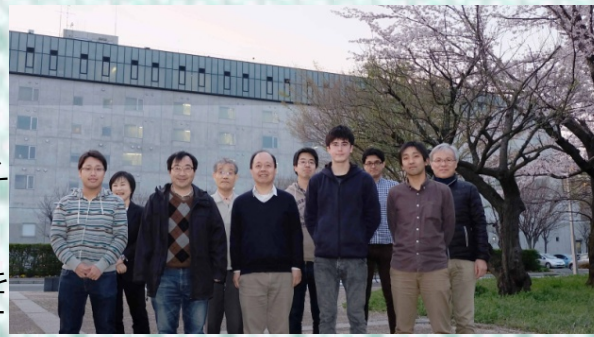
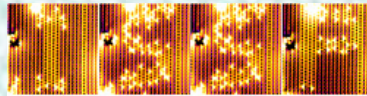


小森研究室

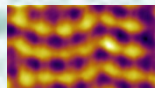
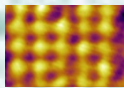
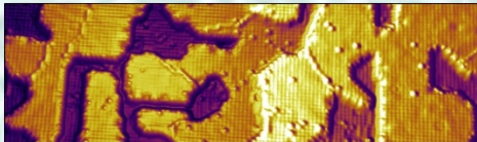
<http://komori.issp.u-tokyo.ac.jp/>



固体表面に形成される低次元電子系、超構造／超薄膜、ナノクラスター、表面化合物、原子細線などのナノスケール物質の電子物性を明らかにすることを目標に研究を進めています。バルク物質の“端”に現れる特異な表面状態、極低温での低次元相転移、表面におけるナノ磁性、光やトンネル電子励起による表面現象などを解明するために、表面の電子状態を原子サイズの分解能で調べられる走査トンネル顕微鏡 (STM)、レーザー光電子分光装置、磁気力効果測定装置などを使用しています。

スピン分解走査トンネル分光による表面ナノ磁性

磁性体探針を使った走査トンネル顕微鏡STMをもちいると、磁性体表面のスピン偏極を原子分解能で観察できます。Cu(001)面上のfcc鉄超薄膜では、表面のスピン偏極度が、膜厚や局所原子構造に大きく依存しています。



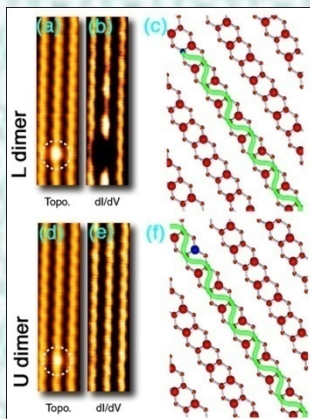
fcc

bcc

nano-martensitic

Sn吸着Ge(001)表面での原子スイッチ

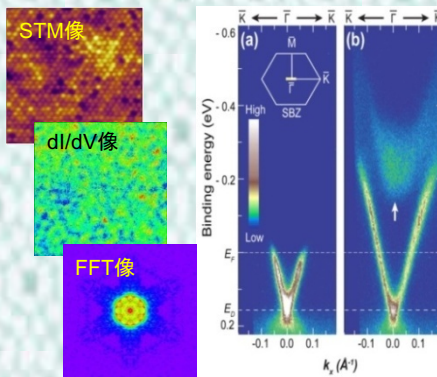
トンネル電流を用いてSn-Geダイマーの傾斜角度を変えることにより、表面での電子伝搬を制御することができます。原子位置の変化が電子に対するポテンシャルを変化させ、表面状態1次元電子系の散乱も変化し、定在波が現れたり消えたりします。



Sn/Ge(001)表面に観測される定在波(a,b)がSn-Geダイマーの傾斜角度反転により消え(d,e)ます。これは、表面を流れる電子(c,f)の緑の波線がSn-Geダイマーで反射される場合とされない場合を切り替えているからです。

トポロジカル絶縁体表面電子状態の電子散乱抑制

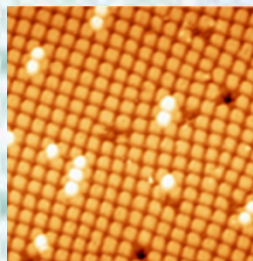
ヘリカルにスピン偏極した表面2次元金属電子状態があるトポロジカル絶縁体では、表面電子の特異な性質が観察できます。STMを用いた局所準粒子干渉測定を用いて散乱ベクトルを調べ、これを時間分解光電子分光によって測定された表面バンド分散と比較しています。



トポロジカル絶縁体BiSbTeSeのSTM像、dI/dV像とそのFFT像、時間分解光電子分光による表面バンド図(矢印はバルクバンド)。100°以上の後方散乱が抑制されています。

銅表面上のMnNナドット配列

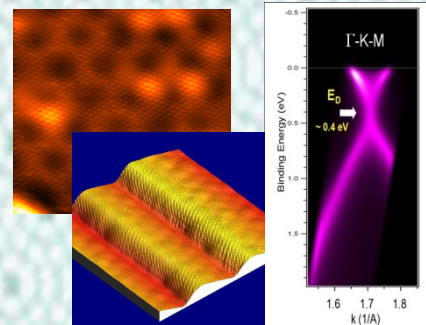
Cu(001)表面上に、格子歪みを利用して単原子層MnNのナドット配列を成長させ、そのメカニズムを調べています。放射光を用いてこのナノ構造の磁性を調べています。



Cu(001)面上に自己形成したMnNドット配列のSTM像。単原子層のMnNが銅表面に3nm四方の島を形成し、周期3.5nmで規則的に配列しています。このMnNは反強磁性体です。

ナノ構造グラフェンの電子状態

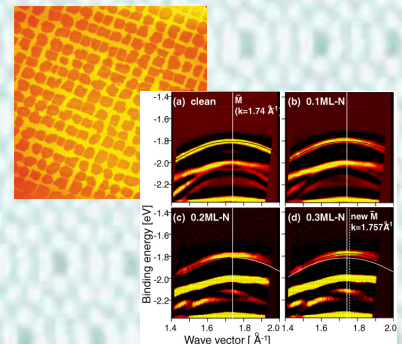
微傾斜SiC基板上的の単層ナノグラフェンの構造と π 電子状態を調べています。 π 電子の散乱が異方的なために、スペクトル幅、バンド構造が異方的になります。



基板との不整合により、グラフェンは、 $6\sqrt{3}$ 超周期変調を受け、さらに基板表面のステップの上にもカーペットのように広がっています。また、基板からの電子ドーピングによって、ディラック点はフェルミエネルギーより下がります。

窒素吸着銅表面の格子ひずみによる電子状態の変化

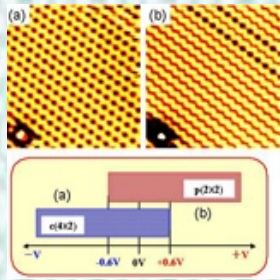
窒素が吸着したCu(001)表面上には、ナノパターンが生じます。この表面電子状態を高分解能光電子分光で調べてみると、ナノパターン形成に伴う結晶格子ひずみの影響により、清浄表面dバンドのエネルギー上昇が観測されています。また、この表面の化学反応性の変化もSTMによって観測されています。



N吸着Cu(001)面上の2次元格子ナノパターンのSTM像と電子バンド図。窒素吸着によって生じた銅結晶ひずみがこのナノパターンを形成し、電子状態が変化します。

トンネル電流励起によって生じる局所表面変化

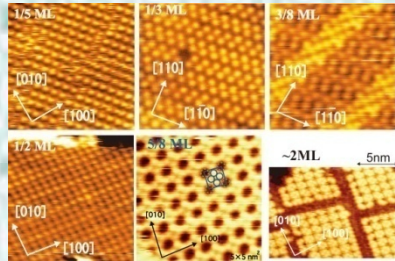
トンネル電流によって誘起される局所構造変化をGe(001)表面で調べています。バイアス電圧を変化させることにより、局所的に表面超構造が変化します。この現象は、トンネル電流によって生じたGe(001)表面での電子やホルの励起エネルギーが、表面ゲルマニウム原子間の結合角度を変える運動エネルギーに変換されて生じています。これを応用すると、タイトルのように20 nm四方の表面にくり返して字を書くことができます。



2つのGe(001)表面超構造のSTM像とSTMバイアス電圧の関係

表面合金の金属非金属転移

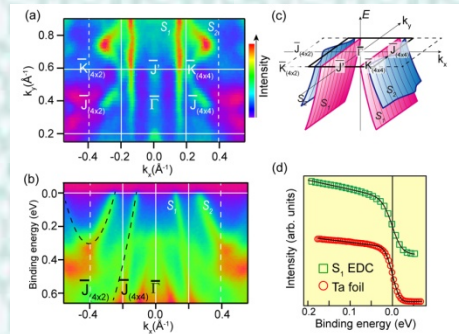
固体表面に局在した2次元電子系は、構造相転移にともなって金属非金属転移をおこすことがあります。Sn吸着Cu(001)表面では、Snの吸着量に応じて表面超構造が異なるいくつかの相が現れます。光電子分光測定により、Snを3/8と1/2原子層(ML)含む表面では、高温で金属的表面が低温で非金属になることがわかります。



スズ吸着量の異なるCu(001)面のSTM像。3/8MLと1/2MLが金属非金属転移をおこす。

Pt/Ge(001)表面にできた1次元ナノワイヤーの電子状態

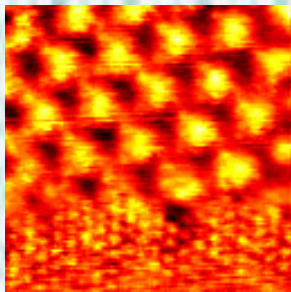
プラチナが吸着したGe(001)表面には、プラチナ合金の1次元ナノワイヤー列ができます。その表面バンドを角度分解光電子分光で測定すると、ワイヤー方向だけに強く分散をもつ1次元的な金属バンドが観察されます。



Pt/Ge(001)表面の1次元表面金属バンド。二つの1次元金属バンドの分散がみえています。

極低温の表面超伝導

極低温での表面電子物性研究用に開発した超高真空極低温STMを用いて、トンネル分光による電子状態の温度変化を研究しています。超伝導NbSe₂表面では、電荷密度波相との境界付近の局所電子状態の空間変化や、磁性微粒子による超伝導対破壊を調べています。



NbSe₂表面のSTM像。通常の3x3周期の電荷密度波がある超伝導領域と比べて、より長周期の電荷密度波が観測される領域があり、この像では、その境界がみえています。

小森研の主な実験装置



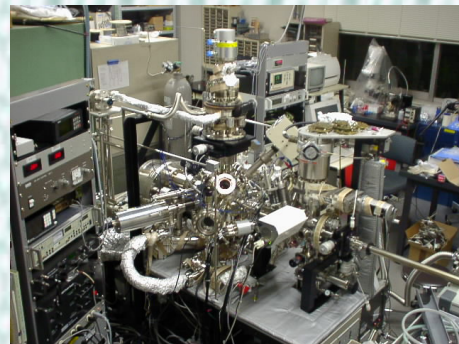
極低温STM装置1:液体ヘリウム、液体窒素で冷却するSTM。各種表面の原子配列、ナノ構造観察、トンネル分光を行っている。



極低温STM装置2:液体ヘリウム、液体窒素で冷却するSTM。各種表面の原子配列、ナノ構造観察、トンネル分光、準粒子干渉観察を行っている。



磁気カー効果測定装置:金属表面上の強磁性ナノ構造や強磁性超薄膜の磁性を調べている。



光電子分光装置:各種表面、ナノ構造のフェルミエネルギー近傍電子状態およびコア電子状態を調べている。