

メタルナノシートの創製と 3D Nano-ESCAへの期待

福田勝利

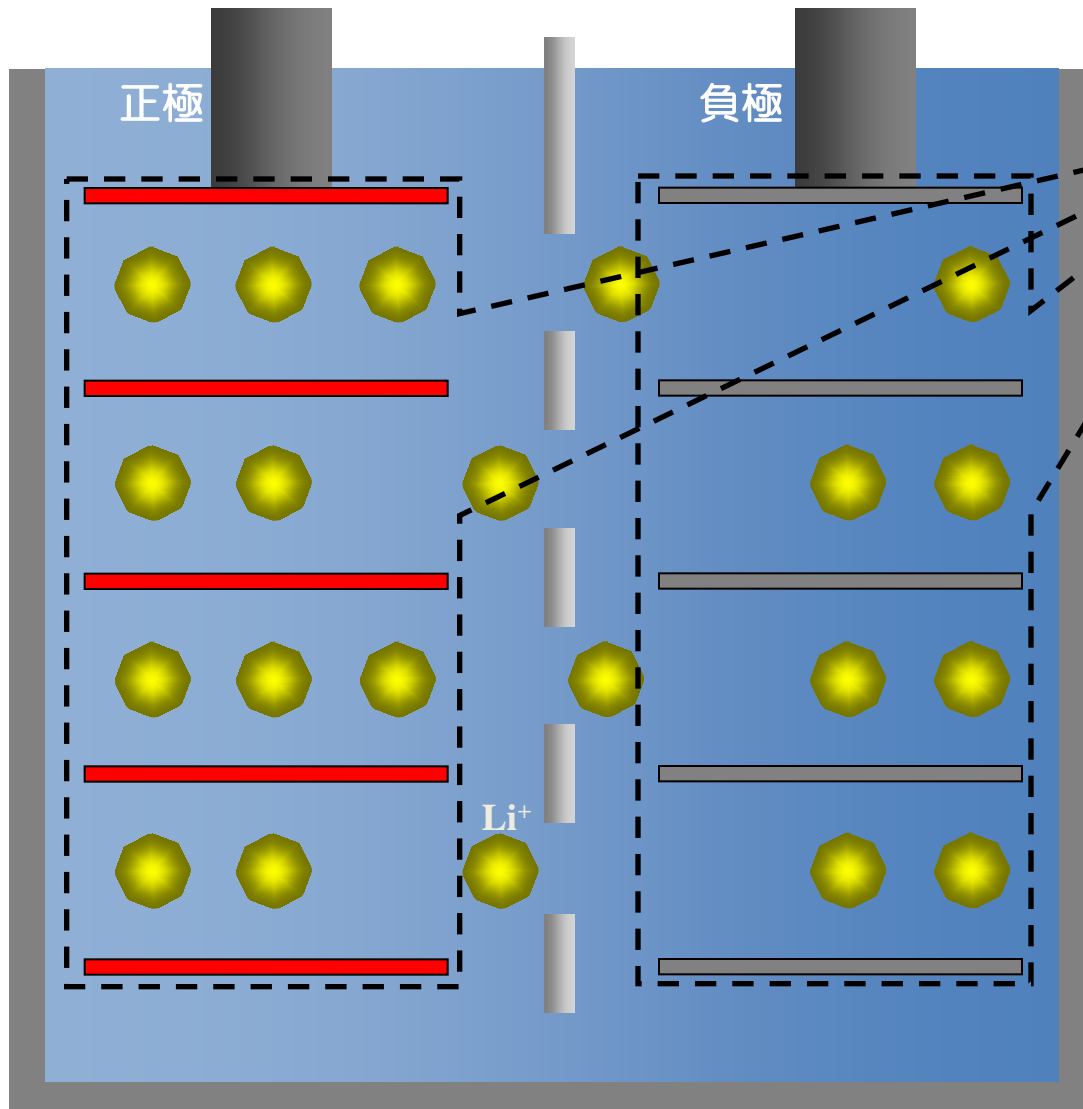
京都大学 特定准教授(産官学連携)

目次

1. 「ナノシート」の紹介
2. メタルナノシートの創製
3. ナノシート研究のトレンド
4. 3D Nano-ESCAへの期待

ナノシートとは

リチウムイオン二次電池模式図

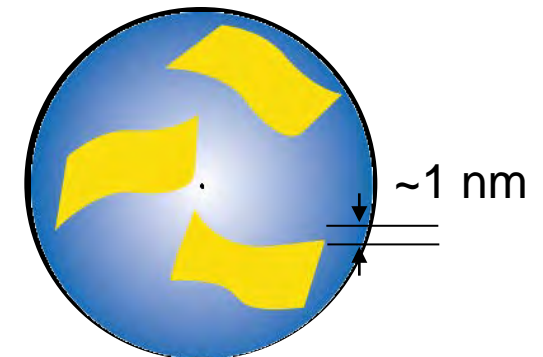


層状化合物



↓ 単層剥離

ナノシート



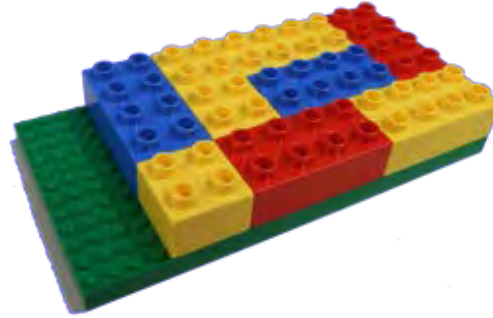
True Nano Material

ナノシート材料の構築概念

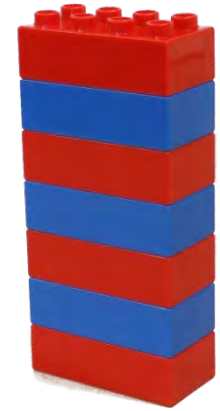
低次元ブロック



2Dタイリング

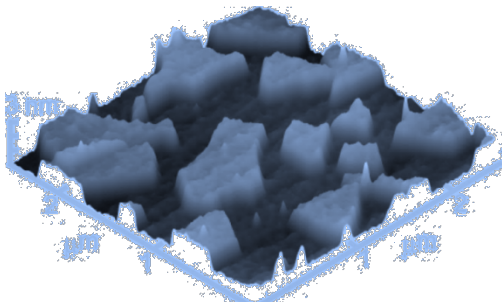


3Dビルドアップ



界面修飾

材料母体



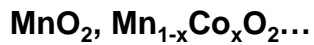
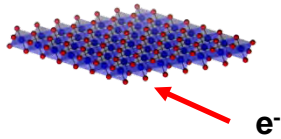
AFM形状像

ナノシートのラインナップ

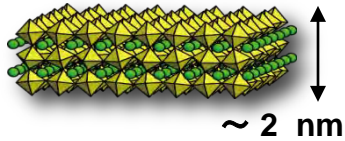
グラファイト	C (graphene)	量子伝導、高機械的強度
酸化チタン系	$Ti_{0.91}O_2$, $Ti_{0.87}O_2$, Ti_4O_9 , Ti_5O_{11} $Ti_{0.8}Co_{0.2}O_2$, $Ti_{0.8}Ni_{0.2}O_2$, $Ti_{0.6}Fe_{0.4}O_2$, $Ti_{0.7}Mn_{0.3}O_2$	光触媒性、誘電性、 強磁性
酸化マンガン系	MnO_2 , Mn_3O_7 , $Mn_{1-\delta}Co_{\delta}O_2$ ($\delta < 0.4$), $Mn_{1-\delta}Fe_{\delta}O_2$ ($\delta < 0.2$)	レドックス性
酸化ニオブ・タンタル系	$LaNb_2O_7$, $Ca_2Nb_3O_{10}$, $La_{0.90}Eu_{0.05}Nb_2O_7$, $SrTa_2O_7$, $Eu_{0.56}Ta_2O_7$ Nb_3O_8 , Nb_6O_{17} , $TiNbO_5$, Ti_2NbO_7 , TaO_3	光触媒性、誘電性、 フォトルミネッセンス特性
酸化タングステン系	W_2O_7 , $Cs_4W_{11}O_{36}$, $Rb_4W_{11}O_{35}$	フォトクロミック特性
酸化モリブデン系	MoO_2	レドックス性、電気伝導性
酸化ルテニウム系	$RuO_{2.1}$, RuO_2	良電気伝導性
層状複水酸化物系	$Mg_{2/3}Al_{1/3}(OH)_2$, $Co_{2/3}Al_{1/3}(OH)_2$, $Ni_{2/3}Al_{1/3}(OH)_2$, $Zn_{2/3}Al_{1/3}(OH)_2$, $Co_{2/3}Fe_{1/3}(OH)_2$, $Co(OH)_2$	カチオン性、レドックス性、 磁性

ナノシートが生み出す環境

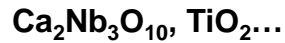
レドックスナノシート



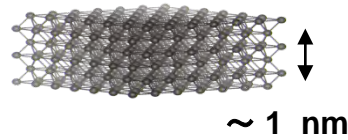
高誘電ナノシート



$\epsilon = 210 (@ 5 \text{ nm})$



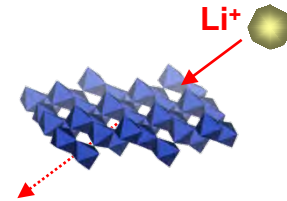
導電性ナノシート



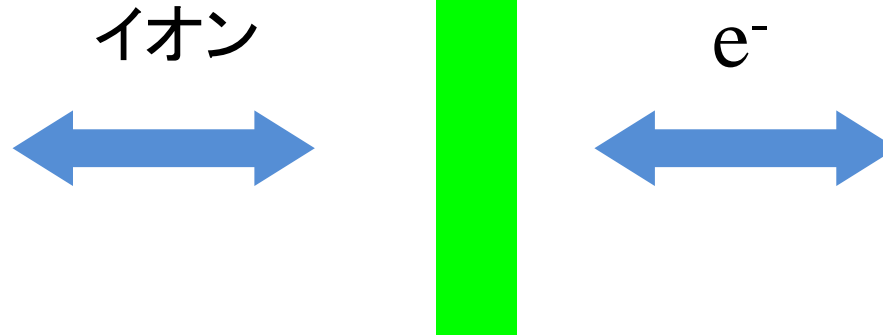
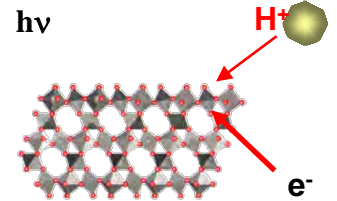
$10^2 \sim 10^{-5} \Omega \text{ cm}$



イオン伝導ナノシート



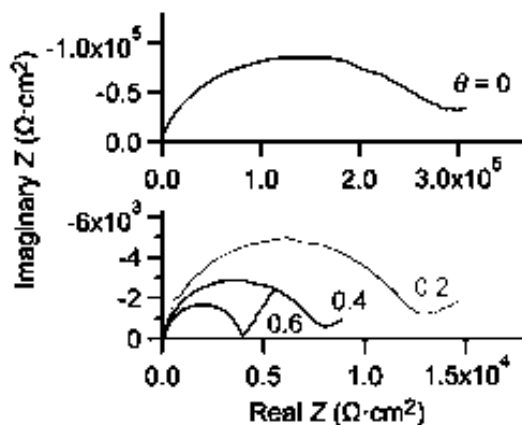
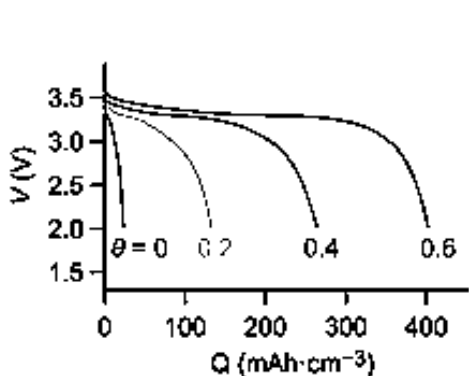
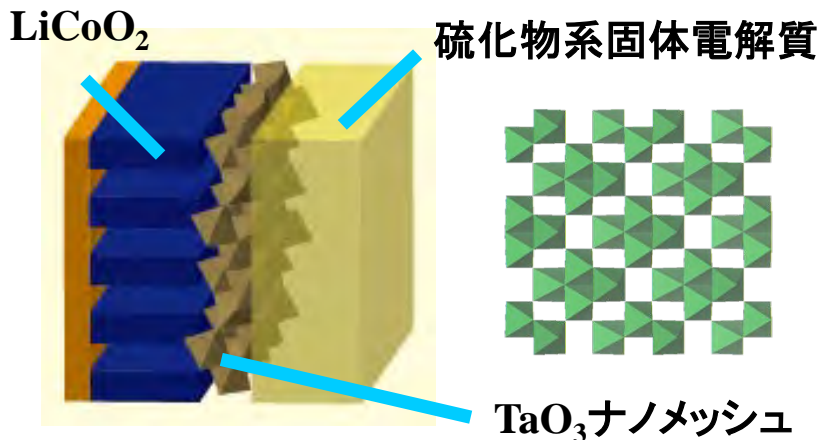
光エネルギー貯蔵ナノシート



「ゴミも分別すれば資源」

最近の話題: エネルギー分野への応用

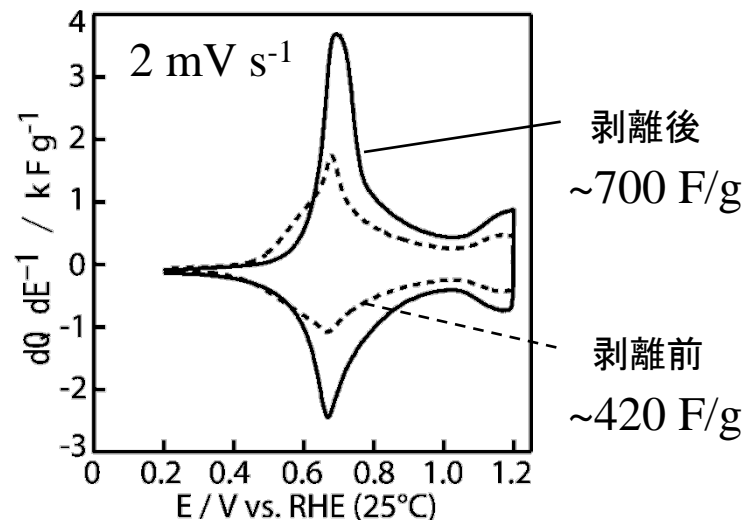
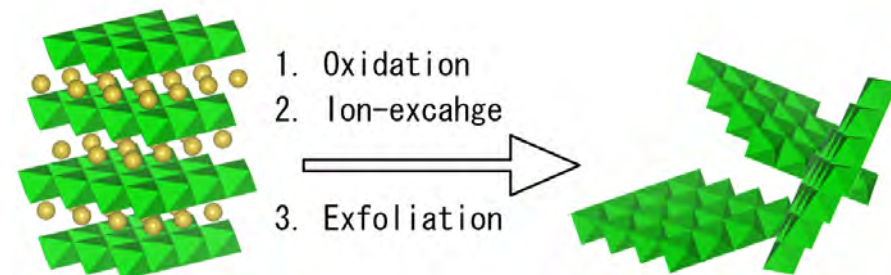
リチウム二次電池



Energy & Env. Sci. 2011

界面修飾

キャパシタ



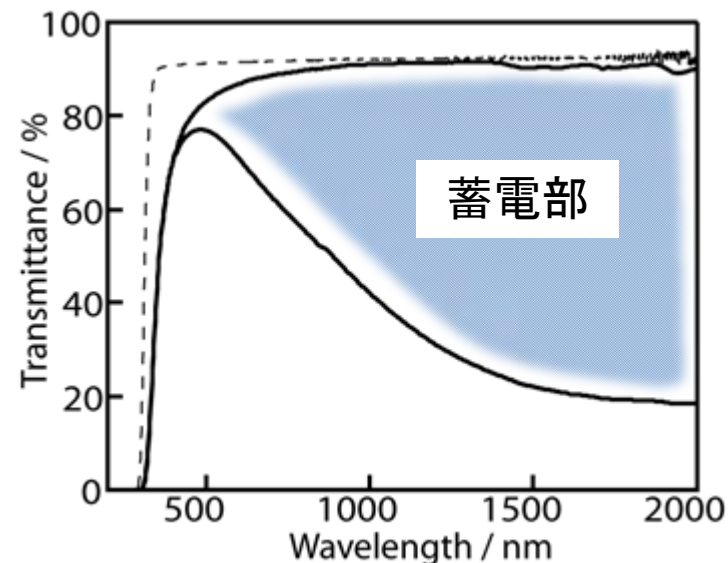
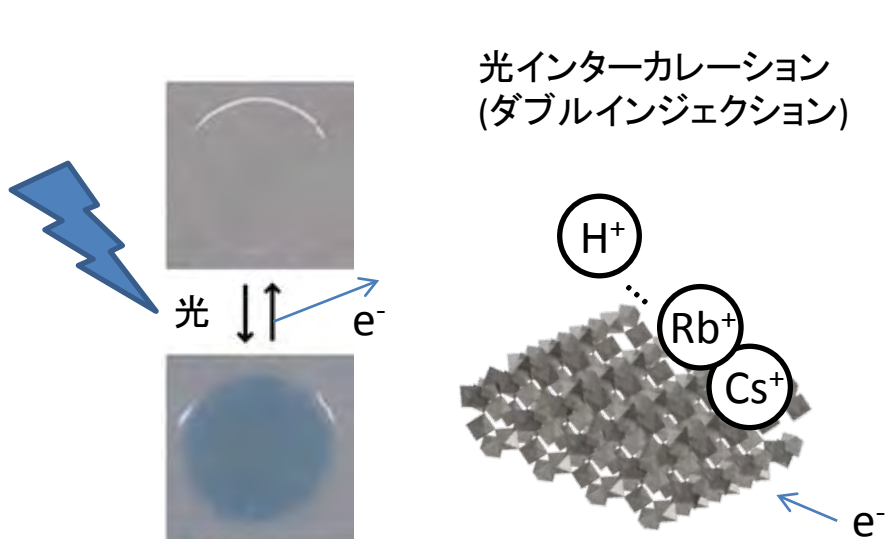
Inorg. Chem. 2010, Chem. Lett. 2011

材料母体

最近の話題: エネルギー分野への応用

太陽光エネルギー直接貯蔵

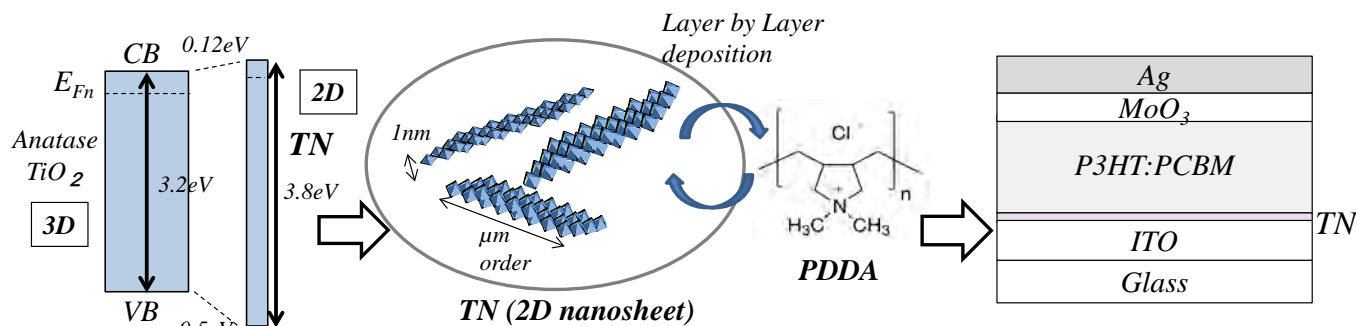
材料母体



ACS Nano 2008, Inorg. Chem. 2012

太陽電池

界面修飾

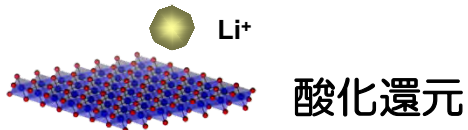
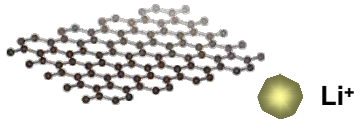


J. Jpn. Appl. Phys. 2012

All Nanosheet Device

「機能を発現するユニットの最小スケールを構築」

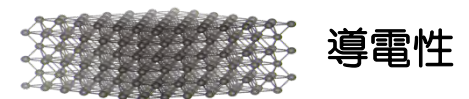
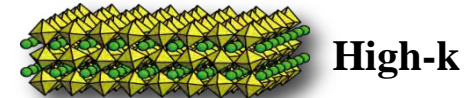
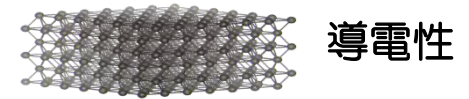
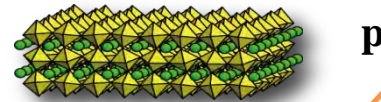
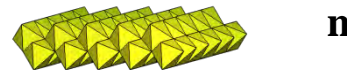
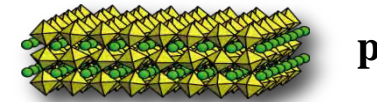
グラフェン



e⁻↑

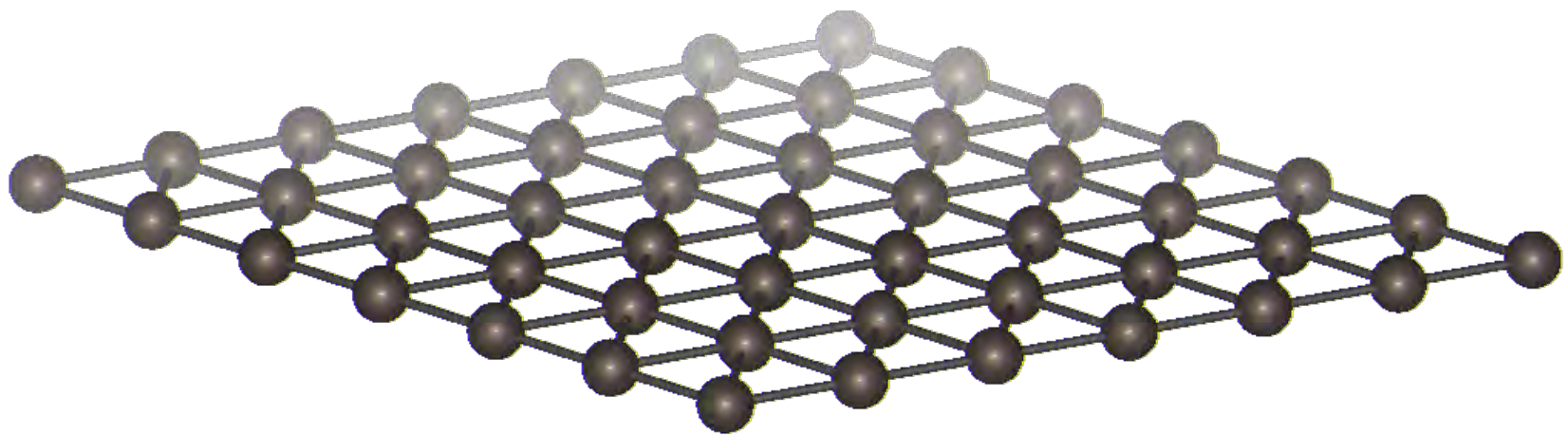
リチウム二次電池

トランジスタ

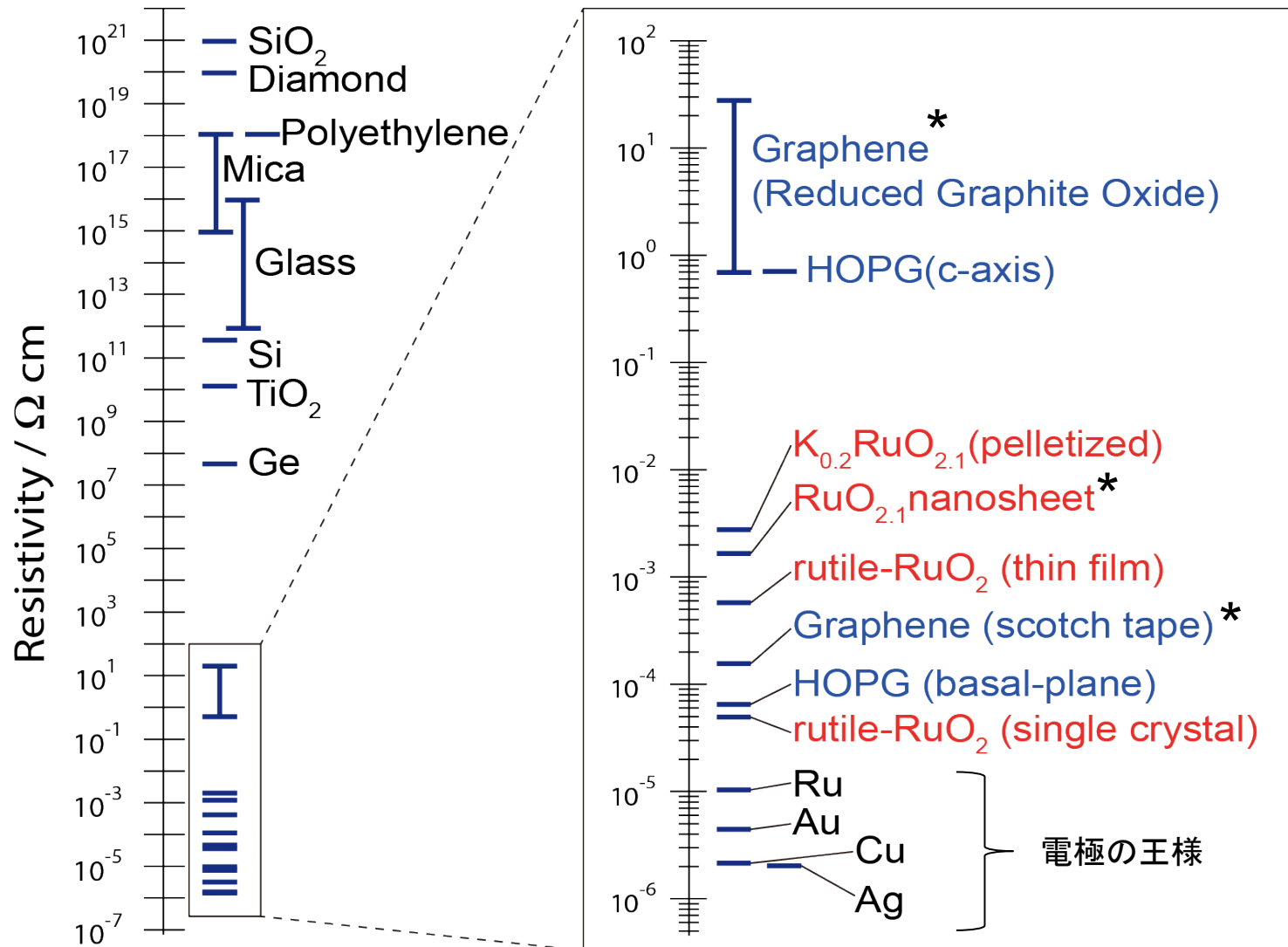


コンデンサ

メタルナノシートの創製



抵抗率の比較



*ナノシートは厚み1 nmとして計算

最も良い導電性ナノシートは金属タイプ？

酸化ルテニウムの“腐食”

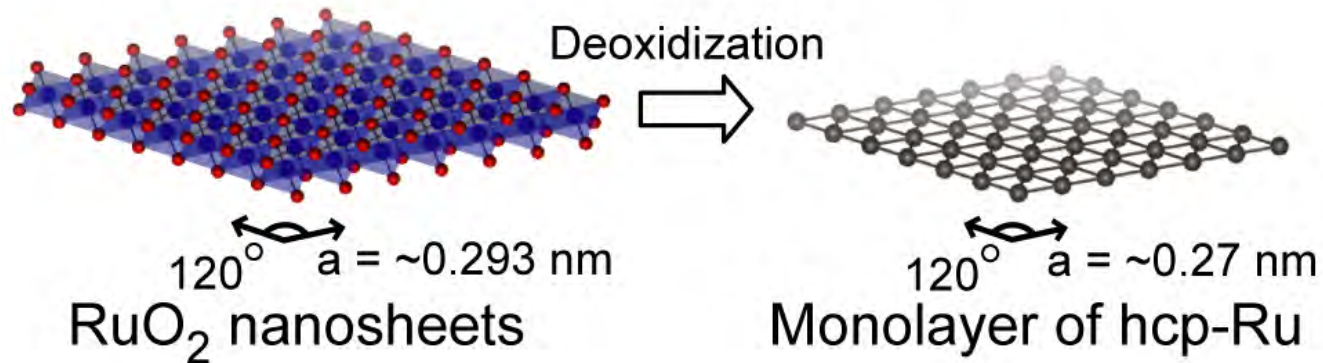


1. 水素雰囲気下
2. 低温(150度～)

「低温構造転移」

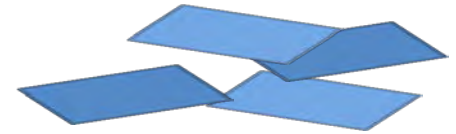
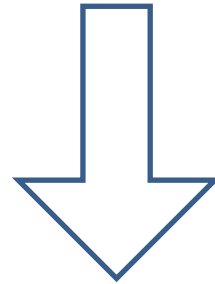
Memo

1. 類似二次元周期構造
2. 薄くなる
3. 被覆率があまり変わらない



シートを並べたナノシート薄膜の研究

グラフェンとは逆の流れ???

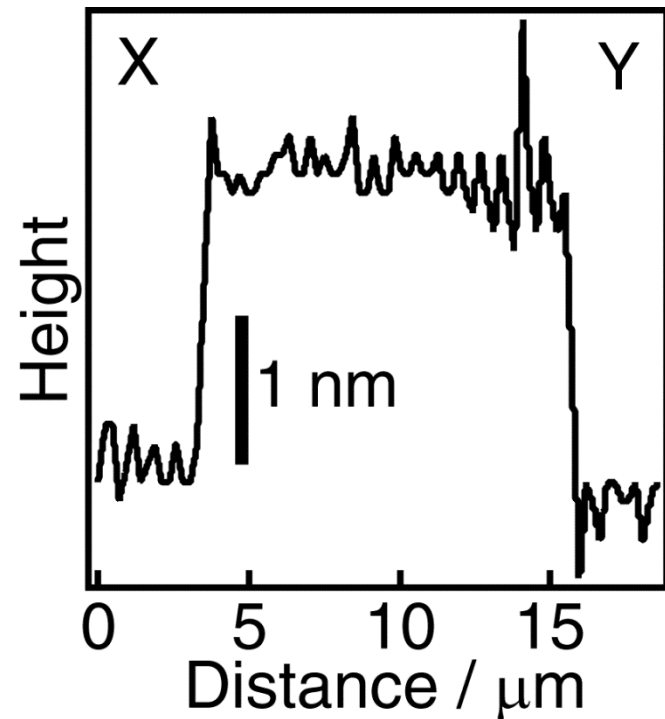
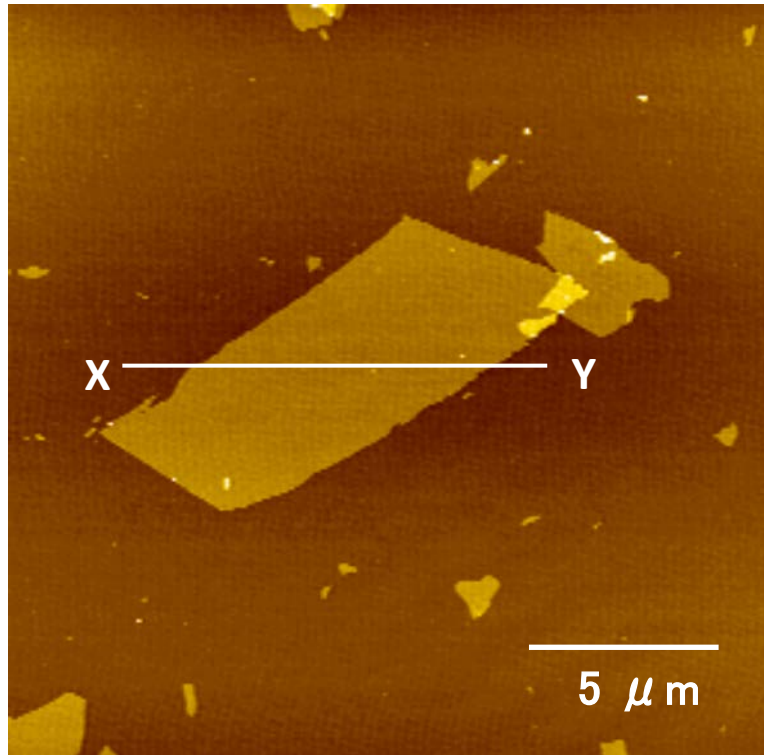


シート一枚に着目した研究



ナノシートの大型化への努力

グラフェンと違って大きなものを作りづらい



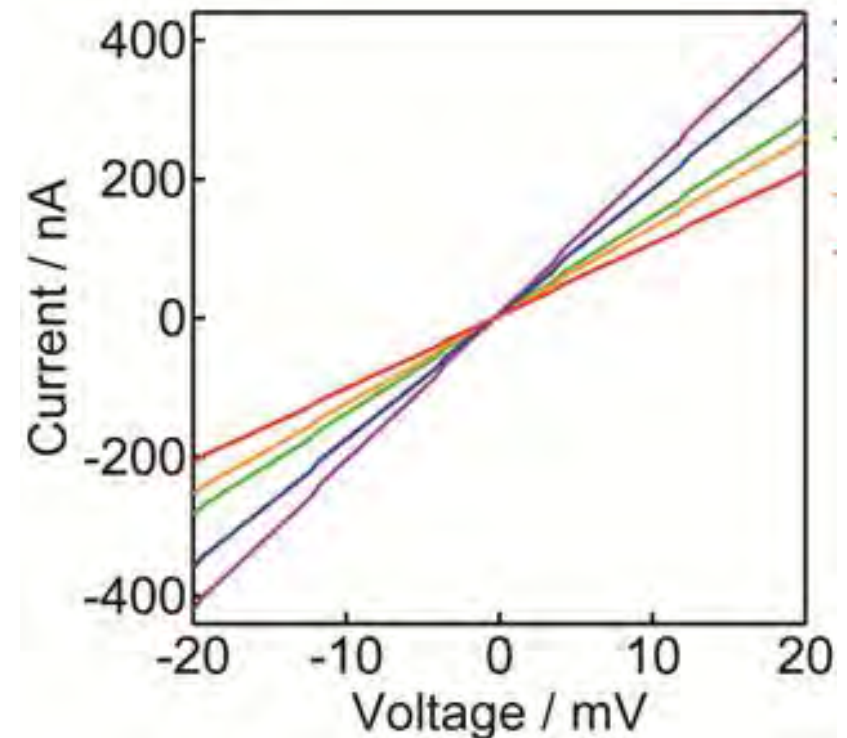
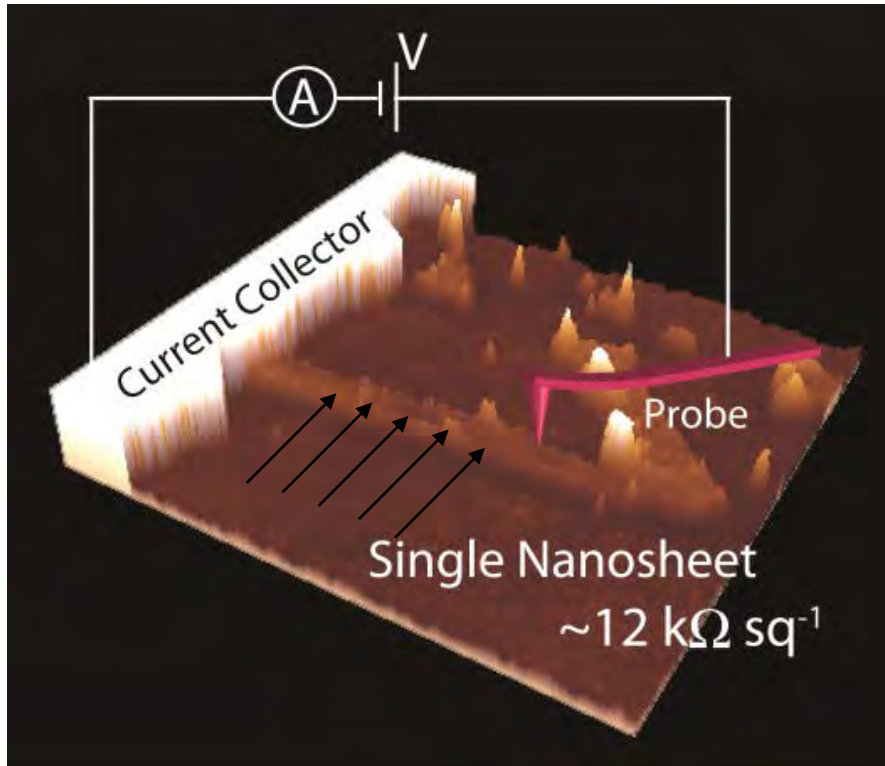
Adv. Mater. 2004, ACS Nano 2008



グラフェンと同じ手法を展開するには限界

単一ナノシートの物性計測

非接触型SPMを用いた物性計測技術



新しい手法を取り入れることで、単一ナノシートのキャラクタリゼーションは今後加速！？

～今後のナノシート研究の予測～



新しいナノシートはドーピングや構造転換の中から出現？

- ・ナノシートの電子状態の変化過程をモニターできる技術



従来の平均を扱う材料開拓からの進展

- ・単一ナノシートの利用
- ・単一ナノシートの分析にはイメージングを伴う（シートの中でバンド構造の違いの有無など）
- ・単一ナノシートの分析には感度が重要