 30 nm

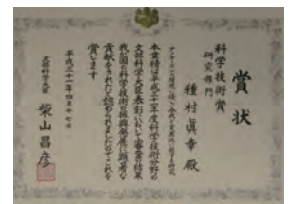
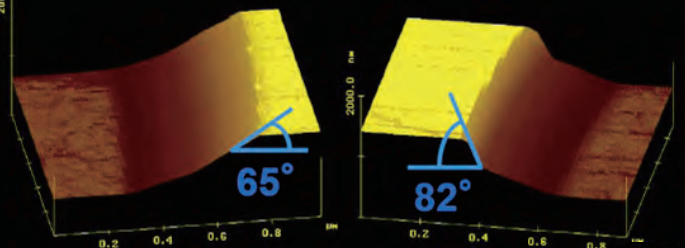
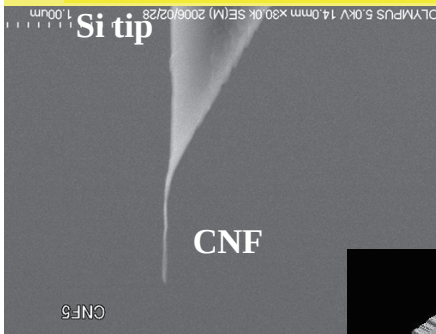
0.5 μm 14 1

J. Phys. 100 (2008) 052005

102

カーボンナノ

Si grating (TGX01, NT-MDT Co.)



scanning

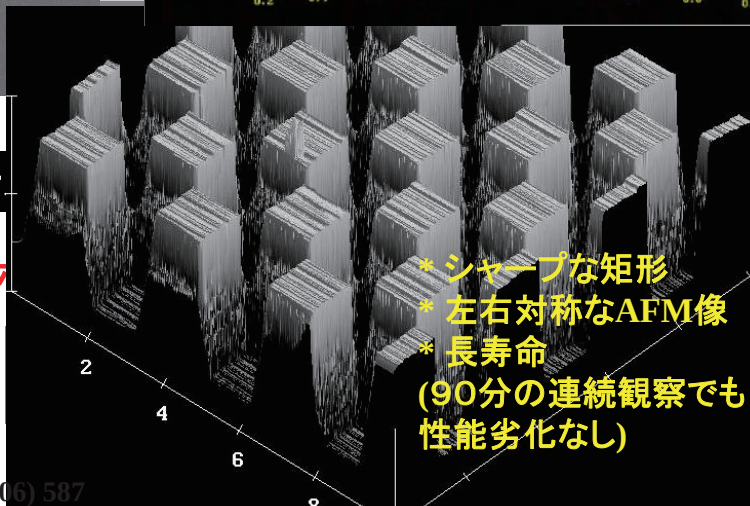
probe

ナノカー



実際の表面形状

IEEE Trans Nanotech 5 (2006) 587



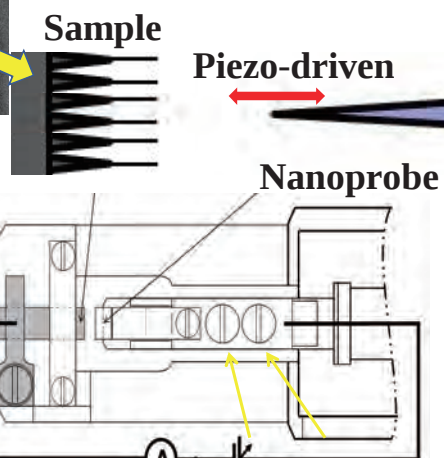
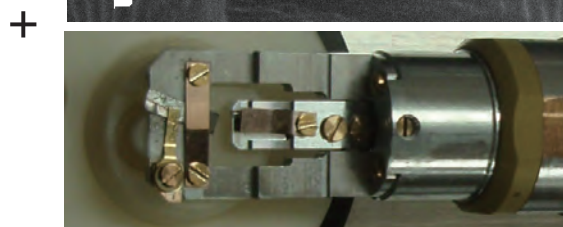
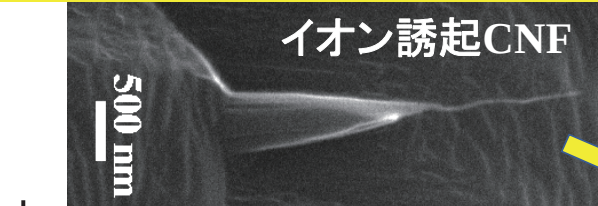
- * シャープな矩形
- * 左右対称なAFM像
- * 長寿命
(90分の連続観察でも
性能劣化なし)

OLYMPUS
Your Vision, Our Future

カーボン・ナノ・ファイバ探針の採用で、
繰り返し走査後の画質変化が大幅に減少。
新ACモード用シリコンカンチレバー

<http://www.olympus.co.jp/jp/insg/probe/>

In situ TEM (透過電子顕微鏡によるその場観察)



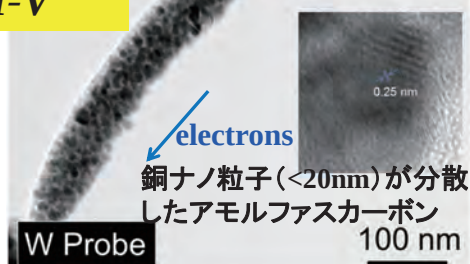
電流-電圧測定
=> グラフェン, CNT 相変化

ACS Nano 6 (2012) 9567 (Fe)
Carbon 75 (2014) 277 (Au)
Scientific Reports 4 (2014) 7563 (Cu)
RSC Advances 5 (2015) 5647 (Ag)
RSC Advances 6 (2016) 82459 (Cu)
Carbon 132(2018)165 (Pt)
RSC Advances 9 (2019) 34377 (Mo)
Phys. Status Solidi B, 257 (2020) 2000309 (Ga)

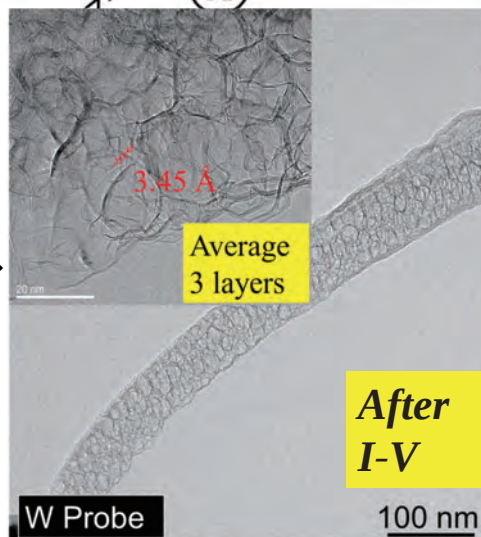
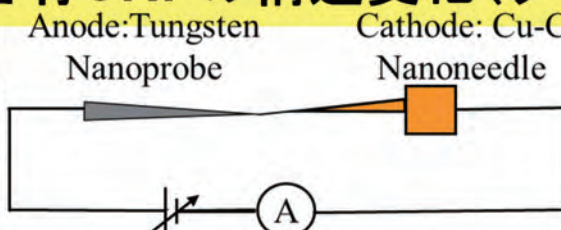
Cu箔端面に形成されたCu含有CNFの構造変化(グラフェン化)



Before
I-V

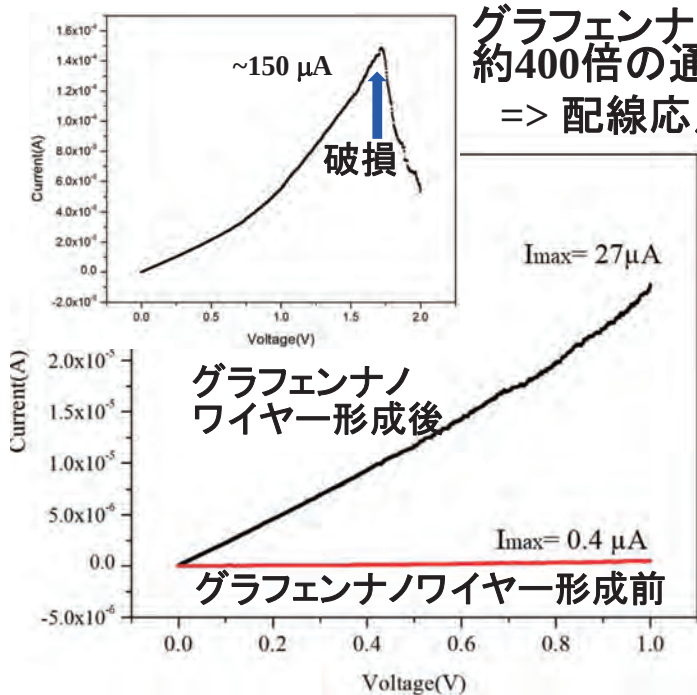


RSC Advances 6 (2016) 82459



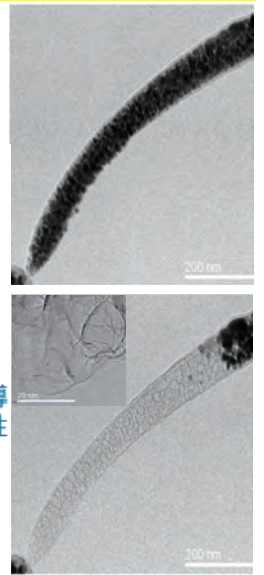
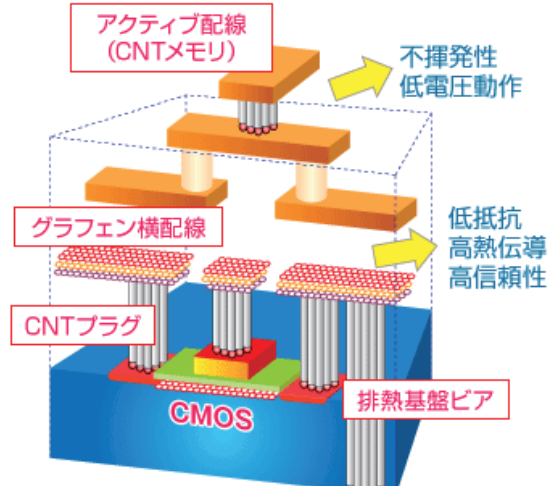
After
I-V

Cu含有CNFの構造変化（グラフェン化）に伴う電気特性変化



RSC Advances 6 (2016) 82459

グラフェンナノワイヤー形成後には
約400倍の通電電流が可能に!!
=> 配線応用へ!! (位置制御形成)



最先端研究開発支援プログラム(FIRST)
グリーンナノエレクトロニクスセンター
<http://www.yokoyama-gnc.jp/research/nanocarbon.html>

グラフェン化、CNT化とナノ細線の半田付け

注目の論文 | Scientific Reports | Nature Publishing Group

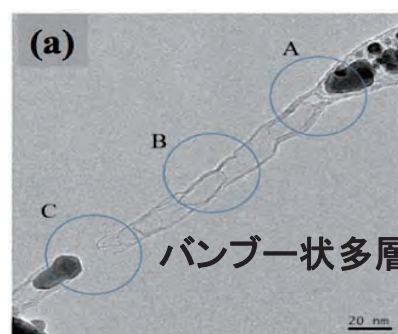
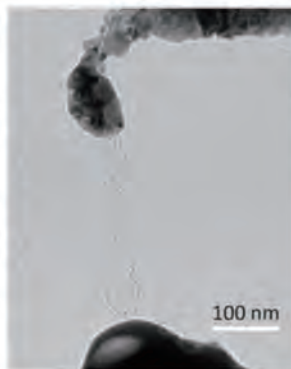
グラフェンの銅アシスト成長をナノスケールで可視化する

2014年12月19日 Scientific Reports 4 : 7563 doi: 10.1038/srep07563 (2014)

化学気相成長法(CVD)で遷移金属(TM)上に高品質の大量積層グラフェンを制御して合成することは、実用的なデバイス応用に最も魅力的なアプローチである。正確な層数、結晶サイズ、構造を持つグラフェンを得るためには、炭素原子とTMとの相互作用が極めて重要になる。今回我々は、グラフェンの銅アシスト成長を実現する固相反応プロセスを、その場透過電子顕微鏡(TEM)を用いてナノスケールで明らかにしている。2プロンプシステムにおいて電位をかけると、銅(Cu)で被覆したアモルファスカーボンナノファイバー(CNF)の著しい構造変換が観察された。電位をかけると、ジュール加熱と大きな熱勾配に起因して、被覆Cu粒子が再結晶化し、カソードに向かって凝集する。その結果、アモルファスカーボンが結晶化し始めるとともにsp²混成炭素を形成し始め、Cu表面の先端からグラフェンシートを形成する。印加電位を高くしていくと、グラフェンナノリボンの構造変形と破断が観察された。これは、飽和電流と誘起ジュール加熱が原因と考えられる。その場TEMプロセスによってナノスケールで観察されたグラフェン形成は、炭素原子とCuとの相互作用を理解する上で重要な意味を持つ可能性がある。

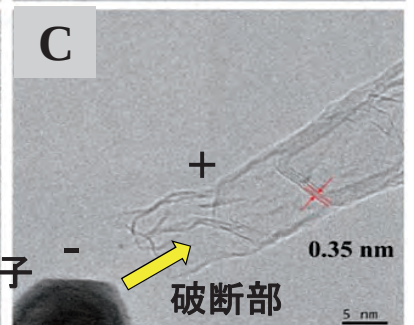
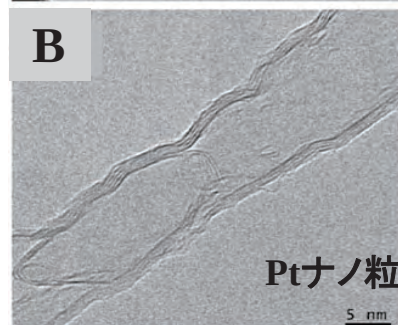
Mohamad Saufi Rosmi, Mohd Zamri Yusop, Golap Kalita, Yazid Yaakob, Chisato Takahashi & Masaki Tanemura

<https://www.nature.com/articles/srep07563>
Scientific Reports, 4 (2014) 7563



Carbon 132(2018)165

A Ptナノ粒子



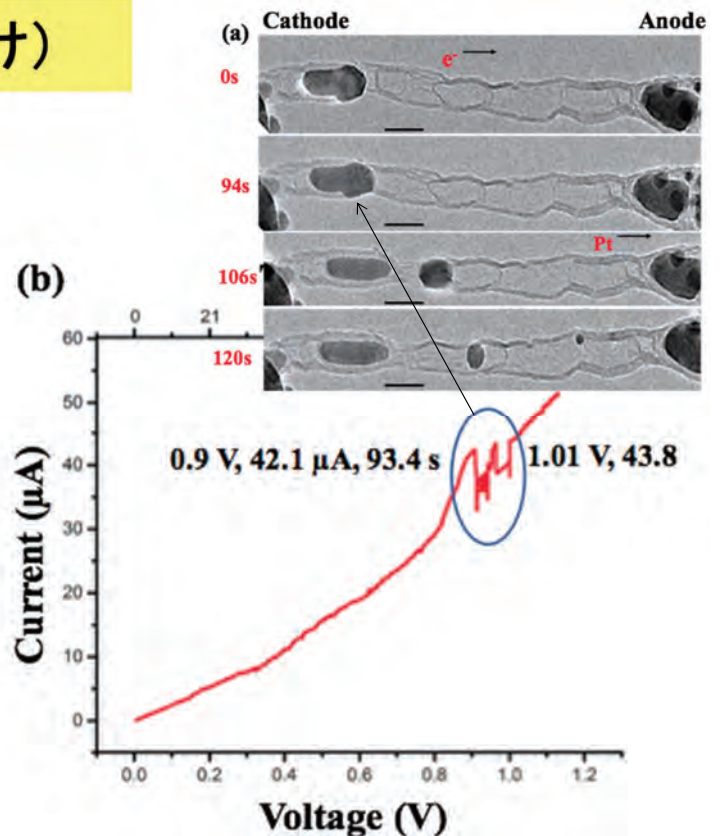
破断部の接合(半田付け)に挑戦!

破断CNTの接合(ナノ半田付け)



-側

Carbon 132(2018)165

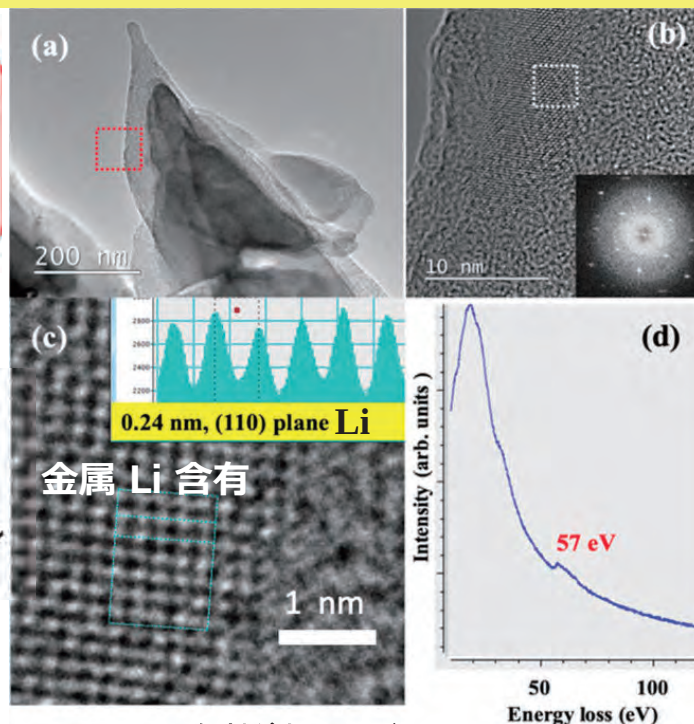


次世代リチウムイオン電池開発への応用例

新材料の特徴

- * 金属Liを炭素材料の中に内包
- * 雰囲気制御したグローブボックスを使わなくても大気中で取り扱いが可能
- * 簡便に作製可能

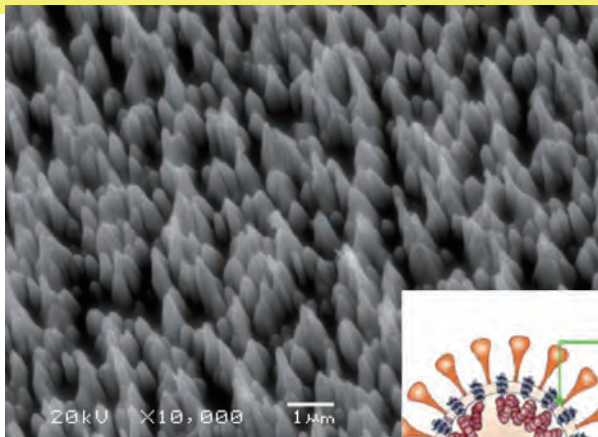
- (a) 透過電子顕微鏡(TEM)像
(b) 赤枠の拡大像
(c) 白枠の拡大像(格子像)
(金属Li(110)面の原子配列像)
(d) エネルギー損失分光スペクトル
(金属Liの確認)



Nanomaterials 10 (2020) 1483

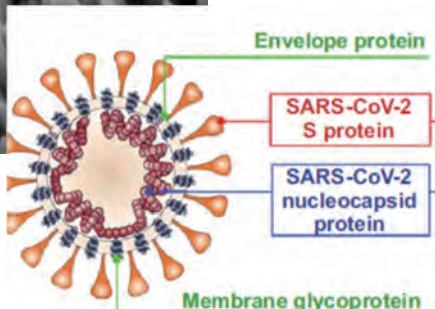
(<https://www.mdpi.com/2079-4991/10/8/1483> で無料ダウンロード)

新型コロナウイルスの超高感度高速検出

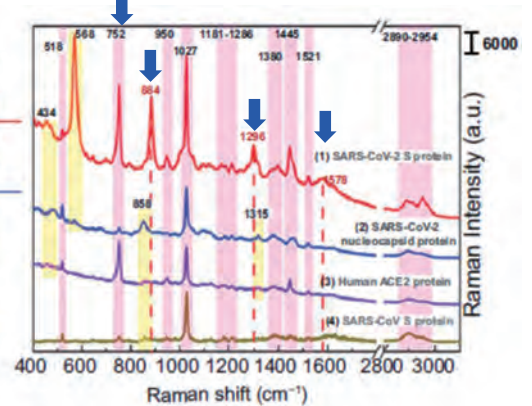


Auナノ構造のSEM像

新型コロナウイルス

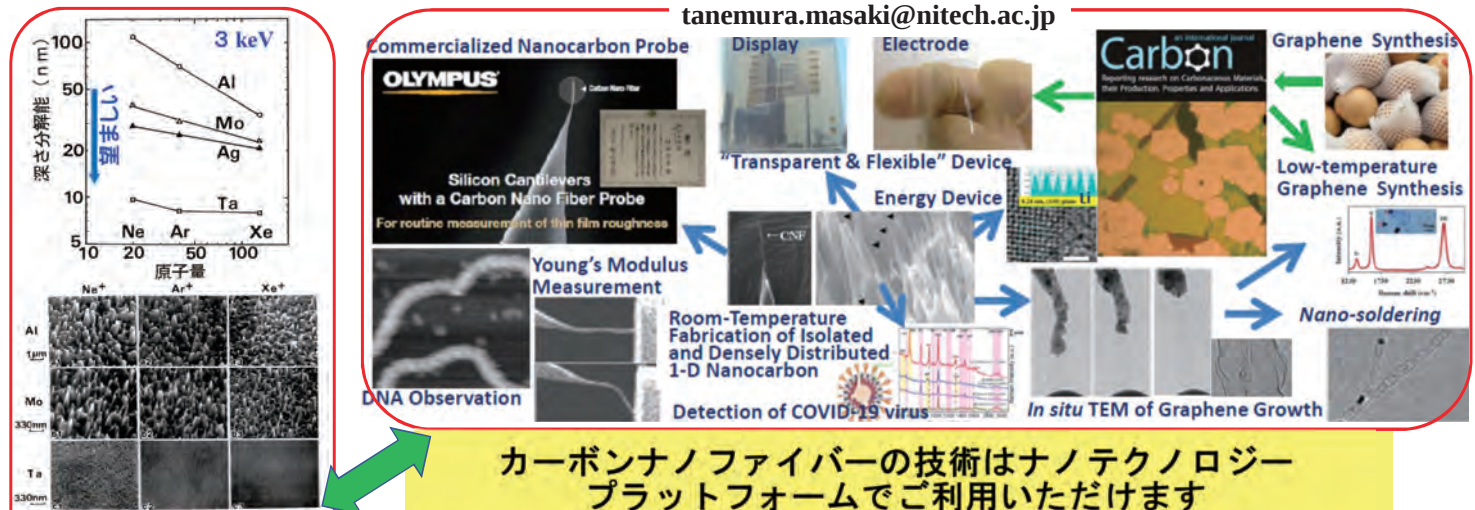


SARS-CoV-2のモデル構造とSERS
(表面増強ラマン) スペクトル



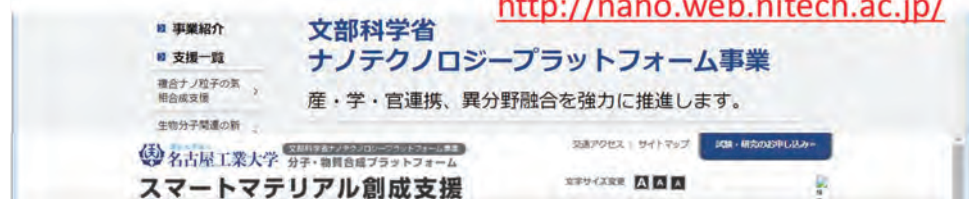
“Human ACE2-functionalized gold “virus-trap” nanostructures for accurate capture of SARS-CoV-2 and single-virus SERS detection,” *Nano-Micro Letters*, 13 (2021) 109-1-13.

tanemura.masaki@nitech.ac.jp



カーボンナノファイバーの技術はナノテクノロジープラットフォームでご利用いただけます

<http://nano.web.nitech.ac.jp/>



“炭素系ナノ材料の低温合成・その場観察・実用化” 金属 88 (2018) 95-102.

“ナノカーボンの環境に優しい合成と応用” Ceramic Data Book (2019) 123-127