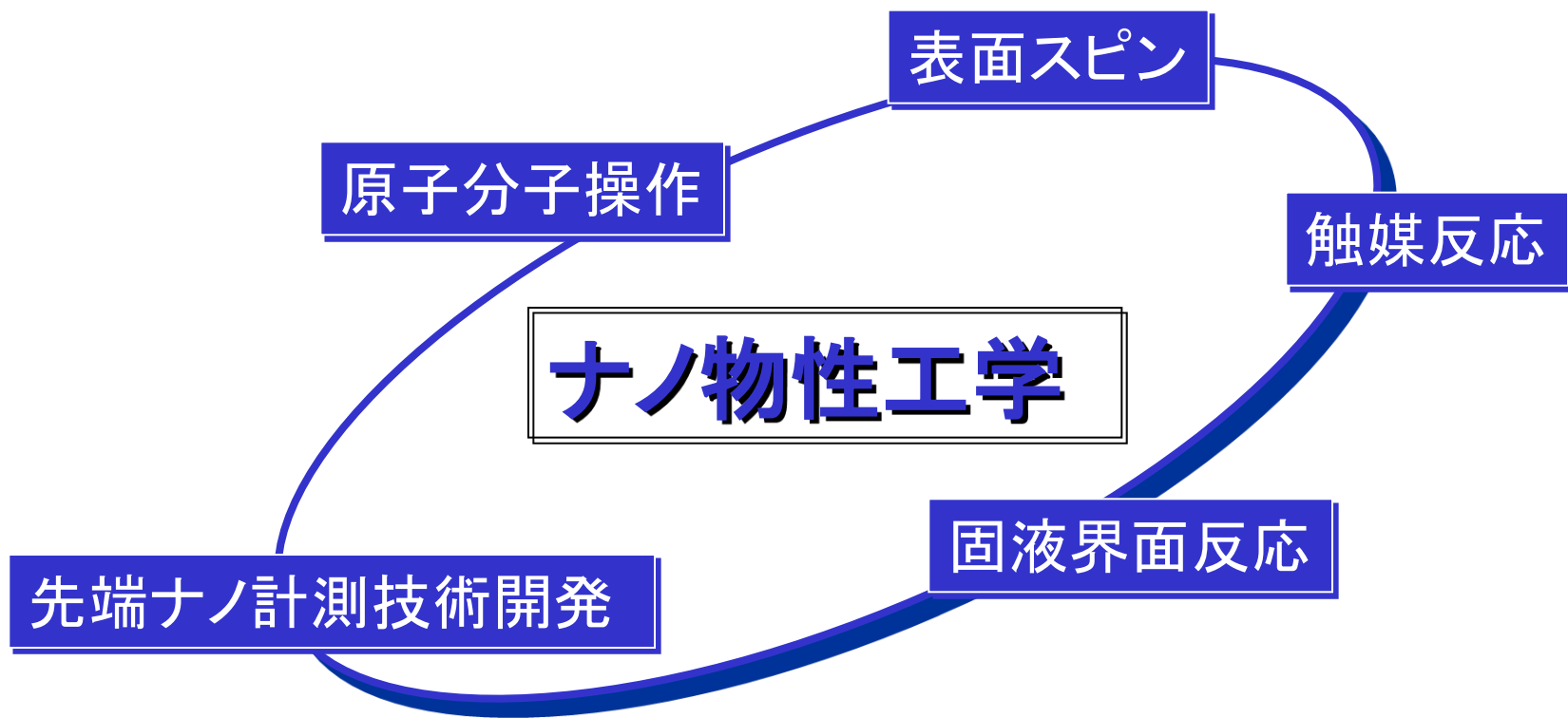


ナノ物性工学領域 (Nano-Physics Group)

菅原・李研究室

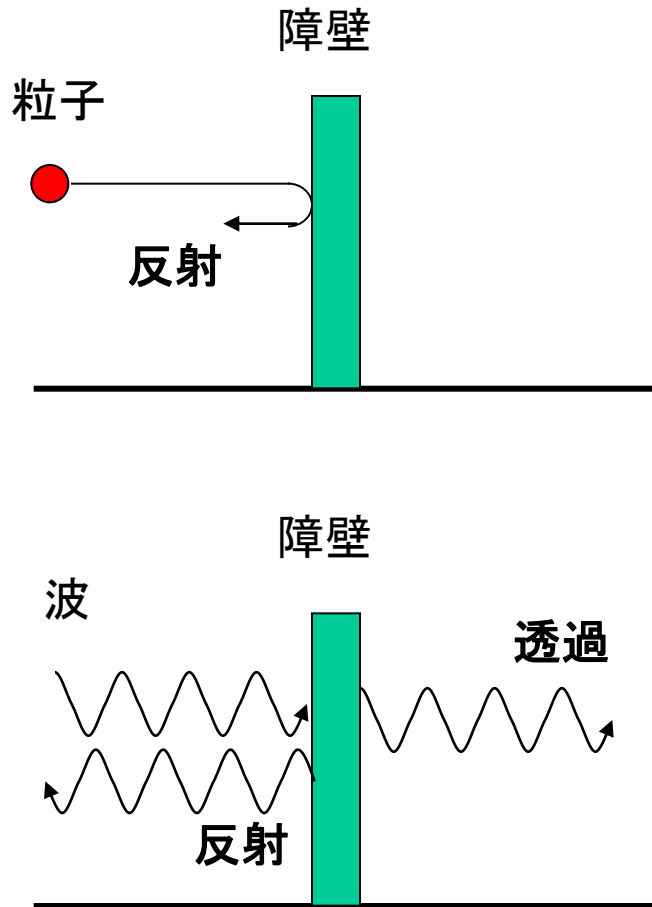
物質を原子・分子レベルで観察・解析できる先端ナノ計測技術の開発を進めながら、新規な物理現象の探索を進めている。



方針: 新しいナノサイエンス・テクノロジーを開拓する

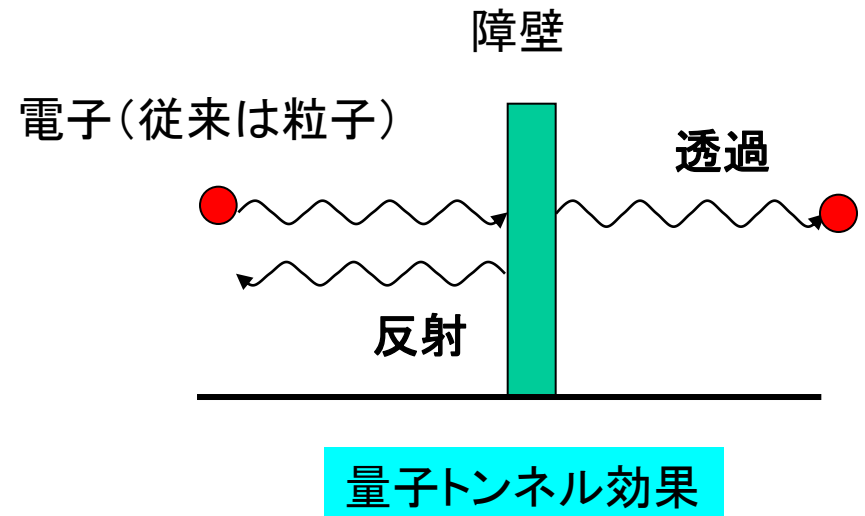
量子トンネル効果

古典力学



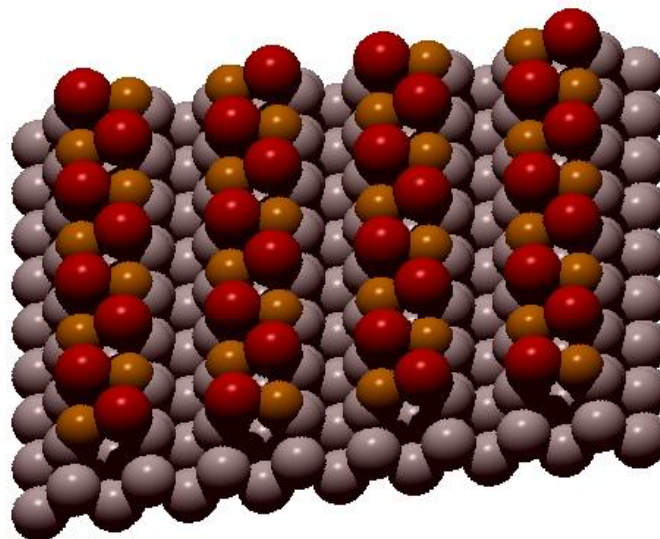
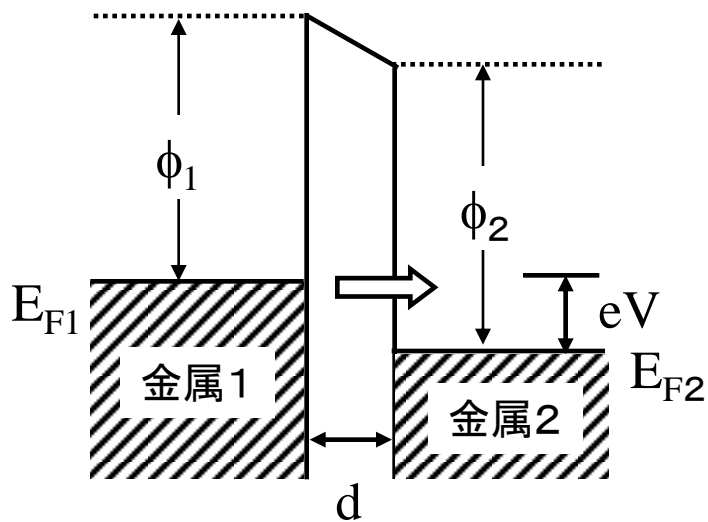
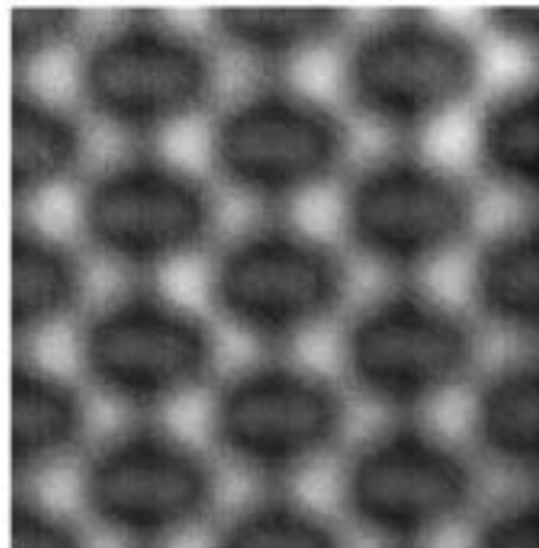
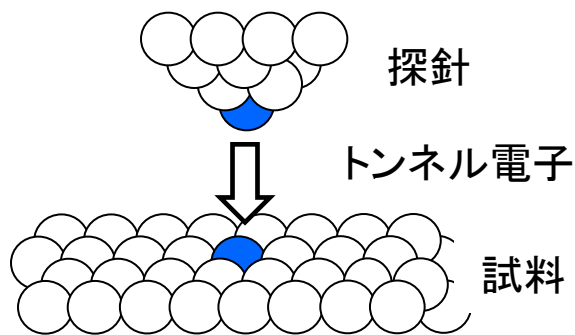
量子力学

量子 = 粒子性と波動性を持つ物質
(例: 電子、陽子、光子)



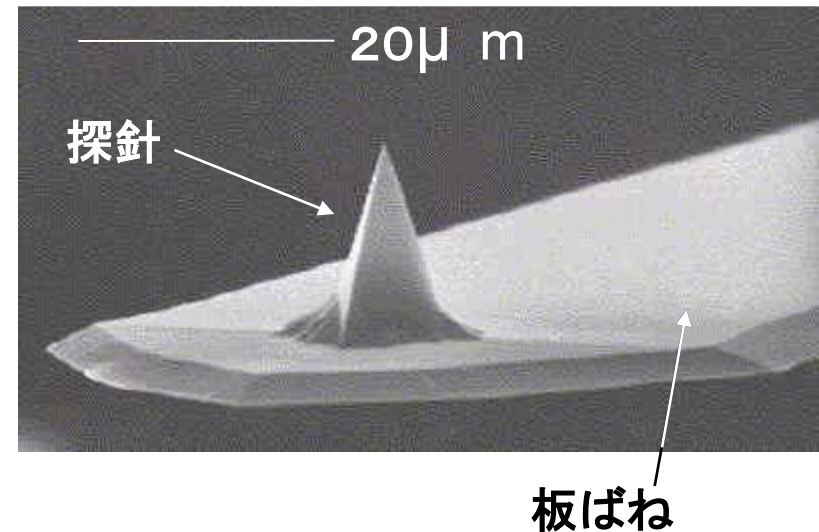
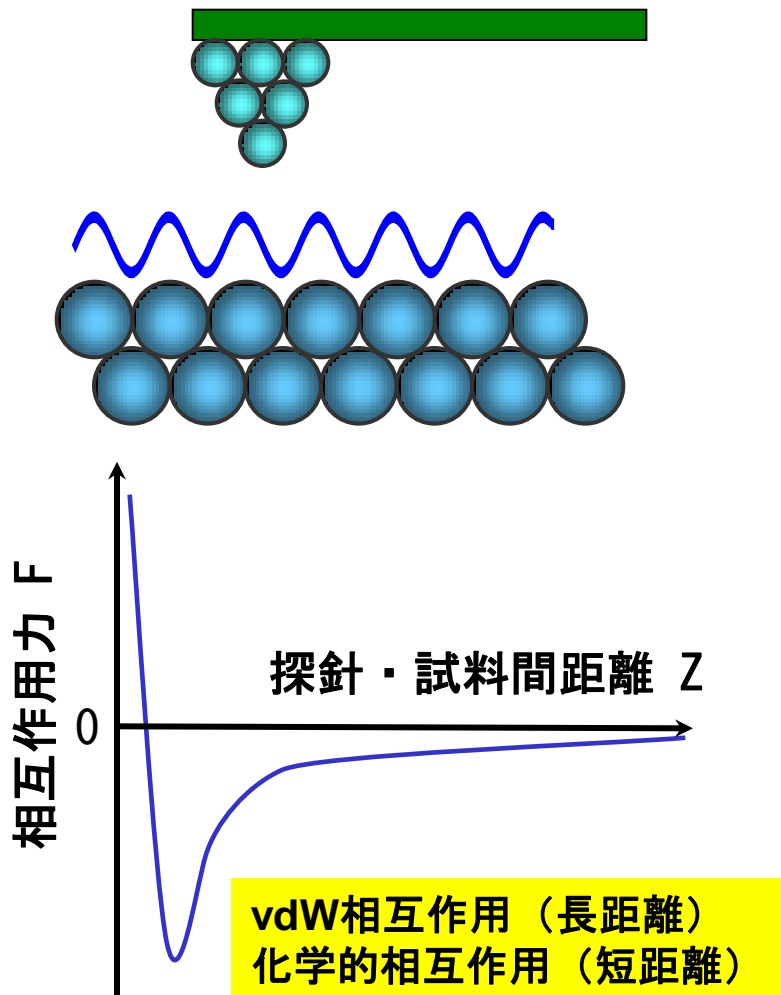
個々の原子を測定できる革新的な顕微鏡(1)

—走査型トンネル顕微鏡(STM)—



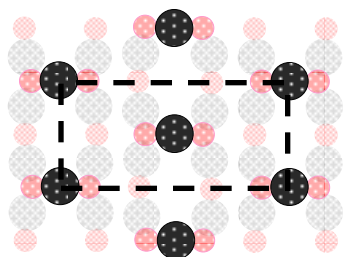
個々の原子を測定できる革新的な顕微鏡(2)

—原子間力顕微鏡(AFM)—



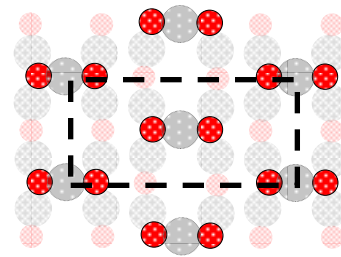
原子分解能観察の例

Cu 吸着探針

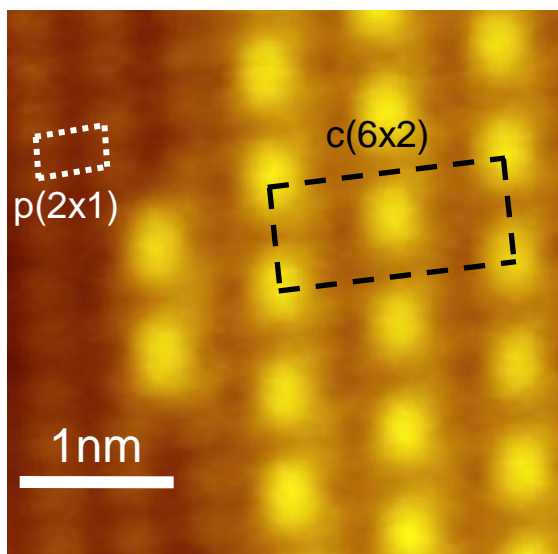


c(6x2)

O 吸着探針

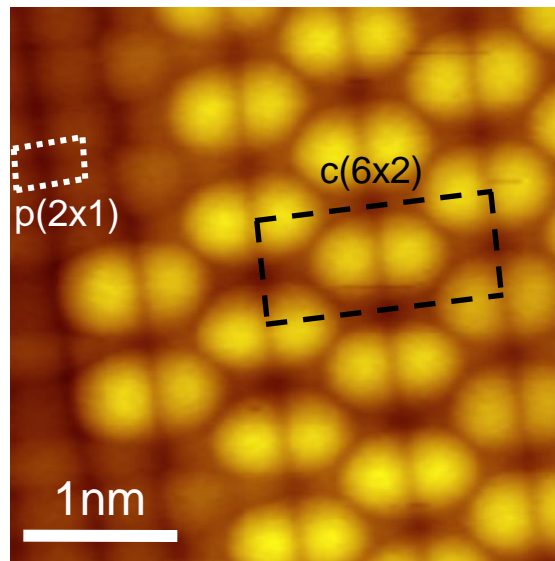


c(6x2)



Cu 表面

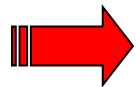
同じ表面



O 表面

特長

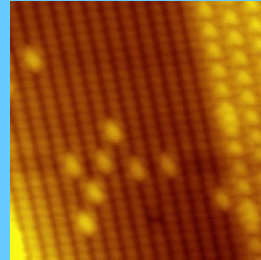
- ☑ 原子を観察できる(空間分解能:数100pm)
“Seeing is believing”
- ☑ 電子状態(DOS)やポテンシャルを解析できる
- ☑ 原子を操作し、組み立てることができる
- ☑ 様々な環境で動作する
 - 真空中・・・汚染しない世界
 - ガス中・・・触媒反応
 - 溶液中・・・電子ビームは使用できない、生体環境
 - 極低温・・・熱揺らぎのない世界
 - 強磁場・・・スピン物理、電子ビームは使用できない



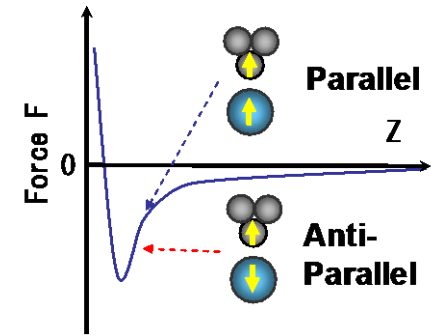
世界最先端の研究を推進する



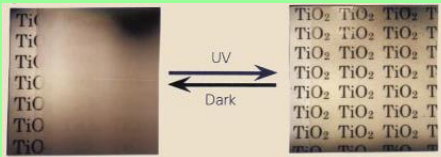
物理現象探索



原子分子操作

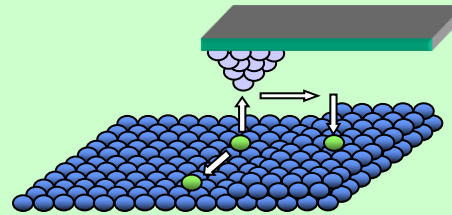


環境エネルギー



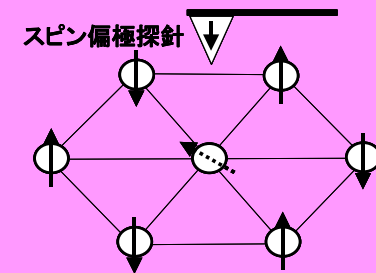
触媒反応

原子観察技術



原子間力顕微鏡

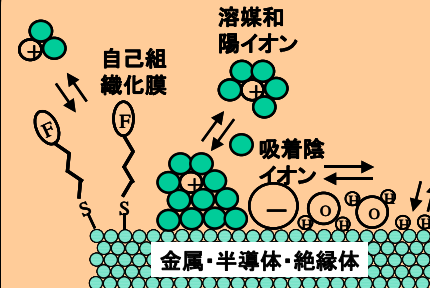
スピントロニクス



表面スピン



液中サイエンス



固液界面反応

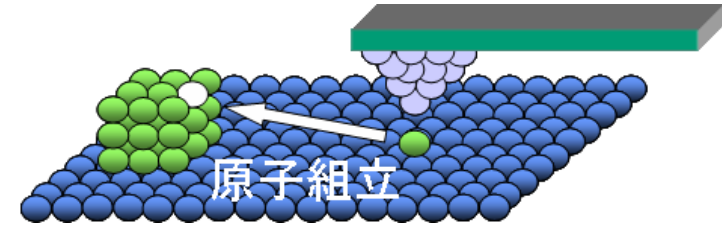
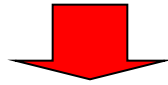
Charge

Spin



原子分子操作に関する研究

原子や分子をナノスケールで精度で操作し、
新ナノ物質を思い通りに作り上げる



ナノスケールでの物質の自然法則を解明し、これを
未来の実用技術に発展させる基礎研究が不可欠

学術的研究課題の宝庫

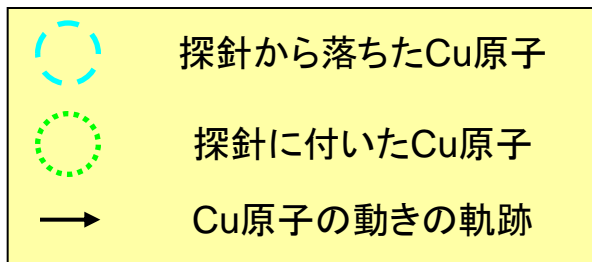
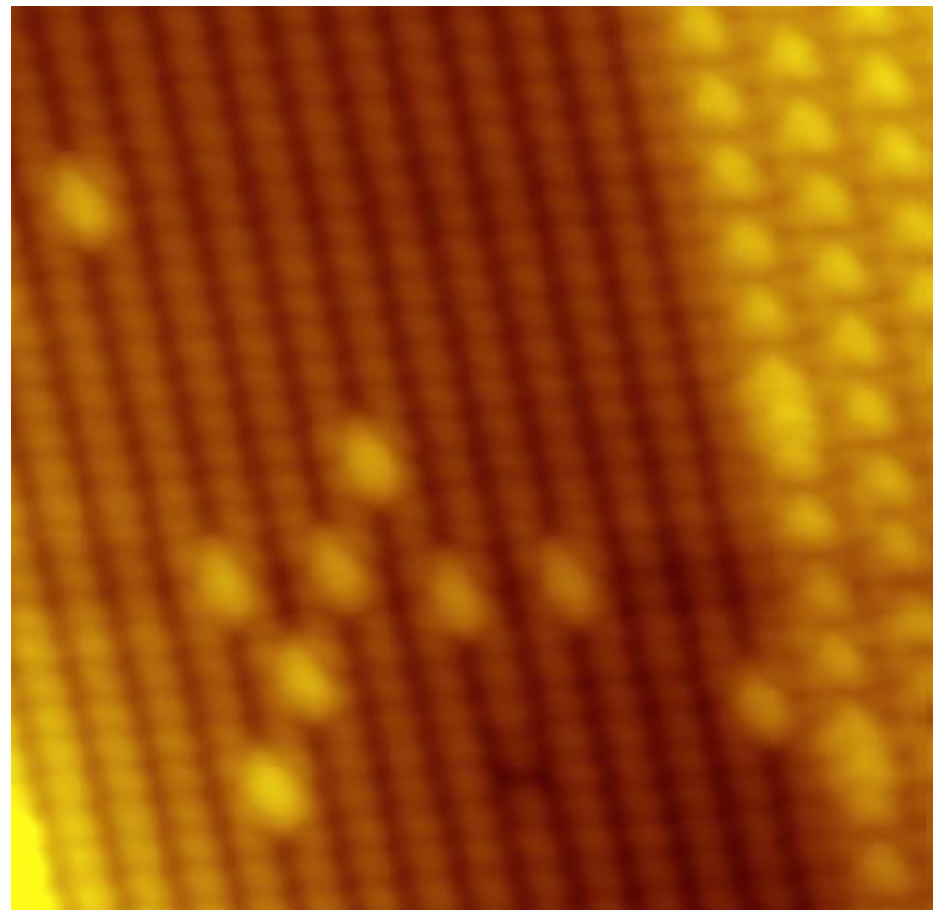
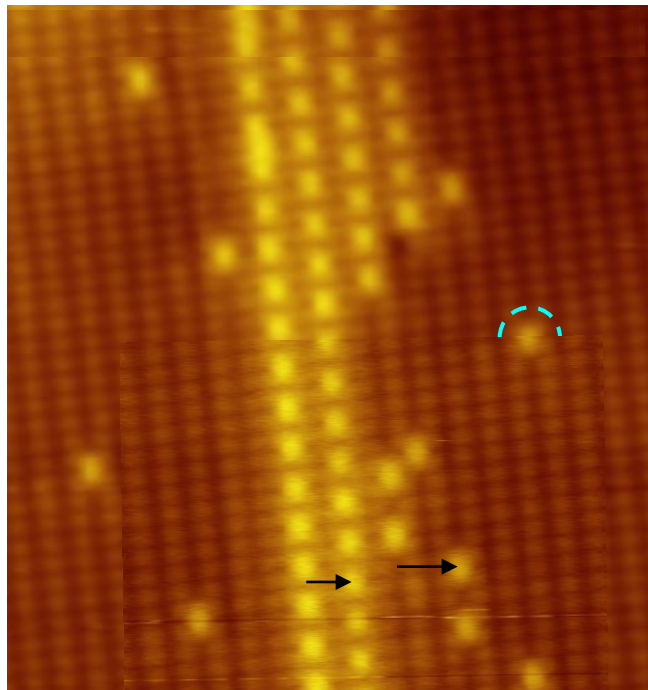
	走査型トンネル顕微鏡	原子間力顕微鏡
測定量	トンネル電流	原子間力
導電体	◎	◎
絶縁体	×	◎
測定物理量	電子状態	ポテンシャル



走査型トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡は、
次世代の原子分子操作のツールとして期待されている

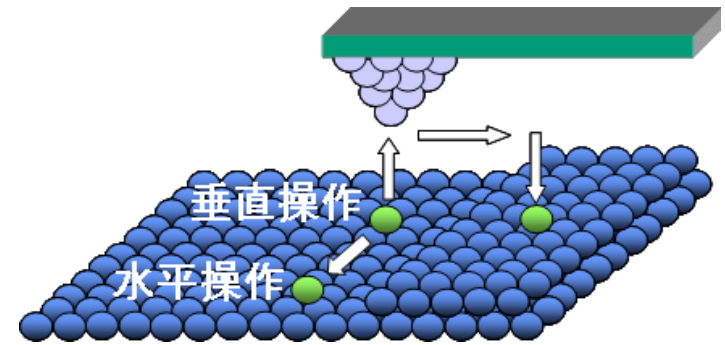
原子分子操作の例

Cu(110)-O表面の Cu原子の操作

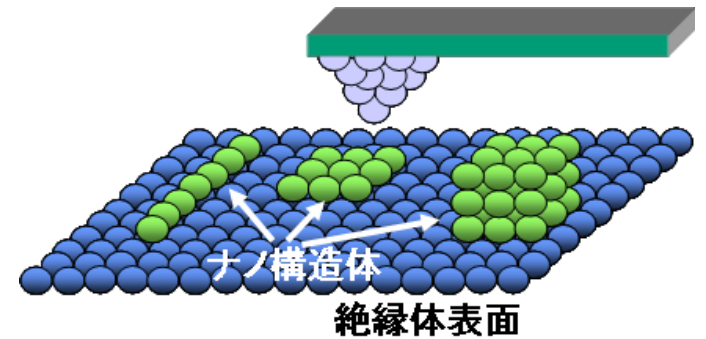


原子分子操作を用いた新規物性探索

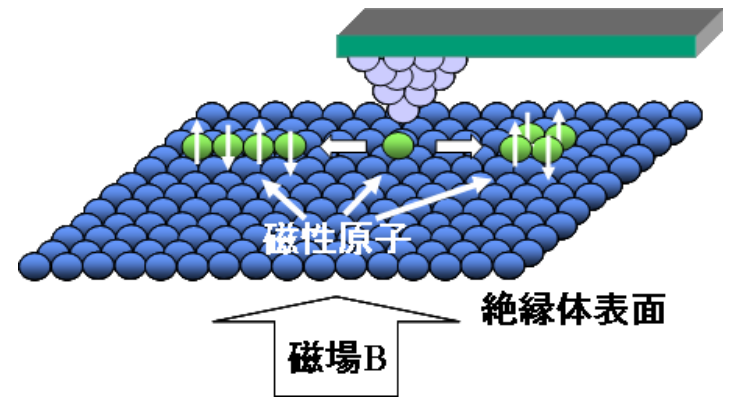
①絶縁体表面上で力学的に原子分子操作を行なうための制御条件や機構を解明する。



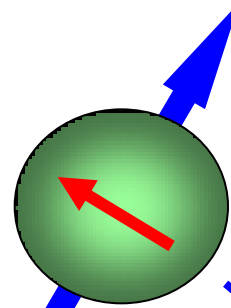
②原子分子操作によりナノ構造体を構築し、その物性を解明する。



③強磁場を利用して、磁性原子からなるナノ構造体の新規なスピン状態を探索する。



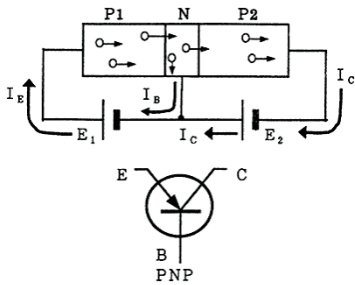
スピントロニクス (Spintronics)



Electron

Charge

Spin



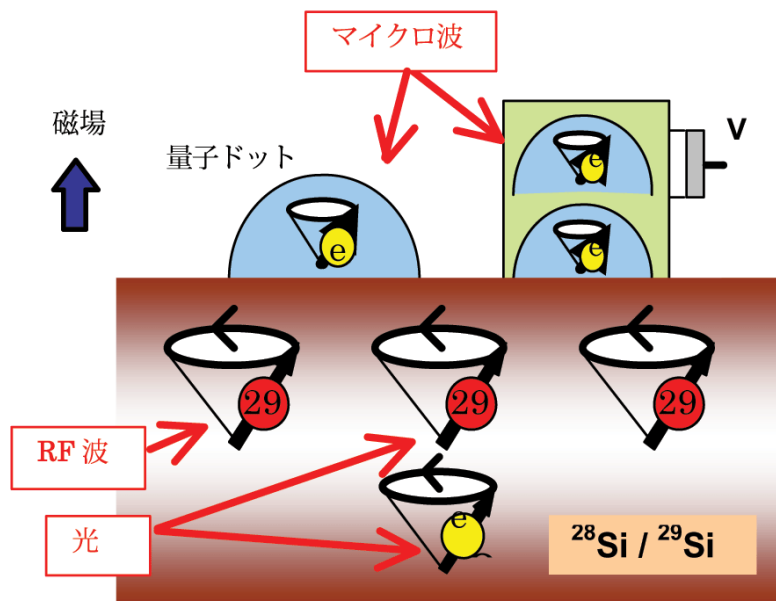
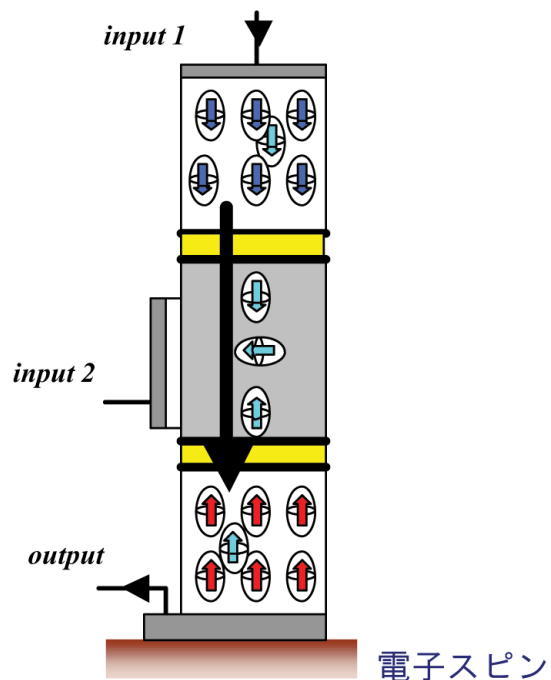
Spintronics Devices

スピンデバイスとスピン量子操作

高機能・多機能なエレクトロニクスデバイス
(量子コンピューティング、量子通信)



スピンの制御が必要



スピン量子操作

表面ナノ磁性

物理的興味

目的: 表面に発現する磁性と構造との関係を原子レベルで解明

Rashba効果によりスピン分裂した表面状態の解明と操作

Examples: 表面に局在する磁性原子の物性

表面再構成
⇒ 強磁性?

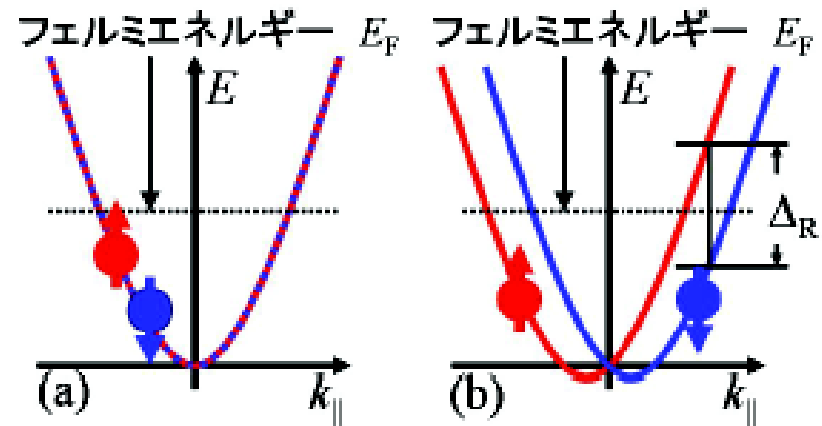
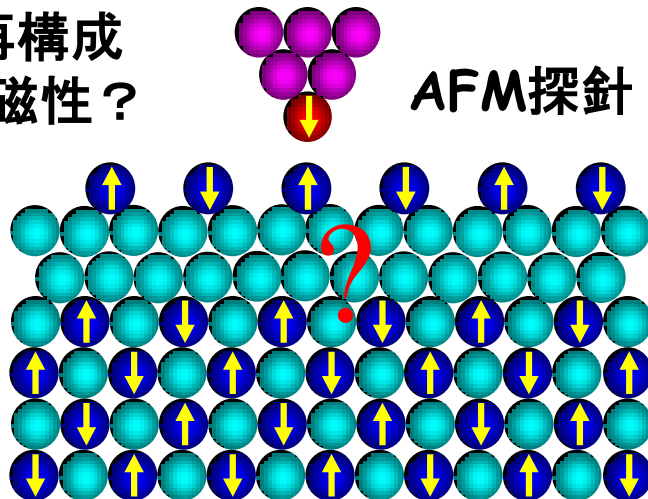


図2: 2次元量子井戸での電子のエネルギー分散関係。(a) スピン縮退している場合。(b) Rashba 効果により、スピン縮退が解けた場合。

研究の将来展望

① スピンの制御を利用する新規なエレクトロニクス
(スピントロニクス)への発展に大きく寄与できる

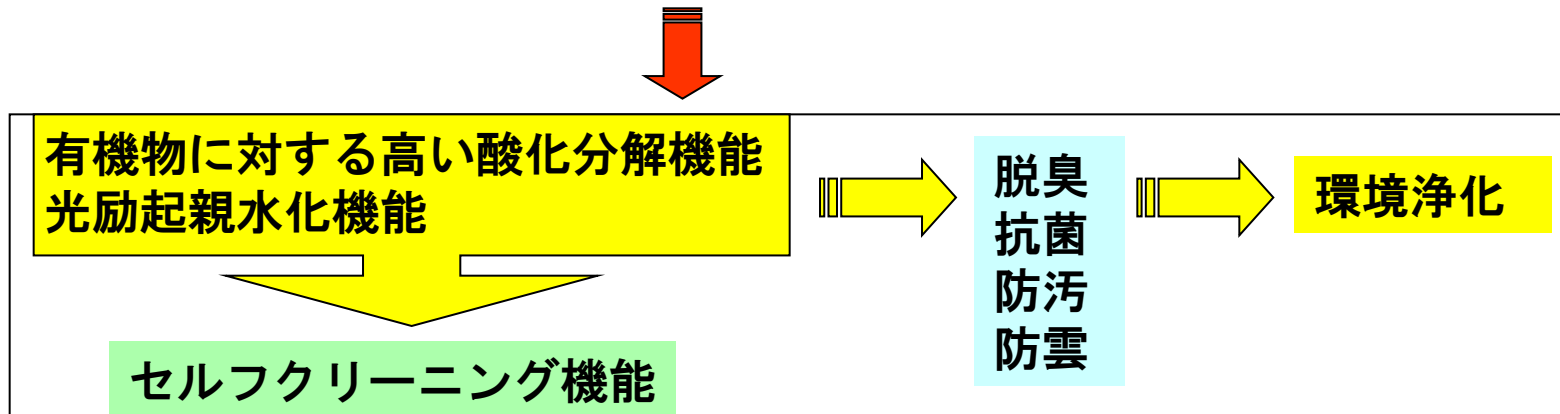
- ・ 量子コンピュータ
- ・ スピン演算デバイス
- ・ スピンメモリ
- ・ マイクロ波デバイス
- ・ 超感度磁気センサー
- ・ スピンバッテリー



② ナノテクノロジー戦略において重要なキーテクノロジーを保有可能となる

酸化チタン(TiO₂)光触媒：環境・エネルギー

1. 水分解による水素エネルギー製造
2. 有機有害物質の分解・除去



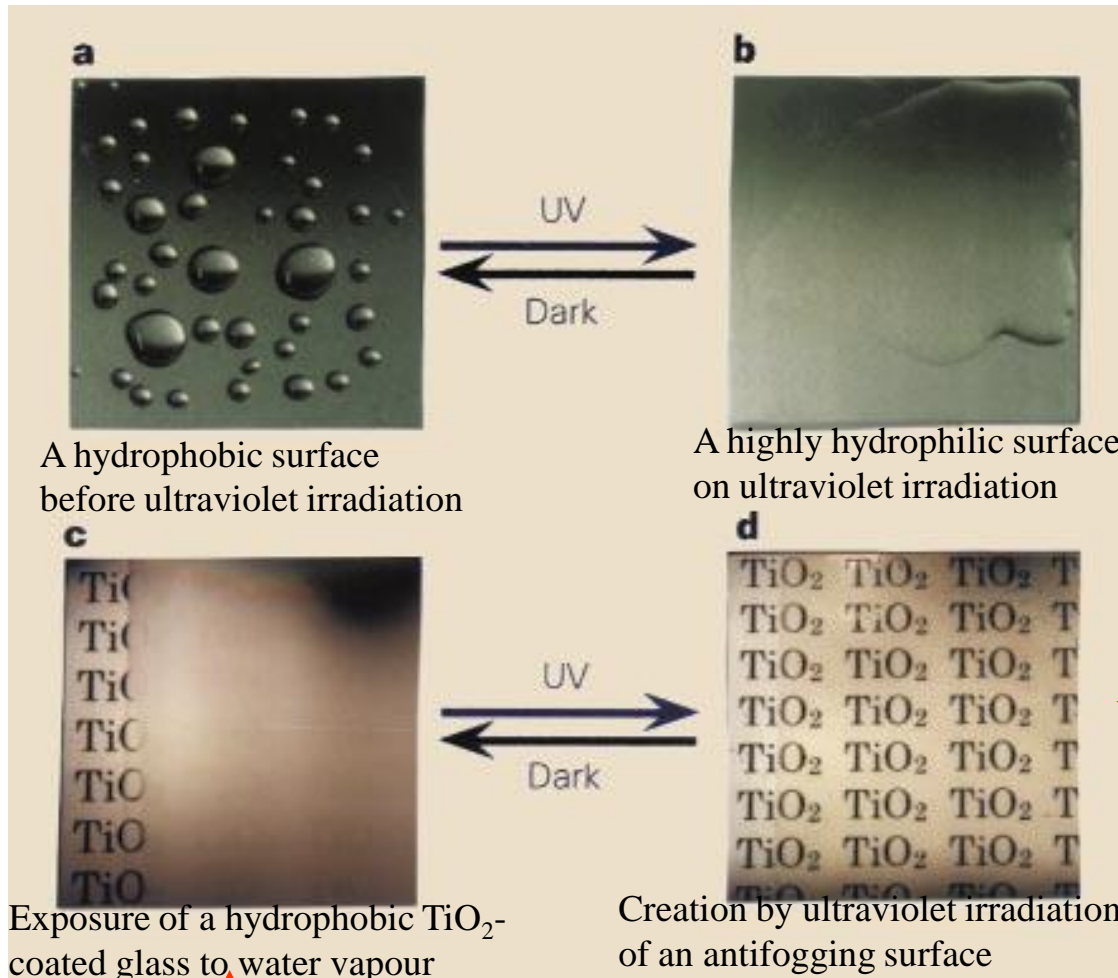
課題 → 反応機構の解明

- 光励起キャリアの挙動
- ラジカル種の動的挙動
- 中間体の挙動
- 有機化合物の分解挙動

室内空気汚染源：有害物質（グルタルアルデヒド）、
有機化合物：OHC(CH₂)₃CHO（1,5-ペンタンジアル（1,5-Pentanedial））。

例えば：アルデヒド（CH₂O）の場合、人体へは、粘膜への刺激性を中心とした急性毒性があり、蒸気は呼吸器系、目、のどなどの炎症を引き起こす。皮膚や目などが水溶液に接触した場合は、激しい刺激を受け、炎症を生ずる。

Light-induced amphiphilic surfaces



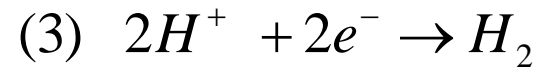
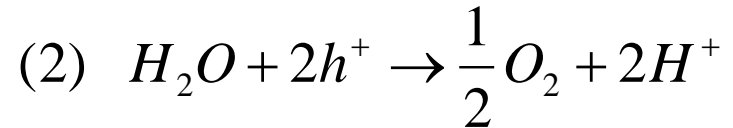
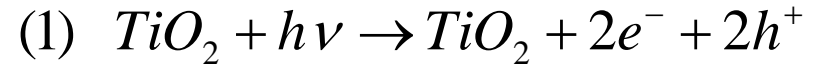
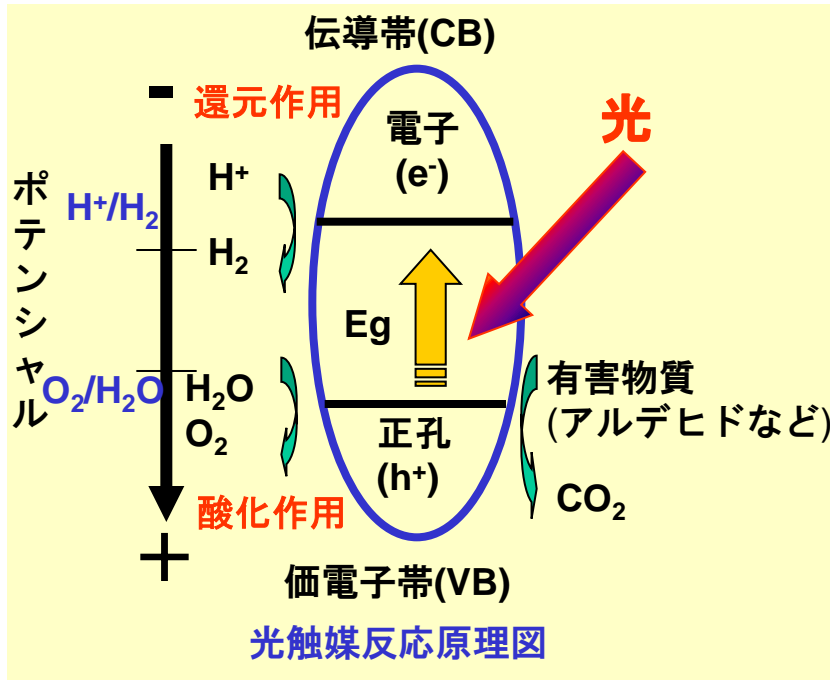
両親媒性

The high hydrophilicity prevents the formation of water droplets, making the text clearly visible.

Exposure of a hydrophobic TiO₂-coated glass to water vapour

The formation of fog (small water droplets) hindered the view of the text on paper placed behind the glass.

半導体光触媒表面 (TiO₂) と光との相互作用

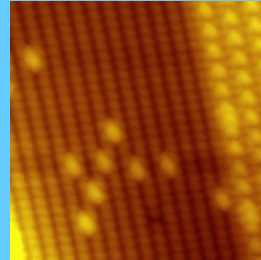


半導体光触媒表面の反応メカニズムの解明に関する研究

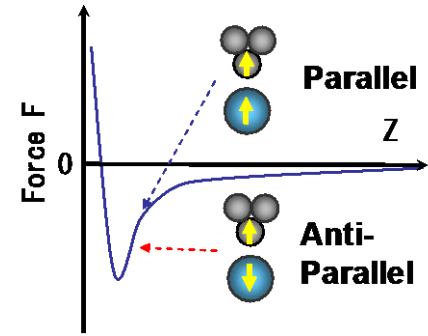
→ 光励起状態の空間的分布と反応活性点との対応の解明



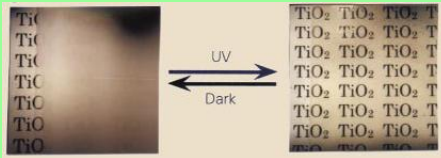
物理現象探索



原子分子操作

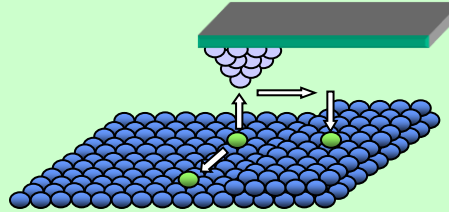


環境エネルギー



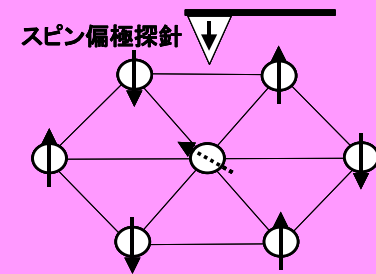
触媒反応

原子観察技術

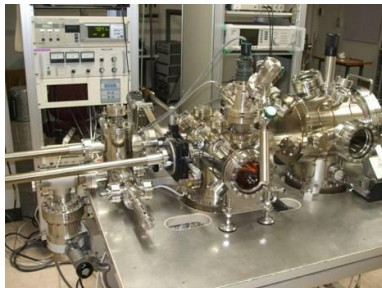


原子間力顕微鏡

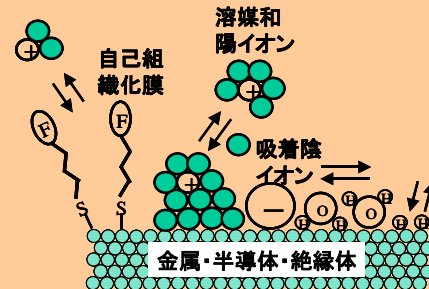
スピントロニクス



表面スピン



液中サイエンス



固液界面反応

Charge

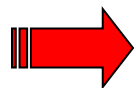
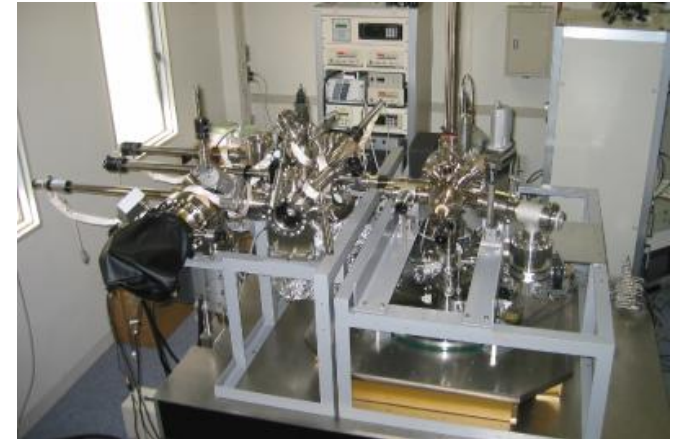
Spin



世界に3台のみ

研究環境

- 複合極限場原子間力顕微鏡 1台
- 超高真空・極低温原子間力顕微鏡 2台
- 超高真空・室温原子間力顕微鏡 4台
- 低速電子線回折装置 2台
- 超高真空蒸着装置 4台
- 残留ガス分析器(Qマス) 4台
- 溶液中高速原子間力顕微鏡
- 超純水製造装置
- ネットワークアナライザ(20GHz)
- ダイナミックシグナルアナライザ
- 微弱信号検出器
- 各種半導体レーザー
- 微弱光検出器
- 高機能な計測制御装置(Internet利用)
- 学生1人に1台のPC



世界最先端の十分な研究設備を有している

様々な最先端の研究機器の使用を経験できる

ナノテクノロジーを制する者が21世紀を制す、と言われております。将来、皆さんには、21世紀の社会のリーダーとして、おおいに活躍してもらいたいと思います。そのためには、様々な知識を増やすとともに研究能力を十分に高める必要があります。そのためには、自らをそういう環境においてレベルアップを図るしかなく、4年生の時期が重要であることは言うまでもありません。

菅原研究室では、ナノテクノロジーに関する研究を積極的に行なう予定です。また、個人のレベルアップをめざします。研究を進めていくわけですから、当然、そこに厳しさはありますが、メンバー間の楽しい交流とチームワークを重視した環境作りをする予定です。学生諸君の積極的な参加を希望します。