

新設研究室紹介

電子工学専攻 電子物性工学講座 電子材料物性工学分野（山田研究室）

<http://piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

「有機分子・バイオ系材料の高分解能構造・物性評価およびその新規物性探索」

われわれの研究室では、新機能材料として期待されている有機分子・バイオ系材料に注目し、これら材料のナノスケール構造・物性評価および新規物性探索を中心に研究を進めています。また、原子・分子スケールでの物性研究に必要不可欠となる走査型プローブ顕微鏡（SPM）による物性・機能可視化技術の開発にも力を入れています。具体的には以下のような研究を行っています。

(1) ナノ構造・物性・機能を可視化する SPM を用いた新規計測法開発

近年、SPM とりわけ周波数検出型原子間力顕微鏡（FM-AFM）技術は飛躍的に発展し、測定空間分解能、信号感度は大幅に向上しました。こうした FM-AFM の発展により、真空中、ガス中、液中などあらゆる環境での高分解能計測が可能となり、半導体等の電子素子の局所電子物性評価はもちろんのこと、燃料電池やリチウムイオン電池などの電極界面反応の *in-situ* 評価など、その測定対象の範囲は大きく広がりつつあります。現在、測定試料表面上の全 3 次元相互作用力を計測する 3 次元フォースマッピング法を開発し、新規のナノ物性探索への応用に向けて研究を進めています。

(2) 超高密度分子メモリ等のナノスケール素子、有機電子材料による高機能素子の研究開発

有機分子がもつ電気双極子や局在電荷は、有機電子素子における界面キャリア注入やキャリア伝導における支配要因となっており、素子性能に直接影響を与えます。従って、素子内の分子の局所電荷や電位分布を評価し、その制御に結びつけることは本質的に重要となります。われわれは、SPM の一つであるケルビンプローブフォース顕微鏡（KFM）を用いることで、素子内電位／電荷分布をナノメートルスケールで計測し、分子配向と電位分布との関係を明らかにしています。さらに、これらの知見から、分子を配向制御することによって素子内電荷分布を制御することが可能であることが分かり、今後のデバイス性能の向上につなげるよう研究を進めています。

(3) 生体高分子を用いた、新規バイオセンサーなどバイオナノデバイス開発に向けた先端研究

前述したように、FM-AFM 技術の急速な発展に伴い、液中環境においても個々の生体分子の直接観察が可能となり、生機能の発現する生理環境下での生体分子の挙動を明らかにすることができるようになりました。さらに現在、生体分子構造とその機能情報を分子レベルで識別し、（疑似）細胞膜上でのさまざまな分子機能を直接可視化する、新たな分子機能イメージング法が確立されつつあります。生体分子の分子認識機能および自己組織化過程を解明することで、これら分子認識性、自己組織性を利用した新たなバイオナノデバイスの構築を目指して研究を進めています。

(4) ナノスケール固液界面に関する研究

電解質中の電極などの固体表面上に形成される電気二重層は、電極近傍のイオン伝導や電極上の表面電荷密度と直接に関連していることから、電気二重層の微視的構造・性質を探ることは、各種電池における電極や電気二重層キャパシタなど固液界面系における電気化学的挙動を理解する上で必要不可欠なこととなります。われわれは、新たに光熱励振型 FM-AFM を開発し、分子スケールで定量的な電気二重層力計測を可能にしました。これによって、高性能燃料電池やリチウムイオン電池などの電極界面反応の *in-situ* ナノスケール評価への応用が可能となり、新たな固液界面計測へと研究を展開しています。

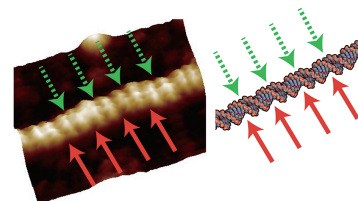


図1 FM-AFMにより得られた、溶液中の DNA 二重らせん構造の直接観察像。右の模式図は、DNA 分子モデルを示す。実線および破線矢印は、各々二重らせんに沿って存在する主溝および副溝を示す。